Umweltinstitut des Landes Vorarlberg

Bodenschutz

Einfluss der Salzstreuung auf den Bodenzustand

Kurzbericht UI-01/2004

Bodenschutz

Einfluss der Salzstreuung auf den Bodenzustand

Gesamtbearbeitung:
Josef Scherer

Impressum

Herausgeber und Medieninhaber:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 16, 6900 Bregenz

Verleger:
Umweltinstitut des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6900 Bregenz
Tel. 05574/511-42099

Bregenz, Februar 2004

Bodenschutz

Einfluss der Salzstreuung auf den Bodenzustand

Gesamtbearbeitung:
Josef Scherer
email: Josef.Scherer@vorarlberg.at

unter Mitarbeit von:
Peter Singer

Inhalt

Kurzfassung 2
1. Einleitung und Zielsetzung 2
2. Zur Problematik der Salzstreuung 3
2.1. Wirkungen auf die Umwelt 3
2.2. Alternativen zur Salzstreuung 4
3. Projektdurchführung 5
4. Untersuchungsergebnisse 5
4.1. Bodenuntersuchungen an Straßenbegleitflächen 5
4.2. Sickerwasseruntersuchungen 6
5. Literatur 10
6. Anhang 11
6.1. Anhang 1: Bodenuntersuchungen an den einzelnen Standorten 11
6.2. Anhang 2: Untersuchungen der Sickerwässer am Standort Beschling 16

7 Abbildungen

2 Anhänge

Kurzfassung

Die Salzstreuung hinterlässt zumindest im Frühjahr deutliche Spuren im straßennahen Bodenkörper. Dauerhafte Salzanreicherungen und somit nachhaltige Schädigungen der Straßenbegleitflächen finden jedoch nicht statt.

Ein Grund hierfür ist, dass das Chlorid im Boden kaum zurückgehalten wird und nach Anwendung durch das Bodenprofil in die Tiefe versickert. Dies belegen die Bodenuntersuchungen, die nur kurz nach der Schneeschmelze noch leicht erhöhte Natrium-Gehalte, aber keine erhöhten Chlorid-Gehalte anzeigen. Auch der Jahresgang im Sickerwasser verdeutlicht, dass im Frühjahr das Chlorid bereits aus dem Bodenprofil bis 60 cm Tiefe mehr oder weniger verschwunden ist.

Auch das Natrium verbleibt nicht auf Dauer im Boden. Es wird zunächst gegen vorhandene Calzium- und Magnesium-Ionen ausgetauscht und die Versickerung erfolgt erst verzögert vom späteren Frühjahr an bis etwa September. Da im Boden nur verhältnismäßig schwache Bindungskräfte für Natrium vorhanden sind, wird es sukzessive wieder gegen andere Ionen aus Niederschlag und Staub ausgetauscht.

Eine gewisse Veränderung der Böden entlang der Straßen durch die Salzstreuung wird durch eine Erhöhung des pH-Wertes in den schwach bis mittel alkalischen Bereich angezeigt. Dies beeinflusst in gewissem Maße die Lebensbedingungen der bodenbewohnenden Kleintiere und Mikroorganismen. Auch Pflanzengemeinschaften können durch Salzeinwirkung Schaden erleiden.

Aus Gründen des vorsorgenden Umweltschutzes, aber auch aus wirtschaftlichen Überlegungen wird empfohlen, die Salzstreuung durch entsprechende Maßnahmen so zu optimieren, dass mit einem minimierten Salzverbrauch das Auslangen gefunden werden kann.

1. Einleitung und Zielsetzung

Seit den frühen 90er Jahren wurden in Zusammenarbeit mit dem Straßenbauamt des Landes Vorarlberg diverse gutachterliche Untersuchungen im Hinblick auf die Umweltbelastung durch Salzstreuung durchgeführt. Diese Untersuchungen ergaben im Wesentlichen, dass vom Ende der Streuperiode bis zum nächsten Winter das eingebrachte Natriumchlorid (=Streusalz) an den untersuchten Standorten fast vollständig ausgewaschen wurde. Es konnte keine signifikante Anreicherung von Chlorid oder Natrium festgestellt werden.

Um dieses Ergebnis abzusichern, wurden bei einem Projekt zur landesweiten Untersuchung der Belastung von Straßenbegleitflächen an vielbefahrenen Straßen auch die Salzbestandteile Natrium und Chlorid gemessen. Um auch die mit der Salzauswaschung verbundenen Stoffverfrachtungen im Bodenprofil zu erfassen, wurde an einem Standort in Nenzing, an dem bedingt durch die Schattenlage eine häufige Salzstreuung notwendig ist, eine Saugkerzenanlage

installiert. Mit dieser Anlage sollten Sickerwässer über einen Jahreslauf gesammelt und untersucht werden.

Abbildung 1:
Standort der Saugkerzenanlage

2. Zur Problematik der Salzstreuung

In Vorarlberg wird zur Salzstreuung vorwiegend Steinsalz (Natriumchlorid) eingesetzt. Sehr untergeordnet kommt auch Calziumchlorid als Beimischung dort zur Anwendung, wo starker Frost auftritt oder Eile geboten ist, da Calziumchlorid die Auftauwirkung beschleunigt. Im Winter 2002/03 wurden nach Angaben des Landesstraßenbauamtes im ganzen Land 4.734 t NaCl und 15 t $CaCl_2$ verbraucht.

2.1. Wirkungen auf die Umwelt

Durch die Salzstreuung werden die angrenzenden Flächen zumindest im Bereich des Spritzwassers, durch Verwehung der durch die Fahrzeugreifen aufgewirbelten feinen Aerosole aber bis zu 1000 m Entfernung von der Straße beeinflusst (7). Es tritt eine „Alkalisierung“ ein, die eine Erhöhung des pH-Wertes und der Elektrischen Leitfähigkeit bewirkt (4, 9). Bei Verfügbarkeit von Carbonat-Ionen (CO_3^{--}) bildet sich Soda (Na_2CO_3), wodurch der Boden-pH-Wert bis etwa 8,5 ansteigen kann. Dies ist vielfach bis zu einer Entfernung von etwa 10 m von der Straße nachweisbar. Diese Natriumbindung führt zu äquivalenten Austauschmengen an Calzium, die mit dem Sickerwasser ausgetragen werden. Dieser Calziumverlust führt auf Dauer zur Abnahme der Stabilität der Bodenaggregate und zur Ausbildung von Verdichtungshorizonten. Bodenverdichtungen führen durch Verlust von Porenraum und Wasserdurchlässigkeit zu verstärkten Oberflächenabflüssen, die etwa auf Böschungen Erosionen bewirken können.

Die Salzstreuung führt aber nicht nur zu chemisch-physikalischen Bodenveränderungen, sondern wirkt auch auf die biologischen Gesellschaften entlang der Straße (4, 7). Vor allem ist es die straßenbegleitende Pflanzenwelt, die durch Salzüberschuss Schaden erleidet. Dabei erfolgt durch zeitweise erhöhte Salzgehalte im Boden eine Austrocknung der Pflanzen, da die Wasseraufnahme über die Wurzeln behindert ist. Dies kann zu saisonalen Wachstumsstörungen, zu verfrühtem Blattfall und mitunter auch zum Absterben von Pflanzen führen.

Pflanzen reagieren unterschiedlich empfindlich auf Salzbelastungen (1, 4, 9) . So zeigen Fichte, Ahorn, Linde usw. bereits weitaus früher Austrocknungssymptome (Blattrandnekrosen bis völlige Braunfärbung der Blätter), während etwa Eiche und Robinie sehr hohe Salzbelastungen ohne Schadwirkung ertragen.

Auch Bodenmikroorganismen, vor allem Bakterien, erfahren durch hohe Salzgehalte und deren Sekundäreffekte (erhöhte pH-Werte, Verdichtung, Sauerstoffmangel) Veränderungen in ihrem Artenspektrum. Davon betroffen sind nach diversen Untersuchungen auch die Mykorrhiza-Pilze, die im Wurzelbereich der Pflanzen eine wichtige Rolle für deren Phosphor-Versorgung spielen (4).

2.2. Alternativen zur Salzstreuung

Alternativ zur Verwendung von Steinsalz wurden in verschiedenen Versuchen diverse andere Salze ($MgCl_2$, $CaCl_2$ usw.) und auch organische Auftaumittel (zB Harnstoff, Formiate, Acetate) getestet. Teilweise verbesserte Wirksamkeit führte jedoch im Gegenzug zu längeren Verweilzeiten im Boden oder zu nicht erwünschten Düngeeffekten (10, 11). Anstelle von Auftaumitteln werden auch abstumpfende Streustoffe (Sand, Split, Schlacke usw.) eingesetzt, die als weniger umweltbelastend gelten (5).

Aus Sicht des Straßenerhalters bringt der Einsatz von Streustoffen folgende Nachteile: Mit abstumpfenden Streustoffen ist keine vergleichbare Fahrsicherheit auf der Straße erreichbar, sei es durch geringere Rutschsicherheit, sei es durch Verlust der Griffigkeit von Reifen, deren Profil durch Splitkörner verlegt wird (1, 8). Auch ergeben sich durch Verschleudern von Splitkörnern durch die Autoreifen Schäden an nachfolgenden Fahrzeugen, sowie zT auch am verursachenden Fahrzeug. Größere Probleme verursacht auch nach dem Abschmelzen von Eis und Schnee die Räumung der Straße und der angrenzenden Flächen von dem Streugut. Bei Akkumulationen von Streugut am Bankett bzw. bei Behinderungen des Wasserabflusses von der Straße kann es zu Aquaplaning kommen. In solchen Fällen werden Abschälmaßnahmen notwendig. Bei Betrachtung aller Faktoren werden Vorteile für die Salzstreuung gesehen, vor allem aufgrund der Tatsache, dass der Primärenergieaufwand zur Herstellung und zum Ausbringen der Streustoffe etwa dreimal höher liegt. Das Splitrecycling ist nur teilweise möglich, ansonsten wird das Abfallaufkommen aus Sandfängen, Kanalschächten usw. deutlich erhöht (1, 3).

Splitstreuung sollte aus Umweltsicht jedenfalls auf untergeordneten Straßen der Salzstreuung vorgezogen werden. Soweit auf verkehrsreichen Straßen eine Salzstreuung unumgänglich ist, sollten die vorhandenen Optimierungspotentiale ausgeschöpft werden.

Möglichkeiten zur Verbesserung der derzeit geübten Praxis liegen vor allem in der Anwendung von flüssigen Salzlösungen, die wesentlich genauer dosiert werden können und bis auf die Hälfte der Aufwandmenge von Trockensalz gesenkt werden können (1, 9). Weitere Ver-

Verbrauchsrückgänge können aus verbesserten Witterungsprognosen sowie aus verbesserten Dosiertechniken resultieren. Zu diesem Zweck wurden Sensoren entwickelt, die Temperatur, Luftfeuchte und eventuell vorhandenes Restsalz auf der Straße während der Streuung erfassen und damit eine optimale Streudosierung ermöglichen (6).

3. Projektdurchführung

Im Rahmen einer landesweiten Untersuchung der Bodenbelastung im Nahbereich vielbefahrener Straßen wurden an 11 Standorten u.a. die Parameter Natrium und Chlorid gemessen, um auch den Grad der Belastung durch Streusalz zu erfassen. Auch pH-Wert und Elektrische Leitfähigkeit des Bodens können über den Versalzungsgrad Aufschluss geben.

Die Beprobung erfolgte im späten Frühjahr 2000. Bodenproben wurden entlang von ca. 50 m langen Transekten nach Möglichkeit auf beiden Straßenseiten in Abständen von 1, 5 und 10 Metern vom Rand des Straßenbelags (Asphalt) gezogen. Auf jedem Transekt wurden aus jeweils ca. 20 Einstichen je zwei Mischproben der Tiefenstufen 0 – 10 cm und 10 – 20 cm gewonnen.

Die Bodenproben wurden bei 32 ° im Umluftofen getrocknet und bei 2 mm Maschenweite abgesiebt. Im Eluat nach ÖNORM L1080 wurden die Parameter Natrium, Chlorid, Nitrat, Sulfat und die Elektrische Leitfähigkeit untersucht. Der pH-Wert wurde in $CaCl_2$-Lösung nach ÖNORM L1083 gemessen. Über weitere Untersuchungen von Schwermetallen und Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen wird gesondert berichtet.

Um auch das Verhalten und die Auswirkungen des Streusalzes im Laufe des Jahres im Bodenprofil beurteilen zu können, wurde zusätzlich am Untersuchungsstandort Beschling eine Saugkerzenanlage installiert. Diese bestand aus drei Saugkerzen, die in 1 m Abstand von der Straße und 5 m Abstand voneinander in 60 cm Tiefe eingebaut wurden. Die Saugkerzen wurden mittels feiner Schläuche mit einem Unterdruckgefäß verbunden, in dem die Sickerwässer zu einer Mischprobe vereinigt wurden. Der Beprobungszeitraum war ca. 14tägig über ein ganzes Untersuchungsjahr. Untersuchungsparameter waren pH-Wert, Elektrische Leitfähikeit, Anionen (Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat, Phosphat) und Kationen (Calzium, Magnesium, Kalium und Natrium).

4. Untersuchungsergebnisse

4.1. Bodenuntersuchungen an Straßenbegleitflächen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass das Chlorid bei allen untersuchten Standorten im späten Frühjahr bereits annähernd auf die Normalwerte abgesunken ist. Örtliche flache Spitzen sind unkorreliert mit der Entfernung von der Straße. Zwar kommen in

den Oberböden stellenweise noch gegenüber dem Unterboden leicht erhöhte Werte vor (siehe **Anhang 1**), jedoch liegen diese in einem nicht umweltrelevanten Konzentrationsbereich.

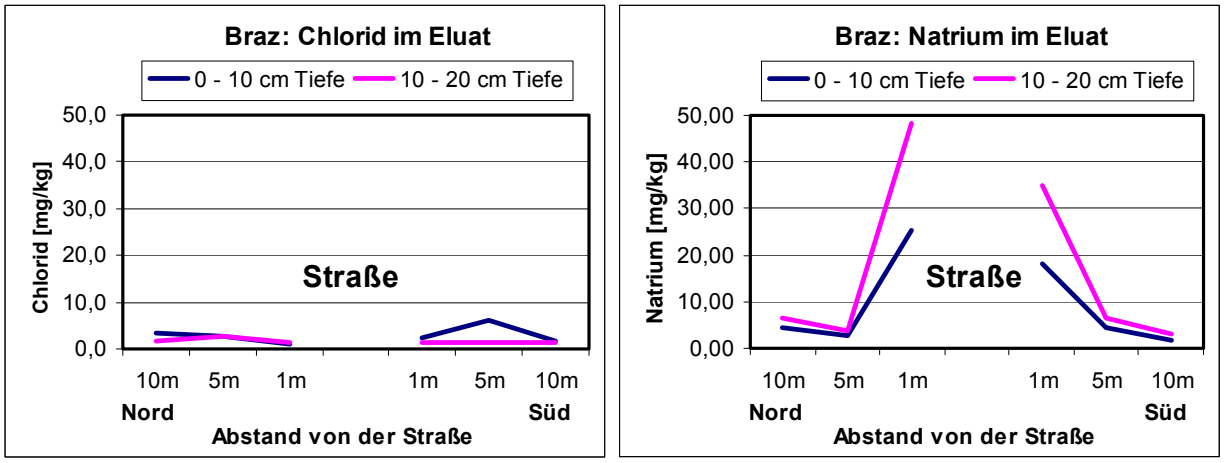


Abbildung 2: Chlorid- und Natrium-Gehalte im Bodeneluat des Standortes Braz

Selbst dort, wo deutlich erhöhte Natrium-Konzentrationen auf eine erst kurz zurückliegende Salzstreuung hinweisen (**Abbildung 2**), hat das Chlorid bereits wieder annähernd die normalen Hintergrundwerte erreicht.

Die Natrium-Belastung klingt allgemein verzögerter ab als die Chlorid-Belastung. So sind auch im späten Frühjahr an mehreren Stellen noch erhöhte Natrium-Konzentrationen feststellbar (Siehe **Anhang 1**). Hierdurch wird der pH-Wert in der Regel über 7 angehoben, auch dort, wo natürlicherweise leicht saure Bodenreaktionen vorherrschen. Die Korrelation der Elektrischen Leitfähigkeit mit der Entfernung von der Straße ist weniger deutlich.

4.2. Sickerwasseruntersuchungen

Die Saugkerzenanlage am Standort Beschling zur Gewinnung von Bodensickerwasser in unmittelbarer Straßennähe wurde im April 2000 eingebaut. Die eigentliche Probenahme von Sickerwasser begann Anfang Mai 2000.

Der Verlauf der pH-Werte (**Abbildung 3**) zeigt, dass durch den Salzeintrag die Sickerwässer ganzjährig deutlich in den alkalischen Bereich tendieren, wobei die höchsten Werte vom Spätfrühjahr bis zum Frühsommer auftreten. Alle gemessenen pH-Werte liegen über pH 8 und sind somit dem schwach bis mäßig alkalischen Bereich zuzurechnen.

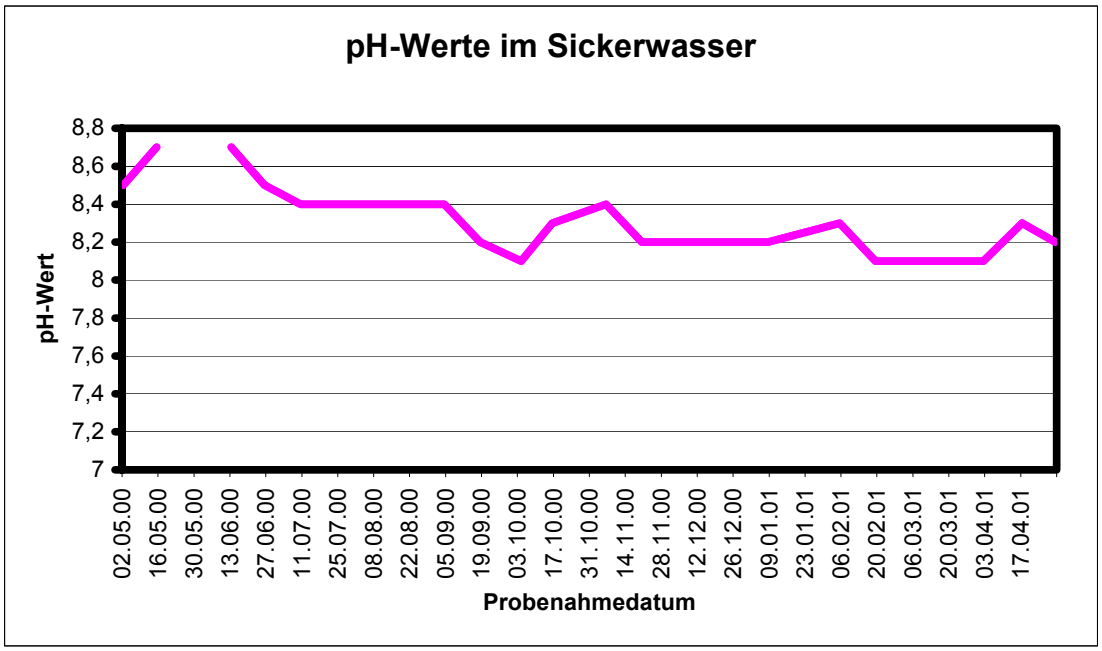


Abbildung 3: Jahresganglinie der pH-Werte im Sickerwasser

Die Elektrische Leitfähigkeit (**Abbildung 4**) zeigt korrespondierend zum Natrium einen relativ hohen Anstieg im Spätfrühjahr auf über 1000 µS/cm, sinkt aber im Lauf des Jahres auf normale Bodenwerte ab. Ab Beginn der Schneeschmelze steigt die Elektrische Leitfähigkeit wieder sehr schnell an, erreicht Mitte März 2001 korrespondierend mit der Chlorid-Auswaschung eine Spitze bei ca. 2200 µS/cm und fällt bis Mitte April wieder auf annähernd normale Werte ab.

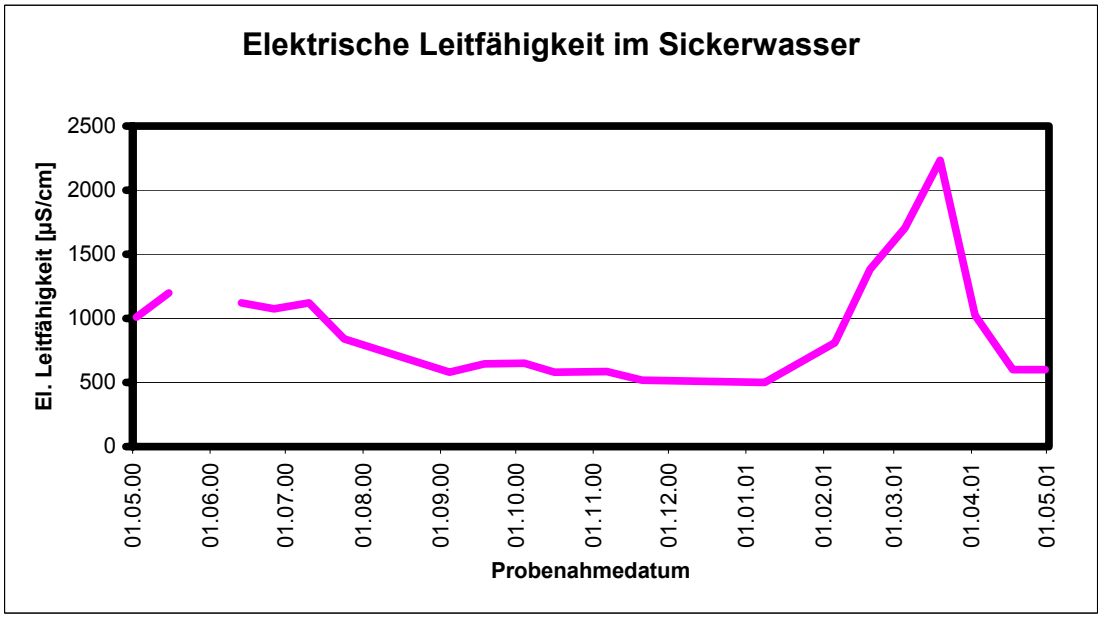


Abbildung 4: Jahresganglinie der Elektrischen Leitfähigkeit im Sickerwasser

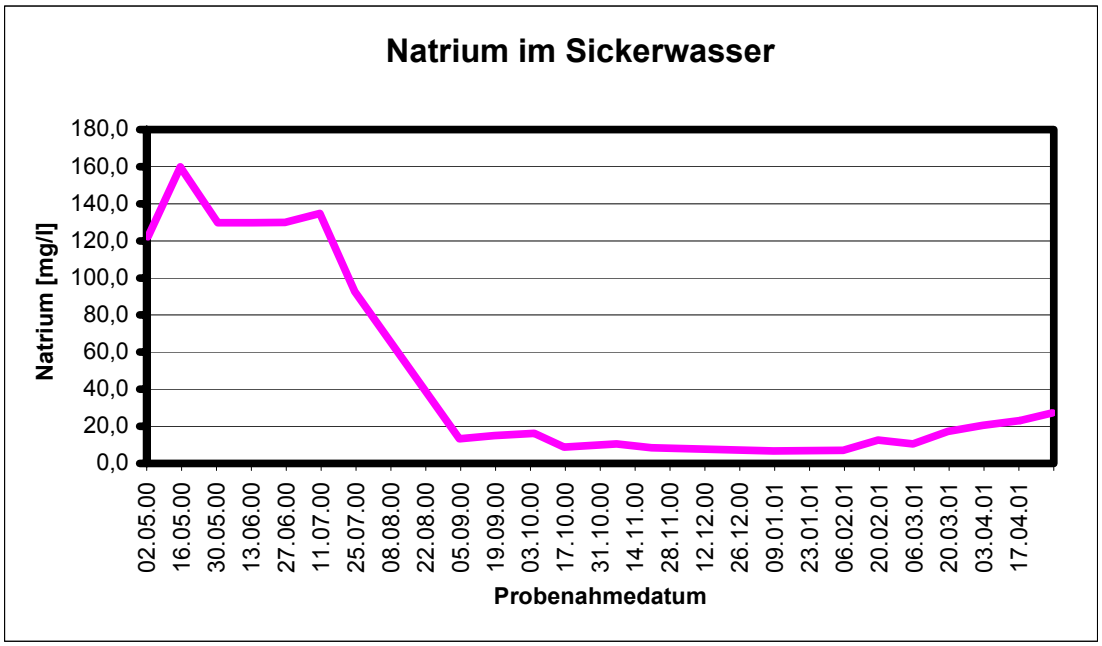


Abbildung 5: Jahresganglinie des Natriums im Sickerwasser

Ähnlich wie der pH-Wert verhält sich das Natrium, bei dem die Auswaschung am Beginn der Untersuchungsperiode im Jahr 2000 schon im Gange war (**Abbildung 5**). Bereits die ersten Analysenwerte lagen auf recht hohem Niveau, während am Ende der Untersuchungsperiode – ein Jahr später – das selbe Niveau noch nicht wieder erreicht wurde. Offenbar setzte hier die Schneeschmelze erst später ein. Man kann feststellen, dass die Auswaschung des Natriums ca. 4 Monate dauerte, bis im Sickerwasser in 60 cm Tiefe wieder normale Hintergrundwerte auftraten.

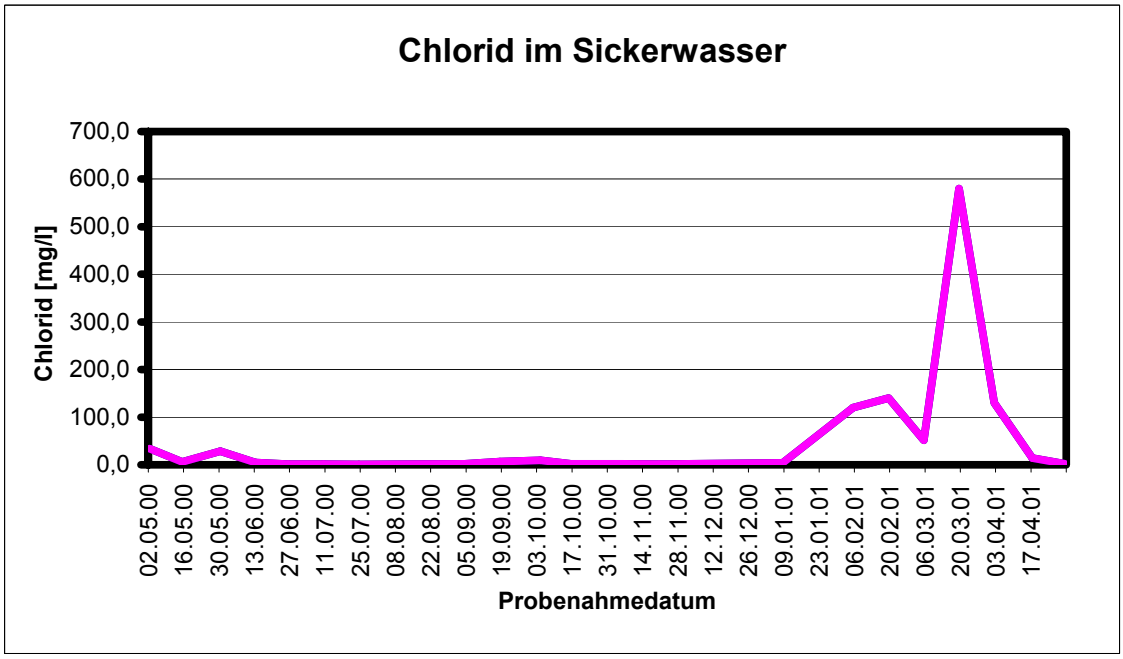


Abbildung 6: Jahresganglinie des Chlorids im Sickerwasser

Das Chlorid verhält sich ähnlich wie die Elektrische Leitfähigkeit (**Abbildung 6**). Am Anfang der Untersuchungsperiode ist das Chlorid des vergangenen Winters schon fast vollständig ausgewaschen. Das Chlorid aus der Salzung des Winters 2000/2001 beginnt bereits im Jänner zu versickern und ist Mitte April nach einem kurzen Maximum bereits erneut aus dem Bodenwasser verschwunden.

Calzium und Magnesium ähneln im Verhalten dem Chlorid (siehe **Anhang 2**). Das bedeutet, dass bei der Versickerung von Chlorid auch wesentliche Mengen dieser basischen Neben-Nährstoffe mit ausgewaschen werden und somit dem System verlorengehen.

Eine dritte Gruppe bilden Kalium, Nitrat (**Abbildung 7**), Ammonium und Sulfat. Diese zeigen neben der Spitze zur Zeit des Chloridaustrags auch noch Spitzen während des ganzen Sommers, die auf die landwirtschaftliche Düngung der Straßenbegleitflächen zurückzuführen sind. Die Düngungstermine lagen demgemäß etwa um Ende Mai und Mitte September 2000, das Sulfat springt im Sickerwasser etwas verspätet an (Siehe **Anhang 2**).

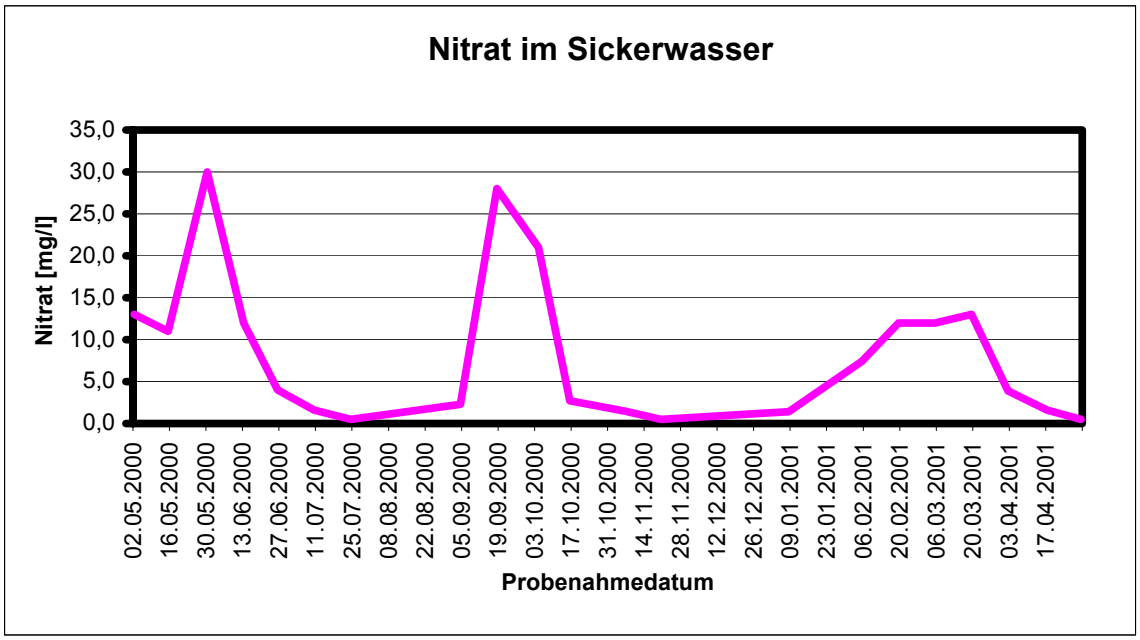


Abbildung 7: Jahresganglinie des Nitrats im Sickerwasser

5. Literatur

[1] ASSMANN, G., SPÖTTLE, M. (2002): Ökologie kontra Glatteis – Ist der Einsatz von Streumitteln ökologisch bedenklich? - GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, http://www.gsf.de/flugs/glatteis.phtml.

[2] BAYRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999): Salzstreuung – Auswirkungen auf die Gewässer. Merkblatt Nr. 3.2/1 vom 19.9.1999, 11 Seiten.

[3] BAYER. STAATSMINISTERIUM DES INNERN (Hrsg., 2001): Wissenschaftliche Studien belegen: Salz auf Straßen besser als Splitt. Pressemitteilung 109/01.

[4] BLUME, H.P. (Hrsg., 1992): Handbuch des Bodenschutzes, 2. Auflage 1992, ISBN 3-609-65850-9, ecomed verlagsgesellschaft mbh, Landsberg 1992.

[5] BUNDESANSTALT FÜR STRAßENWESEN (Hrsg., 1999): Umweltauswirkungen abstumpfender Streustoffe im Winterdienst. Wissenschaftliche Information.

[6] FROMMEYER, N. (2002): Infrarot-Sensor optimiert Streusalzmenge. – Deutsche Bundesstiftung Umwelt, http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-15276.html.

[7] GLITZNER, I. ET AL. (1999): Literaturstudie zu Anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Straßen auf die Tierwelt. Endbericht. – Im Auftrag der MA 22 Umwelt, Magistrat Wien, Graz, Aug. 1999.

[8] HÖLLER, CH. UND WEBER, B. (2002): Sicher durch den Winter. – Kommunal, Seite 50 – 52, Okt. 2003.

[9] KOHMANS, B. (1995): Streusalz/Auftaumittel.- Fachinformation „Umwelt und Gesundheit“, Bayrisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz. November 1995.

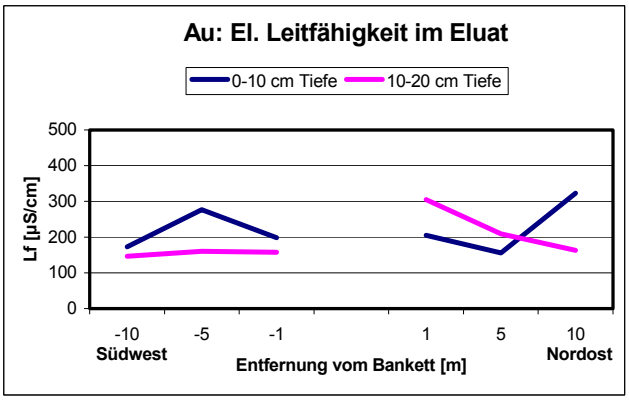
[10] MARX, I. ET AL. (2003): Vergleich von Tauwirkung und Pflanzenverträglichkeit von zwei Auftaumitteln. – Publikation: Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim 2003.

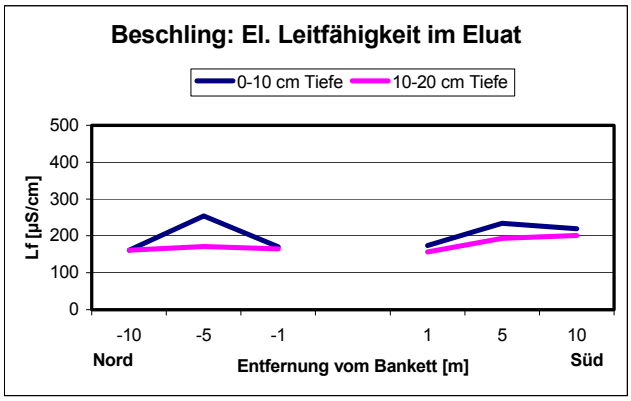
[11] WRESOWAR, M. UND SIEGHARDT, M. (2000): Studie über die Auswirkung stickstoffhältiger Auftaumittel. – Auswirkungen auf Boden und Bewuchs. – Vergleich mit herkömmlichen Auftaumitteln. – Im Auftrag der MA 22, Wien 2000.

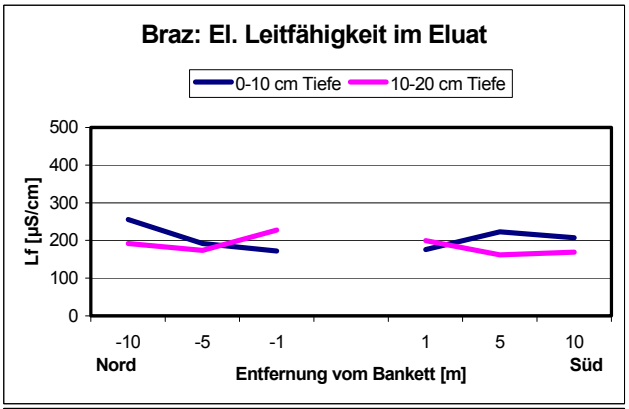
6. Anhang

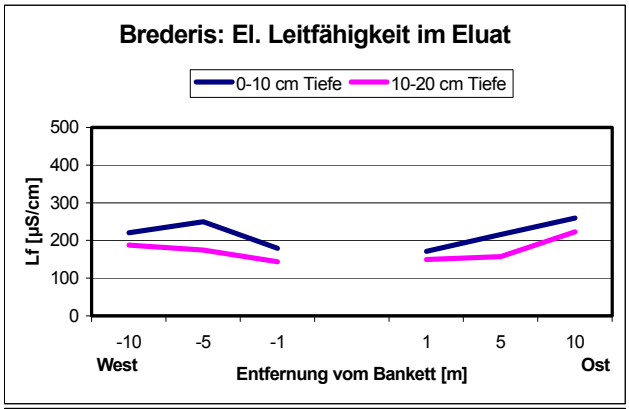
6.1. Anhang 1: Bodenuntersuchungen an den einzelnen Standorten

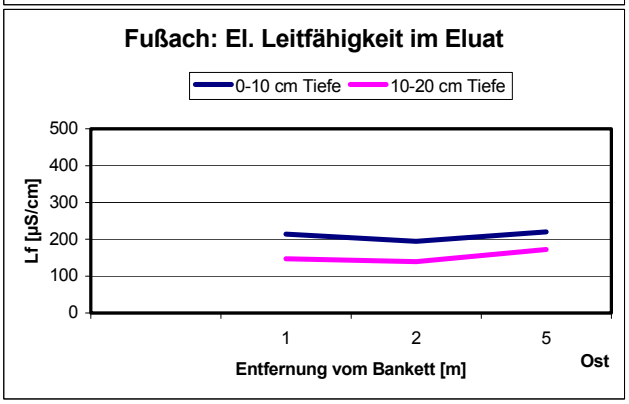
6.1.1. Elektrische Leitfähigkeit

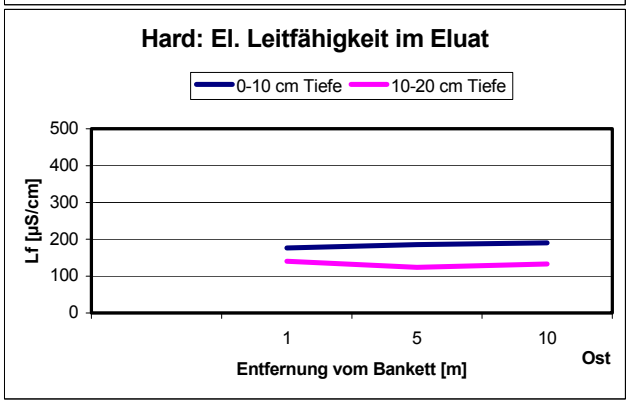


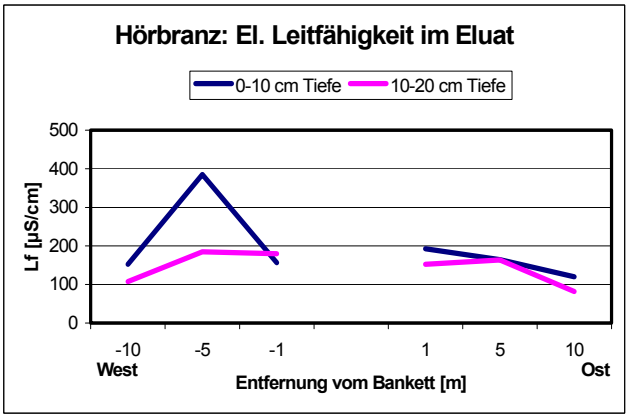


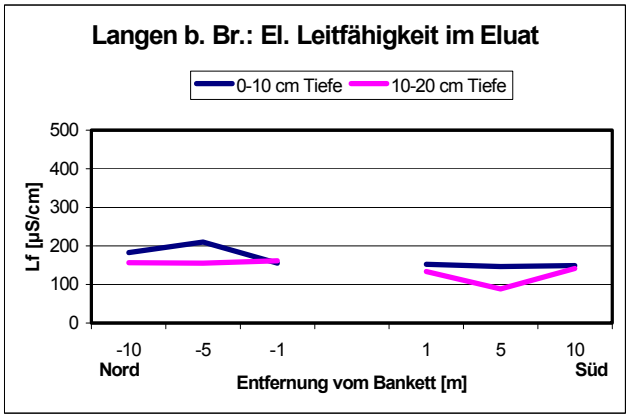


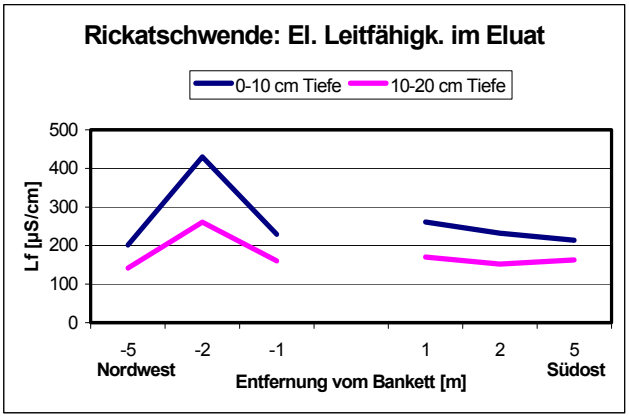


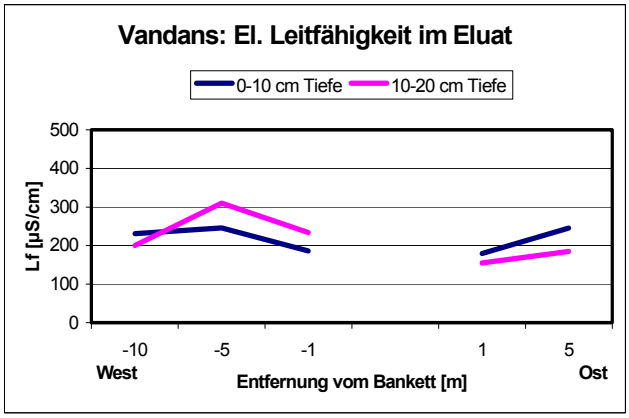


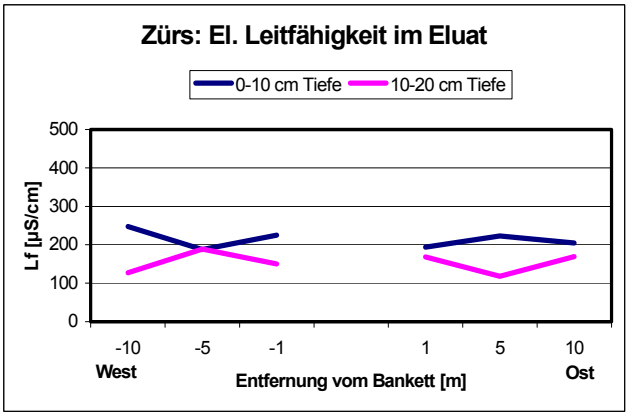




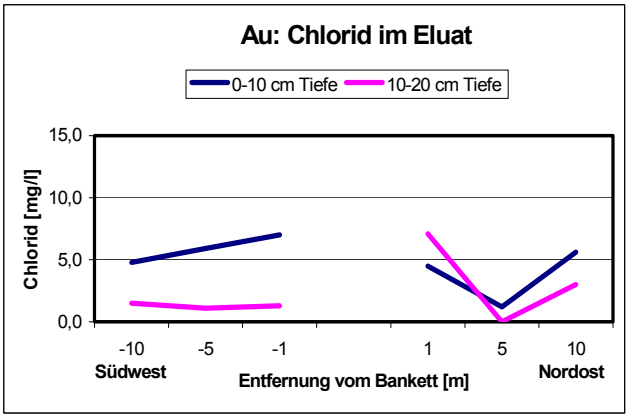


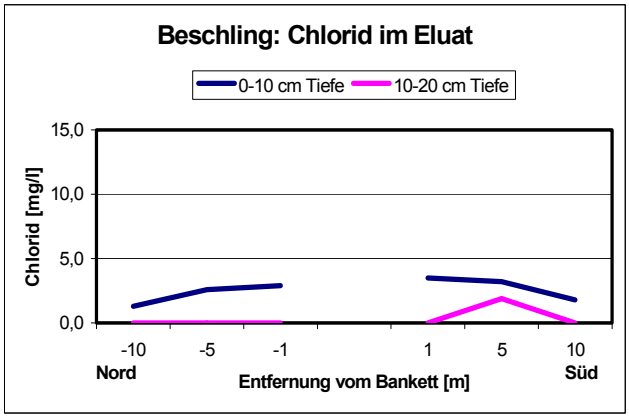

Rickatschwende: El. Leitfähigk. im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Lf [µS/cm]
500
400
300
200
100
0
-5
-2
-1
1
2
5
Nordwest
Entfernung vom Bankett [m]
Südost

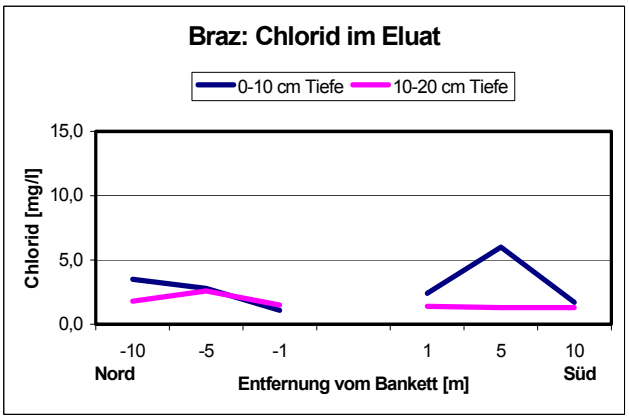

Vandans: El. Leitfähigkeit im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Lf [µS/cm]
500
400
300
200
100
0
-10
-5
-1
1
5
West
Entfernung vom Bankett [m]
Ost

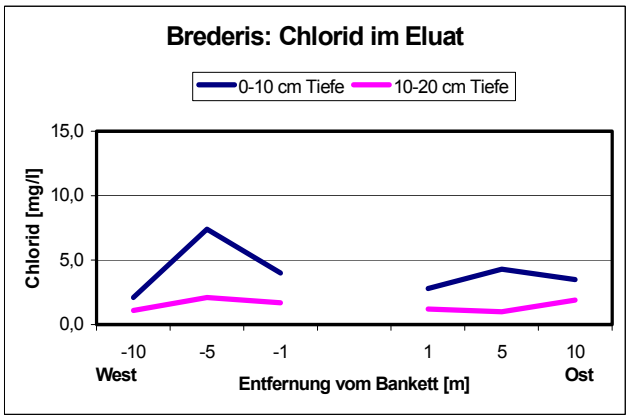

Zürs: El. Leitfähigkeit im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Lf [µS/cm]
500
400
300
200
100
0
-10
-5
-1
1
5
10
West
Entfernung vom Bankett [m]
Ost

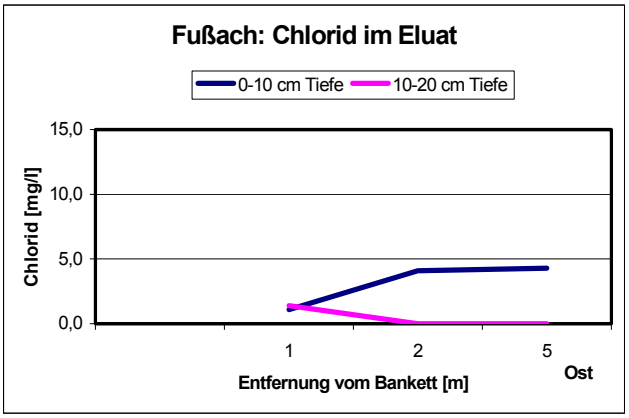
6.1.2. Chlorid

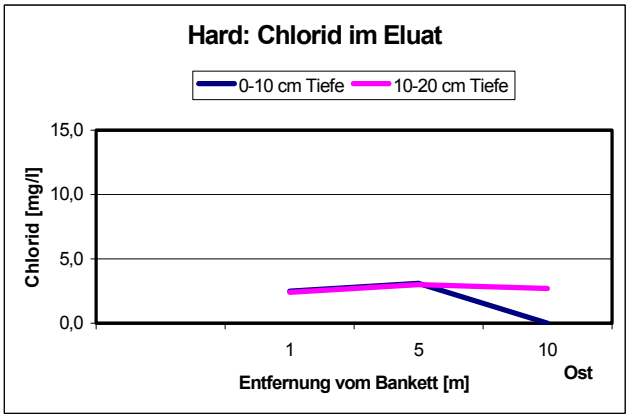

Au: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
Südwest
Entfernung vom Bankett [m]
Nordost

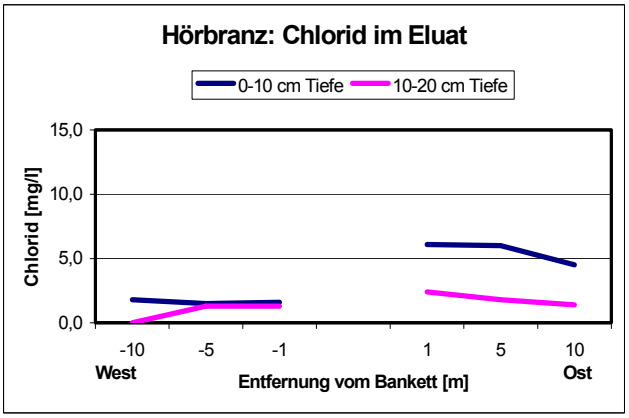

Beschling: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
Nord
Entfernung vom Bankett [m]
Süd

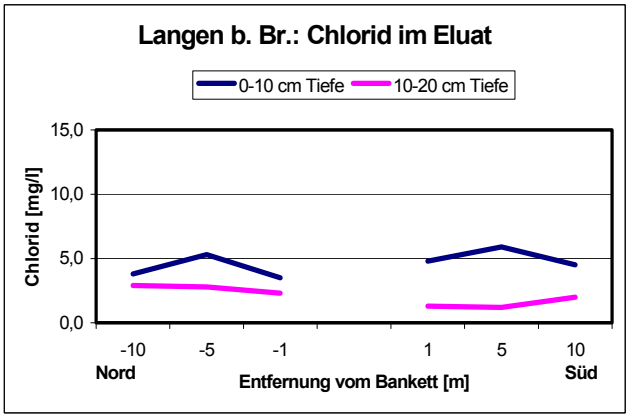

Braz: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
Nord
Entfernung vom Bankett [m]
Süd

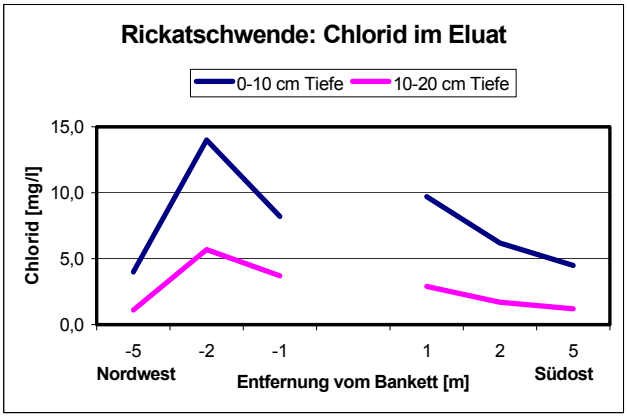

Brederis: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
West
Entfernung vom Bankett [m]
Ost

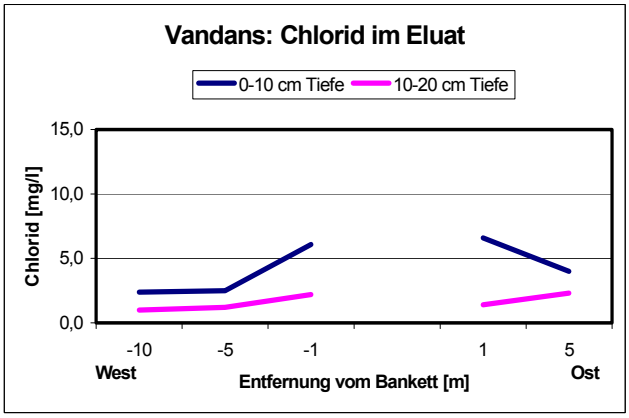

Fußach: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
1
2
5
Ost
Entfernung vom Bankett [m]

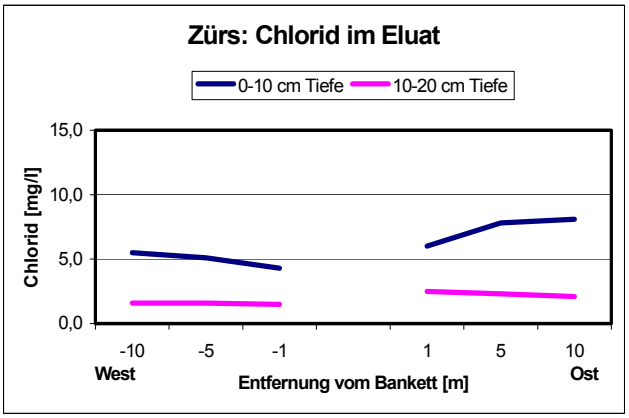

Hard: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
1
5
10
Ost
Entfernung vom Bankett [m]


Hörbranz: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
West
Ost
Entfernung vom Bankett [m]

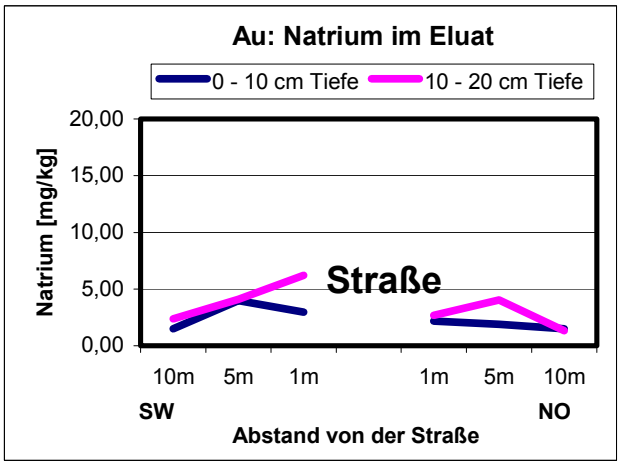

Langen b. Br.: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
Nord
Süd
Entfernung vom Bankett [m]

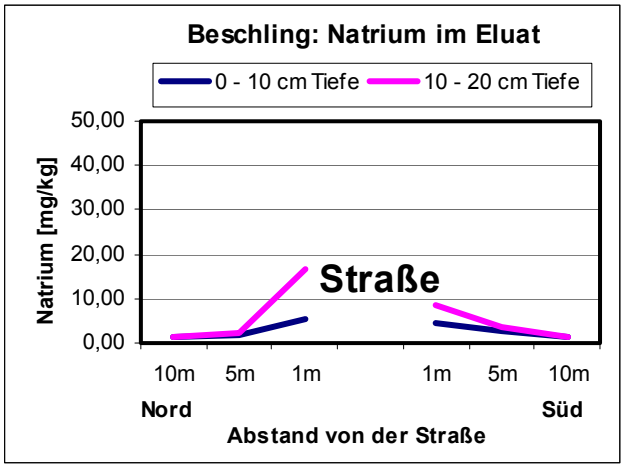

Rickatschwende: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-5
-2
-1
1
2
5
Nordwest
Südost
Entfernung vom Bankett [m]

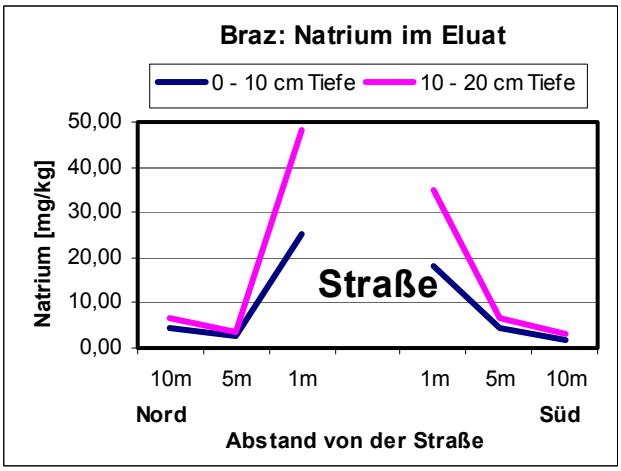

Vandans: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
West
Ost
Entfernung vom Bankett [m]

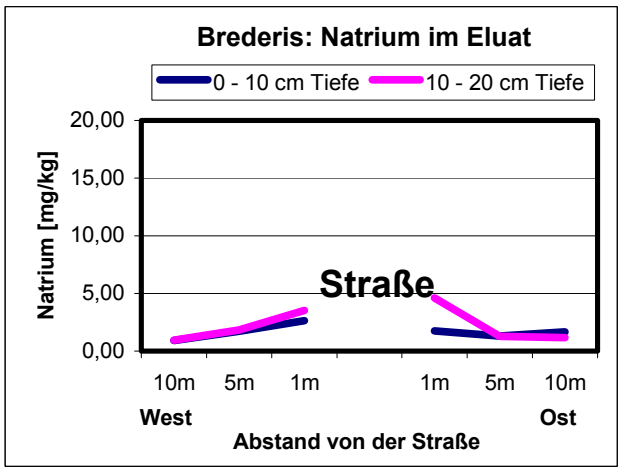

Zürs: Chlorid im Eluat
0-10 cm Tiefe
10-20 cm Tiefe
Chlorid [mg/l]
15,0
10,0
5,0
0,0
-10
-5
-1
1
5
10
West
Ost
Entfernung vom Bankett [m]

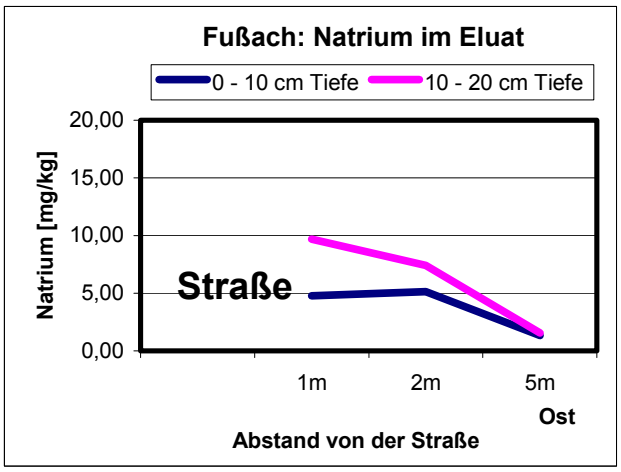
6.1.3. Natrium

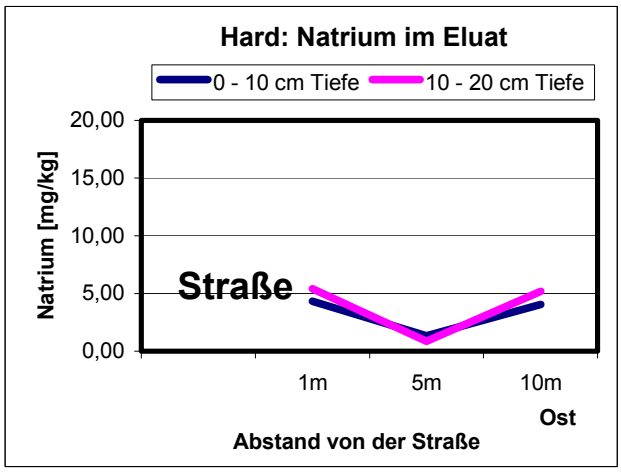

Au: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
SW
NO
Abstand von der Straße

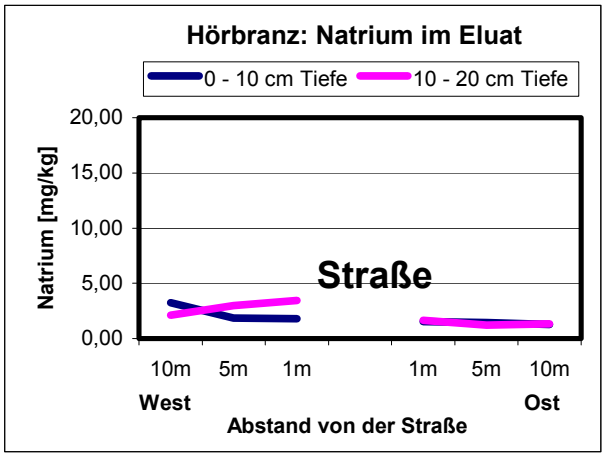

Beschling: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
Nord
Süd
Abstand von der Straße

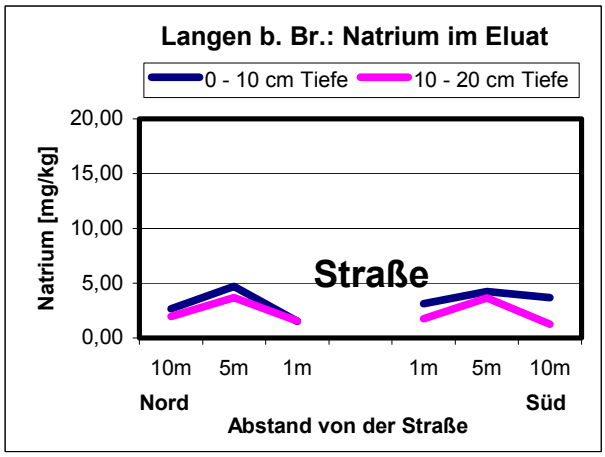

Braz: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
Nord
Süd
Abstand von der Straße

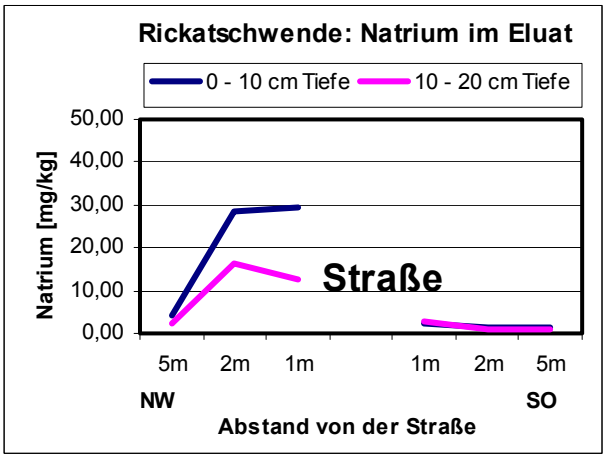

Brederis: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
West
Ost
Abstand von der Straße

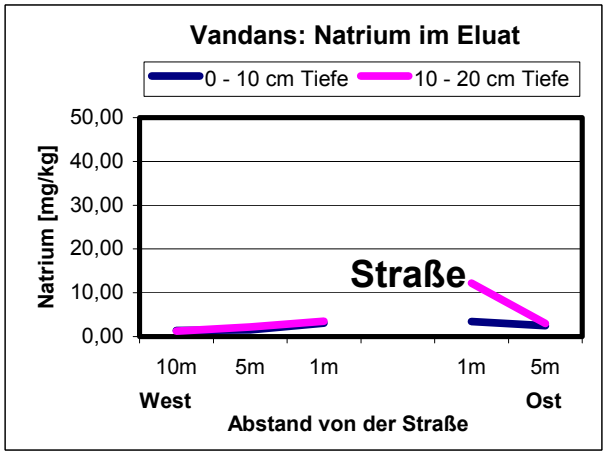

Fußach: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
1m
2m
5m
Ost
Abstand von der Straße

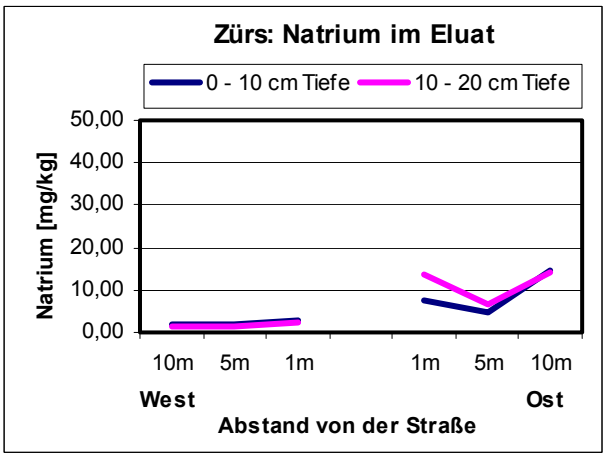

Hard: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
1m
5m
10m
Ost
Abstand von der Straße


Hörbranz: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
West
Ost
Abstand von der Straße

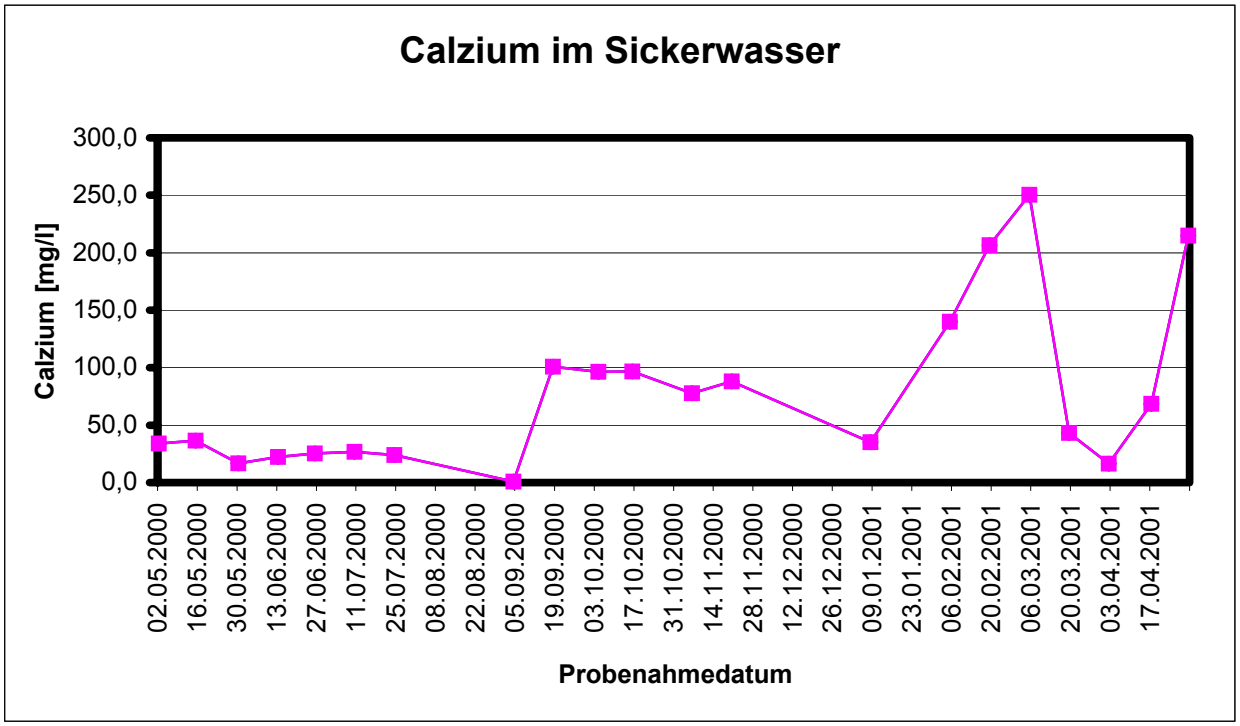

Langen b. Br.: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
10m
Nord
Süd
Abstand von der Straße

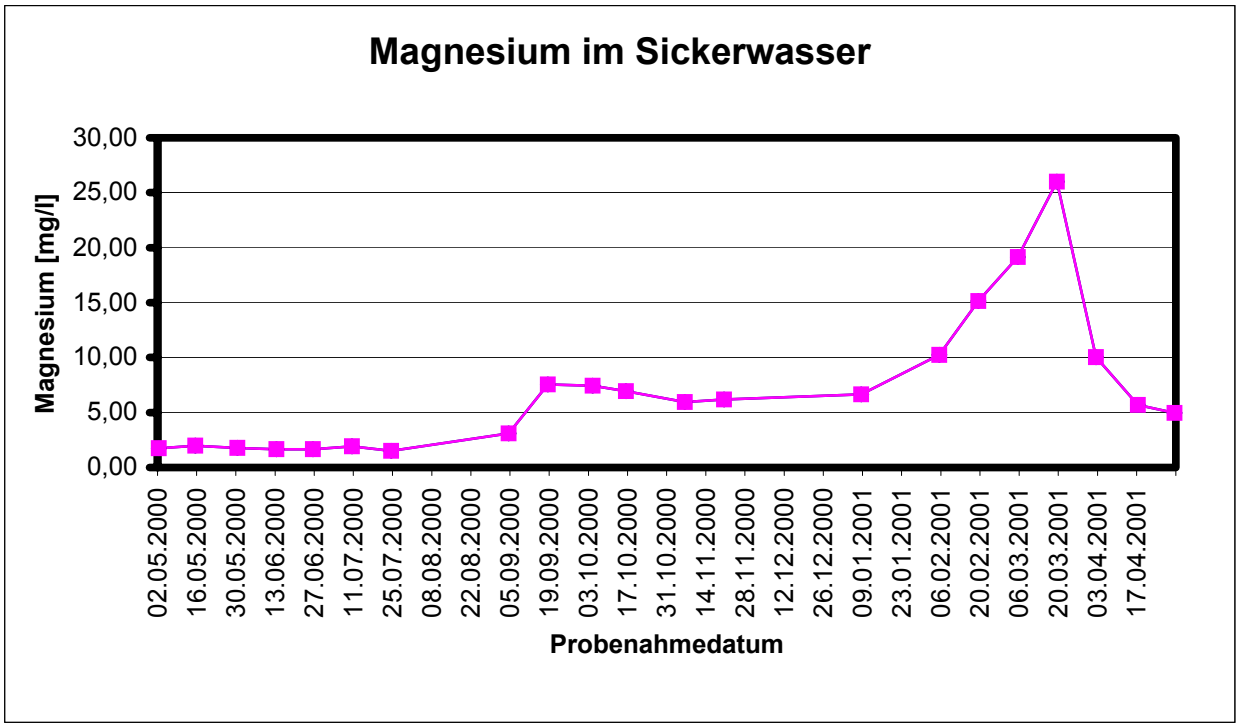

Rickatschwende: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
Straße
5m
2m
1m
1m
2m
5m
NW
SO
Abstand von der Straße

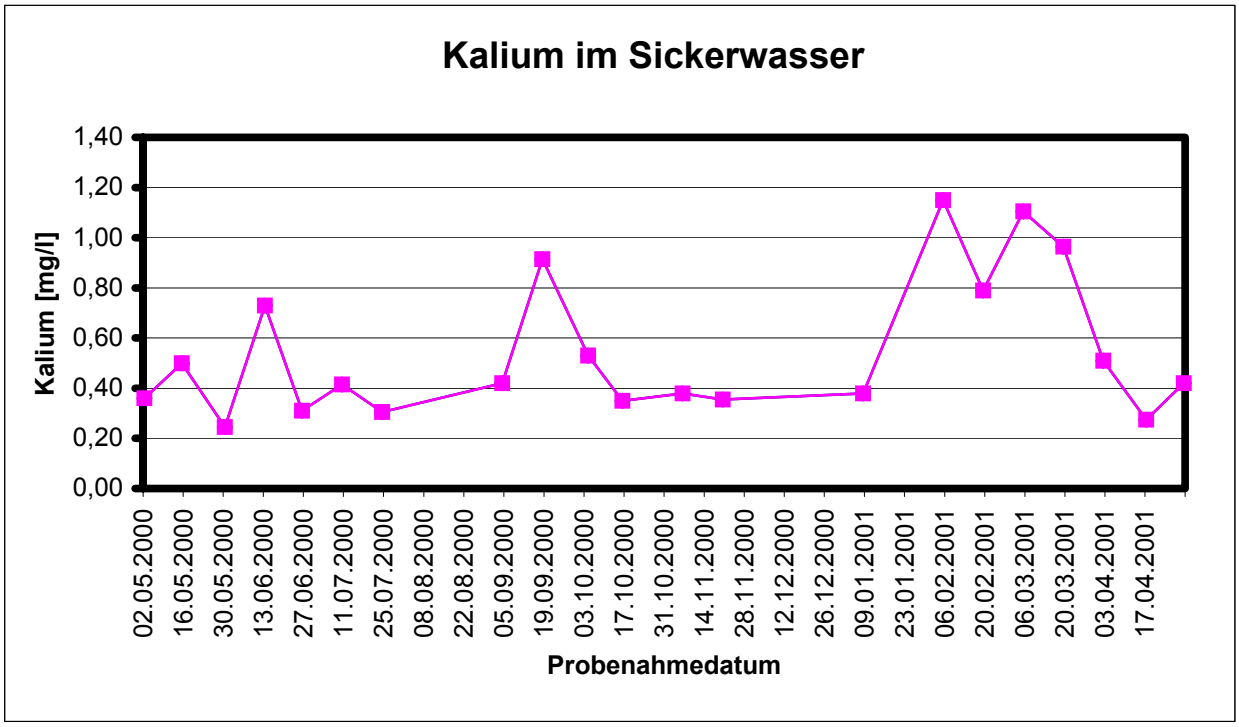

Vandans: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
Straße
10m
5m
1m
1m
5m
West
Ost
Abstand von der Straße

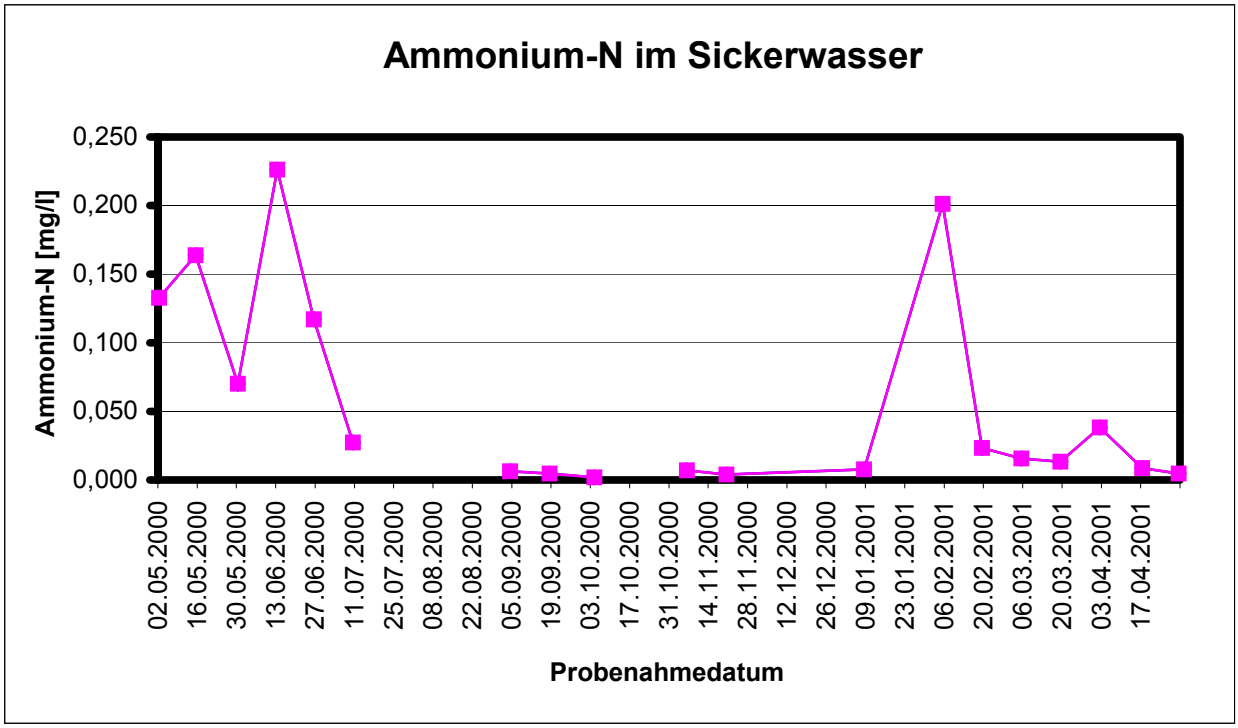

Zürs: Natrium im Eluat
0 - 10 cm Tiefe
10 - 20 cm Tiefe
Natrium [mg/kg]
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
10m
5m
1m
1m
5m
10m
West
Ost
Abstand von der Straße

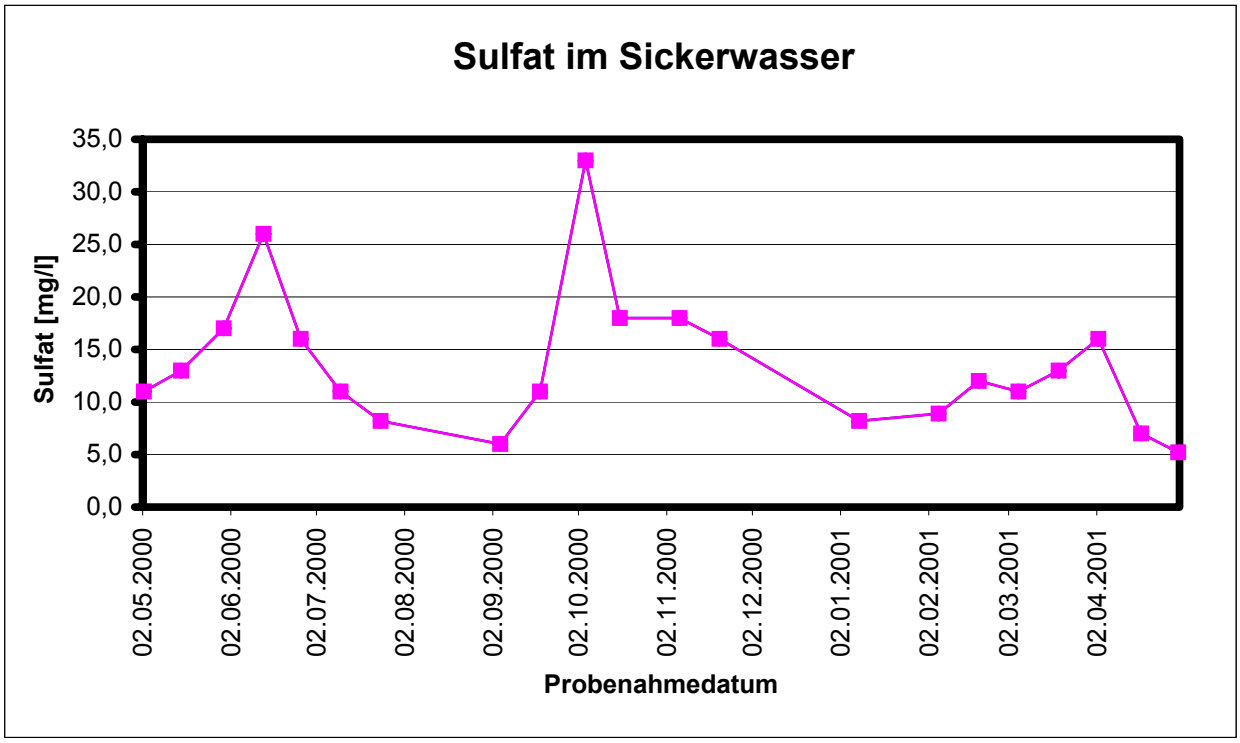
6.2. Anhang 2: Untersuchungen der Sickerwässer am Standort Beschling






Kalium im Sickerwasser
Kalium [mg/l]
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
02.05.2000
16.05.2000
30.05.2000
13.06.2000
27.06.2000
11.07.2000
25.07.2000
08.08.2000
22.08.2000
05.09.2000
19.09.2000
03.10.2000
17.10.2000
31.10.2000
14.11.2000
28.11.2000
12.12.2000
26.12.2000
09.01.2001
23.01.2001
06.02.2001
20.02.2001
06.03.2001
20.03.2001
03.04.2001
17.04.2001
Probenahmedatum


Ammonium-N im Sickerwasser
Ammonium-N [mg/l]
0,250
0,200
0,150
0,100
0,050
0,000
02.05.2000
16.05.2000
30.05.2000
13.06.2000
27.06.2000
11.07.2000
25.07.2000
08.08.2000
22.08.2000
05.09.2000
19.09.2000
03.10.2000
17.10.2000
31.10.2000
14.11.2000
28.11.2000
12.12.2000
26.12.2000
09.01.2001
23.01.2001
06.02.2001
20.02.2001
06.03.2001
20.03.2001
03.04.2001
17.04.2001
Probenahmedatum


Sulfat im Sickerwasser
Sulfat [mg/l]
35,0
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
02.05.2000
02.06.2000
02.07.2000
02.08.2000
02.09.2000
02.10.2000
02.11.2000
02.12.2000
02.01.2001
02.02.2001
02.03.2001
02.04.2001
Probenahmedatum