



Merkblatt Nr. 3.2/1

Stand: 09.09.1999

alte Nummer: 3.1-1

Ansprechpartner: Referat 67

Hausanschrift: Lazarettstraße 67
80636 München

Telefon: (089) 92 14-01

Telefax: (089) 92 14-14 35

Internet: <http://www.bayern.de/lfw>

E-Mail: poststelle@lfw.bayern.de

Salzstreuung - Auswirkungen auf die Gewässer

Das Merkblatt Nr. 3.1-1 vom 09.09.1999 ersetzt das Merkblatt Nr. 3.1-1 vom 31.08.1983, es erhält die neue Nr. 3.2/1.

1	Zusammensetzung von Streusalz und anderen chemischen Auftaumitteln	2
1.1	Streusalz	2
1.2	Mischsalz, Feuchtsalz	2
1.3	Andere chemische Auftaumittel	3
2	Salz-Grundbelastung der Gewässer, Grenz- und Richtwerte, Toxizitätswerte	3
2.1	Grundbelastung von Gewässern mit Salzen	3
2.2	Beispiele für zulässige Natrium- und Chloridgehalte in Gewässern	4
2.3	Toxizitätswerte	5
3	Gewässerbeeinträchtigungen durch chemische Auftaumittel	5
3.1	Wege der Auftaumittel in die Gewässer	5
3.2	Gewässerbeeinträchtigungen durch Streusalz	6
3.3	Gewässerbeeinträchtigungen durch andere chemische Auftaumittel	8
4	Folgerungen	9
5	Literatur	10



1 Zusammensetzung von Streusalz und anderen chemischen Auftaamitteln

1.1 Streusalz

Das übliche Streusalz besteht zu über 95 % aus Steinsalz bzw. Kochsalz; die chemische Bezeichnung ist Natriumchlorid (NaCl). NaCl ist in der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS) vom 17.05.1999 der Wassergefährdungsklasse (WGK) 1, d.h. schwach wassergefährdend, zugeordnet.

Als natürliche Begleitstoffe können bis zu einige Prozent unlösliche Bestandteile (i.w. Ton) und andere Salze (z.B. Calciumsulfat bzw. Gips, WGK 1) enthalten sein.

Ferner können als künstliche Zusätze einige zehntel bis hundertstel Promille Antibackmittel (z.B. Gelbes Blutlaugensalz = $K_4Fe(CN)_6$) sowie Farbstoffe zur Vergällung und Kennzeichnung beigegeben sein.

1.2 Mischsalz, Feuchtsalz

Natriumchlorid ist das in Deutschland zur Eisfreihaltung von Straßen am häufigsten verwendete Streusalz. So wurden beispielsweise in den Jahren von 1980-1990 je nach Witterungsbedingungen auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen in den Wintermonaten zwischen 170 000 t und 800 000 t NaCl ausgebracht. Daneben finden als Auftaamittel auch Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Magnesiumchlorid ($MgCl_2$) - beide WGK 1 - und deren Mischungen im Straßenwinterdienst Anwendung.

NaCl ist das preiswerteste Auftausalz und eignet sich für Temperaturen bis ca. $-10^{\circ}C$, während bei tieferen Temperaturen $CaCl_2$ und $MgCl_2$ besser wirksam sind.

Salzmischungen verbinden die Vorteile der einzelnen Salze und können so ihren Einsatzbereich verbreitern. Verschiedentlich werden Mischungen aus NaCl und $CaCl_2$ oder $MgCl_2$ in unterschiedlichen Verhältnissen eingesetzt. Diese Mischsalze sind nicht so kostengünstig wie reines NaCl [1, 2, 3].

Unter Feuchtsalz versteht man das mit einer $CaCl_2$ - oder $MgCl_2$ -Lösung befeuchtete NaCl-Trockensalz. Feuchtsalz haftet im Gegensatz zu Trockensalz besser auf der Fahrbahn und besitzt eine bessere Tauwirkung. Durch den Einsatz von Feuchtsalz verringert sich der Salzverbrauch um bis zu 30 %. Neben den damit verbundenen geringeren Kosten vermindert sich primär die Salzzufuhr in den Boden, die schädigende Wirkung auf Bäume und Pflanzen sowie auf die korrosionsgefährdeten Bauteile von z.B. Kraftfahrzeugen und Brücken. Das Feuchtsalzverfahren findet bereits seit Jahren eine starke Verbreitung [1, 2].



1.3 Andere chemische Auftaumittel

Für den Straßeneinsatz wurde früher vereinzelt auch mit anderen Salzen wie z.B. den auch als Düngesalzen verwendeten Ammoniumphosphat und Kaliumchlorid experimentiert. Schon aus Kostengründen, aber auch wegen schwerwiegender ökologischer oder korrosiver Nebenwirkungen der Ersatzstoffe ist man allerdings im Straßenwinterdienst bisher beim üblichen Streusalz als chemischem Auftaumittel geblieben.

In neuester Zeit wurden allerdings chemische Auftaumittel für den Einsatz im Straßenwinterdienst entwickelt, die z.B. als Wirkstoffe NaCl sowie als zusätzliche organische Komponente Natriumformiat, ein Salz der Ameisensäure enthalten. Natriumformiat ist in die WGK 1 eingestuft.

Derartige Mittel sind im Vergleich zu herkömmlichem Streusalz zwar deutlich teurer, besitzen aber nach Angabe ihrer Herstellerfirmen den Vorteil, daß sie in geringeren Mengen ausgebracht werden können, eine bessere Auftauwirkung aufweisen und im Gegensatz zu reinem NaCl keine schädlichen ökologischen Nebenwirkungen nach sich ziehen.

Der Einsatz derartiger Mittel beschränkt sich bisher offenbar vorwiegend auf den nordamerikanischen Markt. Vereinzelt sollen in Deutschland allerdings schon derartige Produkte angeboten worden und zum Einsatz gekommen sein.

Wegen der für Flugzeuge besonders kritischen Korrosionswirkung chloridhaltiger Streusalze werden auf Flugplätzen im Winterbetrieb die Bewegungsflächen für Luftfahrzeuge bei Bedarf mit sogenannten Bewegungsflächenenteisern (BE) behandelt. Von dem dabei früher üblichen Einsatz von technischem Harnstoff (Urea), Isopropanol oder Propylenglycol geht die Entwicklung derzeit hin zu Kalium- oder Natriumacetat (Salze der Essigsäure, beide WGK 1) bzw. zu Kalium- oder Natriumformiat (Salze der Ameisensäure, beide ebenfalls in der WGK 1).

Als Flugzeugenteiser (FE) finden derzeit Propylenglycol (WGK 1) und Diethylenglycol (WGK 1) Verwendung [4].

2 Salz-Grundbelastung der Gewässer, Grenz- und Richtwerte, Toxizitätswerte

2.1 Grundbelastung von Gewässern mit Salzen

Die natürliche Salzbelastung der Gewässer und die Abgrenzung zu Schadwirkungen veranschaulichen nachfolgende Werte:

Süßwasser enthält im allgemeinen deutlich weniger als 1 g/l Gesamtsalz (i.w. Carbonate, Chloride, Sulfate und Nitrate von Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium in Einzelkonzentrationen zwischen wenigen 1er bis 100er mg/l). Der Chloridgehalt im Bodenseewasser beträgt z.B. rd. 5 mg/l (unbelastetes Gewässer). In bayerischen Flüssen liegt der Chloridgehalt, je nach Gewässer,

in der Regel im Bereich von wenigen 1er bis zu einigen 10er mg/l (wenig belastete Gewässer) [5, 6]. Belastete Flüsse wie z.B. der Rhein enthalten bis zu 300 mg Chlorid/l [6].

In den Weltmeeren beträgt der Gesamtsalzgehalt etwa 3,5 % bzw. 35 g/l, davon ca. 30 g/l Natriumchlorid. Bei dieser Salzkonzentration ist bekanntermaßen ein sehr vielfältiges Leben im Meerwasser möglich.

2.2 Beispiele für zulässige Natrium- und Chloridgehalte in Gewässern

- Die Trinkwasserverordnung vom 05. Dezember 1990 gibt in der Anlage 4 für Natrium und Chlorid folgende Grenzwerte an:

Natrium 150 mg/l
Chlorid 250 mg/l

- In der Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 03.11.1998 über die „Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ werden für Natrium und Chlorid im Teil C die folgenden Werte genannt, die eingehalten werden müssen:

Natrium 200 mg/l
Chlorid 250 mg/l

- Die Technische Mitteilung des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) - Merkblatt W251 vom August 1996 - „Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung“ enthält für Natrium und Chlorid folgende Normal- sowie Mindestanforderungen für das Rohwasser vor der Aufbereitung:

Natrium 60 mg/l 120 mg/l
Chlorid 100 mg/l 200 mg/l

Normalanforderungen sind Konzentrationsvorgaben, die es erlauben - sofern sie eingehalten oder unterschritten werden - mit natürlichen Verfahren Trinkwasser zu gewinnen, das die Anforderungen der Trinkwasserverordnung einschließlich einer hinreichenden Sicherheitsspanne erfüllt.

Mindestanforderungen sind Konzentrationsvorgaben, die es erlauben - sofern sie eingehalten oder unterschritten werden - mit den gegenwärtig bekannten und bewährten physikalisch-chemischen Aufbereitungsverfahren Trinkwasser zu gewinnen, das den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt, wobei die Sicherheitsspanne geringer ist.

- Die Richtlinie des Rates vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten (75/440/EWG) enthält Qualitätsanforderungen, denen Oberflächenwasser genügen muß, das nach entsprechender Aufbereitung zur Trinkwassergewinnung verwendet wird. Für Chlorid wird ein Wert von 200 mg/l angegeben.



- In den Guidelines for Drinking-Water Quality der World Health Organization 1993 wird für Chlorid ein organoleptisch begründeter Richtwert von 250 mg/l im Trinkwasser empfohlen, der im Hinblick auf das sonstige, mit der täglichen Nahrung aufgenommene Chlorid nicht überschritten werden sollte.

2.3 Toxizitätswerte

Der Bereich akuter Toxizität von Natriumchlorid liegt z.B.

- für den Menschen bei Aufnahme von etwa 0,5 - 5 g/kg Körpergewicht
- für Süßwassertiere bei Konzentrationen von etwa 3 - 20 g/l Wasser.

Gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen können jedoch bereits bei weit niedrigeren Salzbelastungen einsetzen.

3 Gewässerbeeinträchtigungen durch chemische Auftaumittel

3.1 Wege der Auftaumittel in die Gewässer

Hauptwege von Streusalz in die Gewässer sind z.B.:

- Abfließen oder Versickern von Tauwasser von den behandelten Flächen,
- Einbringen oder Ablagern von Räumschnee und -eis von Verkehrsflächen,
- Verluste beim Lagern und Anwenden des Salzes.

Die Straßenabwässer belasten generell die Gewässer und ggf. Kläranlagen nicht nur durch die Auftaumittel und die Abkühlung, sondern auch durch die sonstigen Verschmutzungen der Verkehrsflächen.

Bei Untersuchungen von Schneeproben aus dem Bereich von Schneeablageplätzen der Stadt München konnten im Tauwasser z.B. folgende Einflüsse durch Streusalz festgestellt werden [7]:

	Frischschnee	Altschnee
Natrium	bis ca. 1000 mg/l	bis ca. 10 mg/l
Chlorid	bis ca. 1500 mg/l	bis ca. 5 mg/l
Elektr. Leitfähigkeit	bis ca. 7000 µS/cm	bis ca. 130 µS/cm

Ein Vergleich der in den Frisch- und Altschneeproben ermittelten Werte zeigt, daß durch Schmelz- und Auslaugvorgänge die Streusalzbelastung des Schnees schnell in den Untergrund ausgewaschen wurde.

Auch bei der organischen Belastung (Chemischer Sauerstoffbedarf, Biologischer Sauerstoffbedarf, Totaler organischer Kohlenstoff) lagen die Konzentrationen im Schmelzwasser des Altschnees wesentlich niedriger als im Schmelzwasser der Schneeproben zu Beginn der Schneefahrt.

Bei den ungelösten Stoffen konnte dagegen eine Anreicherung insbesondere an Zink, Blei, sowie Eisen und Mangan im Schmelzwasser des verkrusteten Altschnees festgestellt werden.

Die Untersuchung von Bodenproben zeigte zudem, daß die Schneeablagerung auf den Schwermetallgehalt des Bodens einen Einfluß hat, wobei insbesondere die Betriebszeit der Ablagerungsfläche eine Rolle spielt. So traten beispielsweise bei dem am längsten bestehenden Ablageplatz (ca. 30 Jahre) im Vergleich zu einem erst seit einigen Jahren betriebenen Platz deutlich höhere Gehalte an Schwermetallen, insbesondere Blei, in den obersten Bodenschichten auf. Diese Schwermetallgehalte waren jedoch kaum eluierbar.

Die Gehalte an Chlorid in den Bodeneluatn waren ebenfalls sehr niedrig und lagen z.T. unter der Bestimmungsgrenze. Dies dürfte auf die schnelle, ständige Auswaschung des Chlorids aus der obersten Bodenschicht zurückzuführen sein, was zu einer Grundwasserbelastung führen kann.

3.2 Gewässerbeeinträchtigungen durch Streusalz

Grundwasser

Bis vor ca. 20 Jahren war im Grundwasser eine allgemein steigende Tendenz des Chloridgehaltes festzustellen [8]. Diese dürfte jedoch vorwiegend auf die Auswirkung von Düngemittelanwendungen zurückzuführen gewesen sein.

Die in den Jahren von 1979 - 1998 in straßennahen bayerischen Grundwasserhauptmeßstellen ermittelten Chloridgehalte deuten langfristig auf eine überwiegend fallende Tendenz der allgemeinen Chloridkonzentrationen im Grundwasser hin [9].

Nach einer Presseinformation des Umweltbundesamtes vom 13.01.1999 ist in den vergangenen Jahren der Einsatz von Streusalz in den Kommunen um rund 40 % zurückgegangen.

Der Grund hierfür ist, daß die Gemeinden vielfach dazu übergegangen sind, bestimmte Verkehrswege von der Streusalzanwendung auszunehmen und Salz nur noch auf besonders gefährlichen und verkehrswichtigen Straßenabschnitten sowie bei starken Steigungen oder verkehrsreichen Kreuzungen einzusetzen. Auf Gehwegen ist die Verwendung von Auftaumitteln ohnehin unzulässig. Hier reichen Schneeräumen und Streuen von Sand oder Splitt [10].

Dennoch lassen z.B. die Ergebnisse aus der Untersuchung von Grundwassermeßstellen im Nahbereich von Bundesautobahnen und Bundesstraßen eine z.T. deutliche, jahreszeitliche Beeinflussung des Grundwassers durch Tausalz insbesondere in den Monaten Februar bis April erkennen. Die Chloridgrundlasten von im Mittel 20 - 30 mg/l können im Grundwasserabstrom der Straße dabei Werte bis zu einigen 100 mg/l erreichen [11, 12, 13, 14].



Diese Chloridbelastungen nehmen mit der Entfernung zur Straße je nach Mächtigkeit des Grundwasserleiters und der Strömungsgeschwindigkeit durch Verdünnungseffekte jedoch nach wenigen 10 bis allenfalls 100 Metern rasch wieder ab [11, 13].

Entsprechend der hohen Mobilität im Boden waren erhöhte Chloridbelastungen z.B. auch im Grundwasserabstrom des o.g. seit längerer Zeit betriebenen Schneeabladeplatzes der Stadt München festzustellen [7].

Als wesentliche Einflußfaktoren auf die Höhe der im Grundwasser feststellbaren Belastung durch den Einsatz von Streusalz im Straßenwinterdienst können z.B. genannt werden:

- Die in den Wintermonaten vorwiegend vorherrschenden Witterungsbedingungen (Erfordernis des Streusalzeinsatzes).
- Die Art der Straße (Priorität des Streusalzeinsatzes).
- Die Menge des ausgebrachten Streusalzes (Häufigkeit, Feuchtsalzanwendung).
- Die Entfernung der Probenahmestelle von der Straße (Verdünnungseffekte).

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß durch die Streusalzausbringung eine Mobilisierung von Cadmium in Bankettbereich von Straßen stattfinden kann. Chloridkonzentrationen in der Größenordnung von einigen Gramm pro Liter bewirken z.B. im Boden eine Erniedrigung der Cadmium-Adsorption um 50 – 75 % [15].

Quellwasser

Grundwasserbeeinflussungen durch Tausalz wurden z.B. auch an Hangquellen an der Brennerautobahn untersucht [16]. Seit Eröffnung der Autobahn im Jahr 1963 stieg der Chloridgehalt nahegelegener Quellen von ursprünglich unter 1 mg/l auf Maximalwerte im Frühjahr bis zu 700 mg/l und betrug im Sommer oder Herbst immerhin noch etwa 100 bis 200 mg/l.

Seen

Bei den größeren bayerischen Seen übersteigen die durch Streusalz beeinflussten Chloridgehalte im allgemeinen nicht die Größenordnung natürlicher Schwankungen der Grundlast von wenigen Milligramm pro Liter [17]. Bei kleinen Seen kann es durch den Zufluß salzhaltiger Straßenabwässer jedoch zeitweilig zu deutlich erhöhten Chloridkonzentrationen kommen.

Bäche und Flüsse

Die Belastung von Bächen und Flüssen durch Tausalze schwankt je nach den Verdünnungsverhältnissen in weiten Grenzen.

Bei größeren Fließgewässern kann im Winter die Einleitung von Straßenabwässern ausreichen, um die Grundbelastung an Chlorid von wenigen Milligramm pro Liter, besonders im Einzugsgebiet großer Städte, zeitweise deutlich zu erhöhen [8, 17]. So ergaben beispielsweise Gewässeruntersuchungen der Isar zwischen Oberföhring und Moosburg in den Jahren 1987/88 im Winterhalbjahr höhere Chloridkonzentrationen als im Sommer. Die Werte stiegen dabei von weniger als 5 mg/l auf bis zu ca. 20 mg/l [18]. Schädliche Gewässerbeeinträchtigungen sind hierdurch aller



dings nicht festzustellen, doch könnten z.B. industrielle Brauchwassernutzungen erschwert werden [19].

Kläranlagen

Bei Kläranlagen kann sich die Chlorid-Grundlast von etwa 50 - 100 mg/l durch Tauwasserzuflüsse im Winter in Ausnahmefällen bis auf Spitzenkonzentrationen nahe 1 g/l erhöhen. Gelegentliche Schwierigkeiten bei der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung dürften allerdings vorwiegend auf den Temperaturrückgang im Abwasser zurückzuführen sein, da die biologischen Abbauvorgänge im allgemeinen erst bei höheren Salzkonzentrationen gestört werden [8]. So findet beispielsweise eine Umstellung der Biozönose erst bei Chloridkonzentrationen von über 2 g/l statt.

3.3 Gewässerbeeinträchtigungen durch andere chemische Auftaumittel

Das früher als Auftaumittel für den Straßenwinterdienst diskutierte Ammoniumphosphat vereinigt in sich die gewässerschädlichen Wirkungen sowohl der Stickstoff- als auch der Phosphatbelastung. Im besonderen Maß würden z.B. bei Verwendung dieses Stoffes die Bemühungen des Gewässerschutzes um den Ersatz des Waschmittelposphates zunichte gemacht werden.

Auftaumittel auf der Basis anorganisch/organischer Salzgemische wie beispielsweise NaCl/Natriumformiat können je nach Anwendung im Boden und in Gewässern sowohl Salzbelastungen durch Natrium- und Chloridionen als auch organische Belastungen durch das Formiat sowie eine Sauerstoffzehrung bei dessen biologischen Abbau verursachen.

Der biologische Abbau organischer Materie kann nur dann erfolgen, wenn die hierfür erforderlichen Mikroorganismen in ausreichender Anzahl sowie insbesondere in entsprechend adaptierter (d.h. angepaßter Form) vorliegen, die es ihnen ermöglicht, das organische Material in ihrem Stoffwechselprozeß verwerten zu können. Bei niedrigen Temperaturen, wie sie in den Wintermonaten vorherrschen, erfolgt der biologische Abbau deutlich schlechter. Sofern die für einen biologischen Abbau erforderlichen Bedingungen nicht sichergestellt sind, kann die Gefahr einer möglicherweise längerfristigen Gewässerbeeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden. Insgesamt ist das Wassergefährdungspotential dieser Auftaumittel somit höher einzustufen als das von herkömmlichem Streusalz.

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht wäre deshalb nur ein selektiver Einsatz derartiger Auftaumittel in Bereichen denkbar, in denen ein ausreichender biologischer Abbau gewährleistet ist (z.B. bei breitflächiger Versickerung in der belebten Bodenzone oder auf kanalisierten Flächen mit Anschluß an eine Kläranlage).

Tauwässer von Flugplätzen können bis zu einige Gramm pro Liter der dort vorwiegend verwendeten Auftaumittel Acetate, Formiate und Glycole enthalten. Die Beseitigung dieser in großen Mengen anfallenden Abwässer bereitet z.T. erhebliche Schwierigkeiten. Der stoßweise Tauwasseranfall kann selbst größere biologische Kläranlagen überlasten. Die organische Belastung versickernder Tauwässer stellt ein langfristiges Grundwassergefährdungspotential dar.



Völlig gewässerneutrale chemische Auftaumittel zur Gefrierpunktserniedrigung des Wassers sind nicht denkbar. Die Nebenwirkungen von Streusalz-Ersatzmitteln müssen sich wenigstens an den derzeitigen Hauptprodukten Natriumchlorid und ggf. Calciumchlorid bzw. Magnesiumchlorid messen lassen. Unter Berücksichtigung aller Aspekte wird daher im Straßeneinsatz i.d.R. der Verwendung herkömmlicher Salze (NaCl möglichst mit $\text{CaCl}_2/\text{MgCl}_2$ als Feuchtsalz) der Vorzug zu geben sein.

4 Folgerungen

Der Einsatz des hauptsächlich gebräuchlichen Auftaumittels Natriumchlorid läßt sich insbesondere im Winter und Frühjahr im Grundwasser, in Oberflächengewässern und in Kläranlagen feststellen. Schädliche Auswirkungen sind hier jedoch allenfalls in besonders gelagerten Einzelfällen zu erwarten. Die Belastung der Gewässer mit Chloriden aus der Streusalzverwendung stellt somit derzeit kein vorrangiges Problem für den Gewässerschutz dar. Für den in früheren Jahren zu beobachtenden Anstieg des Salzgehaltes im Grundwasser waren wohl hauptsächlich Versickerungen von Düngesalzen, möglicherweise auch Auswirkungen von Luftverunreinigungen die Ursache.

Bereits aus Gründen eines vorsorglichen Gewässerschutzes sollte die Verwendung der naturgemäß leichtwasserlöslichen chemischen Auftaumittel soweit vertretbar eingeschränkt werden und der Einsatz so sparsam und gezielt wie möglich nur dann erfolgen, wenn die Sicherheit des Straßenverkehrs nicht mehr gewährleistet ist.

Um größere Schäden in der Umwelt zu vermeiden, nennt das Umweltbundesamt hierfür beispielsweise eine Richtgröße von 10 g Salz, die pro Quadratmeter und Streuvorgang nicht überschritten werden sollte [10].

Eine wesentliche Verminderung des Streusalzverbrauches kann ferner durch die Anwendung von Feuchtsalz erreicht werden.

Alternative chemische Auftaumittel ohne schädliche Nebenwirkungen, welche die derzeit verwendeten Streusalze ersetzen könnten, sind trotz aller bisherigen Forschungsanstrengungen nicht gefunden worden [10].

Generell sollten auftaumittelhaltige Abwässer oder Räumschnee von Verkehrsflächen auch wegen der Belastung mit anderen Schmutzstoffen nicht in besonders empfindliche Bereiche wie Trinkwasserschutzgebiete, kleinere stehende Gewässer oder natürliche Feuchtbiootope eingebracht werden. Punktförmige Einleitungen bzw. Versickerungen sollten möglichst vermieden werden.



5 Literatur

- [1] Information Umwelt-Hintergrundinformationen-Streusalz, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Mai 1998
- [2] Persönliche Mitteilungen des Straßenbauamtes München, Oktober 1998
- [3] Brod, H.G.
Auftausalze - Anwendung im Straßenwinterdienst, Auswirkungen auf Straßenböden und -gehölze,
UWSF-Z. Umweltchemie und Ökotoxikologie 3 (2), 1991, S. 109-113
Ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg - Zürich
- [4] Arbeitshilfe „Enteisungsabwasser von Flugplätzen - Hinweise - Stand Dezember 1998,“
erstellt vom Arbeitskreis „Enteisungsabwasser von Flugplätzen“.
Bezug über Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München
- [5] Gewässerbeschaffenheit in Bayern - Fließgewässer - 1996,
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Herausgeber und Verlag), München 1998
- [6] Technische Mitteilung des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW);
Merkblatt W251 vom August 1996, „Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasser-
versorgung“
- [7] Untersuchung von Schnee-, Boden- und Grundwasserproben im Bereich von
Schneeabladepätzen der Stadt München, Untersuchungsbericht des Wasserwirt-
schaftsamt München vom Februar 1995
- [8] Bericht der LAWA-Arbeitsgruppe „Gewässergefährdung durch Auftausalze“,
Wiesbaden, Dezember 1976
- [9] Handbuch technische Gewässeraufsicht, Teil 1,
Gewässerkundliches Meßwesen, Meßprogramme Grundwasser,
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
- [10] Umweltbundesamt, Presseinformation Nr. 2/99, Berlin, 13.01.1999
- [11] Golwer, A.
Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege,
Forum Städte-Hygiene 42 (1991), September/Okttober, S. 266-275
- [12] Ascherl, R.
Sicherheitsbewertung bautechnischer Maßnahmen zum Grundwasserschutz an Straßen in
Wassergewinnungsgebieten auf probabilistischer Grundlage.
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 726, 1996





- [13] Untersuchung von Grundwasserproben aus dem Nahbereich der BAB-A9, 1992, Mitteilung des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg vom Januar 1999
- [14] Sigel, K.
Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Streusalzeinträgen und Aluminium-Austrägen in einem Trinkwassereinzugsgebiet auf basenarmen Sandstein, Diplomarbeit, Oktober 1998, Universität Bayreuth
- [15] Scheffer, F. Schachtschnabel, P.
Lehrbuch der Bodenkunde, 13. Auflage
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1992
- [16] Jennewein, J.
Über den Einfluß von Tausalz auf das Grundwasser am Beispiel von unterhalb der Brennerautobahn austretenden Quellen,
Forum Städte Hygiene 33 (1982), S. 110
- [17] Steidle, L.
Auswirkungen der Schadstoffe in Auftausalzen auf Gewässer,
VI. Winterdienstseminar des VKS, März 1982, Marktredwitz
- [18] „Gewässergütezustand der Isar zwischen dem Oberföhringer Wehr und Moosburg“
- Abschlußbericht,
Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung, 1988
- [19] Bischofsberger, W., Dauschek, H.
Tausalzeinfluß auf das Grundwasser, Wasserkalender 1982, S. 89,
E. Schmidt-Verlag, Berlin

Bearbeiter: TAR Kramer

