



# Glyphosat – Erfolg heiligt nicht alle Mittel

## Die Grenze der Innovativkraft auf dem Gebiet der Herbizide wird deutlich

Wolfgang Hasenpusch

Der Erfolg gibt dem Unkraut-Vernichtungsmittel Glyphosat das ökonomische Recht, sich am Weltmarkt zu behaupten. Das ist von der kapitalistischen Marktwirtschaft nicht anders zu erwarten. Aber warum geht mit dem Markterfolg nicht die Verpflichtung einher, sich auch tiefgreifend um die Nebenwirkungen des Erfolgsproduktes zu kümmern? Warum werden Risiko-Betrachtungen maßgeblich von Politikern vorgenommen und nicht von Toxikologen und Medizinern? Und: warum haben sich die Diskussionen auf polemische Gleise verirrt?

### Was ist Glyphosat?

Glyphosat ist ein Phosphonat, das seit 1974 als Breitbandherbizid zur Unkrautbekämpfung in Landwirtschaft, Gartenbau, Industrie und Privathaushalten dient (Abbildung 1). Verschiedene Glyphosat-Produkte unterscheiden sich in der Salz-Formulierung, beispielsweise als Ammonium- oder Isopropylammonium-Glyphosat, dem Medium in Form von Lösung oder Granulat sowie der Wirkstoff-Konzentration [1].

Im Vergleich mit anderen Herbiziden weist Glyphosat meist eine geringere Mobilität, höhere Abbauraten sowie eine geringere Giftwirkung gegenüber Tieren auf. Wissenschaftliche Studien, die Gesundheitsgefahren von Glyphosat darlegen, treffen seit Jahren auf Ignoranz, Kritik und Vorwürfen unzureichender Prüfmethode.



Abb. 1: Glyphosat ist in allen Garten-Märkten anzutreffen

Beim Glyphosat handelt es sich um ein relativ einfaches Molekül der Summenformel  $C_3H_8NO_5P$  mit einem Molekulargewicht von 169. Es ist eine farb- und geruchslose feste Phosphorsäure mit Aminosäure-Rest (Abbildung 2), die einen relativ hohen Schmelzpunkt von  $230\text{ }^\circ\text{C}$  und eine Dichte von  $1,71\text{ g/cm}^3$  aufweist. Die Löslichkeit in Wasser bei  $20\text{ }^\circ\text{C}$  fällt mit  $10,1\text{ g/Liter}$  bzw. % relativ gering aus.

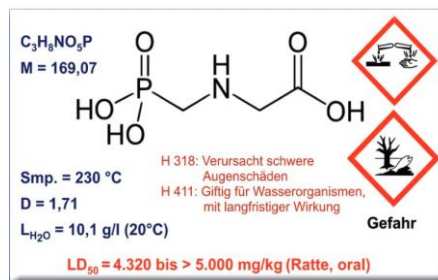


Abb. 2: Struktur und Eigenschaften des Glyphosats [2]

Toxikologen bescheinigen dem Stoff die folgenden Gefahrstoff-Risiken:

- Verursachung schwerer Augenschäden und
- Giftigkeit für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Die üblichen Tier-Versuche zur Bestimmung der akuten Toxizität ergaben derart geringe Werte, das von einer allgemeinen Giftigkeit keine Rede sein kann, denn die letalen Dosen erlaubten nach der GHS-Einstufung aus dem Jahr 2016 nicht einmal die Bezeichnung „gesundheitsschädlich“ [2]:

LD 50(Ratte, oral) = 4.320 bis > 5.000 mg/kg  
 LD 50(Maus, oral) = > 10.000 mg/kg  
 LD 50(Ziege, oral) = 3.530 mg/kg.

Bei ansteigendem pH-Wert vom sauren in den alkalischen Bereich durchläuft die Verbindung vier Dissoziationsstufen (Abbildung 3).

Die Verbindung lässt sich relativ leicht synthetisieren. Beispielsweise ausge-

hend von Phosphortrichlorid,  $\text{PCl}_3$ , oder von der Phosphorsäure,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Abbildung 4). Erstmals synthetisierte der Schweizer Chemiker Henri Martin Glyphosat 1950 für das Schweizer Pharmaunternehmen Cilag AG mit Sitz in Schaffhausen [3].

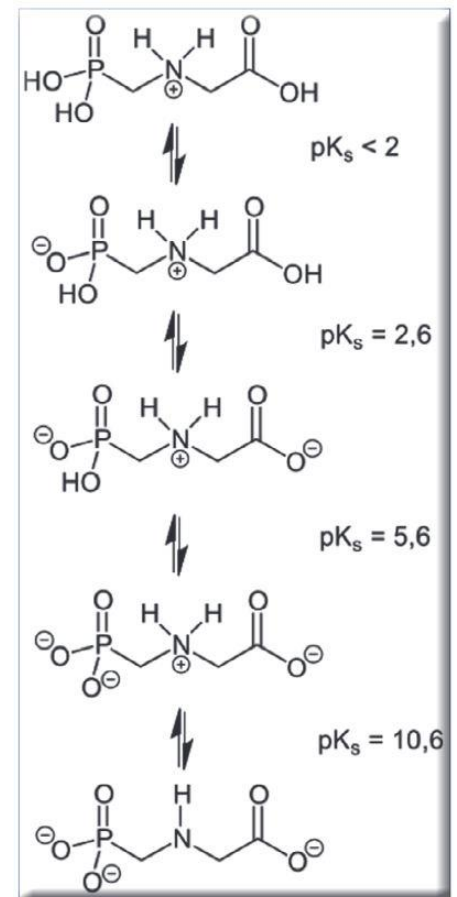


Abb. 3: pKs-Werte des Glyphosats [2]

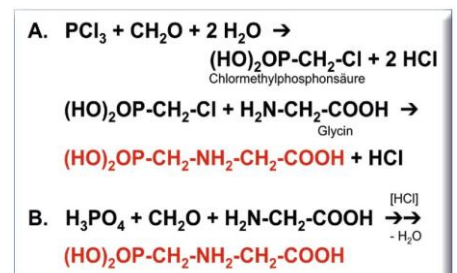


Abb. 4: Einfache Synthesewege zur industriellen Produktion

Im Mai 1970 gelang dem vielfach geehrten Chemiker John E. Franz (\*1927) bei Monsanto erstmals die Herstellung der Verbindung. Ein Jahr später ließ er sie als Herbizid patentieren [4].

Glyphosat kam erstmals 1974 als Wirkstoff des Herbizids „Roundup“ durch Monsanto auf den Markt. Zunächst wurde das kostengünstige Herbizid in der Landwirtschaft benutzt, um die Felder vor der neuen Aussaat von Unkräutern zu befreien. In den 1990er Jahren wurden gentechnisch veränderte Pflanzen mit Glyphosat-Resistenz zugelassen. Dies ermöglichte es, Glyphosat auch nach der Aussaat und während des gesamten späteren Wachstums der Pflanzen einzusetzen.

Im Jahre 2015, nach Ablauf der Monsanto-Patente, stellten über 90 Chemie-Unternehmen Glyphosat in 20 Ländern her. Allein in China gibt es 53 Produzenten, in Indien 9 und in den USA 5. Fachleute schätzten die synthetisierte Menge für 2008 auf 600.000 Tonnen Glyphosat, 2011 auf 650.000 Tonnen und 2012 auf 720.000 Tonnen.

Mehr als 40 % des Glyphosats werden in China hergestellt. 2010 lief der Vertrieb in über 130 Ländern [5, 2]. Zunächst wurde die Chemikalie vor allem vor der Aussaat verwendet, um Äcker von Unkraut zu befreien. Doch seitdem es gentechnisch veränderte Nutzpflanzen gibt, die gegen Glyphosat resistent sind, kann es auch nach der Saat eingesetzt werden.

Aerobe und anaerobe Mikroorganismen im Boden bauen das Glyphosat mit einer Halbwertszeit von etwa zwei Wochen ab. Der Abbau verläuft hauptsächlich über Aminomethylphosphonsäure (AMPS) oder über Glyoxylsäure (Abbildung 5). Als Endprodukte entstehen  $\text{CO}_2$ , Phosphat und Ammonium [6].

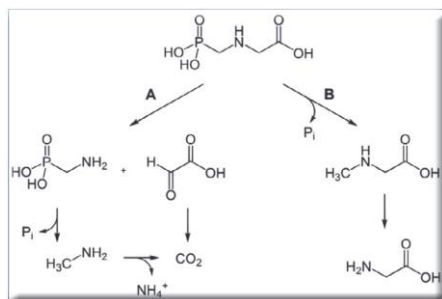


Abb. 5: Abbau-Reaktionen von Glyphosat im Boden nach Giesy, Dobson und Solomon

Auf Waldböden verlängert sich die Halbwertszeit des Abbaus auf 30 bis 60 Tage. In den letzten 40 Jahren erreichte das Herbizid Glyphosat mit einer jährlichen Einsatzmenge von weltweit 720.000 t (2014) einen Spitzenplatz. Deutschland beschränkt sich dabei auf 6.000 t.

Prognosen zielen auf eine Verdoppelung innerhalb der kommenden Jahre. Denn die Alternative bedeutet für Landwirte, Obst- und Weinbauern das dreimal so kostspielige Pflügen. Aber vielleicht fallen auch diese Schätzungen etwas optimistisch aus, denn bereits in früheren Jahren sah das Marketing den globalen Glyphosat-Jahreseinsatz bereits bei 1 Mio. t (Abbildung 6). Stattdessen belegen die Einsatzdaten eine Stagnation und einsetzende Zurückhaltung (Abbildung 7).

Baumärkte haben die Herbizide für Privat-Gärtner bereits aus ihrem Sortiment genommen. Mitte 2016 stand die Lizenz-Verlängerung für den Einsatz dieses Herbizids an, für die vier Interes-

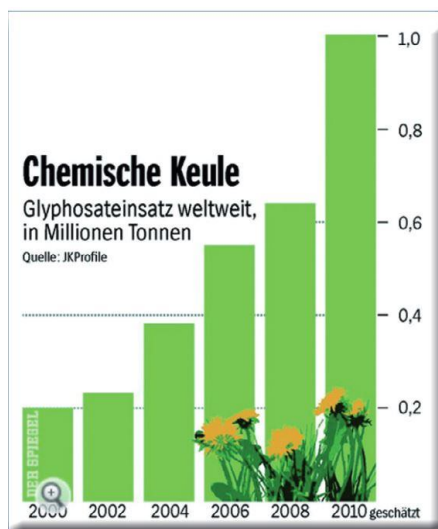


Abb. 6: Verfünfachung des Pestizid-Einsatzes von Glyphosat zwischen 2000 und 2010

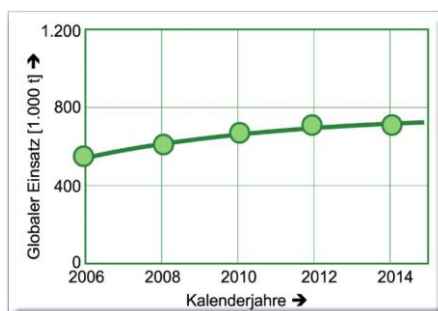


Abb. 7: Weltweite Entwicklung des Glyphosat-Einsatzes [2]

sen-Gruppen miteinander in den Klinsch gehen: Produzenten, Landwirtschaft, Verbraucher und Umweltschützer.

Genehmigungsbehörden in den USA, Europa und Deutschland geben ein wenig vertrauensvolles Bild ab. Sie erwecken den Anschein, als befinden sie sich schon vollends im Schwitzkasten der Hersteller- und Anwender-Lobbyisten. Denn alternative Herbizide haben Toxikologen als noch gefährlicher eingestuft, und dem Unkraut durch Umpflügen Herr zu werden, ist für die Landwirte mühsam und kostenaufwändiger bzw. an Handlagen gar nicht möglich.

### Welche gefährlichen Eigenschaften wurden belegt?

Es bleibt zu hoffen, dass es nicht mitunter zu Verwechslungen mit dem so ähnlich wie Glyphosat klingenden Pflanzenschutzmittel Glufosinat gekommen ist (Abbildung 8). Denn diese auch strukturell ähnliche, optisch aktive Verbindung weist in der Tat eine Reihe chronisch schädlicher Wirkungen auf, wie

H302:

Gesundheitsschädlich bei Verschlucken

H312:

Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt

H332:

Gesundheitsschädlich bei Einatmen

H360:

Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen

H373:

Kann bei längerer oder wiederholter Exposition die Organe Schädigen.

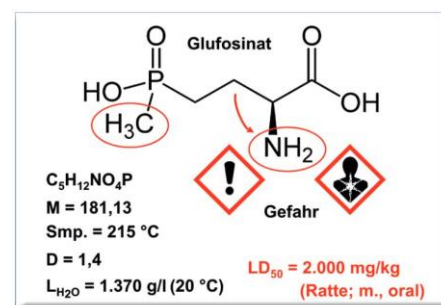


Abb. 8: Struktur und Eigenschaften des Glufosinats, nicht zu verwechseln mit Glyphosat!

Immerhin weisen Untersuchungen zum Glyphosat ähnliche Hinweise auf. Publikationen aus der Arbeitsgruppe des französischen Molekularbiologen Gilles-Éric Séralini (\* 1960) in den Jahren 2005 und 2009 [7,8] mutmaßten Gesundheitsschäden bei höheren Glyphosat-

Konzentrationen. Toxikologen von Monsanto, der Französische Agentur für Lebensmittelsicherheit sowie der Bundesanstalt für Risikobewertung, BfR, Berlin, maßen den Untersuchungen keine Relevanz bei, da sie angeblich auf unrealistischen Versuchsbedingungen basierten [2].

Auf der Grundlage mehrerer toxikologischer Untersuchungen kam eine Neubewertung von Glyphosat 2015 durch die EFSA (European Food Safety Authority) zu dem Schluss, dass eine krebserregende Gefahr für den Menschen durch Glyphosat unwahrscheinlich sei [9]. Eine argentinische Studie an Krallenfröschen und Hühnerembryonen zeigte, dass glyphosatbasierte Herbizide in ausreichender Konzentration Neuralleistendefekte und kraniofaziale Fehlbildungen verursachen können. Die Studie beschreibt eine Übereinstimmung bei den unter Laborbedingungen festgestellten Missbildungen mit Missbildungen bei Menschen, die während der Schwangerschaft Glyphosat ausgesetzt waren [10].

Die Internationale Agentur für Krebsforschung IARC der Weltgesundheitsorganisation WHO kam im März 2015 zum Ergebnis, dass es begrenzte Nachweise für das krebserzeugende Potenzial von Glyphosat beim Menschen gebe. Die Beweislage, dass die Substanz bei Ratten und Mäusen zu Tumoren führe, wurde als ausreichend bewertet. Die IARC stufte Glyphosat daher in die Kategorie 2A (= wahrscheinlich krebserzeugend für den Menschen) ein [11]. Fall-Kontroll-Studien aus den USA, Kanada und Schweden zeigten ein gesteigertes Risiko, am NonHodgkin-Lymphom, den bösartigen Veränderungen des Lymphsystems, zu erkranken [12].

Es bleibt festzuhalten, dass es für krebserzeugende, mutagene und erbgutverändernde Stoffe oder Gemische (CMR-Stoffe) keine Mengenbegrenzungen gibt, unterhalb derer eine Erkrankung des Menschen ausgeschlossen ist, wie es bei akut toxischen Stoffen der Fall ist. Für Glyphosat besteht in der EU dennoch eine „Erlaubte Tagesdosis“ (ADI-Wert = Acceptable Daily Intake) von 0,3 Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag [13].

Dieser Wert erscheint für ein nachgewiesenes CMR-Potential relativ hoch. So hoch nämlich, dass es derzeit noch von keiner Glyphosat-Konzentration in unseren Lebensmitteln erreicht wird.

Für die akut toxischen Eigenschaften könnten wir uns da in Sicherheit wiegen – nicht so bei CMR-Eigenschaften des Glyphosats!

### **Polemik ist miserable Informations-Politik**

Angesichts eines umfangreichen Schlagabtausches von Gutachten, Gegengutachten, verschwiegenen und ignorierten Befunden sowie diversen Interessenslagen sollen Politiker Entscheidungen treffen, bei denen sie total überfordert sind. „Politik, Wirtschaft, Forschung und die Medien haben es nicht nur versäumt, umfassend aufzuklären, sondern präsentierten teilweise geradezu dilettantisch mögliche Risiken als vermeintliche Tatsachen“, heißt es auf ZEIT ONLINE [14].

Die Spitze der Polemik gipfelt darin, wenn auch noch Journalisten glauben, eine Lanze für das Glyphosat brechen zu müssen, indem sie den ehrwürdigen Herrn Paracelsus mit dem unpassenden Vergleich „auch wer zu viel Wasser trinkt, stirbt“ bemühen, oder eine unangebrachte Parallele zu den anorganischen Düngern des Chemikers Justus von Liebig ziehen [15].

### **Wege aus der Glyphosat-Krise**

„Es gibt gute Gründe, Glyphosat zu verbieten“ betitelt Alina Schadwinkel ihren Kommentar auf ZEIT ONLINE [14]. Dass sich seit über 40 Jahren keine bessere Alternative zum Glyphosat gefunden hat, zumal die Anwendung noch auf das Zusammenspiel mit genveränderten Nutzpflanzen beruht, verdeutlicht die Grenzen der Innovativkraft auf dem Gebiet der Herbizide. Ein Total-Verbot würde einen zusätzlichen Schwarzmarkt für Glyphosat-Herbizide entstehen lassen. Die Widersprüche der zahlreichen Untersuchungen und Gutachten wären unter nachweislich unabhängigen Toxikologen und Medizinern mittelfristig zu klären.

Der im Jahr 2016 im Raum stehende Kompromiss einer weiteren befristeten Zulassung unter verschärften Auflagen für Anwender, Anwendungsverfahren und Anwendungsbereiche, war als kurzfristiges Maßnahmen-Paket ins Auge zu fassen. Sicherheitsdatenblätter, Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen sind auf den neuesten Stand zu bringen, und betroffene Verbände sollten ihren Mitgliedern Orientierungshilfen in angemessener Form anbieten.

## **Update:**

### **Wie steht es heute um „Glyphosat“?**

Das Totalherbizid „Glyphosat“, bekannt unter dem Handelsnamen „Roundup“, aus den Laboratorien des amerikanischen Monsanto-Konzerns zählt nach wie vor zu den marktbeherrschenden Unkraut-Vernichtungsmitteln. Es tötet jede Pflanze, die nicht durch spezielle gentechnische Veränderung diesem Herbizid-Einsatz standhält.

Die Krebsforschungs-Agentur der Weltgesundheits-Organisation WHO stufte 2015 das Glyphosat als „wahrscheinlich krebserregend beim Menschen“ ein, was sie 2016 jedoch relativierte. Zudem ist diese Verbindung maßgeblich für das Artensterben auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Feldern verantwortlich [16].

2016 entschied sich die Leverkusener Bayer AG mit dem 66 Milliarden US-Dollar schweren Monsanto-Konzern zu dem größten Zukauf seiner Geschichte. Doch das Geschäft entwickelte sich zu einem Debakel, aus dem sich der Bayer-Konzern bis heute nicht erholt hat:

Allein der Glyphosat-Rechtsstreit verschlang in den ersten fünf Jahren nach der Monsanto-Übernahme mit dem „Kuckucksei“ Glyphosat über 10 Milliarden Dollar [17]. Es folgte ein beispielloser Kurs-Verfall der Bayer-Aktie, bei dem viele Anleger nach verheißungsvollem Aktien-Anstieg große Einbußen hinnehmen mussten (Abbildung 9).

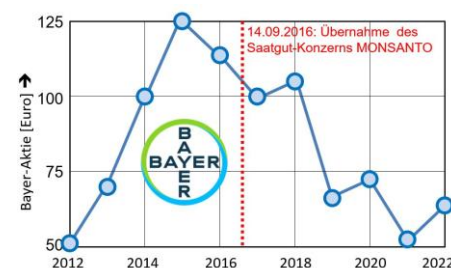


Abb. 9: Kurs-Verlauf der der Bayer-Aktie

Um eine neue Klagewelle zu vermeiden, will Bayer ab 2023 keine Glyphosat haltigen Produkte mehr an Privatkunden in den USA verkaufen. Am Geschäft mit Bauern und professionellen Kunden hält der Konzern aber fest. 2024 verbietet Deutschland den Einsatz von Glyphosat. Ob auch die EU das Pflanzenschutzmittel untersagt, steht noch in Frage.

Bei der Hauptversammlung der Bayer AG 2019 verweigerten die Aktionäre mit über 50 % der Anteils-Stimmen die Entlastung des Vorstands. Aber trotz dieses einmalig vernichtenden Votums, das es bis dato noch nie in einem DAX-Unternehmen gab, lehnte der Bayer-Vorstand einen Rücktritt ab.

Anfang 2022 sah es danach aus, als könne Bayer nun endlich seine einstige Fehlentscheidung und zahlreiche Rechtsstreit begraben. Doch ein Bezirksrichter lehnte den endgültigen Vergleich mit den US-Klägeranwälten ab. Daraufhin änderte die Bayer AG ihre Strategie und entwarf einen Fünf-Punkte-Plan.

Die Leverkusener reichten einen Antrag auf Revision beim höchsten US-Gericht ein. Das Verfahren soll also auf höchstrichterlicher Ebene vom Supreme Court geklärt werde. Die peinliche Geschichte und Spießrutenlaufs des Leverkusener Konzerns setzt sich fort, zumal der Imageschaden durch immer weniger überzeugende Rettungsversuche noch eine Zeit lang bestehen bleibt.

320 Investoren werfen dem Chemiekonzern weiterhin vor, wesentliche Risiken der Monsanto-Übernahme verschwiegen zu haben, was der Bayer-Konzern verneint. Die Forderungen der sich als geprellt sehenden Investoren summieren sich auf 2,2 Milliarden Euro. Der rechtliche Status von Glyphosat in der EU ist derzeit nur kurzfristig geklärt: 2018 hatte die EU-Kommission das Mittel nach monatelangem Streit um fünf Jahre verlängert [18].

**Artikel zuerst erschienen in CLB 05/06-2016, Update für Analytik NEWS in 04/2022**

## Literatur

- [1] Wikipedia [Glyphosat](#)
- [2] National Pesticide Information Center: [Technical factsheet Glyphosate](#)
- [3] Wikipedia [Henri Martin](#)
- [4] Patent [US3799758](#): "N-phosphonomethyl-glycine phytotoxicant Compositions". Angemeldet am 9. August 1971, veröffentlicht am 26. März 1974, Anmelder: Monsanto Co, Erfinder: John E. Franz
- [5] IARC Monographs: Some Organophosphate Insecticides and Herbicides: Diazinon, Glyphosate, Malathion, Parathion, and Tetrachlorvinphos, Auszug "[Glyphosat](#)", Band 112 (2015)

[6] Giesy, J. P., S. Dobson, K. R. Solomon: "[Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide](#)"; in: *Review of Environmental Contamination and Toxicology*, 167 (2000) 35-120

[7] Richard, S., S. Moslemi, H. Sipahutar, N. Benachour, G. Seralini: "[Differential Effects of Glyphosate and Roundup on Human Placental Cells and Aromatase](#)", in: *Environmental Health Perspectives*, Vol. 113, Nr. 6 (2005) 716-720

[8] Benachour, Nora und Gilles-Eric Seralini: "[Glyphosate Formulations Induce Apoptosis and Necrosis in Human Umbilical, Embryonic, and Placental Cells](#)." In: *Chemical Research in Toxicology*, Band 22, Nr. 1 (2009) 97-105

[9] „[Glyphosat: EFSA aktualisiert toxikologisches Profil](#)“, EFSA, 12. November 2015.

[10] Paganelli, Alejandra, Victoria Gnazzo, Helena Acosta, Silvia L. Lopez, Andres E. Carrasco: "[Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by impairing Retinoic Acid Signaling](#)", in: *Chemical Research in Toxicology* 23 (10) (2010), 1586-1595

[11] IARC-Presseerklärung vom 20. März 2015: IARC Monographs, Vol. 112: "[Evaluation of five organophosphate insecticides and Herbicides](#)

[12] IARC Monographs: Some Organophosphate Insecticides and Herbicides: Diazinon, Glyphosate, Malathion, Parathion, and Tetrachlorvinphos, Auszug "[Glyphosat](#)", Band 112 (2015)

[13] Generaldirektion Gesundheit und Lebensmittelsicherheit der Europäischen Kommission: Eintrag zu Glyphosate (incl. Trimesiumaka sulfosate) in der EU-Pestiziddatenbank

[14] Schadwinkel, Alina: „Es gibt gute Gründe, Glyphosat zu verbieten“, ZEIT ONLINE, 18. Mai 2016

[15] Kulke, U.: „Grenzwerte statt Verbot“, DIE WELT, 19. Mai 2016, S. 2

[16] **BUND**

[17] Blechner, N.: „[Bilanz nach fünf Jahren – Bayers Monsanto-Debakel](#)“; 14.09.2021

[18] Eydlin, A.: "[Bayer drohen in Deutschland Klagen in Milliardenhöhe?](#)"; 04.01.2022;



© W. Hasenpusch 2016