

Forschung in Museen erklären, verstehen, mitmachen

Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN

„ABENTEUER BODENLEBEN“



Gefördert durch:



Die Beauftragte der Bundesregierung
für Kultur und Medien

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

SENCKENBERG
world of biodiversity



HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

1. VORBEREITUNG DER VR-STATION	3
1.1 Fernseher/ externer Bildschirm	3
1.2 VR-Terminal	3
1.3 VR-Anwendung / SteamVR-App	3
1.4 Raumvermessung	5
1.5 Problembehebung	5
2. EINWEISUNG DER BESUCHER*INNEN	6
2.1 Explorative Tour vs. betreuter Rundgang	6
2.2 Hygienemaßnahmen	6
2.3 Controller	6
2.4 VR-Brille aufsetzen	8
2.5 Nutzung und Anwendung	9
2.6 Einführungswelt	10
2.7 Kartennavigation	12
2.8 Zwischen den Nutzungen	12
3. HINTERGRUNDINFORMATIONEN	13
3.1 Kontext der VR-Anwendung	13
3.2 Lebensräume	13
3.2.1 Lebensraum Laubstreu	13
3.2.1.1 Springschwanz (Collembola)	14
3.2.1.2 Hornmilbe (Oribatida)	14
3.2.1.3 Doppelfüßer (Diplopoda)	15
3.2.1.4 Pseudoskorpion (Pseudoscorpiones)	15
3.2.1.5 Landassel (Oniscidea)	16
3.2.2 Lebensraum Porenraum	16
3.2.2.1 Springschwanz (Collembola)	16
3.2.2.2 Hornmilbe (Oribatida)	17
3.2.2.3 Raubmilbe (Gamasina)	17
3.2.2.4 Weißwürmer/ Enchyträen (Enchytraeidae)	18
3.2.2.5 Hundertfüßer (Chilopoda)	18
3.2.3 Lebensraum Wasserfilm	19
3.2.3.1 Fadenwurm (Nematoda)	19
3.2.3.2 Bärtierchen (Tartigrada)	19
3.2.3.3 Nematophage Pilze	20
3.2.3.4 Rädertierchen (Rotifera)	20
3.3 Verwendete Technik	21
3.4 Geschichte der VR-Technik	21

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

1. VORBEREITUNG DER VR-STATION

1.1 Fernseher/ externer Bildschirm

- a. **Bildschirm einschalten** (Knopfleiste am Fernseher oder Fernbedienung)
- b. korrekten **HDMI-Port** einstellen (Fernbedienung: Knopf „AV“ drücken, mit Pfeiltaste den HDMI-Port auswählen, in dem HDMI-Verbindungskabel zum Terminal eingesteckt ist und mit „OK“ bestätigen)

1.2 VR-Terminal

- a. **Station aufschließen**
- b. **VR-Brille, Controller und sonstiges Equipment** aus dem Terminal nehmen und auf der vorgesehenen Halterung positionieren, **Brille mit Frontseite** (schwerere Teil der Brille) immer **nach oben** gewandt **ablegen** (sonst droht Herunterfallen), **einen Controller** in den Halter stecken
- c. **PC anschalten** (bei VR-Station 2 an Stromversorgung gekoppelt -> Hochfahren durch Einschalten der Verteilersteckdose; Lüftungsgitter im VR-Terminal oberhalb des PCs immer freihalten -> **Lüftung gegen Überhitzung** gewährleisten)
- d. Als **Alternative** zum Touchscreen steht auch eine **mobile Tastatur** bereit (vorher anschalten).
- e. Beim **zwischenzeitlichen Verlassen der Station**: Beide **Controller und die Brille im Terminal einschließen** - auf Lüftungsgitter ablegen, so dass **kein Hitzestau** entsteht!
- f. Nach **Beenden der VR-Anwendung**: **Computer** über Touchscreen bzw. Tastatur **herunterfahren**. VR-Brille samt Kabel und Controller auf Gitter in Terminal legen. Alle Kippschalter ausmachen und Terminal abschließen.

1.3 VR-Anwendung / SteamVR-App

- a. **Anwendung starten** - auf dem Desktop abgelegte **VR-Anwendung Bodentiere** (SenckenbergVR mit Hornmilben-Symbol, Version „SenckenbergVR_NEW_015“ Stand 26.10.2021) mit Doppelklick **starten**, erscheinendes Fenster mit „Play!“ bestätigen
(In diesem Fenster kann in Ausnahmefällen die Auflösung angepasst werden. Dies ist nur nötig, wenn auf dem Fernseher bzw. der Brille das Bild nicht in richtiger Größe, Auflösung oder Format dargestellt wird. Die Standardeinstellung für „Graphics Quality“ ist 4xMultiSampling.)
Beim Auslösen des Vorgangs durch „Play!“ wird die VR-Anwendung inklusive der SteamVR-App gestartet. SteamVR ist die Programmumgebung, in der die Anwendung ausgeführt wird.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

- b. **Controller anschalten** (kleiner Knopf unten auf Controller / es erfolgt ein Signalton)



- c. **Betriebsbereit** - Warten bis **HTC Vive, Controller** und **Lighthouse-Tracker** (= Basisstationen; stehen sich diagonal im Raum gegenüber und müssen am Strom angeschlossen sein) im kleinen SteamVR-App-Fenster (siehe Abbildung) **grün** angezeigt werden - **Fertig!**

(Das kleine SteamVR-App-Fenster erscheint i. d. R. oben rechts über dem Bild der VR-Anwendung. Es kann auch verschoben werden. Über dieses Fenster können Einstellungen des VR-Systems vorgenommen werden, u. a. die Raumvermessung = Einrichtung des Spielbereiches.)



Hinweis

Wenn das Akkuwarnlicht unter dem Teleportier-Knopf blau leuchtet oder im SteamVR-Fenster ein „roter Blitz“ angezeigt wird, muss der Controller geladen werden. Der Akkustand der Controller wird beim Anklicken des Controller-Symbols in SteamVR angezeigt. Bei der Nutzung wird generell immer nur 1 Controller verwendet. Der zweite dient (geladen, aber nicht eingeschaltet) als Reserve. Beim Laden kann der Controller von den Basisstationen erkannt werden und in der virtuellen Welt sichtbar sein. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Laden der Controller außerhalb der Reichweite der Basisstationen. Der andere in Nutzung befindliche Controller sollte automatisch erkannt werden.

- d. **Anwendung beenden** - Soll die **VR-Anwendung inklusive der SteamVR-App** geschlossen werden, dann das kleine (Schließ-)Kreuz oben rechts im kleinen SteamVR-App-Fenster betätigen und das Schließen der Anwendung im nächsten Dialogfenster bestätigen → für einen **Neustart** Punkt 1.3 a. - c. wiederholen.
- e. Soll **nur die VR-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“** beendet werden, dann großes (Schließ-)Kreuz oben rechts auf dem Bildschirm in der Anwendung drücken. Dabei bleibt das SteamVR-

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

App-Fenster der Programmumgebung als einziges geöffnet, was für die Raumvermessung (Einrichtung des Spielbereichs, siehe Punkt 1.4 Raumvermessung) nötig ist.

1.4 Raumvermessung

Bei der Raumvermessung werden die Grenzen des Spielbereichs festgelegt, der Boden kalibriert und die korrekte Erfassung von Headset und Controllern durch die Basisstationen im dreidimensionalen Raum gewährleistet. Durchzuführen ist die Raumvermessung **beim erstmaligen Einrichten** der VR-Station, zur **Veränderung/Anpassung der Größe des Spielbereichs** bzw. wenn die **räumlichen Zuordnungen** in der Animation **nicht mehr stimmen** (z. B. Nutzer*in hat den Eindruck „zu schweben“ oder „im Boden einzusinken“ -> Kalibrierung des Bodens in der virtuellen Welt nicht korrekt). Letzteres kann z. B. auftreten, wenn Basisstationen verrückt wurden oder jemand gegen das Stativ gestoßen ist.

Durchführung

- VR-Anwendung inkl. SteamVR-App starten (siehe 1.3 a)
- nur VR-Anwendung beenden (siehe 1.3 e)
- im SteamVR-App-Fenster durch Drücken des kleinen Dreiecks o.ä. (je nach SteamVR-Version) neben dem Schriftzug SteamVR oben links (siehe Abb. unter 1.3 c) das Menü aufrufen, Menüpunkt "Raumvermessung" auswählen
- im sich öffnenden Dialogfenster die Option "Raumfüllende VR" auswählen und der Anleitung folgen

1.5 Problembehebung

Bei Problemen mit der VR-Station eine Behebung in dieser Reihenfolge versuchen:

- **Controller** aus- und wieder einschalten
- **Programm** beenden (siehe Punkt 1.3 d.) und anschließend wieder neu starten (siehe Punkt 1.3 a.)
- **Rechner** neu starten und Punkt 1.3 a. -c.) wiederholen.
- Alle **Kabel** auf ordnungsgemäßen Sitz und Bruchstellen **kontrollieren**.
➔ Flackern oder Wiedergabeausfälle in der VR-Brille können auch durch Kabelbrüche (Verbindungskabel VR-Brille und Link-Box/Verbindung zum PC) verursacht werden.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

2. EINWEISUNG DER BESUCHER*INNEN

2.1 Explorative Tour vs. betreuter Rundgang

Mit Hilfe der zwei nachfolgenden Tools haben Nutzende der Virtual-Reality-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ die **Möglichkeit**, sich **selbstständig, ohne vorherige Einweisung** der Betreuenden in der VR-Anwendung **auszuprobieren** und durch die Lebensräume zu bewegen. Ist dies nicht gewünscht bzw. wird der Bedarf einer Unterstützung ersichtlich, erfolgen die Betreuung und Erläuterung durch die Aufsichtsperson.

- **(optional) Einweisungsvideo**
 - Das **Desinfizieren der VR-Brille** sowie die nötigen **Handgriffe zur Nutzung der VR-Hardware** (VR-Brille und Controller) werden in einem kurzen Einweisungsvideo (Videotutorial für Benutzende_NEU) gezeigt (siehe Punkte 2.3 Controller & 2.4 Nutzung und Anwendung).
 - Das Video kann optional über einen zusätzlichen Bildschirm o.ä. in einer Schleife gezeigt werden.
- **Einführungswelt**
 - Die Einführungswelt beginnt in einem virtuellen „**Übungsraum**“, der den Nutzenden den Umgang mit dem Controller und dessen Funktionen (Greifen und Fortbewegen) in der VR-Anwendung vermittelt.
 - Nachdem die Übungen erfolgreich durchgeführt wurden, gelangen die Nutzenden in einen virtuellen „**Ausstellungsraum**“ der die Kontextualisierung der VR-Anwendung gewährleistet, indem die **Lebensräume inkl. der Bodentiere** vorgestellt werden und der **Zugang** zu den **einzelnen Welten** bzw. das **Starten einer Tour** ermöglicht wird. (siehe Punkt 2.7 Einführungswelt).

2.2 Hygienemaßnahmen

Vor jeder **Nutzung** Controller und Gesichtspolster der VR-Brille mit **Desinfektionsspray** oder **Desinfektionstüchern** reinigen. **WICHTIG** die innenliegenden **Monitore der VR-Brille** dürfen **keinesfalls mit Desinfektionsmittel** in Berührung kommen! Für verschmutzte „Brillengläser“/innenliegende Monitore kann ein handelsübliches Brillenputztuch verwendet werden (Kratzer und Trübungen durch Fehlbehandlung sind zwingend zu vermeiden).

Vor dem Aufsetzen der VR-Brille muss ggf. eine **Hygieneeinwegmaske für VR-Brillen** (schwarze Ausführung empfohlen) aufgesetzt werden. In Abhängigkeit der geltenden Corona-Regeln müssen Nutzende und Betreuende auch einen **Mund- und Nasenschutz** tragen. Dies kann u.U. zum Beschlagen der innenliegenden Monitore bei der Nutzung führen.

2.3 Controller

Der Controller dient in der virtuellen Welt der **Fortbewegung und Interaktion**. In den unterirdischen Lebensräumen (Porenraum und Wasserfilm des Bodens) fungiert er gleichzeitig als dauerhaft leuchtende Taschenlampe. In der virtuellen Welt ist der in der Hand der Nutzenden liegende Controller als Animation sichtbar. In den Lebensräumen zeigt der Controller zusätzlich eine holographische, dreidimensionale Karte der jeweiligen Welt, die der Orientierung innerhalb des virtuellen Raumes dient.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Fortbewegen und Teleportieren:

- **Kurze Distanzen:** In dieser raumfüllenden VR-Anwendung (siehe 1.4 Raumvermessung und Spielbereichsbegrenzung) ist es möglich einige **Schritte** zu **laufen** bzw. sich den Tieren o.ä. durch Herunterbeugen etc. zu nähern.
- **Größere Distanzen** werden **durch** das **Teleportieren** zurückgelegt. Beim **Drücken und Gedrückt halten** des **großen Knopfs auf dem Controller** (siehe Abb. unter 1.3 b) erscheint ein Strahl mit einem Zielkreis am Ende. Ein roter Strahl zeigt auf nicht zugängliche Bereiche. Durch Neigung des Controllers den Strahl auf den Boden vor sich richten bis dieser grün ist. Den Teleportierknopf **erst loslassen**, wenn der grüne Kreis am Ende des Strahls dorthin zeigt, wo man „**hinspringen**“ bzw. **sich fortbewegen/teleportieren** möchte.
 - Beim Loslassen gelangt man an die durch den Kreis anvisierte Stelle.
 - Empfehlung: kleine Sprünge, um die Orientierung nicht zu verlieren.

Sprach-Beispiel

„Das ist der Controller. Damit können Sie sich einerseits den Porenraum und Wasserfilm wie mit einer Taschenlampe ausleuchten und andererseits in der virtuellen Welt fortbewegen oder interagieren. Zur Fortbewegung drücken Sie den großen Knopf in der Mitte (meist unter Ihrem Daumen). Dabei erscheint ein Strahl. Halten Sie den Knopf so lange gedrückt, bis der grüne Kreis am Ende des Strahls auf die Stelle zeigt, an die Sie sich bewegen möchten. Dann erst lassen Sie den Knopf los. Richten Sie den Controller anfangs am besten kurz vor sich auf den Boden, um kleine Sprünge zu machen. Ein roter Strahl kennzeichnet nicht begehbbare Bereiche. In dem Fall suchen Sie sich durch Bewegung des Controllers einen anderen Punkt, an welchem der Strahl grün wird.“

Greifen/Hochheben:

- Der **Pistolengriff** auf der Unterseite des Controllers dient herangezogen dem **Anheben der Exponate im Ausstellungsraum** sowie eines **Kugelspringers in der Laubstreu** (dieser ist auf der 3D-Karte des Controllers in der Laubstreu mit einem rosafarbenen Punkt markiert).
 - Der Griff am Controller kann den Besuchenden bereits vorab gezeigt werden. Die eigentliche Funktion sollte jedoch erst bei den entsprechenden Exponaten bzw. dem betreffenden Kugelspringer erläutert werden.
 - Der Controller wird in das betreffende Exponat gehalten, dann der Pistolengriff herangezogen und gezogen belassen. Auf diese Weise lässt sich das Objekt anheben und von allen Seiten betrachten. (Kugelspringer in der Laubstreu besitzt auf seiner Bauchseite eine bewegliche Sprunggabel, die auf diese Weise „in Aktion“ beobachtet werden kann). Mit dem Loslassen des Pistolengriffs werden auch die Objekte losgelassen.

Anstupsen:

- Im **Lebensraum Laubstreu** können zwei Bodentierarten (**Hornmilbe und Kugelspringer**) durch **berühren mit dem Controller**, ohne dabei Knöpfe am Controller zu drücken, angestupst werden:
 - Die Hornmilben ziehen sich zusammen, die Kugelspringer springen weg - mit Ausnahme des einen Exemplars, welches zum näheren Betrachten hochgehoben werden kann.

3D-Karte (auf dem Controller):

- Zusätzlich befindet sich auf dem Controller selbst in der virtuellen Welt eine **Karte zur Orientierung**. Der Hinweis und die Erläuterung dazu sollte erst gegeben werden, wenn die

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Nutzenden die Karte sehen können, also mit aufgesetzter VR-Brille und dem Controller in der Hand.

- Navigation mit Hilfe der Karte siehe [Punkt 2.7 Kartennavigation](#)

2.4 VR-Brille aufsetzen

- VR-Brille aufsetzen - **Drehverschluss am Hinterkopf** durch festziehen (wie beim Fahrradhelm).
- Zusätzlich kann über einen **Klettverschluss auf dem Scheitel** die Passform eingestellt werden.
- Der richtige Sitz der VR-Brille hat Einfluss auf die Schärfe der Darstellung.
- Frage der Betreuer*in nach **bequemem Sitz der Brille und ausreichender Sehschärfe** (übermäßiger Druck könnte zu Kopfschmerzen führen).

Allgemeine Hinweise

- Weiteres Fokussieren oder Anpassen des Augenabstandes in der Regel nicht erforderlich.
- Personen mit Zopf sollen möglichst Haare offen oder locker tragen.

Hinweise an brillentragende Nutzende

- Nutzung der VR-Brille über der eigenen Brille ist möglich (HTC Vive ist für die meisten Brillen groß genug), erfolgt aber auf **eigene Gefahr**. Für eine Beschädigung der eigenen Brille wird keine Haftung übernommen.
- Wenn eine Brille nicht in die VR-Brille passt:
 - Nutzenden bitten es **ohne Brille** zu **versuchen**
 - Mit Brille, aber Brillenbügel zu breit - abwaschbares Gesichtspolster (Klett) entfernen und gegen **Schaumstoff-Gesichtspolster mit Aussparung** für die Brillenbügel austauschen
- Die folgenden Justierungen nur vornehmen, wenn es unbedingt nötig ist:
 - **Abstand von VR-Brillen-Monitoren zu Augen** vergrößern - bei HTC Vive die grauen Ringe an beiden Seiten der Kopfhalterung (siehe Abbildung über 2.5) der VR-Brille vorsichtig nach außen ziehen und gleichzeitig nach vorn drehen.

Sprach-Beispiel für Betreuende

„Bitte halten Sie sich die Brille mit beiden Händen, wie eine „Taucherbrille“, vor die Augen bis sie das Bild scharf sehen. Ich helfe Ihnen den Sitz der Brille anzupassen. Können Sie gut sehen? Verspüren Sie irgendwo einen Druckpunkt?“

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“



©https://images.kogan.com/image/fetch/s--2fpClqhk--/b_white,c_pad,f_auto,h_400,q_auto:good,w_600/https://assets.kogan.com/files/product/aub/HTC/HTC-99HAHZ048-00_1.jpg

2.5 Nutzung und Anwendung

Räumliche Begrenzung der virtuellen Welt:

- Besucher*innen sollen **innerhalb des farbigen Gitters bleiben**: zum Schutz vor physischen Schäden unter keinen Umständen darüber hinausgehen und auch nicht durch das Gitter greifen.
- Nutzer*innen **unbedingt auf Gitter hinweisen**, aber auch selbst darauf achten, dass nicht zu weit gegangen wird. Im Zweifel Besucher*innen wieder in den "sicheren" Trackingbereich zurückführen.
- Wenn Nutzer*in etwas genau betrachten/greifen möchte, sich aber schon im Gitternetzlinien-Bereich befindet -> drei Schritte zurück gehen und nach vorn teleportieren.

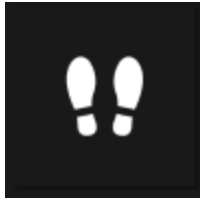
Sprach-Beispiel

„Wenn Sie ein farbiges Gitter sehen, gehen Sie bitte nicht weiter und versuchen Sie bitte auch nicht durch das Gitter hindurch zu greifen. Sie befinden sich am Rand der Bewegungsfläche und könnten irgendwo anstoßen. Bitte gehen Sie in diesem Fall 2-3 Schritte zurück oder sagen Sie mir Bescheid.“

Icon-Auswahl auf Touchscreen & Positionierung der Nutzer*innen:

- Nutzende haben die Möglichkeit den **gewünschten Einstiegs-/Startpunkt** mit der Betreuungsperson abzustimmen. Die verschiedenen virtuellen „Welten“ der VR-Anwendung sind über **Icons** auf dem **Touchscreen-Monitor** des Terminals auswählbar.
 - Alternativ können Icons auch über mobile Tastatur (vorher anschalten) ausgewählt werden.
- Auch wenn die Nutzenden sich bereits innerhalb der Anwendung befinden, können sie von der Betreuungsperson über die Icons auf dem Touchscreen versetzt werden.
- Nach Absprache mit dem/der Nutzer*in ist auch eine **selbstständige Tour durch alle Lebensräume möglich**.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“



Füße: Lernparcours (erster Teil der Einführungswelt)



Rondell: Ausstellungsraum (zweiter Teil der Einführungswelt)



Laubblatt: Lebensraum Laubstreu



Bodenprofil: Lebensraum Porenraum des Bodens



Wassertropfen: Lebensraum Wasserfilm des Bodens

Innerhalb der Lebensräume Laubstreu und Porenraum **können Nutzende** von der Betreuungsperson durch **Drücken der Zahlen 1 – 3** auf dem Touchscreen **an die markierten Punkte** auf der Karte **gesetzt werden**. Dies sollte nur in Fällen erfolgen, in denen Nutzende gar nicht zurechtkommen (z. B. Probleme bei der Orientierung oder dem Teleportieren). An den jeweiligen Punkten sind folgende Organismen zu sehen:

- *Porenraum*: 1 = Springschwänze, Hornmilben, Raubmilben; 2 = Weißwürmer; 3 = Hundertfüßer, Springschwänze
- *Laubstreu*: 1 = Hornmilbe, Kugelspringer; 2 = Hornmilbe, Kugelspringer, Doppelfüßer; 3 = Landasseln, Pseudoskorpion, Kugelspringer (zum Aufheben)

2.6 Einführungswelt

Die Einführungswelt wurde entwickelt, um die **Betreuung**, die Nutzende der VR-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ benötigen, zu **verringern**. Ziel dieser Einführungswelt ist es das **technische, koordinative und inhaltliche Vorwissen**, welches für die Nutzung der VR-Anwendung benötigt wird, im Rahmen eines **Lernparcours** sowie eines **Ausstellungsraumes** zu vermitteln und Handgriffe zu üben.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“



„Füße“ - Lernparcours (erster Teil der Einführungswelt)

Im Lernparcours wird der Nutzende zum Gehen, sich Drehen im Raum, Hochheben und Teleportieren angeleitet. Um diese Aufgaben bewältigen zu können, gilt es verschiedene Hinweise zu beachten.

Laufen und Drehen:

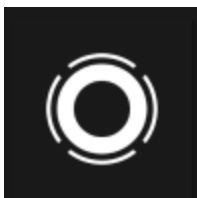
- Nutzer*in muss zu den roten Fußabdrücken hinlaufen und sich in der richtigen Richtung drauf stellen; die sich zu den Fußabdrücken bewegenden Pfeile weisen den Weg.
- Ist diese Aufgabe gemeistert, werden die Fußabdrücke grün und der nächste Teil des Lernparcours wird geladen.

Greifen:

- Nutzer*in steht in einem Rondell; davor befindet sich eine Mappe mit einem Fragezeichen
- Eine Strichlinie führt vom Controller direkt zur Mappe und es erscheint der Text „Nimm die Mappe“.
- Der benötigte Griff für das Greifen der Mappe (der Pistolengriff) blinkt markant gelb auf.
- Beim Greifen und Festhalten öffnet sich die Mappe. Darin werden das Teleportieren, das Greifen und die räumliche Begrenzung kurz erläutert. Die Mappe muss mindestens drei Sekunden gehalten werden (auf der Rückseite ein sich farblich füllender Kreis).

Teleportieren:

- In einiger Entfernung erscheint ein blau leuchtender Zylinder
 - Übergangspunkt zum Ausstellungsraum (zweiter Teil der Einführungswelt)
- Zeitgleich wird auf dem Controller die animierte Karte angezeigt
 - Hierauf sind Pfeil (= Standort), Pfeilrichtung (= Blickrichtung), Zielpunkt (= blauer Übergangspunkt) und Schlängellinie (empfohlener Weg) abgebildet
- Nutzer*in muss sich nun in mehreren Schritten zum Übergangspunkt teleportieren
 - Teleportierknopf blinkt markant gelb auf



„Rondell“ - Ausstellungsraum (zweiter Teil der Einführungswelt)

Der **Ausstellungsraum** gibt den Nutzenden v.a. die Möglichkeit, sich den inhaltlichen Kontext der VR-Anwendung zu erschließen. Kurztexte über die Lebensräume sowie zur VR-Anwendung im Allgemeinen helfen bei der Kontextualisierung des Inhalts.

- Auf den Flächen des weitläufigen Rondells, in dem sich die Nutzenden nun befinden, sind alle in den Lebensräumen **vorkommenden Tiere**, **Logowürfel**, ein **Bodenwürfel** mit einer **Miniaturansicht der Laubstreu** sowie digitalisierte **Infoposter** zu sehen. Mit Hilfe der erlernten

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Greiffunktion können die Nutzenden Tiere und Gegenstände, die sich auf dem Rondell befinden, greifen und genauer betrachten.

- Die **blau leuchtenden Kreise/Zylinder**, die sich auf der Rondell-Oberfläche vor den Leinwänden befinden, sind die **Zugangspunkte** für die **einzelnen Lebensräume** sowie zur **Tour durch alle drei Lebensräume** (vor der Leinwand „Abenteuer Bodenleben“). Bei der Tour durchläuft der Nutzende hintereinander die Lebensräume Laubstreu, Porenraum, Wasserfilm und kommt anschließend wieder im Ausstellungsraum an.
- Den Lebensräumen bzw. der Tour ist eine kurze **Zwischensequenz** vorgeschaltet. Wie zu Beginn des Lernparcours wird der Nutzende mittels Fußabdrücke und hinlaufender Pfeile darauf hingewiesen, sich in die Mitte des Raumes zu begeben. Dies stellt sicher, dass der Nutzende in den jeweiligen Lebensräumen **zentral im kalibrierten Bereich** startet.

2.7 Kartennavigation

Dem Nutzenden wird ein Controller **in die Hand geben**. Es empfiehlt sich vorher zu fragen, ob links oder rechts die bevorzugte Hand ist. Wenn nötig, gleich den Daumen auf den richtigen Knopf (zum Teleportieren) legen.

„Schauen Sie auf den Controller, wie auf Ihr Smartphone“ – ist ein guter Hinweis, um Nutzende auf die vorhandene Karte hinzuweisen. Im Lebensraum Wasserfilm entfällt die Karte aufgrund der überschaubaren Größe des Raumes.

Symbolik der Karte:

- Nutzer*in = **rosa Pfeil**, dessen Spitze die **Blickrichtung** anzeigt.
- Dynamisch-gestrichelte Linie = **empfohlener Weg durch den Lebensraum**
 - Wegführung endet am **Ausgangspunkt/Übergangspunkt** zur nächsten Lebenswelt (**blauer Zylinder**)
- Großer, gelber Punkt = **1-Cent-Münze** (Größenvergleich, 200fach)
- Bewegliche, gelbe „Perlenkette“ (Porenraum, Laubstreu) = größere Tiere (Hundert- und Doppelfüßer)
- Markanter, roter Punkt (Laubstreu) = Standort des aufhebbaren Kugelspringer

Sprach-Beispiel (im Porenraum des Bodens)

„Heben Sie den Controller bitte etwas an und schauen sie nach unten. Sie müssten jetzt eine Karte sehen. Auf dieser sind Sie der rosa Pfeil. Die Spitze zeigt in Ihre Blickrichtung. Die sich bewegenden gelben Punkte am Ende der Karte symbolisieren den Hundertfüßer, der große, gelbe Punkt ist eine 1-Cent-Münze zum Größenvergleich. Sie können der Linie folgen, müssen dies aber nicht. Es sind davon abweichend auch andere Bodenporen/-gänge begehbar.“

2.8 Zwischen den Nutzungen

Am Ende jeder Nutzung **Controller entgegennemen**, die **VR-Brille selbst abnehmen lassen** und **nach Rückgabe reinigen**. Einweggesichtsmaske kann entsorgt oder als Andenken mitgeben werden.

Reinigung der **Brille** und des **Controllers** nach jeder Nutzung (siehe 2.2 Hygiene). Bei Bedarf können auch die Polster, der oberen und hinteren Kopfpartie gereinigt werden (z. B. wenn Nutzer*in stark geschwitzt hat). Danach die Brille mit Frontseite auf **Halterung** auflegen und Controller in Halterung einstecken.

3. HINTERGRUNDINFORMATIONEN

3.1 Kontext der VR-Anwendung

Die VR-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ ist als Ergänzung der Wanderausstellung des Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz „Die dünne Haut der Erde - Unsere Böden“ im Rahmen des Projektes „museum4punkt0“ gefördert durch die Beauftragte der Bundesregierung für Kultur und Medien entstanden. Sie schafft den Zugang zu 3 verschiedenen Bodenlebensräumen und machen diese zusammen mit dort typischerweise vorkommenden Organismen realitätsnah erfahrbar. Dazu schrumpfen die Nutzer*innen in der Anwendung virtuell um das 200fache auf die Größe einer Assel (1 cm = 2 m, wodurch Umgebung und Organismen für Nutzende der VR-Brille 200fach vergrößert erscheinen).

Hinweis: Die im Porenraum und der Laubstreu zu findende 1-Cent-Münze dient dem Größenvergleich.

Die Lebensräume und darin vorkommenden Arten einer repräsentativen Auswahl an Bodenorganismen wurden in Zusammenarbeit mit BodenzooLOG*innen des Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz und Entwicklern der .hapto GmbH detailgetreu animiert und modelliert. Zudem finden sie sich in den jeweiligen Lebensräumen in annähernd natürlichen Mengenverhältnissen wieder. Die "Pflanzenfresser" (z. B. Springschwänze, Hornmilben, Weißwürmer) kommen in großer Individuenzahl, die Räuber (z. B. Raummilbe, Hundertfüßer) nur mit 1–2 Individuen vor.

Hinweis als Veranschaulichung für BesucherInnen: Es gibt wesentlich mehr Rehe als Wölfe oder Gazellen als Löwen.

Nachstehend folgen umfassende Informationen zu den Lebensräumen und der darin vorkommenden Bodenorganismen. Zusätzlich verfügbare Infoposter fassen diese in Kurzform und bebildert zusammen und können den Besucher*innen als Auslage oder Aushang zur Verfügung gestellt werden.

3.2 Lebensräume

Innerhalb eines Kubikmeters Boden existieren mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Erde gibt. Hundertfüßer, Springschwänze, Rädertierchen, Pilze und viele mehr bilden ein unvorstellbar mannigfaltiges, unter unseren Füßen befindliches Ökosystem. In der Virtual-Reality-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ werden diese für den Menschen schwer zugänglichen Bodenlebensräume durch 200fache Schrumpfung, in etwa auf die Größe einer Landassel, erlebbar gemacht.

3.2.1 Lebensraum Laubstreu



Im Lebensraum Laubstreu finden sich die Besucher*innen inmitten eines typischen mitteleuropäischen Buchenwalds wieder. Feuchte, schattige Nischen zwischen Buchenblättern, Pilzen und zerfallendem Material bieten den zahlreichen Bodenlebewesen optimale Lebensbedingungen. Landasseln, Doppelfüßer, Hornmilben, Kugelspringer und Pseudoskorpione tummeln sich hier und sind entscheidend am Zersetzungsprozess der organischen Bodenaufgabe beteiligt.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

3.2.1.1 Springschwanz (*Collembola*)

Vorlagen-Art für VR: *Allacma fusca* (Dunkelbrauner Kugelspringer)

Nahrung: Algen, Pflanzenreste, Schimmelpilze, Pilze und Bakterien

Größe: ca. 1 mm (200fache Vergrößerung: 20 cm, d. h. im Vergleich etwa so lang wie ein Meerschweinchen)

Springschwänze (Collembolen) sind kleine, zarthäutige, flügellose Insekten (Apterygoten). Sie sind unter anderem durch den Abbau von Pflanzenresten wesentlich an der Bildung von Humus beteiligt. Durch die Zersetzung organischer Rückstände tragen sie zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und des Pflanzenwachstums bei. Die Umwandlung von Pflanzenresten in natürlichen Dünger hat einen erheblichen Nutzen, z. B. für die Landwirtschaft. Mit bis zu 200.000 Individuen pro Quadratmeter zählen die Springschwänze zur individuenreichsten Insektengruppe im Boden.

In Deutschland gibt es ca. 524 Springschwanzarten, von denen 87 zu den Kugelspringern gehören. Ihr Name nimmt einerseits Bezug auf den kugelartig geformten Körper (Brust- und fast alle Hinterleibsegmente kugelförmig verschmolzen) und andererseits auf ihr „sprunghaftes“ Fluchtverhalten. Die in der VR-Laubstreu dargestellte Art ist der Dunkelbraune Kugelspringer (*Allacma fusca*), der 2016 zum Insekt des Jahres gewählt wurde. Sehr große Tiere können bis zu 4 mm lang werden, womit *Allacma fusca* zu den größten Kugelspringerarten Europas zählt (*Die in der VR dargestellten Individuen sind nur ca. 1 mm groß*).

Oberirdisch lebende Springschwänze sind zumeist kugel- bis birnenförmig, pigmentiert und haben eine lange und dichte Behaarung. Das Farbmuster dient dabei der Tarnung. Sie werden als Springschwänze bezeichnet, weil an der Erdoberfläche lebende Arten, wie in dieser VR dargestellt, mittels einer auf der Körperunterseite befindlichen Sprunggabel (=Furca) einen Rückwärtssalto vollführen können. Auf diese Weise katapultieren sie sich bis zu 35 cm weit und bringen sich vor Räubern in Sicherheit. Sie landen dabei nicht immer gekonnt auf den Beinen. Auch mehrmaliges Springen ist üblich, um eine ausreichende Distanz zum Räuber zu schaffen. Der Sprung vollzieht sich mit Geschwindigkeiten von bis zu 1,4 m/s (etwa 5 km/h). In der VR kann dieses Fluchtverhalten durch berühren der Tiere mit dem Controller ausgelöst werden.

3.2.1.2 Hornmilbe (*Oribatida*)

Vorlagen-Art für VR: *Steganacarus magnus*

Nahrung: abgestorbenes Pflanzenmaterial (Laub), Pilzfäden und -sporen, Bakterien, Algen

Größe: ca. 0,8 mm (200fache Vergrößerung: 16 cm, d. h. im Vergleich etwa so lang wie eine kleine Hausratte)

Oberirdisch lebende Hornmilben sind meist größer als bodenbewohnende, kugelförmig, haben längere Beine und sind dunkelbraun bis schwarz gefärbt.

In Deutschland sind etwa 560 Hornmilbenarten bekannt, weltweit gibt es gegenwärtig 11.000 beschriebene Arten. In vielen Regionen der Erde werden Hornmilben jedoch bisher kaum untersucht, sodass ihre tatsächliche Artenzahl sicher mindestens das Doppelte beträgt.

Einige Arten klappen bei Gefahr Vorderkörper und Hinterleib zusammen, sodass sie eine Kugel bilden, in deren Innerem die Beine geschützt sind. Diese Schutzreaktion wird durch das Berühren mit dem Controller in der VR ausgelöst. An der harten Kugel finden Räuber keine Angriffspunkte und die Milbe ist vor Fraß geschützt (wie in der VR-Laubstreu dargestellt). Ein zusätzlicher chemischer Cocktail aus Sekreten, die in Drüsen im Körperinneren gebildet werden, komplettiert die Abwehr gegen größere

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Fressfeinde. Hornmilben kommen in fast allen Böden der Welt vor, sind jedoch in Waldböden am häufigsten und artenreichsten. Sie spielen bei der Zersetzung von totem Pflanzenmaterial eine große Rolle, wodurch Nährstoffe wieder für das Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen und erfüllen damit eine ähnlich wichtige Funktion wie die Regenwürmer. Besonders in Nadelwäldern kommen Hornmilben sehr häufig vor und übernehmen dort einen großen Teil der Zersetzung der Streu, weil Regenwürmer in den sauren Nadelwaldböden nicht überleben können.

3.2.1.3 Doppelfüßer (*Diplopoda*)

Vorlagen-Art für VR: *Polydesmus* spec. (Bandfüßer)

Nahrung: verrottendes Laub, morsches Holz

Größe: ca. 20 mm (200fache Vergrößerung: 4 m, d. h. im Vergleich etwa die Länge eines Mississippi-Alligators)

Die Doppelfüßer (*Diplopoda*) stellen die artenreichste Gruppe (ca. 14.000 Arten) der Vielfüßer (*Myriapoda* = Tausendfüßer im weiteren Sinne) dar. Im Gegensatz zur zweitgrößten Gruppe der Vielfüßer, den Hundertfüßern (*Chilopoda*, siehe VR-Porenraum), sind sie meist Pflanzenfresser. Ihr langgestreckter Körper besteht aus einem Kopf und einem vielgliedrigen Rumpf, welcher aus einzelnen Körperringen aufgebaut ist. Ab dem 5. Körpersegment sitzen an jedem der folgenden Körperringe zwei Beinpaare, daher auch der Name Doppelfüßer. Alle zwei Beinpaare tragenden Körperringe sind durch Verschmelzung von jeweils zwei Körpersegmenten entstanden und werden deshalb auch als Doppelsegmente (*Diplosegmente*) bezeichnet. Da einige Vertreter der Gruppe sehr viele Körperringe aufweisen (bis zu 192), erreichen diese auch die höchste Beinzahl (bis zu 750) innerhalb der Vielfüßer, weshalb die Doppelfüßer oft auch als Tausendfüßer im engeren Sinne bezeichnet werden.

Der in der VR dargestellte Vielfüßer zählt zu der weltweit artenreichsten Familie der Doppelfüßer, den Bandfüßern. Diese besitzen fast alle nur 20 Körperringe. Der Körper ist abgeflacht und weist breite und auffällige Seitenflügel auf. An diesen sitzen Wehrdrüsen, die zur Verteidigung giftige Blausäure abgeben können. Die Oberseite der Rückenschilde und Flügel ist mit Erhebungen, auch Tuberkel genannt, versehen. Diese dienen der Kontaktminimierung zwischen Tier und Blattflächen und verhindern somit, dass das feuchte Laub am Tier haften bleibt. Der Kopf der Bandfüßer ist relativ klein und die Tiere haben keine Augen.

3.2.1.4 Pseudoskorpion (*Pseudoscorpiones*)

Vorlagen-Art für VR: *Neobisium* spec. (Mooskorpion)

Nahrung: Springschwänze, Milben, Fadenwürmer

Größe: ca. 3 mm, mit Scheren ca. 4,5 mm (200fache Vergrößerung: 60 (90) cm, d. h. im Vergleich etwa die Körperlänge eines Fuchses)

Pseudoskorpione ähneln in ihrem Körperbau zwar dem Skorpion, besitzen jedoch keinen „Giftschwanz“ und sind eher mit den Walzenspinnen verwandt. In Deutschland sind 49 Arten bekannt. Der Körper der Pseudoskorpione kann in Pro- (Vorderkörper) und Opisthosoma (Hinterleib) gegliedert werden. Am Vorderkörper setzen alle Gliedmaßen wie Beine und Scheren an. Die räuberisch lebenden Tiere fangen ihre Beute mit den Kiefertastern (*Pedipalpen*) und fixieren sie anschließend mit den zweigliedrigen Scheren, auch *Chelizeren* genannt. Bei manchen Arten befindet sich in mindestens einem der beiden Finger einer Scherenhand (*Chela*) eine Giftdrüse. Pseudoskorpion-Arten mit Giftdrüse halten ihre Beute so lange fest, bis diese das Bewusstsein verliert. Ein injiziertes Verdauungsssekret verflüssigt die

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Nahrungsbestandteile der Beutetiere, welche vom Pseudoskorpion anschließend aufgesaugt werden. Tiere der Gattung *Neobisium* (dt. Mooskorpione i. e. S.) bevorzugen Lebensräume mit hoher Luftfeuchtigkeit und sind in der Bodenstreu, unter Steinen oder unter Baumrinde zu finden.

3.2.1.5 Landassel (*Oniscidea*)

Vorlagen-Art für VR: *Trachelipus ratzeburgii*

Nahrung: hauptsächlich Pilze und abgestorbenes Pflanzenmaterial, Algen, tote Insekten und Kot

Größe: ca. 10 mm (200fache Vergrößerung: 2 m, d. h. im Vergleich etwa so lang wie ein mittelgroßer Krokodilkaiman)

Landasseln zählen zur Unterordnung der Krebstiere. Ihr Körper hat eine längsovale Form, die beidseitig abgeplattet ist. Der Körper ist segmentiert und lässt sich in drei verschiedene Abschnitte unterteilen: den Kopfbrust-Abschnitt, den Brustabschnitt und den Hinterleib. Der Kopf ist mit dem Brustabschnitt verschmolzen. Die Landassel verfügt über mehrere Einzelaugen (Ocellen) und zwei Antennenpaare, von denen das erste Paar sehr klein und das zweite meist sehr groß ist. Auf der Unterseite des Kopfes befinden sich die Mundwerkzeuge und am Brustabschnitt setzen sieben gleichmäßig ausgebildete Beinpaare an.

Die meisten Landasselarten werden zwischen 2 und 20 mm lang. Sie ernähren sich vor allem von Falllaub und Holz. Um sich vor einem zu großen Wasserverlust durch Verdunstung zu schützen sind sie nachtaktiv und verstecken sich tagsüber unter Steinen, Rinden oder in der Vegetation.

3.2.2 Lebensraum Porenraum



Im Porenraum des Bodens taucht man hinab in eine Art Tunnelsystem, welches sich 5 bis 10 Zentimeter unter der Erde befindet. Der Oberboden oder auch Mutterboden ist der Lebensraum vieler winzig kleiner Bodenorganismen, welche zur Auflockerung des Bodens und zur Zersetzung von organischem Material beitragen. Im Schein der Taschenlampe sind Hornmilben, Raubmilben, Hundertfüßer, Weißwürmer und Springschwänze hier leicht zu entdecken.

3.2.2.1 Springschwanz (*Collembola*)

Vorlagen-Art für VR: *Mesaphorura machrochaeta*

Nahrung: Detritus (abgestorbene pflanzliche Stoffe, Exkreme, Aas), Algen, Pilze, Pollen, Mikroorganismen

Größe: ca. 0,7 mm (200fache Vergrößerung: 14 cm, d. h. im Vergleich etwa so groß wie ein Goldhamster)

Springschwänze (Collembolen) sind kleine, zarthäutige, flügellose Insekten (Apterygoten). Sie sind wesentlich an der Bildung von Humus beteiligt. Durch die Zersetzung organischer Rückstände tragen sie zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und des Pflanzenwachstums bei. Die Umwandlung von Pflanzenresten in natürlichen Dünger hat einen erheblichen Nutzen, z. B. für die Landwirtschaft.

Die Bezeichnung Springschwänze ist auf das „Fluchtverhalten“ der oberirdisch lebenden Arten zurückzuführen. Diese Arten, wie in der VR-Laubstreu dargestellt, können bei Bedrohung mittels einer auf der Körperunterseite befindlichen Sprunggabel (=Furca) wegspringen, indem sie Rückwärtssaltos vollführen.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

Bei echten bodenbewohnenden (euedaphischen) Springschwänzen, wie im virtuellen Porenraum dargestellt, hat die namensgebende Sprunggabel aufgrund des vorherrschenden Platzmangels im Boden keine Funktion und ist daher zurückgebildet. Des Weiteren sind bodenbewohnende Springschwänze kleiner als oberirdisch lebende, teilweise blind, langgestreckt bis wurmförmig, kaum pigmentiert und eher weiß bis milchig gefärbt. Auch die Beine sind verkürzt. Oberirdisch lebende Springschwänze sind meist größer, kugel- bis birnenförmig, pigmentiert und haben eine lange und dichte Behaarung.

3.2.2.2 Hornmilbe (*Oribatida*)

Vorlagen-Art für VR: *Oppiella nova*

Nahrung: verrottendes Laub, Pilzfäden und -sporen, Bakterien, Algen, Mikroorganismen

Größe: ca. 0,45 mm (200fache Vergrößerung: 9 cm, d. h. im Vergleich etwa so groß wie eine Hausmaus)

Hornmilben (*Oribatida*) haben eine Körperpanzerung, die sie rundum schützt. Ein zusätzlicher chemischer Cocktail aus Sekreten, die in Drüsen im Körperinneren gebildet werden können, komplettiert die Abwehr gegen größere Fressfeinde. Durch die Zersetzung organischer Rückstände tragen sie zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und des Pflanzenwachstums bei. Die Umwandlung von Pflanzenresten in natürlichen Dünger hat einen erheblichen Nutzen, z. B. für die Landwirtschaft.

Die echten bodenbewohnenden (euedaphische) Hornmilben, wie die des virtuellen Porenraums, sind kleiner als oberirdisch lebende, eher langgestreckt als kugelförmig, kaum pigmentiert und daher heller (gelblich bis orange und hellbraun) als die oberirdischen Arten. Auch die Beine sind meist kürzer als bei den Arten der Bodenoberfläche. Oberirdisch lebende Hornmilben sind meist größer, kugelförmig, haben längere Beine und sind dunkelbraun bis schwarz gefärbt.

In Deutschland sind etwa 560 Hornmilbenarten bekannt, weltweit gibt es gegenwärtig 11.000 beschriebene Arten. In vielen Regionen der Erde werden Hornmilben jedoch bisher kaum untersucht, sodass ihre tatsächliche Artenzahl sicher mindestens das Doppelte beträgt.

Hornmilben kommen in fast allen Böden der Welt vor, sind jedoch in Waldböden am häufigsten und artenreichsten. Sie spielen bei der Zersetzung von totem Pflanzenmaterial eine große Rolle, wodurch Nährstoffe wieder für das Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen. Hornmilben erfüllen damit eine ähnlich wichtige Funktion wie die Regenwürmer. Besonders in Nadelwäldern kommen Hornmilben sehr häufig vor und übernehmen dort einen großen Teil der Zersetzung der Streu, weil Regenwürmer in den sauren Nadelwaldböden nicht überleben können.

3.2.2.3 Raubmilbe (*Gamasina*)

Vorlagen-Art für VR: *Rhodacarus roseus*

Nahrung: andere Milben, Springschwänze, Fadenwürmer, Insektenlarven- und -eier, Gliederfüßer

Größe: ca. 0,5 mm (200fache Vergrößerung: 10 cm, d. h. im Vergleich etwa so lang wie eine kleine Hausratte)

Raubmilben (*Gamasina*) sind gepanzerte, eher rötlich-braune 0,2 bis 2 mm große Milben. Die in den unteren Bodenschichten lebenden (euedaphischen) Arten sind klein, meist um die 0,5 mm oder weniger, haben geringe Beinlängen, kurze Behaarung und schwache Chitinausbildung (d. h. eine mehr oder weniger helle Färbung). Sie orientieren sich v. a. mit dem vorderen Beinpaar, welches nach vorn gestreckt die Umgebung abtastet.

Die meisten Raubmilben ernähren sich von anderen Bodentieren. Das mit den Vorderbeinen ertastete Beutetier wird blitzschnell mit den Mundwerkzeugen gepackt, angeschnitten und mit den Chelizeren

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

unter Zuhilfenahme der Taster, zuweilen auch der Beine, festgehalten. Dann spritzt die Raubmilbe Verdauungssaft in die Wunde, knetet das Gewebe mit den Mundwerkzeugen durch und saugt schließlich den vorverdauten Nahrungsbrei auf.

Raubmilben werden seit Jahrzehnten in Gewächshäusern eingesetzt, um Spinnmilben und andere Schädlinge wie Thripse an Nutz- und Zierpflanzen zu bekämpfen.

3.2.2.4 Weißwürmer/ Enchyträen (*Enchytraeidae*)

Vorlagen-Art für VR: *Enchytraeus spec.*

Nahrung: verrottete Pflanzenreste, Einzeller, Algen, Pilze, Kotballen anderer Bodentiere

Größe: ca. 10 mm (200fache Vergrößerung: 2 m, d. h. im Vergleich etwa so lang wie eine Boa oder die Flügelspannweite eines Singschwans)

Weißwürmer sind die kleinen Verwandten der Regenwürmer. Sie sind mit ca. 10 mm aber viel kleiner, dünner und weißlich bis farblos. Weißwürmer leben bevorzugt in der feuchten Streu oder der Humusschicht der Böden. Trockene Sommermonate überdauern die Tiere in tieferen Bodenschichten. Manchmal überleben auch nur die in schützenden Kokons abgelegten Eier. Besonders bedeutend sind Enchyträen für den Abbau der Streu in Nadelwäldern, deren Böden einen niedrigen, sauren pH-Wert haben. Hier kommen sie im Gegensatz zu Regenwürmern auch besonders häufig vor. Die von ihnen angelegten feinen Gänge und ihre Kotkrümel verbessern die Nährstoffversorgung der Böden sowie die Bodenfeuchtigkeit und -struktur.

3.2.2.5 Hundertfüßer (*Chilopoda*)

Vorlagen-Art für VR: *Geophilus spec.*

Nahrung: kleine Insekten, Spinnen, Springschwänze, kleine Regenwürmer

Größe: ca. 40 mm (200fache Vergrößerung: 8 m, d. h. im Vergleich etwa so lang wie eine große Anakonda)

Die räuberisch lebenden Hundertfüßer (*Chilopoda*) sind mit weltweit rund 3000 bekannten Arten die zweitgrößte Gruppe der Vielfüßer (*Myriapoda* = Tausendfüßer im weiteren Sinne). Die artenreichste Gruppe sind die vornehmlich pflanzenfressenden Doppelfüßer (*Diplopoda*, siehe VR-Laubstreu). Heimische Hundertfüßer erreichen Körperlängen von 1 bis 7 cm. Tropische Hundertfüßer können sogar Körperlängen von bis zu 30 cm erreichen (*Skolopender*).

Hundertfüßer haben immer eine ungerade Anzahl an Beinpaaren und können deshalb nie exakt 100 Beine besitzen. Die Zahl der Beinpaare liegt zwischen 15 und 191. Der Erdläufer (*Geophilus carpophagus*) kommt mit 102 bis 114 Beinen zumindest nah an die namensgebende Zahl heran.

Hundertfüßer mögen es feucht und dunkel, weshalb sie bevorzugt nachts als flinke und wendige Jäger umherstreifen. Haben sie ein Beutetier erfasst, so greifen sie blitzschnell an, ähnlich einer Schlange. Sie verbeißen sich in der Beute und umschließen sie zum Festhalten mit ihren Beinen. Die Beute wird durch den Biss und die Giftinjektion aus den kräftigen Giftklauen (*Kieferfüße* = *Maxillipeden*), die sich aus einem Beinpaar entwickelt haben, getötet oder gelähmt. Anschließend wird die Beute mit Hilfe der Mandibeln aufgeschnitten und verzehrt. Vor Feinden schützen sie sich durch die Absonderung eines fädig-klebrigen Wehrsekrets. Unsere einheimischen Hundertfüßer sind für Menschen jedoch harmlos.

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

3.2.3 Lebensraum Wasserfilm



Wasser haftet dank seiner Oberflächenspannung auch entgegen der Schwerkraft an allen möglichen Oberflächen. Im Lebensraum Wasserfilm des Bodens wird dieses Phänomen in einem unter der Erde gelegenen Porenraum dargestellt. Die mit Wasser benetzten Bereiche beheimaten mit Bärtierchen, Rädertierchen, Fadenwürmern und LassoPilzen einige der faszinierendsten Vertreter der Mikrofauna, welche untereinander verschiedene Räuber-Beute-Beziehungen eingehen.

3.2.3.1 Fadenwurm (*Nematoda*)

Vorlagen-Art für VR: *Oscheius dolichura*

Nahrung: Bakterien

Größe: 0,8 mm lang und 0,03 mm dick (200fache Vergrößerung: 16 cm lang und 0,6 cm dick d. h. im Vergleich etwa so lang und dick wie ein Bleistift)

Vier von fünf Tieren auf der Welt sind Fadenwürmer. Sie besiedeln jeden erdenklichen Lebensraum auf unserer Erde, der zumindest zeitweise Spuren von flüssigem Wasser enthält und ein dreidimensionales Gefüge mit Poren und Spalten aufweist: Fadenwürmer leben in den Sedimenten der Meere, Flüsse, Seen, im Boden, in Flechten, Moospolstern und der Laubstreu. Durch ihre Winzigkeit – die meisten Arten erreichen auch als erwachsene Tiere nur Körperlängen von 0,3 bis 2 mm - und große Anpassungsfähigkeit kommen Fadenwürmer überall auf der Erde zahlreich vor: von den Berggipfeln bis in die Tiefseeegräben, von Wüstengebieten bis in die Antarktis, von Vulkanseen bis in tiefe Höhlen und Bergwerke. Auch ihre Diversität ist hoch, üblicherweise findet man 30 bis 100 Arten pro Untersuchungsstelle. Etwa 27.000 Arten sind derzeit weltweit beschrieben. Das entspricht vorsichtigen Schätzungen zufolge aber höchstens 10% des tatsächlichen Bestandes. Realistisch sind vermutlich eine halbe bis eine Million Arten weltweit, womit den Fadenwürmern nach den Insekten Platz 2 der artenreichsten Tiergruppen sicher wäre.

Einige Arten bewohnen parasitisch Tiere oder Pflanzen und können dort großen Schaden anrichten. Aber der Großteil der Fadenwürmer trägt als wichtiger Bestandteil der Nahrungsnetze unserer Böden und Sedimente wesentlich dazu bei, dass sich das Rad des Nährstoffkreislaufs auf der Erde fleißig dreht. Darüber hinaus setzen wir sie in zunehmendem Maße gewinnbringend in der biologischen Schädlingsbekämpfung, der ökotoxikologischen Bewertung von Böden und Sedimenten und als Modellorganismen in der Forschung ein.

3.2.3.2 Bärtierchen (*Tardigrada*)

Vorlagen-Art für VR: *Paramacrobiotus richtersi*

Nahrung: Fadenwürmer, Rädertierchen, andere Bärtierchen

Größe: ca. 0,8 mm (200fache Vergrößerung: 16 cm, d. h. im Vergleich etwa so groß wie ein Goldhamster)

Bärtierchen heißen auf Englisch „Wasserbären“ (water bears), weil sie auf krallenbewehrten Füßchen wie winzige Bären laufen und dabei an ein Leben im Wasser angepasst sind. Viele ihrer typischen Lebensräume – wie Böden oder Moospolster – erscheinen uns für Wassertiere aber ungeeignet. Dass sie dort dennoch leben können, verdanken sie besonderen Fähigkeiten, die sie mit Fadenwürmern und Rädertieren gemeinsam haben: Von vielen im Boden lebenden Arten dieser drei Gruppen wissen wir, dass sie lebensfeindliche Umweltbedingungen wie Wasser-, Futter- oder Sauerstoffmangel und tiefe sowie hohe Temperaturen inaktiv als „lebende Tote“ überdauern können. Bärtierchen ziehen dazu ihre Beine ein und werden zum „Tönnschen“. In diesem Überdauerungszustand – das Fachwort ist Kryptobiose, was

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

wörtlich „verstecktes Leben“ bedeutet – haben einige Bärtierchen und Fadenwürmer auch 12 Tage Weltraumbedingungen (kosmische Strahlung, Vakuum, allerdings bei konstant 10°C) in 250km Höhe auf einer Umlaufbahn um die Erde überlebt. Entscheidend für das Eintreten in die Kryptobiose ist, dass der Auslöser, z.B. die Austrocknung ihres Moospolsters, nicht zu schnell eintritt, sondern die Bärtierchen Zeit haben sich darauf einzustellen. Am besten untersucht ist die Überdauerung von Trockenheit (Anhydrobiose). Während ihre Umwelt langsam austrocknet, produzieren die Bärtierchen große Mengen an speziellen Zuckermolekülen, die sie zum Schutz von Zellwänden, Proteinen und DNA einsetzen. Sobald die Bedingungen sich bessern, erwachen sie binnen kurzer Zeit wieder aus diesem Zustand, in Minuten oder wenigen Stunden, je nach Dauer und Intensität des Stressors. Die Atmung setzt wieder ein, etwaige Schäden an DNA und Zellen werden mit erstaunlicher Effizienz repariert und die Tiere atmen, fressen, bewegen und vermehren sich, fast als wäre nichts geschehen.

3.2.3.3 Nematophage Pilze

Vorlagen-Art für VR: *Arthrobotrys dactyloides*

Nahrung: Nematoden (Fadenwürmer)

Größe: Durchmesser der Fangringe 30 µm (200fache Vergrößerung: 6 mm d. h. im Vergleich so groß, wie eine kleine Stubenfliege)

Die Nematoden-fangenden Pilze sind in der Natur dort zu erwarten, wo auch Fadenwürmer (Nematoden) als ihre Beute häufig vorkommen. Sie sind in der Laubstreu, an toten Wurzeln, in morschem Holz, im Kot und ebenso zahlreich im Boden zu finden. Ursprünglich von totem, organischem Material lebende Pilze haben ausgeklügelte Fangmethoden entwickelt, um damit Fadenwürmer zu erbeuten und sie als zusätzliche Nährstoffquelle, beispielweise für Stickstoff, zu nutzen.

Arthrobotrys dactyloide ist eine dieser räuberischen, Nematoden-fangenden Pilzarten. Im Reich der Pilze gehört sie zu den Ascomyceten (Schlauchpilzen). Namensgebend für diese Abteilung der Pilze sind ihre charakteristischen, schlauchförmigen Fortpflanzungsstrukturen (Asci; übersetzt: Schläuche). Ihre Fangorgane sind gestielte, aus jeweils drei Zellen bestehende Fangringe. Berührt ein Fadenwurm die Innenseite der Zellen, quellen diese unvermittelt auf. Der Nematode wird durch die Verengung des Fangrings eingezwängt und kann sich nicht mehr befreien. Gelegentlich trifft man auch derart aufgequollene Ringe ohne eingefangene Nematoden an. In solchen Fällen konnten die Würmer noch in letzter Sekunde entkommen. Die Ringe verharren in diesem Zustand, da der Vorgang nicht rückgängig gemacht werden kann. Spätestens nach dem Absterben des Beutetiers dringt eine lange Ernährungshyphe (ähnlich einer feinen Wurze) in den Nematoden ein, um dessen Zellinhalt aufnehmen und verwerten zu können.

Durch den Einsatz von nematophagen Pilzen kann das Vorkommen von Nematoden als Pflanzenschädlinge verringert werden. Ebenso gibt es ähnliche Versuche zur Bekämpfung von Nematoden und ihren Larven bei Nutztieren.

3.2.3.4 Rädertierchen (*Rotifera*)

Vorlagen-Art für VR: *Philodina spec.* aus der Ordnung *Bdelloida* (Egelrädertiere)

Nahrung: Plankton, Detritus

Größe: bis ca. 0,4 mm

Von den Rädertieren (*Rotifera*), veraltet auch unter der Bezeichnung *Rotatoria* bekannt, sind weltweit mehr als 2000, in Deutschland mehr als 500 verschiedene Arten beschrieben. Zum überwiegenden Teil

HANDOUT FÜR VR-BETREUER*INNEN | „ABENTEUER BODENLEBEN“

leben sie freischwebend oder festsitzend in feuchten, von Süßwasser geprägten Lebensräumen aller Klimazonen. Lediglich 3% der zur Mikrofauna gehörenden Tierchen sind in Brack- oder Salzwasser zu finden. Das Vorkommen der „Süßwasser-Arten“ erstreckt sich auf ganz unterschiedliche Lebensräume. Dazu zählen neben offenen Binnengewässern u.a. auch winzige Wasserlöcher, wassergefüllte oder mit Wasserfilmen überzogene Hohlräume in Böden und feuchte Moose. Da einige dieser Lebensräume zeitweise auch austrocknen können, sind z.B. die Egelrädertiere in der Lage durch Abgabe von Körperflüssigkeit zu schrumpfen und in eine Trockenstarre zu verfallen. In diesem kugelartigen Dauerstadium können sie während Trockenzeiten bis zu vier Jahre überleben.

Die Körper des Rädertierchens lassen sich in Kopf-, Rumpf-, & Fußabschnitt gliedern. Am Vorderende des Kopfes befindet sich das namensgebende Räderorgan, an dessen Rand Wimpernkranze sitzen, die ihnen zur Fortbewegung und zum Einstrudeln von Nahrungspartikeln dienen. Bei der in „Abenteuer Bodenleben“ dargestellten Gruppe der Egelrädertiere ist das Räderorgan zweigeteilt.

Hauptnahrungsquelle der meisten *Rotifera*-Arten sind Plankton und Detritus (zerfallende organische Substanzen in Gewässern und Wasserfilmen), in der Vielfalt des Artenspektrums existieren aber auch Rädertierarten, die sich räuberisch oder von Aas ernähren.

Die Tiere sind weitgehend durchsichtig und können sich gleitend, schwimmend, spanneraunenartig kriechend, strudelnd oder mit ihren Wimpernkranzen laufend fortbewegen. Besonders bei festsitzenden Tieren ist häufig ein wiederholtes Zusammenziehen und Strecken des Körpers in verschiedene Richtungen zu beobachten, welches Erinnerungen an ein Wasserballett weckt.

3.3 Verwendete Technik

Die HTC Vive (VR-Brille im Paket mit Basisstationen, Controllern und Zubehör) ist 2016 auf den Markt gekommen und kostet für Privatanwender derzeit ~ 599 Euro. Die hier verwendete Business-Variante für kommerzielle Anwendungen kostet über 1.300 Euro (diese ist seit Markteinführung der HTC Vive Pro 2018 nicht mehr im Handel erhältlich). Die Brille enthält zwei AMOLED-Displays und bietet damit eine Auflösung von 1080 × 1200 Pixeln pro Auge. Die Basisstationen gewährleisten ein raumfüllendes Tracking der Bewegungen des Nutzenden mittels Infrarot-Laser. Es gibt kostenlose Anwendungen für dieses VR-System.

Das Nachfolger-Modell der HTC Vive ist die HTC Vive Pro. Die Brille bietet eine höhere Auflösung (1440 × 1600 Pixel pro Auge) und die zugehörigen Basisstationen (2.0) erlauben die Einrichtung größerer „Spielbereiche“ (max. 36 m² vs. 12 m² bei der HTC Vive). Nur das Headset der Vive Pro kostet 879 Euro, die Komplettausrüstung (inkl. Basisstationen 2.0 und Controllern) 1.399 Euro. Für kommerzielle Anwendungen ist zusätzlich die Vive Advantage Pack Business-Lizenz nötig (222 Euro).

3.4 Geschichte der VR-Technik

Das erste Head Mounted Display (Brille) bauten Edward Sutherland und Bob Sproul 1968. Seitdem die Rechenleistung der PCs gestiegen ist, lassen sich solche Animationen bzw. VRs umsetzen. Im Jahr 2012 begann mit der Entwicklung der Oculus Rift des Start-Up-Unternehmens Oculus VR eine neue Ära im Bereich der VR-Technik.