



Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
Postfach 3269 | 55022 Mainz

Vorsitzenden des Ausschusses für
Landwirtschaft und Weinbau
Herrn Arnold Schmitt, MdL
Landtag Rheinland-Pfalz
55116 Mainz



DER MINISTER
Dr. Volker Wissing
Stiftsstraße 9
55116 Mainz
Telefon 06131 16-2201
Telefax 06131 16-2170
poststelle@mwwlw.rlp.de
www.mwwlw.rlp.de

14. November 2019

Sitzung des Ausschusses für Landwirtschaft und Weinbau am 30. Oktober 2019
TOP 5 Umweltschutz und rechtliche Aspekte beim Einsatz von Silberjodid zur
Hagelabwehr
Antrag der Fraktion der AfD nach § 76 Abs. 2 GOLT – Vorlage 17/5398

Sehr geehrter Herr Vorsitzender,

in der Sitzung des Ausschusses für Landwirtschaft und Weinbau am 30. Oktober 2019 wurde zu vorgenanntem Tagesordnungspunkt zugesagt zu prüfen, ob dem Ausschuss die Untersuchungsergebnisse des DLR Rheinland-Pfalz zum Einsatz von Silberjodid zur Verfügung gestellt werden könnten. Nach erfolgter Prüfung stelle ich Ihnen gerne die beiden in der Anlage enthaltenen Berichte zur Verfügung.

Darüber hinaus erhalten Sie – entsprechend der Zusage in der Sitzung – zu vorgenanntem Tagesordnungspunkt den beigefügten Sprechvermerk.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Volker Wissing

Sprechvermerk

Sitzung des Ausschusses für Landwirtschaft und Weinbau am 30. Oktober 2019

TOP 5: Umweltschutz und rechtliche Aspekte beim Einsatz von Silberjodid zur Hagelabwehr

Antrag der Fraktion der AfD nach § 76 Abs. 2 GOLT

- Vorlage 17/5398 -

Anrede,

die Obere Luftfahrtbehörde – der Landesbetrieb Mobilität – genehmigt derzeit zu verschiedenen Zwecken das Abwerfen bzw. Ablassen von Stoffen aus Luftfahrzeugen, so zum Beispiel für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln in Weinbergen, das Kalken von Waldgebieten oder im Rahmen der Hagelabwehr. Rechtsgrundlage hierfür ist § 13 der Luftverkehrsordnung. Die Luftfahrtbehörde prüft hierbei lediglich mögliche flugbetriebliche Gefahren bei der Flugdurchführung. Hingegen ist es nicht Aufgabe der Luftfahrtbehörde, die jeweiligen Stoffe bei den verschiedensten Einsatzbereichen zu prüfen und zu genehmigen.

§ 13 der Luftverkehrsordnung entfaltet insoweit keine Konzentrationswirkung und schließt somit andere Erlaubnisse oder Genehmigungen grundsätzlich nicht mit ein. Sofern also pflanzenschutzrechtliche, naturschutzrechtliche oder wasserschutzrechtliche Genehmigungen etc. für das Ausbringen der jeweiligen Stoffe erforderlich sind, müssen diese vom Antragsteller bei den jeweiligen Fachbehörden eingeholt werden. Hierauf werden die Antragsteller in der entsprechenden luftverkehrsrechtlichen Genehmigung ausdrücklich hingewiesen.

Das Ausbringen von Silberjodid zur Hagelvermeidung unterfällt vorliegend auch nicht dem landwirtschaftlichen Fachrecht. Es bestehen daher keine

einschlägigen Vorschriften oder zuständige landwirtschaftliche Behörden, die in einen eventuellen Genehmigungsprozess einzubeziehen wären.

Silberjodid ist zudem kein Pflanzenschutz- oder Pflanzenstärkungsmittel, auf welches das Pflanzenschutzrecht anzuwenden wäre. Das Ausbringen von Silberjodid mittels Luftfahrzeug (Flugzeug) ist weder nach § 18 des Pflanzenschutzgesetzes noch nach der Verordnung über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen geregelt.

Dies vorausgeschickt, beantworte ich zunächst die Fragen in Bezug auf die luftverkehrsrechtliche Genehmigung:

Die Obere Landesluftfahrtbehörde prüft im Rahmen des luftverkehrsrechtlichen Genehmigungsverfahrens in eigener Zuständigkeit insbesondere, ob betriebliche Gefahren bei der Flugdurchführung bestehen könnten. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens wird grundsätzlich auch die Obere Naturschutzbehörde bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion beteiligt. Vorliegend wurden aufgrund der fachlichen Einschätzung der Oberen Naturschutzbehörde beispielsweise Regelungen zum Monitoring in die Genehmigung aufgenommen, damit sich die Naturschutzbehörde ein kontinuierliches Bild über mögliche Auswirkungen machen kann.

Eine luftverkehrsrechtliche Genehmigung wird nur dann erteilt, wenn keine Bedenken gegen das Ausbringen von Silberjodid aus Luftfahrzeugen zur Abwehr von Hagelschäden vorgetragen werden. Die Obere Naturschutzbehörde hat diesbezüglich zuletzt ausgeführt, dass nach den bisherigen Ergebnissen und Messmethoden der letzten Jahre keine relevanten Konzentrationen zu erwarten sind.

In den Jahren 2014 und 2015 sind vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz in Neustadt an der Weinstraße als Dienstleistung für den Verein zur Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz e. V. Begleituntersuchungen zum Auftreten von Silberkonzentrationen in der Umwelt (Boden und Gewässer) durchgeführt wurden, um potentielle Umweltbelastungen zu ermitteln.

Untersuchungen zu einer eventuellen gesundheitlichen Belastung durch den Silberjodid-Einsatz wurden vom Dienstleistungszentrum Ländlicher

Raum Rheinpfalz nicht durchgeführt. Die Bewertung der Auswirkungen von Silberjodid auf Menschen und die Umwelt im Rahmen von Hagelflugeinsätzen obliegen den Umweltschutzbehörden.

Zu den Fragen in Bezug auf das Verfahren der Ausbringung des Silberjodids:

Das Silberjodid darf – laut Genehmigungsbescheid – nur aus solchen Höhen (Mindestflughöhe 600 m bzw. 2000 Fuß über Grund oder Wasser) und nur in einer solchen Art und einem solchen Maß (Menge, Konzentration) ein- bzw. ausgebracht werden, dass eine Gefährdung von Personen und/oder Sachen, toxische Wirkungen auf die Umwelt sowie schädliche Einwirkungen bzw. Belastungen u. a. kritischer Arten ausgeschlossen sind. Die Konzentration des ausgebrachten Silberjodid (-Gemischs) im Niederschlag muss unterhalb der normierten Bestimmungsgrenzen (wie DIN 38406 E 21) liegen.

In der luftverkehrsrechtlichen Ausnahmegenehmigung zugunsten des Vereins zur Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz e.V. ist insbesondere geregelt, dass jeder Hagelfliegereinsatz auf der Grundlage dieser Erlaubnis aufzuzeichnen ist. Die Mindestangaben der Aufzeichnungen umfassen dabei:

- Datum, Uhrzeit, Beginn und Ende des Fluges,
- den Namen des verantwortlichen Luffahrzeugführers,
- den Ort, den Bereich bzw. die Fläche der Ein- bzw. Ausbringung des Silberjodids und
- die ein- bzw. ausgebrachte Menge an Silberjodid.

Nach Ablauf der saisonalen Flüge ist der Oberen Naturschutzbehörde ein jährlicher Bericht über die auf Grundlage dieser Erlaubnis durchgeführten Einsätze der Hagelflieger vorzulegen. Der Verein zur Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz e. V. stellt die aktuellen Flugeinsätze ergänzend auf seiner Internetseite unter dem Link: <https://verein.hagelabwehr.de/Flugeinsaetze-2019.html> ein.

Nach den Angaben in den jährlichen Berichten wurden im Zeitraum 2014 – 2019 folgende Einsätze durchgeführt:

- Im Jahr 2014: 10 Hagelflugeinsätze (274 Liter Silberjodid)
- Im Jahr 2015: 7 Hagelflugeinsätze (177 Liter Silberjodid)
- Im Jahr 2016: 6 Hagelflugeinsätze (96 Liter Silberjodid)
- Im Jahr 2017¹: 22 Hagelflugeinsätze (423 Liter Silberjodid)
- Im Jahr 2018: 39 Hagelflugeinsätze (923 Liter Silberjodid)
- Im Jahr 2019: 17 Hagelflugeinsätze (374 Liter Silberjodid)

Auskünfte in Bezug auf umwelt- und wasserschutzrechtliche Fragestellungen können bei Bedarf gerne vom Umweltministerium erteilt werden.

Vielen Dank!

¹ Die Daten für 2017 wurden nachgereicht.

Hagelabwehr mit Flugzeugen im Bereich Vorder- und Südpfalz

Bericht über begleitende Untersuchungen

Dr. Bernd Altmayer, Abt. Phytomedizin, DLR Rheinpfalz
67435 Neustadt/Weinstraße
22.01.2015

Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz

Im September 2011 wurde der Verein zur Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz mit dem Ziel gegründet, schwere Hagelereignisse in der Region künftig abzumildern. Zur Abwehr von Hagelschäden werden aufziehende Gewitterwolken mit Kondensationskeimen aus Silberjodid „beimpft“ und zum Abregnen gebracht. Dadurch soll die Bildung großer Hagelkörner vermieden werden. Die Hagelabwehr soll auf einem Gebiet von der französischen Grenze im Süden bis zum Raum Grünstadt im Norden sowie vom Haardtrand im Westen bis zum Rhein im Osten durchgeführt werden (ca. 3000 Quadratkilometer). Zu der für 2013 und 2014 geplanten Hagelabwehr durch den Verein Hagelabwehr Vorder- und Südpfalz sollen begleitende Untersuchungen durch das DLR Rheinpfalz durchgeführt werden.

Prinzip des Verfahrens

Durch die an den Flügelunterseiten von Kleinflugzeugen angebrachten Silberjodidgeneratoren (Silberjodidbrenner) wird acetonische Silberjodidlösung (6 % AgJ) verbrannt. Im entstehenden Rauch befinden sich zahlreiche kleinste Kondensationskeime aus Silberjodid, die stark hygroskopisch sind. Um die Kondensationskeime optimal zu platzieren muss der Pilot direkt in die Zone der Aufwinde der Gewitterfront fliegen und dort zum richtigen Zeitpunkt die Brenner zünden. Die Silberjodidteilchen werden dann im Aufwindkanal der Gewitterwolke hochgerissen. Die beiden an den Tragflächen angebrachten Silberjodidgeneratoren enthalten jeweils etwa 20 Liter acetonische Silberjodidlösung.

Begleitende Untersuchungen

Ziel der Untersuchungen ist es, festzustellen, ob das Ausbringen von Silberjodid-Lösungen zu einem messbaren Anstieg der Silberkonzentrationen in Boden und/oder Gewässern führt.

Da der Aufwand für ein dichtes Beprobungsnetz von Böden nicht leistbar ist, wurde im vorgesehenen Einsatzgebiet Vorder- und Südpfalz (ca. 3000 km²) ein Netz von 80 stehenden Gewässern im Bereich von Schweigen bis Bockenheim beprobt (s. Abb. 1 und Tabelle 2) und in den Wasserproben die Silbergehalte bestimmt. Eine erste Beprobung aller Gewässer erfolgte 13 vor Beginn der Hagelfliegereinsätze.

Zur Analytik der Silbergehalte wird die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) mit Graphitrohrküvette eingesetzt. Die **Nachweisgrenze** für Silber liegt nach Literaturangaben mit diesem Verfahren matrixabhängig bei 0,005 - 0,01 µg/l, mit der Flammen-AAS bei lediglich 1-2 µg/l.

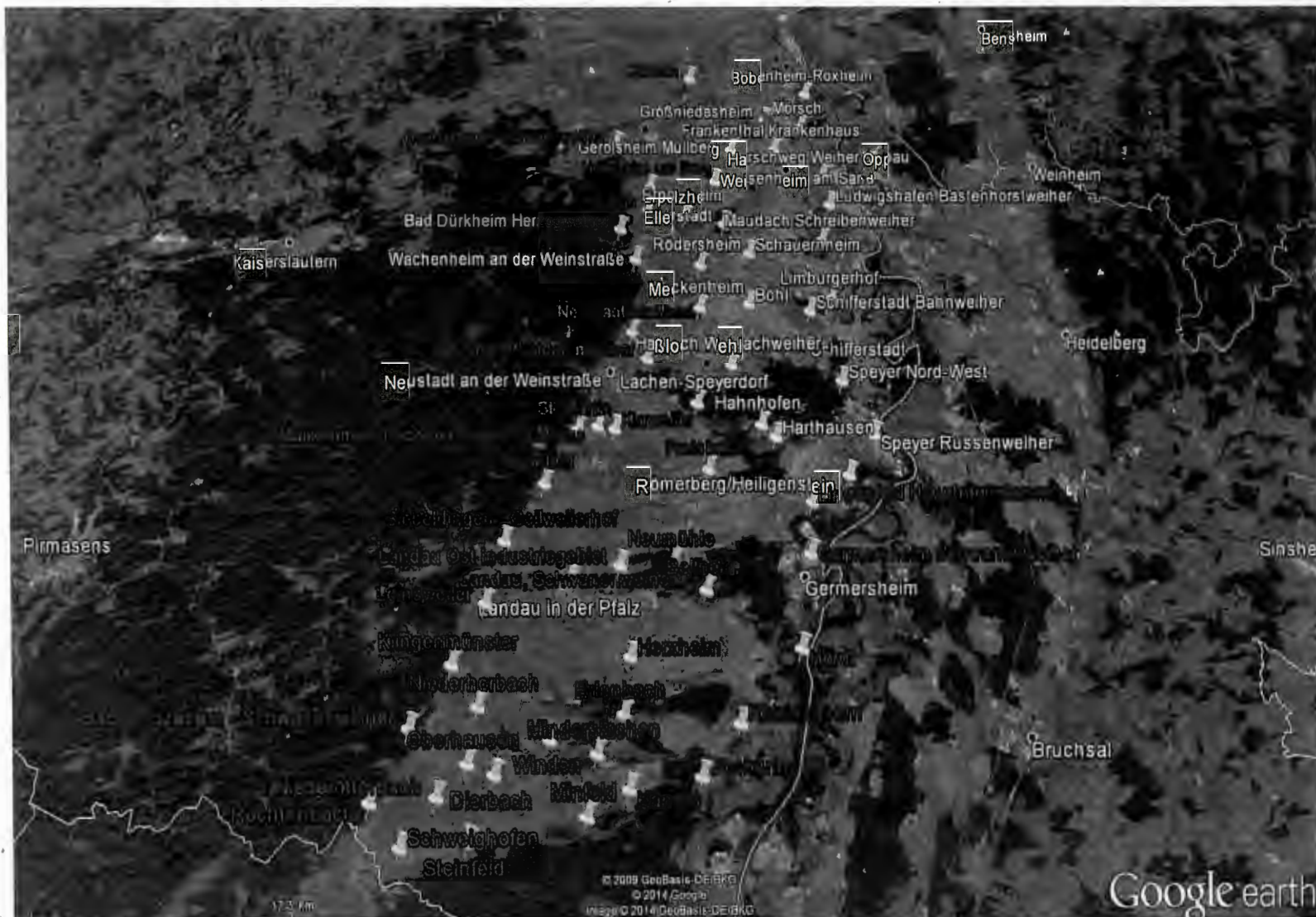


Abbildung 1: Netz der Probengewässer von Schweigen bis Bockenheim

Hagelflugeinsätze

2014 fanden über dem Gebiet zwischen Bockenheim und Schweigen zehn Hagelflugeinsätze statt (Tabelle 1). Das DLR Rheinpfalz wurde jeweils über die durchgeführten Flüge informiert. Die Dokumentation der Flüge beinhaltet Start- und Landezeit, Ort und Zeitpunkt der Brennerinbetriebnahme bzw. der -Außerbetriebssetzung, die Flugroute sowie die Menge an ausgebrachter Silberjodid-Lösung.

Tabelle 1: Hagelflugeinsätze Vorder- und Südpfalz 2014

Datum	AgJ-Brenner ein	AgJ-Brenner aus	Flugroute	Liter AgJ-Lösung
30.04.14	Landau	Winden	Landau, Edenkoben, Landau, Herxheim, Kandel, Winden	35
10.06.14	Neustadt	Bad Dürkheim	Neustadt, Lachen-Speyerdorf, Neustadt, Edenkoben, Neustadt, Bad Dürkheim	35
04.07.14	Wissembourg	Germersheim	Wissembourg, Schweigen, Landau, Germersheim	35
25.07.14	Schweigen	Winden	Schweigen, Winden, Kandel, Winden	28
26.07.14	Klingenmünster	Neustadt	Klingenmünster, Neustadt, Bad Dürkheim, Neustadt	36
27.07.14	Haßloch	Neustadt	Haßloch, Schifferstadt, Mutterstadt, Neustadt	28
04.08.14	Schweigen	Wörth	Schweigen, Schaid, Wörth, Kandel, Winden, Wörth	20
06.09.14	Neustadt	Landau	Neustadt, Bad Dürkheim, Lachen, Landau	24
19.09.14	Schweighofen	Schweighofen	Südlich Schweighofen	3
20.09.14	Bockenheim	Grünstadt	Bockenheim, Grünstadt, Eisenberg, Carlsberg, Lamsheim, Grünstadt	30

Ergebnisse der Gewässerbeprobungen im Raum Vorder- und Südpfalz

Die von den Flugzeugen ausgebrachte acetoneische Silberjodidlösung enthält zu sechs Prozent Silberjodid (AgJ), das nur in kleinsten Mengen (30 µg/l) in Wasser löslich und lichtempfindlich ist. Unter Lichteinfluss zerfällt es in seine Elemente. Toxikologisch ist dabei, unter anderem wegen seiner antimikrobiellen Wirkung, nur das Silber von Relevanz.

Über der Vorder- und Südpfalz wurden 2014 bei 10 Einsätzen rund 275 Liter sechsprozentige Silberjodidlösung versprüht, was einer Silberjodidmenge von 13,1 kg und einer Silbermenge von 6,0 kg entspricht. Bei einer Gesamtgröße des Anwendungsgebietes von circa 3.000 Quadratkilometern würden bei einer gleichmäßigen Verteilung dieser Menge auf diese Fläche etwa 0,002 Milligramm Silber auf den Quadratmeter entfallen. Bei einer angenommenen Durchmischung in einem Gewässer von 10 cm Tiefe ergäbe sich daraus eine Silberkonzentration von 0,02 µg/l (=0,00002 mg/l). Dabei ist eine eventuell weitere Verdünnung durch Niederschläge nicht berücksichtigt.

Derart kleine Silbermengen sind auch mit der üblicherweise zur Silberbestimmung verwendeten Messtechnik (Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohrtechnik) nicht ohne eine aufwändige Anreicherung nachweisbar.

Ein Silbernachweis wäre daher nur in Gewässern mit höheren Silber-Hintergrundwerten zu erwarten oder dann, wenn die ausgebrachte Silberjodidmenge auf einer wesentlich kleineren Fläche konzentriert ausgebracht würde.

Mit der hier verwendeten Messtechnik zur Silberanalytik (Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohrtechnik) wurde eine **Bestimmungsgrenze** von 0,5 µg/l erreicht. Unterhalb dieses Wertes ist eine sichere quantitative Bestimmung nicht mehr möglich, so dass in diesen Fällen die Silberkonzentration mit kleiner 0,5 („< 0,5“) µg/l angegeben wurde. Die Analyse der 80 im Jahr 13 beprobten Gewässer im Raum zwischen Bockenheim und Schweigen-Rechtenbach ergab in allen Fällen Silbergehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Nach den Hagelflugeinsätzen am 10.06.14 und 04.07.14 wurden zeitnah aus Gewässern des beflogenen Gebietes Wasserproben entnommen. Die Probenahme am 22.08.14 erfolgte stichprobenartig vor allem an Gewässern im Großraum Neustadt, der zu diesem Zeitpunkt bereits mehrmals Ziel einer Hagelabwehrmaßnahme war.

Die Hagelflugeinsätze verursachten in den Gewässern im Rahmen des Messbereichs keine Anstiege der Silberkonzentrationen. Angesichts der sehr geringen ausgebrachten Silbermenge, der weiträumigen Verteilung sowie der zusätzlichen Verdünnung durch Niederschläge entspricht dieses Ergebnis den Erwartungen.

Tabelle 2: Beprobte Gewässer und Ergebnisse der Silberanalytik

Lage des Gewässers (von Nord nach Süd)	Bezeichnung Typ	Lage in Schutz- gebiet	Datum Probe vor AgJ- Einsatz	Konz. Ag µg/l	Silberkonzentrationen in µg/l		
					11.06.14	07.07.14	22.08.14
Bockenheim/Wstr.	Weiher	-	12.07.13	< 0,5			
Offstein	See	-	04.07.13	< 0,5			
Neuoffstein	Weiher	-	12.07.13	< 0,5			
Bobenheim-Roxheim	Weiher	LSG	08.07.13	< 0,5			
Großniedesheim	Weiher	-	08.07.13	< 0,5			
Mörsch	Weiher	LSG	08.07.13	< 0,5			
Frankenthal KH	Teich	-	08.07.13	< 0,5			
Neuleiningen	Eckbachw.	-	04.07.13	< 0,5			
Edigheim	Gehlenweiher	-	10.07.13	< 0,5			
Weisenheim a. S.	Teich	VSG	08.07.13	< 0,5			
Herxheim am Berg	RRB	VSG	04.07.13	< 0,5			
Ludwigshafen	Bastendorst-W.	-	10.07.13	< 0,5			
Kallstadt	Weiher	-	04.07.13	< 0,5			
Ludwigshafen	Weiher	-	10.07.13	< 0,5			
Ungstein	Weiher	-	04.07.13	< 0,5			
Erpholzheim	Teich	-	09.07.13	< 0,5			
Ellerstadt	Teich	-	09.07.13	< 0,5	< 0,5		
Maudach	Tümpel/Teich	-	10.07.13	< 0,5			
Maudach	Schreibenw.	-	10.07.13	< 0,5			
Bad Dürkheim	Herzogweiher	NTP	09.07.13	< 0,5	< 0,5		
Wachenheim/Wstr.	Weiher	-	09.07.13	< 0,5	< 0,5		
Rödersheim	Tümpel/Teich	-	12.07.13	< 0,5	< 0,5		
Neuhofen	See	LSG	10.07.13	< 0,5			
Deidesheim	Weiher	-	16.07.13	< 0,5	< 0,5		
Schifferstadt	Bahnweiher	-	10.07.13	< 0,5			
Böhl	Schwarzw.	LSG	12.07.13	< 0,5			
Neustadt-Mußbach	Baggersee	NSG	25.06.13	< 0,5	< 0,5		< 0,5
Iggelheim	Weiher	LSG	05.07.13	< 0,5			
Schifferstadt	Weiher	LSG	05.07.13	< 0,5			
Neustadt	Soldatenw.	LSG, VSG	02.07.13	< 0,5	< 0,5		< 0,5
Hanhofen	Weiher	LSG	05.07.13	< 0,5			
Speyer	Russenweiher	-	05.07.13	< 0,5			

Lage des Gewässers (von Nord nach Süd)	Bezeichnung Typ	Lage in Schutz- gebiet	Datum Probe vor AgJ- Einsatz	Konz. Ag µg/l	Silberkonzentrationen in µg/l		
					11.06.14	07.07.14	22.08.14
Maikammer, Reals.	Teich	-	02.07.13	< 0,5			< 0,5
Speyer Süd	Teich	-	17.07.13	< 0,5			
Kirrweiler	Schlossweiher	-	25.06.13	< 0,5			< 0,5
St. Martin	Teich	-	25.06.13	< 0,5			< 0,5
Kirrweiler Sportst.	Weiher	-	16.07.13	< 0,5			
Edenkoben	Hilschweiher	-	25.06.13	< 0,5			< 0,5
Schwegenheim	Teich	-	17.07.13	< 0,5			
Römerberg/Heilig.st.	Weiher	-	05.07.13	< 0,5			
Freisbach	Weiher	VSG	03.07.13	< 0,5			
Mechtersheim	Weiher	LSG	17.07.13	< 0,5			
Edesheim Schloss	Teich	-	16.07.13	< 0,5			
Hainfeld	Weiher	-	02.07.13	< 0,5			< 0,5
Lingenfeld Rheinl.d.	Baggersee	LSG	03.07.13	< 0,5			
Lustadt	Weiher	-	17.07.13	< 0,5			
Hochstadt	Ulmenweiher	VSG	26.06.13	< 0,5			
Zeiskam	Bürgersee	-	17.07.13	< 0,5			
Germersheim	Schwanenw.	-	03.07.13	< 0,5			
Sieboldingen Geilw.	Teich	-	26.06.13	< 0,5			< 0,5
Neumühle	Teich	VSG	03.07.13	< 0,5			
Landau GILLET	Teich	-	15.07.13	< 0,5			
Offenbach	Weiher	-	15.07.13	< 0,5			
Landau Media Markt	Teich	-	15.07.13	< 0,5			
Landau Ost G.gebiet	Tümpel/Teich	-	26.06.13	< 0,5			
Landau	Schwanenw.	-	26.06.13	< 0,5			
Bellheim	Teich	-	03.07.13	< 0,5			
Wollmesheim	Weiher	LSG	15.07.13	< 0,5		< 0,5	
Leinsweiler	Weiher	-	26.06.13	< 0,5		< 0,5	
Hördt	Teich	-	03.07.13	< 0,5			
Herxheim	Teich	-	01.07.13	< 0,5			
Insheim 2	Weiher	-	15.07.13	< 0,5			
Klingenmünster	Weiher	-	27.07.13	< 0,5		< 0,5	< 0,5
Mühlhofen	RRB	-	28.07.13	< 0,5			
Erlenbach	Teich	-	24.06.13	< 0,5		< 0,5	
Rheinzabern	Baggersee	LSG	24.06.13	< 0,5			
Niederhorbach	Teich	-	28.07.13	< 0,5			
Bad Bergzabern	Schwanenw.	-	27.07.13	< 0,5		< 0,5	
Winden	Bach	-	28.07.13	< 0,5			
Hergersweiler	Weiher	-	28.07.13	< 0,5			
Minderslachen	Teich	-	01.07.13	< 0,5			
Jockgrim	Teich	LSG	01.07.13	< 0,5			
Oberhausen	Teich	-	28.07.13	< 0,5			
Dierbach	RRB	-	28.07.13	< 0,5			
Kandel	Schwanenw.	-	24.06.13	< 0,5			
Niederotterbach	Teich	-	27.07.13	< 0,5			
Minfeld	Teich	LSG	01.07.13	< 0,5			
Rechtenbach	Weiher	-	27.07.13	< 0,5		< 0,5	
Steinfeld	Weiher	LSG	27.07.13	< 0,5		< 0,5	
Schweighofen	See	LSG	27.07.13	< 0,5			

RRB: Regenrückhaltebecken, LSG: Landschaftsschutzgebiet, VSG: Vogelschutzgebiet, NSG: Naturschutzgebiet,
NTP: Naturpark

Vergleich mit anderen Regionen, Schätzungen des Umweltbundesamtes

In einem Schreiben an das Landratsamt Rems-Murr 1996 hat das Umweltbundesamt anhand eigener Berechnungen geschätzt, dass es bei angenommenen 25 Einsätzen im Rems-Murr-Kreis zu einer jährlichen Gesamtdeposition an Silberjodid von ca. $100 \mu\text{g}/\text{m}^2$ käme.

Bei einer angenommenen Niederschlagsmenge von 10 – 50 mm wäre die Silberkonzentration im Niederschlag zwischen ca. 0,03 und $0,16 \mu\text{g}/\text{l}$ anzunehmen und läge damit unterhalb der Bestimmungsgrenze (hier $1 \mu\text{g}/\text{l}$).

Im Vergleich zu dieser Schätzung sowie mit zwei Regionen in Österreich sind die in der Vorder- und Südpfalz ausgebrachten Silberjodid-Mengen deutlich geringer. So werden beispielsweise im Gebiet Krems-Langenlois über einer Fläche von 1000 km^2 seit 1999 im Durchschnitt 540 l Silberjodidlösung pro Jahr ausgebracht, in der Steiermark waren es 2009 1071 Liter, 2010 1047 Liter und 2011 684 Liter, auf einem Anwendungsgebiet von rund 2000 km^2 . Der Vergleich dieser Zahlen aus realen Einsätzen mit den vom Umweltbundesamt am Beispiel Rems-Murr-Kreis vorgenommenen Schätzungen macht deutlich, dass hier von einem worst-case-Szenario ausgegangen wurde (Tabelle 3).

Tabelle 3: Vergleich der zur Hagelabwehr ausgebrachten Silberjodidmengen in verschiedenen Regionen

	Vorder- und Südpfalz	Krems	Steiermark	Rems-Murr (Schätzung UBA)
Menge jährlich ausgebrachte acetonische AgJ-Lösung (6%) L	275	540	934	370
Entspricht Silber in kg	6,0	11,8	20,4	8,0
Fläche Anwendungsgebiet (km^2)	3000	1000	2000	270
Entspricht Silber je m^2 (μg)	2	11,8	10,2	29,8

Berechnungsgrundlagen zur Tabelle:

Dichte Aceton	0,791
Molmasse Silberjodid (AgJ)	234,8
Atommasse Silber (Ag)	107,9
Atommasse Jod (J)	126,9
Anteil Silber in AgJ in %	45,95

Literaturdaten zu Silberkonzentrationen in der Umwelt

Silber wird in vielfältiger Weise genutzt, wobei die industriellen Anwendungen (z. B. Elektrotechnik, Elektronik) und die Herstellung von Schmuck und Silberwaren den größten Teil der Nutzung darstellen. Aus industriellen Abwässern wird Silber als wertvolles Element meistens zurückgewonnen. Aufgrund seiner antimikrobiellen Eigenschaften kommt Silber aber sehr häufig, wenn auch in kleineren Mengen, auch als biozider oder medizinischer Wirkstoff zum Einsatz. Silberionen oder Silbernanopartikel werden zum Beispiel Farben und Lacken beige-mischt, sind in Sanitärkeramiken enthalten, dienen der Desinfektion von Schwimmbädern oder Trinkwasser, dem Imprägnieren von Fasern oder sind in Salben enthalten. Der Großteil dieses, als biozider Wirkstoff eingesetzten Silbers (UBA: ca. 8000 kg pro Jahr), gelangt über die kommunalen Kläranlagen in die Oberflächengewässer. Zusammen mit anderen Quellen (Haushalte, Arztpraxen, Krankenhäuser, Fotolabore) erreicht die durchschnittliche Konzent-

ration an Silber im kommunalen Abwasser rund 10 µg/l (Koppe, Stozek, 1999 zitiert in Texte Umweltbundesamt 43/08).

Die Konzentrationen an Silberionen in den **Oberflächengewässern** Deutschlands liegt im arithmetischen Mittel bei 0,4 bis 1,2 µg/l (kleinster Wert 0,01 µg/l, höchster Wert 65 µg/l).

Der Anteil freier Silberionen in Gewässern ist nur gering, über 75 % des Silbers sind an Schwebstoffe und Sedimente gebunden oder mit Kolloiden assoziiert.

Für Oberflächengewässer gibt es keinen Grenzwert, für den Silbergehalt in Schwebstoffen wurde jedoch von Deutschland ein Qualitätskriterium von 2 mg/kg festgelegt. In Sedimenten liegen die Silberkonzentrationen im Mittel zwischen 0,4 und 3,1 mg/kg, wobei die höchsten gemessenen Einzelwerte bei bis zu 10 mg/kg lagen.

Silber wird in hohem Maße in der Umwelt immobilisiert, vorzugsweise durch Bindung an organisches Material oder in sulfidreicher Umgebung (z. B. Eisensulfid, FeS) durch Ausfällung als Silbersulfid (Ag₂S). Silberkolloide sind jedoch mobil und können zur Verbreitung von Silber beitragen.

In **Böden** beträgt der Silbergehalt im Durchschnitt 0,1 mg/kg. Auch hier bildet Silber Komplexe z. B. mit Huminsäuren oder sorbiert an die mineralische Fraktion, wodurch die Mobilität stark verringert wird.

Studien zur **Toxizität von Silber** gegenüber verschiedenen Organismengruppen wurden meist mit dem relativ gut wasserlöslichen Silbernitrat und meist nicht nach den nationalen oder internationalen Standardrichtlinien durchgeführt. Silberverbindungen mit höherer Wasserlöslichkeit verursachen in der Regel auch größere Effekte da die Wirkung nur durch die freien Silberionen erzielt wird. Die festgestellten Effektkonzentrationen sind je nach Studienbedingungen stark unterschiedlich. Für Fische beispielsweise liegen die LC₅₀-Werte im Bereich von 4 bis 34 µg Ag/L, für Mikroorganismen im Boden (Denitrifizierer) betragen die EC₅₀-Werte 7,9 mg Ag/kg. Von den aquatischen Organismen scheinen Crustaceen (EC₅₀ 0,2 – 12 µg Ag/L bei Wasserexposition) und Algen (EC₅₀ 0,4– > 6,6 µg Ag/L) am empfindlichsten zu sein. In einem den natürlichen Bedingungen eher entsprechenden Wasser/Sediment-System liegen die EC₅₀-Werte für Crustaceen allerdings um mehr als das Tausendfache höher als bei einer reinen Wasserexposition.

(alle Angaben aus Hund-Rinke et al., Texte 43/08, Umweltbundesamt, und Kemper, 2008).

EC₅₀: Effektkonzentration einer Substanz bei der bei 50 Prozent einer untersuchten Organismengruppe eine definierte Wirkung auftritt

LC₅₀ (auch LD₅₀): Letalkonzentration, Letaldosis. Die Konzentration einer Substanz, die bei 50 Prozent einer untersuchten Organismengruppe zum Tod führt

Bewertung

Durch die nur gelegentliche Anwendung, die sehr weiträumige Verteilung vergleichsweise geringer Mengen, die Verdünnung durch Niederschläge und in den Gewässern ist auch bei einer langjährigen Anwendung von acetonsilberjodidlösung zur Hagelabwehr nicht mit einem nachweisbaren Anstieg der Silberkonzentration in Gewässern und einem dadurch bewirkten Einfluss auf aquatische Organismen zu rechnen. Diese Beurteilung ist auch für Gewässer in Schutzgebieten anzunehmen. Da sich die flächenhafte Verteilung auf das gesamte Anwendungsgebiet bezieht, gilt dies entsprechend auch für die Böden bzw. die Bodenfauna und -flora. Hier würde zum Beispiel bei einer Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen mit einem durchschnittlichen Silbergehalt von 12 mg/kg ein Vielfaches der Silbermenge aus einem Hagelfluginsatz aufgebracht.

Literatur

Hund-Rinke, K., Marscheider-Weidemann, F., Kemper, M. (2008): Beurteilung der Gesamtumweltexposition von Silberionen aus Biozid-Produkten, Texte 43/08 Umweltbundesamt, ISSN 1862-4804

Kemper, Mike, 2008: Umweltexposition von biozidem Silber aus Produkten, Diplomarbeit Universität Karlsruhe, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) 2008)

Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz (2010): Stellungnahme zum Antrag der Abg. Siegfried Lehmann u. a. Grüne zur wissenschaftlichen Begleitung der „Hagelflieger“, Drucksache 14/6244, Landtag von Baden-Württemberg

Hagelabwehr mit Flugzeugen im Bereich Vorder- und Südpfalz
Untersuchungen zur Silberkonzentration von Gewässern im Einsatzgebiet
2015

Dr. Bernd Altmayer, Abt. Phytomedizin, DLR Rheinpfalz
 67435 Neustadt/Weinstraße
 08.02.2016

Untersuchungen zur Silberkonzentration von Gewässern

Ziel der Untersuchungen ist es, festzustellen, ob das Ausbringen von Silberjodid-Lösungen zu einem messbaren Anstieg der Silberkonzentrationen in Boden und/oder Gewässern führt. Nach umfangreicheren Untersuchungen 2013 und 2014 (s. Bericht von 2015) wurden 2015 nur stichprobenartig einige Gewässer untersucht, die 2015 im Einsatzbereich der Hagelflieger lagen.

Hagelflugeinsätze

2015 fanden über dem Gebiet zwischen Bockenheim und Schweigen sieben Hagelflugeinsätze statt (Tabelle 1). Das DLR Rheinpfalz wurde jeweils über die durchgeführten Flüge informiert. Die Dokumentation der Flüge beinhaltet Start- und Landezeit, Ort und Zeitpunkt der Brennerinbetriebnahme bzw. der -Außerbetriebsetzung, die Flugroute sowie die Menge an ausgebrachter Silberjodid-Lösung.

Tabelle 1: Hagelflugeinsätze Vorder- und Südpfalz 2015

Datum	AgJ-Brenner ein	AgJ-Brenner aus	Flugroute mit Brenneinsatz	Liter AgJ-Lösung
12.05.15	Schweigen	Speyer	Schweigen, Bad Bergzabern, Landau, Neustadt, Speyer	34
12.05.15	Schweigen	Landau	Schweigen, Bad Bergzabern, Herxheim, Landau	28
21.06.15	Klingenmünster	Bad Bergzabern	Klingenmünster, Bad Bergzabern, Schweigen, Bad Bergzabern	10
05.07.15	Bad Bergzabern	Mutterstadt	Bad Bergzabern, Winden, Herxheim, Landau, Neustadt, Mutterstadt	35
07.07.15	NW-Gimmeldingen	Speyer	NW-Gimmeldingen, Neustadt, Bad Dürkheim, Ludwigshafen, Schifferstadt, Speyer	30
07.07.15	Edenkoben	Bad Dürkheim	Edenkoben, Bad Dürkheim, Westlich Landau, Bad Dürkheim, Frankenthal, Bad Dürkheim	24
07.07.15	10 km nördlich von Lambrecht	Ludwigshafen	Deidesheim, Hochdorf-Assenheim, Dannstadt, Mutterstadt, Ludwigshafen	16

Bei den 7 Einsätzen über der Vorder- und Südpfalz 2015 wurden rund 177 Liter sechsprozentige Silberjodidlösung versprüht, was einer Silberjodidmenge von 8,4 kg und einer Silbermenge von 3,9 kg entspricht. Unterstellt man eine gleichmäßige Verteilung dieser Silbermenge auf die Gesamtgröße des Anwendungsgebietes von circa 3.000 Quadratkilometern entfallen 0,0013 Milligramm Silber auf den Quadratmeter ($1,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Bei einer angenommenen Durchmischung in einem Gewässer von 10 cm Tiefe ergäbe sich daraus eine Silberkon-

zentration von 0,013 µg/l. Dabei ist eine eventuell weitere Verdünnung durch Niederschläge noch nicht berücksichtigt.

Gewässerbeprobungen 2015

Die sich aus diesen Berechnungen ergebenden, sehr kleinen Silbermengen sind auch mit der üblicherweise zur Silberbestimmung verwendeten Messtechnik (Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohrtechnik) nicht ohne eine aufwändige Anreicherung nachweisbar. Ein direkter Silbernachweis wäre daher nur in Gewässern mit höheren Silber-Hintergrundwerten zu erwarten oder dann, wenn die ausgebrachte Silberjodidmenge auf einer wesentlich kleineren Fläche konzentriert ausgebracht würde.

Mit der hier zur Silberanalytik verwendeten Messtechnik (Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohrtechnik) wurde eine **Bestimmungsgrenze** von 0,5 µg/l erreicht. Unterhalb dieses Wertes ist eine sichere quantitative Bestimmung nicht mehr möglich, so dass in diesen Fällen die Silberkonzentration mit kleiner 0,5 („< 0,5“) µg/l angegeben wurde.

Im Dezember 2015 wurden aus Gewässern im Bereich von Rechtenbach bis Wachenheim/Wstr. Wasserproben zur Silberanalytik entnommen (s. Tabelle 2).

Die Hagelflugeinsätze verursachten in den Gewässern im Rahmen des Messbereichs keine Anstiege der Silberkonzentrationen. Angesichts der sehr geringen ausgebrachten Silbermenge, der weiträumigen Verteilung sowie der zusätzlichen Verdünnung durch Niederschläge entspricht dieses Ergebnis den Erwartungen.

Tabelle 2: Beprobte Gewässer und Ergebnisse der Silberanalytik Dezember 2015

Lage des Gewässers (von Nord nach Süd)	Bezeichnung Typ	Lage in Schutz- gebiet	Datum Probe vor AgJ- Einsatz	Konz. Ag µg/l	Silberkonzentrationen in µg/l	
					16.12.15	17.12.15
Bad Dürkheim	Herzogweiher	NTP	09.07.13	< 0,5		< 0,5
Wachenheim/Wstr.	Weiher	-	09.07.13	< 0,5		< 0,5
Deidesheim	Weiher	-	16.07.13	< 0,5		< 0,5
Neustadt-Mußbach	Baggersee	NSG	25.06.13	< 0,5		< 0,5
Kirrweiler Sportst.	Weiher	-	16.07.13	< 0,5	< 0,5	
Sieboldingen Geilw.	Teich	-	26.06.13	< 0,5	< 0,5	
Wollmesheim	Weiher	LSG	15.07.13	< 0,5	< 0,5	
Leinsweiler	Weiher	-	26.06.13	< 0,5	< 0,5	
Klingenmünster	Weiher	-	27.07.13	< 0,5	< 0,5	
Bad Bergzabern	Schwanenw.	-	27.07.13	< 0,5	< 0,5	
Rechtenbach	Weiher	-	27.07.13	< 0,5	< 0,5	

LSG: Landschaftsschutzgebiet, NSG: Naturschutzgebiet, NTP: Naturpark

Bewertung

Wie bereits in den Jahren 2013 und 2014 waren in den beprobten Gewässern keine Silberkonzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l feststellbar. Angesichts der nur gelegentlichen Anwendung, der sehr weiträumigen Verteilung vergleichsweise geringer Mengen an Silberjodid, der Verdünnung durch Niederschläge und in den Gewässern selbst, ist auch bei einer langjährigen Anwendung von acetonischer Silberjodidlösung zur Hagelabwehr in der beschriebenen Form nicht mit einem nachweisbaren Anstieg der Silberkonzentration in Gewässern und Böden des Anwendungsgebietes zu rechnen. Durch die Anwendung von Silberjodid zur Hagelabwehr wurden 2014 und 2015 im Anwendungsgebiet rechnerisch Silbermengen von jährlich 1 - 2 µg je m² ausgebracht. Auch angesichts der durchschnittlichen

Bodengehalte von 0,1 mg/kg Boden, der schnellen Immobilisierung von Silberionen in Bodenlösungen und Gewässern sind diese Mengen im Hinblick auf eine Beeinträchtigung der Tier- und Pflanzenwelt ohne Belang. Die im Bericht für das Jahr 2014 abgegebene Bewertung bleibt unverändert bestehen.