

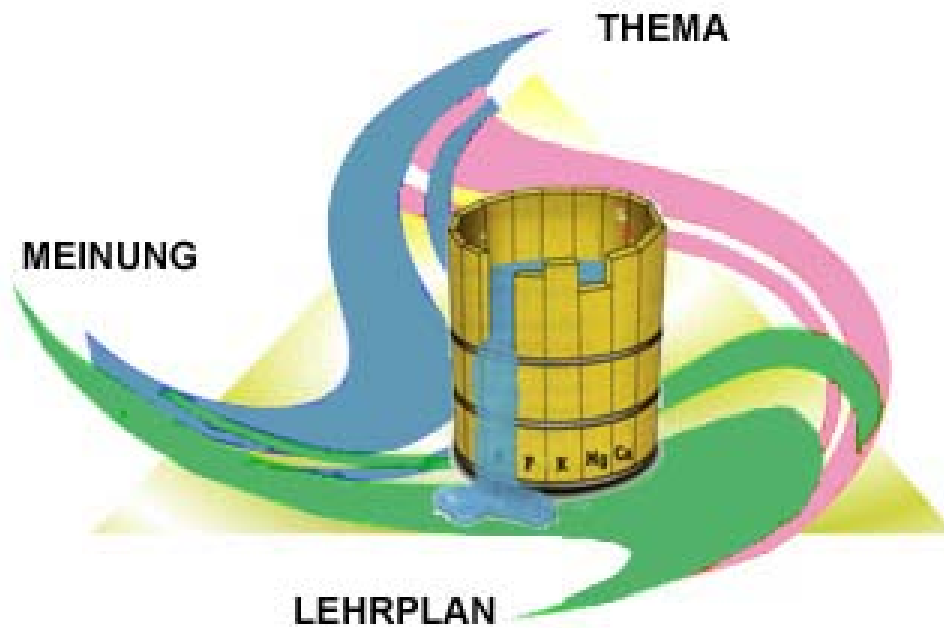


**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
Themenorientierung im Unterricht**

Schwerpunkt 3

„KEIN LEBEN OHNE DÜNGER.....“

Themenzentrierter Unterricht im Spannungsfeld zwischen
Lehrplannerfüllung und Meinungsbildung



Barbara Krätschmer

BORG Murau

Murau, Juli 2005

INHALTSVERZEICHNIS

1	ABSTRACT	5
2	Ausgangspunkt und Ziele.....	6
2.1	Allgemeines.....	6
2.2	Wissenserwerb und Meinungsbildung.....	6
2.3	Der neue Lehrplan und das Grundbildungskonzept	7
2.3.1	Lehrplanrelevante Ziele und Inhalte	7
2.3.2	Didaktische Grundsätze und Methoden	7
3	Durchführung	9
3.1	Projekttablauf	9
3.2	Probleme und ihre Ursachen.....	11
3.2.1	Probleme mit dem Zeitplan	11
3.2.2	Probleme mit der Pflege der Kulturen	11
3.2.3	Probleme mit dem Lernstoff	12
4	Auswertung.....	13
4.1	Auswertung der Fragebogen.....	13
4.1.1	Fragebogen 1.....	13
4.1.2	Fragebogen 2.....	13
4.1.3	Fragebogen 3.....	14
4.2	Graphische Auswertung der Fragebögen.....	15
4.3	Problembehandlung	15
4.4	Meinungsbildung	16
4.5	Lehrplanerfüllung.....	16
4.6	Zufriedenheit	17
5	Zusammenfassung und Ausblick	18
6	Anhänge	19
6.1	Anhang: Planung der Referate zum Thema Dünger und Boden	19
6.1.1	Referat: Bodenentstehung und Bodenarten.....	19

6.1.2	Referat: Düngemittel – eine Übersicht	19
6.1.3	Referat: Herstellung von Düngemitteln	19
6.1.4	Referat: Ökosystem Boden und Umweltbelastung durch Düngemittel	19
6.1.5	Referat: Bodenanalyse, Bodenbewertung und Düngemittelbedarf.....	19
6.2	Anhang: Fragebogen 1.....	20
6.3	Anhang: Formeln und Reaktionsgleichungen.....	21
6.4	Anhang: Übungsbeispiele zur Stöchiometrie.....	22
6.5	Anhang: 1. Chemietest am 7.2.2005	24
6.6	Anhang: Fragebogen 2.....	25
6.7	Anhang: Beobachtungstabelle	26
6.8	Anhang: Protokoll des Langzeitversuchs zum Thema Kunstdünger	27
6.8.1	Ziel des Experiments.....	27
6.8.2	Versuchskonzept.....	27
6.8.3	Versuchsdurchführung	27
6.8.4	Beobachtungen und Auswertung	29
6.8.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	30
6.9	Anhang:Fragebogen 3.....	31
6.10	Anhang: Düngerquiz.....	33
6.11	Anhang: 2. Chemietest am 26.4.2005	46
6.12	Arbeitsschema für die Bodenanalyse	47
6.13	Anhang: Vereinfachte Arbeitsanleitungen für Schüler.....	48
6.13.1	Herstellung von Bodenextrakt A.....	48
6.13.2	Bestimmung des pH- Wertes aus Bodenextrakt A	48
6.13.3	Bestimmung des Nitrat- und des Nitritstickstoffs	48
6.13.4	Bestimmung des Ammoniumstickstoff	49
6.13.5	Herstellung von Bodenextrakt B.....	49
6.13.6	Bestimmung des Phosphors	50
6.13.7	Bestimmung des Kaliums.....	50
6.14	Anhang: Protokoll der Bodenanalyse	52
6.14.1	Bodenbeschreibung:	52

6.14.2	Messwerttabelle:	52
6.14.3	Umrechnungsfaktoren:.....	52
6.14.4	Bodenbeurteilung.....	53
6.15	Anhang: Beurteilungstabellen für die Bodenanalyse.....	54
6.15.1	Stickstoff	54
6.15.2	Phosphat.....	54
6.15.3	Kalium	54
6.15.4	Einstufung der Böden nach dem pH-Wert.....	54
6.16	Anhang: Gutachten	55
6.17	Anhang: Düngeempfehlung.....	58
6.18	Anhang: Zeitplan für den Ablauf des Projekts Dünger und Boden	59
6.19	Anhang: Fotos.....	62
7	Literatur.....	64
8	Bibliographie	65

1 ABSTRACT

Das Projekt „Kein Leben ohne Dünger.....“ wurde mit 24 Schüler/innen einer 7. Klasse (11. Schulstufe) am BORG Murau im Fach Chemie durchgeführt. Es ist der Versuch zu zeigen, ob ein konkretes Thema aus der anorganischen Chemie im Regelunterricht vertiefend behandelt werden und gleichzeitig auch der neue Lehrplan erfüllt werden kann. Verfolgt man mit diesem Unterricht auch noch das ehrgeizige Ziel, die Schüler/innen zur Bildung einer eigenen Meinung zum Thema zu bewegen, so ergeben sich daraus sowohl Erkenntnisse zum Prozess der Meinungsbildung als auch eine intensive Auseinandersetzung mit den chemischen Modellvorstellungen und ihrer Verwendbarkeit im Sinne des Lehrplans.

2 AUSGANGSPUNKT UND ZIELE

2.1 Allgemeines

Ermutigt durch die Ergebnisse des Projekts „Lehrplanrelevante Referate“ im Schuljahres 2003/2004¹, soll in diesem Projekt der Versuch gemacht werden, zur Meinungsbildung der Schüler/innen in Bezug auf ein alltagsbezogenes Thema beizutragen. Das Ziel ist herauszufinden, ob ein Thema der anorganischen Chemie im Regelunterricht vertiefend behandelt werden kann, ohne Abstriche beim Grundlagensstoff machen zu müssen.

Gewählt wurde das Thema Düngemittel, weil der Bezirk Murau eine Gegend mit bäuerlicher Struktur ist. Als Klasse wurde eine 7. Klasse herangezogen (Informatikzweig, 2 Stunden Chemie pro Woche). Am Ende des Projekts sollten die Schüler/innen auf Grund chemischen Wissens fähig sein, sich zu Agrarthemen eine eigene Meinung zu bilden. Sie sollten auch in der Lage sein, landwirtschaftliche Probleme sowohl in ihrer Komplexität als auch in ihrer gesellschaftlichen Relevanz richtig einzuschätzen. Als Methoden dazu dienen:

- Frontalunterricht zur Vermittlung der Grundlagen
- Referate zur selbständigen Auseinandersetzung mit dem Stoff
- Laborarbeit, um das theoretisch Gelernte praktisch zu erproben.

Da das Thema ziemlich umfangreich ist und eine intensive Vorbereitung erfordert, soll auch untersucht werden, ob sich der Aufwand lohnt und gleichzeitig die Vorgaben des neuen Lehrplans erfüllt werden können.

2.2 Wissenserwerb und Meinungsbildung

Liest man im Lexikon² nach, so steht dort: „Meinungsbildung ist ein Vorgang aktiver oder rezipierender Bildung eines Urteils.“ Als Informationsquelle dienen häufig die Massenmedien, die jedoch nicht nur Information anbieten, sondern oft gezielte „Meinungspflege“ durch einseitige Information betreiben. Landläufig bezeichnet man dies auch als Manipulation.

Dem gegenüber hat die Pädagogik die Aufgabe kritische Persönlichkeiten heranzubilden, die Manipulation durchschauen, Meinungen bewerten, und Informationen so gegeneinander abwägen können, dass eine eigene begründete Meinung entsteht.

In der Philosophie wird die Meinung als scheinbare Erkenntnis oder vermeintliches Wissen (Parmenides) bzw. subjektiv und objektiv unzureichendes Fürwahrhalten (Kant) streng unterschieden vom Wissen, das ein subjektiv und objektiv zureichendes Fürwahrhalten darstellt.

Dies kann man dahingehend interpretieren, dass die intellektuellen Anforderungen bei der Meinungsbildung nicht ganz so hoch sind wie beim Wissenserwerb, dafür aber verstärkt Persönlichkeit, Engagement und zusätzlich Hausverstand eingebracht werden müssen. Aktive Meinungsbildung in der Schule sollte daher sowohl ein erstrebenswertes als auch ein machbares Ziel sein.

2.3 Der neue Lehrplan und das Grundbildungskonzept

Im Sinne des Grundbildungskonzeptes³ sollen die Schüler/innen ein vertieftes Welt- und Wissenschaftsverständnis erwerben, das ihnen die Alltagsbewältigung erleichtert. Außerdem sollen sie die Gesellschaftsrelevanz eines Themas beurteilen können. Im Idealfall sollen sie ihre Berufsorientierung danach ausrichten und so ein sinnerfülltes Leben führen können.

Der neue Lehrplan⁴ gilt seit 1. September 2004 und ist ein Kernstofflehrplan, d.h. die angegebenen Ziele müssen erreicht und die Inhalte müssen behandelt werden. Der Lehrstoff ist jedoch auf 2 Jahrgänge verteilt, so dass über einen flexibleren Zeitplan ein großer Freiraum für die Gestaltung des Unterrichts geschaffen wurde.

2.3.1 Lehrplanrelevante Ziele und Inhalte

Das Thema Düngemittel sollte dabei grundsätzlich folgende Ziele des Lehrplans abdecken:

- Erkenntnis der Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit materiellen und energetischen Ressourcen.
- Kenntnis der Funktion und Vernetzung natürlicher und anthropogener Stoffkreisläufe an Hand des Stickstoffkreislaufs und des Phosphatkreislaufs.
- Sicherer Einsatz der Fachsprache

In Bezug auf den Lehrstoff (Strukturen und Modellbildung, Stoffumwandlungen und Energetik, Rohstoffe-Synthesen-Kreisläufe, Chemie und Leben) wird erwartet, dass innerhalb des gewählten Themas manches ausführlich behandelt, manches jedoch nur gestreift werden kann. Die Erfahrungen damit sollen später im Kapitel Lehrplanerfüllung dargelegt werden.

2.3.2 Didaktische Grundsätze und Methoden

Der neue Lehrplan sieht folgende sechs grundlegende Konzepte vor, mit deren Hilfe chemisches Verständnis aufgebaut werden soll:

- Das Stoff-Teilchen-Konzept
- Eigenschaftskonzept
- Das Donator-Akzeptorkonzept
- Das Energiekonzept
- Das Größenkonzept
- Das Gleichgewichtskonzept

Im Rahmen dieser Arbeit soll herausgefunden werden, wie weit sich diese Konzepte in das Thema Düngemittel integrieren lassen.

Für die im Lehrplan vorgeschlagenen Methoden (empirisch arbeiten, erfahrungsgelernt und an Hand authentischer Probleme lernen, in vielfältigen Kontexten lernen usw.) bietet themenzentrierter Unterricht geradezu den idealen Rahmen. So kann beim Thema Düngemittel ausgehend von authentischen Problemen wie Nährstoffmangel sowohl erfahrungsgelernt als auch empirisch gearbeitet werden. Als Informationsquelle für die geplanten Referate bietet sich außer Büchern und Filmen auch das Medium Internet an, in dem Düngemittel heute bereits sehr vielfältig und ausführlich vertreten sind. Aus diesen Medien sollen mit instruktionaler Unterstützung wichti-

ge Informationen geholt und daraus eine eigenständige Arbeit gemacht werden. Abschließend soll in Gruppenarbeit noch eine Bodenanalyse durchgeführt werden.

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Projektablauf

In den ersten beiden Stunden im September wurden das Projekt und die Jahresplanung vorgestellt. Zur Einstimmung auf das Projekt wurde der Film Chemie in der Landwirtschaft aus einer Sendereihe des bayrischen Rundfunks gezeigt. Geplant war mittels Frontalunterricht die chemischen Grundlagen zu erarbeiten, mit Hilfe von Referaten⁵ das theoretische Wissen zum Thema Dünger bereitzustellen und mit Hilfe eines Langzeitversuchs⁶ die Wirkung von Volldünger und Mangellösungen zu veranschaulichen. Dieser Langzeitversuch zur Beobachtung der Wirkung von Düngemitteln sollte zu praktischer Erfahrung im Umgang mit Düngemitteln führen und zu Erkenntnissen über die sichtbaren Auswirkungen des Volldüngers und der Mangellösungen auf die Pflanzen. Abschließend sollte eine Bodenanalyse vorgenommen werden, auf deren Grundlage eine Düngeempfehlung für den Schulgarten (oder einen anderen Boden) abgegeben werden kann.

Von Anfang Oktober bis Anfang November erfolgte eine Einführung in die Grundlagen der Chemie (Stoffe, Trenn- und Analysenverfahren, Aufbau der Materie). Anfang November wurden die Themen der Referate (siehe Anhang) an die Schülerteams verteilt. Da die Referate ineinander greifen und gut aufeinander abgestimmt sein sollten, wurden für eine gemeinsame Literatursuche und die Erstellung eines Konzepts für jedes Referat 2 Schulstunden zu einem noch nicht näher bestimmten Zeitpunkt eingeplant.

Im November wurden die Atommodelle bis zum Bohrmodell sowohl in ihrer historischen Entwicklung als auch in ihrer aktuellen Verwendbarkeit (Chemische Grundgesetze, Spektralanalyse) besprochen. Ende November wurden in 2 Stunden die chemischen Grundgesetze und die Stöchiometrie vertiefend besprochen. Übungs- und Rechenbeispiele dazu waren auf das Thema Düngemittel abgestimmt (siehe Anhang B und C).

Im experimentellen Teil wurden in den letzten beiden Stunden vor Weihnachten die Stammlösungen und dann die Nährlösungen hergestellt. Dabei lernten die Schüler/innen den Umgang mit Waage, Messzylinder und Maßkolben kennen.

In den Weihnachtsferien wurden Weizenkörner vorgekeimt um nach den Ferien geeignete Pflanzen zur Verfügung zu haben.

Nach den Ferien wurde zunächst Fragebogen 1 (siehe Anhang) ausgegeben um einen Einblick in das aktuelle Wissen und die Meinungen der Schüler/innen zum Thema Dünger zu bekommen. Die ersten beiden Stunden nach Weihnachten dienten nach kurzer Wiederholung zur Literatursuche für die Referate. Am Ende der zweiten Stunde musste ein kurzes Konzept mit den gefundenen Literaturstellen abgegeben werden. Außerdem wurden die Abgabetermine für die Powerpointpräsentation und das Handout fixiert.

In der darauf folgenden Woche wurden die Weizenkulturen in die vorbereiteten Pflanzgefäße gesetzt und wichtige Merkmale (Farbe Größe, Wuchs, Tracht) zur Beobachtung besprochen. Ein Schüler erbot sich eine Beobachtungstabelle anzuferti-

gen, in die während der folgenden 4 Wochen die Beobachtungen eingetragen wurden. Insgesamt wurden die Kulturen 8 Wochen lang betreut, beobachtet und fotografiert. Ein Protokoll mit dem Versuchskonzept und den Ergebnissen ist im Anhang zu finden. Außerdem wurde in dieser Woche ein Film zur Ionenbindung gezeigt und die wesentlichen Merkmale von Salzen kurz zusammengefasst.

Von Mitte Jänner bis zum Beginn der Semesterferien wurden das quantenmechanische Atommodell und das Periodensystem besprochen. Ende Jänner wurde das Projekt am Tag der offenen Tür präsentiert. Anfang Februar war eine schriftliche Mitarbeitüberprüfung (siehe Anhang) zu den chemischen Grundgesetzen und zum quantenmechanischen Atommodell angesetzt. In der Stunde vor den Semesterferien wurde ein Spiel zur Übung chemischer Formeln gespielt (Chemistry game).

In der Woche vor den Semesterferien hatten die Weizenkulturen eine nicht geplante Dürreperiode zu bewältigen, die sie Gott sei Dank überlebten. Um die Gründe für diese Panne aufzuklären, wurde Fragebogen 2 ausgeteilt und eine Änderung der Beobachtungstabelle beschlossen. Während der Ferien wurden die Kulturen von der Lehrerin betreut.

Nach den Semesterferien wurde die überarbeitete Pflgetabelle vorgestellt und eine neue Pflegeeinteilung für die Weizenkulturen vorgenommen. Außerdem wurden die vorbereiteten Powerpointpräsentationen und Handouts (3 Beispiele siehe Anhang) durchgesehen und mit Verbesserungsvorschlägen an die Schüler/innen zurückgegeben. Die öffentliche Vorbesprechung des ersten Referats diente dazu den Schüler/innen nochmals die beim Referieren wesentlichen Dinge nahe zu legen.

Bis zum Beginn der Osterferien waren für jede Stunde zwei Referate geplant. Als Alternativprogramm, falls es zu Ausfällen kommen sollte, wurde der Film Elektronenpaarbindung aus einer Sendereihe des bayrischen Rundfunks bereitgehalten. Er musste tatsächlich auch benutzt werden, weil 2 Gruppen den Arbeitsaufwand unterschätzt hatten und ihre Termine nicht einhalten konnten. Da der Stoff den Schüler/innen sehr schwierig zu lernen erschien, wurde beschlossen, dass jede Gruppe drei wichtige Fragen zu ihrem Thema formuliert und diese in einem Lernspiel (siehe Anhang) zusammengefügt werden sollten.

In der Woche vor Ostern wurde in einem kleineren Pflanzgefäß (200 ml Plastikbecher) außerdem noch ein Versuch zur Überdüngung mit Ammoniumnitrat angesetzt, der von einem besonders interessierten Schüler betreut wurde.

Vier Referate fanden nach Ostern statt. Anschließend wurde der Fragebogen 3 ausgegeben. Das Lernspiel wurde von der Lehrerin korrigiert, mit Fragen ergänzt und ins Postfach der 7C gelegt (siehe Anhang). Am 11. April sollte das Spiel erprobt werden. Wegen eines tragischen Vorfalls in der Klasse wurde das Spiel zwar an die Klasse übergeben, die erste gemeinsame Erprobung fiel jedoch aus. In der darauf folgenden Stunde stellte sich heraus, dass das Spiel zwar Spaß macht, einige Antworten aber so kompliziert formuliert waren, dass man sie nochmals überarbeiten musste. Eine Gruppe von 3 Schülern meldete sich für diese Aufgabe freiwillig. Am 26. April fand ein kurzer Test zum Thema statt.

Anschließend wurden als Vorbereitung auf die Bodenanalyse die Analysenverfahren Kolorimetrie und Photometrie sowie das Arbeitsschema der Bodenanalyse (siehe Anhang) erklärt. In der nächsten Stunde wurde das Kapitel Säuren und Basen begonnen. Nach der Einführung des pH-Werts wurde seine Bedeutung für die Landwirtschaft besprochen. Dann fand eine Vorbesprechung der Bodenanalyse statt, bei

der die Schüler in Gruppen eingeteilt wurden. Jeder Gruppe wurde eine der folgenden Aufgaben zugewiesen:

- Probenahme
- Herstellung der Bodenlösung A
- Messung des pH-Werts
- Messung von NO_3^- und NO_2^- und umrechnen auf mg N/kg
- Messung von NH_4^+ und umrechnen auf mg N/kg
- Herstellung der Bodenlösung B
- Bestimmung von Phosphor in mg/kg
- Bestimmung von Kalium in mg/kg
- Erstellen eines Protokolls und eines professionellen Gutachtens (siehe Anhang).

Da die Anleitungen im Arbeitsbuch zum Visocolor Bodenkoffer nicht unmittelbar im Unterricht einsetzbar sind, wurde auf einfachere, klarer strukturierte Arbeitsanweisungen⁷ zurückgegriffen (siehe Anhang). Darin sind Gefahrenhinweise und besonders wichtige Arbeitshinweise deutlich hervorgehoben.

Mit den Messergebnissen wurden 2 Schüler zur Landgenossenschaft und zur Landwirtschaftskammer geschickt, um professionelle Beratung sowie Unterlagen⁸ zur Erstellung einer Düngeempfehlung (siehe Anhang) zu besorgen.

Im Anschluss an die Bodenanalyse wurden noch die Säurekonstante sowie die Titration als Analysenverfahren erklärt und in Gruppenarbeit Experimente zur Festigung der Säure/Base-Theorien durchgeführt. Mit einem Film zur technischen Ammoniakherstellung und der Wiederholung des Films Chemie in der Landwirtschaft wurde der Jahresstoff abgerundet. Eine tabellarische Übersicht über den zeitlichen Ablauf des Schuljahres findet man im Anhang)

3.2 Probleme und ihre Ursachen

3.2.1 Probleme mit dem Zeitplan

Immens unterschätzt wurde der Zeitbedarfs für Organisatorisches (Erklärung des Ablaufs von Gruppenarbeiten, Einteilung der Gruppen, Terminfindung). Verschärft wurde das Problem noch durch häufigen Entfall von Stunden wegen der Feiertage (an Montagen und Dienstagen, an denen die Chemiestunden stattfinden) sowie schulautonomer Tage, Seminare und Krankheit.

3.2.2 Probleme mit der Pflege der Kulturen

Das Ansetzen der Kulturen erfolgte an einem Dienstag (18.1.) An diesem Tag war allerdings etwa die Hälfte der Klasse bei der Musterung. Die Anleitung zur Pflege wurde am darauf folgenden Montag zwar wiederholt, ist aber bei vielen Schülern nicht angekommen.

Außerdem hat sich herausgestellt, dass die Beobachtungstabelle nicht optimal angelegt war. Diese wurde daraufhin überarbeitet (siehe Anhang). Da sich die Pflanzen innerhalb einer Woche nicht übermäßig veränderten, wurde mehr nur eine umfangreiche Beobachtung pro Woche eingeplant. Dafür wurden allerdings besonders interessierte und fähige Schüler/innen eingeteilt.

Beim Gießen kam es häufig zu Überschwemmungen. Ursache: Das 750 ml Pflanzgefäß war mit einem Fliegengitter und einem weißen Stoffstück so bedeckt, dass der Stoff sich fast immer mit der Nährlösung in Berührung kam und diese dann über den Stoff nach außen abtropfte.

Von 7.2. bis 11.2 wurden die Kulturen nicht gepflegt und haben nur knapp überlebt.

3.2.3 Probleme mit dem Lernstoff

Mit den Schülern war ausgemacht, dass im Rahmen ihrer mündlichen Wiederholungen der in den Handouts dokumentierte Stoff gekonnt werden muss. Dies führte dazu, dass eine Gruppe von Schüler/innen folgende Aussage machte: „Wir haben ja versucht den Stoff zu lernen, aber es ist sehr viel und ziemlich schwierig (im Sinne von komplex).“

Die darauf folgende Diskussion führte zu dem Ergebnis, dass ein Bedarf an Fragen bestand, die man mit Hilfe der Handouts beantworten konnte. Jede Gruppe wurde daher beauftragt mindestens 3 Fragen zu ihrem Referat auszuarbeiten und zur Korrektur abzugeben. Die Fragen sollten von der Lehrerin so ergänzt werden, dass ein repräsentativer Fragenkatalog zur Verfügung steht, der als Lernkartei verwendet werden kann. Dabei wurde außerdem die Idee geboren ein Quizspiel daraus zu machen. Es wurde beschlossen dieses Spiel anstatt der ursprünglich geplanten FBA auszuarbeiten. Die zweite Hälfte von 2 bis 3 Chemiestunden sollte zu Erprobung des Spiels dienen und anschließend wurde ein Test über den Stoff eingeplant.

4 AUSWERTUNG

Bei der Auswertung wurde das Augenmerk besonders auf folgende Aspekte gelegt:

- Wie weit kam es zur Meinungsbildung bei den Schüler/innen?
- Welche Bedeutung hatte das Projekt für die Schlüsselkompetenz Teamfähigkeit?
- Wie zufrieden waren die Schüler/innen mit dem Projekt und der dazugehörigen Leistungsbeurteilung?
- Wie weit konnte der Lehrplan in Bezug auf die eingangs erwähnten Konzepte und Inhalte erfüllt werden?

4.1 Auswertung der Fragebogen

4.1.1 Fragebogen 1

Die Auswertung ergab, dass 50% das Thema für gesellschaftspolitisch relevant hielten 50% jedoch nicht. Das Interesse an dem Thema hielt sich mit 27% in Grenzen. Nur 23% waren der Meinung, dass sie bei diesem Thema mitreden könnten (Bauernkinder). In der Schlüsselkompetenz Teamfähigkeit hielten sich 81 % für teamfähig, 60% hielten sich für selbständig. In Sachfragen waren 77% der Meinung, dass man die Menschheit nur mit biologischer Kreislaufwirtschaft nicht ernähren könnte. 76% glaubten, dass die Qualität der Nahrung von der Düngung abhängt. 69% glaubten, dass Kunstdünger giftig ist und zur Umweltverschmutzung beiträgt.

4.1.2 Fragebogen 2

Dieser Fragebogen war eigentlich nicht geplant, war aber notwendig geworden, weil 4 Schüler/innen auf die Pflege der Kulturen völlig vergaßen. Der Fragebogen wurde an alle Schüler/innen ausgeteilt, da er auch Fragen enthält, die von grundsätzlichem Interesse sind. Die Auswertung ergab, dass diese Unterlassungssünden hauptsächlich aus 2 Gründen aufgetreten waren:

- Die Schüler/innen waren über die zu verrichtenden Tätigkeiten nur unzureichend informiert und haben sich daher in der Beobachtungstabelle nur schwer zurechtgefunden. Kommentar eines Schülers: „Eigentlich habe ich nicht so recht gewusst, was ich da wo hineinschreiben soll.“
- 44% der Schüler/innen gaben an, dass sie in der Zeit vor dem Semesterzeugnis vor lauter Prüfungsstress darauf vergessen würden.

Technische Pannen, wie das Ausrinnen der Nährlösung auf die Fensterbank, stellten nur für 2 Schüler/innen ein Problem dar. Außerdem wurden unter dem Punkt „Sontiges“ zwei Vorschläge gemacht:

- Es soll von vorne herein eine konkrete Datumszuteilung vorgenommen werden, damit jeder weiß, an welchem Tag er dran ist.
- Es sollte ein System geben, damit bei einem Ausfall (z.B. auf Grund von Krankheit) der/die nächste informiert wird und die Arbeit übernimmt. Eine Möglichkeit wäre, jede Woche die Klassenordner als Kontrollorgane einzuteilen und ihnen so Verantwortung zu übertragen.

4.1.3 Fragebogen 3

Enthielt zum Teil dieselben Fragen wie Fragebogen 1. Auffallend war, dass es vor dem Projekt zu Sachfragen weniger Stimmenthaltungen gab.

Nach dem Projekt befanden 68% der Schüler/innen das Thema für gesellschaftlich relevant und wichtig (vorher 50%).

Das persönliche Interesse stieg von 27% auf 32%.

52% glaubten, sie könnten nun eine begründete Meinung in eine Diskussion über Agrarfragen einbringen (vorher 23%).

Nur mehr 32% (statt vorher 69%) glaubten, dass Kunstdünger giftig ist. In der Rubrik Bemerkungen fand sich die Aussage: „Die Dosis macht das Gift“, die im Unterricht zwar nicht explizit ausgesprochen, aber z.B. im Film oder im Referat „Stickstoffkreislauf“ indirekt angesprochen wurde.

36% glaubten, dass Kunstdünger in der Natur vorkommt, 44% nicht und der Rest (20%) enthielten sich der Stimme.

64% fanden, Kunstdünger trägt zur Umweltverschmutzung bei, nur 36 % glaubten dies auch von natürlichem Dünger. 16% gaben unter Bemerkungen an, dass die Umweltverschmutzung auf Überdüngung zurückzuführen ist.

36 % gaben an, dass sich ihre Sicht der Landwirtschaft verändert hat. Bemerkung eines Schülers: „Es ist nicht so leicht!“

Am Weltverständnis (Verständnis der Stellung des Menschen in der Natur) hat sich nur für 16% etwas verändert.

64% gaben an, dass ihnen das Projekt Spaß gemacht hat, obwohl der Aufwand beim Ausfüllen der Beobachtungstabelle selbst intelligenten und interessierten Schülern zu hoch erschien. In einem direkten Gespräch hat sich auch herausgestellt, dass der Langzeitversuch (8 Wochen) zu lange gedauert hat. In diesem Sinne waren 76% der Schüler dafür, das Projekt fächerübergreifend (CH/BIU) durchzuführen.

80% waren der Meinung, dass die Leistungsbeurteilung o.k. war.

Der Fragebogen 3 enthielt auch einen ☺ und einen ☹ Kasten. Einige Kommentare zu diesen Punkten spiegeln die motivierenden und die demotivierenden Aspekte bei Projekten sehr gut wider:

☺ Gibt es etwas am Projekt, das dir besonders gefallen hat?

„Es ist ein realistisches Thema, das viele Möglichkeiten bietet!“

„Die Düngerherstellung hat mir besonders gefallen.“ (3 Nennungen)

„Experimentieren war lustig.“

„Die Idee und das praxisbezogene Arbeiten haben mir besonders gefallen.“

„Die persönliche Erfahrung mit dem Dünger war für mich wichtig.“

„Ich habe noch nie so viel Schimmel auf einmal gesehen.“

☹ Gibt es etwas am Projekt, das dir ganz und gar nicht gefallen hat?

„Das Notieren der Beobachtungen hat die ganze, große Pause gedauert.“

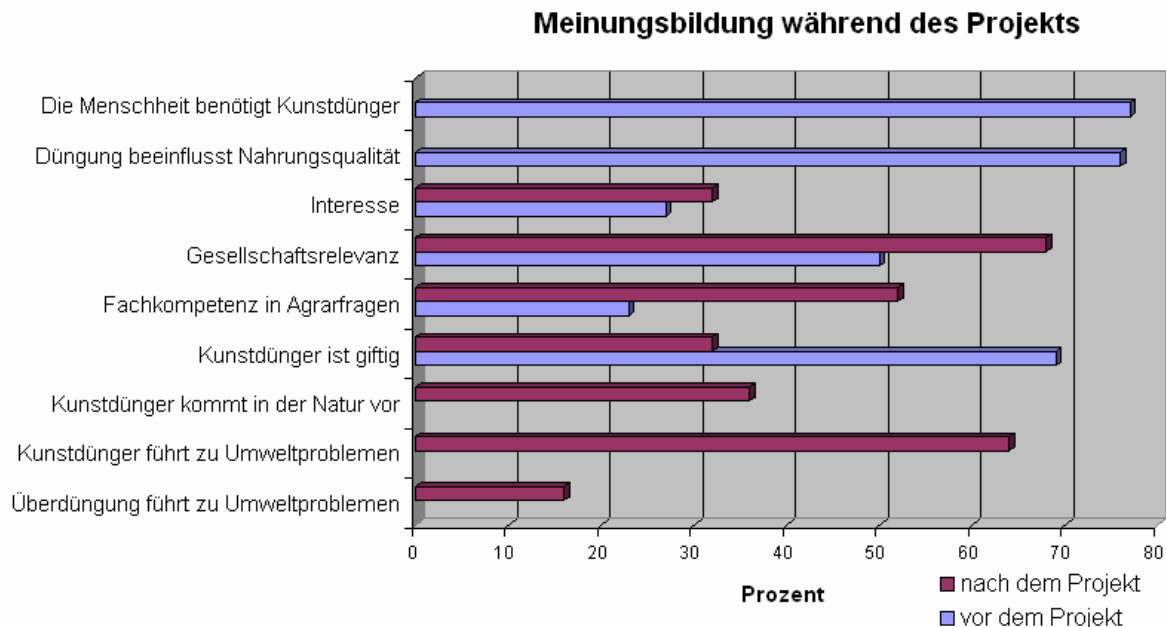
„Streitereien, geringe Arbeitsmoral und mangelnde Disziplin vieler Schüler.“

„Das Projekt war zu lang.“ (8 Wochen)

„Organisationsprobleme und unzureichende Instruktion.“
„Die Pflanzen stinken!“

4.2 Graphische Auswertung der Fragebögen

Die folgende Graphik zeigt den Meinungsbildungsprozess während des Projekts in einer Übersicht:



4.3 Problembehandlung

Der Versuch, den Zeitplan einigermaßen einzuhalten, führte zu einer Art „Fitnessstraining“ für die Lehrerin. Er erforderte nämlich eine zielorientiertere, straffere und präzisere Darstellung des Stoffs im Frontalunterricht, welche lehrerseitig ein vertieftes Verständnis für Wichtiges und Unwichtiges hervorrief.

Wie der Fragebogen 2 ergab, sind die Probleme mit der Kulturenpflege auf schwer beobachtbare, geringfügige Veränderungen der Parameter aber auch auf Organisations- und Kommunikationsprobleme zurückzuführen. Nach Aufklärung dieses Sachverhalts wurde eine neue Beobachtungstabelle erstellt, in der nur mehr ein Mal pro Woche genaue Aufzeichnungen über die Beobachtungsparameter gemacht werden mussten. Zur Einführung wurden diese **einmal gemeinsam** notiert und fortan nur die begabtesten Schüler/innen dafür eingeteilt. Alle übrigen erhielten einfachere Aufgaben, wie fotografieren oder gießen.

Die Probleme mit dem Lernstoff konnten in kreativer Zusammenarbeit mit den Schüler/innen gelöst werden, wobei deren Ideenreichtum immer wieder in Erstaunen versetzt. Die Durchführbarkeit der daraus entwickelten Innovationen (hier konkret des Spiels) muss allerdings von Lehrerseite überprüft werden. Besonders schlechtere Schüler/innen konnten jedoch auf diese Weise ins Geschehen eingebunden werden.

4.4 Meinungsbildung

Die Antworten von Fragebogen 3 deuteten darauf hin, dass die angebotene Information nicht bei allen Schüler/innen sofort zur Bildung einer unabhängigen und klaren, eigenen Meinung führt. Der Meinungsbildungsprozess ist jedoch initialisiert: „Es tut sich etwas.“

Ein abschließendes Interview zeigte, dass die Komplexität des Themas wurde von vielen Schüler/innen in einem aktiven Meinungsbildungsprozess erkannt worden war. Am Weltverständnis der Schüler/innen änderte sich nur deshalb wenig, weil den meisten bereits vorher bewusst war, dass der Mensch von seiner Umwelt abhängig ist und mit Ressourcen daher sorgsam umgegangen werden muss. Dieser Teil der Meinungsbildung scheint rezipierend erfolgt zu sein.

4.5 Lehrplanerfüllung

Wie erwartet konnten einige Inhalte des Lehrplans intensiver behandelt werden, während einige nur gestreift wurden.

Sehr gut aufgenommen haben die Schüler/innen die Modellbildung (Stoff/ Teilchenkonzept und Eigenschaftskonzept) und ihre Anwendungen. Die mündlichen Wiederholungen zeigten immer wieder, dass den Schüler/innen das Aufstellen chemischer Formeln mit Hilfe des Periodensystems mühelos von der Hand ging. Auch die chemische Fachsprache bereitete kein Problem.

Weniger leicht scheint das Ausgleichen von Reaktionsgleichungen zu sein. Bei den Übungen dazu zeigten jedoch alle Schüler/innen großen Einsatz, und es wurden viele Fragen gestellt.

Die Notwendigkeit stöchiometrischen Rechnens wurde zwar akzeptiert, wirkliches Verständnis für die Berechnungen entwickelten zunächst aber nur 4 Schüler/innen. Der Test im Februar zeigte, dass viele sich damit zufrieden gaben die Definition des Mols zu lernen. Manche machten sich sogar die Mühe die Beispiele auswendig zu lernen ohne Verständnis zu entwickeln. Eine weitere Chance einfaches chemisches Rechnen zu lernen bot die Bodenanalyse. Um bei allen Schülern Verständnis dafür herzustellen, müsste jedoch weit mehr geübt und angewendet werden.

Die Gleichgewichtsdynamik, Energiebilanz chemischer Reaktionen und Katalyse (Energie- und Größenkonzept) wurden nur am Beispiel der Haber-Bosch-Synthese behandelt und waren ganz auf diese zugeschnitten. Dabei trat die Bedeutung des Prinzips von Lechatelier und Braun sehr eindrucksvoll zu Tage, während die Begriffe Enthalpie und Entropie nur kurz definiert wurden. Die komplexen Zusammenhänge unter Einsatz der chemischen Modellbildung wurden von den Schüler/innen an Hand der Quizfragen gelernt, wobei schlechte Schüler/innen die spielerische Methode bevorzugten, während bessere Schüler/innen zielorientierter arbeiteten und die Quizfragen als Lernkartei benutzten. Besonders von verspielten Schüler/innen wurden aber auch andere Spielvarianten angedacht. Der 2. Chemietest fiel überdurchschnittlich gut aus. Bei hoher Anwesenheitsquote (22/24) gab es kein nicht genügend und nur je 2 genügend und befriedigend. Eine Schülerin gab vorzeitig ab („Ich war krank und konnte leider nicht lernen.“) Der Knackpunkt des Tests war die Frage nach der Problematik der Haber-Bosch-Synthese. Hier zeigte sich, dass 4 Schüler/innen den

Gedankengang verstanden hatten und in eigenen Worten formulieren konnten, 7 Schüler/innen hatten es mit mehr oder weniger Erfolg zumindest versucht und 8 hatten zumindest den Text der Quizkarten auswendig gelernt.

Beim Stickstoffkreislauf lag das Hauptaugenmerk auf der Bedeutung des Kreislaufs für die Natur. Den Schüler/innen wurde eindrucksvoll vor Augen geführt wie wichtig der verantwortungsvolle Umgang mit unseren Ressourcen ist. Die Redoxreaktion als chemischer Begriff wurde auch hier nur kurz definiert, um die Reaktionen im Stickstoffkreislauf nachvollziehen zu können.

Etwas ausführlicher wurde auf die Protolysegleichgewichte (Donator/ Akzeptorkonzept) eingegangen, obwohl auch hier der Schwerpunkt die Bedeutung des pH-Werts für die Landwirtschaft war. In Gruppenarbeiten konnten sowohl theoretische Aspekte der Säure/Base Reaktionen angewandt als auch Erfahrung im praktischen Umgang mit einigen Stoffen (H_2SO_4 , H_2SO_3 , HCl , HNO_3 und NH_3) gesammelt werden.

Auf jeden Fall haben die Schüler/innen einige wichtige chemische Grundstoffe und ihre Verwendung kennen gelernt. Dazu die Problematik aber auch die Notwendigkeit ihrer Herstellung.

4.6 Zufriedenheit

Die meisten Schüler/innen gaben an, dass das Projekt trotz einiger Störfaktoren Spaß gemacht hat und die Leistungsbeurteilung o.k. war. Auffallend war auch, dass die Schüler/innen, unabhängig von ihrem Geschlecht, während des gesamten Schuljahres sehr kooperativ waren, ohne dafür gleich Punkte einzufordern. Es gab eigentlich nie eine Diskussion darüber, warum etwas getan werden muss, sondern immer nur wie es getan werden muss. Die meisten gaben sich sehr viel Mühe, versuchten sich die Arbeit gut einzuteilen, meldeten aber auch sofort, wenn etwas in ihrem Zeitplan nicht unterzubringen war und verschoben werden musste.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Projekt „Kein Leben ohne Dünger...“ zeigt, dass die Initialisierung der Meinungsbildung bei allen Schüler/innen eintritt. Engagierte und intelligente Schüler/innen finden schneller zu einer eigenen Meinung, während der Rest eine Phase des „Nicht-einordnen-könnens“ von Informationen durchmacht und während dieser verunsichert wirkt. Es besteht aber die begründete Hoffnung, dass sich die Manipulierbarkeit der jungen Erwachsenen in Grenzen halten wird, wenn sie in der Schule Methoden der Informationsbeschaffung und der Meinungsbildung kennen gelernt haben.

Die Meinungsbildung behindert nicht den Wissenserwerb, da Schulwissen ohnehin bruchstückhaft ist. Auch dem neuen Lehrplan kann genüge getan werden, obwohl auf einzelne Inhalte nur oberflächlich eingegangen werden kann. Nach dem Motto „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ erhalten die Schüler/innen trotzdem einen bleibenden Eindruck von der Leistungsfähigkeit der Chemie für das Überleben der Menschheit, aber auch von den Grenzen.

Auffallend war, dass Arbeitsklima und Projekterfolg eine direkte Funktion guter Vorbereitung und Organisation durch den Lehrer sind. Dann tragen die Schüler/innen mit ihrem Ideenreichtum zu unerwarteten Innovationen (Quizspiel) bei. Die Einsatzmöglichkeiten und die Auswirkungen von Quizspielen im Unterricht wären eine lohnendes Thema für eine weitere Untersuchung

6 ANHÄNGE

6.1 Anhang: Planung der Referate zum Thema Dünger und Boden

6.1.1 Referat: Bodenentstehung und Bodenarten

- Was versteht man unter dem Begriff Boden? Aus welchen Ausgangsmaterialien und durch welche Prozesse bildet sich Boden? (Bodenprofil, Bodenzusammensetzung in Tabellenform)
- Welche Bodenarten unterscheidet man? (Bodenart, Teilchengröße, Bodeneigenschaften, Anschauungsmaterial). Wann ist ein Boden fruchtbar?

6.1.2 Referat: Düngemittel – eine Übersicht

- Düngemittel – was ist das? Welche Elemente sind wichtig?
- In Form welcher Verbindungen kann die Pflanze den Dünger aufnehmen? Wofür braucht die Pflanze den Dünger?
- Wie viel Dünger braucht die Pflanze (Liebig'sches Minimumgesetz)? Unterschied zwischen organischem Dünger und Mineraldünger.

6.1.3 Referat: Herstellung von Düngemitteln

- Welche Nährstoffe nimmt die Pflanze in welcher Form auf? Welche Düngesalze gibt es? Wie werden die Düngesalze zu sinnvollen Düngemitteln kombiniert?
- Welche Düngerarten gibt es? Woher kommen die Rohstoffe für die Düngemittelherstellung? (Haber/Bosch Synthese)
- Was sind NPK-Dünger? (Informiere dich über käufliche Düngemittel, z.B. bei der Landgenossenschaft) Auswahl und Dosierung von Düngemitteln, Herstellung ausgewählter Düngemittel

6.1.4 Referat: Ökosystem Boden und Umweltbelastung durch Düngemittel

- Das Ökosystem Boden, Wassergefährdung durch Nitrat (Stickstoffkreislauf)
- Wassergefährdung durch Phosphat

6.1.5 Referat: Bodenanalyse, Bodenbewertung und Düngemittelbedarf

- Wie geht man bei einer Bodenanalyse vor (Arbeitsschema)?
- Nach welchem Prinzip laufen die Verfahren der Kolorimetrie und der Photometrie ab. Erkläre ein solches Verfahren (z.B. die pH-Wert Bestimmung) genauer.

6.2 Anhang: Fragebogen 1

Meinungsumfrage über Düngemittel vor der heißen Phase des Projekts

Geschlecht:

männlich

weiblich

Frage	ja	nein	Bemerkung
Hältst Du das Thema Dünger und Boden für ein gesellschaftlich wichtiges Thema?			
Hast Du persönliches Interesse an diesem Thema?			
Motiviert dich die Möglichkeit selbst einen Kunstdünger herzustellen und an Zimmerpflanzen auszuprobieren?			
Könntest du zu gegenwärtigen Zeitpunkt in einer Diskussion über Agrarfragen mitreden?			
Traust du dir zu selbständig zu arbeiten?			
Erscheint dir Teamarbeit schwieriger als das Arbeiten alleine?			
Hältst du dich für teamfähig?			
Könnte man alle Menschen auf der Erde ernähren, wenn man ausschließlich naturnahe Kreislaufwirtschaft betreiben würde? (alternativer Landbau)			
Hängt die Qualität unserer Nahrung von der Düngung ab?			
Benutzt die alternative Landwirtschaft in der heutigen Zeit Kunstdünger?			
Ist Kunstdünger giftig?			
Trägt Kunstdünger zur Umweltverschmutzung bei?			
Verursacht Kunstdüngereinsatz vermehrten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln?			
Würdest du Kunstdünger im eigenen Garten einsetzen?			

6.3 Anhang: Formeln und Reaktionsgleichungen

Diese Übungsbeispiele sind auf das Thema Düngemittel abgestimmt.

1. Benenne

CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3 , CaSiO_3 , NH_4NO_3 , N_2O , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaSO_4 , Al_2O_3

2. Gleiche folgende Reaktionsgleichungen aus

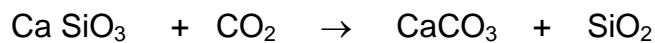
Verwitterung von Kalk



Verwitterung von Dolomit



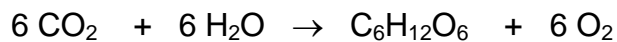
Verwitterung von Silicatgestein



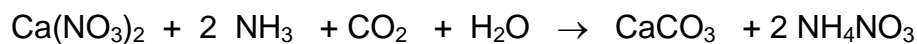
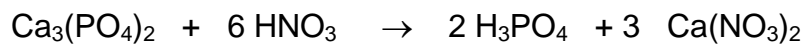
Entstehung von Lachgas aus Dünger(Treibhauseffekt)



Fotosynthese



Herstellung von Kalkammonsalpeter



Herstellung von Superphosphat:



6.4 Anhang: Übungsbeispiele zur Stöchiometrie

sind auf das Thema Düngemittel abgestimmt:

1. Die Formel eines handelsüblichen NPK-Düngers setzt sich zusammen aus 3 Zahlen, z.B. NPK = 7 + 3 + 6. Das bedeutet, der Dünger enthält 7% N (Gesamtstickstoff) 3% P_2O_5 (Gesamtphosphat) und 6 % K_2O . Es sollen 500 ml Flüssigdünger für Zierpflanzen mit dieser Formel hergestellt werden. Wie viel g NH_4NO_3 (Ammoniumnitrat), wie viel g $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ (Natriumhydrogenphosphat) (wahlweise $Ca_3(PO_4)_2$, Calciumphosphat) und wie viel g K_2SO_4 (Kaliumsulfat) (wahlweise g KCl, Kaliumchlorid) müssen eingewogen werden?

2. Zur Herstellung von Mangellösungen sowie eines Volldüngers benötigt man so genannte Stammlösungen. Die folgende Tabelle zeigt die Konzentrationen der Stammlösungen in Mol an. Wie viel g der jeweiligen Substanz muss eingewogen werden. Wie groß ist die Konzentration in %? Fülle die gesamte Tabelle aus!

Substanz	Konz. (mol/l)	Molmasse (g/mol)	Konz. (g/l)	Einwaage (g) auf 250 ml H_2O	Konz. (%)
NH_4NO_3	0,5				
K_2SO_4	0,1				
KCl	0,2				
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,075				
$CaCl_2$	0,1				
$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	0,1				
$Ca_3(PO_4)_2$	0,05				

3. Zur Herstellung eines Volldüngers gibt man je 10 ml jeder Stammlösung in einen 1000 ml Maßkolben und füllt mit destilliertem Wasser auf. Berechne die Konzentration einer jeden Substanz in %.

4. Zur Herstellung von Mangellösungen geht man in gleicher Weise vor, jedoch lässt man je 1 Element weg. Berechne die Konzentration einer jeden Substanz in g/l.

Tabelle für die Aufgaben 3 und 4 siehe Rückseite →

Tabelle für die Aufgaben 3 und 4:

Substanz	Konzentration im Volldünger (%)	Konzentration in der Mangellösung (g/l)
NH_4NO_3	% N	g/l NO_3
K_2SO_4	% SO_4^{2-}	g/l K_2SO_4
K_2SO_4	% K_2O	g/l K_2SO_4
KCl	% K_2O	g/l KCl
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	% MgO	g/l MgSO_4
CaCl_2	% CaO	g/l CaCl_2
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	% P_2O_5	g/l $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	% P_2O_5	g/l $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

6.5 Anhang: 1. Chemietest am 7.2.2005

1. Definiere den Begriff 1 mol.

/2 Punkte

2. Stelle eine Stammlösung für Düngemittel mit der Konzentration 0,1 mol/l NH_4NO_3 her. Wie viel musst du auf einen Liter einwiegen? (MN=14g/mol, MH=1g/mol, MO=16g/mol)/2Punkte

Was ist ein Orbital? Welche Gestalt hat ein p-Orbital?

/2 Punkte

Wie lauten die Besetzungsregeln im Orbitalmodell?

/6 Punkte

Zeichne das Energiediagramm von ${}_{20}\text{Ca}$.

/6 Punkte

Schreibe die Elektronenkonfiguration von ${}_{20}\text{Ca}$ an.

/2 Punkte

Notenschlüssel: sehr gut = 18 bis 20 Punkte, gut = 15 bis 17 Punkte, befriedigend = 12 bis 14 Punkte, genügend = 10 bis 11 Punkte, nicht genügend = weniger als 10 Punkte

6.6 Anhang: Fragebogen 2

Anlass: Beinahe vertrocknete Weizenkulturen)

Zutreffendes bitte ankreuzen

- Ich habe die Kulturen nicht beobachtet und gepflegt, weil
- Ich nicht ausreichend über die zu verrichtenden Tätigkeiten informiert wurde
- Ich mich mit der Beobachtungstabelle nicht ausgekannt habe
- Ich demotiviert war, weil man nach dem Gießen meistens aufwischen musste
- Ich vor lauter Prüfungsstress darauf vergessen habe
- Es dafür keine Mitarbeitspunkte gibt
- Mich die Themenstellung nicht interessiert
- Ich nicht verstanden habe, dass ich damit einen wichtigen Betrag zum Gelingen des Projekts leiste
- ich nicht einsehe, dass im Chemieunterricht Biologisches gemacht wird
- Aus Protest gegen diese unnötige Zusatzarbeit

Sonstiges.....

.....

.....

.....

.....

6.7 Anhang: Beobachtungstabelle

Wirkung von Nährlösungen (Beobachtungstabelle)									
Datum	Nährlösung	Wuchs/Tracht/Farbe	Blätter	Max. Höhe	Mittl. Höhe	Sonstiges	Name	Unterschrift	
14.3.2005	Volldünger								
	Stickstoffmangel								
	Phosphatmangel								
	Kaliummangel								
	Aqua dest.								
	Calciummangel								
	Magnesiummangel								
15.3.2005									
16.3.2005									
17.3.2005									
18.3.2005									

6.8 Anhang: Protokoll des Langzeitversuchs zum Thema Kunstdünger

6.8.1 Ziel des Experiments

Es sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie wird ein Kunstdünger hergestellt?
- Wie wirkt er auf die Pflanze?

6.8.2 Versuchskonzept

Es soll ein flüssiger Volldünger hergestellt werden, der alle notwendigen Mineralstoffe (das sind die Pflanzennährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) in ausreichender Menge enthält. Dazu benötigt man so genannte Stammlösungen der einzelnen Düngesalze (s. Tabelle 1: Stammlösungen⁹). An Weizenpflanzen soll die Wirkung der Düngesalze erprobt werden. Die Unentbehrlichkeit der jeweiligen Nährstoffe soll durch Düngung mit Mangellösungen bewiesen werden.

Tabelle 1: Stammlösungen

Element	Salz (Name)	Salz (Formel)	Konzentration (mol/l)
Stickstoff	Ammoniumnitrat	NH_4NO_3	0,5
Kalium	Kaliumchlorid	KCl	0,2
Magnesium	Magnesiumsulfat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0,075
Calcium	Calciumchlorid	CaCl_2	0,1
Phosphor	Natriumhydrogenphosphat	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,1

6.8.3 Versuchsdurchführung

6.8.3.1 Berechnung der Einwaage

Aus den in Tabelle 1: Stammlösungen angegebenen Konzentrationen (mol/l) muss die Einwaage in g/250 ml berechnet werden. Dazu geht man folgendermaßen vor: zuerst berechnet man die Molmasse des Düngesalzes durch Addition der Atommassen. Dann berechnet man die Konzentration in g/l durch Multiplikation der Konzentration in mol/l mit der Molmasse. Schließlich berechnet man die Konzentration in g/250 ml, indem man durch 4 dividiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt:

Tabelle 2: Einwaage für die Stammlösungen

Substanz	Konz. (mol/l)	Molmasse (g/mol)	Konz. (g/l)	Einwaage (g) auf 250 ml H ₂ O
NH ₄ NO ₃	0,5	80,04	40,0	10,0
KCl	0,2	74,55	14,9	3,7
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,075	246,37	18,5	4,6
CaCl ₂	0,1	110,5	11,05	2,8
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	0,1	137,99	13,78	3,5

6.8.3.2 Herstellung der Stammlösungen

Auf eine Waage mit Digitalanzeige wird ein Blatt Papier gelegt (falls etwas daneben geht) und darauf die beschriftete Flasche mit einem Pulvertrichter gestellt. Das Gewicht von Flasche und Trichter wird tariert und mit einem Spatel wird die entsprechende Menge des gewünschten Mineralstoffes eingewogen. Dann wird mit einem Messzylinder 250 ml Wasser in die Flasche gefüllt, verschlossen und gut geschüttelt.

6.8.3.3 Herstellung der Nährlösungen

Volldünger

Dafür werden je 10 ml der Stammlösungen in eine Maßkolben (1 l) einpipettiert. Danach wird mit destilliertem Wasser bis zur 1 l Marke aufgefüllt.

Mangellösungen

Man geht in gleicher Weise vor wie bei der Herstellung des Volldüngers, lässt jedoch je eine Stammlösung weg. So entstehen Mineralstoffmangellösungen, die mit N-Mangel, P- Mangel, K-Mangel, Ca-Mangel und Mg-Mangel beschriftet werden.

6.8.3.4 Ansetzen der Kulturen

Vorkeimen der Weizenkörner

Eine Hand voll werden auf eine Styroporplatte geschüttet und mit einem dünnen Wasserfilm benetzt. Anschließend wird mit Alufolie abgedeckt und ca. eine Woche an einem warmen Ort aufbewahrt. Nach dieser Zeit stehen ausreichend viele kräftige Weizenkeime (s. Abbildung) zur Verfügung, die in die Pflanzgefäße eingesetzt werden.



Pflanzgefäße

Es wurden 750 ml Gläser verwendet, die zuerst schwarz lackiert wurden, damit es im Wurzelbereich dunkel ist. Anschließend wurden sie mit weißem Lack überzogen, um eine Überhitzung der Mineralstofflösung bei Sonneneinstrahlung zu vermeiden.

Einpflanzen in die Nährlösungen

In die Pflanzgefäße gibt man ca. 700 ml Nährlösung. Um die Pflanzen vor dem Absinken zu bewahren, befestigt man ein Stück Fliegengitter mit einem Gummiring am Pflanzgefäß und setzt die vorgekeimten Weizenpflanzen darauf. Darüber gibt man ein Stück weißen Stoff mit Löchern durch welche die Pflanze ans Licht wachsen kann. Der Wurzelbereich bleibt auf diese Weise im Dunkeln.

6.8.4 Beobachtungen und Auswertung

Tag für Tag sollten die Pflanzen beobachtet und über Größe, Farbe und Aussehen Buch geführt, und zusätzlich die Pflanzen zwei Mal pro Woche fotografiert werden.



Zu Beginn betrug die mittlere Wuchshöhe der Pflanzen ca. 15 cm. Bei manchen Kulturen zeigte sich bereits nach wenigen Tagen eine Art Pilzbefall (Schimmel) im Wurzelbereich, die nach Auskunft von Biologen das Wachstum nicht behindern. Vom 13. bis zum 17. Tag war eine Dürreperiode zu bewältigen, die jedoch alle Kulturen überlebten. Nach 8 Wochen wurde der Versuch abgebrochen.

Nach einer Woche zeigten sich bei Kaliummangel erste Braunfärbungen und hängende Blätter (welke Tracht). Die mittlere Wuchshöhe betrug nach einer Woche ca. 16 cm und nahm im Laufe von 7 Wochen auf ca. 6 cm ab (Kümmerwuchs). Gleichzeitig vertrockneten immer mehr Einzelpflanzen trotz ausrei-

chender Bewässerung. Diese Beobachtungen stimmen mit den in der Literatur gefundenen Angaben¹⁰ weitgehend überein. Das rasche Auftreten dieser Mangelerscheinungen kann damit erklärt werden, dass Kalium den Wasserhaushalt der Pflanze regelt und bei fehlender Regulation der gesamte Stoffwechsel behindert wird.

Bei Stickstoffmangel zeigten sich hellgrüne, ab der 3. Woche gelbe und ab der 6. Woche orangebraune Blätter. Die mittlere Wuchshöhe nahm anfangs bis auf 16 cm zu und anschließend auf 11 cm in der 8. Woche ab (Kümmerwuchs). Die hellgrüne Farbe kann damit erklärt werden, dass nicht genügend Stickstoff zum Aufbau von Chlorophyll zur Verfügung stand. Der Kümmerwuchs ist darauf zurückzuführen, dass die Stickstoffmenge für den Aufbau von Eiweiß nicht ausreichte.



Bei Phosphatmangel wurde ebenfalls ungenügendes Wachstum (15 cm in der 8. Woche) beobachtet. Außerdem vertrocknen die Blätter von der Spitze her. Erklärung: Phosphat ist verantwortlich für den Energiestoffwechsel der Pflanze.



Calcium- und Magnesiummangel beeinträchtigten das Wachstum während der 8 Wochen nicht. Die Pflanzen erreichten eine mittlere Wuchshöhe von 19 bzw. 25 cm. Nach 5 Wochen war jedoch eine Gelbfärbung der Blätter und beginnende Nekrose (Absterben) zu beobachten. Beide Elemente gehören zu den Nebennährstoffen, die in geringerer Menge benötigt werden als die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium.

Die mit Volldünger versorgte Kultur präsentierte sich saftig und in sattem Grün. Sie war von dichtem, nahezu üppigem Wuchs und die mittlere Wuchshöhe betrug 22 cm.

Die in Aqua dest. angesetzte Kultur zeigte während der ersten 4 Wochen kaum Mangelerscheinungen und erreichte eine mittlere Wuchshöhe von 15 cm, verhielt sich anschließend aber ähnlich wie die Kaliummangellösung. Dies könnte auf das Optimumgesetz von Wollny und Liebscher¹¹ zurückzuführen sein, welches besagt: „Der Ertrag geht sowohl beim Unter- als auch beim Überschreiten des günstigsten Nährstoffangebotes zurück.“ Die Pflanze in Aqua dest. ernährt sich ausschließlich von den im Keim in optimaler Zusammensetzung vorhandenen Nährstoffen, solange bis diese aufgebraucht sind.



Schließlich wurde noch ein Überdüngungsversuch mit einer 10%igen Ammonitratlösung angesetzt. Der Nährstoffüberschuss machte sich bereits am 2. Tag durch hängende Blätter (lasche Tracht) bemerkbar. Dies könnte auf Wasserentzug durch Osmose zurückzuführen sein (wegen der hohen Ionenkonzentration in der Nährlösung). Während der folgenden Tage bekamen die Blätter überdies braune Flecken und waren am 9. Tag völlig verdorrt. Auf die Ertrag mindernde Wirkung eines Nährstoffüberschusses hatte bereits Voisin¹¹ 1945 hingewiesen.

6.8.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Auffallend war, dass ein Mangel an Hauptnährstoffen umgehend zu Mangelerscheinungen führte. Andererseits führte Überdüngung ebenfalls unverzüglich zur vorzeitigen Vernichtung der Pflanzen durch Wasserentzug. Um die optimale Versorgung zu gewährleisten, sollte daher die Düngemittelmenge an die Bedürfnisse der Pflanzen genau angepasst werden.

6.9 Anhang:Fragebogen 3

Meinungsumfrage über Düngemittel nach dem Langzeitversuch und den Referaten

Geschlecht: männlich weiblich

Frage	ja	nein	Bemerkung
Hältst Du nach Durchführung des Projekts das Thema Dünger und Boden für ein gesellschaftlich wichtiges Thema?			
Ist Dein persönliches Interesse an diesem Thema auf Grund des Projektes gestiegen?			
Könntest du auf Grund des Projektes in einer Diskussion über Agrarfragen mitreden (eine begründete Meinung einbringen)?			
Ist Dir deine Bedeutung im Team für den Erfolg des Gesamtprojekts klar geworden?			
Hatte die Arbeit am Projekt positiven Einfluss auf deine Teamfähigkeit?			
Bist du durch die Arbeit am Projekt selbständiger geworden?			
Sollte man das Projekt besser in Biologie durchführen?			
Sollte man das Projekt besser fächerübergreifend (CH/BIU) durchführen?			
Könnte man alle Menschen auf der Erde ernähren, wenn man ausschließlich naturnahe Kreislaufwirtschaft betreiben würde? (alternativer Landbau)			
Hängt die Qualität unserer Nahrung von der Düngung ab?			
Benutzt die alternative Landwirtschaft in der heutigen Zeit Kunstdünger?			
Ist Kunstdünger giftig?			
Trägt Kunstdünger zur Umweltverschmutzung bei?			
Kommt Kunstdünger in der Natur vor?			
Trägt natürlicher Dünger zur Umweltverschmutzung bei?			
Geht die Landwirtschaft verantwortungsvoll mit Düngemitteln um?			

Würdest du Kunstdünger im eigenen Garten einsetzen?			
Hat sich an Deiner Einstellung zur konventionellen und zur alternativen Landwirtschaft etwas geändert?			
Hat das Projekt Deine Sicht der Landwirtschaft verändert?			
Hat das Projekt etwas an Deinem Weltverständnis (Stellung des Menschen in der Natur) verändert?			
War die Leistungsbeurteilung für das Projekt o.k.?			
Hat dir das Projekt Spaß gemacht?			

☺ Gibt es irgendetwas am Projekt, das Dir besonders gefallen hat?

☹ Gibt es irgendetwas am Projekt, das Dir ganz und gar nicht gefallen hat?

<h2>6.10 Anhang: Düngerquiz</h2>	<p>Spielregeln:</p> <p>Es können beliebig viele Spieler teilnehmen. Ein Quizmaster wird ermittelt. Er notiert die Namen aller Mitspieler (Gruppen) und teilt ihnen Spielfiguren zu. Diese werden an den Start des Spielbrettes gestellt. Dann mischt er die Karten und legt den Stapel mit den „Du hast...“ – Karten auf den Tisch. Den Stapel mit den Sachfragen hält er in der Hand. Dann teilt er dem ersten Spieler (der ersten Gruppe) die Frage der ersten Karte mit. Beantwortet der Spieler (Gruppensprecher) die Frage sinngemäß, so darf er (die Gruppe) um den Punktwert der Frage weiterrücken (z.B. 2 Felder). Die Karte wird hinten im Kartenpaket eingeordnet. Dann kommt der nächste Kandidat (die nächste Gruppe) an die Reihe. Kann ein Spieler (Gruppensprecher) eine Frage nicht beantworten, so muss er an seinem Platz stehen bleiben. Erreicht ein Spieler (eine Gruppe) ein „giftiges“ Feld, so muss er (ein Gruppenmitglied) eine „Du hast...“ – Karte ziehen. Gewonnen hat der Spieler (die Gruppe), der (die) zuerst das Ziel erreicht</p>
<p>Was ist Dünger?</p>	<p>Dünger ist ein Sammelbegriff für Stoffe und Stoffgemische, die dazu dienen höhere Erträge oder schnelleres Wachstum zu erzielen</p>
<p>Welche Nährstoffe brauchen Pflanzen?</p>	<p>Man unterscheidet die Hauptnährstoffe (N, P, K), die Nebennährstoffe (Mg, S, Ca), die Spurenelemente (B, Fe, Cu, Mn, Mo, Zn), die nützlichen Elemente (Na, Al, Si, Cl, Co) und die natürlichen Elemente (C, H, O).</p>
<p>Woher versorgen sich Pflanzen mit Nährstoffen?</p>	<p>Über den Bodenvorrat</p> <p>Zersetzte Pflanzenteile und organische Dünger wie Stallmist oder Gülle</p> <p>Biologische Stickstoffbindung</p> <p>Mineralische Dünger</p>

<p>Welche Mangelsymptome können bei Nährstoffmangel auftreten?</p>	<p>Einige Mangelsymptome sind Kümmerwuchs, Absterben junger Triebe, Blattverfärbungen, Nekrosen und Chlorosen.</p>
<p>Welche Funktion hat N in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als Nitrat oder Ammoniumion aufgenommen, wird für den Eiweißaufbau benötigt</p> <p>Stickstoffmangel: Ertrag und Eiweißgehalt verringern sich, vorzeitige Fruchtbildung, schlechte Erntequalität</p> <p>Symptome: Pflanzen klein, Blätter gelbgrün bis gelb, später orange, fallen ab.</p>
<p>Welche Funktion hat K in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als K^+ - Ion aufgenommen und regelt Wasserhaushalt</p> <p>Kaliummangel: geringere Aufbauleistung von Kohlenhydraten und Eiweiß, sehr geringe Pflanzen- und Erntequalität</p> <p>Symptome: bläuliche, später violette bis braunrote Färbung älterer Blätter vom Rand her, schlaffe Pflanzen (Welketracht), baldiges Absterben.</p>
<p>Welche Funktion hat Phosphor in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als Phosphat aufgenommen und regelt den Energiestoffwechsel</p> <p>Phosphormangel: gehemmtes Wachstum, schwache Wurzelbildung, verzögerte Blüte und Reife, geringere Erntequalität.</p> <p>Symptome: zuerst dunkelgrüne, später rötlichviolett verfärbte, ältere Blätter und Stängel, Kümmerwuchs und Starrtracht (kleine Pflanzen mit steifem Aussehen)</p>

<p>Welche Funktion hat Mg in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als Mg^{2+} aufgenommen und dient zur Bildung des Chlorophylls</p> <p>Magnesiummangel: verringerte Kohlenhydratproduktion</p> <p>Symptome: gelbe Streifen oder Flecken zwischen den Blattadern, später braun (Nekrose)</p>
<p>Welche Funktion hat S in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als Sulfat aufgenommen und dient zum Aufbau von Eiweißbindungen</p> <p>Schwefelmangel: gestörte Eiweißbildung, Kohlenhydratüberschuss</p> <p>Symptome: Chlorose der Blattadern, verholztes Aussehen.</p>
<p>Welche Funktion hat Ca in der Pflanze und wie wirkt sich ein Mangel aus?</p>	<p>Wird als Ca^{2+} aufgenommen, regelt den pH-Wert des Bodens</p> <p>Calciummangel: ist im Freiland selten, eher Säureschäden durch Kalkmangel im Boden</p> <p>Symptome: Chlorose junger Blätter</p>
<p>Wie werden die Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen?</p>	<p>Erfolgt meist über Wurzel</p> <p>Nährsalze können nur als Ionen in Wasser gelöst aufgenommen werden</p> <p>Es gibt 2 verschiedene Möglichkeiten:</p> <p>Osmose</p> <p>Diffusion</p>

<p>Nährstoffaufnahme durch Diffusion.</p>	<p>Diffusion tritt überall dort ein, wo zwischen mischbaren Stoffen ein Unterschied in der Konzentration besteht und stoppt erst, wenn dieser Unterschied ausgeglichen ist. Die Diffusion ist konzentrationsabhängig und läuft immer vom Ort der hohen zum Ort der niedrigen Konzentration ab.</p>
<p>Nährstoffaufnahme durch Osmose</p>	<p>Die Diffusion durch eine semipermeable Membran wird als Osmose bezeichnet. Sie ist zu beobachten, wenn eine wässrige Lösung hoher Konzentration (z.B. Zuckerlösung) durch eine Membran von reinem Wasser getrennt ist und die Membranporen für Wasser leicht, für größere Moleküle hingegen nicht durchlässig sind.</p>
<p>Wie lautet das Liebigsche Minimumgesetz?</p>	<p>Das Wachstum einer Pflanze richtet sich nach jenem Nährstoff, der in geringster Menge vorhanden ist</p>
<p>Wie lautet das Optimumgesetz von Wollny und Liebscher?</p>	<p>Ein Umweltfaktor (z.B. Nährstoff, Temperatur, pH-Wert, etc.), ist dann im Optimum, wenn er der Pflanze das bestmögliche Gedeihen erlaubt.</p> <p>Sowohl Nährstoffmangel als auch Luxuskonsum und Überdüngung liefern eine schlechtere Erntequalität und geringeren Ertrag.</p>

<p>Wer war Justus Liebig?</p>	<p>Justus Liebig war ein deutscher Chemiker (1803 – 1873), der seine Doktorarbeit "Über das Verhältnis der Mineralchemie zur Pflanzenchemie" schrieb und darüber hinaus wichtige Dinge wie das Backpulver, Babynahrung und Fleischextrakt (Suppenwürfel) erfand</p>
<p>Wie entsteht Boden und was ist eine Hydrolyse?</p>	<p>Durch physikalische Verwitterung (Sprengung des Gesteins bei Temperaturschwankung)</p> <p>Durch chemische Verwitterung z.B. Hydrolyse von Kalk in saurer Lösung:</p> $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ <p>Eine Reaktion mit Wasser nennt man allgemein Hydrolyse.</p>
<p>Was ist Bodenfruchtbarkeit?</p>	<p>ist die Fähigkeit des Bodens, Pflanzennährstoffe zu speichern und bei Bedarf an die Pflanzen abzugeben.</p>
<p>Welche Bodenarten unterscheidet man auf Grund der Korngröße und welche Eigenschaften haben sie?</p>	<p>Ton: sehr dichter Boden. Rollt man etwas Erde zwischen beiden Händen, kann man daraus eine dünne Walze formen, die ihre Form behält.</p> <p>Sand: sehr locker, geringe Wasserspeicherung. Rollt man etwas Erde zwischen beiden Händen, kann man daraus eine dünne Walze formen, die beim Trocknen zerfällt.</p> <p>Lehm: Korn zwischen Sand und Ton, nährstoffreich. Rollt man etwas, kann man daraus eine dünne Walze formen, die ihre Form behält.</p>

<p>Wie verläuft der natürliche Phosphatkreislauf?</p>	<p>Pflanzen nehmen den Phosphor als Phosphat aus dem verwitterten Boden auf. Sie können es in dieser Form in Nucleinsäuren sowie in den wichtigsten Energieüberträger der Zellen Adenosintriphosphat (ATP) einbauen. Die heterotrophen Lebewesen nehmen das pflanzliche Phosphat mit der Nahrung auf. Sie benötigen es z.B. für den Energiestoffwechsel und als Calciumphosphat für den Knochenaufbau.</p>
<p>Wodurch kommt es zu Störungen im natürlichen Phosphatkreislauf und wie wirken sich diese aus?</p>	<p>Die Überdüngung des Lebensraumes Wasser durch übermäßigen Phosphateintrag nennt man auch Eutrophierung. Dieser Prozess führt zu einer starken Algenvermehrung und schließlich zum „Kippen“ der Gewässer. In einem gekippten Gewässer ist kein Leben mehr möglich.</p>
<p>Wie verläuft der natürliche Stickstoffkreislauf (Nitrifikation)?</p>	<p>Abgestorbene organische Stoffe werden zu Ammoniumverbindungen abgebaut und diese werden durch Bakterien (Nitrosomonas und Nitrobacter) zu Nitrit dann zu Nitrat weiterverarbeitet.</p> <p>Das entstandene Nitrat wird von Bakterien und Pflanzen wieder aufgenommen. Diese Reaktionsabfolge nennt man Nitrifikation.</p>
<p>Was versteht man unter der Denitrifikation?</p>	<p>Ist ein der Nitrifikation entgegen gesetzte Prozess bei dem Bakterien Nitrate oxidativ veratmen. Dabei entstehen elementarer Stickstoff, aber auch Stickoxide, z.B. das Treibhausgas N₂O (Lachgas).</p>

<p>Welche Umweltbelastungen entstehen durch Stickstoffüberdüngung?</p>	<p>Wasserverunreinigung durch Auswaschung von Nitraten. Sie führt zu folgenden Problemen:</p> <p>Blausucht (Methämoglobin) bei Säuglingen als Folge von hohen Nitratwerten im Wasser (Blockierung des Sauerstofftransports durch Hämoglobins)</p> <p>Erhöhter Treibhauseffekt durch Lachgas (Denitrifikation)</p>
<p>Was ist eine Redoxreaktion?</p>	<p>Eine Redoxreaktion setzt sich zusammen aus einer Oxidation (Reaktion mit Sauerstoff) und einer Reduktion (Sauerstoffentzug), z.B.:</p> $+IV \quad -II \quad +III \quad -II \quad +IV \quad -II \quad 0$ $3 \text{ CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 3 \text{ CO}_2 + 2 \text{ Fe}$ <p>Eisenoxid wird reduziert zu Eisen</p> <p>Kohlenmonoxid wird oxidiert zu Kohlendioxid</p>
<p>Was ist eine Elektronenübertragungsreaktion?</p>	<p>Eine Redoxreaktion kann auch definiert werden als Elektronenübertragungsreaktion, z.B.:</p> $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{ e}^-$ $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Cu}$
<p>Stelle die Nitrifikation als Redoxreaktion dar</p>	<p>Nitrosomanas:</p> $2 \text{ NH}_4^+ + 3 \text{ O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ NO}_2^- + 4 \text{ H}_3\text{O}^+$ <p>Nitrobacter:</p> $2 \text{ NO}_2^- + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_3^-$

<p>Stelle die Denitrifikation als Redoxreaktion dar.</p>	$2 \text{NO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
<p>Was sind NPK-Dünger?</p>	<p>Dreinährstoffdünger / Volldünger: NPK bedeutet Stickstoff/Phosphat/Kalium</p> <p>Beispiel: Nitrophoska (Blaukorn)</p>
<p>Was bedeutet NPK = 7- 4 - 6?</p>	<p>Der Dünger enthält 7% Stickstoff, 4% Phosphor und 6% Kalium.</p>
<p>Was ist der pH-Wert?</p>	<p>Der pH-Wert ist eine Maßeinheit für die Wasserstoffionenkonzentration einer Lösung.</p> <p>pH 1-6 ist sauer (schmeckt sauer) pH 7 ist neutral pH 8- 14 ist alkalisch (basisch, schmeckt seifig)</p>

<p>Welche Bedeutung hat GPS in der Landwirtschaft?</p>	<p>GPS = Global positioning system und dient zur computergesteuerten, an lokale Gegebenheiten angepassten Düngerdosierung in der heutigen „Präzisionslandwirtschaft“.</p>
<p>Wozu dient die Haber-Bosch-Synthese</p>	<p>Sie dient der synthetischen Herstellung von Ammoniak aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff.</p>
<p>Was ist Ammoniak?</p>	<p>Ammoniak ist ein äußerst stark stechend riechendes, farbloses Gas, das zu Tränen reizt und erstickend wirkt.</p>
<p>Nenne 3 Verwendungsmöglichkeiten für Ammoniak.</p>	<p>Als Ausgangsstoff für viele Produkte des Alltags, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> für Stickstoffdünger Für Arzneien Zur Sprengstoffherstellung Zur Textilveredelung In der Metallindustrie

<p>Reaktionsgleichung der Haber-Bosch-Synthese.</p>	$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 \quad \Delta H = - 91,2 \text{ kJ/mol}$ $1 \text{ mol} + 3 \text{ mol} \rightleftharpoons 2 \text{ mol}$ <p>d.h. links herrscht eine große Unordnung, rechts eine kleinere Unordnung (Entropie)</p>
<p>Problematik der Haber-Bosch-Synthese</p>	<p>Weil die Enthalpie negativ ist, liegt bei Zimmertemperatur das Gleichgewicht auf der Seite des NH_3 (Ammoniak), aber die Aktivierungsenergie ist sehr hoch, d.h. für die technische Nutzung der Reaktion müsste man die Temperatur erhöhen. Bei Temperaturerhöhung reicht zwar die Aktivierungsenergie um die Reaktion zu starten, das Gleichgewicht liegt aber wegen der erhöhten Entropie (Unordnung) auf der Seite der Ausgangsprodukte.</p>
<p>Was ist eine Gleichgewichtsreaktion?</p>	<p>Als Gleichgewichtsreaktionen bezeichnet man Reaktionen, die einen Gleichgewichtszustand einnehmen können. Dies ist bei umkehrbaren (reversiblen) Reaktionen, bei denen Hin- und Rückreaktion ablaufen können, der Fall. Für Gleichgewichtsreaktionen verwendet man einen Doppelpfeil in der Reaktionsgleichung.</p>
<p>Was versteht man unter der Enthalpie ΔH?</p>	<p>Die bei chemischen Reaktionen auftretende Energie heißt auch Enthalpie ΔH (heat). Reaktionen, bei denen Energie frei wird, heißen exotherme Reaktionen (z.B. Verbrennungen). Das Vorzeichen von ΔH ist in diesem Fall negativ, die Reaktionen laufen freiwillig ab. Reaktionen, bei denen der Umgebung Energie entzogen wird heißen endotherm. Das Vorzeichen von ΔH ist positiv. Diese Reaktionen laufen nicht freiwillig ab.</p>

Wie lautet der erste Hauptsatz der Wärmelehre?	Jedes System strebt freiwillig stets dem Zustand minimaler Energie zu.
Wie lautet der 2. Hauptsatz der Wärmelehre?	Jedes System strebt freiwillig dem Zustand größter Unordnung (Entropie) entgegen.
Was versteht man unter der Aktivierungsenergie?	Die Aktivierungsenergie ist die Energie, die zugeführt werden muss um die Reaktion zu starten.
Was ist ein Katalysator?	Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion beschleunigt oder überhaupt erst ermöglicht. Er verringert die Aktivierungsenergie, ändert aber nichts an der Lage des chemischen Gleichgewichts.

<p>Wie lautet das Prinzip des kleinsten Zwanges?</p>	<p>Das Prinzip des kleinsten Zwanges (Prinzip von Le Chatelier und Braun) lautet:</p> <p>Wirkt auf ein im Gleichgewicht befindliches System ein äußerer Zwang, so verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung des kleinsten Zwanges.</p>
<p>Reaktionsbedingungen der Haber-Bosch-Synthese</p>	<p>Man verwendet einen Katalysator, der die Aktivierungsenergie senkt. Dann genügt eine mittlere Temperatur von 400°C. Gleichzeitig erhöht man den Druck auf 450 bar um das Gleichgewicht nach rechts zu verschieben.</p>
<p>Herstellung von Düngern</p>	<p>Direkt durch bergmännischen Abbau (Kali-, Kalk- und Magnesiumdünger)</p> <p>Mittels chemischer Reaktionen aus unlöslichen Bergbauprodukten (Phosphat- und Stickstoffdünger)</p> <p>Aus industriell hergestelltem Ammoniak (Stickstoffdünger)</p> <p>Durch Mischen von Düngesalzen (Volldünger)</p>
<p>Was ist Thomasmehl?</p>	<p>Ein phosphathaltiger Dünger, der als Nebenprodukt der Stahlherstellung anfällt .</p> <p>Patent des britischen Metallurgen Sidney Thomas (1850-1885)</p>

Wie entsteht Superphosphat?	In der Natur vorhandenes wasserunlösliches Calciumphosphat (Apatit) wird mit Hilfe von Schwefelsäure zu Superphosphat (Calciumdihydrogenphosphat und Calciumsulfat) aufgeschlossen (=löslich gemacht):
Wie entsteht Kalkammonsalpeter?	Herstellung in 3 Schritten aus Ammoniak: Ammoniak wird weiterverarbeitet zu Salpetersäure HNO_3 Salpetersäure wird umgesetzt mit Apatit (Calciumphosphat) zu Calciumnitrat. Calciumnitrat reagiert mit NH_4NO_3 und CO_2 zu Kalkammonsalpeter

6.11 Anhang: 2. Chemietest am 26.4.2005

1. Was versteht man unter Nitrifikation und Denitrifikation? 6 Punkte

2. Erkläre die Problematik der Haber-Bosch-Synthese und entwickle daraus die Reaktionsbedingungen für die technische Synthese. 6 Punkte

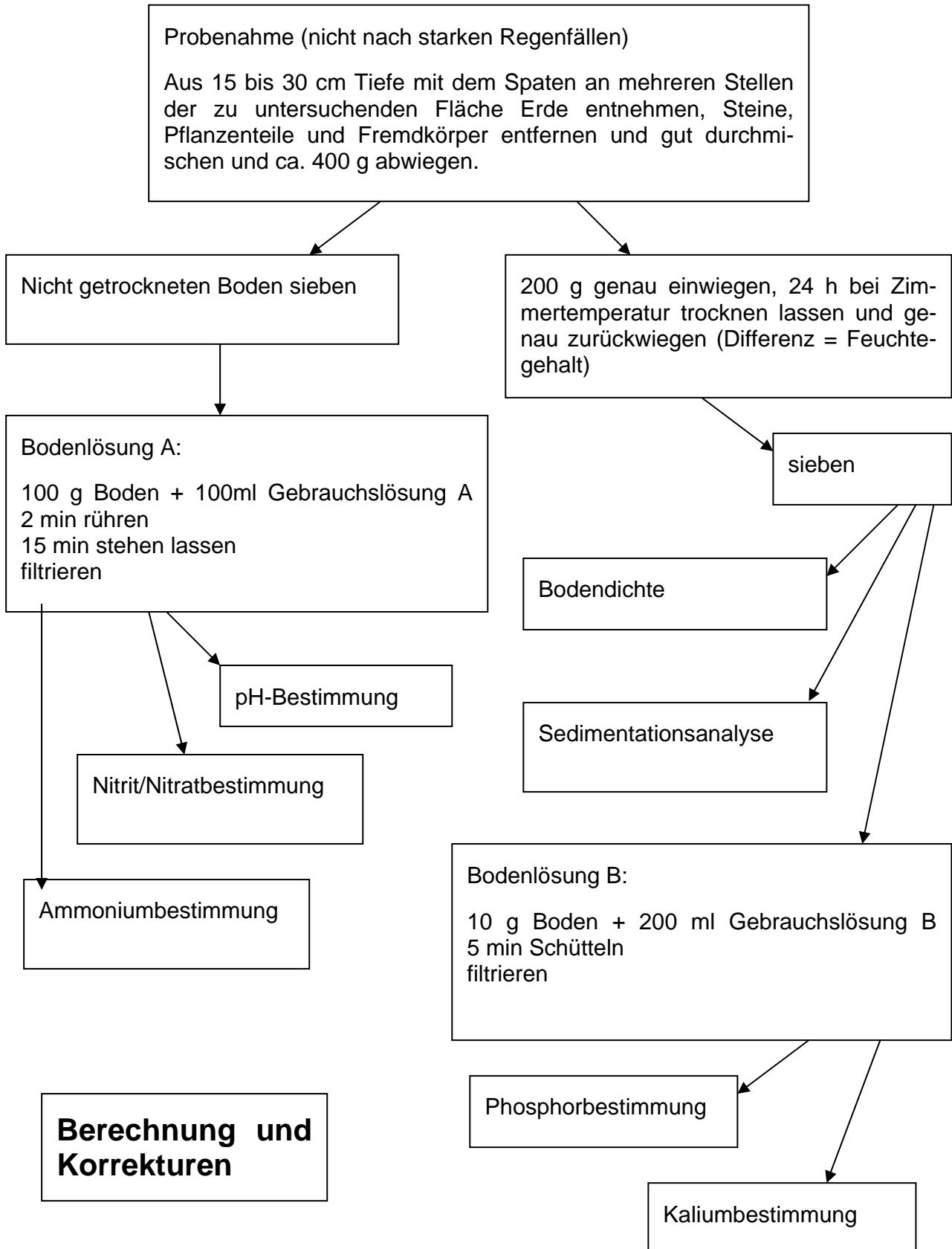
3. Wie entsteht Kalkammonsalpeter? 3 Punkte

4. Wie wirkt sich Stickstoffmangel aus? 3 Punkte

5. Was ist eine exotherme Reaktion? 2 Punkte

Notenschlüssel: sehr gut = 18 bis 20 Punkte, gut = 15 bis 17 Punkte, befriedigend = 12 bis 14 Punkte, genügend = 10 bis 11 Punkte, nicht genügend = weniger als 10 Punkte

6.12 Arbeitsschema für die Bodenanalyse



6.13 Anhang: Vereinfachte Arbeitsanleitungen für Schüler

6.13.1 Herstellung von Bodenextrakt A

- 100 g gesiebten, nicht getrockneten Boden in einen Kunststoffbecher einwiegen.
- Mit dem Messzylinder 100 ml Extraktionslösung A zugeben
- Mit der Metallspatel 2 min kräftig rühren.
- 15 min stehen lassen, in dieser Zeit noch mehrmals kräftig umrühren.
- Einen Plastiktrichter auf den 100 ml Messzylinder aufsetzen und einen Faltenfilter einlegen.
- Den Inhalt des Kunststoffbechers vorsichtig in den Filter gießen.

Wichtig:

Nicht überlaufen lassen!

Nicht im Filter rühren!

Den Filter nicht schütteln oder auspressen!

Die gefilterte Flüssigkeit (das Bodenfiltrat) wird für die pH-Wert Bestimmung und die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) verwendet.

6.13.2 Bestimmung des pH- Wertes aus Bodenextrakt A

6.13.2.1 Benötigtes Zubehör

- Farbscheibe pH 4,0 – 10,0
- HE – Komparator
- beide Messgläser
- pH 4 – 10

6.13.2.2 Durchführung

- Farbscheibe in den Komparatorblock einlegen
- Beide Messgläser mit Bodenlösung A füllen und in den Komparatorblock stellen
- 4 Tropfen pH 4 – 10 in das rechte Glas geben, das Glas verschließen, mischen
- Ablesen des Messwertes: von oben in beide Gläser schauen, die Farbscheibe so lange drehen bis Farbgleichheit herrscht
- Messwert in die Tabelle eintragen
- Einstufung des Bodens
- Beurteilung ob Kalkung notwendig ist.

6.13.3 Bestimmung des Nitrat- und des Nitritstickstoffs

6.13.3.1 Benötigtes Zubehör

- Teststäbchen Quantofix Nitrat

6.13.3.2 Durchführung

- Teststäbchen 1 Sekunde lang in den Bodenextrakt A Tauchen und nach 60 Sekunden das Testfeld mit der Farbskala vergleichen.
- (Vorläufiges) Messergebnis notieren. Das endgültige Messergebnis erhält man durch Multiplikation mit dem Feuchtefaktor.
- Die Bestimmung des Nitritstickstoffs erfolgt gleichzeitig mit der des Nitrats. Das Nitrittestfeld befindet sich oberhalb des Nitrattestfeldes.

Wichtig:

Testfeld nicht mit den Fingern berühren!

Nach Entnahme des Teststreifens Packung sofort wieder verschließen!

6.13.4 Bestimmung des Ammoniumstickstoff

6.13.4.1 Benötigtes Zubehör

- Quantofix Teststäbchen Ammonium
- Messgefäß rund mit 5 ml Markierung zur Ammoniumbestimmung
- Ammonium1

6.13.4.2 Durchführung

- Messgefäß mit Probelösung (Bodenextrakt A) ausspülen
- Bis zur Markierung mit Bodenextrakt A füllen
- 10 Tropfen Ammonium 1 zugeben und vorsichtig schütteln

 **Achtung Verätzungsgefahr!**

Ammonium 1 enthält konzentrierte Natronlauge, Schutzbrille tragen!

- Teststäbchen Quantofix Ammonium 5 sec. In die Prüflösung tauchen
- (vorläufigen) Messwert sofort ablesen und notieren

Wichtig:

Aluminiumdose sofort wieder verschließen!

Testfeld nicht mit den Fingern berühren!

6.13.5 Herstellung von Bodenextrakt B

- 40 g des getrockneten und gesiebten Bodens in eine Schüttelflasche einwiegen
- Mit dem Messzylinder 200 ml Extraktionslösung B zugeben
- Schüttelflasche verschließen, 5 min kräftig schütteln, dann die Feststoffe kurz absetzen lassen.
- Kunststofftrichter auf einen 100 ml Messzylinder aufsetzen, Faltenfilter einlegen
- Inhalt der Schüttelflasche vorsichtig in den Filter gießen

Das so gewonnene Bodenfiltrat dient zur Phosphor- und Kaliumbestimmung

6.13.6 Bestimmung des Phosphors

6.13.6.1 Benötigtes Zubehör

- Farbscheibe 1 – 20 mg P/100 g
- Komparatorblock
- 2 Messröhrchen mit schwarzem Kunststoffschraubverschluss
- 1 ml Kunststoffspritze
- P-1
- P-2
- Aqua dest.

6.13.6.2 Durchführung

- Farbscheibe in den Komparatorblock einlegen und Messröhrchen hineinstellen
- In beide Messröhrchen mit der Kunststoffspritze 0,4 ml Bodenextrakt B geben und mit destilliertem Wasser bis zur Markierung auffüllen.
- In das rechte Glas 6 Tropfen P-1 geben, verschließen, und mischen.

☞ Achtung Verätzungsgefahr!

P-1 enthält konzentrierte Schwefelsäure, Schutzbrille tragen

- In das rechte und linke Glas jeweils 6 Tropfen P-2 geben, verschließen und mischen.
- Nach 10 min. Messwert ablesen, indem man die Farbscheibe so lange dreht bis Farbgleichheit herrscht.
- Den abgelesenen Messwert notieren, auf P_2O_5 umrechnen und in die Tabelle eintragen.

6.13.7 Bestimmung des Kaliums

6.13.7.1 Benötigtes Zubehör

- Sauberes Proberöhrchen (mit schwarzem Kunststoffverschluss)
- 5 ml Kunststoffspritze
- Aqua det.
- Kalium-1
- Kalium-2 (+ Messlöffel)
- Messröhrchen 2-15 mg/l K

6.13.7.2 Durchführung

- 4,2 ml Bodenlösung mit der 5 ml Kunststoffspritze in das Proberöhrchen geben (Die Kunststoffspritze langsam entleeren)
- Mit destilliertem Wasser bis zur Ringmarke auffüllen.
- 20 Tropfen Kalium-1 zugeben, Proberöhrchen verschließen und schütteln.
- Einen gestrichenen Messlöffel Kalium-2 zugeben, verschließen und ca. 30 sec. Vorsichtig schütteln.

- Messröhrchen 2-15 mg K/l aufstellen, von oben hineinschauen und so lange Probelösung hineingießen, bis das schwarze Kreuz am Boden des Messröhrchens gerade unsichtbar wird.
- Auf der Skala den Kaliumgehalt ablesen (unterer Meniskusrand) und notieren.
- Umrechnen auf mg K/100g Boden und mg K_2O /100 g Boden
- Eintragen in die Tabelle.

6.14 Anhang: Protokoll der Bodenanalyse

6.14.1 Bodenbeschreibung:

Ort:

Bodennutzung: Grünland Acker Hausgarten

6.14.2 Messwerttabelle:

Parameter	Bodennr.:	Bodennr.:	Punkte (Benotung)
	Bodenart:	Bodenart:	
pH-Wert			1 Punkt
Nitrat			1 Punkt
(mg/l = kg/ha)			
Nitrit			1 Punkt
(mg/l)			
Ammonium			1 Punkt
(mg/l = kg/ha)			
Phosphat			2 Punkte
(mg P/100g Boden)			
(g P ₂ O ₅ /100g Boden)			
Kalium			2 Punkte
(mg K/l)			
(mg K/100 g Boden)			
(mg K ₂ O/100 g Boden)			

6.14.3 Umrechnungsfaktoren:

Nitrat: mg/l entspricht kg/ha in der 30 cm Schicht

Ammonium: mg/l *3,7 entspricht kg/ha in der 30 cm Schicht

Kalium: mg/l*2,7 entspricht mg K /100 g Boden

6.14.4 Bodenbeurteilung

Kreuze den jeweiligen Versorgungszustand an!

Bodennr.:				
Versorgungszustand	pH	Stickstoff	Phosphat	Kalium
Hoch				
Mittel				
niedrig				

Bodennr.:				
Versorgungszustand	pH	Stickstoff	Phosphat	Kalium
Hoch				
Mittel				
niedrig				

6.15 Anhang: Beurteilungstabellen für die Bodenanalyse

6.15.1 Stickstoff

Nitratstickstoff (kg/ha)	Versorgungszustand
0 - 40	niedrig
40 - 75	mittel
75 - 150	hoch
150 und mehr	überversorgt

6.15.2 Phosphat

P ₂ O ₅ – Konzentration (mg/100 g Boden)	Versorgungszustand
0 - 59	niedrig
60 - 100	mittel
Ab 100	hoch

6.15.3 Kalium

K ₂ O – Konzentration (mg/100 g Boden)	Versorgungszustand
0 – 29	niedrig
30 – 53	mittel
Ab 54	hoch

6.15.4 Einstufung der Böden nach dem pH-Wert

Reaktionsbezeichnung	pH-Wert	Reaktionsbezeichnung	pH-Wert
neutral	7,0	Schwach alkalisch	7,1 – 8,0
Schwach sauer	6,9 – 6,0	Mäßig alkalisch	8,1 – 9,0
Mäßig sauer	5,9 – 5,0	Stark alkalisch	9,1 – 10,0
Stark sauer	4,9 – 4,0	Sehr stark alkalisch	10,1 – 11,0
Sehr stark sauer	3,9 – 3,0	Extrem alkalisch	> 11,0
Extrem sauer	<3,0		

6.16 Anhang: Gutachten

Auftraggeber:

Murau, 20.06.05

Sachbearbeiter: 7c

Probe: **Gartenerde**

Datum der Probenahme: 31. Mai 2005

Seite.....

Bodenanalyse

Gutachten

Der untersuchte Boden enthält ausreichend Stickstoff, die Versorgung mit Phosphor und Kalium ist jedoch niedrig. Der schwach saure pH- Wert deutet außerdem auf eine unterdurchschnittliche Kalziumversorgung hin.

Untersuchungsmethoden

Die Analyse wurde mit dem Visocolor Bodenkoffer durchgeführt und die im zugehörigen Arbeitsbuch beschriebenen Untersuchungsmethoden angewendet.

Messergebnisse und Bodenbeurteilung

Details sind aus den Tabellen auf den Seiten 2 und 3 zu entnehmen.

Auftraggeber:
 Sachbearbeiter: 7c
 Probe: **Gartenerde**
 Datum der Probenahme: 31. Mai 2005

Murau, 20.06.05

Seite

Messergebnisse

Parameter	Bodenart: Garten
pH-Wert	6
Nitrat (mg/l = kg/ha)	112 mg/l NO ₃ ⁻ 179 mg/l NO ₃ ⁻ korr. 179 kg/ha NO ₃ ⁻
Nitrit (mg/l)	4,8 mg/l NO ₂ ⁻
Ammonium (mg/l = kg/ha)	10 mg/l NH ₄ ⁺ 16 mg/l NH ₄ ⁺ korr 59 kg/ha NH ₄ ⁺
Phosphor (mg P/100g Boden) (g P ₂ O ₅ /100g Boden)	3 mg/100g 3,9 mg/100g P korr 18 mg/100g P ₂ O ₅ 180 mg/kg P ₂ O ₅ 702 mg/ha P ₂ O ₅
Kalium (mg K/l) (mg K/100 g Boden) (mg K ₂ O/100 g Boden)	2,6 mg/l K 3,4mg/l K korr 9,2 mg/100g K 22,2 mg/100g K ₂ O 222 mg/ kg K ₂ O 885 mg/ha K ₂ O

Auftraggeber:

Murau, 20.06.05

Sachbearbeiter: 7c

Probe: **Gartenerde**

Datum der Probenahme: 31. Mai 2005

Seite

Bodenbeurteilung

Versorgungszustand	pH	Stickstoff	Phosphat	Kalium
Hoch		X		
Mittel	Schwach sauer			
niedrig			X	X

6.17 Anhang: Düngeempfehlung

BORG Murau
Chemieprojekt 7c
Bodenanalyse

20.06.2005

An Herrn/Frau
(Name)
(Straße, Hausnummer)
(Postleitzahl, Ort)

Betreff: **Düngeempfehlung**

Sehr geehrte/r Herr /Frau !

Auf Grund ihrer Anfrage vom 31. Mai 2005 senden wir Ihnen in der Beilage die Ergebnisse der gewünschten Bodenanalyse. Die Beschaffenheit ihres Bodens entspricht der durchschnittlichen Bodenzusammensetzung im Bezirk Murau. Allgemein empfehlen wir für ihren Boden eine zusätzliche Versorgung mit Phosphor, Kalium und Kalzium für den Gemüseanbau. Speziell für den Kartoffelanbau kann eine Aufkalkung (Kalziumgabe) jedoch unterbleiben.

Mit freundlichen Grüßen

Das Projektteam der 7c Klasse

6.18 Anhang: Zeitplan für den Ablauf des Projekts Dünger und Boden

27.09.2004	Wozu Chemie? Jahresplanung, Film: Chemie in der Landwirtschaft
28.09.2004	Film fertig, Geschichte der Chemie
04.10.2004	Wahl des Klassensprechers und des Schulsprechers
05.10.2004	Stoffe und Stofftrennung: Destillation, Flotation, Extraktion
11.10.2004	Filtration, Chromatographie
12.10.2004	Experiment: Chromatographie von Blattfarbstoffen
18.10.2004	Aufbau der Materie, Film: RTM und AFM
19.10.2004	entfallen wegen Seminar
25.10.2004	schulautonom
26.10.2004	Nationalfeiertag
01.11.2004	Allerheiligen
02.11.2004	Allerseelen
08.11.2004	Steckbrief eines Atoms, Elementarteilchen, Einteilung der Referate
09.11.2004	Leistungsbeurteilung der Referate, Chemische Symbolik: Reaktionsgleichungen
15.11.2004	entfallen wegen Grippe
16.11.2004	entfallen wegen Grippe
22.11.2004	Atommodelle bis Rutherford-Modell
23.11.2004	Bohrmodell, 1. Chemische Grundgesetz
29.11.2004	Experiment Knallgas ,2. und 3. chemisches Grundgesetz, Beispiele dazu
30.11.2004	absolute und relative Atommasse, Konzentrationsmaße, Stöchiometrie
06.12.2004	schulautonom
07.12.2004	schulautonom
08.12.2004	Maria Empfängnis
13.12.2004	entfallen wegen Seminar
14.12.2004	entfallen wegen Seminar
20.12.2004	Berechnen der Einwaagen für die Düngelösungen

21.12.2004	Herstellung von Volldünger und Mangellösungen
24.12.2004	Beginn der Weihnachtsferien, Anzucht der Weizenkulturen
09.01.2005	Ende der Weihnachtsferien
10.01.2005	Fragebogen 1, Literatursuche zu den Referaten
11.01.2005	Literatursuche und Abgabe einer Übersicht über das Referat
17.01.2005	Film und Übungsblatt Ionenbindung
18.01.2005	Musterung, Ansetzen der Weizenkulturen, Besprechung der Pflege
24.01.2005	Besprechung der Pflege, Versuchskonzept und Protokoll, Ionenbindung
25.01.2005	Quantenmechanisches Atommodell (QM)
29.01.2005	Präsentation des Projekts am Tag der offenen Tür
31.01.2005	Räumliche Darstellung des QM, Energiediagramm, Besetzungsregeln
01.02.2005	Elektronenkonfiguration, Übungen zum QM, Elektronegativität
07.02.2005	schriftliche Mitarbeitüberprüfung, Periodensystem
08.02.2005	schulautonom (Fasching)
14.02.2005	Periodensystem, Aufstellen chemischer Formeln
15.02.2005	Fragebogen 2, Übungen zu den chemischen Formeln
21.02.2005	Beginn der Semesterferien, Anzucht einer Überdüngungskultur
28.02.2005	überarbeitete Pflgetabelle, Termineinteilung, Vorbesprechung: 1.Referat
01.03.2005	Film: Elektronenpaarbindung
07.03.2005	Referate: Düngemittel, Aufnahme von Düngern, Minimumgesetz
08.03.2005	Referat Bodenentstehung
14.03.2005	Referat: Stickstoffkreislauf
15.03.2005	Referat Bodenarten, Ansetzen einer Kultur zu Überdüngung
19.03.2005	Beginn der Osterferien
29.03.2005	Ende der Osterferien
30.03.2005	Referate: NPK-Dünger, Haber-Bosch Synthese
04.04.2005	Referat: Phosphatkreislauf und Wassergefährdung
05.04.2005	Referat: Herstellung von Düngern
11.04.2005	Diskussion

12.04.2005	Die Elektronenpaarbindung, Lewisformeln (Übungsblatt)
18.04.2005	Das Elektronenpaarabstoßungsmodell, Düngerspiel
19.04.2005	Hybridisierung und Molekülgeometrie
25.04.2005	Hybridisierung von Kohlenstoff, Kolorimetrie und Photometrie
26.04.2005	Chemietest: Düngemittel, Bodenanalyse: Arbeitsschema
02.05.2005	Säuren und Basen, pH-Wert
03.05.2005	pH- Wert und Säurekonstante
09.05.2005	Einteilung und Vorbesprechung der Bodenanalyse
10.05.2005	entfallen (CHO)
16.05.2005	Pfingsten
17.05.2005	Pfingsten
23.05.2005	Vorbesprechung Bodenanalyse
24.05.2005	Durchführung der Bodenanalyse, 1. Teil
30.05.2005	Durchführung der Bodenanalyse, 2. Teil
31.05.2005	Durchführung der Bodenanalyse, 3. Teil
06.06.2005	Auswertung der Bodenanalyse
07.06.2005	Wiederholung der Säure/Base Theorien; Analysenmethode Titration
13.06.2005	Gruppenarbeit: pH-Wert von Salzen (Experiment + Theorie)
14.06.2005	Gruppenarbeiten zu H_2SO_4 , H_2SO_3 , HCl , HNO_3 und NH_3
20.06.2005	Präsentation der Gruppenarbeiten
21.06.2005	Präsentation der Gruppenarbeiten
27.06.2005	Conatex Film: Herstellung von Stickstoffdüngern
28.06.2005	entfallen (Matura)
29.06.2005	Schlusskonferenz
04.07.2005	Vorbereitungen für den Maturaball
05.07.2005	Vorbereitungen für den Maturaball

6.19 Anhang: Fotos





7 LITERATUR

- Magyar, Liebhart; Jelinek: Elemente, ÖBV, Wien 1995
- IVA (Hrsg.): Mensch und Umwelt Frankfurt 1998
- Vollmer, Franz: Chemische Produkte im Alltag, Thieme 1995
- Falbe, Regitz: Römpp's Chemielexikon
- Hulpke, Koch, Wagner: Römpp Lexikon Umwelt, Thieme 1998
- Schäfer, Schachtschnabel: Lehrbuch der Bodenkunde, Enke 1998
- Heinrich, Hergt: dtv-Atlas Ökologie, dtv 1990
- Vogel, Angermann: dtv-Atlas Biologie, dtv1996
- Breuer: dtv-Atlas chemie, dtv 1997

8 BIBLIOGRAPHIE

¹ **Barbara Krätschmer**: Lehrplanrelevante Referate - Optimierung der selbständigen Schülerarbeit mit Hilfe von Referaten zu transdisziplinären Themen aus Chemie und Physik (2003/04), <http://imst2.uni-klu.ac.at/innovationen/index2.php>

² **Brockhaus Enzyklopädie**, Mannheim 1991

³ **IMST²-Grundbildung**: Ein dynamisches Konzept für die mathematisch, naturwissenschaftliche Grundbildung (Handreichung für die Praxis), Jahrgang 2, Ausgabe 8, Winter 03/04

⁴ http://www.bmbwk.gv.at/schulen/unterricht/lp/abs/ahs_lehrplaene_oberstufe.xml und http://www.bmbwk.gv.at/medienpool/11861/lp_neu_ahs_09.pdf

⁵ **Barbara Krätschmer**: Lehrplanrelevante Referate - Optimierung der selbständigen Schülerarbeit mit Hilfe von Referaten zu transdisziplinären Themen aus Chemie und Physik (2003/04), Beurteilung, Seite 13

⁶ Inustrieverband Agrar, Mensch und Umwelt, 1998

⁷ **Gabriele Reisinger**: Einsatz feldanalytischer Methoden im umweltorientierten AHS-Chemieunterricht am Beispiel Boden, Diplomarbeit, Graz 1994

⁸ **Andreas Bohner et. al.**: Kalk, wichtig für Acker und Grünland, Der fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage „Kalkdüngung“

Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark: Nitrat-Aktionsprogramm 2003

BIO ERNTE AUSTRIA (Hrsg.): Produktionsrichtlinien für den organisch-biologisch Landbau in Österreich, 2003

http://www.kali-gmbh.com/duengemittel/fachinfo/beratung/kultur_kartoffel.cfm

⁹ Industrieverband Agrar: Mensch und Umwelt, Frankfurt am Main 1998

¹⁰ <http://www.potasse.ch/d/service/dokumentation/naehrstoff/naehrstoffmangel.htm>

¹¹ http://www.drak.de/Speziell/Maengel_flora.html