

# MINT lernen

*Innovatives Modell  
für MINT-Lernen  
in weiterführenden Schulen*

Schulische Bildung  
ERASMUS+

KA220-SCH -  
Kooperationspartnerschaften  
in der Schulbildung

*Referenznummer:*  
2022-1-TR01-KA220-SCH-000087583

**Laufzeit:**  
31.12.2022 bis 30.12.2024 (24  
Monate)



## LearnSTEM

*Innovatives Modell zum Erlernen von STEM  
in weiterführenden Schulen*

## Lernressourcen

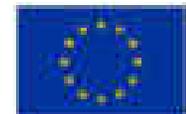
### Thema II: "Verschmutzung"

**Lerneinheit: "Saurer Regen - Kontrolle des  
Säuregehalts und der PH-Werte von Seen und  
Pflügen - Flüssigkeiten in der Küche und  
Leitungswasser"  
von Griechenland**



IEK Kavallas, Kavala, Griechenland  
Kalliopi Ntolou

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



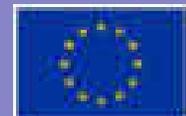
Co-funded by  
the European Union



2-

# Inhalt

1. Was ist der pH-Wert?
2. Säuren und Basen
3. Warum ist der pH-Wert wichtig?
4. Was ist saurer Regen?
5. Ursachen des sauren Regens
6. Auswirkungen des sauren Regens
7. Was kann getan werden?



# Was ist der pH-Wert?

Der pH-Wert ist ein bestimmter Wert, der auf einer definierten Skala basiert, ähnlich wie die Temperatur.

Das bedeutet, dass der pH-Wert des Wassers kein physikalischer Parameter ist, der als Konzentration oder Menge gemessen werden kann.

Stattdessen ist es eine Zahl zwischen 0 und 14, die angibt, wie sauer oder basisch ein Wasserkörper auf einer logarithmischen Skala ist.

Je niedriger die Zahl, desto saurer ist das Wasser.

Je höher die Zahl, desto basischer ist es. Ein pH-Wert von 7 wird als neutral angesehen.

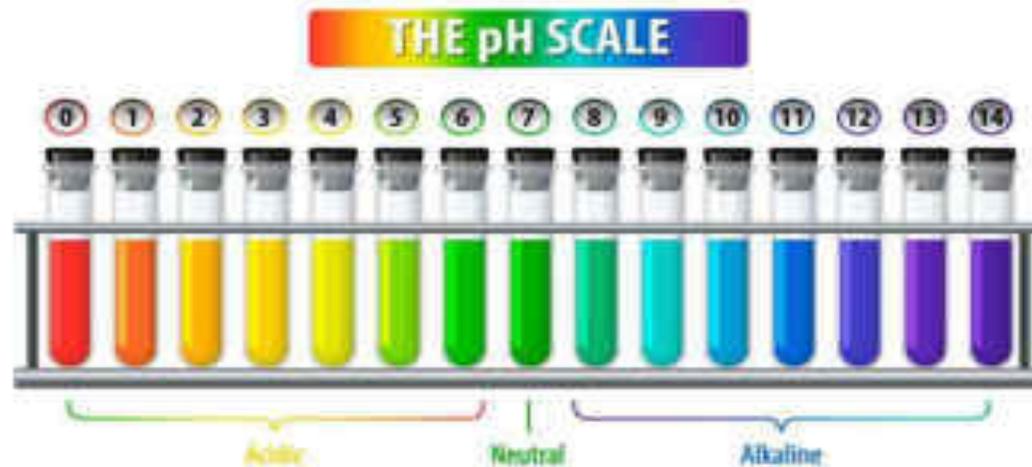


3-

[https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic\\_40478218.htm#fromView=search&page=1&position=10&uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e](https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic_40478218.htm#fromView=search&page=1&position=10&uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e)

# Säuren und Basen

Säure-Base-Paare können sich gegenseitig neutralisieren, wie es  $H^+$  und  $OH^-$  in dieser Gleichung tun. 4-



[https://www.freepik.com/free-vector/ph-scale-white-background\\_12869029.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e](https://www.freepik.com/free-vector/ph-scale-white-background_12869029.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e)

Als operationelle Definition ist eine Säure eine Substanz, die den pH-Wert senkt, wenn sie reinem Wasser zugesetzt wird. In gleicher Weise ist eine Base eine Substanz, die den pH-Wert von Wasser erhöht.

Um diese Stoffe weiter zu definieren, stellte Arrhenius 1884 fest, dass eine Säure bei ihrer Auflösung in Wasser ein Wasserstoffion ( $H^+$ ) und eine Base ein Hydroxylion ( $OH^-$ ) freisetzt.

# Säuren und Basen

Es gibt jedoch einige Stoffe, die der operationellen Definition entsprechen (Änderung des pH-Werts), ohne der Arrhenius-Definition zu entsprechen (Freisetzung eines Ions).

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, definierten Bronsted und Lowry Säuren und Basen neu: Eine Säure gibt ein Wasserstoffion oder Proton (entspricht  $H^+$ ) ab, eine Base nimmt ein Wasserstoffion oder Proton auf.

Das bedeutet, dass sich Säuren und Basen gegenseitig aufheben können, wie in der Wassergleichung auf der rechten Seite dargestellt.

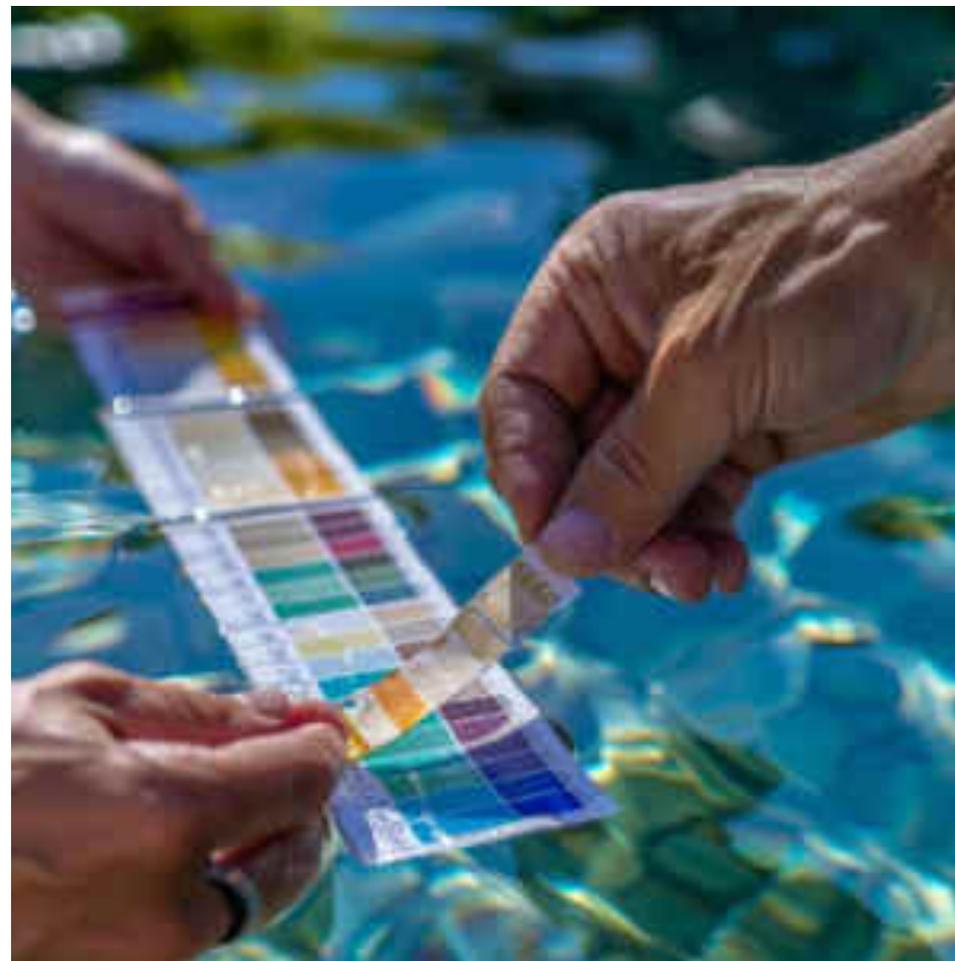
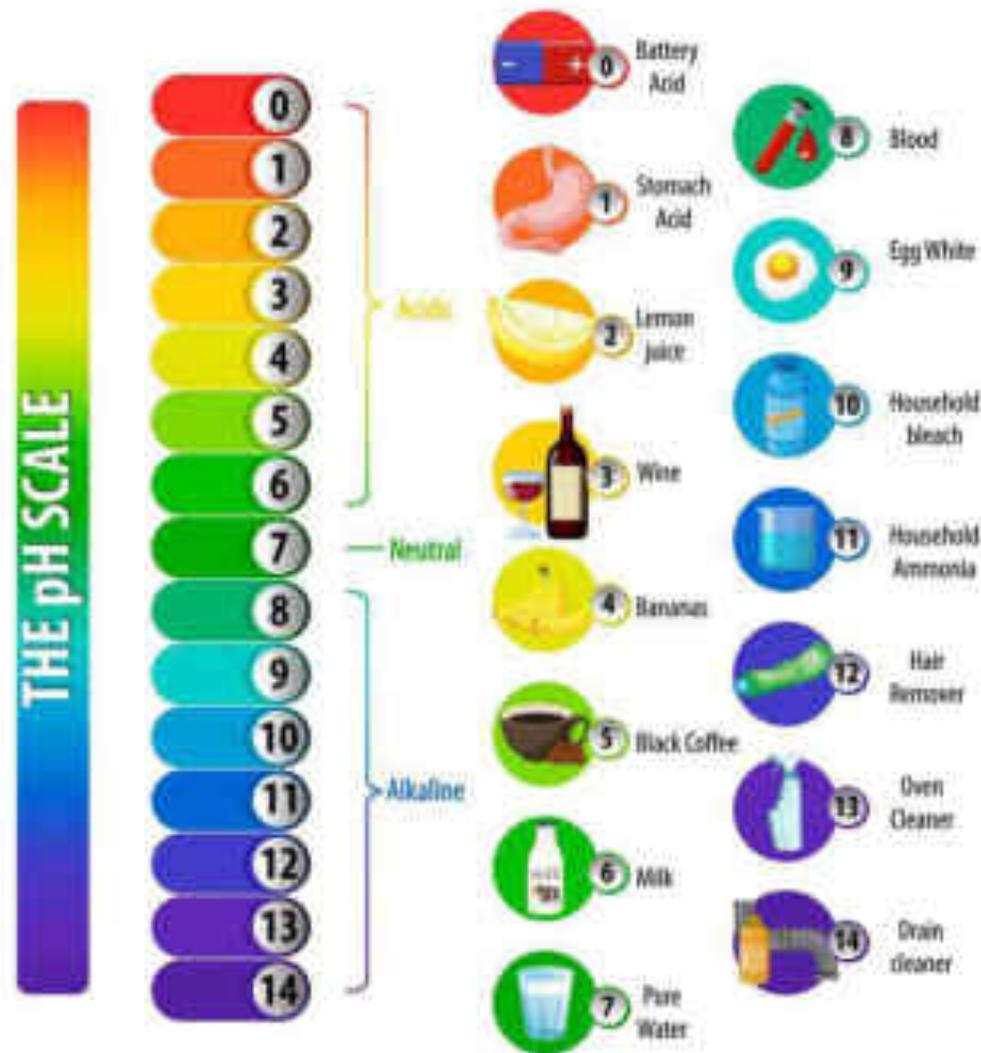


Foto von <https://stockcake.com/s?q=ph%20acids%20bases> - Stockcake

# Warum ist der pH-Wert wichti

Wenn der pH-Wert des Wassers zu hoch oder zu niedrig ist, sterben die darin lebenden Wasserorganismen. Der pH-Wert kann auch die Löslichkeit und Toxizität von Chemikalien und Schwermetallen im Wasser beeinflussen.

Die meisten Wasserlebewesen bevorzugen einen pH-Wert zwischen 6,5 und 9,0, einige können jedoch auch in Wasser mit einem pH-Wert außerhalb dieses Bereichs leben.



# Warum ist der pH-Wert wichtig

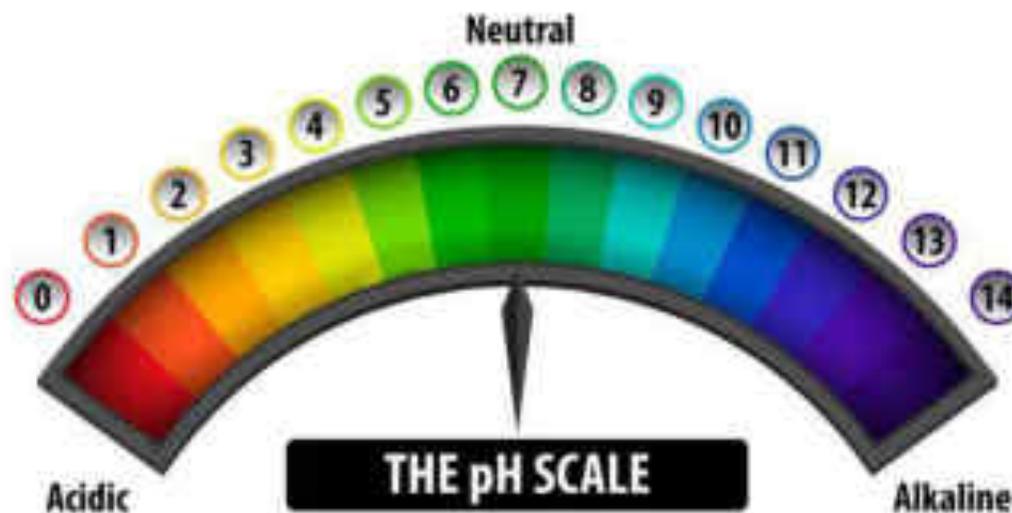
## The pH Scale



[https://www.freepik.com/search?format=search&last\\_filter=selection&last\\_value=1&query=ph+scale&selection=1#uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e](https://www.freepik.com/search?format=search&last_filter=selection&last_value=1&query=ph+scale&selection=1#uuid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e)

# Warum ist der pH-Wert

[https://www.freepik.com/free-vector/ph-scale-diagram-white-background\\_13753824.htm#fromView=search&page=1&position=28&uuiid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e](https://www.freepik.com/free-vector/ph-scale-diagram-white-background_13753824.htm#fromView=search&page=1&position=28&uuiid=85107a62-e912-4690-a43f-5afd6d0f227e)



Wenn sich der pH-Wert von diesem Bereich entfernt (nach oben oder unten), kann dies das System der Tiere belasten und die Schlupf- und Überlebensraten verringern. Je weiter ein Wert außerhalb des optimalen pH-Bereichs liegt, desto höher ist die Sterblichkeitsrate.

Je empfindlicher eine Art ist, desto stärker wird sie von Veränderungen des pH-Werts beeinflusst. Zusätzlich zu den biologischen Auswirkungen erhöhen extreme pH-Werte in der Regel die Löslichkeit von Elementen und Verbindungen, wodurch giftige Chemikalien "mobiler" werden und die Gefahr der Aufnahme durch Wasserlebewesen steigt.



# Warum ist der pH-Wert wichtig?

9-

Nicht nur aquatische Arten sind vom pH-Wert betroffen. Der Mensch hat zwar eine höhere Toleranz für pH-Werte (trinkbare Werte liegen zwischen 4 und 11 mit minimalen Magen-Darm-Reizungen), aber es gibt immer noch Bedenken.

Ein pH-Wert über 11 kann zu Haut- und Augenreizungen führen, ebenso ein pH-Wert unter 4. Ein pH-Wert unter 2,5 führt zu irreversiblen Schäden an Haut und Organen.

Niedrigere pH-Werte erhöhen das Risiko mobilisierter toxischer Metalle, die sogar vom Menschen aufgenommen werden können, und Werte über 8,0 können nicht wirksam mit Chlor desinfiziert werden, was weitere indirekte Risiken verursacht.

Darüber hinaus können pH-Werte außerhalb von 6,5-9,5 Rohre und andere Systeme beschädigen und korrodieren, was die Toxizität von Schwermetallen weiter erhöht.

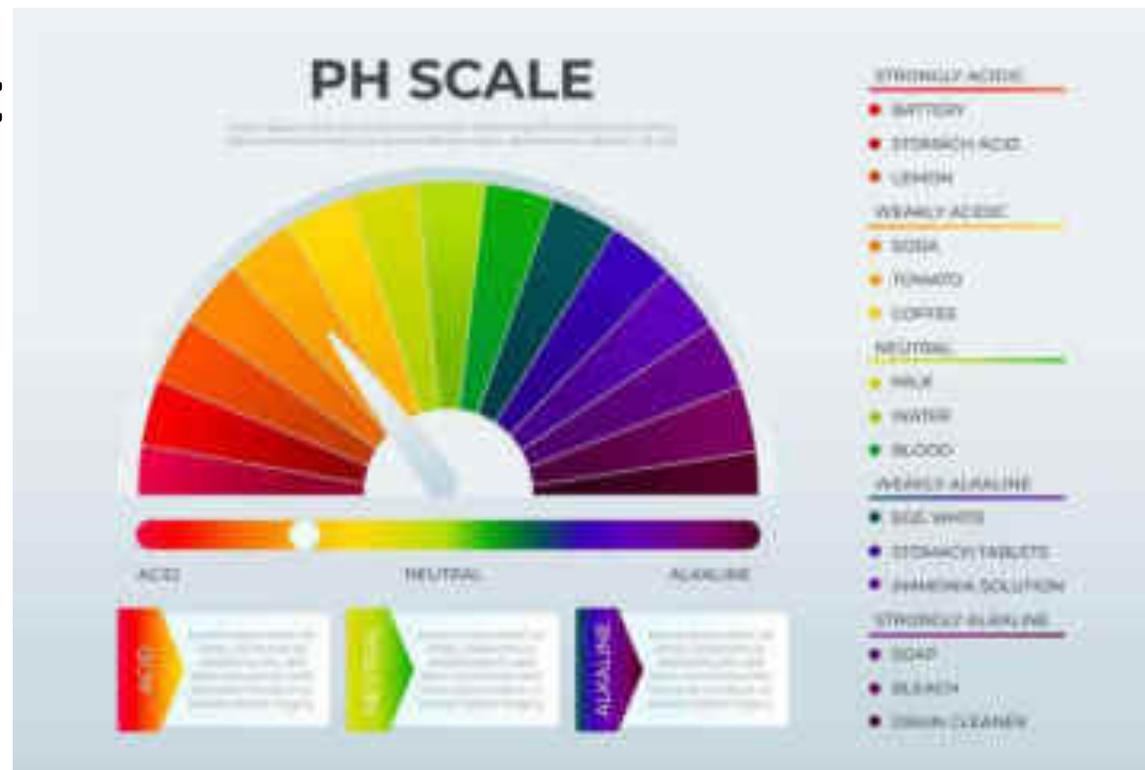




10-

# Warum ist der pH-Wert

[https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic\\_40478220.htm#fromView=search&page=1&position=19&uuiid=ac2886b7-dca5-432b-95ab-b938c6e3d42e](https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic_40478220.htm#fromView=search&page=1&position=19&uuiid=ac2886b7-dca5-432b-95ab-b938c6e3d42e)

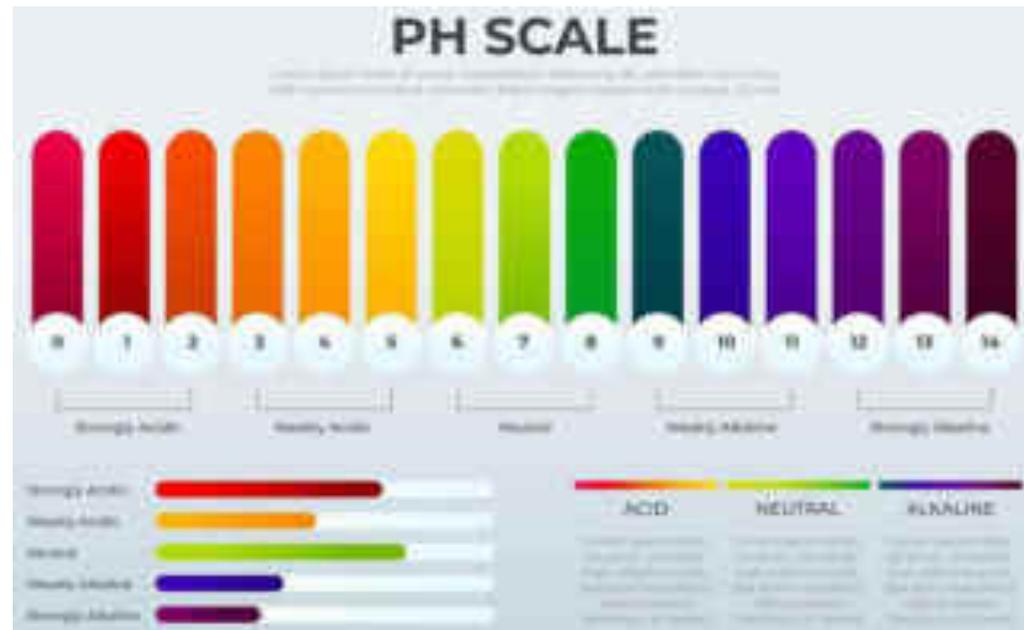


Selbst geringfügige pH-Veränderungen können langfristige Auswirkungen haben. Eine geringfügige Veränderung des pH-Werts im Wasser kann die Löslichkeit von Phosphor und anderen Nährstoffen erhöhen, wodurch sie für das Pflanzenwachstum leichter zugänglich werden. In einem oligotrophen See, d. h. einem See mit wenig Pflanzennährstoffen und hohem Gehalt an gelöstem Sauerstoff, kann dies eine Kettenreaktion auslösen.



# Warum ist der pH-Wert wichtig?

[https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic\\_40478228.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuid=72ca6bf4-b1b4-408c-8f54-02a177cfd3fc](https://www.freepik.com/free-vector/gradient-ph-scale-infographic_40478228.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuid=72ca6bf4-b1b4-408c-8f54-02a177cfd3fc)



Wenn mehr Nährstoffe zur Verfügung stehen, gedeihen Wasserpflanzen und Algen, wodurch der Bedarf an gelöstem Sauerstoff steigt.

Dadurch entsteht ein eutropher See, der reich an Nährstoffen und Pflanzen ist, aber wenig gelösten Sauerstoff enthält.

In einem eutrophen See werden andere im Wasser lebende Organismen gestresst, selbst wenn der pH-Wert im optimalen Bereich liegt.

## Faktoren, die den pH-Wert des Wassers beeinflussen

Es gibt viele Faktoren, die den pH-Wert im Wasser beeinflussen können, sowohl natürliche als auch vom Menschen verursachte. Die meisten natürlichen Veränderungen entstehen durch Wechselwirkungen mit dem umgebenden Gestein (insbesondere Karbonatformen) und anderen Materialien. Der pH-Wert kann auch durch Niederschläge (insbesondere sauren Regen) und Abwasser- oder Bergbaueinleitungen schwanken. Darüber hinaus kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration den pH-Wert beeinflussen.

12-



[https://www.freepik.com/free-vector/gradient-neutral-ph-labels\\_40477809.htm#fromView=search&page=1&position=33&uuiid=4eaa9429-ec62-487b-8b1c-3f74c7103d85](https://www.freepik.com/free-vector/gradient-neutral-ph-labels_40477809.htm#fromView=search&page=1&position=33&uuiid=4eaa9429-ec62-487b-8b1c-3f74c7103d85)

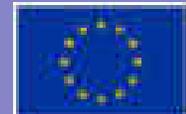


# Kohlendioxid und pH-Wert

Der pH-Wert kann aufgrund von Photosynthese und Atmung im Wasser täglich schwanken. Der Grad der Veränderung hängt von der Alkalinität des Wassers ab.

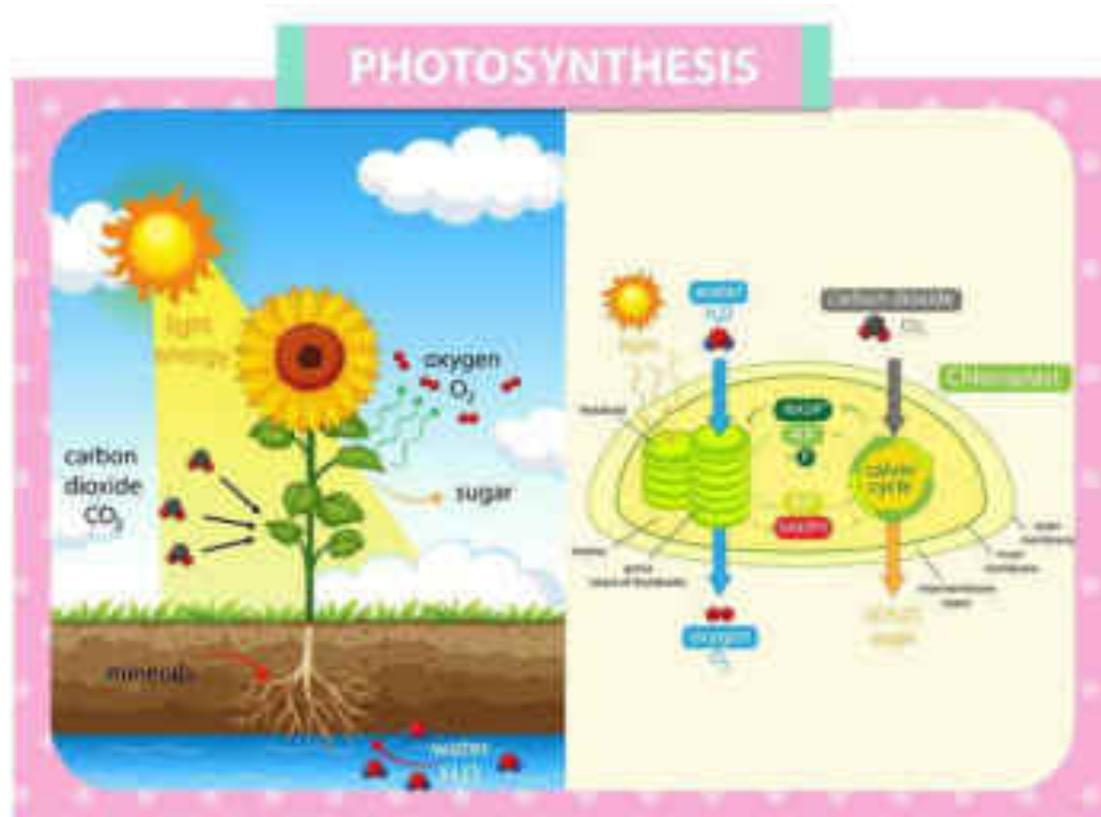
13-

Kohlendioxid ist die häufigste Ursache für den Säuregehalt von Wasser. Photosynthese, Atmung und Zersetzung tragen aufgrund ihres Einflusses auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt zu pH-Schwankungen bei. Das Ausmaß dieser Schwankungen hängt von der Alkalinität des Wassers ab, aber es gibt oft merkliche tageszeitliche Schwankungen. Dieser Einfluss ist in Gewässern mit hoher Atmungs- und Zersetzungsrate deutlicher messbar.



# Der pH-Wert kann aufgrund von Photosynthese und Atmung im Wasser täglich schwanken.

14-



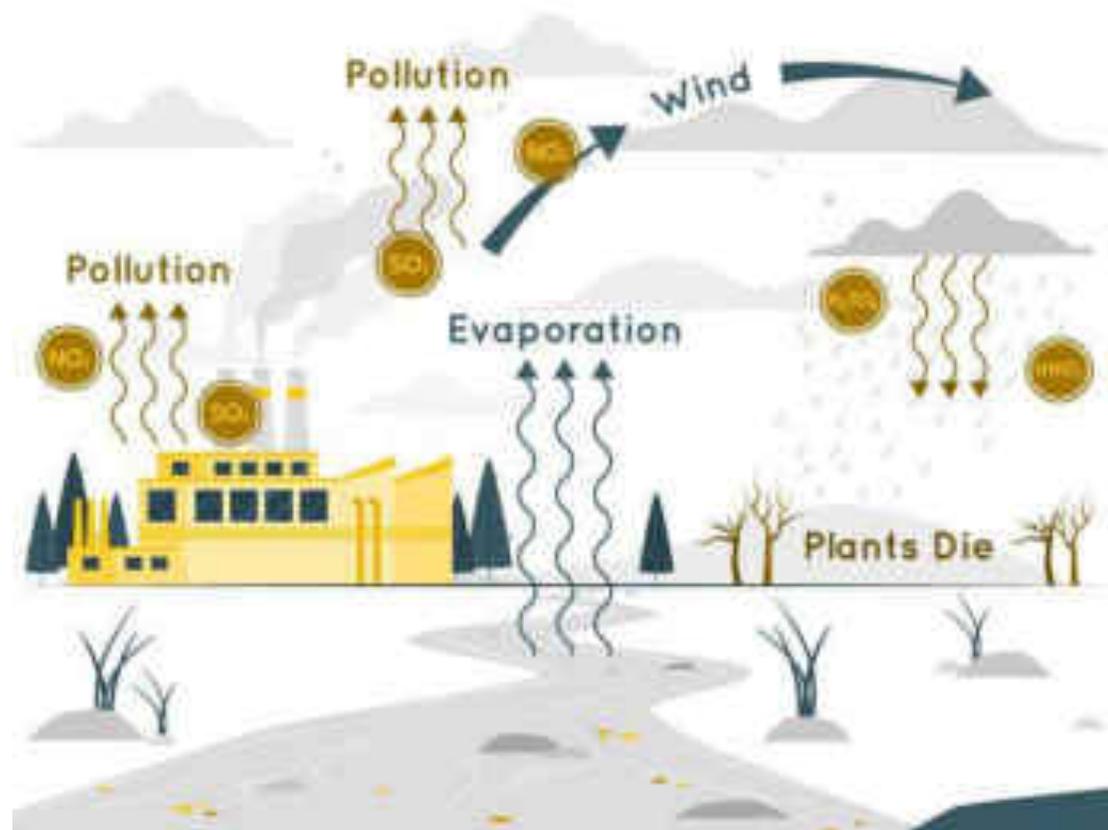
[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-process-photosynthesis-plant\\_20500151.htm#fromView=search&page=1&position=48&uuiid=29b71067-67be-4f8e-aa24-171890682678](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-process-photosynthesis-plant_20500151.htm#fromView=search&page=1&position=48&uuiid=29b71067-67be-4f8e-aa24-171890682678)

# Was ist saurer Regen?

Als saurer Regen wird jede Form von Niederschlag bezeichnet, der hohe Mengen an Salpeter- und Schwefelsäure enthält. Er kann auch in Form von Schnee, Nebel und winzigen Teilen von trockenem Material auftreten, die sich auf der Erde absetzen.

Saurer Regen hat einen Säuregehalt von etwa 4, d. h. er ist 1000-mal saurer als normaler Regen.

Normaler Regen ist mit einem pH-Wert von 5,6 leicht sauer, während saurer Regen im Allgemeinen einen pH-Wert zwischen 4,2 und 4,4 aufweist.



15-

[https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-concept-illustration\\_24372251.htm#fromView=search&page=3&position=5&uuid=2b8d3db8-551d-4fa3-b2a1-b5e4d2fa3e8e](https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-concept-illustration_24372251.htm#fromView=search&page=3&position=5&uuid=2b8d3db8-551d-4fa3-b2a1-b5e4d2fa3e8e)

# Was ist saurer Regen?

Regen hat einen pH-Wert von etwa 5,65. Wenn Regentropfen durch die Luft fallen, gehen sie eine Wechselwirkung mit den Kohlendioxidmolekülen in der Atmosphäre ein. Dabei entsteht  $H_2CO_3$  in den Regentropfen, wodurch der pH-Wert des Regens sinkt.

Ein pH-Wert von 5,65 gilt zwar als sauer, aber nicht als saurer Regen.

Natürlicher, unverschmutzter Regen oder Schnee dürfte bei einer atmosphärischen  $CO_2$ -Standardkonzentration von 0,0355 % einen pH-Wert von etwa 5,6 aufweisen.

Saurer Regen erfordert einen pH-Wert unter 5,0.

5,65 ist auch der pH-Wert von Wasser, das sich mit der Luft im Gleichgewicht befindet und nicht mit kohlensäurehaltigen Materialien oder Kalkstein in Berührung gekommen ist.



[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway-white-background\\_11575347.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuid=ec6a3eae-4ba0-40e6-b312-bbab23de09a7](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway-white-background_11575347.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuid=ec6a3eae-4ba0-40e6-b312-bbab23de09a7)



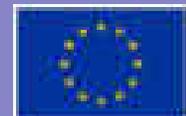
# Ursachen des sauren Regens

Verrottende Vegetation und ausbrechende Vulkane setzen einige Chemikalien frei, die sauren Regen verursachen können, aber der meiste saure Regen ist ein Produkt menschlicher Aktivitäten.

Die größten Quellen sind Kohlekraftwerke, Fabriken und Kraftfahrzeuge.

Wenn Menschen fossile Brennstoffe verbrennen, werden Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) in die Atmosphäre freigesetzt. Diese Luftschadstoffe reagieren mit Wasser, Sauerstoff und anderen Stoffen und bilden Schwefel- und Salpetersäure in der Luft.

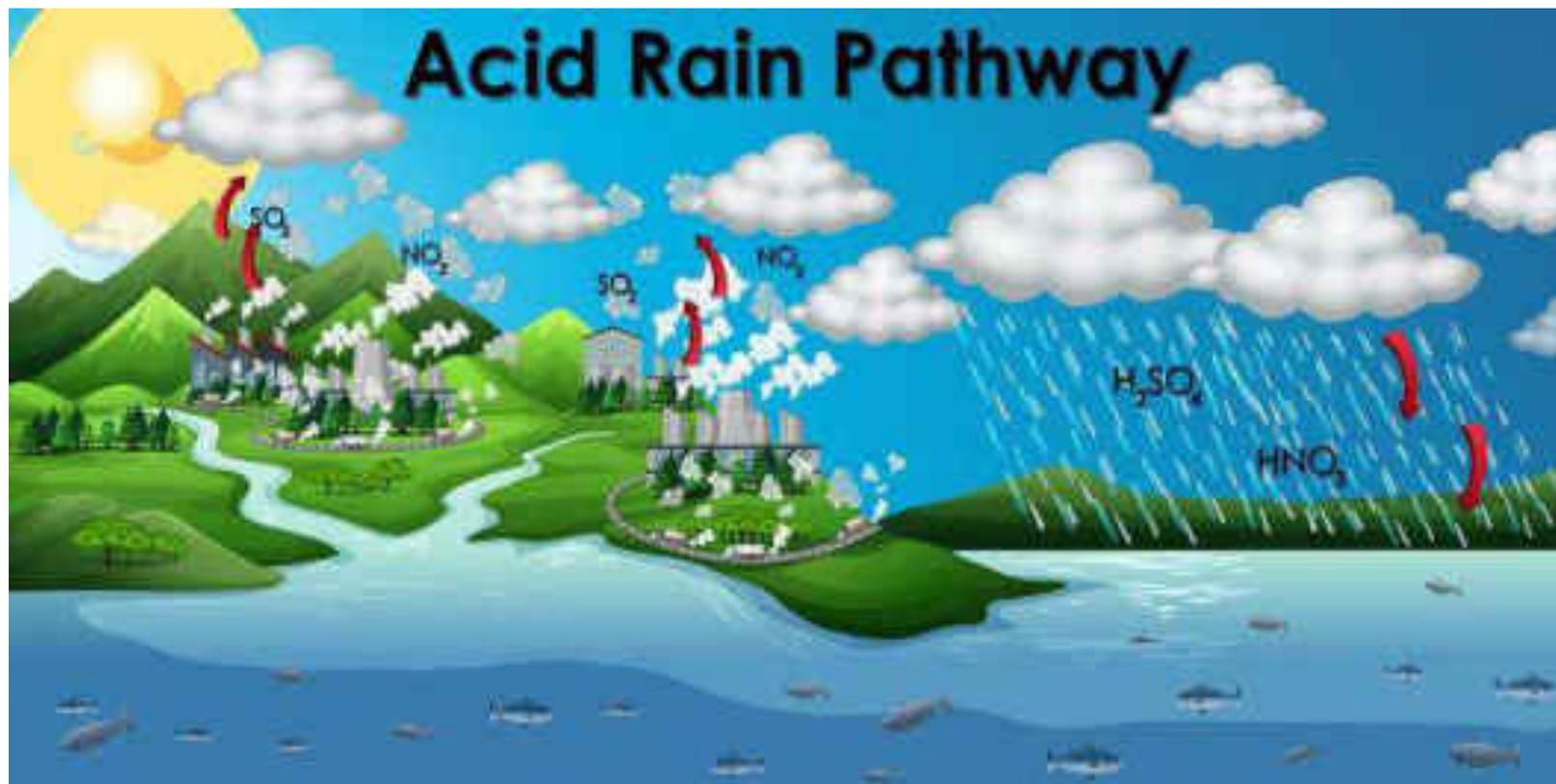
Winde können diese sauren Verbindungen durch die Atmosphäre und über Hunderte von Kilometern verbreiten. Wenn der saure Regen die Erde erreicht, fließt er mit dem Abflusswasser über die Oberfläche, gelangt in die Wassersysteme und sinkt in den Boden.



# Ursachen des sauren Regens

Die folgende Infografik kann helfen, besser zu verstehen, was saurer Regen ist und welche Auswirkungen er hat:

18-



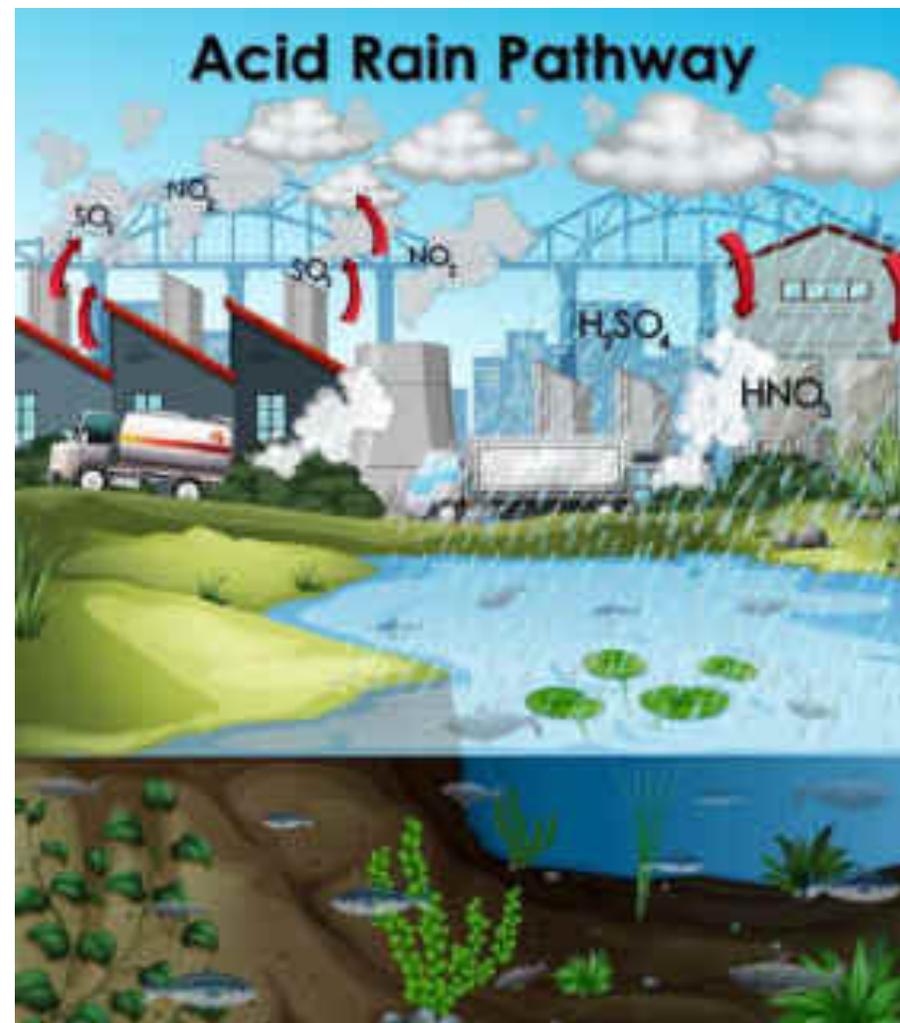
[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway\\_5983929.htm#fromView=search&page=1&position=7&uid=395d6cbd-2edd-4d70-8618-b9f4f0bbc0a5](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway_5983929.htm#fromView=search&page=1&position=7&uid=395d6cbd-2edd-4d70-8618-b9f4f0bbc0a5)

# Auswirkungen des sauren Regens

Schwefeldioxid und Stickoxide sind keine primären Treibhausgase, die zur globalen Erwärmung, einer der Hauptauswirkungen des Klimawandels, beitragen; Schwefeldioxid hat sogar eine kühlende Wirkung auf die Atmosphäre.

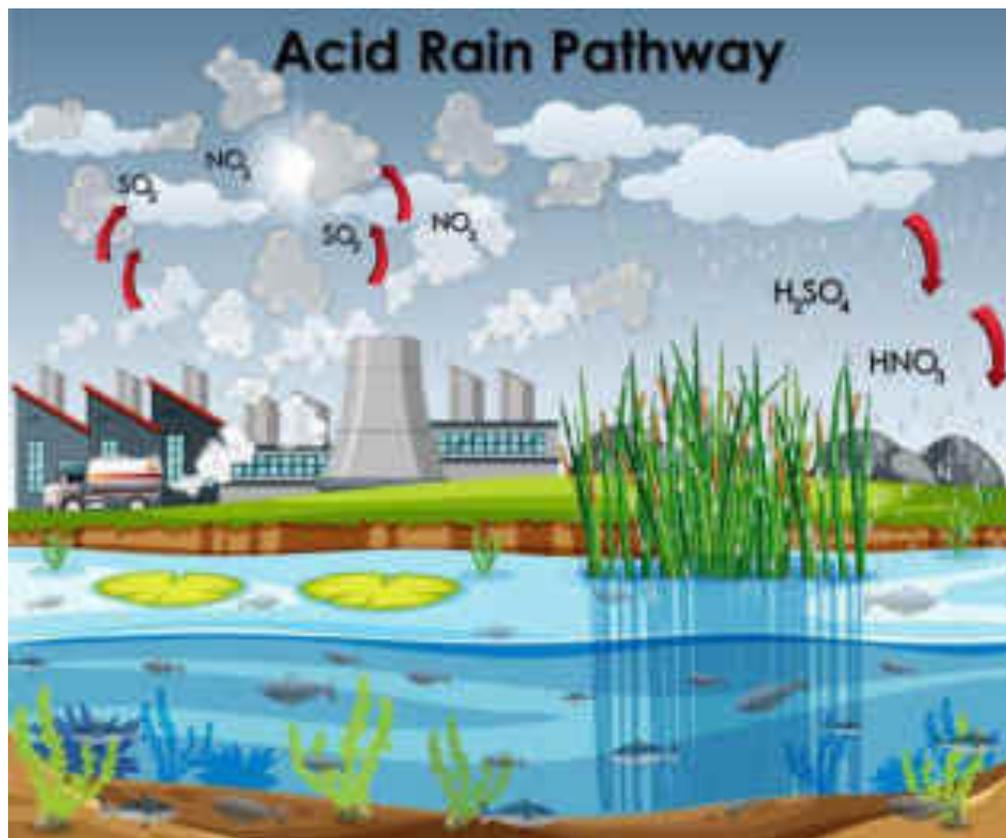
Stickoxide tragen jedoch zur Bildung von bodennahem Ozon bei, einem wichtigen Schadstoff, der für den Menschen schädlich sein kann.

Beide Gase sind umwelt- und gesundheitsschädlich, da sie sich durch Luftverschmutzung und sauren Regen leicht verbreiten können.



[https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-diagram-with-buildings-water\\_5768054.htm#fromView=search&page=1&position=5&uuid=2a61f708-0056-4ea3-8e7e-23b9e9868150](https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-diagram-with-buildings-water_5768054.htm#fromView=search&page=1&position=5&uuid=2a61f708-0056-4ea3-8e7e-23b9e9868150)

# Auswirkungen des sauren Regens



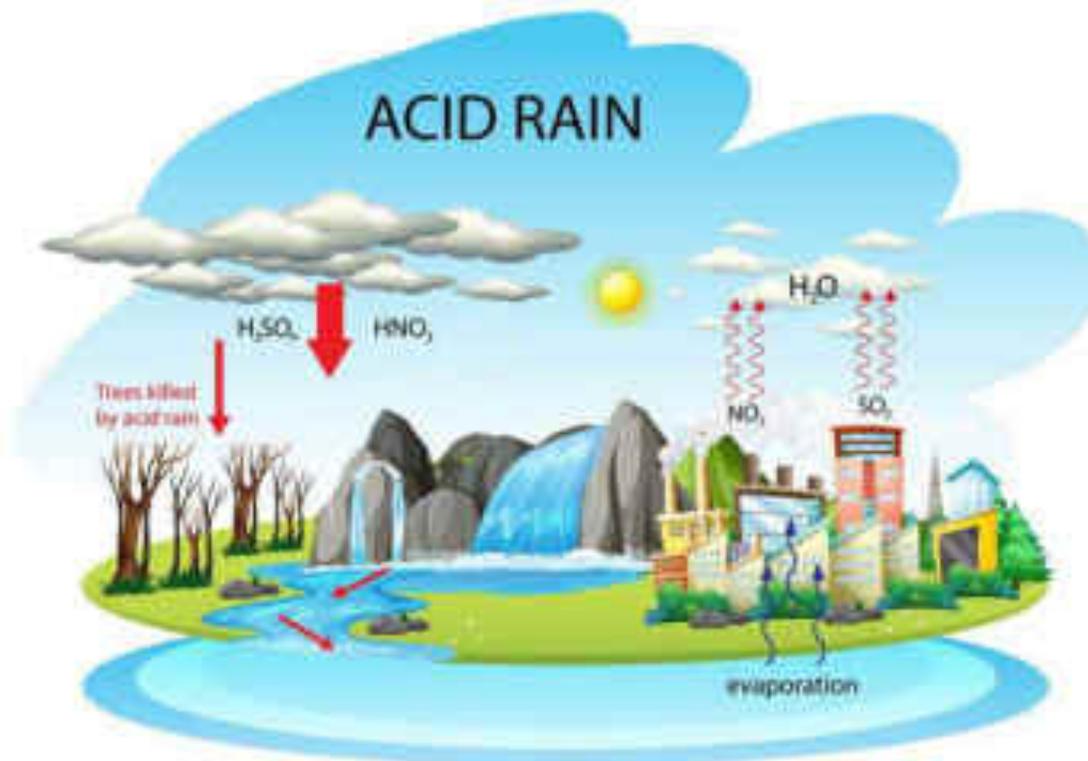
[https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-pathway-diagram-with-water-factory\\_19023149.htm#fromView=search&page=1&position=45&uuiid=2a61f708-0056-4ea3-8e7e-23b9e9868150](https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-pathway-diagram-with-water-factory_19023149.htm#fromView=search&page=1&position=45&uuiid=2a61f708-0056-4ea3-8e7e-23b9e9868150)

Saurer Regen hat viele ökologische Auswirkungen, insbesondere auf Seen, Flüsse, Feuchtgebiete und andere Gewässer.

Saurer Regen macht solche Gewässer saurer, was zu einer stärkeren Aufnahme von Aluminium aus dem Boden führt, das in Seen und Flüsse eingetragen wird. Diese Kombination macht die Gewässer giftig für Krebse, Muscheln, Fische und andere Wassertiere.

20-

# Auswirkungen des saure



[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway-white-background\\_11575347.htm#fromView=search&page=1&position=32&uuid=090f99b9-93f8-4a57-a985-37b523c1b71e](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-acid-rain-pathway-white-background_11575347.htm#fromView=search&page=1&position=32&uuid=090f99b9-93f8-4a57-a985-37b523c1b71e)

Die Ozeane können an Artenvielfalt und Produktivität verlieren. Die Senkung des pH-Werts der Meeresgewässer schädigt das Phytoplankton, eine Nahrungsquelle für verschiedene Organismen und Tiere, was die Nahrungskette verändern und zum Aussterben verschiedener Meeresarten führen kann.

# Auswirkungen des sauren Regens



Foto von [https://stockcake.com/i/soil-ph-testing\\_366152\\_738091](https://stockcake.com/i/soil-ph-testing_366152_738091)>Stockcake</a>

Auch die Binnengewässer versauern sehr schnell, was besonders besorgniserregend ist, denn obwohl nur 1 % des Wassers auf der Erde Süßwasser ist, leben 40 % der Fische in diesem Wasser.

Diese Versauerung erhöht die Konzentration von Metallionen - vor allem von Aluminiumionen -, was zum Tod vieler Fische, Amphibien und Wasserpflanzen in versauerten Seen führen kann. Darüber hinaus werden Schwermetalle in unterirdische Gewässer transportiert, die für den Verzehr ungeeignet werden.

# Auswirkungen des sauren Regens



Einige Arten können saure Gewässer besser vertragen als andere.

In einem zusammenhängenden Ökosystem wirkt sich jedoch das, was einige Arten betrifft, letztendlich auf viele weitere Arten in der Nahrungskette aus, einschließlich nicht aquatischer Arten wie Vögel.

23-

[https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-depletion-concept-illustration\\_23846693.htm#fromView=search&page=1&position=50&uuid=1377a129-35fa-4086-b6a5-ff0315b1ec26](https://www.freepik.com/free-vector/acid-rain-depletion-concept-illustration_23846693.htm#fromView=search&page=1&position=50&uuid=1377a129-35fa-4086-b6a5-ff0315b1ec26)

# Auswirkungen des sauren Regens

Saurer Regen und Nebel schädigen auch die Wälder, vor allem die in höheren Lagen.

Die sauren Ablagerungen entziehen dem Boden wichtige Nährstoffe wie Kalzium und führen dazu, dass Aluminium im Boden freigesetzt wird, was es den Bäumen erschwert, Wasser aufzunehmen.

Auch die Blätter und Nadeln von Bäumen werden durch Säuren geschädigt.

In Wäldern verhindern der niedrige pH-Wert des Bodens und die Konzentration von Metallen wie Aluminium, dass die Pflanzen das Wasser und die Nährstoffe, die sie brauchen, richtig aufnehmen können. Dies schädigt die Wurzeln, verlangsamt das Wachstum und macht die Pflanzen schwächer und anfälliger für Krankheiten und Schädlinge.



[https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-shot-field-with-partially-gone-dry-because-changes-weather\\_9076535.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuiid=a7aeb70-0054-4644-80f6-138688b354ce](https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-shot-field-with-partially-gone-dry-because-changes-weather_9076535.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuiid=a7aeb70-0054-4644-80f6-138688b354ce)

# Auswirkungen des sauren Regens



25-



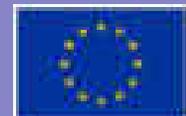
ECOSYSTEM & POLLUTION

Designed by Freepik

[https://www.freepik.com/free-vector/lovely-ecosystem-background\\_3345499.htm#fromView=search&page=1&position=18&uuid=1a6740be-b31b-458b-9c6f-19a340ec17df](https://www.freepik.com/free-vector/lovely-ecosystem-background_3345499.htm#fromView=search&page=1&position=18&uuid=1a6740be-b31b-458b-9c6f-19a340ec17df)

Die Auswirkungen des sauren Regens in Verbindung mit anderen Umweltbelastungen machen Bäume und Pflanzen weniger gesund und anfälliger für kalte Temperaturen, Insekten und Krankheiten. Die Schadstoffe können auch die Reproduktionsfähigkeit der Bäume beeinträchtigen.

Manche Böden sind besser in der Lage, Säuren zu neutralisieren als andere. Aber in Gebieten, in denen die "Pufferkapazität" des Bodens gering ist, sind die schädlichen Auswirkungen des sauren Regens viel größer.



# Auswirkungen des sauren Regens



[https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-vertical-shot-taj-mahal-building-agra-india-clear-sky\\_11063235.htm#fromView=search&page=1&position=42&uuid=69a0e723-57ea-45ca-a986-9e7fd46e4249](https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-vertical-shot-taj-mahal-building-agra-india-clear-sky_11063235.htm#fromView=search&page=1&position=42&uuid=69a0e723-57ea-45ca-a986-9e7fd46e4249)



[https://www.freepik.com/free-photo/mesmerizing-shot-famous-historic-taj-mahal-agra-india\\_10399340.htm#fromView=search&page=1&position=38&uuid=69a0e723-57ea-45ca-a986-9e7fd46e4249](https://www.freepik.com/free-photo/mesmerizing-shot-famous-historic-taj-mahal-agra-india_10399340.htm#fromView=search&page=1&position=38&uuid=69a0e723-57ea-45ca-a986-9e7fd46e4249)

Saurer Regen beeinträchtigt auch das künstlerische, historische und kulturelle Erbe. Er korrodiert nicht nur die Metallelemente von Gebäuden und Infrastrukturen, sondern verschlechtert auch das äußere Erscheinungsbild von Denkmälern.

Der größte Schaden entsteht an kalkhaltigen Konstruktionen, wie z. B. Marmor, die sich durch die Einwirkung von Säuren und Wasser allmählich auflösen.

# Auswirkungen des sauren Regens



[https://www.freepik.com/free-photo/statue-liberty-closeup-new-york-city-manhattan\\_26743957.htm#fromView=search&page=1&position=13&uuid=4c2dbdd2-f703-4a87-bb6c-4d5e4f897983](https://www.freepik.com/free-photo/statue-liberty-closeup-new-york-city-manhattan_26743957.htm#fromView=search&page=1&position=13&uuid=4c2dbdd2-f703-4a87-bb6c-4d5e4f897983)

Auch die Freiheitsstatue, die aus Kupfer besteht, ist durch die kumulative Wirkung von saurem Regen und Oxidation seit über 30 Jahren geschädigt und wird daher grün.



27-



# Auswirkungen des saure



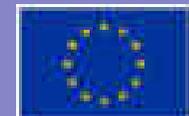
28-



[https://www.freepik.com/free-photo/closeup-shot-rust-mossy-stone-statue-female\\_9076603.htm#fromView=search&page=1&position=26&uuid=c9fc53ad-3c28-45d2-97d5-6c85f577de1a](https://www.freepik.com/free-photo/closeup-shot-rust-mossy-stone-statue-female_9076603.htm#fromView=search&page=1&position=26&uuid=c9fc53ad-3c28-45d2-97d5-6c85f577de1a)

Säureablagerungen beschädigen physische Strukturen wie Gebäude aus Kalkstein und Autos.

Und wenn er die Form von einatembarem Nebel annimmt, kann saurer Niederschlag gesundheitliche Probleme wie Augenreizungen und Asthma verursachen.



# Was kann getan werden?

Die einzige Möglichkeit, den sauren Regen zu bekämpfen, besteht darin, die Freisetzung der Schadstoffe, die ihn verursachen, einzudämmen. Das bedeutet, dass weniger fossile Brennstoffe verbrannt und Normen für die Luftqualität festgelegt werden müssen.

Da wir die Hauptverursacher sind, liegt die Lösung des Problems der Versauerung der Umwelt in den Händen der Menschen: Um den sauren Regen einzudämmen, ist es unerlässlich, die Schadstoffemissionen zu verringern. Dazu bedarf es eines Engagements auf Regierungs- und Unternehmensebene, um eine Reihe von Maßnahmen voranzutreiben:



[https://www.freepik.com/free-vector/flat-design-carbon-neutral-illustration\\_26408501.htm#fromView=search&page=4&position=20&uuiid=c341364b-2afc-4a6d-bad9-84f91a93e170](https://www.freepik.com/free-vector/flat-design-carbon-neutral-illustration_26408501.htm#fromView=search&page=4&position=20&uuiid=c341364b-2afc-4a6d-bad9-84f91a93e170)



30-

# Was kann getan werden?

- Filtern und entgiften Sie das von den Fabriken verwendete Wasser, bevor Sie es in die Flüsse zurückleiten.
- Verringerung des Schadstoffausstoßes der Industrie.
- Förderung der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien anstelle von fossilen Brennstoffen.
- Senkung des Energieverbrauchs von Fabriken und Unternehmen.
- Förderung von Innovationen und neuen Technologien zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Entwicklung erneuerbarer Energien.
- Pflanzen Sie Bäume, um verschmutzte Luft zu absorbieren.
- Sensibilisierung der Bevölkerung für die Bedeutung der Reduzierung des Energieverbrauchs in den Haushalten.
- Förderung der Nutzung von Elektrofahrzeugen und anderen umweltfreundlichen Fahrzeugen, wie z. B. Fahrrädern.

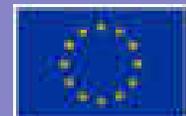




31-

# Quellen

- ❖ <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/acid-rain>
- ❖ [https://www.activesustainability.com/climate-change/what-is-acid-rain/?\\_adin=02021864894](https://www.activesustainability.com/climate-change/what-is-acid-rain/?_adin=02021864894)
- ❖ <https://www.iberdrola.com/sustainability/acid-rain>
- ❖ <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/>
- ❖ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8789185/>





# Kontakt

# IEK Kavallas

Telefon Nummer: +30 2510233202  
Fax-Nummer: +30 2510233202  
E-Mail Adresse: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)

<http://iek-kaval.kav.sch.gr>

Name des Vortragenden:

Kalliopi Ntolou

Lehrer für Mechanik und Ingenieurwesen

Tel: +30 6937222697

E-Mail: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)



# MINT lernen

*Innovatives Modell  
für MINT-Lernen  
in weiterführenden Schulen*

Schulische Bildung  
ERASMUS+

KA220-SCH -  
Kooperationspartnerschaften  
in der Schulbildung

**Referenznummer:**

2022-1-TR01-KA220-SCH-000087583

**Laufzeit:**

31.12.2022 bis 30.12.2024 (24  
Monate)



## LearnSTEM

*Innovatives Modell zum Erlernen von STEM  
in weiterführenden Schulen*

## Lernressourcen

### Thema II: "Verschmutzung"

**Lerneinheit:**

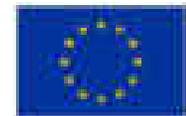
### "Düngemittel, saurer Regen und Algenwachstum" von Griechenland



IEK Kavala, Kavala, Griechenland

Kalliopi Ntolou

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



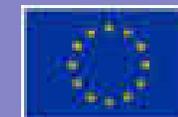
Co-funded by  
the European Union



2-

# Inhalt

1. Was sind Algen?
2. Verschmutzung durch Nährstoffe
3. Eutrophierung: Umfang, Ursachen und Folgen
4. Anthropogene Eutrophierung
5. Schädliche Algenblüten
6. Saurer Regen und Algenwachstum
7. Wie können wir die Nährstoffverschmutzung reduzieren?



# Was sind Algen?

Algen kommen in verschiedenen Lebensräumen vor, von Ozeanen, Flüssen und Seen bis hin zu Teichen, Brackwasser und sogar Schnee.

Algen sind in der Regel grün, es gibt sie aber auch in vielen anderen Farben.

So enthalten die im Schnee lebenden Algen neben Chlorophyll auch Carotinoid-Pigmente, die dem Schnee einen unverwechselbaren roten Farbton verleihen.



3-

Foto von <https://stockcake.com/s?q=sea%20algae>

# Was sind Algen?

Algen sind also eine vielfältige Gruppe einzelliger, pflanzenähnlicher Organismen, die in einer Vielzahl von Lebensräumen vorkommen. Sie sind photoautotrophe Zellen, die Chlorophyll enthalten, einfache Fortpflanzungsstrukturen haben und deren Gewebe nicht durch Wurzeln, Stämme oder Blätter differenziert ist.

Der Begriff Algen umfasst eine Vielzahl von Organismen, die durch Photosynthese Sauerstoff produzieren. Man schätzt, dass etwa 70-80 % des Sauerstoffs, den wir einatmen, von diesen Organismen produziert wird. Außerdem liefern Algen Nahrung für Fische und andere Wassertiere.



4-

Foto von <https://stockcake.com/s/sea-algae/2>>Stockcake</a>

# Größenbereich und Vielfalt der Struktur

Der Größenbereich der Algen erstreckt sich über sieben Größenordnungen.

Viele Algen bestehen aus nur einer Zelle, während die größten Millionen von Zellen haben. In großen, makroskopischen Algen sind Gruppen von Zellen auf bestimmte Funktionen wie Verankerung, Transport, Photosynthese und Fortpflanzung spezialisiert; eine solche Spezialisierung deutet auf ein gewisses Maß an Komplexität und evolutionärem Fortschritt hin.

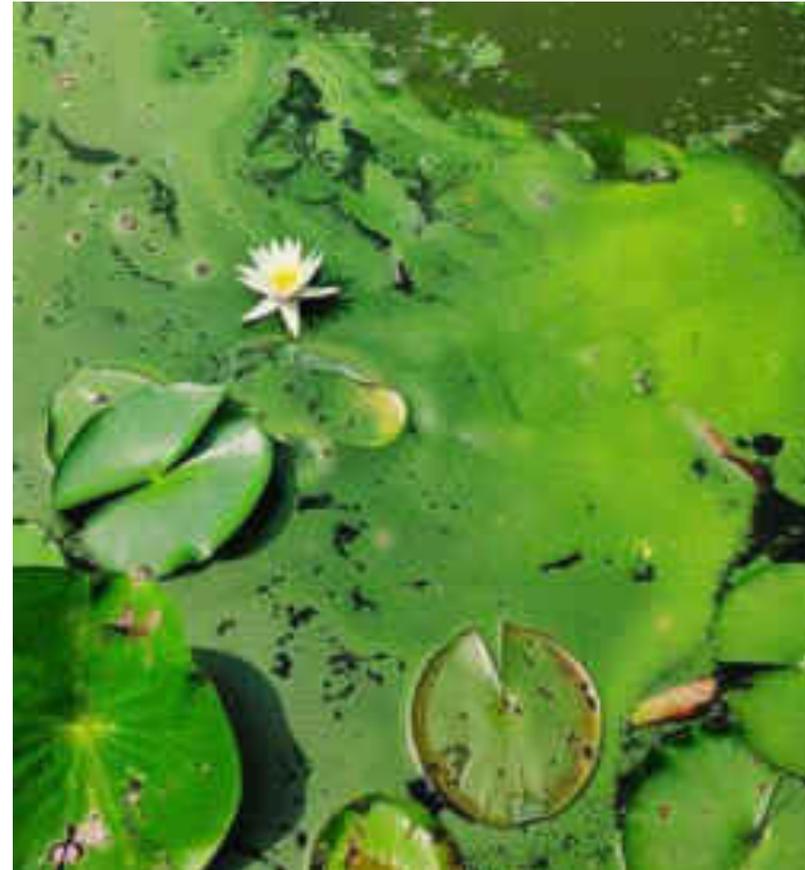


Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20bloom>

# Größenbereich und Vielfalt der Struktur

Die Algen lassen sich anhand der Morphologie ihres vegetativen oder wachsenden Zustands in mehrere Typen unterteilen. Bei fadenförmigen Formen sind die Zellen in Ketten wie Perlenschnüre angeordnet. Einige Fäden (z. B. *Spirogyra*) sind unverzweigt, während andere (z. B. *Stigeoclonium*) verzweigt und buschförmig sind. Bei vielen Rotalgen (z. B. *Palmaria*) bilden zahlreiche benachbarte, seitlich verbundene Fäden die grobe morphologische Form der Alge. Parenchymatöse (gewebeartige) Formen, wie der Riesentang (*Macrocystis*), können viele Meter lang werden. Coenozytäre Formen von Algen, wie die Grünalge *Codium*, wachsen zu ziemlich großen Größen heran, ohne ausgeprägte Zellen zu bilden. Coenocytische Algen sind im Wesentlichen einzellige, vielkernige Algen, bei denen das Protoplasma (Zytoplasma- und Kerninhalt einer Zelle) nicht durch Zellwände gegliedert ist. Einige Algen haben Geißeln und schwimmen durch das Wasser.



6-

Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20bloom> Stockcake

# Verbreitung und Häufigkeit

Algen sind auf der ganzen Welt nahezu allgegenwärtig und können ökologisch nach ihren Lebensräumen kategorisiert werden.

- ❖ Planktonische Algen sind mikroskopisch klein und wachsen schwebend im Wasser, während neustonische Algen auf der Wasseroberfläche wachsen und mikro- oder makroskopisch sein können.
- ❖ Kryophile Algen kommen in Schnee und Eis vor (siehe roter Schnee);
- ❖ Thermophile Algen leben in heißen Quellen;
- ❖ Edaphische Algen leben auf oder im Boden; epizoische Algen wachsen auf Tieren, wie Schildkröten und Faultieren;



Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20snow>>Stockcake</a>

# Verbreitung und Häufigkeit

- ❖ Epiphytische Algen wachsen auf Pilzen, Landpflanzen oder anderen Algen;
- ❖ Corticolus-Algen wachsen auf der Rinde von Bäumen;
- ❖ epilithische Algen leben auf Felsen;
- ❖ Endolithische Algen leben in porösen Felsen oder Korallen;
- ❖ und chasmolithische Algen wachsen in Felsspalten.

Einige Algen leben in anderen Organismen und werden im Allgemeinen als Endosymbionten bezeichnet. Konkret leben endozoische Endosymbionten in Protozoen oder Tieren wie Schnecken mit Schale, während endophytische Endosymbionten in Pilzen, Pflanzen oder anderen Algen leben.

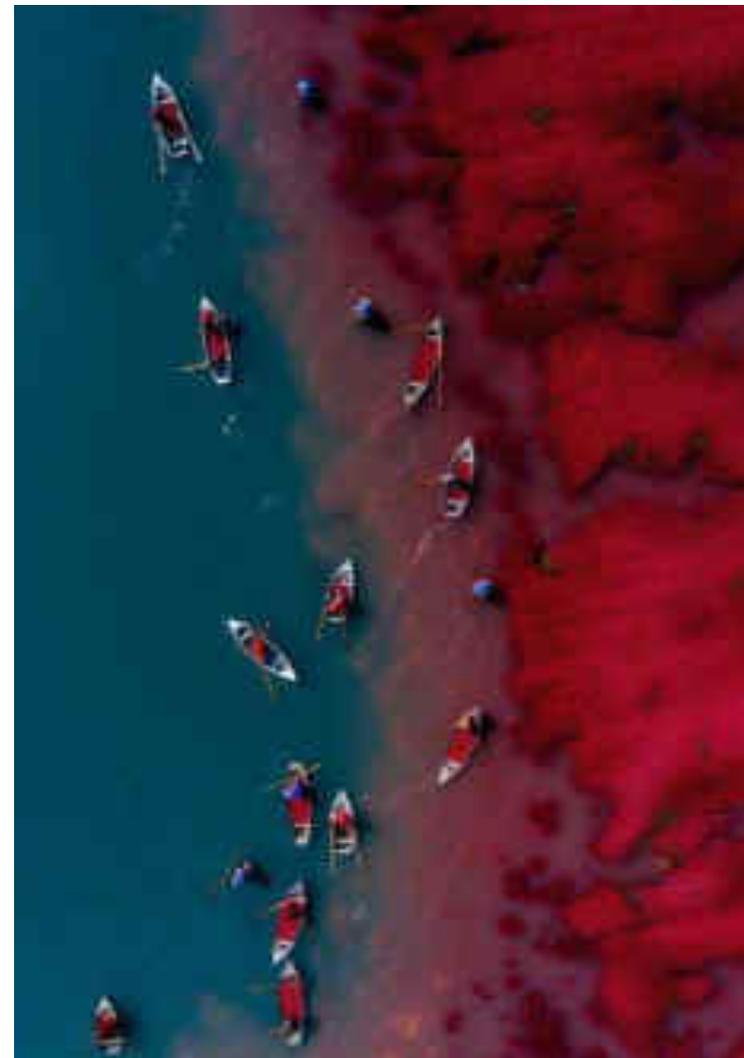


Foto von <https://stockcake.com/s?q=red%20algae%20>>Stockcake</a>

# Verbreitung und Häufigkeit

Die Häufigkeit und Vielfalt von Algen variiert von einer Umgebung zur anderen, so wie die Häufigkeit und Vielfalt von Landpflanzen von tropischen Wäldern bis zu Wüsten variiert. Die terrestrische Vegetation (Pflanzen und Algen) wird vor allem durch Niederschlag und Temperatur beeinflusst, während die aquatische Vegetation (hauptsächlich Algen) vor allem durch Licht und Nährstoffe beeinflusst wird.

Wenn Nährstoffe im Überfluss vorhanden sind, wie es in einigen verschmutzten Gewässern der Fall ist, kann die Anzahl der Algenzellen so groß werden, dass auffällige Algenflecken entstehen, die als "Blüte" oder "rote Flut" bezeichnet werden und den Sauerstoffgehalt im Wasser verringern und Wassertiere und Wasservögel vergiften können.

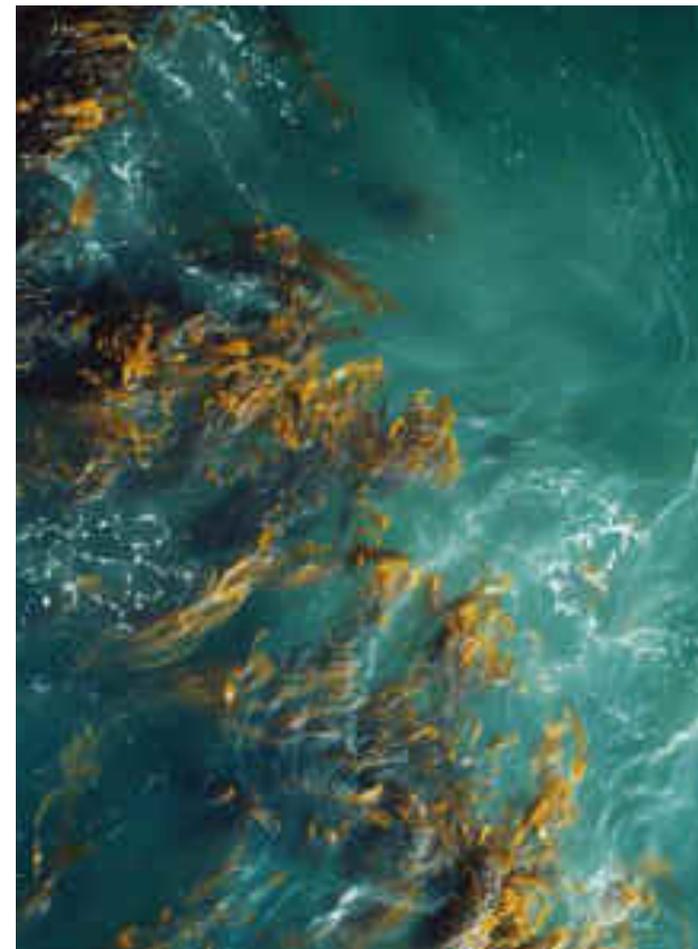


Foto von [https://stockcake.com/i/oceanic-seaweed-dance\\_180512\\_31020](https://stockcake.com/i/oceanic-seaweed-dance_180512_31020)>Stockcake</a>



# Verschmutzung durch Nährstoffe

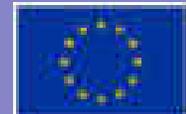
Bei der Nährstoffverschmutzung werden den Gewässern zu viele Nährstoffe, vor allem Stickstoff und Phosphor, zugeführt, die wie Düngemittel wirken und ein übermäßiges Algenwachstum verursachen können.

10-

In städtischen Gebieten, in denen Rasen- und Gartendünger verwendet werden, können Nährstoffe aus dem Boden abfließen.

Die Verschmutzung durch Nährstoffe ist eines der am weitesten verbreiteten, kostspieligsten und schwierigsten Umweltprobleme.

Nährstoffe sind chemische Elemente, die alle lebenden Organismen - Pflanzen und Tiere - zum Wachstum benötigen. Wenn zu viel Stickstoff und Phosphor in die Umwelt gelangen - in der Regel durch eine Vielzahl menschlicher Aktivitäten - können Luft und Wasser verschmutzt werden.



# Quellen der Nährstoffverschmutzung

Die Hauptquellen der Nährstoffverschmutzung sind Düngemittel, tierische Exkrememente, Einleitungen aus Kläranlagen, Reinigungsmittel, Regenwasserabfluss, Autos und Kraftwerke, defekte Klärgruben und Haustierabfälle.

Mancherorts tragen Nährstoffe aus Reihenkulturen, Großbetrieben und Kraftfutterbetrieben am meisten zur Nährstoffbelastung bei.

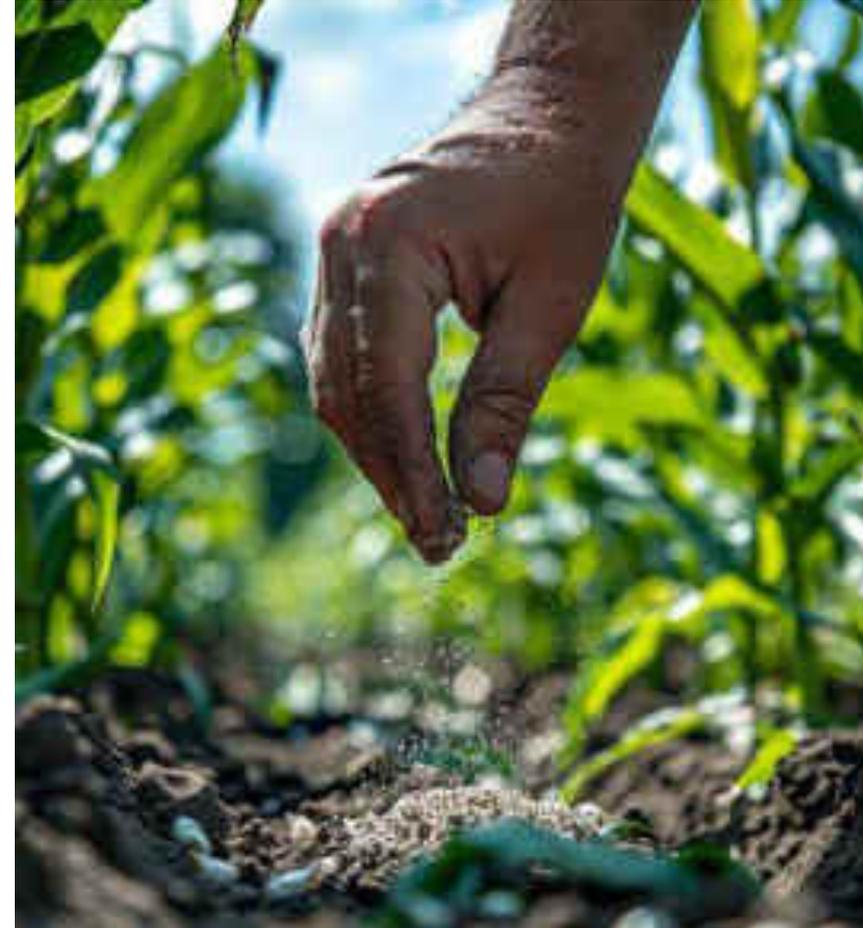


Foto von <https://stockcake.com/s/fertilizer-bags>>Stockcake</a>

# Quellen der Nährstoffverschmutzung

Seitdem die Menschen in der Nähe von Gewässern leben, haben sie diese auch genutzt, um Abfälle und Schadstoffe der Gesellschaft wegzuspülen und zu verdünnen.

Doch mit der wachsenden Bevölkerung, der zunehmenden Produktion und dem steigenden Verbrauch hat diese lange Tradition, Abfälle flussabwärts zu spülen, dazu geführt, dass die Reinigungskapazität der Gewässer der Erde überfordert ist.

Der Eintrag von Schadstoffen hat in den letzten Jahrzehnten zugenommen, was zu einer Verschlechterung der Wasserqualität in vielen Flüssen, Seen und Küstenmeeren geführt hat.

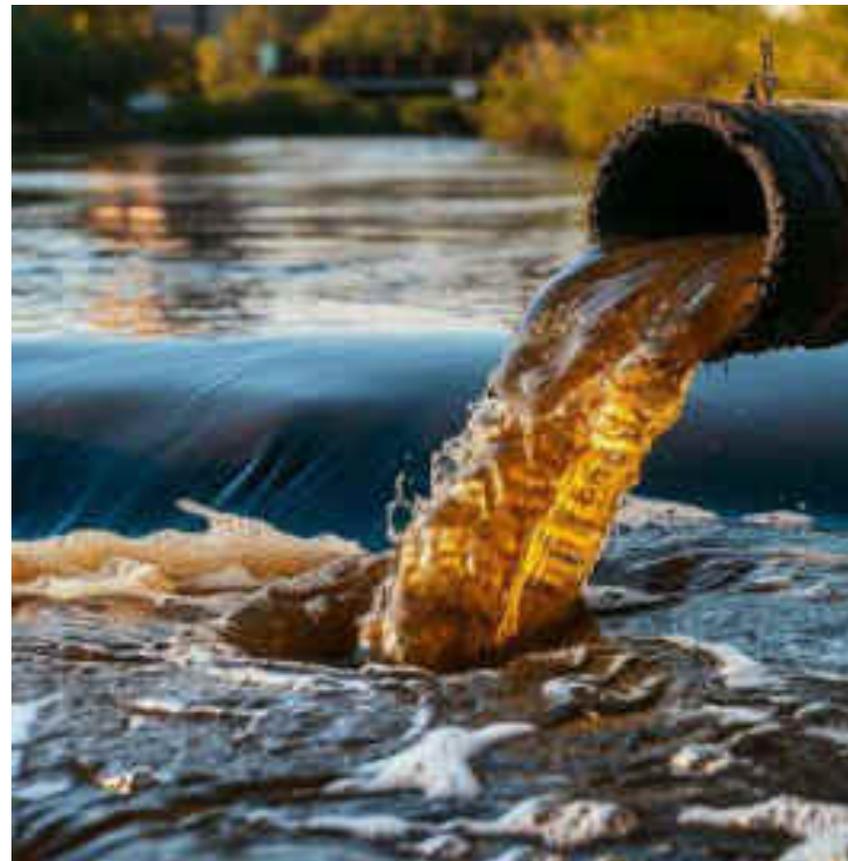


Foto von <https://stockcake.com/s?q=water%20pollution>



# Quellen der Nährstoffverschmutzung

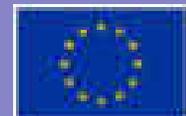
Die häufigste Beeinträchtigung von Oberflächengewässern ist Eutrophierung durch übermäßige Einträge verursacht von Phosphor (P) und Stickstoff (N). Beeinträchtigte Gewässer sind definiert als solche, die nicht für bestimmte Zwecke wie Trinkwasser, Bewässerung, Industrie, Erholung oder Fischerei geeignet sind.

Die Eutrophierung macht etwa die Hälfte der beeinträchtigten Seen und 60 % der beeinträchtigten Flüsse aus und ist auch das am weitesten verbreitete Verschmutzungsproblem.

13-



Foto von <https://stockcake.com/s/water-pollution/2>>Stockcake</a>



# Eutrophierung: Umfang und Ursachen

Eutrophierung bedeutet die Befruchtung von Oberflächen- und

Gewässern durch Nährstoffe, die zuvor knapp waren.

Heute wird dieser Prozess durch menschliche Aktivitäten erheblich beschleunigt.

Die Eutrophierung von Süßwasser ist seit Jahrzehnten ein wachsendes Problem.

Sowohl die P- als auch die N-Versorgung tragen dazu bei, obwohl für viele Seen ein übermäßiger P-Eintrag die Hauptursache ist.



14-

Foto von <https://stockcake.com/s?q=polluted%20lake>

# Eutrophierung: Umfang und Ursachen

15-

In den letzten 50 Jahren hat sich die Eutrophierung - die Überanreicherung des Wassers mit Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor - als eine der Hauptursachen für die Beeinträchtigung der Wasserqualität herausgestellt.

Die beiden akutesten Symptome der Eutrophierung sind Hypoxie (oder Sauerstoffmangel) und schädliche Algenblüten, die unter anderem das Leben im Wasser in den betroffenen Gebieten zerstören können.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20pollution%20process>>Stockcake</a>

# Konsequenzen

Die Eutrophierung hat viele negative Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme. Die vielleicht sichtbarste Folge ist die Vermehrung von Algen, die das Wasser trübgrün färben und flache Oberflächen mit Teichschlamm überziehen können. Dieses verstärkte Wachstum von Algen und auch von Wasserunkräutern kann die Wasserqualität verschlechtern und die Nutzung des Wassers für Fischerei, Erholung, Industrie, Landwirtschaft und Trinkwasser beeinträchtigen.

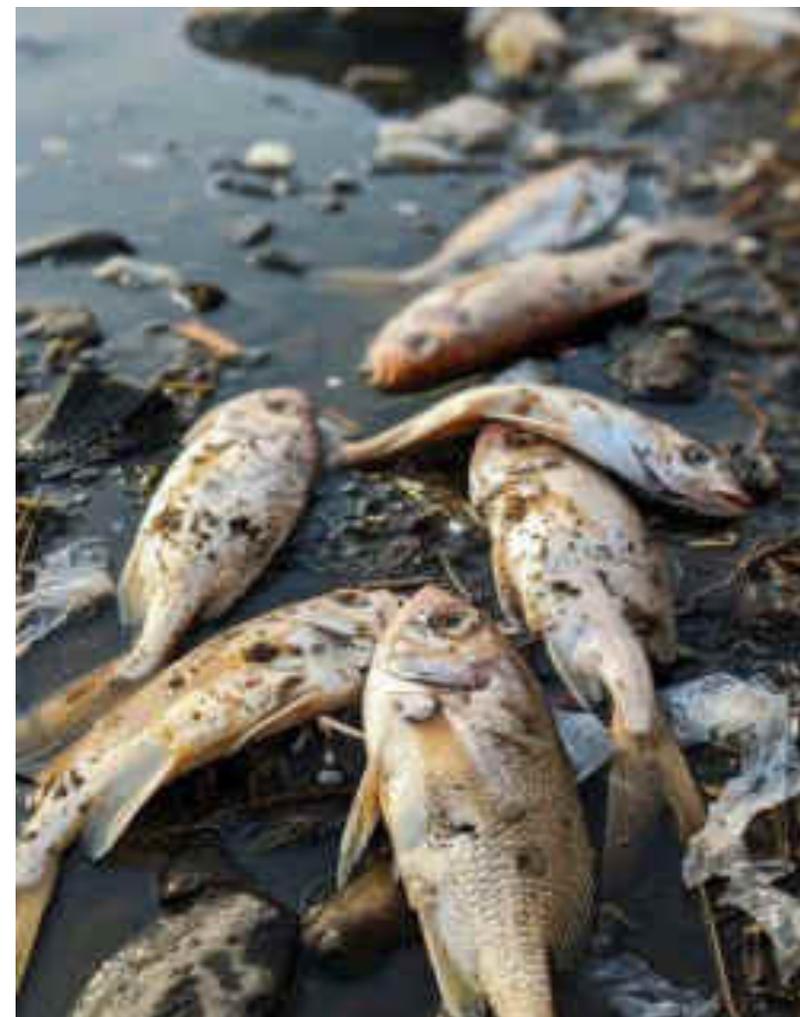


Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20dead%20fish>>Stockcake</a>



# Konsequenzen

Das Absterben von übermäßig vielen Schadpflanzen,  
die bakteriellen Zersetzer vermehren sich;  
bei der Zersetzung des Pflanzenmaterials,  
die Bakterien verbrauchen mehr gelösten Sauerstoff aus dem  
Wasser.

Die Folge kann Sauerstoffmangel sein, der die Fische  
tötet. Eutrophierung kann zum Verlust von Lebensräumen führen,  
wie

als Wasserpflanzenbeete in Süß- und Meeresgewässern und  
Korallenriffen an tropischen Küsten.

Eutrophierung

spielt eine Rolle beim Verlust der aquatischen Artenvielfalt.

17-



Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20dead%20fish>



# Anthropogene Eutrophierung

Die anthropogene Eutrophierung wird durch menschliche Aktivitäten verursacht - landwirtschaftliche Betriebe, Golfplätze, Rasenflächen usw. werden vom Menschen mit Nährstoffen in Form von Düngemitteln versorgt. Diese Düngemittel werden durch Regenfälle weggespült und gelangen schließlich in Gewässer wie Seen und Flüsse.

Wenn die Düngemittel in ein wässriges Ökosystem eingebracht werden, liefern sie Algen und Plankton reichlich Nährstoffe, was zur Eutrophierung des Gewässers führt.



18-

Foto von <a href="https://stockcake.com/s?q=algae%20bloom">Stockcake</a>

# Anthropogene Eutrophierung

Die Überbevölkerung führt zu einem enormen Bedarf an industrieller und landwirtschaftlicher Expansion, was wiederum zur Abholzung der Wälder führt. Dadurch erodiert der Boden leichter, was zu vermehrten Bodenablagerungen in Gewässern führt. Ist der Boden reich an Phosphor, kann dies zu Eutrophierung führen und das Ökosystem in und um das Gewässer schwer schädigen.

Wenn Abwasserrohre und Industrieabfälle in Gewässer geleitet werden, erhöhen die in den Abwässern und anderen Abfällen enthaltenen Nährstoffe die Eutrophierungsrate.

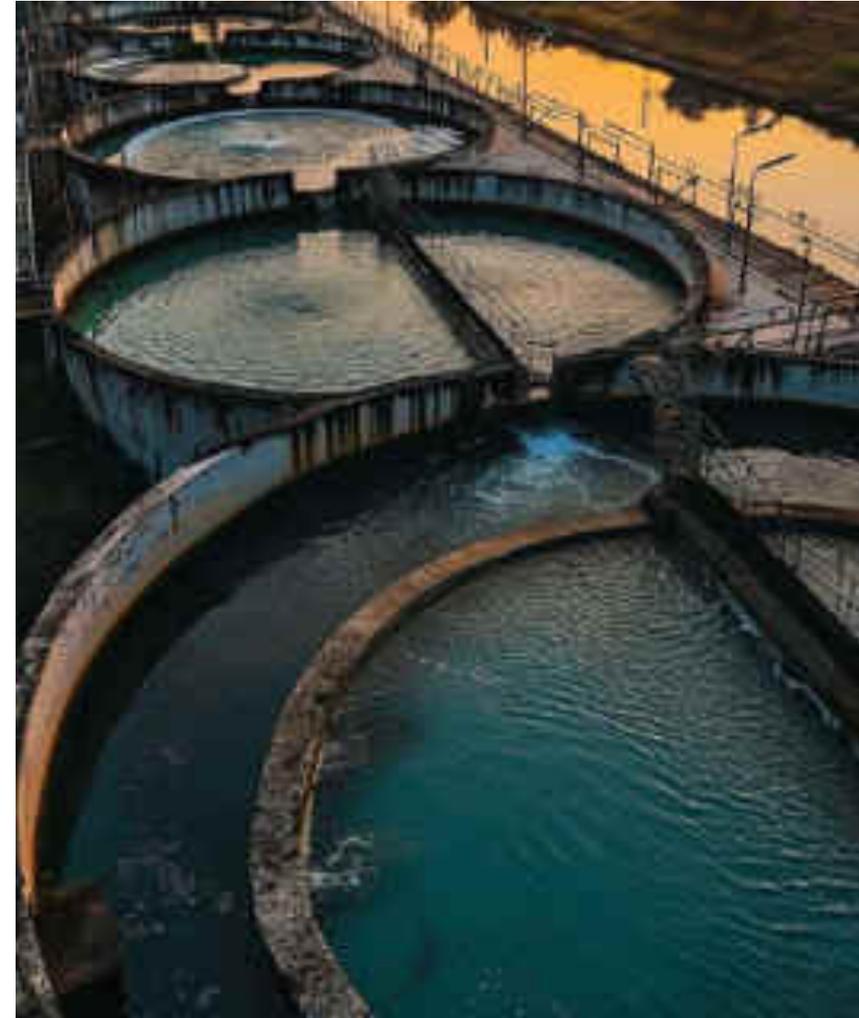
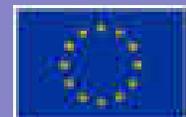


Foto von [https://stockcake.com/i/sewage-treatment-sunset\\_104928\\_8130](https://stockcake.com/i/sewage-treatment-sunset_104928_8130)>Stockcake</a>



19-



# Schädliche Algenblüten

Schädliche Algenblüten können zu Fischsterben, menschlichen Erkrankungen durch Schalentiervergiftungen und zum Tod von Meeressäugern und Küstenvögeln führen. Schädliche Algenblüten werden oft als "rote Gezeiten" oder "braune Gezeiten" bezeichnet, weil das Wasser bei diesen Blüten so aussieht.

Ein Ereignis der roten Flut, das 1998 in der Nähe von Hongkong auftrat, vernichtete 90 Prozent des gesamten Bestands der Fischfarmen in Hongkong und verursachte einen geschätzten wirtschaftlichen Verlust von 40 Millionen US-Dollar.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=harmful%20algae%20bloom>>Stockcake</a>

# Hypoxie

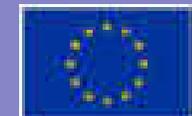


21-



Foto von [https://stockcake.com/i/harvesting-river-algae\\_980866\\_1126444](https://stockcake.com/i/harvesting-river-algae_980866_1126444)>Stockcake</a>

Hypoxie, die als das schwerwiegendste Symptom der Eutrophierung gilt, tritt auf, wenn Algen und andere Organismen absterben, auf den Grund sinken und von Bakterien unter Verbrauch des verfügbaren gelösten Sauerstoffs zersetzt werden.



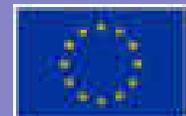


# Hypoxie

Salinitäts- und Temperaturunterschiede zwischen Oberflächen- und Untergrundwasser führen zu einer Schichtung, die die Sauerstoffzufuhr aus dem Oberflächenwasser begrenzt und Bedingungen schafft, die zur Bildung einer hypoxischen oder "toten" Zone führen können.

Die Bildung toter Zonen kann zu Fischsterben und benthischer Sterblichkeit führen. Da benthische Organismen am Boden leben und aus sauerstoffarmen Zonen nicht einfach fliehen können, sind sie oft am stärksten betroffen.

22-





# Woher kommen die Nährstoffe?

Die Nährstoffverschmutzung in Süßwasser- und Küstengebieten stammt aus vielen verschiedenen Quellen, darunter Landwirtschaft, Aquakultur, Klärgruben, kommunale Abwässer, Regenwasserabfluss, Industrie und die Verbrennung fossiler Brennstoffe.

Nährstoffe gelangen über die Luft, das Oberflächenwasser oder das Grundwasser in aquatische Ökosysteme.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=aquaculture%20pollution>>Stockcake</a>

# Landwirtschaftliche Quellen

24-

Zu den landwirtschaftlichen Nährstoffquellen gehören die Auswaschung von Düngemitteln und der Abfluss von landwirtschaftlichen Feldern, Gülle und Aquakulturen.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=fertilizers%20agriculture>



# Chemische Düngemittel

Zwischen 1960 und 1990 hat sich der weltweite Einsatz von synthetischem Stickstoffdünger mehr als versiebenfacht, während sich der Phosphorverbrauch mehr als verdreifacht hat. Studien haben gezeigt, dass Düngemittel oft über den Bedarf der Pflanzen hinaus eingesetzt werden. Die überschüssigen Nährstoffe gehen durch Verflüchtigung (wenn Stickstoff in der Atmosphäre in Form von Ammoniak verdampft), Oberflächenabfluss und Versickerung ins Grundwasser verloren.

Im Durchschnitt gehen etwa 20 Prozent des Stickstoffdüngers durch Oberflächenabfluss oder Versickerung ins Grundwasser verloren. Synthetischer Stickstoffdünger und Stickstoff in Dung, der auf Feldern ausgebracht wird, verflüchtigt sich ebenfalls. Unter bestimmten Bedingungen können bis zu 60 Prozent des auf die Pflanzen ausgebrachten Stickstoffs durch Verflüchtigung in die Atmosphäre gelangen, in der Regel liegen die Verflüchtigungsverluste bei 40 Prozent oder weniger.

Ein Teil des verflüchtigten Ammoniaks wird durch atmosphärische Ablagerungen wieder in die Wasserläufe eingetragen. Phosphor, der sich an den Boden bindet, geht im Allgemeinen durch Bodenerosion von landwirtschaftlichen Flächen verloren.



# Aquakultur

Die Aquakultur (Fischzucht) ist eine weitere wachsende Quelle der Nährstoffverschmutzung. Die jährliche Aquakulturproduktion ist in zwanzig Jahren weltweit um 600 Prozent gestiegen. Heute werden fast 43 Prozent der gesamten Aquakulturproduktion in Meeres- oder Brackwasserumgebungen betrieben, der Rest in Süßwasserseen, Flüssen und künstlichen Teichen. Diese Betriebe erzeugen konzentrierte Mengen an Stickstoff und Phosphor aus Exkrementen, nicht gefressenem Futter und anderen organischen Abfällen.

Bei unsachgemäßer Bewirtschaftung können Aquakulturbetriebe schwerwiegende Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme haben, da Nährstoffabfälle direkt in die umliegenden Gewässer eingeleitet werden.



26-



Foto von [https://stockcake.com/i/aquaculture-ocean-farm\\_504583\\_954244](https://stockcake.com/i/aquaculture-ocean-farm_504583_954244)>Stockcake</a>



# Städtische und industrielle Quellen

Kommunale Kläranlagen und industrielle Abwassereinleitungen, Stickstoffauswaschungen aus unterirdischen Klärgruben und Regenwasserabfluss sind einige der städtischen und industriellen Quellen der Nährstoffverschmutzung.

Kommunale und industrielle Quellen gelten als "Punktquellen" der Nährstoffverschmutzung, da sie Nährstoffe über eine Rohrleitung oder eine andere diskrete Leitung direkt in Oberflächengewässer oder Grundwasser einleiten.

Sie sind in der Regel die am besten kontrollierbaren Nährstoffquellen und werden in den Industrieländern häufig reguliert.



Foto von [https://stockcake.com/i/urban-water-discharge\\_666747\\_1143252](https://stockcake.com/i/urban-water-discharge_666747_1143252)>Stockcake</a>



# Städtische und industrielle Quellen



28-



Foto von <https://stockcake.com/s?q=infographic%20industrial%20water%20pollution>>Stockcake</a>

Die häufigste städtische Quelle der Nährstoffverschmutzung sind menschliche Abwässer, deren Bedeutung jedoch je nach Region und Land variiert.

Regenwasserabfluss ist eine weitere wichtige Quelle für Nährstoffe aus städtischen Gebieten. Bei Regenfällen werden Nährstoffe von Rasenflächen und undurchlässigen Oberflächen in nahe gelegene Flüsse und Bäche gespült.



# Städtische und industrielle Quellen



Foto von <https://stockcake.com/s?q=bucher%20sewage>>Stockcake</a>

Was die industriellen Quellen der Nährstoffverschmutzung betrifft, so sind bestimmte Industriezweige größere Quellen als andere. Zellstoff- und Papierfabriken, die Lebensmittel- und Fleischverarbeitung, die Agrarindustrie und die direkte Einleitung von Abwässern aus der Schifffahrt sind einige der größeren Quellen der industriellen Nährstoffverschmutzung.

# Städtische und industrielle Quellen

Wie bereits erläutert, wachsen Algen auf natürliche Weise in Teichen, Seen, Meeren usw. und sind ein normaler Bestandteil des Ökosystems dieser Gebiete.

30-



Foto von [https://stockcake.com/i/underwater-seaweed-serenity\\_1064231\\_620425](https://stockcake.com/i/underwater-seaweed-serenity_1064231_620425)>Stockcake</a>

# Städtische und industrielle Quellen



Foto von <https://stockcake.com/s?q=underwater%20seaweeds>>Stockcake</a>

31-

Bestimmte Schadstoffe können jedoch das Wachstum von Algen beeinträchtigen. Phosphor ist einer der wichtigsten Nährstoffe für das Pflanzenwachstum. Gelangt jedoch zu viel Phosphor in einen Teich, Fluss oder See, kann dies zu einem explosionsartigen Wachstum der Algen und anderer Wasserpflanzen führen. Sie verbrauchen den gesamten Sauerstoff im Wasser und lassen andere Lebensformen wie Frösche und Fische ersticken.



# Städtische und industrielle Quellen

Saurer Regen ist ein weiterer problematischer Schadstoff. Wenn der pH-Wert des Wassers außerhalb des normalen Bereichs liegt, tötet er die Algen und andere Lebewesen ab.

Saurer Regen erhöht den Säuregehalt des Seewassers. Dies führt zu Veränderungen in der Pflanzen- und Tierwelt, die natürlicherweise im See vorkommt.

Ein säurebelasteter See ist in der Regel sehr klar, mit Fadenalgen am Grund und reduziertem Fischbestand.



32-

Foto von <a href="https://stockcake.com/i/contrasted-natural-harmony\_259470\_51034">Stockcake</a>



# Städtische und industrielle Quellen

Saurer Regen verringert den verfügbaren Kohlenstoff in einem aquatischen Ökosystem und macht den Wasserkörper saurer. Dadurch verschiebt sich die Artenzusammensetzung der Algen zu ausschließlich acidophilen (säuretoleranten) Formen.

Ein Anstieg des Säuregehalts des Wassers führt zunächst zu einer allgemeinen Zunahme der Algen.

Ein hoher Säuregehalt des Wassers aufgrund der Verschmutzung durch säurebildende Chemikalien oder durch sauren Regen führt jedoch zu einem Rückgang der Planktonalgen im Wasserkörper.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=acid%20rain>



33-



# Städtische und industrielle Quellen



Foto von <https://stockcake.com/s?q=fertilizer%20growth>

34-

Landwirte düngen ihre Felder, um das Wachstum ihrer Pflanzen zu fördern. Wenn aber zu viel Wasser von den Feldern abfließt, wird dieser Dünger zu einem Schadstoff in den nahe gelegenen Bächen und Flüssen.

# Wie können wir die Nährstoffverschmutzung reduzieren?

Eine wichtige Lösung für das Problem der Eutrophierung liegt in der Einführung nachhaltigerer landwirtschaftlicher Praktiken. Die Ausbringung von Düngemitteln in der richtigen Menge, zur richtigen Jahreszeit und mit der richtigen Methode kann die Menge an Düngemitteln, die in die Gewässer gelangt, erheblich reduzieren.

Indem man Tiere und ihre Abfälle aus den Bächen fernhält, werden Stickstoff und Phosphor aus dem Wasser ferngehalten und die Flussufer geschützt.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=algae%20growth>



# Quellen

<https://layers-of-learning.com/algae-and-pollution/>

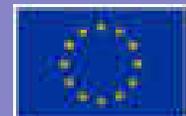
<https://www.wri.org/initiatives/eutrophication-and-hypoxia/learn>

<https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/issue3.pdf>

<https://byjus.com/chemistry/eutrophication/>

<https://www.epa.gov/>

<https://www.biologyonline.com/dictionary/algae>





# Kontakt

**IEK** Kavalas

Telefon Nummer: +30 2510233202  
Fax-Nummer: +30 2510233202  
E-Mail Adresse: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)

<http://iek-kaval.kav.sch.gr>

Name des Vortragenden:

Kalliopi Ntolou

Lehrer für Mechanik und Ingenieurwesen

Tel: +30 6937222697

E-Mail: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)



# MINT lernen

*Innovatives Modell  
für MINT-Lernen  
in weiterführenden Schulen*

Schulische Bildung  
ERASMUS+

KA220-SCH -  
Kooperationspartnerschaften  
in der Schulbildung

**Referenznummer:**

2022-1-TR01-KA220-SCH-000087583

**Laufzeit:**

31.12.2022 bis 30.12.2024 (24  
Monate)



## LearnSTEM

*Innovatives Modell zum Erlernen von STEM  
in weiterführenden Schulen*

## Lernressourcen

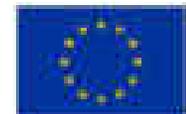
### Thema II: "Verschmutzung"

### Lerneinheit: "Schwefeldioxid vernichtet Pflanzen und Gebäude" von Griechenland



IEK Kavalas, Kavala, Griechenland  
Kalliopi Ntolou

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



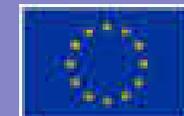
Co-funded by  
the European Union



2-

# Inhalt

1. Was ist Schwefeldioxid?
2. Woher kommt das Schwefeldioxid?
3. Wo sind die höchsten SO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Welt?
4. Welche Auswirkungen hat Schwefeldioxid auf die Umwelt?
5. Wie wirkt sich Schwefeldioxid auf die Gesundheit aus?
6. Wie können Menschen Schwefeldioxid ausgesetzt sein?
7. Auswirkungen von SO<sub>2</sub> auf die Vegetation
8. Auswirkungen von saurem Regen auf Gebäude
9. Wie können die Schwefeldioxidemissionen verringert werden?



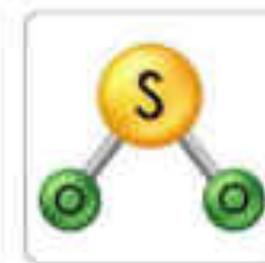
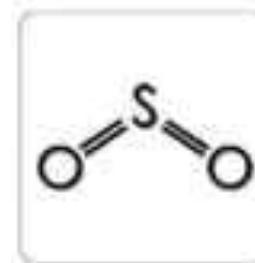
# Was ist Schwefeldioxid?

Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) ist ein schweres, farbloses und giftiges Gas mit einem stechenden und reizenden Geruch. Sein Geruch wird oft als ähnlich wie der eines verbrannten Streichholzes beschrieben. Das Gas bildet sekundäre Partikel, wenn es in Verbindung mit Wasserdampf zu Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) oxidiert. Außerdem reagiert es mit Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu einer anderen gefährlichen Verbindung, dem Ammoniumsulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ).

$\text{SO}_2$  trägt auch zum Schwefelsmog bei, der durch eine hohe Konzentration von Schwefeloxiden ( $\text{SO}_x$ ) in der Atmosphäre entsteht und durch Feuchtigkeit und Feinstaub noch verstärkt wird.



3-



[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-air-pollution-molecules\\_18921612.htm#fromView=search&page=1&position=5&uuid=a4c9cc91-a1c1-4a73-8a25-9d4259696f79](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-air-pollution-molecules_18921612.htm#fromView=search&page=1&position=5&uuid=a4c9cc91-a1c1-4a73-8a25-9d4259696f79)



# Woher kommt das Schwefeldioxid?

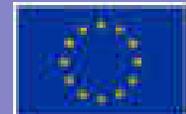
Schwefeldioxid kann gefährlich und giftig sein, und die Forschung hat gezeigt, dass es für Menschen und die Umwelt schädlich sein kann. Es kommt jedoch natürlich in der Umwelt vor, und wir verwenden es auf vielfältige Weise - von der Konservierung leckerer frischer Früchte bis zur Reinigung unserer Toiletten mit Bleichmitteln!



[https://www.freepik.com/free-photo/delicious-dry-fruit-market-sale\\_5500330.htm#fromView=search&page=3&position=8&uuid=57acada8-69cc-4ce9-b9f9-6e807ca9040a](https://www.freepik.com/free-photo/delicious-dry-fruit-market-sale_5500330.htm#fromView=search&page=3&position=8&uuid=57acada8-69cc-4ce9-b9f9-6e807ca9040a)



4-



# Was ist mit der natürlichen Umwelt?

Schwefeldioxid kann in der Umwelt natürlich vorkommen, und zwar durch geothermische Aktivitäten, d. h. durch Energie aus der Erdwärme, wie z. B. in heißen Quellen und Vulkanen. Schwefeldioxid entsteht auch, wenn die Vegetation an Land, in Feuchtgebieten und in den Ozeanen zerfällt oder sich auflöst.



[https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-scenery-fountain-paint-pot-yellowstone-wyoming\\_15327651.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=c76526ae-c5f1-4fbb-8883-8764a0df1d5e](https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-scenery-fountain-paint-pot-yellowstone-wyoming_15327651.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=c76526ae-c5f1-4fbb-8883-8764a0df1d5e)

5-

## Was ist mit der Industrie?

Industrien wie die Holzaufbereitung, die Papierherstellung, die Erdöl- und Metallraffination und die Metallverhüttung, insbesondere von sulfidhaltigen Erzen wie Blei, Silber und Zink, stoßen Schwefeldioxid in die Luft aus. Auch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, z. B. in Kohlekraftwerken, wird Schwefeldioxid freigesetzt.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=Sulphuric%20acid%20>Stockcake

## Wie sieht es mit dem Transport aus?

Schwefeldioxid kann in den Abgasen von Autos, Bussen und Lastwagen enthalten sein, die in die Atmosphäre abgegeben werden.

Wäre es nicht toll, wenn alle zu Fuß oder mit dem Fahrrad unterwegs wären?

Stellen Sie sich vor, wie viel weniger Schwefeldioxid sich in unserer Atmosphäre befinden würde!



Foto von <https://stockcake.com/s?q=cars%20smog> Stockcake



8-



Foto von <a href="https://stockcake.com/s?q=sulphur%20wine">Stockcake</a>

## Was ist mit den Produkten, die wir kaufen?

Zu den gängigen Produkten, die Schwefeldioxid enthalten, gehören Lebensmittel wie Trockenfrüchte, Obstkonserven, Konservierungsmittel sowie Wein, Bleichmittel, Desinfektionsmittel und Begasungsmittel, die zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt werden.





[https://www.freepik.com/free-vector/workers-providing-cleaning-service-public-spaces\\_8399915.htm#fromView=search&page=1&position=27&uuid=7cb18778-e9b1-4cc6-9265-1b41afcf269](https://www.freepik.com/free-vector/workers-providing-cleaning-service-public-spaces_8399915.htm#fromView=search&page=1&position=27&uuid=7cb18778-e9b1-4cc6-9265-1b41afcf269)

## Was sind die anderen Quellen?

Auch die Textilbleiche, Weinkellereien und die Begasung, bei der Obstbauern und Landwirte ihre Pflanzen besprühen, um Insekten fernzuhalten, sind Quellen von Schwefeldioxid.

# Was sind die anderen Quellen?

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schwefeldioxid in die Atmosphäre gelangt durch:

- Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl) für Hausbrand, Verkehr (Lokomotiven, Schiffe), Kraftwerke und andere Industrieanlagen
- Verhüttung von schwefelhaltigen Erzen (Eisenpyrit, Kupferkies)
- Natürliche vulkanische Aktivität



Foto von <https://stockcake.com/s?q=%20volcano>>Stockcake</a>

10-



# Wo sind die höchsten SO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Welt?

Die Schwefeldioxid-Hotspots der Welt sind:

- Indien ist der größte SO<sub>2</sub>-Emittent der Welt und trägt mit mehr als 21 % zu den weltweiten Emissionen bei, die hauptsächlich aus der Stromerzeugung auf Kohlebasis stammen.
- Russland ist der zweitgrößte SO<sub>2</sub>-Emittent und verursacht etwa 12 % der weltweiten Emissionen. Der größte Teil der SO<sub>2</sub>-Emissionen stammt aus Hüttenwerken (75%), gefolgt von Öl und Gas (15%) und Kohle (10%).
- China emittiert etwa 8 % der weltweiten SO<sub>2</sub>-Emissionen - hauptsächlich aus der Kohleverstromung, die weltweit die größte Kapazität hat.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Wohlstand der Länder und ihren Emissionstrends: Weniger wohlhabende Länder haben tendenziell schnellere Wachstumsraten bei den Schwefeldioxidemissionen, während Länder mit hohem Einkommen eher langsamere Wachstumsraten aufweisen.

11-





# Welche Auswirkungen hat Schwefeldioxid auf die Umwelt?

12-

Wie bereits erwähnt, ist Schwefeldioxid in der Lage, sich in Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) zu verwandeln, die ein Hauptbestandteil des sauren Regens ist. Saurer Regen hat viele schädliche Auswirkungen, wie z. B.:

- Versauerung aquatischer Ökosysteme (Seen, Flüsse, Feuchtgebiete), was die Artenvielfalt durch das Absterben von Pflanzen und Tieren verringert
- Abholzung durch Schädigung der Vegetation
- Entzug von wichtigen Nährstoffen (Kalzium, Aluminium, Magnesium) im Boden
- Korrodierende Gebäude und Materialien



# Welche Auswirkungen hat Schwefeldioxid auf die Umwelt?

SO<sub>2</sub> wird von der Umweltschutzbehörde als Schadstoff eingestuft und ist ein giftiges Gas, das eine Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit darstellt.

Schwefeldioxid kann schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt haben. Es wird von Böden und Pflanzen aufgenommen, was sich auf die Ökosysteme von Land und Wasser auswirkt, und es kann sogar in und unter Wolken gebunden werden, was die Wahrscheinlichkeit von saurem Regen erhöht.

Selbst geringe Mengen von Schwefeldioxid können Pflanzen und Bäume schädigen und ihr Wachstum verlangsamen, so dass die Landwirte weniger ernten können.



Foto von [https://stockcake.com/i/damaged-leaf-closeup\\_1151701\\_947816](https://stockcake.com/i/damaged-leaf-closeup_1151701_947816)>Stockcake</a>

## Luftqualität und Sichtbarkeit

SO<sub>2</sub> ist nur eines von mehreren Schwefeloxiden, die mit anderen Verbindungen in der Atmosphäre reagieren und Feinstaub bilden können. Dadurch kann ein tiefliegender Dunst entstehen, der die Sicht einschränkt, das Sonnenlicht blockiert und das Pflanzenwachstum beeinträchtigt. Nicht nur Städte leiden unter SO<sub>2</sub>-bedingtem Dunst, auch viele Wildnisgebiete und Nationalparks in den Vereinigten Staaten werden von der Luftverschmutzung geplagt.

Die langfristigen Auswirkungen von SO<sub>2</sub> in der Atmosphäre sind mit bloßem Auge sichtbar: Experten warnen davor, dass das Taj Mahal in Indien aufgrund der übermäßigen Luftverschmutzung einen gelben Farbton annimmt.



14-

Foto von [https://stockcake.com/i/industrial-smoke-emission\\_747328\\_651834](https://stockcake.com/i/industrial-smoke-emission_747328_651834)>Stockcake</a>

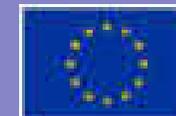


# Wie wirkt sich Schwefeldioxid auf die Gesundheit aus?

Als Reizstoff kann Schwefeldioxid die Lungenfunktion beeinträchtigen und Atemwegserkrankungen bei Mensch und Tier hervorrufen und verschlimmern. Einige der direkten Auswirkungen von SO<sub>2</sub> auf die Gesundheit sind:

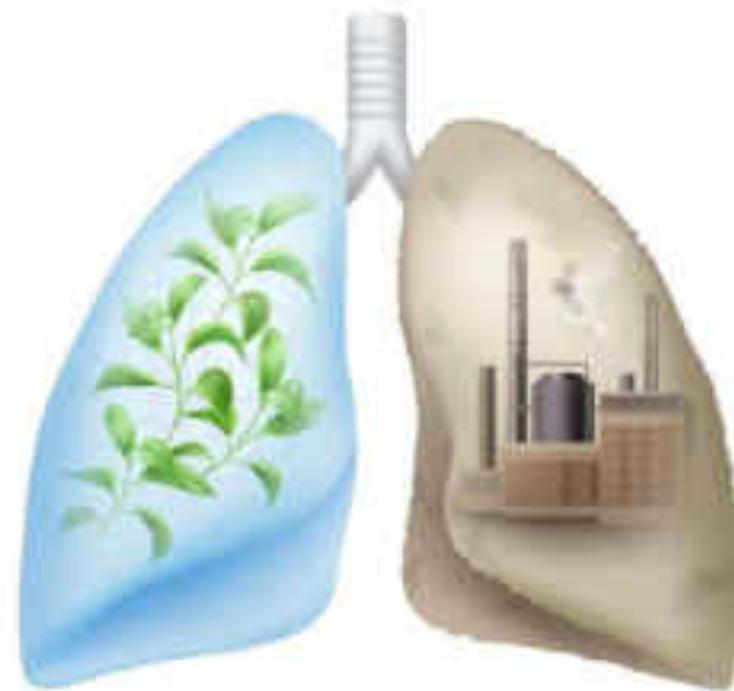
- ❖ Augenreizung
- ❖ Keuchen, Kurzatmigkeit, Engegefühl in der Brust
- ❖ Verschlimmerung von Asthma und chronischer Bronchitis
- ❖ Entzündungen der Atemwege (Husten, Schleimabsonderung)

Langfristig führt die SO<sub>2</sub>-Belastung zu einem allgemeinen Anstieg der Krankenhausaufenthalte wegen Herzkrankheiten und zu einer insgesamt höheren Sterblichkeitsrate.



# Wie wirkt sich Schwefeldioxid auf die Gesundheit aus?

Genauer gesagt ist Schwefelsäure in konzentrierter Form sehr ätzend für jedes Gewebe, mit dem sie in Berührung kommt. Einzelne, starke Dosen von Schwefelsäure, die eingeatmet, verschluckt oder über die Haut aufgenommen werden, können tödlich sein. Das Einatmen starker anorganischer Säuredämpfe, die Schwefelsäure enthalten können, verursacht Kehlkopfkrebs; Untersuchungen zeigen, dass die Exposition auch mit Lungenkrebs bei Menschen in Verbindung steht. Das Einatmen kann zu Atemwegs- und Augenbeschwerden, Tränenfluss, Rhinorrhöe, Husten und Engegefühl in der Brust führen. Nach einer einzigen kurzzeitigen Exposition kann es zu schweren Lungenschäden wie chemischer Lungenentzündung, Stauung, Fibrose, Bronchiektasie und Entzündungen kommen.



[https://www.freepik.com/free-vector/vector-human-lungs-with-green-leaves-chemical-factory\\_11061279.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuiid=a793d97a-288d-4bbe-8325-846b97830684](https://www.freepik.com/free-vector/vector-human-lungs-with-green-leaves-chemical-factory_11061279.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuiid=a793d97a-288d-4bbe-8325-846b97830684)

# Wie wirkt sich Schwefeldioxid auf die Gesundheit aus?

Das Verschlucken kann zu Ödemen, Verstopfung der Atemwege und Schwierigkeiten beim Abhusten von Bronchialsekreten sowie zu akuten Verätzungen in Mund, Rachen, Kehlkopf, Speiseröhre und Magen führen. Speichelfluss, Schluckstörungen, Erbrechen, Blutungen, Hämatemesis, Durchfall und Bauchbeschwerden sind mögliche Symptome. Kreislaufkollaps, metabolische Azidose, Hypoxie, Atemstillstand, akutes Nierenversagen, Hämolyse und disseminierte intravaskuläre Gerinnung sowie Tod sind mögliche Folgeerscheinungen. Schmerzen, Blepharospasmus, Tränenfluss, Bindehautentzündung, Photophobie, Lidödem, Glaukom, Katarakt und Hornhautschäden sind mögliche Nebenwirkungen einer Augenexposition. Verätzungen können durch den Kontakt mit konzentrierter Schwefelsäure auftreten.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=lungs%20pollution%20> Stockcake

# Wie wirkt sich Schwefeldioxid auf die Gesundheit aus?

Der Kontakt mit Schwefelsäure auf der Haut kann zu Reizungen, Rötungen und Verbrennungen führen; schwere Verätzungen durch Kontakt mit Schwefelsäure können tödlich sein.

Schwefelsäurevergiftungen werden meist durch Wirkungen am Ort des Erstkontakts verursacht, während systemische Symptome wie Kreislaufkollaps, metabolische Azidose, Hypoxie, Atemversagen, akutes Nierenversagen, Hämolyse und disseminierte intravasale Gerinnung berichtet wurden.

Schwefelsäure gilt nicht als entwicklungsgefährdend.

Beim Menschen wird der Hautkontakt mit Schwefelsäure nicht als Allergie angesehen.



18-

[https://www.freepik.com/free-vector/people-living-city-full-pollution\\_4816973.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=b9876357-06ae-4ea1-a568-b44f8dc1c1e1](https://www.freepik.com/free-vector/people-living-city-full-pollution_4816973.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=b9876357-06ae-4ea1-a568-b44f8dc1c1e1)

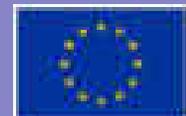


# Wie können Menschen Schwefeldioxid ausgesetzt sein?

Menschen, die in Städten leben, sind täglich geringen Mengen von Schwefeldioxid ausgesetzt. Sie können Schwefeldioxid auf die folgenden Arten ausgesetzt sein:

- ❖ Einatmen verschmutzter Luft.
- ❖ Leben in oder in der Nähe von Industriegebieten.
- ❖ Leben in Städten, in der Nähe von Autobahnen und stark befahrenen Straßen.
- ❖ Essen von konservierten Lebensmitteln und Trinken von Wein.
- ❖ Arbeiten an Arbeitsplätzen, an denen Schwefeldioxid verwendet oder erzeugt wird, wie z. B. in Weinkellereien, Schmelzhütten und Kohlekraftwerken.

19-





20-

## Wie Luftverschmutzung die Vegetation schädigt

Während der saure Regen eine der Hauptursachen für die Schädigung der Vegetation ist, können Luftschadstoffe auch direkt schädlich sein. Dazu gehören Schwefeldioxid und Ozon.

Schwefeldioxid, einer der Hauptbestandteile des sauren Regens, hat direkte Auswirkungen auf die Vegetation. Veränderungen im Erscheinungsbild der Vegetation sind ein Indiz dafür, dass der Stoffwechsel der Pflanzen durch die Schwefeldioxidkonzentration beeinträchtigt wird. Die durch Schwefeldioxid verursachten Schäden machen sich zuerst an den Blättern der Pflanzen bemerkbar. Bei einigen Pflanzen kann die Schädigung innerhalb von Stunden oder Tagen auftreten, nachdem sie hohen Schwefeldioxidkonzentrationen ausgesetzt waren. Die Blätter in der Mitte des Wachstums sind am anfälligsten, während die älteren und jüngeren Blätter widerstandsfähiger sind. Die Schädigung der Nadeln von Nadelbäumen lässt sich an dem extremen Farbunterschied zwischen der grünen Basis und den leuchtend orange-roten Spitzen erkennen.





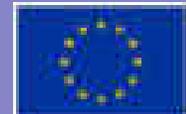
# Wie Luftverschmutzung die Vegetation schädigt

Die Auswirkungen von Schwefeldioxid werden durch andere biologische und ökologische Faktoren wie Pflanzentyp, Alter, Sonneneinstrahlung, Temperatur, Feuchtigkeit und das Vorhandensein anderer Schadstoffe (Ozon und Stickoxide) beeinflusst.

Auch wenn die Schwefeldioxidkonzentration extrem hoch ist, kann die Vegetation aufgrund der Umgebungsbedingungen nicht beeinträchtigt werden.

Es ist auch möglich, dass die Pflanzen und Böden Schadstoffe vorübergehend speichern. Indem sie die Schadstoffe speichern, verhindern sie, dass die Schadstoffe mit anderen Substanzen in den Pflanzen oder im Boden reagieren.

21-



# Auswirkungen von SO<sub>2</sub> auf die Vegetation

Hohe Schwefeldioxidkonzentrationen können bei Pflanzen akute Schäden in Form von Blattnekrosen hervorrufen, selbst nach einer relativ kurzen Expositionsdauer. Diese Auswirkungen sind jedoch von geringerer Bedeutung als chronische Schädigungen, die sich aus einer langfristigen Exposition gegenüber niedrigeren Gaskonzentrationen ergeben und kumulativ zu einem verringerten Wachstum und Ertrag sowie einer erhöhten Seneszenz führen, oft ohne deutlich sichtbare Symptome oder mit einem gewissen Grad an Chlorose.



[https://www.freepik.com/free-vector/reduction-gas-emissions-abstract-concept-vector-illustration-co2-reduction-program-zero-carbon-footprint-reduce-greenhouse-gas-international-measures-industrial-emission-abstract-metaphor\\_24070774.htm#fromView=search&page=2&position=47&uuid=81bd4496-7ca2-455c-85d7-38bdf8bd5f](https://www.freepik.com/free-vector/reduction-gas-emissions-abstract-concept-vector-illustration-co2-reduction-program-zero-carbon-footprint-reduce-greenhouse-gas-international-measures-industrial-emission-abstract-metaphor_24070774.htm#fromView=search&page=2&position=47&uuid=81bd4496-7ca2-455c-85d7-38bdf8bd5f)

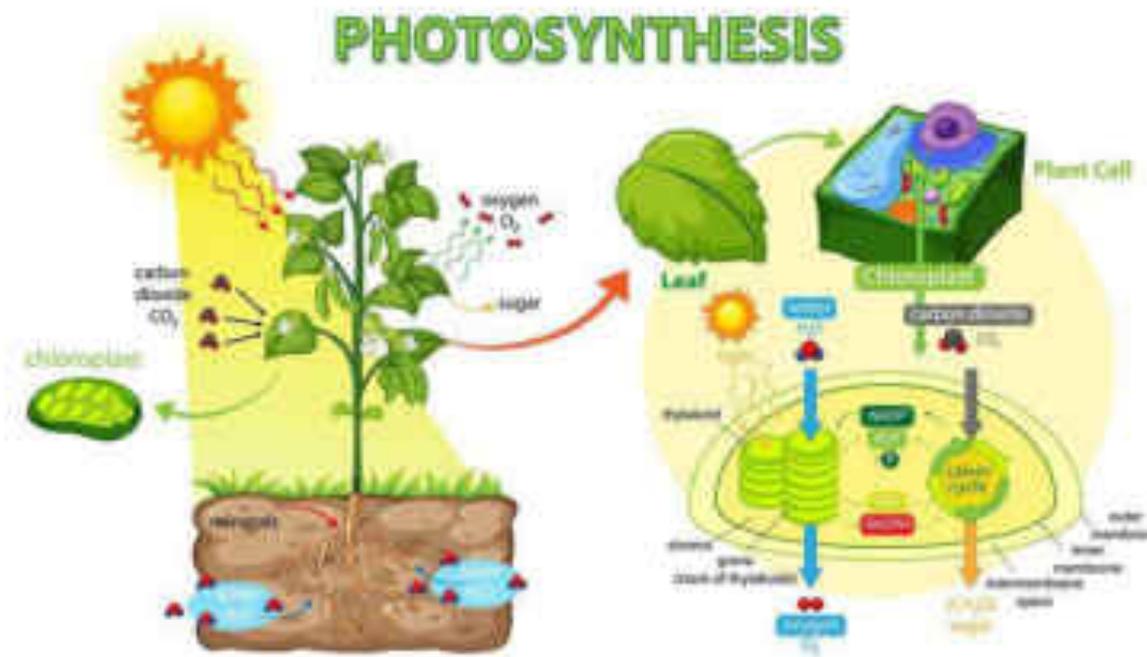
# Auswirkungen von SO<sub>2</sub> auf die Vegetation

Pflanzen reagieren empfindlich auf Schwefeldioxid und werden sowohl direkt als auch indirekt von ihm beeinflusst.

Die direkten Auswirkungen können akut oder chronisch sein, je nach Dauer und Intensität der Exposition.

Schwefeldioxid hemmt die Photosynthese, indem es den Photosynthesemechanismus stört.

Die Öffnung der Spaltöffnungen wird durch Schwefeldioxid gefördert, was zu einem übermäßigen Wasserverlust führt.



[https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-process-photosynthesis-plant\\_19747910.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=bd69d5b5-d365-4332-b8b4-b9ee12776fda](https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-process-photosynthesis-plant_19747910.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=bd69d5b5-d365-4332-b8b4-b9ee12776fda)



# Auswirkungen von SO<sub>2</sub> auf die Vegetation

Eine weitere indirekte Auswirkung ist der saure Regen, der die Nährstoffe aus den Pflanzendecken und dem Boden auslaugt. Die sauren Abflüsse verändern den pH-Wert der aufnehmenden Gewässer und führen große Mengen an Nährstoffen zu, die das Gleichgewicht der aquatischen Gemeinschaften stören.

Die Toleranz der Pflanzen gegenüber Schwefeldioxid ist sehr unterschiedlich. Flechten und Moose gehören zu den empfindlichsten und wurden erfolgreich als Indikatoren für die Schwefeldioxidbelastung eingesetzt.

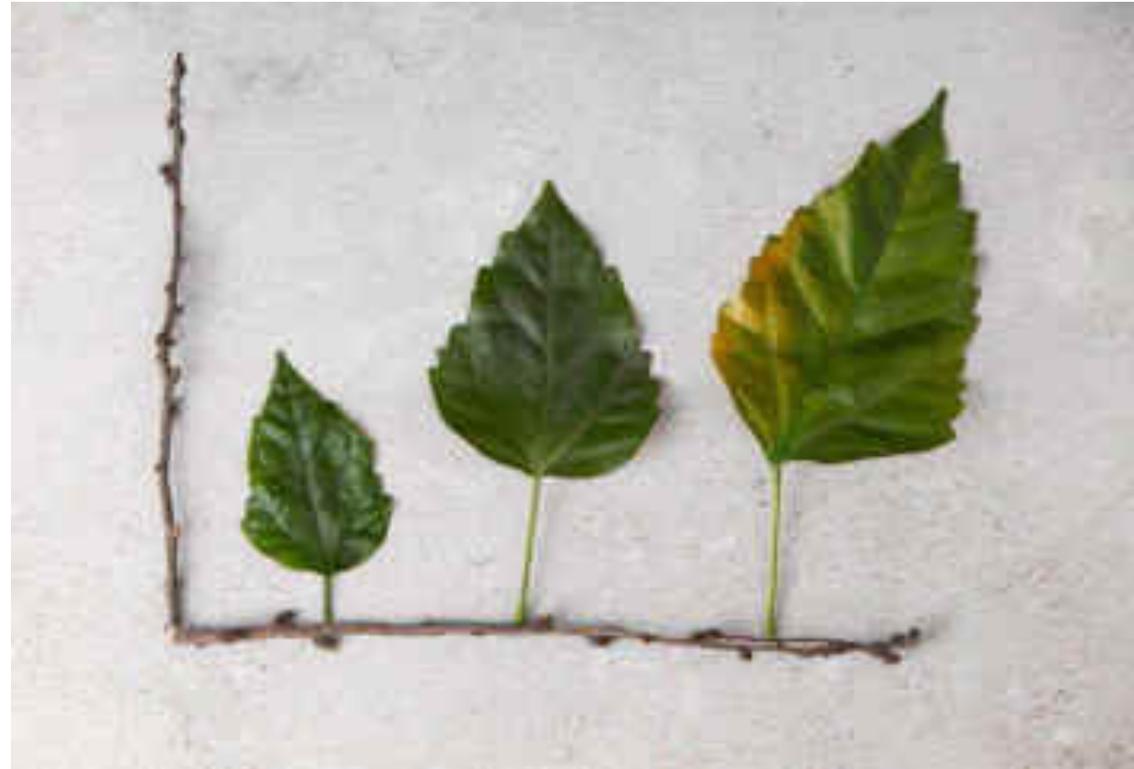


[https://www.freepik.com/free-photo/closeup-shot-wet-green-moss-growing-stone\\_16224880.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuiid=f1b294cd-11f2-4491-8b75-323911acbefb](https://www.freepik.com/free-photo/closeup-shot-wet-green-moss-growing-stone_16224880.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuiid=f1b294cd-11f2-4491-8b75-323911acbefb)

## Schäden am Laub

In hohen Konzentrationen kann atmosphärisches Schwefeldioxid akute Schäden an Blättern verursachen.

Das giftige Gas kann die Blätter von Laubbäumen bleichen oder dunkel pigmentieren und die Nadeln von Nadelbäumen braun werden und welken lassen.



[https://www.freepik.com/free-photo/sustainable-development-goals-still-life\\_38687449.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=cec9e086-4784-4cf7-84c5-a83779a78cec](https://www.freepik.com/free-photo/sustainable-development-goals-still-life_38687449.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=cec9e086-4784-4cf7-84c5-a83779a78cec)

# Schäden am Laub

Die kumulative Wirkung der schwefelhaltigen Verschmutzung besteht in einer Verringerung der Quantität und Qualität der Pflanzenerträge. Im Allgemeinen sind die Auswirkungen in Kombination mit anderen Schadstoffen wie Stickstoffoxiden, Fluoriden und Ozon stärker.

Auf der Ebene des Ökosystems beeinflusst Schwefeldioxid die Artenzusammensetzung, indem es empfindlichere Arten eliminiert. Dies verringert die Primärproduktivität und verändert die trophischen Beziehungen, was weitreichende Auswirkungen auf die tierischen und mikrobiellen Populationen in der Gemeinschaft hat.

26-



[https://www.freepik.com/free-photo/flat-lay-dry-leaves\\_12688955.htm#fromView=search&page=2&position=41&uuid=4611a130-1246-4ecb-a02d-eac003315aed](https://www.freepik.com/free-photo/flat-lay-dry-leaves_12688955.htm#fromView=search&page=2&position=41&uuid=4611a130-1246-4ecb-a02d-eac003315aed)



27-

# Auswirkungen von saurem Regen auf Gebäude

Seit Beginn der industriellen Revolution ist die Verschmutzung und der Verfall von Gebäuden in städtischen Gebieten zu beobachten. Die Ursache hierfür wird häufig auf die Auswirkungen der Luftverschmutzung zurückgeführt.

Obwohl die Emissionen in letzter Zeit zurückgegangen sind, gibt es keine eindeutigen Beweise dafür, dass die sauberere Luft zu einem geringeren Verfall von Gebäuden geführt hat. Tatsächlich haben Gebäude, die Tausende von Jahren der Witterung standgehalten haben, in den letzten 25 Jahren oder so begonnen, sich schnell zu verschlechtern. Dies ist auf die permanente Veränderung der Steinoberflächen durch Sulfatierung zurückzuführen, ein Prozess, bei dem sich die freiliegende Oberfläche des Kalksteins auflöst, wenn Regenfälle die sulfatierten Schichten wegspülen.



[https://www.freepik.com/free-photo/close-up-rusty-metal-background\\_12336119.htm#fromView=search&page=1&position=33&uuid=5da359ef-8c52-43da-addf-7b1f1c4ca161](https://www.freepik.com/free-photo/close-up-rusty-metal-background_12336119.htm#fromView=search&page=1&position=33&uuid=5da359ef-8c52-43da-addf-7b1f1c4ca161)





## Betroffene Materialien

Die Liste der Materialien, die von Säureablagerungen betroffen sind, ist sehr lang, da die meisten Materialien bis zu einem gewissen Grad geschädigt werden können.

28-

Am empfindlichsten sind: Kalkstein, Marmor, Kohlenstoffstahl, Zink, Nickel, Farben und einige Kunststoffe.

Der Verfall von Steinen kann verschiedene Formen annehmen, wie z. B. das Abtragen von Details an geschnitzten Steinen und die Bildung von schwarzen Gipskrusten in geschützten Bereichen.

Metallkorrosion wird in erster Linie durch Sauerstoff und Feuchtigkeit verursacht, obwohl SO<sub>2</sub> den Prozess beschleunigt.

Die meisten Bauwerke und Gebäude sind bis zu einem gewissen Grad von Säureablagerungen betroffen, da nur wenige Materialien vor diesen Auswirkungen sicher sind. Neben dem atmosphärischen Angriff können auch Strukturen, die in versäuertes Wasser eingetaucht sind, wie Fundamente und Rohre, korrodiert werden.





29-

# Welche Auswirkungen hat Schwefeldioxid auf Gebäude?

Schadstoffe können die Korrosion von Eisen- und Nichteisenmetallen beschleunigen, die Haltbarkeit von Farben verringern, die Faserstärke bestimmter Textilien mindern, einige Farbstoffe verblassen lassen, den frühzeitigen Verfall von Leder- und Papierwaren fördern und Kalkstein, Marmor und andere Baumaterialien angreifen. Er trägt auch zum Verfall von Baumaterialien und Farben, einschließlich Denkmälern und Statuen, bei.

Die schadstoffempfindlichsten Materialien sind kalkhaltige Bausteine und Eisenmetalle.

Die Schäden äußern sich in Masseverlusten, Veränderungen der Porosität, Verfärbungen und Versprödung.



[https://www.freepik.com/free-photo/grayscale-shot-stone-sculptures-garden\\_13319585.htm#fromView=search&page=2&position=40&uuid=152eb6b3-b851-4c0c-8e03-78b8fa43e3c8](https://www.freepik.com/free-photo/grayscale-shot-stone-sculptures-garden_13319585.htm#fromView=search&page=2&position=40&uuid=152eb6b3-b851-4c0c-8e03-78b8fa43e3c8)



## Beispiele für Schäden

Die Auswirkungen der Säureablagerung auf moderne Gebäude sind wesentlich weniger schädlich als die Auswirkungen auf alte Denkmäler. Kalkstein und kalkhaltige Steine, die in den meisten historischen Gebäuden verwendet werden, sind am anfälligsten für Korrosion und müssen ständig renoviert werden.

Beweise für die schädlichen Auswirkungen der sauren Ablagerung sind überall auf der Welt zu sehen. So sind beispielsweise weltberühmte Bauwerke wie das Taj Mahal, der Kölner Dom, Notre Dame, das Kolosseum und Westminster Abbey betroffen.



[https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-view-colosseum-rome-italy\\_18813150.htm#fromView=search&page=1&position=42&uuid=24886f7a-00a6-4553-a335-4cb9accd27ea](https://www.freepik.com/free-photo/beautiful-view-colosseum-rome-italy_18813150.htm#fromView=search&page=1&position=42&uuid=24886f7a-00a6-4553-a335-4cb9accd27ea)



# Wie können die Schwefeldioxidemissionen verringert werden?

Nur durch gezielte Maßnahmen können die Schwefeldioxidemissionen verringert werden. Einige von ihnen sind:

- Umstellung von festen (Kohle) und flüssigen (Schweröl) Brennstoffen mit hohem Schwefelgehalt auf Brennstoffe mit niedrigem Schwefelgehalt (Erdgas)
- Installation von Technologien zur Rauchgasentschwefelung in Industrieanlagen
- Begrenzung des Schwefelgehalts von Kraftstoffen für den Verkehr (z. B. für Autos)
- Stilllegung älterer, weniger effizienter Kraftwerke

31-



[https://www.freepik.com/free-photo/ecology-environment-save-planet-concept\\_17096223.htm#fromView=search&page=1&position=39&uuid=304c95d7-3444-4a96-956e-8abe085ac409](https://www.freepik.com/free-photo/ecology-environment-save-planet-concept_17096223.htm#fromView=search&page=1&position=39&uuid=304c95d7-3444-4a96-956e-8abe085ac409)

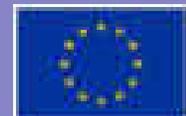


# Quellen



32-

- ❖ <https://www.breeze-technologies.de/blog/sulphur-dioxide-so2/>
- ❖ <https://www.petro-online.com/news/biofuel-industry-news/22/breaking-news/why-is-sulphur-bad-for-the-environment/56891>
- ❖ <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/sulphur-dioxide>
- ❖ <https://www.air-quality.org.uk/12.php>
- ❖ <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-royal-society-of-edinburgh-section-b-biological-sciences/article/abs/effects-of-air-pollutants-on-buildings-and-materials/8F75F984DF1A00FBFA7A7B6E63760671>
- ❖ <https://edepot.wur.nl/216727>
- ❖ <https://www.missouribotanicalgarden.org/gardens-gardening/your-garden/help-for-the-home-gardener/advice-tips-resources/pests-and-problems/environmental/sulfur-dioxide>





# Kontakt

# IEK Kavallas

Telefon Nummer: +30 2510233202  
Fax-Nummer: +30 2510233202  
E-Mail Adresse: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)

<http://iek-kaval.kav.sch.gr>

Name des Vortragenden:

Kalliopi Ntolou

Lehrer für Mechanik und Ingenieurwesen

Tel: +30 6937222697

E-Mail: [popintol@yahoo.gr](mailto:popintol@yahoo.gr)



# MINT lernen

*Innovatives Modell  
für MINT-Lernen  
in weiterführenden  
Schulen*

Schulische Bildung  
ERASMUS+

KA220-SCH -  
Kooperationspartnerschafte  
n in der Schulbildung

*Referenznummer:*

2022-1-TR01-KA220-SCH-000087583

*Laufzeit:*

31.12.2022 bis 30.12.2024 (24  
Monate)



LearnSTEM

*Innovatives Modell zum Erlernen von STEM  
in weiterführenden Schulen*

## Lernressourcen

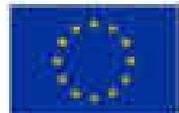
### Thema II: "Verschmutzung"

### Lerneinheit: "Der Tanker verschüttet Öl" von Griechenland



IEK Kavalas, Kavala, Griechenland  
Kalliopi Ntolou

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



Co-funded by  
the European Union

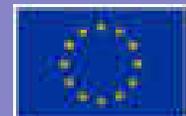




2-

# Inhalt

1. Welche Bedeutung hat der Begriff "Tankerölpest"?
2. Was ist Öl? Physikalische Eigenschaften von Öl
3. Wie kommt es zu Ölverschmutzungen?
4. Wo kommt es zu Ölverschmutzungen?
5. Wie schädigen oder töten Ölverschmutzungen das Leben im Meer?
6. Auswirkungen von Öl auf Pflanzen und Tiere
7. Empfindlichkeit der aquatischen Lebensräume
8. Wer beseitigt eine Ölpest - und wie?





# Welche Bedeutung hat der Begriff "Tankerölpest"?

3-



Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill>

Eine Ölpest ist die Freisetzung eines flüssigen Erdölkohlenwasserstoffs in die Umwelt, insbesondere in das marine Ökosystem, aufgrund menschlicher Aktivitäten und stellt eine Form der Verschmutzung dar. Der Begriff wird in der Regel für Ölunfälle im Meer verwendet, bei denen Öl in den Ozean oder in Küstengewässer gelangt, aber auch an Land kann es zu Ölunfällen kommen.



# Was ist Öl?



4-



<https://www.vecteezy.com/photo/25300850-raindrop-circle-reflects-beauty-in-nature-perfection-generated-by-ai>

Erdöl, die flüssigen Überreste uralter Pflanzen und Tiere, ist ein fossiler Brennstoff, der zur Herstellung einer breiten Palette von Kraftstoffen und Produkten verwendet wird. Erdöl befindet sich unter der Erde oder unter dem Meeresboden in Lagerstätten, wo sich Öltröpfchen in "Poren" oder Löchern im Gestein befinden. Nach der Bohrung und dem Abpumpen des Rohöls transportieren die Ölgesellschaften es durch Rohre, Schiffe, Lastwagen oder Züge zu den Verarbeitungsanlagen, den Raffinerien. Dort wird es raffiniert, damit es zu verschiedenen Erdölprodukten verarbeitet werden kann, darunter Benzin und andere Kraftstoffe sowie Produkte wie Asphalt, Kunststoffe, Seifen und Farben.





# PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON ÖL

Der Begriff Öl bezeichnet eine breite Palette von Stoffen auf Kohlenwasserstoffbasis. Kohlenwasserstoffe sind chemische Verbindungen, die aus den Elementen Wasserstoff und Kohlenstoff bestehen. Dazu gehören Stoffe, die gemeinhin als Öle bezeichnet werden, wie Rohöl und raffinierte Erdölprodukte, aber auch tierische Fette, Pflanzenöle und andere Öle, die nicht aus Erdöl gewonnen werden. Jede Art von Öl hat unterschiedliche physikalische und chemische Eigenschaften. Diese Eigenschaften wirken sich auf die Art und Weise aus, wie sich Öl ausbreitet und abbaut, auf die Gefahr, die es für das Leben im Wasser und für den Menschen darstellen kann, und auf die Wahrscheinlichkeit, dass es eine Bedrohung für natürliche und vom Menschen geschaffene Ressourcen darstellt.

Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Ölteppich ausbreitet, bestimmt seine Auswirkungen auf die Umwelt. Die meisten Öle neigen dazu, sich horizontal auszubreiten und auf dem Wasser eine glatte und rutschige Oberfläche zu bilden, die als Ölteppich bezeichnet wird. Zu den Faktoren, die die Ausbreitungsfähigkeit eines Ölteppichs beeinflussen, gehören Oberflächenspannung, spezifisches Gewicht und Viskosität.

5-



Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill> - Stockcake



# Ölverschmutzungen

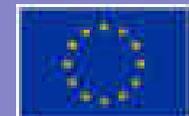


[https://stockcake.com/i/oil-spill-crisis\\_236913\\_45323](https://stockcake.com/i/oil-spill-crisis_236913_45323)

Wie wir bereits erwähnt haben, ist Öl ein alter fossiler Brennstoff, den wir zum Heizen unserer Häuser, zur Stromerzeugung und zur Versorgung großer Teile unserer Wirtschaft verwenden. Aber wenn Öl versehentlich ins Meer gelangt, kann es große Probleme verursachen. Ölverschmutzungen können Meereslebewesen schädigen, einen Tag am Strand ruinieren und den Verzehr von Meeresfrüchten verunmöglichen. Um das Öl zu beseitigen, die Auswirkungen der Verschmutzung zu messen und dem Meer zu helfen, sich zu erholen, bedarf es fundierter wissenschaftlicher Erkenntnisse.



6-



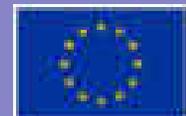


# Wie kommt es zu Ölverschmutzungen?

Ölverschmutzungen kommen häufiger vor, als man denkt, und sie können auf viele verschiedene Arten geschehen. Jedes Jahr kommt es in den Gewässern zu Tausenden von Ölunfällen. In den meisten Fällen handelt es sich um kleine Ölverschmutzungen, z. B. wenn Öl beim Betanken eines Schiffes ausläuft. Aber auch diese Ölunfälle können Schäden verursachen, vor allem wenn sie in empfindlichen Gebieten wie Stränden, Mangroven und Feuchtgebieten auftreten.

Große Ölunfälle sind große, gefährliche Katastrophen. Sie ereignen sich meist, wenn Pipelines brechen, große Öltankschiffe sinken oder Bohrungen schief gehen. Die Folgen für Ökosysteme und Volkswirtschaften können noch Jahrzehnte nach einem großen Ölunfall spürbar sein.

7-



# Wie kommt es zu Ölverschmutzungen?



Foto von [https://stockcake.com/i/serene-ocean-waves\\_336758\\_418502](https://stockcake.com/i/serene-ocean-waves_336758_418502)>Stockcake</a>

Beachten Sie, dass nicht alle Ölunfälle von Tankern ausgehen. Sie können auch von anderen Orten ausgehen, z. B. von Offshore-Ölplattformen und beschädigten Pipelines. Das weltweit größte (und bekannteste) Ereignis war *Deepwater Horizon* im Golf von Mexiko im Jahr 2010. Diese Katastrophe wurde durch eine Explosion auf einer Bohrinselform verursacht.

Die US-Regierung schätzt, dass 4,9 Millionen Barrel Öl freigesetzt wurden (das entspricht etwa 700.000 Tonnen).

# Wo kommt es zu Ölverschmutzungen?



Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill%20prevention>>Stockcake</a>

9-

Ölverschmutzungen können überall dort auftreten, wo Öl gebohrt, transportiert oder verwendet wird. Wenn Öl im Meer, in den Seen, an der Küste oder in Flüssen, die in diese Küstengewässer münden, ausläuft, müssen Experten eingeschaltet werden.



# Wie schädigen oder töten Ölverschmutzungen das Leben im Meer?

Ölverschmutzungen schaden dem Leben im Meer in der Regel auf zwei Arten:

10-



Foto von [https://stockcake.com/i/rescuing-oiled-bird\\_291778\\_59218](https://stockcake.com/i/rescuing-oiled-bird_291778_59218)>Stockcake</a>

**Verschmutzung oder Verölung:** Verschmutzung oder Verölung liegt vor, wenn Öl eine Pflanze oder ein Tier physisch schädigt. Öl kann die Flügel eines Vogels überziehen und ihn flugunfähig machen oder die isolierenden Eigenschaften des Fells eines Seeotters zerstören, so dass dieser Gefahr läuft, zu unterkühlen. Der Grad der Verschmutzung hat oft Auswirkungen auf die Überlebenschancen des Tieres.





# Wie schädigen oder töten Ölverschmutzungen das Leben im Meer?



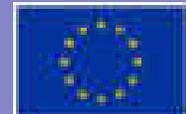
Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20crude>>Stockcake</a>

11-

**Toxizität von Öl:** Öl besteht aus vielen verschiedenen toxischen Verbindungen. Diese toxischen Verbindungen können schwere Gesundheitsprobleme wie Herzschäden, Wachstumsverzögerungen, Auswirkungen auf das Immunsystem und sogar den Tod verursachen.

Unser Verständnis der Ölttoxizität hat sich durch die Untersuchung der Auswirkungen der Deepwater-Horizon-Ölpest von 2010 erweitert.

Die Bergung, Säuberung und Rehabilitation von Wildtieren ist oft ein wichtiger Teil der Ölunfallbekämpfung. Wildtiere sind jedoch schwer zu finden und zu fangen, Ölverschmutzungen können sich über weite Gebiete erstrecken, und einige Tiere (wie Wale) sind zu groß, um gerettet zu werden. Leider ist es unrealistisch, alle Tiere zu retten, die von Ölverschmutzungen betroffen sind.





# AUSWIRKUNGEN VON ÖL AUF PFLANZEN UND TIERE

12-

Einige giftige Stoffe in einer Ölpest können schnell verdampfen. Daher werden Pflanzen, Tiere und Menschen Die Exposition gegenüber den giftigsten Stoffen wird durch Zeit und sind in der Regel auf das ursprüngliche Verschüttungsgebiet beschränkt.

Obwohl einige Organismen schwer geschädigt sein können oder sehr bald nach dem Kontakt mit dem Öl bei einer Ölpest getötet werden, nicht tödliche toxische Wirkungen können subtiler und oft länger sein nachhaltig. So ist zum Beispiel das aquatische Leben auf Riffen und an Küsten der Gefahr ausgesetzt sind, an dem an Land gespülten Öl zu ersticken. Er kann auch durch langfristige Einwirkung von Öl langsam vergiftet werden in seichem Wasser oder an Stränden gefangen.



Foto von [https://stockcake.com/i/oil-covered-birds\\_337441\\_94183](https://stockcake.com/i/oil-covered-birds_337441_94183)>Stockcake</a>



# Empfindlichkeit der aquatischen Lebensräume

Die aquatische Umwelt besteht aus komplexen Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen- und Tierarten und ihre physische Umgebung.

Schäden an der physischen Umwelt führen oft zu zu einer Schädigung einer oder mehrerer Arten in einer Nahrungskette, was zu Schäden für andere Arten weiter oben führen kann in der Kette. Wo ein Organismus die meiste Zeit seines Lebens verbringt

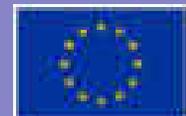
im offenen Wasser, in Küstennähe oder auf dem Meer Küstenlinie - bestimmen die Auswirkungen einer Ölpest auf diesen Organismus auswirken kann.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=dead%20fishes> Stockcake



13-





# Empfindlichkeit der aquatischen Lebensräume

14-

Im offenen Wasser können Fische und Wale schwimmen sich von einem Leck zu entfernen, indem sie tiefer ins Wasser gehen oder weiter auf das Meer hinaus, wodurch die Wahrscheinlichkeit, dass sie geschädigt werden, sinkt selbst bei einem größeren Unglück.

Wassertiere, die in der Regel näher an der Küste leben, wie Schildkröten, Robben und Delfine, laufen Gefahr, durch Öl verunreinigt zu werden die an die Strände gespült werden, oder durch den Verzehr ölverschmutzter Beutetiere.

In flachen Gewässern kann das Öl Seegräser und Kelp-Bänke schädigen, die von vielen verschiedenen Arten als Nahrung, Schutz und Nistplatz genutzt werden.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=whale%20oil%20spill>>Stockcake</a>



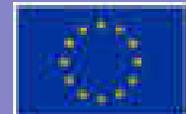


# Wer beseitigt eine Ölpest - und wie?

Normalerweise ist die Küstenwache in erster Linie für die Beseitigung von Ölverschmutzungen zuständig, während Experten wissenschaftliche Unterstützung leisten, um intelligente Entscheidungen zum Schutz von Mensch und Umwelt zu treffen. Es gibt verschiedene Ausrüstungen und Taktiken, die geschulte Experten einsetzen können, um das Öl einzudämmen oder aus der Umwelt zu entfernen, wenn es zu einer Ölpest kommt. Ölsperren sind schwimmende physische Barrieren, die dazu beitragen, das Öl einzudämmen und von empfindlichen Gebieten wie Stränden, Mangroven und Feuchtgebieten fernzuhalten. Skimmer werden von Booten aus eingesetzt und können Öl von der Meeresoberfläche "abschöpfen". Durch Verbrennen an Ort und Stelle, d. h. durch Anzünden eines Ölteppichs, kann das Öl auf See weggebrannt werden, und chemische Dispersionsmittel können Ölteppiche an der Oberfläche auflösen.

15-

Allerdings können Reinigungsmaßnahmen nie 100 % des ausgelaufenen Öls entfernen, und die Wissenschaftler müssen darauf achten, dass ihre Maßnahmen keinen zusätzlichen Schaden verursachen. Nach der Ölkatastrophe der Exxon Valdez im Jahr 1989 erfuhren die Wissenschaftler, dass die zur Reinigung der Strände verwendeten Hochdruck- und Heißwasserschläuche mehr Schaden anrichteten als das Öl allein. Empfindliche Lebensräume müssen bei der Beseitigung von Ölverschmutzungen besonders berücksichtigt werden.





16-

# Ausgelaufenes Öl und Aufräumarbeiten können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Ergebnissen.

- **Korallenriffe** sind wichtige Aufwuchsgebiete für Garnelen, Fische und

anderen Tieren sowie als Freizeitattraktionen für divers.

Korallenriffe und die dort lebenden Wasserorganismen in und um sie herum sind durch die Exposition gegenüber dem toxische Substanzen im Öl sowie Erstickung.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=corrals%20contamination>>Stockcake</a>



# Ausgelaufenes Öl und Sanierungsmaßnahmen können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Folgen.

## Freiliegende Sand-, Kies- oder Kopfsteinpflasterstrände

werden in der Regel mit manuellen Techniken gereinigt.

Allerdings kann Öl in Sand und Kies eindringen, Nur wenige Organismen leben ganzjährig in diesem Lebensraum,

Das Risiko für die Tierwelt oder die Nahrungskette ist also

weniger als in anderen Lebensräumen, z. B. im Wattenmeer.



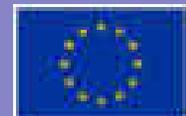
Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill%20cleanup>>Stockcake</a>



18-

# Ausgelaufenes Öl und Sanierungsmaßnahmen können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Folgen.

- **Geschützte Strände** haben sehr wenig Wellengang, um die natürliche Ausbreitung zu fördern. Wenn rechtzeitige Sanierungsmaßnahmen nicht in Angriff genommen werden, kann das Öl auf diesen Flächen liegen bleiben. Strände seit Jahren.
- **Watten** sind breite Niedrigwasserzonen, die in der Regel Folgendes enthalten reiche Pflanzen-, Tier- und Vogelmgemeinschaften. Abgelagertes Öl kann in den schlammigen Boden dieser Ebenen einsickern und zu potenziell schädliche Auswirkungen auf die Ökologie des Gebiets.





# Ausgelaufenes Öl und Sanierungsmaßnahmen können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Folgen.

- **Salzwiesen** sind in geschützten Gewässern in kalten und gemäßigten Gebieten zu finden. Sie beherbergen eine Vielzahl von Pflanzen, Vögeln und Säugetieren. Die Sumpflvegetation, insbesondere das Wurzelwerk, wird durch frische, leichte Öle leicht beschädigt.

- **Mangrovenwälder** befinden sich in tropischen Regionen und sind

beherbergt eine Vielfalt von Pflanzen und Tieren. Mangrove

Bäume haben lange Wurzeln, sogenannte Stützwurzeln, die weit herausragen

über dem Wasserspiegel und helfen, die Mangroven zu halten

Baum an Ort und Stelle. Eine Ölschicht auf diesen Stützwurzeln kann

tödlich für den Mangrovenbaum, und weil sie so wachsen

Langsam kann es Jahrzehnte dauern, einen Mangrovenbaum zu ersetzen.



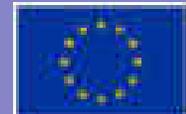


20-

# Ausgelaufenes Öl und Aufräumarbeiten können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Folgen.

- **Sümpfe und Moore mit geringer Wasserbewegung** sind wahrscheinlich stärker betroffen als fließende Gewässer. Bei ruhigem Wasser kann es Jahre dauern, bis der betroffene Lebensraum wiederhergestellt ist.

- **Andere stehende Gewässer**, wie Binnenseen und Teiche, sind Heimat für eine Vielzahl von Vögeln, Säugetieren und Fisch. Die menschliche Nahrungskette kann durch Freisetzungen betroffen sein in diese Umgebungen.



# Ausgelaufenes Öl und Aufräumarbeiten können verschiedene Arten von aquatischen Lebensräumen bedrohen, mit unterschiedlichen Folgen.

- **Lebensräume in Flüssen** können durch Leckagen weniger stark betroffen sein als

stehende Gewässer aufgrund von Wasserbewegungen.

Allerdings können verschüttete Stoffe in diesen Gewässern Pflanzen beeinträchtigen,

Gräser und Moose, die in der Umgebung wachsen.

Wenn Flüsse als Trinkwasserquellen genutzt werden, kann Öl

Freisetzungen in Flüssen können eine direkte Bedrohung für die menschliche Gesundheit darstellen.



Foto von <https://stockcake.com/s/oil-spill/2>>Stockcake</a>



# Empfindlichkeit von Vögeln und Säugetieren

Eine Ölpest kann Vögel und Säugetiere auf verschiedene Weise schädigen:

direkter physischer Kontakt, toxische Kontamination, Zerstörung von Lebensmitteln

Quellen und Lebensräume sowie Fortpflanzungsprobleme.

- **Körperkontakt** - Wenn Fell oder Federn in Kontakt kommen mit Öl, verfilzen sie sich. Diese Verfilzung verursacht Fell und Federn ihre isolierenden Eigenschaften verlieren, so dass Tiere sind vom Erfrierungstod bedroht.

Für Vögel steigt das Risiko des Ertrinkens, wie die komplexe Struktur ihrer Federn, die es ihnen ermöglicht sie zu schweben oder zu fliegen, wird beschädigt.



Foto von [https://stockcake.com/i/rescued-oily-bird\\_146414\\_18945](https://stockcake.com/i/rescued-oily-bird_146414_18945)>Stockcake</a>

22-



# Empfindlichkeit von Vögeln und Säugetieren

**Toxische Kontamination** - Einige Arten sind anfällig für die

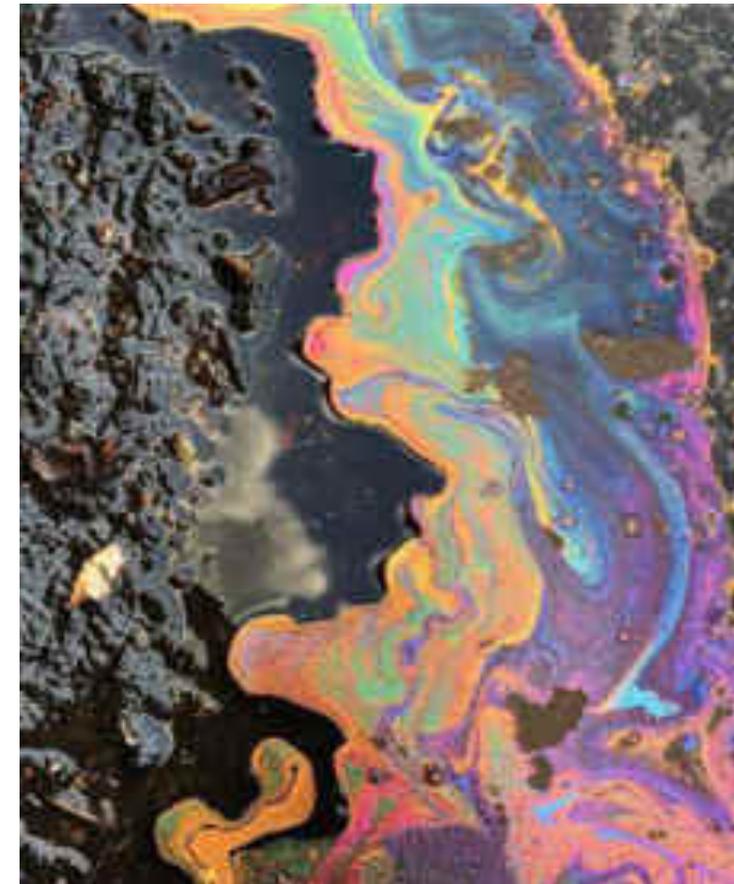
toxische Wirkungen von eingeatmeten Öldämpfen. Öldämpfe können Folgendes verursachen

Schädigung des zentralen Nervensystems und der Leber des Tieres,

und Lunge. Auch Tiere sind durch das Verschlucken von Öl gefährdet,

die die Fähigkeit des Tieres, seine Nahrung zu fressen oder zu verdauen, beeinträchtigen können

Nahrung durch Schädigung der Zellen im Darmtrakt.



23-

Foto von [https://stockcake.com/i/oil-slick-rainbow\\_650542\\_1041494](https://stockcake.com/i/oil-slick-rainbow_650542_1041494)>Stockcake</a>



# Zerstörung von Nahrungsressourcen und Lebensräumen -

Auch Arten, die nicht direkt mit Öl in Berührung kommen, können durch eine Ölpest geschädigt werden. Raubtiere, die verunreinigte Beutetiere fressen, können durch das Verschlucken von Öl geschädigt werden. Da die Ölverschmutzung Fischen und anderen Tieren einen unangenehmen Geschmack und Geruch verleiht, weigern sich Raubtiere manchmal, ihre Beute zu fressen und beginnen zu verhungern.

24-

Manchmal wird eine lokale Population von Beuteorganismen zerstört, so dass keine Nahrungsressourcen für Raubtiere übrig bleiben.

Je nach den Umweltbedingungen kann das ausgelaufene Öl lange Zeit in der Umwelt verbleiben, was die schädlichen Auswirkungen noch verstärkt. In ruhigen Gewässern kann Öl, das mit Felsen oder Sedimenten in Wechselwirkung tritt, auf unbestimmte Zeit in der Umwelt verbleiben.



# Fortpflanzungsprobleme



25-

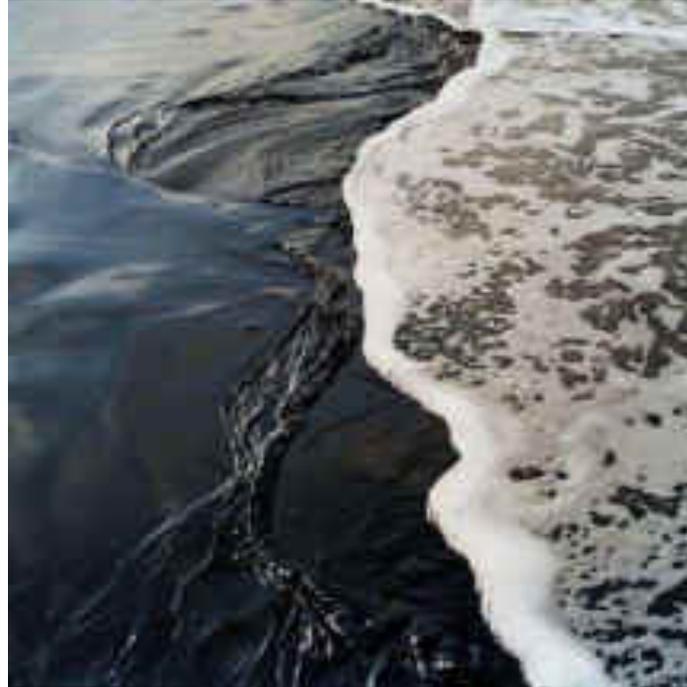


Foto von <https://stockcake.com/s/oil-spill/4>>Stockcake</a>

Öl kann vom Gefieder der Vögel auf die Eier übertragen werden, die sie ausbrüten.

Öl kann die Eier ersticken, indem es die Poren in den Eiern verschließt und den Gasaustausch verhindert. Wissenschaftler haben auch Auswirkungen auf die Entwicklung von Vogelembryonen beobachtet, die dem Öl ausgesetzt waren. Auch die Zahl der brütenden Tiere und der Nistplätze kann durch die Ölpest verringert werden. Langfristige Fortpflanzungsprobleme wurden in einigen Studien auch bei Tieren festgestellt, die Öl ausgesetzt waren.



# Wie helfen Experten nach einer Ölkatastrophe?

Wenn ein Mensch krank wird, untersucht ein Arzt seine Symptome, diagnostiziert ein Problem und verschreibt dann eine Behandlung, die ihm hilft, gesund zu werden. Das ist auch das, was Experten nach einer Ölpest tun: Sie beurteilen, was passiert ist, bewerten die Auswirkungen und entwerfen dann Wiederherstellungsprojekte, damit sich das Meer erholen kann. Wiederherstellung ist nicht gleichbedeutend mit Säuberung. Sie erfordert Projekte wie die Anlage von Sumpfgebieten oder den Schutz von Nistplätzen für Vögel, um die Umwelt aktiv zu stärken.

Wiederherstellungsprojekte sind wichtig, weil sie die Zeit beschleunigen, die verschiedene Arten und Lebensräume zur Erholung benötigen. Neben der Wiederherstellung von Lebensräumen kann die für die Ölpest verantwortliche Gruppe auch für die Wiederherstellung des Zugangs zu Naturräumen durch den Bau von Parks, Bootsrampen und Angelstegen zur Verantwortung gezogen werden.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill> Stockcake



27-

# Die beiden wichtigsten Schritte bei der Bekämpfung von Ölverschmutzungen sind Eindämmung und Wiederherstellung.

Nachfolgend sind einige der Techniken und Ausrüstungen aufgeführt, die bei der Ölförderung eingesetzt werden Maßnahmen zur Eindämmung von Unfällen.

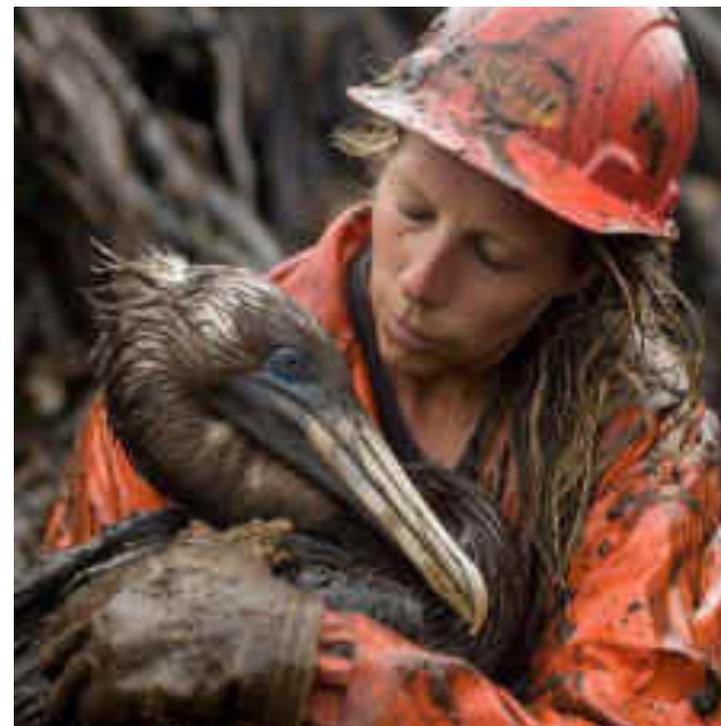
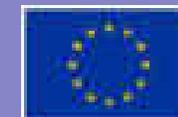


Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill>>Stockcake</a>





28-

# BEHÄLTNIS

Wenn ein Ölunfall auf dem Wasser auftritt, ist es wichtig, dass die Verschüttung so schnell wie möglich einzudämmen, um die

Gefahren und potenzielle Schäden für Personen, Eigentum und

natürliche Ressourcen. Rückhalteeinrichtungen werden verwendet, um

die Ausbreitung des Öls zu begrenzen und seine Rückgewinnung zu ermöglichen,

Entfernung oder Ausbreitung. Die häufigste Art von

die Ausrüstung zur Bekämpfung der Ölverschmutzung schwimmt

Barrieren, so genannte Absperrungen.



Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill%20cleanup> Stockcake



# RÜCKGEWINNUNG VON ÖL

Sobald eine Ölpest eingedämmt ist, kann mit der Entfernung des Öls aus dem Wasser begonnen werden. Drei verschiedene Arten von Ausrüstungen - Ausleger, Skimmer und Sorptionsmittel - werden üblicherweise eingesetzt, um Öl von der Oberfläche zu entfernen.

29-



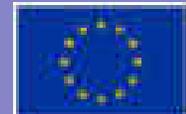
Foto von <https://stockcake.com/s/oil-skimmers/2> Stockcake



30-

# Ausleger

Beim Einsatz in der Ölförderung werden die Absperrungen oft gestützt durch einen horizontalen Arm, der direkt von einem oder beiden Seiten eines Schiffes. Das Segeln durch die schwersten Abschnitte der ein Schiff schöpft das Öl ab und fängt es auf, wenn es mit geringer Geschwindigkeit zwischen dem Winkel des Auslegers und dem Rumpf des Schiffes. In Bei einer anderen Variante wird ein Ausleger an den Endpunkten einer Brücke verankert. starrer Arm, der aus dem Behälter herausragt und ein "U" oder "J" bildet förmige Tasche, in der sich Öl sammeln kann. In beiden Fällen ist die Das abgeschiedene Öl kann dann in Auffangtanks gepumpt werden und zur ordnungsgemäßen Entsorgung oder zum Recycling an Land zurückgebracht werden.



# Abschäumer



Foto von <https://stockcake.com/s/oil-skimmers/2>>Stockcake</a>

Ein Skimmer ist ein Gerät zum Auffangen von ausgelaufenem Öl von der Wasseroberfläche. Skimmer können selbstfahrend sein und von Land oder von Schiffen aus betrieben werden. Die Effizienz von Abschäumern hängt von den Wetterbedingungen ab.



31-





# Sorptionsmittel

Sorptionsmittel sind Materialien, die Flüssigkeiten aufsaugen. Sie können zur Rückgewinnung von Öl durch Absorption, Adsorption oder beides verwendet werden. Absorptionsmittel ermöglichen es dem Öl, in die Porenräume des Materials, aus dem sie bestehen, einzudringen, während Adsorptionsmittel das Öl an ihrer Oberfläche anziehen, es aber nicht in das Material eindringen lassen. Um bei der Bekämpfung von Ölverschmutzungen nützlich zu sein, müssen Sorptionsmittel sowohl oleophil als auch hydrophob (wasserabweisend) sein. Obwohl sie bei kleinen Ölverschmutzungen als alleinige Reinigungsmethode eingesetzt werden können, werden Sorptionsmittel meist zur Entfernung letzter Ölspuren oder in Bereichen eingesetzt, die von Skimmern nicht erreicht werden können.

32-

Nach der Verwendung von Sorptionsmitteln zur Ölrückgewinnung müssen diese aus dem Wasser entfernt und ordnungsgemäß an Land entsorgt oder zur Wiederverwendung gereinigt werden. Jegliches Öl, das aus den Sorptionsmitteln entfernt wird, muss ebenfalls ordnungsgemäß entsorgt oder recycelt werden.



# Und warum ist das Auslaufen von Öl schlecht?



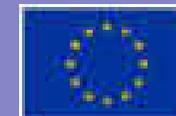
Foto von <https://stockcake.com/s?q=oil%20spill%20absorbent>>Stockcake</a>

Wenn Öl in ein Gewässer gelangt, kann es Organismen schädigen, die auf oder an der Wasseroberfläche und unter Wasser leben. Ausgelaufenes Öl kann auch Teile der Nahrungskette schädigen, einschließlich der menschlichen Nahrungsquellen.



# Quellen

- ❖ <https://www.sciencedirect.com/science/>
- ❖ <https://oceanservice.noaa.gov/>
- ❖ <https://www.whoi.edu/oceanus/feature/reassessing-guidelines-for-oil-spill-cleanups/>
- ❖ <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/disasters/oil-spills>
- ❖ <https://ourworldindata.org/oil-spills>





# Kontakt

# IEK Kavallas

Telefon Nummer: +30 2510233202

Fax-Nummer: +30 2510233202

E-Mail Adresse: popintol@yahoo.gr

<http://iek-kaval.kav.sch.gr>

Name des Vortragenden:

Kalliopi Ntolou

Lehrer für Mechanik und Ingenieurwesen

Tel: +30 6937222697

E-Mail: popintol@yahoo.gr

