

Bodenfarbe als Physik — Leitfaden für Lehrende

Erdpigmente aus den Böden von Müllrose

Februar 2026 | Version 1.0 | CC BY-NC-SA 4.0

Bodenfarbe als Physik — Leitfaden für Lehrende

Erdpigmente aus den Böden von Müllrose

Erdpuls Müllrose — Living Laboratory & Makerspace Garden

Teil des Projekts „Brücken bauen durch Boden — 13 Fragen an den Boden“

Zweck dieses Leitfadens

Dieser Leitfaden begleitet drei differenzierte Unterrichtsplanungsdokumente (Klassen 1–4, Klassen 5–8 und Klassen 9–12) sowie das zugehörige Pädagogische Rahmenkonzept. Er enthält alles, was Sie benötigen, um die Unterrichtseinheit „Bodenfarbe als Physik“ sicher und kompetent durchzuführen: fachliche Vorbereitung, Sicherheitshinweise, Materialverwaltung, Bewertungsansätze und logistische Unterstützung für Besuche auf dem Erdpuls-Campus.

Sie müssen kein Physik- oder Chemiespezialist sein, um diese Einheit durchzuführen. Das Prinzip „Erst der Körper, dann das Instrument“, das sich durch alle Jahrgangsstufen zieht, bedeutet, dass die Hände, Augen und Fragen Ihrer Schülerinnen und Schüler den Großteil des Lernprozesses tragen. Ihre Aufgabe ist es, Raum für Entdeckungen zu schaffen, gute Nachfragen zu stellen und das, was die Schülerinnen und Schüler beobachten, mit den Konzepten in diesem Leitfaden zu verknüpfen.

Einordnung der Einheit in das Erdpuls-Projekt

Das Projekt „Brücken bauen durch Boden“ stellt **104 Fragen an Landwirtinnen und Landwirte** von drei Partnerhöfen (konventionell, ökologisch, biodynamisch). Jede der 13 Fragen erhält von jeder Person eine gemalte Antwort — das ergibt 104 Gemälde, alle ausgeführt mit Erdpigmenten aus den Böden der Region Müllrose.

Die Schülerinnen und Schüler produzieren in dieser Einheit keine Proben. Sie stellen das tatsächliche Pigmentmaterial für ein echtes Kunstwerk her, das auf Reisen gehen wird. Das ist der Unterschied zwischen einer Schulübung und echter Projektteilnahme. Behalten Sie das im Blick: Die Arbeit hat eine Bedeutung über den Unterrichtsraum hinaus.

Die drei Höfe geben den Schülerinnen und Schülern etwas Seltenes — einen direkten Vergleich, wie die Beziehung einer Landwirtin oder eines Landwirts zur Erde sich in der Farbe des Bodens selbst zeigt. Das ist sowohl eine wissenschaftliche als auch eine menschliche Frage.

Fachliche Vorbereitung

Die wichtigsten Physikkonzepte in einfacher Sprache

Warum hat Boden Farbe?

Bodenfarbe entsteht hauptsächlich durch Eisen. Eisen macht etwa 5 % der Erdkruste aus und liegt in Böden in verschiedenen Mineralformen vor, jede mit einer anderen Farbe. Die wichtigsten in der Region Müllrose sind:

- **Goethit** (Eisenoxihydroxid): gelb bis gelbbraun. Dies ist das häufigste Eisenmineral in Brandenburger Böden.
- **Lepidokrokit**: orangerot. Bildet sich dort, wo Eisen abwechselnd nass und trocken ist.
- **Hämatit** (Eisenoxid): rot bis rotbraun. Dominiert in Böden wärmerer Klimazonen; kann hier entstehen, wo Boden gestört oder erhitzt wurde.
- **Ferrihydrit**: frisch ausgefällt, rotorange. Häufig nahe Quellen oder Entwässerungsgräben.
- **Organische Substanz (Humus)**: dunkelbraun bis schwarz. Mehr organische Substanz = dunklerer Boden. Biodynamisch bewirtschaftete Höfe in diesem Projekt zeigen typischerweise mehr Humus.
- **Quarz**: weiß bis hellgrau. Die Sandböden der Oder-Spree-Region sind reich an Quarz.

Warum verändert sich die Farbe mit der Feuchtigkeit?

Trockener Boden hat Luft in seinen Poren. Licht, das an vielen Luft-Mineral-Grenzflächen reflektiert wird, streut stark in alle Richtungen — das nennt man Mie-Streuung — und lässt den Boden heller erscheinen. Wenn Wasser diese Poren füllt, gibt es weniger Grenzflächen, weniger Streuung, und der Boden wirkt dunkler. Dies kann von Schülerinnen und Schülern in allen Jahrgangsstufen beobachtet und gemessen werden.

Warum verändert Mahlen die Farbe?

Kleinere Partikel haben mehr Oberfläche pro Masseinheit. Mehr Oberfläche = mehr Licht-Wechselwirkung. Fein gemahlene Eisenoxidpigmente erscheinen farbkraftiger und gesättigter als grob gemahlene Versionen desselben Bodens. Zu fein gemahlen (unter etwa 5 μm) wird das Pigment jedoch halbtransparent — die Deckkraft nimmt wieder ab.

Warum hellt Erdfarbe beim Trocknen auf?

Wenn das Wasser oder Öl des Bindemittels verdunstet, werden die Pigmentpartikel nach und nach von Luft statt von Flüssigkeit umgeben. Luft hat einen niedrigeren Brechungsindex als Bindemittel. Das Ergebnis: mehr Mie-Streuung an den Oberflächen, was das Erscheinungsbild aufhellt. Derselbe physikalische Mechanismus wie der Nass-Trocken-Effekt im Gelände.

Die wichtigsten Minerale im Überblick

Mineral	Formel	Farbe	Lokales Vorkommen
Goethit	$\alpha\text{-FeOOH}$	Gelb–gelbbraun	Landwirtschaftliche Braunerden
Lepidokrokit	$\gamma\text{-FeOOH}$	Orangerot	Gleye nahe Seen und Bächen
Hämatit	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Rot–rotbraun	Ortstein-Schicht im Podsol
Ferrihydrit	$\text{Fe}_5\text{O}_8\text{H}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Rotorange	Nahe Entwässerungsgräben
Humus	Organische Verbindungen	Dunkelbraun–schwarz	Moorböden, biodynamische Hoffelder
Quarz	SiO_2	Weiß–hellgrau	Sandige Rohböden, Sandgruben

Bezüge zu Unterrichtsfächern

Jahrgangsstufe	Hauptfach	Weitere Fächer
1–4	Sachunterricht	Kunst, Geografie
5–8	Physik, Biologie	Kunst, Geografie, Chemie
9–10	Physik, Chemie	Mathematik, Biologie
11–12	Physik, Chemie	Mathematik, Ökologie, Wissenschaftsmethodik

Sicherheitshinweise

Diese Einheit beinhaltet Arbeiten mit Erde, Feinstaub und einfachen chemischen Bindemitteln. Alle Aktivitäten sind sicher, wenn die folgenden Protokolle eingehalten werden.

Staubschutz (alle Jahrgangsstufen)

Feiner Quarzstaub (Partikel unter $10\text{ }\mu\text{m}$) ist bei wiederholter längerer Exposition eine Lungengefährdung — er ist die Ursache der Silikose bei Bergleuten und Steinbrucharbeitern. Im Schulkontext mit gelegentlichen Mahlsitzungen ist das tatsächliche Risiko sehr gering, aber Vorsichtsmaßnahmen sind erforderlich:

- **FFP2-Staubmasken** müssen beim trockenen Mahlen und Sieben getragen werden.
- **Schutzbrille** muss beim Mahlen getragen werden.

- **Gute Belüftung** ist erforderlich — Fenster öffnen oder bei der Trockenprozessierung im Freien arbeiten.
- Die Nassroute (Boden in Wasser einrühren) eliminiert das Staubrisiko vollständig und ist die bevorzugte Methode für jüngere Schülerinnen und Schüler (Klassen 1–4 und 5–8).

Sicherheit der Bindemittel

- **Leinöl:** Ungiftig. In Leinöl getränkte Lappen können sich selbst entzünden — flach ausbreiten zum Trocknen, niemals zusammenknüllen.
- **Gummi arabicum:** Ungiftig, wasserlöslich.
- **Eigelb (Tempera):** Normales Lebensmittel. Verderblich — fertig angemischte Farbe nicht länger als einige Tage aufbewahren.
- **Kasein (aus Quark):** Ungiftig.
- Alle Bindemittel sind für Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen unbedenklich.

Umgang mit Boden

- Nach allen Bodenarbeiten Hände waschen.
- Nicht essen oder trinken am Arbeitsplatz.
- Böden von Partnerhöfen sind landwirtschaftliche Böden ohne ungewöhnliche Kontaminationen. Vor dem Sammeln anhand der Standortbeschreibungsblätter überprüfen.

Spezifisch für Klassen 1–4

- Nur Nassroute — kein Trockenmaxlen oder Sieben.
- Vorbereitete, vorgeseiebte Bodenproben durch die Lehrkraft (Steine und Fremdkörper vor dem Unterricht entfernen).
- Betreuungsverhältnis von mindestens 1:8 bei praktischen Aktivitäten.

Materialverwaltung

Vor der Einheit

1. Das Erdpuls-Team kontaktieren, um Besuchstermine und die einzubeziehenden Partnerhöfe zu bestätigen.
2. Das Standortbeschreibungsformular und die Munsell-Farbtafel-Referenz (oder vereinfachte Fotoversion) aus der Projektdokumentation anfordern.
3. Die Probennahmekarte in Abschnitt 2.3 des Konzeptsdokuments prüfen, um die Probenahmestandorte zu identifizieren.

4. Bodenproben bei 50 °C 24 Stunden vortrocknen, wenn Labormaterialien im Voraus vorbereitet werden (50 °C NICHT überschreiten — Goethit wandelt sich oberhalb von 250 °C in Hämatit um und verändert die Farbe dauerhaft).

Verbrauchsmaterialcheckliste (pro Klassengruppe)

Material	Benötigte Menge	Hinweise
Vorgesammelte Bodenproben (mind. 3 Standorte)	200–500 g je Probe	Vorher bei 50 °C trocknen
FFP2-Staubmasken	1 pro Schüler/in	Erforderlich beim Trockenmahlen
Schutzbrillen	1 pro Schüler/in	Erforderlich beim Mahlen
Mörser und Pistill (Porzellan)	2–4	Zwischen Proben auswaschen
Siebsatz: 500/250/100/63 µm	1 Satz	Nur für Klassen 5–12
Digitalwaage (1 mg Auflösung)	1	Nur für Klassen 5–12
Aquarellpapier 300 g/m ²	3 Blatt pro Schüler/in	Schwereres Papier hält Pigment besser
Leinöl	100 ml	
Gummi arabicum (10 %-Lösung)	100 ml	10 g in 100 ml warmem Wasser lösen
Eigelb	4–6	Am Unterrichtstag frisch
Kleine Glasgläser (50 ml)	10–15	Zur Aufbewahrung von Pigmentchargen
Wasser in Behältern	—	Für die Nassverarbeitung
Pinsel (flach, 10–20 mm)	1 pro Schüler/in	Flachpinsel eignen sich am besten
Einweghandschuhe	1 Paar pro Schüler/in	Optional, aber empfehlenswert

Digitale Werkzeuge (kostenlos)

- **Spectroid** (iOS / Android): Reflexionsspektroskopie-App für Smartphones
- **GIMP**: Bildbearbeitung für RGB-Farbanalyse (Desktop)

- **Physics Toolbox Sensor Suite:** Alternative Spektroskopiemethode
- **RRUFF Project** (rruff.info): Referenzspektren zur Mineralidentifikation
- **SoilGrids** (soilgrids.org): Online-Bodenkarten für regionalen Vergleich

Der 4A-Weg in Ihren Unterrichtsstunden

Jede Unterrichtssequenz bei Erdpuls folgt dem **4A-Weg**: Awareness (Wahrnehmung) → Acknowledgment (Anerkennung) → Attitude (Haltung) → Action (Handlung). Sie müssen diese Struktur den Schülerinnen und Schülern nicht ankündigen — sie ist eine Karte für Lehrende, kein Arbeitsblatt für Lernende.

Stufe	Wie sie im Unterricht aussieht
Awareness (Wahrnehmung)	Schülerinnen und Schüler begegnen Boden und Farbe direkt — im Gelände oder mit Proben in der Hand — bevor eine Erklärung gegeben wird. „Was bemerkt ihr? Was überrascht euch?“
Acknowledgment (Anerkennung)	Schülerinnen und Schüler messen, vergleichen und sehen, dass ihr sinnlicher Eindruck durch Daten bestätigt wird. „Die feuchtere Probe ist wirklich dunkler — und hier ist die Messung als Beweis.“
Attitude (Haltung)	Schülerinnen und Schüler bilden ihre eigene Meinung zur Verbindung zwischen Bewirtschaftungspraxis und Bodenfarbe. Das ist keine Tatsache zum Auswendiglernen — es ist eine Frage, die man im Bewusstsein behält.
Action (Handlung)	Schülerinnen und Schüler stellen echte Pigmente für die Erdpuls WP4-Ausstellung her. Ihre Arbeit tritt in die Welt.

Stellen Sie sicher, dass jede Einheit, auch eine einzelne 45-Minuten-Sitzung, einen Moment aus jeder Stufe enthält. Die Handlungsstufe erfordert keine tatsächliche Pigmentproduktion — sie kann so einfach sein wie: „Was würdet ihr mit dieser Farbe machen, wenn ihr ein Gemälde über den Boden machen würdet, aus dem ihr sie gewonnen habt?“

Hinweise zur Leistungsbeurteilung

Diese Einheit wird hauptsächlich durch **Prozessdokumentation** bewertet, nicht durch schriftliche Tests. Empfohlene Ansätze:

Alle Jahrgangsstufen — Bodenfarb-Journal

Schülerinnen und Schüler führen ein laufendes Journal ihrer Proben, Beobachtungen und Fragen. Es dient sowohl als Lernwerkzeug als auch als Bewertungsartefakt. Empfohlene Inhalte: - Ein Farbmuster jeder Bodenprobe (gemalt oder fotografiert) - Drei Beobachtungen in Worten - Eine Frage, die die Probe aufwirft

Klassen 5–8 — Einfacher Laborbericht

Ein einseitiges Dokument: Was haben wir gemacht? Was haben wir gemessen? Was fällt uns auf? Schwerpunkt auf dem Nass-Trocken-Versuch und dem Bindemittelvergleich als Kerndaten.

Klassen 9–12 — Forschungsbericht oder Präsentation

Schülerinnen und Schüler entwerfen und führen eine eigene Miniforschung durch (siehe Unterrichtsplanung Klassen 9–12) und präsentieren die Ergebnisse. Beurteilungskriterien: Klarheit der Forschungsfrage, Qualität der Messung, Interpretation der Daten, Verknüpfung mit der übergeordneten Projektthese.

Selbsteinschätzungsfrage (alle Stufen)

Am Ende der Einheit fragen: „*Was erzählt euch die Farbe dieses Bodens über seine Geschichte?*“ Die Qualität einer Antwort ist ein guter Indikator für die Tiefe des Verständnisses in allen Jahrgangsstufen.

Häufig gestellte Fragen

Was, wenn wir die Partnerhöfe nicht besuchen können? Vorgesammelte Proben von den Höfen können vom Erdpuls-Team bereitgestellt werden. Kontakt: Michel Garand im Projektbüro. Die Exkursionsstunden lassen sich so anpassen, dass sie mit Probenkits im Klassenzimmer funktionieren.

Was, wenn die Schülerinnen und Schüler keine Vorkenntnisse in Optik oder Chemie haben? Die Einheit ist so gestaltet, dass sie aus direkter sinnlicher Erfahrung heraus aufbaut. Vorkenntnisse sind nicht erforderlich. Abschnitt 3 des Konzeptdokuments (Physikalische Grundlagen) liefert den Hintergrund — Sie können so viel oder so wenig einführen, wie Ihre Klasse aufnehmen kann.

Der Nass-Trocken-Versuch — wie nass sollte die Probe sein? Vollständig gesättigt (tropfend). Der Kontrast zur vollständig trockenen Version macht den Effekt klar sichtbar. Gleiche Probenmasse (5–10 g) für beide Zustände verwenden.

Können wir Boden aus dem Schulgarten statt der Hofstandorte verwenden? Ja, für die meisten Versuche. Der Drei-Höfe-Vergleich ist der pädagogisch wirkungsvollste Aspekt dieser Einheit, aber lokaler Schulgartenboden eignet sich gut für die Mahl-, Spektroskopie- und Bindemittelversuche.

Wie lagern wir fertige Pigmente? In fest verschlossenen Glasgläsern, lichtgeschützt. Trockene Erdpigmente sind unbegrenzt haltbar. Fertig angemischte Farben (mit Eigelb oder Gummi arabicum) sollten innerhalb einer Woche verbraucht oder gekühlt aufbewahrt werden.

Verbindung zur Ausstellung

Die fertigen Pigmente Ihrer Klasse werden Teil der **Müllroser Erdfarben-Bibliothek** — der Materialquelle für die 104 Ausstellungsgemälde. Wenn möglich:

1. Jedes Glas beschriften: Standortname, Datum, Hofname, Tiefe, Klassenbezeichnung.
2. Das Glas vor weißem Hintergrund fotografieren für das Farbachiv.
3. Das Foto dem Erdpuls-Projektbüro zur Aufnahme ins Projektarchiv zusenden.

Schülerinnen und Schüler, die ihr beschriftetes Glas auf dem Tisch im Ausstellungsraum sehen, haben eine andere Beziehung zum fertigen Kunstwerk als jede andere Besuchergruppe. Das ist die fünf Minuten Mehraufwand für die Beschriftung wert.

Weiterführende Literatur

- Schwertmann, U. & Cornell, R.M. (2000): *Iron Oxides in the Laboratory*. Wiley-VCH. [Schwertmann war Professor an der TU München — das Standardwerk zur Eisenoxid-Mineralogie und Bodenfarbe]
- Blume, H.-P. u.a. (2018): *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde*. 17. Auflage. Springer Spektrum. [Das Standardwerk der Bodenkunde im deutschsprachigen Raum; behandelt Eisenoxide, Humus und Bodengenese ausführlich]
- AG Boden / BGR (2024): *Bodenkundliche Kartieranleitung* (KA6). 6. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. E. Schweizerbart, Stuttgart. [Die verbindliche Anleitung zur Bodenkartierung, Bodenprobenahme und -beschreibung in Deutschland — unverzichtbare Grundlage für die Geländeeinheiten]
- Doerner, M. / Hoppe, T. (2011): *Malmaterial und seine Verwendung im Bilde*. 24. Auflage. Maier, Ravensburg. [Das klassische deutsche Standardwerk zu Malmaterialien, Pigmenten und Bindemitteln; behandelt Erdpigmente und Bindemittelchemie ausführlich]
- Delamare, F. & Guineau, B. (2000): *Colour: Making and Using Dyes and Pigments*. Thames & Hudson. [Französische Autoren; zugängliche Einführung in Pigmentwissenschaft und Kunstgeschichte]
- Canti, M. (2003): Earthen pigments and their analysis. *English Heritage Research Transactions*. [Englischsprachige Referenz zur Analyse von Erdpigmenten]

- **Toland, A., Noller, J.S. & Wessolek, G.** (Hrsg.) (2019): *Field to Palette — Dialogues on Soil and Art in the Anthropocene*. CRC Press / Taylor & Francis. 681 S. [Das zentrale Referenzwerk für die Verbindung von Bodenwissenschaft und Kunst, auf der diese Unterrichtseinheit aufbaut. Über 100 Beiträge von Bodenwissenschaftlerinnen, Künstlerinnen und Pädagog*innen; enthält DIY-Experimente und Bodenrezepte. Wessolek ist Emeritus an der TU Berlin]
- **Feller, C., Landa, E.R., Toland, A. & Wessolek, G.** (2015): Case studies of soil in art. *SOIL* 1: 543–559. DOI: 10.5194/soil-1-543-2015 [Open Access; kürzer und für den Unterricht zugänglich; behandelt Erdpigmente und Bodenkunst in verschiedenen Kulturen und historischen Epochen. Kostenlos herunterladbar]
- **Wessolek, G.** (2021): Böden in Kunst und Gesellschaft neu positionieren. *Handbuch der Bodenkunde*. Wiley. DOI: 10.1002/9783527678495.hbbk2021001 [Theoretische Rahmung der gesellschaftlichen und pädagogischen Rolle der Bodenwissenschaft — direkter BNE-Bezug]
- **Public Lab** (publiclab.org/wiki/spectrometry): Bauanleitungen für DIY-Spektrometer [Hinweis: SpectralWorkbench.org ist seit August 2022 offline; für den Unterricht empfehlen wir die Spectroid-App (siehe Abschnitt Digitale Werkzeuge oben)]

Dieses Material ist Teil der Erdpuls-OER-Sammlung und steht als Open Educational Resource (OER) unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) zur Verfügung. © Living-Lab Erdpuls Müllrose / Michel Garand (2026) und seine Übersetzungen | Gefördert von Änderwerk gGmbH im Rahmen des Programms „Vor Ort Vereint“ mit Unterstützung der Robert Bosch Stiftung und der Christian und Dorothee Bürkert Stiftung