

BIOLOGIE

in der Schule



Fachübergreifend
und fächerverbindend
unterrichten

- Mensch, Naturobjekte und Computer
- Experimentieren, modellieren und bewerten
- Daten erheben, darstellen und auswerten

Wo geht es unseren Bienen gut?

Fächerverbindende Sammelgebietsanalyse eines Honigbienenvolkes mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS)

A. Möller, N. Pasch, M. Nachtwey, J. Stoffels und L. Mönter

Honigbienen haben eine große Bedeutung als Bestäuberinsekten, sind jedoch weltweit bedroht. Mit Hilfe von Geoinformationssystemen können Standortfaktoren für Bienenvölker untersucht und beurteilt werden, um ihre Überlebenschancen zu erhöhen.

Stichwörter: Honigbiene, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), Bienensterben, Geoinformationssysteme (GIS), Standortanalyse

1 Einleitung

Honigbienen (*Apis mellifera*) sind faszinierende Organismen, deren Rolle und Bedeutsamkeit, u. a. aufgrund ihrer globalen Bestäubungsleistung und aktuellen Bedrohung, zunehmend Einzug in Umwelt- und Artenschutzdebatten findet. Aktuell werden sie daher auch vermehrt als didaktischer „Vermittlungsagent“ für Bildungsziele nachhaltiger Entwicklung (BNE) genutzt. In diesem Beitrag wird ein fächerverbindendes Unterrichtskonzept für die Jahrgangsstufen 9–10 vorgestellt, das die Fächer Biologie und Geographie miteinander verknüpft: Die Schülerinnen und Schüler nutzen gängige Analysemethoden der Umweltfernerkundung und Geoinformatik, um Standort- und Umweltfaktoren für

Bienenvölker zu beurteilen. Die Arbeit mit Geoinformationssystemen (GIS) hilft den Lernenden zu verstehen, wie Karten erstellt werden und wie diese zur ökologischen, wirtschaftlichen und politischen Entscheidungsfindung genutzt werden können.

2 Fachlicher Hintergrund

2.1 Bedeutung der Honigbiene

Als Bestäuberin von Blütenpflanzen sichert die Honigbiene *Apis mellifera* (Abb. 1) die menschliche Grundnahrungsmittelversorgung und steht daher in der Rangfolge der wichtigsten volkswirtschaftlichen Nutztiere nach Rind und Schwein an dritter Position [13].

Etwa ein Drittel der weltweit angebauten Kulturpflanzen, die wir als Nahrungsmittel nutzen, bedürfen der Fremdbestäubung durch Tiere. Ein Großteil wird durch Honigbienen mittels passiven Pollentransports geleistet [7]. Global sind

etwa 170.000 Blütenpflanzen von der Bestäubung durch die Honigbiene abhängig, darunter ca. 1.500 Nutzpflanzen und 90 Prozent der Obstbaumblüten [4]. Eine aktuelle Studie diskutiert, dass bei einem kompletten Verlust der Bestäubungsleistung die mit den Ernteaussfällen verbundene Mangelernährung weltweit zu 1,42 Millionen zusätzlichen Todesfällen pro Jahr führen könnte [14]. Der globale wirtschaftliche Nutzen der Bienenbestäubung lässt sich jährlich auf ca. 153 Milliarden Euro beziffern [5]. Neben den Kulturpflanzen sind zudem bis zu 80 Prozent aller Wildpflanzen in Europa für ihre Fortpflanzung auf eine Bestäubung durch Insekten angewiesen, insbesondere durch Honig- und Wildbienen. Demzufolge ist der Erhalt der natürlichen Lebensräume sowie der Biodiversität und Artenvielfalt ebenfalls direkt oder indirekt von Bestäuberinsekten abhängig [9]. Vor diesem Hintergrund ist das seit einigen Jahren zu beobachtende globale Bienensterben als dramatisch zu beurteilen. Die Verluste an Bienenvölkern in Europa und Amerika haben in den vergangenen Jahren signifikant zugenommen [1]. Das Absterben ganzer Völker wird unter dem Begriff *Colonial Collapse Disorder* (CCD) beschrieben [16]. Der vermutete Bestandsrückgang von Wildbienen seit 1960 liegt weltweit bei ca. 70 Prozent [11].

2.2 Schutz der Honigbiene

Ausschlaggebend für die Gesundheit und Stabilität eines Bienenvolkes ist ein ausreichendes Nahrungsangebot, welches stark von den naturräumlichen Gegebenheiten in der Umgebung des Stockstandortes abhängt. Hier sammeln Honigbienen die für sie lebensnotwendigen Stoffe wie Wasser, Pollen als Eiweiß- und Vitaminquelle, kohlenhydrathaltigen Nektar und Honigtau (zuckerhaltige Ausscheidungen von Blattläusen) sowie Harz von Bäumen und Pflanzen für die Herstellung



Abb. 1: Honigbienen (Arbeiterinnen und markierte Königin) auf einer Wabe

(Foto: A. Möller)

von Propolis [17]. Beim Flug zur Nektar- oder Pollenquelle benötigt eine Sammelbiene Energie in Form von Honig. Die im Stock aufgenommene Menge ermöglicht der Honigbiene eine maximale Flugstrecke von ca. 10 Kilometern [15]. Um bei einem Sammelausflug eine positive Kosten-Nutzen-Bilanz zu erreichen, sollte die Energieausbeute beim Sammeln den Energieverbrauch jedoch deutlich übersteigen, was bei derart langen Flugstrecken nicht gegeben ist. So entfernen sich Honigbienen bei ihren Ausflügen in der Regel nur etwa zwei bis vier Kilometer vom Nest [15]. Die hohe Variabilität der zurückgelegten Ausflugsdistanzen der Sammlerinnen wird in verschiedenen Untersuchungen sichtbar und hängt offenbar stark vom Blütenangebot in der Umgebung und dem Zuckergehalt im Nektar ab [2].

Um die Ernährungslage der Bienen zu sichern, sollte das Sammelgebiet in direkter Umgebung zum Bienenstock idealerweise eine artenreiche Landschaft mit naturbelassenen Wiesen und Wäldern bieten. Durch entscheidende Veränderungen in der Kulturlandschaft hat sich das Nahrungsangebot für Bienen in den letzten Jahren deutlich verschlechtert [10]. Neben der fortschreitenden Urbanisierung und Flächenversiegelung verursacht die Intensivierung der Landwirtschaft eine deutliche Habitatsverschlechterung. Monokulturen, vor allem der großflächige Anbau von „Energiepflanzen“ wie z. B. Raps, und eine durch häufige Mahd verkürzte Blühperiode führen zum Artenschwund und tragen somit zur Mangelernährung der Bestäuberinsekten bei. Der vermehrte Einsatz hoch potenter systemischer Pestizide in der Landwirtschaft stellt eine weitere Gefahr dar. In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Pflanzenschutzmittel der Neonikotinoid-Gruppe sich bei Wildbienen und Honigbienen negativ auf Sammel- und Nestbauaktivitäten, Navigation und Motorik sowie die Brutpflege auswirken und somit eine erfolgreiche Reproduktion im Bienenvolk stark beeinträchtigen [13]. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Hummeln und Honigbienen Neonikotinoid-belastetes Futter keineswegs vermeiden, sondern in vielen Fällen der unbelasteten Probe sogar vorziehen [6]. Im Zusammenwirken mit zunehmendem Parasitenbefall durch die Varroamilbe stellen diese Aspekte bedrohliche Faktoren insbesondere für die Honigbiene dar. Angesichts dieser Lage erscheint es relevant, der im Titel gestellten Frage „Wo

geht es unseren Bienen gut?“ im Unterricht nachzugehen und in diesem Zusammenhang einen Aspekt aktueller Natur- und Artenschutzdebatten näher zu untersuchen.

3 Bemerkungen zum Unterricht

3.1 Legitimation: Leitbild Nachhaltigkeit

Im Rahmen dieses Unterrichtsmoduls bieten sich sehr gute Möglichkeiten für die Auseinandersetzung mit dem Leitbild der Nachhaltigkeit (*sustainable development*), das sowohl in den Bildungsstandards Biologie [8] als auch Geographie [3] einen hohen Stellenwert insbesondere im Kompetenzbereich „Beurteilung/Bewertung“ hat. Schülerinnen und Schüler können mit den hier vorgestellten Lernmaterialien grundlegende ökologische Bewertungskompetenzen erwerben und mögliche lokale und globale Handlungsoptionen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung diskutieren (Bildungsstandards Biologie: B5, B7). An diesem fächerverbindenden Unterrichtsbeispiel wird deutlich, wie biologische Fragestellungen mithilfe von geographisch bzw. geowissenschaftlich relevanten Informationen aus öffentlich zugänglichen Medien kriteriengeleitet beurteilt werden können (Bildungsstandards Geographie: B1, B2, B4). Um bei den Schülerinnen und Schülern einen starken lebensweltlichen und adressatenorientierten Bezug zu schaffen, betreffen die Lernaktivitäten zunächst lokale bzw. regionale Aspekte (Standorte in unmittelbarer Umgebung oder innerhalb Deutschlands), können dann aber verallgemeinert und auf globale Szenarien übertragen werden.

Die Erarbeitung der Fragestellung (vgl. Abschnitt 3.3.1) erfolgt unter Anwendung der Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung; die Schüler führen selbstständig Untersuchungen mit quantifizierenden Verfahren durch und erörtern die Tragweite sowie die Grenzen ihrer Untersuchungsmethode und ihrer Ergebnisse (Bildungsstandards Biologie: E5, E7, E8; Geographie: M1–M4). Durch die Anwendung und das selbstständige Erzeugen mathematischer und bildlicher Gestaltungsmittel (Karten, Diagramme usw.) und die Nutzung von Informationen aus unterschiedlichen Quellen zur Beantwortung geographischer und biologischer Fragestellungen werden neben konkreter Kartenkompetenz (Bildungsstandards Geographie: O3) zudem zahlreiche Kompetenzen im Bereich Kommunikation gefördert (Bildungsstandards Biologie: K1, K3, K4, K6 und K10; Bildungsstandards Geographie: K2).

3.2 Arbeiten mit GIS

Geographische Informationssysteme (GIS) können Schülerinnen und Schülern helfen zu verstehen, wie Karten erstellt werden und wie man diese bei Entscheidungsfindungen unter ökologischen, wirtschaftlichen und politischen Aspekten nutzt. Die Potenziale zeigen sich u. a. in Kontexten wie der Energie- und Landnutzung und dem Gesundheitswesen. Sie fördern in hohem Maße die Motivation durch das Erfolgserlebnis, eine eigene Karte erstellt zu haben, die einen hohen Standard an Genauigkeit und technischem Können widerspiegelt [12]. Dennoch kann der mit dem Einsatz eines GIS-Programms verbundene Aufwand ein erstes Hindernis darstellen, Geodaten und Luftbilddienste (WMS) als Analysemethoden anzuwenden. Um dabei Hilfestellungen zu geben, ist ein detailliertes Schülerhandbuch als Online-Material verfügbar (www.aulis.de), mithilfe dessen die Lernenden anhand von Screenshots die einzelnen Schritte des Programms „QGIS“ einfach nachvollziehen und auf ihre Aufgabenstellung anwenden können. Vorbereitetes Kartenmaterial von insgesamt zwölf möglichen Bienenstandorten in der gesamten Bundesrepublik (siehe Tab. 1) wird im Umfang mitgeliefert (siehe Online-Material) und kann im Unterricht direkt verwendet werden. Die Standorte sind so gewählt, dass sie unterschiedliche Faktoren berücksichtigen, die eine Diskussion anstoßen. So umfassen die Beispiele u. a. große Industriestandorte, städtische und ländliche Gebiete aber auch einen Nationalpark.

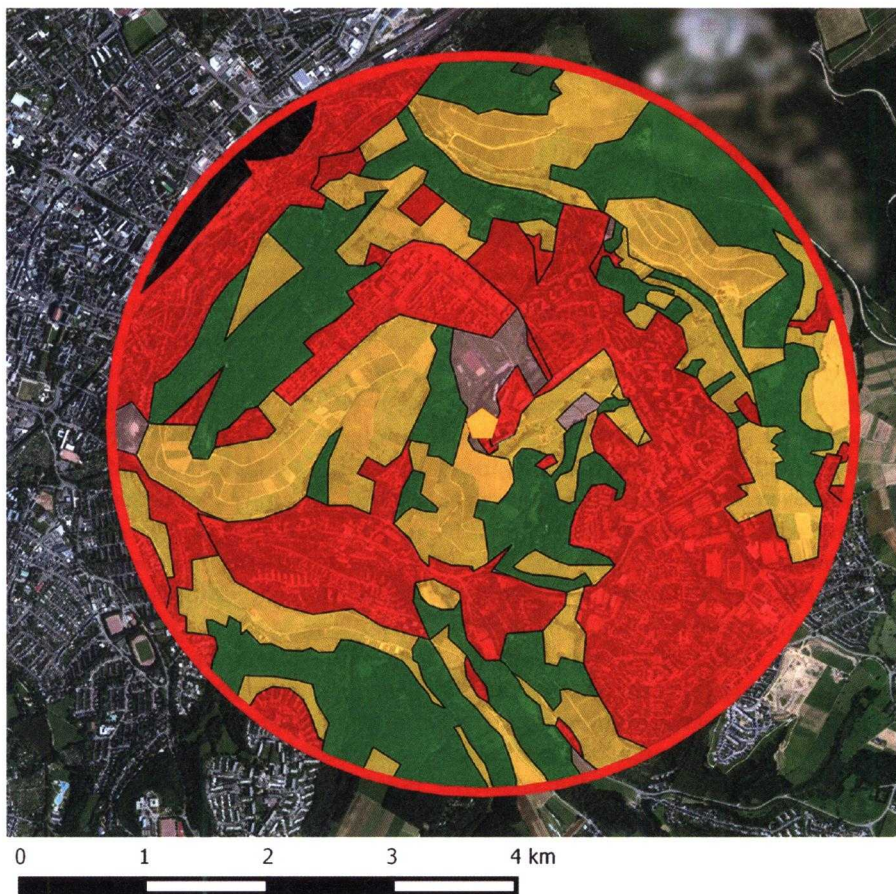
Das vorbereitete GIS-Projekt beinhaltet ebenfalls die automatische Generierung einer fertigen Karte des jeweiligen Stand-

Nr. Bienenstandorte (=„Räumliche Lesezeichen“ in QGIS in der Datei „Standortanalyse.qgs“)

1. Trier-Universitätscampus 2 (als Standortbeispiel im Schülerhandbuch u. Musterlösung)
2. Ostsee
3. Ludwigshafen
4. Bodensee
5. Schwarzwald
6. Harnburg
7. Mecklenburg-Vorpommern
8. Nationalpark Eifel
9. Leipzig
10. Bremerhaven (Umland)
11. Sächsische Schweiz
12. Bitterfeld-Wolfen

Tab. 1: Vorbereitetes Kartenmaterial (siehe Onlinematerial unter www.aulis.de) für 12 Bienenstandorte (im Programm QGIS als „räumliche Lesezeichen“ gekennzeichnet) zur Nutzung durch die Schülerinnen und Schüler

Landnutzung im 3000 Meter Umkreis des Bienenstocks am Campus 2 der Universität Trier



Legende

Flugradius 3000 m

Bienenstock

Landnutzung

Industrie

Landwirtschaft

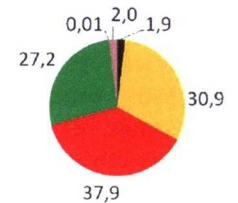
Siedlung

Wald

Wasser

Sonstiges

Prozentualer Anteil



Erstellt von:
Max Mustermann
Musterschule
Musterstadt

Datum: 11.01.2016
Datenquelle:
Bing Aerial
Eigene Digitalisierung



Abb. 2: Musterkarte Sammelgebiet Universität Trier (im Onlinematerial verfügbar) mit Bienenstock in der Mitte sowie fertig eingezeichneten Flächen, Legende und Kreisdiagramm mit den jeweiligen Anteilen. Unter „Sonstiges“ (= grau) findet sich in diesem Standortbeispiel u. a. eine Solaranlage sowie das römische Amphitheater (im größeren Bildausschnitt gut zu erkennen). Das Logo des Bienenprojekts der Universität Trier kann gegen das Schullogo o.ä. ausgetauscht werden.

ortes nach Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler, die als Ergebnis ausgedruckt und im Plenum vorgestellt werden kann. Dabei können wichtige Kartendetails wie Maßstabsbalken, Legende und Nordpfeil im Unterricht thematisiert und von den Schülern direkt in die Karte integriert werden. Ebenso können bei Bedarf im Programm Excel erstellte Diagramme mit Flächenberechnungen in die Karte integriert werden. Zur Orientierung kann die Musterkarte (vgl. Abb. 2) des Sammelgebiets der Universität Trier dienen (als PDF-Datei „Musterlösung_Karte_Landnutzung_Uni_Trier“ im Online-Material).

3.3 Vorschläge zum Unterrichtsablauf

3.3.1 Über die Lebensweise der Honigbiene informieren

Ausgehend von der Frage „Wo geht es unseren Bienen gut?“ bzw. „Wo können Bienen noch (über-)leben?“ sollen vor dem Hintergrund des Bienensterbens in den letzten Jahren sowie der hohen globalen Bedeutung der Honigbiene im Hinblick auf ihre Bestäubungsleistung die

Standortfaktoren diskutiert werden, die das Überleben eines Bienenvolks begünstigen. Bevor ein Standort jedoch auf seine Eignung überprüft werden kann, müssen sich die Schülerinnen und Schüler zunächst mit der Ökologie der Honigbiene auseinandersetzen und sich folgende Fragen stellen: „Was brauchen Bienen zum Überleben?“ sowie „Wo sammeln sie, was sie brauchen?“ (vgl. Arbeitsblatt 1, Aufgabe 1 u. 2). Anschließend überlegen die Lernenden, wie man konkret herausfinden kann, ob ein Standort für ein Bienenvolk geeignet ist oder nicht (vgl. Arbeitsblatt 1, Aufgabe 3). Hierbei liegt der Vorschlag nahe, digitale Luftbilder oder Karten als geeignete Informationsquellen heranzuziehen. Viele Schülerinnen und Schüler kennen bereits frei zugängliche Dienste (z. B. Google Maps, Google Earth, Bing Aerial) und haben diese im Vorfeld für Analysen im Unterricht oder privat verwendet.

3.3.2 Analyse der Standortfaktoren mit QGIS

Anhand unterschiedlicher Luftbildkarten, die mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) erstellt werden, analysieren die Lernenden in einem zweiten Schritt hypothesengeleitet mithilfe des lizenzfreien Programms QGIS (Version 2.12 „Lyon“) unterschiedliche Standortfaktoren, die ein Bienenvolk zum Überleben benötigt, sowie Umweltfaktoren, die möglicherweise Gefahren für ein Bienenvolk darstellen. Schließlich bewerten sie den ihnen zugewiesenen Standort in Bezug auf seine Eignung (vgl. Arbeitsblatt 2 und „Schülerhandbuch zur Flächenanalyse von Bienenstock-Standorten“, siehe Abb. 3).

Bei einer derartigen Standortanalyse können sowohl biologische und geographische als auch wirtschaftliche Aspekte fachübergreifend bzw. fächerverbindend beleuchtet oder als Ausgangspunkt für vertiefende Unterrichtseinheiten genutzt werden. Ebenso ist es möglich, den anthropogenen Einfluss bei der Gestaltung einer Landschaft in den Fokus zu rücken und

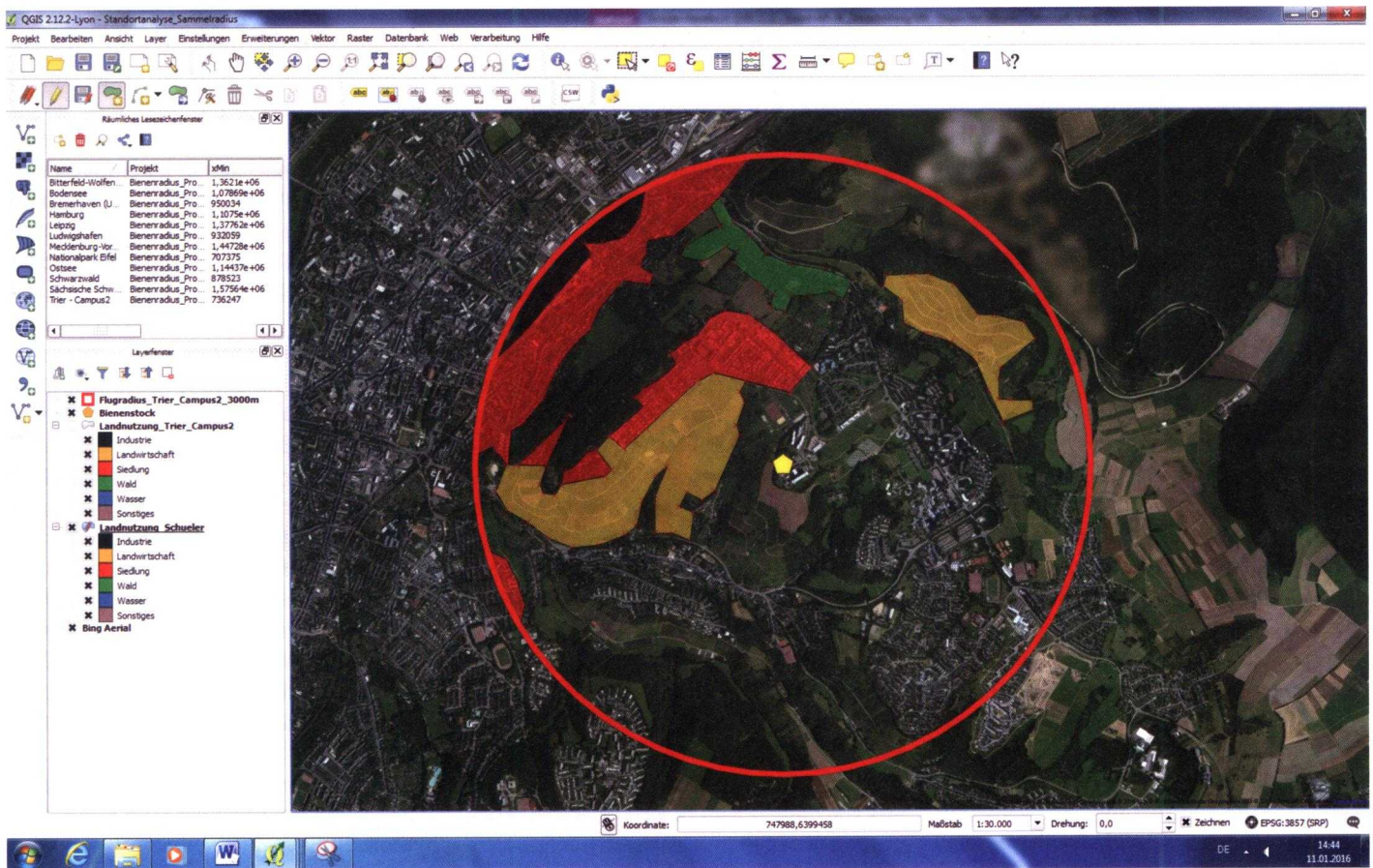


Abb. 3: Screenshot der Oberfläche mit dem vorbereiteten Kartenmaterial im lizenzfreien Programm „QGIS“, das die Schülerinnen und Schüler zur Standortbestimmung nutzen. Nach und nach markieren sie die einzelnen Flächen im Flugradius (= roter Kreis) um den Bienenstock (= gelbes Fünfeck) und weisen diesen dann die entsprechende Landnutzung zu (hier bereits markiert: schwarz = Industrie, orange = Landwirtschaft, rot = Siedlung, grün = Wald). Als Grundlage dient die Luftbildkarte (engl. „Aerial“) des im Internet frei verfügbaren Luft- und Satellitendienstes „Bing Aerial“.

(Bearbeiteter Screenshot: M. Nachtwey)

Handlungsalternativen zu diskutieren. Elemente der Luftbildkarte, die eine Lebensraumbewertung erlauben, sind etwa vorhandene Gewässer, Wälder oder naturbelassene Wiesen, die Bienen ausreichend Futterquellen und Lebensräume bieten. Dem gegenüber erlauben Luftbildkarten mit sichtbarer Bodenversiegelung, Industrie- und Großräumen, Monokulturen oder einem Mangel an Vegetationsvielfalt Diskussionsaspekte und einen Perspektivwechsel bezüglich sozialer, ökologischer und gesellschaftlicher Interessensfaktoren. Es ist vorgesehen, dass die Schülerinnen und Schüler in Einzel- oder Partnerarbeit jeweils einen der Standorte bearbeiten und über die Ergebnisdiskussion mit Hilfe des selbst erstellten Kartenmaterials im Plenum ein Austausch stattfindet, der dann in Gänze die unterschiedlichen ökologischen Zusammenhänge erkennen lässt und zur Diskussion anregt (vgl. Arbeitsblatt 2, Teil III, Aufgaben 1 und 2). Ergänzend zu den Analysen auf Basis der digitalen Geodaten können die Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer Freilandarbeit eine Lebensraumbewertung vor Ort vornehmen. Diese regt auch die Methodendiskussion bzw. die

Auseinandersetzung mit der begrenzten Aussagekraft von GIS an (vgl. Arbeitsblatt 2, Teil III, Aufgabe 3).

Schülerinnen und Schüler können mit dem vorbereiteten Material arbeiten, mithilfe von frei zugänglicher Software, Geodaten und Luftbilddiensten (WMS) ihr Kartenmaterial aber alternativ auch selbst erstellen, also z. B. den idealen Standort eines möglichen geplanten eigenen (Schul-)Bienenvolkes bestimmen. So können ausgewählte regionale Aspekte bei der Analyse noch stärker in den Fokus gerückt werden.

3.4 Technische Voraussetzungen und Beispielberechnung

Bezogen auf den Einsatz von GIS ist zu empfehlen, die QGIS-Software sowie die bereitgestellten Kartendaten (Zip-Ordner „Standortanalyse_Sammelfradius“ siehe Online-Material) bereits vor dem Unterricht auf den Schülerrechnern vorzuinstallieren. QGIS ist für Windows, MacOS X, Linux und Android unter folgendem Link kostenfrei verfügbar: <https://www.qgis.org/de/site/forusers/download.html>. Bei einer Neuinstallation des Programms ist unbedingt darauf zu achten, dass der

„Open Layers Plugin“ aktiviert ist. Über die Menü-Leiste im QGIS-Programm „Erweiterungen“ → „Erweiterungen verwalten und installieren“ können Sie diese Einstellung vornehmen und eine Internetverbindung besteht. Es ist vorteilhaft, wenn die Lernenden einige grundlegende Informations- und Kommunikationstechniken beherrschen, wie z. B. die Nutzung von Zeichentools, um Linien, Punkte und Polygone zu erzeugen, sowie die Eingabe von Daten in eine Tabelle und die Nutzung von Navigationswerkzeugen auf dem Bildschirm. Es ist zu erwarten, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler bereits über diese Fähigkeiten verfügt. Dennoch empfiehlt sich ein gemeinsamer Durchgang mit einer Beispielberechnung zu Beginn der Erarbeitungsphase, z. B. an dem als Vorlage konzipierten Bienenstandort an der Universität Trier (vgl. Arbeitsblatt 2, Teil I). Mit einem Doppelklick auf die Datei „Standortanalyse.qgs“ wird das Programm mit dem vorbereiteten Kartenmaterial automatisch gestartet. Durch eine Projektion des Schülerhandbuches (über Overheadprojektor oder interaktive Tafel) und eine schrittweise Umsetzung wird sichergestellt, dass nach-

folgend der eigene Bienenstandort in Einzel- oder Partnerarbeit selbstständig bearbeitet werden kann. Der zweite Zip-Ordner „Musterloesung_Standortanalyse_Sammelradius“ enthält die fertig durchgeführte Flächenmarkierung für den Beispielstandort Trier (Dateiname „Musterloesung_Standortanalyse_Sammelradius.qgs“ inkl. Musterkarte (vgl. Abb. 2) mit dem Namen „Musterlösung_Karte_Landnutzung_Uni_Trier“) und kann zur Überprüfung des ersten Übungsdurchgangs dienen.

3.5 Hinweise und Lösungsvorschläge zum Arbeitsmaterial

3.5.1 Arbeitsblatt 1

Aufgabe 1 (Fragestellungen zur Lebensweise und Bedeutung der Honigbiene):

- Bienen sind staatenbildende Insekten.
 - Sie bilden Völker aus rund 60.000 Individuen, die im Bienenstock unterschiedliche Aufgaben haben.
- Bienen ernähren sich von kohlenhydrathaltigem Nektar, Ausscheidungen von Blattläusen (Honigtau), eiweißreichem Pollen und Wasser.
 - Nektar reift zu Honig, der als wichtigste Nahrungsquelle für die Wintermonate eingelagert wird.
- Nektar und Pollen sammeln die Bienen bei verschiedenen Blütenpflanzen rund um den Stock.
 - Ausscheidungen von Blattläusen (Honigtau) sammeln die Bienen im Wald.
 - Harze von Knospen und Bäumen für die Herstellung von Propolis sammelt die Biene hauptsächlich im Wald.
 - Wasser sammelt die Biene in Bächen und Seen.
- Die Bienen entfernen sich auf ihren Sammelflügen meistens nicht mehr als 3 km vom Bienenstock (Hauptsammelgebiet).
 - Je nach Futterverfügbarkeit in der Umgebung können Bienen aber bis zu 10

km weit fliegen, um nach Futter zu suchen.

e) Aufgrund ihrer Bestäuberleistung:

- Bienen erhalten die Artenvielfalt.
- Honigbienen bestäuben etwa ein Drittel der Kulturpflanzen, die Menschen als Grundnahrungsmittel nutzen.

Aufgabe 2 (Lebensbedingungen eines idealen Standortes für ein Bienenvolk):

Ein idealer Standort für einen Bienenstock sollte den Bienen alle zum Überleben wichtigen Stoffe bieten. Im Hauptsammelgebiet der Bienen, also im Umkreis von etwa drei Kilometern, sollten diese ein ausreichendes Angebot an Blütenpflanzen vorfinden, damit genügend Nektar und Pollen gesammelt werden können. Wichtig sind auch ein Wald, in dem sie Material für Propolis finden, und eine Wasserquelle in der direkten Stockumgebung.

Aufgabe 3 (Ideen zur Untersuchungsmethodik einer Standortanalyse):

Man könnte einen Kreis mit einem Radius von drei Kilometern rund um den Bienenstock schlagen und dieses Gebiet zu Fuß untersuchen. Man könnte sich aber auch Karten oder Luftbilder des Gebiets ansehen, einen Kreis mit einem Radius von drei Kilometern schlagen und überprüfen, ob es dort genügend Wiesen und Felder gibt, auf denen Pflanzen wachsen, die den Bienen als Nahrungsquelle dienen. Man könnte schauen, ob es dort Wasser und Wald gibt, den die Bienen für das Sammeln von Harzen und Honigtau benötigen.

3.5.2 Arbeitsmaterial 2

Teil II (Untersuchung eines Stockstandortes am Beispiel Unicampus Trier), Aufgabe 1 (Exemplarische Werte der Flächenberechnung für die Eingabe in Excel):

Tabelle 2 zeigt exemplarische Messwerte für die Eingabe in Excel anhand des

Standorts am Unicampus Trier. Zum Gesamtwert des Flächenanteils in Quadratkilometern (28,48 km²) ist zu beachten: Durch den gewählten Maßstab sowie durch bei der Flächendigitalisierung in Kauf genommene Generalisierungen und Ungenauigkeiten kommt es zu Unter- und Überrepräsentierungen der mathematisch errechneten Gesamtfläche (Flugradius 3000 m = 28,27 km² Fläche).

Teil II, Aufgabe 3 (Exemplarische Lösungsvorschläge zur Bewertung einzelner Standortfaktoren):

Günstige Standortfaktoren:

- Großer Flächenanteil Landwirtschaft (30,9%) mit Wiesen und Feldern, auf denen die Biene Pflanzen findet, die Nektar und Pollen liefern.
- Größere Waldfläche (27,2%), in der die Biene Baumharz zur Herstellung von Propolis sowie Honigtau (Ausscheidung von Blattläusen) sammeln kann und in der auch Blütenpflanzen wachsen.
- Nur eine kleine Industriefläche (1,9%), die durch Chemikalien oder Abgase die Umwelt belastet.

Ungünstige Standortfaktoren:

- Großer Anteil an Siedlungsfläche (37,9%): Hier findet die Biene möglicherweise nicht genügend Nahrung vor, da viel Fläche überbaut und versiegelt ist und es dadurch nicht viel Nahrung gibt.
- Man kann erkennen, dass viele der landwirtschaftlich genutzten Flächen Weinberge sind, die wahrscheinlich nicht biologisch bewirtschaftet werden und daher vielleicht mit Pflanzenschutzmitteln (Pestiziden) belastet sein könnten.
- Es gibt nur sehr wenig Wasser (0,01 km²), allerdings sollten die Bäche ausreichen.

Flächenkategorien aus QGIS	Anzahl der markierten Flächen im Radius	Flächenanteil in km ² (Summe der Einzelflächen)	Prozentualer Anteil an der Gesamtfläche
Industrie	1	0,54 km ²	1,9 %
Landwirtschaft	32	8,81 km ²	30,9 %
Siedlung	23	10,8 km ²	37,9 %
Wald	19	7,74 km ²	27,2 %
Wasser	1	0,01 km ²	0,0 %
Sonstiges	5	0,58 km ²	2,0 %
GESAMT	81	28,48 km ²	100 %

Tab. 2: Exemplarische Werte der Flächenberechnung für die Eingabe in Excel (Lösungsvorschlag zu Arbeitsmaterial 2, Teil II, Aufgabe 1)

Name des Standorts	Schulnote	Prozentanteile der gefundenen Flächen	Bewertung und Anmerkungen zum Standort
Unicampus Trier	2	1,9 % Industrie 30,9 % Landwirtschaft 37,9 % Siedlung 27,2 % Wald 0,0 % Wasser 2,0 % Sonstiges	Ein Bienenvolk könnte an dem Standort gut überleben, da es hier genügend Nahrung finden wird. Da 40 Prozent aus Siedlungsfläche besteht, gibt es jedoch Minuspunkte.
...	...	...	...

Tab. 3: Dokumentation der Ergebnispräsentation, exemplarische Angaben anhand des Standorts am Unicampus Trier (Lösungsvorschlag zu Arbeitsmaterial 2, Teil III, Aufgabe 1)

Teil II, Aufgabe 4 (Beispiel zur Standortbewertung Unicampus Trier insgesamt):

Benotung Standort Unicampus Trier: Note 2; mögliche Begründung: Der Standort kann mit der Schulnote 2 bewertet werden. Fast 60 Prozent des Hauptsammelgebiets bestehen aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald. Dort finden die Bienen ausreichend Nektar, Pollen, Honigtau und Baumharz, auch wenn man sehen kann, dass ein Teil der Fläche aus Weinbergen besteht, die, wenn sie nicht ökologisch bewirtschaftet werden, oft mit Pflanzenschutzmitteln belastet sind, so dass blühende Wildkräuter vernichtet werden. Es gibt außerdem sehr wenig Industrie (nur knapp 2 Prozent). Die Note Eins hat der Standort aber nicht verdient, weil es sehr wenig Wasser gibt und fast 40 Prozent des Gebietes aus Siedungsfläche bestehen, auf der viele Flächen versiegelt oder überbaut sind und es dadurch nur wenige Pflanzen gibt, die den Bienen als Nahrungsquelle dienen können. Man könnte aber dafür sorgen, dass die Bewohner der Siedlungen ihre Gärten und Balkonkästen bienenfreundlich anlegen (z. B. mit Trachtpflanzen oder unterschiedlichen Wildkräutern mithilfe von bienenfreundlichen Saatgutmischungen) und so die Standortqualität erhöhen.

Teil III (Vergleich und Bewertung der verschiedenen Standorte), Aufgabe 1 (Dokumentation der Ergebnispräsentation):

Tabelle 3 zeigt exemplarische Angaben anhand des Standorts am Unicampus Trier.

Teil III, Aufgabe 3 (Exemplarische Diskussionsaspekte der Untersuchungsmethodik):

- a) Vorteile der Nutzung von Geoinformationssystemen zur Standortbestimmung:
 - Durch die Nutzung von Karten kann eine große Fläche sehr schnell untersucht werden.
 - Mithilfe des QGIS-Programms kann man eine Fläche sehr schnell vermessen.
 - Man spart Zeit und Kosten, weil man sich einen guten Überblick über die Umgebung bzw. ein Gelände verschaffen kann, ohne das Gelände selbst begehen zu müssen.
- b) Mögliche Schwierigkeiten bei der Nutzung von Geoinformationssystemen zur Standortbestimmung:
 - Teilweise ist es schwierig, auf Luftbildern zu sehen, was auf Feldern angebaut wird oder ob auf Wiesen überhaupt blühende Pflanzen wachsen.

- Man kann nicht immer erkennen, ob es sich bei den landwirtschaftlichen Flächen um Monokulturen von Pflanzen handelt, die den Bienen wenig Nahrung bieten (z. B. Mais).
- Der Einsatz von für die Bienen schädlichen Pflanzenschutzmitteln (Pestiziden) kann nicht festgestellt werden.
- Um bei der Flächenberechnung in den Siedlungen auch die Gärten als Grünfläche mitzuzählen, müsste man eine noch genauere Untersuchung machen, was sehr lange dauern würde.
- Die Luftbilder zeigen nur einen Zeitpunkt im Jahr, sodass manche Pflanzen auf den Luftbildern vielleicht noch gar nicht blühen oder Felder bereits gemäht wurden. ■

Literatur

- [1] Aizen M.A., Harder L.D. (2009): The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Curr Biol* 19, S. 915–918
- [2] Beekman, M., Ratnieks, F. L. W. (2000): Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Funct Ecol* 14, S. 490–496
- [3] Deutsche Gesellschaft für Geographie (DGfG) (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen. Selbstverlag, Bonn
- [4] Easton, A. H., Goulson, D. (2013): The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. *PLoS One* 8(1), e54819
- [5] Gallai N. et al. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol Econ* 68, S. 810–821
- [6] Kessler, S. et al. (2015): Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature* 521 (7550), S. 74–76
- [7] Klein, A.-M. et al. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc Biol Sci* 274, S. 303–313
- [8] KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland

- (Hrsg.). Luchterhand, München, Neuwied
- [9] Kwak, M.M., Velterop, O., van Andel, J. (1998): Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Appl Veg Sci* 1, S. 37–54
- [10] Loritz, H., (2011): Wege zu einer blühenden Landschaft: Lebensgrundlage für Pflanze, Tier und Mensch; Handbuch blühende Landschaft. *Mellifera* e.V., Rosenfeld
- [11] Loritz, H. (2013): Bestäubende Insekten. Basis gesunder Pflanzendecke. *Umweltjournal Rheinland Pfalz*, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau u. Forsten Rheinland Pfalz. Heft 56, S. 16–19
- [12] Martin, F. (2013): Geographische Informationssysteme (GIS) in der Schule. In: Rolfes, M. (Hrsg.): *Metzler-Handbuch 2.0 Geographieunterricht: Ein Leitfaden für Praxis und Ausbildung*. Westermann, Braunschweig, S. 284–293
- [13] Rundlöf, M. et al. (2015): Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521 (7550), S. 77–80
- [14] Smith, M. et al. (2015): Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. *Lancet* 386, S. 1964–1972
- [15] Tautz, J. (2012): Phänomen Honigbiene. Springer Spektrum, Berlin [u.a.]
- [16] van Engelsdorp, D., Hayes, J. Jr., Underwood, R. M., Pettis, J. (2008): A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. *PLoS One* 3, e4071
- [17] Winston, M. L. (1991): The biology of the honey bee. Harvard Univ. Press, Cambridge [u.a.]

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Andrea Möller
Nadine Pasch
Myriam Nachtwey
Biologie und ihre Didaktik

Dr. Johannes Stoffels
Umweltfernerkundung und Geoinformatik

Prof. Dr. Leif Mönter
Geographie und ihre Didaktik
alle: Universität Trier
FB VI Raum- und Umweltwissenschaften,
Behringstraße 21, 54296 Trier
moeller@uni-trier.de

Folgende Materialien zu diesem Beitrag erhalten Sie als Online-Material zum Download unter www.aulis.de:

- QGIS Schülerhandbuch (PDF Dokument, 22 Seiten)
- QGIS Zip-Ordner „Musterloesung_Standortanalyse_Sammelradius“ mit der fertig durchgeführten Flächenmarkierung für den Beispielstandort Trier zur Überprüfung des ersten Übungsdurchgangs (zu Arbeitsmaterial 2, Teil I)
- Dazu passend: „Musterlösung_Karte_Landnutzung_Uni_Trier“ (PDF Dokument, 1 Seite)
- QGIS Zip-Ordner „Standortanalyse_Sammelradius“ mit insg. 12 vorbereitete Standorten bzw. „Räumlichen Lesezeichen“ (zu Arbeitsmaterial 2, Teil II)

Kasten 1: Überblick über die Online-Materialien

Der Lebensraum und die Lebensweise eines Bienenvolks – Was brauchen Bienen zum Überleben?



Dmitri Gomon. Shutterstock

Honigbienen (*Apis mellifera*) sind staatenbildende Insekten. In einem Bienenvolk leben bis zu 60.000 Individuen zusammen, die unterschiedliche Aufgaben in dieser Gemeinschaft haben. Sammelbienen fliegen tagsüber aus und sammeln Pollen und Nektar als Futter sowie Wasser, welches sie in den Stock tragen.

Der süße, kohlenhydrathaltige Nektar von Pflanzen, den die Bienen aus den Blüten saugen (siehe Abb.), stellt eine wichtige Energiequelle für die Bienen dar. Der gesammelte Nektar, der in die Waben des Bienenvolkes eingelagert wird, reift durch Was-

sererentzug und Zusatz von Enzymen aus dem Speichel der Bienen zu Honig heran. Honig ist die energiereiche Nahrung für das Volk, die insbesondere im Winter auch zum Erzeugen von Wärme durch Muskelzittern benötigt wird. Das Hauptsammelgebiet eines Bienenvolks erstreckt sich über einen Radius von etwa drei Kilometern rund um den Bienenstock. Je nach Verfügbarkeit von Futter können die Bienen aber eine bis zu zehn Kilometer weite Strecke bei ihren Sammelflügen zurücklegen. Zusätzlich sammeln Bienen im Wald Honigtau, eine zuckerhaltige Ausscheidung von Blattläusen, sowie Harze von Knospen und Bäumen, die sie zu Propolis, einem Baumaterial, umwandeln.

Beim Sammeln des Nektars bleiben staubfeine Pollenkörner an den Bienen haften. Der Pollen wird ebenfalls in den Stock getragen. Er dient den Larven der Bienen als wichtige Eiweißnahrung. Auf den Sammelflügen der Bienen wird ein Teil des Pollens von den Tieren zu anderen Blüten weitergetragen, die auf diese Weise bestäubt werden, so dass Samen und Früchte reifen können. Eine Sammelbiene kann an einem Tag bis zu 15 Mal ausfliegen und dabei Tausende von Blüten bestäuben.

Weltweit gibt es etwa 170.000 Arten von Blütenpflanzen, die von Tieren bestäubt werden. 80 Prozent der Bestäubungsleistung wird von Honig- und Wildbienen erbracht, die damit die wichtigsten Bestäuber sind. Auch ein Drittel der Kulturpflanzen, die wir als Grundnahrungsmittel nutzen, ist von der Bestäubung durch Honigbienen abhängig. Ein fortschreitendes Bienensterben, wie es in den letzten Jahren bereits weltweit von Imkern und Wissenschaftlern beobachtet werden konnte, hätte daher für Natur und Mensch schwerwiegende Folgen. Es ist also wichtig, Bienen zu schützen.

Aufgabe 1:

Beantworte anhand der Informationen im Text stichpunktartig folgende Fragestellungen zur Lebensweise und Bedeutung der Honigbiene:

- In welcher Lebensgemeinschaftsform leben Bienen?
- Wovon ernähren sich Bienen?
- Wo sammeln die Bienen die nötigen Nährstoffe oder Materialien?
- Wie weit entfernen sich Bienen auf ihren Sammelflügen vom Stock?
- Weshalb müssen wir Bienen schützen?

Aufgabe 2:

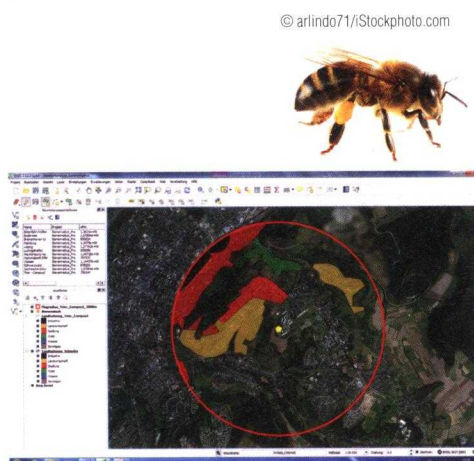
Erläutere auf Basis der Ergebnisse von Aufgabe 1, wie ein idealer Standort eines Bienenvolkes aussehen könnte, sodass seine Bewohner geeignete Lebensbedingungen vorfinden. Fasse deine Ergebnisse kurz zusammen.

Aufgabe 3 (Partnerarbeit):

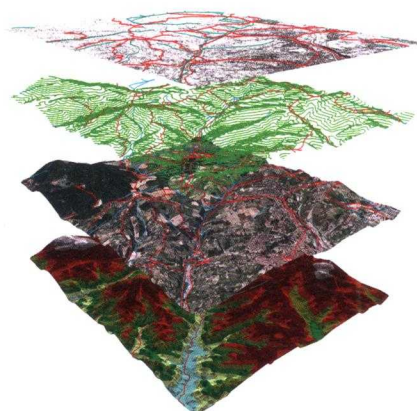
Diskutiere mit deinem Partner auf Grundlage der gesammelten Informationen zum Lebensraum und zur Lebensweise der Bienen, wie man herausfinden kann, ob ein Standort für ein Bienenvolk geeignet ist oder nicht. Macht Vorschläge, wie man den Standort eines Bienenvolkes und das Gebiet, in dem die Bienen um ihren Stock herum Nahrung sammeln, untersuchen könnte, und notiert eure Ideen zur Untersuchungsmethodik.

Geoinformations-Analyse und Bewertung einzelner Standorte von Bienenvölkern

Um herauszufinden, ob Bienen an ihrem Standort gute oder weniger gute Bedingungen vorfinden, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine gute Methode sind digitale Karten, die inzwischen für viele Gebiete der Erde öffentlich verfügbar sind. So kann man das Sammelgebiet eines Bienenvolks



Grafik erstellt mit QGIS, Luftbildkarte Bing Aerial



Collegio dei Geometri; www.geometrit.it/News-file-article-sid-860.html

untersuchen und beispielsweise Siedlungen, Wälder, Gewässer, Industrie oder landwirtschaftliche Nutzflächen auf dem Kartenmaterial erkennen und deren Flächenanteile bestimmen.

Fragestellung:

Welche Standorteigenschaften (Industrie, Wald, Wasser, Landwirtschaft, Siedlung, Sonstiges) lassen sich an verschiedenen Standorten von Bienenvölkern in Deutschland finden und wie kann man diese bewerten?

Methode:

Zur Analyse der Standorte werdet ihr mit dem lizenzfreien Programm QGIS arbeiten, einem Geoinformationssystem (GIS), welches das nötige Kartenmaterial anbietet und durch verschiedene technische Werkzeuge eine praktische Untersuchung zur Erschließung der Karten ermöglicht. Das Programm ist auf dem Rechner, an dem ihr jeweils zu zweit arbeiten werdet, fertig installiert. Ein spezielles Handbuch hilft euch bei der Bedienung des Programms und der Werkzeuge. Im Einzelnen werden folgende Materialien und Programme benötigt:

- Programm QGIS (Version QGIS 2.12 „Lyon“)
- QGIS Schülerhandbuch
- QGIS Zip-Ordner „Standortanalyse_Sammelradius“ (mit insg. 12 vorbereitete Standorten bzw. „Räumlichen Lesezeichen“)
- Programm Microsoft Excel o. ä. zum Berechnen und Erstellen von Diagrammen oder einen Taschenrechner

Teil I (Plenum): Vorbereitung anhand des Beispiels „Bee.Ed“

Um euch mit dem Programm vertraut zu machen und die einzelnen Werkzeuge kennenzulernen, wird in einem ersten Schritt gemeinsam ein Standortbeispiel erarbeitet. In diesem Fall sind dies die Bienenstöcke des Projekts „Bee.Ed“ auf dem Unicampus Trier. Nehmt euer Handbuch zur Arbeit mit QGIS zur Hand und verfolgt die einzelnen Schritte der Präsentation, in der das Vorgehen Schritt für Schritt erläutert wird.

Teil II (Partnerarbeit): Untersuchung eines eigenen Stockstandortes

Erarbeitung der Standorteigenschaften an eurem Stockstandort:

Bearbeitet nun mithilfe des Handbuchs die euch zugewiesene Standort-Karte eines Bienenvolks und untersucht das Gebiet innerhalb des Sammelradius der Bienen. Das Handbuch führt euch durch die einzelnen Schritte. Für die Berechnung der Flächenanteile außerhalb des Programms könnt ihr die Tabelle auf der nächsten Seite nutzen.

Der prozentuale Anteil wird wie folgt berechnet: $\frac{\text{Flächenanteil}}{\text{Gesamtfläche}} \cdot 100$

Teil III (Plenum): Vergleich und Bewertung der verschiedenen Standorte**1. Präsentation der Ergebnisse**

Hängt eure gedruckte Karte im Klassenraum auf und präsentiert eure Ergebnisse. Begründet eure Bewertung, indem ihr auf eure Überlegungen zu den günstigen und ungünstigen Eigenschaften des Standortes Bezug nehmt. Pro Standort sollte mindestens eine Gruppe ihre Ergebnisse vorstellen.

Macht euch während der Präsentationen Notizen zu den einzelnen Standorten, indem ihr eine Tabelle nach folgendem Muster erstellt:

Ergebnisse der einzelnen Standort-Untersuchungen			
Name des Standorts	Schulnote	Prozentanteile der gefundenen Flächen	Bewertung und Anmerkungen zum Standort

2. Auswahl des besten Standortes

Diskutiert im Plenum: Welcher der untersuchten Standorte ist auf der Basis eurer Untersuchungen am besten geeignet, um Bienenstöcke aufzustellen?

3. Diskussion der Untersuchungsmethode

Ihr habt eine Standortanalyse auf der Grundlage von Kartenmaterial durchgeführt. Diskutiert nun folgende Fragen:

- Welche Vorteile bietet die Nutzung von Karten bei der Bewertung von Standorten?
- Haben sich bei eurer Untersuchung im Hinblick auf die Standorteignung für Bienen auch Schwierigkeiten ergeben oder sind wichtige Fragen zu den Standorten offen geblieben?
- Falls ja, wie könnte man diese lösen?

a) Vorteile der Nutzung von Geoinformationssystemen zur Standortanalyse	b) Mögliche Schwierigkeiten bei der Nutzung von Geoinformationssystemen zur Standortanalyse
c) Mögliche Lösung	

Flächenberechnung für die Eingabe in Excel			
Flächenkategorien aus QGIS	Anzahl der markierten Flächen im Radius	Flächenanteil in km² (Summe der Einzelflächen)	Prozentualer Anteil an der Gesamtfläche
Industrie			
Landwirtschaft			
Siedlung			
Wald			
Wasser			
Sonstiges			
GESAMT			100 %

Zur Erstellung dieser Übersicht geht ihr vor wie im Kapitel 9 (ab Seite 20) in eurem Handbuch beschrieben und druckt eure fertige Karte anschließend aus.

Sammelt anhand eurer Ergebnisse aus Arbeitsmaterial 1 und dem hier vorliegenden Arbeitsmaterial 2 günstige und ungünstige Standortfaktoren des von euch untersuchten Standortes. Notiert diese stichpunktartig in der nachfolgenden Tabelle.

Günstige Standortfaktoren	Ungünstige Standortfaktoren

Bewertet den Standort auf Grundlage eurer Untersuchungsergebnisse und der Bewertung der Einzelfaktoren mit einer Schulnote von 1 bis 6 und begründet eure Entscheidung kurz.

1	2	3	4	5	6