

The image features a dark background with a complex, interconnected network of lines representing a rhizosphere. The lines are colored in shades of red, orange, yellow, and white, creating a dense, web-like structure. The background is filled with a pattern of irregular, light-colored shapes, possibly representing soil particles or microbial cells. The overall effect is a detailed, abstract representation of the rhizosphere environment.

RHIZOSPHERE

INHALT

4 Rhizosphere	20 Wissenschaft und Kunst
6 Leben im Untergrund	22 Visuals
8 Von Baumkronen zu Wurzelspitzen	24 Virtuelles Substrat Voronoi Noise
10 Biodiversität unter der Oberfläche	26 Space Colonizing Algorithm Slime Mold Algorithmen
12 Wo Pflanzen und Boden aufeinandertreffen	28 Sonifikation
14 Netzwerke im Untergrund	30 Personen
16 Das verborgene Fundament schützen	32 Danke an

RHIZOSHERE

Eine audiovisuelle Erkundung
des Lebens im Untergrund

4 Unter der Oberfläche des Waldbodens verbirgt sich eine unsichtbare Welt von tiefgreifender ökologischer Bedeutung – ein weitläufiges Netzwerk von Wechselwirkungen zwischen Pflanzenwurzeln und Pilzen. Ihre Beziehungen haben einen entscheidenden Einfluss auf Nährstoffkreisläufe, die Bodenstruktur und -stabilität und somit die Resilienz des Waldes. Insbesondere Mykorrhizapilze gehen mutualistische Verbindungen mit Wurzeln ein, erleichtern die Nährstoff- und Wasseraufnahme und verbessern so das Wachstum sowie die Überlebensfähigkeit der Partnerpflanzen.

Mittels algorithmischer Bild- und Klangsynthese macht Rhizosphere diese verborgenen Verbindungen sichtbar und hörbar, indem es komplexe biologische Prozesse in eine immersive audiovisuelle Erfahrung übersetzt.

Unser Ziel ist es, so die enorme Komplexität des verborgenen Bodenlebens und seine fundamentale Bedeutung für das (Über-)Leben auf der Erde einem möglichst breiten Publikum auf ästhetisch ansprechende Weise näher zu bringen.

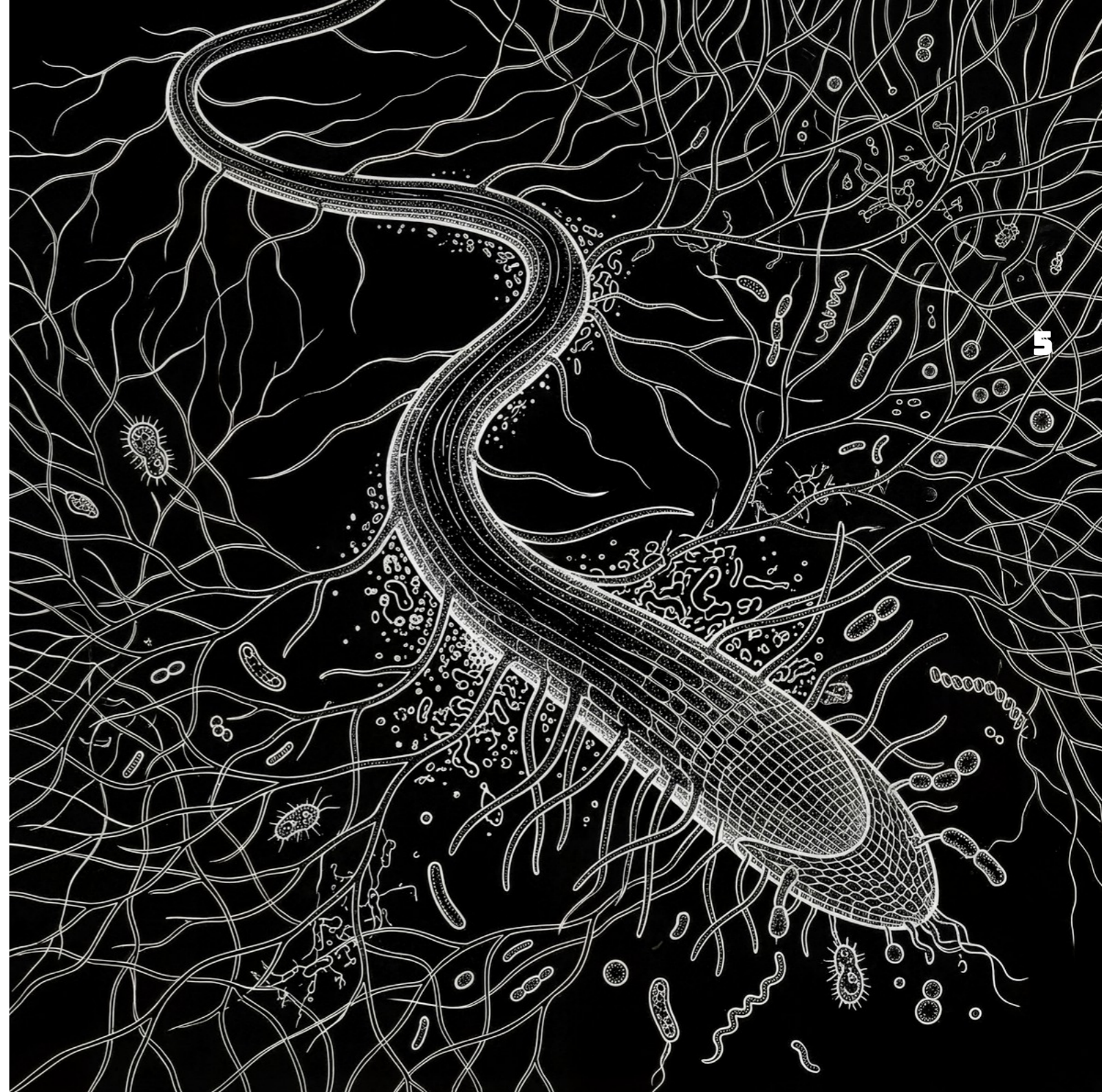
Ein Projekt von

Stefan Pommer | Art Direction,
algorithmische Bildproduktion und
Grafikdesign

Flo Panhölzl | ober- und unterirdische
Tonaufnahmen, Klangsynthese und
Sound Design

Mehr zu unseren Projekten
finden Sie auf:

www.photopic.at/biomorph



LEBEN IM UNTERGRUND

Das verborgene Fundament

6 Baumstämme und Kronen, Licht- und Schattenspiele, Blätterrauschen, Vogelstimmen, raschelndes Laub, Insekten, feuchtkalte Luft, moderiger Geruch, vielleicht ein Säugetier und Fruchtkörper von Pilzen, die aus dem Waldboden hervorragen. Was wir bei einem Spaziergang durch einen Wald als den Wald wahrnehmen, beschränkt sich weitgehend auf Eindrücke über der Erde, geprägt von dem, was sichtbar, hörbar und zugänglich ist.

Richten wir jedoch unsere Aufmerksamkeit und imaginären Blicke nach unten, offenbart sich unter unseren Füßen, Moos, Nadeln und Laub ein verborgenes, dichtes, lebendiges System. Waldböden sind kein passives Substrat, in dem Pflanzen verankert sind, sondern eigenständige Ökosysteme. Sie beherbergen eine enorme Vielfalt an Organismen, die in eng gekoppelten Netzwerken Energie- und Nährstoffflüsse regulieren.

Zwar fixieren Blätter Kohlenstoff aus der Luft (CO_2) durch Photosynthese (die sogenannte Primärproduktion), doch Wachstum und Produktivität der Bäume beruhen ebenso auf unterirdischen Pro-

zessen. Bodenorganismen zersetzen organisches Material, mobilisieren Nährstoffe, beeinflussen die Wasserverfügbarkeit und stehen in direktem Austausch mit Pflanzenwurzeln. Primärproduktion entsteht aus der Kopplung oberirdischer Photosynthese mit unterirdischer biologischer Aktivität.

Die Folgen dieser Einsicht reichen weit über die Waldökologie hinaus. Alle terrestrischen Lebensformen – einschließlich menschlicher Gesellschaften – sind auf diese Primärproduktion und daher auf funktionierende Böden angewiesen: als Nahrungsgrundlage, Kohlenstoffspeicher, Regulatoren des Wasserhaushalts und Quelle ökologischer Stabilität. Degradierete Böden führen zu Produktivitätsverlusten, erhöhter Anfälligkeit gegenüber Klimaextremen und zum Verlust ökologischer Widerstandsfähigkeit. Böden als lebendige und lebensnotwendige Systeme zu begreifen, ist daher zentral für das Verständnis der biologischen Grundlagen terrestrischen Lebens.

[O] Die Streuschicht: Schnittstelle zwischen ober- und unterirdischen Prozessen.



VON BAUMKRONEN ZU WURZELSPITZEN

Der Wald als vertikales System

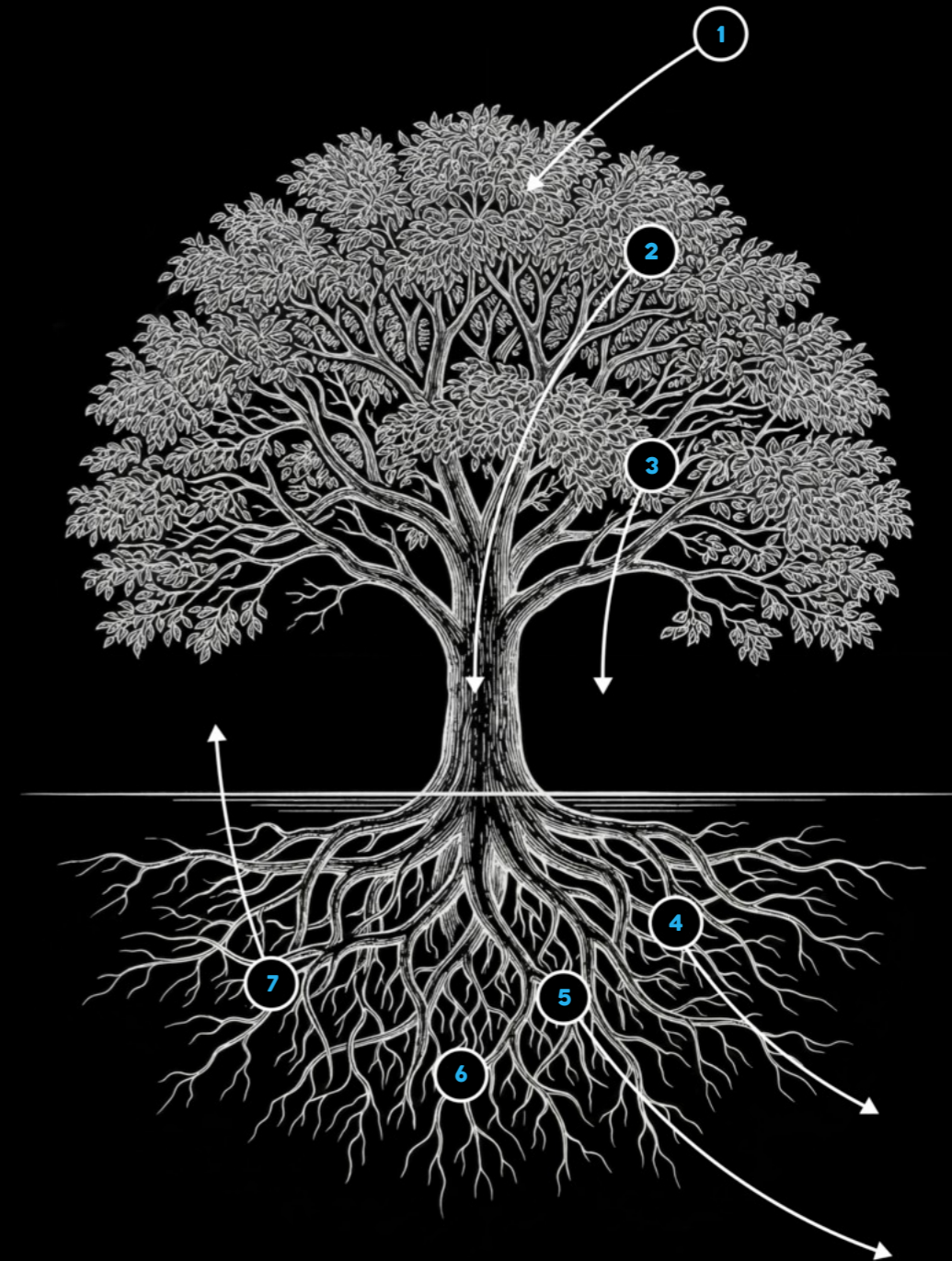
8 Wälder sind nicht nur flächenhaft ausgedehnte, sondern auch vertikal organisierte Systeme. Von der Baumkrone bis tief in den Boden sind Energie, Stoffe und Organismen miteinander verbunden. Die Photosynthese in den Blättern bildet die energetische Grundlage des Waldes, und ein erheblicher Teil des oberirdisch fixierten Kohlenstoffs wird nach unten in Stamm, Wurzeln und Boden transportiert.

An der Schnittstelle zwischen ober- und unterirdischen Prozessen liegt die Streuschicht, in der abgestorbenes Pflanzenmaterial zersetzt wird. Der darunterliegende Boden ist selbst vertikal gegliedert: Wurzeln, Mikroorganismen und Bodentiere sind je nach Tiefe unterschiedlich verteilt. Fixierter Kohlenstoff fließt nach unten in die Nahrungsnetze im Boden, während von Bodenorganismen mobilisierte Nährstoffe nach oben transportiert werden, um das Pflanzenwachstum zu ermöglichen. Die Verteilung und Speicherung von Wasser im Boden verknüpfen diese Transportflüsse.

Die Ausprägung dieser vertikalen Organisation variiert mit Klima und Bodenart. In gemäßigten Wäldern, wie sie bei uns wachsen, spielen dicke organische Schichten eine besonders wichtige Rolle für den Nährstoffkreislauf und die Wasserspeicherung. In tropischen Wäldern hingegen findet ein schneller Nährstoffumsatz in flachen Böden mit relativ geringer Langzeitspeicherung statt.

0 Der Wald als vertikales System.

- 1) Photosynthese**
In Biomasse gebundener Kohlenstoff
- 2) Kohlenstoffverteilung**
in der Baumbiomasse
- 3) Laubfall**
- 4) Wurzelausscheidungen**
und Kohlenstoff aus abgestorbenen Wurzeln
- 5) Transport** von gelöstem organischem Kohlenstoff
- 6) Mikrobielle Biomasse** und organischer Kohlenstoff im Boden
- 7) Waldboden- und Bodenatmung**



BIODIVERSITÄT UNTER DER OBERFLÄCHE

Bodenleben

10 **Waldböden** sind komplexe, dicht besiedelte Lebensräume. Sie beherbergen Wurzeln, Pilze, Bakterien, Archaeen, Protisten, Nematoden, Gliederfüßer und größere Bodentiere, die über komplexe Nahrungsnetze miteinander verbunden sind. Pflanzlicher Kohlenstoff gelangt über Streu, abgestorbene Wurzeln und Wurzelabscheidungen in den Boden und wird dort kontinuierlich mikrobiell umgesetzt. Dies hält Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor in organischen und mineralischen Formen für Pflanzen verfügbar.

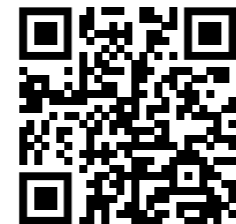
Die Vielfalt des Bodenlebens ist dabei funktional entscheidend. Diverse Gemeinschaften stabilisieren Zersetzung, Nährstoffkreisläufe und Produktivität unter wechselnden Umweltbedingungen. Bodenfruchtbarkeit entsteht aus diesen dynamischen Wechselwirkungen und ist keine stabile Eigenschaft des Bodens.

11 **Zentrale Akteure in Waldböden:**

- 1) **Pflanzen:** Triebe und Wurzeln
- 2) **Organische Substanz:** Abfälle, Rückstände und Stoffwechselprodukte von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen
- 3) **Bakterien**
- 4) **Pilze:** Mykorrhizapilze & Saprophytische Pilze
- 5) **Nematoden:** Wurzelfresser
- 6) **Protozoen:** Amöben, Flagellaten & Ciliaten
- 7) **Nematoden:** Pilz- & Bakterienfresser
- 8) **Arthropoden:** Zersetzer
- 9) **Nematoden:** Raubtiere
- 10) **Arthropoden:** Raubtiere
- 11) **Vögel:** Raubtiere
- 12) **größere Tiere**

Es wird geschätzt, dass mehr als die Hälfte aller Arten auf der Erde im Boden leben:

doi.org/10.1073/pnas.2304663120



WO PFLANZEN UND BODEN AUF EINANDER- TREFFEN

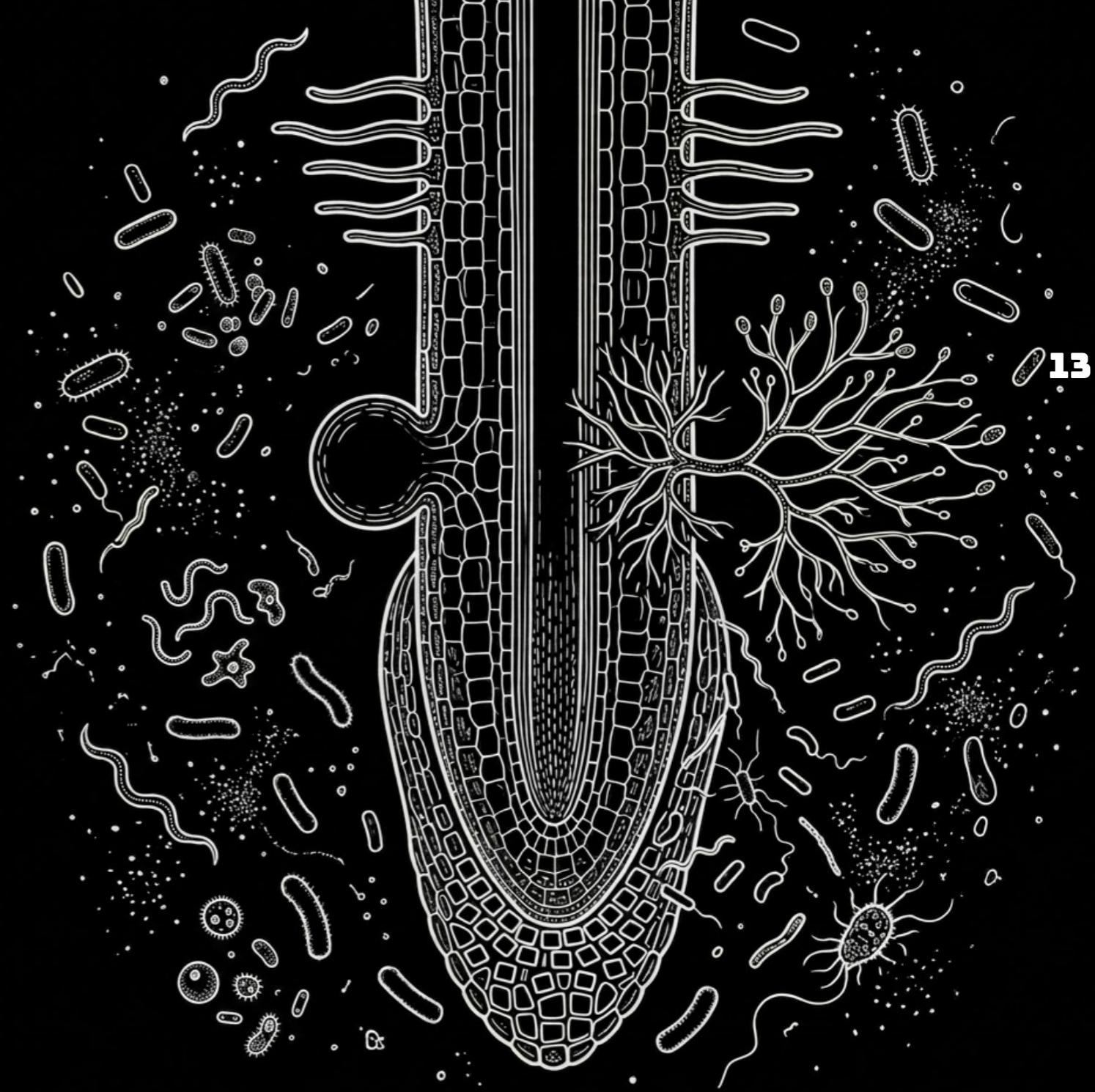
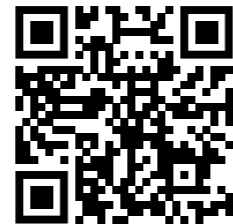
Die Rhizosphäre

Die Rhizosphäre ist der schmale Bodenbereich um Pflanzenwurzeln, in dem die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Mikroorganismen und Bodenpartikeln besonders intensiv sind. Trotz ihrer geringen Ausdehnung spielt sie eine zentrale Rolle bei der Regulation von Nährstoffverfügbarkeit, Pflanzengesundheit und Bodenfunktionen.

Wurzeln verändern diesen Bereich aktiv, indem sie eine Vielzahl organischer Verbindungen freisetzen, darunter Zucker, Aminosäuren oder Signalmoleküle. Infolge bilden sich dort hochstrukturierte und dynamische mikrobielle Gemeinschaften aus, die sich deutlich vom umgebenden Boden unterscheiden. Bestimmte Bakterien und Pilze vermehren sich in Wurzelnähe, während andere verdrängt werden. Durch Nährstoffmobilisierung, enzymatischen Abbau organischer Substanz

und chemische Umwandlungen beeinflussen diese Mikroorganismen unmittelbar, in welchen Formen und Mengen Nährstoffe den Pflanzen zur Verfügung stehen. Gleichzeitig wirken diese Interaktionen auf Pflanzenschutz, Stressreaktionen und Wurzelentwicklung. Die Rhizosphäre fungiert damit als zentraler Kontrollpunkt, an dem Bodenprozesse in Pflanzenwachstum übersetzt werden.

Review zur Rhizosphäre:
doi.org/10.1016/j.csbj.2021.09.035



NETZWERKE IM UNTERGRUND

Die Mykorrhiza

14 Ein zentrales Merkmal von Waldböden ist die weit verbreitete Symbiose zwischen Pflanzenwurzeln und Pilzen, die als Mykorrhiza bezeichnet wird. In dieser Beziehung wachsen Pilzhypen in engem Kontakt mit den Wurzeln und verbinden ihren Stoffwechsel mit dem der Pflanze. Diese Form der Nährstoffaufnahme ist generell für Pflanzen die Regel und nicht die Ausnahme.

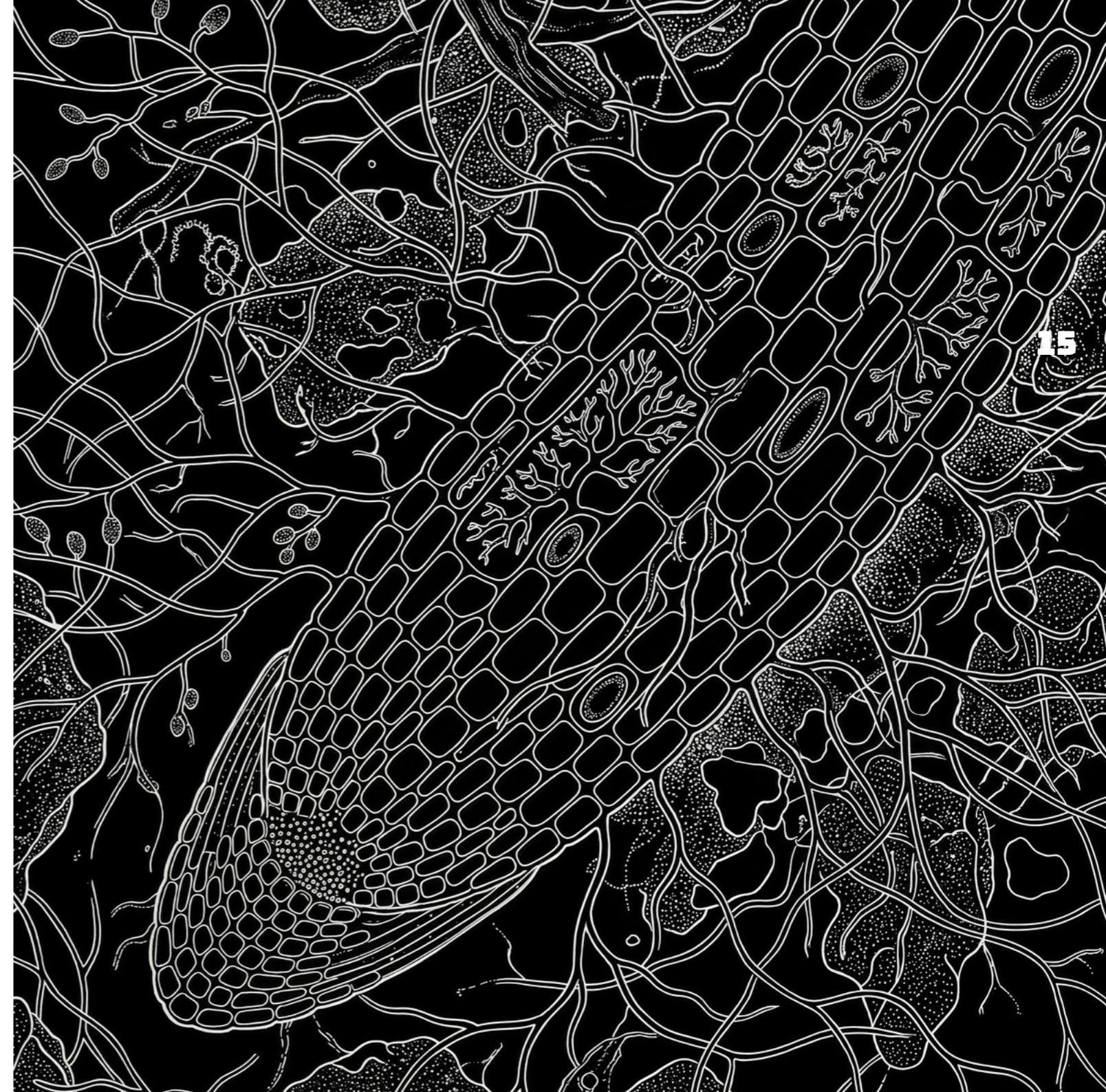
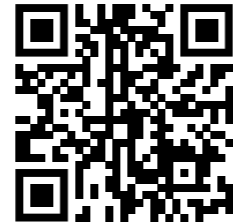
Pflanzen versorgen ihre pilzartigen Partner mit einem erheblichen Teil des mittels Photosynthese fixierten Kohlenstoffs in den Boden. Im Gegenzug erweitern Pilze das effektive Wurzelsystem. Ihre Hyphennetze erschließen Bodenvolumina, die für Wurzeln allein nicht zugänglich sind, und erreichen Wasser und Nährstoffe aus feinsten Poren, Mineraloberflächen und organischen Partikeln.

Mykorrhizapilze sind besonders wichtig für die Aufnahme von Nährstoffen, die im Boden knapp oder wenig mobil sind, wie etwa Phosphor und bestimmte Stickstoffverbindungen. Durch enzymatische Mobilisierung und gezielten Transport dieser Nährstoffe zu den

Wurzeln beeinflussen sie das Pflanzenwachstum und die Konkurrenzfähigkeit maßgeblich. Und auch nach ihrem Absterben spielen sie eine große Rolle, indem ihre Biomasse in die Nahrungsnetze einfließt.

Mykorrhizale Netzwerke verbinden oft mehrere Pflanzen derselben oder unterschiedlicher Arten und beeinflussen so die Verteilung von Nährstoffen, Interaktionen zwischen Pflanzen und die Etablierung von Sämlingen. Die Produktivität und Struktur von Wäldern entstehen daher nicht nur aus isoliert wachsenden Einzelpflanzen, sondern überwiegend aus miteinander vernetzten Pflanzen-Pilz-Systemen.

Review zu Mykorrhiza:
doi.org/10.1111%2Ffnph.13288



DAS VERBORGENE FUNDAMENT SCHÜTZEN

16

Die im Boden ablaufenden biologischen Prozesse bestimmen Produktivität, Stabilität und Widerstandsfähigkeit ganzer Wälder. Gleichzeitig binden Waldböden große Mengen Kohlenstoff, der durch Wechselwirkungen mit Mikroorganismen und Mineralen langfristig gespeichert werden kann. Der Beitrag von Wäldern zur Klimaregulierung hängt daher ebenso stark von Bodenprozessen ab wie von der oberirdischen Vegetation.

Menschliche Gesellschaften sind auf diese Funktionen angewiesen. Intakte Waldböden regulieren Wasserflüsse, stabilisieren Ökosysteme und sichern langfristige Produktivität. Werden ihre biologischen Systeme durch Landnutzung, Verschmutzung oder Erosion gestört, gehen diese Funktionen verloren. Da Bodenbildung und biologische Regeneration sehr langsam ablaufen, wirken sich solche Eingriffe über lange Zeiträume aus.

Wälder zu schützen bedeutet daher, ihre verborgene Grundlage mitzudenken. Unter der sichtbaren Struktur der Baumkronen liegt ein lebendiges Netzwerk, das die Funktionsfähigkeit des gesamten Systems trägt. Nur wenn diese unterirdischen Prozesse erhalten bleiben, können Wälder ihre ökologische Rolle langfristig erfüllen.

Ein wissenschaftlicher Essay über die fundamentale Bedeutung der Biodiversität im Boden für eine über den Menschen hinausgehende Gesundheit:

doi.org/10.1371/journal.pbio.3003093



17



RHIZOSPHERE

KUNST UND
WISSENSCHAFT

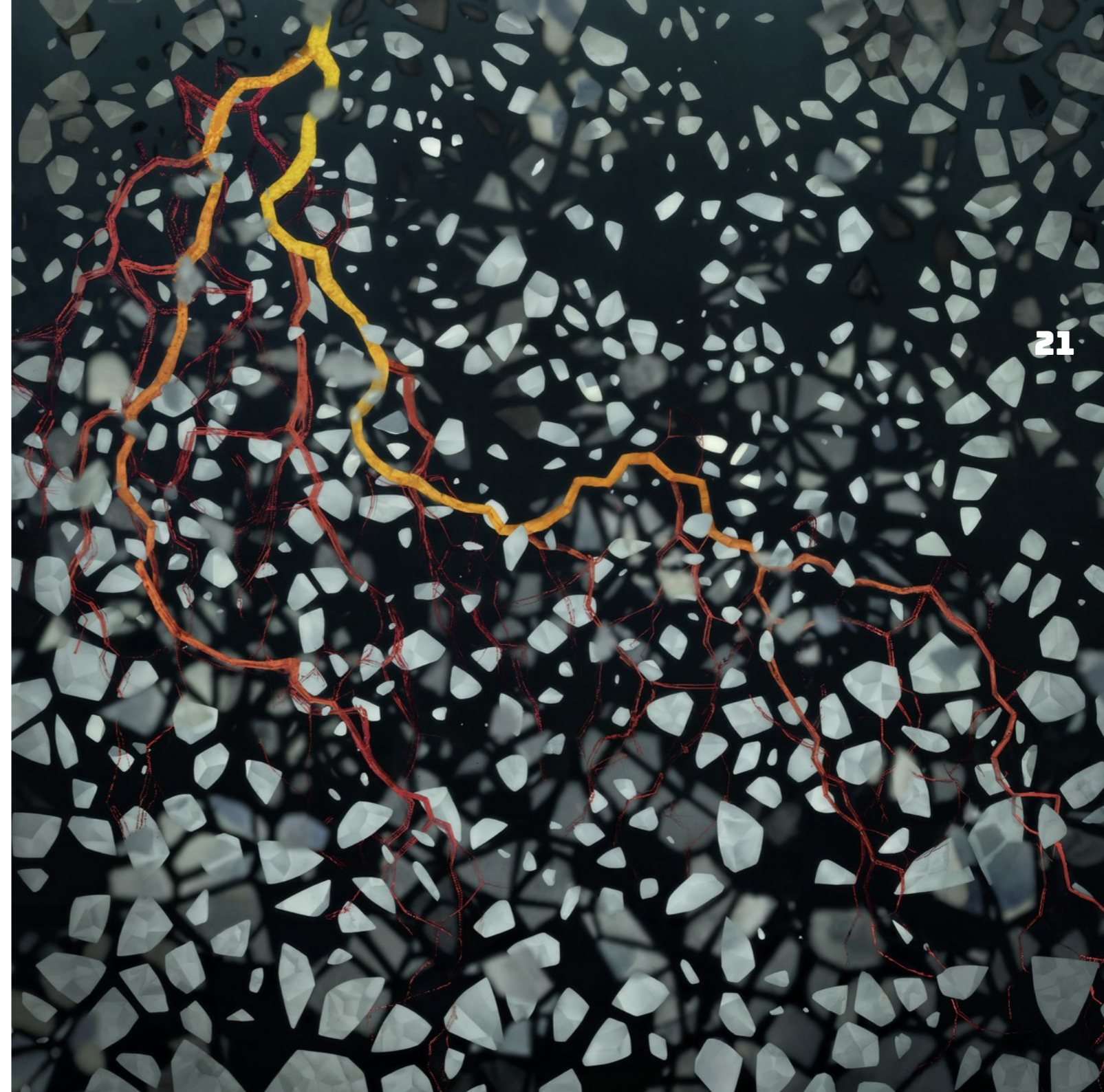
KUNST UND WISSENSCHAFT

20

Mittels algorithmischer Bild- und Klangsynthese macht *Rhizosphere* die im Boden verborgenen Verbindungen sichtbar und hörbar, indem es komplexe biologische Prozesse in eine immersive audiovisuelle Erfahrung übersetzt. Die simulierten Organismen durchwachsen das unterirdische Ökosystem, um Nährstoffe zu erschließen und müssen sich an Stressfaktoren wie Trockenheit oder Erosion anpassen, um zu überdauern. Informationen über den Zustand dieser virtuellen Organismen sowie Ereignisse in ihrem „Lebensraum“ werden in akustische Signale übersetzt. Diese Sounds werden zu einer Klanglandschaft verwoben, die das Publikum dazu einlädt, in den unterirdischen Kosmos einzutauchen. Historische Zeichnungen und Beispiele aktueller Forschung wie zum Beispiel von SPUN erweitern die Simulation.

Unser Ziel ist es, so die enorme Komplexität des verborgenen Bodenlebens und seine fundamentale Bedeutung für das (Über-)Leben auf der Erde einem möglichst breiten Publikum auf ästhetisch ansprechende Weise näher zu bringen.

21



VISUALS

22

Der Kern von *Rhizosphere* sind Algorithmen, die biologisches Wachstum modellieren. Die Simulation umfasst Pflanzenwurzeln, Pilzhyphen und das sie umgebende Erdreich mit seinen Feuchtigkeits- und Nährstoffverteilungen sowie die gegenseitigen Einflüsse dieser Komponenten. Dabei lassen *Space Colonizing Algorithms* Wurzeln und *Slime Mold Simulations* Hyphen wachsen.

Für die technische Umsetzung wurde das im Zuge des Projekts *Biomorph-DK 2024* entwickelte Framework *PMD* adaptiert und erweitert. *PMD* ist eine Sammlung von Abstraktionen und Externalen für die grafische Programmierumgebung *Puredata* und deren *Gem*-Bibliothek.

Der bestehende *PMD*-Workspace und das Bildebenen-System wurden überarbeitet und unterstützen die Darstellung extremer Bildformate, wie das des LED-Screens im Haus der Digitalisierung in Tulln (22080 x 1440 Pixel). Weiters wurden zahlreiche neue GLSL Shader und *Puredata* Externalen entwickelt, um die biologische Simulation und das Rendering zu ermöglichen.

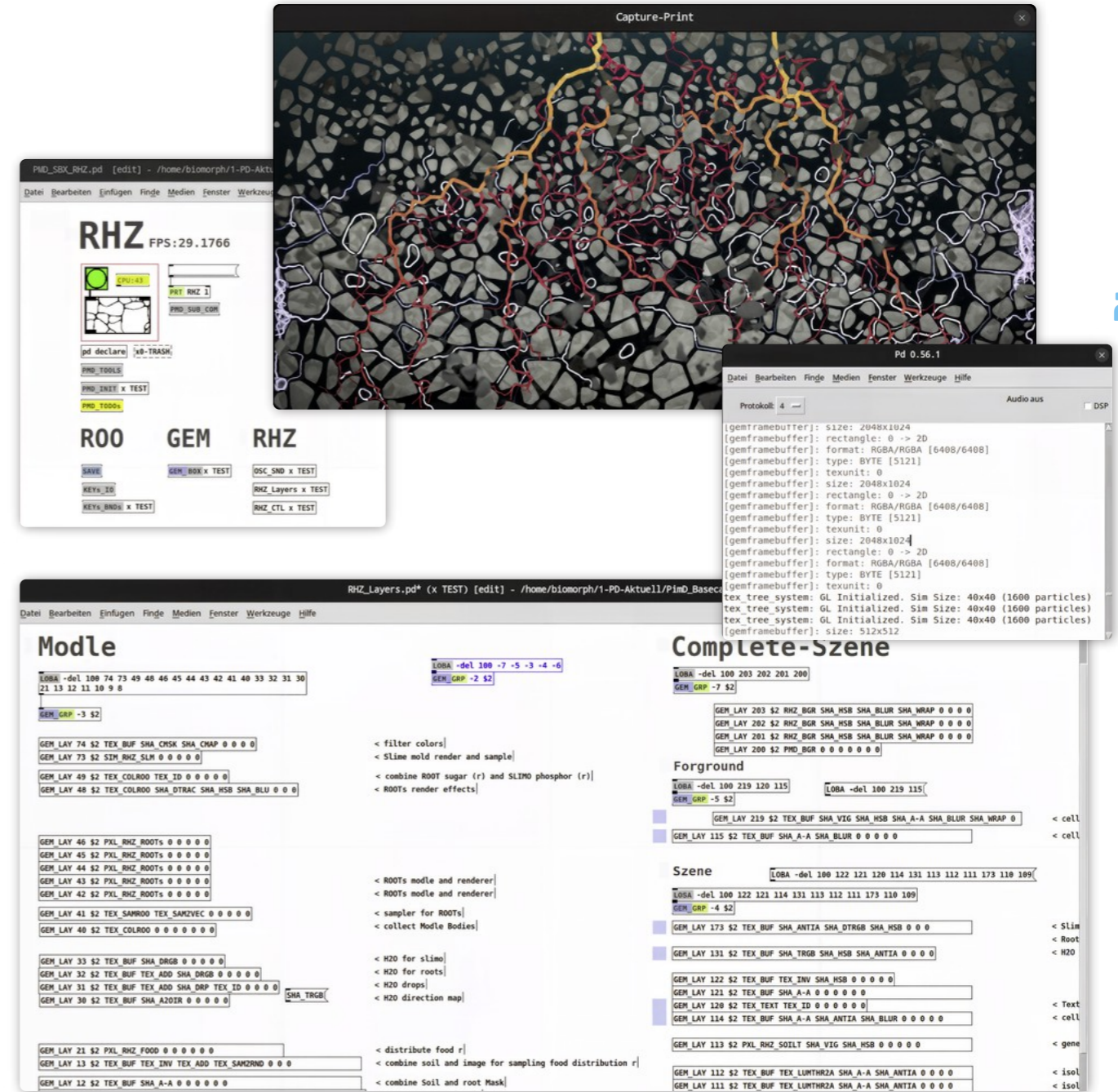
Puredata von Miller Puckette:
puredata.info



Gem (Graphics Environment for Multimedia):
github.com/umlaeute/Gem



23



VIRTUELLES SUBSTRAT

VORONOI NOISE

24

Die verwendeten bilderzeugenden Algorithmen agieren als Agenten, deren jeweilige Ausformung stark von den Eigenschaften der virtuellen Umgebung abhängt, in der sie angesiedelt sind. Dieses virtuelle Substrat spielt beim Austausch von Informationen zwischen den Agenten eine zentrale Rolle. Somit ist es ideal geeignet, um gestalterisch einzugreifen. Durch Manipulationen der lokalen Eigenschaften des Substrats können die Bildkomposition und ihre Entwicklung über die Zeit beeinflusst werden, ohne dabei die Details der Ausführung festlegen zu müssen.

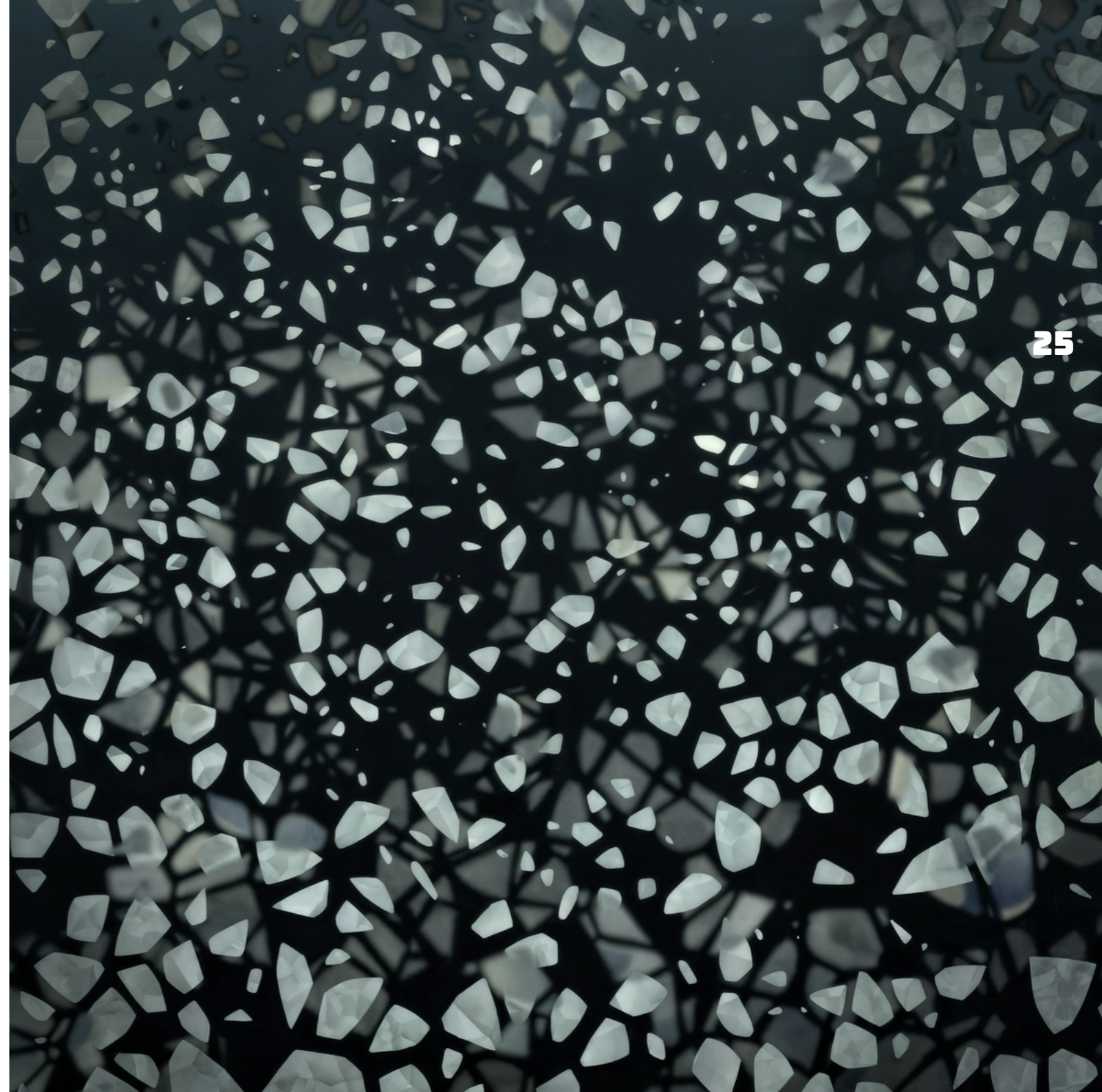
Die Verteilung der Ressourcen erfolgt anschließend durch selbst entwickelte Percolation- und Diffusion-Algorithmen. So bilden sich wandelnde Muster aus Nährstoffgehalt, Feuchtigkeit und Permeabilität. Diese beeinflussen die Ausbreitung der Agenten, werden aber auch durch deren Kolonisierung selber verändert. Dadurch entsteht eine komplexe und dynamische Welt unterirdischer Netzwerke.

Voronoi Noise liefert das räumliche Grundmuster, auf dem sich alle weiteren Prozesse entfalten. Ausgehend von einer Menge verteilter Keimpunkte wird der Raum in Zonen aufgeteilt, in denen jeweils der nächstgelegene Keimpunkt dominiert. Es entstehen polygonale Felder, deren Größe und Form von der Lage dieser Punkte abhängen und die an natürliche Zellengefüge erinnern. Indem diese Felder mit unterschiedlichen Materialeigenschaften und Zufallsvariationen erzeugt werden, wird das Substrat zugleich gegliedert und heterogen. Die Agenten treffen so auf eine Umgebung mit lokalen Charakteristika, auf die sie beim Wachsen reagieren.

Mehr zu "Cellular Noise" im book of shaders:
thebookofshaders.com/12/



25



SPACE COLONIZING ALGORITHMEN

SLIME MOLD ALGORITHMEN

26

Space Colonizing Algorithmen modellieren Wachstum, das sich an den Ressourcen im nahen Umfeld orientiert. Ausgangspunkt ist ein einfacher „Wurzelkeim“ (die Sprossachse der Pflanze), von dem sich das System schrittweise verzweigt. Im digitalen Boden verteilte Punkte – Wasser- und Nährstoffquellen – lenken das Wachstum, indem sie nahegelegene Wurzelspitzen anziehen. Erreicht eine Wurzelspitze einen dieser Punkte, gilt der Bereich als erschlossen und verliert seinen Einfluss. So entsteht mit der Zeit ein Wurzelwerk, das nicht nur an reale Wurzeln erinnert, sondern auch deren Suche nach günstigen Bedingungen anschaulich macht.

Slime-Mold-Simulationen greifen ein anderes Wachstumsprinzip auf: sie bilden das Verhalten von Schleimpilzen nach, die als schwarmartiges System auf Reize reagieren. Ein Netz aus virtuellen „Partikeln“ bewegt sich durch den Raum, hinterlässt eine Spur und orientiert sich an vorhandenen Spuren und Nahrungsquellen. Wo viele Partikel unterwegs sind, verstärkt sich die Spur – das Netzwerk wird stabilisiert. Weniger genutzte Verbindungen lösen sich mit der Zeit wieder auf. Auf diese Weise entstehen fein verzweigte, effiziente Leitungsstrukturen, die an Pilzgeflechte, Blutgefäße oder Verkehrsnetze erinnern.

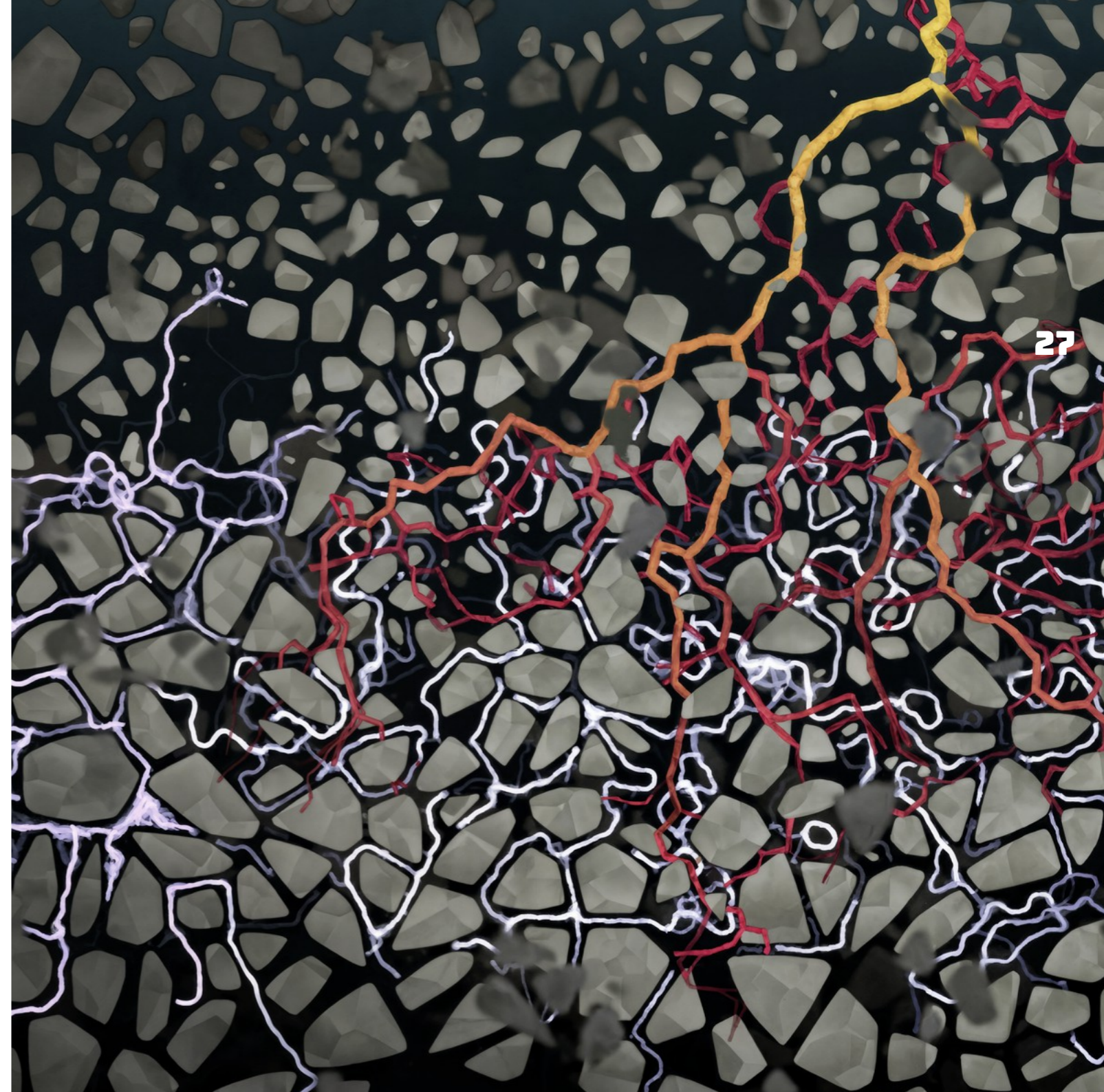
Mehr zu „Space colonization (2D) experiments in JavaScript“ von Jason Webb: jasonwebb.github.io/2d-space-colonization-experiments/



Mehr zu „Slime-Simulation“ von Sebastian Lagae: github.com/SebLagae/Slime-Simulation



27



SONIFIKATION

28

Eine überirdische räumliche Aufnahme der Geräuschkulisse eines Waldes im Frühling steht zu Beginn von Rhizosphere. Wie der Blick taucht auch der Sound in die verborgene Welt des Waldbodens ein.

Um das für unser Ohr eigentlich Unhörbare – wie Stoffflüsse oder das Wachsen von Wurzeln und Hyphen – hörbar zu machen, werden Parameter der oben genannten Algorithmen sowie räumliche Koordinaten des Wachstums der Agenten als kontinuierlicher Datenstrom an einen zweiten Computer gesendet.

Dieser Computer hat die Aufgabe, diesen Datenstrom in Klang zu übersetzen (Sonifikation) und, den Visualisierungen entsprechend, im Raum zu verteilen (Spatialisation). Dadurch entsteht eine dynamische, den Raum durchströmende Klanglandschaft, die die modellierten biologischen Vorgänge noch weiter abstrahiert und deren Visualisierungen erweitert.

Das Sprießen und Wachsen der Wurzeln und Hyphen wird durch mikroskopische, granulare Klangereignisse hörbar gemacht. Wasser- und Stoffflüsse bilden weitere klangliche Ebenen. Je nach dem Fortschreiten der Simulationen, können sich diese Ebenen in Flirren und Rauschen verdichten. Diese Klangebenen basieren zum Teil auf Aufnahmen natürlicher Materialien wie Steine, Holz, Laub oder Wasser.

Das klangliche Fundament bilden echte Bodenaufnahmen, die mithilfe eines im Rahmen des Schweizer Citizen Science-Projekts Sounding Soils entwickelten Aufnahmegeräts aufgezeichnet wurden. Die vor allem durch die Bodenfauna entstehenden Klänge formen gemeinsam mit der am Beginn zu hörenden Waldaufnahme eine Art akustische Klammer.

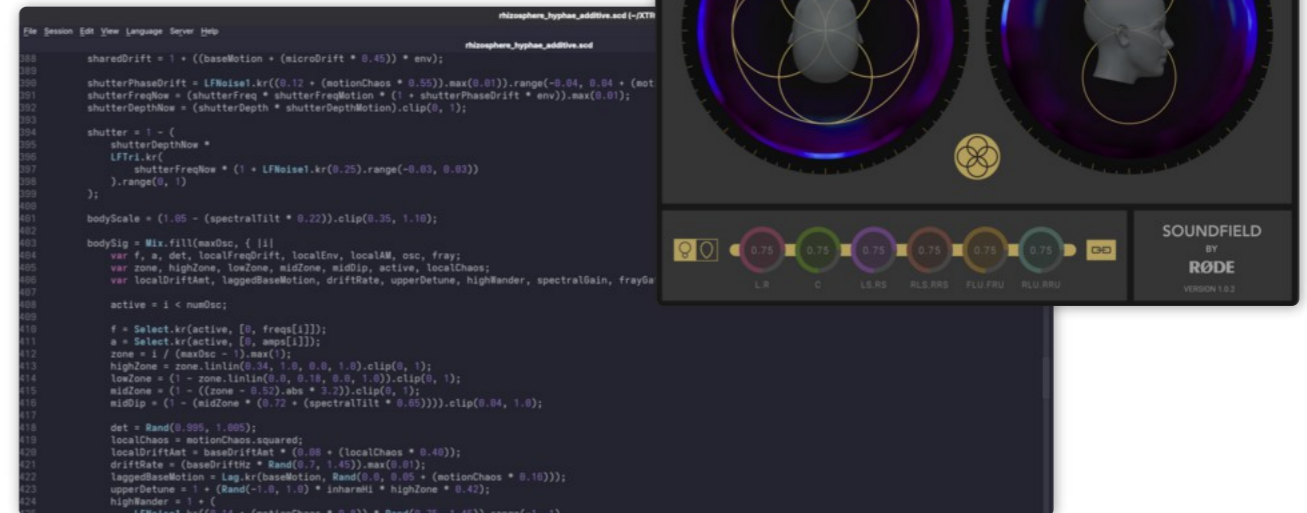
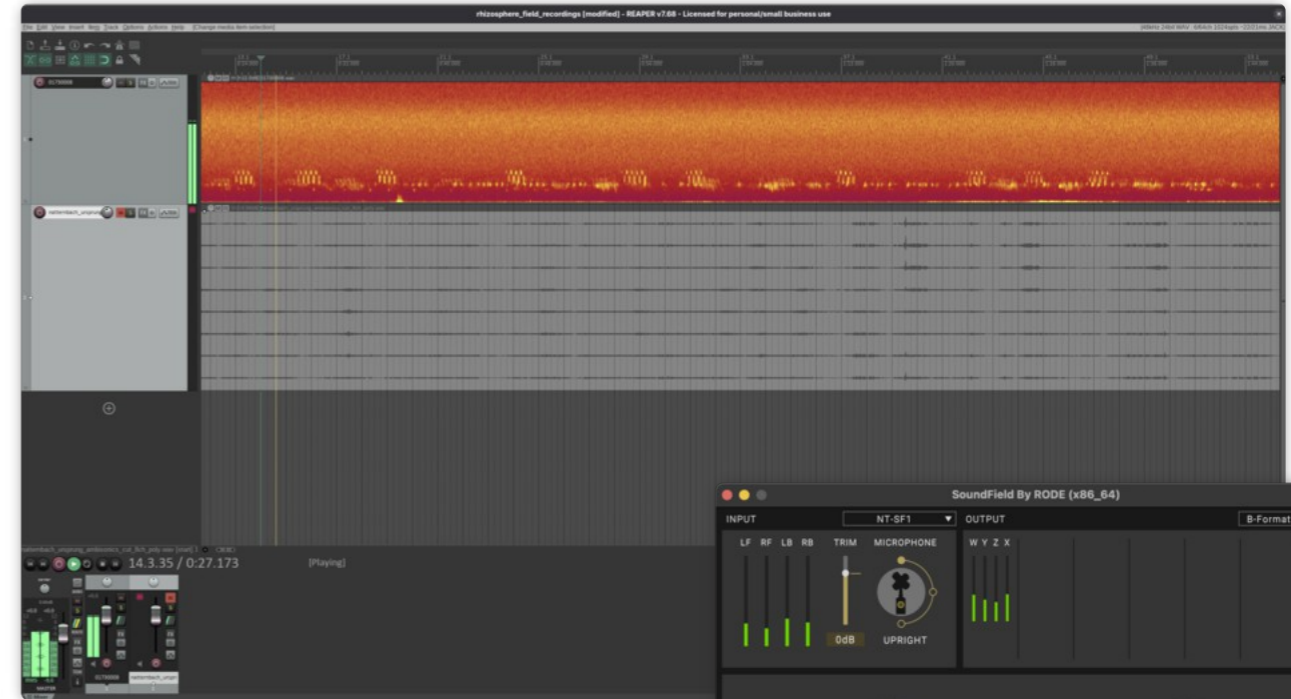
Für die Re/synthese und Verteilung des Klangmaterials im Raum wurde unter anderem mit SuperCollider gearbeitet: supercollider.github.io



Sounding Soil ist ein Projekt der Stiftung Biovision, das Bewusstsein für den Boden und seine Bewohnenden schafft: www.biovision.ch/soundingsoil/ueber-soundingsoil



29



PERSONEN

Malerei, Medienkunst

30 Stefan Pommer ist selbständiger Maler, Illustrator Grafikdesigner und im Bereich digitaler Kunst tätig. Nach dem Abschluss der HTL1 für Grafik und Kommunikationsdesign in Linz studierte er Malerei an der Universität für angewandte Kunst Wien bei Adolf Frohner und Gerhard Müller. Seit 2005 verbindet er Bild, Klang und Programmierung in interaktiven Multimedia-Arbeiten und VJ-Projekten. 2011 gründete er das Grafik- und Illustrationsbüro Photopic e.U.. Seine künstlerische Forschung kreist um mikrobielle Ökologie und Naturprozesse, die er seit 2019 im Projekt Biomorph weiterentwickelt. Er lebt und arbeitet in Niederösterreich.

Systembiologie, Sound Art

Flo Panhölzl ist Biologe und arbeitet zudem an der Realisierung digitaler Soundprojekte. Nach dem Abschluss der HTL für Nachrichtentechnik und Informatik in Braunau gründete er gemeinsam mit Freunden das experimentielle Soundsystem Tok und war einige Jahre quer durch Europa - mit Zwischenstationen bei der Vöest Linz - unterwegs. Nach einigen Jahren in einer sehr technischen und industriellen Welt wandte er sich der Permakultur und in weiterer Folge der Biologie zu. Nach dem Studium der Ökologie und Evolutionary Systems Biology an der Universität Wien forscht er dort aktuell als Praedoc am Centre for Microbiology and Environmental Systems Science zu Giant Viruses. Am liebsten verbindet er die technische und die naturwissenschaftliche Welt in künstlerischen Projekten wie Rhizosphere.



Bild: Stefan Prielinger

DANKE AN

gratis g. strumpf für den Videoschnitt des Teasers

Lee Taschek für ihr Feedback und Lektorat

Sean Darcy und Stefan Gorka für die fachliche Unterstützung

Thomas Gorbach für die Unterstützung bei Klangprojektion und Mastering

Christoph Jarisch und Karin Herzog für die organisatorische Unterstützung.

Jeff Anthony Torno für die filmische und fotografische Dokumentation der Eröffnung

Sounding Soil - ein Projekt von Biovision für ihre Unterstützung
www.biovision.ch/soundingsoil

AESR für den Verleih eines Ambisonics-Mikrofons und eines Multitrack-Recorders
aesr-lab.uni-ak.ac.at

SPUN für mikroskopische Mykorrhiza-Aufnahmen
www.spun.earth

Abteilung Umweltschutz des Landes Oberösterreich für den Verleih eines Bodenmikrofons

**KULTURLAND
NIEDERÖSTERREICH** 

Dieses Projekt wurde ermöglicht durch die Förderung der Abteilung für Kunst und Kultur der NÖ Landesregierung

 **Haus der
Digitalisierung**

Haus der Digitalisierung in Tulln
virtuelleshaus.at



Technopol-Standort Tulln
ecoplus Niederösterreichs
Wirtschaftsagentur GmbH
www.ecoplus.at/technopole/technopol-tulln

IMPRESSUM

34

Medieninhaber und Herausgeber

Photopic e. U.
Friedensgasse 12/5
3683 Yspertal

Tel.: +43 650 / 9 600 559
biomorph@photopic.at

Verantwortlich für den Inhalt

Stefan Pommer

Texte

Flo Panhölzl
Stefan Pommer

Lektorat

Lee Taschek

Grafik

Stefan Pommer

Druck

FLYERALARM GmbH
Alfred-Nobel-Straße 18
97080 Würzburg
Deutschland / Germany
manufacturer@flyeralarm.com

