

Lösungsbogen

Einführung: Sinnesreise

Der hessische Wald ist geprägt durch eine Vielzahl von Laub- und Nadelbäumen, darunter Buchen, Eichen, Kiefern und Fichten. Er ist Lebensraum für diverse Tier- und Pflanzenarten. Mit unseren Sinnesorganen können wir seinen Facettenreichtum erfahren:

Hören:

- **Vogelgezwitscher:** Dass wir uns am Vogelgezwitscher erfreuen können, ist ein netter Nebeneffekt. Eigentlich **markieren** Vögel damit vor allem ihr **Revier** und locken in der **Paarungszeit** geeignete Partner an. Teilweise dient es auch der **Warnung und Kommunikation** mit Artgenossen.
- Unterschiedliche Vogelarten singen zu unterschiedlichen Tageszeiten. Einige Vögel wie bspw. die Nachtigall singen sogar nachts.

Sehen:

- **Häufigste Baumarten in Hessen:** Buchen (31 %), Fichten (22 %), Eichen (14 %) und Kiefern (10 %).
- Hessen und Rheinland-Pfalz sind Bundesländer mit dem **höchsten Waldanteil**. 42 Prozent ihrer Landesflächen sind bewaldet.
- Es gibt in den hessischen Wäldern mehr Laubbäume (59 %) als Nadelbäume (41 %). Damit ist der **Anteil an Laubbäumen in Hessen deutlich höher** als im bundesweiten Vergleich. Dort ist der Anteil an Laubbaumarten 45 %.

Riechen:

- **Terpene** sind eine große Gruppe von Duftstoffen. Sie sind in den ätherischen Ölen der Nadelbäume wie Kiefer, Fichte und Tanne enthalten und erzeugen den wohlbekanntesten typischen Geruch.
- **Unterschiedliche Geruchsereignisse** bieten zudem: schwerer Waldboden, Kräuter, Sträucher und Teile der Bäume wie bspw. die Blätter der Walnuss oder die Blüten der Linde und Kastanie.

Fühlen:

- **Buchenrinde:** glatt bis leicht rau mit einer festen Beschaffenheit. Bei jüngeren Bäumen ist die Rinde oft glatter, während sie bei älteren Bäumen raue Abschnitte aufweisen kann.
- **Eichenrinde:** stark gefurcht und sehr rau. Sie kann tiefe Risse und Vertiefungen aufweisen.
- **Kiefernadeln:** steif und spitz. Wenn man sie zwischen den Fingern zerdrückt, können sie sogar ein wenig stechen.
- **Fichtennadeln:** weicher und flexibler als Kiefernadeln. Sie haben eine glatte Oberfläche und sind nicht stechend.
- **Moos:** weich, schwammig und oft feucht.

Lösungsbogen

Krabbelnde Wunder – was bewegt sich da im Unterholz?

An dieser Forschungsstation haben wir uns den kleinen Bewohnern des Waldbodens gewidmet. Viele sind unscheinbar und auf den ersten Blick leicht zu übersehen. Sie sind jedoch zentrale Elemente eines intakten Waldökosystems und erbringen wichtige Leistungen für die **Stoffkreisläufe**.

Mögliche Tierfunde:

- Wurzelschicht (Erdreich): Tausendfüßer, Regenwürmer.
- Moosschicht (wenige Zentimeter über der Erdoberfläche): Springschwänze, Kellerasseln, Ameisen, diverse Raupenarten, Ohrwürmer, Spinnen, Käfer.
- Krautschicht (bis circa 1,5 Meter über der Erde): Bienen, Wespen Schmetterlinge, Libellen.

Spannendes:

- Eine Zuordnung der Tiere ist nicht immer trennscharf möglich, da sich ihr **Lebensraum über mehrere Schichten** erstrecken kann. **Beispiel:** Ein Kaninchenbau ist ein Höhlensystem unter der Erde in der Wurzelschicht. Seine Nahrung findet das Kaninchen jedoch vor allem in der Krautschicht.
- **Insekten** haben immer **sechs Beine**. Das unterscheidet sie bspw. von **Spinnen**, die immer **acht Beine** haben. Spinnen und Insekten gehören beide in den Stamm der **Gliederfüßer**. Gliederfüßer sind wirbellose Tiere mit einem segmentierten Körper und gegliederten Extremitäten. Insekten sind wichtige Nahrungsquelle für manche Spinnen.
- In Deutschland gibt es circa **33.000 Insektenarten** und **1.000 Spinnenarten**.
- Kleine Lebewesen haben eine große Bedeutung für intakte Ökosysteme: Sie sind häufig **Primärkonsumenten**. Sie stehen am Anfang mehrstufiger Nahrungsketten und ernähren sich direkt von Pflanzen. Pflanzen heißen übrigens auch **Produzenten**, denn sie produzieren Biomasse mittels **Selbsternährung (Autotrophie)**. Das bedeutet, dass sie nur Sonnenlicht und anorganische Stoffe zum Wachstum benötigen.
 - **Beispiel:** Biomasse > Raupe > Elster > Uhu
- Eine andere Gruppe der kleinen Lebewesen heißt **Destruenten**. Sie sind ebenfalls wichtiger Bestandteil von Nahrungsketten. Vielleicht habt ihr einen Regenwurm gefunden. Er stellt eine beliebte Nahrung von Vögeln oder Igel dar. Doch er leistet noch einen anderen wichtigen Beitrag für das Ökosystem: Er zersetzt **organische Substanzen** wie bspw. heruntergefallene Blätter. Dabei gräbt er Röhren im Boden. Er lockert ihn auf und belüftet ihn. Regenwürmer tragen so zur **Fruchtbarkeit des Bodens** bei und fördern neues Pflanzenwachstum.

Lösungsbogen

Klima-Check – wie fühlt sich das Mikroklima an?

An dieser Forschungsstation haben wir uns mit dem **Mikro- und Mesoklima** des Waldes befasst. Wir haben in diesem Experiment dazu drei wichtige **Einflussfaktoren** kennengelernt: Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Helligkeit. Weitere Einflussfaktoren sind bspw. lokal vorherrschende Winde oder Niederschlagsmengen.

Das **Mesoklima** umfasst größere Landschaften, die sich von benachbarten Gebieten deutlich unterscheiden. In unserem Beispiel ist damit das gesamte Waldgebiet gemeint, nicht jedoch die angrenzende Stadt oder eine offene Wiesenlandschaft. Achtet darauf beim Verlassen des Waldes: Die Luft wird vermutlich merklich trockener und wärmer werden. Vielleicht wird es auch windiger?

An unserer Forschungsstation haben wir uns nicht mit dem gesamten Wald befasst, sondern nur mit einem kleinen Ausschnitt. Daher haben wir das **Mikroklima** untersucht. Mikro ist griechisch und bedeutet übersetzt „klein“. Passt doch gut. Wir haben gesehen, dass bereits zwischen schattigen Bereichen im Unterholz und sonnigen Lichtungen Unterschiede messbar sind.

Allgemein können wir uns zum Mikroklima im Wald merken:

- Am Waldboden ist die Luft feuchter und es ist kühler, weil die Baumkronen Schatten spenden. Das merken wir vor allem in heißen Sommern.
- Ein Wald bietet Windschutz.
- Dichte Wälder haben nicht nur ein eigenes Mikroklima. Sie nehmen auch Einfluss auf ihre Umgebung, bspw. indem das verdunstende Wasser angrenzende Landschaftsbereiche kühlt.
- In dicht bewachsenen alten Laubwäldern ist es kühler als in kahlgeschlagenen Bereichen.

Lösungsbogen

Ich seh den Wald vor Bäumen nicht – wie viele Pflanzen, Tiere und Pilze kannst du finden?

An dieser Forschungsstation haben wir uns intensiv mit den Stockwerken des Waldes beschäftigt. Zur Festigung unseres Wissens wollen wir das „Haus des Waldes“ noch einmal wiederholen und zentrale Merkmale seiner Etagen benennen:

Wurzelschicht:

- Keller des Hauses: Wir finden hier die **Wurzeln und Rhizome** vieler Pflanzensorten. Die Pflanzen ziehen über sie Wasser und Nährstoffe aus der Erde und finden Halt.
- Einige Bäume bilden tiefe Wurzeln aus, die weit in die Erde reichen. Eiche und Kiefer gehören dazu. Sie werden daher **Pfahlwurzler** genannt. Andere wurzeln eher flach und „tellerartig“ wie zum Beispiel die Fichte. Und wiederum andere bilden herzförmige Wurzelsysteme wie zum Beispiel Buchen und Birken.
- Die Wurzelschicht ist das Zuhause vieler Tiere wie Regenwürmern, Springschwänzen oder Tausendfüßern. Füchse und andere Tiere graben zudem Behausungen in der Wurzelschicht.

Mooschicht:

- Teil des Waldbodens und nur wenige Zentimeter hoch.
- Lebensraum für Moose, Pilze, Flechten und kleine Blühpflanzen.
- **Totholz** als zentraler Bestandteil: Es stellt einen wichtigen Lebensraum bspw. für kleine Reptilien, Insekten, aber auch für Säugetiere wie Igel oder Siebenschläfer dar.

Krautschicht:

- Reicht bis ungefähr 1,50m über dem Boden.
- Hier wachsen Farne, Gräser, Kräuter und Blütenpflanzen. Sie schaffen den Lebensraum für viele Tiere wie Bienen, Wespen oder Schmetterlinge.

Strauchschicht:

- Die Strauchschicht ist bis zu fünf Metern hoch. Sie wird durch Sträucher wie bspw. Haselnuss, Himbeere, Hagebutte, Vogelbeere oder Kornelkirsche gebildet.
- Vögel finden hier Nahrung und können sich in den dornigen Sträuchern verstecken. Rehe, Hirsche und Wildschweine finden im **Unterholz** Schutz.

Baumschicht:

- Ganz oben in unserem Haus ist das Dachgeschoss. Es wird Baumschicht oder auch **Kronenschicht** genannt und von den vorkommenden Bäumen gebildet.
- Wichtiger Lebensraum vor allem für Vögel, aber auch andere Tiere wie bspw. das Eichhörnchen.

Lösungsbogen

Geheimnisse des Waldbodens – was verbirgt sich unter deinen Füßen?

Der Boden hat eine zentrale Rolle für ein intaktes Waldökosystem. Er stellt Nährstoffe bereit, speichert und filtert eindringendes Oberflächenwasser und speichert große Mengen Kohlenstoff. An dieser Forschungsstation haben wir in Grundzügen seinen Aufbau kennengelernt:

Der Waldboden besteht aus verschiedenen Schichten. Sie werden **Bodenhorizonte** genannt. Zuerst haben wir **unzeretzte Biomasse** gesehen. Das waren bspw. heruntergefallene Nadeln und Laubblätter, Kastanien, Eicheln oder andere Pflanzenreste. Diese Schicht heißt **Streuhorizont**.

Nachdem wir den Streuhorizont beiseite geschoben haben, haben wir mit unseren Fingern in dunkler Erde gegraben und einen ganz typischen Geruch von Waldboden wahrgenommen. Wir sind nun im **Oberboden** angekommen, der auch **A-Horizont** genannt wird. Er hat einen **hohen Humusanteil**. **Humus** entsteht, wenn kleine Lebewesen wie Regenwürmer und Bakterien die Pflanzenreste der Streuschicht langsam abbauen. Es handelt sich um sehr **nährstoffreichen Boden**, der zugleich wichtiger **Lebensraum** für viele kleine Tiere ist. Wenn ihr sehr fleißig gegraben hättet, wärt ihr danach auf eine weitere Schicht gestoßen. Sie wird **B-Horizont** genannt. Es handelt sich hier um den **mineralischen Unterboden**. Hier finden wir **weniger Humus und dafür mehr verwittertes Gestein**. Ganz tief im Boden liegt der **C-Horizont**. Hier ist kein Humus zu finden. Er besteht größtenteils aus **unverwittertem Gestein**. Nun haben wir die **Bodenhorizonte** kennengelernt. Doch damit nicht genug. erinnert ihr euch, dass ihr den Boden zwischen euren Fingern gerieben habt? Ihr habt so ein Gefühl für seine **Körnung bekommen, also die Größe der Körner**.

Das ist wichtig, denn Böden unterscheiden sich in ihrer **mineralischen Zusammensetzung**. Je nachdem, wie groß die einzelnen Körner im Boden sind, unterscheiden wir von klein nach groß **Ton, Schluff und Sand**. Damit haben wir die drei wichtigsten **Bodenarten Tonboden, Schluffboden und Sandboden** kennengelernt. Als vierte könnt ihr euch noch **Lehmboden** merken. Das ist ein Gemisch aus Ton, Schluff und Sand. Übrigens: Zur Bestimmung ist auch euer **pH-Test** gut geeignet, denn Bodenarten unterscheiden sich teilweise deutlich.

Warum sollten wir die Bodenarten eigentlich kennen? Ganz einfach: Sie haben unterschiedlichen Eigenschaften und schaffen unterschiedliche Wachstumsbedingungen für Pflanzen. Ein **Beispiel**: Ein Tonboden speichert zwar viel Wasser, ist aber schlecht durchlüftet und Wurzeln können ihn schwer durchdringen. Ein lockerer Sandboden hingegen ist zwar gut durchlüftet und Wurzeln finden Platz, aber er speichert wenig Wasser.

Lösungsbogen

Bäume messen – wie groß sind diese Riesen wirklich?

Bäume sind das Herzstück eines Waldes. Sie sind seine Säulen. Wir können auch die Definition der Bundeswaldinventur nutzen, in der es heißt: „Ein Wald [ist] eine von Bäumen geprägte Vegetation, deren Fläche so groß ist, dass sich ein Waldklima entwickeln kann.“ An dieser Forschungsstation haben wir ausgewählte Exemplare kennengelernt und können uns folgendes merken:

- **Aufbau eines Baumes:** Im Erdreich befinden sich die **Wurzeln**. Sie geben dem Baum Standfestigkeit und versorgen ihn mit Wasser und Nährstoffen. Wichtiges Unterscheidungsmerkmal zu anderen Pflanzen ist der **Stamm**. Er hat immer eine **Rinde**. Sie schützt ihn zum Beispiel gegen Schädlinge wie Bakterien oder Insekten und Feuer. Sie verhindert außerdem, dass bei Trockenheit zuviel Wasser verdunstet und isoliert den Baum außerdem gegen Frost oder Sonneneinstrahlung. Am oberen Ende des Stamms folgen dicke **Äste**, aus denen kleine Zweige wachsen. An ihnen bilden sich im Frühling **Knospen** für den Blattaustrieb. Die Licht- und Wärmebedürftigkeit von Laubbäumen beeinflusst dabei, wann sie austreiben.
- **Bestimmung des Alters:** Eine Variante haben wir heute selbst durchgeführt, in dem wir den Umfang ermittelt haben und dann mit einer **Schätzformel** gearbeitet haben. Genauer wäre es, wenn man die Jahresringe des Baumes zählen würde. Das ist eine ringförmige Maserung im Stamm. Dafür müssen wir den Baum jedoch fällen. Für sehr besondere Bäume werden teure Verfahren eingesetzt, wie bspw. eine Bohrkernentnahme oder eine C-14-Datierung.
- **Wuchshöhe:** Der höchste Baum Deutschlands steht in Freiburger Mühlwald im Breisgau. Die **Douglasie misst rund 67 m und ist über 100 Jahre alt**. Sie stammt ursprünglich aus Nordamerika. Unsere heimischen Baumarten im Wald werden nicht so hoch. Sie erreichen in der Regel Wuchshöhen von 30 bis maximal 50 m.
- **Alter und Wachstum:** Bäume wachsen unterschiedlich schnell und können unterschiedlich alt werden. **Als ältester Baum gilt eine Kiefer in Schweden**. Sie ist vermutlich über **9500 Jahre** alt.

Lösungsbogen

Wasser im Boden – wie versickert Regenwasser?

Ziel des Experiments war es, die unterschiedliche Wasserdurchlässigkeit des Bodens zu erfahren. Der Fachbegriff für das Eindringen von Wasser in den Boden lautet dabei **Versickerung**.

Es sollte beobachtet worden sein, dass das Wasser an einer Stelle mit lockerem Waldboden schneller versickert als an einer Stelle mit stark verdichtetem – also sehr festem – Boden.

Interpretation:

Das Experiment zeigt anschaulich, dass die Verdichtung des Bodens Einfluss auf seine **Wasseraufnahmefähigkeit** hat. **Bodenverdichtung** bedeutet, dass unter starkem Druck die Bodenpartikel zusammengedrückt werden. Mit der Bodenverdichtung gehen diverse Nachteile für das Ökosystem Wald einher, wie bspw.:

- Bei starken Regenfällen staut sich das Wasser. Es steigt die Gefahr von **Überschwemmungen**, da das Wasser schlechter versickern kann. Zugleich sammelt sich weniger frisches Wasser im Erdboden bzw. **Grundwasser**, das den Pflanzen bei der nächsten Trockenperiode zur Verfügung steht.
- Die starke Verdichtung behindert außerdem das Wurzelwachstum der Pflanzen, erschwert ihnen die **Nährstoffaufnahme** und führt zu Sauerstoffmangel im Boden. Regenwürmer als wichtige Destruenten schaffen es nicht mehr, stark verdichtete Böden aufzulockern. Der Austausch von Wasser und Sauerstoff findet zunehmend nur noch eingeschränkt statt.
- Mit den angesprochenen Überschwemmungen geht **Bodenerosion** einher. Das bedeutet, dass mit dem Wasser auch wichtige Nährstoffe weggeschwemmt werden und den Pflanzen nicht mehr zur Verfügung steht.

Ursache: Die wichtigste Ursache für starke Bodenverdichtung im Wald sind forstwirtschaftliche Maschinen. Sie werden zur Holzgewinnung eingesetzt. Moderne Forstmaschinen – sogenannte Harvester – wiegen häufig bis zu 25 Tonnen. Zum Vergleich: Ein aktueller VW Golf 7 wiegt je nach Bauart circa 1,5 Tonnen. Ein Harvester kann somit schnell das Gewicht rund 15 Kleinwagen auf die Waage bringen.



Lösungsbogen

Der Wald atmet – können wir den Atem sehen?

Ziel des Experiments war es, den **Gasaustausch** – also „das Atmen“ – der Bäume sichtbar zu machen.

Es sollten dazu an den Unterseiten der Blätter kleine Bläschen sichtbar geworden sein. Sie treten an den Spaltöffnungen der Blätter auf. Diese länglichen Poren ermöglichen Pflanzen sowohl den **Gasaustausch** als auch die **Transpiration**.

Interpretation:

Das Experiment bietet uns daher niederschwellig Zugang zu einem der wichtigsten biochemischen Prozesse auf der Erde: der **Fotosynthese**.

Fotosynthese wird von Pflanzen und einigen Bakterienarten betrieben. **Sie wandeln dabei Sonnenlicht, Wasser und Kohlenstoffdioxid zu Zucker und Sauerstoff um.** Den für uns Menschen lebensnotwendigen Sauerstoff geben sie über die Blätter ab.

Pflanzen bilden und nutzen für diese Energieumwandlung übrigens **Chlorophyll**. Man erkennt es an der grünen Blattfarbe. Aus diesem Grund findet auch in vertrockneten braunen Blättern keine Fotosynthese statt.