

JUNGE

wissenschaft

JungforscherInnen publizieren
online | **peer reviewed** | original

Verlag:
Physikalisch-
Technische
Bundesanstalt



Biologie &
Medizin

Plastik in der Vogelnahrung

Untersuchung von Gewöllen von Weißstörchen,
Eulen und Greifvögeln auf Plastik

Dass Vögel, die am Meer leben, Plastik als Nahrung zu sich nehmen, ist bekannt. Doch wie ist es bei Vögeln, die weit entfernt vom Meer leben? Um dies zu untersuchen, wurden unverdaute Speisereste, Gewölle, die zahlreiche Vogelarten nach der Nahrungsaufnahme auswürgen, gesammelt und seziiert. In etwa einem Fünftel der Storchengewölle konnte Plastik nachgewiesen werden.

DIE JUNGFORSCHER



© Jugend forscht

**Armin Höcherl (2006),
Nikolaus Weiland (2005),**

Schyren-Gymnasium,
Pfaffenhofen

Eingang der Arbeit:

14.8.2022

Arbeit angenommen:

14.12.2022





Plastik in der Vogelnahrung

Untersuchung von Gewöllen von Weißstörchen, Eulen und Greifvögeln auf Plastik

1. Einleitung

Immer wieder kommt in der Politik, der Öffentlichkeit oder der Wissenschaft die Diskussion über Plastikverschmutzung in der Natur auf. Vor Kurzem wurde in diesem Zusammenhang sogar Mikroplastik im Blut des Menschen nachgewiesen [10]. Dass sich Kunststoff im Meer und in den dort lebenden Tieren befindet, ist schon seit längerer Zeit bekannt [11]. In der Natur abseits von Gewässern kann man ebenfalls Plastik finden. Dafür reicht meist ein Spaziergang in einem nahegelegenen Wald aus. Daher ist zu vermuten, dass auch Tiere, die nicht am und im Meer leben, Plastik mit und als Nahrung aufnehmen. Dabei galt diese Untersuchung den Vögeln, da sie, im Vergleich zu anderen Tieren, bisher wenig in dieser Hinsicht untersucht wurden.

Um diese Frage zu prüfen, wurden die hervorgewürgten Nahrungsreste von Störchen, Eulen und Greifvögeln untersucht. In den Mägen dieser Vogelarten werden Knochen, Haare, Käferflügelreste und andere unverdauliche Nahrungsbestandteile, darunter Plastik, gewälzt und zusammengepresst. Die so entstandenen kugel- bis walzenförmigen Gebilde werden als Speiballen (auch Gewölle genannt) hervorgewürgt [9], [27].

Da man bei der Untersuchung von Speiballen keinen Eingriff in das Tier durchführen muss, eignen sie sich sehr gut für die Untersuchung der oben genannten Vermutung. Ein Schwerpunkt dieses Projekts liegt auf den Gewöllen von Störchen. Diese sind besonders groß und können gut seziiert werden.

Außerdem ist die Beschaffung der Speiballen von Störchen während der Beringung der jungen Vögel im Frühsommer ohne großen Aufwand möglich.

2. Beschaffung der Speiballen

Da es fast unmöglich ist, genügend Speiballen in freier Natur zu finden, wurden bei der Beringung der Jungstörche umherliegende Gewölle in den Nestern eingesammelt. Dadurch wurden die Tiere nicht überflüssig oft gestört. Auf die Verwendung von Gewöllen, die von Weißstörchen in Gefangenschaft stammen, wurde verzichtet, da diese aufgrund der Fütterung nicht das natürliche Nahrungsspektrum zeigen. Die Schleiereulengewölle stammen aus einem Brutkasten. Ein paar Greifvogelgewölle wurden im Wald gefunden.

In [Tab. 1](#) sind die Standorte der Storchennester, von denen insgesamt 85 Speiballen stammen, und die Herkunftsorte der sieben Greifvogelgewölle und elf Schleiereulengewölle aufgelistet. Eine Karte mit den Standorten kann über [\[8\]](#) eingesehen werden.

3. Analysemethoden

3.1 Vermessen und Wiegen der Speiballen

Die Gewölle wurden mit einem handelsüblichen Lineal vermessen. Dabei wurde jeweils die längste Strecke zwischen zwei Punkten des Gewölles als Länge und die längste dazu senkrecht stehende Strecke als Breite bestimmt. Die Feuchtigkeit des Gewölles wurde mit dem Feuchtigkeitsmessgerät MD812 Digital Hygrometer gemessen. Dieses bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt über eine Messung des elektrischen Widerstands. Wenn die Feuchtigkeit über 15 Prozent lag, wurden die Gewölle im Wärmeschrank bei konstanter Temperatur (ca. 30 °C) getrocknet, bis die Feuchtigkeit den gewünschten Wert nicht mehr überschritt. Nach dem Trocknen wurden die Gewölle gewogen.

Tab. 1: Standorte, an denen Speiballen gesammelt wurden

Region	Genauere Herkunft	Anzahl der Gewölle bei ...			Bezeichnung
		Störchen	Greifvögeln	Schleiereulen	
Ammersee	Raisting Bahnhof	1			Ammersee 1
	Raisting Pfarrhaus	5			Ammersee 2
	Raisting, Floßmannstraße 7	4			Ammersee 3
	Raisting, Pähler Str. 20	2			Ammersee 4
	Schreinerei Gewerbegebiet Raisting	20			Ammersee 5
	Dießen am Ammersee, Herrenstraße 8	5			Ammersee 6
	Dießen am Ammersee, Klosterhof 4	11			Ammersee 7
	Dießen am Ammersee, Moosstraße 5	3			Ammersee 8
	Gemeinde Pähl	5			Ammersee 9
	Weilheim	8			Ammersee 10
Landkreis Pfaffenhofen Nord	Freinhausen, Wald		4		PAF Nord 1
	Pörnbach	6			PAF Nord 2
	Baar-Ebenhausen	3			PAF Nord 3
	Feilenmoos	1			PAF Nord 4
Landkreis Pfaffenhofen Süd	Vieth, Wald		1		PAF Süd 1
	Pfaffenhofen a.d.Ilm	4			PAF Süd 2
	Vieth – Schmidhausen, Lichtung, Sandgrube		2		PAF Süd 3
	Hohenkammer	5			PAF Süd 4
Mittelfranken	Hauptstraße 3, 90616 Neuhof an der Zenn	2			Mittelfranken
Landkreis Schrobenhausen	Wangen			11	SOB
Gesamt		85	7	11	

3.2 Bestimmung der Volumina und Dichte

Da die Dichte ein Parameter sein könnte, der etwas über die Inhalte der Speiballen, bzw. die Nahrung der Tiere aussagt, wurde entschieden, diese zu ermitteln. Dafür ist es erforderlich, die Volumina der Speiballen zu bestimmen.

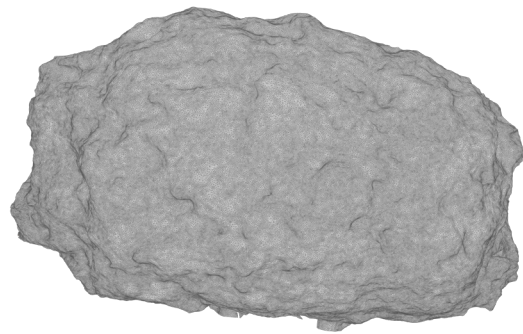
Um das Volumen über die Verdrän-

gung von Wasser zu bestimmen, wäre eine Hülle für die Gewölle nötig gewesen. Diese Hülle hätte durch eventuelle Lufteinschlüsse die Messwerte verfälschen können. Auch wäre es schwer möglich gewesen, das Volumen genau zu bestimmen, da dieser Versuchsaufbau aufgrund von Messungenauigkeiten und möglichen Verlusten beim Auffangen des verdrängten Wassers sehr ungenau ist.

Daher haben wir uns überlegt, das Volumen der Speiballen mithilfe einer digitalen Kopie zu bestimmen. Das Programm ReCap Photo von Autodesk erstellt mit ausreichend vielen Fotos eines Objekts ein 3D-Modell. Daher wurden die Gewölle von allen Seiten fotografiert. Die Anzahl der Bilder, die für ein Gewölle aufgenommen wurden, lag bei etwa 80 bis 100 Fotos. Um eine möglichst gute Näherung an das tatsächli-



a)



b)

Abb. 1: Gewölle Nummer 74 als 3D-Modell. Links mit natürlicher Färbung, rechts als Gittermodell



che Volumen zu erreichen, wurde die Länge des Gewölles mit einer digitalen Schieblehre erneut gemessen. Dieser Wert wurde in das Programm übertragen, sodass über die Streckenverhältnisse eine sehr gute Nachbildung der Gewölle entstand. Einige der Modelle haben wir mit einem 3D-Drucker ausgedruckt und mit ihrem Original verglichen. In [Abb. 1](#) ist beispielhaft das Gewölle 74 als 3D-Modell zu sehen.

3.3 Sezieren

Bevor der erste Speiballen, der in die Auswertung mit einfließt, seziiert

wurde, haben wir Gewölle aus einem Storchennest probeweise seziiert, sodass wir eine Vorstellung hatten, wie der Sezier-Vorgang abläuft und funktioniert. Die Ergebnisse dieser wenigen Speiballen sind nicht in die Ergebnisse und Auswertungen eingeflossen.

3.3.1 Einführung Zeitrictwert

Da das Sezieren von zwei verschiedenen Personen durchgeführt wurde, war es wichtig zu beachten, dass die Qualität der Analyse konstant blieb. Deshalb wurde festgesetzt, dass für ein Gramm eines Speiballens immer die gleiche Zeit

aufgewendet werden sollte. Um diesen Zeitrictwert zu erhalten, wurden die Massen aller Gewölle addiert und durch ihre Anzahl dividiert. Somit erhält man die durchschnittliche Masse eines Speiballens (14,46 g). Anschließend wurde festgesetzt, dass im Durchschnitt ein Gewölle in 60 Minuten seziiert werden soll. Dieser Wert wurde durch die durchschnittliche Masse dividiert, sodass man den Zeitrictwert von 5,17 min/g erhält. Um die Sezierzeit für ein bestimmtes Gewölle zu berechnen, wurde die Masse des Gewölles mit dem Zeitrictwert multipliziert. Bei schweren Gewölle, bei denen die



a)



b)

Abb. 2: a) Gewölle G92 vor dem Sezieren auf Millimeterpapier, b) Gewölle G92 nach dem Sezieren auf Millimeterpapier



Tab. 2: Dokumentation des Seziervorgangs

Gewölle Nr.:	53
Datum	18.06.21
Herkunft	Dießen am Ammersee, Herrenstraße 8
Tier	Storch
Länge in cm	3,1
Länge genau in mm	30,78
Breite in cm	3,3
Volumen in cm ³	9,6
Feuchtigkeit in %	7,0
Dichte in kg/m ³	882,1
Berechnete Sezierzeit in min	43,57
Benötigte Zeit in min	40
Masse Gewölle in g	8,428
Inhalte: („1“ wenn das Gewölle schon sezirt wurde)	1
Haare	1
Feder (-reste)	1
Käfer (-reste)	1
Pflanzen (-teile)	1
Plastik (-teile)	1
Knochen	1
Sand/Steinchen	0
Steine (groß)	1

errechnete Sezierzeit größer als 90 Minuten gewesen wäre, setzten wir 90 Minuten als maximale Zeit fest.

3.3.2 Ablauf des Sezieren

Bei den Speiballen, die nicht in die Bewertung einfließen, wurden verschiedene Möglichkeiten ausprobiert, um die Gewölle zu zerlegen. Zusätzlich haben wir uns an der Methode, die in [7] beschrieben ist, orientiert und letztlich, die im Folgenden beschriebene Methode verwendet.

Zuerst haben wir das Gewölle auf Millimeterpapier gelegt und fotografiert (Abb. 2a). Danach haben wir es in eine Petrischale aus Plastik gelegt und mit

Wasser befeuchtet, bis es sowohl innen als auch außen nass war. Somit konnten wir es auf Papiertüchern verteilen und untersuchen. Anschließend haben wir angefangen, den Speiballen zu sezieren, wobei wir uns an die in 3.3.1 berechnete Sezierzeit gehalten haben.

Wir haben zwei Pinzetten, eine Lanzett-nadel und eine Präpariernadel benutzt. Schritt für Schritt wurde das Gewölle genauer untersucht und Bestandteile, die größer als drei Millimeter waren, in eine andere Petrischale gelegt (Abb. 2b). Dazu gehören unter anderem größere Pflanzenteile, Käferreste, Steine und Plastik. Die endgültigen Reste, in denen keine besonderen Objekte vorhanden waren, wurden entsorgt.

3.3.3 Dokumentation

Tab. 2 zeigt die Dokumentation des Seziervorgangs. Für die Auswertung wurde für das Vorhandensein eines oder mehrerer Objekte, die größer als 3 mm sind, bei der betreffenden Bestandteil-Gruppe eine „1“ eingetragen, falls das nicht der Fall war, eine „0“. Aufgrund des hohen Zeitaufwandes beim Sezieren war es nicht mehr möglich, die Massen der einzelnen Gruppen zu ermitteln.

Waren die gefundenen Knochensplitter ausreichend groß, wurden Vermutungen angestellt, von welchem Tier sie stammen könnten. Wir verwendeten für die Identifikation einerseits Fachliteratur [6], waren aber ebenfalls in Kon-

Tab. 3: Vorkommen der gefundenen Bestandteile in allen seziierten Speiballen

	Anzahl der Gewölle		
	Störche	Greifvögel	Schleiereulen
Pflanzen(-teile)	81	6	7
Käfer(-reste)	81	5	0
Haare	36	6	11
Steine (groß)	41	0	0
Sand/Steinchen	31	4	0
Knochen	29	5	11
Feder(-reste)	17	1	0
Plastik(-teile)	17	0	0

takt mit Dr. Richard Kraft, der bis 2011 Leiter der Säugetiersektion an der Zoologischen Staatssammlung in München war. In dieser Zeit hat er für die Erstellung eines Verbreitungsatlas der Mäuse und Spitzmäuse Bayerns Gewölle analysiert und konnte so bei der Identifikation einiger Knochenteile helfen.

3.4 Untersuchung auf Mikroplastik und Identifikation

Die beim Sezieren gefundenen Plastikobjekte größer als 3 mm wurden mithilfe eines Bruker Tensor 27 Fouriertransformations-Infrarot-(FT-IR-)Spektrometer mit einer ATR-Einheit (abgeschwächte Totalreflexion) identifiziert.

Außerdem wurde ein Speiballen auf Mikroplastik (hier Plastikpartikel kleiner als 1 mm, Plastik zwischen 1 mm und 3 mm wurde nicht betrachtet) untersucht. Da es bisher kaum Erfahrung zur Mikroplastikanalytik in Speiballen gibt, wurden drei verschiedene Ansätze ausprobiert, letztlich hat sich nur einer als praktikabel erwiesen.

Zum Verhindern einer Kontamination der Speiballen mit Plastik während der Untersuchung wurden die Speibal-

len nur in Glasbehältern gelagert. Zum anderen wurde beim Einsammeln und Verarbeiten des Speiballs darauf geachtet, dass die Gewölle nicht mit Plastik in Kontakt kamen. Besonders bei der Untersuchung wurden viele Sicherheitschritte vorgenommen, wie zum Beispiel das mehrfache Abspülen der Geräte mit reinstem Wasser. Diese Methoden entsprechen den aktuellen Richtlinien in der Mikroplastikanalytik.

Für die Analyse wurde zuerst das Gewölle ohne Wasser zerlegt. Dabei wurden keine sichtbaren Plastikteile gefunden. Somit konnten wir den Staub von den restlichen Bestandteilen trennen und in ein Weckglas geben. Damit sich das organische Material zersetzt, wurde anschließend ein oxidativer Aufschluss mit dem Speiballenstaub erstellt. Hierfür wurde Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Eisensulfat ($FeSO_4$), Natriumhydroxid ($NaOH$) und Schwefelsäure (H_2SO_4) verwendet. Daraufhin wurde mit dem restlichen Staub eine Dichtentrennung mit Kaliumformiat ($K(HCOO)$) durchgeführt, sodass sich Sand und andere ähnliche Partikel vom Mikroplastik trennen konnten. Die aufschwimmenden Bestandteile wurden abfiltriert und in drei verschiedene Teilproben aufgeteilt, da immer noch viele Partikel vorhanden waren. Damit konnten wir die Proben mithilfe des Bruker Tensor-FT-IR-Spektrometer und des Bruker Hyperion 3000 Infrarotmikroskop mit 64×64 FPA-(*focal plane array*)Detektor untersuchen. Das Ergebnis wurde mit siMPle und der dazugehörigen Datenbank ausgewertet. Durch eine anschließende Plausibilitätskontrolle der Materialvorschläge konnten Fehler des Programms vermieden werden.

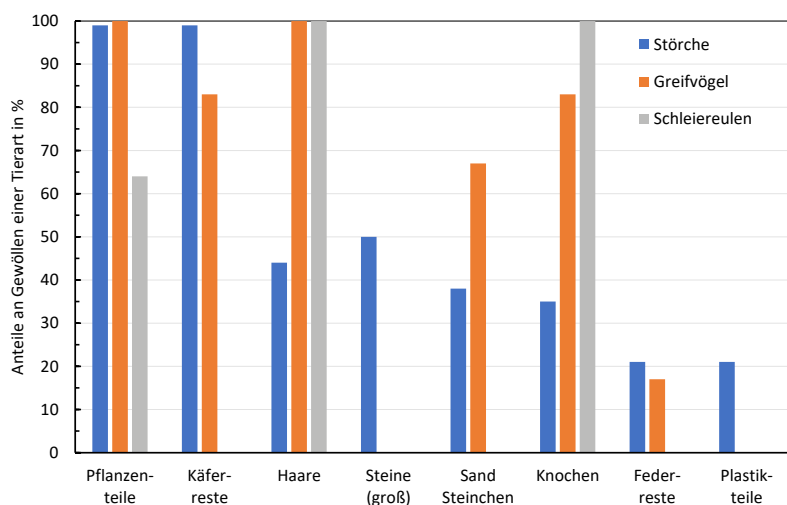


Abb. 3: Prozentuale Anteile der gefundenen Bestandteile in den Gewöllen einer Tierart

Tab. 4: Anzahl und Anteil der Gewölle, die nicht eindeutig identifizierbare Bestandteile enthalten.

Vermutung	Anzahl der Gewölle	Anteil in %
Lebende Kurzflügelkäfer, Familie Staphylinidae	3	3
Spongiosa von Knochen	1	1
Eier	13	13
Algen	7	7
Larve (Larvenreste) eines Speckkäfers	3	3
Krallen	3	3
Schnabel	1	1
Gedrehter Knochen/ Schulterblatt	2	2
Teil eines Schneckenhauses	4	4
Faden	1	1
Nadel (von einem Nadelbaum)	1	1
Käferhaut	2	2
Nacktschnecke	1	1
Summe	42	42

3.5 Modellexperiment zur Zersetzung durch Magensäure

Durch die Magensäure werden die aufgenommenen Plastikteile ebenso wie Knochen und andere Nahrungsbestandteile teilweise zersetzt. Das bedeutet, dass in den Gewölle eventuell nur ein Teil des tatsächlich aufgenommenen Plastiks nachweisbar ist.

Der pH-Wert der Magensäure für fakultative Aasfresser, zu denen die Störche gezählt werden, liegt bei 1,3 [1]. Daher wurden verschiedene Objekte aus unterschiedlichen Plastikarten für zehn Stunden in ausreichend Salzsäure mit dem pH-Wert 1,3 (das entspricht $c(\text{HCl}) = 0,05 \text{ mol/l}$) gelegt. Die Objekte waren vollständig von Säure bedeckt. Die zehn Stunden entsprechen etwa der Zeit, die ein Storch nach der Nahrungsaufnahme braucht, bis er ein Gewölle hochwürgt [26]. Währenddessen wurden die Objekte 16-mal auf hundertstel Gramm genau gewogen. Damit die

Werte auch nur die Masse des restlichen Gegenstands wiedergeben, wurde durch kurzes Trockentupfen der Objekte mit Küchenpapier die restliche Säure entfernt.

Die unterschiedlichen Objekte waren Gummi, ein kleiner Hühnerknochen, und die im Folgendem genannten Plastikarten. Gummi wurde gewählt, da dieser von einem Storch mit einem Wurm verwechselt werden könnte, was sich in [7] bereits gezeigt hat. Kleine Hühnerknochen sollen Knochen im Magen eines Storches darstellen. Das Stück der Plastikflasche (PET) ist häufig in der Natur zu finden. Die weiteren Plastikarten Nylonfaden (Polyamid), Polypropylen und Polystyrol wurden gewählt, da diese Materialien in den Speiballen gefunden wurden.

4. Ergebnisse

4.1 Bestandteile der Speiballen

Insgesamt wurden 103 Gewölle gesamt-

melt. Einige davon wurden zum Vergleich mit dem ausgedruckten 3D-Modell und zur Präsentation aufgehoben. Daher sind nur 99 Gewölle seziiert worden, davon 82 von Störchen, sechs von Greifvögeln und elf von Schleiereulen.

Aus den Dokumentationstabellen für jedes Gewölle wurde mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Excel die Anzahl der Gewölle berechnet, die ein bestimmtes Objekt enthalten. Daraus ergibt sich Tab. 3. Der prozentuale Anteil der Gewölle, die die Bestandteile beinhalten bezogen auf die Gesamtzahl der Gewölle einer Tierart, ist in Abb. 3 dargestellt.

Bei den Greifvögeln und Schleiereulen enthielt kein einziges der untersuchten Gewölle Plastik. Der Anteil an plastikhaltigen Gewölle an allen Gewölle (eingeschlossen jener, von Schleiereulen und Greifvögel) liegt insgesamt bei etwa 19%.

In Abb. 3 kann man deutlich den Unterschied des Anteils an Knochen zwischen Weißstörchen (34 Prozent) und Greifvögeln (71 Prozent) erkennen. Dies korreliert auch mit dem Vorkommen von Haaren: Bei den Greifvögeln und der Schleiereule sind in jedem Speiballen Haare vorhanden (100 Prozent). Bei dem Storch finden sich diese nur bei 44 Prozent.

In der Hälfte der Gewölle der Weißstörche befanden sich Steine (50 Prozent). Die Gewölle der Greifvögel und Schleiereulen hingegen enthielten keine größeren Steine. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass Vögel Steine nicht aus Zufall fressen, sondern zum Zerkleinern der Nahrung im Magen [28].

Das Vorkommen von Pflanzenteilen ist bei allen Tierarten hoch. Bei dem Storch liegt dies bei 99 Prozent, bei den Greifvögeln bei 100 Prozent. Bei den Schleiereulen war dieser Wert nicht so hoch, jedoch waren immer noch in einem Großteil der Gewölle Pflanzenreste enthalten (64 Prozent). Käferreste kamen

bei den Schleiereulen in keinem Speiballen vor. Hingegen sind die Anteile an Gewöllen, in denen Käfer Teile vorkamen, bei den Greifvögeln und Störchen mit 83 Prozent und 99 Prozent wieder sehr hoch.

4.2 Besonderheiten

Es wurden auch Objekte gefunden, die nicht eindeutig identifiziert werden konnten. Deshalb wurden Vermutungen aufgestellt, um was es sich jeweils handeln könnte (siehe [Tab. 4](#)). Für die Identifizierung haben wir uns, wie oben bereits beschrieben, an Experten gewandt oder Fachliteratur gelesen. Bei der Bestimmung der lebenden Käfer half uns Dr. Ulrich Benker von der Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising. Außerdem haben wir die schwierig zu bestimmenden Teile unter einem Auflichtmikroskop angeschaut, um sie besser einordnen zu können. Es hat sich dabei gezeigt, dass die gleichen, nicht identifizierten Dinge am gleichen Neststandort in mehreren Gewöllen vorkommen.

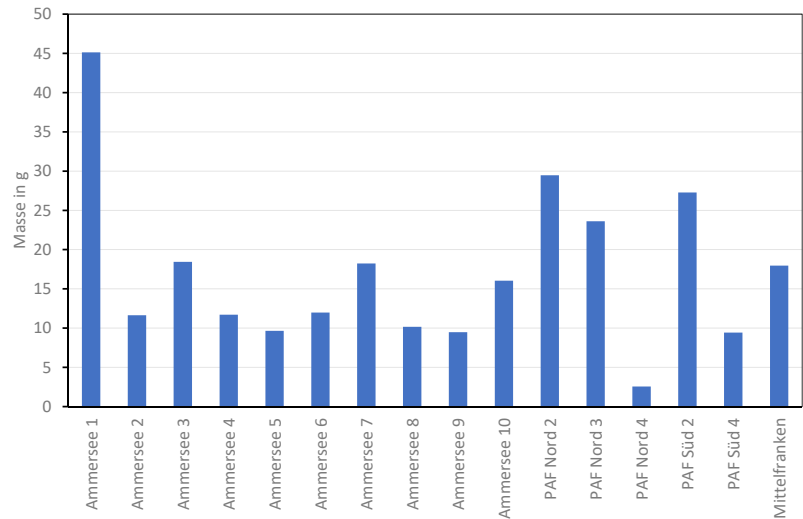


Abb. 4: Durchschnittliche Masse eines Storchengewölles nach Herkunftsne

4.3 Unterschiede zwischen den Nestern

Die Gewölle eines Standorts ähnelten sich meist deutlich im Inhalt, aber auch in Dichte und Volumen gab es erkennbare Ähnlichkeiten. Dagegen weisen die Gewölle unterschiedlicher Standorte klare Unterschiede auf.

[Abb. 4](#) zeigt, dass es große Unterschiede der durchschnittlichen Massen der Gewölle beim Vergleich der einzelnen Nester gibt. Die größte Differenz liegt zwischen dem Raistingener Bahnhof (Ammersee 1 : 45,12 g) und Feilenmoos (PAF Nord 4 : 2,55 g). Insgesamt haben die Speiballen der Orte rund um den Ammersee, abgesehen von Ammersee 1, sehr ähnliche durchschnittliche Massen. Ein Vergleich der durchschnittlichen Massen von Greifvogel- und Schleiereulengewöllen wurde aufgrund der geringen Datenlage nicht durchgeführt.

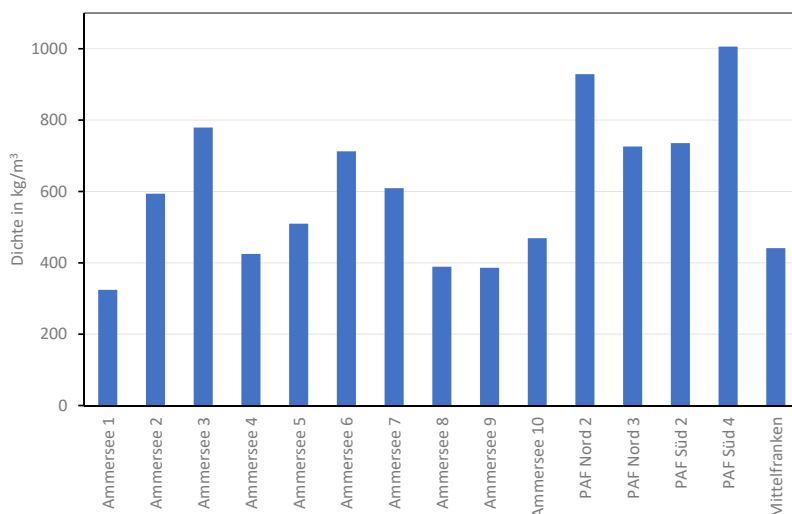


Abb. 5: Durchschnittliche Dichten der Speiballen von Störchen nach Herkunftsne (Greifvogel und Schleiereule aufgrund geringer Datenlage und damit geringer Aussagekraft der Daten nicht aufgeführt)

Aus [Abb. 5](#) wird ersichtlich, dass sich neben der Masse auch die Dichte von Storchennest zu Storchennest unterscheidet. So liegt die größte Differenz der durchschnittlichen Gewölledichte zwischen Hohenkammer (PAF Süd 4) und dem Raistingener Bahnhof (Ammersee 1) bei etwa 682 kg/m³. Generell kann man feststellen, dass die Dichten sehr hoch sind, zum Vergleich: Wasser hat eine Dichte von 1000 kg/m³. Außerdem ist festzustellen, dass die Gewölle eines Nests sich stärker ähneln als die Gewölle verschiedener Nester.

20,7 Prozent der Storchengewölle enthalten Plastik. Diese stammen jedoch

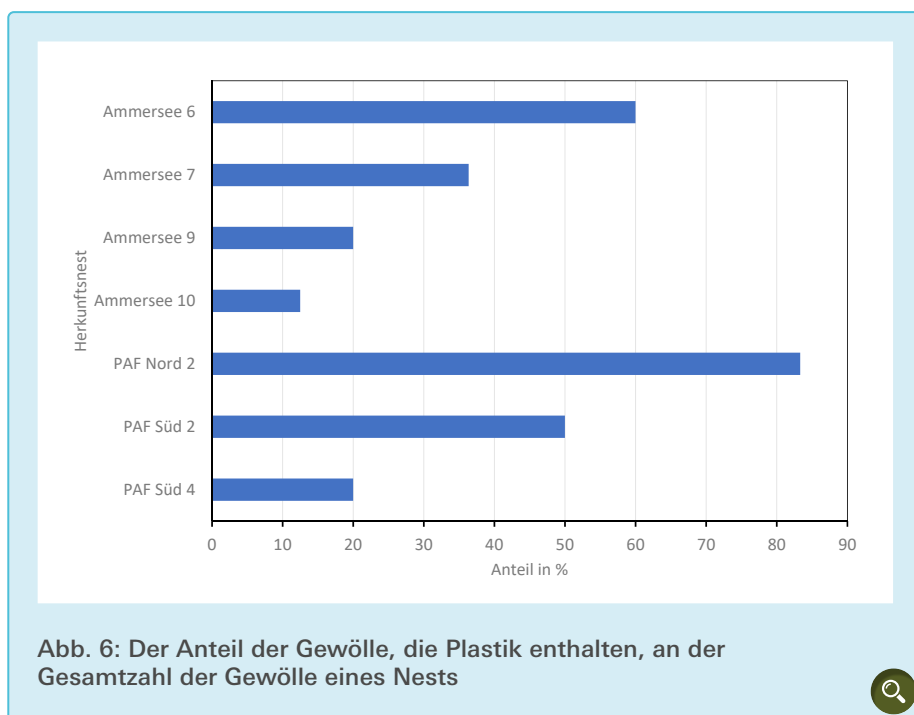


Abb. 6: Der Anteil der Gewölle, die Plastik enthalten, an der Gesamtzahl der Gewölle eines Nests

nur aus sieben der untersuchten 16 Nester. [Abb. 6](#) zeigt den Anteil der Gewölle, die Plastik enthalten, an der Gesamtzahl der Gewölle eines Nests. Es wird deutlich, dass es Störche gibt, die sehr häufig Plastik zu sich nehmen, z. B. PAF Nord 2, und solche, die seltener Plastik aufnehmen, z. B. Ammersee 10.

4.4 Plastikanalyse

Bei keinem der gefundenen Makroplastikpartikel (hier: Plastik größer als 3 mm) aus den 13 Gewölle mit Plastik enthalten konnte die Plastikart eindeutig festgestellt werden. Das Programm, welches für die Identifikation genutzt wurde, stufte die Stücke meist als Polyamid-ähnliche Materialien ein. Der Grund dafür könnte sein, dass das Polyamid mit der Magensäure des Storches reagiert und so leicht verändert vorliegt. Diese These untermauern auch die Zusatzexperimente, die gezeigt haben, dass Polyamid mit der Salzsäure reagiert oder sich in dieser löst. Ein Fehler des Infrarotspektrometers ist ausgeschlossen, da sowohl positive als auch negative Blindproben durchgeführt wurden. Dabei erkannte das Gerät immer das korrekte Material. Ein weiterer Erklärungsversuch wäre, dass die Oberfläche der Partikel verschmutzt war. Ein Plas-

tikobjekt, welches wir beim Sezieren eines Versuchsgewölles gefunden haben, wurde ebenfalls zuerst falsch identifiziert. Nachdem es aber mit einem Mikrofasertuch abgewischt wurde, stellte es sich eindeutig als Polypropylen heraus. Dieses Abwischen war bei den anderen Kunststoffteilen nicht möglich, da es sich um Folien handelte, welche bei einer solchen Behandlung zerstört worden wären.

In der Probe des Speiballenstaubs, welchen wir durch das in Kapitel 3.4 beschriebene Sezieren eines Speiballes für die Mikroplastikanalytik erhalten haben, konnten 12 Mikroplastikpartikel eindeutig als Polyethylen, Polystyrol, Polypropylen und Styrol-Butadien-Kautschuk identifiziert werden, wobei es sich dabei nicht um Reifenabrieb handelt [\[29\]](#). Bei 747 weiteren Partikeln handelt es sich möglicherweise ebenfalls um Mikroplastik, diese konnten aber nicht mit ausreichender Sicherheit identifiziert werden. Außerdem waren in der Probe noch Pflanzenfasern und Chitin vorhanden.

4.5 Auswertung des Modellexperiments

[Abb. 7](#) zeigt die Ergebnisse des Mo-

dellexperiments mit Knochen, Gummi und PET. Dargestellt ist die prozentuale Gewichtsveränderung. Die Masse des Hühnerknochens nimmt in Abhängigkeit von der Zeit annähernd linear ab. Der Massenunterschied zwischen der Messung vor dem Versuch und nach zehn Stunden liegt bei 0,68 g, dies entspricht einer prozentualen Abnahme von 12 Prozent. Man kann also festhalten, dass die Knochen im Gewölle meist erhalten bleiben. Die Masse des Gummis und der PET-Plastikflasche bleibt innerhalb der zehn Stunden nahezu konstant. Das Gewicht verändert sich teilweise, was auf Messungenauigkeiten zurückzuführen ist, da die Masse sich nach manchen Messungen im Bereich von hundertstel Gramm vergrößert hat.

Das Ergebnis, dass die Masse des Gummis über zehn Stunden konstant bleibt, hat auch das zweite Modellexperiment bestätigt ([Abb. 8](#)). Das ist auch bei den Plastikarten Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) der Fall. Die einzige Plastikart, die über die zehn Stunden an Gewicht verliert, ist Polyamid (PA). Die Schwankungen der Masse und der deutliche Anstieg bei der ersten Messung kamen dadurch zustande, dass die Probe, ein Nylonfaden (PA) für den Versuch auf einen Glasstab aufgewickelt wurde. Während des Versuchs lagerte sich zwischen den Schichten des Fadens Salzsäure an, die durch ein Abwischen oder Ausdrücken mithilfe eines Tuches nicht entfernt werden konnte. Die Gewichtsabnahme des PA stimmt, wie die anderen Ergebnisse auch, mit Untersuchungen in [\[12\]](#) und [\[13\]](#) zur Säureresistenz der untersuchten Plastikarten überein. Insgesamt ist die Abnahme der Masse so gering, dass es in der Praxis kaum einen signifikanten Unterschied macht.

5. Diskussion

Anhand der Auswertung des Sezierens kann festgestellt werden, dass es große Unterschiede bei den äußerlich messbaren und den inhaltlichen Daten der Speiballen gibt.

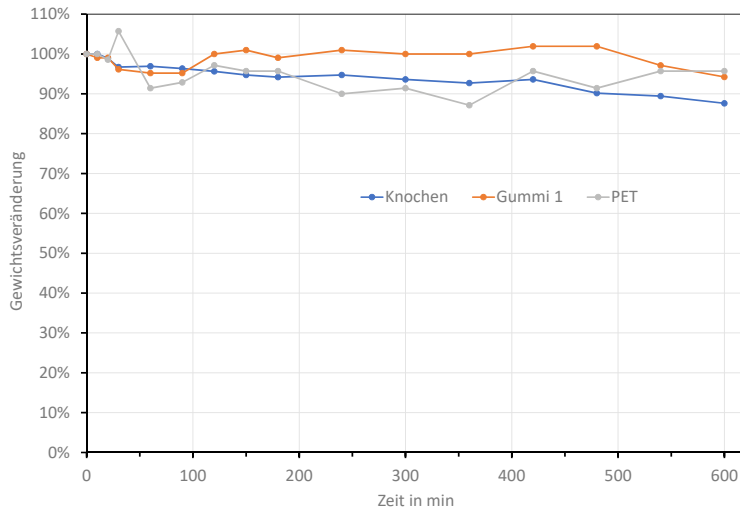


Abb. 7: Prozentuale Gewichtsveränderung bei Lagerung von Knochen, Gummi und PET in Salzsäure mit pH = 1,3



Wenig verwunderlich waren die artspezifischen Unterschiede in den Inhalten der Gewölle. Das ist die logische Folge aus unterschiedlichen Nahrungsspektren der einzelnen Arten. Warum allerdings nur in Storchengewölle Steine gefunden wurden, kann damit nicht erklärt werden. Ein möglicher Ansatz für eine Erklärung könnte sein, dass größere Steine mehr Gewicht bedeuten und sich dadurch negativ auf die Flugfähigkeit der Tiere auswirken. So wiegt ein Storch etwa 2,6 kg bis 4,4 kg [14], sodass ein Stein keinen großen Einfluss auf die Flugfähigkeit hat. Eine Schleiereule hingegen wiegt mit 250 g bis 500 g [15] deutlich weniger, wodurch hier, wie auch bei dem Mäusebussard (als Beispiel eines Greifvogels) mit einem Gewicht bis zu einem Kilogramm [16], ein Stein, durch eine Erhöhung der Masse des Tiers, das Fliegen durchaus erschweren kann. Deshalb ist es vorstellbar, dass Greifvögel stärker darauf achten müssen, keine größeren Steine zu fressen.

Plastik war nur in Storchengewölle enthalten. Greifvögel und Schleiereulen nehmen anscheinend kaum Plastik zu sich. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Greifvögel im Gegensatz zu Störchen nur bei fehlender Alternative Aas

fressen. Greifvögel nehmen vermehrt selberlegte Nahrungstiere zu sich und verwechseln daher Plastik nicht mit Nahrung. Dieser Effekt ist bei den Eulengewölle am stärksten vertreten, da Schleiereulen fast ausschließlich Mäuse fressen [25].

Eine große Rolle scheint das Herkunftsnest des Gewölles zu spielen. Hierbei unterscheiden sich die Inhalte sowie die äußeren Daten der Speiballen, wie

Masse oder Dichte, von Ort zu Ort. Ein möglicher Grund für die Unterschiede ist, dass jedes Storchennest eine andere Umgebung besitzt. Dadurch verändert sich auch das Nahrungsspektrum der Vögel. So liegt das Nest am Gymnasium Pfaffenhofen inmitten einer Stadt, allerdings umgeben von Feldern, auf denen der Storch seine Nahrung suchen kann. Da in solchen Gebieten von einer höheren Plastikbelastung auszugehen ist, als es beispielsweise in Naturschutzgebieten der Fall ist, wird es in diesen Gebieten gehäuft vorkommen, dass Störche Plastik indirekt oder auch direkt zu sich nehmen. Pfaffenhofen an der Ilm, die größte Stadt, von welcher wir Speiballen untersucht haben, hat mit 50 Prozent (PAF Süd 2, Abb. 6) das dritthöchste Plastikvorkommen. Kleinere Städte oder Dörfer, wie Baar-Ebenhausen, haben hingegen kein Plastikvorkommen in den Speiballen. Dies unterstützt unsere oben genannte Vermutung, dass in Regionen mit einer hohen Bevölkerungsdichte von einer stärkeren Plastikverschmutzung auszugehen ist. Eine weitere Erklärung, warum in den Speiballen aus einem kleinen Ort wie Pörnbach das höchste Plastikvorkommen mit etwa 83 Prozent vorhanden ist, könnte in der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen liegen. In dieser Regi-

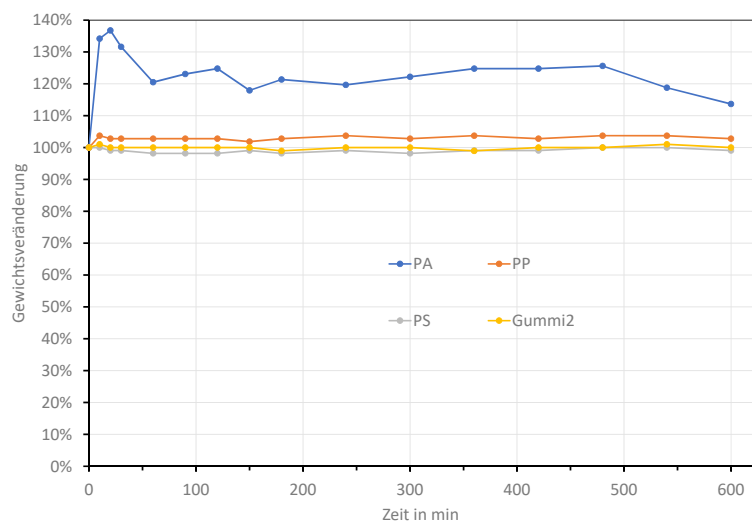


Abb. 8: Prozentuale Gewichtsveränderung bei Lagerung von PA, PP, PS und Gummi in Salzsäure mit pH = 1,3



on wird viel Spargel, welcher mit Folien abgedeckt ist, angebaut. Beim Suchen nach Regenwürmern können dann verstärkt versehentlich Plastikreste aufgenommen werden.

Im Allgemeinen stellt die Landwirtschaft durch die Benutzung von Folien oder anderen Objekten aus Plastik ein erhöhtes Risiko für die Plastikaufnahme von Tieren dar. So konnte uns der Beringer Clemens Krafft bestätigen, dass in Dießen auf den Wiesen nahe dem Storchennest regelmäßig Plastik liegt. Außerdem werden dort in der Landwirtschaft für das Abdecken der Silageballen Plastikfolien verwendet, welche ebenfalls für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der Plastikaufnahme sorgen. Diese Abhängigkeit vom Ort würde auch begründen, warum wir nicht so viel Plastik gefunden haben, wie in anderen Studien [7] beschrieben wird.

Die Modellexperimente zeigen, dass sich das Plastik nicht in der Magensäure des Storches auflöst. Die Störche haben also nicht mehr als das gefundene Plastik aufgenommen. Somit ist der von uns gefundene Anteil an Gewöllen mit Plastik von etwa 19 Prozent eine realistische Abbildung des tatsächlich aufgenommenen Plastiks.

Es ist jedoch wichtig darauf hinzuweisen, dass nicht nur der Ort des Nests das Nahrungsspektrum beeinflusst, sondern auch die verschiedenen Jahres- sowie Tageszeiten. Da wir jedoch die Speiballen in einem sehr kurzen Zeitraum während der Beringung eingesammelt haben, können wir diesen Zusammenhang nicht prüfen. Außerdem können wir im Nachhinein nicht feststellen, wann das Gewölle ausgewürgt wurde bzw. wann die Nahrung, deren Reste in dem Speiballen nachweisbar sind, aufgenommen wurde.

6. Fazit

Durch dieses Projekt wird deutlich, dass Plastik tatsächlich auch von Vögeln, die nicht am Meer leben, aufgenommen wird. In fast jedem fünften Gewölle ist Plastik enthalten, wobei der Wert an einigen Standorten deutlich größer ist. Das bedeutet, dass einige Weißstörche in Deutschland regelmäßig Plastik in ihre Körper aufnehmen. Kunststoff stellt also für die Umwelt ein großes Problem dar, auch wenn wir nicht in der Nähe von einem Meer leben. Man sollte seinen Plastikkonsum überdenken und reduzieren, damit die Gefahr, die durch Plastik entsteht, für andere Lebewesen verringert wird. Auf keinen Fall sollte man Plastik in der freien Natur entsorgen, auch nicht in kleinen Mengen. Wenn wir aber so weiter machen und den Verbrauch von Kunststoffen nicht einschränken, wird möglicherweise bald in jedem Speiballen Plastik vorhanden sein und die Vogelwelt auch hierdurch stark bedroht werden. Nehmen die Tiere zu viel Plastik in sich auf, könnte dies zu ähnlichen Problemen wie bei Seevögeln führen. Auch Möwen oder Kormorane könnten über Speiballen eventuell aufgenommenes Plastik auswürgen [27] und dennoch ist bei diesen bereits bekannt, dass aufgenommenes Plastik das Hungergefühl stillt, ohne Nährstoffe zuzuführen, was im schlimmsten Fall zum Verhungern der Tiere führen kann [19][20][21]. Auch kommt es vor, dass Seevögel Plastikteile, wie etwa alte Reste eines Fischernetzes in ihre Nester einbauen und sich darin verheddern. Das alles ist bei Seevögeln bereits bekannt [24] könnte aber, wie unsere Ergebnisse gezeigt haben, in Zukunft auch Arten weit entfernt vom Meer betreffen, vor allem wenn die Plastikverschmutzung weiter zunimmt. Einzelne Fälle, in denen Störche durch Plastik zu Tode kommen sind, sind bereits bekannt, wenn auch noch nicht vollständig wissenschaftlich dokumentiert [30], [31], [32]. Die Hypothese, dass Weißstörche und andere Greifvögel über ihre Nahrung auch teilweise Plastikteile aufnehmen, hat sich für Störche bestätigt.

Danksagung

Wir bedanken uns bei allen die uns im Zuge dieses Projekts unterstützt haben, insbesondere bei unser Projektbetreuerin Dr. Elke Leppelsack. Sonja Scholz, als Ansprechpartnerin beim LBV, hat einige der Greifvogel-Gewölle organisiert. Franziska Fritz, Biologie Studentin, hat uns ihre Methode des Gewölle-Sezierens erklärt, die wir dann überarbeitet und daraus unsere eigene Version entwickelt haben. Dr. Wolfgang Fiedler, Leiter der Beringungszentrale an der Vogelwarte in Radolfzell und Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Ornithologie, hat uns bei der Identifikation einiger Gewölle-Inhalte geholfen. Dr. Ullrich Benker, Mitarbeiter der Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising, hat uns bei der Identifikation einiger gefundener lebendiger Käfer in den Gewöllen geholfen. Dr. Richard Kraft, ehemaliger Leiter der Säugetiersektion der Zoologischen Staatssammlung, hat uns bei der Identifikation einiger Objekte aus den Gewöllen geholfen. Dr. Marco Kunaschk vom Landesamt für Umwelt in Wielenbach hat uns bei Untersuchung auf Mikroplastik und bei der Plastikidentifikation unterstützt. Clemens Krafft, ein offizieller Beringer des LBVs hat uns bei der Beschaffung der Speiballen unterstützt.

Literatur:

- [1] Beasley DE, Klotz AM, Lambert JE, Fiercer N, Dunn RR (2015): „The Evolution of Stomach Acidity and Its Relevance to the Human Microbiome“. PLoS ONE 10(7).
- [2] Muižinič J, Rašajski J (1992): „On food and feeding habits of the White Stork, *Ciconia c. ciconia*, in the Central Balkans“. Ökol. Vögel (Ecol. Birds) 14: 211–223.
- [3] Antczak M, Konwerski S, Grobelny S, Tryjanowski P (2002): „The Food Composition of Immature and Non-breeding White Storks in Poland“. Waterbirds 25(4): 424–428.
- [4] Orłowski G, Kziewicz-Parulska Z, Karg J, Bochenski M, Jerzak L, Zub K (2016): „Using soil from pellets of White Storks *Ciconia ciconia* to assess the number of earthworms (Lumbricidae) consumed as primary and secondary prey“. IBIS 158: 587–597.
- [5] Kwiecińska Z, Kwiecińska H, Ratajszczak R, Ćwiertnia P, Tryjanowski P (2006): „Digestive efficiency in captive white storks *Ciconia ciconia*“. In: White Stork study in Poland: biology, ecology and conservation.
- [6] Hendrik Turni (1999): „Schlüssel für die Bestimmung von in Deutschland vorkommenden Säugetierschädeln aus Eulengewöllen (Mammalia)“. In Zoologische Abhandlungen; Band 50.
- [7] Fritz, Franziska, (2021) Plastikmüll in Gewöllen des Weißstorks, Masterarbeit an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe.
- [8] Die Storchennestkarte: <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=14CybBckZUg-C6u-BbDh8v7U-cB4zyruaz&usp=sharing>
- [9] Sylvia Urbaniak, 2020: <https://www.greifvoegele.de/gewoelle/>
- [10] Solvjeg Hoffman, 2022: <https://www.geo.de/wissen/gesundheit/mikroplastik-in-menschlichem-blut-nachgewiesen-31731014.html>
- [11] Nabu Bundesverband, 2016: https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/mee-resschutz/210428-faltblatt_mu_ellkippe_meer.pdf
- [12] Hans Kintra GmbH, 2022 http://www.3d-plastic.eu/shop_3d-plastic/images/Chemikalien-bestaendigkeit_PA+PE+PP+PVC.pdf
- [13] wiki.sah, 2019: https://www.science-at-home.de/wiki/index.php/Best%C3%A4ndigkeit_der_Kunststoffe_gegen_S%C3%A4uren_und_Laugen
- [14] NABU, Storch: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/artenschutz/weissstorch/01450.html#:~:text=Stehend%20etwa%2080%20Zentimeter%20hoch,%2C%20Schnabell%C3%A4nge%2014%2D19%20Zentimeter>
- [15] Biologie-Schule.de, 2010-2021: <https://www.biologie-schule.de/schleiereule-steckbrief.php>
- [16] NABU, 2019/20: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/portraits/maeusebussard/>
- [17] Saarbrücker Zeitung, 2014: https://www.saarbruecker-zeitung.de/saarland/saar-pfalz-kreis/sanktingbert/stoerche-gehen-an-plastik-zugrunde_aid-1211573
- [18] NABU, 2022: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/muellkippemeer.html>
- [19] mdr, 2021: <https://www.mdr.de/wissen/plastik-seevoegel-100.html>
- [20] Yamashita R, Hiki N, Kashiwada F, Takada H, Mizukawa K, Hardesty BD, Roman L, Hyrenbach D, Ryan PG, Dilley BJ, Muñoz-Pérez JP, Valle Ca, Pham Ck, Frias J, Nishizawa B, Takahashi A, Thiebot J, Will A, Kokubun N, Watanabe YY, Yamamoto T, Shiomi K, Shimabukuro U, Watanuki Y; 2021: „Plastic additives and legacy persistent organic pollutants in the preen gland oil of seabirds sampled across the globe“ https://www.jstage.jst.go.jp/article/emcr/1/0/1_20210009/article
- [21] Alexandra Huth, 2018 : <https://www.vogelundnatur.de/todesfalle-plastik/>
- [22] Wilcox C, Seville EV, Hardesty BD, 2015: „Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing“ <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1502108112>
- [23] n-tv, 2015: <https://www.n-tv.de/wissen/Voegel-fressen-immer-mehr-Plastikmuell-article15835506.html>
- [24] t-online, 2019: https://www.t-online.de/nachrichten/panorama/tiere/id_86864564/helgoland-noch-mehr-voegel-verhungern-oder-strangulieren-sich-mit-plastik.html
- [25] NABU, 2019/20: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/portraits/schleiereule/>
- [26] Sonja Bergs, 2009: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/10600/1/Bergs_Sonja.pdf
- [27] NABU (Stefan Bosch), zuletzt aufgerufen am 29.12.2022: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/vogelkunde/gut-zu-wissen/03197.html>
- [28] Oliver Wings, 2004: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5N-04626>
- [29] Marco Kunaschk, 11.03.2022: „Insgesamt lieben sich 12 Mikroplastikpartikel zweifelsfrei als PE, PS, PP und SBR (kein Reifenabrieb!) identifizieren.“
- [30] Merkur.de, 2022: <https://www.merkur.de/lokales/erding/erding-ort28651/magen-voller-plastik-junger-storch-faellt-aus-nest-91702643.html>
- [31] Kreiszeitung.de, 2021: <https://www.kreiszeitung.de/lokales/verden/verden-ort47274/mit-vollem-magen-verhungert-90924765.html>
- [32] DeineTierweltMagazin, 2020: <https://www.deine-tierwelt.de/magazin/hessen-storch-mit-vollem-magen-verhungert/>



Publiziere auch Du hier!

Forschungsarbeiten von
Schüler/Inne/n und Student/Inn/en

In der Jungen Wissenschaft werden Forschungsarbeiten von SchülerInnen, die selbstständig, z. B. in einer Schule oder einem Schülerforschungszentrum, durchgeführt wurden, veröffentlicht. Die Arbeiten können auf Deutsch oder Englisch geschrieben sein.

Wer kann einreichen?

SchülerInnen, AbiturientInnen und Studierende ohne Abschluss, die nicht älter als 23 Jahre sind.

Was musst Du beim Einreichen beachten?

Lies die [Richtlinien für Beiträge](#). Sie enthalten Hinweise, wie Deine Arbeit aufgebaut sein soll, wie lang sie sein darf, wie die Bilder einzureichen sind und welche weiteren Informationen wir benötigen. Solltest Du Fragen haben, dann wende Dich gern schon vor dem Einreichen an die Chefredakteurin Sabine Walter.

Lade die [Erstveröffentlichungserklärung](#) herunter, drucke und fülle sie aus und unterschreibe sie.

Dann sende Deine Arbeit und die Erstveröffentlichungserklärung per Post an:

Chefredaktion Junge Wissenschaft

Dr.-Ing. Sabine Walter
Paul-Ducros-Straße 7
30952 Ronnenberg
Tel: 05109 / 561508
Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de

Wie geht es nach dem Einreichen weiter?

Die Chefredakteurin sucht einen geeigneten Fachgutachter, der die inhaltliche Richtigkeit der eingereichten Arbeit überprüft und eine Empfehlung ausspricht, ob sie veröffentlicht werden kann (Peer-Review-Verfahren). Das Gutachten wird den Euch, den AutorInnen zugeschickt und Du erhältst gegebenenfalls die Möglichkeit, Hinweise des Fachgutachters einzuarbeiten.

Die Erfahrung zeigt, dass Arbeiten, die z. B. im Rahmen eines Wettbewerbs wie **Jugend forscht** die Endrunde erreicht haben, die besten Chancen haben, dieses Peer-Review-Verfahren zu bestehen.

Schließlich kommt die Arbeit in die Redaktion, wird für das Layout vorbereitet und als Open-Access-Beitrag veröffentlicht.

Was ist Dein Benefit?

Deine Forschungsarbeit ist nun in einer Gutachterzeitschrift (Peer-Review-Journal) veröffentlicht worden, d. h. Du kannst die Veröffentlichung in Deine wissenschaftliche Literaturliste aufnehmen. Deine Arbeit erhält als Open-Access-Veröffentlichung einen DOI (Data Object Identifier) und kann von entsprechenden Suchmaschinen (z. B. BASE) gefunden werden.

Die Junge Wissenschaft wird zusätzlich in wissenschaftlichen Datenbanken gelistet, d. h. Deine Arbeit kann von Experten gefunden und sogar zitiert werden. Die Junge Wissenschaft wird Dich durch den Gesamtprozess des Erstellens einer wissenschaftlichen Arbeit begleiten – als gute Vorbereitung auf das, was Du im Studium benötigst.



Richtlinien für Beiträge

Für die meisten Autor/Inn/en ist dies die erste wissenschaftliche Veröffentlichung. Die Einhaltung der folgenden Richtlinien hilft allen – den Autor/innen/en und dem Redaktionsteam

Die Junge Wissenschaft veröffentlicht Originalbeiträge junger AutorInnen bis zum Alter von 23 Jahren.

- Die Beiträge können auf Deutsch oder Englisch verfasst sein und sollten nicht länger als 15 Seiten mit je 35 Zeilen sein. Hierbei sind Bilder, Grafiken und Tabellen mitgezählt. Anhänge werden nicht veröffentlicht. Deckblatt und Inhaltsverzeichnis zählen nicht mit.
- Formulieren Sie eine eingängige Überschrift, um bei der Leserschaft Interesse für Ihre Arbeit zu wecken, sowie eine wissenschaftliche Überschrift.
- Formulieren Sie eine kurze, leicht verständliche Zusammenfassung (maximal 400 Zeichen).
- Die Beiträge sollen in der üblichen Form gegliedert sein, d. h. Einleitung, Erläuterungen zur Durchführung der Arbeit sowie evtl. Überwindung von Schwierigkeiten, Ergebnisse, Schlussfolgerungen, Diskussion, Liste der zitierten Literatur. In der Einleitung sollte die Idee zu der Arbeit beschrieben und die Aufgabenstellung definiert werden. Außerdem sollte sie eine kurze Darstellung schon bekannter, ähnlicher Lösungsversuche enthalten (Stand der Literatur). Am Schluss des Beitrages kann ein Dank an Förderer der Arbeit, z. B. Lehrer und Sponsoren, mit vollständigem Namen angefügt werden. Für die Leser kann ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken hilfreich sein.
- Bitte reichen Sie alle Bilder, Grafiken und Tabellen nummeriert und zusätzlich als eigene Dateien ein. Bitte geben Sie bei nicht selbst erstellten Bildern, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. die genauen und korrekten Quellenangaben an (siehe auch [Erstveröffentlichungserklärung](#)). Senden Sie Ihre Bilder als Originaldateien oder mit einer Auflösung von mindestens 300 dpi bei einer Größe von 10 · 15 cm! Bei Grafiken, die mit Excel erstellt wurden, reichen Sie bitte ebenfalls die Originaldatei mit ein.
- Vermeiden Sie aufwendige und lange Zahlentabellen.
- Formelzeichen nach DIN, ggf. IUPAC oder IUPAP verwenden. Gleichungen sind stets als Größengleichungen zu schreiben.
- Die Literaturliste steht am Ende der Arbeit. Alle Stellen erhalten eine Nummer und werden in eckigen Klammern zitiert (Beispiel: Wie in [12] dargestellt ...). Fußnoten sieht das Layout nicht vor.
- Reichen Sie Ihren Beitrag sowohl in ausgedruckter Form als auch als PDF

ein. Für die weitere Bearbeitung und die Umsetzung in das Layout der Jungen Wissenschaft ist ein Word-Dokument mit möglichst wenig Formatierung erforderlich. (Sollte dies Schwierigkeiten bereiten, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung, damit wir gemeinsam eine Lösung finden können.)

- Senden Sie mit dem Beitrag die [Erstveröffentlichungserklärung](#) ein. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass der Beitrag von dem/der angegebenen AutorIn stammt, keine Rechte Dritter verletzt werden und noch nicht an anderer Stelle veröffentlicht wurde (außer im Zusammenhang mit **Jugend forscht** oder einem vergleichbaren Wettbewerb). Ebenfalls ist zu versichern, dass alle von Ihnen verwendeten Bilder, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. von Ihnen veröffentlicht werden dürfen, also keine Rechte Dritter durch die Verwendung und Veröffentlichung verletzt werden. Entsprechendes [Formular](#) ist von der Homepage www.junge-wissenschaft.ptb.de herunterzuladen, auszudrucken, auszufüllen und dem gedruckten Beitrag unterschrieben beizulegen.
- Schließlich sind die genauen Anschriften der AutorInnen mit Telefonnummer und E-Mail-Adresse sowie Geburtsdaten und Fotografien (Auflösung 300 dpi bei einer Bildgröße von mindestens 10 · 15 cm) erforderlich.
- Neulingen im Publizieren werden als Vorbilder andere Publikationen, z. B. hier in der Jungen Wissenschaft, empfohlen.



Impressum

[JUNGE]
wissenschaft



Junge Wissenschaft

c/o Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)
www.junge-wissenschaft.ptb.de

Redaktion

Dr. Sabine Walter, Chefredaktion
Junge Wissenschaft
Paul-Ducros-Str. 7
30952 Ronnenberg
E-Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de
Tel.: 05109 / 561 508

Verlag

Dr. Dr. Jens Simon,
Pressesprecher der PTB
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
E-Mail: jens.simon@ptb.de
Tel.: 0531 / 592 3006
(Sekretariat der PTB-Pressestelle)

Design & Satz

Sebastian Baumeister
STILSICHER – Grafik & Werbung
E-Mail: baumeister@stilsicher.design
Tel.: 05142 / 98 77 89

