



# Beschützer der Erde 2.0

## Schülerheft: Gewässer

in Kooperation mit  
Max-Planck-Institut  
für Ornithologie  
Radolfzell/Konstanz







# Inhaltsverzeichnis

Die Welt aus der Vogel-...	
äh Astronautenperspektive	4
Gewässer und ihre Bedeutung für den Menschen	6
Wasser ... mal ganz trocken	8
Von der Quelle bis zur Mündung	9
Die Quelle	10
Der Oberlauf	11
Der Mittellauf	12
Der Unterlauf	13
Die Mündung	14
Flussauen	15
Stillgewässer	16
Ökosystem See – Zonierung	17
Flussordnungszahlen	18
Wasser im Satellitenbild	19
Verbauung und Begradigung	21
Verschmutzung	22
Invasive Arten	24

# Die Welt aus der Vogel... äh Astronautenperspektive



Nördliches Europa von der ISS aus gesehen.

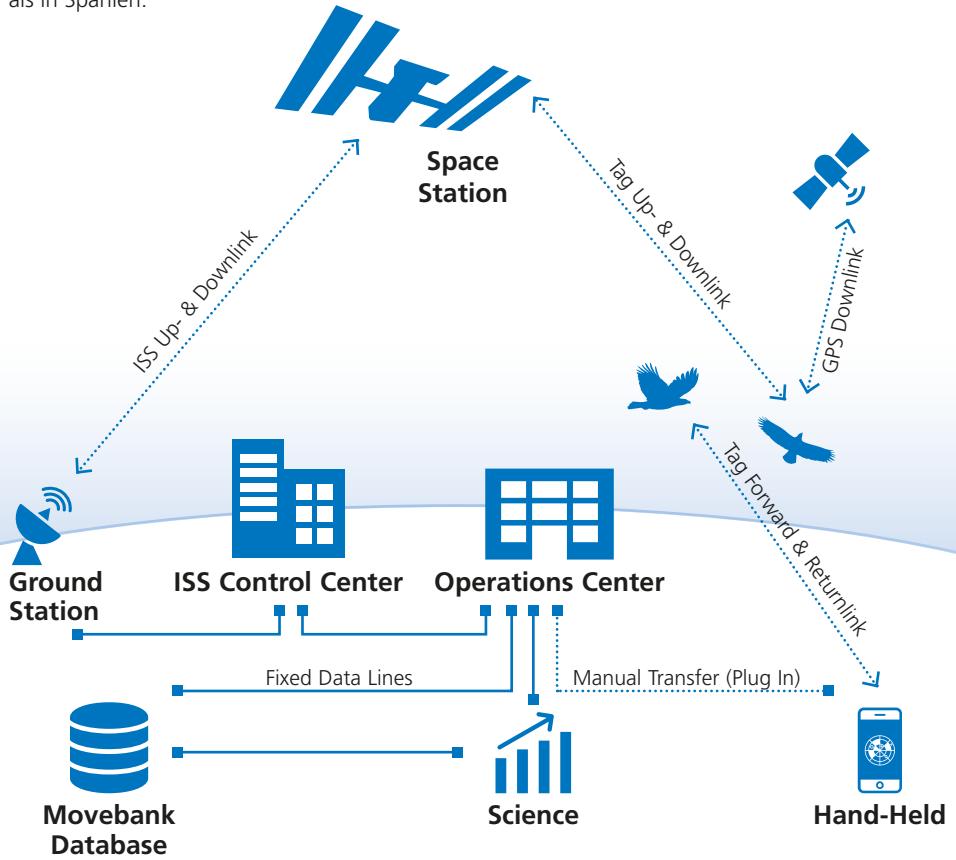
Wenn der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst von der ISS in 400 km Höhe auf uns herunterschaut, sieht er die Erde aus der Sicht eines Vogels. Neben weißen, schneedeckten Gipfeln, schier unendlichen, blauen Wassermassen und riesigen, grünen Urwäldern, sieht er auch wie wir Menschen unsere Umwelt gestalten. Die Flüsse und Seen, die er aus dem All sieht, sind längst nicht mehr die natürlichen, wilden Ströme und Gewässer, welche die Eiszeiten hinterlassen haben. Der Mensch, unabdingbar vom Wasser abhängig, hat es immer schon genutzt und versucht, es zu kontrollieren. Im Zuge von Industrialisierung und Bevölkerungswachstum zwang er den natürlichen Gewässerbetten neue Wege auf, leitete in großem Ausmaß Abwässer ein, staute Flüsse und begann Feuchtgebiete unter Pflug zu nehmen. Nicht ohne Folgen für unsere Gewässer, ihre Flora und Fauna und den Menschen selbst. Diese Auswirkungen müssen wir verstehen lernen, denn die Gewässer bleiben auch in Zukunft für uns wertvoll und ihr Erhalt ist von großer Bedeutung. Die Satellitenaufnahme rechts zeigt einen Teil Europas von Dänemark im Norden über Deutschland bis zu den Alpen im Süden. Man muss aus dieser Höhe genau hinschauen, doch in allen Landschaften, von den Küsten bis zum Alpenvorland, finden sich große Wasserflächen, Flüsse und Flussmündungen. Überall sind sie Teil unserer Umwelt und unterschiedlichen Bedrohungen durch unsere Eingriffe ausgesetzt.



Geier sind indirekt in der Lage Ländergrenzen zu „erkennen“

## ICARUS: Vögel und Astronauten

In einer umfassenden Studie werden im Projekt „ICARUS“ tausende Vögel mit GPS-Sendern ausgestattet. Diese Sender werden dann von einer Antenne an Bord der ISS aktiviert, sobald sie seinen Träger überfliegt. Das ICARUS System speichert die Position und macht sie Forschern in einer Datenbank zugänglich, der sogenannten Movebank. Diese könnt Ihr auch für Euer Projekt nutzen! So kann man z. B. kartieren, dass Gänse- und Rabengeier die Grenze zwischen Spanien und Portugal „erkennen“. Dies liegt natürlich an der Nahrungsquelle: So werden Tierkadaver – die Hauptnahrung der Geier – in Portugal viel schneller entsorgt, als in Spanien.





**Jetzt seid  
Ihr dran!**

**Vom Bild zur Karte**

Ohne sichtbare Städte und Straßennetze fällt die Orientierung aus der Astronautenperspektive nicht eben leicht. Versucht Euch auf dem Satellitenbild zurechtzufinden und vielleicht erkennt Ihr schon bald folgende große Wasserflächen: Den Bodensee, die Elbmündung, die Rheinmündung, den Müritzsee, und den Genfer See.



**Tipp!**

Wasser ist in Satellitenbildern meist sehr dunkel! Warum? Das erfahrt Ihr in diesem Heft!



**Schon  
gewusst?**

Etwa 2/3 der Erdoberfläche ist mit Wasser bedeckt, der größte Teil davon (97,4%) ist Salzwasser. Das meiste Wasser auf der Erde befindet sich in den Meeren. Leider können wir aber das Salzwasser nicht als Trinkwasser nutzen.

# GEWÄSSER UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DEN MENSCHEN



Zu 65 Prozent bestehen wir Menschen aus Wasser. Wir tragen es in uns, weil es das Lösungsmittel des Lebens ist, in dem vor über drei Milliarden Jahren erste Bakterien, der Grundstein für die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten, entstanden. Und die Verfügbarkeit von Wasser wird auch in Zukunft über das Wohlergehen des Menschen und der Gesellschaften, die er aufgebaut hat, entscheiden.

Wenn man einen naiven Blick auf ein Satellitenbild unseres Planeten wirft, scheint auf den ersten Blick kein Grund zur Sorge zu bestehen. Das Blau der Ozeane dominiert das Bild. Unvorstellbare Wassermassen sind dort gespeichert und befinden sich in einem konstanten Kreislauf aus Verdunstung und Niederschlag, der die Kontinente über die Atmosphäre ständig mit dem für uns überlebenswichtigen Süßwasser versorgt. Alles in Ordnung also? Was passiert mit dem Wasser, das bei uns als Regen niedergeht, sich in Gletschern und großen Strömen, Flüssen und Bächen sammelt, Teiche und Seen entstehen lässt und als Grundwasser in tiefe Erdschichten sickert? Der genaue Blick von oben bringt auch Besorgniserregendes zum Vorschein. Denn überall nutzt der Mensch die Gewässer.



Der Rio Negro in Brasilien aus der Sicht von Satelliten: wunderschöne, aber auch bedrohte Landschaften

Und gerade in einem Land, das so dicht besiedelt ist wie Deutschland, befinden sich Flüsse und Seen im ständigen Spannungsfeld von Nutzung und Erhaltung. In Haushalten, der Landwirtschaft und in industriellen Anlagen durchläuft das lebenserhaltende Nass Prozesse, die seine Eigenschaften negativ verändern. Wasserläufe werden für die Schifffahrt und Energieproduktion angepasst und die sensiblen Gleichgewichte, über welche sich die Ökosysteme an die Wasserverfügbarkeit angepasst haben, werden gestört.



Das Siebengebirge aus der Sicht von Satelliten

Überwog in den letzten Jahrhunderten und Jahrzehnten der Nutzungsgedanke, wird zunehmend Wert auf eine ökologisch-ökonomische Gleichgewichtung gelegt. Allerdings bleibt eine naturbelassene Gewässerlandschaft in einem Land wie Deutschland, das seit Jahrhunderten tausenden von einer zunehmenden Zahl von Menschen kultiviert und geprägt wird, eine ferne Utopie. Und dennoch sollte dieses Gleichgewicht oberstes Ziel unseres Handelns sein, denn letztendlich sind die Gewässer Teil unseres eigenen Lebensraums – und den gilt es zu erhalten. Aber was man erhalten will, sollte man zunächst verstehen. Dieses Heft soll Euch die wichtigsten Grundlagen dieses spannenden Lebensraums näherbringen und zeigen, was ihn bedroht, damit Ihr eigene Ideen entwickeln könnt, wie diese Ökosysteme besser geschützt werden können.

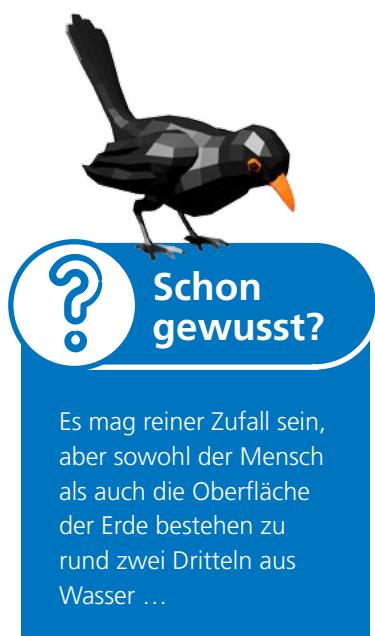
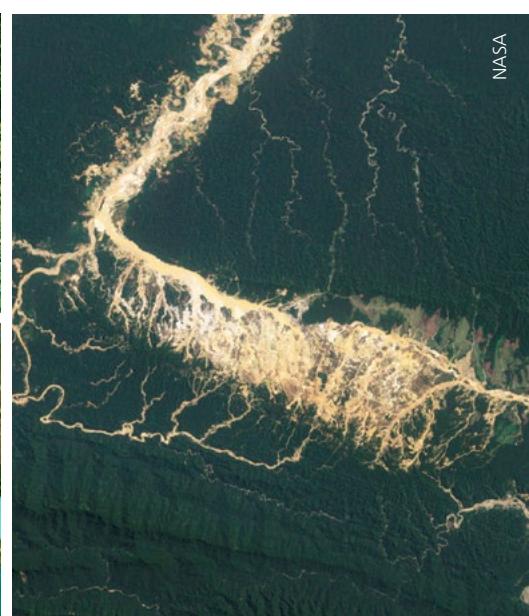


Bild links: das Delta der Lena in Russland



Oben: Algenblüte in der Ostsee. Unten: Stauwehr bei Krün. Rechts: Quecksilberverseuchung des Amazonas.

# Wasser ... mal ganz trocken



Schon gewusst?

## Wasser in Zahlen

### WERTE IM ÜBERBLICK:

**Dichte:** ~ 1 g/cm<sup>3</sup>

**Schmelz-/Gefrierpunkt:**

0,00 °C

**Siedepunkt:** 100 °C

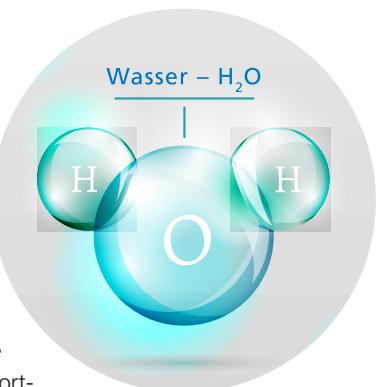
**Geruch:** geruchlos

**Flammpunkt:** nicht brennbar

**Spezifische Wärmekapazität:**

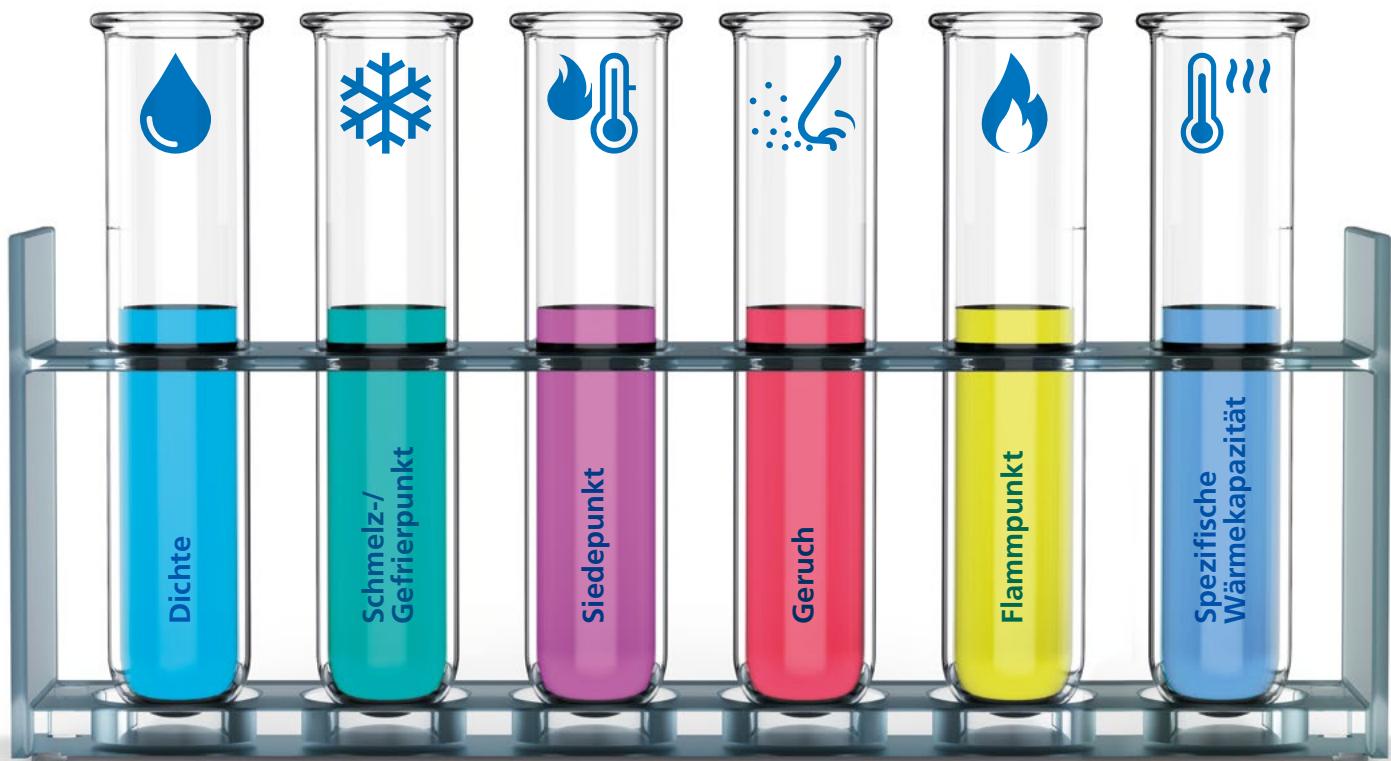
hoch [4,18 kJ/(kg·K)]

Wasser – seine chemische Summenformel  $H_2O$  ist so ziemlich jedem geläufig. Zwei Wasserstoff-Atome (H) und ein Sauerstoff-Atom (O) sind verbunden, weil sie, vereinfacht gesagt, wie die Pole eines Magneten unterschiedlich geladen sind. Diese relativ starke kovalente Bindung ist dafür verantwortlich, dass es unter den Bedingungen auf unserem Planeten als einzige Verbindung in drei Aggregatzuständen vorkommt: fest, flüssig und gasförmig. Der Wasserkreislauf auf unserem Planeten, und damit das Leben, wie wir es kennen, wäre anders nicht denkbar. Weitere herausragende Eigenschaften machen das Wasser so wichtig für das Leben auf unserer Erde: Als **Lösungsmittel** kann es verschiedene Stoffe, wie zum Beispiel Salze, binden und sie unter bestimmten Umständen wieder abgeben. So kann Wasser zum Beispiel Pflanzen ideal mit Nährstoffen, aber auch unsere Körperzellen mit Sauerstoff versorgen. Es ist aber auch **Ausgangsstoff** für wichtige chemische Reaktionen. In Pflanzenzellen könnte zum Beispiel ohne Wasser keine Fotosynthese stattfinden. Und ob im Blut unseres Körpers oder in den Bächen und Flüssen: Wasser ist ein wichtiges **Transportmittel** für gelöste Minerale und nicht gelöste Stoffe.



Jetzt seid Ihr dran!

Schreibt unter die links genannten chemischen Eigenschaften, wie der Mensch sie im Alltag nutzt.



# Von der Quelle bis zur Mündung



Luftaufnahme des Regenwaldes in Brasilien

Ein Fluss durchläuft auf seinem Weg zum Meer die fünf Stadien: Quelle, Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf und Mündung. Mit jedem dieser Zustände ändern sich sein Charakter und die Art, in der er mit der Landschaft und der Natur um ihn herum zusammenspielt. Dabei nehmen verschiedene Faktoren Einfluss auf sein Aussehen und die Arten, die er beherbergt. Diese biotischen und abiotischen Faktoren beschreiben, welchen Einfluss die nicht belebte und die belebte Umwelt auf die Charakteristik des Fließgewässers haben.

Abiotische Faktoren sind die Art des Untergrunds, die Geländeneigung, der das Wasser folgt, die Wassertrübung und der Nährstoffgehalt, die Temperatur sowie der Sauerstoffgehalt. Demgegenüber stehen die biotischen Faktoren. In Flüssen und Bächen zählen hierzu die Nahrungsquellen für wirbellose Tiere und die Arten größerer Kleinstlebewesen am Gewässergrund, sogenanntes Makrobenthos. Für jede Entwicklungsstufe eines Fließgewässers bis zu seiner Mündung wurden auch bestimmte Fische als Leitarten definiert. Diese Fischarten sind auf konstante Umweltbedingungen angewiesen, die sich wiederum aus dem Zusammenspiel der biotischen und abiotischen Faktoren ergeben. Auch die Avifauna, die Vogelwelt um und am Gewässer, hat sich auf diese wechselnden Bedingungen eingestellt.



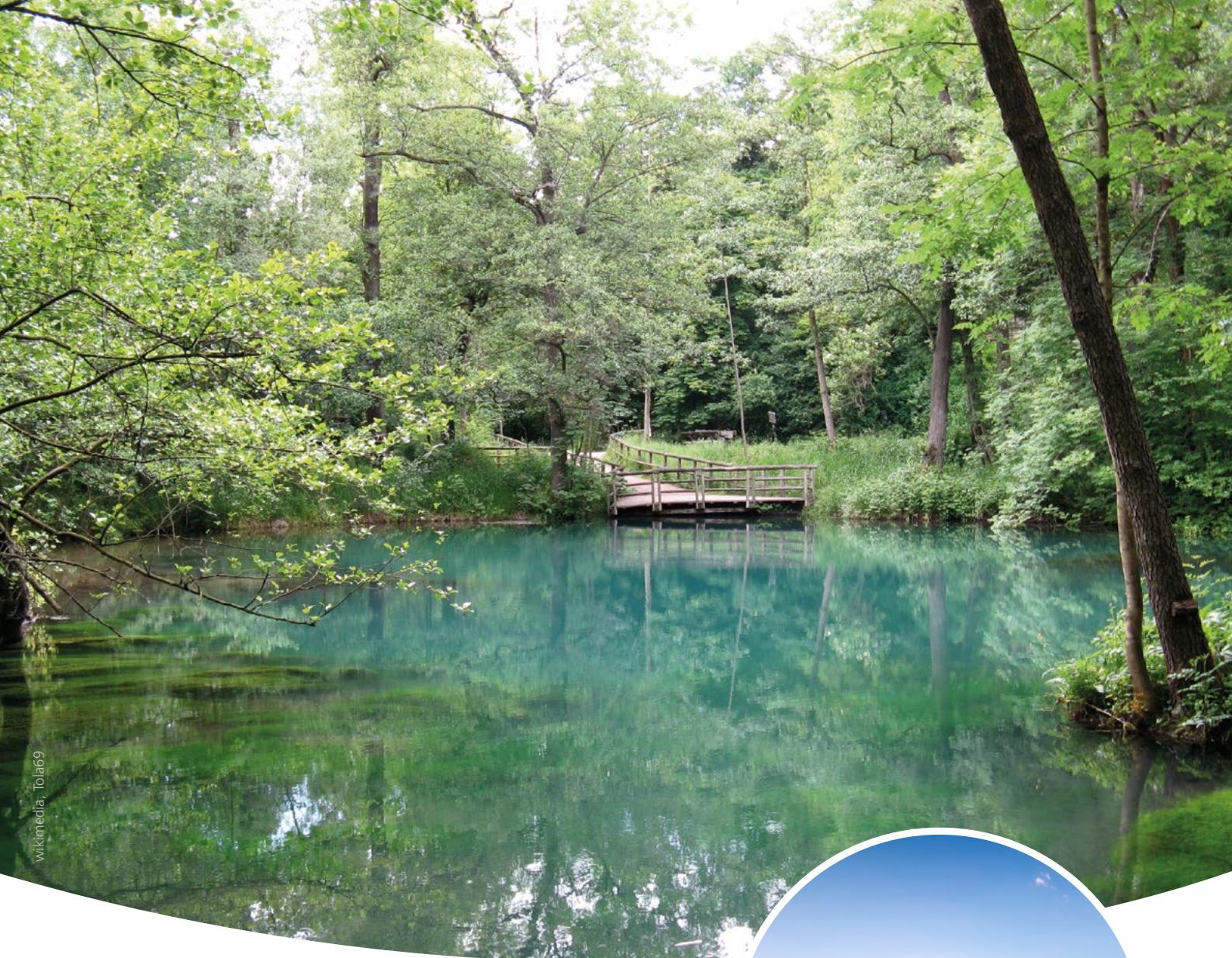
**Jetzt seid Ihr dran!**

**Bestimmt gibt es auch in Eurer Gegend ein größeres Fließgewässer.**

In welchem Stadium befindet es sich?

## Abschnitte eines Flusses

Abschnitte eines Flusses					
	QUELLE	OBERLAUF	MITTELAUF	UNTERLAUF	MÜNDUNG
<b>Leitarten der Fischfauna</b>	Feuersalamander 	Bachforelle, Äsche 	Barbe 	Brachsen 	Kaulbarsch, Flunder 
<b>ABIOTISCHE FAKTOREN</b>					
Gefälle	Nimmt stetig ab				
Wasserführung Wassertrübung Nährstoffgehalt	Nimmt stetig zu				
Bodenart	Fels, Steine	Steine, Kies	Kies, Sand, Feinsediment	Sand, Feinsediment	Sand, Feinsediment
Temperatur	< 10 °C	< 15 °C	> 15 °C	< 20 °C	> 20 °C
Sauerstoffgehalt	Gering	Hoch mit geringen Tages- und Jahresamplituden	Hoch mit ausgeprägten Jahres- und Tagesamplituden	Geringer	Geringer
<b>BIOTISCHE FAKTOREN</b>					
Hauptnahrungsquelle für Wirbellose	Falllaub	Falllaub und Aufwuchsalgen	Zerkleinertes Falllaub und Aufwuchsalgen	Phytoplankton	Phytoplankton
Ernährungstypen (Makrobenthos)	Überwiegend Zerkleinerer	Überwiegend Zerkleinerer	Überwiegend Weidegänger und Sedimentfresser/Filtrierer	Überwiegend Sedimentfresser/Filtrierer	Überwiegend Sedimentfresser/Filtrierer



## Die Quelle



Ein häufiger Bewohner der Quellregion – der Salamander

iStock, Tree4Two

Flüsse entspringen meist in Gebirgen, in Hochgebirgen wie den Alpen, wo der Rhein entspringt, oder in Mittelgebirgen wie der Rhön, wo zum Beispiel die Fulda ihren Ursprung hat. Regenwasser, das in den Boden eingesickert ist, wurde in unterirdischen Komplexen aus Spalten, Hohlräumen und wasserstauenden Bodenschichten gesammelt und kanalisiert. Nun, nach Tagen, Wochen oder gar Jahren, tritt das Wasser an die Oberfläche. Es ist klar, kalt und arm an Nährstoffen und Sauerstoff. Keine allzu guten Bedingungen für Flora und Fauna also. Fische finden hier keine Nahrung, denn Blätter sind der einzige nennenswerte Eintrag an Biomasse. Sie werden von kleinsten Lebewesen genutzt, die sich auf das Filtrieren und Zerkleinern dieser ersten Nahrungsquelle spezialisiert haben. Amphibien wie der Salamander sind in dieser Region häufig anzutreffen.



iStock, bluejayphoto



## Schon gewusst?

### Makrobenthos und Gewässergüte

Eine Methode, um zu bestimmen, ob ein Gewässer sich in einem guten biologischen Zustand befindet, ist die Zusammensetzung des Makrobenthos, der größeren Kleinstlebewesen, zu bestimmen. Sie sind biologische Indikatoren, da sie Nahrungsgrundlage für Fische sind und ihrerseits auf die Verfügbarkeit pflanzlicher Nährstoffe angewiesen sind.



Klares sauerstoffreiches Wasser – perfekte Bedingungen für die Bachforelle

## Der Oberlauf

An die Quelle schließt sich der Oberlauf an. Meist durchfließt er noch felsiges Gelände und durch sein starkes Gefälle kann das Wasser auch grobes Material wie Steine und Kies mit sich führen und verlagern. Noch führt sein glasklares Wasser keine nennenswerten Mengen an Nährstoffen, doch in seinem unruhigen, wirbelnden Lauf nimmt er viel Sauerstoff auf. Die kräftig fließenden jungen Bäche und Flüsse sind noch nicht sehr breit und werden von Bäumen und Sträuchern an ihren Rändern beschattet. Eine große Vielfalt an Insekten nutzt diesen Lebensraum. Die Köcherfliege zum Beispiel verbringt ihr Larvenstadium am steinigen Gewässergrund, bevor sie aufsteigt um zu schlüpfen. Dann wird sie zur interessanten Beute für Forellen und Äschen, die diesen Flussabschnitt prägen. Und auch für die Wasseramsel bietet die zunehmende Menge an Makrobenthos und Insekten die Nahrungsgrundlage.



Wikimedia CC BY-SA 4.0

Die Wasseramsel ist mit der Amsel nicht verwandt, aber auch sie ist ein echter Tausendsassa



Wikipedia

Eine Köcherfliegenlarve – Indikator für ein intaktes Gewässer

# Der Mittellauf



Dem Lauf des Gewässers haben sich schon lange weitere Bäche und Rinnale angeschlossen. Es führt bereits eine beachtliche Menge an Wasser. Seine Fließgeschwindigkeit hat aufgrund der geringeren Hangneigung abgenommen, wirklich ruhig ist es allerdings noch nicht. Der Gewässergrund ist oft noch felsig, wird aber mehr und mehr durch Kies, Sand und feinere Sedimente abgelöst. Durch Abtrag an den Ufern beginnt der Fluss in diesem Bereich verstärkt weitläufige Schlaufen auszubilden. Diese Mäander sind typisch für Fließgewässer in diesem Entwicklungsstadium. Der Nährstoffgehalt des Wassers nimmt stetig zu, ohne jedoch zu einer starken Trübung zu führen, und so bietet dieser Bereich gute Bedingungen für Pflanzen, die sich unter Wasser ansiedeln. Ganz allgemein nimmt die Artenvielfalt mit dem gestiegenen Nahrungsangebot zu und auch Säugetiere wie Otter oder Biber zählen zu den Bewohnern dieser Fließgewässer. Fische dienen ihnen als Nahrung, und von denen gibt es hier bereits diverse Arten. Typisch für diesen Abschnitt ist die Barbe, die dieser Region auch ihren Namen gibt. Zur Vogelwelt gesellen sich zur allseits präsenten Wasseramsel die Gebirgsstelze und der seltene Eisvogel.



Mittellaufe bezeichnet man auch als Barbenregion



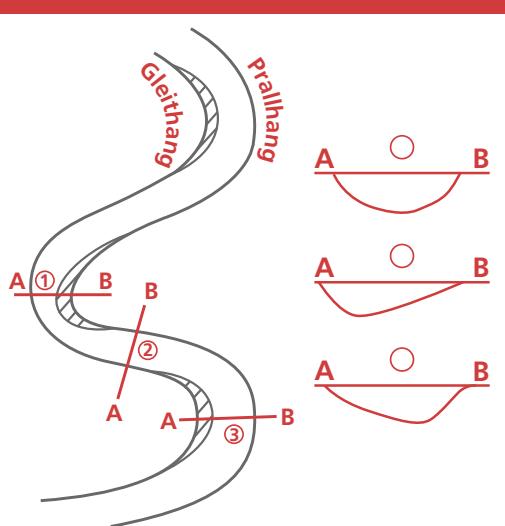
Der Rio Negro – so gehen Mäander!



**Jetzt seid  
Ihr dran!**

## Flussquerschnitte

Hier seht Ihr drei Flussquerschnitte, die von den Stellen 1, 2 und 3 am Flussverlauf stammen. Ordnet die Querschnitte den Stellen zu, indem Ihr sie mit 1, 2 oder 3 beschrifftet.



**Schon  
gewusst?**

## Prallhang und Gleithang

Die typischen Mäander im Bereich der Mittelläufe bilden sich durch ein besonderes Zusammenspiel von Erosion (Abtragung) und Akkumulation (Ablagerung) aus. Geringe Unterschiede in der Erodierbarkeit des Flussbettes führen zunächst zur Ausprägung erster Kurven.

An ihren Außenbereichen, den Prallhängen, ist die Strömung stärker. Sie unterscheidet das Ufer und erweitert es. Das dadurch abgetragene Material lagert sich in den Bereichen geringerer Strömung, den Gleithängen, ab. So verändert sich der Lauf des Flussbettes ständig, wie das Satellitenbild des Rio Negro eindrucksvoll dokumentiert.

## Bioindikatoren

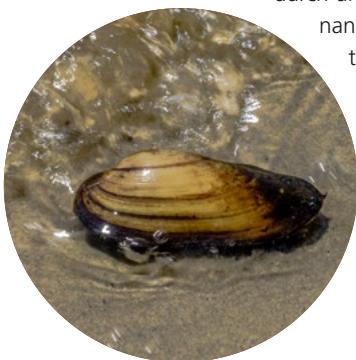
Arten wie der markante Eisvogel, die besonders sensibel auf Veränderungen in ihren Lebensräumen reagieren, werden als Bioindikatoren oder Zeigerarten bezeichnet. Ihr Vorkommen oder ihre Abwesenheit ist ein Kriterium für die Bewertung von Naturräumen.

# Der Unterlauf



Unterläufe-Region des Brachsen

Der Lauf des Gewässers ist geprägt durch eine hohe Abflussrate. Aufgrund des geringen Gefälles ist die Fließgeschwindigkeit jedoch gering. Erosion findet relativ gleichmäßig an den Ufern statt, mitgeführte Sedimente lagern sich in großen Mengen im Flussbett ab, wodurch die Fluss-Sohle, also der Grund des Fließgewässers, sich ständig erhöht. Greift der Mensch nicht ein, kann das dazu führen, dass das Fließgewässer „verwildert“, sich seinen Weg selbst durch Ablagerungen verbaut und neue Wege nimmt. Das resultiert oft in einem verzweigten Flusslauf mit zahlreichen Inseln. Trübung und Nährstoffgehalt haben zugenommen, was die Region für lichtabhängige, bodengebundene Wasserpflanzen zu keinem attraktiven Standort macht. Algen und anderes Phytoplankton finden hier dafür perfekte Bedingungen. Sedimentfresser und Filtrierer wie Schnecken, Muscheln oder Würmer bilden einen Großteil des Makrobenthos, und sind Hauptnahrung des Brachsen, dem Leitfisch dieses Flussabschnittes. Fische wie Forellen, die in den klaren, kalten und sauerstoffreichen Oberläufen noch zahlreich vertreten waren, sind hier längst in der Minderheit. Verstärkt wird die Flora und Fauna hier auch durch ungebetene Gäste bereichert. Sogenannte Neobiota, eingewanderte Arten, treten verstärkt auf.



Die Silbermöwe – ein Kulturfolger entlang der großen Flüsse.



## Schon gewusst?

### Kulturfolger

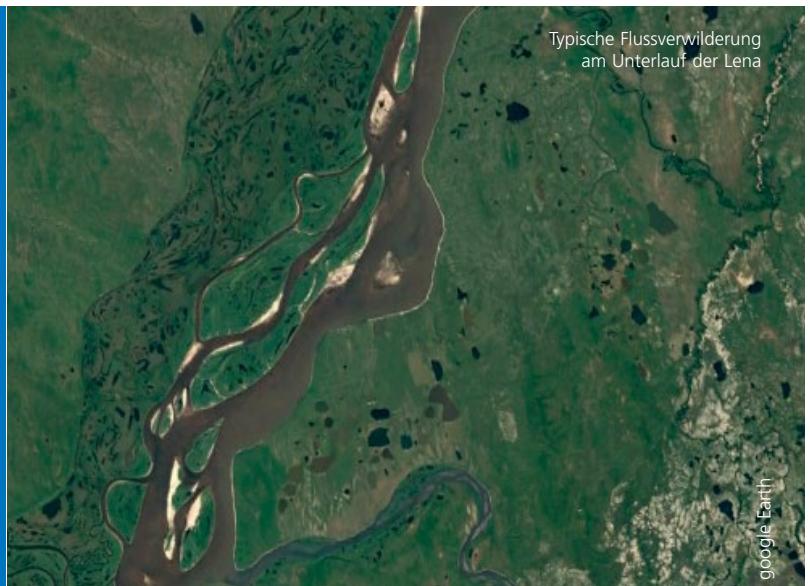
Der typische Schrei der Möwe ist etwas, was die meisten von uns mit einem Tag am Meer verbinden. Doch auch in Rheinmetropolen wie Duisburg oder Bonn muss man nicht allzu genau hinhören, um in Urlaubsstimmung zu kommen. Möwen profitieren, wie einige andere Arten auch, vom Menschen und seinen „kulturellen Hinterlassenschaften“ in Form von Abfall. Auch der sonstige Speiseplan ist durch den Rhein gedeckt. Und so folgen Silber- und Lachmöwen dem Menschen entlang großer Gewässer weit ins Inland. Die wenigsten von ihnen sind allerdings dort auch sesshaft.



## Schon gewusst?

### Verzweigte Unterläufe

Die für die Unterläufe eigentlich typischen komplexen Strukturen wird man in Deutschland kaum finden. Wasserbaumaßnahmen haben sie zugunsten der Schiffbarkeit durch Kanalisation beseitigt. Auf dem Satellitenbild vom Unterlauf der Lena in der russischen Republik Sascha lässt sich dieser Verlauf allerdings noch gut erkennen.



Typische Flussverwildierung am Unterlauf der Lena

google Earth

# Die Mündung

wikipedia, CC BY-SA 3.0



Der Kaulbarsch – im Brackwasser ein Wandler zwischen den Welten

Im Mündungsbereich nimmt die Strömungsgeschwindigkeit noch einmal ab und kommt fast zum Erliegen. Die mitgeführten feinen Materialien lagern sich ab und der Fluss kann sich, je nach Beschaffenheit des Untergrunds, zu einem weitläufigen Delta ausbreiten, dessen komplex verlaufende Wasserarme sich fächerförmig in Richtung Meer ausbreiten. Diese sind nicht nur durch ihre hohe Artenvielfalt von besonderem Wert, sie sind auch eine einzigartige Übergangszone zwischen festländischer und maritimer Fauna und Flora. Bezeichnend für diese Gebiete sind die Leitfische Flunder und Kaulbarsch – beides Arten, die im Brackwasser leben können. Die Deltas im Mündungsbereich können gewaltige Ausmaße annehmen, wie das Beispiel des Wolgadeltas zeigt. Die Artenvielfalt ist in diesen Bereichen immens, da diese riesigen Flächen durch die zahlreichen Gewässer reich an Strukturen sind, die eine große Zahl von aquatisch lebenden Arten beherbergen können, gleichzeitig aber auch Brut-, Aufzucht- und Rückzugsräume für Vögel und Säugetiere darstellen.

### Schon gewusst?

**Deltaformen**

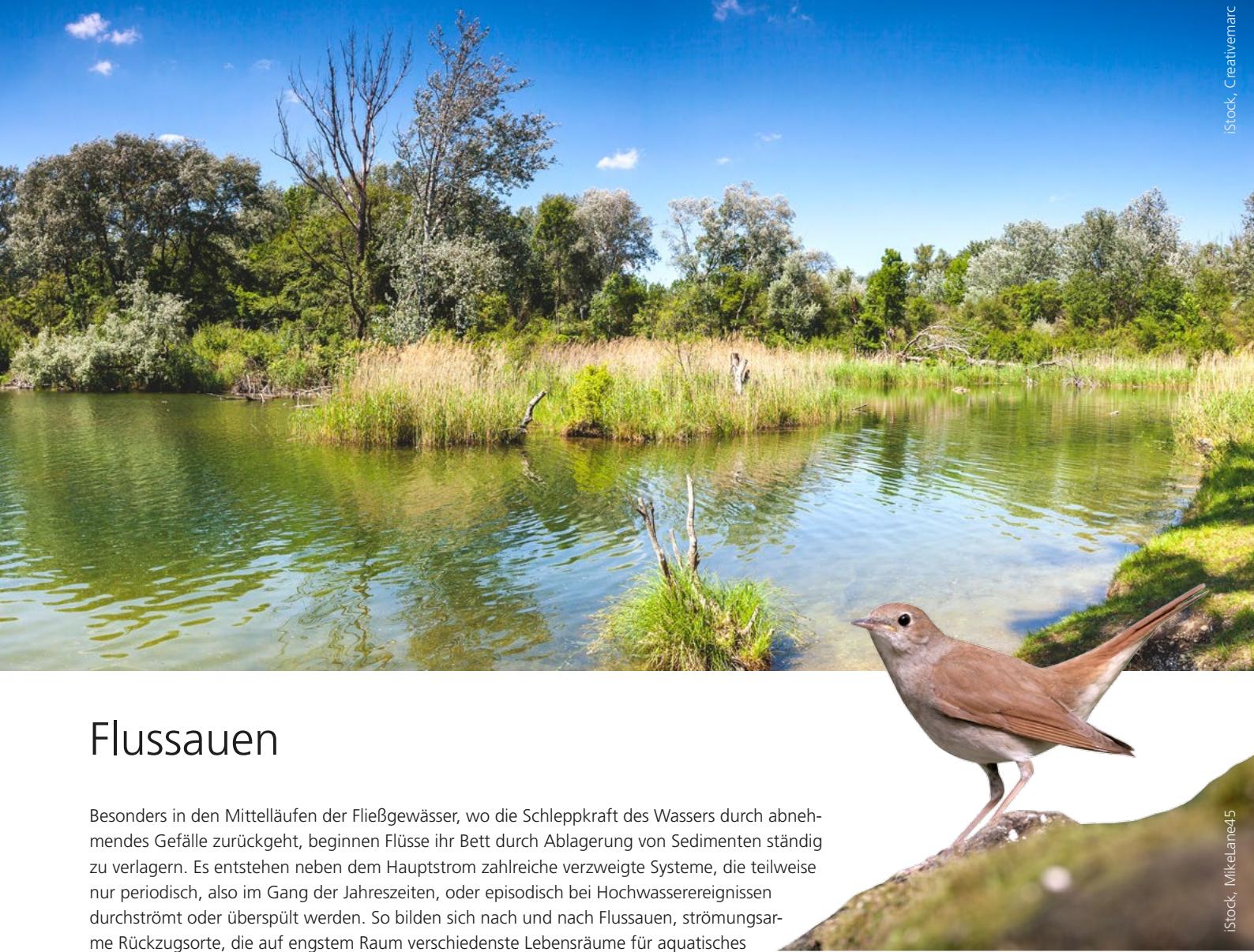
Die prägnanteste Form eines Flussdeltas ist wohl die Fächerform eines Bogendeltas. Doch in Abhängigkeit vom Untergrund und Gezeiteneinfluss in der Mündungsregion bilden sich verschiedene Formen von Deltas aus.

Flügeldelta  
Ästuardelta  
Vogelfußdelta  
Bogedelta  
Spitzdelta  
Komplexes Bogedelta

**Jetzt seid Ihr dran!**

Welche Deltaform hat das abgebildete Wolgadelta?

Das Wolgadelta – eine idealtypische Deltaform



## Flussauen

Besonders in den Mittelläufen der Fließgewässer, wo die Schleppkraft des Wassers durch abnehmendes Gefälle zurückgeht, beginnen Flüsse ihr Bett durch Ablagerung von Sedimenten ständig zu verlagern. Es entstehen neben dem Hauptstrom zahlreiche verzweigte Systeme, die teilweise nur periodisch, also im Gang der Jahreszeiten, oder episodisch bei Hochwassereignissen durchströmt oder überspült werden. So bilden sich nach und nach Flussauen, strömungsarme Rückzugsorte, die auf engstem Raum verschiedenste Lebensräume für aquatisches und semiaquatisches Leben sowie Vögel erschaffen. Der ständige Wechsel von Überflutung und Trockenheit verlangt ein hohes Maß an Anpassung von den hier heimischen Arten. Doch die Spezialisierung auf dieses Ökosystem macht sie auch besonders empfindlich gegenüber Veränderungen der Umwelt. Baumaßnahmen der letzten 200 Jahre haben in Deutschland nur rund zwei Drittel dieser biologischen Hotspots übrig gelassen. Und auch von diesen sind nur noch zehn Prozent als naturnah eingestuft.

Dabei sind intakte Flussauen auf vielfältige Weise für Flora und Fauna wichtig. So finden Fische hier, in den strukturreichen Seitenarmen abseits der Hauptströmung, ideale Bedingungen zum Laichen und die geschlüpften Fischlarven einen strömungsarmen Rückzugsort und Schutz vor Fressfeinden. Dieser ist natürlich nicht absolut und so bilden Fische wiederum Nahrung für seltene Arten wie Seeadler oder Fischotter. Aber auch Singvögel wie die Nachtigall bevorzugen die Flussauen als Brutgebiet.



Der Fischotter – selten und auf intakte Auenlandschaften angewiesen

für eine Abflachung von Hochwasserwellen. Die Begradigung von Flüssen hat die unmittelbare Hochwassergefahr zwar gesenkt, jedoch wird die Gefahr letztendlich nur in die Unterläufe verlagert, wo die Wassermassen nun schneller und heftiger ankommen.

Auch die Nachtigall bevorzugt Auengebiete



### Renaturierung

Der Stellenwert von Auenlandschaften ist in den letzten Jahren wieder in den Vordergrund gerückt. Und so werden an vielen Orten in Deutschland Auen künstlich aufgebaut, um deren Funktionen als Wasserrückhaltegebiete, Wasserfilter und Hotspots der Biodiversität wiederherzustellen.

# Stillgewässer

Die offensichtliche Abgrenzung von Seen, Teichen oder Weihern zu Fließgewässern ist ihre geringe oder nicht existente Fließgeschwindigkeit. Stillgewässer werden untereinander anhand ihrer Tiefe oder Ausdehnung unterschieden. Auch ob sie natürlich oder von Menschen geschaffen sind, ist ein wichtiges Kriterium zur Abgrenzung. Zwar gibt es Stillgewässer ohne Abfluss oder offensichtlichen Zufluss, die meisten stehen allerdings eng mit Fließgewässern im Austausch. Große Seen, wie zum Beispiel der Bodensee, haben meist eine ganze Anzahl an Zuflüssen und zumindest einen Abfluss. Seen und Flüsse können so zwar eigene Lebensräume darstellen, sie sind jedoch meist eng miteinander verknüpft.

Sind Fließgewässer eher der Länge nach zoniert, spielen in Seen aufgrund ihrer Tiefe die vertikale Schichtung und die damit verbundenen Prozesse eine wichtige Rolle.

1. In der Nährschicht – oder **tropogenen Zone** – gedeiht aufgrund der Sonneneinstrahlung pflanzliches Leben und produziert Sauerstoff durch Fotosynthese. Das schafft auch die Voraussetzung für eine große Zahl an Fischen, Säugetieren und Vögeln, die diese Schicht nutzen.
2. In der **Kompensationsschicht** können Sonnenstrahlen die Fotosynthese einiger Arten und die Sauerstoffproduktion gerade noch aufrechterhalten.
3. In der Zehrschicht – oder **tropholytischen Schicht** – findet keine Fotosynthese mehr statt. Unter Sauerstoffmangel-Bedingungen finden Faulprozesse am Boden statt.

Die Zonen kannst Du in der Abbildung nachvollziehen.

Nährschicht



Kompensationsschicht



Bruchwaldzone



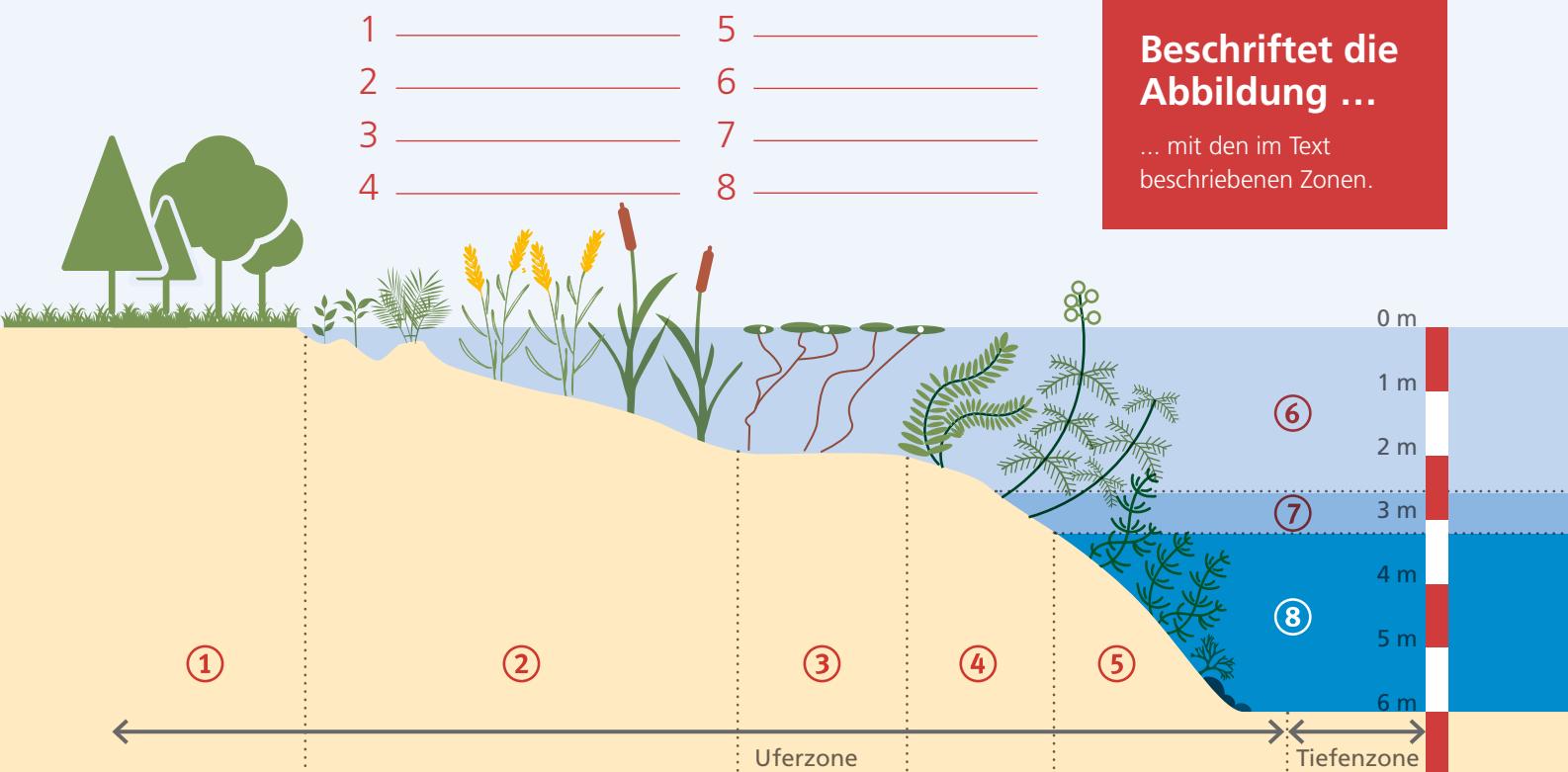
Ebenso gibt es eine horizontale Zonierung von Seen. Ufernahes Land bezeichnet man als **Bruchwaldzone**. Die flachen Uferränder bilden die **Röhrichtzone**. Seerosen sind wohl

die bekannteste Art der darauffolgenden, tieferen **Schwimmblattzone**. Ist das Wasser zu tief, als dass Pflanzen die Oberfläche erreichen könnten, beginnt die **Tauchblattzone**. An sie schließt sich die **Freiwasserzone** an.

Vor allem große Seen bieten durch ihre ausgeprägte Artenvielfalt und komplexe strukturierten Ufer einen wichtigen Lebensraum und ein Brutgebiet für eine große Bandbreite an Vogelarten. Haubentaucher oder Stockenten sind dabei vergleichsweise einfach zu finden, sehr viel seltener wird man den Fischadler bei der Jagd beobachten können. Häufig stellen Seen auch generationsübergreifende Sammel- und Rastplätze für Zugvögel wie Kranich oder Wildgans dar.



# Ökosystem See – Zonierung



## Schon gewusst?

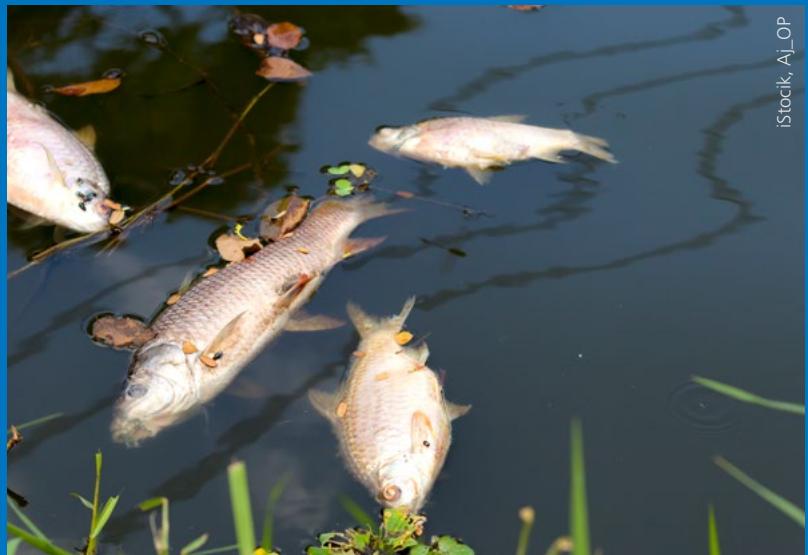
### Einem See geht die Luft aus.

Das Hauptmerkmal der vertikalen Zonierung eines Sees ist das Vorhandensein von Sauerstoff. Ohne genügend gelösten Sauerstoff im Wasser sind vor allem Fische nicht überlebensfähig.

Eigentlich produzieren Pflanzen ausreichend Sauerstoff in der tropogenen Zone. Paradoxerweise ist ein Überangebot an Nahrung für diese Pflanzen der Beginn eines Vorgangs, an dessen Ende ein akuter Sauerstoffmangel und das Absterben von Arten im See stehen.

Zum Beispiel durch übermäßige Düngung eingebrachtes Phosphat führt vor allem

zu verstärktem Algenwachstum. Solange die Algen leben, produzieren sie Sauerstoff. Sterben sie allerdings massenhaft ab, zum Beispiel bei konstant heißen Wetterbedingungen, sinken sie zu Boden, wo sie von Bakterien zersetzt werden. Dabei wird so viel Sauerstoff verbraucht, dass der Gehalt im Gewässer auf null absinken kann: das Ende für aerobe Arten, die auf Sauerstoff angewiesen sind. Die Eutrophierung und der folgende Sauerstoffmangel kann auch küstennahe Bereiche der Meere betreffen.



# Flussordnungszahlen



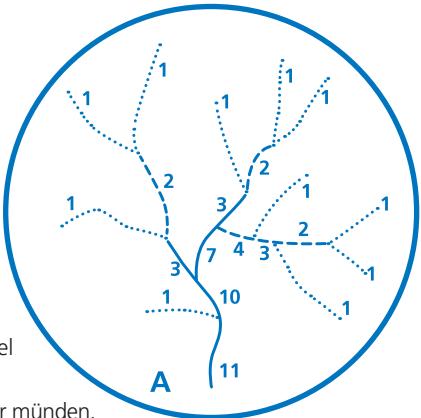
Schon gewusst?

## Wissenschaftliche Methoden

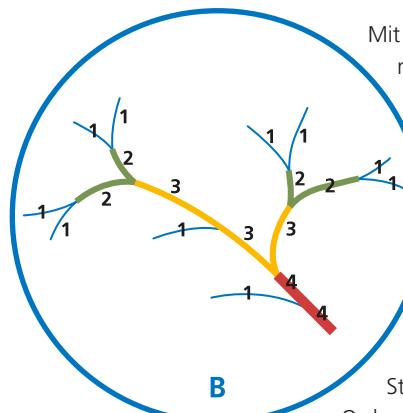
Womöglich ist es verwirrend, dass es wie hier verschiedene Systeme gibt, die eigentlich das Gleiche beschreiben. Das beruht schlicht darauf, dass Wissenschaft oft versucht, komplexe natürliche Vorgänge in einfachen Modellen nachzubilden, um sie zu verstehen und Vorhersagen treffen zu können. Doch diese Vereinfachungen bilden die Natur zwangsläufig unzureichend ab und treffen nur auf begrenzte Anwendungsbereiche zu. So entsteht oft eine ganze Reihe von Methoden, unter denen sich Wissenschaftler die für ihre Fragestellung passende aussuchen müssen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

Schaut man sich unsere Flüsse und Seen auf einem Satellitenbild oder einer Karte an, fällt es zunächst schwer, eine Regelmäßigkeit zu erkennen. Doch Flüsse haben ein Hauptmerkmal, nachdem sie sich gut einteilen und verwalten lassen. Kleine Gewässer fließen in der Regel größer zu, die wiederum in den nächstgrößeren enden, und schlussendlich im Meer münden.

Damit können an die Flüsse sogenannte Flussordnungszahlen vergeben werden. Es gibt eine ganze Reihe an Systemen, die dies zur Grundlage nehmen, um Flusssysteme unter verschiedenen Gesichtspunkten zu klassifizieren. Stellt man die von den Bächen und Flüssen mitgeführten Wassermengen in den Vordergrund, ist folgendes **System nach Shreve (A)** gebräuchlich:



Einem Fluss an der Quelle wird die Zahl 1 gegeben. Fließen zwei Flüsse zusammen, ergibt sich die Flussordnungszahl des daraus entstehenden Gewässers aus der Summe der Zusammenflüsse. Ein Bach mit der Zahl 1 und einer mit der Zahl 2 ergeben einen mit der Ordnungszahl 3. – Wissenschaft kann manchmal auch ziemlich einfach sein.



Mit Hilfe dieses Systems lassen sich Flusssysteme klassifizieren und kartografieren. Schnell kann nachvollzogen werden, ob hohe Wasserstände sich auch auf andere Flüsse auswirken, oder welchen Weg Schadstoffeinträge nehmen. Ist die addierte Abflussmenge nicht das Hauptmerkmal, das klassifiziert werden soll, kann auch ein anderes System wie zum Beispiel die

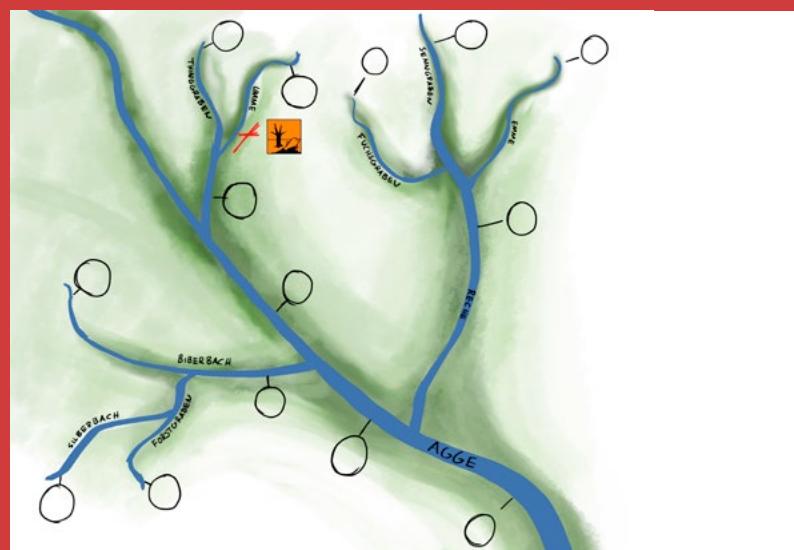
## Flussordnungszahlen nach Strahler

(B) verwendet werden. Die Methode nach Strahler sieht vor, dass nur Bäche gleicher Ordnungszahl einen Fluss oder Bach nächsthöherer Ordnung bilden. Flüsse gleicher Ordnung sind sich so morphologisch, also in ihrer natürlichen Ausprägung, ähnlicher. Und das ist es auch, was dieses System beschreiben will.



Jetzt seid Ihr dran!

In diesem Gewässernetz wurde in der Umme ein Kanister Diesel verklappt. Ist in der Agge noch mit einer hohen Konzentration zu rechnen? Tragt in die Kreise an den Bachläufen Flussordnungszahlen ein. Welches System eignet sich besser, um Eure Aussage zu stützen?



# Wasser im Satellitenbild

Beobachtungen von Satelliten helfen dabei, Daten für große oder unzugängliche Gebiete auszuwerten. Auch Entwicklungen über längere Zeiträume lassen sich mit Hilfe der Fernerkundung, so nennt man die Methode der Auswertung von Satelliten- und Luftbildern, gut erkennen. Und so sind sie auch bei der Betrachtung gewässerbezogener Fragestellungen ein hilfreiches Werkzeug. Schaut man sich Satellitenbilder genauer an, kann man, mit ein wenig Übung, schnell verschiedene Oberflächen unterscheiden. Denn eigentlich sind uns Farben und Formen aus unserem Alltag bekannt. Dunkelgrüne Wälder, hellgrüne Wiesen oder auch Siedlungen, die meist als regelmäßige und strukturierte Grau- und Rottöne im Bild erkennbar sind. Aber Vorsicht! Nur wenn das Bild ein Echtfarbenbild ist, kann es den eigenen Sehgewohnheiten folgend interpretiert werden. Oft sind Satellitenbilder jedoch sogenannte Falschfarbenbilder. In ihnen werden meist Informationen dargestellt, die das menschliche Auge nicht wahrnimmt, was zu den ungewöhnlichsten Farbkombinationen führen kann.

Wasser ist ein Sonderfall, denn die Fernerkundung ist meist abhängig vom Sonnenlicht, das von den Oberflächen der Erde reflektiert wird. Wie gut eine Oberfläche das Sonnenlicht reflektiert, wird als Albedowert bezeichnet. Wie Du in der Tabelle siehst, schneiden die Gewässer da nicht gut ab, denn sie absorbieren die meiste einfallende Strahlung und reflektieren sie nicht. Im Bild sind sie dann auch meist sehr dunkel, wenn nicht sogar schwarz.

## Albedowerte typischer Oberflächen

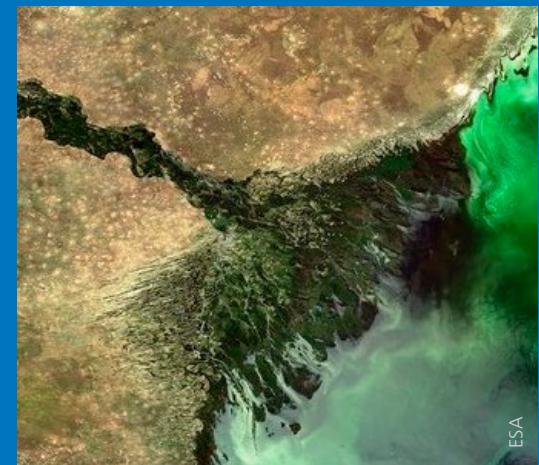


Frischer Schnee		0,80–0,90
Alter Schnee		0,45–0,90
Wolken		0,60–0,90
Savanne		0,20–0,25
Felder (unbestellt)		0,26
Wald		0,05–0,18
Asphalt		0,15
Wasserfläche (abhängig vom Neigungswinkel zum Satellitensor)		0,05–0,22



## Falschfarbenbilder

Mit unseren Augen nehmen wir (R) rotes, (G) grünes und (B) blaues Licht wahr. Computer und Monitore kopieren diesen Sehvorgang, indem sie für jedes Pixel eine gewisse Menge dieser Lichtfarben darstellen und so Farben entsprechend unseren Sehgewohnheiten zusammenmischen, eben ein Echtfarbenbild. In einem Falschfarbenbild werden Informationen dargestellt, die eigentlich außerhalb des RGB-Bereichs liegen – Infrarot zum Beispiel. Um es für unsere Sinne sichtbar zu machen, wird einfach einer der RGB-Farbkanäle durch die „unsichtbaren“ Informationen ersetzt. Typischerweise erscheinen so Pflanzen, die meist sehr viel mehr infrarotes als grünes Licht reflektieren, rot. Man hat in diesem Fall die roten Farbinformationen durch infrarote ersetzt. Aus RGB ist also IRGB geworden.



Wir haben gelernt, dass Wasser keine hohe Albedo besitzt.

Überlegt doch einmal, wie man sich das bei der Auswertung zunutze machen kann.

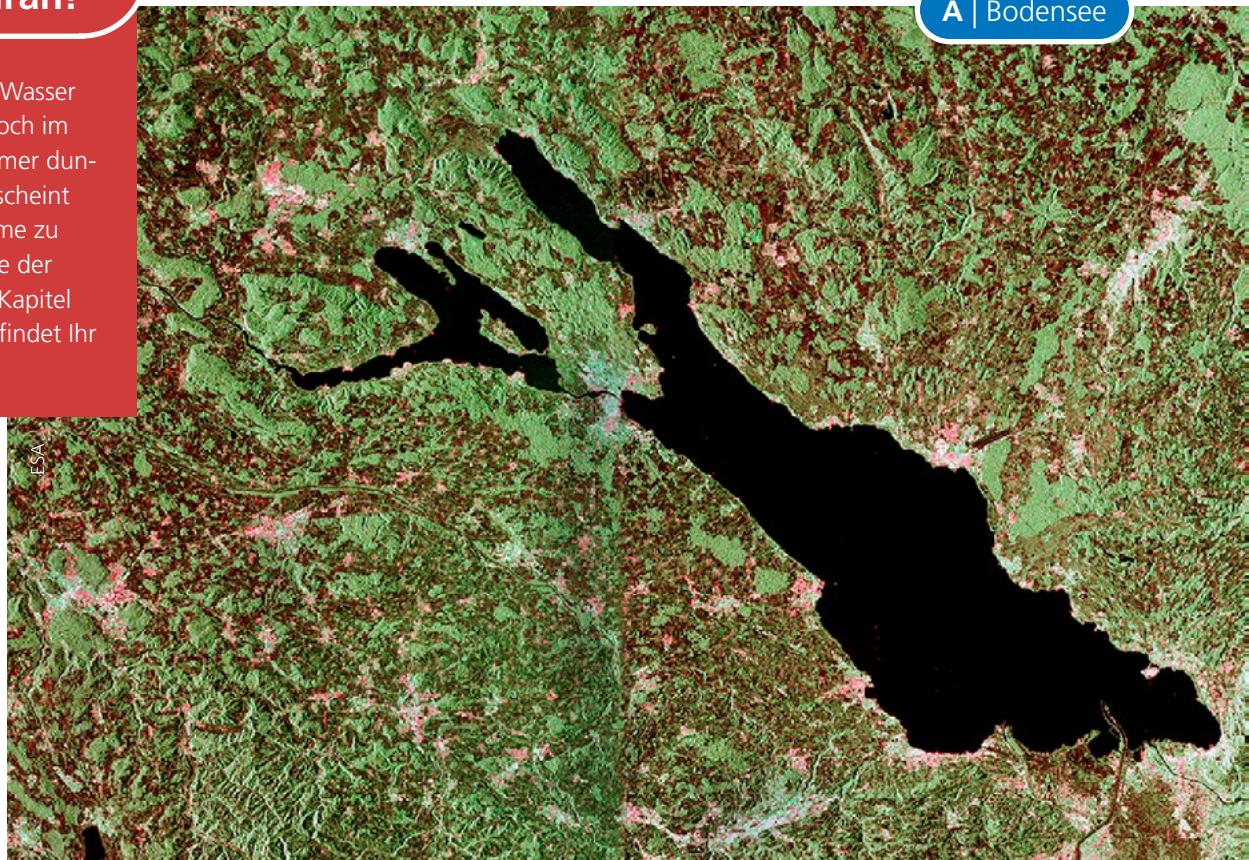




Jetzt seid  
Ihr dran!

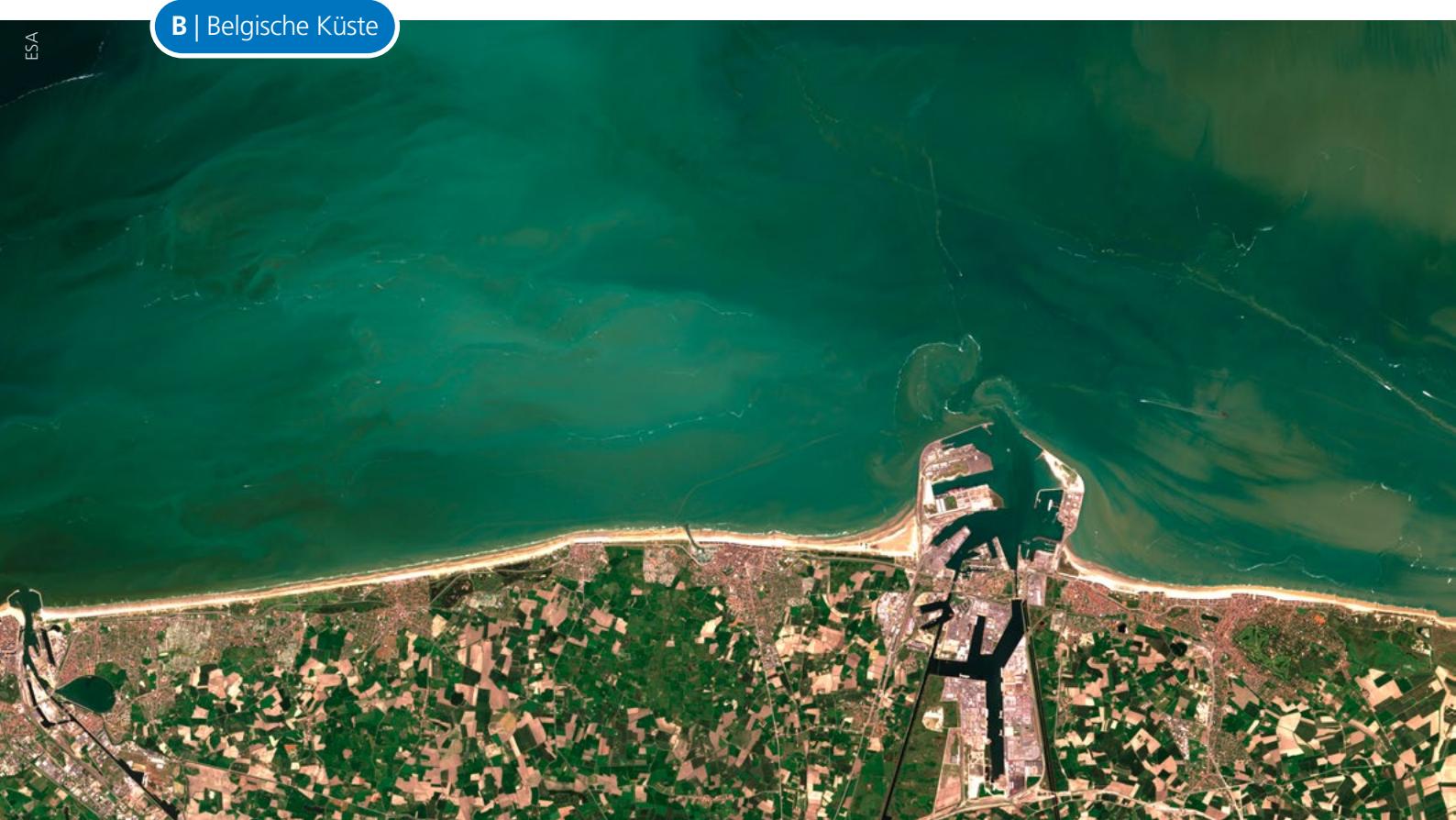
Eigentlich sollte Wasser wie im **Bild A** doch im Satellitenbild immer dunkel sein. **Bild B** scheint da eine Ausnahme zu sein. Was könnte der Grund sein? Im Kapitel „Stillgewässer“ findet Ihr einen Hinweis!

A | Bodensee



Verschiedene  
Färbungen von  
Wasser im  
Satellitenbild  
(Bilder: ESA)

B | Belgische Küste

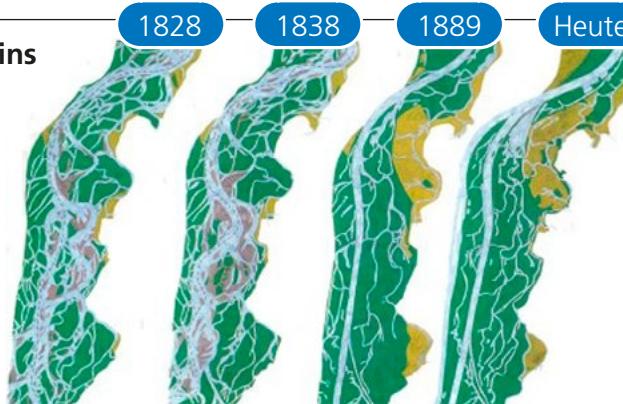


# Verbauung und Begradigung

Den natürlichen Verlauf von Flüssen haben wir bereits kennengelernt. Die Tendenz von Fließgewässern, besonders im Bereich der Mittelläufe, zu mäandrieren und ihre Betten zu verlagern, schränkte deren effiziente Schiffbarkeit lange ein. Auch durch starke Gefälle oder verzweigte Unterläufe waren Flüsse oft gar nicht oder nicht ganzjährig als Wasserstraßen nutzbar. Das änderte sich mit der Möglichkeit, durch wasserbauliche Maßnahmen wie Flussbegradigungen, Kanalisierung, Staustufen, Wehre und Schleusen den natürlichen Verlauf der Flüsse an die ökonomischen Bedürfnisse der Gesellschaft anzupassen. Die Schifffahrt war dabei nicht die einzige Motivation. Ebenso wurde Siedlungs- und Ackerland gewonnen und die unmittelbare Hochwassergefahr gesenkt. Das in Deutschland bekannteste Beispiel eines schwerwiegenden Eingriffs in den natürlichen Gewässerverlauf ist die Begradigung des Rheins. Von 1817 bis 1872 wurden die Mäander des Oberrheins zwischen Basel und Bingen durchschnitten. Die positiven Auswirkungen waren schnell erkennbar: Neue Rheinabschnitte wurden schiffbar, Land gewonnen und die direkte Hochwassergefahr in diesem Gebiet sank. Jedoch hatte die Maßnahme weitreichende ökologische Folgen. Auen und Sumpfgebiete wurden trockengelegt, von den zahlreichen Alt- und Nebenarmen sind nur noch wenige erkennbar. Diese waren vor allem Brut- und Aufzuchtgebiete von Fisch- und Avifauna. Die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit des begradigten Rheins muss durch zahlreiche Staustufen reguliert werden. Für Wanderfische ein oft unüberwindbares Hindernis. Und so wurden Schwarzstörche, Fischadler, Lachse und Störe zunehmend seltener oder verschwanden schließlich ganz aus diesen Gebieten. Ähnliche Maßnahmen fanden an vielen bedeutenden Wasserstraßen weltweit statt, die Folgen für die Ökosysteme waren überall die gleichen.

**Begradigung des Rheins von 1828 bis heute**

- Gewässer
- Wald
- Kiesfläche,  
z. T. mit Gehölzanflug
- Acker/Wiese



Weit vom natürlichen Zustand entfernt – Rheinschleuse bei Rheinau (Bild: Wikimedia)



**Willkommen zurück!**

Um die Wasserstände in begradigten Flüssen kontrollieren zu können und um Energie zu erzeugen, wurden in ihrem Verlauf Wehre und Schleusen errichtet. Wanderfischen wie Lachsen und Aalen wird es so unmöglich gemacht, ihre Reisezyklen zu durchlaufen. Der Lachs, der zum Laichen auf seine Reise stromaufwärts besonders ange-



iStock, Jodi Jacobson

wiesen ist, war aus den Flüssen Deutschlands praktisch verschwunden. Fischtreppen ermöglichen es den Fischen heute, wieder zu wandern. Hunderte Lachse wurden nach Maßnahmen zur Wiederansiedlung schon im Rhein und seinen Zuflüssen gesichtet.



# Verschmutzung

Seit Menschen Wasser nutzen, leiten sie Schadstoffe in die Gewässer ein. In vorindustrieller Zeit waren diese zumeist biologischer Natur. Unter Einsatz von Sauerstoff können pflanzliche und tierische Organismen im Wasser verschmutzende organische Verbindungen abbauen. Fließgewässer haben dabei aufgrund ihres höheren Sauerstoffgehalts bessere Voraussetzungen zur Selbstreinigung.

Zwei Faktoren sind dafür verantwortlich, dass die Verschmutzung der Gewässer für die Umwelt zu einem massiven Problem geworden ist. Zum einen führten steigende Bevölkerungszahlen gerade in Ballungsräumen dazu, dass die Gewässer die Menge an biologischen Schadstoffen aus den Haushalten nicht mehr abbauen konnten. Zum anderen kamen vor allem durch die Industrialisierung mehr und mehr Schadstoffe wie Schwermetalle oder Säuren in die Flüsse, denen die Mechanismen zur Selbstreinigung nichts entgegenzusetzen hatten. Die Folge war, dass in schlimmen Fällen das Leben in den Flüssen zum Erliegen kam, wie es 1969 am Rhein nach einer Einleitung von Pestiziden geschah. Im Cuyahoga River in Cleveland erreichte die Konzentration an Chemikalien 1952 sogar solche Ausmaße, dass der Fluss selbst Feuer fing.

Es bedurfte solcher spektakulären Ereignisse, die auch großen ökonomischen Schaden anrichteten, um Maßnahmen einzuleiten. Der stark ausgebauten Klärung von Abwässern aus Industrie und Haushalten ist es zu verdanken, dass die Gewässergüte sich heute vielerorts erholt hat. Doch Gewässerverschmutzung ist keineswegs ein Thema für die Geschichtsbücher. Denn Industrieunfälle, bei denen große Mengen Chemikalien in die Fließgewässer gelangen, sind auch heute jederzeit möglich. Des Weiteren zeigen Beispiele wie die andauernde Einleitung von Abwässern aus dem Kalibergbau in Werra und Fulda, dass im Zweifel nach wie vor ökologische Belastungen in Kauf genommen werden.

Die steigende Bevölkerungszahl ist auch indirekt Grund für eine weitere aktuelle Quelle von Schadstoffen. Die Landwirtschaft setzt seit den Vierzigerjahren mehr und mehr Kunstdünger ein. Die so künstlich hoch konzentrierten Nährstoffe Stickstoff und Phosphat gelangen über Oberflächen und Sickerwasser in die Gewässer. Das Nährstoffüberangebot fördert hier das Wachstum von Bakterien und Wasserpflanzen in solchem Ausmaß, dass es zu Sauerstoffmangel kommt. Diesen Prozess bezeichnet man als Eutrophierung. Und der zunehmende Stellenwert der Viehzucht in der Landwirtschaft verstärkt durch die anfallenden Mengen an Gülle diesen Prozess weiter.

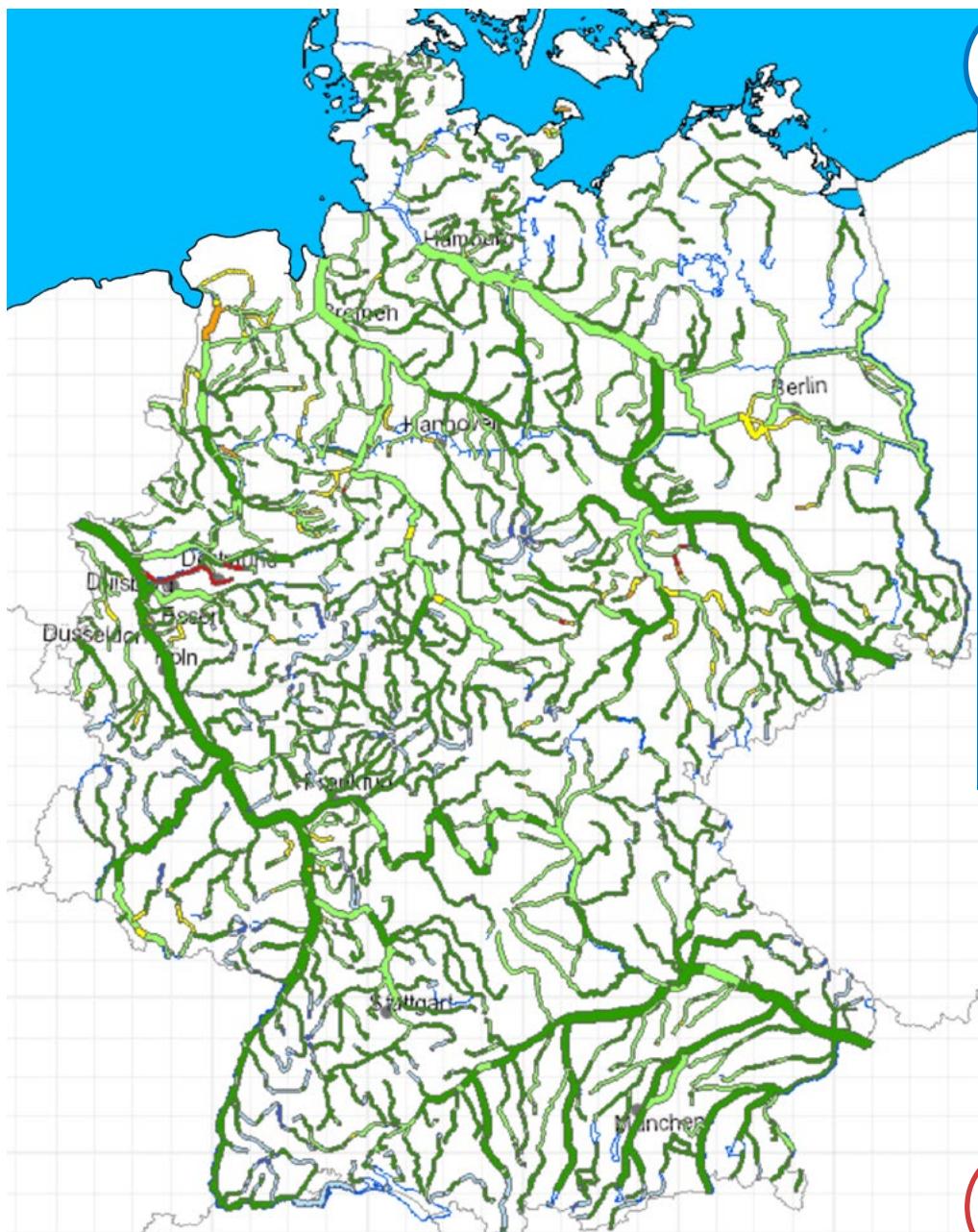


Einleitung von Salzlauge in die Werra



Düngung mit Gülle ist eine Ursache für die Eutrophierung von Gewässern

# Biologische Gewässergüte (2000)



## Biologische Güteklassifizierung

- I unbelastet bis sehr gering belastet
- I-II gering belastet
- II mäßig belastet
- II-III kritisch belastet
- III stark verschmutzt
- III-IV sehr stark verschmutzt
- IV übermäßig verschmutzt



Schon gewusst?

### Gewässergüte

Anhand von Bioindikator-Leitarten, die bestimmte Grade der Verschmutzung anzeigen, werden die Gewässer in Güteklassen eingeteilt. Diese biologische Gewässergüte sagt zwar nichts über den absoluten Schadstoffgehalt in Gewässern aus, die Abwesenheit bestimmter Arten ist jedoch ein klarer Hinweis auf Verschmutzungen durch organische Schadstoffe.



Jetzt seid Ihr dran!

Im Text habt Ihr einige Schadstoffe kennengelernt. Die Liste an möglichen Substanzen, welche den Ökosystemen in und an Gewässern schaden, ist jedoch lang. Welche kennt Ihr?



## Schon gewusst?

### Die Schwarzmund-Grundel



iStock: jscubaluna

Unter den Fisch-Neozoen ist die Schwarzmund-Grundel so etwas wie eine Berühmtheit. Ihre eigentliche Heimat sind Süß- und Brackwassergebiete am schwarzen und kaspischen Meer. In Deutschland, 3.000 km weit von diesen Regionen entfernt, war sie bis vor einigen Jahren nur Experten ein Begriff. Doch bis heute hat sie sich vor allem in Rhein und Mosel stark ausgebreitet. In Ballastwassertanks von Frachtschiffen ist sie über die Donau und Nordsee eingeschleppt worden und ist nun hier heimisch. Doch diese Distanz erscheint schon fast gering, bedenkt man, dass die Schwarzmund-Grundel inzwischen auch an den nordamerikanischen Großen Seen zu finden ist.

## Invasive Arten

Gewässer stellen oft natürliche Grenzen zwischen Ländern dar. Politisch mögen diese Grenzen relevant sein, für die Tier- und Pflanzenwelt sind sie von geringer Bedeutung – sie überqueren sie nach Belieben. Der Antrieb Grenzen zu ziehen scheint ein rein menschlicher Wesenszug zu sein. Problematisch für die Ökosysteme wird diese Freizügigkeit allerdings dann, wenn Arten ihren natürlichen Lebensraum verlassen und in ein Ökosystem eindringen, das auf ihre Lebensweise nicht eingestellt ist, und in welchem sie das ökologische Gleichgewicht gefährden. Dann werden sie dort zu invasiven Arten. Diese Neobiota unterteilen sich in Neozoen, eingewanderte Tierarten, und invasive Pflanzenarten, die als Neophyten bezeichnet werden. In den Ökosystemen, in welche die Neobiota einwandern, können sie in Konkurrenz zu heimischen Arten stehen und es kann zu Verdrängungsprozessen kommen. Auch können Neozoen als Fressfeinde auftreten, gegen die die einheimische Fauna oder Flora keine Strategien hat.

Wo früher die reine Distanz zwischen bestimmten Lebensräumen es Arten aus fremden Habiten erschwert, den heimischen zur Konkurrenz zu werden, schrumpfen diese Strecken nun durch den weltumspannenden Güterverkehr. Als Mitfahrer an Schiffsrümpfen und in Ballasttanks können sie tausende Kilometer zurücklegen, und selbst Ozeane stellen keine absolute Barriere mehr dar.

Ein wichtiger Faktor im Zusammenhang mit Neobiota ist auch der Klimawandel. Die Verschiebung der Klimazonen wird zur Folge haben, dass bestimmte Arten, welche bislang nur in bestimmten südlichen Breiten gute Lebensbedingungen vorfanden, ihre Habitate nach Norden verlagern werden. Die Ausbreitung invasiver Arten ist kein modernes Phänomen. Als die europäischen Nationen anfingen, die Weltmeere zu befahren und fremde Kontinente zu besiedeln, brachten sie eine ganze Reihe von Arten mit: immer mit negativen bis desaströsen Folgen für die betroffenen überseischen Ökosysteme.



## Schon gewusst?

### Die Nilgans

Wäre einem vor 20 Jahren eine Nilgans am Rhein begegnet, man hätte wahrscheinlich gedacht, der auffällig gefärbte Vogel sei aus dem Zoo entflohen. Heute sind der Nilgans viele von Euch wahrscheinlich schon begegnet, denn sie ist an vielen Orten bereits heimisch und ein alltäglicher Anblick.





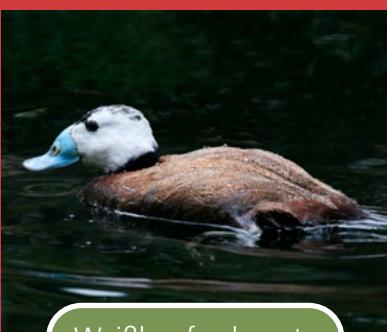
Jetzt seid  
Ihr dran!

Schwarzkopfruderente



### Schlechte Ente – Gute Ente?

Einfache Schwarz-Weiß Malerei ist eigentlich im Naturschutz keine gängige Methode. Im Falle der aus Nordamerika eingeführten Schwarzkopfruderente und ihrer europäischen Verwandten der Weißkopfruderente scheint die Sache jedoch eindeutig: Die Schwarzkopfruderente ist offiziell eine „unerwünschte Spezies“ denn sie verdrängt die heimische Weißkopfruderente. Ihre Verbreitung ist offiziell einzudämmen. In Großbritannien beschloss man 2007 sogar sie auszurotten.



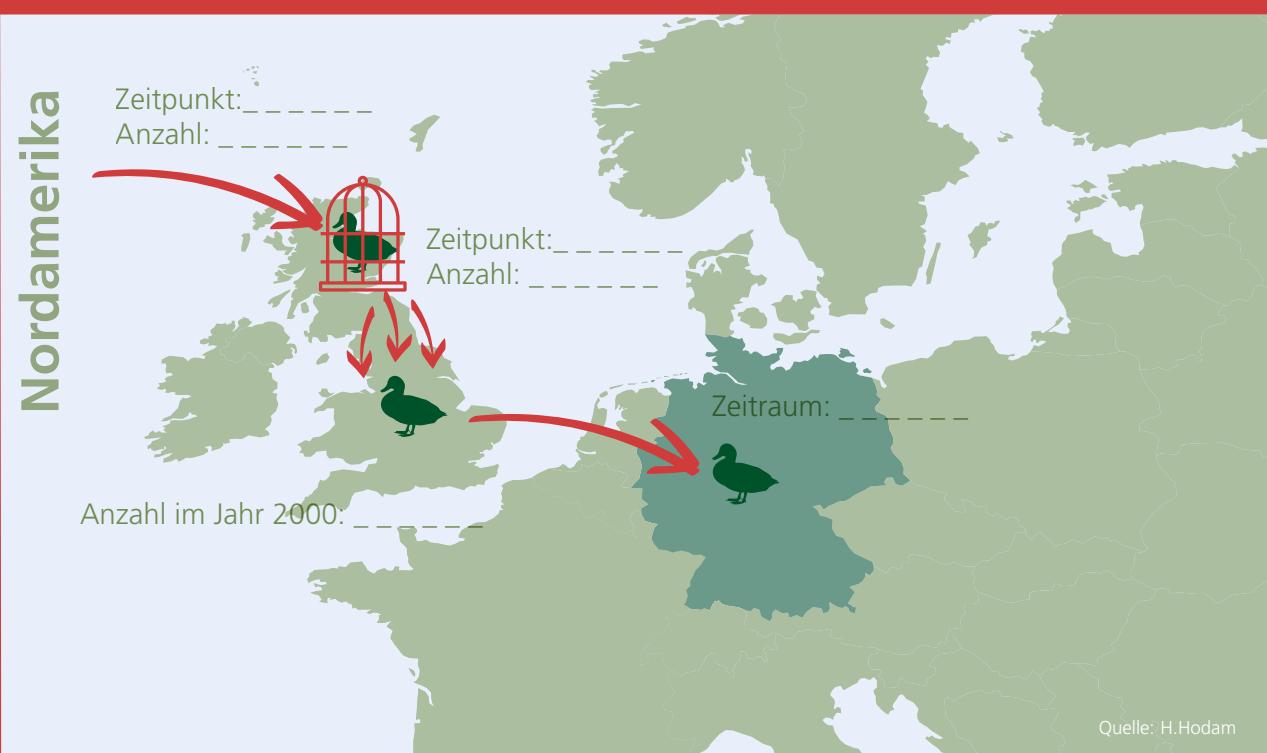
Weißkopfruderente

Recherchiert doch einmal im Internet, was Ihr über die Schwarzkopfruderente herausfinden könnt. Dazu ein Tipp: Die Sprache der Wissenschaft ist nun einmal Englisch! Versucht es also am Besten mit „Ruddy Duck“. Bearbeitet im Anschluss folgende Aufgaben:

**A:** Schreibt in die Karte die Daten zum Verbreitungsweg der invasiven Entenart.

**B:** Die geplante Ausrottung wurde in Großbritannien heftig diskutiert. Versetzt Euch in einen Befürworter oder Gegner des Plans und sammelt Argumente für Euren Standpunkt. Diskutiert anschließend sachlich mit einem Klassenkameraden, der einen anderen Standpunkt vertritt. Das kann man natürlich auch gut in Gruppen machen.

### Verbreitungsweg der Schwarzkopfruderente Tragt die Daten aus Eurer Internetrecherche ein!



# Notizen



## **Das DLR im Überblick**

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## **Impressum**

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)  
Raumfahrtmanagement | Innovation & Neue Märkte  
Schul- und Jugendprojekte

Autor:

Henryk Hodam

Anschrift:

Königswinterer Str. 522–524  
53227 Bonn

## **DLR.de**

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.

Titelbild: iStock

Gedruckt auf umweltzertifiziertem, chlorfrei gebleichtem Papier.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie