

ÖFFNE
N

Geringes Wissen über Pilze und begrenzte Bestimmungsfähigkeiten: Studie deckt Wissenslücken bei Laien in Deutschland auf

Ina Schanz[✉] & Martin Remmele

Die biologische Vielfalt ist einer der größten Schätze der Natur und für die Gesundheit unseres Planeten sowie das Wohlergehen der Menschen von entscheidender Bedeutung. Dennoch nimmt die globale biologische Vielfalt weiterhin in alarmierendem Tempo ab, was zum Teil auf das geringe Engagement der Öffentlichkeit bei Naturschutzbemühungen zurückzuführen ist. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Artenkenntnisse in der Bevölkerung gering sind, insbesondere was einheimische Pflanzen und Tiere betrifft. Studien zur Artenkenntnis mit Schwerpunkt auf Pilzen, einem der artenreichsten Reiche, sind jedoch nach wie vor rar. Diese Studie untersuchte die Pilzartenkenntnisse einer repräsentativen Stichprobe von Laien aus Deutschland ($n = 747$) mittels eines Identifizierungs- und Wissenstests und untersuchte potenzielle Prädiktoren. Die Identifizierungsfähigkeiten standen in Zusammenhang mit Sammelverhalten, Wohnort in ländlicher Umgebung, Naturverbundenheit und Alter. Im Durchschnitt identifizierten die Teilnehmer nur 16,7 % der einheimischen Pilzarten, und mehr als ein Viertel (26 %) konnte keine einzige identifizieren. Die Essbarkeit wurde in 36,0 % der Fälle richtig eingeschätzt, und die Mehrheit glaubte, dass Pilze Pflanzen sind. Diese Ergebnisse zeigen eine erhebliche Lücke im Wissen über Pilzarten auf, was wahrscheinlich dazu führt, dass Pilze in Forschung, Naturschutz und Bildung weiterhin vernachlässigt werden, was sich wiederum negativ auf globale Naturschutzziele auswirken kann. Um diese Lücke zu schließen, könnten die Ergebnisse Erkenntnisse liefern, wie die Berücksichtigung von Pilzen in Schullehrplänen und der öffentlichen Bildung gestärkt werden kann.

Schlüsselwörter: Bewusstsein für Biodiversität, Kenntnisse über Pilzarten, Artenbestimmung, Artenwissen, „Fungal Awareness Disparity Syndrome“ (FADS), Wissenslücke

Die globale Artenvielfalt nimmt in einem in der Menschheitsgeschichte beispiellosen Tempo ab¹, was die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme untergräbt und das Risiko von Instabilität oder Zusammenbruch schneller als vorhergesagt erhöht^{2,3}. Dieser Trend gefährdet das Ziel für nachhaltige Entwicklung (SDG) 15 der Vereinten Nationen, „Leben an Land“, das den Schutz, die Wiederherstellung und die nachhaltige Nutzung terrestrischer Ökosysteme in den Vordergrund stellt. Jede Art spielt eine unverzichtbare Rolle für das Funktionieren des Ökosystems und ist Teil eines komplexen Netzwerks. Die Arten selbst bilden die Grundlage der biologischen Vielfalt der Erde, während Ökosysteme dazu dienen, diese zu erhalten und zu maximieren⁴. Derzeit gelten schätzungsweise 47.187^{5,8} Arten als bedroht. Da die ökologischen Auswirkungen einer einzelnen Art schwer einzuschätzen sind⁶ und Ökosysteme mehr sind als die Summe ihrer einzelnen Bestandteile, bleiben die endgültigen Folgen des Biodiversitätsverlusts ungewiss. Obwohl das öffentliche Bewusstsein für den Rückgang der biologischen Vielfalt gestiegen ist⁷, gefährden menschliche Aktivitäten durch internationale und nationale Naturschutzinitiativen weiterhin den Fortbestand von Arten⁸. Folglich ist es eines der Hauptziele der wissenschaftlichen Forschung⁹, die zugrunde liegenden Ursachen zu identifizieren und anzugehen, insbesondere jene, die auf menschliches Verhalten zurückzuführen sind¹⁰. Zu den vielfältigen Gründen zählen eine zunehmende Entfremdung von der Natur^{11,12}, ein Rückgang taxonomischer Fachkenntnisse⁽¹³⁾ der selbst unter Spezialisten zu einer Identifikationskrise führt¹⁴, sowie unzureichendes ökologisches Wissen¹⁵. Da Menschen dazu neigen, das zu schätzen und zu schützen, was sie kennen¹⁶, ist Artenkenntnis für die wirksame Erhaltung der Biodiversität unverzichtbar^{17–19}. Der Begriff „Artenkenntnis“ geht über die bloße Benennung von Organismen hinaus und umfasst sowohl fundiertes als auch breites taxonomisches Wissen¹⁹. Artenkenntnis beinhaltet die Fähigkeit, eine Art zu identifizieren, zu benennen und ihr Verhalten, ihren Lebensraum, ihre ökologische Rolle sowie die ihr drohenden Gefahren zu verstehen. Dazu gehören auch Beobachtungsfähigkeiten und die Fähigkeit, biologisches Wissen anzuwenden¹⁹. Identifizierungsfähigkeiten spielen eine Schlüsselrolle bei der Artenkenntnis, die zudem ein grundlegendes Verständnis des Artenbegriffs selbst beinhaltet²⁰. Das Wissen über Arten und ihre Lebensbedingungen weckt das Interesse an der Natur und fördert das Verständnis für Umweltfragen, wie beispielsweise die Rolle von Arten für das Funktionieren von Ökosystemen²¹. Solches Wissen fördert eine respektvollere Haltung gegenüber anderen Organismen und eine größere Wertschätzung ihres intrinsischen Wertes^{22,23}. Dies wiederum kann die emotionale Bindung an die Natur stärken²⁴ und positive Einstellungen fördern²⁵. Infolgedessen kann das öffentliche Engagement gestärkt werden, was auf der Grundlage fundierter Entscheidungen direkt oder indirekt der natürlichen Umwelt und der damit verbundenen Tier- und Pflanzenwelt zugutekommt^{21,26}. Diese Verhaltensweisen

Veränderungen – wie die Teilnahme an Naturschutzaktivitäten, Recycling, Energieeinsparung und umweltbewusster Konsum²⁶ – sind für einen wirksamen Naturschutz entscheidend. Eine breite öffentliche Unterstützung ist unerlässlich, da Naturschutzbemühungen von nachhaltiger Finanzierung, Beteiligung und gesellschaftlicher Akzeptanz abhängen²⁷. Ein weit verbreitetes gesellschaftliches Engagement für den Schutz der biologischen Vielfalt kann politische Entscheidungsträger dazu motivieren, Schutzmaßnahmen zu ergreifen, während ein geringes öffentliches Interesse die Wahrscheinlichkeit solcher Maßnahmen verringert²⁸. Daher gilt das Wissen über Arten als wichtiger Prädiktor für umweltfreundliches Verhalten und Naturschutz^{29–31}, was im Einklang mit dem SDG 15 der Vereinten Nationen steht.

Trotz der entscheidenden Bedeutung von Artenwissen haben internationale Studien einen ausgeprägten Mangel an Artenwissen in der breiten Öffentlichkeit aufgezeigt. Die meisten Untersuchungen auf diesem Gebiet haben sich jedoch auf Tiere und Pflanzen konzentriert und dabei häufig die unterschiedliche Aufmerksamkeit für diese Gruppen hervorgehoben. Das Artenwissen in der breiten Öffentlichkeit ist im Allgemeinen gering^{19,32–34}, wobei es bei Tieren tendenziell etwas größer ist als bei Pflanzen³⁵. Das Phänomen, dass Menschen Pflanzen in ihrer Umgebung häufig nicht wahrnehmen, sie als Tieren unterlegen betrachten und ihre ökologische Rolle unterschätzen, wird als „Plant Awareness Disparity“ (PAD) bezeichnet. Das Wissen über Pilzarten ist jedoch trotz ihrer ökologischen Bedeutung nach wie vor kaum erforscht.

Pilze gehören zu den artenreichsten, komplexesten und ökologisch wichtigsten Gruppen von Organismen. Ihre charakteristischen morphologischen, physiologischen und ernährungsphysiologischen Merkmale machen sie unter allen Lebewesen einzigartig^{36,37}, und sie machen etwa 20 % aller eukaryotischen Arten aus^{8,38}. Obwohl Pilze in erster Linie terrestrisch sind, besiedeln sie nahezu jede Art von Substrat³⁹. Als wichtigste Zersetzer von Biomasse spielen sie eine zentrale Rolle sowohl in abiotischen als auch in biotischen Kreisläufen und interagieren mit nahezu allen anderen Lebensformen – von der Ermöglichung der Terrestrisierung von Pflanzen⁴⁰ bis hin zur Züchtung von Bodenbakterien⁴¹. Für den Menschen liefern Pilze essentielle Verbindungen, darunter Antibiotika und cholesterinsenkende Medikamente. Da Pilze die Grundlage fast aller terrestrischen Ökosysteme bilden und das Funktionieren der Biosphäre unterstützen⁴², ist ihre Vielfalt für die globale Stabilität und Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme unverzichtbar.

Die wenigen vorhandenen internationalen Studien weisen auf ein geringes Wissen über Pilzarten⁴³ und ein allgemeines mangelndes öffentliches Bewusstsein hin, das kürzlich als „Fungal Awareness Disparity Syndrome“ (FADS) bezeichnet wurde⁴¹. FADS umfasst ein allgemeines Desinteresse an Pilzen, deren Assoziation mit Nahrung, Verwesung oder Krankheit, die Unfähigkeit, das Vorhandensein oder die Aktivität von Pilzen zu erkennen, ein begrenztes Verständnis der Pilzökologie und ein minimales Engagement für den Pilzschutz⁴¹. Dieses Phänomen spiegelt eine historische Vernachlässigung in der ökologischen Forschung wider^{42,44}, was zu begrenzten Basisdaten⁴² und erheblichen Wissenslücken^{(45) führt}. Die Verbreitung von Pilzen ist zudem schwer zu dokumentieren, da viele Arten klein, unauffällig und schwer zu identifizieren sind und oft eine komplexe und ungewohnte Nomenklatur aufweisen³⁸. Folglich werden Pilze im Hinblick auf die Überwachung der Biodiversität und den Pilzschutz weiterhin übersehen und von Pflanzen und Tieren in den Schatten gestellt^{38,46}. Auf der Roten Liste der IUCN wurden 18 % der bekannten Pflanzenarten und 80 % der Wirbeltierarten auf ihr Aussterberisiko hin bewertet⁽³⁸⁾ jedoch nur 1300 Pilzarten (≈ 6 % der insgesamt 155.000 beschriebenen und ≈ 0,8 % der geschätzten 2,5 Millionen Arten³. Von den bewerteten Pilzarten gelten derzeit 411 als bedroht⁵, doch ihre Unterrepräsentation auf der Roten Liste lässt vermuten, dass die tatsächliche Zahl der gefährdeten Arten wahrscheinlich weitaus höher ist. Pilze sind direkten Bedrohungen durch Entwaldung, Intensivierung der Landwirtschaft, Umweltverschmutzung und Klimawandel ausgesetzt, die alle die empfindlichen Umweltbedingungen stören, die für ihr Wachstum und ihre Fortpflanzung erforderlich sind⁵. Ein eindrucksvolles Beispiel ist der chilenische Steinpilz (*Butyriboletus loyo*), der heute aufgrund von Überernte – oft von unreifen Exemplaren einschließlich ihres Myzels⁵ – stark gefährdet ist, was eine Lücke im öffentlichen Wissen über Arten deutlich macht. Insbesondere sind sowohl die Pilzgemeinschaften in der Luft als auch im Boden in von Menschen besiedelten Gebieten weniger vielfältig als in natürlichen Lebensräumen⁴⁷.

Um einen ganzheitlichen Ansatz zur Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt¹⁹ zu verfolgen, ist es unerlässlich, das Wissen über Pilzarten zu verbessern. Dementsprechend wurde in dieser Studie der Wissensstand über Pilzarten untersucht, indem die Vertrautheit der Bevölkerung in Deutschland mit heimischen Pilzarten ermittelt wurde.

(F1) Wie vertraut ist die Bevölkerung in Deutschland mit verbreiteten lokalen Pilzen?

Darüber hinaus untersuchten wir potenzielle Variablen im Zusammenhang mit dem Wissen über Pilzarten, um daraus Schlussfolgerungen für Wissenschaft, Bildung und Naturschutz abzuleiten. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Wissen über Pilzarten tendenziell mit zunehmendem Alter^{16,34,48} und höherem Bildungsniveau^{16,19} zunimmt. Die Erkenntnisse zu geschlechtsspezifischen Effekten sind gemischt: Einige Studien berichten von besseren Leistungen bei Männern, was möglicherweise mit der Jagd oder Aktivitäten im Freien zusammenhängt⁴⁹, während andere von besseren Leistungen bei Frauen⁵⁰ oder gar keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschieden¹⁹ berichten. Eine ländliche Erziehung führte zu einer etwas besseren Artenkenntnis^{33,51}, obwohl andere Studien keine oder sogar umgekehrte Effekte berichteten^{19,32,33,50}. Die Identifizierung der primären Quellen für Artenwissen ist ebenfalls entscheidend für pädagogische Implikationen. Das familiäre Umfeld wird häufig als häufigste Quelle für Wissen über die Artenvielfalt genannt^{33,48,52,53}. Da die Verbundenheit des Einzelnen mit der Natur die Entwicklung von Interesse und den Wissenserwerb beeinflusst⁵⁴, könnte sie sich auch auf die Pilzartenkenntnis auswirken. Weitere Prädiktoren könnten die in der Natur verbrachte Zeit und das Verhalten beim Pilzesammeln sein.

(Frage 2) Welche Variablen stehen in Zusammenhang mit dem Wissen über Pilzarten bei Laien in Deutschland?

Im ersten Abschnitt werden die Ergebnisse vorgestellt, gefolgt von einer Diskussion und Schlussfolgerungen; abschließend werden die Untersuchungsmethoden erläutert.

Ergebnisse

Die Verbundenheit mit der Natur, gemessen auf einer Skala von 1 bis 7, lag im Durchschnitt bei $M_{\text{Verbundenheit}} = 4,34$ ($SD = 1,63$), wobei die Teilnehmer durchschnittlich $M_{\text{Zeit}} = 9,75$ Stunden pro Woche in der Natur verbrachten ($SD = 12,0$). Was die Konsumgewohnheiten betrifft, gab eine große Mehrheit (89,2 %) an, Pilze zu essen. Was das Sammelverhalten betrifft, gaben 45 % der Befragten an, bereits Pilze gesammelt zu haben, während 55 % dies noch nie getan hatten. Unter denjenigen, die keine Pilze sammeln, waren die häufigsten Gründe mangelndes Wissen (34 %), mangelndes Interesse (15 %), sonstige Gründe (3 %) und örtliche Gegebenheiten (3 %). Familie und Freunde wurden als Hauptquellen für Pilzwissen genannt, gefolgt von selbstgesteuertes Lernen. Insgesamt gaben 112 Teilnehmer an, keine Kenntnisse über Pilze zu haben (Tabelle 1). Nur 29 % der Teilnehmer erinnerten sich daran, das Thema Pilze in der Schule behandelt zu haben; 34 % gaben an, dass Pilze in einem schulischen Kontext nicht behandelt worden seien, und 37 % waren sich unsicher.

Quelle	Teilnehmer (%)
Freunde/Familie	38,9
Selbststudium (z. B. Bücher)	33,2
Vorschule/Schule/Universität	27,9
Keine Vorkenntnisse	21,1
Andere Quellen	14,8
Freizeitaktivitäten (z. B. Pfadfinder)	9,3

Tabelle 1. Quellen für Wissen über Pilze. Die Teilnehmer gaben in einer Multiple-Choice-Frage (Mehrfachantworten möglich) an, woher sie ihr Wissen über Pilze beziehen. Die drei am häufigsten genannten Quellen sind fett hervorgehoben.

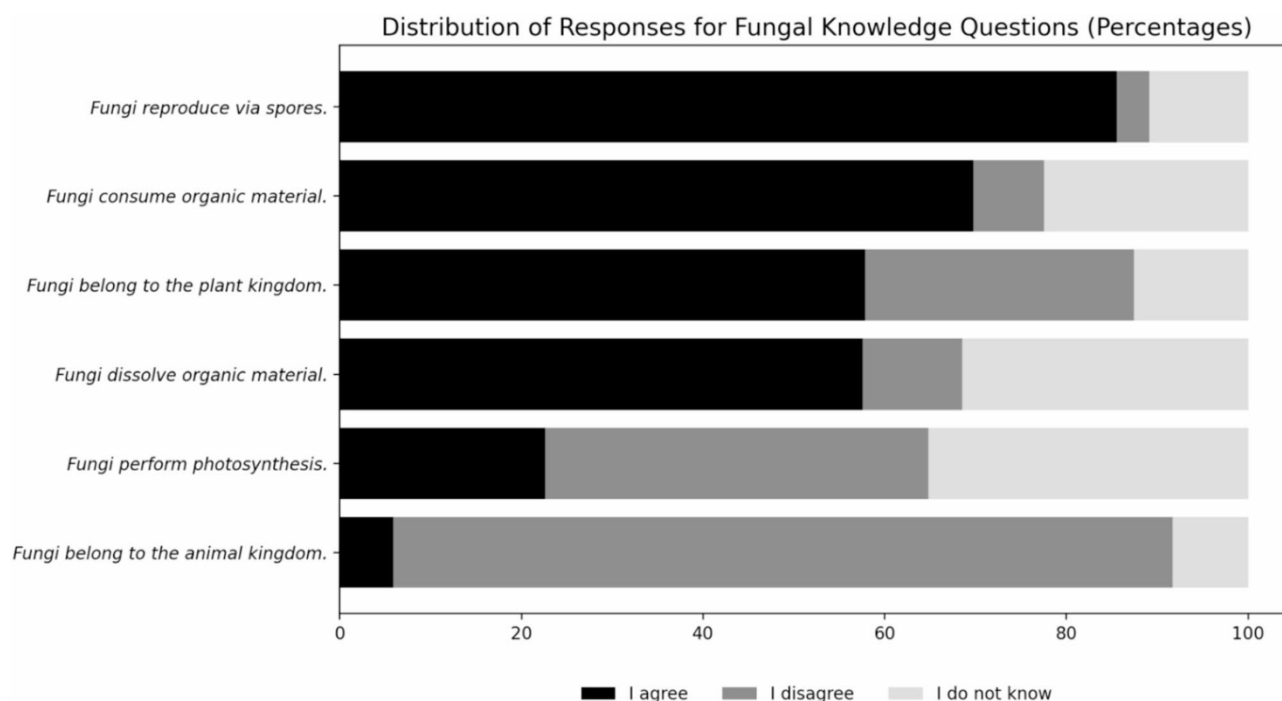


Abb. 1: Proportionale Verteilung der Antworten der Teilnehmer auf allgemeine Aussagen zu Pilzen. Die Teilnehmer wählten entweder zwischen „Ich stimme zu“ (schwarz), „Ich stimme nicht zu“ (dunkelgrau) oder „Ich weiß nicht“ (hellgrau). Die Aussagen sind nach dem Anteil der Zustimmung geordnet.

(F1) Vertrautheit mit verbreiteten lokalen Pilzen

Die Mehrheit der Teilnehmer (70 %) war nicht in der Lage, fünf Pilzarten nach dem Zufallsprinzip zu nennen ($M_{\text{Zufall}} = 3,09$ von fünf), und 10 % konnten keine einzige Art benennen. Die am häufigsten genannten Arten waren der Steinpilz (*Boletus edulis*), der Pfifferling (*Cantharellus cibarius*), der Champignon (*Agaricus* sp.), der Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) und der Braune Steinpilz (*Imleria badia*). Insgesamt nannten die Teilnehmer über 80 Pilzarten, darunter seltene und standortspezifische Taxa wie den Goldenen Lärchen-Steinpilz (*Suillus grevillea*) sowie nicht heimische Arten wie den Enoki (*Flammulina velutipes*). Die Untersuchung des Wissens der Teilnehmer (siehe Abb. 1) ergab, dass eine Mehrheit der Meinung war, dass Pilze sich über Sporen vermehren (86 %), organisches Material verwerten (70 %), dem biologischen Reich der Pflanzen zugeordnet werden (58 %) und organisches Material zersetzen (58 %). Insgesamt stimmte nur eine Minderheit zu, dass Pilze Photosynthese betreiben (23 %), oder glaubte, dass Pilze Tiere sind (6 %).

Wie in Abb. 2 dargestellt, identifizierten die Teilnehmer durchschnittlich 16,7 % der lokalen Pilzarten korrekt ($M_{\text{Pilze}} = 2,0$ von 12, SD 1,75) und schätzten die Essbarkeit von 36 % richtig ein ($M_{\text{Essbarkeit}} = 3,0$ von 12). Die höchsten Erkennungsraten wurden bei Fliegenpilzen (*Amanita muscaria*), Feldpilzen (*Agaricus campestris*) und Steinpilzen (*Boletus edulis*) erzielt. Insgesamt konnten 26 % der Teilnehmer keinen einzigen Pilz zu identifizieren.

Im Vergleich zur Identifizierungsleistung erzielten die Teilnehmer bei der Beurteilung des Nahrungswerts im Allgemeinen höhere Werte. Um die Genauigkeit der Essbarkeitsbewertung zu bewerten, wurden alle Antworten mittels einer erweiterten Verwechslungsmatrix analysiert (Abb. 3). Für die beantworteten Fälle erreichte das Modell eine Gesamtgenauigkeit von 72,8 %, wobei das Verhältnis von korrekten Vorhersagen (True Positives + True Negatives) zur Gesamtzahl der Vorhersagen quantifiziert wurde. Der F_1 -Wert betrug 72,0 % und kombinierte Präzision und Recall zu einer einzigen Metrik, die Falsch-Positive und Falsch-Negative ausgleicht. Die Sensitivität (korrekte

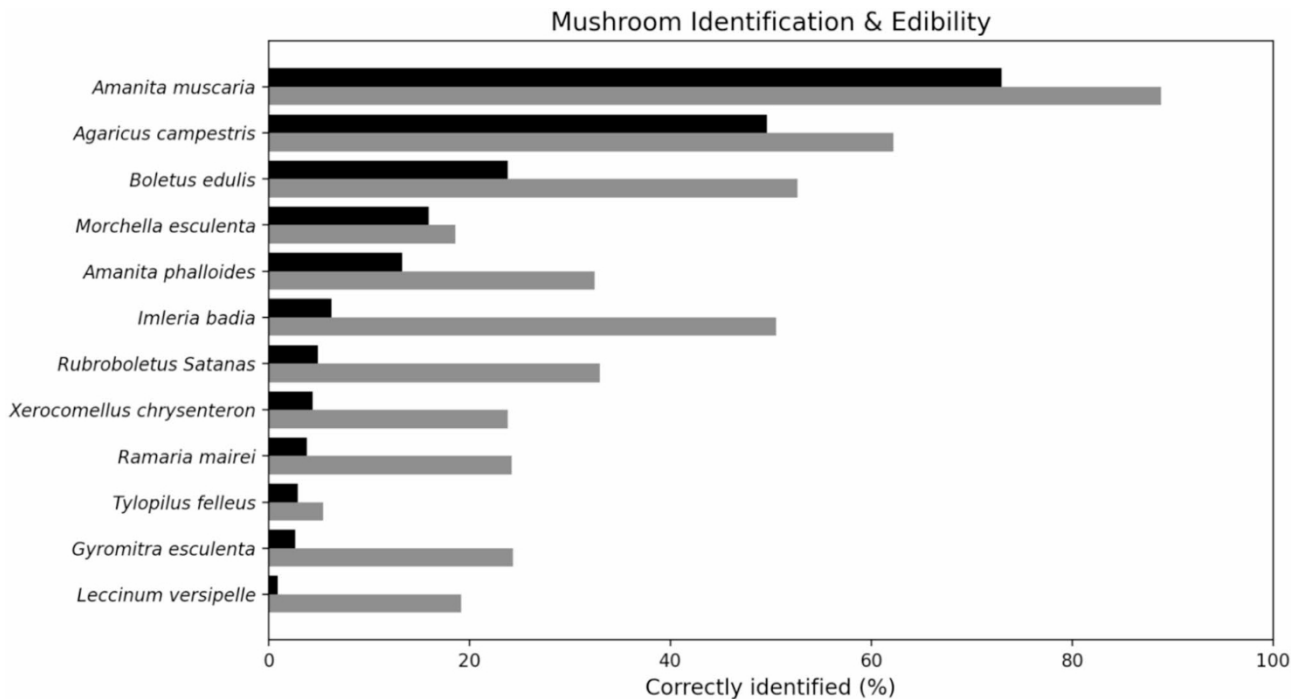


Abb. 2. Anteil der Laien, die die einzelnen Pilzarten korrekt identifiziert und deren Essbarkeit richtig eingeschätzt haben. Die schwarzen Balken geben die Identifizierungsgenauigkeit an; die grauen Balken stehen für korrekte Einschätzungen der Essbarkeit. Die Arten sind nach ihrer Identifizierungsrate geordnet.

		Predicted		
		+	-	no answer
actual	+	True Positive (TP) 34,5%	False Negative (FN) 13,8% (Type II – error)	51,7%
	-	False Positive (FP) 13,0% (Type I -error)	True Negative (TN) 38,0%	49,0%

Abb. 3. Erweiterte Verwechslungsmatrix für die Einstufung der Essbarkeit (giftig/unessbar = +, essbar = -, keine Antwort). Die Matrix zeigt den prozentualen Anteil an echten Positiven (TPs), falschen Negativen (FNs; Typ-II-Fehler), falschen Positiven (FPs; Typ-I-Fehler) und echten Negativen (TNs).

Die Sensitivität (Erkennung giftiger Pilze) betrug 71,4 %, die Spezifität (korrekte Identifizierung essbarer Pilze) 74,5 %, die Präzision der Giftigkeitsklassifizierung 72,6 % und der negative prädiktive Wert 73,3 %. Bei allen vorgestellten Pilzarten beurteilten 65,5 % der Teilnehmer die Essbarkeit falsch oder waren sich unsicher. Bei den essbaren Arten waren 62,4 % der Teilnehmer unentschlossen oder lagen falsch. Nur wenige Teilnehmer schätzten den Feldpilz (*Agaricus campestris*) falsch ein, während die meisten hinsichtlich des Roten Rissboletus (*Xerocomellus chrysenteron*), des Orangefarbenen Birkenboletus (*Leccinum versipelle*) und der Gemeinen Morchel (*Morchella esculenta*) unsicher waren oder falsch lagen. Bei ungenießbaren, aber ungiftigen Arten, wie dem Satans-Boleten (*Rubroboletus Satanas*), stuften 67,3 % der Teilnehmer die Essbarkeit falsch ein oder waren sich unsicher. Der Bitterbolet (*Tylopilus felleus*), der oft als leicht giftig gilt, da er roh Magenbeschwerden verursacht, wurde von 94,6 % der Teilnehmer falsch eingeschätzt oder war ihnen unbekannt. Unter den giftigen Arten schätzten 11,2 % den Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) falsch ein oder waren sich unsicher, während höhere Fehlklassifizierungsraten für den Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides*, 67,9 %) , den Hirnpilz (*Gyromitra esculenta*, 76,0 %) und den Korallenpilz (*Ramaria mairei*, 76,0 %) festgestellt wurden.

(Frage 2) Zusammenhänge zwischen Variablen

Es wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt, um Prädiktoren für die Fähigkeiten zur Pilzbestimmung (abhängige Zählvariable) zu ermitteln. Das Modell war statistisch signifikant ($F(5, 741) = 14,52, p < 0,001, R^2 = 0,089$), was darauf hindeutet, dass die Prädiktoren 8,9 % der Varianz in den Bestimmungsfähigkeiten erklärten. Die Restvarianz betrug 1,284. Zu den signifikanten Prädiktoren gehörten das Pilzesammeln ($\beta = 0,238, p < 0,001$), die ländliche Umgebung ($\beta = 0,079, p = 0,032$), die Verbundenheit mit der Natur ($\beta = 0,065, p = 0,012$) und das Alter ($\beta = 0,068, p = 0,056$). Das männliche Geschlecht stand in einem negativen Zusammenhang mit den Bestimmungsfähigkeiten ($\beta = -0,229, p = 0,006$). Es wurden keine signifikanten Zusammenhänge für die in der Natur verbrachte Zeit oder für verschiedene Geschlechtsidentitäten festgestellt. Aufgrund der hohen Multikollinearität ($r > 0,35$) zwischen Alter und Bildungsniveau konnten beide Variablen nicht gleichzeitig in das Modell aufgenommen werden; daher wurde in der endgültigen Analyse nur das Alter beibehalten.

Es wurde eine zweite Regressionsanalyse (rückwärtsgerichtete Eliminierung) durchgeführt, bei der das Wissen über Pilze als abhängige Zählvariable verwendet wurde. Das Modell war statistisch signifikant, $F(4, 742) = 7,38, p < 0,001, R^2 = 0,038$, und erklärte 3,8 % der Varianz. Die signifikanten Prädiktoren waren das Sammelverhalten ($\beta = 0,13, p < 0,001$), die Verbundenheit mit der Natur ($\beta = 0,082, p = 0,026$), das männliche Geschlecht ($\beta = 0,081, p = 0,26$) und das Alter ($\beta = 0,080, p = 0,30$). Die Restvarianz betrug 0,386. Für die wöchentlich in der Natur verbrachte Zeit oder den Wohnort wurden keine signifikanten Zusammenhänge beobachtet. Diverse Geschlechtsidentitäten wurden aufgrund einer unzureichenden Stichprobengröße ($n = 1$) ausgeschlossen.

Um die wichtigsten Prädiktoren zu ermitteln, die der Fähigkeit der Teilnehmer zur Beurteilung der Essbarkeit von Pilzen zugrunde liegen, wurde auf der Grundlage der Ergebnisse der Verwechslungsmatrix ein Entscheidungsbaummodell erstellt, wie in Abb. 4 dargestellt. Im Durchschnitt identifizierten die Teilnehmer die Essbarkeit von 3 der 12 Pilzarten korrekt. Daher klassifizierte das Modell die Ergebnisse entweder als „falsch/unbekannt“ (≤ 3 Arten hinsichtlich ihrer Essbarkeit korrekt identifiziert) oder als „richtig“ (> 3 Arten hinsichtlich ihrer Essbarkeit identifiziert). Das Sammelverhalten der Teilnehmer erwies sich als der stärkste Prädiktor und wurde am Wurzelknoten des Baums platziert. Bei Teilnehmern mit vorheriger Sammelerfahrung stellte das Alter den zweitwichtigsten Einflussfaktor dar. Für Personen im Alter von $\leq 73,5$ Jahren war der Wohnort die nächstwichtigste Variable, was darauf hindeutet, dass das Leben in einer Großstadt einen leicht positiven Einfluss auf die Beurteilung der Essbarkeit hatte ($n = 217$, Wert [43, 174], Entropie = 0,7). Im Gegensatz dazu war bei Teilnehmern im Alter von ≥ 74 Jahren eine Naturverbundenheit unter 6,5 mit einer höheren Genauigkeit bei der Beurteilung der Essbarkeit verbunden ($n = 23$, Wert [0, 23], Entropie 0,0). Diese Abfolge stellt den „günstigen Pfad“ des Modells dar und weist auf eine optimale Kombination von Prädiktoren für eine korrekte Klassifizierung hin. Bei Teilnehmern ohne Sammelerfahrung war die wöchentlich in der Natur verbrachte Zeit der zweitwichtigste Prädiktor. Diejenigen, die ≤ 24 Stunden pro Woche im Freien verbrachten, wiesen eine höhere Wahrscheinlichkeit für falsche Einschätzungen der Essbarkeit auf. Das Alter erwies sich in dieser Untergruppe als drittwichtigster Faktor: Personen im Alter von $\leq 56,5$ Jahren zeigten ein geringeres Risiko einer Fehlklassifizierung ($n = 243$, Wert [131, 112], Entropie 0,9). Ältere Teilnehmer ($n = 146$, Wert [107, 39], Entropie 0,8) neigten eher dazu, die Essbarkeit im Vergleich zu den tatsächlichen Bezeichnungen falsch einzuschätzen (falsch-negative, falsch-positive Ergebnisse), gefolgt von

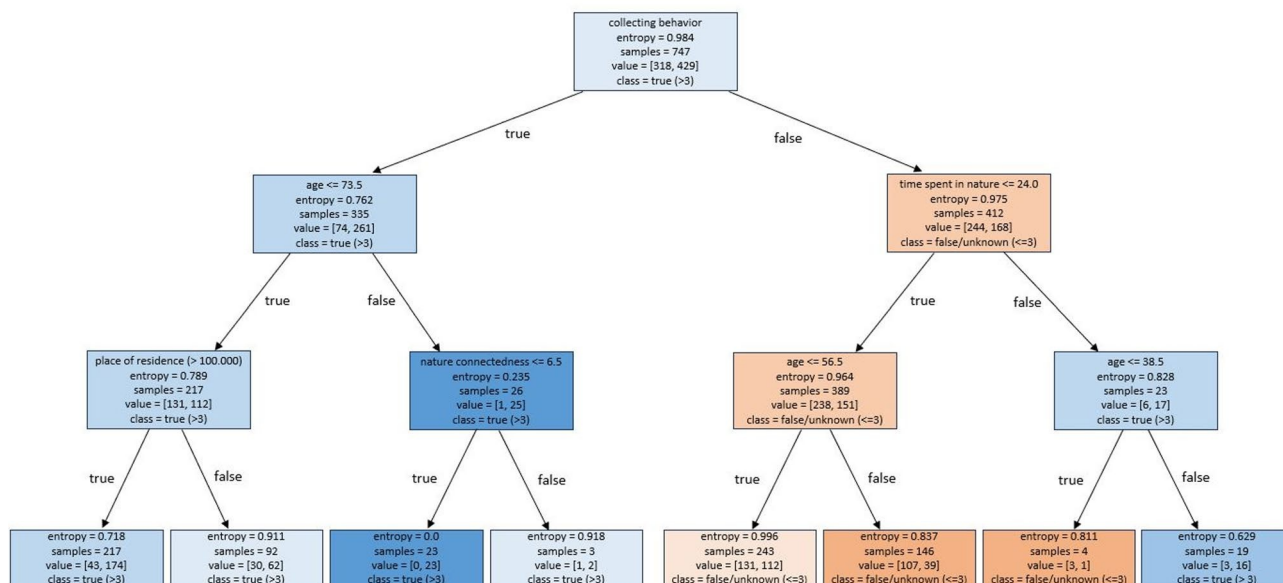


Abb. 4. Entscheidungsbaum zur Vorhersage der Genießbarkeitsklassifizierung. Der Baum wird von oben nach unten gelesen, wobei das oberste Feld den Wurzelknoten darstellt, der alle Personen ($n = 747$) im Datensatz repräsentiert. Jedes Feld in den ersten drei Zeilen enthält fünf Informationen: die Entscheidungsregel (oberste Zeile), bei der es sich um eine Frage zu einem der Merkmale handelt (wenn die Antwort auf die Frage „Wahr“ lautet, folgt man dem Zweig nach links, andernfalls nach rechts); die Entropie, die die Zufälligkeit oder Unreinheit der Gruppe von Stichproben in diesem Knoten misst; die Stichproben, die die Anzahl der Personen aus dem Datensatz in diesem bestimmten Knoten/dieser bestimmten Gruppe angeben; den Wert, der die Verteilung der Personen innerhalb dieses Knotens entsprechend den beiden möglichen Ergebnissen [X, Y] angibt, wobei X die Anzahl der Personen ist, die 3 oder weniger Arten korrekt identifiziert haben, und Y die Anzahl der Personen, die mehr als 3 Arten korrekt identifiziert haben; die Klasse, die das Hauptergebnis für die Stichproben in diesem Knoten angibt (entweder „wahr“ oder „falsch unbekannt“). Die Farbe des Knotens spiegelt die Mehrheitsklasse wider, wobei dunklere Farbtöne eine höhere Reinheit anzeigen.

der „ungünstige Pfad“ des Baums. Die in der Verwechslungsmatrix beobachteten Muster der Fehlklassifizierung spiegelten sich in der Struktur des Entscheidungsbaums wider. Der ungünstige Pfad – gekennzeichnet durch Teilnehmer ohne Sammelerfahrung, begrenzte Zeit in der Natur und höheres Alter – war für den Großteil der falsch-positiven und falsch-negativen Klassifizierungen verantwortlich. Teilnehmer, die diesem Pfad folgten, neigten eher dazu, entweder die Essbarkeit ungenießbarer Arten zu überschätzen (falsch-positive Ergebnisse) oder die Essbarkeit sicherer Arten zu unterschätzen (falsch-negative Ergebnisse), was mit geringerer Vertrautheit und geringerem Engagement für die Umwelt im Einklang steht. Im Gegensatz dazu korrespondierte der günstige Pfad, definiert durch Sammelerfahrung, jüngeres Alter und eine stärkere Verbundenheit mit der Natur, mit den niedrigsten Entropiewerten und dem höchsten Anteil an korrekten Klassifizierungen (wahr-positive und wahr-negative Ergebnisse). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass erfahrungsbezogene und psychologische Faktoren nicht nur die Gesamtgenauigkeit bestimmen, sondern auch die Richtung von Klassifizierungsfehlern systematisch beeinflussen.

Diskussion

Trotz der anerkannten Bedeutung von Artenkenntnissen für die Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt deckte diese Studie eine erhebliche Lücke in der Pilzartenkenntnis in mehreren Dimensionen auf. Insbesondere zeigten die Teilnehmer dieser Studie, bei denen es sich um Laien aus Deutschland handelte, geringe Bestimmungsfähigkeiten, was auf eine weit verbreitete Krise bei der Pilzbestimmung hindeutet. Im Durchschnitt identifizierten die Laien nur 16,7 % der heimischen Pilzarten, was auf eine mangelhafte Artenkenntnis hindeutet. Die tatsächliche Bestimmungsleistung war sogar noch geringer, wenn man berücksichtigt, dass sowohl Antworten auf Arten- als auch auf Gattungsebene als richtig akzeptiert wurden. Eine noch höhere Identifizierungsgenauigkeit hätte jedoch möglicherweise erreicht werden können, wenn den Teilnehmern echte, dreidimensionale Exemplare anstelle von zweidimensionalen Bildern vorgelegt worden wären. Diese Ergebnisse bestätigen frühere Studien zur Artenkenntnis bei Pilzen, Tieren und Pflanzen^{33,50}. Die durchschnittliche Genauigkeit bei der Beurteilung der Essbarkeit (36,0 %) weist zudem auf eine erhebliche Wissenslücke hin. Besonders besorgniserregend war die geringe Sensitivität bei der Erkennung giftiger Pilze: 13,8 % der Teilnehmer begingen Typ-II-Fehler und stufen giftige oder ungenießbare Arten fälschlicherweise als essbar ein. Die Teilnehmer machten häufig systematische Fehleinschätzungen, wenn sie auf farblose oder unauffällige Pilze stießen, die sie tendenziell als essbar einstufen. So wurde beispielsweise der ungenießbare Bitterboletus (*Tylopilus felleus*) von 94 % der Befragten als essbar angesehen. Diese Tendenz, Pilze mit unauffälliger Färbung als essbar einzustufen, könnte dazu führen, dass Personen diese auch sammeln und verzehren. Selbst der hochgiftige Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides*) wurde von zwei Dritteln der Teilnehmer als essbar eingestuft, und einige identifizierten ihn sogar fälschlicherweise als Feldpilz (*Agaricus campestris*). Angesichts der Tatsache, dass 45 % der Befragten bereits Pilze gesammelt hatten, ist dieses Ergebnis alarmierend und potenziell lebensbedrohlich. Umgekehrt wurden essbare Arten mit auffälligen Farben oft fälschlicherweise als giftig eingestuft. Dies deutet darauf hin, dass sich die Teilnehmer bei der Beurteilung der Essbarkeit eher auf instinktive Farbanhaltspunkte als auf Faktenwissen stützten. Giftige Pilze weisen jedoch nicht durchgängig Warnfarben auf; vielmehr wird ihre Ungenießbarkeit häufiger durch charakteristische Gerüche signalisiert⁵⁵. Ein möglicher Grund dafür ist, dass viele pilzfressende Säugetiere nachtaktiv sind und sich daher weniger auf das Farbsehen verlassen. Eine weitere Lücke zeigte sich im allgemeinen Pilzwissen der Teilnehmer. Mehr als zwei Drittel konnten sich nicht daran erinnern, ob Pilze in der Schulzeit behandelt worden waren, oder gaben an, dass das Thema nie thematisiert worden sei. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Befunden überein⁵⁶. Wie in Studien zu Pflanzen und Tieren^{34,48,52,53} war die Hauptquelle des Pilzwissens informelles Lernen im privaten Umfeld. Die Teilnehmer zeigten am häufigsten korrektes Wissen über die Fortpflanzung von Pilzen mittels Sporen und die heterotrophe Ernährung durch Zersetzung. Die meisten erkannten Pilze jedoch nicht als eigenständiges Reich und ordneten sie oft Pflanzen oder Tieren zu. Solche Fehlvorstellungen deuten auf eine gravierende Lücke im taxonomischen Wissen und ein begrenztes Verständnis der grundlegenden Biologie hin. Obwohl nur 20 % glaubten, dass Pilze Photosynthese betreiben, deutet auch dieses Ergebnis darauf hin, dass photosynthetische Aktivität nicht explizit mit Pflanzen assoziiert wird. Jeder zehnte Teilnehmer war nicht in der Lage, fünf Pilzarten zu nennen, was die begrenzte Vertrautheit weiter verdeutlicht. Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich bis zu einem gewissen Grad auf Deutschland verallgemeinern, da die Stichprobe aus 747 Laien bestand, die repräsentativ für die Bevölkerung in Deutschland waren. Menschen in anderen Ländern weisen möglicherweise ein höheres Maß an Artenkenntnis auf, was Unterschiede in der kulturellen Einstellung zur Natur, in den Bildungssystemen und in Umweltfaktoren widerspiegelt.

Der wichtigste Prädiktor für die Pilzbestimmung, das Pilzwissen und die Beurteilung der Essbarkeit war das Sammelverhalten, was die Bedeutung der direkten persönlichen Auseinandersetzung mit der Natur für die Förderung der Pilzkenntnisse unterstreicht. Auch ein höheres Alter war ein positiver Prädiktor, was mit den Ergebnissen früherer Studien zu Tieren und Pflanzen übereinstimmt^{16,34,48,56}. Die Verbundenheit einer Person mit der Natur korreliert positiv mit dem Pilzwissen^{11,54}. Die geschlechtsspezifischen Effekte waren gemischt: Männliche Teilnehmer erzielten bei den Fragen zum Pilzwissen höhere Punktzahlen, während weibliche Teilnehmerinnen eine bessere Identifizierungsleistung zeigten. Das Geschlecht hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Beurteilung der Essbarkeit durch die Teilnehmer in diesem Datensatz. Die ländliche Umgebung hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Pilzwissen, stand jedoch in einem positiven Zusammenhang mit der Identifikationsfähigkeit, was mit früheren Pflanzenstudien übereinstimmt^{34,51}. Personen in ländlichen Gebieten begegnen Pilzen wahrscheinlich häufiger als solche in städtischen Umgebungen. Um Bildungsgerechtigkeit zu gewährleisten, sollten städtischen Schülern praxisorientierte Lernmöglichkeiten angeboten werden, wie beispielsweise Exkursionen zur Pilzbestimmung. Die insgesamt in der Natur verbrachte Zeit hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Artenkenntnis, wahrscheinlich weil Zeit allein nicht unbedingt eine naturorientierte Absicht impliziert. Eine begrenzte Zeit in der Natur hatte jedoch einen negativen Einfluss auf die Beurteilung der Essbarkeit. Dennoch deuten die relativ geringe durchschnittliche wöchentliche Zeit im Freien und die moderaten Werte für die Verbundenheit auf eine allmähliche Entfremdung von der Natur hin¹², was das persönliche Engagement für Umweltfragen behindert.

Die festgestellten Wissenslücken hinsichtlich der Faktoren, die das Wissen über Arten beeinflussen, führen zu einer geringeren Wahrnehmung der biologischen Vielfalt und einem verminderten Verständnis für Umweltveränderungen. Eine eingeschränkte Sichtweise auf die Natur kann das Bewusstsein für den Erhaltungsbedarf schwächen und das Missverständnis fördern, dass Naturschutzbemühungen nur anderswo relevant seien. Solche Wissenslücken behindern die Identifikation mit ökologischen Belangen, verringern die aktive Beteiligung am Naturschutz und gefährden die Erreichung zahlreicher globaler UN-Ziele. Ein Mangel an Wissen über Pilze und ihre ökologischen Funktionen kann dazu führen, dass sie in Naturschutzbemühungen unterschätzt und vernachlässigt werden. Letztendlich untergräbt diese Wissenslücke den Fortschritt bei der Erreichung globaler Biodiversitätsziele, insbesondere von SDG 15. Eine breite Akzeptanz von Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität

erfordert ein höheres Maß an Artenkenntnis⁵⁷. Angesichts der Tatsache, dass Pilze einen wesentlichen Einfluss auf Ökosysteme ausüben und untrennbar mit vielen SDGs verbunden sind, ist die Verbesserung der Pilzkunde von entscheidender Bedeutung.

Im Gegensatz zu anderen Makroorganismen ist ein erheblicher Teil der Pilzvielfalt noch unbeschrieben⁵⁸ und selbst unter Wissenschaftlern nur unzureichend charakterisiert^{42,44,45}, da die mykologische Forschung historisch unterrepräsentiert war. Folglich lässt sich das begrenzte Wissen der Öffentlichkeit über Pilze nicht allein auf mangelndes Interesse zurückführen, sondern sollte im breiteren Kontext eines unvollständigen wissenschaftlichen Verständnisses betrachtet werden. Diese Forschungslücke schränkt die Tiefe der Informationen ein, die für die Einbindung in die Grundbildung zur Verfügung stehen. Die stärkere Einbeziehung von Pilzen in die Lehrpläne ist daher ein wertvolles Ziel, doch können sinnvolle Fortschritte nur parallel zu kontinuierlichen wissenschaftlichen Fortschritten in der Mykologie erzielt werden.

Ein wirksamer Schutz der biologischen Vielfalt erfordert flexible und innovative Ansätze auf verschiedenen Ebenen. Auf internationaler Ebene muss die Umsetzung der Biodiversitäts- und Klimaziele der Vereinten Nationen gefördert werden, die mit dem übergeordneten Strategieplan der IUCN im Einklang stehen, um die biologische Vielfalt und die Natur wirksam zu schützen und die Verflechtungen zwischen Natur und Gesellschaft zu berücksichtigen. Insbesondere zielt der Strategische Plan der Roten Liste der IUCN (2021–2023) darauf ab, die Überwachung der biologischen Vielfalt durch die Bewertung von mindestens 260.000 Arten auszuweiten; Pilze sollten dabei stärker einbezogen werden. In der deutschen naturwissenschaftlichen Bildung konzentrieren sich die Lehrpläne weitgehend auf Tiere und Pflanzen. Wenn Pilze behandelt werden, tauchen sie hauptsächlich in der Humanbiologie (als Krankheitserreger) oder in ökologischen Kontexten wie Waldökosystemen oder Flechten-Symbiosen auf. Dementsprechend wird Wissen über Pilze eher fragmentarisch als kohärent vermittelt, was die Schüler daran hindert, ein ganzheitliches Verständnis zu entwickeln. Da Pilze das zweitgrößte biologische Reich bilden und vielfältige sowie wesentliche Funktionen erfüllen, sollten sie ganzheitlicher in verschiedene Bildungskontexte integriert werden, um Fehlvorstellungen hinsichtlich ihrer globalen Bedeutung zu vermeiden. Auf nationaler Ebene sollten Länder die mykologische Bildung verbessern, indem sie Pilze in die Lehrpläne und die Lehrerausbildung einbeziehen. Chile hat beispielsweise einen Rahmen für eine „spiralförmige Myzel-Bildung“ eingeführt, um das Bewusstsein und Wissen über Pilze zu fördern⁴¹. Dieser Ansatz integriert Themen wie Klassifizierung, Taxonomie, Funktionalität, Morphologie, Wechselbeziehungen und anthropogene Einflüsse. Darüber hinaus verpflichtet das chilenische Recht Unternehmen und Regierungsbehörden dazu, Pilze in Umweltverträglichkeitsprüfungen von Projekten einzubeziehen und vorbildliche Maßnahmen zur Sicherung des Pilzschutzes zu ergreifen. Lokale und regionale Initiativen sind ebenso wichtig. Um dem geringen Bewusstsein für Pilze entgegenzuwirken, sind Outdoor-Bildungsprogramme unverzichtbare Wege zu Erfahrungslernen und Engagement. Da Pilze in der sozialwissenschaftlichen Forschung nach wie vor unterrepräsentiert sind, ist ein grundlegenderer und anwendungsorientierter wissenschaftlicher Ansatz unerlässlich, insbesondere hinsichtlich ihrer ökologischen Funktionen und potenziellen Rollen für die Ernährungssicherheit und die Gesundheit von Ökosystemen. Zukünftige vergleichende Studien könnten das Vorhandensein des „Fungal Awareness Disparity Syndrome“ (FADS) untersuchen, wobei die Artenkenntnis für Pilze, Tiere und Pflanzen gleichzeitig bewertet wird⁴¹.

Methoden

Die vorliegende Studie basierte auf einer Umfrage unter Laien aus Deutschland. Die quantitativen Daten wurden mittels eines Online-Fragebogens erhoben, der über ein deutsches Online-Forschungspanel durchgeführt wurde. Vor der Datenerhebung wurde das Versuchsprotokoll von einer benannten institutionellen und genehmigenden Kommission genehmigt (Ethikkommission der Universität Trier, Deutschland; Aktenzeichen EK Nr. 60/2024). Die Kommission bestätigte, dass alle Forschungsabläufe den institutionellen und nationalen ethischen Richtlinien entsprachen. Um die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen zu gewährleisten, erfolgte die Teilnahme vollständig anonym, und es wurden keine personenbezogenen Daten erhoben. Alle potenziellen Teilnehmer erhielten in leicht verständlicher Sprache Informationen über den Zweck der Studie, die Abläufe, die Qualifikationen der Forscher und die Datenschutzmaßnahmen. Sie wurden zudem ausdrücklich über ihr Recht informiert, jederzeit ohne Nachteile von der Teilnahme zurückzutreten. Vor der Aufnahme in die Studie wurde von allen Teilnehmern elektronisch eine Einverständniserklärung eingeholt. Es wurde ein Pilotversuch mit 15 Personen (die nicht in die endgültige Stichprobe einbezogen wurden) durchgeführt, um die Verständlichkeit und inhaltliche Validität des Fragebogens zu bewerten. Es waren keine Änderungen erforderlich. Die Datenerhebung fand im September 2024 statt.

Insgesamt nahmen 747 Teilnehmer im Alter von 18 bis 88 Jahren ($M = 50,6$, $SD = 15,9$) an der Studie teil. Die Teilnehmer wurden über ein etabliertes, bereits bestehendes Verbraucherpanel rekrutiert, das von der *Consumerfieldwork GmbH* verwaltet wird. Dabei wurde ein Quotenverfahren angewendet, um eine annähernde Repräsentativität und demografische Vielfalt der Bevölkerung in Deutschland sicherzustellen. Die Stichprobe war hinsichtlich des Geschlechts (51 % weiblich, 49 % männlich, 0,1 % divers), des Alters (25 % 18–34 Jahre, 23 % 35–49 Jahre, 27 % 50–64 Jahre, 25 % 65–99 Jahre), Bildungsniveau basierend auf dem höchsten abgeschlossenen Bildungsabschluss (33 % niedriger, 34 % mittlerer, 33 % höherer) sowie Wohnort (24 % ländliche Gegend, 22 % Kleinstadt, 25 % mittelgroße Stadt, 29 % Großstadt). Die Panelmitglieder wurden vom Verbraucherpanel per E-Mail zur Teilnahme eingeladen und erhielten nach Abschluss der Umfrage eine kleine finanzielle Vergütung. Die Teilnahme war freiwillig, und alle Antworten waren anonym. Zu den Einschlusskriterien gehörte, dass die Teilnehmer mindestens 18 Jahre alt und in Deutschland wohnhaft sein mussten. Die Datenqualität wurde zusätzlich durch die Einbeziehung einer Aufmerksamkeitsprüfung (eine Frage, bei der die Teilnehmer eine bestimmte Antwort aus einem Raster auswählen mussten) sichergestellt, die darauf abzielte, unachtsame Antworten, wie z. B. „Straightliner“, zu erkennen. Befragte, die diese Prüfungen nicht bestanden, wurden markiert und aus den Analysen ausgeschlossen. Darüber hinaus wurden Identitätsprüfungen und interne Qualitätsbewertungen des Panels herangezogen, um doppelte oder betrügerische Antworten zu verhindern.

Der Fragebogen besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil wurden soziodemografische Daten und allgemeine Kenntnisse über Pilze erfasst; im zweiten Teil wurden die Bestimmung einheimischer Pilzarten und die Beurteilung ihrer Genießbarkeit untersucht. Zu den soziodemografischen Variablen gehörten Geschlecht, Alter, höchster Bildungsabschluss (9-Punkte-Skala) sowie aktueller und längster Wohnort (klassifiziert als Großstadt > 100.000 Einwohner; mittelgroße Stadt 20.000–100.000; Kleinstadt 5.000–20.000; ländliche Gebiete < 5.000), da sich diese in früheren Studien als potenzielle Einflussfaktoren für das Artenwissen erwiesen haben. Die Naturverbundenheit der Teilnehmer wurde anhand einer einteiligen, grafischen 7-Punkte-Likert-Skala gemessen, die auf dem Maß „Inclusion of Nature in Self“⁵⁹ basiert und es den Teilnehmern ermöglicht anzugeben, inwieweit sie sich als Teil der Natur betrachten (1 = überhaupt nicht, 7 = sehr stark). Die wöchentlich in der Natur verbrachte Zeit wurde ebenfalls angegeben. Die Teilnehmer wurden gefragt, ob Pilze im Rahmen ihrer Schulbildung behandelt worden waren, und gebeten, bis zu fünf ihnen bekannte Pilzarten (einheimische oder nicht einheimische) aufzulisten. Anschließend antworteten sie auf allgemeine Aussagen zu Pilzen und wählten zwischen „Ich stimme zu“, „Ich stimme nicht zu“ oder „Ich weiß nicht“. Die Teilnehmer

Gebräuchlicher Name	Wissenschaftlicher Name
Buchen-Röhrling	<i>Imleria badia</i>
Bitterer Steinpilz	<i>Tylopilus felleus</i>
Hirnpilz	<i>Gyromitra esculenta</i>
Gewöhnliche Morchel	<i>Morchella esculenta</i>
Korallenpilz	<i>Ramaria mairei</i>
Knollenblätterpilz	<i>Amanita phalloides</i>
Agaricus campestris	<i>Agaricus campestris</i>
Fliegenpilz	<i>Fliegenpilz</i>
Oranger Birkenbolett	<i>Leccinum versipelle</i>
Steinpilz	<i>Boletus edulis</i>
Roter Riss-Boleus	<i>Xerocomellus chrysenteron</i>
Satan-Steinpilz	<i>Rubroboletus satanas</i>

Tabelle 2. Zur Bestimmung vorgelegte Pilzarten.

Außerdem gaben sie an, woher ihr Wissen stamme (z. B. Familie, Bücher, Schule) oder ob ihnen das entsprechende Wissen fehle. Schließlich wurden die Gewohnheiten beim Verzehr und Sammeln von Pilzen erfasst, und diejenigen, die keine Pilze sammelten, wurden gebeten, Gründe dafür anzugeben. Im zweiten Teil wurde die Vertrautheit der Teilnehmer mit 12 heimischen Pilzarten anhand hochwertiger Farbfotos der Fruchtkörper getestet (Tabelle 2). Die Reihenfolge wurde randomisiert, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden. Die Teilnehmer wurden gebeten, jede Art (z. B. *Agaricus campestris*, *Leccinum versipelle*) zu identifizieren und ihre Essbarkeit zu bewerten (essbar, ungenießbar/giftig oder unbekannt). Die Arten wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt: (1) in Deutschland heimisch, (2) häufig anzutreffen, (3) mit charakteristischen morphologischen Merkmalen (z. B. Hut, Stiel, Schleier, Farbe), (4) repräsentativ für verschiedene taxonomische Stämme (*Basidiomycota* und *Ascomycota*) und (5) sowohl essbare als auch ungenießbare/giftige Arten umfassend. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit betrug 5,6 Minuten (SD = 2,4, max. = 14,1 Minuten).

Die Rohdaten wurden mit Microsoft Excel (Version 2508) und Python (Version 3.11) aufbereitet und bereinigt. Die Variablen wurden mithilfe der Bibliotheken *pandas*, *numpy*, *scipy/statmodels*, *matplotlib* und *seaborn* kodiert und für die Regressionsanalyse vorbereitet.

Freitextantworten wurden mithilfe eines zweistufigen phonetischen Konformitätstests auf Tippfehler und Autokorrekturfehler überprüft. Zunächst wurde der Levenshtein-Abstand (implementiert über die Funktion „fuzzy.ratio“ aus „fuzzywuzzy“) berechnet, um die Zeichenfolgenähnlichkeit zwischen den Antworten der Teilnehmer und den gültigen Artnamen zu messen (Punkteskala 0–100). Einträge mit einem Ähnlichkeitswert > 80 wurden als Übereinstimmungen akzeptiert (z. B. stimmte „peny bun“ mit „penny bun“ (*Boletus edulis*) überein, da eine hohe Ähnlichkeit von 89 auf eine enge Übereinstimmung hindeutete). Zweitens wurde die phonetische Ähnlichkeit mittels des Soundex-Algorithmus (soundex_man-Paket) überprüft, der Wörter unabhängig von Rechtschreibunterschieden auf der Grundlage des Klangs kodiert (z. B. stimmte „bay bolet“ mit dem gültigen Eintrag „bay bolete“ (*Imleria badia*) überein). Die Kombination beider Ansätze gewährleistet eine robuste Übereinstimmung bei gleichzeitiger Minimierung von Falsch-Negativen. Eine Antwort wurde als richtig gewertet, wenn der Teilnehmer die Art oder Gattung nannte (z. B. „Champignon“ oder *Agaricus* für *Agaricus campestris*; *Amanita* für *Amanita muscaria* und *Amanita phalloides*). Die Identifizierungswerte wurden als Anzahl der pro Teilnehmer korrekt identifizierten Arten berechnet. Multiple-Choice-Fragen zur Beurteilung des allgemeinen Pilzwissens und der Essbarkeit wurden automatisch bewertet. Die Leistung bei der Einstufung der Essbarkeit wurde anhand einer erweiterten Verwechslungsmatrix bewertet, die die Kategorien giftig/unessbar (+), essbar (-) und keine Antwort umfasste. Die Matrix zeigte echte Positiven (TPs; giftige oder unessbare Arten, die korrekt identifiziert wurden), falsche Negativen (FNs; giftige Pilze, die fälschlicherweise als essbar eingestuft wurden), falsche Positiven (FPs; essbare Arten, die fälschlicherweise als giftig eingestuft wurden) und echte Negativen (TNs; essbare Arten, die korrekt identifiziert wurden). Um die relevantesten Prädiktoren für die Einstufung der Essbarkeit zu ermitteln, wurde eine Analyse unter Verwendung eines Entscheidungsbaums über die Python-Bibliothek *sklearn.tree* (DecisionTreeClassifier) durchgeführt.

Um die Einflussfaktoren für das Wissen über Pilze zu ermitteln, wurden Korrelationsanalysen und multiple lineare Regressionsmodelle angewendet.

Metrische Variablen (Alter, in der Natur verbrachte Zeit) wurden direkt verwendet; ordinale Variablen (Verbundenheit mit der Natur, Bildungsniveau, Ländlichkeit) wurden als kontinuierlich behandelt. Sammelverhalten und Geschlecht wurden als Dummy-Variablen kodiert. Es wurden zwei multiple Regressionsanalysen durchgeführt, um den Einfluss demografischer und verhaltensbezogener Faktoren auf die Pilzkompetenz (Zählvariable) und das Wissen (Zählvariable) zu ermitteln. Es wurden standardmäßige diagnostische Tests (t-Tests für Regressionskoeffizienten; F-Tests für die Modellanpassung, Varianzinflationsfaktor (VIF) und Toleranz für Multikollinearität) durchgeführt. Alle paarweisen Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen lagen unter $r = 0,35$, was auf keine problematische Multikollinearität hindeutet. Es wurde eine rückwärtsgerichtete schrittweise Auswahl (Entfernungsschwelle $p > 0,10$) angewendet, um das sparsamste Modell abzuleiten und die fünf signifikantesten Prädiktoren zu identifizieren. Die Modellannahmen wurden visuell anhand von Q-Q-Plots der Residuen überprüft. Alle Tests waren zweiseitig, wobei das Signifikanzniveau auf $\alpha = 5\%$ festgelegt wurde.

Verfügbarkeit der Daten

Alle im Rahmen dieser Studie generierten oder analysierten Daten sind in diesem veröffentlichten Artikel enthalten.

Eingegangen: 18. Dezember 2025; Angenommen: 18. Februar 2026

Published online: 24 February 2026

Literaturhinweise

- 1. Chapin, F. S. et al. Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**, 234–242. <https://doi.org/10.1038/35012241> (2000).

2. Keck, F. et al. Der globale Einfluss des Menschen auf die Biodiversität. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2> (2025).
3. IPBES. Globaler Bewertungsbericht über Biodiversität und Ökosystemleistungen der Zwischenstaatlichen Plattform für Wissenschaft und Politik zu Biodiversität und Ökosystemleistungen (), (2019).
4. Gatti, R. C., Hordijk, W. & Kauffman, S. Biodiversität ist autokatalytisch. *Ecol. Model.* **346**, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.12.003> (2017).
5. IUCN. Rote Liste gefährdeter Arten der IUCN. (2025). Verfügbar unter <https://iucn.org/resources/conservation-tool/iucn-red-list-threatened-species>
6. Hébert, K. Der Wandel der Biodiversität ist mehr als die Summe seiner Teile. *Nat. Rev. Biodivers.* <https://doi.org/10.1038/s44358-025-00048-7> (2025).
7. Díaz, S. et al. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger des globalen Bewertungsberichts über Biodiversität und Ökosystemleistungen der zwischenstaatlichen Wissenschafts- und Politikplattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen. (2019). Verfügbar unter https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT%20REPORT%20PART%20V3_SINGLE.pdf
8. Taylor, J. W. & Berbee, M. L. Datierung von Verzweigungen im Stammbaum der Pilze: Überblick und neue Analysen. *Mycologia* **98**, 838–849. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832614> (2006).
9. Nature Insight Biodiversity. *Nature* 405, 207; (2000). <https://doi.org/10.1038/35012215>
10. O'Brien, K., Garibaldi, L. & Agrawal, A. IPBES-Bewertung des transformativen Wandels: Vollständiger Bericht, (2024).
11. Nisbet, E. K. & Zelenski, J. M. The NR-6: A new brief measure of nature relatedness. *Front. Psychol.* **4**, 813. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00813> (2013).
12. DeVill, N. V. et al. Zeit in der Natur ist mit einer Zunahme umweltfreundlicher Einstellungen und Verhaltensweisen verbunden. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147498> (2021).
13. Páll-Gergely, B. et al. Identitätskrise: Eine faunistische Schätzung des Fachwissens über Biodiversität zeigt einen massiven Rückgang in einem mitteleuropäischen Land. *Biodivers. Conserv.* **33**, 3871–3903. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02934-6> (2024).
14. Paxton, R. et al. Entomologie: Das A und O. *Nature* **521** (9), 57. <https://doi.org/10.1038/521557a> (2015).
15. Atran, S., Medin, D. & Ross, N. Evolution und Devolution des Wissens: Eine Geschichte zweier Biologien. *Royal Anthropol. Inst.* **10**, 395–420. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2004.00195.x> (2004).
16. Balmford, A., Clegg, L., Coulson, T. & Taylor, J. Warum Naturschützer auf Pokémon achten sollten. *Sci. (New York N Y)*. **295**, 2367. <https://doi.org/10.1126/science.295.5564.2367b> (2002).
17. Wolff, L. A. & Skarstein, T. H. Artenkunde und Biodiversität in der Ausbildung von Erzieherinnen und Erziehern. *Sustainability* **12**, 3698. <https://doi.org/10.3390/su12093698> (2020).
18. Palmberg, I. et al. Ansichten nordischer Lehramtsstudierender zur Bedeutung von Arten und zur Artenbestimmung. *J. Sci. Teacher Educ.* **29**, 397–419. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1468167> (2018).
19. Hooykaas, M. J. et al. Bestimmungsfähigkeiten bei Fachleuten und Laien im Bereich Biodiversität: Eine Lücke in der Artenkompetenz. *Biological Conservation* (2019).
20. Aldhebiani, A. Y. Artenbegriff und Artbildung. *Saudi J. Biol. Sci.* **25**, 437–440. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.04.013> (2018).
21. Palmberg, I. et al. Die Identifizierung von und das Interesse an Pflanzen- und Tierarten bei Lehramtsstudierenden aus den nordischen und baltischen Ländern: Die Bedeutung der Artenbestimmung und der Biodiversität für eine nachhaltige Entwicklung. *J. Sci. Teacher Educ.* **26**, 549–571. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9438-z> (2015).
22. Mohneke, M., Erguvan, F. & Schlüter, K. Explorative Studie zum Artenwissen im Bereich der frühkindlichen Bildung. *Journal Emergent Science*, 11–22 (2016).
23. Remmele, M. & Lindemann-Matthies, P. Tot oder lebendig? Die Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden zu invasiven gebietsfremden Tierarten und ihre Einstellungen zu deren Management. *EURASIA J. Math. Sci. Tech. Ed.* <https://doi.org/10.29333/ejmste/115105> (2020).
24. Cox, D. T. C. & Gaston, K. J. Sympathie für Gartenvögel: Die Bedeutung von Artenkenntnis und Artenvielfalt für die Verbindung von Menschen zur Natur. *PloS one*. **10**, e0141505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141505> (2015).
25. Petra L-M. „Liebenswerte“ Säugetiere und „leblose“ Pflanzen: Wie das Interesse von Kindern an gewöhnlichen lokalen Lebewesen durch die „ Beobachtung der Natur gefördert werden kann. *Int. J. Sci. Educ.* **27**, 655–677. <https://doi.org/10.1080/09500690500038116> (2005).
26. Soga, M. & Gaston, K. J. Engagieren sich Menschen, die mehr Natur erleben, stärker für deren Schutz? Eine Metaanalyse. *Biol. Conserv.* **289**, 110417. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110417> (2024).
27. HOME, R., Keller, C., Nagel, P., Bauer, N. & Hunziker, M. Auswahlkriterien für Leitarten durch Naturschutzorganisationen. *Envir Conserv.* **36**, 139–148. <https://doi.org/10.1017/S0376892909990051> (2009).
28. Schwartz, A., Turbé, A., Simon, L. & Julliard, R. Förderung der städtischen Biodiversität und deren Einfluss auf Stadtbewohner: Ein Experiment. *Biol. Conserv.* **171**, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.009> (2014).
29. Barron, E. S. Erhaltung der Artenvielfalt. *Conserv. Soc.* **21**, 99–109 (2023). 10.4103/cs.cs.23_22.
30. Schulte, R. et al. Eine Strategie zur Förderung der Artenkenntnis. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. **51** (05), 210–217 (2019).
31. Silva-Flores, P. et al. Mykorrhiza-Öffentlichkeitsarbeit: Handlungsspielraum und verfügbare Ressourcen angesichts des globalen Wandels. *P f l a n z e n - Menschen-Planet*. **3**, 506–522. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10213> (2021).
32. Gerl, T. & Randler, C. Jana Neuhaus, B. Wissen über Wirbeltierarten: Eine wichtige Kompetenz ist vom Aussterben bedroht. *Int. J. Sci. Educ.* **43**, 928–948. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1892232> (2021).
33. Remmele, M., Lindemann-Matthies, P. & Wie der Vater, so der Sohn? Über den Zusammenhang zwischen der Vertrautheit von Eltern und Kindern mit en Arten und Wissensquellen. *Eurasia J. Math. Sci. & Technol. Education* **14** (2018).
34. Enzensberger, P., Schmid, B., Gerl, T. & Zahner, V. Robin Who? Vogelartenkenntnisse deutscher Erwachsener. *Anim. Open. Access. J. MDPI*. <https://doi.org/10.3390/ani12172213> (2022).
35. Remmele, M. & Lindemann-Matthies, P. Schön und begehrt – wie Jugendliche invasive gebietsfremde Pflanzenarten wahrnehmen und bestimmte Optionen zu deren Bekämpfung. *Int. J. Sci. Educ. Part. B*. **14**, 331–352. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2277706> (2024).
36. Nagy, L. G. et al. Sechs Schlüsselmerkmale von Pilzen: Ihre evolutionären Ursprünge und genetischen Grundlagen. *Microbiol. Spectr.* **5**. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0036-2016> (2017).
37. Corbu, V. M., Gheorghe-Barbu, I., Dumbravă, A. Ş., Vranceanu, C. O. & Şesan, T. E. Aktuelle Erkenntnisse zur Bedeutung von Pilzen: Eine umfassende Übersicht über . *Microorganisms* <https://doi.org/10.3390/microorganisms11061384> (2023).
38. Niskanen, T. et al. Die Grenzen der Biodiversitätsforschung erweitern: Aufdeckung der globalen Vielfalt, Verbreitung und Erhaltung von -Pilzen. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **48**, 149–176. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112621-090937> (2023).
39. Peay, K. G., Kennedy, P. G. & Talbot, J. M. Dimensionen der Biodiversität im Mykobiom der Erde. *Nat. Rev. Microbiol.* **14**, 434–447. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2016.59> (2016).
40. Talbot, N. J. Ein Heilmittel gegen „Pilzblindheit“. *Nat. Plants*. **6**, 1068–1069. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00767-z> (2020).
41. Waller, A. Myzeliale Bildung zur Heilung des Syndroms der unterschiedlichen Wahrnehmung von Pilzen. *J. Biol. Educ.* **59**, 391–392. <https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2493398> (2025).
42. Desprez-Loustau, M. L. et al. Die pilzliche Dimension biologischer Invasionen. *Trends Ecol. Evol.* **22**, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.005> (2007).
43. Aigner, L. & Krisai-Grailhuber, I. Eine ethnomykologische Studie über das Pilzwissen in der Bevölkerung des Waldviertels. *Österreichische mykologische Gesellschaft*, 209–224 (2016).
44. Pautasso, M. Die Unterrepräsentation von Pilzen in den Biowissenschaften nimmt (langsam) ab. *Fungal Ecol.* **6**, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2012.04.004> (2013).
45. Runnel, K. et al. Auf dem Weg zur Nutzung der Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktionen bei Pilzen. *Trends Ecol. Evol.* **40**, 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2024.10.004> (2025).

46. Drechsler-Santos, E. R. et al. Brasilien als globaler Akteur im Pilzschutz: Ein rascher Wandel von Vernachlässigung zu Handeln. *Perspect. Ecol. Conserv.* **23**, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2025.08.006> (2025).
47. Abrego, N. et al. Pilzgemeinschaften nehmen mit der Urbanisierung ab – stärker in der Luft als im Boden. *ISME J.* **14**, 2806–2815. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0732-1> (2020).
48. Jaun-Holderegger, B. *Wege zur Artenkenntnis: eine Untersuchung mit Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe im Kanton Bern, Schweiz.* (2019).
49. Nyhus, P. J., Tilson, R. & Sumianto: Wissen über Wildtiere bei Migranten im Süden Sumatras, Indonesien: Implikationen für den Schutz der „“. *Envir. Conserv.* **30**, 192–199. <https://doi.org/10.1017/S0376892903000183> (2003).
50. Gerl, T., Almer, J., Zahner, V. & Neuhaus, B. J. Der BISA-Test: Ermittlung der Formenkenntnis von Schülern am Beispiel einheimischer Vogelarten. *ZfDN* **24**, 235–249. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0086-7> (2018).
51. Lückmann, K. & Menzel, S. Kräuter versus Bäume: Einflüsse auf das Wissen von Jugendlichen über Pflanzenarten. *J. Biol. Educ.* **48**, 80–90. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.837404> (2014).
52. Lindemann-Matthies, P., Remmele, M. & Yli-Panula, E. Fachliche Kompetenz von Lehramtsstudierenden zur Umsetzung der Arten- und Bestimmung in Schulen – eine Fallstudie aus Deutschland. *CEPSJ* **7**, 29–48. <https://doi.org/10.26529/cepsj.12> (2017).
53. Tunnicliffe, S. D. & Reiss, M. J. Aufbau eines Umweltmodells: Wie sehen Kinder Tiere? *J. Biol. Educ.* **33**, 142–148. <https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655654> (1999).
54. Nisbet, E. K., Zelenski, J. M. & Murphy, S. A. Die Skala der Naturverbundenheit. *Environ. Behav.* **41**, 715–740. <https://doi.org/10.1177/013916508318748> (2009).
55. Sherratt, T. N., Wilkinson, D. M. & Bain, R. S. Erklärung von Dioscorides' doppeltem Unterschied: Warum sind manche Pilze giftig, und signalisieren sie damit ihre Unrentabilität? *Am. Nat.* **166**, 767–775. <https://doi.org/10.1086/497399> (2005).
56. Gatt, S., Tunnicliffe, S. D., Borg, K. & Lautier, K. Vorstellungen maltesischer Kleinkinder über Pflanzen. *J. Biol. Educ.* **41**, 117–122. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656080> (2007).
57. Prokop, P. & Fančovičová, J. Der Einfluss praktischer Aktivitäten auf das Wissen und die Abneigung von Kindern gegenüber Tieren. *J. Biol. Educ.* **51**, 305–314. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1217910> (2017).
58. Kim, H. et al. Verständnis der Rolle der Biodiversität im Zusammenhang mit Klima, Ernährung, Wasser, Energie, Verkehr und Gesundheit in Europa. *Sci. Total Environ.* **925**, 171692. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171692> (2024).
59. Schultz, P. W. Inklusion mit der Natur: Die Psychologie der Mensch-Natur-Beziehungen. In: *Psychologie der nachhaltigen Entwicklung*, herausgegeben von P. Schmuck & P. W. Schultz, Springer, Boston, S. 61–78. (2002).

Beiträge der Autoren

Ina Schanz und Martin Remmele haben zur Konzeption und zum Aufbau der Studie beigetragen. Ina Schanz hat die Daten erhoben und ausgewertet, die Abbildungen 1, 2, 3 und 4 sowie die Tabellen 1 und 2 erstellt und die Ergebnisse interpretiert. Martin Remmele hat zur Interpretation der Ergebnisse beigetragen. Beide Autoren haben an der Erstellung des Manuskripts mitgewirkt und die endgültige Fassung genehmigt.

Finanzierung

Open-Access-Finanzierung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

Erklärungen

Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Weitere Informationen

Korrespondenz und Anfragen bezüglich Materialien sind an I.S. zu richten.

Informationen zu Nachdrucken und Genehmigungen finden Sie unter www.nature.com/reprints.

Anmerkung des Verlags: Springer Nature nimmt keine Stellung zu territorialen Ansprüchen in veröffentlichten Karten und institutionellen Zugehörigkeiten.

Open Access Dieser Artikel unterliegt einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz, die die Nutzung, Weitergabe, Bearbeitung, Verbreitung und Vervielfältigung in jedem Medium und Format gestattet, sofern Sie die ursprünglichen Autoren und die Quelle angemessen nennen, einen Link zur Creative-Commons-Lizenz bereitstellen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die Bilder oder anderen Materialien Dritter in diesem Artikel sind in der Creative-Commons-Lizenz des Artikels enthalten, sofern in einer Quellenangabe zu dem Material nichts anderes angegeben ist. Wenn Material nicht unter die Creative-Commons-Lizenz des Artikels fällt und Ihre beabsichtigte Nutzung gesetzlich nicht zulässig ist oder über die erlaubte Nutzung hinausgeht, müssen Sie die Genehmigung direkt vom Urheberrechtsinhaber einholen. Eine Kopie dieser Lizenz finden Sie unter <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© Die Autoren 2026