

1 Einleitung

Die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) ist aus der Land- und Forstwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Der Einsatz birgt aber auch Risiken für die Umwelt. So stellt sich beispielsweise die Frage nach dem Verbleib von PSM in der Umwelt. Die ausgebrachten PSM können sowohl Oberflächengewässer als auch Sedimente durch Niederschlagswasser, Abdrift, Reinigung von Spritzgeräten, Brühreste sowie Austrag aus behandelten Flächen durch Runoff, Dränagen oder Interflow kontaminieren (Abb. 1, Giessler 1988; Ganzelmeier 1995; Roberts 1998). Insbesondere der Austrag von PSM durch Runoff, der bei bis zu 5 % der applizierten Wirkstoffmenge liegt (Schneider et al. 1997; Senseman et al. 1997), trägt zur Belastung der Gewässer bei. Zahlreiche Messungen zeigen, dass hohe PSM-Konzentrationen sowohl im Gewässer als auch im Sediment vorkommen (Iwakuma et al. 1993; Zaranyika et al. 1994; Muir et al. 1995; Schwackhamer et al. 1998; Turgut und Fomin 2002). Im Allgemeinen sind sedimentsorbierte Umweltchemikalien persistenter, weniger mobil und höher konzentriert als freilösliche in der Wassersäule (Larson 1989). Im Speziellen gilt auch für PSM, dass stark an Materialien adsorbierte Substanzen eine hohe Persistenz aufweisen und gegen Abbau gut geschützt sind (Cotham und Bidleman 1989).

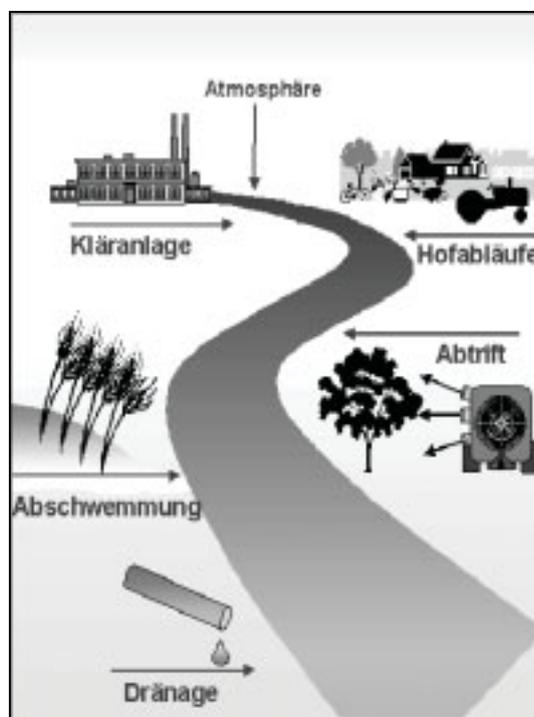


Abb. 1: Mögliche Eintragspfade von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer (BBA 2001)

Auf diese Weise gelangen PSM besonders für Organismen, die auf oder nahe dem Gewässerboden leben, zur Exposition. Sedimente sind Lebensraum für bakterielle, aber auch für tierische und pflanzliche Organismen (Ahlf 1995). Vor allem wurzelnde Makrophyten sind gefährdet (Lee 1992). Sie sind ein wichtiger Bestandteil aquatischer Ökosysteme (Janauer 2001), da sie Primärproduzenten und Habitatsressource für andere Organismen sind und einen Lebensraum von Organismen sowie ein Rückzugsgebiet und Schutzhabitat vieler Fische darstellen (Diel 1988; Jeppesen et al. 1998). Außerdem sind sie eine proteinreiche Nahrungsquelle für Wasservögel (Mitchell und Perrow 1998). Wurzelnde Makrophyten werden häufig als Futter für Haustiere verwendet, und die Herstellung von Kompost ist verbreitet. Durch ihre Nutzung als Futterquelle können die PSM in die Nahrungskette von Organismen eingetragen werden und weiter zu Konsumenten wie Fische, Vögel, marine Mammalien und Menschen gelangen. Die Bioakkumulation von Umweltchemikalien in höheren trophischen Ebenen und die Auswirkungen auf Reproduktionsprozesse bei Organismen ist insbesondere am Beispiel des Insektizids DDT aufgezeigt worden (Lee 1992).

Eine vorsorgende Prüfung der Toxizität und Umweltrelevanz von PSM wird durch die Gesetzgebung in Deutschland reguliert. Allerdings gibt es hierbei Defizite. So wird die Abschätzung der Gefährdung wurzelnder Makrophyten durch PSM bei der Einzelsubstanzprüfung sowohl der Zulassungsprüfung für PSM (PflSchG 1986) als auch der Umweltchemikalienprüfung (ChemG 1990) nicht berücksichtigt. Bislang werden als Vertreter der aquatischen Pflanzen nur Algen sowie Wasserlinsen als Testorganismen eingesetzt.

Die Praxis zeigt allerdings, dass keine von beiden Organismengruppen zur Abschätzung der Toxizität von Umweltchemikalien im Sediment geeignet ist (Keddy et al. 1995). Bereits für gelöste Schadstoffe wird die Verwendung von Algen als Vertreter der Pflanzen kritisch diskutiert und Wasserlinsen als alternative Organismen vorgeschlagen (Fletscher 1991; Sallenave und Fomin 1997). Für eine direkte Sedimenttestung sind allerdings auch Wasserlinsen aufgrund ihrer nicht wurzelnden Lebensweise (Landolt und Kandeler 1987) nicht geeignet. Außerdem gehören Wasserlinsen zu den monokotylen Pflanzen und können in einigen Fällen der Testung von PSM nicht als Vertreter der dikotylen Pflanzen eingesetzt werden.

Die Notwendigkeit und Möglichkeit der Verwendung wurzelnder, dikotyler Makrophyten als Testorganismen ist aus wissenschaftlicher Sicht seit langem immer wieder betont worden (z. B. Fletscher 1990; Freemark et al. 1990; Keddy et al. 1995; Fairchild et al. 1997; Lewis et al. 2001). Wurzelnde Makrophyten treten direkt in Kontakt mit dem Sediment und haben ein gut entwickeltes Wurzelsystem. Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Pflanzen

Nährstoffe und Schwermetalle auch über ihre Wurzeln aufnehmen und von dort in die oberen Teile der Pflanzen translokieren können (Guilizzoni 1991).

Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere Myriophyllum-Arten aufgrund ihrer Lebensweise und günstigen Kultivierungseigenschaften die Anforderungen an einen Testorganismus sowohl für eine Substanzprüfung von PSM (Roshon et al. 1999) als auch für eine Sedimentprüfung von Umweltchemikalien erfüllen könnten.

2 Kenntnisstand

2.1 Kultivierungsbedingungen für Makrophyten

Zusammensetzung der Nährlösungen

Bislang wurden zahlreiche Experimente mit Makrophyten unter Laborbedingungen durchgeführt, bei denen die Pflanzen unter optimalen Licht- und Temperaturbedingungen gehalten und für ein besseres Wachstum mit Nährlösungen unterschiedlicher Zusammensetzung versorgt werden. Da der Nährstoffbedarf der Pflanzen sogar innerhalb einer Art unterschiedlich sein kann (Marschner 1995), sind in der Literatur verschiedene Nährmedien beschrieben worden, die eine ausreichende Nährstoffversorgung gewährleisten.

Hoagland-Nährlösung ist reich an Makronährstoffen im Gegensatz zu den Jungnickel & Augsten, Gaudet- und Andrew-Nährlösungen, obwohl Gaudet-Nährlösung sehr reich an Mikronährstoffen ist (siehe Kapitel 4.1.1).

Am häufigsten wird die Hoagland Nährlösung verwendet (siehe Kapitel 3.1.1, Hoagland und Arnon 1938). Diese ist mehrfach modifiziert worden (z. B. ASTM 1991; Hinman und Klaine 1992). Wilson et al. (2000) verwendeten eine 10%-ige Hoagland-Nährlösung für die Kultivierung emerser Makrophyten. Auch für Lemnaceen wurden verschiedene Konzentrationen der Hoagland-Nährlösung als geeignet angesehen (ASTM 1991).

Kane und Albert (1989) haben dagegen Murashige und Skoog-Nährlösung bei Versuchen mit *Myriophyllum*- und *Proserpinaca*-Arten bevorzugt. Sutton et al. (1969) ließen *Myriophyllum brasiliense* zunächst in voller Hoagland-Nährlösung wachsen und setzten die Pflanzen während eines Biotests in eine 50%-ige Hoagland-Nährlösung um. Die Erniedrigung der Nährstoffkonzentration führte zu einer Erhöhung der Empfindlichkeit der Pflanzen für Schadstoffe (Sutton 1985).

Eine Nährlösung nach Gaudet wird überwiegend bei Untersuchungen zur Ernährung aquatischer Pflanzen eingesetzt (Bristow und Whitcombe 1971), da Gaudet einen höheren Mikronährstoffgehalt hat. Selim et al. (1989) optimierten die Andrews-Nährlösung speziell im Hinblick auf das Wachstum von *M. spicatum*. Insbesondere für Toxizitätsversuche mit *M. sibiricum* erwies sich die Andrews-Nährlösung als vorteilhaft (Roshon et al. 1996). In einigen Experimenten wurde die Kultivierung von Makrophyten erfolgreich entweder in Leitungswasser oder in Teichwasser durchgeführt (Bruner und Batterson 1984).