

Klima und biologische Vielfalt

Erforscht mit der Lernsoftware PRONAS



KARIN ULBRICH – SEBASTIAN KÖRNIG – TIM LODEMANN – WOLFGANG ESCHENHAGEN – LOUISE BINDEL – JOSEF SETTELE

Werden wir auch in 50 Jahren noch den Zitronenfalter sehen? Wird es noch Fichten in den Mittelgebirgen geben? Die Lernsoftware PRONAS (www.pronas.ufz.de) zeigt, wie Umweltforscher an solche Fragen herangehen. Zukunftsszenarien beschreiben »mögliche künftige Welten« und ihre Konsequenzen für die biologische Vielfalt. Wissenschaftliche Basis sind die Ergebnisse des EU-Projekts ALARM, des bisher größten europäischen Forschungsprojekts zur terrestrischen Biodiversität. PRONAS richtet sich an 12 bis 19 Jahre alte Schülerinnen und Schüler und an ihre Lehrerinnen und Lehrer.

1 Einleitung

In die Zukunft blicken zu können, ist schon immer ein Traum vieler Menschen. Während es vor 100 Jahren vor allem technische Erfindungen wie Fluggeräte, Automobile und Maschinen waren, die die Phantasie beschäftigten, geht es heute zunehmend um unsere Umwelt. Wie werden die Lebensräume unserer Tiere und Pflanzen im Jahr 2050 oder 2100 aussehen? Wie müssen wir uns jetzt verhalten, damit wir in einigen Jahrzehnten noch eine lebenswerte Umwelt haben?

In der Lernsoftware PRONAS (PROjektionen der NAtur für Schulen) werden Antworten auf diese Fragen gegeben. Ergebnisse wissenschaftlicher Forschungsprojekte werden hier für Schüler im Alter von 12 bis 19 Jahren verständlich dargestellt. Komplexe wissenschaftliche Ergebnisse wurden so aufbereitet, dass sie gut in den Unterricht integriert werden können. Über die Vermittlung fachlicher Informationen hinaus gibt das Programm Anregungen zu nachhaltigem, eigenverantwortlichem Handeln. Damit das Gelingen konnte, haben Umweltforscher, Lehrer, Hochschuldidaktiker und Umweltpädagogen drei Jahre lang eng zusammen gearbeitet.

PRONAS soll dazu beitragen, bei Schülern ein Grundverständnis dafür zu entwickeln, dass die biologische Vielfalt Grundlage für das menschliche Leben ist. Sie sollten als Bürger, Konsumenten und auch als künftige Entscheidungsträger über die grundlegenden Prozesse Bescheid wissen und verstehen, dass nur eine intakte Natur heutigen und zukünftigen Generationen eine hohe Lebensqualität und eine lebenswerte Umgebung sichern kann. Deshalb sollten sie Kompetenzen entwickeln, die sie befähigen, wissenschaftliche Fragen zu verstehen, die Ergebnisse von Forschungen zu bewerten, Schlussfolgerungen zu ziehen und sie zu kommunizieren (Arbeitsgruppe Biologische Vielfalt, 2011; ALTMOOS et al., 2012).

Ein wesentliches Element von PRONAS sind Zukunftsszenarien, anhand derer »mögliche zukünftige Welten« veranschaulicht werden. In erzählerischer Form werden Grundelemente dieser zukünftigen Welten wie Klima, Politik, Wirtschaft, Handel, Verkehr, Bildung, Umweltbewusstsein und ihre Auswirkungen auf die biologische Vielfalt beschrieben. Diese Szenarien wurden weitgehend aus dem ALARM-Projekt, dem bisher größten, von der EU geförderten Forschungsprojekt zur terrestrischen Biodiversität, übernommen (SETTELE et al., 2005). Sie stellen keine Vorhersagen dar, sondern zeigen vielmehr mögliche Entwicklungen entsprechend der politischen Vorgaben und der sozioökonomischen Bedingungen auf.

Das erste Szenario beschreibt eine Welt der ökologischen, sozialen, institutionellen und ökonomischen Nachhaltigkeit. Es wird in PRONAS als »GREEN« bezeichnet. Die globale mittlere Jahrestemperatur erhöht sich hier um 2,4 °C. Das mittlere Szenario widerspiegelt »Business wie es üblich sein dürfte« – in PRONAS wird dieses Szenario »YELLOW« genannt. Die bisherigen Trends in der EU-Politik werden hier in die Zukunft extrapoliert. Das Szenario beinhaltet Maßnahmen zur Abschwächung bzw. Anpassung an die Klimaänderung, aber keinen nachhaltigen Schutz der Biodiversität. Die Temperaturerhöhung bis 2080 beträgt hier 3,1 °C. Die dritte, »wachstumsorientierte Strategie« ist ein Szenario markt-orientierten Wirtschaftswachstums. Es wird in PRONAS als »RED« bezeichnet und beinhaltet zwar Anpassungen an den Klimawandel, aber kaum Maßnahmen zu dessen Reduzierung. Der Schutz der Biodiversität spielt hier kaum eine Rolle, und die mittlere Jahrestemperatur steigt bis 2080 um 4,1 °C (SETTELE et al., 2010, SPANGENBERG et al., 2012).

Anhand dieser Szenarien werden Risiken für die biologische Vielfalt abgeschätzt und in die Zukunft projiziert. Mit mathematischen Modellen werden dabei die Einflüsse von Klimafak-

toren wie Temperatur, Niederschlag, Frost oder Trockenheit ermittelt (SETTELE et al., 2010). Diese Faktoren sind in den einzelnen Szenarien unterschiedlich und beeinflussen die räumliche und zeitliche Verbreitung der Arten auf verschiedene Weise. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen zeigen, dass viele Arten ganz erheblich unter dem zu erwartenden Klimawandel leiden werden. Ihre aktuellen Verbreitungsgebiete werden zu heiß, zu trocken oder in anderer Hinsicht ungeeignet sein. Neue Gebiete können oft nicht in sinnvollen Zeiträumen erreicht werden. Als Beispiele seien die Tagfalter (SETTELE et al., 2008) genannt. Hinzu kommt, dass gestörte biotische Interaktionen, wie zum Beispiel die eines Falters mit seiner Raupenfraßpflanze solche Effekte noch verschärfen können (SCHWEIGER et al., 2008). Allerdings zeigen die Unterschiede in den drei Szenarien auch, dass es noch beträchtlichen Handlungsspielraum für eine Abschwächung der Folgen des Klimawandels gibt. GREEN wird die geringsten und RED die drastischsten Auswirkungen haben.

Um Interesse und Engagement der Schüler zu fördern, wurden Simulationstools, virtuelle Exkursionen und Anregungen zu Mitmachprojekten in die Lernsoftware aufgenommen. Für die Integration von Lernsoftware in den Unterricht ist es aber vor allem auch erforderlich, die Lehrkräfte anzusprechen. Obwohl es eine beträchtliche Anzahl an computergestützten Lernmaterialien gibt, werden nicht immer ausreichend konkrete Materialien und Methoden für den Unterrichtseinsatz bereitgestellt (KUTTER, 2012). Für PRONAS wurde daher ein Handbuch erarbeitet, das mehr als dreißig Lehrmodule und die dazu gehörigen Arbeitsblätter enthält (ULBRICH et al., 2011). Das Handbuch wird innerhalb der Software sowie auf www.pronas.ufz.de zum kostenlosen Download angeboten.

Im vorliegenden Beitrag werden zwei Unterrichtseinheiten für das Fach Biologie vorgestellt. Schüler sollen damit in die Lage versetzt werden, lokale und globale Umweltprobleme zu diskutieren und Schlussfolgerungen für ihr eigenes Verhalten im Umgang mit der Natur ziehen. Sie können kritisches und dynamisches Denken entwickeln, das zu tieferem Verständnis der Rolle des Menschen im globalen Wandel führt.

2 Aufbau der Lernsoftware

In regen Diskussionen auf gemeinsamen Workshops fanden Lehrer und Wissenschaftler gemeinsame Wege, um Forschungsergebnisse zu komplexen Umweltproblemen für



Abb. 1. Die Rahmenhandlung mit Tom und Tina ist einer der fünf Zugänge der Lernsoftware PRONAS.



Schüler didaktisch aufzubereiten und dann in effektiver Weise in den Unterricht und in die Projektarbeit zu integrieren. Zusätzlich zur Lernsoftware PRONAS entstand so auch das o. g. Handbuch mit detaillierten Informationen für Lehrkräfte und Umweltpädagogen (ULBRICH et al., 2011). Am Projekt beteiligt waren die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, das Zentrum für Umwelt und Kultur Benediktbeuern, die Ökologeschule Halle, die Historisch-Ökologische Bildungsstätte Emsland in Papenburg, das Nationalparkhaus Torfhaus im Nationalpark Harz und das Georg-Cantor-Gymnasium in Halle. In die Arbeit wurden auch Lehramtsanwärter, Referendare und Schüler einbezogen. Die Lernsoftware PRONAS bietet fünf parallele Zugänge an.

2.1 Rahmenhandlung

Der Bezug zum Alltag der Schüler wird durch »Tom und Tina« – zwei jugendliche Identifikationsfiguren – hergestellt, die den Nutzer mit Dialogen und Übungen an die Themen Biodiversität, Klimawandel und Zukunftsszenarien heranführen. Die Handlung erstreckt sich über die Standorte »Auf dem Schulhof«, »Lange Nacht der Wissenschaften«, »Auf dem Schulweg«, »Im Forschungszentrum« und »Zu Hause im Garten«.

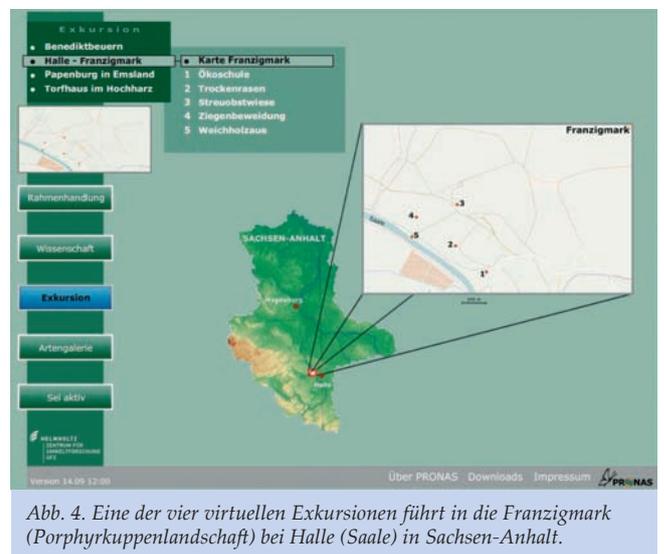
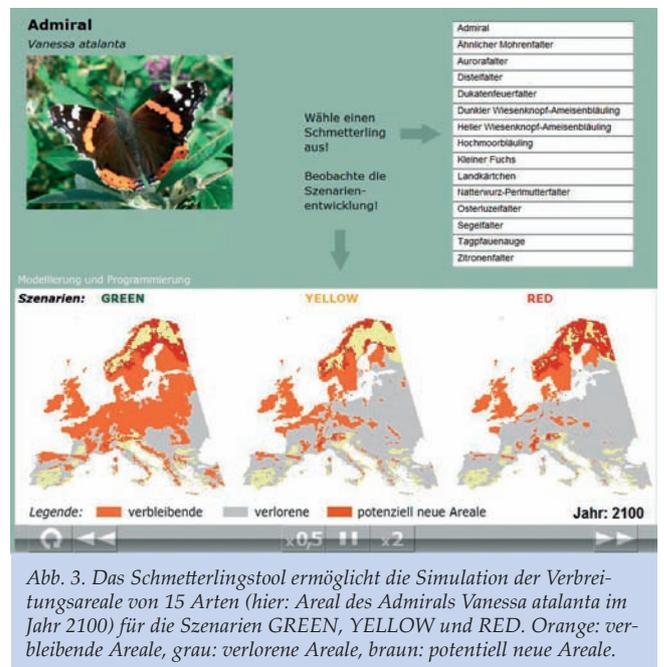
2.2 Zugang »Wissenschaft«

Dieser Zugang bietet umfangreiche Sachinformationen an – unter anderem zu Klimawandel, Bestäubung, Landnutzung und Modellierung. Hier wird deutlich gemacht, dass Eingriffe in die Umwelt langfristige Auswirkungen haben. Für zahlreiche Arten werden die jetzigen Lebensräume schon in wenigen Jahrzehnten zu heiß, zu trocken oder im Winter zu feucht sein; die klimatisch geeigneten Areale werden sich geographisch verschieben. Das wird in PRONAS an konkreten Beispielen gezeigt. Mithilfe des »Schmetterlingstools« können die künftigen Verbreitungsgebiete von 15 Arten dargestellt werden (s. Abb. 3). Die Verbreitungsgebiete (Areale) werden im Jahresrhythmus bis zum Jahr 2100 simuliert. Die Projektionen der Areale wurden mit der Methode der Klima-Nischen-Modellierung erstellt (SETTELE et al., 2008). Dabei wird in Abhängigkeit von den einzelnen Szenarien ermittelt, welche Verbreitungsgebiete weiterhin bewohnbar sind, welche Gebiete verloren gehen und welche neuen Gebiete klimatisch geeignet sein werden. Die

Nutzer können ihr Wissen mithilfe von interaktiven Übungen testen.

2.3 Virtuelle Exkursionen

Mit virtuellen Exkursionen können Lebensräume am Computer erfahrbar und erlebbar gemacht werden. Da sich aber Natur im Rahmen der technischen Möglichkeiten nur bedingt abbilden lässt, soll beim Nutzer die Neugier auf direkte und vielfältige Naturerfahrungen geweckt werden (LINDAU, 2011; LUDE, 2008). Die virtuellen Exkursionen in PRONAS führen in die Loisach-Kochelsee-Moore bei Benediktbeuern, zum Großen Torfhausmoor im Hochharz, in die Porphyrkuppenlandschaft bei Halle an der Saale und nach Papenburg im Emsland (LINKE et al., 2011). An den einzelnen Standorten kann der Nutzer Lebensräume und Arten »entdecken«, den Einfluss des Klimawandels hinterfragen und Übungsaufgaben lösen. Die Exkursionen sind so konzipiert, dass sie an den realen Orten nachvollzogen oder in geeigneter Weise auf andere Orte übertragen werden können.



2.4 Artengalerie

In der wie ein Coverflow gestalteten Animation stellen sich 35 Tier- und Pflanzenarten vor. Darunter befinden sich neben Laubfrosch und Erdkröte, Kohlmeise und Bienenfresser auch Rotbuche, Eiche und Fichte. Beim Klick auf ein Bild werden ein Steckbrief der Art sowie Modellierungsergebnisse zum Einfluss des Klimawandels angezeigt (z. B. Projektionen der Lebensräume für das Jahr 2080 – Abb. 5).

2.5 »Sei aktiv«

Im Zugang »Sei aktiv« werden Projekte für eigene Aktionen vorgeschlagen (Abb. 6). Die Palette reicht vom Baum-Monitoring über Wildbienenschutz bis hin zum Tagfalter-Monitoring. Die Teilnahme an diesen Projekten soll einerseits das Bewusstsein für den Wert der biologischen Vielfalt stärken und das Verständnis und die Akzeptanz für wissenschaftliche Untersuchungen fördern. Andererseits können die im Rahmen dieser Projekte gesammelten Daten auch direkt in wissenschaftliche Monitoring-Vorhaben einfließen. Solche als »Citizen Science« bezeichnete Vorhaben gewinnen gerade in der Biodiversitätsforschung zunehmend an Bedeutung, da sie zu weitaus umfangreicheren Datensammlungen führen als sie von Wissenschaftlerteams realisiert werden können (siehe auch BRIN, 2012).

3 Lehrplananbindung

Das Handbuch zur Lernsoftware PRONAS (ULBRICH et al., 2011) enthält mehr als dreißig Unterrichtsvorschläge für die Fächer Biologie, Geographie, Ethik, Mathematik, Kunst und fächerübergreifende Projekte von Klasse 5 bis 12. Auch darüber hinaus kann die Lernsoftware flexibel in den Unterricht eingebunden werden, da sie an viele, in den Lehrplänen genannte Themen anknüpft. Beispiele dazu sind in Tabelle 1 aufgeführt. Hier wurden die Lehrpläne aller Bundesländer für die Fächer Biologie und Geographie hinsichtlich ihrer thematischen Schwerpunkte analysiert (LINDAU, 2011). Die in Tabelle 1 aufgeführten Themen zeigen das große Potenzial von PRONAS für den Einsatz im Biologie- und Geographieunterricht in allen Jahrgangsstufen.

4 Unterrichtsbeispiele

4.1 Vorbemerkungen

Die hier angeführten Beispiele für Klasse 9 und Klasse 11 beziehen sich jeweils auf eine Doppelstunde im Fach Biologie, in der die Lernsoftware PRONAS erstmalig eingesetzt wird. Die



Abb. 5. In der Artengalerie stellen sich die Fichte und 34 weitere Tier- und Pflanzenarten vor.

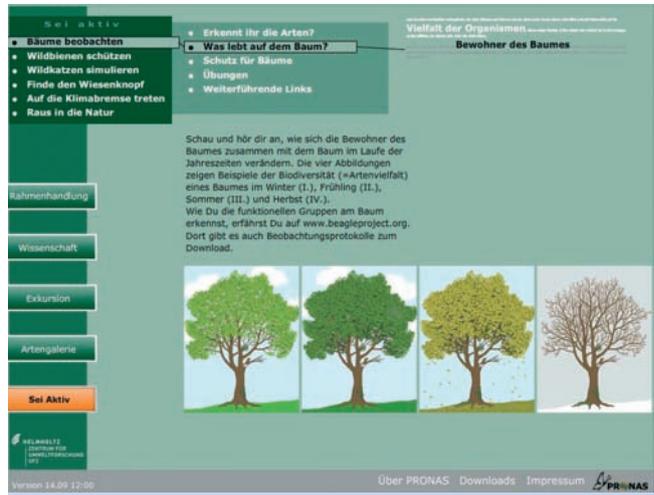


Abb. 6. Im Zugang »Sei aktiv« werden Anregungen für eigene Aktivitäten und die Teilnahme an »Citizen-Science«-Projekten gegeben.

Schüler arbeiten einzeln oder zu zweit an Computern. Für einige Aufgaben werden kleine Gruppen gebildet. Die Lehrkraft führt durch den Unterricht, indem sie Aufgaben verteilt und Diskussionen initiiert. Die vorbereiteten Arbeitsaufträge bieten Differenzierungsmöglichkeiten nach Schwierigkeitsgrad und Interesse. Eine Bewertung der Schülermeinungen findet in der gemeinsamen Diskussion statt, wobei es nicht das Ziel ist, zu einem »einvernehmlichen Ergebnis« zu gelangen. Leistungs-

Klasse	Biologie	Geographie
5/6	Arten, Artenschutz, Lebensräume (5)	Landwirtschaft (4)
7/8	Biotopschutz/Artenschutz/Naturschutz (4)	Veränderungen von Naturbedingungen durch den Menschen (1), Raumwandel (1)
9/10	Wald als Ökosystem (5), Zusammenhänge, Belastbarkeit und Schutz der Ökosysteme/Lebensräume (6)	Nachhaltige Raumentwicklung (5), Zukunftsszenarien (3), Veränderungen von Landschaften durch anthropogene Einflüsse (5), Klima/Klimawandel (5)
11/12	Ökologie und Umweltschutz, Nachhaltigkeit (13)	Geoökosysteme/Landschaftsökologie/(Stadtökologie)/ Landnutzung (14), Klima/Klimawandel (4)

Tab. 1. Analyse der Lehrpläne aller Bundesländer nach PRONAS-relevanten Schwerpunkten. In Klammern steht die Trefferzahl der jeweils 1 bis 2 häufigsten Nennungen.

bemessungen erfolgen durch offene Formen wie z. B. Präsentationen. Der hier vorgeschlagene Unterrichtsverlauf kann durch Arbeitsblätter aus den Handreichungen von ULBRICH et al. (2011) beliebig erweitert und modifiziert werden. Der vorgesehene Zeitaufwand ist in Klammern angegeben.

4.2 PRONAS im Biologieunterricht der Klasse 9

Mit dieser Unterrichtseinheit wird das Verständnis von Biodiversität und Klimawandel unterstützt. Die Arbeit mit Szenarien fördert das dynamische Denken, regt zum Nachdenken über die Bedeutung von Lebensräumen an und macht die eigene Verantwortung sowie mögliche Handlungsstrategien bewusst. Schmetterlinge werden als wichtige Indikatoren für biologische Vielfalt erkannt.

Für den Unterrichtsverlauf werden folgende Schritte vorgeschlagen (siehe auch Abb. 7):

1. Die Rahmenhandlung (s. Abb. 1) wird durchgearbeitet:
 - Worüber unterhalten sich Tom und Tina?
 - Die Aufgaben zu biologischer Vielfalt, Klimawandel und Landnutzung werden gelöst.
 - Die Bewertung erscheint in der Software (10 Minuten).
2. Die Fragen des Szenarientests werden beantwortet:
 - Wie wird Europa deiner Meinung nach im Jahr 2050 aussehen?
 - Wird Europa eher dem Szenario GREEN, YELLOW oder RED entsprechen? (10 Minuten).
3. Es folgt eine Diskussion der Ergebnisse:
 - Wessen Antworten ergeben Szenario GREEN, wer hat YELLOW oder RED?
 - Wodurch unterscheiden sich die Szenarien? Welches Szenario wäre wünschenswert?
 - Welche Handlungsstrategien lassen sich daraus ableiten? (10 Minuten).
4. Mehr als 50 Schmetterlingsraupen nutzen die Brennnessel als Nahrungspflanze.

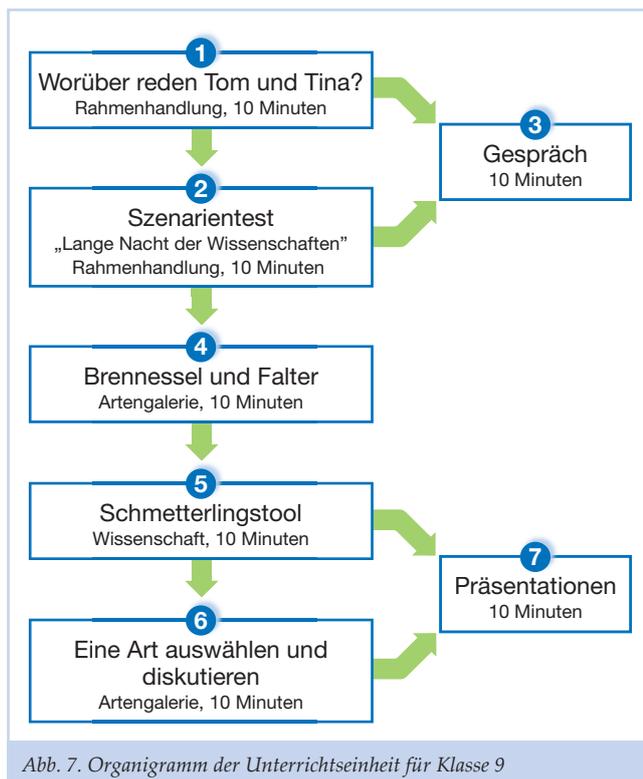


Abb. 7. Organigramm der Unterrichtseinheit für Klasse 9

- Beispiele sind Tagpfauenauge, Kleiner Fuchs, Landkärtchen, Admiral.
 - Die Namen dieser Schmetterlinge werden ihren Bildern zugeordnet. Dazu kann das entsprechende Arbeitsblatt aus den Handreichungen genutzt werden (ULBRICH et al., 2011, S. 93).
 - Es werden Gruppen zu zwei oder drei Schülern gebildet, die sich jeweils mit einem Falter beschäftigen (10 Minuten).
5. Das Schmetterlingstool wird geöffnet (Zugang »Wissenschaft«, s. Abb. 2). Jede Gruppe beschäftigt sich mit den Simulationen für »ihren« Falter und erstellt eine Präsentation (10 Minuten).
 6. Jede Gruppe wählt aus der Artengalerie (Abb. 4) eine Art aus.
 - Wie sieht ihr Lebensraum aus?
 - Ist diese Art durch den Klimawandel oder auch durch Eingriffe des Menschen bedroht?
 - Wie kann sie geschützt werden? (10 Minuten).
 7. Die Arbeitsgruppen stellen ihre Präsentationen vor (25 Minuten).

4.3 PRONAS im Biologieunterricht der Klasse 11

In dieser Unterrichtseinheit beschreiben die Schüler mögliche zeitliche Veränderungen des Systems Biosphäre unter Berücksichtigung von Zukunftsszenarien. Am Beispiel konkreter Arten erklären sie die Wechselwirkungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt. Mithilfe von Modellvorstellungen erkennen sie komplexe Ursachen für das lokale und globale Verschwinden von Arten. Dabei kommen sie mit grundlegenden Kriterien nachhaltiger Entwicklung in Kontakt und diskutieren gesellschafts- und alltagsrelevante biologische und ökologische Themen.

Die Schüler bewerten die Auswirkungen des Klimawandels als Folge des menschlichen Eingriffs in die Biosphäre, stärken das eigene Umweltbewusstsein und entwickeln individuelle Handlungsstrategien. Der vorgesehene Zeitaufwand ist in Klammern angegeben.

Für den Unterrichtsablauf werden folgende Schritte vorgeschlagen (s. Abb. 8):

1. Anhand der Rahmenhandlung und des Abschnittes »Wissenschaft« werden einzeln oder zu zweit die Merkmale der drei verschiedenen Szenarien ermittelt.
 - Dazu wird eine kurze Präsentation erstellt.
 - Im Szenarientest prüfen die Schüler ihre eigenen Ansichten über Entwicklungsperspektiven – zu welchem Szenario entdieren sie selbst? (10 Minuten).
2. Es folgt ein Gespräch mit dem Ziel einer kurzen Zusammenfassung zu den Szenarien (5 Minuten).
3. Die Szenarien werden am Beispiel der Schmetterlinge angewendet.
 - Es werden kleine Schülergruppen gebildet, die sich jeweils mit einer der folgenden Aufgaben beschäftigen (die Aufgaben 3.3 und 3.4 können leicht variiert und daher mehrfach vergeben werden, je 15 Minuten).
4. Schmetterlinge sind wichtige Indikatoren für die biologische Vielfalt.
 - Ein Beispiel dafür ist der Schwarzgefleckte Bläuling *Maculinea arion* (siehe ULBRICH et al., 2011, S. 98–99).
 - Die Schüler charakterisieren die wechselseitigen Beziehungen zwischen Bläuling, Thymian und Ameisen.
 - Dabei werden die Kategorien Nahrungslieferanten, Mitesser (Kommensalen) und Räuber verwendet.

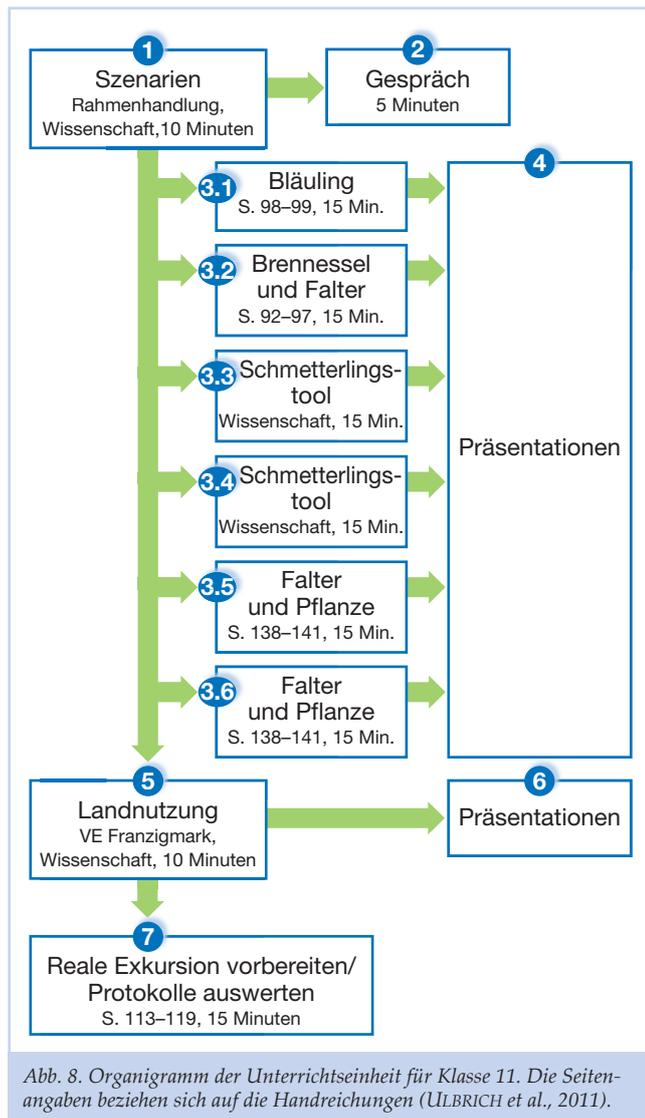


Abb. 8. Organigramm der Unterrichtseinheit für Klasse 11. Die Seitenangaben beziehen sich auf die Handreichungen (ULBRICH et al., 2011).

5. Am Beispiel der Großen Brennnessel und an ihr fres-sender Schmetterlingsraupen wird das Konzept der ökologischen Nische erklärt (siehe ULBRICH et al., 2011, S. 92–97):
 - Die Raupen von mehr als fünfzig Schmetterlingsarten ernähren sich von der Brennnessel. Zu ihnen gehören auch unsere einheimischen Tagfalter Kleiner Fuchs, Admiral, Tagpfauenauge und Landkärtchen.
 - Mithilfe der Artengalerie (Abb. 5) werden die Verbreitungsgebiete der Brennnessel mit denen der Falter verglichen.
 - Wer verliert die größten Areale im Klimawandel?
6. Im Schmetterlingstool (Zugang »Wissenschaft«) werden die Verbreitungsareale von 15 Schmetterlingsarten simuliert. Darunter befinden sich der auch Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling *Maculinea nausithous* und der Helle Wiesenknopf-Ameisenbläuling *Maculinea teleius*.
 - Was wird hier dargestellt?
 - Was könnte geschehen, wenn Interaktionen mit anderen Arten (z. B. Nahrungspflanzen) oder die Ausbreitungsmöglichkeiten der Schmetterlinge in die Untersuchungen einbezogen werden?
7. Nicht allein die klimatischen Bedingungen entscheiden über die Existenz einer Art, sondern auch das Vorkommen anderer Arten, z. B. der Nahrungspflanzen.

8. Am Beispiel des Natterwurzperlmutterfalters *Boloria titania* und seiner Nahrungspflanze, dem Wiesenknöte-
 rich *Polygonum bistorta* wird demonstriert, wie infolge des Klimawandels die Verbreitungsgebiete von Falter und Pflanze »auseinanderdriften« können (Arbeitsblatt siehe ULBRICH et al., 2011, S. 138–141).
 - Anschließend bzw. alternativ wird die Simulation von Falter und Nahrungspflanze gestartet (Rahmenhandlung, Station 4 «Im Forschungszentrum«).
 - Was geschieht hier?
 - Wo könnten sich im Szenario RED die Vorkommen des Natterwurz-Perlmutterfalters befinden?
 - Werden Pflanze und Falter diese Gebiete erreichen?
9. Die Ergebnisse der Gruppen werden vorgestellt und diskutiert (25 Minuten).
10. In der Virtuellen Exkursion Franzigmark werden die Ökosysteme Trockenrasen, Streuobstwiese und Weichholzaue vorgestellt. Anhand der Darstellungen wird der Einfluss von Landnutzung und Klima auf die biologische Vielfalt verglichen.
 - Welcher Einfluss ist stärker?
 - Unter Nutzung des Kapitels »Wissenschaft« wird eine Zusammenstellung traditionelle und neuer Landnutzungsformen erarbeitet (10 Minuten).
11. Die Ergebnisse werden präsentiert und diskutiert, dabei wird ein Bezug zur eigenen Umwelt hergestellt (10 Minuten).
12. Eine reale Exkursion wird vorbereitet. Optional werden die Protokolle zu Trockenrasen, Streuobstwiese und Weichholzaue analysiert (ULBRICH et al. 2011, S. 113–119, 15 Minuten).

5 Feedback von Schülern

Insgesamt acht Klassen mit 15 bis 17 Jahre alten Schülern testeten die Software sowohl während der Entwicklung als auch nach der Veröffentlichung am 10. April 2012. 22 Schülern der 11. Klasse eines Gymnasiums in Sachsen-Anhalt wurde zwei Tage nach einer zweistündigen Beschäftigung mit der Lernsoftware folgende Frage gestellt: »Wie können Sie den Umgang mit PRONAS beschreiben?«

Auf diese offene Frage wurde folgendermaßen geantwortet:

- 11 Schüler (50 %) bezeichneten die Software als interessant,
- 7 (32 %) hoben den leichten Umgang hervor,
- zwei Antworten (9 %) waren ablehnend,
- drei der Befragten (14 %) gaben an, dass sie für ein gründliches Nachdenken mehr Zeit zur Beschäftigung mit der Lernsoftware gebraucht hätten,
- 41 % der Schüler gaben an, sich schon vor der Beschäftigung mit PRONAS der Umweltprobleme bewusst gewesen zu sein,
- 36 % bestätigten, jetzt verstärkt darüber nachzudenken.

Kritisch wurde angemerkt, dass es im Unterricht keine Zeit zum »Herumstöbern« in der Lernsoftware gab. Einige Teilnehmer fühlten sich unterfordert und wünschten sich mehr anspruchsvolle Tests. Mehrfach wurde erwähnt, dass die Software Handlungsbedarf weckt und dass mehr Zeit und Informationen nötig sind, um darüber zu diskutieren. Nach einer Exkursion nach Torfhaus (Abb. 9) schätzten Schüler der 9. und 10. Klasse ein, dass die virtuelle Exkursion in PRONAS eine gute Vorbereitung dazu war, über den Einfluss des Menschen auf die besuchten Wald- und Moorgebiete kritischer nachzudenken. Die reale Exkursion empfanden sie als bereichernd und unbedingt empfehlenswert.

6 Zusammenfassung

Das Lernen mit PRONAS fördert bei Schülern der Klassen 7 bis 13 die Auseinandersetzung mit komplexen Umweltproblemen wie dem Klimawandel und dem Verlust der biologischen Vielfalt. Die Nutzer lernen den Umgang mit Modellen kennen und können die Ergebnisse von Modellrechnungen kritisch bewerten. Die Arbeit mit PRONAS fördert Kompetenzen wie das Aneignen von Fachwissen, Bewerten und Kommunizieren, aber auch die räumliche Orientierung und die Entwicklung von Handlungsstrategien. Diese Kompetenzen sind als Bildungsziele unverzichtbar, da unsere Gesellschaft vor der Herausforderung steht, den Einfluss des Klimawandels zu verstehen und darauf zu reagieren. Ein Weg, den Schülern bei der Entwicklung dieser Kompetenzen zu helfen, besteht darin, sie mit wissenschaftlichen Fragestellungen und Denkweisen vertraut zu machen. Simulationen, virtuelle Exkursionen und interaktive Übungen regen zum dynamischen Mitdenken an. Darüber hinaus sollen auch eigene Konsequenzen für den Alltag gezogen werden. Als »Citizen Scientists« (BRIN, 2012) können sich die Schüler an den vorgestellten Mitmach- und Naturschutzprojekten beteiligen. Beispiele sind das Tagfalter-Monitoring (www.tagfalter-monitoring.de) und das Monitoring des Großen Wiesenknopfes (www.ufz.de/wiesenknopf).

PRONAS eignet sich vor allem für die Fächer Biologie, Geographie und Ethik, hält aber auch Angebote für fächerübergreifenden Unterricht und die Fächer Mathematik, Informatik und Kunst- und Musikunterricht bereit. Die Handreichungen (ULBRICH et al., 2011) enthalten dafür konkrete Unterrichtsvorschläge.

Im hier dargestellten Projekt wurden effektive Wege gefunden, um Vertreter von Wissenschaft und Bildung zusammenzubringen und so Forschungsergebnisse in den Unterricht zu implementieren. Auf diesem Gebiet gibt es in Deutschland große Potenziale, die im Hinblick auf die Herausforderungen des globalen Wandels noch stärker genutzt werden sollten.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung, insbesondere sei ULRIKE PETERS für die intensive Betreuung von Seiten der DBU gedankt. ARMIN LUDE, ELKE HARTMANN, MARTIN LINDNER und ANNE-



Abb. 9. Auf der Exkursion nach Torfhaus im Hochharz wurden viele Fragen aus der virtuellen Exkursion in PRONAS neu durchdacht. Ist das Fichtensterben Folge des Klimawandels?

KATHRIN LINDAU gilt unser Dank für die ausgezeichnete Beratung und Unterstützung in didaktischen Fragen. ROSMARIE SCHUHMANNS beriet uns in Fragen der Lehrplananbindung und sorgte für die bundesweite Verbreitung von PRONAS über die Bildungsserver. P. KARL GEISSINGER, DORIS LINKE, JENS HALVES und MARTIN PLACKE brachten wertvolle Erfahrungen der lebendigen Umweltbildung vor Ort ein. CHRISTINA HÖRNING, BRITA MATHEJCZYK, ANKE SCHULZ und ELKE GRUNICKE unterstützten uns bei der Erprobung von PRONAS im Unterricht. SEBASTIAN WIEDLING danken wir für seinen Einsatz bei Gestaltung und Programmierung der Software. OLIVER SCHWEIGER, STEFAN KLOTZ, ELISABETH KÜHN, MARK FRENZEL, MARTEN WINTER und INGOLF KÜHN vom Department Biozönoseforschung sei für die wissenschaftliche Mitarbeit und Beratung gedankt. Ohne die engagierte Mitarbeit aller Projektpartner und Mitglieder des Projektbeirats und Lehrerbeirats (siehe www.pronas.ufz.de) wäre die erfolgreiche Durchführung des Projekts nicht möglich gewesen.

Literatur

- ALTMOOS, M., BORZNER, M. & MIRBACH, E. (2012). *Natura 2000 macht Schule*. MNU, 65 (4), 236–241.
- Arbeitsgruppe Biologische Vielfalt (2011). *Biologische Vielfalt und Bildung für nachhaltige Entwicklung: Schlüsselthemen und Zugänge für Bildungsangebote*. Deutsche UNESCO-Kommission (Hg.). Bonn.
- BRIN, D. (2012). *Crowd-Sourcing Citizen Science, Ideas and Innovation*. *Science 2.0*. September 29th. http://www.science20.com/brinstorming/crowdsourcing_citizen_science_ideas_an_d_innovation-94636 (8.11.12)
- KUTTER, I. (2012). Die Klassenrechner. *DIE ZEIT* 37, 37.
- LINDAU, A-K. (2011). PRONAS im Unterricht – Schnittstellen zum Lehrplan. In: K. ULBRICH, A-K. LINDAU, C. HÖRNING & J. SETTELE (Hg.): *Lebensräume von Tieren und Pflanzen simulieren – Zukunftsszenarien zum Einfluss des Klimawandels. Handreichungen zur Lernsoftware PRONAS für Schule und Umweltbildung*. Pensoft Publishers Sofia-Moskau, 34–37. <http://www.pronas.ufz.de> (6.11.12)
- LINKE, D., PLACKE, M., HALVES, J. & KÖRNIG, S. (2011). Die Exkursionen in PRONAS. In: K. ULBRICH, A-K. LINDAU, C. HÖRNING & J. SETTELE (Hg.): *Lebensräume von Tieren und Pflanzen simulieren – Zukunftsszenarien zum Einfluss des Klimawandels. Handreichungen zur Lernsoftware PRONAS für Schule und Umweltbildung*. Sofia/Moskau: Pensoft Publishers, 38–45. <http://www.pronas.ufz.de> (5.11.12)
- LUDE, A. (2006). Natur erfahren und für die Umwelt handeln – zur Wirkung von Umweltbildung. *NNA Berichte*, 19/2, 18–33.
- SCHWEIGER, O., SETTELE, J., KUDRNA, O., KLOTZ, S. & KÜHN, I. (2008). Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. *Ecology* 89, 3472–3479.
- SETTELE, J., HAMMEN, V., HULME, P., KARLSON, U., KLOTZ, S., KOTARAC, M., KUNIN, W., MARION, G., O'CONNOR, M., PETANIDOU, T., PETERSON, K., POTTS, S., PRITCHARD, H., PYSEK, P., ROUNSEVELL, M., SPANGENBERG, J., STEFFAN-DEWENTER, I., SYKES, M., VIGHI, M., ZOBEL, M. & KÜHN, I. (2005). ALARM – Assessing LARge-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society* 14/1, 69–72.

SETTELE, J., O. KUDRNA, A., HARPKE, I., KÜHN, C., VAN SWAAY, R., VEROVNIK, M., WARREN, M., WIEMERS, J., HANSPACH, T., HICKLER, E., KÜHN, I., VAN HALDER, K., VELING, A., VLIËGENHART, I., WYNHOFF & SCHWEIGER, O. (2008). Climatic risk atlas of European butterflies. *BioRisk* 1, 1–710.

SETTELE, J., PENEV, L., GEORGIEV, T., GRABAUM, R., GROBELNIK, V., HAMMEN, V., KLOTZ, S., KOTARAC, M. & KÜHN, I. (Hg.) (2010). Atlas of Biodiversity Risk. Sofia/Moskau: Pensoft Publishers.

SPANGENBERG, J., CARTER, T. R., FRONZEK, S., JAEGER, J. A. G., JYLHÄ, K., KÜHN, I., OMANN, I., PAUL, A., REGINSTER, I., ROUNSEVELL, M., SCHWEIGER, O., STOCKER, A., SYKES, M. T., SETTELE, J. (2012). Scenarios for investigating risks to biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 21/1, 5–18.

ULBRICH K. (2011). Die Lernsoftware PRONAS. In: K. ULBRICH, A-K. LINDAU, C. HÖRNING, J. SETTELE (Hg.). *Lebensräume von Tieren und Pflanzen simulieren – Zukunftsszenarien zum Einfluss des Klimawandels. Handreichungen zur Lernsoftware PRONAS für Schule und Umweltbildung*. Sofia/Moskau: Pensoft Publishers, 26–33. <http://www.pronas.ufz.de> (5.11.12)

Dr. KARIN ULBRICH setzt sich für den Transfer von Forschungsergebnissen in die Bildung ein. PD Dr. JOSEF SETTELE ist koordinierender Leitautor beim 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates und war Gesamtkoordinator des ALARM-Projektes. Beide arbeiten am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ im Department Biozönoseforschung, Theodor-Lieser-Straße 4, 06120 Halle, Karin.Ulbrich@ufz.de, Josef.Settele@ufz.de.

Dipl.-Lehrer SEBASTIAN KÖRNIG unterrichtet Biologie und Informatik am Christian-Wolff-Gymnasium Halle und an der Ökologie-Schule Halle. Franzigmark 6, 06193 Morl, Sebastiankoernig@aol.com.

StR TIM LODEMANN ist Lehrer für Biologie und Geschichte am Schloss-Gymnasium Benrath, Hospitalstr. 45, 40597 Düsseldorf, T.Lodemann@gmx.de.

Dipl.-Grafikdesigner WOLFGANG ESCHENHAGEN arbeitet als Kunstpädagoge in Leipzig, Dölitzer Straße 39, 04277 Leipzig, wolfgang@eschenhagen.de.

LOUISE BINDEL promoviert in der Didaktik der Biologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Biologicum, Weinbergweg 10, 06099 Halle, louise.bindel@bioididaktik.uni-halle.de. ■