

**Grundauswertung zu landestypischen Hintergrundwerten  
für Verdichtungsräume in M-V:  
Sulfat, Chlorid, Leitfähigkeit in Bodenextrakten  
und B(a)P,  $\Sigma$  16 PAK als Gesamtgehalte**

**1. Anlass**

Mit Erlass vom 22.12.2005 wurde vom Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern die neu überarbeitete und an das Bodenschutzrecht angepasste LAGA- M 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln: Teil II, Stand 05.11.2004 (TR Boden), zur Anwendung empfohlen. Darin sind Parametergruppen im Feststoff oder/und im wässrigen Bodenextrakt genannt (Schwermetalle und Arsen, Kohlenwasserstoffe, PAKs, Sulfat, Chlorid, pH-Wert, Leitfähigkeit), für die Zuordnungswerte (Z-Werte) genannt wurden. Für die Verwertung von Boden im offenen Einbau (Z 0, Z 1) sieht die TR Boden bei den Parametern Sulfat, Chlorid und Leitfähigkeit größtenteils eine Verschärfung der Z-Werte vor, wobei die letzt genannten Zuordnungswerte nicht für organische Böden wie Torfe und zahlreiche Mudden gelten.

Gleichzeitig eröffnet die TR Boden – analog zur BBodSchV – die Möglichkeit, in Gebieten mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Gehalten unter bestimmten Maßgaben für die entsprechenden Parameter höhere Z-Werte zuzulassen.

In Gebieten mit anthropogen veränderten Böden (z.B. Siedlungsgebiete, großflächige Aufschüttungen oder Spülflächen), in denen die meisten Böden zur Verwertung anfallen, sind weder für Chlorid, Sulfat, Leitfähigkeit noch für andere Parameter Hintergrundwerte zur Beurteilung vorhanden. Es wären also stets Einzelfalluntersuchungen erforderlich. Daher gilt es festzustellen, ob und in welchem qualitativen Umfang die städtischen Böden großflächig erhöhte Salzgehalte (LF, Chlorid, Sulfat) aufweisen, um die Verwertung dieser Böden weiterhin zu ermöglichen.

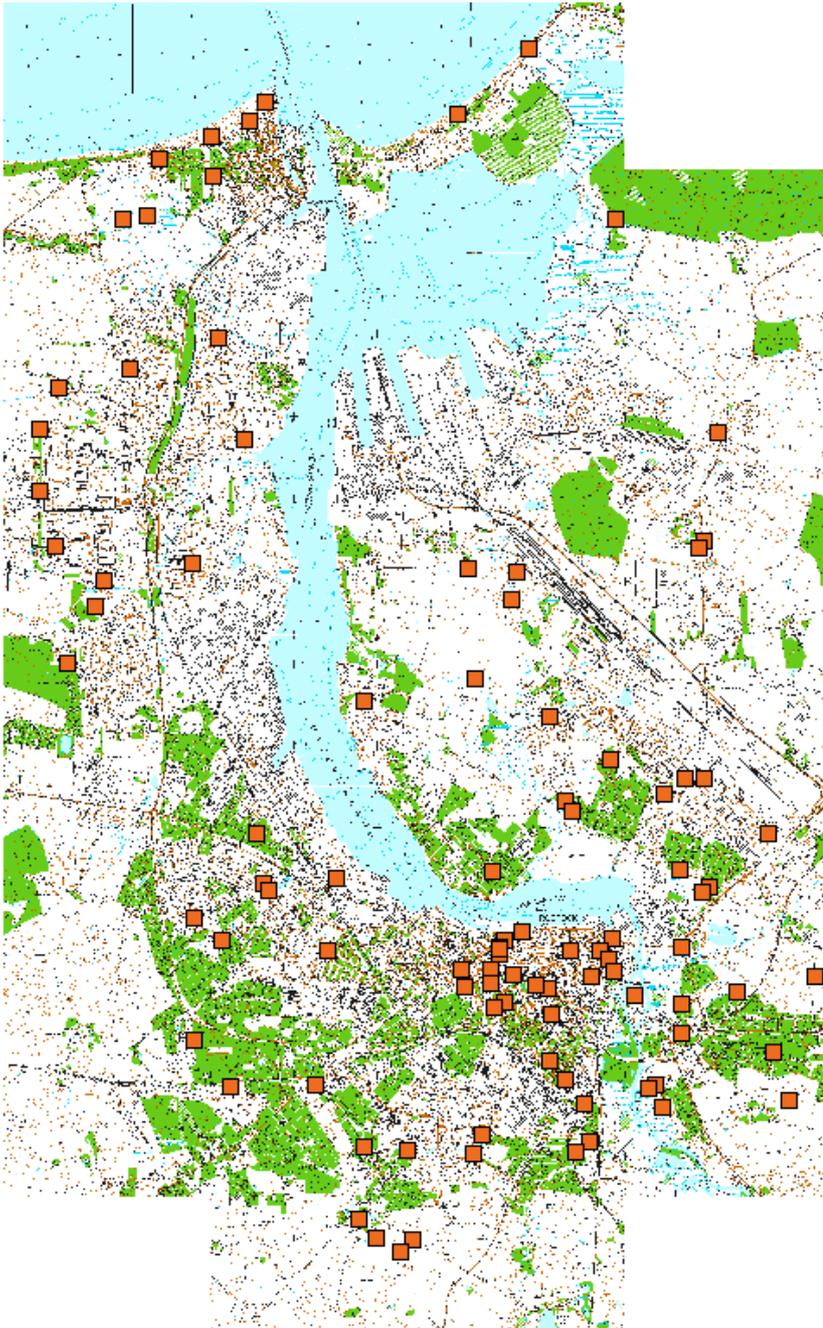
Für unbelastete Böden liegen für die drei letztgenannten Parameter seit 2005 in M-V Hintergrundwerte vor, die eine Anwendbarkeit der TR Boden im ländlichen Bereich zeigen.

Ziel ist es für M-V einen statistisch abgesicherten Datensatz zu erzeugen, beginnend mit den S4-Extraktparametern Sulfat, Chlorid und Leitfähigkeit. Die gewonnenen Proben dienen dann langfristig dazu, mit Hilfe von geochemischen Untersuchungen u.a. auch weitere Hintergrundwerte relevanter Parameter zu erhalten. Diese Hintergrundwerte können dann zur Evaluierung der sich in Vorbereitung befindenden Ersatzbaustoffverordnung herangezogen werden.

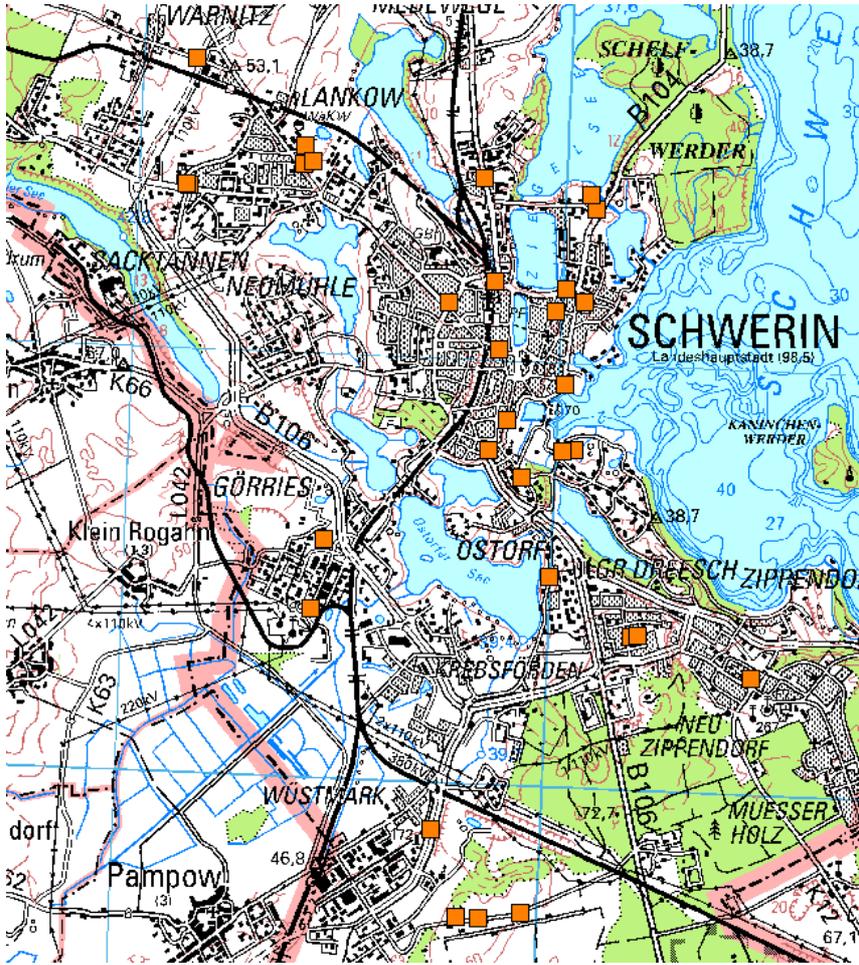
## 2. Vorgehensweise

In einem vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern beauftragten und finanzierten Beprobungs- und Untersuchungsprogramm wurden insgesamt 171 Profile mit 814 Proben aus 5 größeren Städten in M-V entnommen und analysiert (siehe Abb.1-6).

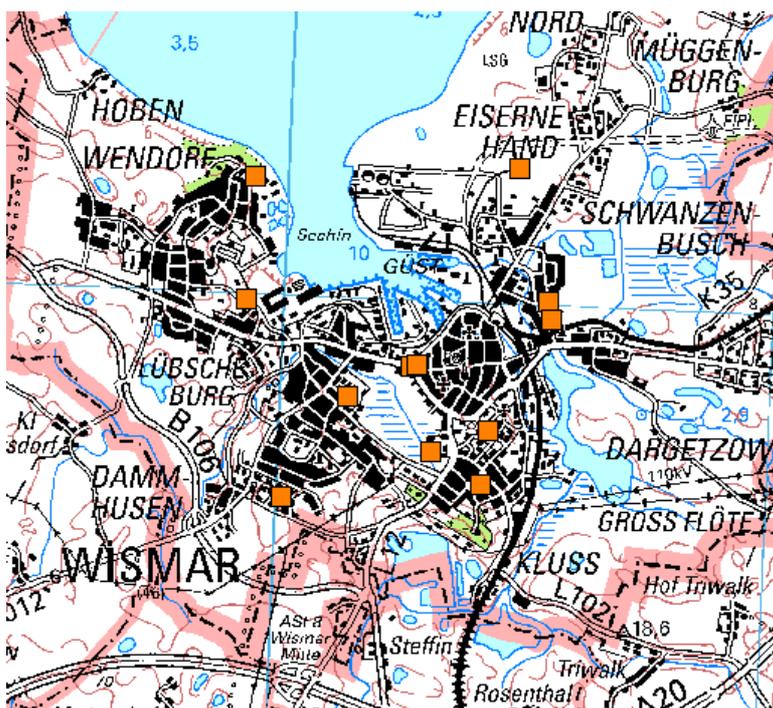
- Abb. 1: Rostock      98 Profile      495 Proben



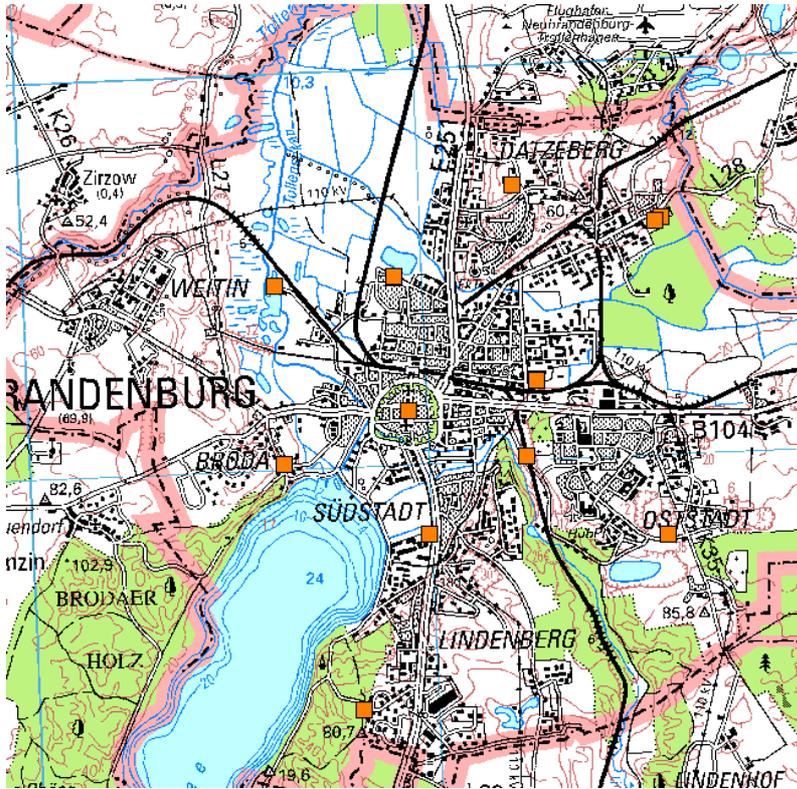
- **Abb. 2: Schwerin**                      31 Profile            116 Proben  
 (nicht dargestellt sind weitere 95 Proben von 30 Spielplätzen, die mit bewertet wurden)



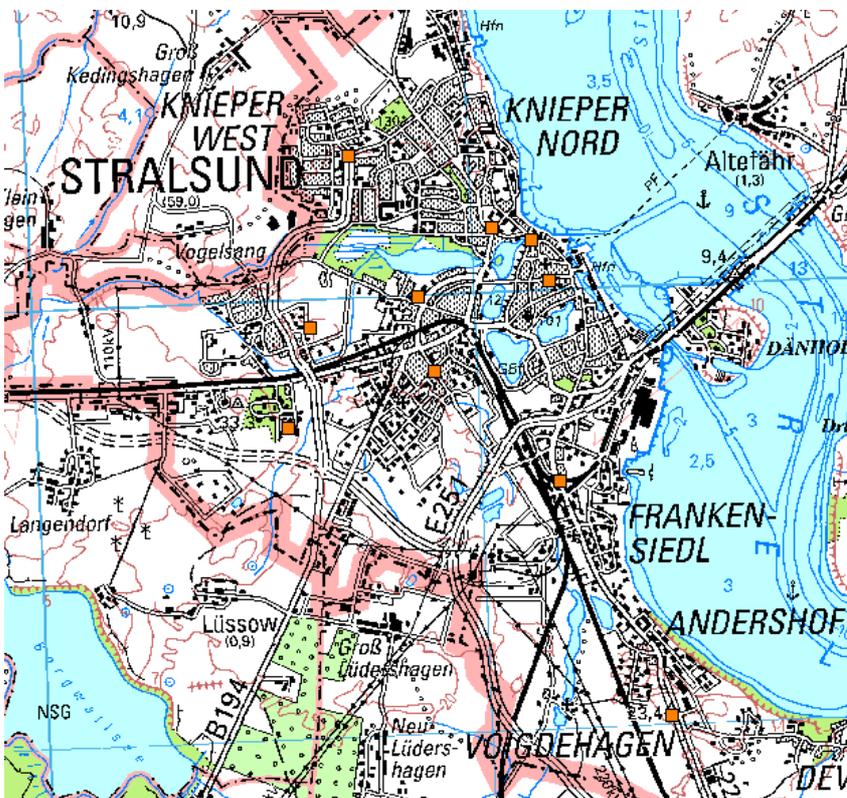
**Abb. 3: Wismar**                      10 Profile            41 Proben



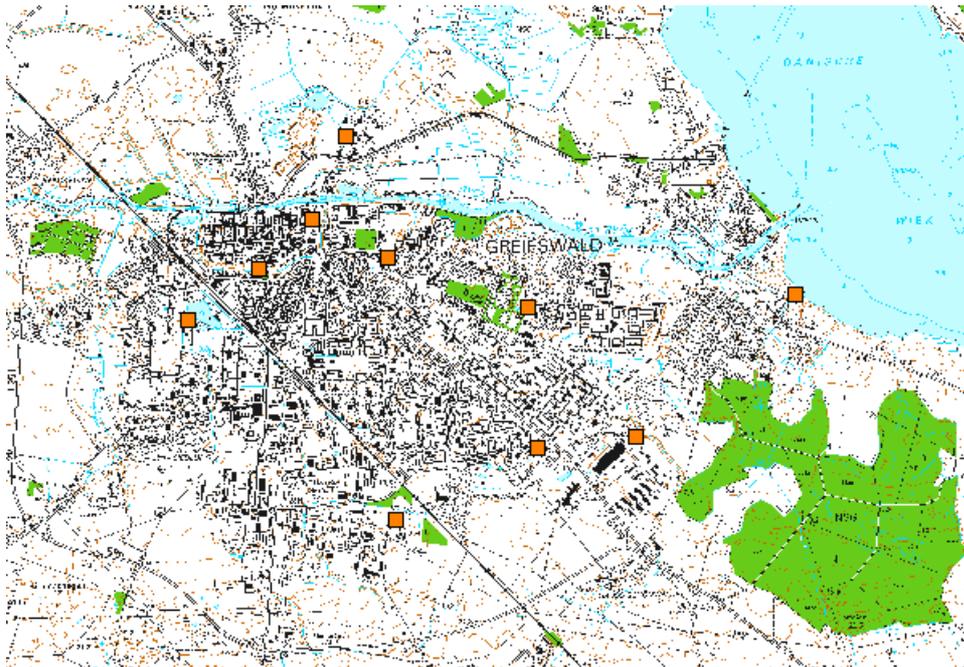
- **Abb. 4: Neubrandenburg**      12 Profile      65 Proben



- **Abb. 5: Stralsund**      10 Profile      36 Proben



- **Abb. 6: Greifswald** 10 Profile 52 Proben



Aus diesen Proben werden zunächst landestypische Hintergrundwerte der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im Bodenextrakt (900 Proben) und Summe PAK und B(a)P im Boden (300 Proben) abgeleitet.

Für die Erstellung der Hintergrundwerte sind besonders folgende Unterscheidungskriterien zu beachten:

- Substrat (Sand, Lehm, Torf)
- Entnahmetiefe (0-0,5m, 0,5-2m, 2-3m)

Die hieraus abgeleiteten Hintergrundwerte dienen als Basisinformation, die mit den Z0- und Z2-Werten der LAGA oder eventuell neu entstandenen Grenzwerten verglichen werden.

### **3. Ergebnisse**

Die Feldansprache der Proben wurde nach bodenkundlichen Maßstäben (bodenkundliche Kartierungsanleitung KA 5) durchgeführt mit Angabe der Bodenart, Humusgehalt und Carbonatgehalt als zentrale Kriterien. Für eine umfassende Beschreibung der Proben werden langfristig weitere Parameter untersucht: z.B. pH-Wert, Gesamtelementgehalte, Kornverteilung.

Da diese Parameter zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorliegen, können sie in diese Auswertung noch keinen Eingang finden.

#### **3.1. Anorganische Extraktionen**

Da zum Zeitpunkt des Projektbeginns noch keine rechtsverbindliche Ersatzbaustoffverordnung sowie dazugehörige Zuordnungswerte vorlagen, wird zur Auswertung auf den letzten Entwurf der TR Boden mit ihren nutzungsbedingten Zuordnungswerte (Z-Werte) Bezug genommen, der

im Land M-V auch zur Anwendung kam (siehe Tab. 1). Entsprechend wurde mit den Untersuchungsverfahren gearbeitet, die darin genannt waren, nämlich der wässrigen Schüttelextraktion mit einem Wasser/Feststoffverhältnis von 10/1 (DEV S4).

**Tab. 1: Zuordnungswerte der TR Boden der LAGA**

	Leitfähigkeit	Chlorid	Sulfat
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	mg/l im Extrakt	
<b>LAGA-Z0-Wert</b>	<b>250</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
<b>LAGA-Z2-Wert</b>	<b>2000</b>	<b>100 *)</b>	<b>200</b>

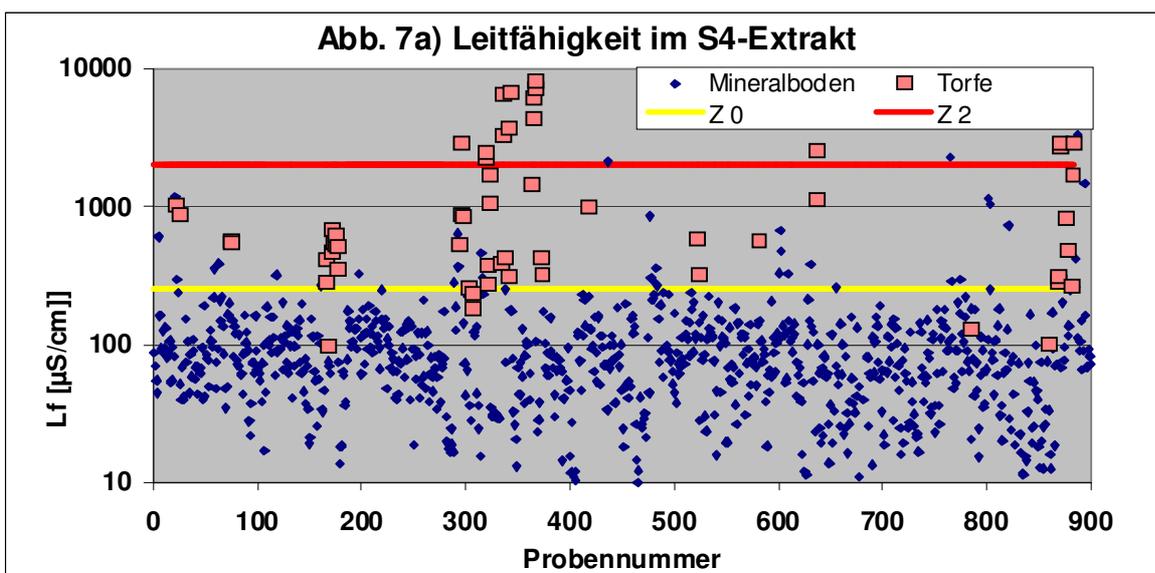
\*) bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l

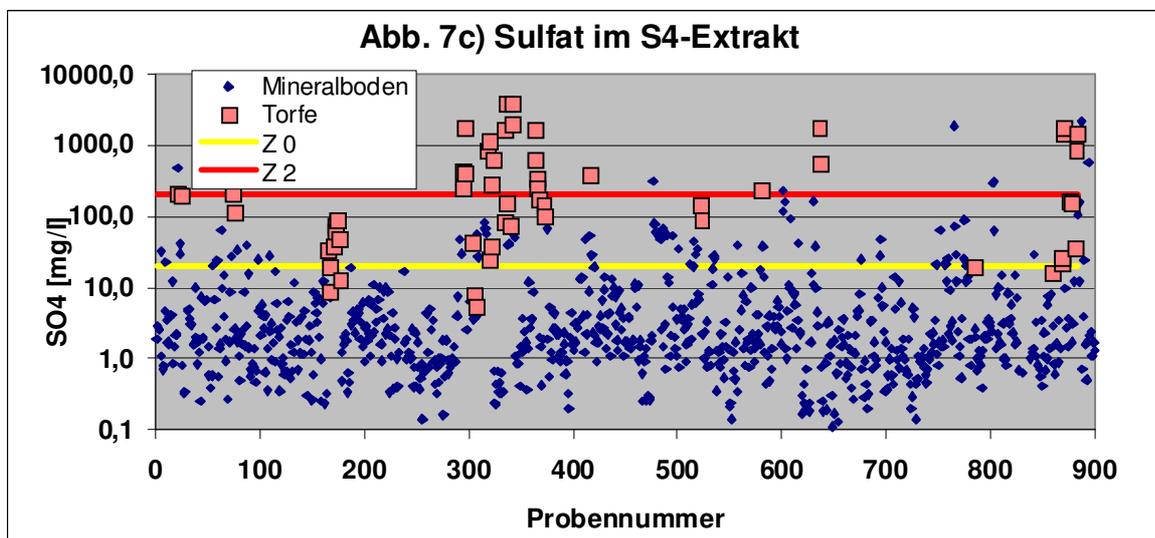
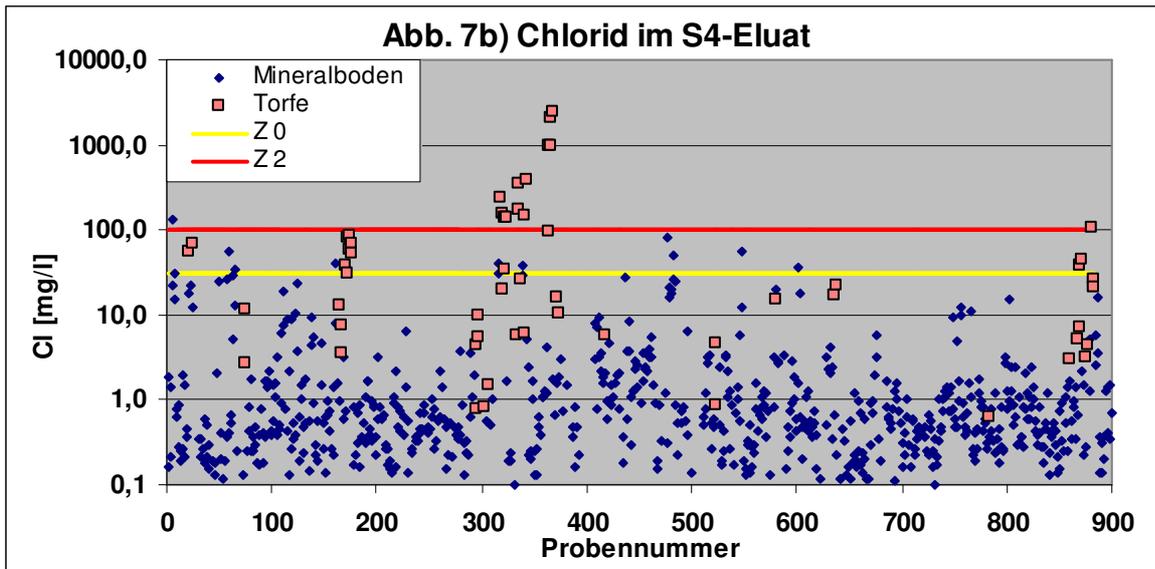
### 3.2. Betrachtung über alle Proben

Aus den in den 5 Städten beprobten Profilen wurden insgesamt 805 Proben gewonnen. Zusätzlich wurden 95 Proben einer früheren Kampagne der Stadt Schwerin mit einbezogen, in der innerstädtische Spielplätze auf Belastungen untersucht wurden, so dass insgesamt 900 Proben zur Auswertung verwendet werden konnten. Die 95 Spielplatzproben können jedoch wegen fehlender Bodenansprache nicht in die spezielle substratspezifische Auswertung einbezogen werden.

Bei den Extrakt-Parameter Cl, SO<sub>4</sub> und Lf ergaben sich in den 900 Proben zu einem geringen Teil Überschreitungen der Z0- und Z2-Werte. Bei 148 von 900 Proben ist mindestens einer der jeweils drei Z0- oder Z2-Werte überschritten worden.

Abb. 7: Extraktgehalte nach DEV S4





Während die typischen Mineralbodenhorizonte (Sand, Lehm, Schluff) nur zur ca. 12 % Überschreitungen mind. eines Z0-Wertes zeigen, sind die wenigen Proben mit überwiegend anthropogenem Material (Beton, Ziegel, Schlacke, Asche; n = 10;) erwartungsgemäß häufiger erhöht (50 % Z0-Überschreitungen). Auffällig in Ab. 7a)-c) ist, dass die beprobten Torfe fast immer Überschreitungen eines Z0-Wertes (54 von 58 Proben) und auch häufig (48 %) Z2-Wert-Überschreitungen aufweisen. Hieraus wird ersichtlich, dass Torfproben bzw. Bodenproben mit hohen torfigen Anteilen deutlich andere Konzentrationen aufweisen und daher nicht gemeinsam mit den mineralischen Böden ausgewertet werden dürfen. Der Geltungsbereich der TR Böden, aus dem die verwendeten LAGA-Zuordnungswerte stammen, ist auch explizit für mineralische Abfälle und Bodenmaterial definiert. Organische Böden liegen demzufolge nicht im Geltungsbereich der Zuordnungswerte, so dass eine Überschreitung zunächst nicht bedeutsam erscheint.

Um diesen großen Unterschieden gerecht zu werden, werden die organischen Proben aus der Auswertung der Mineralböden genommen und getrennt betrachtet.

## 4. Ermittlung von vorläufigen Hintergrundwerten

### 4.1 Ermittlung über alle Proben

In einer ersten Übersichtsauswertung werden alle Proben außer den Torfen und anthropogenen Materialien unabhängig von Substrat, Tiefe oder Standort in einer Gruppe gemeinsam ausgewertet. Da Hintergrundwerte üblicherweise in Form von 50%-Quantilen (=Median) und 90%-Quantilen angegeben werden, wird auch hier der Schwerpunkt der Auswertung auf diese Quantile gelegt. Das **50%-Quantil** gibt dabei 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 darstellen soll.

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 Zuordnungswerten (nachfolgend Z0-Werte) sollten diese also oberhalb des 90%-Quantils liegen, da „normale“ Proben keine Überschreitung der Zuordnungswerte aufweisen sollten.

Die daraus abgeleiteten Konzentrationen an den 50%- und 90%-Quantilen zeigt Tab.2. An den aufgeführten Werten ist ersichtlich, dass die Mediane der drei ausgewerteten Extrakt-Parameter deutlich unter den Z0-Werten liegen. Auch die 90%-Quantile liegen noch – wenn auch bei Sulfat nur knapp – unter den Z0-Werten. **Dies weist zunächst auf eine generelle Anwendbarkeit der LAGA-Z0-Werte auf die urbanen Böden in M-V hin.**

**Tab.2: Vorläufige Hintergrundwerte ohne Substratdifferenzierung**

Mineralboden (n = 832 Proben)	Leitfähigkeit	Chlorid	Sulfat
	µS/cm	mg/l im Extrakt	
50%-Quantil (Median)	75	0,5	1,8
90%-Quantil	172	3,2	17
LAGA-Z0-Wert	250	30	20
LAGA-Z2-Wert	2000	100	200

 Hintergrundwert liegt unterhalb dem jeweiligen LAGA-Z0-Wert  
 Hintergrundwert liegt dicht am jeweiligen LAGA-Z0-Wert

### 4.2 Auswertung nach Substraten

Ein für Hintergrundwerte zentraler Gruppierungsparameter ist die Art des Sediments (Substratart, Bodenart). In der BBodSchV wird nach den 3 Bodenarten Sand, Lehm und Ton unterschieden, wobei diesen auch spezifische Grenzwerte (Vorsorgewerte) zugeordnet werden. Auf Grund der Häufigkeit der im Stadtbodenprojekt beprobten Substrate werden neben den drei genannten auch Schluffe und Torfe (alle klassifiziert nach der Feldansprache entsprechend der

bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5) ausgewiesen. Für die substratspezifische Auswertung stehen alle Proben zur Verfügung, die eine Bodenansprache nach KA5 besitzen (n = 805) Im Einzelnen sind es:

- 609 sandige Proben;                    das entspricht 75,7 % aller Stadtböden
- 74 Lehmproben;                        das entspricht 9,2 % aller Stadtböden
- 54 Schluffproben;                     das entspricht 6,7 % aller Stadtböden
- 10 anthropogene Proben;            das entspricht 1,2 % aller Stadtböden
- 58 Torfproben;                        das entspricht 7,2 % aller Stadtböden

Bis auf die 10 anthropogenen Proben, die auch aus sehr unterschiedlichem Material bestehen, haben alle Gruppen eine für statistische Auswertungen ausreichende Zahl von Einzelanalysen.

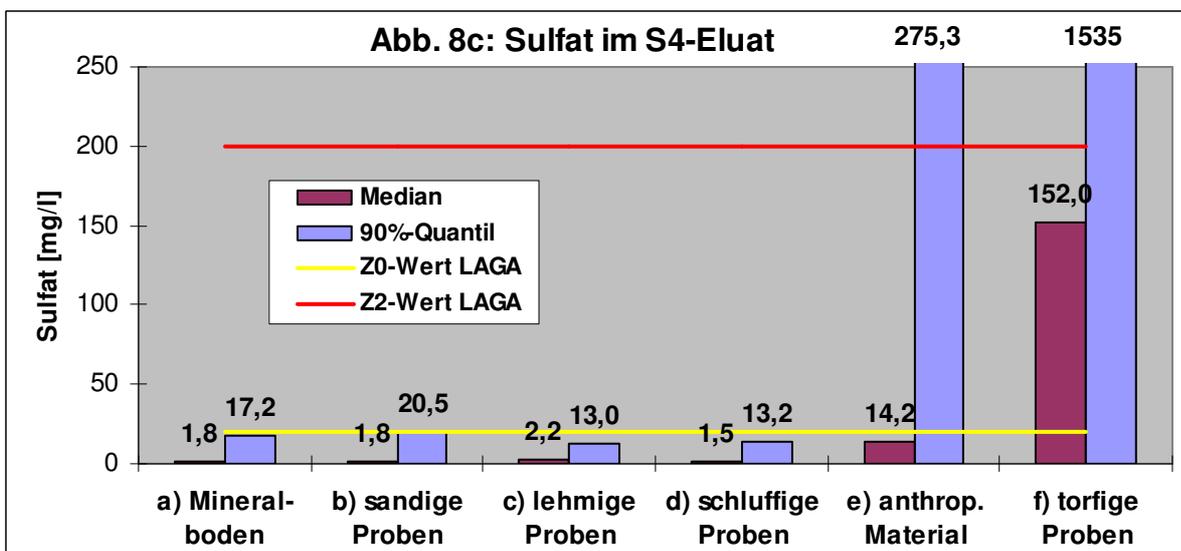
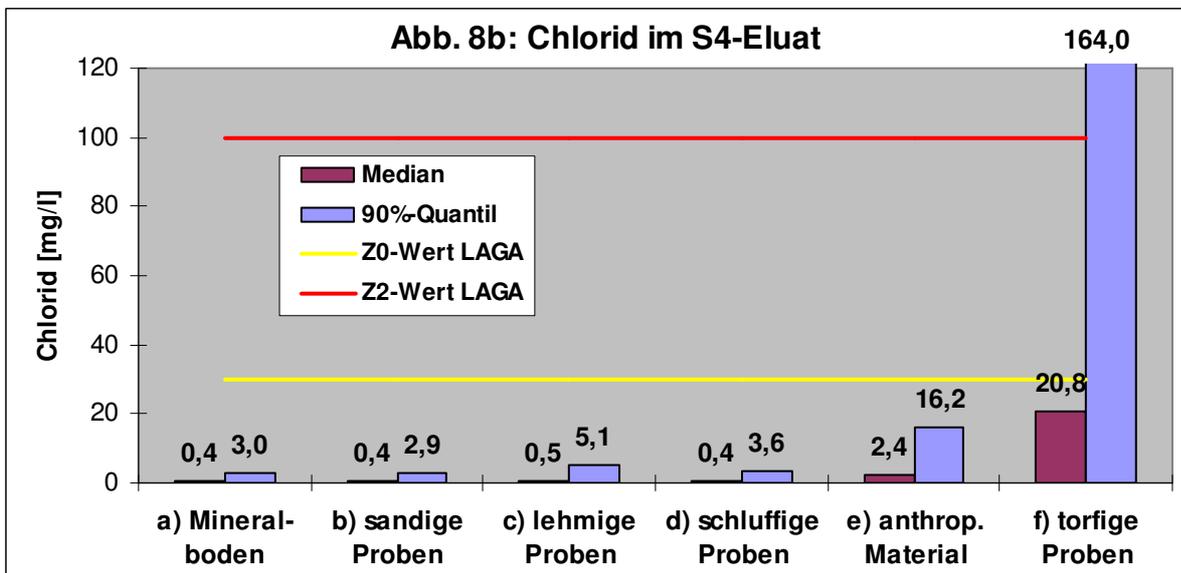
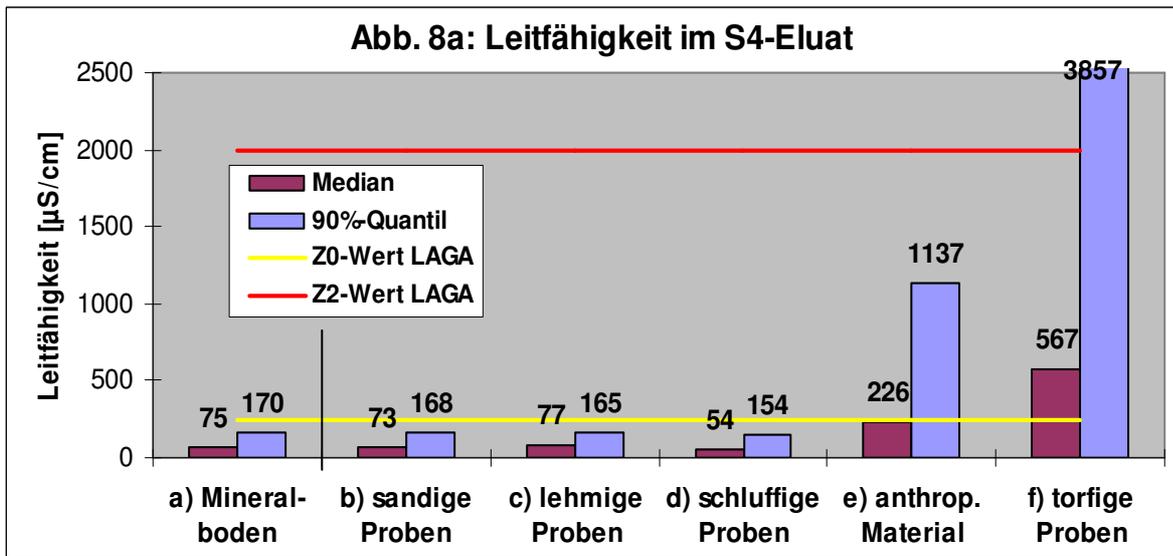
Auffällig ist die sehr hohe Zahl sandiger Proben, die nicht die natürlichen Verhältnisse repräsentieren. Sehr viele Horizonte – gerade in den Stadtzentren – bestehen aus umgelagertem Material. Da außerdem in den am intensivsten beprobten Städten Rostock und Schwerin zahlreiche Gebiete an verlandeten Gewässerbereichen liegen, haben hier gehäuft Materialaustausche stattgefunden (Austausch von moorig-muddigem gegen standsicheres sandiges Material). Dadurch und durch andere tiefbaubedingte Materialumlagerungen wird die generelle Überrepräsentanz der Sande (die gemäß KA 5 bis zum lehmigen Sand SI3 reichen) verständlich.

Innerhalb der jeweiligen Substratgruppen sind Überschreitungen von mindestens einem der drei Z0-Werte bei folgenden Anteilen aufgetreten:

- 9 Lehmproben von insgesamt 74 Lehmproben; das entspricht 12 %  
(0 Probe = 0 % liegt oberhalb Z2).
- 73 Sandproben von insgesamt 609 Sandproben; das entspricht 12 %  
(8 Proben = 1,3 % liegen oberhalb Z2).
- 6 Schluffproben von insgesamt 54 Schluffproben; das entspricht 11 %  
(0 Proben = 0 % liegen oberhalb Z2).
- 5 anthropogene Proben von insgesamt 10 anthropogenen Proben; das entspricht 50 %  
(3 Proben = 30 % liegen oberhalb Z2).
- **54 Torfproben von insgesamt 58 Torfproben; das entspricht 93 %  
(28 Proben = 48 % liegen oberhalb Z2).**

Die typischen Konzentrationen von Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat im S4-Extrakt sind bereits in Abb. 7a-c dargestellt. Diese Gehalte wurden ausreißerbereinigt zu Substratgruppen gebündelt. Anschließend wurden die gruppentypischen 50%- und 90%-Quantile berechnet und den LAGA-Z0 und Z2-Werten gegenübergestellt (Abb. 8a-c). Nach TR Boden ist die Untersuchung auf Chlorid und Sulfat jedoch nur bei Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhtem Salzgehalt erforderlich.

Abb. 8: Substratspezifische Auswertungen der Extraktionsgehalte nach DEV S4



An den eng beieinander liegenden Werten der Gruppen a) bis d) lassen sich sehr ähnliche Verhältnisse ableiten. So sind in allen Mineralböden die Medianwerte und 90%-Quantilwerte in einer engen Spanne vergleichbarer Größenordnung. Wie in Tab.3 zu erkennen ist, zeigen erst die anthropogenen Materialien und vor allem die Torfe/Mudden eklatant höhere Werte:

**Tab. 3: Gegenüberstellung der Mineralböden und der Sondersubstrate**

	Mineralböden	anthropogenes Mat.		Torfe, Mudden	
	Wert	Wert	Anreicherung *)	Wert	Anreicherung *)
Leitfähigkeit					
Median	<b>53,6-77,0</b>	<b>225</b>	<b>2,9-4,2</b>	<b>567</b>	<b>7,4-10,6</b>
90-%-Quantil	<b>153,8-169,7</b>	<b>1137</b>	<b>6,7-7,4</b>	<b>3857</b>	<b>23-25</b>
Chlorid					
Median	<b>0,4-0,5</b>	<b>2,4</b>	<b>4,8-6</b>	<b>20,8</b>	<b>42-52</b>
90-%-Quantil	<b>2,9-5,1</b>	<b>16,2</b>	<b>3,2-5,6</b>	<b>164</b>	<b>32-57</b>
Sulfat					
Median	<b>1,5-2,2</b>	<b>14,2</b>	<b>6,5-9,5</b>	<b>152</b>	<b>69-101</b>
90-%-Quantil	<b>13,0-20,5</b>	<b>275,3</b>	<b>13-21</b>	<b>1535</b>	<b>75-118</b>

\*) : im Vergleich zu der Wertespanne der Mineralböden

### 4.3 Auswertung nach Tiefenstufen

Ein wichtiger Aspekt bei der Einschätzung von Böden kommt der Tiefe zu, aus der der Boden gewonnen wird. Zum einen sind Belastungen häufig tiefenabhängig (z.B. anthropogene Immissionen in die obersten Schichten, Grundwassereinfluss in tieferen Schichten), zum anderen werden in Abhängigkeit von der Art der Tiefbaumaßnahme unterschiedlich tiefe Bodenschichten ausgekoffert, die dann jeweils zu bewerten sind.

Da die Profile nicht nach festen Tiefenstufen, sondern nach der real vorliegenden Horizontierung beprobt und untersucht wurden, müssen die Proben zu Tiefenstufen gruppiert werden. In dieser Arbeit werden 3 Tiefenstufen abgegrenzt, die jeweils substratspezifisch ausgewertet werden. Folgende Gruppierungseigenschaften werden dazu verwendet:

Oberboden: alle Proben mit Schichtbeginn < 0,3 m (n = 173)

Unterboden: alle Proben mit Schichtbeginn zw. 0,3 und 1,0 m (n = 284)

Untergrund: alle Proben mit Tiefen > 1 m (n = 346)

Die Gruppe der Schweriner Spielplatz-Böden wird wegen fehlender Bodenansprache nicht mit ausgewertet; eine kleine Anzahl von Proben werden – bei überlappenden Gruppenzugehörigkeiten – auch in zwei Gruppen ausgewertet. Schluffe werden mit den Lehmen zu einer Gruppe zusammengefasst, da sonst die geringe Anzahl der Proben eine statistische Auswertung verhindern würde.

In die Gruppe des anthropogenen Materials sind neben den reinen Fremdsubstraten wie Asche, Schlacke, Bauschutt auch die Proben mit deutlichen Zumischungen anthropogenen Anteils zusammengefasst worden.

Die Abb. 9-11 a)-c) zeigen für die Tiefenstufen (Oberboden – Unterboden – Untergrund) jeweils die Verteilungsmuster der 3 untersuchten Parameter (Lf – Cl – SO<sub>4</sub>) in den 4 Hauptsubstratgruppen (Sand – Lehm – anthrop. Mat. – Torf).

Abb. 9: Extraktionsgehalte nach DEV S4 in den Oberböden

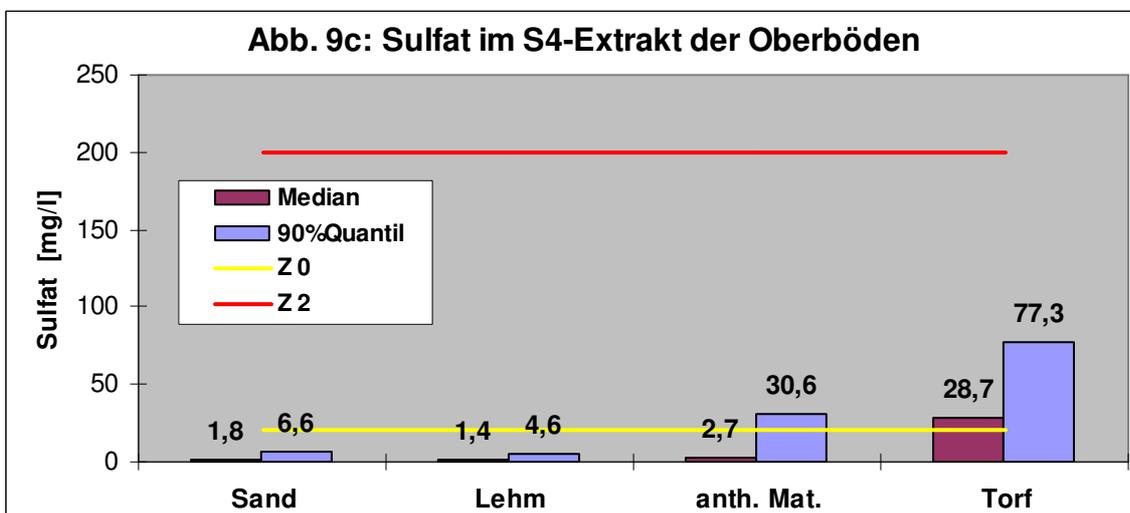
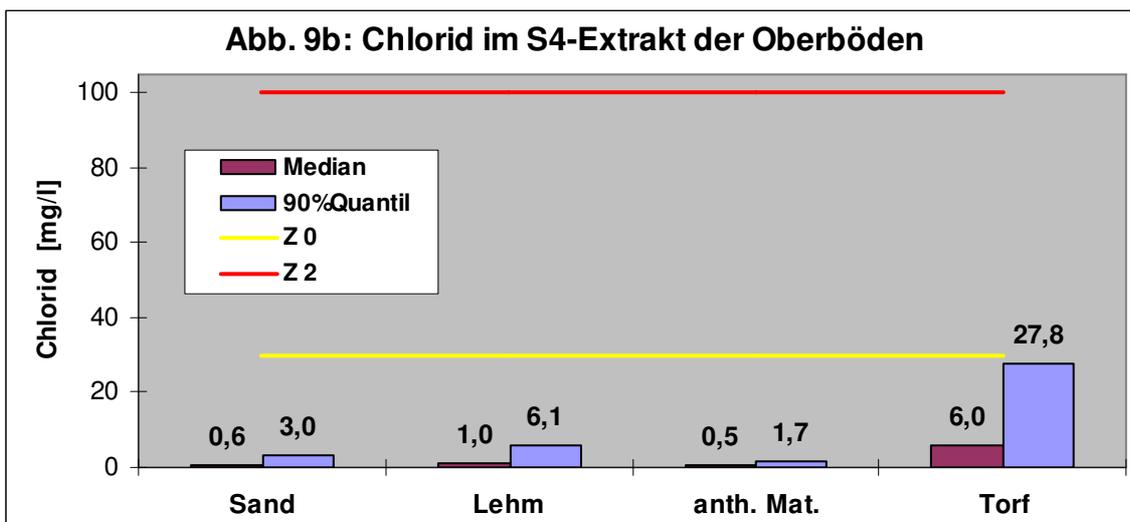
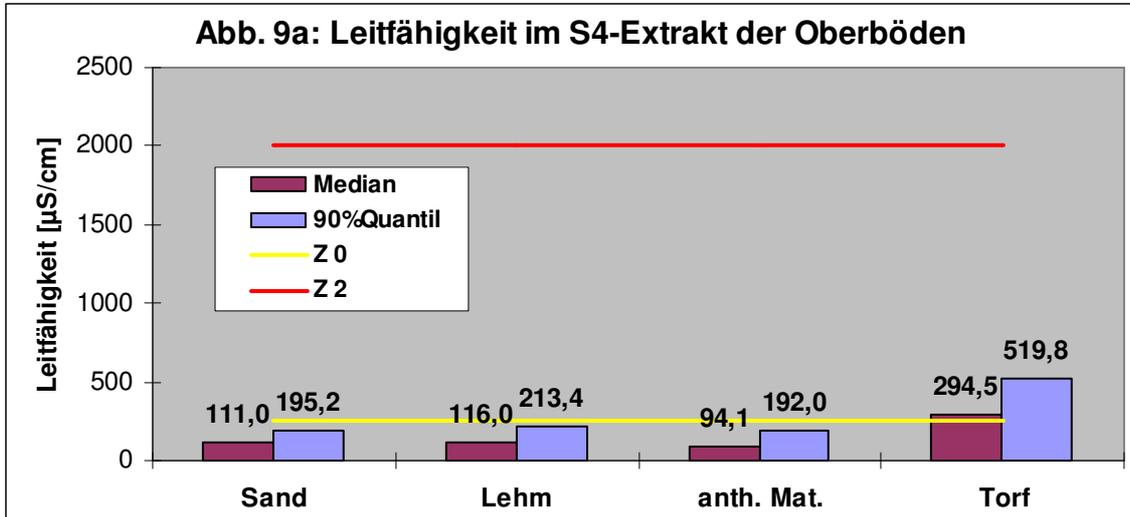


Abb. 10: Extraktionsgehalte nach DEV S4 in den Unterböden

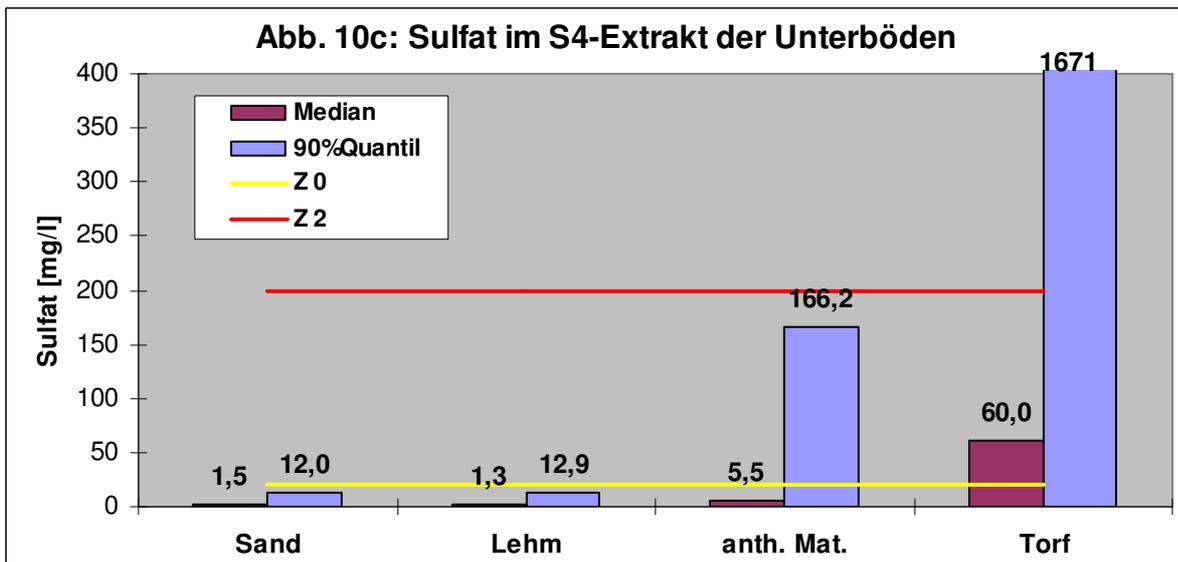
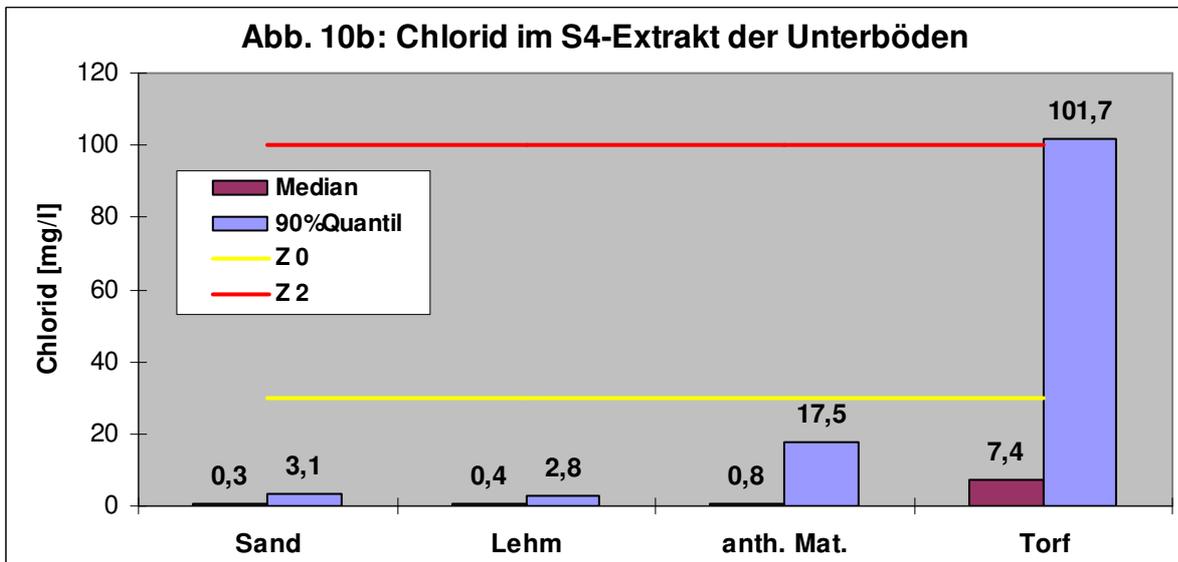
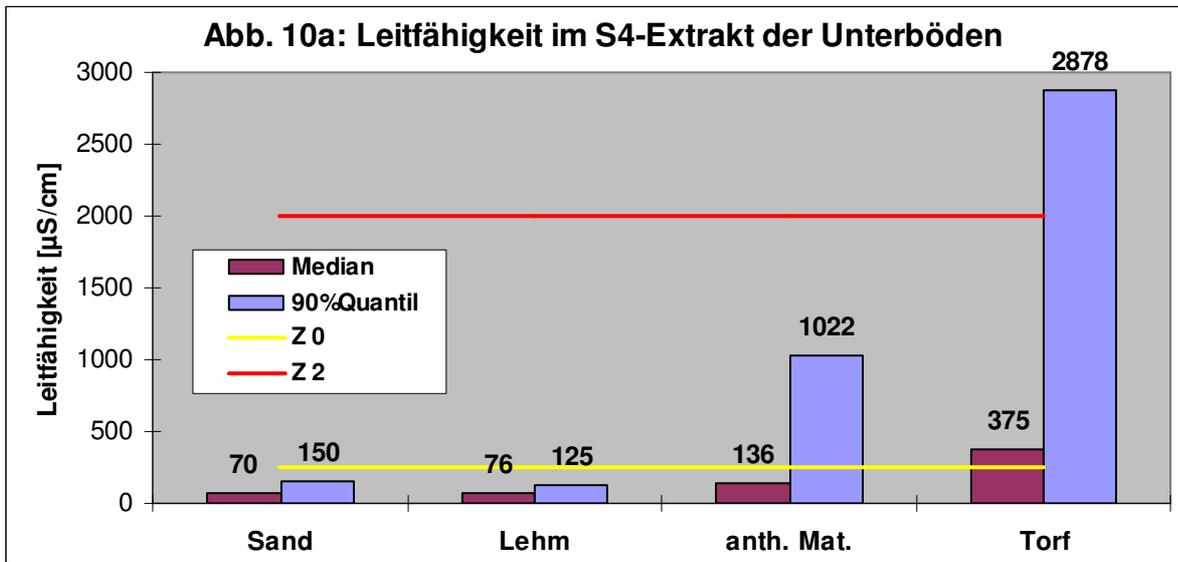
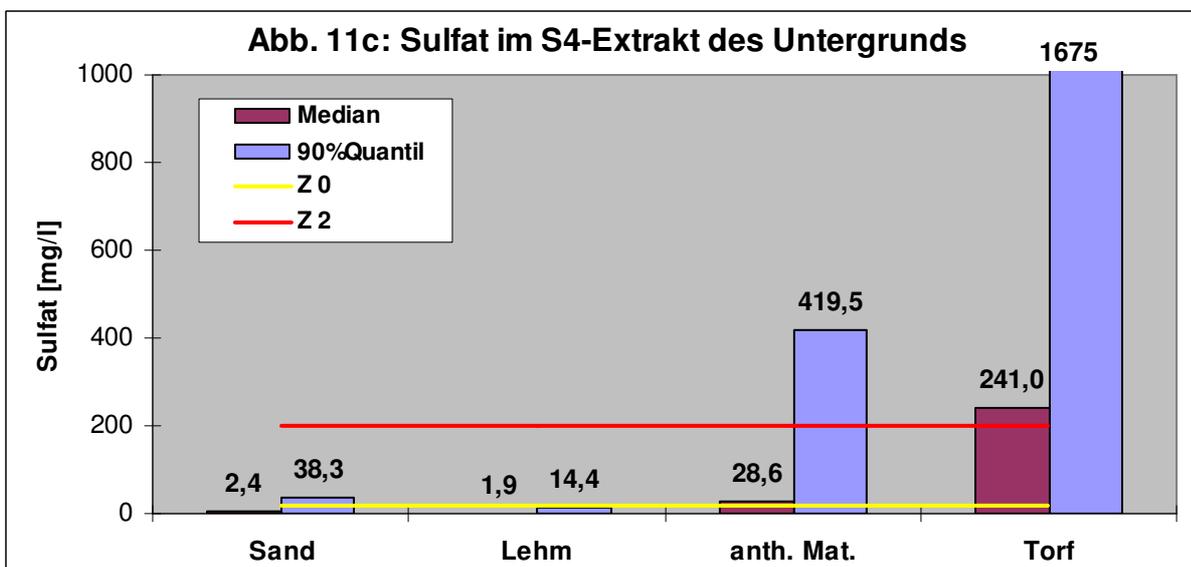
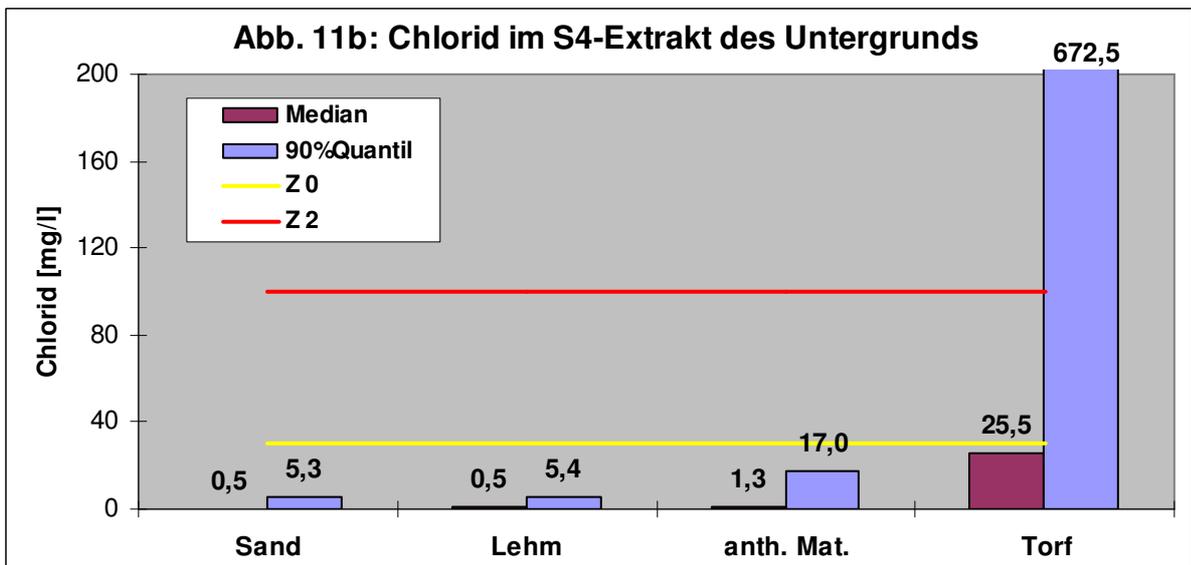
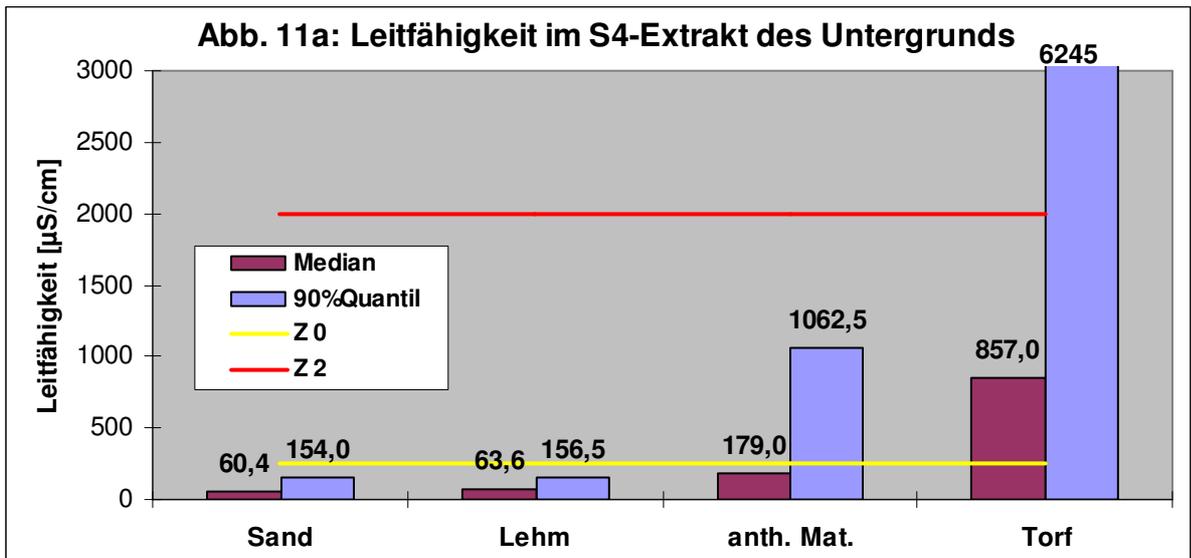


Abb. 11: Extraktionsgehalte nach DEV S4 im Untergrund



**Tab. 4:** Vorläufige Hintergrundwerte: elektrische Leitfähigkeit im S4-Extrakt [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

<b>Oberboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	150 / 86,7	10 / 5,8	6 / 3,5	7 / 4,0
<b>Median</b>	<b>111,0</b>	116,0	94,1	294,5
<b>90%-Quantil</b>	<b>195,2</b>	213,4	192,0	519,8

<b>Unterboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	204 / 71,8	43 / 15,1	19 / 6,7	18 / 6,3
<b>Median</b>	<b>69,9</b>	<b>76,1</b>	<b>136,0</b>	<b>375,0</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>149,8</b>	<b>125,4</b>	<b>1022,0</b>	<b>2878,0</b>

<b>Untergrund</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	188 / 54,3	106 / 30,6	16 / 4,6	36 / 10,4
<b>Median</b>	<b>60,4</b>	<b>63,6</b>	<b>179,0</b>	<b>857,0</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>154,0</b>	<b>156,6</b>	<b>1062,5</b>	<b>6245,0</b>

**Tab. 5:** Vorläufige Hintergrundwerte: Chloridgehalte im S4-Extrakt [ $\text{mg}/\text{l}$ ]

<b>Oberboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	150 / 86,7	10 / 5,8	6 / 3,5	7 / 4,0
<b>Median</b>	<b>0,6</b>	1,0	0,5	6,0
<b>90%-Quantil</b>	<b>3,0</b>	6,1	1,7	27,8

<b>Unterboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	204 / 71,8	43 / 15,1	19 / 6,7	18 / 6,3
<b>Median</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>7,4</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>3,1</b>	<b>2,8</b>	<b>17,5</b>	<b>101,7</b>

<b>Untergrund</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	188 / 54,3	106 / 30,6	16 / 4,6	36 / 10,4
<b>Median</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,3</b>	<b>25,5</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>5,3</b>	<b>5,4</b>	<b>17,0</b>	<b>672,5</b>

**Tab. 6: Vorläufige Hintergrundwerte: Sulfatgehalte im S4-Extrakt [mg/l]**

<b>Oberboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	150 / 86,7	10 / 5,8	6 / 3,5	7 / 4,0
<b>Median</b>	<b>1,8</b>	1,4	2,7	28,7
<b>90%-Quantil</b>	<b>6,6</b>	4,6	30,6	77,3

<b>Unterboden</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	204 / 71,8	43 / 15,1	19 / 6,7	18 / 6,3
<b>Median</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>5,5</b>	<b>60,0</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>12,0</b>	<b>12,9</b>	<b>166,2</b>	<b>1671,0</b>

<b>Untergrund</b>	Sand	Lehm	anth. Mat.	Torf
N = / %-Anteil	188 / 54,3	106 / 30,6	16 / 4,6	36 / 10,4
<b>Median</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>28,6</b>	<b>241,0</b>
<b>90%-Quantil</b>	<b>38,3</b>	<b>14,4</b>	<b>419,5</b>	<b>1675,0</b>

Mit zunehmender Tiefe wird der Anteil der nicht-sandigen Proben immer größer, der der sandigen immer kleiner. Während im Oberboden der Anteil der Sande bei 87 % liegt, sind es im Unterboden noch 72 und im Untergrund noch 54 %. Damit entspricht der Untergrund weitgehend den natürlichen geologischen Verhältnissen, während es nach oben durch Materialaustausch zu immer sandigerem Material kommt. Daher sind im Oberboden die Ergebnisse für Lehme, anth. Mat. und Torfe nicht aussagekräftig, da eine zu geringe Anzahl Proben vorliegt. Erst die beiden unteren Schichtgruppen zeigen für alle 4 Substratarten statistisch belastbare Zahlen, aus denen vorläufige Hintergrundwerte für die elektrische Leitfähigkeit, den Chlorid- und Sulfatgehalt im S4-Extrakt abgeleitet werden können. Diese sind in den Tab. 4-6 in Fettdruck hervorgehoben.

Zusammenfassende Betrachtung der tiefenstufenspezifischen Ergebnisse:

- Oberboden: Bis auf die Torfe und einige Sulfatgehalte der anthropogen beeinflussten Böden sind die Hintergrundwerte aller Parameter (Median und 90%-Quantil) der natürlichen Substrate unterhalb der Zuordnungswerte der TR Boden.
- Unterboden: Auch hier sind die Hintergrundwerte der natürlichen mineralischen Substrate bei allen Parametern (Median und 90%-Quantil) unterhalb der Zuordnungswerte der TR Boden. Torfe sind bei der Leitfähigkeit und Sulfat stark erhöht; die anthropogen beeinflussten Materialien zeigen beim 90%-Quantil auch deutliche Überschreitungen des Z0-Wertes von Sulfat und Leitfähigkeit.
- Untergrund: Die Hintergrundwerte der natürlichen mineralischen Substrate sind bei allen Parametern beim Median deutlich unterhalb der Zuordnungswerte der TR Boden. Das 90%-Quantil liegt bei Sulfat und Leitfähigkeit dicht am bzw. knapp über dem Z0-Wert der

LAGA. Die anthropogen beeinflussten Materialien zeigen beim Median Werte um die Z0-Zuordnungswerte und beim 90%-Quantil auch deutliche Überschreitungen des Z0-Wertes von Sulfat und Leitfähigkeit. Chlorid spielt keine Rolle. Die Torfe zeigen im Untergrund bei allen drei Parametern häufige Überschreitungen sowohl des Z0- als auch des Z2-Wertes.

- Tiefenabhängigkeit: Es ist tendenziell eine Zunahme der Extraktgehalte mit der Tiefe zu sehen. Vor allem die Torfe zeigen deutlich zunehmende Gehalte aller Parameter. Bei Sulfat zeichnet sich vor allem im Untergrund eine Erhöhung der Hintergrundwerte gegenüber Ober- und Unterboden ab. Die dominante Gruppe der Sande verhält sich weitgehend unauffällig und zeigt ebenfalls erst bei Sulfat im Untergrund eine leichte Erhöhung durch Überschreitung des Z0-Wertes beim 90%-Quantil.

#### **4.4 Auswertung nach den untersuchten Städten**

Viele der untersuchten Profile müssen entsprechend der spezifischen Stadtentwicklung und ihrer Vorgeschichte bewertet werden. Auch wenn in enger Zusammenarbeit mit den städtischen Behörden die Beprobung von Gewerbestandorten und Altlastenverdachtsflächen vermieden wurde, zeigen zahlreiche Proben Besonderheiten und Auffälligkeiten. Eine tiefergehende Auswertung ist daher ohne historische Rahmendaten nicht möglich. Nur in Rostock wurde zudem eine Probendichte erreicht, die eine Flächenrepräsentanz durch das im Projekt dichteste Beprobungsnetz vermuten lässt. Die anderen Städte besitzen zu wenig Profilpunkte, um spezifische Bewertungen zu ermöglichen. Ein genereller Vergleich (z.B. die Anzahl von Überschreitungen) kann durchaus getroffen werden.

Um Aussagen über die Verteilung der Stoffe im Land bzw. den größeren Städten treffen zu können, sind in Tab. 2 die Überschreitungen der Z0- und Z2-Werte jeweils den Städten zugeordnet worden. Da die 6 Städte sehr unterschiedliche Probenahmedichten aufweisen, wurden die Erhöhungen zur besseren Vergleichbarkeit auch in prozentualen Anteilen angegeben.

Insgesamt wurden an 148 von 900 Proben mindestens einmal eine Überschreitung der drei Z0- oder Z2-Werte festgestellt (siehe auch Kap. 2.2). Die einzelnen Parameter-Überschreitungen dieser 148 Proben sind wie in Tab. 7 gezeigt auf die einzelnen Städte verteilt:

**Tab. 7: Z-Wert-Überschreitungen der mineralischen Bodenproben**

	Leitfähigkeit		Chlorid		Sulfat	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
	n	%	n	%	n	%
<b>Rostock (alle Proben: n = 495)</b>						
Oberhalb Z0-Wert	72	15	34	6,9	111	22
Oberhalb Z2-Wert	17	3,4	14	2,8	29	5,9
<b>Rostock (ohne Torfe: n = 445)</b>						
Oberhalb Z0-Wert	29	6,5	11	2,5	66	15
Oberhalb Z2-Wert	3	0,7	2	0,4	9	2,0

**Schwerin (ohne Torfe: n = 209)**

Oberhalb Z0-Wert	2	1,0	1	0,5	4	1,9
Oberhalb Z2-Wert	0	0	0	0	0	0

**Wismar (ohne Torfe: n = 40)**

Oberhalb Z0-Wert	2	5,0	2	5,0	3	7,5
Oberhalb Z2-Wert	0	0	0	0	0	0

**Neubrandenburg (ohne Torfe: n = 63)**

Oberhalb Z0-Wert	1	1,6	0	0	2	3,2
Oberhalb Z2-Wert	0	0	0	0	0	0

**Stralsund (ohne Torfe: n = 36)**

Oberhalb Z0-Wert	1	2,8	0	0	1	2,8
Oberhalb Z2-Wert	0	0	0	0	0	0

**Greifswald (ohne Torfe: n = 51)**

Oberhalb Z0-Wert	4	7,8	1	2,0	6	12
Oberhalb Z2-Wert	0	0	0	0	1	2,0

## **5. Organische Schadstoffe (PAK)**

Anders als die vorher diskutierte anorganischen Parameter sind PAKs in Städten nahezu ausschließlich anthropogenen Ursprungs. Sie sind daher auch gehäuft in den oberen Bodenschichten und den stark besiedelten Bereichen zu finden. Die Herkunft liegt vor allem im Hausbrand (Ruß, Rauchgase, auch historische Brände) und der Verwendung teerhaltiger Substanzen.

Analysiert wurden die 16 PAKs nach EPA, die rechnerisch auch als  $\Sigma$  16 PAK zusammengefasst wurden. Aus Kostengründen konnten nicht alle Proben auf diese 16 PAKs untersucht werden. Es fand eine Reduktion auf insgesamt 300 Proben statt, wobei ein Schwerpunkt auf die obersten Proben eines Profils gelegt wurde. Durch diese Gewichtung ist keine repräsentative Betrachtung wie bei den S4-Extrakten möglich, wohl aber eine der jeweiligen Tiefenstufen.

Da zum Zeitpunkt des Projektbeginns noch keine rechtsverbindliche Ersatzbaustoffverordnung sowie dazugehörige Grenzwerte vorlagen, wird zur Auswertung auf den letzten Entwurf der TR

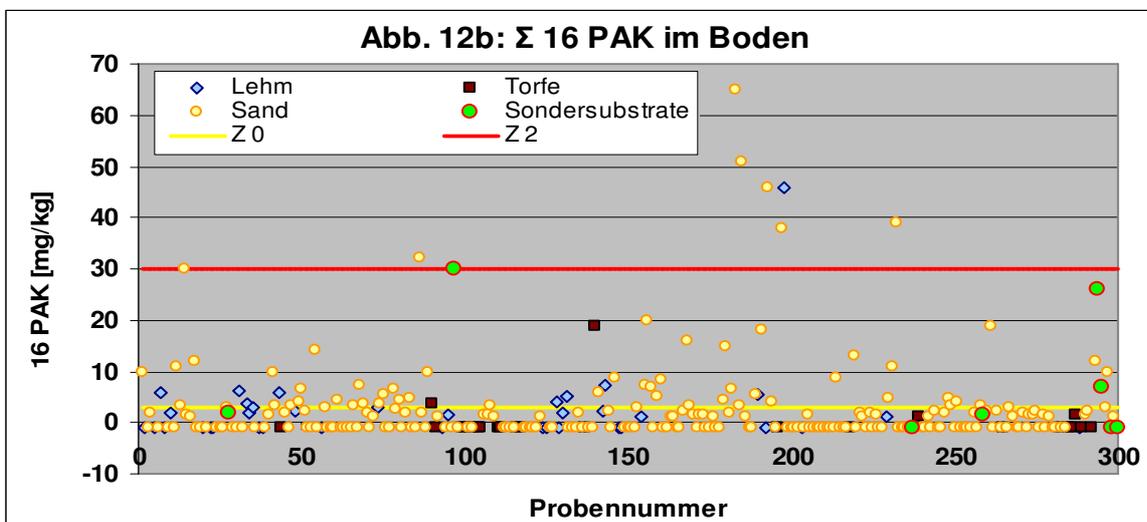
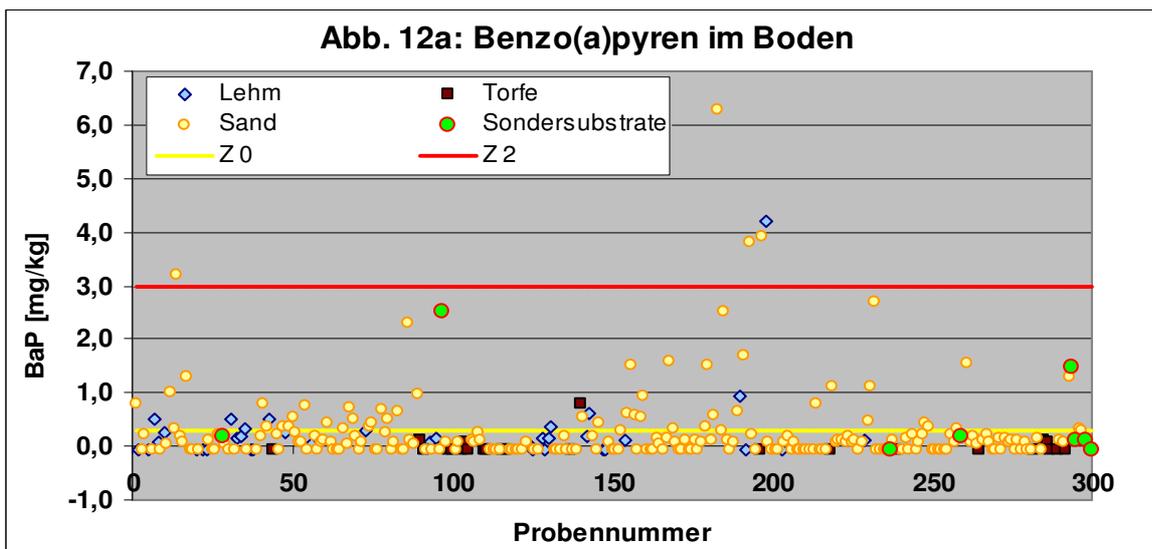
Boden mit seinen nutzungsbedingten Zuordnungswerten (Z-Werte) Bezug genommen, der im Land M-V auch zur Anwendung kam (siehe Tab. 8). Entsprechend wurde mit den Untersuchungsverfahren gearbeitet, die hierfür dem Stand der Technik entsprachen, nämlich der in der Bodenschutzgesetzgebung üblichen Gesamtanalytik von 16 PAKs nach dem LUA-Merkblatt 1 (NRW).

**Tab. 8: Zuordnungswerte der TR Boden der LAGA**

	Summe PAK	BaP
	mg/kg TM	mg/kg TM
LAGA-Z0-Wert	3	0,3
LAGA-Z2-Wert	30	3

### 5.1 Substratspezifische Auswertung aller Proben

Abb.12: Organische Schadstoffe in urbanen Böden

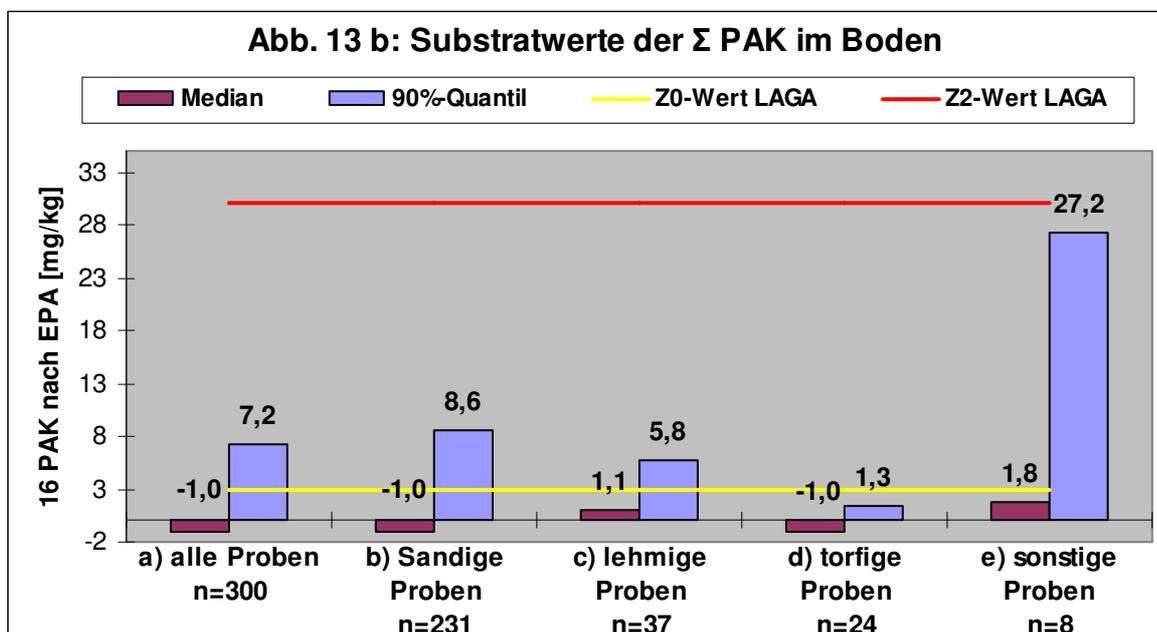
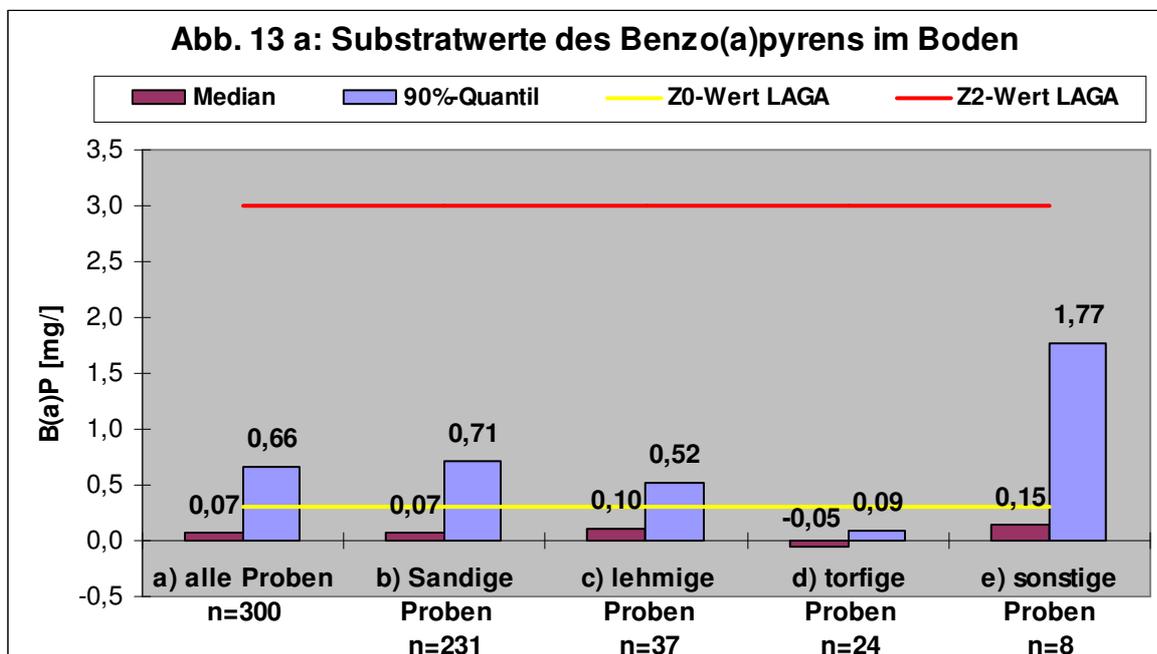


Die Abb. 12 a) und b) zeigen die Verteilung von B(a)P und  $\Sigma$  16 PAK in den 300 untersuchten Proben. Anders als bei den anorganischen Extrakten sind zunächst keine voneinander getrennte Gruppen erkennbar. Auch die sonst separat betrachteten Torfe verhalten sich im Datenpool prinzipiell unauffällig.

Bei den Substraten fällt auch hier die starke Dominanz der Sande auf. Sie liegt bei 77 % aller auf PAK untersuchten Proben. Dies resultiert aus der Probennahmestrategie (Schwerpunkt obere Horizonte) und der großen Häufigkeit sandiger Substrate im Oberboden (vgl. Tab. 6).

Unterscheidet man die Substrate voneinander (Abb. 13 a) und b)), so ergeben sich aus der Betrachtung des B(a)P vergleichbare Ergebnisse mit der  $\Sigma$  16 PAK:

**Abb.13:** Substratspezifische Auswertung der organischen Schadstoffe in urbanen Böden (Zu Negativwerten siehe Anmerkung unter Tab. 9)



Der Medianwert liegt bei allen Gruppen und beiden Parametern meist sehr deutlich unter dem LAGA Z0-Wert. Erst die 90 %-Quantile zeigen Überschreitungen der Z0-Werte. Einzig die Torfe bleiben vollständig unterhalb des Z0-Wertes.

Statistisch auswertbar sind die Substrate Sand, Lehm und Torf. Die anthropogen beeinflussten Materialien sind mit einer Probenanzahl von n = 8 nicht repräsentativ, zumal die anthropogenen Substrate auch sehr heterogen zusammengesetzt sind.

Die für Sand, Lehm und Torf abgeleiteten vorläufigen Hintergrundwerte finden sich in Tab. 9. Sie umfassen alle Tiefen und gelten somit als tiefenunabhängig. Eventuelle Auswirkungen der Beprobungstiefe werden in Kap. 5.2 näher betrachtet.

**Tab. 9: Vorläufige Hintergrundwerte von organischen Stoffen im Boden**

**a) Benzo(a)pyren (BaP) [mg/kg TM]**

N = 300 Proben	Sand	Lehm	Torf	anth. Mat.
N = / %-Anteil	231/ 77,0	37 / 12,3	24 / 8,0	8 / 2,7
<b>Median</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,05</b>	0,15
<b>90%-Quantil</b>	<b>0,71</b>	<b>0,52</b>	<b>0,09</b>	1,77

**b) Summe 16 PAKs [mg/kg TM]**

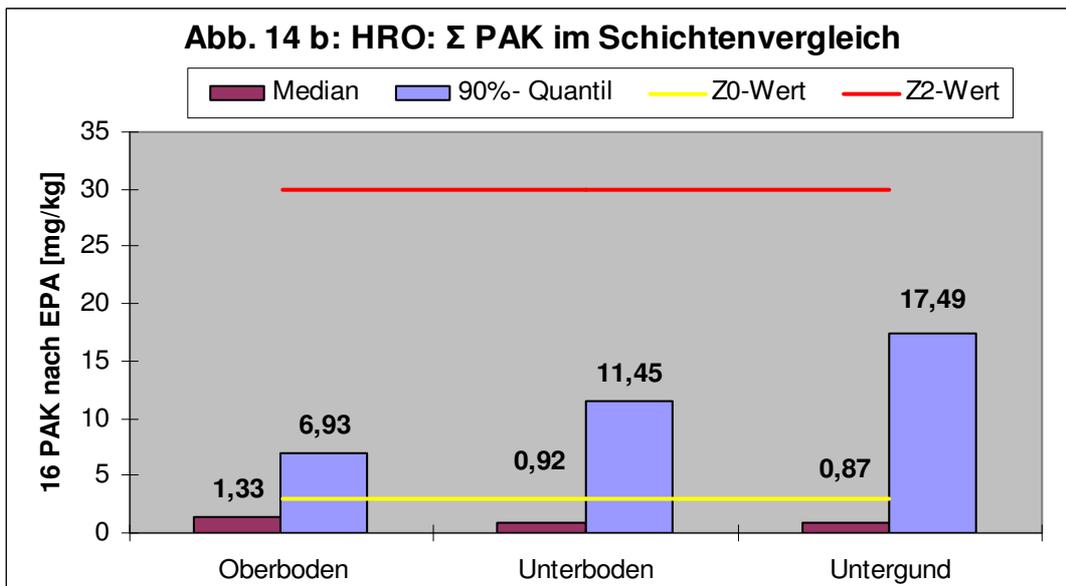
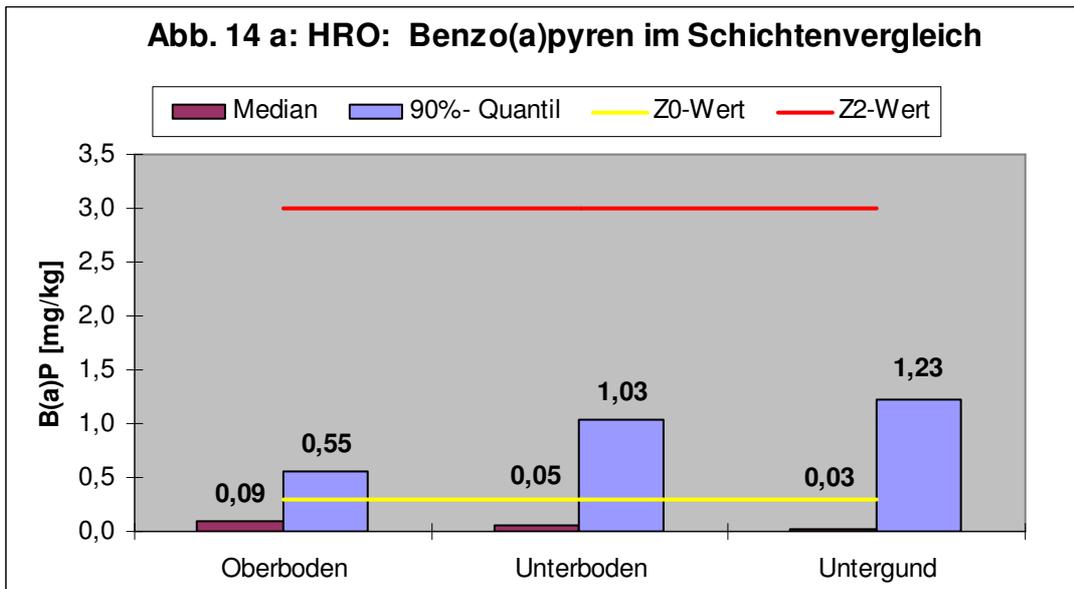
N = 300 Proben	Sand	Lehm	Torf.	anth. Mat.
N = / %-Anteil	231/ 77,0	37 / 12,3	24 / 8,0	8 / 2,7
<b>Median</b>	<b>-1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>-1,0</b>	1,8
<b>90%-Quantil</b>	<b>8,6</b>	<b>5,8</b>	<b>1,3</b>	27,2

Anmerkung:  
**Negative Werte:** Der Betrag dieser Werte zeigt die analytische Bestimmungsgrenze des jeweiligen Parameters. Bei negativen Zahlen liegt der wahre Wert noch unterhalb dieser Bestimmungsgrenze, kann jedoch nicht quantifiziert werden.

**5.2 Tiefenstufenpezifische Auswertung der Stadt Rostock und Vergleiche mit den übrigen Städten**

Eine auf die Tiefenstufen differenzierte Betrachtung ergibt kein einfach zu interpretierendes Bild. In Rostock verringern sich die Mediane der  $\Sigma$  16 PAK und von B(a)P mit zunehmender Tiefe (rote Säulen), die 90%-Quantile (blaue Säulen) steigen bei zunehmender Tiefe hingegen an. Hierdurch kommt es zu einer Spreizung der Wertespanne bei steigender Beprobungstiefe.

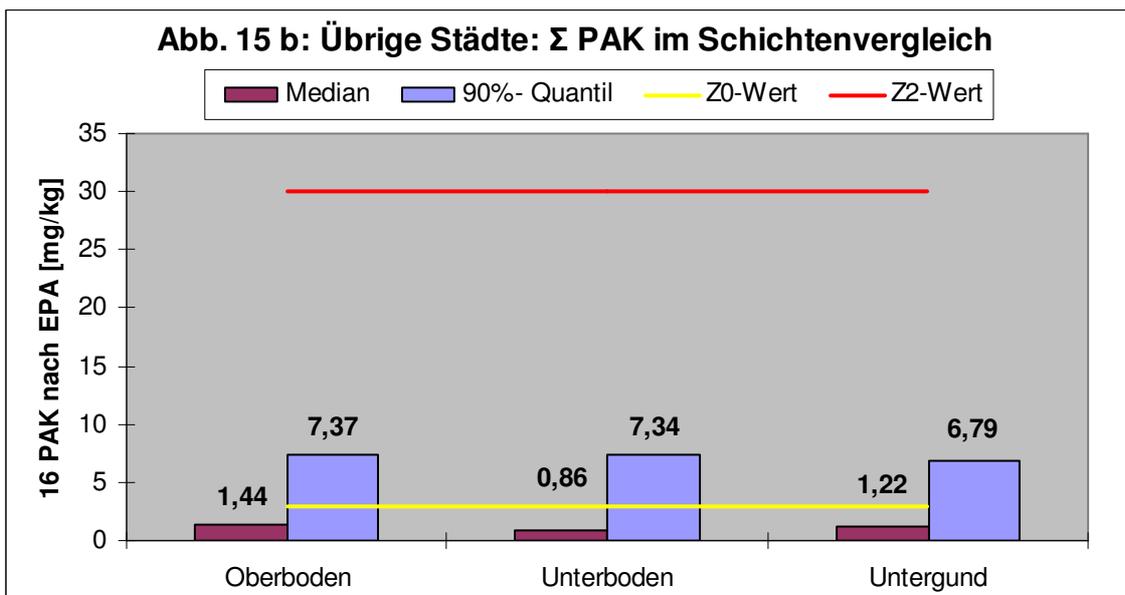
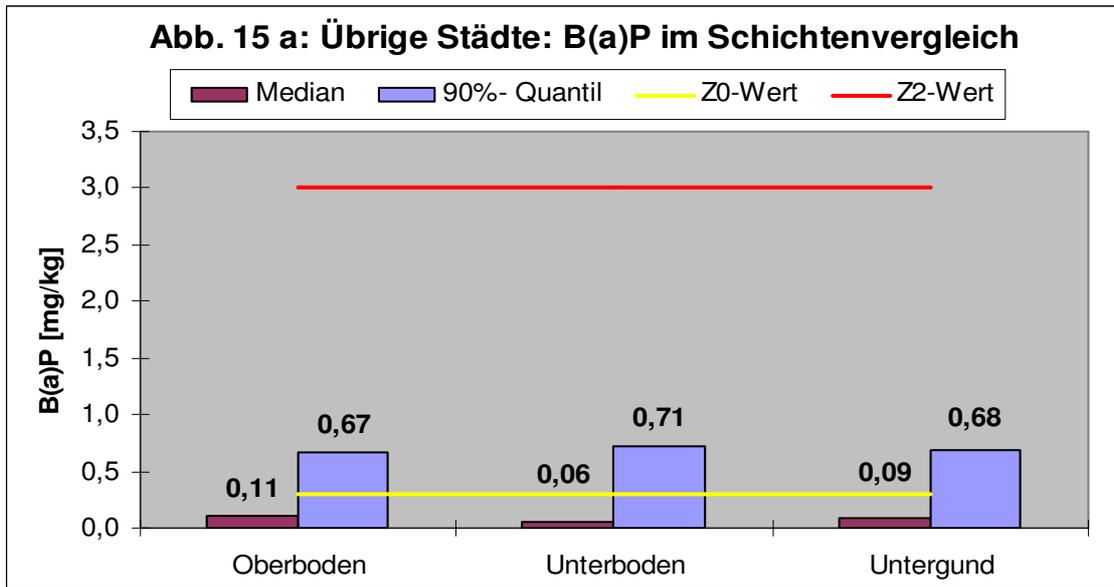
Abb.14: Tiefenstufenabhängige Betrachtung der organischen Parameter in Rostock



Zwei mögliche Phänomene können ursächlich dafür verantwortlich sein:

- Eine weit verbreitete diffuse Belastung über den Eintragspfad Luft in die oberen Bodenbereiche kann einen höheren Median im Oberboden ergeben als in den darunter liegenden Schichten
- Eine größere Anzahl historischer Brandhorizonte in den Kernstadtbereichen kann in einer kleinen Probenmenge deutlich höhere Gehalte in tieferen Schichten binden.

Abb.15: Tiefenstufenabhängige Betrachtung der organischen Parameter in den übrigen fünf Städten Schwerin, Wismar, Stralsund, Greifswald, Neubrandenburg



In den Proben aller übrigen Städte – diese mussten leider auf Grund der sonst zu geringen Probenzahl zusammengefasst werden – lassen sich vergleichbare Effekte nicht oder nur sehr eingeschränkt finden. Der Median von BaP ist in allen drei Tiefenstufen mit 0,06-0,11 mg/kg TM vergleichbar. Bei der  $\Sigma$  16 PAK zeichnet sich eine geringe Erhöhung im Oberboden ab, die vergleichbare Ursachen wie in Rostock haben kann. Die 90%-Quantile sind aber in allen Tiefenstufen nahezu gleich (BaP: 0,67-0,71 mg/kg TM;  $\Sigma$  16 PAK: 6,79-7,37 mg/kg TM).

Die Interpretation dieser Ergebnisse in Form eigener tiefenspezifischer Hintergrundwerte kann vorerst nicht erfolgen, da die regionalen und historischen Besonderheiten im Rahmen dieses Projektes nicht ausreichend detailliert erfasst werden konnten.

## **6. Zusammenfassung**

Folgende Kernaussagen können getroffen werden:

### **6.1) Anorganische Parameter Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat**

- Die städtischen Bodenproben aus MV zeigen in der überwiegenden Anzahl der Fälle keine Überschreitung des Z0-Wertes der TR Boden
- Torfe besitzen generell hohe Gehalte an den extrahierten Parametern Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat. Dies ist unproblematisch, da nach TR Boden die Untersuchung auf Chlorid und Sulfat nur bei Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhtem Salzgehalt erforderlich ist.
- Proben aus anthropogenem Material (Asche, Schlacke, Bauschutt) oder mit hohen Zumischungen zeigen auch deutlich erhöhte Gehalte an Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat.
- Unabhängig vom Substrat zeigen die natürlichen Mineralböden unauffällige Hintergrundwerte, da weder Median noch 90%-Quantil den Z0-Wert der TR Boden überschreiten.
- In den Städten sind sandige Böden mit ca. 75 % Anteil die deutlich stärkste Substratgruppe. Ihr Anteil nimmt mit steigender Tiefe stark ab von 87 % im Oberboden bis 54 % im Untergrund.
- Es können für Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat bei Sand, Lehm, antrop. Material und Torf vorläufige Hintergrundwerte herausgegeben werden, die substrat- und tiefenabhängig sind (Im Oberboden sind wegen der hohen Anzahl sandiger Proben nur Werte für Sand möglich).
- Tendenziell ist eine Zunahme der betrachteten Extraktgehalte mit der Tiefe zu sehen.

### **6.2) Organische Parameter Benzo(a)pyren, Summe der 16 EPA-PAK**

- Der Medianwert liegt bei Sand und Lehm und beiden Parametern deutlich unter dem LAGA Z0-Wert. Erst die 90 %-Quantile zeigen generell Überschreitungen der Z0-Werte.
- Die Torfe bleiben bei den organischen Komponenten vollständig unterhalb des Z0-Wertes
- Eindeutige Tiefenabhängigkeiten der Konzentrationen können nicht erkannt werden, da sich vermutlich mindestens zwei Ursachen für die Herkunft überlagern (Luftimmissionen, histor. Brandhorizonte)
- Es können für Sand, Lehm und Torf vorläufige Hintergrundwerte herausgegeben werden, die substratabhängig, aber tiefenunabhängig sind.

## **7. Ausblick, Defizite**

Durch die Beschränkung auf wenige anorganische Extraktkomponenten und die PAKs fehlen wichtige Parametergruppen (z.B. Spurenmetalle im wässrigen Extrakt und im Königswasser-Auszug), um ein vollständiges Bild der ubiquitären Belastung in den größeren Städten von MV erstellen zu können. Auch eine Verdichtung der Probenpunkte in den Städten (außer Rostock) ist für eine stadtspezifische Bewertung notwendig.

Das Beheben der o.g. Defizite ist im anorganischen Bereich zum Teil unproblematisch, da die benannten 900 Proben archiviert wurden und vorliegen. Nach Fertigstellung neuer Rechtsverordnungen (derzeit wird die „Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken - Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV“ erarbeitet) können diese Proben dann umgehend für die Ermittlung weiterer Hintergrundwerte genutzt werden.

### **Danksagung:**

Besonderer Dank gebührt Frau cand. Dipl. agr. Patricia Richter, die im Rahmen eines dreimonatigen universitären Praktikums im LUNG einen wesentlichen Teil der statistischen Grundbearbeitung und Grundauswertung durchgeführt hat. Basierend auf diesen statistischen Ergebnissen sind zahlreiche der vorliegenden Abbildungen und Tabellen entstanden.

Dr. Gerd Böttcher

Güstrow, im November 2009

#### **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  
Internet: www.lung.mv-regierung.de