

**GLYPHOSAT VERSCHMUTZT
UNSERE GEWÄSSER - IN
GANZ EUROPA. PAN-
EUROPAS
WASSERBERICHT,
SEPTEMBER 2023**



Danksagung: Dieser Bericht wurde mit finanzieller Unterstützung der Fraktion Die Grünen/EFA im Europäischen Parlament in Auftrag gegeben und von Pesticide Action Network (PAN) Europe verfasst.

Hauptautor (Koordination und Forschung): **Gergely Simon**

Redakteur und Gutachter: **Dr. Angeliki Lysimachou** (PAN

Europe) Assistentin: **Lysiane Copin** (PAN Europe)

Pestizid-Aktions-Netzwerk Europa, 2023. Rue de la Pacification 67, 1000 Brüssel, Belgien tel.: +32 2 318 62 55; info@pan-europe.info; www.pan-europe.info

Die Fraktion der Grünen/EFA im Europäischen Parlament. 60 Rue Wiertz/Wiertzstraat 60, 1047 Brüssel, Belgien; contactgreens@ep.europa.eu; www.greens-efa.eu

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	4
1. EINFÜHRUNG	6
Die Auswirkungen von Glyphosat: weit verbreiteter Einsatz, Kontamination, und Bedenken für aquatische Ökosysteme	6
Der EU-Rechtsrahmen	8
Vorkommen und Konzentrationen von Glyphosat in der aquatischen Umwelt	10
Glyphosat in der aquatischen Umwelt	10
Maximale Konzentrationen in der aquatischen Umwelt	12
Potenzielle Risiken für aquatische Ökosysteme	13
Ziel der Studie	13
2. METHODIK	14
Probenahme und Analyse	14
Beschreibung der Wasserkörper, Lage der Proben	14
3. ERGEBNISSE	19
4. DISKUSSION: AUSWIRKUNGEN VON GLYPHOSAT UND AMPA AUF AQUATISCHE ÖKOSYSTEME	21
Für den menschlichen Gebrauch ungeeignetes Wasser	21
Auswirkungen auf die aquatische Umwelt	22
Politische Relevanz	24
SCHLUSSFOLGERUNGEN	28
Politische Empfehlungen	28

ZUSAMMENFASSUNG

Der derzeitige Einsatz von Glyphosat in Europa hat zu einer weit verbreiteten Verunreinigung der Umwelt geführt, wobei das Herbizid in menschlichem Urin, Hausstaub, Böden und Oberflächengewässern nachgewiesen wurde. Wissenschaftliche Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die in der Umwelt gefundenen Konzentrationen von Pestiziden, einschließlich Glyphosat, die Qualität unserer Wasserressourcen beeinträchtigen und die aquatischen Ökosysteme gefährden. Nach den EU-Rechtsvorschriften für Pestizide sollte der Einsatz von Pestiziden keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder die Umwelt haben, da das Zulassungsverfahren für Pestizide und ihre "nachhaltige Verwendung" keine Schäden verursachen sollten, auch nicht für die biologische Vielfalt und die Ökosysteme. Diese Studie stellt die Gültigkeit dieser Annahme in Frage, indem sie zeigt, dass sie falsch ist.

Um das Bewusstsein für die weitreichende Verschmutzung zu schärfen, die sich aus dem derzeitigen Einsatz von Herbiziden auf Glyphosatbasis in Europa ergibt, führte das Pestizid-Aktionsnetzwerk Europa gemeinsam mit seinen Mitgliedern und der Stop-Glyphosate-Koalition im Oktober 2022, also unmittelbar nach der Landwirtschaftssaison, eine Wasserprobenahme in 12 EU-Ländern durch. Organisationen aus diesen 12 Ländern beprobten 23 fließende Süßgewässer (Flüsse/Bäche) und fünf Seen.

Die Proben wurden auf Glyphosat und seinen Metaboliten AMPA analysiert, und die Bestimmungsgrenze wurde auf 0,2 µg/L (LOQ) festgelegt.

Glyphosat und/oder AMPA wurden in 17 von 23 Proben (74 %) in 11 von 12 Ländern nachgewiesen. In Anbetracht der Tatsache, dass der Sicherheitsgrenzwert für Trinkwasser für Pestizidwirkstoffe und ihre relevanten Metaboliten bei 0,1 µg/L liegt, enthielten fünf der 23 Wasserproben (22 %), die in Österreich, Spanien, Polen und Portugal entnommen wurden, Glyphosat in Mengen, die für den menschlichen Verzehr nicht geeignet sind. Eine portugiesische Probe enthielt 3 µg/L Glyphosat, was 30-mal höher ist als der Sicherheitsgrenzwert für den menschlichen Verzehr. In Österreich, Belgien, Polen, Spanien und Portugal wiesen die Proben Glyphosat- oder AMPA-Konzentrationen von über 1 µg/L auf. Alarmierend ist, dass drei der Proben AMPA-Konzentrationen von über 3 µg/L aufwiesen.

Sowohl Glyphosat als auch AMPA stellen ein Risiko für die aquatische Umwelt dar, und Glyphosat ist bereits als giftig für Wasserlebewesen mit lang anhaltender Wirkung eingestuft (Aquatic Chronic 2; H411). Auf der Grundlage der Daten aus der wissenschaftlichen Literatur wäre jedoch eine strengere Einstufung gerechtfertigt. Derzeit gibt es auf EU-Ebene keine Umweltqualitätsnorm (UQN) für Glyphosat oder AMPA. In ihrem jüngsten Vorschlag hat die Europäische Kommission die Liste der prioritären Stoffe für Oberflächengewässer überarbeitet und einen extrem hohen UQN-Wert für Glyphosat aufgenommen, der im Vergleich zu den Sicherheitsnormen für Trinkwasser ein höheres Maß an Verunreinigung zulassen würde. In demselben Vorschlag ist ein Schwellenwert von 0,5 µg/L (AA-EQS - Annual Average of Environmental Quality Standard) für die kombinierte Konzentration von Pestizidwirkstoffen oder relevanten Metaboliten, Abbau- und

Reaktionsprodukten vorgesehen. Von den 23 analysierten Proben wurde jedoch in 10 Proben AMPA in Konzentrationen gefunden, die dem Schwellenwert von 0,5 µg/L entsprechen oder ihn überschreiten, und in einer Probe Glyphosat. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts ist es noch nicht durch die

Kommission und EU-Mitgliedstaaten, ob Metaboliten wie AMPA, die ein Risiko für die aquatische Umwelt darstellen, in diesen Schwellenwert einbezogen werden.

Diese Ergebnisse unterstreichen, dass eine Exposition gegenüber Glyphosat unvermeidbar ist und dass dringend EU-weite Maßnahmen erforderlich sind, um diesen gefährlichen Stoff aus unserer Umwelt zu entfernen.

1. EINFÜHRUNG

Die Auswirkungen von Glyphosat: weit verbreiteter Einsatz, Kontamination und Bedenken hinsichtlich aquatischer Ökosysteme

Seit seiner Einführung auf dem US-amerikanischen Markt als Roundup™ im Jahr 1974 sind der Wirkstoff Glyphosat (N-(Phosphonomethyl)-Glycin) und seine Formulierungen zu den am häufigsten und intensivsten verwendeten Herbiziden in der EU und weltweit geworden (Benbrook, 2016). Als nicht-selektives, systemisches Herbizid mit breitem Wirkungsspektrum tötet es alle Pflanzen ab und wird in der Landwirtschaft in großem Umfang sowohl bei konventionellen als auch bei gentechnisch veränderten, glyphosatresistenten Pflanzen eingesetzt [Kasten 1]. Im Jahr 2012 entfielen auf Europa etwa 16,6 % des weltweiten Glyphosatmarktes, und im Jahr 2017 machte Glyphosat 33 % des gesamten Herbizidmarktes in der EU aus (Antier et al., 2020).

Kasten 1. Wichtigste Verwendungszwecke von Glyphosat

In der konventionellen chemischen Landwirtschaft werden Herbizide auf Glyphosatbasis vor der Aussaat der Pflanzen ausgebracht, um Unkräuter abzutöten und die Etablierung der Pflanzen zu erleichtern. Sie werden auch in der chemischen Direktsaat eingesetzt, um das Land von Unkraut und Vorfrüchten zu befreien und so die Bodenbearbeitung zu ersetzen. Bei glyphosattoleranten (gentechnisch veränderten, glyphosattoleranten) Pflanzen wird das Herbizid nach dem Auflaufen der Pflanzen eingesetzt, um das Unkraut abzutöten, die Pflanzen aber unversehrt zu lassen. Herbizide auf Glyphosatbasis werden auch eingesetzt, um den Boden unter mehrjährigen Kulturen wie Obstbäumen und Weinstöcken zu roden. Eine weitere Anwendung von Herbiziden auf Glyphosatbasis ist die Verwendung als Trocknungsmittel bei Getreide und Körnern, um die Ernte zu erleichtern. Es wird kurz vor der Ernte eingesetzt, um den Reifungsprozess zu beschleunigen und die Samen zu trocknen, während die Pflanze abstirbt. Nach der Ernte wird Glyphosat in konventionellen Anbausystemen eingesetzt, um die Reste der Kulturpflanzen und eventuell vorhandenes Unkraut abzutöten. Die Verwendung von Glyphosat als Trocknungsmittel vor der Ernte ist mittlerweile eine gängige Praxis, insbesondere in Regionen mit hoher Luftfeuchtigkeit. Da diese Praxis jedoch zur höchsten Anreicherung von Glyphosatrückständen in Saatgut und Körnern führt, haben einige Mitgliedstaaten strenge Vorschriften für die Verwendung von Glyphosat erlassen.

Glyphosat übt seine herbizide Wirkung aus, indem es die Synthese bestimmter essenzieller Pflanzennährstoffe (Aminosäuren) über den enzymatischen Shikimatweg blockiert; ohne Nährstoffe stirbt die Pflanze allmählich ab. Da dieser Stoffwechselweg nur in Pflanzen und bestimmten Mikroorganismen wie Bakterien und bestimmten Arten von Parasiten und Pilzen vorkommt, besteht der Irrglaube, dass Glyphosat für andere Arten relativ sicher ist. Dennoch haben Herbizide auf Glyphosatbasis nachweislich toxische Auswirkungen auf

Tierarten wie Wirbellose, Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere einschließlich Menschen (Gill et al., 2017).

Sobald es in die Umwelt gelangt, zerfällt Glyphosat allmählich in seinen Hauptmetaboliten Aminomethylphosphonsäure (AMPA) sowie in andere Abbauprodukte. Nach Angaben der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) weist AMPA ein ähnliches toxikologisches

Profil gegenüber Glyphosat und daher ist die Exposition gegenüber Glyphosat und/oder AMPA ein Problem.

Der weit verbreitete Einsatz von Glyphosat hat dazu geführt, dass es als Schadstoff in der Umwelt allgegenwärtig ist, auch in aquatischen Ökosystemen, ein Phänomen, das weltweit beobachtet wurde. Daher sind erhebliche Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen von Glyphosat auf die Qualität unserer Wasserressourcen und die unvermeidliche Exposition der verschiedenen aquatischen Arten gegenüber Glyphosat aufgekommen. Sowohl Glyphosat als auch sein Hauptmetabolit AMPA wurden als Risiken für die aquatische Umwelt identifiziert. Außerdem wurde Glyphosat als giftig für Wasserlebewesen eingestuft, mit lang anhaltenden Auswirkungen (Aquatic Chronic 2; H411).

Kasten 2. Aquatische Toxizität CLP-Gefahrenklassifizierung von Glyphosat

Glyphosat wurde gemäß der EU-Verordnung 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) als giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung (Aquatic Chronic 2; H411) eingestuft.

Gemäß der CLP-Verordnung kann ein Stoff in zwei Stufen der chronischen Toxizität in der aquatischen Umwelt eingestuft werden:

- Die höchste Toxizitätsstufe ist die Kategorie Chronisch 1 - in diesem Fall ist die höchste Konzentration des Stoffes, bei der keine Auswirkungen auf die Probenorganismen (Fische / Krebstiere / Algen oder andere Wasserpflanzen) beobachtet werden, $\leq 0,1 \text{ mg/L}$.
- Die nächsthöhere Toxizitätsstufe ist die Kategorie Chronisch 2 - in diesem Fall liegt die höchste Konzentration der getesteten Substanz, die keine Auswirkungen auf Fische / Krebstiere / Algen oder andere Wasserpflanzen zeigt, zwischen $0,1 \text{ mg/L}$ und 1 mg/L .

Die Klassifizierung basiert hauptsächlich auf Laborexperimenten in drei verschiedenen trophischen Ebenen (hauptsächlich an Algen, Wirbellosen und Fischen). Typische Endpunkte sind Sterblichkeit, Wachstum und Überleben sowie Fruchtbarkeit und Fruchtbarkeit, die alle als relevant für das Überleben der Population der Art angesehen werden.

Für Glyphosat stellt die ECHA in ihrer Stellungnahme fest: "*Der niedrigste zuverlässige chronische aquatische Wert war eine 7d No-Observed-Effect-Concentration von 1 mg/L für den Zebrafisch *Danio rerio*. Da Glyphosat nicht schnell abbaubar ist, wurde eine Einstufung als Aquatic Chronic 2; H411 erwogen...."*

Diese Gefahreinstufung beruht jedoch hauptsächlich auf Experimenten, die von Agrochemieunternehmen nach internationalen Protokollen (z. B. OECD) durchgeführt wurden und bei denen nicht alle potenziellen schädlichen Wirkungen gemessen und auch nicht alle Expositionsniveaus untersucht wurden, die in der realen Umgebung auftreten.

Wirbellose und Algen), wie Kaulquappen von Amphibien, reagieren ähnlich empfindlich auf Glyphosat und Glyphosatprodukte (Bach et al., 2016, Babalola & Wyk, 2017, Navarro- Martín et al., 2014).

Außerdem sollte der Bewertungsbericht gemäß der Verordnung 1107/2009 nicht nur die Bewertung des Wirkstoffs, sondern auch der repräsentativen Formulierung enthalten. In der Praxis wird diese Anforderung jedoch häufig nicht erfüllt. In der natürlichen aquatischen Umwelt sind die Arten allen Inhaltsstoffen der formulierten Produkte ausgesetzt. Die Toxizität dieser Produkte, insbesondere für Amphibien, kann oft höher sein als die von Glyphosat allein. Ökotoxikologische Studien über Produkte auf Glyphosatbasis werden jedoch bei der CLP-Einstufung nicht angemessen berücksichtigt.

Der EU-Rechtsrahmen

Der Schutz der Wasserressourcen vor Pestiziden wird in Europa durch verschiedene EU-Rechtsvorschriften geregelt.

Die Verordnung (EG) 1107/2009 (EU-Pestizidgesetz) erkennt an, dass die Verwendung von Pestiziden Menschen, anderen Tieren und der Umwelt Schaden zufügen kann, und hat strenge Regeln für ihre Zulassung festgelegt, um ein hohes Schutzniveau zu gewährleisten. Danach können die Wirkstoffe von Pestiziden (Wirkstoffe) und die Formulierungen von Pestizidprodukten nur dann zugelassen werden, wenn nachgewiesen wird, dass ihre Verwendung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder auf die Umwelt hat. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den Schutz gefährdeter Bevölkerungsgruppen wie schwangere Frauen und Kinder sowie auf die biologische Vielfalt und die Ökosysteme gelegt. Bei der Bewertung muss die potenzielle Toxizität aller Inhaltsstoffe und Metaboliten des Pestizidprodukts, der gesamten Produktformulierung sowie der daraus resultierenden Rückstände in Lebensmitteln, Trinkwasser und der Umwelt berücksichtigt werden [Kasten 3].

Der Schutz der Wasserressourcen wird durch die **EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL)** und ihre Tochterrichtlinien [Trinkwasser (EU) 2020/2184, Grundwasser 2006/118/EG und Umweltqualitätsnormen (UQN) 2008/105/EG] überwacht. Das übergeordnete Ziel dieser Richtlinien ist es, die Verschmutzung der aquatischen Umwelt zu verhindern und zu verringern und sicherzustellen, dass sich die Gewässer der EU in einem guten chemischen und ökologischen Zustand befinden.

Die **Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184** und die **Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG**, die derzeit überarbeitet wird, legen strenge Kriterien zur Verhinderung der Wasserverschmutzung durch gefährliche Chemikalien, einschließlich Pestiziden, fest. Damit Trinkwasser oder Grundwasser als von guter Qualität angesehen werden kann, wurden die Pestizidschwellenwerte auf 0,1 µg/L für einzelne Pestizidwirkstoffe und ihre relevanten ^{Metaboliten} und auf 0,5 µg/L für die Summe aller einzelnen Pestizide ("Pestizide insgesamt") festgelegt. Wenn also Glyphosat im Wasser über 0,1 µg/L nachgewiesen wird, kann das Wasser gemäß den Richtlinien nicht als geeignet angesehen werden für

- 1 *Gemäß der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 gilt "ein Pestizidmetabolit als relevant für Wasser für den menschlichen Gebrauch, wenn Grund zu der Annahme besteht, dass er inhärente Eigenschaften besitzt, die mit denen der Muttersubstanz in Bezug auf die Zielwirkung des Pestizids vergleichbar sind, oder dass entweder er selbst oder seine Umwandlungsprodukte ein Gesundheitsrisiko für die Verbraucher darstellen." (Anhang I, Teil B).*

menschlichen Verzehr. AMPA wird auf EU-Ebene nicht als relevanter Metabolit für Trinkwasser und Grundwasser angesehen. Allerdings ist AMPA in der Umwelt persistenter und die EFSA (2015) ist der Ansicht, dass der Metabolit ein ähnliches toxikologisches Profil wie Glyphosat aufweist. Einige Länder wie Dänemark, Ungarn und Frankreich wenden den Grenzwert von 0,1 µg/L für AMPA im Trinkwasser an.

Gemäß der Wasserrahmenrichtlinie gelten Oberflächengewässer als in einem guten Zustand, wenn sie die in der Richtlinie 2008/105/EG festgelegten **Umweltqualitätsnormen (UQN)** für mehrere als gefährlich eingestufte "prioritäre" Schadstoffe erfüllen. Bei einer Reihe dieser Schadstoffe handelt es sich um Pestizide, von denen viele in der EU aufgrund ihrer hochgefährlichen Eigenschaften verboten wurden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts gibt es auf EU-Ebene keine Umweltqualitätsnormen für Glyphosat oder seinen primären Metaboliten AMPA. Die Europäische Kommission hat jedoch kürzlich einen Vorschlag für eine überarbeitete Liste prioritärer Stoffe angenommen, die auch Glyphosat enthält. Zu unserer Besorgnis ist die vorgeschlagene UQN für Glyphosat alarmierend hoch. Während der Jahresmittelwert für Süßwasser, das für die Trinkwasseraufbereitung verwendet wird, auf 0,1 µg/L festgesetzt wird, liegt er für andere Binnengewässer bei 86,7 µg/L, einem Wert, der fast 800 Mal höher ist als der Sicherheitsgrenzwert für den menschlichen Verzehr und der Berichten zufolge schädliche Auswirkungen auf Wasserorganismen hat.

Der Vorschlag enthält auch einen Schwellenwert von 0,5 µg/L (AA-EQS) für die Gesamtheit der Pestizidwirkstoffe oder relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte. Es ist noch nicht entschieden, ob Metaboliten wie AMPA, die ein Risiko für die aquatische Umwelt darstellen, in diesen Grenzwert einbezogen werden sollen.

Das EU-Pestizidgesetz (VO 1107/2009) fordert ausdrücklich den Schutz des Trinkwassers und des Grundwassers vor der Exposition gegenüber Pestizidwirkstoffen, relevanten Metaboliten und ganzen Produkten und verlangt die Einhaltung der Wasserrahmenrichtlinie und ihrer Tochterrichtlinien. Wenn dies nicht der Fall ist, können die Kommission und die Mitgliedstaaten die Zulassung eines Pestizidwirkstoffs oder -produkts überprüfen und widerrufen (Artikel 21 und 44, Verordnung 1107/2009).

Darüber hinaus berücksichtigt die **Richtlinie 2009/128/EG über den nachhaltigen Einsatz von Pestiziden**, dass die aquatische Umwelt besonders empfindlich auf Pestizide reagiert, und fordert die Mitgliedstaaten auf, Maßnahmen zur Verhinderung der Verschmutzung von Oberflächen- und Grundwasser festzulegen (Artikel 11). Diese Maßnahmen bestehen in der Einrichtung von Pufferzonen" in angemessener Größe zum Schutz von Nichtziel-Wasserorganismen und von Schutzzonen" für Oberflächen- und Grundwasser, die für die Trinkwassergewinnung genutzt werden und in denen Pestizide nicht verwendet oder gelagert werden dürfen, sowie in Maßnahmen zur Vermeidung von Verunreinigungen. Dennoch ist die Durchsetzung der Richtlinie zur Verringerung des Pestizideinsatzes und zum Schutz empfindlicher Ökosysteme und Bevölkerungsgruppen insgesamt schwach, und die Kommission hat eine Aufwertung der Richtlinie zu einer (rechtlich verbindlicheren) Verordnung vorgeschlagen. Der Vorschlag für eine Verordnung über den nachhaltigen Einsatz von Pestiziden (SUR) zielt darauf ab, den Einsatz von Pestiziden in allen Oberflächengewässern und im Umkreis von 3 Metern um diese Gewässer zu verbieten. Die Pufferzone von 3 Metern wird jedoch als gering angesehen, um den Schutz der aquatischen Umwelt zu gewährleisten.

Kasten 3. Verordnung (EG) 1107/2009 (EU-Pestizidgesetz) über den Schutz der Umwelt:

In Artikel 4 Absatz 3 der Verordnung ist eindeutig festgelegt, dass ein Wirkstoff nur dann genehmigt werden kann, wenn die folgenden Kriterien erfüllt sind:

(e) es darf keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben, wobei insbesondere folgende Erwägungen zu berücksichtigen sind, sofern die von der Behörde anerkannten wissenschaftlichen Methoden zur Bewertung solcher Auswirkungen zur Verfügung stehen:

(i) sein Verbleib und seine Verteilung in der Umwelt, insbesondere die Kontamination von Oberflächengewässern, einschließlich Ästuar- und Küstengewässern, Grundwasser, Luft und Boden, unter Berücksichtigung von Orten, die von seiner Verwendung entfernt sind, nach einem weiträumigen Transport in der Umwelt;

(ii) die Auswirkungen auf Nicht-Zielarten, einschließlich der Auswirkungen auf das Verhalten dieser Arten;

(iii) ihre Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

und das Ökosystem Artikel 4.2 über Rückstände:

(b) sie dürfen keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Für Rückstände, die von toxikologischer, ökotoxikologischer, umwelt- oder trinkwasserrelevanter Bedeutung sind, müssen allgemein gebräuchliche Messverfahren

Vorkommen und Konzentrationen von Glyphosat in Gewässern

Glyphosat in der aquatischen Umwelt

Aufgrund des umfangreichen Einsatzes von Produkten auf Glyphosatbasis und der hohen Wasserlöslichkeit (11,6 g/L bei 25°C) und Mobilität des Herbizids ist Glyphosat zu einem allgegenwärtigen Schadstoff in der aquatischen Umwelt geworden. Glyphosat gelangt vor allem durch atmosphärische Abdrift nach der Ausbringung und durch Abfluss bei Regen in die aquatische Umwelt. Obwohl seine Persistenz in Gewässern relativ gering ist, kann es, wenn es mit Bodenpartikeln verbunden ist, über längere Zeit in Gewässern verbleiben. Nach Angaben der EFSA (2015) schwankt die Halbwertszeit von Glyphosat in Gewässern je nach Umweltbedingungen zwischen 13,82 und 301 Tagen. Die Häufigkeit und das Ausmaß der nachgewiesenen Rückstandsmengen sind stark abhängig von z. B. den Ausbringungsmengen, den hydrologischen Bedingungen und der Niederschlagsintensität (Coupe et al., 2012). Da Glyphosatprodukte vor und nach der Ernte

unterschiedlich verwendet werden, findet die Umweltexposition zu verschiedenen Zeiten des Jahres statt und kann zu einer kontinuierlichen Exposition der Ökosysteme führen.

Die festgestellten und gemeldeten Glyphosat-Rückstandsmengen in europäischen Oberflächengewässern weisen eine hohe Variabilität auf (Székács & Darvas, 2018). Der Hauptmetabolit von Glyphosat ist AMPA, das im Vergleich zur Ausgangsverbindung eine höhere Mobilität (Duke & Powles, 2008) und langsamere Abbaugeschwindigkeiten aufweist und daher von beiden Verbindungen am häufigsten in der Umwelt nachgewiesen wird.

Konzentrationen von Glyphosat und AMPA in Oberflächengewässern

Mehrere unabhängige und nationale Überwachungsstudien haben die Glyphosatkonzentrationen in Oberflächengewässern weltweit untersucht. Die nachstehende Tabelle fasst die Ergebnisse europäischer und globaler Oberflächenwasserstudien zusammen.

Tabelle 1. Weltweit festgestellte Glyphosat-Konzentrationen.

Land	Region	Substanz	Mittlere [µg/L]	Maximum [µg/L]	Studie & Jahr
Belgien	Region Wallonien	AMPA	1.464	30.922	Frippiat et al., 2018 (Daten im Anhang)
		Glyphosat	0.347	5.256	
	Brüssel Hauptstadtregion	AMPA	1.0097	2.754	
		Glyphosat	0.1462	0.35	
Tschechische Republik	Černíč	AMPA	0.160	/	Konečná et al., 2023
		Glyphosat	0.103	/	
	Němčice	AMPA	0.336	/	
		Glyphosat	0.055	/	
	Uhřice	AMPA	0.481	/	
		Glyphosat	0.037	/	
Frankreich		AMPA	0,45	164	Ineris, 2020
		Glyphosat	0,22	558	
Ungarn	Plattensee, Westungarn	AMPA	0.3	2.0	Tóth et al., 2022
		Glyphosat	0.85	3.0	

Italien	<i>Fluss Veneto, Nordost-Italien.</i>	AMPA	0.18	/	<u>Masiol et al. (2018)</u>
		Glyphosat	0.17	/	
Niederlande	<i>Lobith</i>	AMPA	0.207	0.30	<u>RIWA-Rijn Bericht, 2021</u>
		Glyphosat	<	0.0706	
	<i>Nieuwegein</i>	AMPA	0.475	0.781	
		Glyphosat	<	0.032	
	<i>Nieuwersluis</i>	AMPA	0.485	0.811	
		Glyphosat	<	0.039	
	<i>Andijk</i>	AMPA	0.223	0.316	
		Glyphosat	<	<	
Argentinien	<i>Region Pampa, Zentrum der Provinz Buenos Aires</i>	AMPA	0.66	1.03	<u>J. Pérez et al., 2021</u>
		Glyphosat	1.88	4.36	
Australien	<i>Ländliche Ströme in Melbourne</i>	AMPA	0.8	/	<u>Okada et al., 2020</u>
		Glyphosat	≤ 0.3	/	
	<i>Melbourne Urbane Ströme</i>	AMPA	1.1	4.3	
		Glyphosat	1.6	4.8	
Mexiko	<i>Bundesstaat Jalisco</i>	Glyphosat	/	510.46	<u>Silva-Madera et al., 2021</u>
Vereinigte Staaten		AMPA	/	5.6	<u>Medalie et al., 2020</u>
		Glyphosat	/	8.1	

Maximale Konzentrationen in aquatischen Umgebungen

Die in Europa festgestellten Glyphosatkonzentrationen liegen im Bereich von einigen µg/L [Tabelle 1], mit einigen Ausnahmen. So wurde beispielsweise in einer Studie in Frankreich eine Höchstkonzentration von Glyphosat von 558 µg/L und für AMPA von 164 µg/L festgestellt.

Es gibt auch einige Ausnahmefälle, in denen sehr hohe Konzentrationen von Glyphosat

festgestellt wurden. In einer Studie aus dem Jahr 1980 fanden Edwards *et al.* maximale Konzentrationen von bis zu 5200 µg/L in Gewässern, die landwirtschaftliche Abwässer aufnehmen. In neueren Studien zur Untersuchung der Auswirkungen von Glyphosat auf Futterbienen waren die Konzentrationen von Glyphosat und AMPA in Abwässern und Pfützen in der Nähe landwirtschaftlicher Flächen außergewöhnlich hoch.

Farina et al. (2019) stellten fest, dass "*für das Worst-Case-Szenario in kleinen Wasserkörpern (Teiche oder Pfützen) eine mittlere erwartete Umweltkonzentration von 3,49 mg/L berechnet wurde*". In einem anderen Beispiel berichteten Herbert et al. (2014) über Konzentrationen von Glyphosat in Pfützen und Abflussgewässern im Bereich von 1,4 bis 7,6 mg/L als umweltrelevante Konzentrationen.

Mögliche Risiken für aquatische Ökosysteme

Süßwasserökosysteme sind reich an Mineralien und Nährstoffen und bieten Lebensraum für viele Arten, darunter Wasserpflanzen, wirbellose Tiere, Fische, Amphibien, Vögel und Säugetiere. Das Zusammenspiel dieser Arten bildet nicht nur dynamische Nahrungsnetze, sondern spielt auch eine Schlüsselrolle bei Ökosystemprozessen wie dem Nährstoffkreislauf, der Produktion von organischem Material, der Freisetzung oder dem Einfangen von Treibhausgasen und der Filterung von Schadstoffen. All diese Organismen, einschließlich des Menschen, sind von der Qualität des Wassers abhängig.

Die Struktur und Funktion von Süßwasserökosystemen hängt vom Gleichgewicht der Häufigkeiten der verschiedenen Arten ab. Daher verändern Veränderungen in der Struktur der Artengemeinschaften nicht nur die Struktur des Nahrungsnetzes und die Populationsdynamik, sondern können auch negative Auswirkungen auf alle damit verbundenen Ökosystemprozesse haben.

Glyphosat wurde bereits als ein Stoff eingestuft, der aquatische Arten langfristig schädigen kann. Daher ist eine direkte Exposition gegenüber Glyphosat oder Produkten auf Glyphosatbasis verboten, z. B. bei der Verwendung/Anwendung, negative Auswirkungen auf aquatische Arten haben und deren Populationen gefährden können.

Wissenschaftliche Studien deuten darauf hin, dass auch niedrigere Glyphosatkonzentrationen für Nicht-Zielarten schädlich sein können, insbesondere in den empfindlichen frühen Lebensphasen und bei längerer Exposition. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Produkte auf Glyphosatbasis toxischer sein können als Glyphosat allein, da sie Glyphosat zusammen mit Beistoffen oder Hilfsstoffen enthalten, die zugesetzt werden, um die Aufnahme von Glyphosat durch die Zielpflanzen zu erhöhen und die Gesamtwirkung des Produkts als Herbizid zu steigern.

Ziel der Studie

Der weit verbreitete Einsatz von Produkten auf Glyphosatbasis hat zu einer Verunreinigung der Gewässer in der EU mit dieser Chemikalie geführt, die die Qualität unserer Wasserressourcen beeinträchtigt und die aquatischen Ökosysteme gefährdet. Im Vorfeld der Abstimmung über die Wiedezulassung von Glyphosat im Jahr 2023 hat das Pesticide Action Network Europe gemeinsam mit seinen Mitgliedern und denen der Stop-Glyphosate Coalition eine EU-weite Kampagne zur Entnahme von Wasserproben durchgeführt. Auf der Grundlage der Ergebnisse soll dieser Bericht Informationen über die weit verbreitete Exposition der aquatischen Umwelt gegenüber Glyphosat und AMPA liefern und Entscheidungsträger darauf aufmerksam machen, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um unsere aquatische Umwelt und ihre empfindlichen Ökosysteme vor der Exposition gegenüber dieser Chemikalie zu schützen.

2. METHODIK

Probenahme und Analyse

PAN Europe und seine Partner sammelten Ende Oktober 2022, nach der Landwirtschaftssaison, in 12 EU-Ländern Proben von Oberflächenwasser. Der letzte Einsatz von Herbiziden auf Glyphosatbasis im Frühherbst erfolgt entweder zur Trocknung (vor der Ernte) oder zur Nachernte. Die Proben wurden von Mitgliedern von PAN Europe und der Stop-Glyphosate Coalition genommen (Liste der Partner in Anhang 1). Insgesamt wurden 23 Fluss-/Bachproben und 5 Seewasserproben entnommen. Die Proben wurden in Kühlboxen mit Kühllakkus zur Analyse auf Glyphosat und AMPA an das Eurofins-Labor in Budapest geschickt. Die Bestimmungsgrenze (LOQ) wurde auf 0,2 µg/L festgesetzt, was dem Doppelten des Sicherheitsschwellenwerts entspricht, unter dem Wasser als für den menschlichen Verzehr geeignet gilt (0,1 µg/L), und zwar für einzelne Wirkstoffe oder für relevante Metaboliten.

Beschreibung der Wasserkörper, Standort der Proben

Die für diese Studie gesammelten und analysierten Proben stammen aus Flüssen und Bächen in 12 europäischen Ländern: Österreich, Belgien, Bulgarien, Kroatien, Frankreich, Deutschland, Ungarn, die Niederlande, Slowenien, Spanien, Polen und Portugal.

Tabelle 2. Entnahmestellen der Oberflächenwasserproben.

Fluss-/Bachwasserproben			
Land	Wasserkörper	Größe des Flusses	GPS
Slowenien	Fluss Savinja	Groß	<u>46.242540, 15.137991</u> <u>46°14'33.1 "N 15°08'16.8 "E</u>
Deutschland	Fluss Erft	Mittel	Beispiel 1 <u>51.168215, 6.704045</u> <u>51°10'05.6 "N 6°42'14.6 "E</u> Beispiel 2 <u>51.182481, 6.730497</u> <u>51°10'56.9 "N 6°43'49.8 "E</u>
Deutschland	Fluss Lippe	Mittel	<u>51.643528, 6.675861</u> <u>51°38'36.7 "N 6°40'33.1 "E</u>

Deutschland	Fluss Gera	Mittel	<u>50.924639, 10.987667</u> <u>50°55'28.7 "N 10°59'15.6 "E</u>
Österreich	Fluss Mühlbach	Klein	<u>48.318102, 16.564445</u> <u>48°19'05.2 "N 16°33'52.0 "E</u>
Kroatien	Fluss Drau	Groß	<u>46.360611, 16.326500</u> <u>46°21'38.2 "N 16°19'35.4 "E</u>
Bulgarien	Fluss Maritza, Varbitsa	Groß	<u>42.040889, 25.372222</u> <u>42°02'27.2 "N 25°22'20.0 "E</u>
Bulgarien	Bivolare/Pleven, Vit	Mittel	<u>43.493778, 24.565722</u> <u>43°29'37.6 "N 24°33'56.6 "E</u>
Polen	Fluss Pilica, Sulejów	Groß	<u>51.354879, 19.882903</u> <u>51°21'17.6 "N 19°52'58.5 "E</u>
Polen	Opocznianka Fluss	Klein	<u>51.359204, 20.254507</u> <u>51°21'33.1 "N 20°15'16.2 "E</u>
Polen	Fluss Rykolanka	Klein	<u>51.662500, 20.846110</u> <u>51°39'45.0 "N 20°50'46.0 "E</u>
Spanien	Lleida Aigua Panta	Klein	<u>41.497145, 0.513258</u> <u>41°29'49.7 "N 0°30'47.7 "E</u>
Spanien	Kanal Perimetral San Pedro del Pinata	Klein	<u>37.843281, -0.767189</u> <u>37°50'35.8 "N 0°46'01.9 "W</u>
Spanien	Agua oberflächlich Rambla del Albujón	Klein	<u>37.716286, -0.861044</u> <u>37°42'58.6 "N 0°51'39.8 "W</u>
Portugal	Strom, Herdade da Fonte Insonsa Idanha-a-Nova	Klein	<u>39.880780, -7.247578</u> <u>39°52'50.8 "N 7°14'51.3 "W</u>
Portugal	Duoro-Fluss	Groß	<u>41.072450, -8.464370</u> <u>41°04'20.8 "N 8°27'51.7 "W</u>
Ungarn	Fluss Kleine Donau, Dunaharaszti,	Mittel	<u>47.352778, 19.069028</u> <u>47°21'10.0 "N 19°04'08.5 "E</u>
Frankreich	La Chapelle aux pots / l'Avelon	Klein	<u>49.437407, 1.919286</u> <u>49°26'14.7 "N 1°55'09.4 "E</u>
Frankreich	Rochy Condé/ le Therain	Klein	<u>49.398526, 2.182851</u> <u>49°23'54.7 "N 2°10'58.3 "E</u>
Frankreich	St. Leu d'Esserent / l'Oise	Groß	<u>49.213308, 2.422123</u> <u>49°12'47.9 "N 2°25'19.6 "E</u>
Niederlande	Fluss Veengoot R.	Klein	<u>52.086944, 6.364556</u> <u>52°05'13.0 "N 6°21'52.4 "E</u>

Niederlande	Fluss Slinge, Borculo	Klein	<u>52.107611, 6.491056</u> <u>52°06'27.4 "N 6°29'27.8 "E</u>
Belgien	La Mehaigne	Klein	<u>50.628207, 5.083869</u> <u>50°37'41.6 "N 5°05'01.9 "E</u>
<u>Wasserproben aus dem See</u>			
Österreich	Padersdorf		<u>47.855679, 16.825008</u> <u>47°51'20.5 "N 16°49'30.0 "E</u>
Kroatien	Retencija Šenkovec		<u>46.417891, 16.410886</u> <u>46°25'04.4 "N 16°24'39.2 "E</u>
Kroatien	Retencija Mačkovec		<u>46.428528, 16.425000</u> <u>46°25'42.7 "N 16°25'30.0 "E</u>
Portugal	Albufeira da Barragem do Roxo, Portugal		<u>37.932500, -8.080100</u> <u>37°55'57.0 "N 8°04'48.4 "W</u>
Ungarn	Délegyháza-See		<u>47.259778, 19.095972</u> <u>47°15'35.2 "N 19°05'45.5 "E</u>

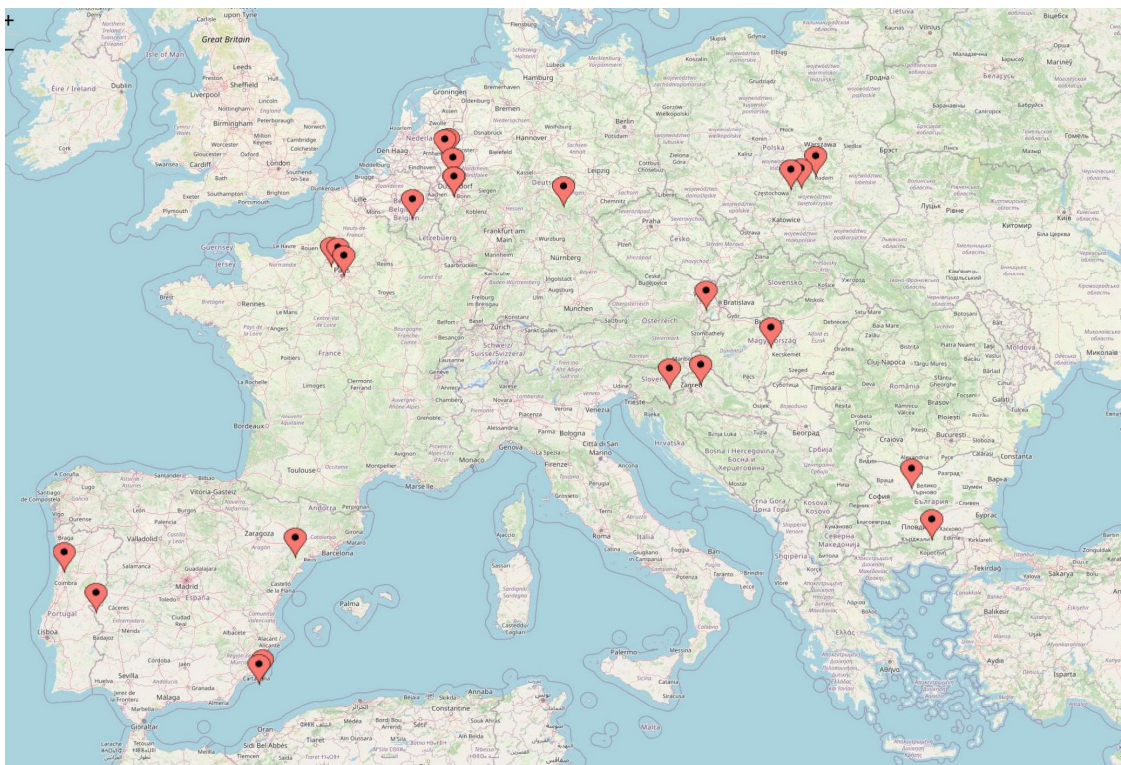


Abbildung 1. Lage der Flüsse und Bäche, aus denen Proben entnommen wurden. Kartendaten ©OpenStreetMap

Die Proben wurden aus großen, mittleren und kleinen Flüssen und Bächen entnommen. Von den 23 Proben, die wir in ganz Europa gesammelt haben, stammen 8 Proben aus kleinen Flüssen und Bächen. 6 stammen aus großen Flüssen (Maritsa in Bulgarien, Oise in Frankreich, Savinja in Slowenien, Pilica in Polen, Duoro in Portugal, Drava in Kroatien) und 9 aus mittelgroßen Flüssen (Vit in Bulgarien, Lippe, Gera und Erft in Deutschland, Ponsul in Portugal, Ráckevei-Duna in Ungarn).

Classification of the types of water bodies sampled

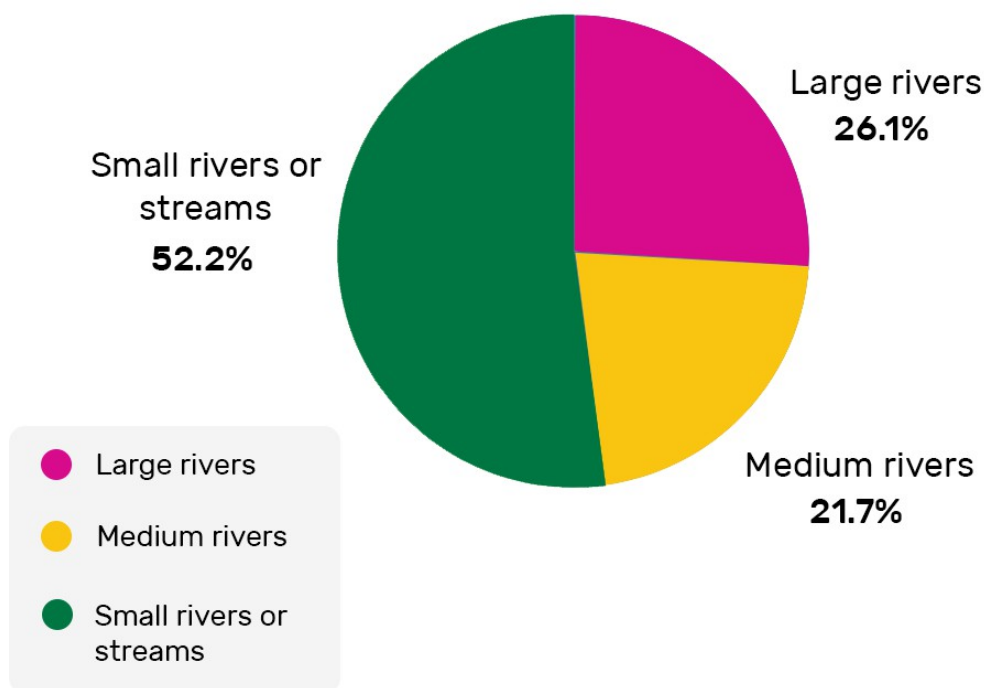


Abbildung 2. Anteil der Gewässertypen und -größen in den Proben



Ort der Probenahme: Albufeira da Barragem do Roxo, Portugal



Ort der Probenahme: Fluss Vit, Bivolare, Bulgarien.

Im Rahmen der Studie wurden auch in Österreich, Kroatien, Ungarn und Portugal Seewasserproben entnommen.

3. ERGEBNISSE

Von den 23 entnommenen Oberflächenwasserproben aus Flüssen und Bächen wiesen 17 (74 %) in 11 der 12 Länder nachweisbare Glyphosat- oder AMPA-Konzentrationen auf, die über der Qualifikationsgrenze (LOQ) von 0,2 µg/L lagen. Da die Proben nach der landwirtschaftlichen Saison entnommen wurden, war der Glyphosat-Metabolit AMPA häufiger in den Flussproben nachweisbar als Glyphosat selbst. So war AMPA in 17 Proben vorhanden, während Glyphosat nur in fünf von ihnen nachgewiesen wurde.

Daher wurde AMPA in 74 % der Fälle in den Fluss-/Bachproben nachgewiesen, während Glyphosat in 22 % der Fälle nachgewiesen wurde. Die höchste gemessene Konzentration betrug 3,9 µg/L für AMPA in Polen und 3 µg/L für Glyphosat in Portugal. Von den Proben, in denen AMPA-Rückstände nachweisbar waren, wiesen etwa 22 % einen Wert von mehr als 1 µg/L auf. Fünf von 23 Wasserproben (22 %), die in Österreich, Spanien, Polen und Portugal entnommen wurden, enthielten Glyphosat in Mengen, die über dem Grenzwert von 0,1 µg/L für den menschlichen Verzehr lagen.

Außerdem liegt der Sicherheitsgrenzwert für Trinkwasser für die Gesamtmenge an Pestiziden und ihren relevanten Metaboliten und der derzeit vorgeschlagene Grenzwert für Oberflächengewässer (AA-EQS) bei 0,5 µg/L. In diesem Zusammenhang wurde AMPA an 10 Standorten in Mengen über oder gleich 0,5 µg/L nachgewiesen, und Glyphosat wurde an einem Standort über diesem Grenzwert nachgewiesen. Unter Berücksichtigung sowohl von Glyphosat als auch von AMPA wurde dieser Schwellenwert also in 44 % (10 von 23) der in Österreich, Belgien, Frankreich, Deutschland, den Niederlanden, Polen, Portugal und in allen drei Proben aus Spanien untersuchten Flüssen/Bächen überschritten. Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichts war jedoch noch nicht geklärt, ob der UQN-Grenzwert AMPA einschließt; auf EU-Ebene gilt AMPA als relevant für die aquatische Toxizität, aber nicht für den menschlichen Verzehr. Außerdem wird derzeit ein extrem hoher UQN-Wert für Glyphosat vorgeschlagen, der eine höhere Glyphosat-Kontamination zulassen würde.

Im Gegensatz zu anderen Ländern enthielten die in Slowenien entnommenen Proben kein Glyphosat oder AMPA oberhalb der Nachweisgrenze von 0,2 µg/L. Mindestens eine der untersuchten Flusswasserproben aus Österreich, Belgien, Bulgarien, Kroatien, Frankreich, Deutschland, Ungarn, den Niederlanden, Spanien, Polen und Portugal enthielt nachweisbare Mengen an Glyphosat oder AMPA. Die Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen unserer stichprobenartigen Wasserproben waren vergleichbar oder sogar höher als die in den Überwachungsdaten und der wissenschaftlichen Literatur angegebenen Werte (siehe Tabelle 1). Alle detaillierten Ergebnisse sind in Anhang 2 zu finden.

In den 5 Seewasserproben wurden keine Rückstände von Glyphosat oder AMPA nachgewiesen.

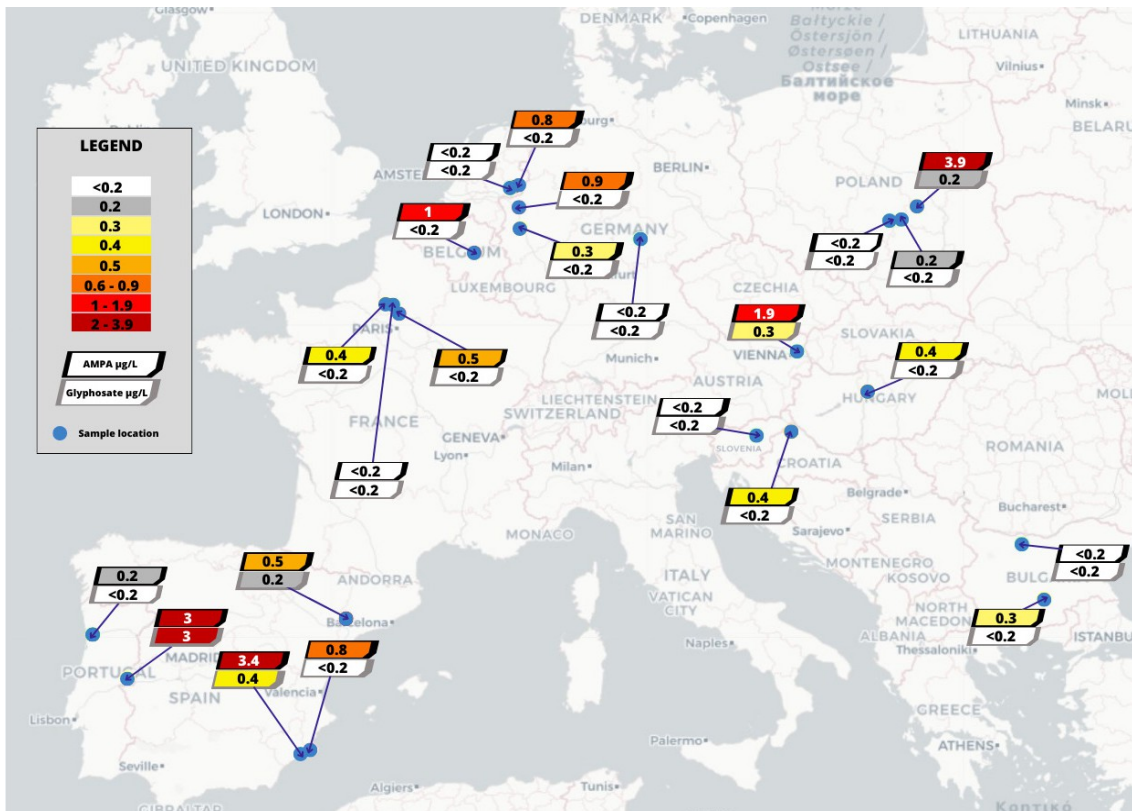


Abbildung 3. Konzentration von AMPA und Glyphosat in µg/L; PAN EUROPE, 2022 Oktober Messungen

Die höchsten gemessenen Konzentrationen:

- Polen, Fluss Rykolanka: AMPA 3,9 µg/L
- Spanien, Agua superficial Rambla del Albuñón: AMPA 3,4 µg/L
- Portugal, Idanha-a-Nova: AMPA 3,0 µg/L und Glyphosat 3,0 µg/L
- Österreich, Fluss Mühlbach in Deutsch Wagram: AMPA 1,9 µg/L



4. DISKUSSION: AUSWIRKUNGEN VON GLYPHOSAT UND AMPA AUF AQUATISCHE ÖKOSYSTEME

Mit dem EU-Recht soll einerseits sichergestellt werden, dass zugelassene Pestizide die Umwelt und ihre Ökosysteme nicht schädigen, und andererseits soll im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie EU-weit eine gute Qualität der Oberflächengewässer erreicht werden. Dies hat zu der falschen Annahme geführt, dass Pestizide, die für den Einsatz in der Landwirtschaft und in der Lebensmittelindustrie zugelassen sind, die aquatische Umwelt nicht verunreinigen und den Ökosystemen keinen Schaden zufügen. Unser Bericht zeigt jedoch, dass Glyphosat und sein Metabolit AMPA lange nach der Anwendung von Glyphosat-Pestiziden in die Oberflächengewässer gelangen und aufgrund ihrer toxischen Eigenschaften die Wasserqualität beeinträchtigen und die aquatischen Ökosysteme gefährden.

Der Nachweis von AMPA und Glyphosat in bestimmten europäischen Flüssen deutet darauf hin, dass der tatsächliche Gehalt des Wirkstoffs Glyphosat früher sogar noch höher war als der gemessene, da ein Teil des Glyphosats zu AMPA metabolisiert wurde und wir das Ende der Expositionskurve messen. Daher können wir davon ausgehen, dass die aquatische Umwelt zuvor höheren Werten ausgesetzt war als den gemessenen.

Für den menschlichen Verzehr ungeeignetes Wasser

In unserer Studie haben wir die Nachweisgrenze für Glyphosat und AMPA auf 0,2 µg/L festgesetzt, was doppelt so hoch ist wie der EU-Standard für einzelne Pestizide und für relevante Metaboliten im Trinkwasser. Daher enthielten die fünf der 23 Wasserproben (22 %) mit nachweisbaren Glyphosatwerten von 0,2 µg/L oder darüber, die in Österreich, Spanien, Polen und Portugal entnommen wurden, Glyphosat in Mengen, die für den menschlichen Verzehr nicht geeignet sind. Das Wasser aller 17 Flüsse, in denen die Proben positiv auf AMPA getestet wurden, wäre in einigen Mitgliedstaaten für den menschlichen Verzehr bedenklich und würde die Sicherheitsgrenzwerte für Trinkwasser überschreiten. Darüber hinaus überstieg an 10 Standorten die Konzentration von AMPA allein den Schwellenwert von 0,5 µg/L für die Gesamtmenge an Pestiziden oder relevanten Metaboliten in Trink- und Oberflächenwasser. Daher würden zusätzliche Pestizide, die auf den umliegenden Feldern eingesetzt werden, die Verschmutzung durch Glyphosat und AMPA verstärken und zu noch höheren Kontaminationswerten führen. Aus der wissenschaftlichen Literatur wissen wir, dass in Pfützen und Abflussgewässern in landwirtschaftlichen Gebieten höhere Glyphosatkonzentrationen gefunden werden können. In unserer Studie wurden Proben aus fließenden Flüssen entnommen, deren Wasser durch Regenwasser verdünnt wird, und dennoch wurde eine erhebliche Kontamination festgestellt.

Auf der Grundlage der Schlussfolgerung der EFSA ([EFSA, 2015](#)) "weist AMPA ein ähnliches toxikologisches Profil wie Glyphosat auf, und die Referenzwerte für Glyphosat gelten auch für seinen Metaboliten AMPA", dennoch ist AMPA derzeit nicht als Metabolit von

toxikologischer Bedeutung in Bezug auf die EU-Trinkwassernorm für den menschlichen Gebrauch anerkannt. Daher gilt der Grenzwert von 0,1 µg/L (wie in der Trinkwasserrichtlinie 2020/2184 für einzelne Pestizidwirkstoffe und ihre relevanten Metaboliten festgelegt) auf EU-Ebene nicht für AMPA. Einige Mitgliedstaaten, darunter Dänemark, Ungarn und Frankreich, wenden jedoch den Grenzwert von 0,1 µg/L an.

sowohl für AMPA als auch für Glyphosat. Wir sind der Meinung, dass andere Mitgliedstaaten einen ähnlichen vorsorglichen Ansatz verfolgen sollten, indem sie für jede dieser Verbindungen einen Sicherheitsgrenzwert von 0,1 µg/L anwenden.

In Österreich, Belgien, Polen, Spanien und Portugal lagen die AMPA-Konzentrationen sogar über 1 µg/L. Die höchste Glyphosatkonzentration in einer Probe aus Portugal lag 30-mal über dem Sicherheitsgrenzwert für Trinkwasser.

Die Verunreinigung von Oberflächengewässern mit Pestiziden ist eine große Herausforderung für Wasserunternehmen, die Zugang zu angemessenen und zuverlässigen Wasserressourcen benötigen, um den EU-Bürgern den Zugang zu sicherem Trinkwasser zu garantieren. Die Wasserunternehmen müssen zunehmend auf teure und energieintensive Zusatzbehandlungen zurückgreifen, um die Sicherheitsstandards für Trinkwasser zu erreichen, während die Verbraucher, die die Wasserrechnungen bezahlen, die Kosten tragen. Infolgedessen haben die europäischen Wasserunternehmen strenge Vorschriften für den Schutz der Süßwasserökosysteme in der EU vor Pestiziden gefordert. In unserer Studie gab es keinen Hinweis darauf, ob die Flüsse, aus denen die Proben entnommen wurden, zur Trinkwassergewinnung genutzt wurden oder nicht.

Auswirkungen auf die aquatische Umwelt

Die Beobachtung, dass Glyphosat oder/und AMPA in 74 % der Flussstellen außerhalb der landwirtschaftlichen Saison über 0,2 µg/L nachgewiesen wurde, deutet auf eine anhaltende Exposition der aquatischen Umwelt gegenüber Glyphosat hin. Diese verlängerte Exposition stellt ein Risiko für aquatische Ökosysteme dar. An 22 % der Standorte lagen die Konzentrationen über 1 µg/L, was nachweislich schädliche Auswirkungen auf bestimmte Wasserorganismen hat. Die Konzentrationen, die wir nach der landwirtschaftlichen Saison gefunden haben, sind immer noch vergleichbar und oft sogar höher als die in Überwachungsstudien aus der wissenschaftlichen Literatur gefundenen Werte [Tabelle 1].

Die akademische wissenschaftliche Literatur bestätigt, dass Glyphosat und Herbizide auf Glyphosatbasis biochemische, physiologische, endokrine und verhaltensbezogene Stoffwechselwege bei Fischen, Wirbellosen und Amphibien beeinträchtigen können (Gonçalves et al., 2019). Glyphosat ist auch für Pflanzen und Algen giftig, die Primärproduzenten sind und anderen Arten auf den höheren trophischen Ebenen des Ökosystems Nahrung und Schutz bieten. Daher kann eine chronische Exposition der aquatischen Umwelt gegenüber Glyphosat die Struktur des gesamten Ökosystems allmählich verändern.

Zu unserer Besorgnis ist anzumerken, dass einige der Wirkungen von Glyphosat bei Konzentrationen beobachtet werden können, die unter denjenigen liegen, die der Gefahrenklasse 2 für chronische aquatische Toxizität entsprechen (< 0,1 mg/L) und die mit den in der Umwelt festgestellten Werten und denen in unserer Studie vergleichbar sind [Kasten 2]. Darüber hinaus hat sich auch das Abbauprodukt von Glyphosat, AMPA, bei verschiedenen Wasserorganismen als toxisch erwiesen, und in bestimmten Fällen, in denen beide Stoffe vorhanden sind, können sie zu stärkeren toxischen Wirkungen führen als die einzelnen Stoffe für sich genommen.

So können beispielsweise niedrige Konzentrationen von Glyphosat (50 µg/L) das Wachstum von Wasserpflanzen und Algen erheblich beeinträchtigen, während eine Hemmung der Chlorophyllsynthese bei 16 µg/L beobachtet wurde, und die Auswirkungen waren deutlicher, wenn auch AMPA vorhanden war. In der Tat hat AMPA

hemmt nachweislich die Chlorophyllsynthese bei einer Konzentration zwischen 6 und 1,6 µg/L, je nach Art.

Fische, insbesondere Fischembryonen, reagieren empfindlich auf eine geringe Glyphosat-Exposition, da bei Konzentrationen im Bereich von 5-10 µg/L Wachstums- und Entwicklungsverzögerungen beobachtet wurden. Veränderungen der Zellmembranpermeabilität und der Expression von Genen, die wichtige Entwicklungsprozesse in Fischembryonen und Jungfischen regulieren, wurden bei Expositionen von 1-10 µg/L festgestellt. Andererseits scheinen Amphibien während ihrer frühen Entwicklung besonders empfindlich auf Herbizide auf Glyphosatbasis zu reagieren, was möglicherweise auf deren Tenside sowie auf AMPA zurückzuführen ist (Annett et al., 2014). Auswirkungen auf die Entwicklung von Kaulquappen wurden bei Konzentrationen von nur 0,7 µg/L (ausgedrückt als Glyphosat) beobachtet; Expositionen von nur 0,07 bis 3,57 µg/L AMPA verringern das embryonale Überleben. In ähnlicher Weise reagieren wirbellose Wassertiere in frühen Lebensstadien empfindlich auf Glyphosat, wobei Insekten besonders empfindlich auf Produkte auf Glyphosatbasis reagieren. Interessanterweise stört die Kombination von Glyphosat und AMPA in der sehr niedrigen Konzentration von 0,1 bzw. 1 µg/L die zytoprotektiven und Entgiftungsmechanismen der Mittelmeermuschel, was auf die kombinierte toxische Wirkung dieser beiden Stoffe hinweist [Kasten 3].

Verzögerungen beim Wachstum von Embryonen oder embryonale Missbildungen verlängern die Zeit, in der sie für aquatische Raubtiere anfällig sind, und können die Sterblichkeitsrate erhöhen, was sich auf die Populationen der Arten auswirkt. Amphibien zum Beispiel haben in den letzten Jahrzehnten einige der stärksten Populationseinbrüche erlitten, was darauf hindeutet, dass die Exposition gegenüber Pestiziden einer der Faktoren sein könnte, die zu ihrem Rückgang führen.

Die in unserer Studie festgestellten Konzentrationen von Glyphosat und seinem Metaboliten AMPA deuten daher darauf hin, dass dieses Pestizid das aquatische Ökosystem gefährdet, insbesondere wegen seiner negativen Auswirkungen auf Wachstum und Entwicklung in den frühen Lebensstadien und während der Fortpflanzung von Nichtzielorganismen.

Obwohl die schädlichen Auswirkungen von Herbiziden auf Glyphosatbasis (GBHs) auf Wasserorganismen in der wissenschaftlichen Literatur relativ gut dokumentiert sind, gibt es viele Lücken hinsichtlich der Toxizität von AMPA. Dennoch deutet der derzeitige Stand der Forschung darauf hin, dass AMPA auch schädliche Auswirkungen auf Wasserorganismen haben kann, weshalb seine Auswirkungen berücksichtigt werden sollten.

Darüber hinaus ist der Wirkstoff Glyphosat nicht das einzige Problem, da GBH aus mehreren, oft unbekanntem Bestandteilen zusammengesetzt sind, von denen jeder ein eigenes Toxizitätsniveau aufweist. Beistoffe wie Tenside, die die Herbizidwirksamkeit erhöhen, steigern auch die Toxizität der Produkte für Nichtzielarten, insbesondere Amphibien (Annett et al., 2014).

Die Auswirkungen von Glyphosat auf die verschiedenen trophischen Ebenen sollten nicht isoliert voneinander betrachtet werden, da sich Veränderungen auf einer trophischen Ebene unweigerlich auf die anderen auswirken und zu Veränderungen der Funktion und Struktur des Ökosystems führen. Darüber hinaus sollte diese Auswirkung

zusammen mit dem Vorhandensein anderer Pestizide und Schadstoffe abgeschätzt werden (und nicht jeder für sich betrachtet werden, was der Realität nicht gerecht wird). Auch andere anthropogene Aktivitäten sollten berücksichtigt werden, da sie die aquatische Umwelt unter Druck setzen könnten, z. B. die Zerstörung von Lebensräumen, der Klimawandel, die Verstädterung und andere Arten der Verschmutzung.

Politik Relevanz

Derzeit gibt es auf EU-Ebene keine Umweltqualitätsnorm (UQN) für Glyphosat oder AMPA. Der jüngste Vorschlag der Europäischen Kommission für eine überarbeitete Liste prioritärer Stoffe für Oberflächengewässer enthält einen Vorschlag für eine AA-Qualitätsnorm (Durchschnittswert - Binnenoberflächengewässer) für Glyphosat, aber nicht für AMPA, und für zwei verschiedene Werte:

- 0,1 µg/l für Süßwasser, das für die Gewinnung und Aufbereitung von Trinkwasser verwendet wird.
- 86,7 µg/l für Süßwasser, das nicht für die Gewinnung und Aufbereitung von Trinkwasser verwendet wird.

In demselben Vorschlag hat die Kommission einen Schwellenwert von 0,5 µg/L (^{AA-UQN2}) für die Gesamtheit aller Wirkstoffe in Pestiziden, einschließlich ihrer relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte in Oberflächengewässern eingeführt. An 10 der PAN-Teststandorte (44 % der Fluss-/Bachstandorte) wurde AMPA in einer Konzentration von über oder gleich 0,5 µg/L nachgewiesen, und an einem Standort wurde Glyphosat in einer Konzentration von über oder gleich 0,5 µg/L nachgewiesen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts haben die Kommission und die EU-Mitgliedstaaten noch nicht festgelegt, ob Metaboliten wie AMPA, die ein Risiko für die aquatische Umwelt darstellen, in diesen Schwellenwert einbezogen werden sollen. Diese

Der Wert von 0,5 µg/L ist viel niedriger und widerspricht eindeutig dem Schwellenwert von 86,7 µg/L für Glyphosat. Es ist in der Tat nicht sinnvoll, dass die UQN eines einzelnen Pestizids und seiner Metaboliten (Glyphosat/AMPA) den Schwellenwert überschreitet, der für die Gesamt-UQN aller nachgewiesenen Pestizide und ihrer Metaboliten (AA-EQN) festgelegt wurde.

Darüber hinaus ist eine so große Unterscheidung bei den Wasserqualitätswerten zwischen Oberflächengewässern, die für Trinkwasser bestimmt sind, und solchen, die es nicht sind, schwer zu verstehen: Die hohen Standards sind für beide Nutzungsszenarien erforderlich - Menschen und andere Nichtzielorganismen werden bei ihren normalen Aktivitäten weiterhin regelmäßig Wasser mit "Nicht-Trinkstandard" ausgesetzt sein, so dass ein differenzierter Ansatz keinen Sinn macht. Im Falle von Glyphosat schwächt die Festlegung eines so hohen Sicherheitsschwellenwerts für Wasser, das nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt ist, die Wirkung der Aufnahme von Glyphosat in die Liste der prioritären Stoffe von vornherein ab. Die Umweltqualitätsnorm für Glyphosat und AMPA sollte in allen Oberflächengewässern auf 0,1 µg/L festgesetzt werden, da diese Pestizide schädlich sein können.

2 Jährlicher Durchschnitt der Umweltqualitätsnorm, wie für die gesamten aktiven Substanzen vorgeschlagen

Kasten 4. Ökotoxikologische Studien

Im Folgenden fassen wir wissenschaftliche Studien zusammen, die schädliche Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme bei niedrigen GBH- oder Glyphosat-Expositionswerten sowie bei AMPA zeigen.

Wasserpflanzen, Algen und andere Mikroorganismen

Aufgrund seiner Eigenschaften kann Glyphosat das Wachstum von Pflanzen und Algen sowie die Struktur bestimmter Mikroorganismengemeinschaften (Phytoplankton, Mikroben) verändern. Diese gelten als Primärproduzenten und bieten anderen Arten auf verschiedenen trophischen Ebenen des Ökosystems Nahrung und Schutz. Daher kann eine chronische Exposition der aquatischen Umwelt gegenüber Glyphosat die Struktur des gesamten Ökosystems allmählich verändern.

Veränderungen im Wachstum der Makrophyte *Vallisneria natans* und des Phytoplanktons *Chlorella vulgaris* wurden bei Konzentrationen von nur 50 µg/L Glyphosat beobachtet. Bei dieser Expositionshöhe hemmte Glyphosat, insbesondere in Kombination mit AMPA, das Wachstum von Wasserpflanzen, förderte aber das Wachstum von Phytoplankton, was darauf hindeutet, dass Glyphosat die Struktur von Süßwasserökosystemen zu einem auf Algen basierenden System verändern kann (Qu et al., 2022). Es wurde berichtet, dass Glyphosat und AMPA die Photosyntheserate der aquatischen Makrophyte *Salvinia molesta* bei 16 bzw. 6 µg/L verringerten, während ihre Wirkung in Kombination zunahm (Mendes et al., 2021). In einer anderen Studie wurden negative Auswirkungen auf die Photosynthese des Makrophyten *Lemna minor* durch Hemmung der Chlorophyllbiosynthese bei Konzentrationen von nur 1,3 µg/L von AMPA (Gomes et al., 2022).

Eine Studie, in der die Auswirkungen von fünf Formulierungen auf Glyphosatabasis auf mikrobielle Gemeinschaften im Wasser getestet wurden, ergab unterschiedliche Auswirkungen auf die Gemeinschaftsstrukturen von Mikrophytoplankton und Picoplankton, was darauf hindeutet, dass Beistoffe eine wichtige Rolle bei der Toxizität dieser Glyphosatprodukte für Primärproduzenten spielen (Garcia et al., 2022).

Aquatische

Wirbeltiere

Fischarten

Aus der wissenschaftlichen Literatur geht hervor, dass die Exposition gegenüber Glyphosat bei Fischen unterhalb der festgelegten Expositionsgrenze von 0,1 mg/L (oder 100µg/L) und bei Konzentrationen, die mit denen in der Umwelt vergleichbar sind, zu schädlichen Auswirkungen führen kann.

Die Exposition von Karpfenfisch-Embryonen (*Cyprinus carpio*) gegenüber verschiedenen

In einem anderen Experiment veränderte sich das Schwimmverhalten von Zebrafisch-Embryonen (*Danio rerio*), die dem glyphosatbasierten Herbizid Roundup oder Glyphosat allein (0,01, 0,065 und 0,5 mg/L) ausgesetzt waren, was zu einer verringerten zurückgelegten Strecke und veränderten Schwimmmustern selbst bei einer Expositionshöhe von 10 µg/L führte. Bei ausgewachsenen Zebraäbrlingen wurden jedoch Veränderungen des Schwimmverhaltens bei 0,5 mg/L Glyphosat und über 0,065 mg/L Roundup beobachtet, was darauf hindeutet, dass Larven viel empfindlicher auf die Glyphosat-Exposition reagieren als Erwachsene (Bridi et al., 2017).

In ähnlicher Weise wurden in einer anderen Studie Zebraäbrling *Danio rerio*-Embryonen 72 Stunden lang 1, 10, 100 und 700 µg/L Glyphosat oder AMPA ausgesetzt. Es wurde eine Reihe von Entwicklungsanomalien beobachtet, darunter eine Hemmung des Schlüpfens von Embryonen, eine Krümmung der Wirbelsäule, eine abnorme Blutzirkulation sowie eine abnorme Form und Funktion des Herzens. Diese Veränderungen waren bei Konzentrationen von 10 µg/L signifikant, obwohl bei 1 µg/L sowohl Glyphosat als auch AMPA die Aktivität der Natrium-Kalium-Pumpe verringerten, die den Ionenaustausch in den Zellen steuert, während AMPA ein Schlüsselenzym für die Herzentwicklung hochregulierte (Zhang et al., 2021).

Selbst in Fällen, in denen die Glyphosatexposition nicht hoch genug ist, um in Laborexperimenten eine signifikante Sterblichkeit zu verursachen, kann sie dennoch zu biologischen Auswirkungen führen, und zwar durch Veränderungen in der Genexpression von Komponenten des antioxidativen Abwehrsystems, die schrittweise zu Krankheiten führen können. In dieser Hinsicht führte die 14-tägige Exposition junger weiblicher Bachforellen gegenüber dem glyphosatbasierten Herbizid Roundup oder Glyphosat allein (0,01 - 10 mg/L) zu Veränderungen in der Expression von Genen, die unter anderem für Komponenten des antioxidativen Systems, eine Reihe von Stressreaktionsproteinen und Moleküle der pro-apoptischen Signalgebung kodieren, und zwar über alle Expositionsstufen hinweg (Uren Webster & Santos, 2015). Die Ergebnisse stehen im Einklang mit einer zellulären Reaktion auf oxidativen Stress, wie sie bereits früher berichtet wurde, selbst bei niedrigeren Expositionswerten von 10 µg/L.

Le Du-Carrée et al. (2022) fanden heraus, dass die Exposition gegenüber Glyphosat oder zwei glyphosatbasierten Produkten in Umweltkonzentrationen von 1 µg/L den Spiegel eines wichtigen Proteins, das an der Immunantwort beteiligt ist (Interleukin-1β), reduziert. Die Forscher beobachteten, dass Glyphosat-Beistoffe die virale Anfälligkeit von Fischen modulieren können, was bedeutet, dass das Vorhandensein anderer Chemikalien in der GBH die Anfälligkeit der Fische für Virusinfektionen beeinflussen kann.

Amphibien

Es wurde beobachtet, dass AMPA die Embryonalentwicklung bei der Erdkröte beeinträchtigt. Cheron et al. (2020) stellten fest, dass die Exposition gegenüber Konzentrationen, die den in natürlichen Gewässern vorkommenden Bereich (0,07 bis 3,57 µg/L) abdecken, das Überleben der Embryonen verringerte, die Entwicklungszeit verlängerte und die Morphologie der Schlüpflinge beeinflusste.

Wirbellose Wassertiere

Die Studie von Cuhra et al. (2012) deutet darauf hin, dass selbst umweltfreundliche Konzentrationen von Glyphosat Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung von juvenilen *Daphnia Magna* haben können. Die Ergebnisse zeigen, dass die Exposition von juvenilen *D. Magna* gegenüber niedrigen Konzentrationen von 50 µg/L Glyphosat oder Roundup zu einer erheblichen Verringerung ihrer Größe führte.

Ferreira-Junior et al. (2017) beobachteten, dass das Herbizid Roundup auf Glyphosatbasis bei umweltrelevanten Konzentrationen von 700 µg/L schädliche Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung der tropischen aquatischen Diptera *Chironomus xanthus* (*C. xanthus*) hatte. Darüber hinaus führte die Glyphosat-Exposition dazu, dass die Weibchen später (bei 1,53 mg/L) und die Männchen früher (bei 0,49 mg/L) als in der Kontrollgruppe schlüpften, was darauf hindeutet, dass die Glyphosat-Exposition die Fortpflanzungsentwicklung von *C. xanthus* in geschlechtsabhängiger Weise beeinflussen kann.

In ihrer Untersuchung über die Auswirkungen von Glyphosat und AMPA auf zytoprotektive/entgiftende Mechanismen in Hämocyten der Mittelmeer-Muschel (*Mytilus galloprovincialis*) zeigten Wathsala et al. (2022), dass die Exposition gegenüber einer Mischung aus Glyphosat und AMPA in einer Konzentration von 0,1 µg/L bzw. 1 µg/L ausreicht, um die zellulären Abwehrmechanismen zu verringern.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die meisten unserer Wasserproben aus Flüssen und Bächen in der EU enthielten Glyphosat oder seinen Hauptmetaboliten AMPA nach der Landwirtschaftssaison. Diese Beobachtung unterstreicht die weit verbreitete Kontamination der aquatischen Umwelt durch den Einsatz von Glyphosat, auch außerhalb der landwirtschaftlichen Saison. In der Nähe von landwirtschaftlich genutzten Flächen sind wesentlich höhere Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen zu finden. Aus der wissenschaftlichen Literatur geht hervor, dass die von uns festgestellten Konzentrationen bereits ein Risiko für verschiedene aquatische Arten darstellen, und dass die ständige Exposition gegenüber Herbiziden auf Glyphosatbasis nicht nur die Wasserqualität verschlechtert, sondern auch unsere Ökosysteme und deren Funktion gefährdet. Herbizidprodukte auf Glyphosatbasis als solche (Wirkstoffe in Verbindung mit Beistoffen) können für Wasserlebewesen giftiger sein als der Wirkstoff allein.

Wir können schlussfolgern, dass das derzeitige Ausmaß des Einsatzes von Herbiziden auf Glyphosatbasis ein inakzeptables Risiko für die aquatische Umwelt darstellt und daher eingestellt werden sollte. Dementsprechend und in Anbetracht des jüngsten Vorschlags der Europäischen Kommission für eine überarbeitete Liste prioritärer Stoffe für Oberflächengewässer werden strenge Umweltqualitätsnormen unter 0,1 µg/L für Glyphosat und AMPA in allen europäischen Oberflächengewässern benötigt. Es ist jetzt an der Zeit, dass alle Vorschriften ehrgeizig sind. Es versteht sich von selbst, dass das Problem der Wasserverschmutzung durch Glyphosat und AMPA in der Phase der Zulassung des Wirkstoffs angegangen werden muss; es müssen jedoch auch strenge und ehrgeizige Umweltqualitätsnormen zum wirksamen Schutz der aquatischen Biodiversität und der menschlichen Gesundheit durchgesetzt werden.

Politik Empfehlungen

Angesichts der Ergebnisse des Berichts über die weit verbreitete Kontamination unserer Gewässer mit Glyphosat und in Anerkennung der Bedeutung des Schutzes unserer europäischen Gewässer und ihrer Ökosysteme empfehlen wir Folgendes:

- Verabschiedung des Kommissionsvorschlags zur Verordnung über die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln, um rechtsverbindliche Ziele für die Halbierung des Einsatzes und der Risiken chemischer Pestizide bis 2023 festzulegen und den Einsatz aller chemischen Pestizide in sensiblen, von der Allgemeinheit genutzten und ökologisch wichtigen Gebieten zu verbieten. Pestizide sollten in einem Abstand von 50 m von diesen Gebieten nicht eingesetzt werden, um deren Schutz zu gewährleisten.
- Festlegung der Umweltqualitätsnorm für Glyphosat und AMPA in Oberflächengewässern auf 0,1 µg/L, um den Schutz der menschlichen Gesundheit und der biologischen Vielfalt in den aquatischen Ökosystemen zu gewährleisten.
- Aufnahme sowohl von AMPA als auch von Glyphosat in nationale Überwachungsprogramme, da AMPA auch für Wasserorganismen giftig ist.

- Einbeziehung aller wissenschaftlichen Literaturstudien in die Bewertung der Toxizität von Glyphosat und Berücksichtigung der Tatsache, dass Produkte auf Glyphosatbasis für bestimmte Arten wesentlich toxischer sind als Glyphosat allein.

- Anhebung der Einstufung der chronischen aquatischen Toxizität von Kategorie 2 auf Kategorie 1, da Glyphosat unterhalb von 0,1 mg/L schädliche Auswirkungen auf Wasserorganismen haben kann.
- Die Europäische Kommission und die Mitgliedstaaten sollten die Lizenz für Glyphosat nicht verlängern und die Verwendung von Produkten auf Glyphosatbasis schrittweise einstellen, da ihre Verwendung die Qualität der Gewässer in der EU verschlechtert und die Exposition gegenüber Glyphosat mit schädlichen Auswirkungen auf eine Vielzahl von Arten, einschließlich des Menschen, in Verbindung gebracht wird.

Referenzen

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). (2017). *Synthèse des données de surveillance Appui scientifique et technique n°2017-04*. https://www.anses.fr/fr/system/files/Fiche_PPV_Glyphosate.pdf

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). (2023, März 15). *Pestizide im Leitungswasser*. <https://www.anses.fr/en/content/pesticides-tap-water>

Annett, R., Habibi, H. R., & Hontela, A. (2014). Auswirkungen von Glyphosat und Herbiziden auf Glyphosatbasis auf die Süßwasserumwelt. *Journal of Applied Toxicology*, 34(5), 458-479. <https://doi.org/10.1002/jat.2997>

Antier, C., Kudsk, P., Reboud, X., Ulber, L., Baret, P. V., & Messéan, A. (2020). Der Einsatz von Glyphosat in der europäischen Landwirtschaft und ein Rahmen für seine weitere Überwachung. *Nachhaltigkeit*, 12(14), 5682. <https://doi.org/10.3390/su12145682>

Vereinigung der Flusswassergesellschaften (RIWA-Rijn). (2021, Oktober 11). *Jahresbericht 2020 Der Rhein*. <https://www.riwa-rijn.org/wp-content/uploads/2021/10/RIWA-2021-EN-Anual-Bericht-2020-der-Rhein.pdf>

Babalola, O. O., & Van Wyk, J. H. (2017). Comparative early life stage toxicity of the African clawed frog, *Xenopus laevis* following exposure to selected herbicide formulations applied to eradicate alien plants in South Africa. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 75(1), 8-16. <https://doi.org/10.1007/s00244-017-0463-0>

Bach, N. C., Natale, G. S., Somoza, G. M., & Ronco, A. E. (2016). Auswirkungen auf Wachstum und Entwicklung und Induktion von Anomalien durch eine kommerzielle Glyphosat-Formulierung und ihren Wirkstoff während zweier Entwicklungsstadien des südamerikanischen Kreolenfroschs, *Leptodactylus latrans*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(23), 23959-23971. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7631-z>

Bastos Gonçalves, B., Cardoso Giaquinto, P., dos Santos Silva, D., de Melo e Silva Neto, C., Alves de Lima, A., Antonio Brito Darosci, A., & Lopes Rocha, T. (2019). Ecotoxicology of Glyphosate- Based Herbicides in the Aquatic Environment. IntechOpen. DOI: [10.5772/intechopen.85157](https://doi.org/10.5772/intechopen.85157)

Benbrook, C. M. (2016). Trends beim Einsatz von Glyphosat-Herbiziden in den Vereinigten Staaten und weltweit. *Umweltwissenschaften Europa*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>

Bonanse, R., Filippi, I., Wunderlin, D., Marino, D., & Amé, M. (2017). Das Schicksal von Glyphosat und Ampa in einem endorheischen Süßwasserbecken: An ecotoxicological risk assessment. *Toxics*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.3390/toxics6010003>

Bridi, D., Altenhofen, S., Gonzalez, J. B., Reolon, G. K., & Bonan, C. D. (2017). Glyphosat und Roundup® verändern Morphologie und Verhalten bei Zebrafischen. *Toxicology*, 392, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.10.007>

Carles, L., Gardon, H., Joseph, L., Sanchís, J., Farré, M., & Artigas, J. (2019). Meta-Analyse der Glyphosat-Kontamination in Oberflächengewässern und Dissipation durch Biofilme. *Environment International*, 124, 284-293. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.12.064>

Cheron, M., & Brischoux, F. (2020). Aminomethylphosphonsäure verändert die Embryonalentwicklung von Amphibien bei Umweltkonzentrationen. *Environmental Research*, 190, 109944. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109944>

Coupe, R.H., Kalkhoff, S.J., Capel, P.D., & Gregoire, C. (2012) Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins, *Pest Manag. Sci.* 68:16-30.

Cuhra, M., Traavik, T., & Bøhn, T. (2012). Klon- und altersabhängige Toxizität einer kommerziellen Glyphosat-Formulierung und ihres Wirkstoffs in *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 22(2), 251-262. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-1021-1>

de Brito Rodrigues, L., Gonçalves Costa, G., Lundgren Thá, E., da Silva, L. R., de Oliveira, R., Morais Leme, D., Cestari, M. M., Koppe Grisolia, C., Campos Valadares, M., & de Oliveira, G. A. (2019). Auswirkungen des kommerziellen Herbizids auf Glyphosatbasis, seiner Bestandteile und seines Metaboliten AMPA auf aquatische Nicht-Zielorganismen. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 842, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2019.05.002>

Richtlinie (EU) 2020/2184. *Über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.* Europäisches Parlament und Rat. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

Duke, S.O. & Powles, S.B. (2008) Glyphosate: a once-in-a-century herbicide, *Pest Manag. Sci.* 64:319-325.

Edwards, W.M., Triplett, G.B., & Kramer, R.M. (1980) A watershed study of glyphosate transport in runoff, *J. Environ. Qual.* 9:661-665.

EurEau. (2022). *Positionspapier zum Entwurf der Verordnung über die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.* <https://www.eureau.org/documents/drinking-water/position-papers/6796-position-paper-on-the-sustainable-use-of-pesticides-regulation/file>

Europäische Chemikalienagentur. (2021, März 8). *Register der CLH-Absichten bis zum Ergebnis, Glyphosat.* <https://echa.europa.eu/en/registry-of-clh-intentions-until-outcome/-/dislist/details/0b0236e185e41a77>

Europäische Chemikalienagentur. CLP-Rechtsvorschriften. <https://echa.europa.eu/en/regulations/clp/legislation>

Europäische Kommission. (2022). *Vorschlag für eine Richtlinie DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, der Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und*

Verschlechterung und der Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik. KOM(2022) 540 endgültig. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0540>

Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit. (2015). Schlussfolgerung zum Peer-Review der Risikobewertung von Pestiziden mit dem Wirkstoff Glyphosat. *EFSA Journal*, 13(11). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4302>

Farina, W. M., Balbuena, M. S., Herbert, L. T., Mengoni Goñalons, C., & Vázquez, D. E. (2019). Auswirkungen des Herbizids Glyphosat auf die sensorischen und kognitiven Fähigkeiten von Honigbienen: Individuelle Beeinträchtigungen mit Auswirkungen auf den Bienenstock. *Insects*, 10(10), 354. <https://doi.org/10.3390/insects10100354>

Ferreira-Junior, D. F., Sarmiento, R. A., Saraiva, A. de, Pereira, R. R., Picanço, M. C., Pestana, J. L., & Soares, A. M. V. M. (2017). Niedrige Konzentrationen von Herbiziden auf Glyphosatbasis beeinflussen die Entwicklung von *Chironomus xanthus*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(10). <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3536-9>

Fiorino, E., Sehonova, P., Plhalova, L., Blahova, J., Syobodova, Z., & Faggio, C. (2018) Effects of glyphosate on early life stages: comparison between *Cyprinus carpio* and *Danio rerio*, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25:8542-8549.

Frippiat, C., Bémelmans, S., Burlion, N., Carbonnelle, P., Chalon, C., Delvaux, A., Galloy, A., Marneffe, Y., Nadin, C., Nix, Ph., Nott, K., Pigeon, O., Ronkart, S., Rousseau, G., Delloye, F. & Brahy, V. (2018). Recherche de perturbateurs endocriniens et d'autres substances d'intérêt récent dans les eaux en vue de la protection de la santé publique et de l'environnement. Programme de Recherche " BIODIEN " - Rapport final. GISREAUX, rapport n° 2018-01690, 199 S. + 11 Anhänge. http://eau.wallonie.be/IMG/pdf/2018-01690_GISREAUX_BIODIEN_Final_%20Rapport.pdf

Gill, J. P., Sethi, N., Mohan, A., Datta, S., & Girdhar, M. (2017). *Glyphosate toxicity for animals*. *Environmental Chemistry Letters*, 16(2), 401-426. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0689-0>

Gomes, M. P., Freitas, P. L., Kitamura, R. S., Pereira, E. G., & Juneau, P. (2022). Wie beeinträchtigt Aminomethylphosphonsäure (AMPA), der Hauptmetabolit von Glyphosat, die Chlorophyll-Biosynthese? *Environmental and Experimental Botany*, 203, 105039. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105039>

Herbert, L. H., Vazquez, D. E., Arenas, A., & Farina, W. M. (2014). Auswirkungen feldrealistischer Glyphosat-Dosen auf das Appetitverhalten von Honigbienen. *Journal of Experimental Biology*. <https://doi.org/10.1242/jeb.109520>

Ungarischer Regierungserlass über Trinkwasser "5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről" - <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2300005.kor>

Liste der Stoffe, die der Regierungsverordnung unterliegen, vom Nationalen Zentrum für öffentliche Gesundheit: <https://www.nnk.gov.hu/attachmen ts/ article /985/E%C3%9C K%C3%B6zleti%C3%B6ny 2022.%205.%20sz%C3%A1m %20pesticid%20lista 2022.%20%C3%A9s%202023..pdf>

Institut national de l'environnement industriel et des risques. (2020, 27. März). *GLYPHOSATE ET SES PRINCIPAUX COMPOSES*, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 181229 - v2.0. [https:// substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/3043](https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/3043)

Konečná, J., Zajíček, A., Sáňka, M., Halešová, T., Kaplická, M., & Nováková, E. (2023). Pestizide in kleinen landwirtschaftlichen Einzugsgebieten in der Tschechischen Republik. *Journal of Ecological Engineering*, 24(3), 99-112. <https://doi.org/10.12911/22998993/157471>

Laabs, V., Leake, C., Botham, P., & Melching-Kollmuß, S. (2015). Regulierung von nicht relevanten Metaboliten von Pflanzenschutzmitteln in Trink- und Grundwasser in der EU: Current status and way forward. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(1), 276-286. [https:// doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.06.023](https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.06.023)

Le Du-Carrée, J., Cabon, J., Louboutin, L., Morin, T., & Danion, M. (2022). Veränderungen in der Abwehrkapazität gegenüber dem infektiösen hämatopoetischen Nekrosevirus (IHNV) bei Regenbogenforellen, die intergenerational Glyphosat ausgesetzt sind. *Fish & Shellfish Immunology*, 122, 67-70. [https:// doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.021](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.021)

Lopes, A. R., Moraes, J. S., Martinez, C., Martins, G. (2022) Effects of the herbicide glyphosate on fish from embryos to adults: a review addressing behavior patterns and mechanisms behind them. *Aquat Toxicol* . 251:106281. doi: 10.1016/j.aquatox.2022.106281..

Masiol, M., Gianni, B., & Prete, M. (2018). Herbizide in Flusswasser im Nordosten Italiens: Occurrence and spatial patterns of glyphosate, aminomethylphosphonic acid, and glufosinate ammonium. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(24), 24368-24378. [https:// doi.org/10.1007/s11356-018-2511-3](https://doi.org/10.1007/s11356-018-2511-3)

Medalie, L., Baker, N. T., Shoda, M. E., Stone, W. W., Meyer, M. T., Stets, E. G., & Wilson, M. (2020). Einfluss von Landnutzung und Region auf Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure in Flüssen in den USA. *Science of The Total Environment*, 707, 136008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136008>

Mendes, E. J., Malage, L., Rocha, D. C., Kitamura, R. S., Gomes, S. M., Navarro-Silva, M. A., & Gomes, M. P. (2021). Isolierte und kombinierte Auswirkungen von Glyphosat und seinem Nebenprodukt Aminomethylphosphonsäure auf die Physiologie und die Wasserreinigungskapazität von *Salvinia Molesta*. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 125694. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125694>

Navarro-Martín, L., Lanctôt, C., Jackman, P., Park, B. J., Doe, K., Pauli, B. D., & Trudeau, V. L. (2014). Auswirkungen von Herbiziden auf Glyphosatbasis auf Überleben, Entwicklung, Wachstum und Geschlechterverhältnis von Kaulquappen des Waldfrosches (*Lithobates sylvaticus*). I: Chronische Laborexposition gegenüber VisionMax®. *Aquatic Toxicology*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.05.017>

Okada, E., Allinson, M., Barral, M. P., Clarke, B., & Allinson, G. (2020). Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure (AMPA) sind in städtischen Bächen und Feuchtgebieten von Melbourne, Australien, weit verbreitet. *Water Research*, 168, 115139. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115139>

Pérez, D. J., Iturburu, F. G., Calderon, G., Oyesqui, L. A. E., De Gerónimo, E., & Aparicio, V. C. (2021). Ökologische Risikobewertung von derzeit verwendeten Pestiziden und Bioziden in Böden, Sedimenten und Oberflächenwasser eines gemischten Landnutzungsbeckens in der Pampa-Region, Argentinien. *Chemosphere*, 263, 128061. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128061>

Qu, M., Wang, L., Xu, Q., An, J., Mei, Y., & Liu, G. (2022). Einfluss von Glyphosat und seinem Metaboliten Aminomethylphosphonsäure auf Wasserpflanzen in verschiedenen ökologischen Nischen. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 246, 114155. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114155> Qu et al., 2022

Verordnung (EU) 1107/2009. *Über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln*. Europäisches Parlament und Rat. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

Sabio y García, C. A., Vera, M. S., Vinocur, A., Graziano, M., Miranda, C., & Pizarro, H. N. (2022). Überdenken des Begriffs "Glyphosat-Effekt" durch die Bewertung verschiedener Glyphosat-basierter Herbizidwirkungen auf aquatische mikrobielle Gemeinschaften. *Environmental Pollution*, 292, 118382. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118382>

Silva-Madera, R. J., Salazar-Flores, J., Peregrina-Lucano, A. A., Mendoza-Michel, J., Ceja-Gálvez, H. R., Rojas-Bravo, D., Reyna-Villela, M. Z., & Torres-Sánchez, E. D. (2021). Pestizidkontamination in Trink- und Oberflächenwasser in der Cienega, Jalisco, Mexiko. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(2). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-04990-y>

Soukup, S. T., Merz, B., Bub, A., Hoffmann, I., Watzl, B., Steinberg, P., & Kulling, S. E. (2020). Glyphosat- und AMPA-Spiegel in menschlichen Urinproben und ihre Korrelation mit dem Lebensmittelkonsum: Ergebnisse der Karmen-Querschnittsstudie in Deutschland. *Archives of Toxicology*, 94(5), 1575-1584. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02704-7>

Székács, A. & Darvas, B. (2018) Re-registration challenges of glyphosate in the European Union, *Front. Environ. Sci.* 6:78. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00078/full>

Tóth, G., Háhn, J., Szoboszlai, S., Harkai, P., Farkas, M., Radó, J., Göbölös, B., Kaszab, E., Szabó, I., Urbányi, B., & Kriszt, B. (2022). Räumlich-zeitliche Analyse von Multi-Pestizid-Rückständen im größten mitteleuropäischen Flachsee, dem Plattensee, und seinem Untereinzugsgebiet. *Umweltwissenschaften Europa*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00630-2>

Uren Webster, T. M., & Santos, E. M. (2015). Global transcriptomic profiling demonstrates induction of oxidative stress and of compensatory cellular stress responses in brown trout exposed to glyphosate and Roundup. *BMC Genomics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1254-5>

Wathsala, R. H., Folgueras, E. C., Iuffrida, L., Candela, M., Gotti, R., Fiori, J., & Franzellitti, S. (2022). Glyphosat und sein Abbauprodukt AMPA lösen zytoprotektive Reaktionen in Hämocyten der Mittelmeer-Muschel (*Mytilus galloprovincialis*) aus. *Umwelttoxikologie und Pharmakologie*, 96, 103997. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103997>

Zhang, W., Wang, J., Song, J., Feng, Y., Zhang, S., Wang, N., Liu, S., Song, Z., Lian, K., & Kang, W. (2021). Auswirkungen von Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure in niedriger Konzentration auf die Entwicklung von Zebrabärbling-Embryonen. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 226, 112854. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112854>

Anhang 1. Partner bei der Wasserprobenahme

1. Österreich: Global2000 (Robert Schwarzwald)
2. Belgien: Natur & Progrès
3. Bulgarien: AGROLINK
4. Kroatien: Biovrt
5. Deutschland: PAN Europa
6. Frankreich: Générations Futures
7. Ungarn: PAN Europa
8. Niederlande: PAN Europa
9. Polen: Europäisches Regionalzentrum für Ökohydrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften (Paweł Jarosiewicz)
10. Portugal: Zero. & Plataforma Transgénicos Fora (Graça Passos)
11. Slowenien: Nationalrat von Slowenien
12. Spanien: Ecologistas en Acción (Koldo Hernández)

Anhang 2. Glyphosat- und AMPA-Überwachungsergebnisse, PAN, 2022 Oktober

Beispielland / Code	Standort	Ergebnisse µg/L
Polen ERCE Łódz Fluss 1 Sulejov	Fluss Pilica, Sulejów - 17.10.2022 51.354879, 19.882903 51°21'17.6 "N 19°52'58.5 "E	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Polen ERCE Łódz Fluss 2 Opoczno	Fluss Opocznianka - 17.10.2022 51.359204, 20.254507 51°21'33.1 "N 20°15'16.2 "E	AMPA 0,2 Glyphosat <0,2
Polen ERCE Łódz Fluss 3 Rykolanka	Fluss Rykolanka - 18.10.2022 51.662500, 20.846110 51°39'45.0 "N 20°50'46.0 "E	AMPA 3,9 Glyphosat 0,2

Ungarn, HU2	Fluss, Ráckevei-Duna, Donau, <u>Dunaharaszti</u> , 47°21'10.0 "N 19°04'08.5 "E	AMPA 0,4 (0,37) Glyphosat <0,2 (0,03) ³
Portugal	Duoro, Flusswasser , GPS: 41.072450, -8.464370	AMPA 0,2 Glyphosat <0,2
Portugal	Idanha-a-Nova - Herdade da Fonte Insonsa) 39.880780, -7.247578	AMPA 3 Glyphosat 3
Österreich	Fluss: Mühlbach in Deutsch Wagram (48.3181020, 16.5644448)	AMPA 1.9 Glyphosat 0,3
Deutschland d GER1- GER2	GER1- 12.10.2022.war hier, die Erft mündet in den Rhein, https://maps.app.goo.gl/ gU3DoNmy5sJPhU2F6 GER2- Erft, unterhalb einer ETP https://maps.app.goo.gl/VB5Miog9VnoJqx576 (GER 1 und GER 2 - gleicher Fluss, gemischt)	AMPA 0,3 Glyphosat <0,2
Deutschland GER 3	Der Fluss Gera kurz vor seiner Einmündung in den Fluss Unstrutt <u>50°55'28.7 "N 10°59'15.6 "E</u>	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Deutschland d GER 5	Fluss (Lippe), der in den Rhein mündet (Westdeutschland) 19.10.2022 51°38'36.7 "N 6°40'33.1 "E https://goo.gl/maps/sSHMaLAQDNdEh4hE9	AMPA 0,9 Glyphosat <0,2
Bulgarien	Dimitrovgrad Maritza Oberflächenwasser 42.04090 25.37221 https://goo.gl/maps/fqW7QeT1YN6CAFb79	AMPA 0,3 Glyphosat <0,2
Bulgarien	Bivolare/Pleven Vit Oberflächenwasser 43,493775 24,565768 https://goo.gl/maps/VCgPEEbF7LfNBU7g7	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Kroatien	Standort 3 - DRAVA 46°21'38.2 "N 16°19'35.4 "E 46.360619, 16.326499 Art der Probe: Fluss Drau	AMPA 0,4 Glyphosat <0,2

³ Glyphosat wurde auch in der Probe der kleinen ungarischen Donau nachgewiesen, aber in diesem Fall wendete das Labor eine niedrigere LOQ an, und die nachgewiesene Konzentration lag unter dem Schwellenwert von 0,1 µg/L.

Frankreich S 01 F	La Chapelle aux pots / l'Avelon, 49,4374071 1,9192862	AMPA 0,4 Glyphosat <0,2
Frankreich S 02 F	Rochy Condé/ le Therain 49,398526 .2,182851	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Frankreich S 03 F	St. Leu d'Esserent . l'Ois 49,2133081. 2,4221229	AMPA 0,5 Glyphosat <0,2
Slowenien	Fluss Savinja - 150 m südlich der Adresse Spodnje Roje 9, 3311 Šempeter in der Savinjska dolina	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Spanien Lleida Aigua Panta	https://maps.app.goo.gl/ PN8ZdRPWnAVTkKRx6 Sumpfgebiet Utxesa (Lleida). T	AMPA 0,5 Glyphosat 0,2
Spanien - Muestra 1,	Agua superficial, Canal perimetral San Pedro del Pinatar, 37°50'35.81 "N, 0°46'1.88 "W	AMPA 0,8 Glyphosat <0,2
Spanien - Muestra 2.	Agua superficial Rambla del Albuñón, 37°42'58.63 "N, 0°51'39.76 "W	AMPA 3.4 Glyphosat 0,4
Niederlande	Fluss Veengoot R. bei Ruurlo, https://goo.gl/maps/ HuLmqX8hR9QjscM66	AMPA <0,2 Glyphosat <0,2
Niederlande	Fluss Borculo Probe 2 - Fluss, in der Nähe von Borculo, https://goo.gl/ maps/2Hb7xh6pW1nSeaut7	AMPA 0,8 Glyphosat <0,2
Belgien	Moxhe - Oberflächenwasser - La Mehaigne	AMPA 1 Glyphosat <0,2

Layout: OKAY WHEN Agentur



60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60
1047 Brüssel, Belgien
www.greens-efa.eu
contactgreens@ep.europa.eu