

Bakterien bei der M2M

von StD Thomas Gerl

Zusammenfassung

In dieser Datei wird eine umfangreiche Unterrichtseinheit über ca. 13 Stunden zu Lerninhalten aus dem Bereich „Prokaryontische Lebewesen“ vorgestellt

Sachanalyse

Ein zentraler Themenbereich im Lehrplan der 8. Jahrgangsstufe sind der Aufbau prokaryotischer Lebewesen, ihre Stoffwechsellösungen und damit auch ihre Bedeutung für den Menschen. Diese vielfältigen Aspekte sollen in folgender Unterrichtseinheit in den motivierenden Kontext einer Mars Mission eingebettet werden.

Didaktische Analyse

Lehrplanbezug

Die nachstehend beschriebene Unterrichtseinheit erschließt den Schülern den Themenbereich „Bakterien“ des bayrischen Gymnasiallehrplans Biologie der 8. Jahrgangsstufe [1] mit folgenden Unterkapiteln:

- Bau einer prokaryotischen Zelle: Zellwand, Membran, Organisation der genetischen Information
- Vermehrung der Bakterien durch Zweiteilung, Vermehrungsdynamik
- Ernährungsformen und Stoffwechsellösungen im evolutionären und ökologischen Zusammenhang: heterotroph, autotroph, anaerob, aerob

Die Unterrichtseinheit schließt direkt an die Erarbeitung der Kennzeichen von Lebewesen am Beispiel der Suche nach Zellen auf dem Mars an und umfasst dabei folgende Stunden:

Stunde	Thema der Stunde
1	Aufbau von Bakterien Aufgabenorientiertes Unterrichtsverfahren zur Förderung der Lesekompetenz
2	Vermehrung von Bakterien 1: Abklatschpräparate Herstellung von Abklatschpräparaten zur Schulung wissenschaftlicher Arbeitsweisen
3	Vermehrung von Bakterien 2: Auswertung des Experiments + Vermehrung Auswertung Abklatschpräparate durch Mathematisierung der Vermehrungsvorgänge; Datenanalyse zur Schulung der Kommunikationskompetenz im Umgang mit Diagrammen
4	Vermehrung von Bakterien 3: Übertragung genetischer Information bei Bakterien Auswertung eines vorgegebenen Experimentes zur Schulung der Kompetenz Methoden des Erkenntnisgewinns
5	Stoffwechsel von Bakterien 1: Joghurtherstellung Experiment Joghurt-Herstellung + UG Milchsäuregärung
6	Stoffwechsel von Bakterien 2: Milchsäuregärung Auswertung Experiment Joghurt-Herstellung + Aufgabenorientiertes Unterrichtsverfahren zur Festigung der Lerninhalte zur Milchsäuregärung, um Kommunikationskompetenz zu schulen
7 & 8	Stoffwechsel von Bakterien 3: Zellatmung und Fotosynthese Aufgabenorientiertes Unterrichtsverfahren zur Schulung der Kommunikationskompetenz, um weitere Stoffwechselwege zu erarbeiten
9 & 10	Stoffwechsel von Bakterien 4: Bakterien als Nahrungsquelle Photoautotrophe Bakterien als Nahrungsquelle für Astronauten: Aufgabenorientiertes Unterrichtsverfahren mit Mathematisierung biologischer Sachverhalte als Grundlage für die Verbesserung der Bewertungskompetenz
11 & 12	Mikrobiologische Brennstoffzelle Schülerübung zum Bau einer mikrobiologischen Brennstoffzelle in einem fächerübergreifenden TeamTeaching-Verfahren mit Physik (vgl. Di_Analyse_Brennstoffzelle.pdf)
13	Stoffwechsel von Bakterien 5: Zusammenfassung Zusammenfassung verschiedener Stoffwechselformen und Ernährungsformen mit Hilfe einer Mindmap

Lernziele

Überfachliche Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... durch den Umgang mit einem längeren Sachtext zentrale Methoden zur Texterschließung weiter einüben.
- ... sich für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen begeistern, in dem sie eigene Experimente planen und durchführen.
- ... die wesentlichen Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns (Hypothesenbildung, Versuchsdurchführung mit Kontrolle, Beobachtung und Dokumentation

der Messergebnisse/Datenlage, Erklärung) bei der Planung von Experimenten berücksichtigen und in die Auswertung der Experimente mit einbeziehen können.

- ... Sachverhalte mit zunehmendem Abstraktionsniveau erschließen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten und diese Sachverhalte mit unterschiedlichen Darstellungsformen in geeigneter Weise visualisieren.
- ... die Bedeutung von Mathematisierungsprozessen für eine kriteriengeleitete Beurteilung biologischer Fragestellungen an ausgewählten Beispielen erkennen und entsprechende Verfahren einüben.

Fachspezifische Lernziele

Die fachspezifischen Lernziele werden bei den einzelnen Unterrichtseinheiten ausgewiesen.

Unterrichtssequenz und -mittel

Die geplante Unterrichtssequenz umfasst ca. 11 Unterrichtsstunden. Im Folgenden wird der geplante Ablauf der einzelnen Stunden beschrieben.

1. Stunde: Aufbau von Bakterien

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... durch die Analyse eines einfachen Sachtextes die wesentlichen Bestandteile einer Bakterienzelle kennenlernen.
- ... die Angaben im Text nutzen, um den Aufbau einer Bakterienzelle schematisch zeichnen zu können.
- ... einzelnen Bakterienarten nach ihrer charakteristischen Form bestimmten Bakterientypen zuordnen können.

Vorbereitungen und Material

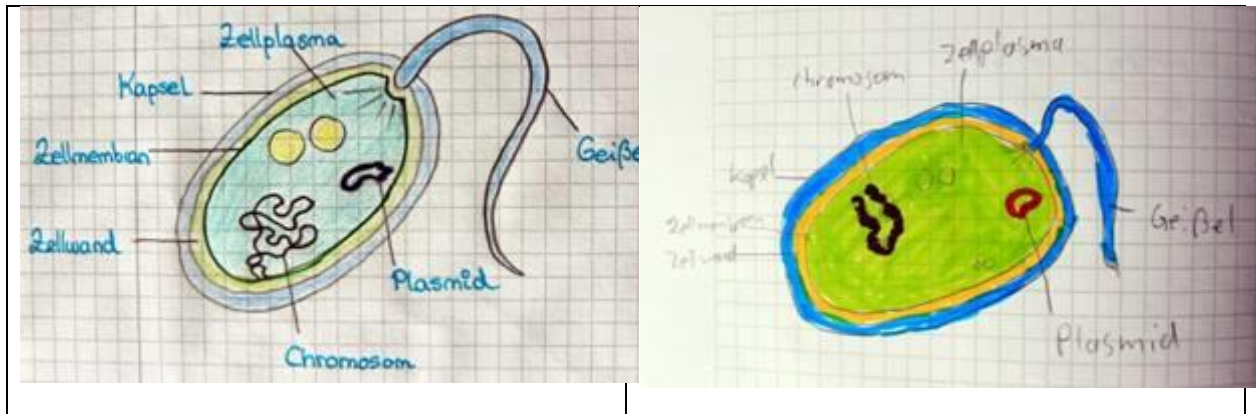
- AB „M2M_ÜA_Aufbau_Bakterien“ in der benötigten Anzahl kopieren

Unterrichtsablauf

Im Anschluss an die Unterrichtseinheit zu den Kennzeichen von Lebewesen (s. DA_Bio_Leben_Mars.pdf) ergibt sich ganz natürlich die Frage, wie diese ersten einfachen Lebewesen aufgebaut sind, die möglicherweise auf dem Mars zu finden sein sollten.

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten dann mit Hilfe des ausgeteilten Arbeitsblattes die Arbeitsaufträge bis alle eine entsprechende Schemazeichnung des Bakteriums im Heft haben. Als Sicherung des Unterrichtserfolges werden einzelne Skizzen (z.B. mit einer Dokumentenkamera) vom Lehrer ausgewählt und besprochen. Da es sich um die ersten Stunden im Schuljahr handelt, bietet es sich in diesem Zusammenhang gut an, erwartete Qualitätsstandards bei Hefteinträgen oder Zeichnungen an diesen ausgewählten Beispielen der Klasse vorzustellen.

Folgende Abbildungen zeigen eine Auswahl der entstandenen Schülerarbeiten:



2. & 3. Stunde: Vermehrung von Bakterien (Abklatschpräparate)

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... in arbeitsteiliger Gruppenarbeit Abklatschpräparate von verschiedenen Objekten anfertigen und durch Auszählen der Kolonien Objekte mit höherer bzw. niedrigerer Bakteriendichte unterscheiden.
- ... das Verfahren zur Anfertigung von Abklatschpräparaten selbstständig durchführen, um mit diesem Experiment selber aufgestellte Hypothesen zur Häufigkeit von Bakterien zu kontrollieren.
- ... theoretisch abgeleitete Phänomene des exponentiellen Wachstums von Bakterienpopulationen mit den realen Verhältnissen in der Natur durch mathematische Berechnungen und die Analyse eines Diagramms in Beziehung setzen.

Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_ÜA_Vermehrung_Bakterien“ in der benötigten Anzahl kopieren
- Pro Schülergruppe zwei mit Agar befüllte Petrischalen-Nährböden
- Parafilm zum Verschließen der Nährböden
- Wasserfeste Stifte zum Beschriften
- Brutschrank
- Schnellkochtopf zum Autoklavieren der Kulturen

Unterrichtsablauf

In einer Motivationsphase wird den Schülerinnen und Schülern vor Augen geführt, dass Bakterien praktisch überall zu finden sind. Allerdings sind sie auf Grund ihrer Größe für das menschliche Auge nicht sichtbar. Deshalb muss man sich ein Verfahren überlegen, wie man die Bakterien nachweisen kann.

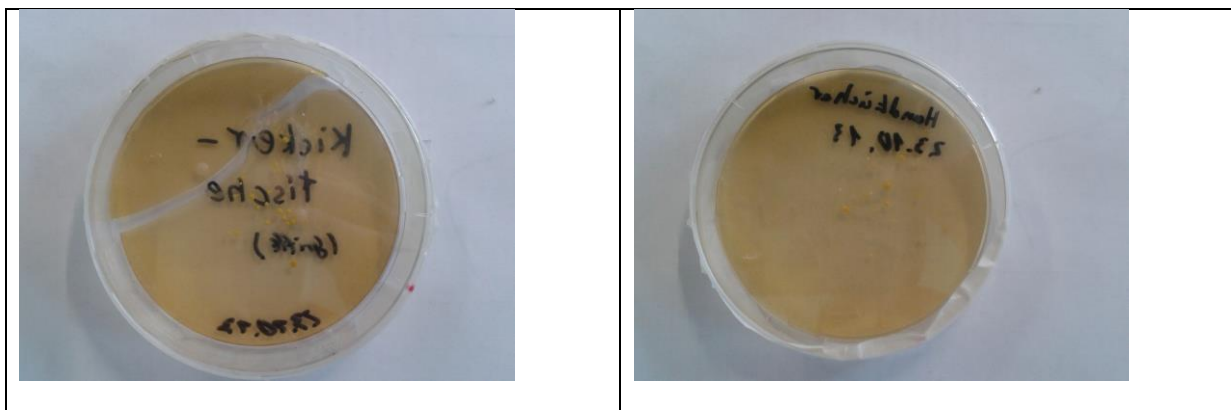
Im Anschluss stellt die Lehrkraft dann das Verfahren der Herstellung eines Abklatschpräparates vor und lässt die Schülerinnen und Schüler eigene Forschungsfragen formulieren, was man mit diesem Verfahren untersuchen könnte. Die Quintessenz sollte dabei sein, dass die Schülerinnen und Schüler

erkennen, dass für eine zuverlässige Aussage zu einem Phänomen immer der Vergleich von zwei Abklatschpräparaten nötig ist. Im Unterricht aufgeworfenen Fragen der Schüler waren z.B.

- Senkt Händewaschen die Anzahl der Bakterien auf der Haut?
- Waschen sich Jungs nach dem Toilettenbesuch häufiger die Hände als Mädchen?
- ...

Zu ihren Forschungsfragen planen die Schülerinnen und Schüler dann ein Verfahren, um diese Frage experimentell zu überprüfen und führen das Verfahren durch.

Folgende Abbildungen zeigen zwei dieser Abklatschpräparate.



Die fertigen beschrifteten, mit Parafilm sorgfältig verschlossenen Abklatschpräparate werden in einem Brutschrank für ca. 2 Tage inkubiert. Um das Wachstum human-pathogener Stämme zu verhindern, darf die Temperatur des Brutschrankes nicht auf 37°C eingestellt werden.

Parallel zum Bebrüten der Agarplatten beginnen die Schülerinnen und Schüler mit der Bearbeitung der Arbeitsaufträge zum Theorieteil der Unterrichtseinheit. Dabei kommen sie in Biologie zum ersten Mal mit mathematischen Zusammenhängen in Kontakt. Da in dieser Jahrgangsstufe der Taschenrechner eingeführt wird, sollte man den Jugendlichen seine Verwendung erlauben, um einerseits die Fertigkeiten im Umgang mit dem Gerät zu verbessern und andererseits die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Verwendung des TR zu nutzen.

Gleichzeitig festigen die Schülerinnen und Schüler, die bereits seit der Unterstufe bekannten Fertigkeiten bei der Analyse von Diagrammen und erweitern diese durch zunehmende Komplexität der Aufgabenstellungen.

In der folgenden Stunde stellen alle Schülergruppen ihre untersuchte Fragestellung und die dazugehörigen Messdaten der Klasse vor. Die restliche Zeit wird genutzt, um den Theorieteil zu vervollständigen und in einem Unterrichtsgespräch die Ergebnisse zu sichern.

4. Stunde: Übertragung genetischer Information bei Bakterien

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... in Einzelarbeit die Beobachtungen bei einem vorgegebenen Experiment deuten.
- ... mit Hilfe einer Abbildung eine Hypothese entwickeln, wie Bakterien genetische Informationen austauschen können und daraus Ableiten, welche evolutiven Vorteile sich durch diesen Genaustausch für Bakterien ergeben.

Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_ÜA_Bakteriensex“ in der benötigten Anzahl kopieren

Unterrichtsablauf

Die Inhalte dieser vierten Unterrichtsstunde sind weniger straff, da u. U. ein Puffer für die Auswertung der vorangegangenen Unterrichtseinheit benötigt wird.

Nach der Auswertung von Texten und Messdaten in Form von Diagrammen, sollen die Schülerinnen und Schüler in dieser Stunde ein Experiment auswerten. Mit den gegebenen Daten wird dabei bereits propädeutische auf die Bedeutung der geschlechtlichen Vermehrung hingearbeitet.

Als geeignete Sozialform des Unterrichts erscheint hier erneut die Einzelarbeit, um ein konzentriertes Arbeiten jedes Schülers zu gewährleisten. Die erarbeiteten Antworten werden dann im abschließenden Unterrichtsgespräch gesichert. Selbstverständlich können die entsprechenden Beiträge der Schüler dann auch zur Leistungsbeurteilung herangezogen werden.

5. & 6. Stunde: Stoffwechsel von Bakterien - Joghurtherstellung

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... in Gruppenarbeit ein eigenes Joghurt mit Hilfe der Anleitung herstellen und die Vorgänge in einem Versuchsprotokoll dokumentieren.
- ... geeignete physikalisch-chemische Eigenschaften identifizieren, mit deren Hilfe sich die Veränderungen der Versuchsansätze verfolgen lassen.
- ... das Prinzip der Variablenkontrolle in Experimenten durch geeignete Variation der Joghurt-Rezeptur einüben und ihre Beobachtungen dabei deuten.
- ... den vereinfachten Ablauf der Milchsäuregärung in Bakterienzellen kennen und als Ursachen für die Joghurt-Bildung deuten können.

Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_ÜA_Joghurtherstellung“ in der benötigten Anzahl kopieren
- Vollmilch
- Naturjoghurt
- Milchpulver
- Heizplatten mit Töpfen
- Thermometer
- Löffel und Schneebesen
- Verschießbare Gläser
- Brutschrank
- Indikatorpapier

Unterrichtsablauf

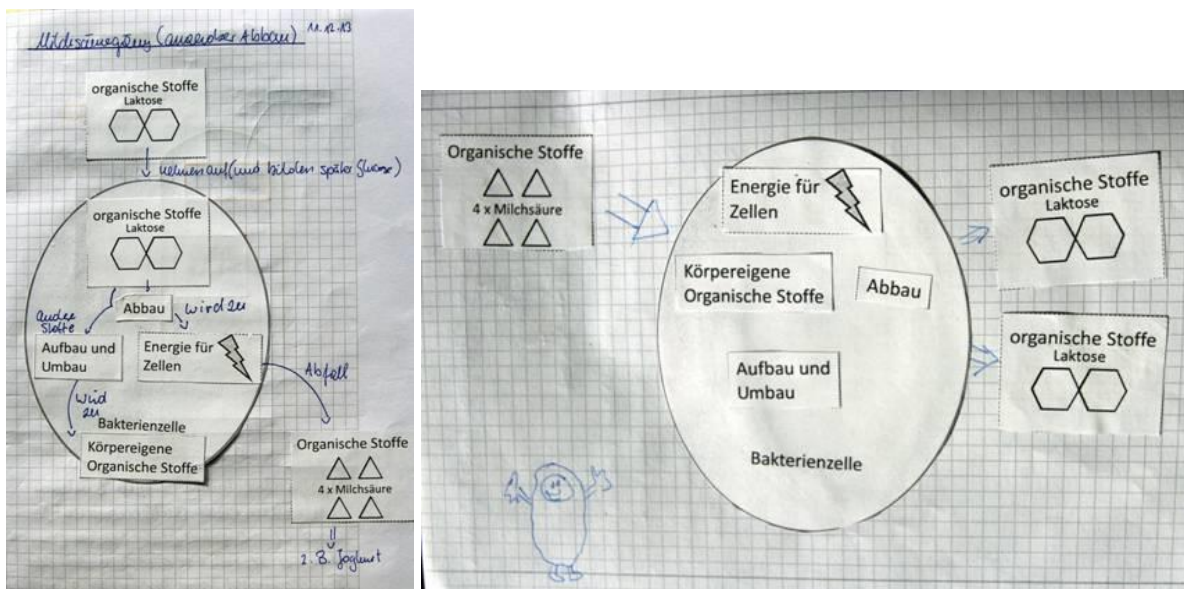
Um wenig Zeit zu verlieren, teilt man die Arbeitsgruppen bereits in der Vorstunde ein. Besonders wichtig ist es den Schülerinnen und Schülern in der Vorstunde aufzutragen, alle oben beschriebenen Küchenutensilien für die Arbeitsgruppe von zu Hause mitzubringen, da das Vertrauen in die hygienisch einwandfreie Qualität der eigenen Geräte höher ist als bei Material, das von der Schule gestellt wird.

Nach kurzer Textanalyse stellen die Arbeitsgruppen den Joghurt nach dem vorliegenden Rezept her. Zusätzlich variieren sie in einem zweiten Ansatz eine Bedingung ihrer Wahl (z.B. kein Milchpulver), um das Prinzip der Variablenkontrolle in einem Experiment einzuüben. Die erste Stunde dieser Unterrichtseinheit dient also ausschließlich der experimentellen Arbeit, die mit der Abgabe der beschrifteten Behälter bei der Lehrkraft endet. Im Anschluss werden die Ansätze in einem Brutschrank inkubiert.



In der zweiten Stunde erfolgt die Auswertung der Experimente, d. h. die Schülerinnen und Schüler stellen kurz ihre Beobachtungen den Mitschülern vor. In einem sichernden Unterrichtsgespräch werden dann Zutaten identifiziert, die tatsächlich für die Herstellung von Joghurt nötig sind und welche nicht unbedingt.

Kernstück des Unterrichts ist allerdings die Erarbeitung der Stoffwechselvorgänge in den Bakterienzellen, die zur Joghurt-Herstellung führen. Da die Milchsäuregärung ein hochkomplexer chemischer Vorgang ist, müssen die Inhalte didaktisch stark vereinfacht werden. Aus diesem Grund wurde die Bakterienzelle als eine Art Black Box betrachtet und untersucht, welche Stoffe in die Zelle hinein gehen und welche die Zelle verlassen. Die chemischen Verbindungen werden als einfache Symbole repräsentiert. Der Ablauf wird in einem Lehrerschülergespräch erarbeitet. Die Fixierung und Sicherung der Inhalte erfolgt mit Hilfe eines „Schemapuzzles“, bei dem die Schüler die besprochenen Vorgänge in die richtige Reihenfolge bringen. Folgende Abbildungen zeigen zwei dieser Schülerlösungen unterschiedlicher Qualität:



Da dieses Verfahren mit ähnlichen Abbildungen für weitere Stoffwechselwege in den folgenden Stunden mit zunehmendem Abstraktionsniveau wiederholt wird, empfiehlt es sich auch hier wieder gelungene und weniger gelungene Schülerarbeiten der Klasse vorzustellen und so einheitliche Qualitätsmaßstäbe vorzustellen.

7. & 8. Stunde: Stoffwechsel von Bakterien – aerober Abbau und Fotosynthese

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... mit Hilfe eines Textes den Ablauf des aeroben Stoffwechsels von Bakterien in einer zur Milchsäuregärung analogen Ablaufskizze darstellen.
- ... die Grundprinzipien bei der Erstellung von Stoffwechselabläufen soweit eingeübt haben, dass sie selbstständig den Stoffwechselweg der Fotosynthese bei einem fotoautotrophen Bakterium schematisch darstellen können.

Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_Aerober_Abbau“ in der benötigten Anzahl kopieren

Unterrichtsablauf

Die Inhalte dieser Unterrichtseinheit lassen sich unter Umständen auch in einer kürzeren Zeitspanne als 2 Unterrichtsstunden vermitteln. Wahrscheinlich wird aber ohnehin noch etwas mehr Zeit benötigt, um die Lerninhalte zur Milchsäuregärung nachhaltig zu sichern, d. h. der Beginn dieser Stunden könnte als Puffer dienen, um die vorangegangene Einheit abzuschließen.

Die Kernidee dieser Unterrichtseinheiten ist es den Schülern Bakterienzellen als Black Box-Systeme vorzustellen, die unterschiedliche Wege finden, um ihren Energiebedarf zu decken. Diese Wege werden alle in einem gleichartigen Schema von den Schülern dargestellt, um so leicht Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den einzelnen Stoffwechseltypen herauszuarbeiten. Diese Unterrichtseinheiten können und wollen auch keinen vertieften Einblick in die chemischen Abläufe bei diesen Prozessen innerhalb der Bakterienzelle liefern.

Um eine Progression in der Schülerfertigkeiten zu erzielen, wird der Input vor Erstellung der Schemazeichnungen sukzessive reduziert. Wird die Milchsäuregärung noch in einem Unterrichtsgespräch ausführlich thematisiert und die Schüler fixieren die besprochenen Inhalte nur in einem Schema, so erfolgt der Input zur Zellatmung nur noch über einen Sachtext, den sich die Schüler selbst erschließen müssen. In der abschließenden Einheit zur Fotosynthese erfolgt nur noch ein mündlicher Arbeitsauftrag, da den Schülern die Fotosynthese ja bereits seit der 6. Jahrgangsstufe vertraut ist. Folgende Abbildungen zeigen wieder unterschiedliche Schülerlösungen für den aeroben Stoffwechsel:



Auf diese Weise erleben die Schüler deutlich einen Kompetenzgewinn, da es für sie offensichtlich wird, komplexe Vorgänge mit immer weniger Vorinformation selbstständig erarbeiten zu können und damit einen deutlichen Lernfortschritt erzielt zu haben. Dieses Erlebnis der Selbstwirksamkeit steigert die Motivation beträchtlich.

9.&10. Stunde: Stoffwechsel von Bakterien - Bakterien als Nahrungsquelle

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... die Grundprinzipien des autotrophen Stoffwechsels bei Bakterien wiederholen.
- ... aus einer Vielzahl verschiedener Messdaten geeignete Werte wählen, um biologische Fragestellungen mit mathematischen Methoden zu beurteilen.
- ... bei der Lösung der Aufgaben ihren eigenen Stand der Fertigkeiten einschätzen lernen und dementsprechend differenzierte Hilfestellungen annehmen.
- ... Experimente zur Kultur von Spirulina-Blualgen auf Grundlage selbst recherchierter Daten planen können.

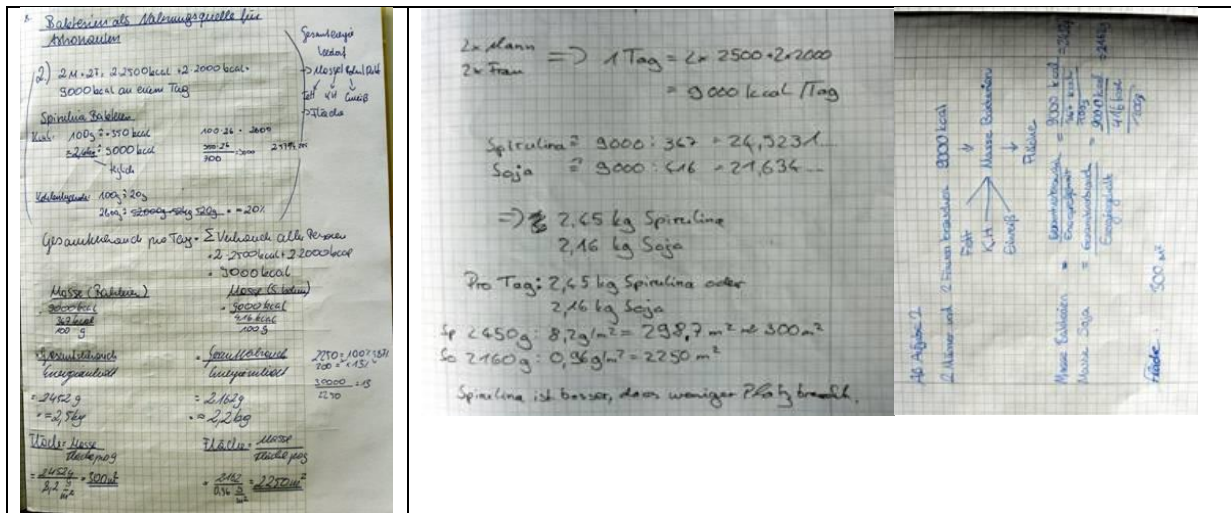
Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_ÜA_Bakterien_Nahrungsquelle“ in der benötigten Anzahl kopieren
- Hilfekärtchen ausdrucken, schneiden und laminieren

Unterrichtsablauf

Die Inhalte dieser Unterrichtseinheit sind recht umfangreich und die geforderte Vorgehensweise ist zudem durch zahlreiche mathematische Modellierungen sehr anspruchsvoll, d. h. in dieser Unterrichtseinheit wird eine starke Binnendifferenzierung im Klassenverband möglich sein. Dies bedeutet aber auch, dass dies für die Vorbereitung des Unterrichts eine besondere Herausforderung darstellt, da die Lehrkraft abgestufte Hilfekarten für einzelne Aufgaben zur Verfügung stellt. Die beiliegenden Hilfekarten beziehen sich auf die mathematischen Fragen 2, wobei der Hilfegrad zu Frage zwei variiert. Die erste und schwächste Hilfe ist grün gehalten, gefolgt von einer gelben, orangen und einer roten, die die meiste Hilfe bietet.

Viele Schülerinnen und Schüler werden Schwierigkeiten haben Aufgabe zwei vollständig zu lösen. Sie sollten aber dennoch durch die Lehrkraft ermuntert werden, es wenigstens zu versuchen und die Hilfekarten in Anspruch zu nehmen, anstatt die Arbeit einfach aufzugeben. Andere Schülerinnen und Schüler arbeiten mathematische Phänomene sehr schnell ab, so dass hier weitere fakultative Aufgaben gestellt werden, um die Arbeitsdauer im Klassenverband in etwa homogen zu halten. Folgende Abbildungen zeigen verschiedene Lösungswege von Schülern bei der Mathematisierung biologischer Fragestellungen:



11. & 12. Stunde: Stoffwechsel von Bakterien - Mikrobiologische Brennstoffzelle

s. eigene didaktische Analyse

13. Stunde: Stoffwechsel von Bakterien - Zusammenfassung

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... die verschiedenen Stoffwechselwege bei Bakterien wiederholen und die jeweiligen Abläufe in einer übersichtliche Skizze fixieren.

Vorbereitungen und Material

- AB „M2M_ÜA_Zusammenfassung_Stoffwechsel“ in der benötigten Anzahl kopieren

Unterrichtsablauf

Da die vorangegangenen Stunden durch zahlreiche Experimente, wissenschaftliche Texte, Schemazeichnungen und Berechnungen den Schülerinnen und Schüler den Stoffwechsel von Bakterien nahe gebracht haben, ist es zum Abschluss der Unterrichtseinheit erforderlich aus dem umfangreichen Datenmaterial noch einmal die biologisch grundlegenden fachsystematischen Lerninhalte herauszuarbeiten und zu sichern.

Hierzu dient die Anfertigung eines auf das Nötigste reduzierte Schema, über die prinzipiell möglichen Stoffwechselvarianten bei Bakterien, das die Schülerinnen und Schüler selbstständig anfertigen und dann auch dauerhaft in ihrem Gedächtnis behalten sollen.