

IG gesunder
Boden e. V.

POSITIONSPAPIER WASSERQUALITÄT

„Wasserqualität ist Ergebnis gesunden Bodens“

Langfassung

Wasserqualität ist Ergebnis gesunden Bodens

Positionspapier Wasserqualität | Langfassung

Interessengemeinschaft gesunder Boden e. V.

Ausgangslage

Europas Gewässer und unser Grundwasser stehen unter erheblichem Druck. Nur 39,5 Prozent der Oberflächengewässer in der Europäischen Union erreichen einen guten ökologischen und lediglich 26,8 Prozent einen guten chemischen Zustand. Die Belastungen entstehen nicht allein in der Landwirtschaft. Auch kommunales Abwasser, Industrie und Gewerbe, Verkehr, Haushalte, Altlasten, undichte Kanäle, Mischwasserentlastungen und belastetes Niederschlagswasser tragen Stoffe in Böden und Gewässer ein.[1]

Kernbotschaft

Gesunde, lebendige und strukturstabile Böden sind die erste flächenhafte Stufe der biologischen Wasseraufbereitung. Bodenorganismen, Pflanzenwurzeln, organische Substanz und stabile Bodenaggregate halten Stoffe zurück, puffern Belastungen und ermöglichen biologische Umwandlungs- und Abbauprozesse.

Diese Leistungen sind unverzichtbar, aber nicht unbegrenzt. Der Boden darf nicht als dauerhaft belastbare Schadstoffsenke missverstanden werden. Stoffeinträge müssen deshalb an der Quelle vermindert und zugleich Bodenleben, Humusbildung, vielfältige Durchwurzelung, wasserfeste Bodenkrümel, Bioporen und Infiltration gestärkt werden.[5] [6]

Forderung

Gewässerschutz muss vorsorgend, verursachergerecht und partnerschaftlich organisiert werden. Wasserversorger, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Kommunen, Industrie, Gewerbe, Verkehr, Beratung, Wissenschaft und Verbraucher tragen gemeinsam Verantwortung.

Nachweisbare Leistungen für gesunde Böden, geringe Stoffausträge und den Schutz des Rohwassers müssen anerkannt und angemessen honoriert werden.

Inhalt

1. Wasserqualität und rechtlicher Rahmen
2. Gesunder Boden ist biologische Wasseraufbereitung
3. Nitrat und Nährstoffüberschüsse
4. Antibiotika, Arzneimittel und resistente Mikroorganismen
5. Pflanzenschutzmittel: Formulierungen, Wirkstoffe und Metaboliten
6. Hormonaktive und persistente Stoffe
7. Gesundheitsschutz für Anwender und Anwohner
8. Weitere Eintragspfade aus Gesellschaft und Wirtschaft
9. Wie können Belastungen vermindert werden?
10. Wasserversorger und Bewirtschafter als Partner
11. Forderungen der IG gesunder Boden e. V.
12. Unsere gemeinsame Perspektive
13. Quellen und Literatur

Autoren

Dr. Andrea Beste zusammen mit dem Arbeitskreis „Wasser“ der IG gesunder Boden e. V.

Version

19. September 2026

1. Wasserqualität und rechtlicher Rahmen

Die Europäische Union verfügt mit der Wasserrahmenrichtlinie über einen anspruchsvollen Rechtsrahmen zum Schutz von Oberflächengewässern und Grundwasser. Trotzdem erreichen nur 39,5 Prozent der Oberflächengewässer einen guten ökologischen und 26,8 Prozent einen guten chemischen Zustand. Die rechtlichen Ziele sind klar. Das Kernproblem liegt in der unzureichenden und zu langsamen Umsetzung notwendiger Maßnahmen.[1]

Im Jahr 2025 waren gegen die Mitgliedstaaten der Europäischen Union 64 Vertragsverletzungsverfahren wegen Verstößen gegen europäische Wasserrichtlinien anhängig. Die hohe Zahl zeigt, dass rechtliche Ziele allein nicht genügen. Entscheidend ist, dass notwendige Maßnahmen tatsächlich, vollständig und rechtzeitig umgesetzt werden.[2]

Trinkwassergewinnung, Aufbereitung und Versorgung verursachen erhebliche gesellschaftliche Kosten. Die Europäische Kommission bezifferte die jährlichen Kosten des Trinkwassersektors in der Europäischen Union im Jahr 2018 auf rund **46,3 Milliarden Euro**. Diese Kosten werden letztlich über die Wasserrechnungen von den Verbrauchern getragen. Steigende Rohwasserbelastungen können zusätzliche Aufbereitungsschritte, Rohwassermischungen, Brunnenverlagerungen oder neue Gewinnungsanlagen erforderlich machen. Vorsorgender Schutz der Einzugsgebiete ist deshalb ökologisch und wirtschaftlich unverzichtbar.[3]

Die Folgekosten des Pestizideinsatzes werden zu einem erheblichen Teil von der Allgemeinheit getragen. Eine europäische Untersuchung bezifferte die direkt zurechenbaren gesellschaftlichen Kosten des synthetischen Pestizidsektors für das Jahr 2017 auf rund 2,3 Milliarden Euro. Dem standen Nettogewinne der betrachteten Hersteller von rund 0,9 Milliarden Euro gegenüber. Damit lagen die ermittelten gesellschaftlichen Kosten mehr als doppelt so hoch wie die Nettogewinne der untersuchten Unternehmen.[4]

Diese Kostenverteilung widerspricht dem Verursacherprinzip. Hersteller, Inverkehrbringer und Anwender müssen entsprechend ihrer Verantwortung an der Vermeidung und Finanzierung der von ihren Produkten verursachten Umwelt- und Gesundheitskosten beteiligt werden. Vorsorge an der Quelle ist ökologisch gerechter und dauerhaft wirtschaftlicher als die nachträgliche Beseitigung von Schäden.

Gewässerschutz darf deshalb nicht bei Grenzwerten und technischer Aufbereitung stehen bleiben. Vorrang haben:

- Vorsorge,
- Verursacherprinzip,
- transparente Stoffströme,
- Vermeidung problematischer Stoffe,
- Aufbau biologisch leistungsfähiger Böden,
- nachvollziehbare und wirksam umgesetzte Maßnahmen.

Wasserqualität ist kein isoliertes Fachthema. Belastetes Wasser steht als Trinkwasserressource nur eingeschränkt oder erst nach zusätzlicher Aufbereitung zur Verfügung.

Wasserqualität und Wasserverfügbarkeit treffen sich deshalb im gesunden Boden: Wasser, das flächig in einen biologisch aktiven und strukturstabilen Boden infiltriert, kann dort gespeichert, biologisch gereinigt und dem Grundwasser zugeführt werden.

2. Gesunder Boden ist biologische Wasseraufbereitung

Technische Wasseraufbereitung setzt meist erst dort an, wo Rohwasser bereits belastet ist. Biologische Wasseraufbereitung beginnt an der Bodenoberfläche und im durchwurzelten Bodenraum.

Bodenorganismen, Pflanzenwurzeln, organische Substanz und Bodenaggregate wirken als zusammenhängendes System. Ein humusreicher, vielfältig durchwurzelter und biologisch aktiver Boden kann Stoffe zurückhalten, an sich binden und biologisch umwandeln. Er arbeitet als Puffer und kann Stoffeinträge abbauen oder in Stoffkreisläufe einbinden.

Stabile, wasserfeste Bodenkrümel, ein zusammenhängender Porenraum und von Wurzeln oder Bodentieren geschaffene Bioporen ermöglichen, dass Niederschlagswasser in den Boden eindringt, anstatt oberflächlich abzufließen.[5] [6]

Der Boden ist jedoch kein unbegrenzt belastbarer Filter. Seine Leistungsfähigkeit hängt unter anderem ab von:

- Bodenart,
- pH-Wert,
- Humusqualität,
- Porenraum,
- Durchwurzelung,
- Wasserführung,
- biologischer Aktivität,
- Art, Menge und Dauer der Stoffeinträge.

Hohe oder dauerhafte Einträge können die Speicher-, Puffer- und Abbauleistung überfordern. Einzelne Stoffe können sich anreichern, in tiefere Bodenschichten oder das Grundwasser verlagert werden oder Bodenorganismen und biologische Funktionen beeinträchtigen.

Vorsorgender Gewässerschutz muss deshalb zwei Aufgaben gleichzeitig erfüllen:

1. Stoffeinträge an der Quelle verhindern oder deutlich vermindern.
2. Die biologische und strukturelle Leistungsfähigkeit des Bodens wiederaufbauen und dauerhaft sichern.

Wasserqualität und Wasserverfügbarkeit gehören zusammen. Oberflächenabfluss und Erosion verlagern Bodenpartikel, Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel, Arzneimittelrückstände und weitere Stoffe in Gewässer.

Die Zusammenhänge von Infiltration, Wasserspeicherung, Wasserverfügbarkeit und Grundwasserneubildung behandelt das Positionspapier **„WASSER – in Zukunft Mangelware?“** ausführlich.

3. Nitrat und Nährstoffüberschüsse

3.1 Seit Jahrzehnten unzureichend gelöst

Seit dem 12. Dezember 1991 verpflichtet die europäische Nitratrichtlinie die Mitgliedstaaten, Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen zu schützen.[7]

Die Europäische Kommission forderte Deutschland im Jahr 2014 zu weiteren Maßnahmen auf. Im Jahr 2016 erhob die Kommission Klage. Der Europäische Gerichtshof stellte am 21. Juni 2018 fest, dass das deutsche Aktionsprogramm und die damalige Düngeverordnung nicht ausreichten, um die Ziele der Nitratrichtlinie zu erfüllen.[8]
Die im Jahr 2017 geänderte Düngeverordnung wurde anschließend erneut nachgebessert. Nachdem die Europäische Kommission auch diese Regelungen nicht als ausreichend ansah, wurde die Düngeverordnung im April 2020 nochmals geändert. Zugleich wurden Grundlagen für eine bundeseinheitlichere Abgrenzung nitratbelasteter und eutrophierter Gebiete geschaffen.[9]

Die Europäische Kommission stellte das Vertragsverletzungsverfahren im Jahr 2023 ein. Der Nitratbericht 2024 zeigt weiterhin erheblichen Handlungsbedarf.[10]

Die rechtlichen Auseinandersetzungen um Düngeverordnung, Gebietsausweisungen und Zuständigkeiten verdeutlichen zwei Anforderungen:

- Der Gewässerschutz muss wirksam sein.
- Die Maßnahmen müssen rechtssicher, transparent, nachvollziehbar und verursachergerecht ausgestaltet werden.

Pauschale Belastungen aller Betriebe in einem Gebiet werden dem Verursacherprinzip ebenso wenig gerecht wie der Verzicht auf wirksame Maßnahmen.

3.2 Nährstoffbedarf fachlich und standortbezogen bestimmen

Pflanzen benötigen Nährstoffe für Wachstum, Samenbildung und Fortpflanzung. In der Landwirtschaft wird der Nährstoffbedarf zusätzlich durch das angestrebte Ertrags- und Qualitätsniveau bestimmt.

Problematisch wird es, wenn rechnerische Bedarfswerte vom Standort und seinen lokalen Rahmenbedingungen losgelöst betrachtet wird. Die Durchwurzelung, Bodenbiologie, Witterung und tatsächliche Pflanzenaufnahme vor Ort muss berücksichtigt werden, ebenso wie die Ertragserwartung und die Menge, die der Boden nachliefern kann.

Eine zum falschen Zeitpunkt oder in zu hoher Menge erfolgende Versorgung kann Krankheitsanfälligkeit, gasförmige Verluste und Austräge in Gewässer erhöhen.

Die weltweite Stickstoffnutzungseffizienz landwirtschaftlicher Kulturen liegt nach verschiedenen Auswertungen häufig unter 50 Prozent. Ein erheblicher Anteil des zugeführten Stickstoffs wird nicht mit der Ernte abgefahren und kann im System verbleiben oder in Luft und Wasser verloren gehen.[11]

Eine internationale Untersuchung zeigt, dass Länder mit etwa 35 Prozent geringerer Stickstoffbelastung gegenüber vergleichbaren Nachbarländern im Durchschnitt lediglich eine um rund einen Prozentpunkt größere Ertragslücke aufweisen. Die Ertragslücke bezeichnet die Differenz zwischen dem erreichbaren und dem tatsächlich erzielten Ertrag. Das zeigt: Stickstoffüberschüsse können erheblich vermindert werden, ohne dass die Erträge im gleichen Verhältnis zurückgehen.[12]

3.3 Umfang der Belastung

Im Mittel der Jahre 2019 bis 2023 betrug der Stickstoffüberschuss der landwirtschaftlichen Gesamtbilanz in Deutschland 69,8 Kilogramm Stickstoff je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche. Dieser Bundesdurchschnitt bildet erhebliche regionale, betriebliche und nutzungsbezogene Unterschiede nicht ab. Für die Bewertung des Handlungsbedarfs müssen deshalb regionale und betriebliche Nährstoffströme sowie die tatsächlichen Einträge in Grund- und Oberflächengewässer betrachtet werden.[13]

Der Nitratbericht 2024 zeigt den weiterhin erheblichen Handlungsbedarf: Im Berichtszeitraum 2020 bis 2022 lagen an 25,6 Prozent der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes die mittleren Nitratkonzentrationen über dem Grenzwert von 50 Milligramm je Liter. Im vorherigen Berichtszeitraum waren es 26,7 Prozent. Die Veränderung ist gering. An etwa jeder vierten Messstelle wird der Grenzwert weiterhin überschritten.[10]
Die Aussagekraft von Trends hängt von der Ausgestaltung des Messnetzes, der Anzahl und räumlichen Verteilung der Messstellen, der Kontinuität der Messreihen, den Einzugsgebieten und den Grundwasserfließzeiten ab. Änderungen des Messnetzes oder der Berichterstattung müssen deshalb transparent dokumentiert werden.

Bundesweite Mittelwerte dürfen regional hohe Belastungen ebenso wenig verdecken wie nachweislich gute Leistungen einzelner Regionen und Betriebe.

3.4 Nitratabbau im Untergrund ist begrenzt

Nitrat kann im Boden und im Grundwasser unter bestimmten Bedingungen mikrobiell reduziert werden. Dieses natürliche Reduktionsvermögen ist standortabhängig und begrenzt.

Niedrige Nitratwerte im Rohwasser beweisen deshalb nicht automatisch geringe Einträge an der Oberfläche. Wird Nitrat im Untergrund reduziert, können reaktive Stoffe verbraucht und andere Stoffe mobilisiert werden.

Sinkt das natürliche Reduktionsvermögen, können Nitratkonzentrationen zeitlich verzögert ansteigen. Vorsorgender Grundwasserschutz darf daher nicht erst beginnen, wenn erhöhte Nitratwerte am Brunnen messbar sind.

3.5 Tiefengrundwasser ist keine unbegrenzt verfügbare Ersatzressource

Brunnenstilllegung, Rohwassermischung oder technische Aufbereitung können Belastungen zeitweise beherrschbar machen. Sie beseitigen jedoch nicht die Ursachen.

Tiefengrundwasser bildet sich häufig über sehr lange Zeiträume neu und ist besonders zu schützen. Seine Nutzung darf nicht zur Ersatzstrategie für belastete oberflächennahe Grundwasserkörper werden.

Fehlerhaft ausgebaute oder undichte Brunnen können hydraulische Verbindungen zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken schaffen. Damit besteht das Risiko, dass Schadstoffe aus oberflächennahen Bereichen in tiefere Grundwasserleiter verlagert werden.

Wasserversorger, Genehmigungsbehörden und Bewirtschafter müssen deshalb gemeinsam auf die Vermeidung von Einträgen und den Aufbau gesunder Böden in den Einzugsgebieten hinwirken.

Welche nationalen und internationalen Vorgaben gibt es für die Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft?

Stickstoff (N) gelangt in unterschiedlichen Formen aus der Landwirtschaft in die Umwelt: als Nitrat (NO_3) ins Grundwasser, als Ammoniak (NH_3) oder Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre. Deutschland muss verschiedene nationale und europäische Vorgaben und Gesetze einhalten und seine Stickstoffüberschüsse reduzieren. Dazu zählen:

- *Stickstoffüberschüsse generell:* Das deutsche Nachhaltigkeitsziel sieht 70 Kilogramm Überschüsse an Stickstoff pro Hektar und Jahr bis 2030 vor. Aktuell liegt der Durchschnitt bei circa 80 Kilogramm Stickstoffüberschuss pro Hektar und Jahr, wobei die Überschüsse in den Regionen sehr unterschiedlich sind.
- *Ammoniak:* Die EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen (NEC-Richtlinie) sieht bis 2030 29 Prozent weniger Ammoniak im Vergleich zu 1995 vor.
- *Nitrat:* Das Ziel der EU-Nitratrichtlinie sind weniger als 50 Milligramm Nitrat pro Liter Grundwasser. Lange hat Deutschland diese Richtlinie aus Sicht der EU-Kommission unzureichend umgesetzt. Mittlerweile ist das entsprechende Vertragsverletzungsverfahren beigelegt.
- *Lachgas:* Das deutsche Klimaschutzgesetz sieht keine expliziten Vorgaben für Lachgas vor. Aber: Der Landwirtschaftssektor muss seine gesamten Emissionen voraussichtlich in etwa halbieren bis 2045 und Lachgas hat einen erheblichen Anteil an den Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor.

Deutschland will dies u. a. über Vorgaben in der Düngeverordnung (DüV), in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft, Stallbau) oder über Förderprogramme z. B. im Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) oder in der Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) erreichen.

4. Antibiotika, Arzneimittel und resistente Mikroorganismen

Antibiotika sind für die Behandlung bakterieller Infektionen bei Menschen und Tieren unverzichtbar. Gleichzeitig können Wirkstoffe, Stoffwechsel- und Transformationsprodukte, resistente Bakterien und Resistenzgene über verschiedene Wege in die Umwelt gelangen.

Der One-Health-Ansatz verlangt deshalb, Humanmedizin, Tiermedizin, Umwelt und Lebensmittelproduktion gemeinsam zu betrachten. Die Bereiche dürfen nicht gegeneinander ausgespielt werden. Ihre Eintragspfade unterscheiden sich, sind jedoch Teil eines zusammenhängenden Systems.[14 15]

4.1 Human- und Tiermedizin in vergleichbarer Größenordnung

Im Jahr 2021 wurden in Deutschland in der Humanmedizin 576 Tonnen Antibiotikawirkstoffe verbraucht. Im selben Jahr wurden in der Tiermedizin 601 Tonnen Antibiotika von pharmazeutischen Unternehmen und Großhändlern an Tierärzte abgegeben.[16 17]

Die Größenordnungen lagen damit nahe beieinander. Die Zahlen beruhen jedoch auf unterschiedlichen Erfassungsmethoden. Die Humanangabe beschreibt eine Verbrauchsmenge, während die Tierangabe eine Abgabemenge an Tierärzte beschreibt. Keine der beiden Zahlen entspricht automatisch der ausgeschiedenen Menge bzw. dem Eintrag in Boden oder Wasser. Die Umweltwirkungen hängen zusätzlich vom Wirkstoff, von der Anwendung, der Ausscheidungsrate, dem Abbau, der Bindung und dem Eintragspfad ab.

Im Jahr 2023 wurden zulasten der gesetzlichen Krankenversicherung 323,7 Millionen definierte Tagesdosen Antibiotika verordnet. Diese Angabe ist keine Tonnenangabe und umfasst nicht sämtliche Versorgungsbereiche. Sie verdeutlicht jedoch die gesellschaftliche Größenordnung der Antibiotikaanwendung beim Menschen.[18]

4.2 Tierarzneimittel gelangen überwiegend über Ausscheidungen in Böden

Tierarzneimittelwirkstoffe können unverändert oder als Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden. Rückstände gelangen insbesondere über Gülle, Mist, Jauche oder direkte Ausscheidungen auf Weideflächen in landwirtschaftliche Böden.

Anders als kommunales Abwasser durchlaufen Wirtschaftsdünger in der Regel keine auf Arzneistoffe ausgerichtete Reinigungsstufe.

Neben Antibiotika werden in der Tiermedizin unter anderem Wirkstoffe gegen Parasiten, Entzündungen, Pilzinfektionen sowie hormonell wirksame Stoffe eingesetzt. Verbleib und Wirkung unterscheiden sich nach Stoffgruppe.

Nicht jeder Rückstand gelangt in das Grundwasser oder ein Oberflächengewässer. Das hängt ab von den Stoffeigenschaften, der Bodenbeschaffenheit, pH-Wert, Humus, Wasserführung und Ausbringungsmenge. Weiteren Einfluss hat der Zeitpunkt des Eintrags und die Witterung, die mikrobielle Aktivität des Bodens und die Pflanzenaufnahme.

4.3 Herkömmliche Kläranlagen entfernen viele Antibiotika nicht vollständig

Humanmedizinisch eingesetzte Antibiotika und ihre Stoffwechselprodukte gelangen überwiegend mit menschlichen Ausscheidungen in das kommunale Abwasser. Hinzu kommen Produktionsabwässer und unsachgemäß über Toilette oder Ausguss entsorgte Arzneimittel.[14 16 19]

Herkömmliche dreistufige Kläranlagen entfernen viele Antibiotika nicht oder nur zu einem geringen Teil. Zahlreiche Wirkstoffe sind chemisch stabil und biologisch schwer abbaubar. Eine allgemeingültige Eliminationsrate für Antibiotika insgesamt gibt es nicht.[14]

In der Kläranlage sind folgende Stoffwege zu unterscheiden:

- Ein Teil wird biologisch abgebaut oder umgewandelt.
- Ein Teil wird an Feststoffe gebunden und in den Klärschlamm überführt.
- Ein Teil gelangt mit dem gereinigten Abwasser in Oberflächengewässer.
- Aus Ausgangswirkstoffen können Metaboliten und Transformationsprodukte entstehen.

Die Abnahme eines Ausgangswirkstoffs bedeutet nicht automatisch, dass die gesamte Stoffmenge mineralisiert oder unschädlich gemacht wurde.

Transformationsprodukte können zum einen weniger wirksam oder langlebiger sein als der Ausgangsstoff, oder aber mobiler, weiterhin biologisch aktiv oder toxikologisch ganz anders zu bewerten.

4.4 Klärschlamm ist kein endgültiger Entsorgungsweg

Die Bindung von Antibiotika an Klärschlamm ist keine vollständige Beseitigung.

Kläranlagen und Faulschlämme können aufgrund hoher Bakteriendichten und des gleichzeitigen Vorkommens verschiedener Stoffe Orte für Selektion und Austausch von Resistenzgenen sein.[20]

Kläranlagen und Faulschlämme können aufgrund hoher Bakteriendichten und des gleichzeitigen Vorkommens verschiedener Stoffe Orte für Selektion und Austausch von Resistenzgenen sein.[20]

Bei thermischer Behandlung werden organische Arzneistoffe weitgehend zerstört. Bei bodenbezogener Verwertung können Rückstände, resistente Bakterien und Resistenzgene in Böden eingetragen werden.

Die zunehmende thermische Verwertung vermindert diesen Eintragspfad, ersetzt aber nicht die Vermeidung problematischer Stoffe an der Quelle.

4.5 Weitergehende Abwasserbehandlung

Weitergehende Reinigungsstufen mit Aktivkohle, Ozonung oder kombinierten Verfahren können Spurenstoffe deutlich vermindern. Sie entfernen jedoch nicht jeden Stoff gleich gut.

Bei der Ozonung können Transformationsprodukte entstehen. Geeignete Nachbehandlungsstufen und eine wirkungsbezogene Kontrolle sind deshalb erforderlich.[21]

Weitergehende Reinigungsverfahren ersetzen nicht die sachgerechte und zurückhaltende Anwendung (Antibiotic-Stewardship-Programme), die Vermeidung unnötiger Verschreibungen und vorbeugender Gesundheitsschutz, sichere Standards in der Produktion und eine ordnungsgemäße Entsorgung der Arzneimittel, bei der auch die Rückstände überwacht werden.

4.6 Wasser, Böden, Pflanzen und Lebensmittel

Antibiotika bauen sich in Organismen, Böden und Kläranlagen nicht einfach vollständig ab.

Weitergehende Reinigungsverfahren ersetzen nicht die sachgerechte und zurückhaltende Anwendung (Antibiotic-Stewardship-Programme), die Vermeidung unnötiger Verschreibungen und vorbeugender Gesundheitsschutz, sichere Standards in der Produktion und eine ordnungsgemäße Entsorgung der Arzneimittel, bei der auch die Rückstände überwacht werden.

Antibiotikarückstände können über Wirtschaftsdünger, Klärschlamm oder belastetes Bewässerungswasser in landwirtschaftliche Böden gelangen.

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass bestimmte Antibiotika von Nutzpflanzen aufgenommen und innerhalb der Pflanzen verlagert werden können. Unter den jeweils untersuchten Bedingungen wurden einzelne Wirkstoffe beziehungsweise Rückstände bis in Getreidekörner nachgewiesen.[22 23 51]

Die wissenschaftlichen Originalarbeiten von **Prof. Dr. Manfred Grote** und weiteren Forschern sind hierfür die maßgeblichen Quellen. Der Vortrag von **Prof. Dr. Manfred Grote** erläutert diese Forschung verständlich und ist als ergänzende fachliche Darstellung geeignet.

Nicht jede Antibiotikaanwendung führt automatisch zu einem relevanten Rückstand in einem Lebensmittel. Abhängig vom Wirkstoff, seiner Konzentration, der Bodenbeschaffenheit, der Art der Pflanze und dem Erntezeitpunkt kann ein Übergang ins Lebensmittel stattfinden. Auch der Abbauvorgang, der Anwendungsweg, sowie die Verarbeitung des Lebensmittels spielen eine Rolle.

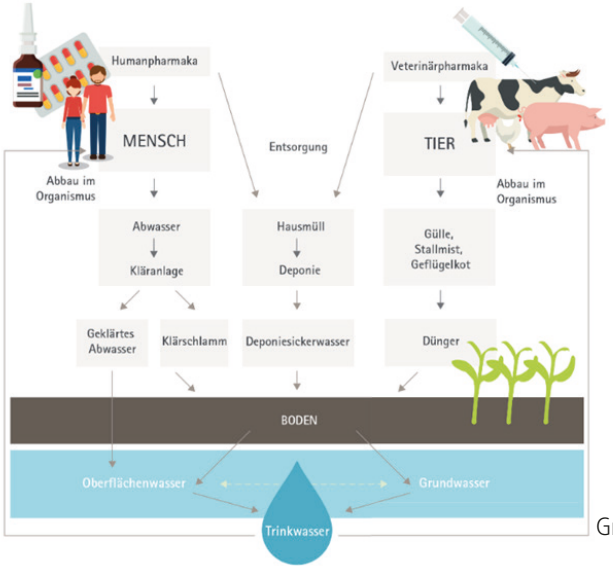
Die zentrale Erkenntnis bleibt: Wasser, Boden, Pflanzen, Tiere, Lebensmittel und Menschen sind keine voneinander abgeschlossenen Systeme.

4.7 Antimikrobielle Resistenzen

Antimikrobielle Resistenzen gehören nach Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation zu den zehn größten globalen Bedrohungen für die öffentliche Gesundheit. Resistente Infektionen sind schwerer zu behandeln und erhöhen das Risiko schwerer Erkrankungen und von Todesfällen.[24] [25]

Die zentrale Gefahr liegt nicht nur im Vorkommen einzelner Rückstände, sondern auch im Überleben oder der Vermehrung resistenter Bakterien, der Weitergabe von Resistenzgenen und im horizontalen Gentransfer. Es überleben fast nur resistente Bakterien, das erhöht den Selektionsdruck auf die Populationen und sorgt für die Verbreitung multiresistenter Krankheitserreger.

Abwasser, Kläranlagen, Klärschlamm, Wirtschaftsdünger, Böden, Pflanzen, Gewässer, Tiere und Menschen bilden verbundene Reservoire und Übertragungswege.



Grafik: Grommelt/Schönauer, 2020

5. Pflanzenschutzmittel: Formulierungen, Wirkstoffe und Metaboliten

Pflanzenschutzmittel sollen Zielorganismen kontrollieren. Sie können jedoch auch Nichtzielorganismen und mikrobielle Gemeinschaften beeinflussen.

Für Boden- und Gewässerschutz genügt es nicht, ausschließlich den isolierten Wirkstoff zu betrachten.

Ausgebracht wird eine vollständige Formulierung. Diese enthält neben Wirkstoffen auch noch weitere Bestandteile, die die Löslichkeit und Benetzung, sowie die Haftung und Verteilung beeinflussen. Auch externe Faktoren wie Aufnahme, Lagerfähigkeit und Anwendung spielen eine Rolle. Zusätzlich können beim Abbau Metaboliten und Transformationsprodukte entstehen.

Zusätzlich können beim Abbau Metaboliten und Transformationsprodukte entstehen.

Zu bewerten sind deshalb vollständige Formulierungen, alle Wirkstoffe und Beistoffe, ihre Stoffwechsel- und Transformationsprodukte, sowie Stoffgemische. Außerdem beeinflussen auch Anwendungshäufigkeiten, sowie Standort- und Witterungsbedingungen die Toxizität, Persistenz und Mobilität. Wichtig zu berücksichtigen sind auch die Auswirkungen auf Nichtzielorganismen, das Bodenmikrobiom und die Bodenfauna.

5.1 Formulierte Produkte und Wirkstoffmengen unterscheiden

Für 2024 weist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit einen Inlandsabsatz von 87.022 Tonnen formulierten Pflanzenschutzmitteln aus, ohne die ausschließlich im Vorratsschutz eingesetzten inerten Gase. Darin waren 28.639 Tonnen Wirkstoffe enthalten.[26]

Die Wirkstoffmenge ist damit nur ein Teil der gesamten Produktmenge.

Die Differenz darf weder pauschal als gefährlich noch pauschal als unbedenklich eingestuft werden. Entscheidend sind Eigenschaften und Wirkungen der jeweiligen Bestandteile.

Absatzmenge ist nicht gleich Anwendung. Anwendung ist nicht gleich Umwelteintrag. Umwelteintrag ist nicht gleich Umweltwirkung.

Für eine sachgerechte Bewertung werden tatsächliche Anwendungsdaten benötigt.

5.2 Anzahl zugelassener Mittel und Formulierungsvielfalt

Im Jahr 2023 waren in Deutschland 1.047 Pflanzenschutzmittel zugelassen.[27]

Die Zahl der Zulassungen allein sagt nichts über die ausgebrachte Menge oder das konkrete Risiko aus. Sie zeigt jedoch die große Vielfalt an Produkten, Formulierungen, Wirk- und Beistoffen, sowie Anwendungskombinationen und damit auch möglichen Abbauprodukten. Diese Vielfalt muss in Zulassung, Monitoring und Forschung angemessen berücksichtigt werden.

5.3 Bodenmikrobiom und biologische Wasseraufbereitung

Das Bodenmikrobiom steuert gemeinsam mit Pflanzenwurzeln und Bodenfauna die Nährstoffkreisläufe, die Bildung von Humus und Aggregaten und die Stabilisierung des Porenraums. Diese wesentlichen Prozesse sind Grundlage für die Pflanzenversorgung, die Unterdrückung von Krankheitserregern und den Abbau organischer Stoffe.

Chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel können Nichtzielorganismen und mikrobielle Bodenfunktionen beeinträchtigen. Wirkstoffe und Formulierungen mit ausgeprägten antimikrobiellen Eigenschaften sind besonders relevant.[28]

Wird das Bodenleben geschwächt, betrifft dies nicht nur die biologische Vielfalt. Geschwächt werden auch jene Funktionen, die Wasser aufnehmen, speichern, puffern, reinigen und weitergeben.

Ein Pflanzenschutz, der die biologische Leistungsfähigkeit des Bodens dauerhaft beeinträchtigt, kann kein nachhaltiger Gewässerschutz sein.

5.4 Wirkungen auf Wasserinsekten

Das Insektizid Chlorantraniliprol wird gegen Schmetterlingslarven eingesetzt. Eine im Jahr 2023 veröffentlichte Laborstudie untersuchte Wirkungen auf Larven von Köcherfliegen, Eintagsfliegen und Bachflohkrebsen.

Bei Köcherfliegen- und Eintagsfliegenlarven wurde nach der Exposition eine veränderte Aktivität von Genen beobachtet, die an der Entwicklung vom Larvenstadium zum erwachsenen Insekt beteiligt sind. Die Untersuchung zeigt, dass die biologische Wirkung eines Pflanzenschutzmittels nicht am vorgesehenen Zielorganismus endet.[29]

Nichtzielorganismen und Auswirkungen auf aquatische und angrenzende Nahrungsnetze müssen deshalb stärker in Zulassung und Risikobewertung berücksichtigt werden.

5.5 Glyphosat als antimikrobiell wirksames Beispiel

Glyphosat ist als Herbizid zugelassen und nicht als medizinisches Antibiotikum.

Glyphosat wirkt über den Shikimatweg auf einen Stoffwechselweg, der in Pflanzen sowie in zahlreichen Bakterien, Pilzen und weiteren Mikroorganismen vorkommt. Daraus ergeben sich antimikrobielle Wirkungen, die bei der Bewertung möglicher Folgen für mikrobielle Gemeinschaften berücksichtigt werden müssen.[30]

Bundesweite Erhebungen aus den Jahren 2011 bis 2016 zeigen einen erheblichen früheren Anwendungsumfang. Je nach Erhebung und Bezugsgröße wurden jährlich etwa 37 bis 39 Prozent der deutschen Ackerfläche mit Glyphosat behandelt.[31]

Neuere Übersichtsarbeiten beschreiben mögliche Mechanismen, über die Glyphosat die bakterielle Toleranz und damit die Häufigkeit von Resistenzgenen, Effluxpumpen, Membraneigenschaften und genetischen Austausch beeinflussen kann.[32]

Glyphosat darf nicht rechnerisch zu medizinischen Antibiotikamengen addiert werden. Gleichwohl müssen seine antimikrobiellen und co-selektierenden Wirkungen im One-Health-Ansatz berücksichtigt werden.

5.6 Gemeinsame Resistenzwirkung

Antibiotikaanwendungen bei Menschen und Tieren bringen Antibiotika, Metaboliten, resistente Bakterien und Resistenzgene in die Umwelt.

Weitere antimikrobiell oder co-selektierend wirkende Stoffe können zusätzlichen Selektionsdruck ausüben.

Weitere antimikrobiell oder co-selektierend wirkende Stoffe können zusätzlichen Selektionsdruck ausüben. Abhängig von Stoff und Exposition können das bestimmte Pflanzenschutzmittel, Biozide, Desinfektionsmittel und Schwermetalle sein.

In dieser Gesamtkette können Selektion und horizontaler Gentransfer die Erhaltung und Ausbreitung von Resistenzgenen begünstigen.

Die mögliche Bedeutung nicht medizinischer antimikrobieller und co-selektierender Stoffe muss bei Zulassung, Anwendung und Umweltmonitoring berücksichtigt werden.

6. Hormonaktive und persistente Stoffe

6.1 Metaboliten und Transformationsprodukte

Abbau- und Umwandlungsprodukte können weniger oder stärker biologisch aktiv sein, sie können mobiler oder langlebiger, grundwassergängiger und schwerer analytisch erfassbar sein und damit andere Eigenschaften besitzen als ihre Ausgangsstoffe.

Die pflanzenschutzrechtliche Bezeichnung einzelner Metaboliten als „nicht relevant“ darf nicht mit Bedeutungslosigkeit für Trinkwassergewinnung und Ressourcenschutz gleichgesetzt werden.

6.2 Grundwasserfunde von Wirkstoffen und Metaboliten

Der Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser für den Zeitraum 2017 bis 2021 wertete Daten von 16.180 Grundwassermessstellen aus.

An 19 Prozent der Messstellen wurden Pflanzenschutzmittelwirkstoffe oder relevante Metaboliten nachgewiesen. Konzentrationen oberhalb von 0,1 Mikrogramm je Liter wurden an 3,6 Prozent der Messstellen festgestellt.

Sogenannte nicht relevante Metaboliten wurden an **72 Prozent** der untersuchten Messstellen gefunden. Im vorherigen Berichtszeitraum waren es 58 Prozent.[33]

Die Ergebnisse zeigen zwei Entwicklungen: Zum einen geht die Belastung mit zahlreichen nicht mehr zugelassen Wirkstoffen langsam zurück. Zum anderen werden mobile Metaboliten häufig und teilweise zunehmend nachgewiesen.

Der Begriff „nicht relevant“ bezeichnet eine pflanzenschutzrechtliche Einordnung. Er bedeutet nicht, dass der Stoff für Trinkwassergewinnung, Vorsorge oder technischen Aufbereitungsaufwand bedeutungslos ist.

6.3 PFAS und TFA

PFAS können aus unterschiedlichen Quellen in Böden und Gewässer gelangen. Sie kommen in industriellen Anwendungen, in Konsumprodukten, Feuerlöschmitteln, Kältemitteln und bestimmten Pflanzenschutzmitteln vor.

TFA ist ein sehr persistenter und mobiler Stoff, der insbesondere beim Abbau verschiedener Fluorchemikalien entstehen kann.

Das Umweltbundesamt beschreibt eine hohe Grundbelastung zahlreicher Gewässer und regionale Belastungsschwerpunkte. TFA lässt sich großmaßstäblich nicht wieder aus der Umwelt entfernen.[34]

Nicht jedes Pflanzenschutzmittel enthält PFAS oder bildet TFA. PFAS und TFA stammen auch nicht ausschließlich aus der Landwirtschaft.

Notwendig ist eine vollständige Quellenanalyse, die industrielle, gewerbliche, kommunale, private und landwirtschaftliche Beiträge erfasst.

Wo Stoffe persistent, mobil und technisch kaum entfernbar sind, muss das Vorsorgeprinzip gelten. Jede weitere Freisetzung speist eine langfristige Belastung.

6.4 Hormonaktive Stoffe und Kombinationseffekte

Bestimmte Stoffe können das Geschlechts- oder Schilddrüsenhormonsystem beeinflussen oder stehen im Verdacht, dies zu tun.

Ein wesentliches Defizit der bisherigen Risikobewertung ist die unvollständige Berücksichtigung ihrer kumulativer Wirkungen, der wiederholten Ausbringung und dem gleichzeitigen Auftreten verschiedener Stoffe. Ebenso unvollständig werden die Metaboliten berücksichtigt, empfindliche Entwicklungsphasen, sowie mögliche Wirkungen bei niedrigen Konzentrationen.

Die Prüfung einzelner Stoffe bleibt notwendig. Sie reicht jedoch nicht aus, um tatsächliche Expositionen gegenüber Stoffgemischen vollständig zu bewerten.[35]

Wissenslücken sind kein Nachweis der Unbedenklichkeit.

7. Gesundheitsschutz für Anwender und Anwohner

Gewässerschutz, Bodenschutz und Gesundheitsschutz gehören zusammen.

Stoffe, die Wasser und Boden belasten, können auch Menschen gefährden, die diese Stoffe herstellen, anwenden oder in deren Umfeld leben. Gesundheitliche Warnsignale müssen deshalb frühzeitig zu wirksamen Vorsorgemaßnahmen führen.

7.1 Parkinson als Berufskrankheit

Seit dem 1. August 2026 ist das „Parkinson-Syndrom durch langjährig, häufig und selbst angewendete Pestizide“ als Berufskrankheit anerkannt.[36]

Die Anerkennung ist an klar definierte Voraussetzungen gebunden. Betroffen sein können insbesondere Personen aus Landwirtschaft, Gartenbau, Forstwirtschaft, Landschaftspflege und weiteren Tätigkeitsbereichen mit langjähriger und häufiger eigener Pestizidanwendung.

Die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau berichtete bereits 2024 von mehr als 7.000 Fällen, die auf das Vorliegen der Anerkennungsvoraussetzungen geprüft wurden. Die Größenordnung zeigt: Gesundheitliche Risiken langfristiger beruflicher Pestizidexposition sind kein theoretisches Einzelproblem.[37]

Anwender müssen wirksam geschützt, vermeidbare Expositionen vermindert und weniger belastende Bewirtschaftungsverfahren konsequent entwickelt und gefördert werden.

7.2 Wohnortnahe und berufliche Exposition

Epidemiologische Untersuchungen aus landwirtschaftlich geprägten Regionen Kaliforniens verbinden räumlich und zeitlich aufgelöste Pestizidanwendungsdaten mit Wohn- und Arbeitsorten.

Eine 2024 veröffentlichte Studie fand bei länger andauernder wohnort- und arbeitsplatznaher Exposition gegenüber landwirtschaftlichen Paraquatanwendungen deutlich erhöhte Parkinsonrisiken. Für wiederholte arbeitsplatzbezogene Nähe wurde eine Odds Ratio von 2,15, für die Dauer wohnortnaher Exposition eine Odds Ratio von 1,91 ermittelt.[38]

Die Ergebnisse begründen einen klaren Vorsorgeauftrag:

- Abdrift und vermeidbare Expositionen konsequent vermindern,
- Anwendungsdaten für Umwelt- und Gesundheitsforschung zugänglich machen,
- Wohngebiete, Schulen, Kindergärten, Gewässer und andere sensible Bereiche besonders schützen,
- weniger belastende und nicht chemische Verfahren vorrangig einsetzen.

7.3 Zusammenhänge mit Krebserkrankungen

Eine 2024 veröffentlichte populationsbezogene US-Studie fand statistische Zusammenhänge zwischen regionalen Pestizidnutzungsmustern und der Häufigkeit von:

- Leukämien,
- Non-Hodgkin-Lymphomen,
- Blasenkrebs,
- Darmkrebs,
- Lungenkrebs,
- Bauchspeicheldrüsenkrebs.

Die Studie berücksichtigte unter anderem Rauchen, den Anteil landwirtschaftlicher Flächen und soziale Einflussgrößen.[39]

Die Ergebnisse begründen einen klaren Vorsorgeauftrag: Expositionen gegenüber chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln müssen deutlich vermindert werden.

Besonders problematische Wirkstoffe und Anwendungen sind konsequent zu beschränken oder zu beenden. Weniger belastende und nicht chemische Alternativen müssen vorrangig entwickelt und eingesetzt werden.

Verbleibende wissenschaftliche Unsicherheiten dürfen nicht als Begründung für unveränderte Anwendungen dienen.

Forschung begleitet das vorsorgende Handeln. Sie ersetzt es nicht.

7.4 Vorsorge bedeutet rechtzeitiges Handeln

Das Vorsorgeprinzip verlangt, begründete Warnsignale ernst zu nehmen, bevor Schäden zweifelsfrei und in jedem Einzelfall nachgewiesen sind.

Wo Hinweise auf schwerwiegende, langfristige oder irreversible Schäden bestehen, müssen Exposition und Anwendung vorsorglich vermindert werden.

Sind weniger belastende oder nicht chemische Verfahren verfügbar, haben diese Vorrang.

Stoffe und Anwendungen mit nicht vertretbaren Risiken müssen beendet werden.

8. Weitere Eintragspfade aus Gesellschaft und Wirtschaft

Wasserqualität ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

Neben der Landwirtschaft tragen insbesondere folgende Bereiche Stoffe in Abwasser, Böden und Gewässer ein:

- kommunales Abwasser,
- undichte Kanäle,
- Mischwasserentlastungen,
- Industrie- und Gewerbeeinleitungen,
- Haushaltschemikalien,
- Arzneimittel,
- Wasch- und Reinigungsmittel,
- Biozide,
- Desinfektionsmittel,
- Reifen- und Straßenabrieb,
- belastetes Niederschlagswasser,
- Altlasten,
- Deponien.

Mengenangaben beschreiben unterschiedliche Stufen eines Stoffwegs:

Verkauf ist nicht Anwendung. Anwendung ist nicht Ausscheidung. Ausscheidung ist nicht Gewässereintrag. Gewässereintrag ist nicht automatisch gleich Umweltwirkung.

Diese Differenzierung muss für alle Verursacherbereiche gelten.

8.1 Wasch- und Reinigungsmittel

Aus privaten Haushalten gelangten bezogen auf das Jahr 2017 nach Angaben des Umweltbundesamtes rund **564.554 Tonnen** Chemikalien aus Wasch- und Reinigungsmitteln in das Abwasser.[40]

Sie enthalten unter anderem Tenside, Duftstoffe, Polycarboxylate, Phosphate und Phosphonate, Enzyme, Polymere, optische Aufheller und Silikone.

Die Menge der Mittel, die im Abwasser gemessen wird, entspricht nicht der Menge, die nach der Kläranlage in Gewässer gelangt.

Ein Teil wird biologisch abgebaut, chemisch umgewandelt oder im Klärschlamm gebunden. Andere Bestandteile können die Kläranlage teilweise passieren.

Die Größenordnung verdeutlicht, dass Wasserbelastung kein ausschließlich landwirtschaftliches Problem ist.

8.2 Kanalisation und Mischwasserentlastungen

Undichte Kanäle können Abwasser in Boden und Grundwasser eintragen. Umgekehrt kann Grund- oder Fremdwasser in die Kanalisation gelangen und Kläranlagen hydraulisch belasten.

Bei Starkregen können Mischwasserentlastungen ungereinigtes oder nur teilweise behandeltes Abwasser in Gewässer einleiten. Dabei kann es sich besonders um Nährstoffe, Krankheitserreger, Arzneimittelrückstände, Haushaltschemikalien oder auch Mikroplastik handeln.

Abwassernetze, Regenwasserbehandlung und Kläranlagen müssen gemeinsam betrachtet und an Starkregen angepasst werden.[41]



Grafik: TUM, 2018, Zustand der öffentlichen Kanalisation in Bayern

8.3 Industrie und Gewerbe

Industrie und Gewerbe müssen relevante Stoffströme entlang von Produktion, Verarbeitung, Anwendung und Entsorgung erfassen.

Problematische Stoffe müssen möglichst bereits im Betrieb vermieden oder ersetzt werden, zumindest aber zurückgehalten oder gesondert behandelt werden.

Eine Verlagerung schwer abbaubarer Stoffe in kommunale Kläranlagen ist keine nachhaltige Lösung, wenn diese Anlagen nicht für deren Entfernung ausgelegt sind.

8.4 Arzneimittelentsorgung

Nicht verwendete Arzneimittel gehören in die jeweils vorgesehenen Entsorgungswege und nicht in Toilette oder Ausguss.

Eine ordnungsgemäße Entsorgung verhindert zusätzliche vermeidbare Einträge.[19]

9. Wie können Belastungen vermindert werden?

9.1 Tierzahlen und Fläche zusammenbringen

Viehbestände müssen zur Leistungsfähigkeit der verfügbaren Fläche und zu regionalen Nährstoffkreisläufen passen.

Wo Nährstoffanfall und Aufnahmefähigkeit dauerhaft auseinanderfallen, entstehen Nährstoffüberschüsse und damit auch Verluste, weil Nährstoffe nicht genutzt werden können. Überschüssige Mengen müssen eventuell transportiert oder anderweitig entsorgt werden.
Gülle und Mist sind wertvolle Wirtschafts- und Kohlenstoffdünger. Das gilt abhängig von der Menge und Qualität der Gülle, sowie der Art der Lagerung und der Aufbereitung, des Zeitpunkts der Ausbringung und der Witterung, sowie dem Bodenzustand. Die Pflanzenaufnahme ist ein weiterer Faktor.

9.2 Kreisläufe im Ackerbau stärken

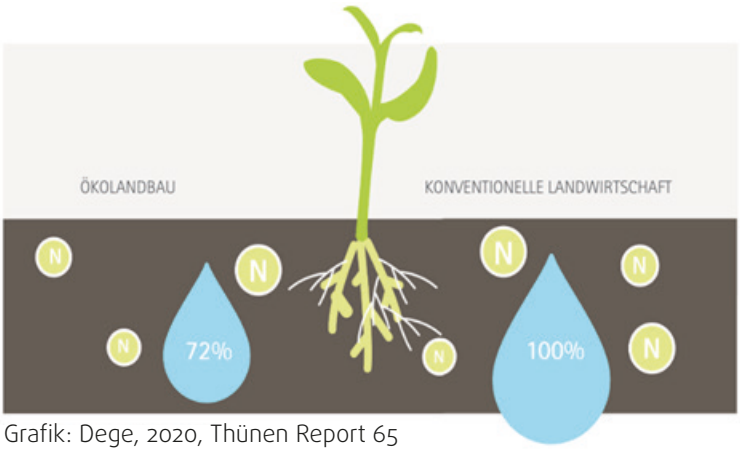
Vielgliedrige Fruchtfolgen, Leguminosen und Zwischenfrüchte, sowie Untersaaten und dauerhafte Bodenbedeckung stärken im Ackerbau das Bodenleben und bauen Humus auf. Vielfältige Durchwurzelung und ausgewogene Pflanzenernährung durch angepasste organische Düngung sorgt für Pflanzenstabilität und Nährstoffeffizienz.

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft gibt für Ackerbohnen eine biologische Stickstofffixierung von durchschnittlich rund 170 Kilogramm Stickstoff je Hektar beziehungsweise je nach Darstellung rund 200 Kilogramm an. Für die Nachfrucht steht davon nur ein Teil unmittelbar zur Verfügung. Die genaue Stickstoffleistung hängt von Ertrag, Standort und Anbau ab.[42]

9.3 Bewirtschaftungssysteme an ihrer Wirkung messen

Ökologische Bewirtschaftung kann wichtige Leistungen für den vorsorgenden Gewässerschutz erbringen.

Der Thünen Report 65 wertete zahlreiche Vergleichsstudien zu Umwelt- und Gesellschaftsleistungen des ökologischen Landbaus aus. Im Bereich des Wasserschutzes zeigten die ausgewerteten Studien im Mittel Vorteile der ökologischen Bewirtschaftung.[43]



Grafik: Dege, 2020, Thünen Report 65

Entscheidend bleibt, alle Bewirtschaftungssysteme an ihrer tatsächlichen Wirkung zu messen. Die dafür wichtigen Faktoren sind Bodenleben, Humusqualität, Bodenstruktur und Durchwurzelung. Ebenso maßgeblich sind Infiltration, Nährstoffeffizienz, das Ausmaß an Erosion, sowie Stoffausträge und Wasserqualität.

Messungen sollen nicht nur kontrollieren, sondern Lernen und Verbesserung ermöglichen.
Betriebe mit nachweislich geringen Austrägen und positiven Wirkungen auf Boden und Wasser müssen anerkannt und angemessen honoriert werden.

9.4 Antibiotikaeinträge vermindern

Stabile Gesundheit steht am Anfang.

In der Tierhaltung gehören dazu geeignete, robuste Genetik, tiergerechte Haltungsbedingungen, eine angepasste Fütterung und Hygiene, sowie eine sorgfältige Betreuung durch gezielte tierärztliche Diagnostik und Behandlung, sowie Vorbeugung. Erkrankte Tiere müssen wirksam behandelt werden.

Ziel ist keine Verweigerung notwendiger Behandlung, sondern eine möglichst geringe, fachlich begründete Anwendung und die Vermeidung routinemäßiger oder unnötiger Behandlung.

Für die Humanmedizin gelten Antibiotic-Stewardship-Grundsätze. Diese umfassen richtige Indikation (nach Überprüfung nach Erregernachweis) und damit der Einsatz eines geeigneten Antibiotikums mit der passenden Dosierung und der dafür geeigneten Behandlungsdauer. Unnötige Verschreibungen sollen vermieden werden.

Abwasserbehandlung und vierte Reinigungsstufen sind wichtig. Sie lösen das Resistenzproblem allerdings nicht allein.

9.5 Pflanzenstabilität und Bodenmikrobiom stärken

Pflanzen und Bodenmikrobiom bilden eine funktionelle Einheit.

Pflanzen nehmen Nährstoffe überwiegend in gelöster anorganischer Form auf. Zugleich können Mykorrhizapilze, rhizosphärennahe Bakterien und weitere Symbiosen Nährstofferschließung, Pflanzenversorgung und Widerstandskraft unterstützen.

Rhizophagie beschreibt einen wissenschaftlich diskutierten Mechanismus, bei dem Pflanzen Nährstoffe aus endophytischen Mikroorganismen erschließen können.[44 45]

Daraus folgt nicht, dass mineralische Nährstoffe generell entbehrlich sind. Es folgt aber, dass eine Bewirtschaftung, die Bodenmikrobiom und Symbiosen dauerhaft beeinträchtigt, die eigene Nährstoff- und Gesundheitsgrundlage der Pflanzen schwächen kann.

9.6 Arten- und Sortenwahl

Arten- und Sortenwahl sind zentrale Bestandteile eines vorbeugenden Pflanzenschutzes. Wichtig für die Auswahl der Sorten und Kulturen sind Kriterien, wie die Anpassung an den Standort und das Wasser- und Nährstoffangebot, die Widerstandsfähigkeit und Durchwurzelungsstärke und inwiefern die Sorte in vielfältige Fruchtfolgen integrierbar ist.

Höchsterträge unter hohem Betriebsmittelaufwand dürfen nicht das alleinige Züchtungsziel sein.
Neben spezifischen Resistenzen gegen einzelne Schaderreger ist eine allgemeine Pflanzenstabilität entscheidend.

9.7 Integrierten Pflanzenschutz konsequent umsetzen

Der integrierte Pflanzenschutz verlangt eine klare Rangfolge:

1. vorbeugende und anbauliche Maßnahmen,
2. Beobachtung und belastbare Schadschwellen,
3. biologische, mechanische, physikalische und andere nicht chemische Verfahren,
4. chemische Pflanzenschutzmittel als letzte fachlich begründete Option.[46] [47]

Standortangepasste Sorten, vielfältige Fruchtfolgen, ausgewogene Pflanzenernährung, Bodenbedeckung, Nützlingsförderung und ein leistungsfähiges Bodenmikrobiom sind keine ergänzenden Sondermaßnahmen. Sie sind Grundlage eines vorbeugenden Pflanzenschutzes.

9.8 Anwendungsdaten transparent machen

Absatzdaten allein reichen nicht.

Für eine wirksame Reduktionsstrategie müssen tatsächliche Anwendungen fachlich auswertbar sein. Dafür erforderlich sind Angaben zu Kultur, Fläche, die vollständige Formulierung und die enthaltenen Wirkstoffe, die Aufwandmenge und -häufigkeit, sowie der Zeitpunkt der Anwendung und weitere Standortbedingungen.

Daten müssen so vollständig und zeitnah veröffentlicht werden, dass Trends, Wirkungen und Reduktionsfortschritte überprüfbar werden. Betriebs- und Datenschutz sind zu wahren.[48]

9.9 Unabhängige Beratung

Unabhängige Beratung ist unverzichtbar.

Herstellerberatung kann fachliche Informationen liefern, ist jedoch mit wirtschaftlichen Interessen verbunden.

Öffentlich oder unabhängig finanzierte Beratung muss die Bodenfruchtbarkeit, Pflanzen- und Tiergesundheit, Wirtschaftlichkeit und Nährstoffeffizienz, sowie Gewässerschutz gemeinsam berücksichtigen.

Beratung muss ganze Boden-, Pflanzen- und Bewirtschaftungssysteme beurteilen, nicht nur einzelne Betriebsmittel.

9.10 Digitalisierung, Präzisionstechnik und Datensouveränität

Digitale Technik, Sensorik und Präzisionsapplikation können Anwendungen zielgenauer machen und Fehlanwendungen vermindern.

Sinnvolle Anwendungen können beispielsweise sein:

- teilflächenspezifische Bewirtschaftung,
- präzise Hacktechnik,
- kleine autonome Geräte,
- Drohnen zur Ausbringung von Nützlingen,
- offene Wissensplattformen.

Digitale Technik ersetzt nicht vielfältige Fruchtfolgen, robuste Pflanzen und gesunde Böden. Ebenso wichtig sind Nützlinge und ein gesundes Bodenmikrobiom, sowie unabhängige Beratung.

Effizienzgewinne müssen zu einer Verringerung der Gesamtanwendung und der Umweltrisiken führen. Sie dürfen nicht durch größere behandelte Flächen oder intensivere Anwendung wieder aufgehoben werden.

Die Verfügungsgewalt über betriebliche Daten muss bei den Nutzern bleiben. Zugriffs-, Nutzungs- und Weitergaberechte müssen transparent geregelt sein. Datensouveränität ist Voraussetzung dafür, dass Digitalisierung den Betrieben und nicht nur Technik- und Plattformanbietern dient.

10. Wasserversorger und Bewirtschafter als Partner

Wasserversorger haben ein unmittelbares Interesse an gesunden Böden und geringen Stoffausträgen.

Kooperative Beratung darf sich nicht auf die Kontrolle einzelner Dünge- oder Pflanzenschutzmaßnahmen beschränken. Ziel muss sein, gemeinsam mit den Bewirtschaftern das gesamte Bodenbewirtschaftungssystem weiterzuentwickeln.

Ein praktisches Beispiel ist die Kooperation **Trinkwasserschutz Oberpfälzer Jura**.

Landwirtschaftliche Kooperationsverträge und Anlagen regeln Maßnahmen, Vertragsflächen, Beratung, Prämien und Ausgleichszahlungen für eine grundwasserschonende Landbewirtschaftung.[49]

Das Modell kann anderen Regionen als Orientierung dienen. Maßnahmen und Zahlungen müssen an Standort, Einzugsgebiet, Belastung und nachweisbare Wirkung angepasst werden.

Die maßgeblichen Kriterien sind ein aktives Bodenleben, die Humusqualität und Aggregatstabilität, sowie die Durchwurzelung und Anzahl der Bioporen und damit die Infiltrationsleistung. Auch berücksichtigt werden Nährstoffeffizienz, Pflanzenstabilität, geringe Stoffausträge und Rohwasserqualität.

Vorsorgender Gewässerschutz gelingt am besten, wenn Wasserversorger und Bewirtschafter gemeinsame Ziele vereinbaren und unabhängige Beratung bereitstellen. Um gute Leistungen fair honorieren zu können muss die Wirkung gemessen werden.

11. Forderungen der IG gesunder Boden e. V.

Die IG gesunder Boden e. V. fordert:

1. Stoffeinträge an der Quelle vermindern
Einträge von Nitrat, Pflanzenschutzmitteln, Arzneimitteln, Antibiotika, Bioziden, PFAS und weiteren Schadstoffen müssen möglichst an der Quelle verhindert und nach dem Verursacherprinzip vermindert werden.

2. Gesunde Böden als biologische Wasseraufbereitung anerkennen
Gesunde Böden sind als erste flächenhafte Stufe der biologischen Wasseraufbereitung anzuerkennen, zu schützen und durch bodenaufbauende Bewirtschaftung zu stärken.

3. Gewässerschutz rechtssicher und verursachergerecht gestalten
Messnetze, Gebietsausweisungen und Maßnahmen müssen transparent, fachlich nachvollziehbar, rechtssicher und verursachergerecht sein.

4. Vollständige Pflanzenschutzmittelformulierungen bewerten
Bei Zulassung und Risikobewertung müssen vollständige Formulierungen, Wirkstoffe, Beistoffe, Metaboliten, wiederholte Anwendungen, Stoffgemische und Wirkungen auf Bodenmikrobiom und Bodenfauna berücksichtigt werden.

5. Absatz- und Anwendungsdaten unterscheiden
Absatzdaten, tatsächliche Anwendung, Produktmenge, Wirkstoffmenge, behandelte Fläche, Anwendungshäufigkeit und Risikoeigenschaften müssen getrennt und nachvollziehbar ausgewiesen werden.

6. Human- und Tiermedizin gemeinsam betrachten
Human- und Tiermedizin müssen im One-Health-Ansatz gemeinsam betrachtet werden. Ihre unterschiedlichen Eintragspfade dürfen weder vermischt noch gegeneinander ausgespielt werden.

7. Antibiotikaresistenzen als Umwelt- und Gesundheitsthema behandeln
Antibiotika, resistente Bakterien, Resistenzgene sowie antimikrobiell oder co-selektierend wirkende Umweltstoffe müssen gemeinsam in Forschung, Monitoring und Risikobewertung berücksichtigt werden.

8. Kläranlagen gezielt weiterentwickeln
Kläranlagen sind dort, wo Belastung und Risikolage es erfordern, mit weitergehenden Reinigungsstufen auszustatten. Vermeidung an der Quelle, sachgerechte Anwendung und sichere Entsorgung haben Vorrang.

9. Klärschlammrisiken berücksichtigen
Arzneimittelrückstände, resistente Bakterien und Resistenzgene im Klärschlamm müssen bei Behandlung und Verwertung berücksichtigt werden. Der Eintrag problematischer Stoffe in Böden ist konsequent zu vermindern.

10. Persistente und mobile Stoffe vermeiden
Bei PFAS, TFA und anderen persistenten und mobilen Stoffen muss das Vorsorgeprinzip gelten. Wo eine nachträgliche Entfernung kaum möglich ist, hat die Vermeidung der Freisetzung höchste Priorität.

11. Gesundheitliche Risiken vorsorglich vermindern
Bei wissenschaftlich begründeten Hinweisen auf schwerwiegende oder langfristige Gesundheitsschäden dürfen verbleibende Unsicherheiten nicht zur Fortsetzung unveränderter Anwendungen führen.
Expositionen sind unverzüglich zu vermindern, weniger belastende und nicht chemische Verfahren haben Vorrang und besonders problematische Wirkstoffe oder Anwendungen sind konsequent zu beschränken oder zu beenden.

12. Gesamtgesellschaftliche Verantwortung benennen
Wasserversorger, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Kommunen, Industrie, Gewerbe, Verkehr, Beratung, Wissenschaft und Verbraucher müssen gemeinsam handeln.

13. Unabhängige Beratung und Systemforschung stärken
Benötigt werden unabhängige Beratung und Forschung zu vollständigen Boden-, Pflanzen-, Tierhaltungs-, Abwasser- und Bewirtschaftungssystemen.

14. Datensouveränität sichern
Landwirtschaftliche Betriebe müssen die Verfügungsgewalt über ihre Betriebsdaten behalten. Die Nutzung erhobener Daten muss transparent und zweckgebunden erfolgen.

15. Leistungen für Boden und Wasser honorieren
Nachweisbare Leistungen für gesunde Böden, geringe Stoffausträge und den Schutz von Rohwasser müssen angemessen honoriert werden.

16. Vorsorge bei Wissenslücken anwenden
Fehlendes Wissen darf nicht als Nachweis der Unbedenklichkeit gelten. Wo Wirkungen auf komplexe Boden-, Wasser- und Mikrobiomsysteme nicht ausreichend beurteilt werden können, muss das Vorsorgeprinzip angewendet werden.

12. Unsere gemeinsame Perspektive

Dieses Positionspapier ist gemeinsam mit dem Positionspapier **„WASSER – in Zukunft Mangelware?“** zu lesen.

Das Qualitätspapier betrachtet:

- Stoffeinträge,
- Rückstände,
- biologische Wasseraufbereitung,
- Boden- und Gewässerorganismen,
- Resistenzentwicklung,
- vorsorgende Vermeidung.
- Das Quantitätspapier behandelt:
- Infiltration,
- Wasserspeicherung,
- Wasserrückhalt,
- Grundwasserneubildung,
- Wasserentnahmen,
- grünen Wasserkreislauf.

Beide führen zum gleichen Ausgangspunkt.

Die beiden Wasserpapiere werden durch folgende Positionspapiere der IG gesunder Boden e. V. fachlich ergänzt:

- „Gesunder Boden aus unserer Sicht“
- „Gesunde Wälder brauchen gesunde Böden“
- „CO_2-Zertifikatehandel in der Landwirtschaft“

Gemeinsam zeigen diese Positionspapiere: Bodenleben, Wasserqualität, Wasserverfügbarkeit, Waldgesundheit sowie Pflanzen-, Tier- und Menschengesundheit lassen sich nicht getrennt voneinander betrachten.

Wasserqualität beginnt mit Bodengesundheit

13. Quellen und Literatur

Weiterführende Positionspapiere der IG gesunder Boden e. V.:

IG gesunder Boden e. V. (2020): Gesunder Boden aus unserer Sicht.
IG gesunder Boden e. V. (2024): Gesunde Wälder brauchen gesunde Böden.
IG gesunder Boden e. V. (2026): WASSER – in Zukunft Mangelware?
IG gesunder Boden e. V.: Positionspapier zum CO_2-Zertifikatehandel in der Landwirtschaft.

Zitierte Quellen

1 Europäische Kommission (2025): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrichtlinie. Zustand der Gewässer in der Europäischen Union.

2 Europäische Kommission (2025): Environmental Implementation Review und Register der Vertragsverletzungsverfahren; Water News Europe (2025): Review shows all active water infringement procedures.

3 Europäische Kommission (2018): Safer drinking water for all Europeans: Questions and Answers. MEMO/18/430, 1. Februar 2018.

4 Le Basic; CCFD-Terre Solidaire; Pollinis (2021): Pesticides: a model that's costing us dearly.

5 Wilpiszeski, R. L. et al. (2019): Soil Aggregate Microbial Communities: Towards Understanding Microbiome Interactions at Biologically Relevant Scales. Applied and Environmental Microbiology, 85(14), e00324-19. DOI: 10.1128/AEM.00324-19.

6 Philippot, L. et al. (2024): The interplay between microbial communities and soil properties. Nature Reviews Microbiology, 22, 226–239. DOI: 10.1038/s41579-023-00980-5.

7 Europäische Union (1991): Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

8 Europäischer Gerichtshof (2018): Urteil vom 21. Juni 2018, Kommission gegen Deutschland, Rechtssache C-543/16.

9 Umweltbundesamt (2026): Wirkungsmonitoring zur Umsetzung der Düngeverordnung. Chronologie des Vertragsverletzungsverfahrens.
10 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2024): Nitratbericht 2024.

11 Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz landwirtschaftlicher Ackerkulturen, Projekt 33068/01.

12 Wüpper, D.; Le Clech, S.; Zilberman, D.; Mueller, N.; Finger, R. (2020): Countries influence the trade-off between crop yields and nitrogen pollution. Nature Food, 1, 713–719. DOI: 10.1038/s43016-020-00185-6.

13 Umweltbundesamt (2026): Stickstoff und Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft.

14 Umweltbundesamt (2024): Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt.

15 Weltgesundheitsorganisation und Quadripartite Organisationen: One Health Joint Plan of Action.

16 Umweltbundesamt (2024): Eintrag und Vorkommen von Humanarzneistoffen in der Umwelt.

17 Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2022): Antibiotika-Abgabemengen Tiermedizin 2021.

18 Wissenschaftliches Institut der AOK (2025): Antibiotikaverordnungen 2023.

19 Umweltbundesamt: Eintrag, Vorkommen und Wirkungen von Arzneistoffen in der Umwelt.

20 Umweltbundesamt (2022): Bakterielle Resistenzen in Klärschlamm.

21 Umweltbundesamt und Bayerisches Landesamt für Umwelt: Weitergehende Abwasserbehandlung und vierte Reinigungsstufe.

22 Freitag, M. et al. (2018): Antibiotikatransfer aus Boden in Getreide. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.

23 Bacanlı, M. G. (2024): The two faces of antibiotics: effects of antibiotic residues in foodstuffs. Archives of Toxicology.

24 Weltgesundheitsorganisation: Antimicrobial Resistance. Fact Sheet.

25 GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators (2024): Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021. The Lancet, 404, 1199–1226.

26 Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2025): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in Deutschland. Ergebnisse der Meldungen für 2024.

27 Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2024): Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel und Absatzdaten 2023.

28 Swaine, M. et al. (2025): Impact of pesticides on soil health: identification of key soil microbial indicators through meta-analysis. FEMS Microbiology Ecology, 101(6), fiaf052. DOI: 10.1093/femsec/fiaf052.

29 Brasseur, M. et al. (2023): Untersuchung der durch Chlorantraniliprol ausgelösten Genaktivität aquatischer Insektenlarven. Environmental Pollution.

30 US-Patent US7771736B2: Glyphosate formulations and inhibition of the shikimate pathway.

31 Wiese, A. et al. (2016): Anwendungen von Glyphosat im deutschen Ackerbau. Julius-Kühn-Archiv, 452.

32 Bearson, B. L. et al. (2024): Effects of glyphosate on antibiotic resistance in soil bacteria and its potential significance: a review. Journal of Environmental Quality. DOI: 10.1002/jeq2.20655.

33 Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2024): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit, Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und Metaboliten 2017 bis 2021.

34 Umweltbundesamt (2021): Chemikalieneintrag in Gewässer vermindern: Trifluoracetat als persistente und mobile Substanz mit vielen Quellen.

35 PAN Europe und Swiss Centre for Applied Human Toxicology: Fachinformationen zur kumulativen Risikobewertung, zu Kombinationseffekten und hormonaktiven Eigenschaften von Pestiziden.

36 Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2026): Ab 1. August 2026 neue Berufskrankheit „Parkinson durch Pestizide“; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Wissenschaftliche Empfehlung für die Berufskrankheit Nr. 1322.

37 Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (2024): Parkinson durch chemische Pflanzenschutzmittel.

38 Paul, K. C.; Cockburn, M.; Gong, Y.; Bronstein, J.; Ritz, B. (2024): Agricultural paraquat dichloride use and Parkinson’s disease in California’s Central Valley. International Journal of Epidemiology, 53(1), dyae004. DOI: 10.1093/ije/dyae004.

39 Gerken, J.; Vincent, G. T.; Zapata, D.; Barron, I. G.; Zapata, I. (2024): Comprehensive assessment of pesticide use patterns and increased cancer risk. Frontiers in Cancer Control and Society, 2, 1368086. DOI: 10.3389/fcacs.2024.1368086.

40 Umweltbundesamt (2021): Wasch- und Reinigungsmittel. Chemikalieneinträge aus privaten Haushalten, Bezugsjahr 2017.

41 Umweltbundesamt: Öffentliche Abwasserentsorgung, Kanalisation und Mischwasserentlastungen.

42 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Ackerbohne, biologische Stickstofffixierung und Fruchtfolgewirkung.

43 Sanders, J.; Heß, J. (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65. DOI: 10.3220/REP1576488624000.

44 Chang, X. (2021): Chemical Interactions at the Interface of Plant Root Hair Cells and Intracellular Bacteria. Microorganisms, 9, 1041.

45 White, J. et al. (2018): Rhizophagy Cycle. Microorganisms, 6, 95; ergänzende wissenschaftliche Arbeiten zu Mykorrhiza und Pflanzengesundheit.
46 Europäische Union: Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes, Anhang III der Richtlinie 2009/128/EG.

47 Umweltbundesamt (2022): Auf dem Weg zu einem nachhaltigen Pflanzenschutz.

48 Europäische Union und Eurostat: SAIO-Verordnung und Pflanzenschutzmittel-Anwendungsdaten.

49 Trinkwasserschutz Oberpfälzer Jura: Landwirtschaftlicher Kooperationsvertrag „Prämien- und Ausgleichszahlungen für eine grundwasserschonende Landbewirtschaftung“ sowie zugehörige Maßnahmen- und Vertragsanlagen.

50 Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (2020): Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern.

51 Schwake-Anduschus, C. et al.; Freitag, M. et al.; Grote, M. et al.: Aufnahme von Tierarzneimitteln aus gedüngten Böden in Nutzpflanzen und Getreidekörner; ergänzend: Fachvortrag von Prof. Dr. Manfred Grote.

Mitwirkende Autoren:
Andrea Beste, Franz Ehrnsperger, Franz Herrler, Franz Rösl