



**Grundausswertung der Untersuchungen zu Hintergrundwerten von Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat in S4-Bodeneluat**

**1. Anlass**

Nach Erscheinen der BBodSchV sah sich die LAGA veranlasst, die Technischen Regeln Boden der LAGA-Mitteilung 20 anzupassen und zu harmonisieren. In diesem Zusammenhang wurden auch für die Parameter Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im Bodeneluat Orientierungswerte (Z-Werte für die technische Verwendung von Böden) neu festgelegt.

Da das Land Mecklenburg-Vorpommern über einen breiten Küstenstreifen zur Ostsee verfügt, sollte mit einem angepassten Untersuchungsprogramm herausgefunden werden, ob die Z-Werte der o. g. Parameter den Eigenschaften der typischen im Land vorhandenen Böden folgen und ob ein Einfluss der Ostsee in Küstennähe auf die erwähnten Eluatparameter messbar ist.

In der Regel werden die meisten Böden als Abfall zur Verwertung bei Aushubmaßnahmen in besiedelten bzw. industriell genutzten Bereichen anfallen. Eine Untersuchung der entsprechenden Hintergrundbelastungen in stärker besiedelten Räumen wurde im Rahmen dieser Studie nicht angestrengt.

**2. Vorgehensweise**

Hierzu wurden in einem Untersuchungsprogramm 155 Proben aus insgesamt 44 Bodenprofilen in unmittelbarer Küstennähe sowie 145 Proben aus 71 Standorten (Bodenarchiv des LUNG) im Landesinneren entnommen und analysiert (siehe Abb.1).

Diese insgesamt 300 Proben werden genutzt, um landestypische Hintergrundwerte der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im Bodeneluat abzuleiten. Für die Erstellung der Hintergrundwerte sind besonders folgende Unterscheidungskriterien zu beachten:

- Substrat (Sand, Lehm, Torf)
- Entfernung zur Ostseeküste (3 Gruppen: 0 bis 50m, 50 bis 500m, >500m)
- Grundwassereinfluss (oberhalb bzw. unterhalb des Grundwasserspiegels)
- Entnahmetiefe (0-1m, 1-2m, 2-5m)

Die hieraus abgeleiteten ersten Hintergrundwerte dienen als Basisinformation, die mit den Z0-Werten der LAGA verglichen werden. Weitere tiefergehende Auswertungen sind in der Bearbeitung und werden zu einem späteren Zeitpunkt dokumentiert.

Die LAGA definiert bei der Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen die Z0-Werte (in Anlehnung an die Vorsorgewerte der BBodSchV) als Anwendungsgrenzen. Falls Böden mit naturbedingt erhöhten Gehalten (in der Folge sichtbar an erhöhten Hintergrundwerten) existieren, können für diese Böden höhere Zuordnungswerte (Z0) festgesetzt werden.

### **3. Ergebnisse**

Für eine umfassende Beschreibung der Proben wurden neben den erwähnten Eluatgehalten weitere Parameter untersucht: pH-Wert, Carbonatgehalt, Schwefelgehalt, Kornverteilung. Diese dienen vor allem zur Gruppenbildung (z.B. Substrat-Unterscheidung Lehme und Sande) sowie zur Ausgrenzung von Ausreißern (z.B. durch erhöhte Gesamt-Schwefelgehalte).

#### **3.1. Ausgrenzung von torfführenden Bodenpartien**

Da M-V als regionale Besonderheit zu rund 12 % mit Mooren bedeckt ist, wurden neben den in der BBodSchV erwähnten Sand- und Lehmböden auch Torfböden und torfhaltige Böden separat erfasst. Bezüglich der Eluat-Parameter Cl, SO<sub>4</sub> oder Lf ergaben sich Überschreitungen von mind. einem der drei Z0-Werte bei 45 von 300 Proben. Diese 45 Proben sind im Einzelnen:

- 12 Lehmproben von insgesamt 113 Lehmproben; das entspricht 11 %
- 23 Sandproben von insgesamt 177 Sandproben; das entspricht 13 %
- 10 Torfproben von insgesamt 10 Torfproben; das entspricht 100 %.

Hieraus wird bereits ersichtlich, dass Torfproben bzw. Bodenproben mit torfig-moorigen Anteilen generell erhöhte Eluatwerte aufweisen. 7 von 10 Torfproben zeigen sogar Z2-Überschreitungen (siehe Abb.2). Somit muss diese Substratgruppe aus der weiteren gemeinsamen Auswertung ausgeschlossen werden. Außerdem verdeutlicht dieser Befund, dass auf Torfe oder torfige Sedimente die derzeit in der Diskussion befindlichen LAGA-Z-Werte nicht übertragen werden können, da die gefundenen Hintergrundgehalte ein deutlich höheres Niveau besitzen. Eigene Hintergrundwerte können für Torfe jedoch noch nicht abgeleitet werden, da:

- a) für dieses Substrat die analysierten Gehalte zu heterogen sind und
- b) die Analysenzahl zu gering ist.

Abgesicherte Hintergrundwerte für Torfböden sollten in dieser Projektphase auch nicht entwickelt werden, da Orientierungs- oder Grenzwerte sowohl in der BBodSchV als auch in den TR M20 der LAGA fehlen.

### 3.2. Ermittlung erster Hintergrundwerte

In einem ersten Schritt werden alle Proben (außer den Torfen) unabhängig von Substrat, Tiefe oder Küstennähe in einer Gruppe gemeinsam ausgewertet und anschließend werden daraus Hintergrundwerte abgeleitet. Die Hintergrundwerte werden üblicherweise in Form von 50%-Quantilen (=Median) und 90%-Quantilen angegeben. Das 50%-Quantil gibt die Stoffkonzentration an, bei der genau 50% der Proben einen höheren und 50% der Proben einen tieferen Wert aufweisen. Die meisten Gehalte der Proben sind um diesen Medianwert gruppiert, der somit den typischen Gehalt der betrachteten Gruppe zeigt.

Das 90%-Quantil gibt die Stoffkonzentration an, bei dem genau 10% der Proben einen höheren und 90% der Proben einen tieferen Wert aufweisen. Damit können z.B. Entscheidungen gefällt werden, ob eine gefundene Konzentration noch im normalen Spektrum liegt oder anormal ist, also oberhalb der 90er Quantils liegt. Beim Vergleich mit Grenzwerten (nachfolgend Z0-Werte) sollten diese also oberhalb des 90%-Quantils liegen, da normale Proben keine Grenzwertüberschreitung aufweisen sollten.

In der landwirtschaftlichen Praxis (z.B. Klärschlammverordnung) hat es sich zudem bewährt, Hintergrundwerte mit 70% der Vorsorgewerte zu vergleichen, um eindeutig und unabhängig von Probenahme und Analytik zu belegen, dass ein Grenzwert unterschritten ist. Diese Methode wird in der nachfolgenden Bewertung ebenfalls angewendet.

An den in Tab.1 aufgeführten Werten ist ersichtlich, dass die Mediane aller ausgewerteten Eluat-Komponenten deutlich unter den Z0-Werten bzw. dem 70%-Anteil liegen (Abb.4a).

**Dies weist zunächst auf eine generelle Anwendbarkeit der LAGA-Z0-Werte auf die Böden in M-V hin.**

Mineralböden 0–5 m Tiefe (n = 290 Proben)	Leitfähigkeit	Chlorid	Sulfat
	µS/cm	mg/l im Eluat	
50%-Quantil (Median)	83	5,1	3,8
90%-Quantil	<b>176</b>	12	<b>16</b>
LAGA-Z0-Wert	250	30	20
<b>LAGA 70% des Z0-Wertes</b>	<b>175</b>	<b>21</b>	<b>14</b>
LAGA-Z2-Wert	2000	50	200

	Hintergrundwert liegt deutlich unterhalb dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert
	Hintergrundwert liegt über dem 70%-Anteil des jeweiligen LAGA-Z0-Wertes

**Tab. 1: Hintergrundwerte von Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im S4-Eluat unabhängig von Substrat, Tiefe oder Ostseennähe**

Das 90%-Quantil, das die Grenze der normalen Gehalte in den Böden markiert, ist beim Parameter Leitfähigkeit bereits bei 70% des LAGA-Z0-Wertes angekommen. Bei Sulfat liegt das 90%-Quantil bereits bei 80% des Z0-Wertes. Nur bei Chlorid ist das 90%-Quantil ausreichend vom LAGA-Z0-Wert entfernt. Ein direkter Einfluss des Salzwassers der Ostsee ist in diesem Schritt nicht erkennbar.

Die höheren 90%-Quantile der Leitfähigkeit und des Sulfatwertes hängen ursächlich zusammen. Die Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für alle im Eluat gelösten Ionen

(Abb.3a-c). Da die gelösten Ionen, die die Leitfähigkeit bilden, zu einem wesentlichen Anteil aus Sulfat bestehen, wird bei einem höheren Sulfatwert auch gleichzeitig die Leitfähigkeit erhöht, was sich in den Korrelationen der Komponenten untereinander abbildet (Abb.3a-c). Die fehlende Korrelation zwischen Chlorid und Sulfat (Abb. 3d) zeigt, dass die erhöhten Gehalte beider Komponenten keine gemeinsamen Ursachen besitzen, sondern verschiedenen Ursprungs sind.

### 3.3. Einflussfaktor Entfernung zur Ostseeküste

Die untersuchten Bodenprofile sind bereits bei der Projektplanung in drei Entfernungskategorien unterteilt worden: (Angaben ohne Torfproben)

- a) unmittelbarer Küstensaum (0 m bis ca. 50 m vom Ostseerand; 68 Proben),
- b) Küstennaher Bereich (50 bis 500 m vom Ostseerand; 78 Proben),
- c) küstenferner Bereich (> 500 m vom Ostseerand; 144 Proben).

Für diese drei Kategorien werden nachfolgend separate Hintergrundwerte ausgewiesen, auf systematische Abweichungen geprüft und mit den Hintergrundwerten aller Proben verglichen (siehe Abb.4).

Die Werte in Tab.2 zeigen, dass die Eluat-Hintergrundwerte der küstenfernen Standorte (Gruppe a)) generell unterhalb der LAGA-Z0-Werte bzw. deren 70%-Anteilen liegen (Abb.4b). Auch die Hintergrundwerte der schon relativ küstennahen Gruppe b) liegen unter den Z0-Werten bzw. deren 70%-Anteilen (Abb.4c). In unmittelbarer Küstennähe zeigt sich hingegen eine systematischer Erhöhung der Hintergrundwerte, so dass die 90%-Quantile der Hintergrundwerte die Z0-Werte überschreiten (Abb.4d). Dieser Einfluss ist statistisch abgesichert, bezieht sich aber nur auf den unmittelbaren Küstensaum. Eine Anwendung der LAGA-Z0-Werte würde hier bereits zu Ausgrenzungen natürlicher unbeeinflusster Böden führen.

Mineralboden		Leitfähigkeit	Chlorid	Sulfat
		µS/cm	mg/l im Eluat	
a) Entfernung zur Küste: > 500 m (n = 144)	50%-Quantil (Median)	74	5,1	3,3
	90%-Quantil	150	8,3	8,8
b) Entfernung zur Küste: 50-500 m (n = 78)	50%-Quantil (Median)	85	4,5	4,0
	90%-Quantil	140	7,7	13,4
c) Entfernung zur Küste: 0-50 m (n = 68)	50%-Quantil (Median)	99	6,3	6,4
	90%-Quantil	254	28,5	35,4

LAGA-Z0-Wert	250	30	20
LAGA 70% des Z0-Wertes	175	21	14
LAGA-Z2-Wert	2000	50	200

	Hintergrundwert liegt deutlich unterhalb dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert
	Hintergrundwert liegt über dem 70%-Anteil des jeweiligen LAGA-Z0-Wertes
	Hintergrundwert liegt über dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert

**Tab.2: Hintergrundwerte von Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im S4-Eluat in Abhängigkeit von der Entfernung zur Küstenlinie**

Die einzelnen Eluatkomponenten sind dabei differenziert zu betrachten: Während die Erhöhung im Chlorid und auch in der Leitfähigkeit ihre Ursache im Einfluss des Salzwassers der Ostsee haben kann, ist die deutliche Erhöhung des Sulfats nicht auf Salzwasser zurückzuführen, sondern muss eine andere Ursache besitzen, da Sulfat und Chlorid nicht miteinander korrelieren (vgl. Abb.3d). Dennoch besteht ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Nähe zur Küste, die natürliche Ursache dieses Effekts wird im nachfolgenden Punkt beschrieben.

### 3.4. Einflussfaktor Wasser

Die Ostsee hat neben dem erhöhten Salzgehalt auch zur Folge, dass sich der Grundwasserspiegel in Küstennähe erhöht, da das Grundwasser einen Ausgleich zum Wasserspiegel der Ostsee sucht (Prinzip der kommunizierenden Röhren). In den küstennahen Bodenprofilen der flachen Küstenbereiche (keine Steilküste!) liegt daher der Grundwasserspiegel oft recht hoch (weniger als 1 m unter Gelände).

Wasser kann jedoch das Sauerstoffmilieu des Bodens entscheidend verändern. Oberhalb des Grundwasserspiegels sind Böden oft gut durchlüftet und besitzen dadurch ein oxidierendes Milieu, während unterhalb des Grundwasserspiegels durch Sauerstoffabschluss reduzierende Verhältnisse vorherrschen. Gerade die Verbindungen des Schwefels, durch Reduktionsvorgänge entstandene Sulfide und durch Oxidationsprozesse gebildete Sulfate, reagieren sehr sensibel auf Milieuänderungen. Unter anderem können die o.g. Veränderungen des Sauerstoffregimes (vor allem beim Wechsel luft-/wassergesättigter Porenraum) Auswirkungen auf die untersuchte Konzentration der Sulfationen haben.

Daher wird ein zweiter Vergleich von Hintergrundwerten durchgeführt, der sich - unabhängig von Substrat und Küstennähe – auf die Proben oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels bezieht. Diese Auswertung wird nur mit den Profilen durchgeführt, bei denen der Grundwasserspiegel genau erfasst wurde (50 Profile mit 167 Proben).

Mineralboden		Leitfähigkeit	Chlorid	Sulfat
		µS/cm	mg/l im Eluat	
a) oberhalb Grundwasser (n = 90)	50%-Quantil (Median)	82	4,5	3,5
	90%-Quantil	184	14,2	9,9
b) unterhalb Grundwasser (n = 77)	50%-Quantil (Median)	100	5,2	6,8
	90%-Quantil	210	14,6	38
LAGA-Z0-Wert		250	30	20
LAGA 70% des Z0-Wertes		175	21	14
LAGA-Z2-Wert		2000	50	200

	Hintergrundwert liegt deutlich unterhalb dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert
	Hintergrundwert liegt über dem 70%-Anteil des jeweiligen LAGA-Z0-Wertes
	Hintergrundwert liegt über dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert

**Tab.3:** Hintergrundwerte von Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im S4-Eluat unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses

Während bei den Parametern Leitfähigkeit (Abb.5a) und Chlorid (Abb.5b) ein Einfluss des Grundwassers nicht oder nur schwach erkennbar ist, führt diese Aufteilung bei Sulfat (Abb.5c) in der Gruppe mit den Proben unterhalb des Grundwasserspiegels zu einer Verdopplung des Medians und zu einer Vervierfachung des 90%-Quantils, das somit deutlich über dem LAGA-Z0-Wert liegt. Insgesamt liegen nahezu ein Viertel der untersuchten Proben unterhalb des Grundwasserspiegels (17 von 77) über dem LAGA-Z0-Wert. Für die betrachtete Probengruppe b) „Mineralböden unterhalb des Grundwasserspiegels“ ist damit der Sulfatgrenzwert der LAGA zu tief angesetzt. Bei einer Übernahme dieses Wertes würden natürliche Böden, die nur durch das Grundwassermilieu beeinflusst sind, als belastet ausgegrenzt und als nur eingeschränkt verwertbar angesehen. Dieses Phänomen wurde nur an der Küste statistisch ausgewertet, es dürfte sich aber um ein generelles Phänomen bei hohen Grundwasserständen handeln, die in Mecklenburg-Vorpommern verbreitet, z.B. in der Nähe von Seen und Flüssen zu finden sind.

#### **4. Zusammenfassung**

- Die vereinzelt im küstennahen Raum gefundenen organischen Sedimente (Torfe) weisen signifikant erhöhte Eluatgehalte in Bezug auf die Parameter Leitfähigkeit, Sulfat und Chlorid auf. Es ist daher generell davon auszugehen, dass die LAGA-Z0- (in einigen Fällen sogar Z2-)Werte für die betrachteten Parameter von Torfen und torfhaltigen Sedimenten nicht eingehalten werden.
- Die Medianwerte, die einen Mittelwert der betrachteten übrigen mineralischen Bodenproben darstellen, liegen in allen Fällen unterhalb der LAGA-Z0-Werte bzw. den 70%-Anteilen dieser LAGA-Werte.
- Die 90%-Quantilwerte, die dazu dienen können, typische Gehalte von untypischen zu unterscheiden, liegen meist ebenfalls unter den LAGA-Z0-Werten, zum Teil aber auch darüber.
- Für Mecklenburg-Vorpommern ergibt sich, dass die aus den nicht urbanen und anthropogen wenig beeinflussten Böden gewonnenen Hintergrundwerte abgesehen von nachfolgenden Ausnahmen mit den Z0-Werten der überarbeiteten TR Boden vereinbar sind:

Ausnahmen mit erhöhten Hintergrundwerten sind:

- a) Standorte mit torfhaltigen Sedimenten;
- b) Standorte in unmittelbarer Küstennähe;
- b) Standorte mit grundwasserbeeinflussten Böden (Sedimente unterhalb des anstehenden Grundwasserspiegels).

#### **Datenführende Institution**

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Goldberger Straße 12, 18263 Güstrow  
Ansprechpartner: Dr. G. Böttcher, e-mail: [gerd.boettcher@lung.mv-regierung.de](mailto:gerd.boettcher@lung.mv-regierung.de); Dr.H.Didik; e-mail: [helmur.didk@lung.mv-regierung.de](mailto:helmur.didk@lung.mv-regierung.de); internet: [www.lung.mv-regierung.de](http://www.lung.mv-regierung.de)

