

## **Erstellung von großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten für die Waldgebiete der Stadt Aachen**

### **Auftraggeber**

Stadt Aachen  
Fachbereich Umwelt – Untere Bodenschutzbehörde

### **Auftragnehmer**

Ingenieurbüro Feldwisch, Bergisch Gladbach

Bergisch Gladbach, 16. September 2013

## Impressum

Auftraggeber	Stadt Aachen Fachbereich Umwelt Untere Bodenschutzbehörde Reumontstraße 1 52064 Aachen <a href="http://www.aachen.de">http://www.aachen.de</a>
Projektbetreuung	Frau Dr. Frey-Wehrmann Fachbereich Umwelt Untere Bodenschutzbehörde Reumontstraße 1 52064 Aachen Mail: <a href="mailto:susanne.frey.wehrmann@mail.aachen.de">susanne.frey.wehrmann@mail.aachen.de</a>
Bearbeitung	Ingenieurbüro Dr. Feldwisch Hindenburgplatz 1 51429 Bergisch Gladbach <a href="http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de">http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de</a> Dr. Norbert Feldwisch Dipl.-Geol. Thomas Lendvaczky
Stand	16. September 2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Regionale Bodenverbreitung</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Fachliche Grundlagen zur Bewertung von Bodenfunktionen</b> .....	<b>5</b>
4.1	Bodenfunktionen.....	5
4.2	Methoden der Bodenfunktionsbewertung.....	6
4.3	Erläuterungen zu den Bodenfunktionen .....	7
<b>5</b>	<b>Datengrundlagen und Datenauswertung</b> .....	<b>9</b>
5.1	Digitale Datengrundlagen .....	9
5.2	Aufbereitung der Datensätze.....	9
<b>6</b>	<b>Erläuterungen zur Bodenfunktionsbewertung</b> .....	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>14</b>
7.1	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial) .....	14
7.2	Natürliche Bodenfruchtbarkeit .....	16
7.3	Filter- und Pufferfunktionen für anorganische Schadstoffe .....	17
7.4	Wasserspeichervermögen.....	23
7.5	Archivfunktionen .....	25
7.6	Gesamtbewertung .....	27
7.7	Bodenerosion .....	30
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>35</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2–1: Flächenstatistik der BK5-Verfahrensgebiete .....	3
Tab. 3–1: Bodenverbreitung in den Waldgebieten der Stadt Aachen .....	4
Tab. 4–1: Bodenfunktionen, Bodenteilfunktionen und Bewertungskriterien (PÖU 2003, BLA-GEO 2005).....	5
Tab. 4–2: Anpassung der Klassifizierung der schutzwürdigen Böden nach GD NRW auf ein 5-stufiges Verfahren.....	8
Tab. 7–1: Flächenstatistik des Biotopentwicklungspotenzials für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	15
Tab. 7–2: Flächenstatistik des Biotopentwicklungspotenzials für die Waldgebiete mit Sachdimension .....	15
Tab. 7–3: Flächenstatistik der natürlichen Bodenfruchtbarkeit für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	16
Tab. 7–4: Mittlere pH-Werte der Oberböden, differenziert nach BK5-Substraten.....	19
Tab. 7–5: Einstufung der Filter-/Pufferwirkung für anorganische Schadstoffe in Klassen 1 bis 5 (sehr gering bis sehr hoch).....	21
Tab. 7–6: Flächenstatistik der Filter-/Pufferfunktion für anorganische Schadstoffe für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	22
Tab. 7–7: Einstufung des Wasserspeichervermögens gemäß Methode Umweltministerium Baden-Württemberg (1995) und KA4 .....	23
Tab. 7–8: Flächenstatistik des Wasserspeichervermögens für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	24
Tab. 7–9: Flächenstatistik der Archivböden für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	26
Tab. 7–10: Flächenstatistik der zusammenfassenden Bewertung / Naturhaushaltsfunktionen für Waldflächen (BK5) und Landwirtschaftsflächen .....	27
Tab. 7–11: Flächenstatistik der Gesamtbewertung .....	29
Tab. 7–16: Klassengrenzen der Erosion <sub>pot</sub> -Gefährdungsklassen .....	31
Tab. 7–17: Flächenstatistik der Erosion <sub>pot</sub> -Gefährdungsklassen .....	31

## Kartenanhang

Karte 1: Bodenkarte im Maßstab 1:5.000 der Waldflächen Aachens .....	36
Karte 2: Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial) (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	37
Karte 3: Natürliche Bodenfruchtbarkeit (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	38
Karte 4: Filter- und Pufferfunktionen (Filter für anorganische Schadstoffe) (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	39
Karte 5: Wasserspeichervermögen (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	40
Karte 6: Archivfunktionen der Böden (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	41
Karte 7: Zusammengefasste Funktionen der Böden im Naturhaushalt (Bodenfruchtbarkeit, Filter- und Pufferfunktionen sowie Wasserspeichervermögen) (Wald- und Landwirtschaftsflächen) .....	42
Karte 8: Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeit von Böden – Funktionserfüllungsgrad mit Sachdimension (Wald- u. Landwirtschaftsflächen) .....	43
Karte 9: Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeit von Böden – Funktionserfüllungsgrad ohne Sachdimension (Wald- u. Landwirtschaftsfläche) .....	44
Karte 10: Potenzielle Erosionsgefährdung (klassifiziert) (Wald- und Landwirtschaftsfläche) .....	45

## 1 Einführung und Zielsetzung

Die Stadt Aachen hat bereits im Jahr 2008 die Erarbeitung großmaßstäbiger Bodenfunktionskarten für landwirtschaftlich genutzte Böden im Außenbereich in Auftrag gegeben (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009). Als wesentliche Datengrundlage zur Erstellung der Bodenfunktionskarten im kommunalen Planungsmaßstab 1:5.000 wurde auf die Normalausgabe der Deutschen Grundkarte 1:5.000 in Kombination mit den Ergebnissen der Bodenschätzung (DGK5 Bo) zurückgegriffen.

Im Januar 2013 wurde das Ingenieurbüro Feldwisch mit ergänzenden Auswertungen der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen für Waldflächen im Stadtgebiet Aachen beauftragt. Die Auswertungen erfolgen auf Grundlage der Bodenkarten zur Standorterkundung (BK5-Verfahren) des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen (GD NRW). Neben der Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen war die Ableitung der standörtlichen Erosionsgefährdung Gegenstand des Auftrags. In die bodenschutzfachliche Bewertung werden die relevanten Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG einbezogen.

Der Abschlussbericht dokumentiert die durchgeführten Erfassungs- und Bewertungsleistungen. Des Weiteren werden die Ergebnisse der großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten für die Waldgebiete auf dem Aachener Stadtgebiet vorgestellt.

### **Ziele der Bodenfunktionsbewertung**

Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes ist es, die Gestaltungsspielräume künftiger Generation nachhaltig zu sichern. Böden sind als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen in einem guten Zustand zu erhalten, die Flächeninanspruchnahme muss soweit wie möglich reduziert und unvermeidbare Inanspruchnahmen auf weniger schutzwürdige Böden gelenkt werden.

Neben dem quantitativen Ziel des Bodenschutzes, die weitere Inanspruchnahme von Flächen bzw. des Bodens zu verringern und zu minimieren, steht das qualitative Ziel, Böden mit einer hohen Funktionsausprägung, also leistungsfähige Böden besonders zu schützen. Als Planungsgrundlage liegen für den Schutz der leistungsfähigen Böden die Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung in einer Karte mit der Einstufung ihrer Schutzwürdigkeit vor.

Als übergeordnetes Ziel steht der Schutz und Erhalt der Funktionsfähigkeit von Böden, da die Ressource Boden nur begrenzt zur Verfügung steht. Die Bewertung von Bodenfunktionen dient dazu, den vorsorgenden Bodenschutz im Zuge von Planungs- und Zulassungsverfahren angemessen berücksichtigen zu können.

Darüber hinaus bildet die Bodenfunktionskarte eine solide fachliche Grundlage zur Erarbeitung grundlegender (strategischer) Maßnahmenkonzepte zum vorsorgenden Bodenschutz, wie z. B. der Aufstellung eines kommunalen Bodenschutzkonzeptes.

**Bodenfunktionen nach Bundes-Bodenschutzgesetz**

(BGBl I 1998, 502, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 30 G vom 24.02.2012 I 212)

§ 2 Begriffsbestimmungen

(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

1. natürliche Funktionen als

- a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

3. Nutzungsfunktionen ...

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Waldflächen innerhalb der kreisfreien Stadt Aachen, die im Rahmen der forstlichen Standortkartierungen (BK5-Verfahren) des GD NRW im Maßstab 1:5.000 erfasst und kartiert wurden. Dazu zählen die Kartiergebiete Aachen (Forst), Stadtwälder Würselen und Eschweiler mit dem Bundesforst Propsteier Wald (kurz: Eschweiler), das Kartiergebiet Aachen Münsterwald und das Naturschutzgebiet Wurmatal.

In die Bodenkarte des BK5-Verfahrens Aachen (Forst) wurden Waldflächen innerhalb des Wasserschutzgebietes Aachen – Eicher Stollen/ Brandenburg/ Schmithof aufgenommen, die bereits im Jahr 2006 kartiert und bearbeitet wurden. Die Waldflächen des BK5-Verfahrens Eschweiler liegen nur zum Teil innerhalb des Stadtgebietes Aachen, und zwar im Reichswald nahe dem Autobahnkreuz Aachen und in den westlichen Randgebieten des Würselener Waldes (DGK5-Blätter Wambacher Hof, Steinbachshochwald und Eilendorf Ost); alle übrigen Waldflächen des Verfahrens verteilen sich auf die Gemeinden Würselen, Eschweiler und Stolberg. Die kartierten Waldflächen des Verfahrens Wurmatal NSG liegen zum Großteil in den Gemeinden Herzogenrath und Würselen. Nur ein geringer Flächenanteil des südlichen Verfahrensgebiets liegt innerhalb der Verwaltungsgrenzen der Stadt Aachen (DGK5-Blatt Soers).

Der Tab. 2–1 sind die Flächenstatistiken der kartierten Gebiete und der innerhalb des Stadtgebietes Aachen liegenden Flächenanteile sowie die Zeiträume der jeweiligen bodenkundlichen Aufnahmen zu entnehmen.

**Tab. 2–1: Flächenstatistik der BK5-Verfahrensgebiete**

BK5-Verfahren	Bodenkundliche Aufnahmen	Gesamt Fläche (ha)	Innerhalb Stadtgebiet Aachen	
			Fläche (ha)	Fläche (%)
Aachen	1999, 2004-2005, 2008	1.676,8	1.672,4 <sup>1)</sup>	10,4
Stadtwald Würselen, Eschweiler, Propsteier Wald	2004	1.190,1	91,5	0,57
Aachen-Münsterwald	2010	879,4	876,3 <sup>2)</sup>	5,45
Wurmatal, NSG	1999	837,6	5,0	0,03
Fläche Stadt Aachen			16.083 <sup>3)</sup>	100,0

<sup>1)</sup> Abweichungen aufgrund unscharfer digitaler Grenzlinienverläufe BK5-Verfahren und Verwaltungsgrenzen Aachen

<sup>2)</sup> Abweichungen: Teilgebiet innerhalb der Gemarkung Stolberg und unscharfe digitale Grenzlinienverläufe BK5-Verfahren und Verwaltungsgrenzen Aachen

<sup>3)</sup> [http://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/pdfs\\_stadtbuerger/pdf\\_statistik/statistisches\\_jahrbuch\\_2009.pdf](http://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/pdfs_stadtbuerger/pdf_statistik/statistisches_jahrbuch_2009.pdf)



### 3 Regionale Bodenverbreitung

Die Bodenkarte 1:5.000 der forstlichen Standortkartierungen auf dem Stadtgebiet Aachens wird flächenhaft von den Bodenklassen der Braunerden und der Stauwasserböden dominiert (Karte 1, Tab. 3–1). In der Klasse der Braunerden haben außerdem die stauwasserbürtigen Übergangsbodentypen, die Pseudogley-Braunerden, mit rund 70 % den größten Anteil, gefolgt von den Braunerden und den Podsol-Braunerden. Während die Pseudogley-Braunerden vor allem im zentralen und westlichen Teil des Aachener Forsts verbreitet sind, herrschen im östlichen Teil sowie im Gebiet des Münsterwaldes die Stauwasserböden vor. Auch Podsole treten mit einem nennenswerten Flächenanteil von 9,5 % der Waldflächen auf, überwiegend innerhalb des Aachener Forstes. Sie sind bevorzugt auf Höhenrücken und Kuppen sowie in nord- bis westexponierten Hanglagen anzutreffen.

In den Tälern haben sich unter nachhaltigem Grundwassereinfluss Gleyböden und Übergangstypen entwickelt, die bei lang anhaltend sehr hohen Grundwasserständen mitunter anmoorig ausgebildet sind. Bei starkem Wasserüberschuss sind lokal auch Moorgleye und Niedermoore zu finden. Insbesondere im Reichswald (Kartierverfahren Eschweiler) sind diese Böden verbreitet. Auenböden sind in den Waldgebieten der Stadt Aachen unbedeutend und kommen nur lokal in den Niederungen der Inde bei Kornelimünster vor. Bodenbildungen aus karbonatischen Ausgangssubstraten befinden sich lokal in den südlichen Waldgebieten Aachens bei Walheim sowie im nördlichen Stadtgebiet.

**Tab. 3–1: Bodenverbreitung in den Waldgebieten der Stadt Aachen**

Bodenklassen	Bodentypen, -subtypen und Übergangstypen	Fläche (ha)	Fläche (%)
Abgrabungsböden	Regosol, Syrosem	6,1	0,2
Aufschüttungsböden	Regosol, Pseudogley, Gley	44,3	1,7
Aufschüttungsböden, karbonatisch	Rendzina, Pararendzina	62,4	2,4
Ah/C-Böden, karbonatisch	Rendzina, Braunerde-Rendzina	29,1	1,1
Braunerden	Pseudogley-Braunerde, Braunerde, Podsol-Braunerde	1.193,3	45,2
Lessivés	Parabraunerde	24,1	0,9
Podsole	Braunerde-Podsol, Podsol, Pseudogley-Podsol	251,5	9,5
Stauwasserböden	Pseudogley, Braunerde-Pseudogley, Podsol-Pseudogley, Gley-Pseudogley, Stagnogley, Kolluvisol-Pseudogley	852,0	32,3
Terrestrische anthropogene Böden	Kolluvisol, Pseudogley-Kolluvisol	15,3	0,6
Auenböden	Gley-Vega	6,1	0,2
Gleye	Gley, Pseudogley-Gley, Anmoorgley, Niedermoorgley, Nassgley, Braunerde-Gley	126,6	4,8
Moore	Niedermoor	28,0	1,1
<b>Summen</b>		<b>2.638,8</b>	<b>100,0</b>

## 4 Fachliche Grundlagen zur Bewertung von Bodenfunktionen

### 4.1 Bodenfunktionen

Die in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 des BBodSchG genannten Bodenfunktionen können in Bodenteilfunktionen differenziert werden, die ihrerseits mit Hilfe von Kriterien erfasst und bewertet werden können (Tab. 4–1)<sup>1</sup>.

**Tab. 4–1: Bodenfunktionen, Bodenteilfunktionen und Bewertungskriterien (PÖU 2003, BLA-GEO 2005)**

Bodenfunktionen	Bodenteilfunktionen	Kriterien
Lebensraumfunktion	Lebensraumfunktion für Menschen	Überschreitung von Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV
	Lebensraum für Pflanzen	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial) Natürliche Bodenfruchtbarkeit
	Lebensraum für Bodenorganismen	Standorteignung für Bodenorganismengemeinschaften
	–	Naturnähe
Funktion als Bestandteil des Naturhaushaltes	Funktion des Bodens im Wasserhaushalt	Abflussregulierung Beitrag des Bodens zur Grundwasserneubildung (Sickerwasserrate) Allgemeine Wasserhaushaltsverhältnisse
	Funktion des Bodens im Nährstoffhaushalt	Nährstoffpotenzial und Nährstoffverfügbarkeit
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe	Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle
	Filter, Puffer und Stoffumwandler für organische Schadstoffe	Bindung und Abbau organischer Schadstoffe
	Puffervermögen des Bodens für saure Einträge	Säureneutralisationsvermögen
	Filter für nicht sorbierbare Stoffe	Retention des Bodenwassers
	–	Sickerwasserverweilzeit
Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Archiv der Naturgeschichte	naturgeschichtlich bedeutsame Pedogenesen
	Archiv der Kulturgeschichte	kulturgeschichtlich bedeutsame Pedogenesen

Bei Planungs- und Zulassungsverfahren haben sich als besonders relevante Bodenfunktionen

<sup>1</sup> Aus sprachlichen Gründen wird anstelle der systematischen Differenzierung zwischen Bodenfunktionen, Bodenteilfunktionen und Kriterien hier auch allgemein von Bodenfunktionen gesprochen.

- das Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial),
- die natürliche Bodenfruchtbarkeit sowie
- die Archivfunktionen der Natur- und Kulturgeschichte

herausgestellt. Diese Bodenfunktionen werden in der Praxis regelmäßig bewertet. Weitere Bewertungskriterien, wie das Kriterium „Naturnähe“, können darüber hinaus im Einzelfall Bedeutung erlangen (FELDWISCH et al. 2006).

Für den forstwirtschaftlich genutzten Außenbereich der Stadt Aachen wurden folgende Bodenfunktionen erfasst und bewertet:

- Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften – Biotopentwicklungspotenzial (Kap. 7.1),
- Natürliche Bodenfruchtbarkeit (Kap. 7.2),
- Funktion des Bodens als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium (Filter-/ Pufferfunktionen) (Kap. 7.3),
- Funktion des Bodens im Wasserhaushalt (Wasserspeichervermögen) (Kap. 7.4) sowie
- Archivfunktionen der Natur- und Kulturgeschichte (Kap. 7.5).

## 4.2 Methoden der Bodenfunktionsbewertung

Mit den Auswertungen des GD NRW zu den Bodenkarten der Standorterkundung (BK5-Verfahren) lagen die Bewertungen des Standortpotenzials für natürliche Pflanzengesellschaften bzw. des Biotopentwicklungspotenzials, der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und der Archive der Natur- und Kulturgeschichte bereits vor. Die Archivböden gemäß den Auswertungen des GD wurden um potenzielle Archivböden der Naturgeschichte auf Grundlage der Baugrundkarte ergänzt (vgl. Ingenieurbüro Feldwisch 2009). Methodisch entspricht die Auswertung der schutzwürdigen Böden im Rahmen der BK5-Verfahren den Auswertungen der mittelmaßstäbigen Bodenkarte 1:50.000 (BK50). Eine Kurzdokumentation der GD-Methoden ist dem Gutachten zu Bodenfunktionskarten der landwirtschaftlich genutzten Böden zu entnehmen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

Die Bewertungen der Bodenteilfunktionen Wasserhaushalt und Filter- und Pufferwirkung für anorganische Schadstoffe wurden – in Anlehnung an die Bodenfunktionsbewertung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009) – nach der Methode UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) durchgeführt<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Der Methodenkatalog Baden-Württemberg wurde zwischenzeitlich fortgeschrieben (LUBW 2010: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Reihe Bodenschutz, Band 23, Karlsruhe. 2., völlig überarbeitete Neuauflage der Veröffentlichung des Umweltministeriums Baden-Württemberg 1995, Heft 31 der Reihe Luft, Boden, Abfall). Um an den Grenzen zwischen land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen einen methodisch begründeten Bewertungssprung zu vermeiden, wurde auf die „alten“ Methoden der Veröffentlichung von 1995 zurückgegriffen.

Das Verfahren nach UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) berücksichtigt zur Beurteilung von Bodenprofilen als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf die Faktoren Wasserspeichervermögen und gesättigte Wasserleitfähigkeit. Zur Ermittlung des Wasserspeichervermögens wird neben der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) im Fall von Stauwassereinfluss oder bei Böden in abflussträger Lage zusätzlich die Luftkapazität berücksichtigt, und somit der Speicherung von Sickerwasser in den weiten Grobporen des Bodens unter genannten Voraussetzungen Rechnung getragen.

### 4.3 Erläuterungen zu den Bodenfunktionen

Nach den Methoden des Geologischen Dienstes NRW (GD)<sup>3,4</sup> werden alle Böden hinsichtlich ihrer natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktionen in Abhängigkeit vom Grad der Funktionserfüllung je Funktion in drei Stufen bewertet. Der GD bewertet die natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion und weist Böden mit besonders hoher Erfüllung von Funktionen nach BBodSchG aus. Schutzwürdige Böden werden ausgewiesen für folgende Boden(teil-)funktionen:

- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte
- Lebensraumfunktion (Teilfunktion): hohes Biotopotenzial (Extremstandorte)
- Lebensraumfunktion (Teilfunktion): hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit/ Regulations- und Pufferfunktion

Für Böden mit einer hohen physikalischen und chemischen Filterwirkung und damit einer hohen Schutzfunktion für das Grundwasser steht vom GD NRW zwar eine Bewertungsmethode zur Verfügung, jedoch hat der GD keine landesweite Auswertung dieser Bodenfunktion vorgenommen.

Für die kartografische Darstellung der drei wesentlichen, oben genannten Bodenfunktionen hat der GD NRW Regeln aufgestellt, um in den Kartenwerken immer nur die Ausprägung einer Bodenfunktion wiedergeben zu können. So werden z. B. Böden, die wertvolle Archive der Natur- und Kulturgeschichte sind, zugleich aber auch ein hohes Biotopotenzial aufweisen, nach der Ausprägung der Archivfunktion gekennzeichnet; darin spiegelt sich die Einzigartigkeit und Unersetzbarkeit der Archivfunktion ebenso wieder wie der üblicherweise viel geringere Flächenanteil der Archivböden. Dass Böden besonders fruchtbar sind und zugleich ein hohes Biotopotenzial für Extremstandorte aufweisen, kann fachlich ausgeschlossen werden, so dass dazu keine kartografischen Darstellungsregeln notwendig sind. In den wenigen Fällen, wo sowohl die Archivfunktionen als auch die natürliche Bodenfruchtbarkeit eine Schutzwürdigkeit begründen,

---

<sup>3</sup> Link: [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/bodenschutz\\_altlasten/bodenschutz/bodenfunktionen/index.php](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/bodenschutz_altlasten/bodenschutz/bodenfunktionen/index.php)

<sup>4</sup> Link: [http://www.gd.nrw.de/g\\_bkSwB.htm](http://www.gd.nrw.de/g_bkSwB.htm)

wird die Ausprägung der Archivfunktion vorrangig vor der Bodenfruchtbarkeit ausgewiesen. Die Schutzwürdigkeit der Böden wird nach GD NRW dreistufig klassifiziert:

- 1 = schutzwürdig (sw1\_xx)
- 2 = sehr schutzwürdig (sw2\_xx)
- 3 = besonders schutzwürdig (sw3\_xx)

Im Rahmen dieses Projektes werden die Schutzwürdigkeiten vergleichbar zu anderen Bewertungsverfahren und entsprechend den Bewertungen für landwirtschaftlich genutzte Böden (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009) an eine 5-stufige Klassifizierung gemäß Tab. 4–2 angepasst.

**Tab. 4–2: Anpassung der Klassifizierung der schutzwürdigen Böden nach GD NRW auf ein 5-stufiges Verfahren**

Schutzwürdigkeit nach GD NRW, 3-stufig	5-stufige Klassifizierung der Schutzwürdigkeit	
	numerisch	textlich
keine Angabe	1 – 2 *	sehr gering bis gering
1 = schutzwürdig	3	mittel
2 = sehr schutzwürdig	4	hoch
3 = besonders schutzwürdig	5	sehr hoch

\* Bei Rechenoperationen wird mit dem Wert 1,5 gerechnet.

In dem Abschlussbericht zur Erstellung von Bodenfunktionskarten für landwirtschaftlich genutzte Böden auf dem Stadtgebiet Aachen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009) wird die GD-Methodik zur Ausweisung von schutzwürdigen Böden erläutert; eine umfassende Dokumentation ist auf der Homepage des GD NRW einsehbar<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> [http://www.gd.nrw.de/g\\_bkSwB.htm](http://www.gd.nrw.de/g_bkSwB.htm)

## **5 Datengrundlagen und Datenauswertung**

### **5.1 Digitale Datengrundlagen**

Zu Beginn des Vorhabens wurden vom Auftraggeber die originalen Daten-CDs des GD NRW zu innerhalb der Städtereion Aachen liegenden Bodenkartierungen (BK5-Verfahren) bereitgestellt. Dazu zählen die Waldflächen der in Kap. 2 genannten Kartiergebiete. Die Bodenkartierungen im Maßstab 1:5.000 wurden vom GD NRW für den Landesbetrieb Wald und Holz NRW sowie die Forstbehörden erstellt. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil der forstlichen Standorterkundungen zur Bewertung der natürlichen Standortbedingungen im Hinblick auf das Waldwachstum und die diese beeinflussenden ökologischen Parameter. Außerdem bietet sie eine Planungsgrundlage in den Bereichen des Boden-, Gewässer- und Naturschutzes.

Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Auswertungen der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen für Waldflächen im Stadtgebiet Aachens erfolgte auf Grundlage der bodenkundlichen Informationen der BK5-Verfahrensdaten.

Neben den flächenbezogenen Bodendaten der BK5-Verfahren standen Profildaten zu Bohrungen bzw. Aufgrabungen (Leitprofile) in den Waldgebieten Aachens zur Verfügung, die vom GD NRW bereitgestellt wurden.

Ergänzend zu den bodenkundlichen Daten wurde ein Digitales Geländemodell (DGM 20) zur Bewertung der standörtlichen potenziellen Erosionsgefährdung ausgewertet.

Die Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung für Waldgebiete werden zusammen mit den Bodenfunktionsbewertungen landwirtschaftlich genutzter Flächen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009), die bereits in digitaler Form vorliegen, kartografisch dargestellt.

### **5.2 Aufbereitung der Datensätze**

#### **Datenstruktur und Parameterumfang**

Für die Bearbeitung in einem GIS wurden die raumbezogenen digitalen BK5-Verfahrensdaten der vier Verfahrensgebiete in einer Datei zusammengeführt. Dies erforderte umfangreiche Digitalisierungsarbeiten, da die Sachdatentabellen mit den flächenbezogenen Informationen zu den Bodeneinheiten hinsichtlich der ausgewerteten Flächenattribute abweichende Dateistrukturen, -formatierungen und -inhalte aufwiesen.

Die Ursachen der abweichenden Attributierungen waren in den Anforderungen im Hinblick auf die forstkundlichen bzw. ökologischen Fragestellungen im Zusammenhang mit den durchgeführten Verfahren begründet. Um eine möglichst umfassende und vollständige Datengrundlage für die Waldgebiete auf dem Stadtgebiet Aachen zu schaffen, wurden im Rahmen einer Konsistenzprüfung für alle vier bearbeiteten Verfahrensgebiete fehlende Attribute bzw. Auswertungsparameter beim GD NRW abgefragt.

Weiterhin wurden für spezielle forstbauliche Fragestellungen ergänzende Daten über den originalen BK5-Datensatz hinaus angefordert, um Bewertungsgrundlagen für den Informationsbedarf des städtischen Forstamtes bereitstellen zu können. Dazu zählen z. B. spezifische Auswertungen zum Bodenwasserhaushalt, der Substratschichtung und des Basengehaltes, die im Zusammenhang mit der Waldbauplanung wichtige Entscheidungskriterien darstellen. Des Weiteren wurden Daten zur standortgerechten Baumartenwahl abgefragt, die auf Auswertungen des Basengehalts und Gesamtwasserhaushalts der Böden basiert.

Darüber hinaus wurden für die Auswertung der Filter-/Pufferfunktionen schichtbezogene Bodeneigenschaften angefordert, die in den originalen BK5-Datensätzen nicht bereitstehen. Die schichtbezogenen Parameter umfassten Angaben zu Schichtmächtigkeiten sowie Ton-, Humus- und Feinbodgehalten.

### **Konsistenz und Plausibilität**

Im Zuge der Auswertungsarbeiten wurden die Daten einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Dabei wurden Diskrepanzen zwischen numerischen und textlichen Attributierungen einzelner Bodeneigenschaften festgestellt, die aufzuklären waren. Beispielsweise waren bei der Kationenaustauschkapazität (KAK) Datensätze mit numerischen Werten, die gemäß der BK5-Methodendokumentation der Bewertungsklasse 2 entsprechen (KAK = gering), im Textfeld abweichend mit „sehr gering“ oder „mittel“ attribuiert. Außerdem waren identische numerische Werte einer Bodeneigenschaft in den Sachdatentabellen der unterschiedlichen BK5-Verfahren und sogar innerhalb eines Verfahrens textlich jeweils anderen Bewertungsklassen zugeordnet.

Diese Abweichungen kommen zum einen dadurch zustande, dass die numerischen Werte z. B. der KAK um den ganzzahligen Wert 5 gerundet werden, die textliche Attributierung jedoch auf den exakten Messwert zurückgreift. Zum anderen sind die Berechnungsalgorithmen zur Auswertung von Bodenparametern, wie z. B. bei der Berechnung der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFkWe) aus den quantifizierten Angaben der Bodenartenschichtung, im Laufe der Zeit verfeinert und verbessert worden. So wird bei der verbesserten Berechnungsmethode der nFkWe neben dem Skelettanteil auch der Humusanteil berücksichtigt.

Insgesamt wurden während des Arbeitsprozesses im Rahmen der Bodenfunktionsbewertung mehrmals ergänzende und korrigierte Daten bzw. neu berechnete Bodenparameter abgefragt und in den Datenbestand implementiert. Die allgemeinen und spezifischen Auswertungsparameter in dem zusammengeführten, konsolidierten Datensatz spiegeln somit den aktuellen Sachstand wider.

Für die Berechnungen und Klassifizierungen der Ergebnisse im Rahmen der durchgeführten Bodenfunktionsbewertungen wurden stets die numerischen Werte aus der Datenbank verwendet.

### **Aggregierte Flächendaten und Auswertungen**

Nach Aggregation der konsolidierten Teildatensätze aus den unterschiedlichen BK5-Verfahrensgebieten in einer Datei standen nunmehr die flächenhaften Bodendaten für die in Kap. 2 genannten Kartiergebiete zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung. Die Auswertungen der Bodenfunktionen und Attributierung der Sachdatentabellen erfolgte zunächst für die gesamte Fläche der BK5-Verfahrensgebiete, so dass auch Ergebnisse für Waldflächen außerhalb der kreisfreien Stadt Aachen vorliegen. Somit steht für die Forstbehörden der Stadt Aachen ein Planungsinstrument für weitere Forstbezirke in den Gemeinden Herzogenrath, Würselen, Eschweiler und Stolberg zur Verfügung.

Die Auswertung der Flächenstatistiken und die kartografischen Darstellungen im Rahmen der durchgeführten Bodenfunktionsbewertung erfolgen nur für die Waldgebiete innerhalb der Stadt Aachen.



## **6 Erläuterungen zur Bodenfunktionsbewertung**

### **Statistische Auswertungen**

In den vollständigen Flächendatensätzen der BK5-Verfahren werden Bodeneinheiten mit einer Gesamtfläche von 6,4 ha vorgehalten, die als nicht kartiert oder nicht bewertet gekennzeichnet sind. Meist handelt es sich dabei um Grünlandflächen, wie z. B. in den Auengebieten des Kartierverfahrens Wurmatal NSG. Die nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen wurden bei der weiteren Bearbeitung und statistischen Auswertung der BK5-Verfahrensgebiete nicht berücksichtigt, jedoch in den digitalen Flächendatensätzen beibehalten, da sie teilweise Informationen zu den Bodeneinheiten und Bodeneigenschaften enthalten.

Die Flächenstatistiken für die landwirtschaftlich genutzten Flächen wurden um die Überlappungsbereiche mit den Flächen der BK5-Kartierungen korrigiert (s. folgender Abschnitt).

### **Räumliche Überlappungen von Teilflächen**

In den Auswertungskarten zur Bodenfunktionsbewertung werden neben den Bewertungsergebnissen für die Waldflächen (BK5-Verfahren) auch die Bewertungen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009) dargestellt.

Im Zuge der Auswertungsarbeiten wurden Überlappungen der kartierten Waldflächen mit den Geometrien der landwirtschaftlich genutzten Flächen festgestellt. Insgesamt liegen Überlappungen auf einer Fläche von ca. 26,2 ha vor. Dabei ist ein Großteil der Überlappungen auf unscharfe bzw. nicht exakte Grenzliniengeometrien der unterschiedlichen Datengrundlagen (Polygongrenzen der Folie 42 aus dem ALK, Schätzungsgrenzen der DGK5 Bo, Bodeneinheiten der BK5-Waldflächen) zurückzuführen.

Nichtsdestotrotz liegen innerhalb der Kartiergebiete Aachen (Forst) und Münsterwald Überlappungen auf größeren zusammenhängenden Flächen vor. Die Ursachen sind in den unterschiedlichen Informationsgrundlagen zur Flächennutzung und in den tatsächlichen, zum Zeitpunkt der Bearbeitung bzw. der Standortaufnahme dokumentierten Flächennutzungen begründet. Nach Auswertung von aktuellen Luftbildern der Region wurden die Überlappungsbereiche in den digitalen Flächendatensätzen der BK5-Verfahren belassen und auch bei den statistischen Auswertungen als Waldflächen berücksichtigt. Bei den kartografischen Darstellungen wurden die thematischen Layer der landwirtschaftlich genutzten Flächen mit denen der BK5-Waldflächen überlagert.

### **Bewertungsklassen an Grenzflächen**

Die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen für die Waldgebiete erfolgt auf Grundlage der großmaßstäbigen Bodenkarte 1:5.000 (BK5), die eine starke räumliche und fachliche Differenzierung sowie eine hohe Informationstiefe aufweist.

Als wesentliche Datengrundlage zur Erstellung der Bodenfunktionskarten für die landwirtschaftlichen Nutzflächen diente die Bodenkarte auf Grundlage der Bodenschätzung im Maßstab 1:5.000 (DGK5 Bo). Da die DGK5 Bo an die flurstücksbezogenen Bodenschätzungsgeometrien gebunden ist, wird sie stark von den landwirtschaftlichen Flurstrukturen zum Zeitpunkt der Bodenschätzung bestimmt.

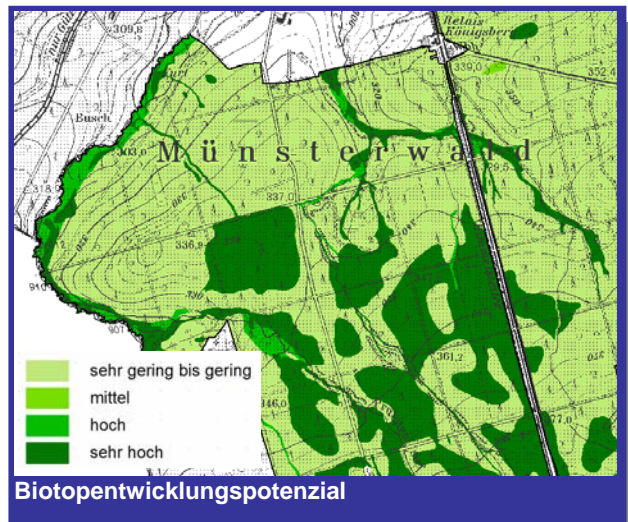
Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen resp. Flächengeometrien kommen an Grenzlinienflächen mitunter Klassensprünge zwischen den Bewertungen der Wald- und Landwirtschaftsflächen vor. Abweichungen zwischen den Bewertungsklassen auf benachbarten Flächen können aber auch mit den unterschiedlichen Informationstiefen der Datengrundlagen, mit sehr kleinräumig wechselnden Bodenverhältnissen innerhalb der Waldgebiete oder auch mit der Aktualität der Bodendaten im Hinblick auf die bodenkundlichen Aufnahmen zusammenhängen.

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial)

In den Methoden des GD zur Ableitung des Biotopentwicklungspotenzials werden die Kriterien Grundwasserstand, Staunässestufe sowie nutzbare Feldkapazität und Bodentyp abgefragt.

Auf rund 10 % der im Rahmen der BK5-Verfahren kartierten Waldflächen in Aachen kommen Böden mit einem hohen bzw. sehr hohen Biotopentwicklungspotenzial vor (Tab. 7–1). Den größten Flächenanteil dieser naturschutzfachlich bedeutsamen Böden bildet, wie bereits die regionale Bodentypenverbreitung erwarten lässt (vgl. Kap. 3), die Klasse der Staunässeböden mit rund 117 ha bzw. 4,4 % Waldflächenanteil (s. Tab. 7–2). In Tallagen mit Grundwassereinfluss liegen Böden mit einem hohen bis sehr hohen Biotopentwicklungspotenzial auf einer Fläche von insgesamt rund 81 ha bzw. 3,1 % vor. Trockene bis extrem trockene, flachgründige Felsböden nehmen im Untersuchungsgebiet eine Fläche von 35 ha bzw. 1,3 % ein.



An den steilen Talflanken des Schneeberg und des Wachtelkopf nahe der niederländischen Grenzstadt Vaals liegen sehr flachgründige Rendzinen vor, die als besonders schutzwürdig eingestuft werden. Auch die Bodenbildungen im Talgrund des Klauserswäldchens bei Kornelimünster erlangen einen besonders hohen Schutzwürdigkeitsgrad. Die flachgründigen Felsböden in der Umgebung von Walheim werden vom GD NRW als sehr schutzwürdig eingestuft. Niedermoore mit hohem bis sehr hohem Schutzwürdigkeitsgrad (18,3 ha bzw. 0,7 %) sind in den Talniederungen des Münsterwaldes, dem Reichswald, dem Wildbachtal bei Laurensberg und lokal in den westlichen und zentralen Gebieten des Aachener Waldes verbreitet. Ein hohes bis sehr hohes Biotopentwicklungspotenzial wird außerdem für Vorkommen von tiefgründigen Sand- oder Schuttböden auf insgesamt 3,5 ha ausgewiesen, die sich südöstlich von Walheim und im Wildbachtal bei Laurensberg befinden.

Böden mit mittlerem Biotopentwicklungspotenzial sind auf 0,24 % (6,5 ha) der bewerteten Fläche anzutreffen (Tab. 7–1). Auf gut 90 % der bewerteten Fläche liegt nach den Auswertungen des GD kein bedeutsames Biotopentwicklungspotenzial vor; diese Böden werden nach der angepassten 5-stufigen Klassifizierung (vgl. Kap. 4.3) der Klasse mit sehr geringer bis geringer Schutzwürdigkeit zugeordnet. Aus Tab. 7–2 gehen die Flächenanteile der Schutzwürdigkeitsgrade mit Sachdimension hervor.

Die räumliche Verteilung des Biotopentwicklungspotenzials ist in Karte 2 ersichtlich.

**Tab. 7–1: Flächenstatistik des Biotopentwicklungspotenzials für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

Klasse	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
1-2	Sehr gering bis gering <sup>3)</sup>	2378,3	90,1	4803,5	74,2
3	Mittel	6,5	0,2	110,1	1,7
4	Hoch	57,9	2,2	605,4	9,3
5	Sehr hoch	196,1	7,4	954,0	14,7
–	Fehlende Daten <sup>4)</sup>	-	-	2,4	0,0
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

<sup>3)</sup> Für diese Flächen wird nach den Methoden des GD keine Schutzwürdigkeit aufgrund des Biotopentwicklungspotenzials ausgewiesen (s. Tab. 7–2).

<sup>4)</sup> Flächen mit fehlenden DGK5-Bo-Informationen.

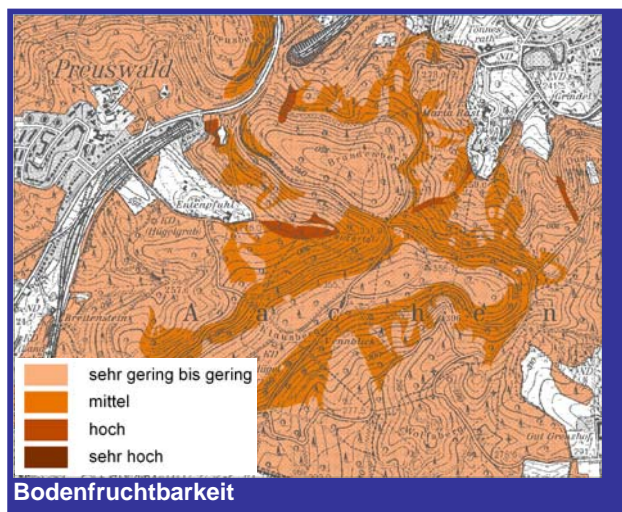
**Tab. 7–2: Flächenstatistik des Biotopentwicklungspotenzials für die Waldgebiete mit Sachdimension**

GD-Code <sup>1)</sup>	Schutzwürdigkeit Ausgewiesene Extremstandorte	Fläche	
		ha	%
sw1_bz	flachgründige Felsböden	0,3	0,01
sw2_bz	flachgründige Felsböden	11,7	0,44
sw3_bz	flachgründige Felsböden	23,3	0,88
sw1_bg	Grundwasserböden	4,6	0,17
sw2_bg	Grundwasserböden	36,0	1,36
sw3_bg	Grundwasserböden	44,7	1,69
sw2_bm	Moorböden	8,4	0,32
sw3_bm	Moorböden	9,9	0,38
sw3_bs	Stauanäseböden	116,5	4,40
sw1_bx	tiefgründige Sand- oder Schuttböden	1,5	0,06
sw2_bx	tiefgründige Sand- oder Schuttböden	1,9	0,07
sw3_bx	tiefgründige Sand- oder Schuttböden	1,6	0,06
–	Keine	2378,3	90,1
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>

## 7.2 Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Die Ableitung der Schutzwürdigkeit aufgrund der natürlichen Bodenfruchtbarkeit erfolgt nach der Methodik des GD NRW auf Basis bodenphysikalischer Kennwerte (We, nFK, FK, LK), der  $KAK_{pot}$  und aufgrund der standörtlichen Grund- und Stauwasserverhältnisse.

Karte 3 zeigt die räumliche Verteilung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit in der Stadt Aachen.



Mit gut 91 % Flächenanteil (s. Tab. 7–3) wird für die Waldböden Aachens nach

den Auswertungen des GD NRW keine Schutzwürdigkeit aufgrund der natürlichen Bodenfruchtbarkeit ausgewiesen. Dies korrespondiert mit den auf Waldstandorten flächenhaft verbreiteten Stauwasserböden und staunässegeprägten Übergangsbodentypen (vgl. Kap. 3).

Etwa 189 ha (7 %) der Waldflächen sind durch eine mittlere Bodenfruchtbarkeit gekennzeichnet. Die Waldgebiete mit Böden mittlerer Bodenfruchtbarkeit sind vor allem auf die Hochflächen des Klausberg, Brandenburg und Preusberg im Preuswald konzentriert, auf denen die geologischen Schichten sehr flach lagern und umlaufend an der Oberfläche austreichen. Die Ausgangssubstrate der Bodenbildung bilden dort Gesteine der Oberkreidezeit, und zwar die gebankten Mergel und Mergelkalke des *Guelpenmergel* sowie die schluffigen Feinsande der *Vaalser Schichten*.

**Tab. 7–3: Flächenstatistik der natürlichen Bodenfruchtbarkeit für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

Klasse	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
1-2	Sehr gering bis gering <sup>3)</sup>	2406,3	91,2	3402,0	52,5
3	Mittel	189,3	7,2	1082,1	16,7
4	Hoch	41,2	1,6	535,4	8,3
5	Sehr hoch	2,0	0,1	1453,6	22,4
–	Fehlende Daten <sup>4)</sup>	2406,3	91,2	2,4	0,0
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

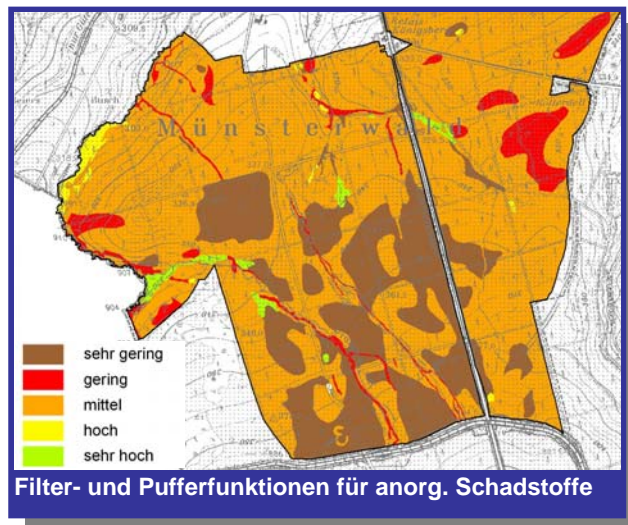
<sup>3)</sup> Für diese Flächen wird nach den Methoden des GD keine Schutzwürdigkeit aufgrund des Biotopentwicklungspotenzials ausgewiesen (s. Tab. 7–2).

<sup>4)</sup> Flächen mit fehlenden DGK5-Bo-Informationen.

### 7.3 Filter- und Pufferfunktionen für anorganische Schadstoffe

Zur Ableitung der Filter-Pufferfunktion der Böden im Untersuchungsgebiet aus den zur Verfügung stehenden BK5-Datensätzen wurden verschiedene methodische Ansätze untersucht.

Zunächst erfolgte eine Auswertung der Gesamtfilterwirkung nach dem Bewertungsansatz des GD NRW, bei dem die Gesamtfilterwirkung für den Bodenraum bis 2 m Tiefe in Abhängigkeit von der potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK) und der Luftkapazität (LK) klassifiziert wird. Dazu mussten die KAK im effektiven Wurzelraum mit Hilfe einer unterstellten mittleren Trockenrohdichte auf den 2 m-Raum umgerechnet werden. Außerdem war es notwendig, die LK aufgrund unterschiedlicher Einheiten umzurechnen. Die Ergebnisse der Bewertung wurden nach Auswertung der Daten aus bodenschutzfachlicher Sicht verworfen, da zum einen die Bestimmung der Gesamtfilterwirkung nach dieser Methodik auf eine einheitliche Bodenhorizontierung ausgerichtet ist, und zum anderen der wesentliche Einfluss des pH-Wertes auf die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen nicht berücksichtigt wird.



Anorganische Schadstoffe resp. Schwermetalle werden in Böden zumeist durch Adsorption oder Ausfällung immobilisiert, jedoch nicht aus dem Stoffkreislauf entfernt, das heißt sie werden im Boden in der Regel fixiert und angereichert. Wie effektiv anorganische Schadstoffe im Boden immobilisiert werden können, hängt von den Bodenarten bzw. dem Tongehalt, dem Humusgehalt, dem pH-Wert und den vorherrschenden Redoxverhältnissen ab.

Die pH-Werte werden im Rahmen der BK5-Kartierverfahren nicht flächenhaft erfasst. Es liegen nur aus den Bodeneigenschaften abgeleitete Kennwerte vor – wie z. B. der geschätzte Basengehalt oder auch die Einstufung der Notwendigkeit einer Bodenschutzkalkung –, die lediglich eine qualitative Einschätzung der pH-Wert-Situation erlauben. Zur flächenbezogenen Auswertung des pH-Wert-Zustandes der Waldböden wurden daher verschiedene Datenquellen abgefragt mit dem Ziel, eine Zuordnung von pH-Werten zu den Bodeneinheiten vorzunehmen und durch die Übertragung in die Fläche nach Möglichkeiten einer Regionalisierung der pH-Werte zu suchen. Hierzu wurden sowohl die vorliegenden Profildaten des GD NRW (s. Kap. 5.1) als auch die Analysedaten zu den Waldmessstellen der BBK Aachen abgefragt und ausgewertet.

Zunächst erfolgte eine grafische Auswertung der GD-Profile, um Zusammenhänge zwischen charakteristischen Tiefenverläufen des pH-Wertes und den Ausgangssubstraten



der Bodenbildung zu untersuchen. Hierfür wurden die geologischen Einheiten gemäß der Baugrundkarte im Maßstab 1:5.000 verwendet. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen den pH-Werten der GD-Profile und den geologischen Einheiten statistisch ausgewertet. Die statistischen Kennwerte wurden für verschiedene Bezugstiefen ermittelt, und zwar für die Oberbodenhorizonte, über die jeweilige gesamte Profiltiefe und über die Bezugstiefe bis 1 m. Im Ergebnis zeigte sich, dass eine Regionalisierung der pH-Werte auf Grundlage der GD-Profildaten mangels genügender Anzahl an Stützstellen fachlich nicht sinnvoll umzusetzen ist, so dass zusätzlich die Waldmessstellen der BBK Aachen für die statistischen Auswertungen herangezogen wurden. Für die BBK-Messstellen liegen jedoch nur die pH-Werte der Oberbodenhorizonte vor. Insofern konnten im Rahmen der erweiterten Auswertung auf Grundlage der nun vorliegenden Datenquellen auch bei den GD-Profilen nur die pH-Werte der Oberbodenhorizonte berücksichtigt werden. Diese wurden auf Grundlage fachlicher Expertise um einen Faktor +0,2 korrigiert, da die analytische Bestimmung nicht wie bei den BBK-Messstellen im  $\text{CaCl}_2$ -Auszug, sondern im KCl-Auszug vorliegt.

Die Standorte der GD-Profilaufnahmen und der BBK-Messstellen verteilen sich auf 25 von insgesamt 41 innerhalb des Untersuchungsgebiets vorkommenden geologischen Einheiten. Nach Übertragung der ermittelten pH-Kennwerte auf nicht mit Stützpunkten belegte geologische Flächeneinheiten wurde der Auswertungsansatz verworfen, da die Ergebnisse nach fachlicher Einschätzung keine gute Grundlage für einen Bewertungsansatz liefern.

Im nächsten Bearbeitungsschritt wurde mit Hilfe des beschriebenen methodischen Ansatzes der Zusammenhang zwischen den pH-Werten der Oberböden und den Substraten gemäß den Flächeneinschreibungen der BK5, die auf einer Generalisierung der quantifizierten Bodenartenschichtung beruhen, untersucht. Dazu wurden die Substratkennzeichnungen der BK5, z. B. bei geschichteten Substratfolgen, durch Zuordnung zu einem Substrat vereinfacht.

Tab. 7–4 zeigt die nach Substraten differenzierten mittleren pH-Werte der Oberböden auf Grundlage der Auswertung der GD-Profile und der BBK-Waldmessstellen. Die mittleren pH-Werte werden analog zu den Auswertungen der landwirtschaftlich genutzten Flächen (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009) drei Klassen bzw. pH-Wert-Bereichen zugeordnet.

Auf dieser Basis erfolgte dann die Bewertung der Filter-/Pufferfunktionen wie bei der Bewertung der Landwirtschaftsflächen mit den Methoden des UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995).

Die Methode der Ableitung für die Filter- und Pufferfunktion des UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) erfolgt auf Grundlage des Filters für anorganische Schadstoffe. Sie beschreibt die mechanischen und physikochemischen Filtereigenschaften des Bodens und wird für die drei Bodengruppen der Grund- und Stauwasserböden und der

nicht hydromorphen Böden in Abhängigkeit zur Ton- und Humusmenge innerhalb der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) sowie dem pH-Wert abgeleitet.

**Tab. 7–4: Mittlere pH-Werte der Oberböden, differenziert nach BK5-Substraten**

Substrat gemäß BK5	Bezeichnung	Mittelwert pH (Oberböden)	Klasse pH <sup>1)</sup>
CZ	Carbonatgestein	6,5	3
H	Torf	5,8	2
L	Lehm	3,6	1
LS	Lehmsand	3,1	1
S	Sand	2,7	1
T	Ton	5,3	2
U	Schluff	3,6	1
X	Steine	Keine Daten	1 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> pH-Klassen: 1 (pH < 5), 2 (pH ≥ 5 bis 6), 3 (pH ≥ 6).

Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Die Zuordnung erfolgt auf Grundlage fachlicher Überlegungen für alle nicht karbonatischen Ausgangsgesteine der Bodenbildung. Bei Böden aus Silikatgestein ist i.d.R. von einer geringen Filter-Pufferwirkung auszugehen. Bei geringen Humus- und Tonanteilen erfolgt demnach für die pH-Klasse=1 eine Einstufung in sehr geringe bis geringe Filter-Pufferwirkung (s. Tab. 7–5).

Die Ableitungskenngrößen Ton- und Humusmenge werden in den Datensätzen der BK5-Verfahren nicht standardmäßig ausgewertet und vorgehalten. Daher mussten die erforderlichen Daten zur Berechnung der Ton- und Humusmengen beim GD abgefragt werden. Zur Quantifizierung der Ton- und Humusmengen wurden folgende schichtbezogene Angaben verwendet, die aus den Bodenartenbeschreibungen der Bodenkarte 1:5.000 errechnet bzw. abgeleitet werden:

- Mittlere Schichtmächtigkeit (dm)
- Tonanteil der Schicht (%), Bezugsbasis gesamte Schicht
- Humusgehalt der Schicht (%), Bezugsbasis Feinboden
- Torfgehalt der Schicht (%), Bezugsbasis gesamte Schicht
- Feinbodenanteil der Schicht (%), Bezugsbasis gesamte Schicht
- Grobboden- bzw. Skelettanteil der Schicht (%), Bezugsbasis gesamte Schicht
- Anteil zum Auftreten der Schicht in der Fläche

Die Daten zu den Humusgehalten sind in den Bodenartenbeschreibungen allerdings nicht flächendeckend enthalten. Sie werden nur dann angegeben, wenn sie als charakteristische Merkmalsausprägung den Bodentyp bestimmen (z. B. Kolluvisole, Auenböden, Plaggenesche) oder von den zu erwartenden typischen Werten hinsichtlich Humusgehalt oder Tiefenlage stark abweichen. Um auch für die übrigen Bodeneinheiten die Humusgehalte der mineralischen Bodenhorizonte abschätzen zu können, wurden folgende Annahmen zur Ableitung der schichtspezifischen Humusgehalte bzw. Humusmengen verwendet, die der GD für spezielle Auswertungen bei forstkundlichen Fragestellungen festgelegt hat:

- Berechnung nur, wenn kein Humus oder Torf in der obersten Bodenschicht beschrieben ist



- Berechnung der Humusmenge auf Basis des Feinbodenanteils
- Mittlere Mächtigkeit der humosen Oberböden unter Wald = 1 dm
- Humusgehaltsstufe h3-h4 (Rechenwert 6%)
- Bodentypen Syrosem, Lockersyrosem (O, OL): Humusgehalt = h0
- Bodentyp Regosol (Q): Humusgehalt = h2
- Bodentyp Rendzina (R): Humusgehalt = h4

Bei der Berechnung der auf die Bodeneinheiten bezogenen Humusmengen bzw. -vorräte wurden neben den Humusmengen des Mineralboden- und Torfanteils die Humusmengen der organischen Auflagehorizonte berücksichtigt. Die organischen Auflagehorizonte tragen durch die adsorptive Bindung bzw. Rückhaltung von eingetragenen Nähr- und Schadstoffen erheblich zur Filterleistung des Standortes bei.

Aus den Angaben der BK5 zu den Humusformen wurden mit Hilfe der Humusformenbeschreibungen und den Kennzahlen zum Gehalt an organischer Feinsubstanz der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) mittlere Humusmengen für die verschiedenen Auflagehumusformen abgeschätzt. Die für die Berechnung angesetzten Trockenrohdichten der Auflagehorizonte wurden aufgrund fachlicher Expertise geschätzt.

Die Bewertung der Filter-/Pufferfunktionen mit Hilfe der ermittelten Kennwerte zum pH, zur Ton- und Humusmenge erfolgte nach dem Bewertungsschema gemäß der Methodik des UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995). Die Zuordnung zur klassifizierten Filter-/Pufferwirkung ist der Tab. 7–5 zu entnehmen.

In Aachen wird für etwa 74 % (1980 ha) der Waldflächen eine mittlere Ausprägung der Filter- und Pufferfunktion für anorganische Schadstoffe abgeleitet (Tab. 7–6, Karte 4). Auf gut 14 % (357 ha) der Fläche tritt eine geringe Funktionsausprägung auf und auf ca. 6,0 % (159 ha) eine sehr geringe. Hohe und sehr hohe Schutzwürdigkeiten aufgrund der Filter-/Pufferleistung der Böden kommen auf ca. 1,2 % und 5,6 % der Fläche vor; dies sind vornehmlich die Böden auf karbonatischen Ausgangssubstraten und die Niedermoorstandorte. Die starke Betonung der mittleren Bewertungsstufe ist auf die flächenhafte Verbreitung von Stauwasser- und stauwassergeprägten Böden in Kombination mit lehmig-schluffigen Ausgangssubstraten, die mit pH-Werten < 5 eingestuft werden, zurückzuführen. Die Filter- und Pufferfunktion ist neben der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und dem Wasserspeichervermögen Bestandteil der Naturhaushaltfunktion (siehe Kapitel 7.6).

**Tab. 7–5: Einstufung der Filter-/Pufferwirkung für anorganische Schadstoffe in Klassen 1 bis 5 (sehr gering bis sehr hoch)**

Humusmenge (We) [kg/m <sup>2</sup> ]	Tonmenge (We) [kg/m <sup>2</sup> ]	pH-Wert < 5	pH-Wert 5-6	pH-Wert > 6
<b>Grundwasserböden</b>				
<25 <sup>1)</sup>	< 100	1	1	1
	100 - 300	1	3	3
	> 300	2	3	4
25-50	< 100	1	1	2
	100 - 300	2	3	4
	> 300	3	4	5
50-100	< 100	3	3	3
	100 - 300	3	4	5
	> 300	3	5	5
>100	< 100	3	4	5
<b>Stauwasserböden</b>				
< 20	< 100	1	1	1
	100 - 300	1	2	3
	>300	1	3	4
20 - 30	< 100	1	1	2
	100 - 300	1	3	4
	>300	2	3	5
> 30 <sup>2)</sup>	< 100	2	2	3
	100 - 300	2	3	5
	>300	3	4	5
<b>Nicht hydromorphe Böden (und Haftnässepseudogleye)</b>				
< 13	< 100	1	1	1 <sup>3)</sup>
	100 - 300	1	3	3 <sup>3)</sup>
	300 - 450	2	3	4 <sup>3)</sup>
	>450	3	4	5 <sup>3)</sup>
13-25	< 100	1	1	2 <sup>3)</sup>
	100 - 300	2	3	4 <sup>3)</sup>
	300 - 450	3	4	5
	>450	3	5	5
> 25 <sup>4)</sup>	< 100	2	2	3 <sup>3)</sup>
	100 - 300	3	4	5
	300 - 450	3	5	5
	>450	4	5	5

Anmerkungen:

<sup>1)</sup> Humusmengen  $\leq 13 \text{ kg/m}^2$  = Klassenwert -2

<sup>2)</sup> Humusmengen  $\geq 40 \text{ kg/m}^2$  = Klassenwert +1

<sup>3)</sup> Ah-C-Böden aus Ton-, Mergelstein, Geschiebemergel und Löss= 5 (verändert nach Ingenieurbüro Feldwisch)

<sup>4)</sup> Humusmengen  $\geq 40 \text{ kg/m}^2$  = Klassenwert +1

**Tab. 7–6: Flächenstatistik der Filter-/Pufferfunktion für anorganische Schadstoffe für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

Klasse	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
1	Sehr gering	158,6	6,0	751,1	11,6
2	Gering	357,0	13,5	1019,6	15,7
3	Mittel	1945,1	73,7	3801,7	58,7
4	Hoch	31,1	1,2	591,9	9,1
5	Sehr hoch	147,0	5,6	308,7	4,8
–	Fehlende Daten <sup>3)</sup>			2,4	0,04
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

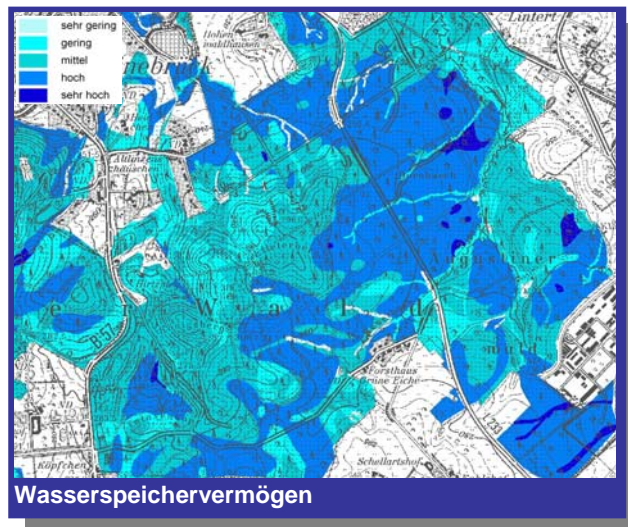
<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

<sup>3)</sup> Flächen mit fehlenden DGK5-Bo-Informationen.

## 7.4 Wasserspeichervermögen

Das Wasserspeichervermögen des Bodens wurde mit Hilfe des Verfahrens nach UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) bewertet. Es berücksichtigt neben der nFKWe im Fall von starkem Stauwassereinfluss (Stauwasserstufen >4) oder bei Böden in abflusträger Lage zusätzlich die Luftkapazität (LK). Abflusträge Lagen wurden anhand der Angaben der Bodenkarten zu den Grundwasserstufen ermittelt und für GWS=1 (Grundwasseroberfläche zwischen 0-4dm) ausgewiesen. Abweichend vom Baden-Württembergischen Verfahren wurden – in Anlehnung an die Bewertung der landwirtschaftlich genutzten Flächen – die bodenkundlichen Kennwerte der nFKWe und LK nach KA4 klassifiziert (Tab. 7–7).



Abweichend vom Baden-Württembergischen Verfahren wurden – in Anlehnung an die Bewertung der landwirtschaftlich genutzten Flächen – die bodenkundlichen Kennwerte der nFKWe und LK nach KA4 klassifiziert (Tab. 7–7).

**Tab. 7–7: Einstufung des Wasserspeichervermögens gemäß Methode Umweltministerium Baden-Württemberg (1995) und KA4**

nFKWe		nFKWe Klasse GD	nFKWe Klasse Bezeichnung GD
von	bis		
0	60	1	sehr gering
60	140	2	gering
140	220	3	mittel
220	300	4	hoch
300	offen	5	sehr hoch

Die Aachener Waldböden zeigen eine räumlich gleichmäßige Verteilung des Wasserspeichervermögens (Tab. 7–8), wobei die Böden im Münsterwald gegenüber dem Aachener Stadtwald durch einen deutlich höheren Anteil mit geringem bis sehr geringem Wasserspeichervermögen aufweisen. Gut 43 % der gesamten Waldflächen sind durch ein mittleres Wasserspeichervermögen gekennzeichnet. Die Flächenanteile von Böden mit geringer und hoher Wasserspeicherkapazität sind mit gut 24 % bzw. 27 % annähernd gleich.

**Tab. 7–8: Flächenstatistik des Wasserspeichervermögens für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

Klasse	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
1	Sehr gering	78,6	3,0	229,6	3,5
2	Gering	626,3	23,7	1349,5	20,8
3	Mittel	1122,3	42,5	1065,4	16,5
4	Hoch	714,5	27,1	1807,2	27,9
5	Sehr hoch	97,0	3,7	2021,3	31,2
–	Fehlende Daten <sup>3)</sup>			2,4	0,0
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

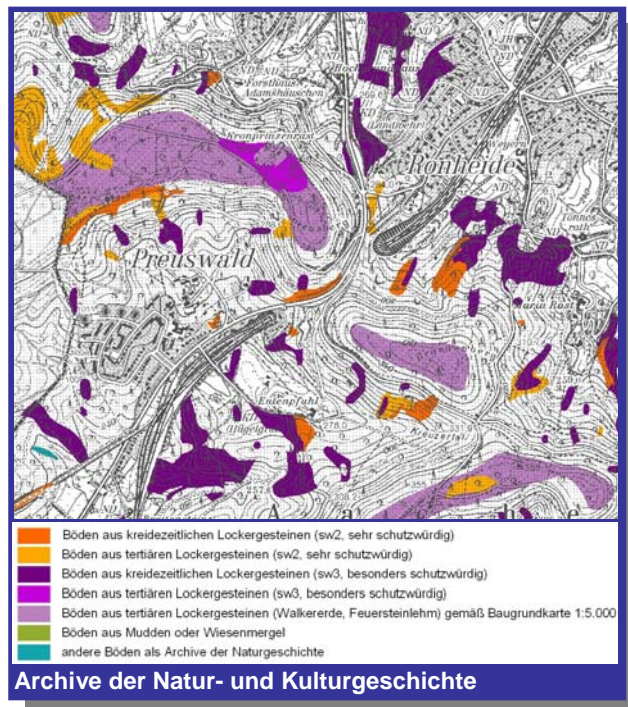
<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

<sup>3)</sup> Flächen mit fehlenden DGK5-Bo-Informationen.

## 7.5 Archivfunktionen

Neben den Angaben der BK5-Verfahren zu Böden mit Archivfunktionen wurden für die Waldgebiete Aachens mit Hilfe der Baugrundkarte 1:5.000 weitere potenzielle Archivböden aus tertiären Lockergesteinen ermittelt. Als potenzielle Archive wurden die besonders seltenen tertiären Bodenbildungen der Walkererden und der Feuersteinlehme ausgewiesen, deren Vorkommen während des 18. und 19. Jahrhunderts zur Verwendung in der Tuchproduktion und in der Töpferei abgebaut wurden.

In Karte 6 sind die derzeit bekannten Böden mit Archivfunktionen der Naturgeschichte im Außenbereich der Stadt Aachen dargestellt. Eine Übersicht der Flächenstatistik ist der Tab. 7–9 zu entnehmen.



Abweichend von der üblichen alleinigen Ausweisung der Schutzwürdigkeitsstufe sw3 (besonders schutzwürdig) für Archivböden liegen nach BK5 auch kreidezeitliche Archivböden der Schutzwürdigkeitsstufe sw2 vor. Nach Auskunft des GD wird bei der großmaßstäbigen Bodenkartierung eine Differenzierung in zwei Klassen der Schutzwürdigkeit – auch für tertiärzeitliche Gesteine und Vulkanite – aufgrund der höheren Informationstiefe im Hinblick auf Geogenese und Pedogenese der Flächen vorgenommen.

Insgesamt ist auf einer Fläche von knapp 229 ha bzw. 8,7 % der Waldflächen mit Böden aus kreidezeitlichen oder tertiären Lockergesteinen zu rechnen. Weitere Böden als Archive der Naturgeschichte nehmen nur eine geringe Fläche von knapp 0,7 ha (0,02 %) ein.

Archive der Kulturgeschichte sind anhand der BK5 nicht ermittelbar. Kulturgeschichtlich bedeutende Archive stehen in Aachen in Form von Bodendenkmälern unter Schutz. Geologische Archive liegen anhand von „geologischen Naturdenkmälern“ (GND) dokumentiert vor. Auf eine nachrichtliche Darstellung der bereits geschützten Kulturarchive und Naturdenkmäler in der Bodenfunktionskarte wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber verzichtet.

**Tab. 7–9: Flächenstatistik der Archivböden für Waldgebiete (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

GD-Code	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
sw2_ak	Böden aus kreidezeitlichen Lockergesteinen	26,7	1,0	0,0	0,0
sw2_at	Böden aus tertiären Lockergesteinen	29,8	1,1	0,0	0,0
sw3_ak	Böden aus kreidezeitlichen Lockergesteinen	147,1	5,6	192,3	3,0
sw3_am	Böden aus Mudden oder Wiesenmergel	0,3	0,01	0,0	0,0
sw3_an	andere Böden als Archive der Naturgeschichte	0,3	0,01	0,0	0,0
sw3_at	Böden aus tertiären Lockergesteinen	25,2	1,0	13,8	0,2
	Keine Schutzwürdigkeit	2409,4	91,3	6269,4	96,8
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

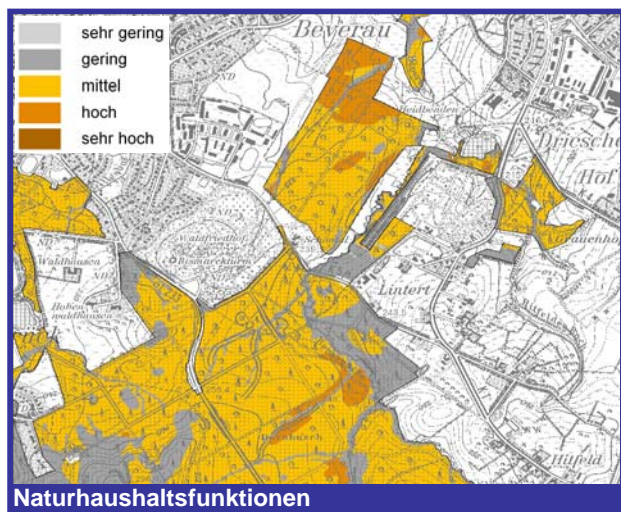
<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

## 7.6 Gesamtbewertung

Für die Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeit der Böden stehen die Ergebnisse der Einzelfunktionen zur Verfügung. Die Grundzüge der zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen sind von der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) beschrieben worden (vgl. FELDWISCH et al. 2006)<sup>6</sup>.

Um die Bewertungsergebnisse der Einzelfunktionen zusammenfassend bewerten zu können, sind Verknüpfungsregeln notwendig.



In Anlehnung an die LABO-Empfehlungen wurden in einem ersten Schritt die Bodenfunktionen zusammengefasst, die im Regelfall eine ähnliche Funktionsausprägung aufweisen. So sind die Bodenfunktionen ‚natürliche Bodenfruchtbarkeit‘, ‚Filter-/Pufferfunktion‘ und ‚Wasserspeichervermögen‘ zumeist durch vergleichbare Funktionserfüllungsgrade gekennzeichnet. Für die Gesamtbewertung werden die Bewertungsklassen der Bodenfunktionen natürliche Bodenfruchtbarkeit, Filter- und Pufferfunktion für anorganische Schadstoffe und des Wasserspeichervermögens gemittelt; der ganzzahlige Mittelwert dieser drei Bodenfunktionen beschreibt die natürlichen Bodenfunktionen im Naturhaushalt, so dass im Folgenden kurz von ‚Naturhaushaltsfunktionen‘ gesprochen wird (Tab. 7–10 und Karte 7).

**Tab. 7–10: Flächenstatistik der zusammenfassenden Bewertung / Naturhaushaltsfunktionen für Waldflächen (BK5) und Landwirtschaftsflächen**

Klasse	Schutzwürdigkeit Bezeichnung	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
		ha	%	ha	%
1	Sehr gering	8,8	0,3	81,4	1,3
2	Gering	802,9	30,4	1575,0	24,3
3	Mittel	1742,4	66,0	2792,9	43,1
4	Hoch	84,7	3,2	1802,0	27,8
5	Sehr hoch	0,0	0,0	221,8	3,43
–	Fehlende Daten <sup>3)</sup>			2,4	0,0
–	<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

<sup>3)</sup> Flächen mit fehlenden DGK5-Bo-Informationen.

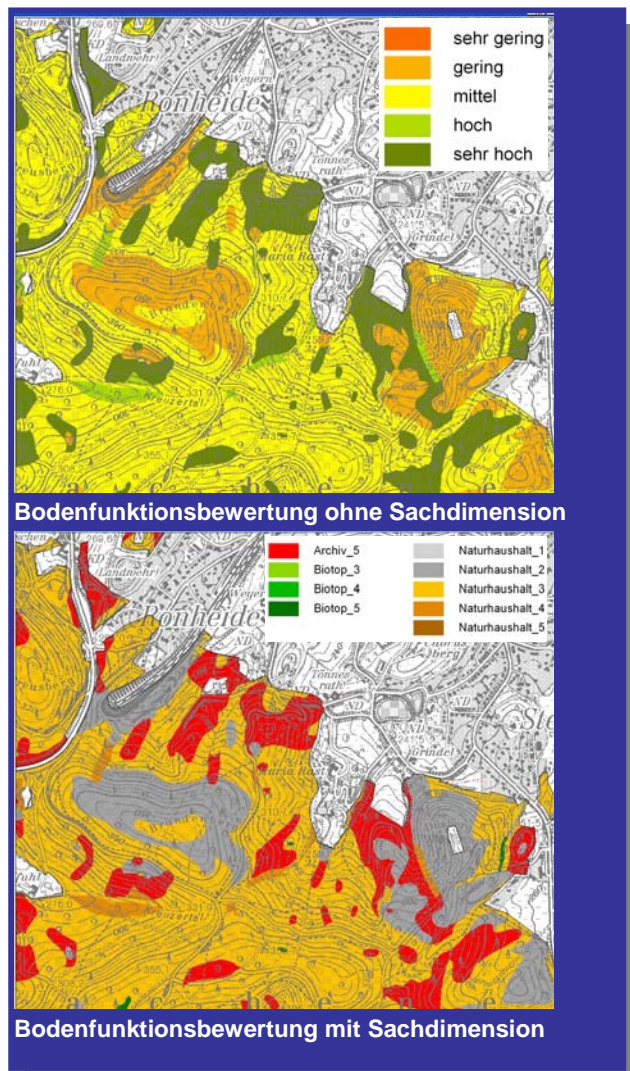
<sup>6</sup> Link: <http://www.labo-deutschland.de> unter „Themen“, sowie Kurzfassung des Orientierungsrahmens unter [http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de/pdf/LABO\\_B305\\_Orientierungsrahmen.pdf](http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de/pdf/LABO_B305_Orientierungsrahmen.pdf)



Daneben stehen die Biotopentwicklungspotenziale und Archivfunktionen, die sich einer Mittelwertbildung auf Grund unterschiedlicher Sachdimensionen entziehen. Böden mit hohem oder sehr hohem Erfüllungsgrad des Biotopentwicklungspotenzials besitzen hinsichtlich der Naturhaushaltsfunktionen i. d. R. keine hohe oder sehr hohe Schutzwürdigkeit. Überschneidungen dieser Bodenfunktionen im Bereich hoher bis sehr hoher Schutzwürdigkeit können somit ausgeschlossen werden. Die Darstellung der Bodenfunktionen ‚Naturhaushalt‘, ‚Biotopentwicklungspotenzial‘ erfolgt daher nach dem Maximalwertprinzip. Die zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung folgt somit jeweils der Bodenfunktion mit dem höchsten Erfüllungsgrad. Die Archive der Naturgeschichte werden über das Ergebnis der Naturhaushaltsfunktionen und des Biotopentwicklungspotenzials gelegt. Damit wird ihre Bedeutung aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes unterstrichen.

In der so erzielten Gesamtkarte werden die Naturhaushaltsfunktionen, das Biotopentwicklungspotenzial und die Archivfunktionen dargestellt. Hier können die Bewertungsklassen mit und ohne Sachdimension abgebildet werden. Im Falle einer Eingriffsbewertung genügt die Betrachtung der Bewertungsklasse, um den Eingriffswert zu ermitteln. Für bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen ist der Rückgriff auf die Sachdimensionen der Gesamtkarten, also die Funktionsausprägungen hinter dem Gesamtbewertungsergebnis, bedeutsam.

Das Ergebnis der Gesamtbewertung geht aus Tab. 7–11 und Karte 8 hervor. Karte 9 zeigt die Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeiten von Böden ohne Sachdimension.



Tab. 7–11: Flächenstatistik der Gesamtbewertung

	Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
	ha	%	ha	%
<b>Schutzwürdigkeitsklasse ohne Sachdimension</b>				
Sehr gering	1,3	0,0	25,2	0,4
Gering	551,3	20,9	778,5	12,0
Mittel	1527,2	57,9	1935,0	29,9
Hoch	134,0	5,1	2367,8	36,6
Sehr hoch	425,1	16,1	1368,9	21,1
<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Schutzwürdigkeitsklasse mit Sachdimension</b>				
Archiv_5	229,0	8,7	206,1	3,2
Biotop_2	-	-	-	-
Biotop_3	6,5	0,2	89,2	1,4
Biotop_4	57,9	2,2	577,1	8,9
Biotop_5	196,1	7,4	941,0	14,5
Naturhaushalt_1	1,3	0,0	25,2	0,4
Naturhaushalt_2	551,3	20,9	778,5	12,0
Naturhaushalt_3	1520,7	57,6	1845,8	28,5
Naturhaushalt_4	76,1	2,9	1790,7	27,7
Naturhaushalt_5	-	-	221,8	3,4
<b>Summe</b>	<b>2638,8</b>	<b>100</b>	<b>6475,5</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

## 7.7 Bodenerosion

Bodenerosion kann erhebliche Beeinträchtigungen der Böden verursachen. Im Falle erheblicher Bodenabträge und daraus resultierender massiver Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen werden so genannte schädliche Bodenveränderungen im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes ausgelöst.

Die Beseitigung der Erosionsschäden kann aufwändig und kostspielig sein. Bodenerosion durch Wasser kann sowohl die Böden auf den Erosionsflächen

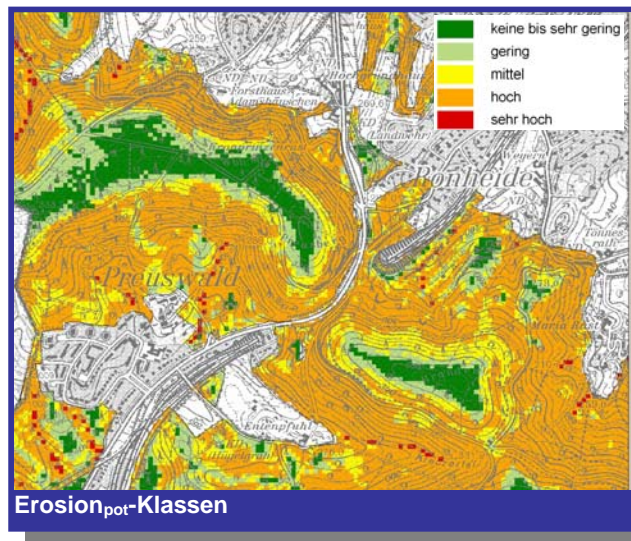
(so genannte On-Site-Schäden) als auch andere Schutzgüter außerhalb der Erosionsfläche wie Oberflächengewässer, naturschutzbedeutsame Flächen oder Siedlungs- und Verkehrsflächen (so genannte Off-Site-Schäden) beeinträchtigen. Insbesondere die Beseitigung der Erosionsschäden an Infrastruktur und Gebäuden verursacht häufig hohe Kosten.

Für die Stadt Aachen wurde die potenzielle Erosionsgefährdung bewertet. Die potenzielle Erosionsgefährdung fließt nicht in die Bodenfunktionsbewertung ein, da es sich hierbei um eine Empfindlichkeit und nicht um eine Vorbelastung handelt.

Die standörtliche potenzielle Erosionsgefährdung wird im Wesentlichen durch die Bodenart und durch Reliefparameter (Hangneigung, Hanglänge, Wölbung) bestimmt (SCHWERTMANN et al. 1990, DIN 19708-2005). Informationen zur regionalen Verteilung der Bodenarten in Aachen konnten der DGK5 Bo entnommen werden. Anhand der Bodenarten wurde die standörtliche Erodierbarkeit der Böden ermittelt; dazu wurde der so genannte K-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) herangezogen.

Die Reliefparameter wurden für Aachen anhand des DGMs mit einer horizontalen Auflösung von 20 m abgeleitet. Der Hangneigungseinfluss auf die standörtliche Erosionsgefährdung wurde mit Hilfe des so genannten S-Faktor der ABAG bewertet. Darüber hinaus wurde die reliefbedingte Abflusskonzentration in vorgeprägten Abflussbahnen erfasst; damit wird der Erosionsgefährdung Rechnung getragen, die durch das Zusammenfließen des Oberflächenabflusses in Geländetiefenlinien ausgelöst wird. Die Abflusskonzentration wird als rasterbezogene Einzugsgebietsgröße aus dem DGM ermittelt ( $EZG_{\text{raster}}$ ).

Die Bewertungsmethoden und Klassifizierungen der Eingangsparameter gehen aus dem Gutachten zu Bodenfunktionskarten für die landwirtschaftlich genutzten Böden hervor (INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).



Die potenzielle Erosionsgefährdung ( $Erosion_{pot}$ ) ermittelt sich aus der Summe der Klassenwerte für „KS“ und „EZG<sub>raster</sub>“; in Tab. 7–12 sind die Klassengrenzen für  $Erosion_{pot}$  aufgeführt (vgl. Karte 10). Die Flächenstatistik der potenziellen Erosionsgefährdung der Wald- und Landwirtschaftsflächen geht aus Tab. 7–13 hervor.

**Tab. 7–12: Klassengrenzen der  $Erosion_{pot}$ -Gefährdungsklassen**

$Erosion_{pot}$ -Klassensumme	Bezeichnung	$Erosion_{pot}$ -Gefährdungsklasse
2-3	kein bis sehr gering	1
4-5	gering	2
6	mittel	3
7-9	hoch	4
$\geq 10$	sehr hoch	5

**Tab. 7–13: Flächenstatistik der  $Erosion_{pot}$ -Gefährdungsklassen**

Erosionsgefährdung (potenziell)		Waldgebiete <sup>1)</sup>		Landwirtschaftsflächen <sup>2)</sup>	
Klasse	Bezeichnung	ha	%	ha	%
1	Keine bis sehr gering	418,1	15,8	1291,1	19,9
2	Gering	846,9	32,0	2899,9	44,8
3	Mittel	497,3	18,8	1228,4	19,0
4	Hoch	868,8	32,8	1035,3	16,0
5	Sehr hoch	15,1	0,6	20,0	0,3
–	<b>Summe<sup>3)</sup></b>	<b>2446,2</b>	<b>100</b>	<b>6474,8</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> Für die Waldgebiete werden die gesamten kartierten bzw. bewerteten Flächen statistisch erfasst. Die in den BK5-Verfahrensdaten vorgehaltenen, aber nicht kartierten bzw. nicht bewerteten Flächen (6,4 ha) werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Angepasste Flächenstatistik landwirtschaftlich genutzter Böden (s. Kap. 6, vgl. INGENIEURBÜRO FELDWISCH 2009).

<sup>3)</sup> Abweichungen der Flächensummen im Vergleich mit den übrigen Flächenstatistiken sind darauf zurückzuführen, dass die Erosionsgefährdung auf Rasterbasis ausgewertet wurde, alle anderen Auswertungen basieren auf der Auswertung der originalen Flächengeometriedaten (shapefiles).

In Abhängigkeit von der potenziellen Erosionsgefährdung können grundlegend geeignete und angemessene Maßnahmen zur Verringerung der Erosionsgefährdung abgeleitet werden. Für die landwirtschaftlichen Nutzungsformen sind entsprechende Maßnahmengruppen vorgeschlagen worden (vgl. Ingenieurbüro Feldwisch 2009).

Böden unter Wald sind in ihren natürlichen Versickerungseigenschaften und ihrem natürlichen Wasserspeichervermögen nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt. Auch die Gefährdung durch Bodenerosion ist unter Wald sehr gering. Insofern ist der Wald aus Sicht des Erosionsschutzes und der dezentralen Hochwasservorsorge die optimale Nutzungsform. Gleichwohl können die natürlichen Bodenfunktionen im Wasserkreislauf auch bei der Waldbewirtschaftung gemindert oder beeinträchtigt werden, wenn auch im geringeren Umfang als bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Die Bewertung der potenziellen Erosionsgefährdung für die Waldflächen der Stadt Aachen macht deutlich, welche Bodenflächen ohne die schützende Wirkung des Waldes ei-

ner besonderen Erosionsgefährdung durch Wasser ausgesetzt wären. Aus diesem Grund kann empfohlen werden, alle Waldflächen mit einer hohen und sehr hohen potenziellen Erosionsgefährdung als Waldflächen im Sinne eines Bodenschutzwaldes zu erhalten. Zusätzlich empfehlen sich in diesen potenziell gefährdeten Gebieten auch bei der Walderschließung und -bewirtschaftung möglichst bodenschonende Verfahren, die den Wasserrückhalt fördernd und damit der Erosionsgefährdung entgegenwirken (s. u.). Die Dringlichkeit der schützenden Maßnahmen der Waldbewirtschaftung nimmt entsprechend der Klassifizierung der potenziellen Erosionsgefährdung ab. So sind auf Standorten mit sehr geringer und geringer Erosionsgefährdung keine speziellen Maßnahmen der Waldbewirtschaftung notwendig. Bei Standorten mit einer mittleren Erosionsgefährdung sollten bereits schonende Bewirtschaftungsverfahren in Erwägung gezogen werden, die über die Grundsätze der nachhaltigen Forstwirtschaft hinausgehen können.

In einer ausführlichen Veröffentlichung widmen sich Schüler et al. (2007) den Möglichkeiten, wie bei einer waldbaulichen Nutzung der dezentrale Wasserrückhalt verbessert und damit auch die Erosionsgefährdung durch Wasser begrenzt werden kann. Diese Maßnahmen können dem Grunde nach auch in ein Kompensationskonzept für die Stadt Aachen eingebracht werden. Die wesentlichen Maßnahmenvorschläge werden nachfolgend kurz vorgestellt. Ausführlichere Informationen sind der genannten Veröffentlichung zu entnehmen.

#### **Maßnahmenvorschläge für die Walderschließung:**

- Inventur von Waldwegen und Gräben im Hinblick auf ihre Funktion und ggf. Rückbau von Waldwegen und Gräben, die nicht ständig gebraucht werden;
- Ableitung von Grabenwasser in Waldflächen zur Versickerung oder Zwischenspeicherung in Tümpel;
- abflusshemmende, möglichst hangparallele Wegführung;
- bodenschonender Maschineneinsatz bei der Flächenerschließung, ggf. Seillinienerschließung.

#### **Maßnahmenvorschläge für Waldflächen mit starker Hangneigung:**

- Schaffung standortgerechter Laub- und Nadelmischwälder
- Anlage von Bodenschutzwald.

#### **Maßnahmenvorschläge für Waldflächen in Bach- und Flussauen:**

- Neuanlage von Auwald auf angemessen breiten Gewässerentwicklungstreifen
- Anpflanzung standortgerechter Laubmischwälder
- Entfichtung der Bachauen
- Belassen von Totholz im Auwald zur Erhöhung der Abflussrauigkeit bei Hochwasser.

#### **Maßnahmenvorschläge für Waldgewässer:**

- Stabilisierung der Gewässersohle, z. B. durch Verbreiterung des Profils

- Förderung und Zulassen von Breitenerosion
- Förderung der Mäandrierung zur Verlängerung des Fließweges
- Schaffung frühzeitiger Überflutungsmöglichkeiten durch flache Gewässer, Totholz und Schwellen.

## 8 Zusammenfassung

Mit dem Gutachten aus dem Jahr 2009 lag bisher nur eine großmaßstäbige Bodenfunktionskarte für die landwirtschaftlich genutzten Böden der Stadt Aachen vor. Nunmehr konnte durch die Auswertung der Kartierverfahren im Maßstab 1:5.000 auch für die Waldflächen eine flächendeckende Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen vorgenommen werden.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Methoden und Datengrundlagen der Funktionsbewertungen für Waldböden. Die Bewertungsergebnisse werden erläutert und mit tabellarischen Auswertungen zur Verteilung der Schutzwürdigkeitsgrade ergänzt. Weiter werden die räumlichen Verteilungsmuster der Bodenfunktionen und Schutzwürdigkeitsgrade mit Hilfe von Karten dokumentiert. Die Kartenwerke sind zusammen mit den Ergebnissen für die landwirtschaftlichen Bodenflächen bereits in das Geoinformationssystem der Stadt Aachen eingepflegt worden, so dass die Bewertungsergebnisse behördenintern in alle tangierten Planungen und Zulassungsverfahren eingebunden werden können.

Auf Grundlage der nunmehr vorliegenden großmaßstäbigen Bodenfunktionskarte für forst- und landwirtschaftlich genutzte Böden können die Belange des vorsorgenden Bodenschutzes effektiver in Planungs- und Zulassungsverfahren eingebracht werden. Damit kann die Stadt Aachen ihrer gesetzlichen Pflichtaufgabe zum Schutz von Böden und Bodenfunktionen verbessert nachkommen. Nach § 1 BBodSchG sind die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Ergänzend dazu ist in § 1 LBodSchG NRW ausgeführt, dass Böden, welche die natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen in besonderem Maß erfüllen, besonders zu schützen sind.

Weiterhin eröffnen die großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten die Möglichkeit, dass grundlegende Maßnahmenkonzepte zum vorsorgenden Bodenschutz – wie zum Beispiel ein kommunales Bodenschutzkonzept für die Stadt Aachen oder auch bodenbezogenen Kompensationsplanungen – aufgestellt werden können.

Bergisch Gladbach, 16. September 2013

gez. Dr. Norbert Feldwisch



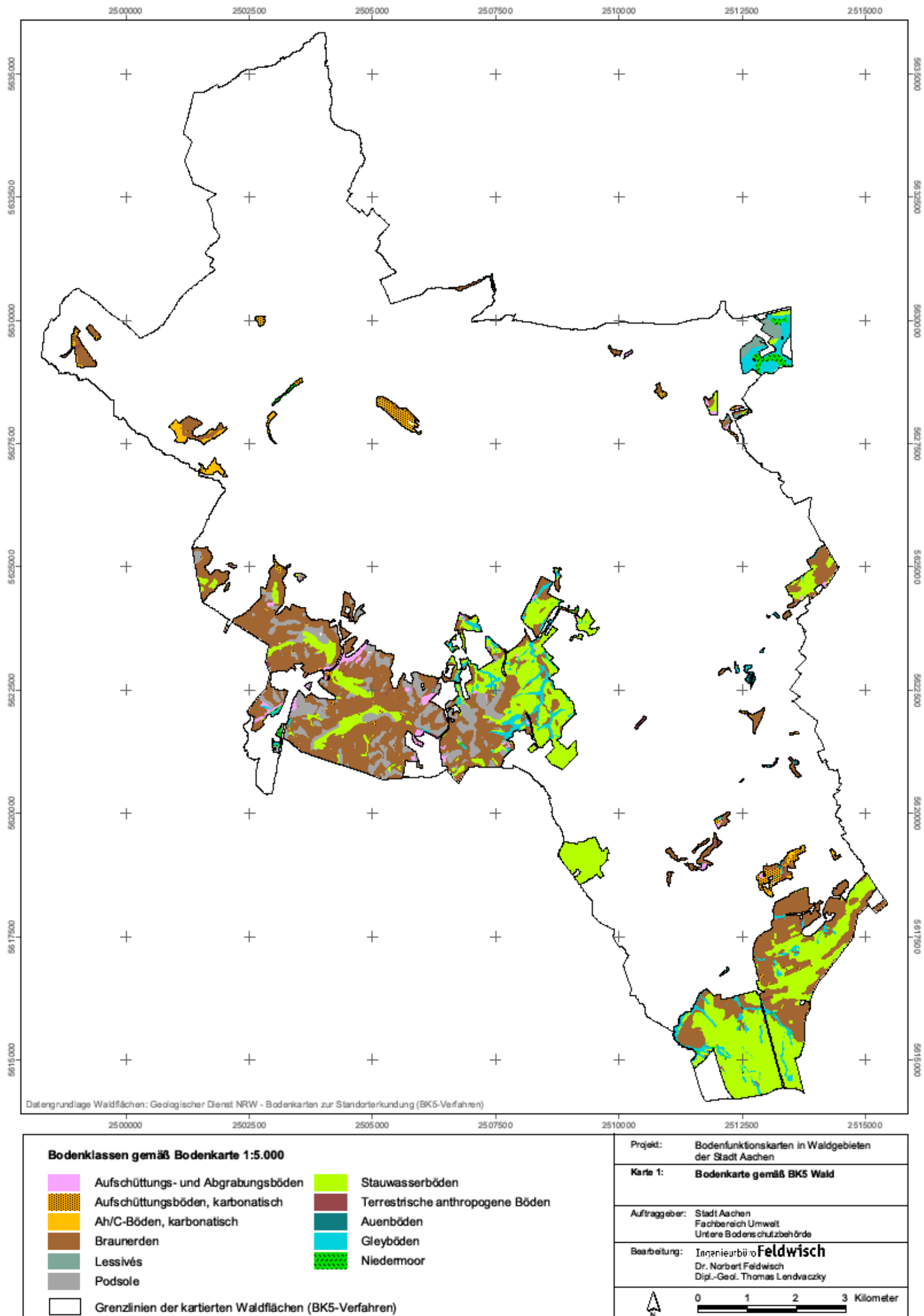
## 9 Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 5. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- BLA-GEO – Ad-hoc AG Boden des Bund/Länder-Ausschusses Bodenforschung – Personenkreis „Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung“ (2005, 2007): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG.  
Link: [http://www.bgr.bund.de/cln\\_092/nn\\_325598/DE/Themen/Boden/Zusammenarbeit/Adhocag/Downloads/methodenkatalog,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/methodenkatalog.pdf](http://www.bgr.bund.de/cln_092/nn_325598/DE/Themen/Boden/Zusammenarbeit/Adhocag/Downloads/methodenkatalog,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/methodenkatalog.pdf)
- DIN 19708 (2005): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Berlin, 25 S.
- Feldwisch, N., Balla, S. & C. Friedrich (2006): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. Abschlussbericht zum LABO-Projekt B 3.05. 38 Seiten.  
Link: <http://www.labo-deutschland.de> unter „Themen“
- Ingenieurbüro Feldwisch (2008): Erstellung von Bodenfunktionskarten für das Stadtgebiet PÖU – Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifizierung und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. Endbericht des Forschungsvorhabens der LABO.  
Link: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Nachrichten/Archiv/Angebotseinholung\\_\(LABO-Projekt\\_B\\_1.06\)\\_abgeschlossen/index.jsp](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Nachrichten/Archiv/Angebotseinholung_(LABO-Projekt_B_1.06)_abgeschlossen/index.jsp)
- Schüler, G., I. Gellweiler, S. Seeling (2007): Dezentraler Wasserrückhalt in der Landwirtschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen. Mitteilungen 64/2007 aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
[http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Mit\\_64\\_07.pdf](http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Mit_64_07.pdf)
- Schwertmann, U., Vogel, W. & Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Auflage. Stuttgart.
- Umweltministerium Baden-Württemberg (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Luft, Boden, Abfall; Heft 31: 57 S.

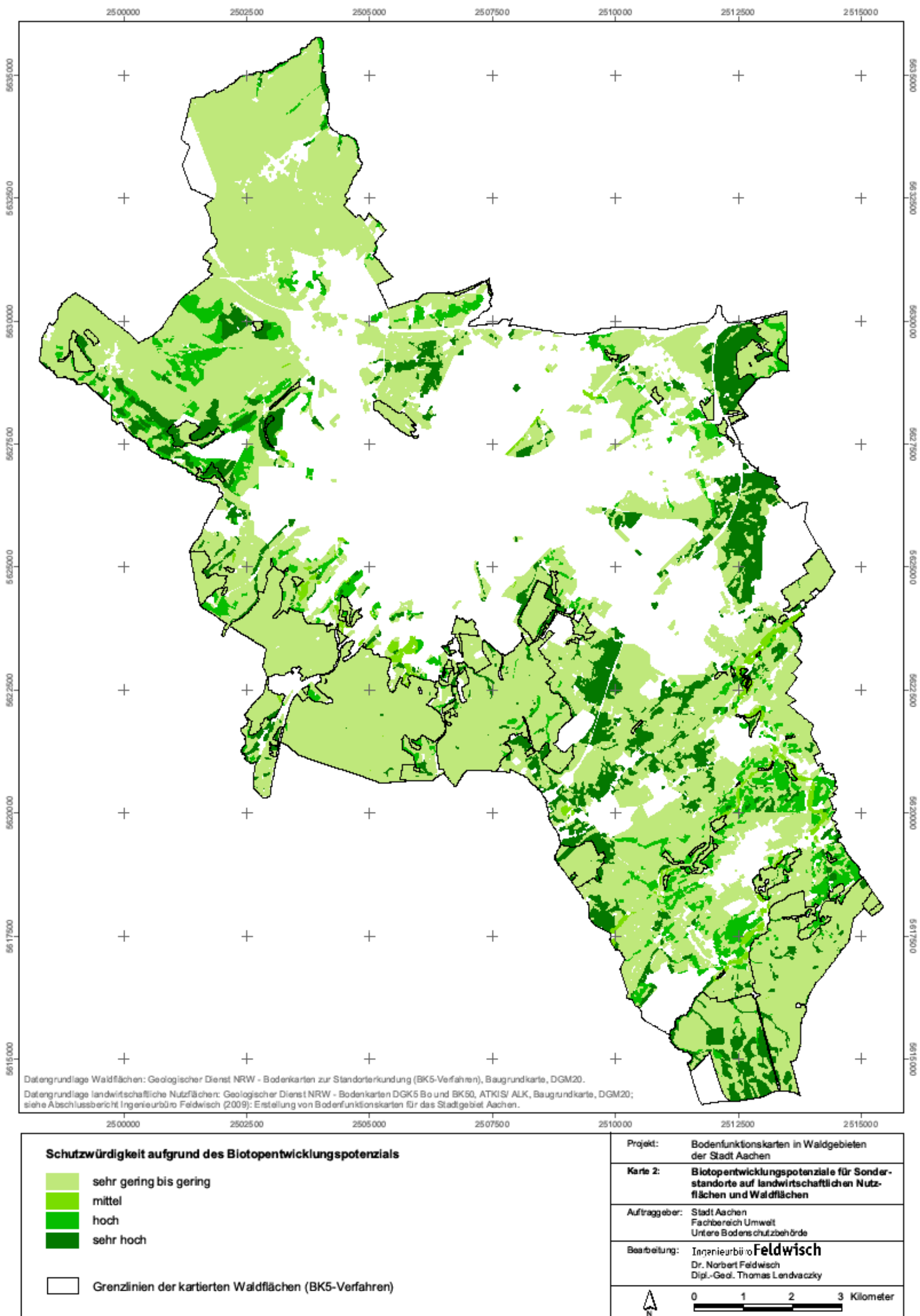


## Kartenanhang

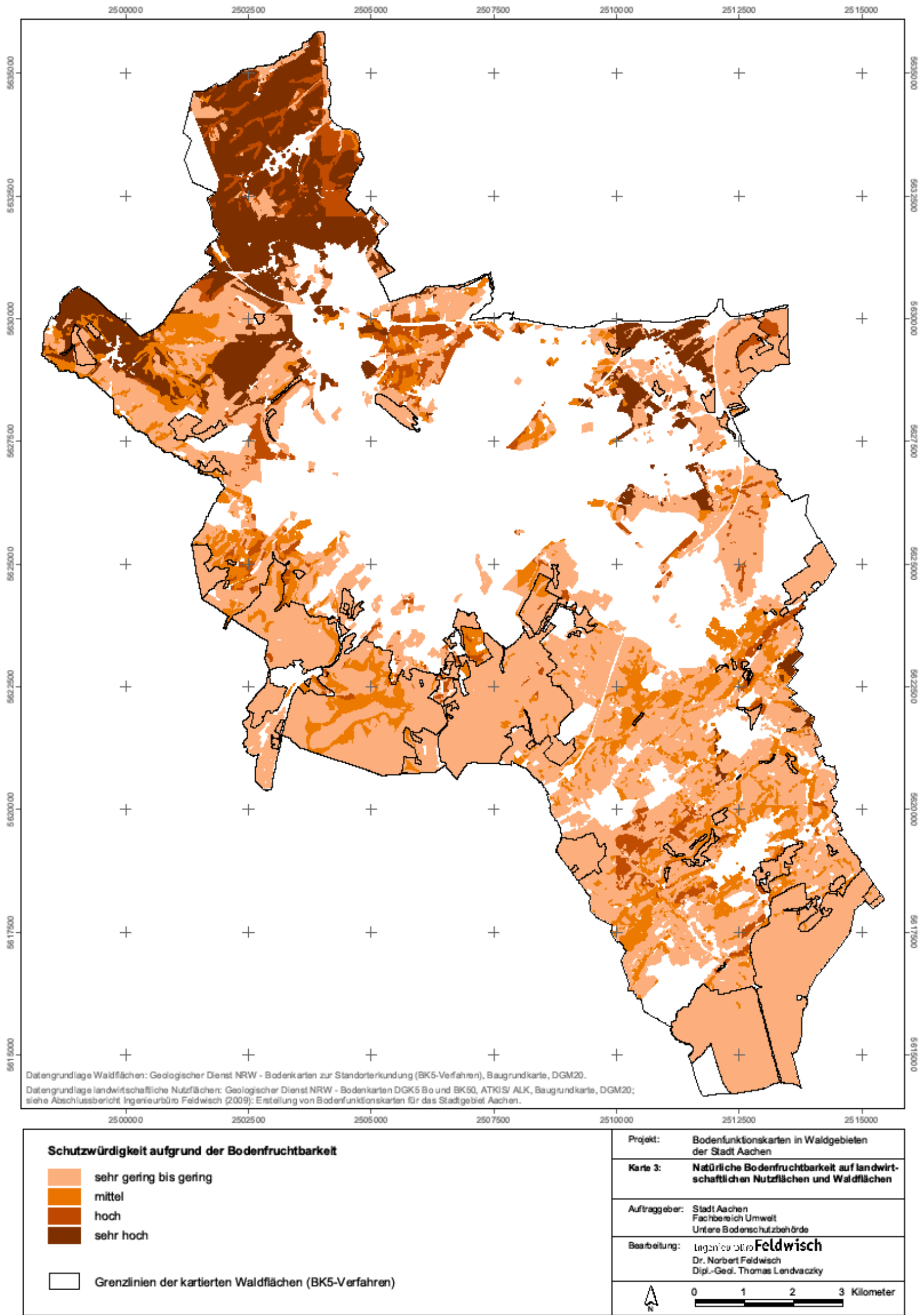
Karte 1: Bodenkarte im Maßstab 1:5.000 der Waldflächen Aachens



Karte 2: Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften (Biotopentwicklungspotenzial) (Wald- und Landwirtschaftsflächen)

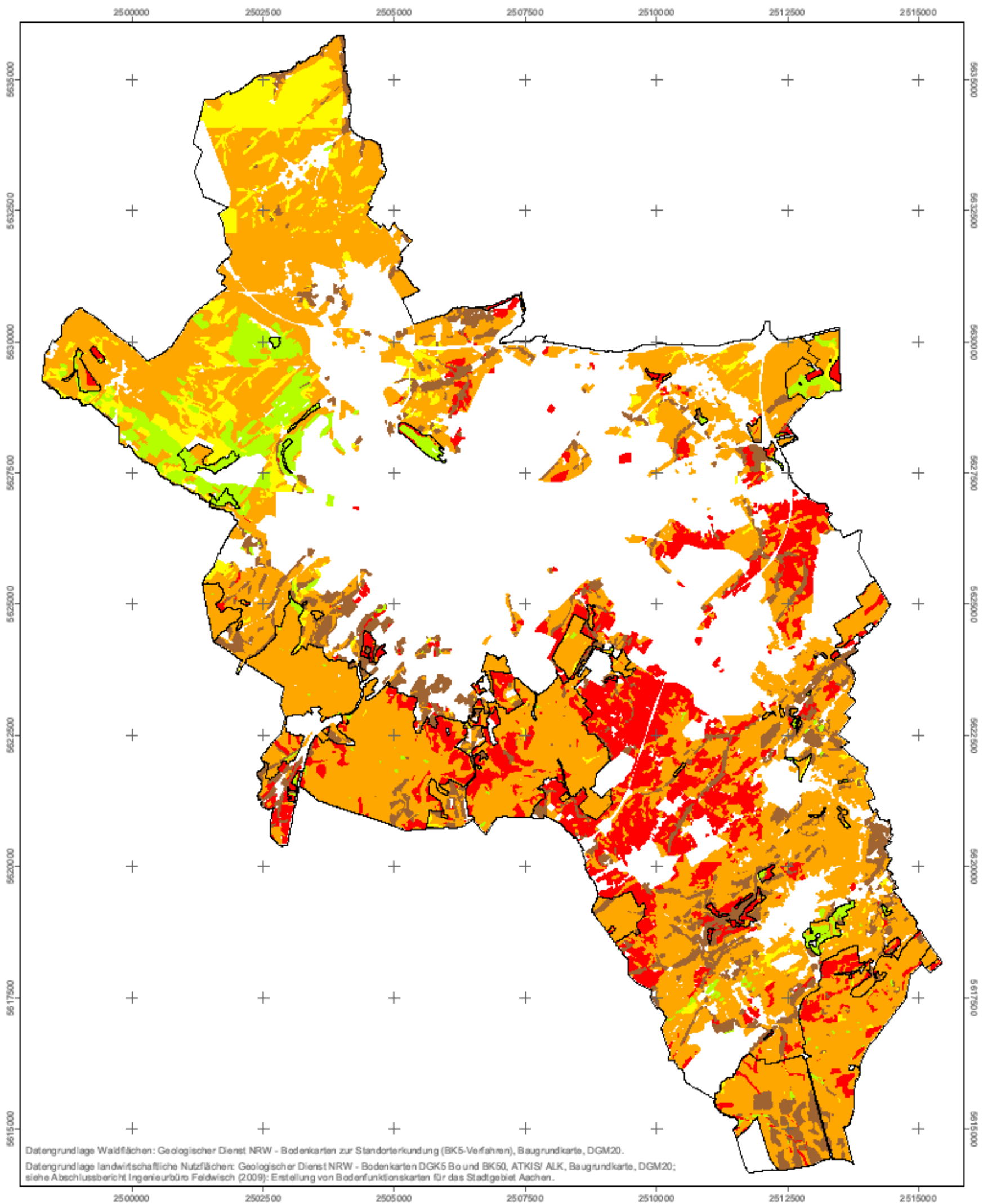


Karte 3: Natürliche Bodenfruchtbarkeit (Wald- und Landwirtschaftsflächen)



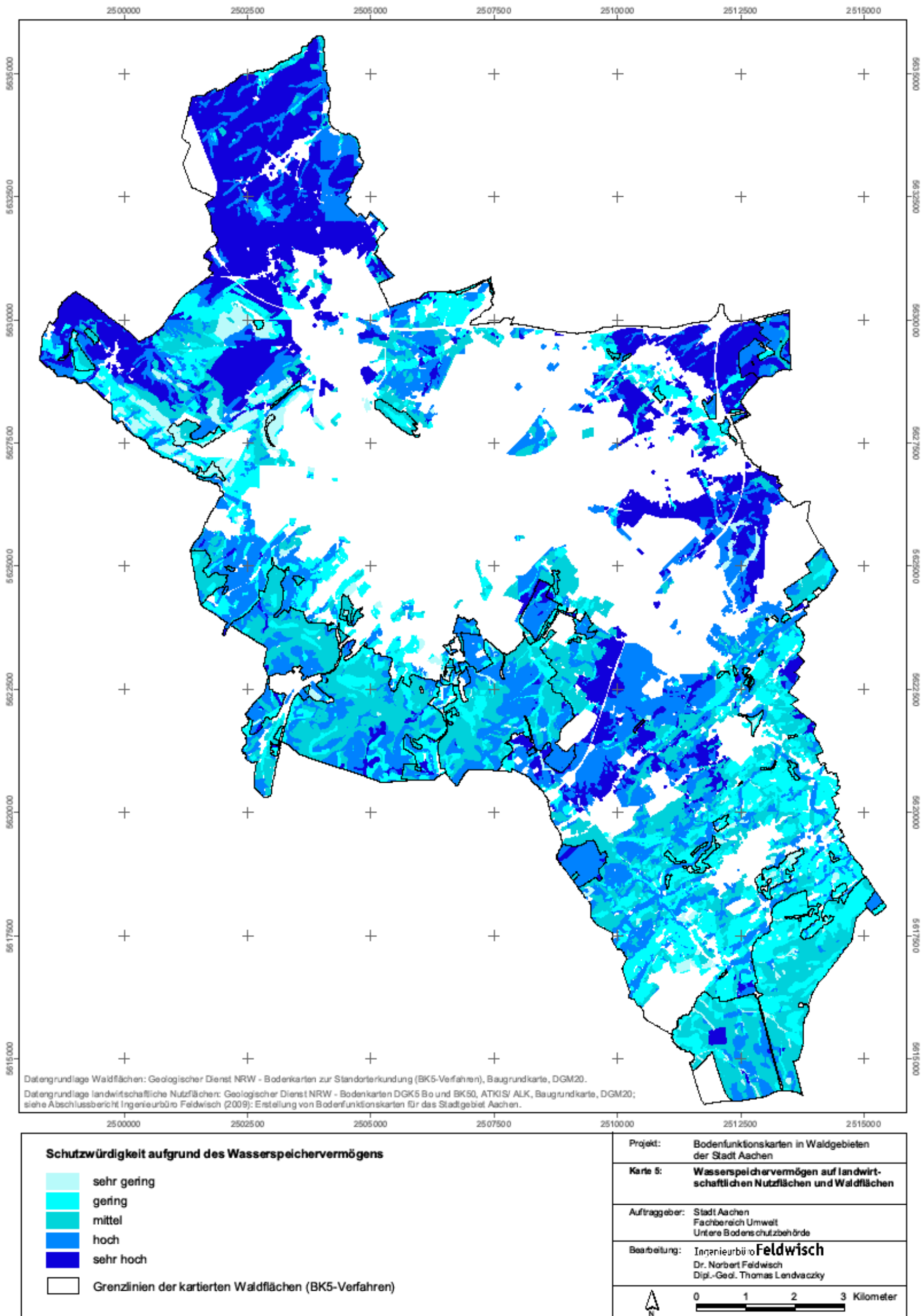


Karte 4: Filter- und Pufferfunktionen (Filter für anorganische Schadstoffe) (Wald- und Landwirtschaftsflächen)

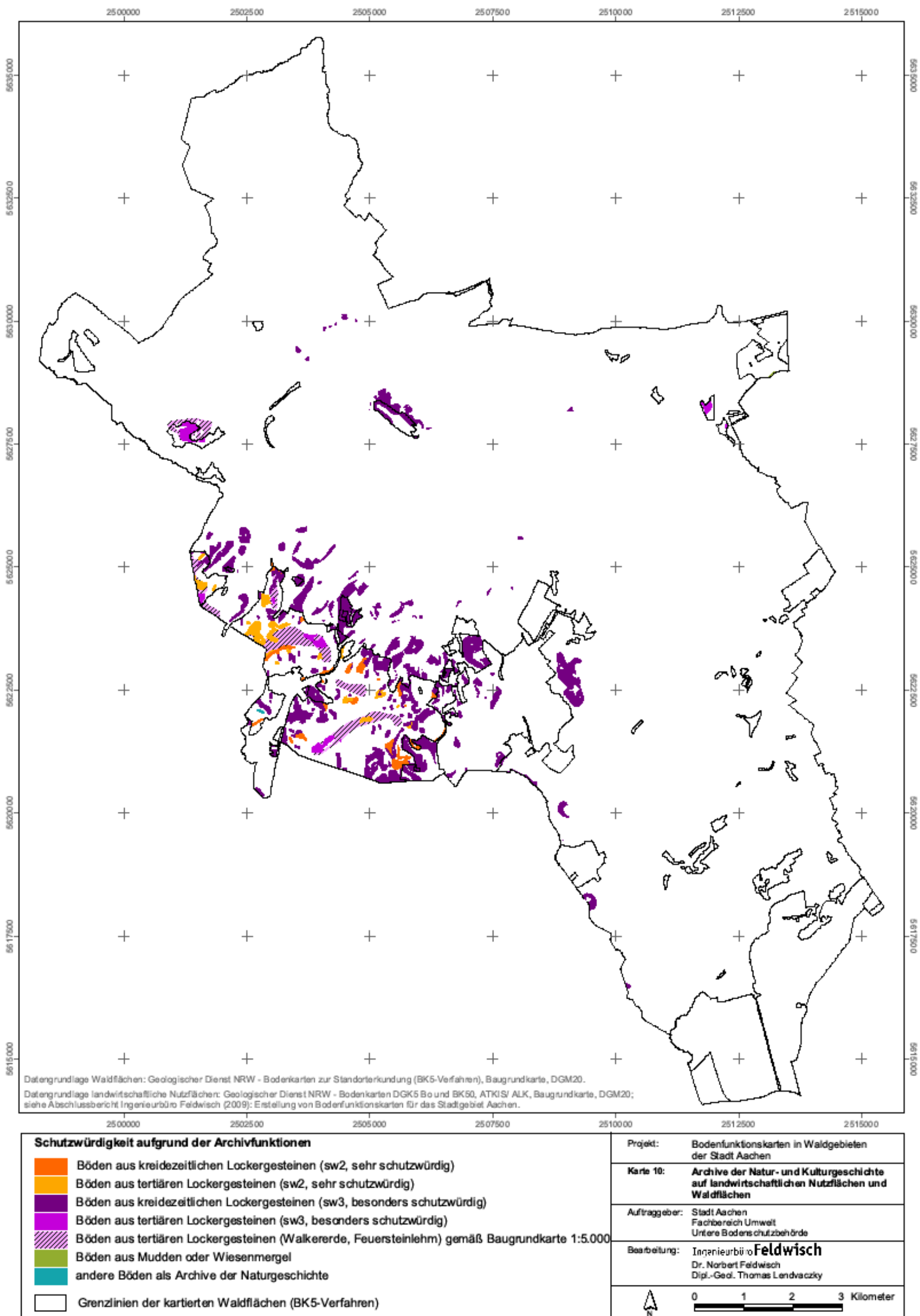


<p><b>Schutzwürdigkeit aufgrund der Filter-/ Pufferfunktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> sehr gering</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> gering</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> mittel</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> hoch</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: limegreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> sehr hoch</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Grenzlinien der kartierten Waldflächen (BK5-Verfahren)</li> </ul>	Projekt: Bodenfunksionskarten in Waldgebieten der Stadt Aachen
	Karte 4: Filter- und Pufferfunktion für anorganische Schadstoffe auf landwirtschaftlichen Nutzflächen und Waldflächen
	Auftraggeber: Stadt Aachen Fachbereich Umwelt Untere Bodenenschutzbehörde
	Bearbeitung: Ingenieurbüro <b>Feldwisch</b> Dr. Norbert Feldwisch Dipl.-Geol. Thomas Lendvaczky

Karte 5: Wasserspeichervermögen (Wald- und Landwirtschaftsflächen)

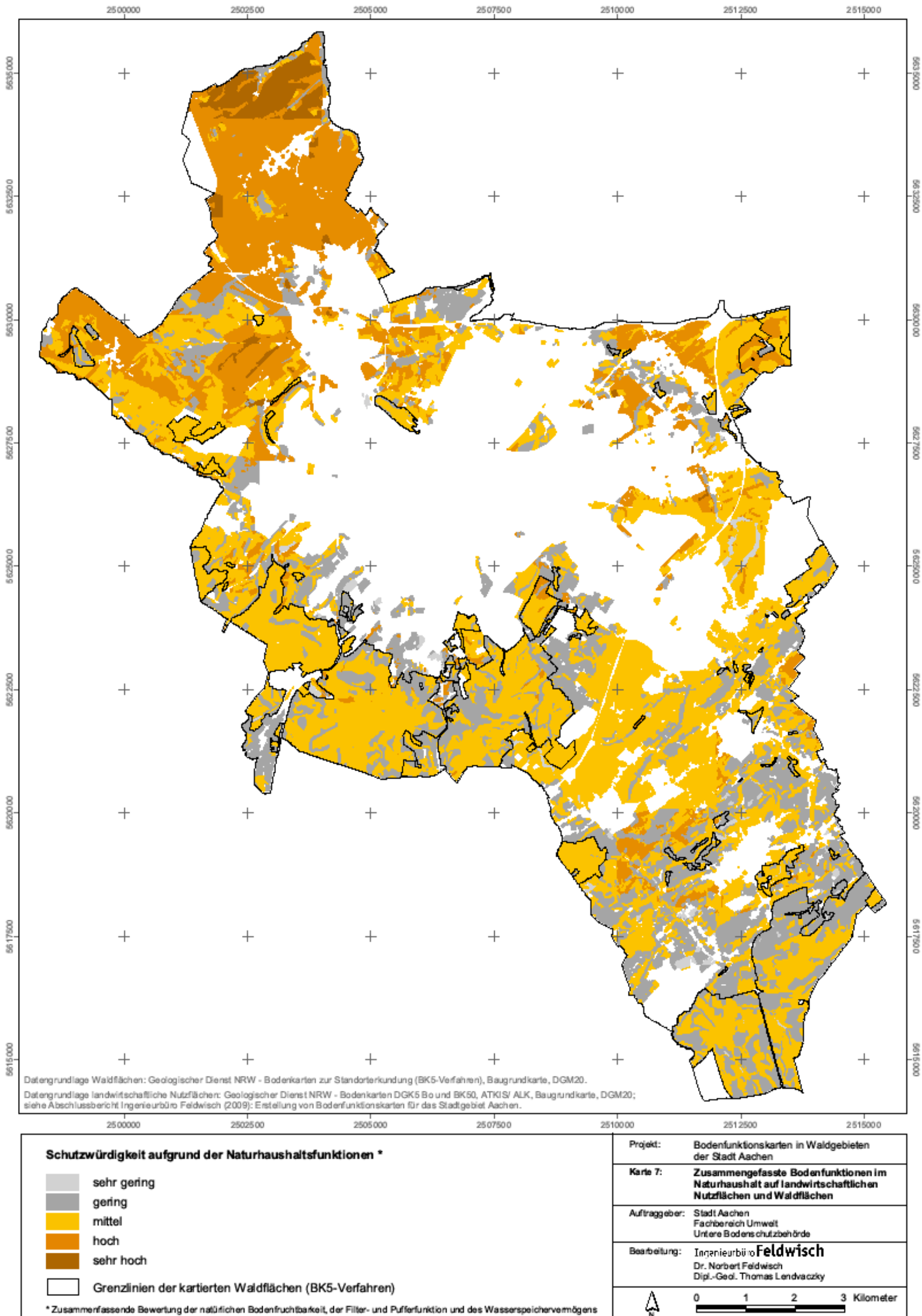


Karte 6: Archivfunktionen der Böden (Wald- und Landwirtschaftsflächen)

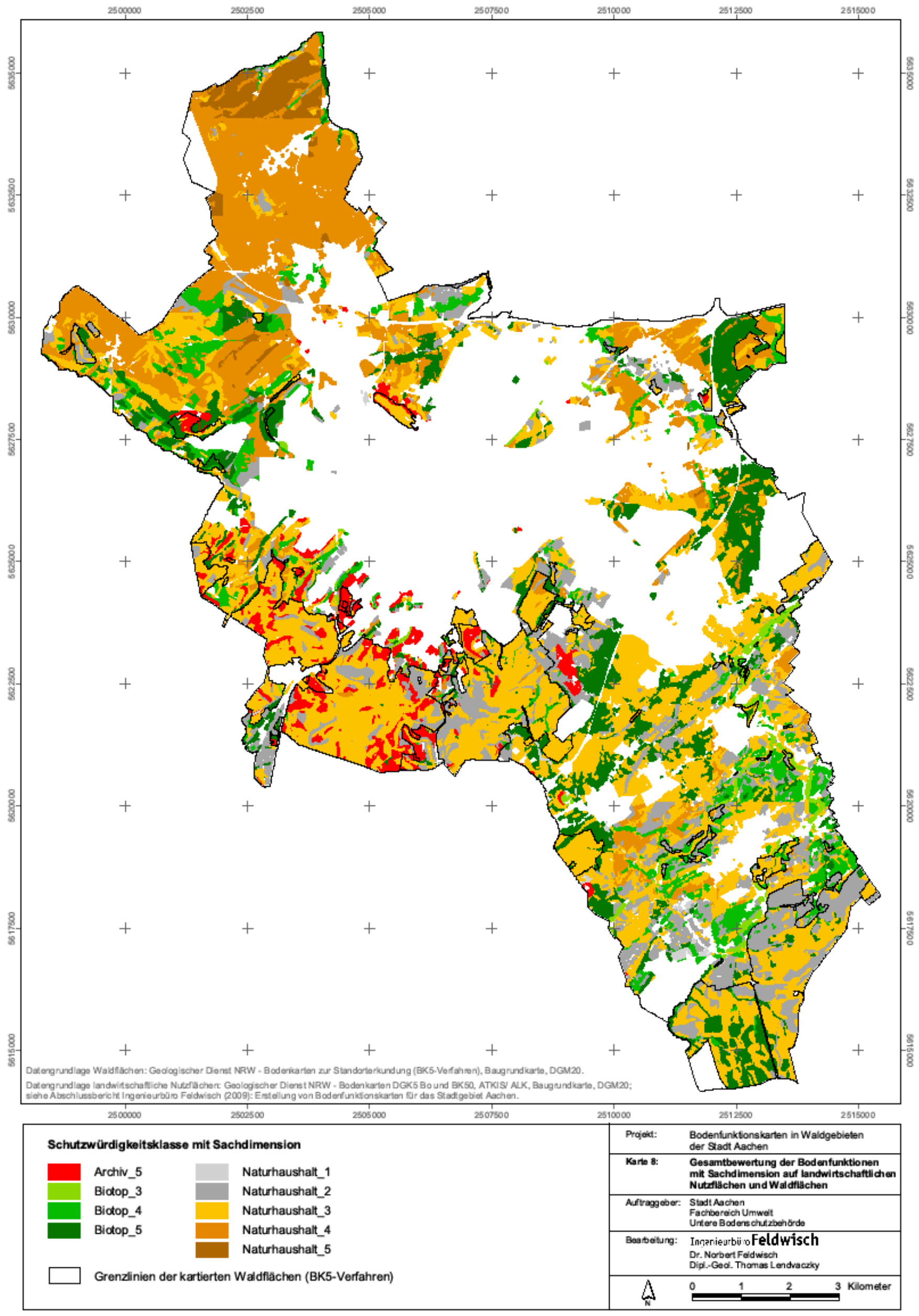




Karte 7: Zusammengefasste Funktionen der Böden im Naturhaushalt (Bodenfruchtbarkeit, Filter- und Pufferfunktionen sowie Wasserspeichervermögen) (Wald- und Landwirtschaftsflächen)

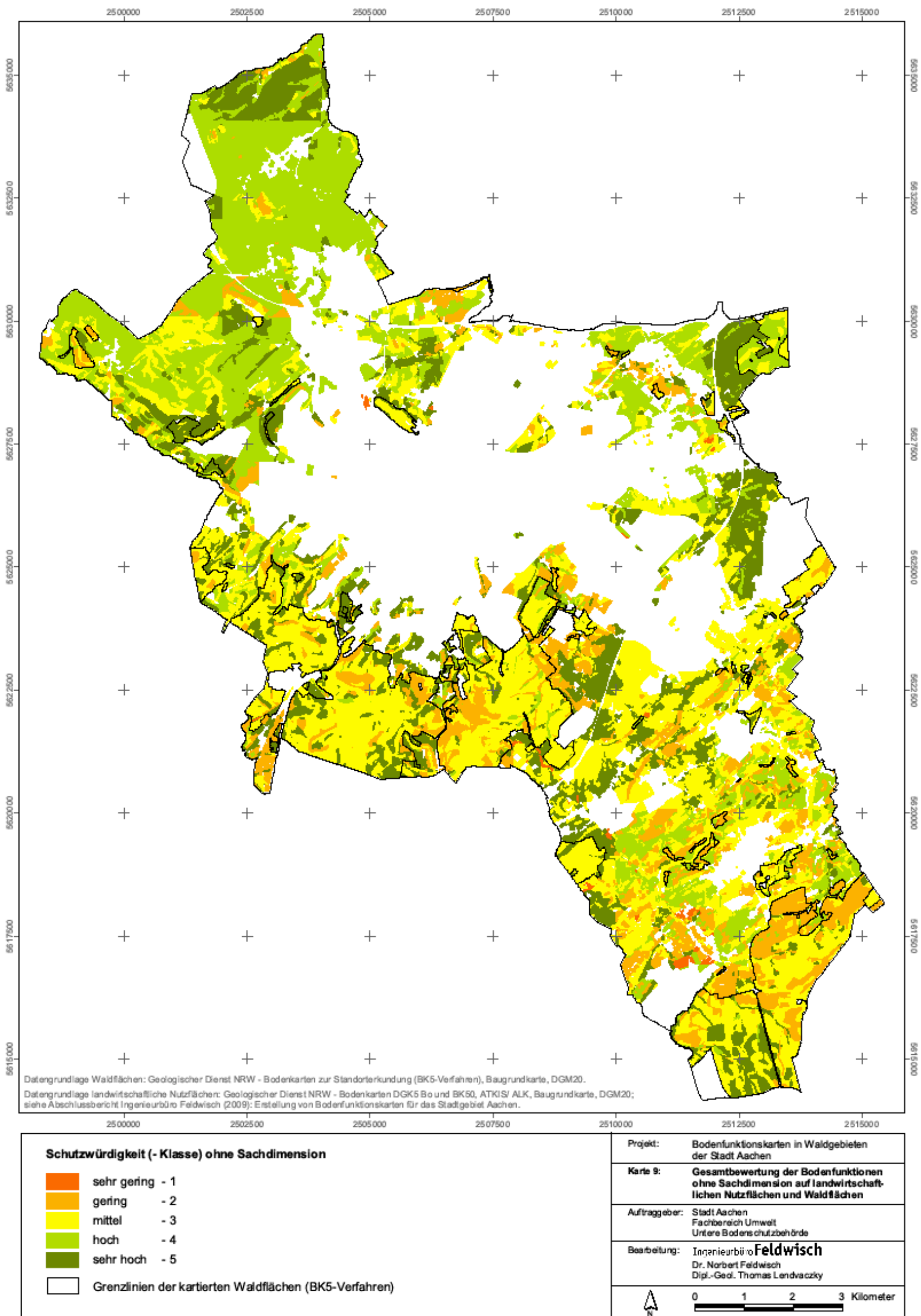


Karte 8: Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeit von Böden – Funktionserfüllungsgrad mit Sachdimension (Wald- u. Landwirtschaftsflächen)





Karte 9: Gesamtbewertung der Schutzwürdigkeit von Böden – Funktionserfüllungsgrad ohne Sachdimension (Wald- u. Landwirtschaftsfläche)



Karte 10: Potenzielle Erosionsgefährdung (klassifiziert) (Wald- und Landwirtschaftsfläche)

