

# Abschlussbericht

zum Projekt

## *Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“*

*Ein kooperatives Entwicklungsprojekt von Schule, Naturpark, Universität und Umweltanalytiklabor  
zur Förderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins von Schülerinnen und Schülern und der  
Befähigung zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung*

Aktenzeichen 34218/01

Projektlaufzeit: 17.1.2018 – 30.4.2021

Siegen, 28.6.2021

### **Antragsteller:**

Prof. Dr. Martin Gröger  
Universität Siegen  
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57068 Siegen  
Email: [groeger@chemie.uni-siegen.de](mailto:groeger@chemie.uni-siegen.de)



### **In Kooperation mit:**

Detlef Lins  
Naturpark Sauerland-Rothaargebirge  
Geschäftsführer  
Johannes-Hummel-Weg 2  
57392 Schmallenberg  
E-Mail: [detlef.lins@npsr.de](mailto:detlef.lins@npsr.de)



**und**

HuK Umweltlabor GmbH  
Otto-Hahn-Str. 2  
57482 Wenden-Hünsborn



# Projektkennblatt

06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	34218/01	Referat	41	Fördersumme	118.986
<b>Antragstitel</b>		<b>Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“</b>			
<b>Stichworte</b>		Phosphor, Service-Learning, Planetarische Leitplanke			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
3 Jahre	17.1.2018	30.4.2021	1		
Zwischenberichte	12.7.2018	17.1.2019	13.6.2019		
	15.1.2020	29.7.2020	24.2.2021		
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Prof. Dr. Martin Gröger			Tel	02717404740
	Universität Siegen			Fax	
	Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät			Projektleitung	
	Adolf-Reichwein-Str. 2			Prof. Dr. Martin Gröger	
	57068 Siegen			Bearbeiter	
<b>Kooperationspartner</b>	Naturpark Sauerland-Rothaargebirge HuK Umweltlabor GmbH				
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
<p>Im Rahmen des Projektes soll zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“ ein innovatives Konzept entwickelt werden, mit dem in Kooperation von Universität, Naturpark, Schulen und Umweltlabor der Ansatz der Planetarischen Leitplanken verbunden mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen im Sinne von Service-Learning im Schulunterricht konkret verwirklicht werden kann, um das Nachhaltigkeitsbewusstsein von Schülern zu stärken und sie zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu befähigen.</p>					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
<p>Das Projekt soll im so genannten Projektkurs durchgeführt werden, den die Schüler in der gymnasialen Oberstufe in NRW für ein Jahr besuchen. Dabei soll die transformative Lernmethode Service-Learning zum Einsatz kommen, um bei den Lernenden ein Verständnis für Handlungsoptionen und Lösungsansätze anzubahnen, die Transformation als positive Zukunftsvorstellung zu kommunizieren und die Landwirte in Fragen der Düngung zu beraten und zu informieren und für die Phosphorproblematik zu sensibilisieren.</p>					
<p>Die Kursteilnehmer beschäftigen sich zunächst mit fachlichen Grundlagen zu Phosphor und Phosphat wie Gewinnung, Transport, Verarbeitung und Einsatz besonders als Dünger und erarbeiten sich mit Unterstützung des <u>Umweltlabores</u> und einem professionellen Bodenprobenehmer modernste Analysemethoden zur Bestimmung des Phosphorgehaltes und der Phosphorverfügbarkeit im Boden, um den Nährstoffversorgungszustand von Böden bestimmen zu können.</p>					
<p>Mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten bieten die Schüler mit Unterstützung durch den Naturpark Landwirten als größten Flächennutzern an, ihre Äcker und Wiesen GPS-gestützt im Sinne von Precision farming auf ihren Nährstoffversorgungszustand hin zu untersuchen. Es werden Proben genommen, die von den Lernenden selbst und zur Kontrolle und Veranschaulichung technischer Arbeit und wissenschaftlicher Herangehensweise zudem im Analyselabor und an der Universität untersucht werden. Dadurch erhalten Schüler auch Einblick in die Berufswirklichkeit von Umweltanalytikern in Betrieb und Forschung. Anschließend werden den Landwirten die Analysedaten vorgestellt und Düngeempfehlungen sowie Informationen zu Phosphor als endlicher Ressource gegeben.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

## **Ergebnisse und Diskussion**

Der Projekt wurde in drei Jahren in drei Durchläufen durchgeführt, wobei im zweiten und dritten Projektdurchlauf jeweils neben und unabhängig von den Gruppen der Schülerinnen und Schüler auch eine Gruppe Studierender das Projekt durchführte.

Wie geplant beschäftigen sich die Teilnehmenden zunächst theoretisch mit fachlichen Aspekten zu Phosphor und Düngung sowie Fragen zur Nachhaltigkeit. Nach Planung der Bodenanalysen wurden diese zunächst mit Unterstützung eines Fachmannes genommen und dann selbst im Universitätslabor ausgewertet. Zur Sicherheit wurden die Proben zusätzlich von einem Analytiklabor gemessen. Die Schülerinnen und Schüler verglichen ihre Ergebnisse mit den professionell erhaltenen. Im ersten Jahr fanden sich dabei teilweise größere Abweichungen, weshalb das Verfahren optimiert wurde. Im letzten Schritt wurde jeweils der Nährstoffversorgungszustand der untersuchten Böden bestimmt und den Landwirten die Ergebnisse präsentiert. Im Gespräch wurden dann auch Fragen zur Nachhaltigkeit diskutiert.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Projekt wurde an der Universität Siegen im Rahmen des Tages der Offenen Universität vorgestellt. Hierzu wurde am Stand der Chemie ein Poster präsentiert. Außerdem wurde von zwei Schülern des Projektkurses ein 15-minütiger Vortrag im Rahmen von „Ready To Study“ gehalten, einem Format, das Studieninteressierten einen Einblick in die universitären Strukturen und Angebote geben soll.

Weiterhin wurde das Projekt bisher auf nationalen und einer internationalen fachdidaktischen Tagungen mit Postern präsentiert, z. B. auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) 2018, auf dem 24th Symposium on Chemistry and Science Education 2018 an der Universität Bremen sowie der Online-Tagung von Lernort Labor (Lela) 2021. Weiterhin wurde ein internationaler fachdidaktischer Artikel veröffentlicht: Jessica Ibleib, Martin Gröger (2018): Service-Learning within the Planetary Boundary “Loss of Phosphorus“. In: Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B.: Building Bridges Across Disciplines for Transformative Education and a Sustainable Future, Aachen, Shaker, S. 327-329.

Auch wird über das Projekt auf der Homepage der AG Didaktik der Chemie berichtet (<https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/dbu-projekt/>). Hier finden sich Informationen zu den Projektbeteiligten und zur Zielstellung des Ansatzes. Außerdem wird das Analyseverfahren detailliert vorgestellt und es findet sich ein Erfahrungsbericht von vier Schülerinnen, den sie in Form eines Filmes erstellt haben.

## **Fazit**

Insgesamt ist festzustellen, dass das Projekt erfolgreich durchgeführt werden konnte. Es wurden wie geplant drei Projektdurchläufe absolviert, in denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wichtige Kenntnisse gewonnen und Erfahrungen gesammelt haben. Dabei war die gut funktionierende Kooperation mit dem Naturpark Sauerland-Rothaargebirge und dem HuK Umweltlabor besonders wertvoll.

Die Zielstellung das Nachhaltigkeitsbewusstsein zu fördern, ist durch die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik und dem breitbandigen Austausch der Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden einerseits fachlich-chemisch mit Hochschulmitarbeitenden und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Umweltlabores sowie über Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte mit dem Vertreter des Naturparks sowie den Landwirten sicherlich erreicht worden. Es kann somit festgestellt werden, dass sich die Teilnehmenden also in der Tat aktiv an der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung beteiligt haben.

Den Ansatz, fachliches Lernen mit gesellschaftlichem Engagement nach dem Ansatz des Service Learnings umzusetzen, konnte im Projekt also erfolgreich umgesetzt werden.

## **Inhaltsverzeichnis**

- 0 Zusammenfassung
- 1 Einleitung
- 2 Umsetzung im Projektkurs Chemie
  - 2.1 Zeitlicher Verlauf
  - 2.2 Theoretische Grundlagen
  - 2.3 Entnahme der Bodenproben
  - 2.4 Analysegang
  - 2.5 Auswertung und Präsentation
- 3 Umsetzung in einem Seminar „Umweltbildung / Umweltanalytik“
  - 3.1 Zeitlicher Verlauf
  - 3.2 Theoretische Grundlagen
  - 3.3 Entnahme der Bodenproben
  - 3.4 Analysegang
  - 3.5 Auswertung und Präsentation
- 4 Ergebnisse und Diskussion
  - 4.1 Evaluation
  - 4.2 Medien- und Öffentlichkeitsarbeit
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

## Literatur

## Anhang

- Anhang 1: Informationsbroschüre der Studierenden
- Anhang 2.1: Handout des Projektkurses
- Anhang 2.2: Folien der Powerpoint-Präsentation des Projektkurses
- Anhang 3: Von den SchülerInnen erstelltes Poster für den Tag der offenen Uni
- Anhang 4: Poster auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
- Anhang 5: Poster auf dem 24th Symposium on Chemistry and Science Education
- Anhang 6: Poster auf der Tagung Lernort Labor
- Anhang 7: Homepage des Projektes

## 0 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes sollte zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“ ein innovatives Konzept entwickelt und erprobt werden, mit dem in Kooperation von Universität, Naturpark, Schulen und Umweltlabor der Ansatz der Planetarischen Leitplanken verbunden mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen im Sinne von Service-Learning im Schulunterricht konkret verwirklicht werden kann, um das Nachhaltigkeitsbewusstsein von Schülern zu stärken und sie zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu befähigen.

Das Projekt sollte im so genannten Projektkurs durchgeführt werden, den die Schüler in der gymnasialen Oberstufe in NRW für ein Jahr besuchen. Dabei sollte die transformative Lernmethode Service-Learning zum Einsatz kommen, um bei den Lernenden ein Verständnis für Handlungsoptionen und Lösungsansätze anzubahnen, die Transformation als positive Zukunftsvorstellung zu kommunizieren und die Landwirte in Fragen der Düngung zu beraten und zu informieren und für die Phosphorproblematik zu sensibilisieren. Zudem sollten die Lernenden auch Einblick in die Berufswirklichkeit von Umweltanalytikern in Betrieb und Forschung erhalten.

Der Projekt wurde in drei Jahren in drei Durchläufen durchgeführt, wobei im zweiten und dritten Projektdurchlauf jeweils neben und unabhängig von den Gruppen der Schülerinnen und Schüler auch eine Gruppe Studierender das Projekt durchführte.

Die Projektteilnehmenden beschäftigen sich jeweils zunächst mit fachlichen Grundlagen zu Phosphor und Phosphat wie Gewinnung, Transport, Verarbeitung und Einsatz besonders als Dünger, erarbeiteten sich mit Unterstützung des Umweltlabores modernste Analysemethoden zur Bestimmung des Phosphorgehaltes und der Phosphorverfügbarkeit im Boden, um den Nährstoffversorgungszustand von Böden zu bestimmen.

Mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten boten die Schülerinnen und Schüler sowie die Studierenden mit Unterstützung durch den Naturpark Landwirten an, ihre Äcker und Wiesen GPS-gestützt im Sinne von Precision farming auf ihren Nährstoffversorgungszustand hin zu untersuchen. Es wurden Proben genommen, die von den Lernenden selbst und zur Kontrolle und Veranschaulichung technischer Arbeit und wissenschaftlicher Herangehensweise zudem im Analyselabor untersucht werden.

Anschließend wurden den Landwirten jeweils die Analysedaten vorgestellt und Düngeempfehlungen sowie Informationen zu Phosphor als endlicher Ressource gegeben.

# 1 Einleitung

Das Projekt sollte laut Antrag Anfang 2018 beginnen und 3 Jahre dauern. Die Durchführung sollte im Wesentlichen durch eine Mitarbeitende (1/2 Stelle) an der Universität Siegen erfolgen. Diese(r) sollte durch den Naturpark zur Beratung, Organisation der Kooperation mit den Partnerorganisationen des Naturparks und das Umweltlabor zur Planung und Durchführung der umweltanalytischen Messungen unterstützt werden. Die Kooperationspartner sollten dazu Mitarbeiter teilweise abstellen. Dies wurde auch so umgesetzt und der vorgesehene Zeit- und Arbeitsplan (s. Abbildung 1) konnte eingehalten werden.

In den drei Jahren wurden drei Projektdurchläufe durchgeführt. Im ersten Durchgang nahmen acht Schülerinnen und Schüler einer Schule teil. Im zweiten Durchlauf wurden zwei Gruppen betreut: eine Gruppe Schülerinnen und Schüler sowie eine weitere Gruppe aus Studierenden. Im dritten Durchlauf wurde ebenfalls wieder eine Gruppe Studierende und eine Schülerinnengruppe betreut.

Die durch Covid-19 bedingte problematische Situation an der Universität und den Schulen hat dazu geführt, dass nicht alle Aktivitäten wie geplant stattfinden konnten. Wie dargestellt konnten die Projektdurchläufe umgesetzt werden, doch nur in kleineren Gruppen und die geplante Abschlussstagung war nicht umsetzbar. Stattdessen wurden auf der Projekthomepage (<https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/dbu-projekt/>) drei Filme eingestellt, die Zielstellung, analytisches Messverfahren und einen Erlebnisbericht einer Schülerinnengruppe beinhalten.

2018			2019			2020			2021	
Einarbeitung des Mitarbeiters				Erste Evaluation				Zweite Evaluation		
Erster Projektkursdurchlauf			Zweiter Projektkursdurchlauf			Dritter Projektkursdurchlauf				
Einarbeitung	Instruktion	Messung Analyse Bericht		Einarbeitung	Instruktion	Messung Analyse Bericht		Einarbeitung	Instruktion	Messung Analyse Bericht
Information der Schulen				Information der Schulen				Information der Schulen	Zusammenfassen der Ergebnisse, Planung der Tagung	Tagung

Abbildung 1: Zeit- und Arbeitsplan

## 2 Umsetzung im Projektkurs Chemie

Die Schülerinnen und Schüler der beteiligten Schulen besuchten in den drei aufeinander folgenden Jahrgängen jeweils die Q1 der gymnasialen Oberstufe und hatten im Rahmen des Projektkurses Chemie die Möglichkeit, aus Angeboten der Fachbereichs Chemie der Universität Siegen zu wählen, von denen „Verlust von Phosphor – Umweltanalytik für die Landwirtschaft“ eines von mehreren frei wählbaren Teilprojekten darstellt.

Die Projektkurse in Kooperation mit der Universität fanden standardmäßig in den universitären Räumlichkeiten statt, welche von den Schulen zu bestimmten Terminen aufgesucht wurden. Da sich jedoch der Aufwand einer An- und Abreise zur Universität für die Schülerinnen und Schüler besonders aufwändig darstellte, wurde die Vereinbarung getroffen, das Service-Learning-Projekt „Verlust von Phosphor“ hauptsächlich in den Räumlichkeiten der Schule durchzuführen. Dazu stand planmäßig eine Schulstunde pro Woche zur Verfügung, welche 14-tägig als Doppelstunde stattfand. Termine, die sich nicht für diesen Zeitrahmen eigneten, wurden nach Absprache an Wochenendterminen realisiert.

Der konkrete Verlauf des Kurses wurde in der ersten Sitzung gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern entwickelt.

Die Kurse fanden in den drei Durchgängen jeweils ähnlich strukturiert statt. Zeitlicher Verlauf, inhaltliche Vorbereitung, Analyse und Auswertung werden im Folgenden exemplarisch dargestellt.

### 2.1 Zeitlicher Verlauf

Nach Anwahl des Projektkurses wurden die Schülerinnen und Schüler an die Universität eingeladen. Das Projekt wurde näher vorgestellt und das weitere Vorgehen abgesprochen. Die weiteren Phasen fanden dann in den Jahren unterschiedlich teils an der Universität, teils in der Schule statt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Ablauf der Kurse.

Inhalte
Einführung und Organisatorisches
Einarbeitung in die fachlichen Grundlagen zu Phosphor, Phosphat, Düngung, Nachhaltigkeit, Planetarische Leitplanken
Vorstellung, Informationen zum und Unterstützungsangebot durch den Naturpark
Planung der Bodenprobenentnahme →Laptops mit Internet + Google Earth (als installiertes Programm), sowie Google Maps + Google Konto benötigt
Exkursion mit Bodenprobenentnahme mit Beteiligung des Naturparks
Eigenständige Arbeit an der Theorie und Planung der Messung mit Unterstützung

des Umweltlabores
Phosphat-Analyse Teil I: Aufbereiten der Bodenproben und Herstellen des Bodenextraktes, Zugabe der Testreagenzien und Kalibrieren
Phosphat-Analyse Teil II: Messungen und Auswertung
Exkursion in das HuK Umweltlabor
Zusammentragen von Ergebnissen und Theorie, Planen der Präsentation
Arbeit an der Präsentation
Exkursion: Rückmeldung an den Landwirt
Abschlussreflexion, Evaluation/Befragung

*Tabelle 1: Verlaufsplan des Projektkurses*

## **2.2 Theoretische Grundlagen**

Die erste Projektkurssitzung diente dem Kennenlernen des Projektkurssettings – nach einer Vorstellungsrunde der SchülerInnen und der Projektkursleitung wurden Ziele des Kurses und der organisatorische Rahmen erläutert, der Kursplan mit einzelnen Terminen ausgehändigt, die Räumlichkeiten der Arbeitsgruppe wurden mit begleitender Sicherheitsunterweisung erkundet sowie Vorstellungen und Wünsche der KursteilnehmerInnen erfragt. Als inhaltliche Einstimmung und zur Diagnose des Vorwissens dienten Bilderkarten, die die SchülerInnen in Kleingruppen ordnen, systematisieren und in Bezug zur Projektkursthematik bringen sollten. Zur weiteren eigenständigen Einarbeitung wurde eine Dropbox mit grundlegender Literatur eingerichtet, die den Phosphatkreislauf (und entsprechende Arbeitsaufträge) und aktuelle Umweltproblematiken thematisiert.

Zusätzliches Material für besonders interessierte KursteilnehmerInnen wurde ebenfalls bereitgestellt. Darüber hinaus diente die Dropbox dem Austausch von während des Kurses angefertigten Arbeitsergebnissen oder Fotos.

## **2.3 Entnahme der Bodenproben**

Um die Bodenprobennahme korrekt durchführen zu können, unterstützte im ersten Projektdurchlauf ein professioneller Bodenproben-Nehmer das Projekt. Durch seine Mitarbeit war es möglich, die benötigten Flächendaten aus dem Downloadportal der Landwirtschaftskammer NRW (über ELAN NRW) zu beziehen und in ein passendes Format umzuwandeln, das von Google Earth gelesen werden kann.

Die Bodenprobe eines Feldes sollte einer Mischprobe mehrerer Entnahmepunkte eines Feldes entsprechen, die nach verschiedenen Parametern – wie etwa Acker (15-20 Einzelproben) oder Grünland (30-40 Einzelproben), Form der Fläche, Richtung der Bearbeitung - zu planen ist, im Anschluss homogenisiert und analysiert wird. Die Planung dafür notwendiger



Beganglinien und Entnahmepunkte mittels GPS dient der Repräsentativität sowie der Nachvollziehbarkeit einer Probe und beansprucht einen vorherigen Sitzungstermin, bei welchem das Vorhandensein notwendiger Technik sichergestellt werden muss. Dazu gehören die Verfügbarkeit von Laptops, WLAN-Zugänge, Download und Installation von Google Earth, das Vorhandensein oder Erstellen eines Google Nutzerkontos, ein Smartphone mit Google Maps, wodurch eine grundsätzliche Abhängigkeit der Projektkursarbeit von Google besteht. Das Verfahren mit entsprechenden Google-Programmen wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit in Zusammenarbeit mit verschiedenen Spezialisten für Geodaten entwickelt, erprobt und erwies sich als einziges Verfahren, das sich an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler orientiert, ohne kostenpflichtige Experten-Software oder eine Einarbeitung in Gerätschaften durchführbar ist.

Eine zweite Sitzung des Projektkurses wurde sowohl vom Bodenproben-Nehmer als auch von Mitarbeitern des Naturparks Sauerland-Rothaargebirge begleitet. Zunächst stellte der Naturpark seine Arbeit vor, erläuterte das Interesse am Projekt und stellte Unterstützungsmöglichkeiten vor. Es folgte eine Einführung in den Umgang mit Google Earth und Google Maps durch die Projektkursleiterin, eine zusammenfassende Anleitung wurde ausgeteilt, anschließend einigten sich die Schülerinnen und Schüler auf die zu beprobenden Flächen. In Partnerarbeit planten sie sowohl die Beprobung von Acker- als auch Grünlandflächen (Abbildung 2 und 3).

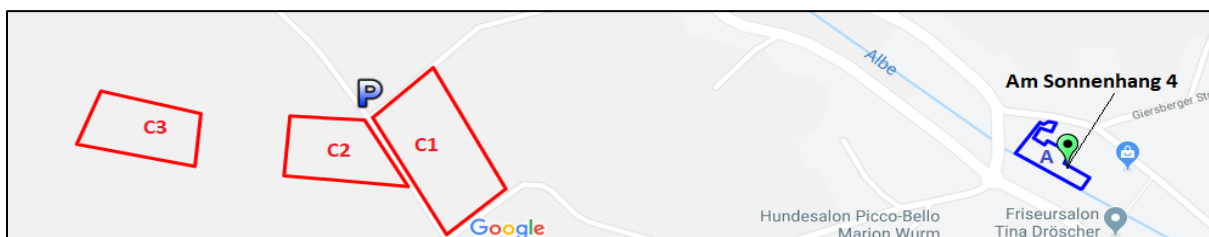


Abbildung 2: Kartenausschnitt mit zu beprobenden Ackerflächen



Abbildung 3: Planung der Beprobung einer Fläche mit Google Earth

Auf einer Exkursion zu den Ackerflächen wurden dann die Proben mittels der eigenen Planungen und unter Zuhilfenahme der notwendigen analogen wie digitalen Ausstattung genommen (siehe Abbildungen 4-6).



Abbildung 4: Gang zu den zu beprobenden Flächen



Abbildung 5: Beprobung einer Fläche mittels Google Maps auf dem Smartphone

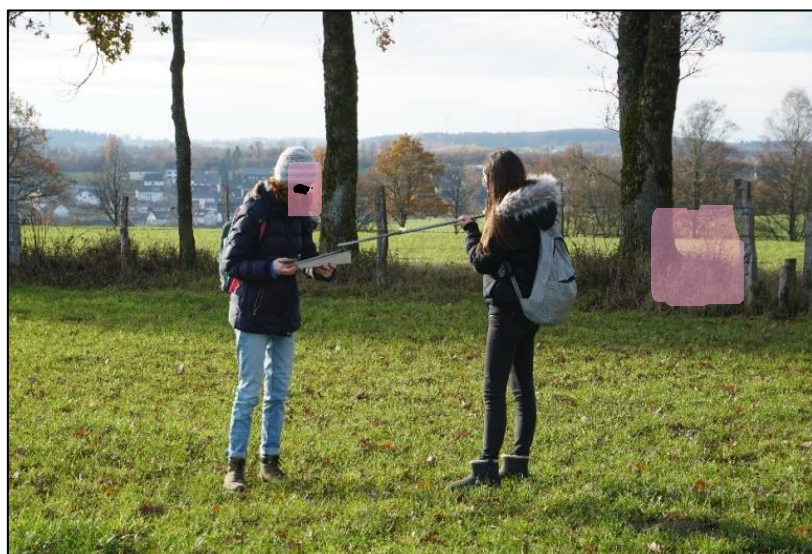


Abbildung 6: Entnahme von Bodenprobe mittels Bohrstock und Auffangschale auf Grünlandflächen

## 2.4 Analysengang

Die Analyse der Bodenproben fand an zwei verschiedenen Tagen statt. Die erste Sitzung wurde in den Räumlichkeiten der Universität durchgeführt. Um einen möglichst reibungslosen Ablauf der Analysen zu gewährleisten, wurde der Raum zuvor entsprechend vorbereitet und den Schülerinnen und Schülern eine kleinschrittige Anleitung mit vorgefertigten Protokollabschnitten ausgehändigt. Ergebnisse und Zwischenergebnisse konnten so direkt notiert werden.

Das Funktionsprinzip der photometrischen Untersuchungsmethode wurde mit Unterstützung durch das Umweltlabor nochmals gemeinschaftlich anhand des Phosphatnachweises nachvollzogen, wichtige Grundbegriffe wurden geklärt, anschließend wurden die Gehaltsklassen besprochen.

Im Zuge der Probenaufbereitung mussten die Bodenproben zunächst homogenisiert werden (Abb. 7), um anschließend den pflanzenverfügbaren Phosphatgehalt mittels Calcium-Acetat-Lactat-Auszug in Lösung zu bringen.



Abbildung 7: Homogenisierung mittels Mörser, Pistill und Sieb



Abbildung 8: Extraktion der Bodenproben

Die Schülerinnen und Schüler machten sich dann während der 85-minütigen Extraktionsdauer (Abb. 8) mit dem photometrischen Messprinzip (Abb. 9), dem Phosphatnachweis und dem Umgang mit einzelnen Geräten und Materialien vertraut.

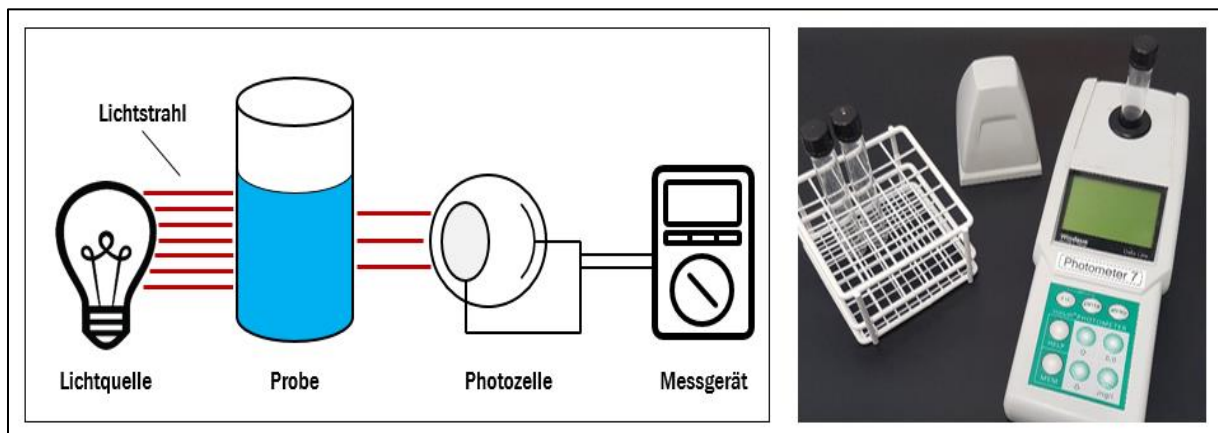
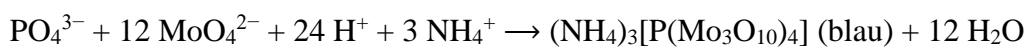


Abbildung 9: Funktionsprinzip des Photometers, Photometer mit Küvetten der Firma WinLab

Die Messung erfolgte anschließend über ein Photometer der Firma WinLab, welches nach vorheriger Aufbereitung der Bodenprobe auf Grundlage der Molybdänblaureaktion (Gleichung 1) einen Extinktionswert ermittelt, der sich nach vorheriger Kalibrierung in die pflanzenverfügbare Phosphatkonzentration umrechnen lässt.



Gleichung 1: Molybdänblaureaktion

Der direkte Zusammenhang zwischen der Intensität der Blaufärbung und der Phosphatkonzentration ist durch die hohe Anschaulichkeit leicht nachzuvollziehen.

Zunächst wurden vorgefertigte Standardproben gemessen und anhand der Werte eine Kalibrationskurve angefertigt (Abb. 10). Nach der Zugabe der Testreagenzien zu den Probenlösungen (Abb. 11) wurden die Proben eine Woche verwahrt und anschließend zur finalen Messung (Abb. 12) mit an die Schule gebracht.

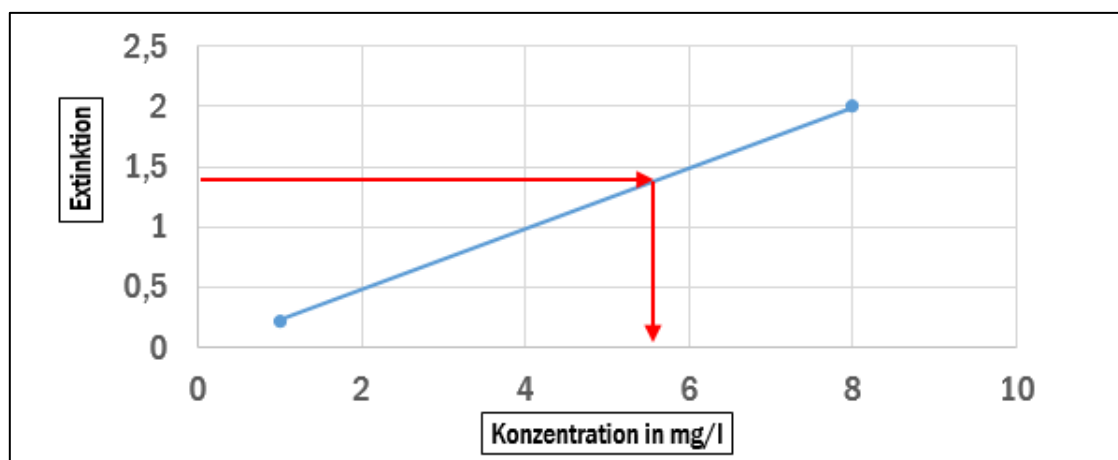


Abbildung 10: Beispiel einer Kalibrationskurve

Die entwickelte Blaufärbung wurde dort mit dem Photometer gemessen und der Extinktionswert über die erstellte Kalibrationskurve in eine Phosphor-Konzentration im mg/L umgerechnet. Da für die Zuordnung zu einer Gehaltsklasse die Phosphatkonzentration als Angabe in Phosphorpentoxid pro 100 g Boden benötigt wird, war die Anwendung eines Umrechnungsfaktors notwendig, um zum Endergebnis (Abb. 13) zu gelangen.



Abbildung 11: Verschiedene Intensitäten der Blaufärbung der Probenlösungen



Abbildung 12: Messung der Probelösungen nach der notwendigen Wartezeit

Im Anschluss an die von den Schülerinnen und Schülern durchgeführten Analysen (Abb. 13) wurden die Bodenproben zur Validierung in das Labor der LUFA gesendet. Die Schülerinnen und Schüler verglichen die Laborwerte mit ihren eigenen Messwerten und reflektierten mögliche Fehlerquellen.

	Extinktion(Cen)		P-Konzentration in mg/L		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Konzentration in mg / 100g Boden	Gehalts- Klasse	ggf. Kommentar
X A1	0,435	0,479	1,3571	1,302	≈ 6	B	
X A2	0,377	0,6364	1,07	1,81	5-8	B	
A3	0,543	0,535	1,55	1,52	7	B	
C1	1,22	1,237	3,345	3,391	≈ 15-16	C	anders, als erwartet ↳ sehr viel Kalkmist
C2 (Kalkfeld)	2,924	2,827	8,33	8,05	37-38	E	
C2 (Gerste)	2,856	2,778	7,83	7,616	≈ 35-36	E	
X C3	5,592	5,893	15,741	16,78	≈ 72-77	E	sehr hoch → unerwartet so viel zu hoch

Abbildung 13: Tafelbild mit Ergebnissen; A1-3 = Grünland, C1-3 = Ackerflächen

## 2.5 Auswertung und Präsentation

Zunächst erarbeiteten die Schülerinnen und Schüler Inhalte der Präsentation für den Landwirt, indem sie Aspekte des Projektes nannten und den Kategorien „Notwendige Informationen“, „Interessant zu wissen“ und „eher unwichtig“ zuordneten. Anschließend erstellten sie eine Powerpoint-Präsentation, welche die vor Ort auf einem Tablet zeigen können, und einem Handout, auf dem die Ergebnisse der Analysen zusammengefasst werden.

Rückmeldung an den Landwirt		
Notwendige Informationen	Interessant zu wissen	Eher unwichtig
<ul style="list-style-type: none"> <li>Auswertung/Ergebnis</li> <li>Verbesserungsvorschlag</li> <li>Gehaltsklassen</li> <li>↳ welche Felder?</li> <li>Entnahmestellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodenprobenentnahme</li> <li>↳ wo? wie? wie viele Proben?</li> <li>Planung</li> <li>(grober Vorgang)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>chemische Prozesse im Detail</li> <li>ganzer Rechenweg</li> </ul>

Abbildung 14: Von den Schülerinnen und Schülern zusammengetragene Aspekte für die Ergebnispräsentation

Zur Erarbeitung der Ergebnispräsentation legten die Schülerinnen und Schüler ein Präsentationsdokument an, an dem sie parallel arbeiten konnten und auf welches auch die Lehrkraft zugreifen konnte. Die Technik am Präsentationstag (die nur beim ersten Projektdurchlauf am „Tag der Offenen Uni“ stattfand) wurde ebenfalls von den Schülern selbst organisiert.

Die Schülerinnen und Schüler stellten ihre Ergebnisse anhand einer Power-Point-Präsentation bzw. im letzten Jahrgang auch mit einer Broschüre schließlich dem Landwirt vor. In der anschließenden Diskussion wurde insbesondere die Problematik hoher Phosphatwerte vor dem Hintergrund nachhaltigen respektive wirtschaftlichen Handelns diskutiert. Der Landwirt

berichtete darüber hinaus noch von eigenen Ansichten in der landwirtschaftlichen Entwicklung.

### 3 Umsetzung im Seminar „Umweltbildung / Umweltanalytik“

Mit Lehramtsstudierenden wurde das Projekt in analoger Weise im Rahmen einer Lehrveranstaltung „Umweltbildung / Umweltanalytik“ durchgeführt, welches im Rahmen des Moduls „Chemie und Umwelt“ im 1. Mastersemester besucht wird.

Im Seminar stand als übergeordnetes Thema das Umweltkompartiment Boden im Fokus, welches anhand aktueller Nachhaltigkeitskonzepte und daraus resultierenden analytischen Fragestellungen in den Blick genommen und mithilfe für den Schulunterricht geeigneter Messmethoden untersucht wurde. Der Kurs setzte sich zusammen aus Studierenden des Lehramtes für Haupt- und Realschulen, sowie Studierenden des Gymnasiallehramts. Innerhalb der Vorlesungszeit von Anfang Oktober bis Ende Januar wurden 15 wöchentlich stattfindende Seminarsitzungen mit jeweils 90 Minuten geplant. Die vorlesungsfreie Zeit von Anfang Februar bis Ende März stand zudem als Zeitfenster zur Verfügung, in welches Inhalte gelegt wurden, die innerhalb der Vorlesungszeit zeitlich-organisatorisch schwer realisierbar waren. Darüber hinaus wurden Inhalte außerhalb der Seminarzeiten eigenständig erarbeitet – gemäß Studienordnung waren dafür 60 Semesterwochenstunden vorgesehen. Die in der eigenständigen Arbeitszeit erarbeiteten Inhalte wurden in Form von einzureichenden Aufgaben überprüft. Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Kurses wurde den Studierenden eine unbenotete Studienleistung verbucht.

Das Seminar wurde inhaltlich so geplant, dass theoretische Grundlagen in den ersten Sitzungen erarbeitet wurden, im November und Dezember sowohl Probennahme als auch die Analyse hinsichtlich des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes durchgeführt wurde, sodass nach den Weihnachtsferien die Ergebnisse zusammengetragen und für eine abschließende Vorstellung beim Landwirt vorbereitet werden können.

#### 3.1 Zeitlicher Verlauf

Konkret gestaltet sich der Seminarplan wie folgt:

<b>Inhalt</b>
Organisatorisches, Inhalte und Ziele des Seminars, Vorstellung vom und Darstellung der Unterstützungsmöglichkeiten durch den Naturpark Sauerland-Rothaargebirge
Theoretische Grundlagen I (Planetarische Leitplanken, Nachhaltigkeitsziele/Agenda 2030)
Theoretische Grundlagen II (Rund um Phosphor – Verwendung, natürlicher und anthropogener Kreislauf)
Besprechung der Aufgaben / Theoretische Grundlagen III (Nachhaltigkeitsstrategien)
Vorbereitung der Probennahme mit Google Earth & Maps

Probennahme (Exkursion)
Grundlagen der Bodenanalytik & Photometrie
Analyse Teil I: Aufbereitung der Bodenproben, Kalibrieren
Analyse Teil II: Messung der Bodenproben und Auswertung
HuK-Umweltlabor (Exkursion)
Gemeinsame Auswertung, Planung und Arbeit an der Ergebnisvorstellung
Planung und Arbeit an der Ergebnispräsentation
Finale Überarbeitung der Ergebnispräsentation
Vorstellen der Analyseergebnisse, informierendes Gespräch/Diskussion mit dem Landwirt (Exkursion)

Tabelle 1: Seminarplan im Rahmen der Veranstaltung „Umweltbildung / Umweltanalytik“

### 3.2 Theoretische Grundlagen

Um die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen sicherzustellen, fand zunächst eine gemeinsame Sitzung statt, welche einen Orientierungsrahmen schaffte, anschließend bearbeiteten die Studierenden zuhause in Einzelarbeit Aufgaben, die entsprechend digital einzureichen waren. Die Aufgaben waren stets so konzipiert, dass sie neben der Erarbeitung fachlicher Aspekte auch Reflexionsanlässe beinhalteten, sodass sie zugleich als diagnostisches Instrument zur weiteren Gestaltung des Kurses herangezogen werden konnten.

Die Inhalte der Aufgaben wurden in einer anschließenden Sitzung gemeinsam thematisiert. Visuelle Ergebnisse wie den Phosphatkreislauf, den alle Studierenden dargestellt hatten, wurden im Rahmen eines Museumsdurchgangs gesichtet und anhand von Kriterien bewertet. Anhand von Bilderkarten strukturierten die Studierenden abschließend in Gruppenarbeit gemeinschaftlich ihr Wissen rund um Phosphor und Phosphate - durch das Darstellen einzelner Aspekte in Form einer Concept Map wurden offene Fragen sichtbar, welche im Rahmen der Sitzung geklärt werden konnten.

### 3.3 Entnahme der Bodenproben

Während der Projektkurs im ersten Jahr hinsichtlich Planung und Entnahme der Bodenproben von einem professionellen Bodenprobennehmers begleitet und unterstützt wurde, fand der Projektdurchlauf bei den folgenden Durchgängen und also auch bei den Studierenden in eigenständiger Planung und Durchführung statt. Vor der Exkursion wurden zu beprobende Flächen von der Kursleitung besichtigt und entsprechende Absprachen mit dem Landwirt getroffen. Da nicht wie im Vorjahr auf bereits existierende Flächendaten der Landwirtschaftskammer zurückgegriffen werden konnte, wurden alle Flächen als KML-Dateien angelegt und den Studierenden zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt.

Die zu Verfügung stehenden Flächen des Hofes sind auf folgender Übersicht dargestellt, wobei einige Flächen (Felder 10, 11, 13, 14, 15) lediglich als didaktische Reserve dienten, aus zeitlichen Gründen nicht beprobt wurden und eine Fläche (Feld 17) auf Wunsch des



Landwirts vor Ort zu zwei Teilflächen – einem Acker- und einen Grünlandteil - separiert wurde:

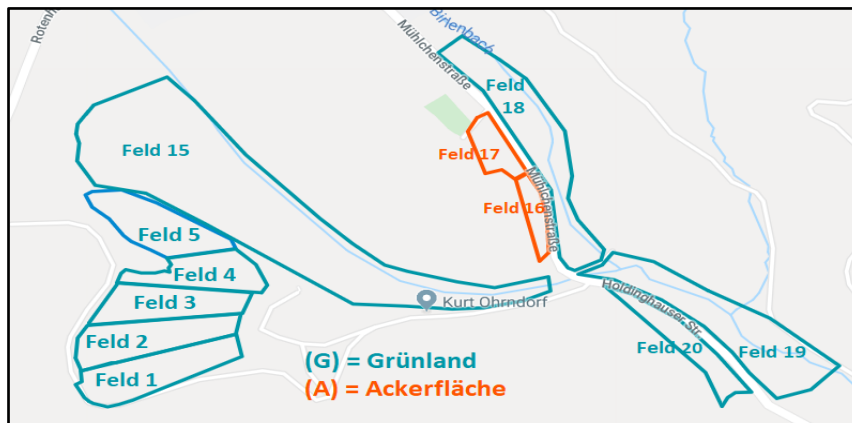


Abbildung 15: Ausschnitt aus der Übersicht über der zu beprobenden Flächen

Zur Planung wurden geeignete Beganlinien innerhalb der Flächen angelegt und eine ausreichende Anzahl Entnahmepunkte festgelegt, um die Repräsentativität der Probe zu gewährleisten. Durch das Importieren der auf Google Earth erstellten KML-Datei auf Google Maps konnten die Punkte mit dem Smartphone angesteuert werden – ein gutes GPS-Signal und eine stabile Internetverbindung vorausgesetzt. Während bei einigen Teams das Lokalisieren der eigenen Position und Erreichen der Punkte mit hoher Genauigkeit möglich war, gestaltete sich bei anderen Teams eine exakte Standortbestimmung nur in der Annäherung möglich.

### 3.4 Analysegang

Für die photometrischen Bodenuntersuchungen erhielten die Studierenden vorab ein Skript, das die theoretischen Grundlagen und alle Experimentalanleitungen enthielt, sodass sie sich bereits im Vorfeld inhaltlich auf das Praktikum vorbereiten konnten. Zwischen der Probenvorbereitung und dem Messzeitpunkt muss eine Wartezeit von mindestens einem Tag liegen, sodass die vorbereiteten Proben in der Folgewoche gemessen werden konnten.

Die Studierenden verwendeten das gleiche Messverfahren wie die Schülerinnen und Schüler, wobei sie den Analysegang selbst detailliert planten (Abb. 16). Zusätzlich setzten sie eigene Standardlösungen durch Verdünnung aus einer Phosphor-Stammlösung an, welche anschließend mit Testreagenzien versetzt wurde und in der Folgewoche gemessen werden konnte. Aus den hergestellten Bodenextrakten wurden analog mehrere Probengefäße befüllt und ebenfalls mit den notwendigen Testreagenzien versetzt.

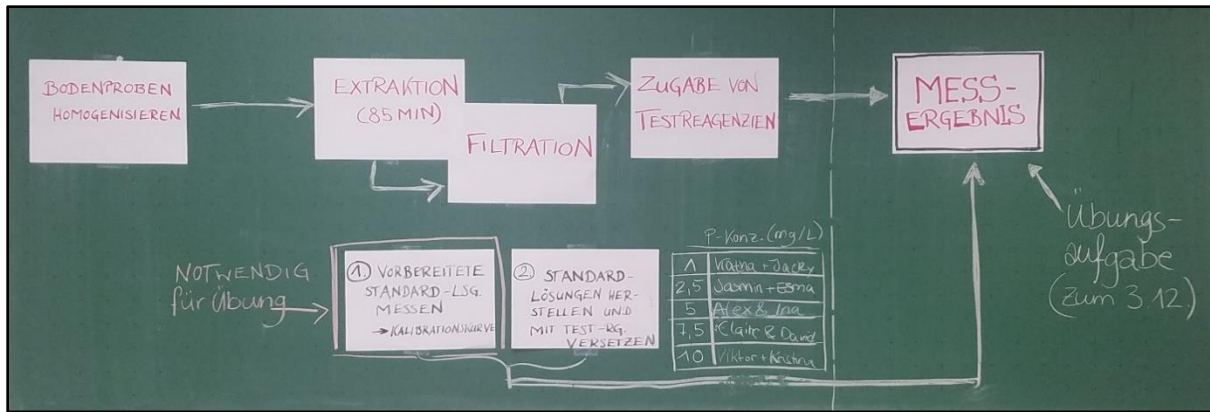


Abbildung 16: Planung des Analyseteils durch die Studierenden

### 3.5 Auswertung und Präsentation

Die Probenahme per GPS sowie die Analyse erfolgte jeweils in Teams von zwei Studierenden, welche gemeinsam in einem Analysebericht ihre Ergebnisse darstellten, sodass die Ergebnisse im Detail nachvollzogen werden können, bevor eine Rückmeldung an den Landwirt erfolgt. Pro Team wurden jeweils drei Flächen beprobt, analysiert und ausgewertet. Die gesamten Analyseergebnisse der Studierenden sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Feld Nr.	Extinktion	P-Konzentration in mg/L	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Konzentration in mg/100 g Boden	Gehaltsklasse (Bodenart = sL)	Kommentar
1	0,559	1,514	6,911	B	
2	0,662	1,59	7,28	B	
3	1,491	4,13	18,915	D	Durch das Aufrunden in Gehaltsklasse D (untere Grenze).
4	0,654	1,720	7,878	B	
5	0,876	1,290	5,914	B	
6	1,874	5,076	23,166	D	
7	1,45	0,78	3,57	B	
8	1,275	3,389	15,522	C	
9	0,873	2,297	10,520	C	Eine Probe war ein Ausreißer nach oben, was die Einordnung in die Gehaltsklasse jedoch nicht beeinflusst
12	0,732	1,08	4,942	B	
16	1,380	3,725	17,061	C	
17A	0,58	1,4	6,41	B	
17G	0,602	1,45	6,64	B	
18	0,437	1,20	5,496	B	
19	0,407	1,070	4,901	B	
20	1,24	1,83	8,372	B	

Tabelle 2: Messergebnisse und Auswertung einer Analyse; Extinktionswerte als Mittelwerte mehrfacher Messungen; Gehaltsklasse C = anzustreben, B = niedrig, D = hoch (Landwirtschaftskammer NRW)

Zur Präsentation wurden die Analyseergebnisse und darüber hinausgehende Informationen in Form einer Broschüre zusammengefasst – zum einen, damit die Studierenden über veranschaulichendes Material während des Gesprächs verfügen und zum anderen, damit der

Landwirt die Informationen einem späteren Zeitpunkt erneut einsehen kann. Gruppenarbeitsteilig wurden dazu die in Tabelle 3 aufgelisteten Aspekte von den Studierenden bearbeitet.

Relevanz	Lebenselement Phosphor, Planetarische Leitplanken, P-Nachhaltigkeit, Fragestellung
Details	Funktionsprinzip Photometrische Messung (+ Phosphat-Farbreaktion), Analysegang, Auswertung
Ergebnisse	Flächenübersicht, Ergebnisse + Handlungsempfehlung, Fazit
Formales	Titelblatt, Einleitung, Überleitungen, Layout, Korrekturen

*Tabelle 3: Beispielhafte Darstellung von Erarbeitungsaspekten für die Ergebnispräsentation*

Es wurde eine Word-Datei (siehe Anhang 1) erstellt, aus welcher durch mittiges Falten und Tackern des DIN A4-Ausdrucks eine handliche DIN A5-Broschüre entstand.

Die Rückmeldung und Besprechung der Ergebnisse fand schließlich beim Landwirt statt. Gemeinsam wurde die Broschüre gesichtet und von den Studierenden ergänzende Erläuterungen vorgenommen. Ein Photometer und farbige Lösungen wurden als Anschauungsmaterial demonstriert. Im Anschluss verglich der Landwirt die Ergebnisse der Studierenden mit seinen Ergebnissen der letzten Untersuchungen durch die LUFA, wobei er nur geringe Abweichungen feststellen konnte. Es ergab sich ausgehend von der Diskussion über eine nachhaltige Phosphatnutzung, ihrer Relevanz für die Landwirtschaft und ihrer Vermittlung in Schule und Unterricht ein darüber hinausgehendes Gespräch über die Situation ökologischer Landwirtschaft, sowie den Bauernhof als außerschulischen Lernort im Allgemeinen. Der Landwirt selbst ist in hohem Maße politisch engagiert und über aktuelle Entwicklungen gut informiert, sodass die Studierenden in dem abschließenden Besuch einen wertvollen Einblick in politische und gesellschaftliche Zusammenhänge aus der Perspektive des Landwirts gewinnen konnten.

## **4 Evaluation**

### ***4.1 Evaluation***

Der Projektablauf wurde nach den einzelnen Durchgängen evaluiert und optimiert. Dazu wurde das Vorgehen mit den Beteiligten reflektiert. Dazu wurden die Schülerinnen und Schüler sowie die Mitarbeiter von Naturpark und Umweltlabor zu ihre Erfahrungen im jeweiligen Projektdurchlauf individuell befragt. Zudem fanden bei Schülerinnen und Schülern sowie den Studierenden Gruppendiskussionen statt. Dabei wurden Kritikpunkte insbesondere zu Fragen der konkreten Durchführung und Zeitplanung geäußert, die jeweils in die Planung und Organisation der nächsten Runde eingeflossen sind. Besonders positiv hervorgehoben wurde von Schülerinnen und Schülern wie auch von den Studierenden die selbstständige Arbeit im Labor und die Exkursion zum Hof zur Bodenprobenentnahme. Auch dass das Ergebnis einen tatsächlichen Nutzen hatte und die Thematik hochaktuell und relevant ist, wurde mehrfach als positiver Aspekt genannt. Die Atmosphäre auf dem Hof und die Zusammenarbeit mit dem Landwirt wurde größtenteils als angenehm empfunden.

Neben den inhaltlich-organisatorischen Aspekten wurde jeweils auch das analytische Testverfahren reflektiert. Im ersten Projektdurchlauf unterschieden sich nämlich einige Messergebnisse der Schülerinnen und Schüler deutlich von den Ergebnissen des Analyselabores. Daraufhin wurde das Messverfahren im Rahmen eines Research Projects in der AG Analytische Chemie analysiert und optimiert, bis valide Ergebnisse erhalten wurden. Das verbesserte Verfahren wurde dann im zweiten und dritten Durchlauf mit sehr guten Ergebnissen eingesetzt und ist in dieser Form auch im vorliegenden Bericht dargestellt.

#### ***4.2 Medien- und Öffentlichkeitsarbeit***

Das Projekt wurde an der Universität Siegen im Rahmen des Tages der Offenen Universität vorgestellt. Hierzu wurde am Stand der Chemie ein Poster präsentiert (siehe Anhang 3). Außerdem wurde von zwei Schülern des Projektkurses ein 15-minütiger Vortrag im Rahmen von „Ready To Study“ gehalten, einem Format, das Studieninteressierten einen Einblick in die universitären Strukturen und Angebote geben soll.

Weiterhin wurde das Projekt bisher auf nationalen und einer internationalen fachdidaktischen Tagungen mit Postern präsentiert, z. B. auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) 2018 (siehe Anhang 4), auf dem 24th Symposium on Chemistry and Science Education 2018 an der Universität Bremen (siehe Anhang 5) sowie der Online-Tagung von Lernort Labor (Lela) 2021 (siehe Anhang 6). Weiterhin wurde der internationale fachdidaktische Artikel „Service-Learning within the Planetary Boundary “Loss of Phosphorus““ veröffentlicht.

Auch wird über das Projekt auf der Homepage der AG Didaktik der Chemie berichtet (<https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/dbu-projekt/>, siehe Anhang 7). Hier finden sich Informationen zu den Projektbeteiligten und zur Zielstellung des Ansatzes. Außerdem wird das Analyseverfahren detailliert vorgestellt und es findet sich ein Erfahrungsbericht von vier Schülerinnen, den sie in Form eines Filmes erstellt haben.

Es wird jeweils auf die Förderung durch die DBU hingewiesen.

### ***5 Zusammenfassung und Ausblick***

Insgesamt ist festzustellen, dass das Projekt erfolgreich durchgeführt werden konnte. Es wurden wie geplant drei Projektdurchläufe absolviert, in denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wichtige Kenntnisse gewonnen und Erfahrungen gesammelt haben. Dabei war die gut funktionierende Kooperation mit dem Naturpark Sauerland-Rothaargebirge und dem HuK Umweltlabor besonders wertvoll.

Die Zielstellung das Nachhaltigkeitsbewusstsein zu fördern, ist durch die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik und dem breitbandigen Austausch der Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden einerseits fachlich-chemisch mit Hochschulmitarbeitenden und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Umweltlabores sowie über Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte mit dem Vertreter des Naturparks sowie den Landwirten sicherlich erreicht worden. Es kann somit festgestellt werden, dass sich die Teilnehmenden also in der Tat aktiv an der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung beteiligt haben. Auch das große Engagement der Lernenden, die sich z.B. in einem von einer Gruppe erstellten Projektbericht (<https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/dbu-projekt/erfahrungsbericht/erfahrungsbericht.html>) zeigt, deutet darauf hin.

Den Ansatz, fachliches Lernen mit gesellschaftlichem Engagement nach dem Ansatz des Service Learnings umzusetzen, konnte im Projekt also erfolgreich umgesetzt werden.

Wegen der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie konnten nicht alle Vorhaben wie vorgesehen durchgeführt werden. So konnten sich z.B. nur weniger Schülerinnen und Schüler beteiligen. Stattdessen sind aber Studierende hinzugekommen. Auch war die Durchführung einer Tagung nicht möglich, sodass stattdessen eine Projektdokumentation mit einigen Filmen auf die Homepage gestellt wurde.

## **Literatur**

Jessica Ibleib, Martin Gröger (2018): Service-Learning within the Planetary Boundary “Loss of Phosphorus“. In: Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B.: Building Bridges Across Disciplines for Transformative Education and a Sustainable Future, Aachen, Shaker, S. 327-329.

## **Anhang**

Anhang 1: Informationsbroschüre der Studierenden

Anhang 2.1: Handout des Projektkurses

Anhang 2.2: Folien der Powerpoint-Präsentation des Projektkurses

Anhang 3: Von den SchülerInnen erstelltes Poster für den Tag der offenen Uni

Anhang 4: Poster auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Anhang 5: Poster auf dem 24th Symposium on Chemistry and Science Education

Anhang 6: Poster auf der Tagung Lernort Labor

Anhang 7: Homepage des Projektes

# Anhang 1: Informationsbroschüre der Studierenden




## BESTIMMUNG DES PHOSPHORGEHALTS AUF DEM HOF



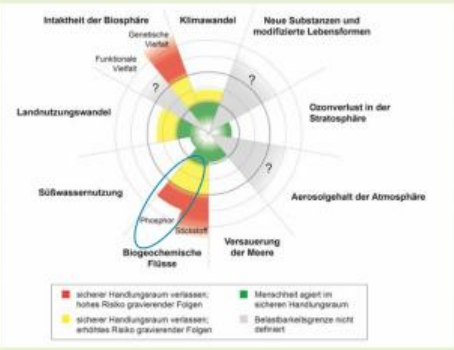

### EINLEITUNG

In Kooperation mit dem Hof [Name] durften die Studierenden der Universität Siegen den Phosphatgehalt in den Böden der Familie [Name] bestimmen. In der durchgeführten Analyse wurden die Phosphorkonzentrationen von Bodenproben verschiedener Felder gemessen und einer Phosphor- Gehaltsklasse zugeordnet. Ziel der Analyse ist die Bestimmung der Phosphorkonzentration der Felder und die Einteilung in die Phosphor- Gehaltsklassen, um dem Landwirt Auskunft über die Phosphor- Konzentration auf seinen Feldern geben zu können. Mithilfe der Messungen sollen sowohl eine mögliche Unterversorgung der Pflanzen mit Phosphor als essenziellen Nährstoff als auch eine Überdüngung der Felder, wodurch weniger Phosphor künstlich in das Ökosystem gelangt, vermieden werden.

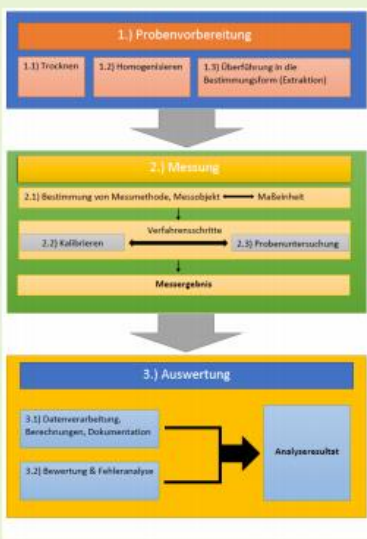


### PLANETARISCHE LEITPLANKEN

Phosphor ist eine sehr begrenzte Ressource unseres Planeten. Dennoch ist er unverzichtbar für die Landwirtschaft, um die Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln sicherzustellen. In Nordamerika, Mitteleuropa und China befindet sich das Phosphorvorkommen bereits in einer hohen Risikostufe. Dies liegt unter anderem daran, dass viel Phosphor ins Meer oder durch Überdüngung in Gewässer gelangt und nicht wieder zurückgewonnen werden kann. Die planetarischen Leitplanken bzw. ökologischen Belastungsgrenzen zeigen, in welchen Bereichen bereits alarmierende Veränderungen stattgefunden haben. Dies hat gravierende Folgen für den Lebensstil aller Menschen.

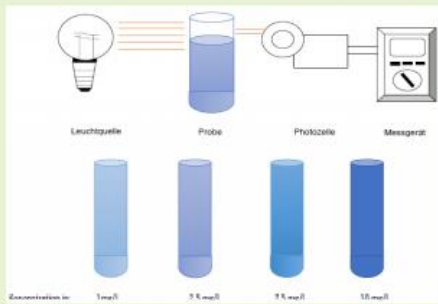
### ALLGEMEINER ANALYSEGANZ





## FUNKTIONSPRINZIP DES PHOTOMETERS

Bei dem Photometer handelt es sich um ein Messgerät, das über die Messung der Lichtabsorption bei farbigen Verbindungen zur Bestimmung der Konzentration verwendet wird. Es werden erst Verbindungen bekannter Konzentration gemessen und anschließend die unbekanntes Probelösungen. Anhand der bekannten Konzentrationen kann eine Kalibrationskurve erstellt werden, die zur Bestimmung der unbekanntes Konzentration herangezogen wird. Phosphat reagiert zu einem blauen Komplex, somit absorbiert es rotes Licht (Wellenlänge 700 nm), welches von der Lichtquelle ausgestrahlt wird. Das absorbierte Licht wird von einer Photozelle und Messgerät gemessen und als Extinktionswert ausgegeben. Je höher die Phosphatkonzentration in einer Probelösung ist, desto farbintensiver ist sie und desto höher ist der Extinktionswert.



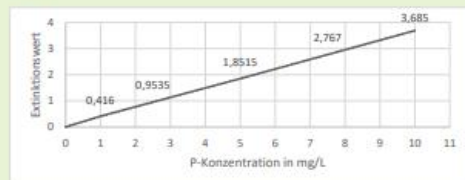
## AUSWERTUNG

Um aus den gemessenen Extinktionswerten der Proben vom Feld eine Phosphorkonzentration auszurechnen, muss zunächst anhand von Vergleichsproben eine Kalibrationskurve erstellt werden. Hierfür fertigt man Test-Lösungen mit bekannten, aber unterschiedlichen Phosphorkonzentrationen an und gibt Testreagenzien hinzu, die eine Farbreaktion auslösen.

Ein Beispiel:

P-Konzentration in mg/L	1	2,5	5	7,5	10
Extinktionswert	0,416	0,954	1,852	2,767	3,685

Mit diesen Beispiel-Werten konnte folgende Gerade (Extinktionskurve) gezeichnet werden:



## BILDER AUS DEM LABOR



Trocknen der Bodenprobe im Trockenschrank



Homogenisieren der Bodenprobe und Ausleiben von Fremdkörpern



Extraktion von pflanzenverfügbaren Phosphaten aus dem Boden




Standardlösungen



Diese Gerade kann nun als Funktion modelliert und anhand der Werte die Steigung berechnet werden. Bei diesem Beispiel würde die Steigung 0,38 betragen.

Unter Zuhilfenahme dieser Steigung kann nun aus den Extinktionswerten der Proben von den Feldern eine Phosphorkonzentration ausgerechnet werden. Da allerdings aus historischen Gründen für die Einteilung eines Feldes in eine Gehaltsklasse die Konzentration von Phosphorpentoxid ( $P_2O_5$ ) benötigt wird, muss die oben erhaltene Phosphorkonzentration noch einmal umgerechnet werden. Dies wird mit einem spezifischen Umrechnungsfaktor (4,58) gemacht. Dieser berechnete Wert wird abschließend in einer Tabelle einer Gehaltsklasse zugeordnet.


Nährstoff	Nutzung	Bodenart	Nährstoffgehalt in mg/100 g Boden				
			A sehr niedrig	B niedrig	C anzu-streben	D hoch	E sehr hoch
$P_2O_5$	Acker- und Grünland	S, IS, sU, ssl, IU, sl, ul, L	bis 3	4 - 9	10 - 18	19 - 32	ab 33
		uL, tL, T, flachgründiger S	bis 5	6 - 13	14 - 24	25 - 38	ab 39



## ERGEBNISSE

Grünflächen		
Feldnummer	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Gehalt in mg/100g Boden	Gehaltsklasse
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Ackerflächen		
Feldnummer	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Gehalt in mg/100g Boden	Gehaltsklasse
I		
II		
III		
IV		



## FLÄCHENÜBERSICHT



## BILDER WÄHREND DER BODENPROBEENTNAHME




Navigation der Bodenprobentnahme mittels Google Earth



Studenten bei der Bodenprobentnahme auf einem Feld



Bodenprobentnahme auf dem Feld





Erstellt von dem Seminar:  
 Umweltbildung für HR  
 Umweltanalytik für GymGe  
 Wintersemester 2019/20  
 Prof. Martin Gröger, Jessica Ißleib



## Anhang 2.1: Handout des Projektkurses

### Phosphoranalyse

#### Ergebnis/Auswertung

Feld	A1	A2	A3	C1	C2 (Kartoffeln)	C2 (Gerste)	C3
Phosphor- konzentration mg/100g Boden							

#### Empfehlungen



A1=

A2=

A3=



C1=

C2

C2

C3=

# PHOSPHOR KONZENTRATION IM BODEN

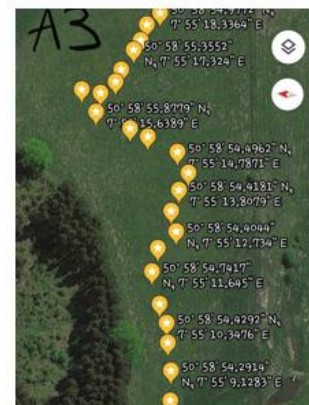
---

## Inhaltsverzeichnis

- Grund für Untersuchung des Phosphorgehalt
- Planung der Bodenprobenentnahme
- Bodenproben entnehmen (Wie?/ Wie viele Proben?)
- Analyse der Bodenproben (Labor)
- Ergebnisse/ Auswertung (Gehaltsklasse)
- Empfehlungen

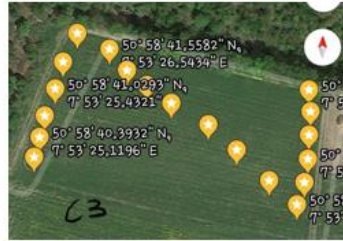
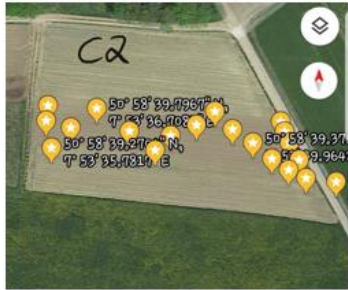
## Grund für Untersuchung des Phosphorgehalts

- Phosphor ist für Pflanzen lebensnotwendig; spielt eine wichtige Rolle bei Stoffwechselvorgängen und beim Aufbau der DNA
- Phosphatmangel zeigt sich bei jeder Pflanzenart unterschiedlich
- Führt zu vermindertem Wachstum und schlechten Erträgen
- Phosphatüberschuss ist für Pflanzen weniger schlimm; führt in Gewässern zu einer Euthrophierung mit übermäßig starkem Algenwuchs
- Phosphorgehalt sollte im anzustrebenden Bereich liegen, damit für die Umwelt keinerlei Gefahr besteht und damit Pflanzen gut wachsen können



## Bodenproben Entnahme Planung

Grünland



## Bodenproben Entnahme Planung

Acker



### Bodenproben entnehmen

- Mit Rohrstab und Auffangschale
- Grünland: 30 Proben (15 cm)
- Ackerland: 20 Proben (30 cm)

## Analyse der Bodenproben im Labor



1. Trocknen der Bodenproben
2. Homogenisieren der Proben
  - Sieben und Mörsern
  - Steine und größere Stückchen werden entfernt
3. Extraktion
  - Zugabe der Extraktionslösung zu einem kleinen Teil der homogenisierten Probe
  - Gemisch wird 85 Minuten lang gerührt
4. Filtration des umgerührten Gemisches
  - reine Probelösung ohne Bodenpartikel
5. Zugabe von 3 Testreagenzien
  - Lösung verfärbt sich bläulich (Stärke der Blaufärbung von Phosphorkonzentration abhängig)




## Analyse der Bodenproben im Labor (2)

1. Zugabe von 3 Testreagenzien  
Lösung verfärbt sich bläulich (Stärke der Blaufärbung von Phosphorkonzentration abhängig)
6. Photometrische Bestimmung der Phosphorkonzentration
  - Gerät: Photometer
  - Messung des Extinktionswertes
  - Berechnung der Phosphorkonzentration der Bodenprobe

Feld	A1	A2	A3	C1	C2 (Kartoffeln)	C2 (Gerste)	C3
Phosphorkonzentration mg/100g Boden							

# Ergebnis/ Auswertung


## Empfehlungen



A1=

A2=

A3=



C1=

C2 (


C2 (

C3=


# Anhang 3: Von den SchülerInnen erstelltes Poster für den Tag der Offenen Uni



Naturwissenschaftlich  
Technische Fakultät



Science Forum  
an der TU Siegen




Gesamtschule  
EISERFELD



UNIVERSITÄT  
SIEGEN


## Projektkurs 2018/2019

# „Verlust von Phosphor“ – Umweltanalytik für die Landwirtschaft



NATURPARK  
SIEGEN-LAND  
ROTHAARGEBIET

bearbeitet von Donya Akman, Tijen Düber, Jennifer Bönnes,  
Seyma Öztürk, Aleyna Tali, Marc Zöller, Kai Ising und Jannis Birlenbach



DBU  
Deutsche Bundesanstalt  
für Umweltforschung und  
-berichterstattung

### Phosphor und Phosphat im Alltag

Phosphor kommt in fast allen Lebensmitteln vor, ganz besonders in eiweißreichen Lebensmitteln wie zum Beispiel Fleisch und Fisch. Außerdem nutzt die Lebensmittelindustrie Phosphate in Form von Polyphosphaten als Lebensmittelzusatzstoff wie zum Beispiel zur Herstellung von Fischstäbchen oder als Schmelzsalz für Schmelzkäse.

### Phosphor und seine Verbindungen

Phosphorverbindungen sind im Organismus der Knochensubstanz, der DNA und in dem ATP enthalten und somit biologisch von großer Bedeutung. Zudem sind Phosphate wichtige Nährstoffe für Pflanzen und können als Düngemittel genutzt werden.

### Phosphor im menschlichen Körper

Das Phosphat ist einer der Elektrolyten im menschlichen Körper. Elektrolyten sind Mineralstoffe, die bei der Auflösung in Körperflüssigkeiten sowie im Blut eine elektrische Ladung tragen. Die Knochen enthalten rund 85 Prozent des Phosphates im Körper. Es findet sich auch ein großer Phosphat-Anteil in den Zähnen wieder. Die restlichen 15 Prozent kommen innerhalb der Zellen vor, wo das Phosphat einen Beitrag zur Energiebildung leistet. Außerdem befindet sich ein geringer Teil im Blut und im Körpergewebe.

### Einfluss auf die Umwelt

Phosphate haben viele Auswirkungen auf Organismen, welche hauptsächlich Folge der hohen Phosphatmissionen durch Ackerbau und Bergbau sind.

Bei der Abwasserreinigung können die Phosphate meist nicht vollständig abgebaut werden und gelangen über die Vorfluter in die Oberflächengewässer. Die steigenden Phosphorkonzentrationen in Oberflächengewässern führen auch dazu, dass sich phosphorliebende Organismen sehr stark vermehren. Dazu gehören beispielsweise Algen und Wasserlinsen. Diese Organismen verbrauchen große Mengen an Sauerstoff und breiten sich sehr stark an den Gewässeroberflächen aus. So wird auch Licht für andere Arten entzogen. Man bezeichnet diesen Vorgang als Eutrophierung.




### Natürliche Vorkommen

In der Natur kommt Phosphor ausschließlich in gebundener Form vor. Die größten Vorkommen an Phosphat-Mineralien findet man in Afrika, in China und den USA. Es existieren außerdem große Vorkommen unter Wasser, deren Abbau aber aktuell nicht wirtschaftlich ist. Außer in Mineralien kommt Phosphor auch in Ablagerungen von Vogelkot von Meeresvögeln, dem sogenannten Guano, vor. Diesen findet man vorwiegend auf einigen Inseln im Pazifischen Ozean, wie Nauru oder Kiribati und in Südamerika.

### Ablauf des Projektes



#### I. Entnahme von Bodenproben

Zu Beginn wurden das Gelände bzw. die Felder des Irlenhofs mit Hilfe von Google Earth genauer betrachtet, um einen Überblick über das Gelände zu erhalten. In Zweiergruppen wurden je eine Grünfläche und ein Ackerfeld beprobt. Dazu wurden im Voraus Routen geplant auf denen dann in regelmäßigen Abständen die Proben entnommen wurden. Auf Grünflächen müssen dabei bis zu doppelt so viele Proben entnommen werden, da hier eine größere Unregelmäßigkeit beim Nährstoffgehalt besteht. Nach der Entnahme wurden die Proben homogenisiert und in Papiertüten abgefüllt, welche dann im Labor getrocknet wurden.






#### 2. Analyse

Zur Analyse der Bodenproben wurde die zuvor getrocknete Erde feinkörnig gesiebt, in Wasser gelöst und anschließend filtriert (Vorbereitung der Proben). Mithilfe von Nachweisreagenzien, welche mit dem im Wasser gelösten Phosphor reagieren und dadurch eine Färbung verursachen, kann die Lösung nun, nach Durchführung einer Blindprobe, mit einem Photometer auf ihren Phosphorgehalt untersucht werden.

### Nachweismethode Phosphor-Umweltanalytik



Zur Bestimmung der Phosphat-Konzentration wird die Intensität des Farbstoffs gemessen, indem man den Extinktionswert ermittelt (Absorption von Licht durch den Farbstoff). Auf Basis des Werts kann dann die Konzentration berechnet werden.

Ergebnisse		Vorgehensweise	
Feld Nr.	Wert	Aufbereitung	Analyse
Feld Nr. 6	Wert: 13,37mg/l	Bodenprobe sieben	Probe mit Reagenzien versetzen
Feld Nr. 39	Wert: 09,93mg/l	5g Abwiegen	5 Minuten warten
Feld Nr. 8	Wert: 12,48mg/l	10ml Extraktionslösung & 4ml destilliertes Wasser	Blindprobe messen (Probe ohne Reagenz)
Feld Nr. 520	Wert: Zu groß, Fehler	10 min Schütteln	Probe selbst messen
Feld Nr. 91	Wert: 19,00mg/l	Filterieren zu klarer Flüssigkeit	Extinktionswert umrechnen in Konzentration
Feld Nr. 2	Wert: Zu groß, Fehler		Ergebnisse notieren
Feld Nr. 36	Wert: 01,00mg/l		

#### Durchführung

Die Analyse ist in zwei Teile aufgeteilt – die Aufbereitung und die Analyse selbst. Die Bodenproben müssen zu einer klaren Flüssigkeit aufbereitet werden, bevor die Probe mit dem Reagenz für das Photometer messbar wird und Ergebnisse ermittelt werden können.

#### Fazit und Problembetrachtung

Im Allgemeinen hat sich die Methode als praktikabel erwiesen, jedoch muss überprüft werden, wie die Ergebnisse zu bewerten sind. Einige Werte liegen tendenziell unterhalb der Vergleichswerte aus dem Labor. Grundsätzlich sind leicht erhöhte Phosphorkonzentrationen festzustellen. Bei der Analyse können Komplikationen mit den Reagenzien auftreten sein, die das Ergebnis verfälschen, ebenso können Fehler bei der Extraktion der Proben eingetreten sein.





# Anhang 5: Poster auf dem 24th Symposium on Chemistry and Science Education an der Universität Bremen, 1.-3. Juni 2018

## Service-Learning within the planetary boundary „Loss of Phosphorus“

Jessica Ißleib, Martin Gröger

### Theoretical framework

Phosphorus as one of six biogenic elements is – as it is part of every DNA-molecule - essential for all living beings, especially for plant growth. As primary plant macronutrient phosphorus is - among nitrogen and potassium - widely used in form of mineral fertilizers.

The biogeochemical flow of nitrogen and phosphorus as key biological nutrients build one of nine planetary boundaries as human-induced inflows promote plant overgrowth and eutrophication in aquatic and marine ecosystems. The quantity of phosphorus flowing into the oceans is close to a critical level, while the amount of nitrogen has already been exceeded [1]. Given the fact that phosphate rock is a non-renewable, finite resource, which is used mainly for fertilizer production, its efficient application on agricultural land becomes a crucial subject of sustainable development goals (SDGs) as defined by the United Nations [2]. A sustainable use of phosphorus can be classified mainly into SDG 2 (zero hunger), SDG 12 (responsible consumption and production) and SDG 15 (life on land).

In cooperation with „Naturpark Sauerland-Rothaargebirge“, „HUK Umweltlabor“ and regional schools, a Service-Learning project will be implemented at the University of Siegen, which aims at strengthening students' awareness of sustainability and enables them to actively contribute to a sustainable development by helping to increase phosphorus use efficiency in agriculture.



Phosphorus as a component of mineral fertilizer [4]

### The Service-Learning project

Service-Learning combines learning with social commitment as it aims at students to use academic knowledge and skills in order to address actual community needs.

Students from different schools attending the 11th grade can participate in the course at University of Siegen, which is designed to provide a deep understanding of the learning content and also promote democracy and social skills through social engagement. Therefore the elements "learning" and "engagement" should be well balanced and the working progress reflected continually by the students.

Effective Service-Learning should meet the following quality standards as defined by Seifert and others [3].



As an example for transformative science education, Service-Learning will be evaluated using qualitative survey methods.

### Preparation - learning about phosphorus and environmental analytics

The participants will obtain relevant information about phosphorus by linking disciplines such as chemistry, biology, geography and economy. They will get a deeper insight in modern analytical methods as preparation for soil analysis on agricultural land before planning the sample taking.

1	phosphorus and phosphorus compounds
2	phosphorus as key biological nutrient
3	deposits and mining
4	use of phosphorus
5	phosphorus cycle and sustainability
6	analytical chemistry

### Soil sample taking and analysis

To determine soil nutrient levels, students systematically take samples from fields of various regional farmers. By using precision farming as modern technique they divide the field into lots in order to specify phosphate contents for each area. Therefore the different samples are prepared and analysed via photometric measurement.



Reagents and photometer „Data Line LED“ (WINLAB)

HUK Umweltlabor GmbH  
Division: Horn & Co. Analytics  
**Mein Naturpark!**  
Sauerland-Rothaargebirge

### Report and presentation

The results are interpreted in terms of nutrient levels and summarized as an analysis report, which is presented to the farmers. Students give specific fertilizer recommendations based on the report and provide information about phosphorus as a finite resource to raise awareness for its sustainable use.

To make the Service-Learning project publicly visible, its process and results will be shown in form of a final presentation held at University of Siegen by the participants of the course.

### References

- [1] Rockström et al. (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. In Ecology and Society, Vol. 14, No. 2
- [2] United Nations (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015
- [3] Seifert, A., Ziemer, D. & Rogg, F. (2012): Praxisbuch Service-Learning. „Lernen durch Engagement“ am Beispiel, S. 19-45
- [4] Ißleib, J. (2018): Phosphat. In: Naturwissenschaftliche Sachkunde, S. 1. [http://www.hgr.uni-siegen.de/DE/Themen/Minerale/Downloads/rothaarothaardl\\_phosphat2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.hgr.uni-siegen.de/DE/Themen/Minerale/Downloads/rothaarothaardl_phosphat2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2), 03.05.2018

## Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“

Jessica Ißleib, Martin Gröger

### Theoretischer Hintergrund

Der Verlust des für alle Lebewesen essenziellen Elements Phosphor wird im Sinne der Planetarischen Leitplanken als Schadensgrenze definiert, die zum Erhalt der Lebensgrundlagen nicht überschritten werden darf [1]. Durch einen ineffizienten Einsatz von Phosphatdüngern in der Landwirtschaft, deren Herstellung maßgeblich von der nicht erneuerbaren, endlichen Ressource Rohphosphat abhängt, wird der Verlust von Phosphor zum relevanten Gegenstand nachhaltiger Entwicklung.

In Kooperation mit Naturpark Sauerland-Rothaargebirge und HuK Umweltlabor wird an der Universität Siegen ein Projekt im Sinne von Service-Learning verwirklicht, welches durch die Verknüpfung von fachlichem Lernen mit gesellschaftlichem Engagement [2] das Nachhaltigkeitsbewusstsein von SchülerInnen stärken und sie zu einer aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung befähigen soll [3].

Durch die eigenen chemisch-analytischen Arbeiten im Schülerlabor Science Forum und den Besuch im Umweltlabor erhalten die SchülerInnen Einblick in die Berufswirklichkeit von Umweltanalytikern in Betrieb und Forschung, die nicht nur in der Durchführung von chemischen Tätigkeiten im Labor besteht, sondern besonders auch in der Kommunikation mit Auftraggebern.



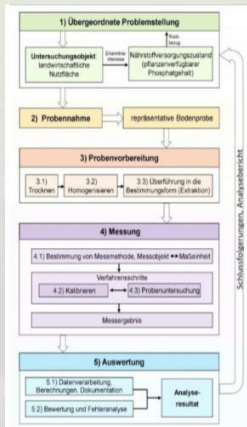
Abb. 1: Phosphor als Bestandteil mineralischen Pflanzendüngers, BGR (2014), S. 1 [4]

### Service-Learning im Projektkurs

Im Rahmen eines Projektkurses in der Jahrgangsstufe 11 wird die transformative Lehr- und Lernform Service-Learning eingesetzt. Hauptzielstellung dabei ist, die Lernenden zu einem tiefen Verständnis der Lerninhalte zu führen und zugleich Demokratie- und Sozialkompetenzen durch gesellschaftliches Engagement zu fördern.

Die praktische Umsetzung des Projektes basiert auf einem möglichst ausgewogenen Verhältnis der Elemente „Lernen“ und „Engagement“.

Ausgehend von einem realen Bedarf werden landwirtschaftliche Nutzflächen mit dem Ziel untersucht, den Nährstoffversorgungsstadium der Böden zu ermitteln, Landwirte hinsichtlich der Düngepaxis zu beraten und für die Phosphorproblematik zu sensibilisieren.



### Probennahme



Zunächst kartieren die SchülerInnen die Felder der beteiligten Landwirte mittels GPS, planen die Entnahmeorte und nehmen dann fachgerecht eine repräsentative Anzahl an Bodenproben.



### Probenvorbereitung



Die entnommenen Bodenproben werden im Schülerlabor Science Forum an der Universität Siegen vor der eigentlichen Messung zunächst aufbereitet.

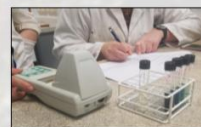


### Messung

Der Phosphatgehalt wird spektrometrisch bestimmt. Zur Validierung der Daten wird sowohl die reflektometrische Messung als zweites Verfahren durch die SchülerInnen angewandt als auch der Phosphatgehalt der ersten Messungen im HuK Umweltlabor bestimmt.



### Auswertung

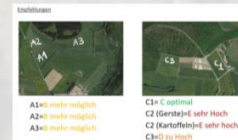


Die Messergebnisse werden detailliert ausgewertet, hinsichtlich des Nährstoffbedarfs interpretiert und in Form eines ausführlichen Analyseberichts für die Landwirte zusammengestellt.

### Rückmeldung und Präsentation

Die SchülerInnen geben den Landwirten spezifische Düngemittelpfehlungen.

Um die Phosphorproblematik an eine möglichst breite Öffentlichkeit heranzutragen, wird in einer Abschlusspräsentation über das Projekt berichtet.



### Partner und Sponsor

Mein Naturpark!  
Sauerland-Rothaargebirge

HuK Umweltlabor GmbH  
Division: Horn & Co. Analytics

gefördert durch  
DBU  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
www.dbu.de

### Literatur

- [1] WBGU (2014): Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken: Ein Beitrag zur SDG-Debatte. Politikpapier 8, Berlin: <http://www.wbgu.de/pdf/165.03.2018>, S. 4
- [2] Seifert, A., Zentner, D. & Nagy, F. (2012): Praxisbuch Service-Learning „Lernen durch Engagement“ an Schulen, S. 13-15
- [3] Ißleib, J. & Gröger, M. (2019): Service-Learning Within the Planetary Boundary „Loss of Phosphorus“ - Beiträge zur Didaktik - Building Bridges Across Disciplines for Transformative Education and a Sustainable Future, S. 327-330.
- [4] BGR (2014): Phosphat. Rohstoffwissenschaftliche Steckbriefe. [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Mit\\_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief\\_phosphat2014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Mit_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_phosphat2014.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (16.2.2021)

[https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/science\\_forum](https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/science_forum)

## Anhang 7: Homepage des Projektes

 <p>UNIVERSITÄT SIEGEN</p>		<p><b>Fakultät IV:</b> Didaktik der Chemie</p> <p><a href="#">Webmail</a> <a href="#">unisono</a> <a href="#">Formulare</a></p>
<p>Fakultät IV</p>	<p><a href="#">/ chemiedidaktik / dbu-projekt /</a></p>	
<p>Didaktik der Chemie</p>		
<p>Arbeitsgruppe</p>	<h3>DBU-Projekt: Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“</h3>	<p><b>Suche</b></p>
<p>Forschung</p>		<p>Wir verwenden Google für unsere Suche. Mit Klick auf diesen Button aktivieren Sie das Suchfenster und akzeptieren die Nutzungsbedingungen.</p>
<p>Studium</p>	<p>Ein kooperatives Entwicklungsprojekt von Schule, Naturpark, Universität und Umweltanalytik-Labor zur Förderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins von Schülerinnen und Schülern und der Befähigung zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung</p>	<p><a href="#">Hinweise zum Einsatz der Google Suche</a></p>
<p>Science Forum</p>		<p><input checked="" type="checkbox"/> Erweiterte Suche</p>
<p>FLEX</p>		
<p><b>DBU-Projekt: Verlust von Phosphor</b></p>		
<p>Beteiligte</p>	<p>Bodenprobennahme mit professionellem Bodenprobennehmer</p>	
<p>Zielstellung</p>		
<p>Messverfahren</p>		
<p>Erfahrungsbericht</p>	<p><a href="#">Beteiligte</a> <a href="#">Zielstellung</a> <a href="#">Messverfahren</a> <a href="#">Erfahrungsbericht</a></p>	
<p>ChemTrucking</p>		
<p>IAG-SU</p>		
<p>Fundgrube</p>		
<p>Kontakt &amp; Impressum</p>		
<p>Department Chemie-Biologie</p>	<p>Aktualisiert via XIMS am 16.6.2021 von V. Hofheinz</p>	



Fakultät IV

[Webmail](#) [unisono](#) [Formulare](#)

Didaktik der Chemie

[/ chemiedidaktik / dbu-projekt / beteiligte / beteiligte.html](#)

Arbeitsgruppe

## Beteiligte

Forschung

Studium

Science Forum

FLEX

DBU-Projekt: Verlust von Phosphor

## Antragsteller

Beteiligte

Prof. Dr. Martin Gröger

Zielstellung

Universität Siegen  
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät  
Department Chemie – Biologie  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57068 Siegen



Messverfahren

Erfahrungsbericht

ChemTrucking

IAG-SU

Fundgrube

Kontakt &amp; Impressum

## Kooperationspartner

Department Chemie-

Biologie

Naturpark Sauerland-Rothaargebirge

Johannes-Hummel-Weg 2  
57392 Schmallenberg  
<https://www.naturpark-sauerland-rothaargebirge.de/>



HuK Umweltlabor GmbH

Otto-Hahn-Str. 2  
57482 Wenden-Hünsborn  
<https://www.horn-co.de/>



## Förderer

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

An der Bornau 2  
49090 Osnabrück  
<https://www.dbu.de/>

gefördert durch

Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

Aktualisiert via XIMS am 3.5.2021 von V. Hofheinz

## Suche

Wir verwenden Google für unsere Suche. Mit Klick auf diesen Button aktivieren Sie das Suchfenster und akzeptieren die Nutzungsbedingungen.

[Hinweise zum Einsatz der Google Suche](#)[Erweiterte Suche](#)


**Fakultät IV**
[Webmail](#) [unisono](#) [Formulare](#)
**Didaktik der Chemie**
**Arbeitsgruppe**
**Forschung**
**Studium**
**Science Forum**
**FLEX**
**DBU-Projekt: Verlust von Phosphor**
**Beteiligte**
**Zielstellung**
**Messverfahren**
**Erfahrungsbericht**
**ChemTrucking**
**IAG-SU**
**Fundgrube**
**Kontakt & Impressum**
**Department Chemie-  
Biologie**
[/ chemiedidaktik / dbu-projekt / zielstellung / zielstellung.html](#)

## Zielstellung

Im Rahmen des Projektes wird ein innovatives Konzept erprobt, mit dem in Kooperation von Universität, Naturpark, Schulen und Umweltlabor der Ansatz der Planetarischen Leitplanken verbunden mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen im Sinne von Service-Learning im Schulunterricht konkret verwirklicht werden kann, um das Nachhaltigkeitsbewusstsein von Schülerinnen und Schülern zu stärken und sie zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu befähigen.

Dazu wird inhaltlich die Planetarische Leitplanke „Verlust von Phosphor“ ausgewählt, die sich sehr gut in die Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) 2 (Ernährung sichern), 12 (Nachhaltige Konsum- und Produktionsweisen) und 15 (Landökosysteme schützen) einordnen lässt.

Das Projekt wird im so genannten Projektkurs durchgeführt, den die Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe in NRW für ein Jahr besuchen. Dabei wird die transformative Lernmethode Service-Learning eingesetzt, um bei den Lernenden ein Verständnis für Handlungsoptionen und Lösungsansätze anzubahnen, die Transformation als positive Zukunftsvorstellung zu kommunizieren und die Landwirte in Fragen der Düngung zu beraten und zu informieren sowie für die Phosphorproblematik zu sensibilisieren.

Die Kursteilnehmer beschäftigen sich zunächst mit fachlichen Grundlagen zu Phosphor und Phosphat wie Gewinnung, Transport, Verarbeitung und Einsatz besonders als Dünger und erarbeiten sich mit Unterstützung des Umweltlabores und einem professionellen Bodenprobenehmer modernste Analysemethoden zur Bestimmung des Phosphorgehaltes und der Phosphorverfügbarkeit im Boden, um den Nährstoffversorgungszustand von Böden bestimmen zu können.

Mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten bieten die Schülerinnen und Schüler mit Unterstützung durch den Naturpark Landwirten als größten Flächennutzern an, ihre Äcker und Wiesen GPS-gestützt im Sinne von *Precision farming* auf ihren Nährstoffversorgungszustand hin zu untersuchen. Es werden Proben genommen, die von den Lernenden selbst und zur Kontrolle und Veranschaulichung technischer Arbeit und wissenschaftlicher Herangehensweise zudem im Analyzelabor und an der Universität untersucht werden. Dadurch erhalten die Schülerinnen und Schüler auch Einblick in die Berufswirklichkeit von Umweltanalytikern in Betrieb und Forschung.

Anschließend werden den Landwirten die Analysedaten vorgestellt und Düngempfehlungen sowie Informationen zu Phosphor als endlicher Ressource gegeben.

Ziele



**Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke  
„Verlust von Phosphor“**

gefördert durch



www.dbu.de

**HuK Umweltlabor GmbH**  
Division: Horn & Co. Analytics



**NATURPARK  
SAUERLAND ROTHARGEIRGE**

00:00
06:48

Aktualisiert via XIMS am 14.6.2021 von V. Hofheinz

**Suche**

Wir verwenden Google für unsere Suche. Mit Klick auf diesen Button aktivieren Sie das Suchfenster und akzeptieren die Nutzungsbedingungen.

[Hinweise zum Einsatz der Google Suche](#)
[Erweiterte Suche](#)



/ chemiedidaktik / dbu-projekt / messverfahren / messverfahren.html

## Messverfahren

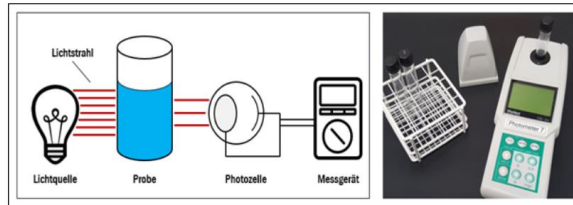
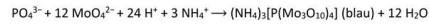
Für das Projekt wurde ein Messverfahren zur Bestimmung des Phosphatgehaltes im Boden optimiert, das mit schulischen Möglichkeiten umsetzbar

Lehramt GHR-G - Lehramt GHR-HR - Lehramt GYM/BK - Chemie BA/MA - Praxisphasen - Tutorium - Erstsemesterinfos - Exkursionen

Grundlage der

Molybdänblaureaktion einen Extinktionswert ermittelt, der sich nach vorheriger Kalibrierung in die pflanzenverfügbare Phosphatkonzentration umrechnen lässt.

Die Reaktionsgleichung lautet:



Funktionsprinzip des Photometers; Photometer mit Küvetten der Firma WinLab



Aktualisiert via XIMS am 14.6.2021 von V. Hofheinz

### Suche

Wir verwenden Google für unsere Suche. Mit Klick auf diesen Button aktivieren Sie das Suchfenster und akzeptieren die Nutzungsbedingungen.

[Hinweise zum Einsatz der Google Suche](#)

[Erweiterte Suche](#)



- Fakultät IV
- Didaktik der Chemie
- Arbeitsgruppe
- Forschung
- Studium
- Science Forum
- FLEX
- DBU-Projekt: Verlust von Phosphor**
- Beteiligte
- Zielstellung
- Messverfahren
- Erfahrungsbericht
- ChemTrucking
- IAG-SU
- Fundgrube
- Kontakt & Impressum
- Department Chemie-Biologie

/ chemiedidaktik / dbu-projekt / erfahrungsbericht / erfahrungsbericht.L.html

## Erfahrungsbericht

Vier Schülerinnen berichten in einem Video von ihren Erfahrungen im Projektkurs:

Erfahrungsbericht

DBU-Projekt



00:00 07:51

[Webmail](#) [unisono](#) [Formulare](#)

**Suche**

Wir verwenden Google für unsere Suche. Mit Klick auf diesen Button aktivieren Sie das Suchfenster und akzeptieren die Nutzungsbedingungen.

[Hinweise zum Einsatz der Google Suche](#)

[Erweiterte Suche](#)

Aktualisiert via XIMS am 14.6.2021 von V. Hofheinz