

# Weinberg im Wandel

## Unterrichtsmaterial zur Ökologie und Bewirtschaftung eines regionalen Agrarökosystems in Zeiten des Klimawandels

Liane Becker, Hannah Balkenhohl & Daniel Dreesmann

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, AG Didaktik der Biologie, Institut für Organismische und Molekulare Evolutionsbiologie (iomE), D-55099 Mainz, liane.becker@uni-mainz.de

Neben den natürlichen Ökosystemen wie z.B. Wald, See oder Fließgewässer eignet sich das Agrarökosystem Weinberg für eine Vertiefung des Themas Ökologie im Biologieunterricht der Oberstufe. Die hier vorgestellten Unterrichtsmaterialien vermitteln Schülerinnen und Schülern mit handlungsorientierten Methoden die Besonderheiten eines Agrarökosystems. Es werden abiotische Umweltfaktoren im Weinberg, physiologische Aspekte der Weinrebe und Folgen des menschengemachten Klimawandels für das Agrarökosystem erarbeitet (Unterrichtsmaterial A). Zusätzlich wird Wissen über biotische Umweltfaktoren im Weinberg und über landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen durch Winzerinnen und Winzer aufgebaut (Unterrichtsmaterial B) wobei ökologische und nachhaltige Maßnahmen in Zeiten des Klimawandels hervorgehoben und bewertet werden. Methodisch werden für den Biologieunterricht die Mystery-Methode in Gruppenarbeit und ein interaktives Lernspiel mit digitalen Videoelementen vorgestellt.

**Stichwörter:** Ökologie, Weinberg, Ökosystem, Agrarökosystem, Landwirtschaft, Klimawandel, abiotische Faktoren, biotische Faktoren, Räuber-Beute-System, ökologische Landwirtschaft, Mystery-Methode, Lernspiel.

## 1 Einleitung

Der globale Klimawandel wird in erster Linie durch die kontinuierliche Erwärmung von Atmosphäre, Land und Ozeanen deutlich, bedingt durch Emissionen von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen (vgl. IPCC 2021). Im Vergleich zur durchschnittlichen Temperatur der vorindustriellen Jahre 1850 bis 1900 ist die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche bereits um ca. +1°C angestiegen (vgl. ebd.) Daraus resultierende Hitzewellen, Überflutungen und Veränderungen der Ökosysteme (vgl. NASA, 2019) stellen die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Nutzflächen weltweit vor neue Herausforderungen (vgl. Nelson et al., 2013).

Für Winzerinnen und Winzer in Deutschland entstehen unter Einfluss des Klimawandels sowohl Herausforderungen und Gefahren als auch neue Chancen in der Bewirtschaftung ihrer Weinberge (vgl. Schultz et al., 2012). Um die Risiken für die Weinreben zu reduzieren und sie widerstandsfähiger zu machen, findet ein Umdenken hin zu innovativen, zeit- und kosteneffektiven sowie praktisch umsetzbaren Methoden der Bewirtschaftung statt (vgl. Santos et al. 2020). Diese haben z.B. neue

Strategien der Sortenwahl, Schädlingsbekämpfung und Bewässerung im Weinberg zum Gegenstand. Andere innovative Methoden orientieren sich an Konzepten des nachhaltigen Handelns mit Förderung der Biodiversität und Ausnutzung der Ökosystemleistungen im Weinberg (vgl. Achtziger, Köstner, Reichert, 2021). Die Biodiversität, also die Vielfalt an lebenden Organismen eines Ökosystems, bildet die Grundlage, auf der Ökosysteme Leistungen erbringen können wie z.B. die Produktion von Nahrungsmitteln (vgl. Daily 1997; Diaz et al. 2006).

## 2 Das Agrarökosystem Weinberg

Der Begriff Ökosystem bezeichnet diejenigen Organismen, die in einem bestimmten Gebiet gemeinsam leben, ihre physische Umwelt und ihre Interaktionen (vgl. Daily 1997, S. 2). Beim Weinberg handelt es sich um ein Agrarökosystem, d.h. ein Ökosystem, das vom Menschen künstlich angelegt wird und in das der Mensch zur Optimierung des Ertrags dauerhaft regulierend eingreift und damit auf Organismen und Interaktionen bewusst einwirkt (vgl. Müller, 2008, S. 586).

Ein Weinberg ist eine Intensivkultur auf dafür geeigneten Flächen in Flusstälern und Hangbereichen (vgl. Hofmann, 2014, S. 10, siehe Abbildung 1). In einer typischen Monokultur wie dem Weinberg werden die geeigneten Flächen jahrzehntelang ausschließlich für den Anbau einer Pflanzenart, hier der Weinrebe *Vitis vinifera* L., genutzt. Dabei haben die Reben eine Standzeit von 20 bis 80 Jahren (vgl. Rupp 2019). Des Weiteren werden im konventionellen Weinbau auf dem Boden keine anderen konkurrierenden Pflanzen geduldet (vgl. ebd., S. 16f), sondern die Weinreben werden in durchgehenden geradlinigen Zeilen angepflanzt, sodass sich zwischen den einzelnen Zeilen die ein bis zwei Meter breite Gassen bilden (siehe Abb.1).



**Abbildung. 1:** Ein Weinberg in leichter Hanglage im Bundesland Rheinland-Pfalz im Spätsommer. (Foto: L. Becker)

## 2.1 Klimatische Bedingungen

Während sich auf der Erde je nach klimatischen Bedingungen unterschiedliche natürliche Ökosysteme an für sie geeigneten Orten ausgebildet haben (vgl. Döring, 2012, S. 68), kann auch das Agrarökosystem Weinberg nur unter spezifischen Umweltbedingungen bestehen. Zu den Bedingungen zählen mindestens 1300 Stunden Sonnenschein pro Jahr, eine Durchschnittstemperatur von mindestens 15° Celsius während der Rebblüte und 18° Celsius während der Vegetationszeit sowie ein jährlicher Niederschlag von mehr als 400 bis 500 Millimetern (Deutsches Weininstitut, 2022).

Weinbau kann nur in den warm gemäßigten Zonen der Erde betrieben werden. Die Weinanbauregionen der Erde liegen größtenteils zwischen dem 30. und 50. Breitenrad auf der Nordhalbkugel und zwischen dem 40. und 50. Breitengrad auf der Südhalbkugel. Tropen und Subtropen sind aufgrund der fehlenden jahreszeitlichen Unterschiede, zu früher Traubenreife und zu hohen Pilzbefalls für den Weinbau nicht geeignet (vgl. Müller, 2008, S.10f). Die mit Abstand flächenmäßig größten Weinanbauregionen in Europa liegen in Spanien, Frankreich und Italien. Die Weinbauregionen in Deutschland liegen global gesehen an der nördlichen Weinbaugrenze und verteilen sich vor allem auf den Südwesten des Landes, wo es insgesamt 13 voneinander abgegrenzte Regionen gibt, die für den Weinbau begünstigt sind (vgl. ebd., S. 20). Dass sich die globale Jahresdurchschnittstemperatur erhöht und extreme Wetterbedingungen zur Folge hat, macht sich auch in deutschen Weinbergen bemerkbar und wird zukünftig die Standortbedingungen der einzelnen Regionen verändern (vgl. ebd. S.80f, siehe Kapitel 2.4).

## 2.2 Abiotische und biotische Umweltfaktoren im Weinberg

In einem Ökosystem bestehen Wechselbeziehungen zwischen Umweltfaktoren und Einzelorganismen (vgl. Döring 2012, S.6). Bei den Umweltfaktoren wird zwischen abiotischen Umweltfaktoren (siehe Tab. 1) und biotischen Umweltfaktoren (siehe Tab. 2) unterschieden. Die abiotischen Umweltfaktoren wie Temperatur, Licht, Wasser und Boden bilden dabei den Rahmen der Existenz von Organismen. Durch biotische Umweltfaktoren wie Nahrungsbeziehungen, Räuber-Beute-Systeme, Krankheitserreger, Schädlinge und Symbiosen wird das Überleben von Organismen innerhalb des gegebenen Rahmens durch andere Organismen beeinflusst (vgl. Döring 2012, S. 30).

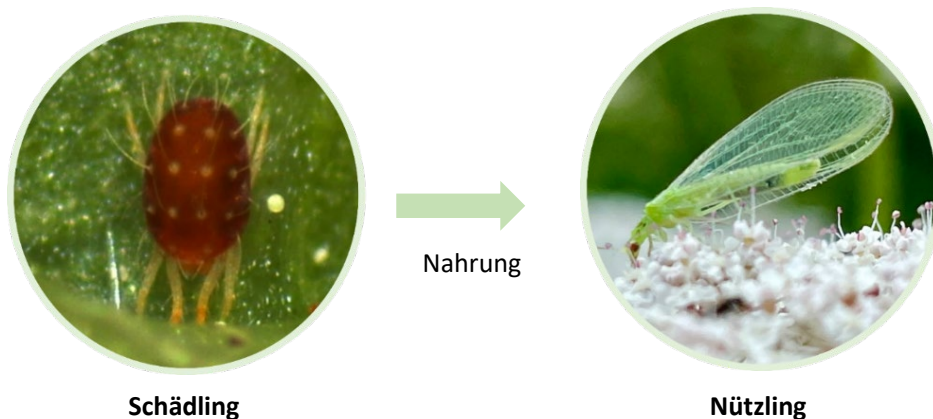
Wenn natürliche Ökosysteme von Menschen durch landwirtschaftliche Nutzflächen mit Monokulturen ersetzt werden, sind diese Flächen zunächst artenarm. Maschinelles und technisiertes Arbeiten sowie der intensive Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln verstärken diesen Effekt (vgl. Döring 2012, S. 130f). Je nach Bewirtschaftungsform im Weinberg (siehe Kapitel 2.3) wandern Arten aber wieder in die landwirtschaftlichen Nutzflächen ein. Wechselbeziehungen im Weinberg sind demnach je nach Bewirtschaftungsform unterschiedlich stark ausgeprägt und können von Winzerinnen und Winzern aktiv reguliert und gefördert werden. Dies zeigt den großen Einfluss menschlichen Handelns auf Ökosysteme und Interaktionen.

**Tabelle 1:** Ausgewählte abiotische Umweltfaktoren (= Faktoren der unbelebten Umwelt), die im Agrarökosystem Weinberg zentrale ökologische Bedeutung haben. Die abiotischen Umweltfaktoren bilden den Rahmen der Existenz und Entwicklung und damit auch der Produktionsfähigkeit des Organismus Weinrebe.

| Abiotische Umweltfaktoren | Bedeutung im Weinberg  |
|---------------------------|--|
| Temperatur                | Wärme zur Steuerung der Rebentwicklung im Jahresverlauf, Bestimmung des Zeitpunkts des Austriebs und der Blüte sowie der Fruchtreife und Lesezeit. |
| Licht bzw. Strahlung      | Fotosyntheseleistung der grünen Blätter, Einlagerung von Zucker in die Beeren.   |
| Wasser                    | Wasserversorgung (z.B. durch Niederschlag) für das Wachstum und die Pflanzengesundheit sowie für den Nährstofftransport innerhalb der Pflanzen.    |
| Boden                     | Bodenqualität zur Gewährleistung und Förderung der Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzen.   |

**Tabelle 2:** Ausgewählte biotische Umweltfaktoren (= Faktoren der Interaktionen zwischen Lebewesen) die im Agrarökosystem Weinberg zentrale ökologische Bedeutung haben. Je nach Bewirtschaftungsform und damit Höhe der Biodiversität im Weinberg sind die Interaktionen unterschiedliche stark ausgeprägt

| Biotische Umweltfaktoren | Bedeutung im Weinberg  |
|--------------------------|--|
| Nahrungsbeziehungen      | Bestimmte Insekten, Vögel und Kleinsäuger ernähren sich von Insekten, die als Schädlinge der Weinrebe gelten und sind somit Nützlinge im Weinberg.                     |
| Räuber-Beute-System      | Räuber-Beute-Beziehungen zwischen Nützlingen und Schädlingen sorgen für den Schutz der Weinreben und ersparen den Einsatz chemisch-synthetischer Schädlingsbekämpfung. |
| Krankheitserreger        | Krankheitserreger wie Pilzsporen stören die Entwicklung der Reben und können sich im Agrarökosystem weitläufig verbreiten. Sie gelten als Schädlinge.                  |
| Symbiose                 | Symbiosen zwischen Leguminosen und Knöllchenbakterien reichern den Boden mit Stickstoff als Nährstoff für die Weinreben an.  |



**Abbildung 2:** Beispiel einer Nahrungsbeziehung bzw. eines Räuber-Beute-Systems im Weinberg: Die Obstbaumspinnmilbe (links) befällt Rebstöcke, beeinträchtigt damit die Beerenreife und gilt deshalb als Schädling im Weinberg. Jedoch ernähren sich die Larven der Florfliege (rechts) von Spinnmilben, weshalb die Florfliege als Nützlich im Weinberg gilt. (Foto links: HS Geisenheim, <https://rebschutz.hs-geisenheim.de/schadbilder-garten/schadbilder.php?Auswahl=mites>, Foto rechts: L. Becker)

## 2.3 Bewirtschaftungsformen und Biodiversität

Mit dem Ziel des landwirtschaftlichen Ertrags wird die Weinrebe als Kulturpflanze angebaut (vgl. Müller, 2008, S. 10f) und dies weltweit auf einer Fläche von ca. 7449 Millionen Hektaren (vgl. OIV, 2019). Mit der Produktion von Tafeltrauben, Wein und Rosinen stellt der Weinbau einen international relevanten sozioökonomischen Faktor mit einer großen Vernetzung von Produktions- und Handelsketten dar und erfüllt ebenso Funktionen in Bezug auf Ökosystemleistungen und Tourismus einer Region (vgl. Santos et al., 2020).

Welche Bewirtschaftungsform gewählt wird, hängt sowohl von den Anbau- bzw. Standortbedingungen der Weinberge als auch von den Überzeugungen der Winzerinnen und Winzer ab (vgl. Wirthner & Droz, 2019). Als verbreitete Bewirtschaftungsformen sind der **konventionelle Weinbau** und der **ökologische<sup>1</sup> Weinbau** zu nennen (siehe Abb. 3).



**Abbildung 3:** Ein Weinberg mit konventioneller Bewirtschaftung (links) und ein Weinberg mit ökologischer Bewirtschaftung (rechts), zeitgleich aufgenommen in der Region Rheinhessen. Ein deutlicher Unterschied sind die nur mit Gras oder gar nicht bepflanzenden Gassen (links) und die starke Begrünung und das Anpflanzen von Wildblumen wie Mohn (rechts). (Fotos: L. Becker)

Der konventionelle Weinbau gilt als sehr intensive Form der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung (vgl. Hofmann 2014, S. 10). Er zeichnet sich in erster Linie durch eine reine Monokultur aus, bei der das Fehlen von konkurrierenden Pflanzen im Weinberg sowie der Einsatz von chemisch-synthetischen Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln zur Verringerung der Biodiversität und zur Bodenveränderung leitet (vgl. Hofmann 2014, S. 16f). Die häufigste Anbauform ist eine, bei der der Weinberg als Agrarfläche mit möglichst hohem Ertrag bewirtschaftet wird. Schädlinge und Krankheiten sollen zu diesem Zweck kontrolliert werden, ohne dass weitere Ökosystemleistungen des Weinbergs gefördert werden (vgl. Winkler et al. 2017).

Im ökologischen Weinbau wird in erster Linie auf den Erhalt und die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenbegrünung und damit eine Erhöhung der Biodiversität gesetzt, (vgl. Kauer, 2017). Der ökologische Weinbau hat festgelegte Mindestanforderungen an die Produktion und die

<sup>1</sup> Die Begriffe ökologischer, biologischer oder organischer Weinbau können synonym gebraucht werden.



**Abbildung 4:** Eine Beschilderung mit EcoVin-Siegel in einem ökologischen Weinberg in Rheinhessen. (Foto: L. Becker)

Kennzeichnung der ökologischen Ware nach der EU-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 und ihren Durchführungsbestimmungen. Zusätzlich können ökologische Betriebe Mitglieder in weiteren privaten Vereinen wie ECOVIN sein und mit dieser Zertifizierung erweiterten ökologischen Richtlinien zu Anbau und Verarbeitung des Weines folgen (vgl. IFOAM EU Group 2016, siehe Abb. 4). Mit der Erhöhung der biologischen Vielfalt im Weinbau werden Wechselbeziehungen gefördert. Maßnahmen dafür sind u.a. die Rebgassenbegrünung, das Anlegen von Blühstreifen und das Errichten von Hecken oder Mauern. Mit diesen Maßnahmen hat das künstlich angelegte Agrarökosystem Weinberg das Potenzial Lebensraum für

eine Vielfalt an Arten zu sein und den Ablauf von Stoffkreisläufen innerhalb des Ökosystems zu fördern. Dafür werden in der Forschung u.a. die Rebgassenbegrünung mit Wildpflanzen sowie alternative Strategien wie z.B. die Schafbeweidung im Weinberg getestet (vgl. VinEcos, 2020). Es können durch die Maßnahmen bereits positive Effekte auf die Biodiversität im Weinberg verzeichnet werden und damit eine Verbesserung der Ökosystemleistungen wie der Versorgungsleistungen (z.B. Nektar- und Pollenquellen), der Regulierungs- und Bereitstellungsleistungen (z.B. Artenvielfalt an Wildbienen, Bodenfeuchtigkeit und geringerer Maschineneinsatz) und der kulturellen Leistungen (z.B. Naturvermittlung und Erhöhung des Wohlbefindens) (vgl. ebd.).

Winzerinnen und Winzer verfolgen mit ökologischen Maßnahmen unter anderem das Ziel, ein stabiles Agrarökosystem zu schaffen, das über eigene Regulationsmechanismen verfügt und damit menschliches Eingreifen minimieren kann (vgl. VinEcoS, 2020). Durch Regulation des Räuber-Beute-Systems bei Förderung der Artenvielfalt kann z.B. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln stark reduziert werden. Ebenso können Düngemittel eingespart werden, wenn durch Rebgassenbegrünung und das Anpflanzen von Leguminosen die Bodenqualität sowie Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen verbessert wird. Des Weiteren reagieren Winzerinnen und Winzer damit auf die starke Gefährdung der Biodiversität. Organismen werden in ihren natürlichen Lebensräumen in ihrer Zahl, ihrer Vielfalt und ihren Interaktionen zunehmend durch die Lebensweise der wachsenden menschlichen Bevölkerung gefährdet und verringert (vgl. Wilson 1989; Daily 1997; Hopper et al. 2005). Als verantwortliche Stressoren gelten in erster Linie u.a. der Verlust an natürlichen Lebensräumen (vgl. Fahrig 2003) und die veränderte und intensivierte Landnutzung (vgl. Hansen, Defries & Turner 201F2).

## 2.4 Herausforderungen und Chancen des Klimawandels

Eine Erhöhung der Biodiversität durch entsprechende Bewirtschaftung kann das Agrarökosystem Weinberg insgesamt stabilisiert und seine Widerstandsfähigkeit gegenüber klimatischen Veränderungen möglich machen (Life Vine Adapt, 2021). Ein Umdenken wird nötig, denn die Folgen des Klimawandels sind bereits erkennbar und werden sich in Zukunft noch drastisch verstärken, wenn der Anstieg der Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche im Jahr 2100 eine Erhöhung um +1,5°C oder sogar um +2°C erreicht (Hoegh-Gouldberg et al. 2018). Die Klimafolgenforschung thematisiert für den Weinbau Gefahren (Hitzeschäden, Trockenheit, verstärkte Erosion, neue Schadorganismen, veränderte Standort- und Sorteneignung) und auch Chancen (längere Wachstum- und Reifephasen, breites Sortenspektrum, höhere Qualitäten und Erträge, Einbeziehen neuer Regionen und Flächen) (vgl. Stock et al. 2007, Schultz et al. 2012). Die Folgen des Klimawandels wirken sich dabei auf die Phänologie der Reben, also die Rebenentwicklung im Jahresverlauf, aus.

Das Wachstum und die Entwicklung der Weinreben von Frühling bis Herbstbeginn werden in erster Linie von der Umgebungstemperatur beeinflusst (vgl. Fraga et al. 2019). Niederschlagsmenge und Wasserverfügbarkeit spielen daneben eine große Rolle in der Vermeidung von Trockenstress der Pflanzen. Zusätzlich wirkt sich der Faktor Sonnenstrahlung über die Fotosyntheseleistung stark auf die Reifung und die Zuckermenge in den Weinbeeren aus (vgl. Santos et al. 2020). Im Zuge des Klimawandels verändern sich diese für den Weinbau ausschlaggebenden Faktoren. Schadbilder wie Sonnenbrand an Weinbeeren und Spätfrostschäden, Hitzestress, Bodentrockenheit und Erosionsgefahr sind direkt auf die abiotischen Umweltfaktoren Temperatur und Wasser zurückzuführen (vgl. Achtziger 2021). Witterungsabhängig breiten sich außerdem Schadorganismen verstärkt im Weinberg aus und es kommt zu einer Erhöhung von Schadbildern durch Falschen Mehltau, Echten Mehltau, Traubenwickler, Fäulerreger, Essigbakterien und Zikaden (vgl. Rupp 2019). Viele dieser Rebschädlinge waren in den 90er Jahren in Deutschland noch weitestgehend unbekannt oder nur in besonders warmen Jahren verbreitet (vgl. Schultz 2012). Auch die Kirschessigfliege als invasiver Schadorganismus ist durch wärmere klimatische Verhältnisse mittlerweile aus Asien eingewandert und seit 2014 in ganz Deutschland verbreitet, wo sie vor allem reife Früchte befällt (vgl. Julius-Kühn-Institut 2022).

Zusätzlich gilt es als Risiko für den Weinbau, dass veränderte klimatische Standortbedingungen den Geschmack und Charakter des Weins einer bestimmten Rebsorte beeinflussen und somit das Produkt verändern (vgl. Santos et al. 2020). Als Nahrungs- und Genussmittel sind bei dem Produkt Wein und damit auch beim Wein als Wirtschaftsfaktor gerade Geschmack und Charakter für den Kunden ausschlaggebend. Das führt zu aktuellen Forschungen zur klimabedingten Veränderung des Zuckergehaltes der Weinbeeren, dem sogenannten Mostgewicht, sowie zur Säurestruktur der Weinbeeren (vgl. Schultz 2012). Veränderte klimatische Standortbedingungen führen für Winzerinnen und Winzer aber auch zu der Chance, neue Standorte für den Weinbau zu erschließen, ihr Sortenspektrum zu erweitern und neue Sorten wie die pilzwiderstandsfähigen Weinreben (so genannte PIWIs) zu züchten (vgl. Santos et al. 2020).

## 2.5 Das WinUM 2.0-Projekt

Das Projekt **WinUM 2.0 – die Folgen des Klimawandels im virtuellen Weinberg vermitteln** ist ein biologiedidaktisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt. Es wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) im Zeitraum 2021 bis 2024 gefördert und in einer Kooperation zwischen der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Hochschule Geisenheim University bearbeitet (siehe Abb. 5).



**Abbildung 5:** Logo des Projektes. (Design: L. Becker)

Im Rahmen des Projektes werden Unterrichtsmaterialien für den Biologieunterricht der Oberstufe erstellt, erprobt und evaluiert. Der Organismus Weinrebe und das Ökosystem Weinberg bieten den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, in Theorie und experimenteller Praxis selbständig Wissen zu erweitern und weitere Kompetenzen zu fördern (vgl. Aldbedyll und Dreesmann, 2017). Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Weinberg werden diskutiert und regen dazu an, zeitgemäße Lösungsmöglichkeiten und Handlungsoptionen zu erarbeiten. Die im Folgenden vorgestellten Unterrichtsmaterialien sind im Basismodul „Biologie der Weinrebe und Ökosystem Weinberg“ des Projektes verortet.

## 3 Unterrichtsmaterial „Sonnenbrand im Weinberg“ – ein Mystery

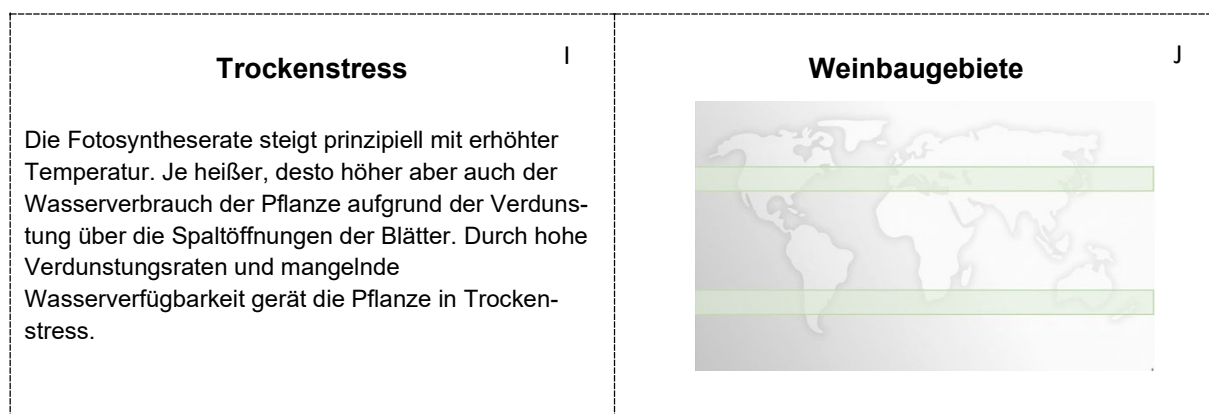
Das Unterrichtsmaterial ist problemorientiert und thematisiert die Folgen des Klimawandels im Weinberg anhand des Schadbildes *Sonnenbrand* exemplarisch. Sonnenbrand äußert sich in Form von bräunlichen Läsionen und fortschreitender Zellnekrose an Weinbeeren, was zu Ertragseinbußen im Weinberg führt (vgl. Gambetta 2021). In der Entstehung des Schadbildes wirken hohe Temperaturen, hohe Lichtintensitäten und UV-Strahlung verstärkt durch Trockenstress zum Zeitpunkt der Fruchtreife (*Véraison*) zusammen. UV-Strahlung kombiniert mit hohen Temperaturen kann zur Bildung von Sauerstoffradikalen am Fotosystem I führen. Um sich vor den Sauerstoffradikalen (*reactive oxygen species*) zu schützen, produziert die Pflanze Antioxidantien zur Entgiftung. Durch enzymatische Reaktionen werden braune Komplexe gebildet, die Außenhaut der Weinbeeren wird bräunlich und die Früchte trocknen ein (vgl. ebd.). Das Phänomen des Sonnenbrands in Früchten ist allerdings nicht auf den Weinbau beschränkt, sondern betrifft ebenso den Obstbau mit großem wirtschaftlichem Schaden (vgl. Wiebusch 2019).

Die wachsende wirtschaftlichen Bedeutung des Schadbildes gibt Anlass zu aktueller Forschung auf dem Gebiet und eignet sich deshalb als wissenschafts- und praxisorientiertes Element in einem Unterrichtsmaterial der Oberstufe. Dort kann es sowohl Interesse wecken als auch die Folgen des Klimawandels auf die Landwirtschaft, die es zu erarbeiten gilt, verdeutlichen.



### 3.1 Die Mystery-Methode

Die Mystery-Methode eignet sich vor allem zur Bearbeitung komplexer Sachverhalte, sie fördert dabei vernetztes Denken, kooperatives Lernen und die Problemlösekompetenz (vgl. Mühlhausen und Pütz 2017). Bei dieser Methode wird den Schülerinnen und Schülern eine rätselhafte Leitfrage vorgegeben, die in Gruppenarbeit gelöst wird. Zur Lösung der Leitfrage erhalten die Schülerinnen und Schüler Informationskarten (siehe Abb. 6), die gelesen, verstanden und auf einem Plakatbogen nach Kategorien strukturiert in Zusammenhang gebracht werden. Es sind viele unterschiedlich strukturierte Legekonstrukte als Lösung zulässig, solange sie in die Beantwortung der Leitfrage münden (vgl. ebd.). Um heterogenen Leistungsniveaus gerecht zu werden, können während der Bearbeitung als Ergänzung komplexe Zusatzkarten verwendet werden (vgl. ebd.). Die Mystery-Methode ist eine Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler in die Auseinandersetzung mit aktuellen Themen zu Ökologie und Nachhaltigkeit zu bringen (vgl. Christ, Flemming, Dreesmann 2022). Nach Hauff meint Nachhaltigkeit eine Entwicklung bzw. ein Verhalten, das trotz einer Bedürfnisbefriedigung in der Gegenwart die Zukunft nicht gefährdet (vgl. Hauff 1987, S. 46). Den Ökosystemen mit ihren Leistungen als Lebensgrundlage der Menschen kommt in vielen Konzepten der Nachhaltigkeit eine zentrale Bedeutung zu (vgl. Hauff 2021, S. 14). Für die hier geplanten Unterrichtsmaterialien spielt die Beschäftigung mit dem Nachhaltigkeitskonzept vor allem in der Reflexion eine große Rolle. Schülerinnen und Schüler werden zum Nachdenken angeregt, um aktuelle Herausforderungen zu verstehen und selbst tätig zu werden.



**Abbildung 6:** Zwei der 26 Mysterykarten, die an den gestrichelten Linien ausgeschnitten werden. (Bild rechts verändert nach: CCO <https://www.publicdomainpictures.net/de/view-image.php?image=111986&picture=weltkarte>)

### 3.2 Struktur der Unterrichtseinheit

Die Erarbeitung des Mysterys „Sonnenbrand im Weinberg“ (Unterrichtsmaterial A) nimmt die längste Phase einer Doppelstunde ein und wird durch eine Einführungs- und Sicherungsphase gerahmt (siehe Tab. 3).

Das Mystery beginnt mit der Leitfrage: *Warum schützt es vor Sonnenbrand, wenn Winzerinnen und Winzer nur noch mit dem Fahrrad in ihre Weinberge fahren?* Die Leitfrage wird in der Einführungsphase präsentiert und im Verlauf des Unterrichts beantwortet.

**Tabelle 3:** Stundenverlaufsplan für eine Doppelstunde (90 min.) zur Erarbeitung des Mysterys.

| Unterrichtsphase | Inhalt   | Zeit    |
|------------------|--|---------|
| Einführung       | Präsentation der Leitfrage und Sammeln spontaner Antwortmöglichkeiten. | 10 min. |
|                  | Gruppenbildung und Ausgabe der Materialien                             |         |
| Erarbeitung      | Bearbeitung der Arbeitsaufträge 1-3                                    | 60 min. |
| Sicherung        | Besprechen der Ergebnisse (Plakatpräsentation der Gruppen)             | 20 min. |

### 3.3 Lernziele und Lernprodukt

Um die Lernziele zu erreichen, müssen Schülerinnen und Schüler nicht zwingend über das Fachwissen der Themen Ökologie und Stoffwechselphysiologie verfügen. Kenntnisse zur Fotosynthese sind sehr hilfreich, jedoch kann das Mystery auch ohne diese Kenntnisse gelöst werden, da die zugehörigen Karten als ZUSATZ markiert sind und nicht verwendet werden müssen.

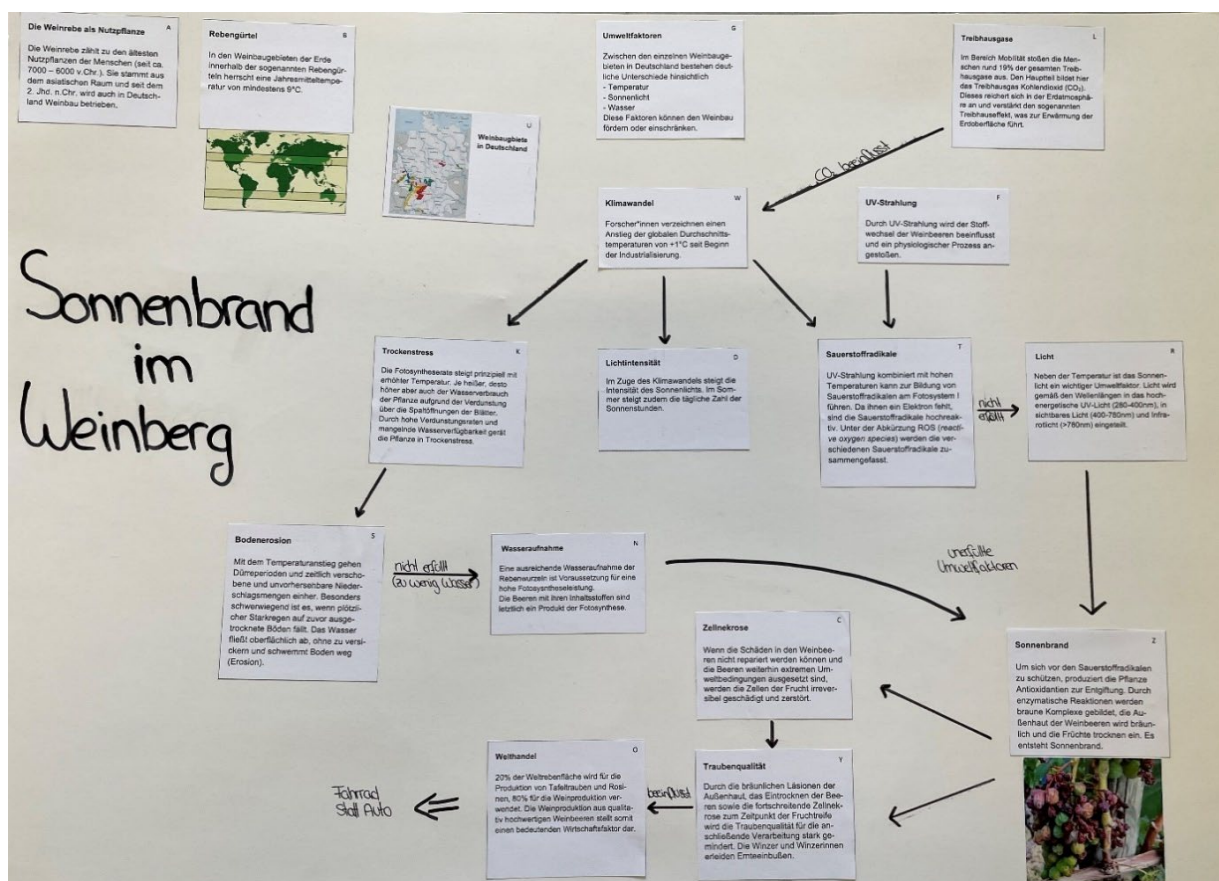
Das Kernlernziel ist, dass Schülerinnen und Schüler durch Lösen des Mysterys Folgen des Klimawandels für das Agrarökosystem Weinberg benennen und die Entstehung des Schadbildes Sonnenbrand in Abhängigkeit von klimatischen Veränderungen erläutern können.

Sie analysieren dafür die gegebenen Informationen auf 26 Karten (6 Karten davon sind als ZUSATZ-Karten markiert) und ordnen sie in Kategorien ein: Die Informationskarten des Mysterys enthalten zum einen Fakten über die kulturelle und wirtschaftliche Bedeutung sowie geografische Verbreitung des Weinbaus. Zum anderen werden die Grundanforderungen der Weinrebe an ihre Umwelt und ausgewählte pflanzenphysiologische Aspekte aufgezeigt. Neben einer Übersicht der abiotischen Umweltfaktoren Temperatur, Licht und Wasser werden Informationen zu Ursachen und Folgen des menschengemachten Klimawandels gegeben. Mithilfe der Einordnung in Kategorien stellen die Schülerinnen und Schüler selbständig Zusammenhänge zwischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Klimaerwärmung, extremen Wetterereignissen und den Standort- und Wachstumsbedingungen von Weinreben in einer selbstgewählten Anordnung dar.

Sie diskutieren diese Anordnung untereinander, um schließlich eine Lösung der Leitfrage herauszuarbeiten. Die Leitfrage Können die Schülerinnen und Schüler nach Bearbeitung des Mysterys damit beantworten, dass der menschengemachte Klimawandel (ausgelöst durch u.a. den Ausstoß

des Treibhausgases CO<sub>2</sub> im Bereich Mobilität) über die Veränderung der Umweltfaktoren Temperatur, Licht und Wasser zur Beeinflussung der Pflanzenphysiologie und dadurch zu Sonnenbrand an den Beeren führt. Für die Landwirtschaft hat dies große Ernteeinbußen zur Folge. Eine (massive) Einsparung an CO<sub>2</sub> könnte die Auswirkungen auf die Weinrebe reduzieren. Schon jeder Einzelne kann einen Beitrag zur Einsparung an Treibhausgasen leisten, indem der eigene CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert wird. In ihrem Plakat als Lernprodukt (siehe Abbildung 7) veranschaulichen die Gruppen ihren Lösungsweg und verfassen zusätzlich einen kurzen Text zur Beantwortung der Leitfrage. Indem Sie darüber hinaus die in der Leitfrage gegebene Maßnahme „nur noch mit dem Fahrrad zu fahren“ bewerten, wird ein Reflexionsprozess angestoßen.

Es entsteht die Erkenntnis, dass diese Maßnahme zu kurz greift, um den weltweiten Klimawandel einzudämmen und alle Risiken für die Weinreben zu beseitigen. Dennoch wird zum Nachdenken über Handlungsmöglichkeiten zur Eindämmung des Klimawandels und zum Schutz der Weinreben angeregt. Dies betrifft sowohl Handlungsmöglichkeiten von Akteuren der Landwirtschaft, als auch klimafreundliche Handlungen, die jede Person in ihren Alltag integrieren kann (Lösungsvorschläge zu den Aufgaben: siehe Begleitmaterial A).



**Abbildung 7:** Ein beispielhaftes Legekonstrukt einer Kleingruppe der Klassenstufe 12. Die Informationskarten sind auf einem Plakatbogen aufgeklebt und die Pfeile und Beschriftungen markieren Zusammenhänge zwischen den Karten. (Foto: L. Becker)

## 4 Unterrichtsmaterial „Weinrebe auf Los: Mit Nützlingen und Schädlingen ans Ziel!“ – ein Lernspiel zur Bewirtschaftung des Agrarökosystems Weinberg

### 4.1 Die Lernspiel-Methode

Spiele sind eine Möglichkeit zur methodischen Öffnung des Unterrichts, denn sie fördern bei Schülerinnen und Schülern das Probierverhalten, das gemeinsame Erfahren und selbstständige Handeln und das Einlassen auf Lerngegenstände (vgl. Petillon, 2002, S.6). Mit einem didaktisch ausgearbeiteten Spiel, dem Lernspiel, wird erzielt, durch die Freude am Spielen Lernprozesse anzustoßen (Einsiedler & Treinies, 1985, S.22). So können aus der Spieltätigkeit heraus die konkreten Fragen des Unterrichts beantwortet werden (vgl. Forkel 2009, S. 127). Im Lernspiel wird die Realwelt didaktisch reduziert modellhaft in den Spielmaterialien nachgestellt. Im Umgang mit den Materialien werden spielerisch Erfahrungen gesammelt, die in die Realwelt bzw. den Alltag transferiert werden können. Aufgrund der erhöhten Eigenaktivität von Schülerinnen und Schülern bei einem Lernspiel wird ein hohes Maß an Eigenverantwortung für den Lernprozess an sie übertragen. Dies ist einer der Gründe, weshalb die Behandlung von Inhalten über ein Lernspiel für die Schülerinnen und Schüler motivierend wirkt und zu einer überraschend intensiven Auseinandersetzung mit dem Stoff führen kann (vgl. Forkel 2009, S. 134)

### 4.2 Struktur der Unterrichtseinheit

In dieser Unterrichtseinheit steht das Lernspiel „Weinrebe auf Los: Mit Nützlingen und Schädlingen ans Ziel!“ (Unterrichtsmaterial B) im Vordergrund. Es handelt sich dabei um ein Brettspiel mit den Materialien Spielfeld, Spielfiguren, Würfel, Artenkarten, Regulationskarten und Informationsvideos.

**Tabelle 4:** Stundenverlaufsplan für eine Doppelstunde (90 min.) zur Erarbeitung des Lernspiels.

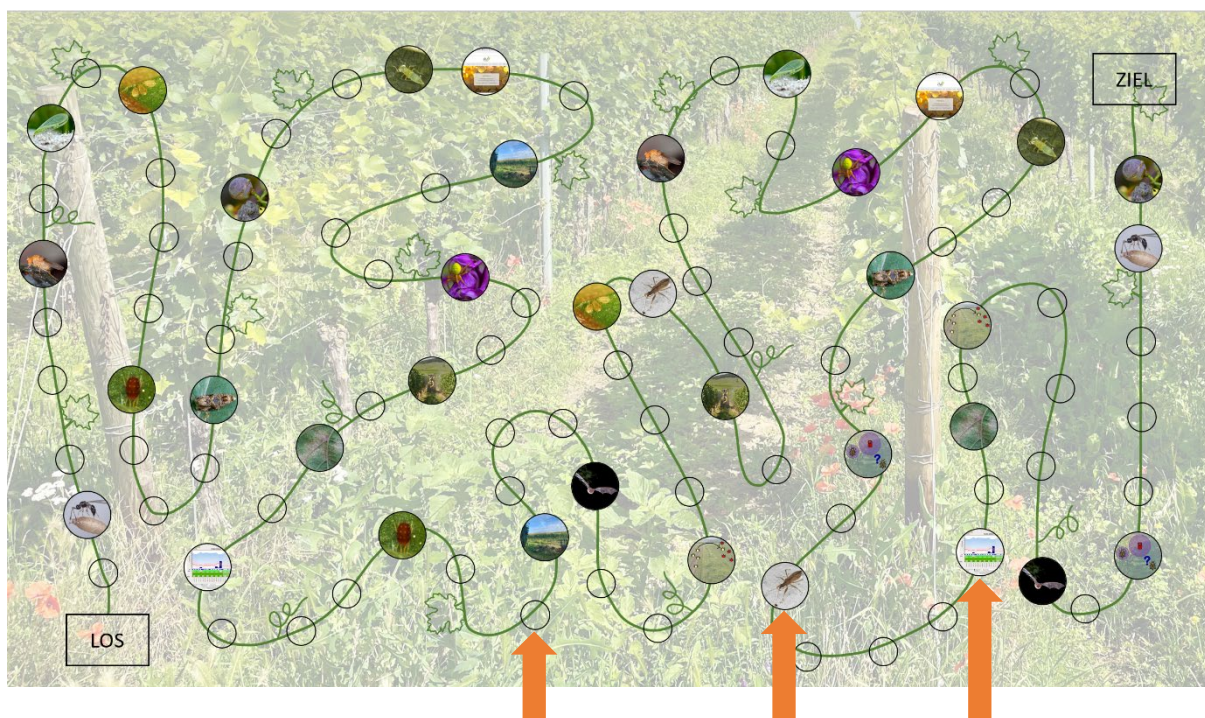
| Unterrichtsphase | Inhalt  | Zeit    |
|------------------|---|---------|
| Einführung       | Gruppenbildung und Ausgabe der Materialien                                      | 5 min.  |
| Erarbeitung      | Durchführung des Brettspiels  | 60 min. |
| Sicherung        | Aufgabe 1- Beziehungsnetzwerk zur Arteninteraktion im Ökosystem Weinberg        | 15 min. |
| Vertiefung       | Aufgabe 2- Beurteilung der Regulationsmöglichkeiten von Winzerinnen und Winzern | 10 min. |

Den Großteil einer Doppelstunde spielen Kleingruppen aus vier bis sechs Personen das Lernspiel (siehe Tab. 4). Hierbei erarbeiten die Schülerinnen und Schüler Fachwissen über ausgewählte relevante Organismen und deren Interaktionen im Ökosystem Weinberg. Außerdem erkennen sie die Möglichkeiten von Winzerinnen und Winzern, die Interaktionen mittels Bewirtschaftungsmethoden zu regulieren.

In der Sicherungs- und Vertiefungsphase wird das neu erworbene Wissen über Organismen und Interaktionen im Weinberg in einem Beziehungsnetz fixiert. Auch die unterschiedlichen Reguli-  
 onsmaßnahmen von Winzerinnen und Winzern werden als anthropogene Einflussfaktoren in das Beziehungsnetz eingearbeitet. Die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler wird bei der zusätzlichen Einordnung der Regulationsmaßnahmen hinsichtlich deren Nachhaltigkeit gefördert. Die Lernenden müssen dabei zielgerichtet Wissen aus den Videos nutzen und auf Grundlage dieser Sachinformationen zu einer Bewertung kommen.

#### 4.2.1. Ablauf des Lernspiels

Spielziel des Lernspiels ist, möglichst schnell über das Spielfeld ans Ziel zu gelangen. Es wird dabei reihum mit einem Würfel gewürfelt und die entsprechende Zahl über die Felder entlang der Linie vorgerückt. Die Spielfiguren können dabei auf einem neutralen Feld oder auf einem Arten- oder Regulationsfeld landen (siehe Abb. 8).



**Abbildung 8:** Spielfeld von LOS bis zum ZIEL über **a)** neutrale Felder, **b)** Artenfelder und **c)** Regulationsfelder. Die Spielenden ziehen mit ihrem Spielstein über das Feld und müssen die Aktionen der jeweiligen Felder a, b und c ausführen, wenn sie darauf landen. (Foto im Hintergrund: L. Becker)

Ein Artenfeld (siehe Abb. 8) ist mit dem Bild einer im Weinberg vorkommenden Art versehen. Über die zugehörige Artenkarte wird Fachwissen über diese Art erworben und, wodurch die Rolle dieser Art im Weinberg deutlich wird (siehe Abb. 9). Dabei werden die Schülerinnen und Schüler für die Begriffe „Nützlinge“ und „Schädlinge“, die kontextgebunden vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Bedeutung für Winzerinnen und Winzer verwendet werden, sensibilisiert. Neben der Sachkompetenz wird hier auch die Kommunikationskompetenz gefördert. Die Lernenden entnehmen relevante Informationen aus dem Text und präsentieren sie zielgruppengerecht ihren Mitschülerinnen und Mitschülern (vgl. KMK, 2020, S. 16f).



#### Florfliegen

Florfliegen sind mit ihrem schmalen, grünen Körper, ihren langen Antennen und ihrer grünen Flügeladerung im Weinberg gut zu erkennen. Weibchen legen im Laufe ihres zweimonatigen Lebens mehrere hundert Eier, jeweils auf einem 4 mm langem Haftstiel, auf den Blättern der Weinreben ab.

Die schlüpfenden Larven sind räuberisch und fressen mit ihren kräftigen Kieferzangen unter anderem Spinnmilben sowie die Raupen des Traubenwicklers und der grünen Rebzikade.

Gehe 4 Felder nach vorne.

**Abbildung 9:** Artenkarte der Florfliege mit einer Abbildung auf der Vorderseite (links) und Informationen zur Art auf der Rückseite (rechts). Die Florfliege gilt als Nützling im Weinberg, da ihre Larven sich räuberisch von Spinnmilben und von Raupen des Traubenwicklers und der grünen Rebzikade ernähren, welche als Schädlinge im Weinberg gelten. (Foto links: L. Becker)

Ein Regulationsfeld (siehe Abb. 8) ist ebenfalls mit einem Bild gekennzeichnet, welche für eine von sechs Regulationsmaßnahmen im Weinbau steht (Prognosemodelle, Pilzwiderstandsfähige Rebsorten, Pheromon-Verwirrmethode, Pflanzenschutzmittel, Nützlingsschonung und Biodiversität, siehe Unterrichtsmaterial B). Die Auseinandersetzung mit Regulationsmaßnahmen im Weinberg hat das Ziel, dass Schülerinnen und Schüler an einem konkreten, regional bedeutsamem Agrarökosystem den Einfluss des Menschen erklären können. Zugleich wird hier die Bedeutung von Biodiversität in einem Ökosystem begründet. Landet eine Figur auf einem Regulationsfeld, wird die entsprechende Regulationskarte genommen und zunächst durch Betrachten des Deckbildes und Einbeziehen des bisher erarbeiteten Wissens eine Hypothese zur Wirkungsweise der Regulation von Nützlings- und Schädlingspopulationen aufgestellt. Anschließend wird das über einen QR-Code zugängliche Video betrachtet und die wichtigsten Aspekte werden danach von der jeweiligen Schülerin bzw. dem jeweiligen Schüler zusammengefasst (siehe Abb. 10). Die Videos der Regulationskarten geben authentische Einblicke in die Regulationsmaßnahmen ausgewählter Winzer, die ihre Weinberge ökologisch bewirtschaften (Übersicht der Videos: siehe Begleitmaterial B).



## 5 Literaturverzeichnis

- Achtziger, R., Köstner, B., Reichert, E. 2021: DAS-Projekt „Bildungsmodulare zur Rolle der Biodiversität bei Anpassung des Weinbaus an den Klimawandel“ (BIODIVina) – Überblick über die Bildungsmaterialien. Sonderband „Biodiversität und Klimawandel in Weinbergen“. Freiberg Ecology online 8 (2021): 33-56.
- Albedyll, A. von und Dreesmann, D. (2017). Wein im Biologieunterricht. (W)Einblicke in die vielfältigen Eigenschaften einer Nutzpflanze. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule* 66 (2), 4-6.
- Christ, L., Flemming, L. und Dreesmann, D. (2022): Insektensterben im Unterricht – Ursachenforschung und Handlungsoptionen. Spielerische Zugänge für die Klassenstufen 5 bis 7. BU praktisch 5 (2).
- Daily, G.C. (1997): Introduction: What are ecosystem services? In: G.C. Daily: Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington DC: Island Press. 1-10.
- Deutsches Weininstitut. <https://www.deutscheweine.de/wissen/weinbau-weinbereitung/klimawitterung/>. Letzter Zugriff Juni 2022.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F.S., Tilman, D. (2006): Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS biology*, 4 (8), e277. doi: 10.1371/journal.pbio.0040277.
- Döring, U. (Hrsg.): Grüne Reihe. Materialien SII. Ökologie. Westermann Schroedel Diesterweg, Braunschweig 2005.
- Fahrig, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 34 (1), 487-515. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.
- Forkel, A. (2009): Entdeckendes Lernen mit Lernspielen im Unterricht der Sekundarstufe 1. Konzeptionelle Grundlegung, Entwicklung und Erprobung. Köln.
- Fraga, H., Pinto, J.G., Santos, J.A. (2019): Climate change projections for chilling and heat forcing conditions in European vineyards and olive orchards: A multi model assessment. *Climatic Change* (2019), 152, 179-193. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2337-5>.
- Gambetta, J.M., Holzappel, B.P., Stoll, M., Friedel, M. 2021: Sunburn in Grapes. A Review. *Frontiers in Plant Science*. 11/2021. doi:10.3389/fpls.2020.604591.
- Hansen, A.J., Defries, R.S., Turner, W. (2012): Land Use Change and Biodiversity. In: Gutman, G. (Hg.): Land Change Science. Remote Sensing and Digital Image Processing, vol. 6 Springer, Dordrecht, 277-299. doi: 10.1007/978-1-4020-2562-4\_16.
- Hauff, M. (2021): Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung. Walter de Gruyter GmbH, Berlin 2021. 9783923166169, S. 46.



Hauff, V. (1987) Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp, Greven 1987, ISBN

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou, 2018: Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Hofmann, U. (Hrsg.): Biologischer Weinbau. Eugen Ulmer KG. Stuttgart 2014.

Hopper, D.U., Chapin III, F.S., Hector, A., Inchausti, P. (2005): Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75 (1), 3-35. doi: 10.1890/04-0922.

IFOAM EU Group (2016): EU-Vorschriften für die ökologische Weinerzeugung. Hintergrund, Bewertung und Weiterentwicklung des Sektors. URL: [https://aoel.org/wp-content/uploads/2016/10/ifoameu\\_reg\\_wine\\_dossier\\_201403\\_de.pdf](https://aoel.org/wp-content/uploads/2016/10/ifoameu_reg_wine_dossier_201403_de.pdf).

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

Julius-Kühn-Institut: Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*). URL: [Drosophila suzukii - Kirschessigfliege - Julius Kühn-Institut - drosophila.julius-kuehn.de](https://www.julius-kuehn.de/drosophila-suzukii). [Zugriff 1.8.2022].

Kauer, R. (2017): Biodiversität – Begrünung – Bodenpflege. Ökologischer Weinbau als ganzheitliches Anbausystem. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule* 66 (2), 7-10.

LifeVine adapt, Landesgesellschaft Sachsen-Anhalt mbH (Hrsg.) 2021: LifeVineAdapt Projektflyer. URL: [210614\\_LifeVineAdapt\\_Flyer\\_8S\\_D.pdf](https://www.life-vineadapt.eu/210614_LifeVineAdapt_Flyer_8S_D.pdf) (life-vineadapt.eu).

Mühlhausen, J., Pütz, N. (Hrsg.) 2017: *Mysterys im Biologieunterricht*. 9 rätselhafte Fälle für den Biologieunterricht. Aulis: Seelze

Mühlhausen, J., Pütz, N. (Hrsg.) 2020: *Neue Mysterys im Biologieunterricht*. 9 rätselhafte Fälle zu Nachhaltigkeit und Ökologie. Aulis: Seelze

Müller, Edgar (Hrsg.): Der Winzer 1. Weinbau. Eugen Ulmer KG. Stuttgart 2008.

NASA National Aeronautics and Space Administration and National Oceanic and Atmospheric Administration. 2018 fourth warmest year in continued warming trend, according to NASA,

- NOAA. <https://climate.nasa.gov/news/2841/2018-fourth-warmest-year-in-continued-warming-trendaccording-to-nasa-noaa>. Published February 6, 2019. [Zugriff Juni 2022].
- Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D. et al. 2013: Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. PNAS. Vol. 111, no.9. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1222465110>.
- Petillon, H. (2002). Spiel- Eine Ortsbestimmung am Beispiel Grundschule. Forum E: Zeitschrift des Verbandes für Bildung und Erziehung. 7-11.
- Rupp, Dietmar (2019): Rebe im Klimawandel – der Weinbau als Zeuge, Betroffener und Beteiligter. Weinsberg 2019. URL: <https://lwo.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Fachinformationen/Wetterereignisse+und+Klimaveraenderung?SORTK=Symbol+f%C3%BCr+Dateityp&REVERSEK=true>.
- Santos, J.A. et al., 2020: A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. Appl. Sci. 2020, 10, 3092; doi:10.3390/app10093092.
- Schultz, H.R., Hoppmann, D. und Hofmann, M. 2012: Beitrag zum Integrierten Klimaschutzprogramm des Landes Hessen (InKlim 2012) des Fachgebiets Weinbau der Forschungsanstalt Geisenheim. Der Einfluss klimatischer Veränderungen auf die phänologische Entwicklung der Rebe, die Sorteneignung sowie Mostgewicht und Säurestruktur der Trauben.
- Vin EcoS 2020: Weinbau mit biologischer Vielfalt. Ideen zur Umsetzung. Projektbroschüre. URL: [200821\\_LGSA\\_LifeVinEcoS\\_Brosch\\_Online.pdf](https://www.lggsa.de/Dateien/200821_LGSA_LifeVinEcoS_Brosch_Online.pdf).
- Wiebusch (2019): Sonnenbrand an Äpfeln. Nach einem Vortrag auf den Norddeutschen Obstbautagen 2019. Mitt. OVR 74. 04/2019.
- Winkler KJ, Viers JH, Nicholas KA (2017) Assessing Ecosystem Services and Multifunktionalität for Vineyard Systems. Front. Environ. Sci. 5:15.doi: 10.3389/fenvs.2017.00015.
- Wirthner, V., Droz, P., 2019: Pflanzenschutz im Rebbau. URL: [https://swisswine.ch/sites/default/files/professionals/protection-de-la-vigne\\_d.pdf](https://swisswine.ch/sites/default/files/professionals/protection-de-la-vigne_d.pdf). Agridea 2019. Letzter Zugriff: Juni 2022.
- Wilson, E.O. (1989): Threats to Biodiversity. Scientific American, 261 (3), 108-117. <https://www.jstor.org/stable/24987402> [Zugriff 20.9.2020].