

Bodenzustandsbericht Region Stuttgart

Bodenzustandsbericht Region Stuttgart

- HERAUSGEBER** LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- GEFÖRDERT DURCH** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und
Verband Region Stuttgart.
- BEARBEITUNG** Ingenieurbüro Dr. Feldwisch, Bergisch Gladbach, www.ingenieurbuero-feldwisch.de
Herr Dr. Feldwisch, Herr Dr. Friedrich, Frau Dankelmann, Herr Lendvaczky
Bosch & Partner GmbH, Herne, www.boschpartner.de, Herr Vollmer
- Der Bodenzustandsbericht wurde von den beauftragten Büros auf der Grundlage von
Textvorlagen des Regierungspräsidiums Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und
Bergbau (LGRB), der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) und des
Verbands Region Stuttgart (VRS) und eigenen Auswertungen erstellt.
- REDAKTION** Projektbegleitende Arbeitsgruppe:
R. Burkhardt, LRA Rems-Murr-Kreis, C. Dengler, LRA Rems-Murr-Kreis,
R. Ewald, LRA Göppingen, M. Fuchs, VRS, S. Jaensch, RP Stuttgart,
K. Liedtke, LRA Böblingen, Dr. T. Nöltner, LUBW (Projektbetreuer)
Dr. H. Reinfelder, LRA Esslingen, Hr. Stumpf, LRA Ludwigsburg
Dr. F. Waldmann, RP Freiburg (LGRB), S. Walter, LRA Ludwigsburg
S. Weidenbacher, VRS (Projektbetreuerin), D. Weinbrenner, LRA GP
Prof. Dr. G. Wolff, LHS Stuttgart
- BEZUG** nur Online erhältlich
Download unter: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- STAND** August 2018, 1. Auflage
- SATZ/GRAFIK** LUBW, Referat 22 - Boden, M. Keßler
Büro C. Ritter, 68526 Ladenburg

1	WARUM BODENZUSTANDSBERICHT ?	9
2	LANDNUTZUNG UND BÖDEN	10
2.1	Landnutzung	10
2.2	Bodengroßlandschaften	11
2.2.1	Obere Gäue	14
2.2.2	Neckarbecken	16
2.2.3	Schwäbisch-Fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg, Mittleres und Westliches Keuperbergland	18
2.2.4	Östliches, Mittleres und Westliches Albvorland	20
2.2.5	Östliche, Mittlere und Westliche Alb	23
2.2.6	Buntsandstein-Schwarzwald	26
3	BODENFUNKTIONEN - SCHUTZWÜRDIGKEIT DER BÖDEN	27
3.1	Datengrundlage und Anwendungsbereich der Bodenfunktionskarten	27
3.2	Bodenfunktionen im vorsorgenden Bodenschutz	29
3.3	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	32
3.4	Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	36
3.5	Filter und Puffer für Schadstoffe	40
3.6	Sonderstandort für naturnahe Vegetation	44
3.7	Archive der Natur- und Kulturgeschichte	49
3.8	Besonders schutzwürdige Böden in der Region Stuttgart	54
3.9	Vorbelastungen	59
4	ANORGANISCHE UND ORGANISCHE SCHADSTOFFE	61
4.1	Oberböden	63
4.1.1	Arsen	63
4.1.2	Blei	66
4.1.3	Cadmium	70
4.1.4	Chrom	74
4.1.5	Kupfer	75
4.1.6	Nickel	80
4.1.7	Quecksilber	81
4.1.8	Thallium	86
4.1.9	Zink	87
4.1.10	Zusammenfassung der Ergebnisse zu anorganischen Schadstoffen in Oberböden	92
4.1.11	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Benzo(a)pyren [B(a)P]	95
4.2	Unterböden	101
4.2.1	Auensedimente und Flussschotter	102
4.2.2	Löss-Einheiten	104
4.2.3	Vulkanite	107
4.2.4	Oberjura	109

4.2.5	Mitteljura	110
4.2.6	Unterjura	112
4.2.7	Sandsteinkeuper	115
4.2.8	Gipskeuper	117
4.2.9	Unterkeuper	118
4.2.10	Oberer Muschelkalk	120
4.2.11	Unterer und Mittlerer Muschelkalk	121
4.2.12	Oberer Buntsandstein	122
4.2.13	Zusammenfassung der Unterbodenergebnisse	123
4.3	Mobile Schwermetallgehalte / Wirkungspfad Boden - Pflanze	124
4.4	Schadstoffspuren in naturnahen Stadtböden	127
5	BODENVERSAUERUNG	128
6	BODENEROSION	130
7	FLÄCHENVERBRAUCH	134
7.1	Betroffenheit des Schutzguts „Boden“	134
7.2	Flächenverbrauch in Baden-Württemberg - ein landesweiter Überblick	136
7.3	Situation in der Region Stuttgart	138
7.4	Flächenverbrauch - was wird kommen?	141
7.5	Indikatoren zur Siedlungsentwicklung	143
8	BODENSCHUTZ IN DER PLANUNG	144
8.1	Rechtliche Grundlagen des vorsorgenden Bodenschutzes	144
8.2	Bodenschutzziele des Bundes und des Landes	145
8.3	Umsetzung von Bodenschutzzielen in der Region Stuttgart	147
8.3.1	Planungsstrategien und Instrumente zur Reduzierung des Flächenverbrauchs	148
8.3.2	Instrumente zur Sicherung des Freiraums und der Schutzgüter	149
8.4	Das Schutzgut Boden in der strategischen Umweltprüfung	151
8.4.1	Umweltziele	151
8.4.2	Schritte der Umweltprüfung	151
8.5	Das Schutzgut Boden in der Landschaftsplanung	152
8.6	Das Schutzgut Boden in der Bauleitplanung	153
8.7	Baugenehmigung	155
8.8	Schutzgut Boden und Rohstoffabbau	155
8.9	Schutzgut Boden und dezentrale Hochwasservorsorge	156
8.10	Modellvorhaben und Konzepte zum Bodenschutz auf regionaler und kommunaler Ebene	156
8.10.1	Themenbereich Reduzierung des Flächenverbrauchs	156
8.10.2	Schonender Umgang mit Böden	158

9	UMGANG MIT BODENMATERIAL	160
9.1	Rechtliche Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial	160
9.2	Verwertungsplanung	162
9.3	Beseitigung von ungeeignetem Bodenaushub	163
9.4	Verwendung hochwertiger Oberböden zur Bodenverbesserung und Kompensation von Eingriffen im Sinne der Naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung	164
10	LITERATURVERZEICHNIS	165
11	ANHANG	169
A.1	Übersichtskarte Bodenzustandsberichte Baden-Württemberg	169
A.4	Arbeitsschritte bei der Aufbereitung und Validierung der Ober- und Unterbodendaten zu Schadstoffgehalten	170
A.4.1	Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) Oberböden	172
A.4.3	Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte	173
A.4.3.1	Karten (Boden-pH-Wert und mobile Schadstoffgehalte in Oberböden)	174
12	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	184

1 Warum Bodenzustandsbericht ?

Wir nutzen den Boden täglich, halten uns fast ständig auf dem Boden auf, nehmen ihn jedoch kaum als eine unserer wichtigsten Lebensgrundlagen wahr. Denn ohne die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern und zu reinigen, Pflanzen hervorzubringen, Stoffe abzubauen, zu transformieren oder zu binden, wäre am Festland kein Leben möglich. Um die einige Dezimeter mächtige Bodenschicht der Erde entstehen zu lassen, waren Jahrtausende notwendig.

Andererseits nimmt der Boden die Folgen unseres Wirtschaftens und unserer Nutzungsansprüche deutlich wahr. Weltweit degradieren Böden, sie erodieren, werden überbaut und versiegelt oder abgegraben und teils über ihre Belastbarkeit hinaus mit Stoffen befrachtet. Fehlerhafte Bodennutzung und gegensätzliche Nutzungsansprüche bedrohen heute die Lebensgrundlage von Menschen, Tieren und Pflanzen stärker als je in der Menschheitsgeschichte. Böden sind Grundlage für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion und dienen zum Anbau von Energie- oder Industriepflanzen. Eine gute Bodenqualität ist die Grundlage dauerhafter Erträge. Die landwirtschaftlichen Nutzer haben deswegen ein hohes Interesse an einem guten Bodenzustand. Dennoch kann die landwirtschaftliche Nutzung zu nachteiligen Nähr- und Schadstoffanreicherungen, zu Erosion, Verdichtung und zum Verlust an organischer Substanz führen.

Landwirtschaft, Naturschutz, Siedlungs- und Verkehrswegebau stehen häufig in direkter Flächenkonkurrenz. Wo Böden den Nutzungsansprüchen als Siedlungs-, Industrie-, Deponie-, Rohstoffgewinnungs- und Erholungsflächen im Weg stehen, werden sie beseitigt, ausgehoben und abgegraben. Auch die Wechselwirkung zwischen Boden und Klima wird zunehmend gestört, denn der größte Druck zur Umnutzung des Bodens besteht im landwirtschaftlichen Bereich. Beseitigter oder versiegelter Boden ist nicht nur den natürlichen Kreisläufen weitestgehend entzogen, er ist auch als Speicher für Kohlenstoff und Klimagase verloren. Böden spielen eine tragende Rolle im Ökosystem und sind eine essenzielle Lebensgrundlage, die wir schützen müssen.

Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 wurde dem Boden auf Bundesebene die Bedeutung beige-

messen, welche die Umweltmedien Wasser und Luft schon seit geraumer Zeit haben. Auf der Grundlage des Bundes-Bodenschutzgesetzes hat Baden-Württemberg im Jahr 2004 das Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz erlassen. Zuvor wurde in Baden-Württemberg als erstem Bundesland schon im Jahr 1991 ein Landes-Bodenschutzgesetz in Kraft gesetzt.

Die Vereinten Nationen hatten das Jahr 2015 zum „Internationalen Jahr des Bodens“ ausgerufen. Damit sollten die Themen „Boden und Bodenschutz“ stärker in das Bewusstsein der Menschen getragen werden. Viele Aktivitäten im Jahr des Bodens haben dazu beigetragen, die Aufmerksamkeit auf diese zentrale Lebensgrundlage zu lenken.

In Baden-Württemberg gibt es viele Informationen über den regionalen und lokalen Bodenzustand. Der vorliegende Bodenzustandsbericht für die Region Stuttgart ist der neunte Band einer kontinuierlich fortentwickelten Berichtsreihe, in der Daten zu wichtigen Themen wie die Beschaffenheit, die Inanspruchnahme und die Belastung der Böden in urban/industriell, aber auch landwirtschaftlich geprägten Räumen des Landes zusammengetragen, dokumentiert und bewertet werden (Anhang Abb. A.1-1). Der Bericht erweitert den Erhebungsraum des früheren "Bodenzustandsberichts Großraum Stuttgart (1999) auf das Gebiet der gesamten Region Stuttgart und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum vorsorgenden Schutz der Böden. Bearbeitete Themenfelder sind "Typische Böden der Region", "Natürliche Boden- und Archivfunktionen der Böden sowie Schutzwürdigkeit der Böden", "Gebiete mit stofflichen Bodenbelastungen, Ober- und Unterböden sowie regionale Hintergrundwerte", "Bodenversauerung", "Bodenerosion", "Ursachen der Veränderung des Bodenzustands, insbesondere im Zusammenhang mit dem Umgang mit Bodenmaterial", "Bodenschutz in der Planung und Flächenverbrauch" und "Bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen".

Er gibt den zuständigen Behörden vor Ort Erkenntnisse an die Hand, um Maßnahmen zur Abwehr möglicher Gefahren, die von schadstoffbelasteten Böden ausgehen können und zum Schutz des Bodens selbst ergreifen zu können. Prävention und Nachsorge sollten auf die örtlichen Verhältnisse zugeschnitten werden.

2 Landnutzung und Böden

2.1 Landnutzung

Die Nutzungsverteilung in der Region Stuttgart geht aus der Karte in Abb. 2.1-1 sowie aus Tab. 2.1-1 hervor. Die Region zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen aus (22%). Rund 46% sind landwirtschaftlich genutzt, davon ca. 25% als Acker, 19% als Grünland und 2% als Sonderkulturflächen (inkl. Gartenbau). Wald stockt auf rund 31% der Fläche.

Regionale Unterschiede begründen sich in der naturräumlichen Ausstattung. So ist das Neckarbecken aufgrund seiner klimatisch begünstigten Lage und seiner von Natur aus fruchtbaren Böden stark ackerbaulich genutzt, dagegen werden die Schwäbisch-Fränkischen Waldberge sowie die Strom- und Heuchelberge vermehrt als Grünland oder Wald genutzt.

Auf die regionale Bedeutung der unterschiedlichen land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen wird im Kap. 2.2 im

Tab. 2.1-1: Landnutzung in der Region Stuttgart (Datengrundlage: ALK und ATKIS, gerastert auf 5 * 5 Meter)

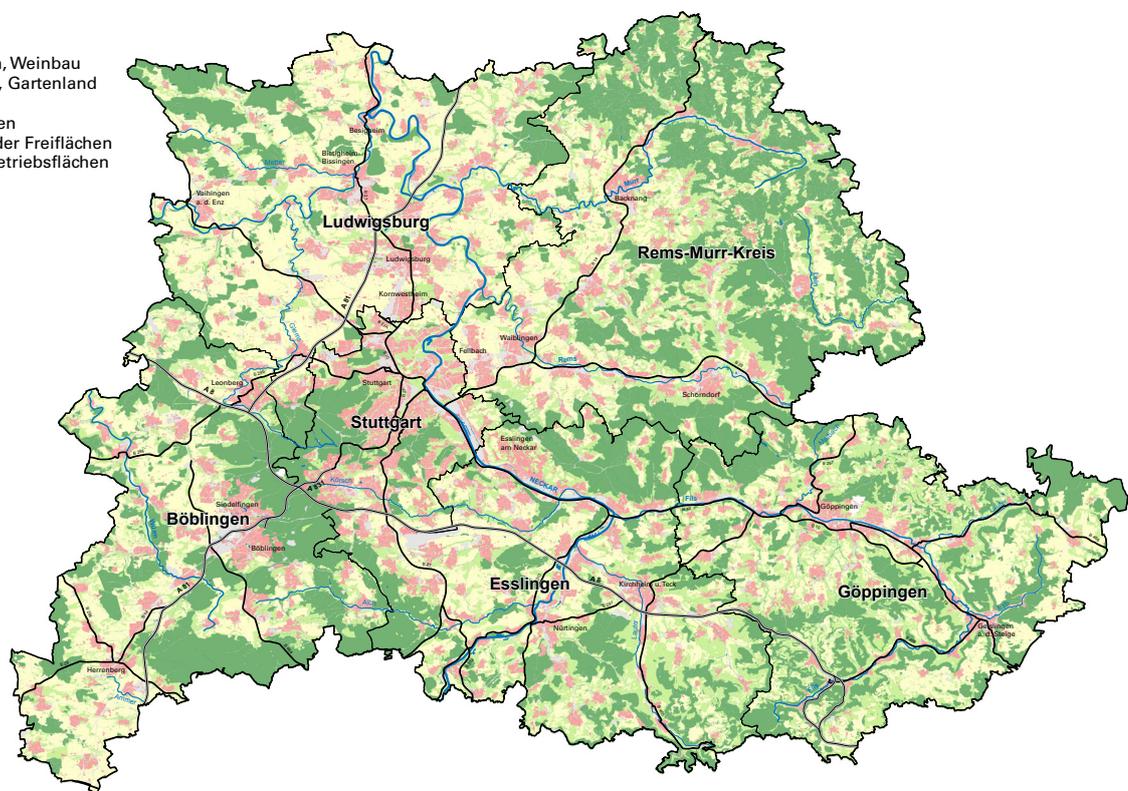
Nutzung	Fläche [ha]	Fläche [%]
Acker	91 844	25,1
Grünland	67 700	18,5
Wald	111 801	30,6
Sonderkulturen	7 777	2,1
Sonstige Nutzungen	2 380	0,7
Siedlung, Verkehr, Freizeit	81 025	22,2
Gewässer	2 849	0,8
gesamt	365 376	100,0

* Datengrundlage ALK und ATKIS, gerastert auf 5 * 5 Meter

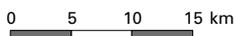
Zusammenhang mit den vorherrschenden Bodeneigenschaften eingegangen. Die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen wird im Kap. 7 im Hinblick auf den Flächenverbrauch thematisiert.

Nutzung

- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald
- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen



- Regionengrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

Abb. 2.1-1: Nutzungsverteilung in der Region Stuttgart

2.2 Bodengroßlandschaften

In der Region Stuttgart sind neun der insgesamt 26 Bodengroßlandschaften von Baden-Württemberg repräsentiert:

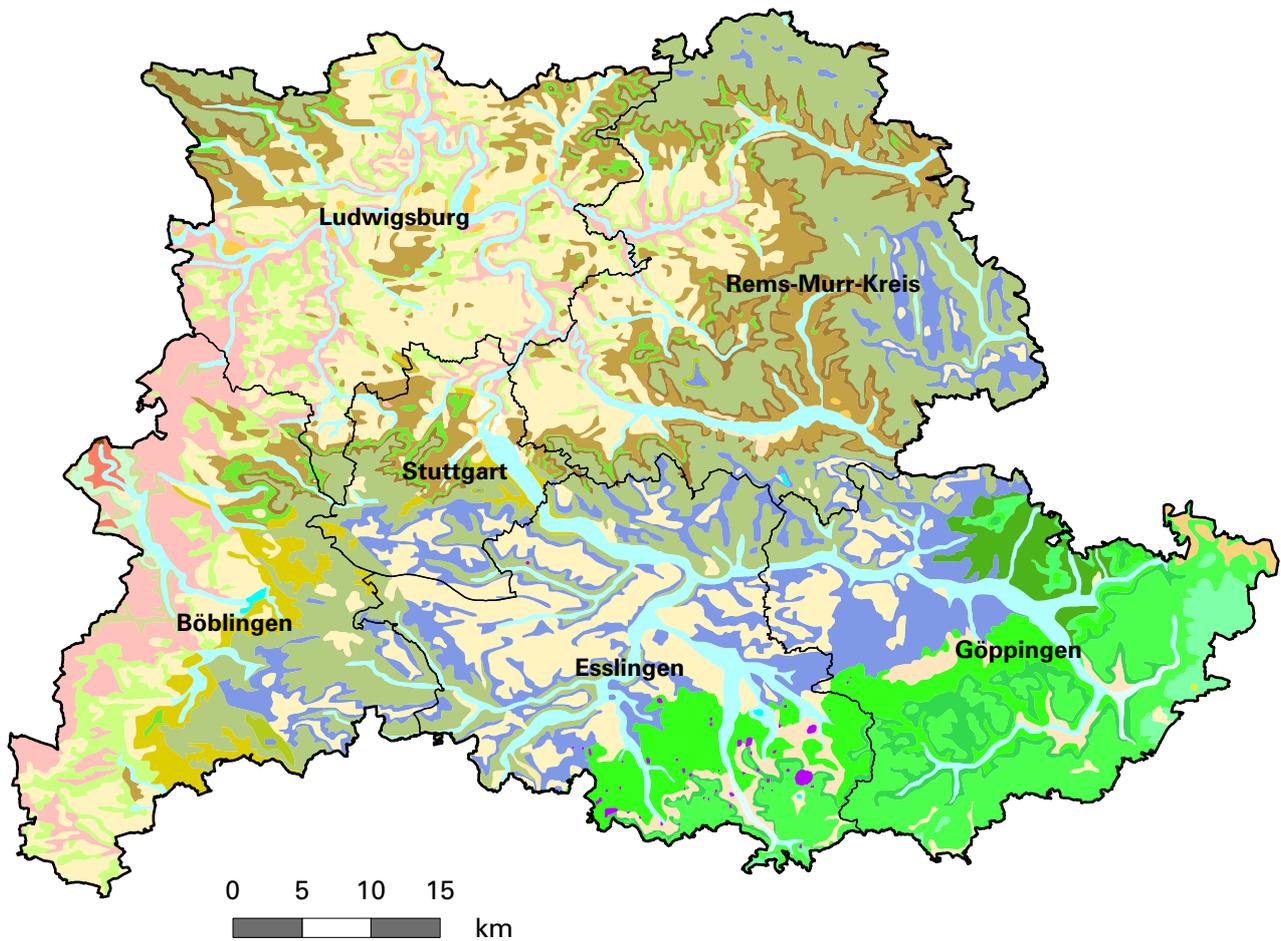
- Obere Gäue
- Neckarbecken
- Schwäbisch-Fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg
- Mittleres und Westliches Keuperbergland
- Östliches Albvorland
- Mittleres und Westliches Albvorland
- Östliche Alb
- Mittlere und Westliche Alb
- Buntsandstein-Schwarzwald

Die charakteristischen Eigenschaften dieser Bodengroßlandschaften fasst Tab. 2.2-1 zusammen. Eine geologische und bodenkundliche Übersicht über die Region Stuttgart vermitteln die Abb. 2.2-1 und 2.2-2.

Tab. 2.2-1: Charakterisierung der Bodengroßlandschaften in der Region Stuttgart

Bodengroßlandschaft	Geologischer Untergrund	vorherrschende Bodentypen	Klima		typische Bodennutzung
			Niederschlag [mm]	mittl. Jahrestemperatur [°C]	
Obere Gäue	Muschelkalk, Unterkeuper, z.T. mit Lösslehmbedeckung	Rendzinen, Parabraunerden (untergeordnet Terra fuscen, Braunerden, Pelosole u. Pseudogleye)	700 - 750	7 - 8	Acker Grünland
Neckarbecken	Löss, lokal Unterkeuper u. Oberer Muschelkalk	Parabraunerden	650 - 750 (z. T. bis 850)	8,5 -> 9	Acker Rebland
Schwäbisch-fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg	Mittelkeuper (lokal Unterer Unterjura)	Braunerden (untergeordnet Rigosole u. Pelosole)	750 - 1 050	7 - 8,5 (Südhänge > 9)	Wald, Rebland (lokal Acker u. Grünland)
Mittleres und Westliches Keuperbergland	Mittelkeuper (lokal Unterer Unterjura)	Braunerden, Pelosole (untergeordnet Rigosole, Pararendzinen)	700 - 750	7 - 8 (lokal bis 9)	Wald (lokal Acker u. Grünland)
Östliches Albvorland	Sandsteinkeuper, Unterjura	Braunerden z. T. podsolig	k. A.	k. A.	Wald, Acker
Mittleres und Westliches Albvorland	Unter- u. Mitteljura z. T. mit Lösslehmbedeckung	Pelosole, Braunerden, Parabraunerden	700 - 900	7 - 9	Acker, Grünland Streuobst
Mittlere und Westliche Alb	Oberjura	Rendzinen, Terra fuscen, Kolluvien	900 - 1 050	6 - 7	Grünland, Wald Acker
Östliche Alb	Oberjura z.T. mit Feuersteinlehmbedeckung	Braunerden, Terra fuscen, Parabraunerden (untergeordnet Rendzinen)	900 - 1 050	6 - 7	Acker, Wald Grünland
Buntsandstein-Schwarzwald	Buntsandstein z.T. mit Lösslehmbedeckung	Braunerden, Parabraunerden (lokal Ranker)	k. A.	k. A.	k. A.

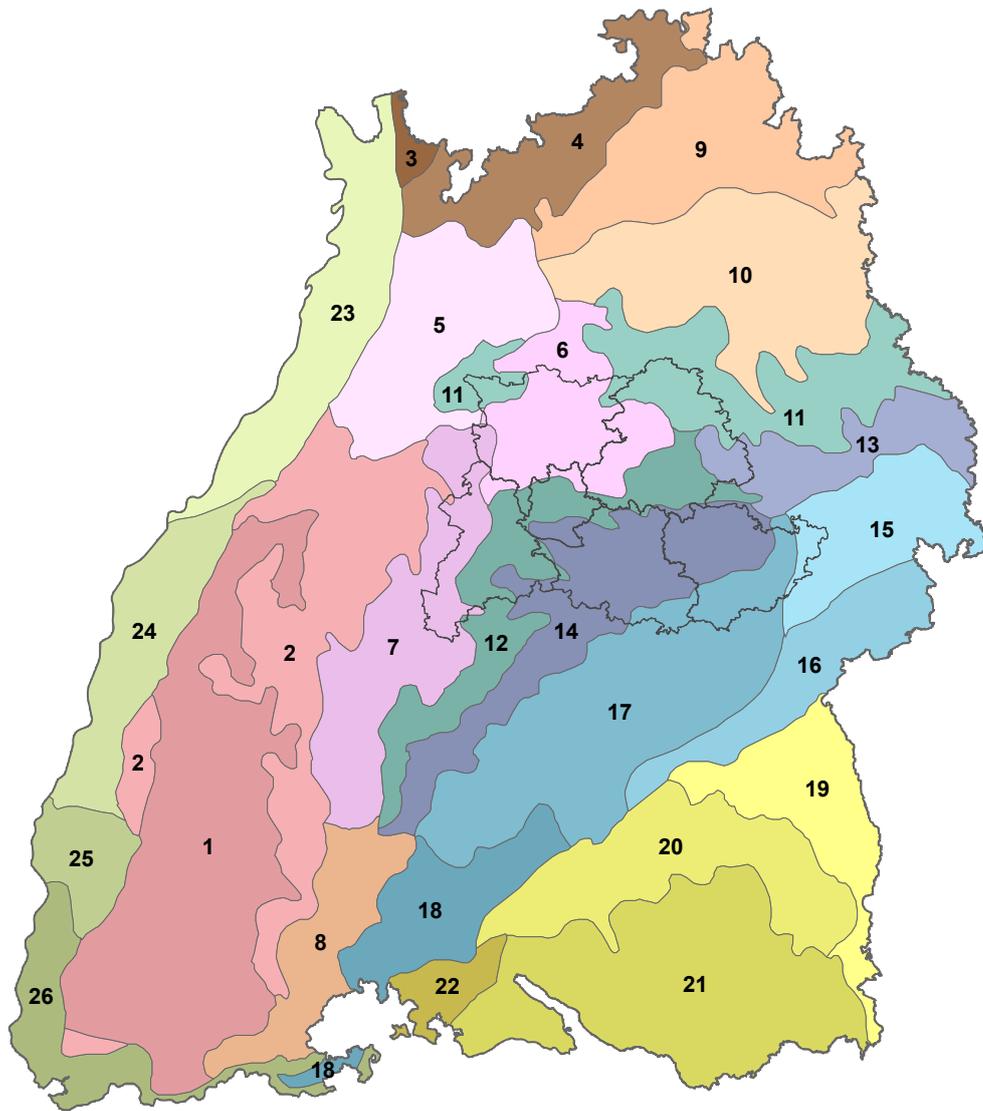
k.A. = keine Angaben



Geologische Einheiten

- | | |
|---|--|
| ■ Junge Talfüllungen | ■ Oberkeuper |
| ■ Moorbildungen, Torf | ■ Sandsteinkeuper |
| ■ Kalktuff | ■ Untere Bunte Mergel |
| ■ Umlagerungssedimente | ■ Schilfsandstein-Formation |
| ■ Löss, Lösslehm | ■ Gipskeuper |
| ■ Interglazialer Quellkalk, Travertin | ■ Mittelkeuper, ungegliedert |
| ■ Schotter des Riß-Würm-Komplexes im Rheingraben | ■ Unterkeuper |
| ■ Schotter, ungegliedert (meist älteres Pleistozän) | ■ Oberer Muschelkalk |
| ■ Bohnerz-Formation und Feuersteinlehm | ■ Mittlerer Muschelkalk |
| ■ alpine Konglomerate, Jüngere Juranagelfluh | ■ Unterer Muschelkalk |
| ■ Junge Magmatite | ■ Oberer Buntsandstein |
| ■ Höherer Oberjura | ■ Mittlerer und Unterer Buntsandstein |
| ■ Unterer Massenkalk | |
| ■ Mittlerer Oberjura | |
| ■ Oxford-Schichten | |
| ■ Mitteljura, ungegliedert | |
| ■ Eisensandstein | |
| ■ Opalinuston | |
| ■ Unterjura | |

Abb. 2.2-1: Geologische Übersichtskarte der Region Stuttgart (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)



Bodengroßlandschaften Baden-Württembergs

- | | |
|--|--|
| 1 Grundgebirgs-Schwarzwald | 14 Mittleres und Westliches Albvorland |
| 2 Buntsandstein-Schwarzwald | 15 Albuch und Härtsfeld (Östliche Alb, Ostalb) |
| 3 Grundgebirgs-Odenwald | 16 Südöstliche Alb |
| 4 Buntsandstein-Odenwald | 17 Mittlere und Westliche Alb |
| 5 Kraichgau | 18 Baaralb, Oberes Donautal, Hegualb u. Randen |
| 6 Neckarbecken | 19 Iller-Riß-Platten |
| 7 Obere Gäue | 20 Altmoränen-Hügelland |
| 8 Baar, Alb-Wutachgebiet und Klettgau | 21 Jungmoränen-Hügelland |
| 9 Bauland und Tauberland | 22 Hegau |
| 10 Kocher-, Jagst- und Hohenloher-Haller-Ebene | 23 Nördliches Oberrheinisches Tiefland |
| 11 Schwäb.-Fränk. Waldberge, Strom- u. Heuchelberg | 24 Mittleres Oberrheinisches Tiefland |
| 12 Mittleres und Westliches Keuperbergland | 25 Kaiserstuhl und Freiburger Bucht |
| 13 Östliches Albvorland und Nördlinger Ries | 26 Südl. Oberrh. Tiefland und Hochrheingebiet |

Abb. 2.2-2: Bodengroßlandschaften mit Grenzen der Region Stuttgart (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

2.2.1 Obere Gäue

Unter dem Begriff Gäu versteht man von alters her überwiegend landwirtschaftlich genutzte Landschaften im Gegensatz zu den sie umgebenden Waldländern. Wegen der günstigen Böden und des im Vergleich zu den Nachbargebieten milden Klimas sind die Gäue schon seit vor- und frühgeschichtlicher Zeit besiedelt (Altsiedelland). Bei den Oberen Gäuen handelt es sich um die von Muschelkalk, Unterkeuper und lokal Gipskeuper aufgebaute, z.T. mit Lösslehm bedeckte Landschaft zwischen Schwarzwald im Westen und Keuperbergland im Osten. Im Norden grenzen die Oberen Gäue an das Neckarbecken. Im Süden, außerhalb der Region Stuttgart, erstrecken sie sich bis zur Baar (Abb. 2.2.1-1).

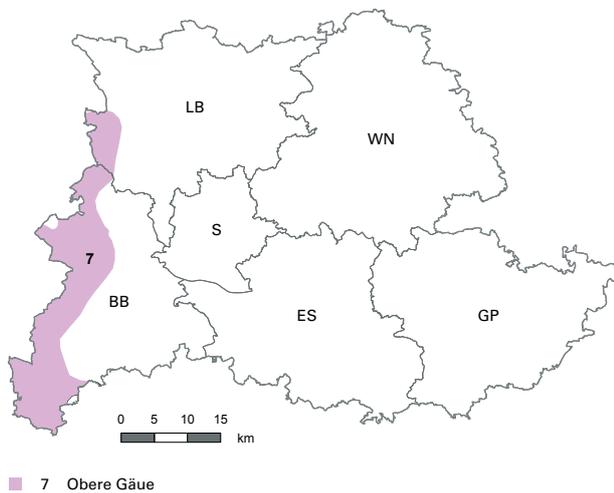


Abb. 2.2.1-1: Bodengroßlandschaft Obere Gäue

Wo am Ostrand des Schwarzwalds das vom Buntsandstein geprägte Rot der Ackerflächen in graubraune Farbtöne übergeht, vollzieht sich der Übergang zum Muschelkalk und damit zu den Oberen Gäuen.

Die Hänge und Hügel im Unteren und Mittleren Muschelkalk werden überwiegend von trockenen, tonig-lehmigen, kalkhaltigen Böden aus Mergelfließerden oder Dolomit- und Mergelsteinersatz eingenommen (Pararendzina, Rendzina). Die Gründigkeit kann stark wechseln. Ebenso können die anderen Bodeneigenschaften, je nach Ton- und Steingehalt, stark variieren. Im Flachrelief und an Schatthängen ist die Bodenentwicklung

weiter fortgeschritten und die Böden sind dort weniger stark erodiert. Es dominieren schwere, in Oberflächennähe entkalkte Tonböden (Pelosole). Die schwer wasser-durchlässigen Tonböden neigen in Flachlagen und Mulden zu Staunässe (Pseudogleye).

Charakteristisch für das Gebiet des Oberen Muschelkalks ist ein Wechsel von flachgründigen, steinigten Böden auf Karbonatgestein (Rendzina) mit tiefgründigen Lehmböden (Parabraunerde, Kolluvium) und Tonböden aus Kalksteinverwitterungsmaterial (Terra fusca), (Abb. 2.2.1-2). Das Verbreitungsmuster ist stark von den Reliefformen abhängig. In ebenen und schwach geneigten Lagen sowie in breiten Karstwannen finden sich Kalksteinverwitterungslehme und lösslehmhaltige Deckschichten. Auf gewölbten Rücken und Kuppen sowie an Hängen tritt das verwitterte Kalk- und Dolomitgestein nahe an die Oberfläche. Die in der Vergangenheit von den Äckern abgelesenen Steine wurden an den Feldrändern zu Steinriegeln aufgehäuft. Auf ihnen haben sich Gehölzstreifen mit einer charakteristi-



Abb. 2.2.1-2: Rendzina auf Oberem Muschelkalk (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

schen Artenzusammensetzung angesiedelt. Man bezeichnet diese Landschaft daher auch als Heckengäu. Durch Flurbereinigungsmaßnahmen wurden die Hecken in weiten Bereichen stark dezimiert.

Umgangssprachlich als Letten werden schwer zu bearbeitende, tonige Böden (Pelosol) und deren Ausgangsgesteine (Ton- und Mergelstein) bezeichnet. Sie treten in der Unterkeuper-Landschaft häufig auf, wechseln aber wegen der Vielfalt der Gesteine z.T. kleinräumig mit anderen Böden (z.B. Rendzina auf Dolomitstein, Braunerde auf Sandstein). Häufig finden sich mehrschichtige Böden aus lösslehmhaltigen Fließerden über tonigen Keuperfließerden (Braunerde-Pelosol, Parabraunerde-Pelosol). In Flachlagen und Mulden sind Staunässemerkmale in den Böden nicht selten (Pseudogley). Wo die Bodenerosion den entkalkten Unterboden der Pelosole erfasst hat bzw. wo dieser vollständig im Pflughorizont aufgearbeitet wurde, sind Pararendzinen verbreitet. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass direkt unter dem humosen Oberboden kalkhaltiges, mehr oder weniger steiniges Mergelmaterial auftritt, in dem sich noch kein Bodengefüge gebildet hat.

Nach Osten nimmt die Lösslehmbedeckung zu. Die vorherrschenden Bodentypen sind Parabraunerden. Ihre hohe Fruchtbarkeit gab dem Korngäu seinen Namen. In den zahlreichen Muldentälern sind tiefgründige Lehm Böden (Kolluvien) aus abgeschwemmtem Bodenmaterial verbreitet. Die steilen Talhänge sind meist von Hangschutt bedeckt, dessen Mächtigkeit zum Unterhang hin zunimmt. Flach und mittelgründige steinige Böden dominieren (Rendzina).

In den Talauen überwiegen tiefgründige, mehr oder weniger humose Böden mit meist nur geringem Grundwassereinfluss (Brauner Auenboden, Auengley-Brauner Auenboden). Das Substrat ist i. d. R. schluffreiches Lössbodenmaterial. Lokal treten auch stärker vernässte Böden wie Auengley, Nassgley und Anmoorgley auf.

Die Oberen Gäue nehmen in Baden-Württemberg klimatisch eine Mittelstellung zwischen den kühlen, niederschlagsreichen Mittelgebirgen und den milden, niederschlagsärmeren Beckenlandschaften ein. Für

die jährliche Niederschlagsmenge und die Niederschlagsverteilung in den Oberen Gäuen ist ihre Lage im Windschatten des Schwarzwalds ausschlaggebend. Die relativ hohen Niederschläge am Westrand der Gäulandschaft nehmen nach Osten hin rasch ab. Die mittleren Jahresniederschläge für das innerhalb der Region Stuttgart liegende Gebiet der Oberen Gäue liegen bei ca. 750 mm. Im Übergang zum Enztal und Neckarbecken sinken die Werte auf unter 700 mm.

Ein ähnliches an die Höhenlagen gekoppeltes Verteilungsmuster weisen die jährlichen Durchschnittstemperaturen auf. Sie liegen im größten Teil des Gebiets zwischen 7 und 8 °C. Für Standortbeurteilungen spielt das jeweilige, v.a. vom Relief abhängige, Lokalklima eine wichtige Rolle. So bestehen beispielsweise in den von West nach Ost verlaufenden Talabschnitten erhebliche Temperaturunterschiede zwischen süd- und nordexponierten Hängen.

Der Umriss der Oberen Gäue zeichnet sich deutlich in der Landnutzungskarte von Baden-Württemberg ab. Die überwiegend landwirtschaftlich genutzte Gäulandschaft grenzt an die Waldgebiete des Schwarzwalds und des Keuperberglands. Generell zeigt sich meist ein abwechslungsreiches Landschaftsbild mit einem Wechsel von Ackerland, Grünland und inselartig vorkommenden Wäldern. Auf den fruchtbaren Lösslehm Böden des Korngäus dominiert der Ackerbau, während auf schweren Böden des Unteren Muschelkalks, auf flachgründigen Kuppen im Oberen Muschelkalk und in den Talauen Grünlandnutzung in den Vordergrund tritt. Die steilen Hänge der Muschelkalktäler sind fast ausschließlich bewaldet. Die für große Teile der Gäulandschaft typischen kleinparzellierten Flurstücke gehen auf die Realteilung zurück. Durch Flurbereinigungsmaßnahmen wurde diese Eigenheit nur zum Teil beseitigt.

2.2.2 Neckarbecken

Die weiträumige Beckenlandschaft des Neckarbeckens dehnt sich beiderseits des Neckars von Stuttgart bis etwa Heilbronn aus. Sie ist umgeben von den Keuperbergen Glemswald im Süden, Strom- und Heuchelberg im Nordwesten sowie den Löwensteiner Bergen, dem Murrhardter Wald und dem Schurwald im Osten und Südosten (Abb. 2.2.2-1).

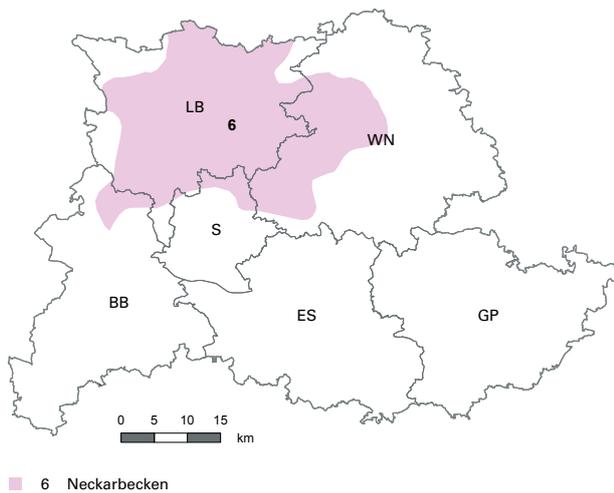


Abb. 2.2.2-1: Bodengroßlandschaft Neckarbecken

Das Neckarbecken ist eine typische Gäulandschaft, die sich gegenüber der Bodenlandschaft der Oberen Gäue v.a. durch die flächenhafte und mächtige Lössbedeckung sowie durch das wärmere Klima unterscheidet.

Die frühesten Spuren der Menschheitsgeschichte in Deutschland gehen auf diesen Raum zurück (Steinheimer Urmensch - homo steinheimensis). Für das Neolithikum gibt es eine hohe Funddichte und aus der Epoche der Kelten existieren bedeutende Fundstellen z.B. das Fürstengrab von Hochdorf. Die Besiedlung und Inkulturnahme des Gebiets mit günstigen Klima- und Bodenverhältnissen war um das Jahr 1000 n. Chr. schon weit fortgeschritten. Viele Ortsgründungen gehen auf diesen Zeitraum zurück. Das Neckarbecken hat seine Bedeutung als Siedlungs- und Wirtschaftsschwerpunkt bis heute erhalten und zählt zum Kernraum der Industrialisierung in Baden-Württemberg, der innerhalb der Europäischen Metropolregion Stuttgart liegt.

Der geologische Aufbau ist vergleichbar mit dem Gebiet der Oberen Gäue. Die Gesteine des Muschelkalks bilden die Basis. Sie werden nahezu flächendeckend von Gesteinsschichten des Unterkeupers mit einer Wechselfolge aus Ton- und Dolomitsteinen sowie stellenweise graugrünen Sandsteinen überlagert. Der Sandstein wurde örtlich abgebaut und z.B. beim Bau des Ludwigsburger Schlosses verwendet. Vereinzelt sind noch innerhalb der Bodengroßlandschaft des Neckarbeckens Gipskeuperaufragungen anzutreffen. Gegenüber den Oberen Gäuen nehmen im Neckarbecken die Lössverbreitung und die Lössmächtigkeit mit bis zu 15 m stark zu. Die Kalksteine des Oberen Muschelkalks treten nur an den steileren Talhängen des Neckars und seiner Zuflüsse hervor. An den Talschultern und am Rand des Neckarbeckens nimmt die Lössmächtigkeit ab und der Einfluss der anstehenden Gesteine und Verwitterungsprodukte des Unter- und Gipskeupers auf die Bodenbildung zu.

Das Neckartal wechselt zwischen schmalen, steil eingeschnittenen und breiten Flussabschnitten mit flachen ausgeprägten Gleithängen. Eine Besonderheit stellt die ehemalige, heute weitgehend trocken gelegte Flusschlinge zwischen Lauffen und Kirchheim (Lauffener Neckarschlinge) dar. Hier liegen die Neckarschotter ca. 6 m über dem heutigen Flussbett und sind bereits mit Löss bedeckt.

Die mächtigen Lösssedimente, die weite Teile des flachwelligen Neckarbeckens überziehen, bestimmen die Bodenverhältnisse. Durch Verwitterung und Tonverlagerung haben sich aus dem schluffreichen Lössmaterial lehmige Böden (Parabraunerden) entwickelt (Abb. 2.2.2-2). Der hohe Anteil an pflanzenverfügbarem Bodenwasser bei ausreichender Durchlüftung, guter Nährstoffversorgung und -verfügbarkeit sowie eine gute Durchwurzelbarkeit führen zu einem hohen Ertragspotenzial. In Verbindung mit dem günstigen Klima, einem flachen Relief und der guten Bearbeitbarkeit gehören diese Standorte zu den besten und ertragreichsten Ackerflächen sowohl in Baden-Württemberg als auch in ganz Deutschland. In der Umgebung von Stuttgart, z.B. im Schmidener Feld

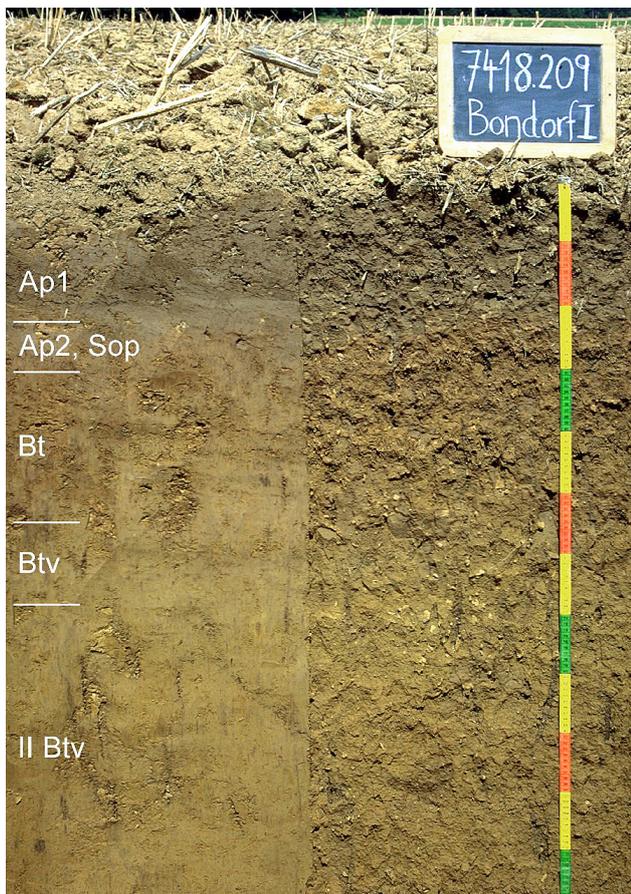


Abb. 2.2.2-2: Parabraunerde aus Löss (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit und ausgeprägte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf

und im Langen Feld ist eine besondere Varietät dieser Böden anzutreffen. Im Unterboden sind deutliche Humusanreicherungen zu erkennen (Humose Parabraunerde und Tschernosem-Parabraunerde). Sie belegen, dass die Böden in der Vergangenheit eine Schwarzerdebildung durchschritten haben. So erfahren die ohnehin sehr guten Bodeneigenschaften und Ertragspotenziale hier noch einmal eine Steigerung.

In stärker exponierten Reliefpositionen sind die verlehnten Lössböden erodiert, sodass man unterhalb des Pflughorizonts bereits direkt auf den unverwitterten bzw. leicht angewitterten Löss (Pararendzina, Braune Pararendzina) trifft. Die Pararendzinen neigen zur Verschlammung an der Bodenoberfläche. Der z. T. bis in den Pflughorizont hineinreichende hohe Kalkgehalt wirkt sich ungünstig auf die Durchwurzelung und auf die Nährstoffverfügbarkeit aus und die Menge des pflanzenverfügbaren Bodenwassers liegt etwas unter dem der Lösslehmböden. Die Pararendzinen aus Löss

im Neckarbecken sind aber immer noch als gute, wenn auch nicht als hervorragende Ackerstandorte einzustufen.

Die Abtragungsprodukte der Bodenerosion sammeln sich an Unterhängen, Mulden und Senken (Kolluvium). Solange kein Grundwasser- oder Stauwassereinfluss auftritt, stehen diese Böden in ihren Eigenschaften und ihrer Bewertung den vorgenannten Lösslehmböden in nichts nach.

Wo die Lössdecke am Übergang zum Oberen Muschelkalk und Unterkeuper ausdünn und verschwindet, treten unterschiedliche Böden und Bodentypen auf, wie sie auch in der Bodengroßlandschaft Obere Gäue (Kap. 2.2.1) auf diesen Gesteinen angetroffen werden.

Die Böden in den Talauen des Neckars und seiner Zuflüsse mit meist lehmigen Substraten zeigen überwiegend nur einen geringen Grundwassereinfluss (Brauner Auenboden). Dagegen sind die Böden in den Talauen im Gipskeuper tonreich und stark grundwasserbeeinflusst (Auengley).

Die mittleren Jahresniederschläge im Neckarbecken liegen bei etwa 650 bis 750 mm. In der Backnanger Bucht steigen die Werte bis ca. 850 mm an. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt ca. 8,5 bis 9 °C, wobei die süd- und südwestexponierten Hänge im Neckartal Werte über 10 °C erreichen und damit hervorragend für den Weinbau geeignet sind. Die Dauer der jährlichen Vegetationsperiode beträgt 235 bis 240 Tage.

Entsprechend den guten Boden- und Klimaverhältnissen dominiert im Gesamtgebiet der Ackerbau, der stellenweise von Sonderkulturen (z.B. Gemüse) und Erwerbsobstbau begleitet wird. Die Sonnenhänge im Neckartal gehören zu den besten Weinlagen. Wälder sind auf nordexponierte Talhänge und auf kleine Areale beschränkt. In den Talauen wechseln sich Acker- und Grünlandflächen ab.

2.2.3 Schwäbisch-Fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg, Mittleres und Westliches Keuperbergland

Aufgrund des geologischen Untergrunds und der Ausgangsgesteine der Bodenbildung werden die Schwäbisch-Fränkische Waldberge, der Strom- und Heuchelberg sowie das Mittlere und Westliche Keuperbergland zu einer Einheit zusammengefasst. Beide Bodengroßlandschaften werden im Folgenden zusammen beschrieben. Sie unterscheiden sich jedoch im Landschaftscharakter. Die Schwäbisch-Fränkischen Waldberge bilden ein großes zusammenhängendes Gebiet, das von Reblagen am Anstieg der Berge und von bewaldeten Hängen und Hochflächen dominiert wird. Im Gebiet des Mittleren und Westlichen Keuperberglands nehmen die Verbreitung der Keupergesteine an der Geländeoberfläche und ihre Mächtigkeit ab. Als größeres, flächenhaftes Landschaftselement treten sie noch im Schönbuch hervor. Ansonsten bilden sie häufig nur noch schmale Tal- und Stufenhänge (Abb. 2.2.3-1).

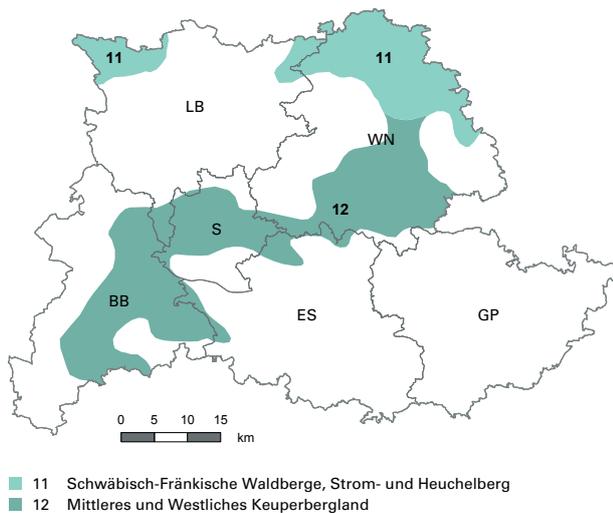


Abb. 2.2.3-1: Bodengroßlandschaften Schwäbisch-Fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg bzw. Mittleres und Westliches Keuperbergland

Die Keuperberge nehmen etwa die Mitte der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft ein. Charakteristisch ist die Abfolge von steileren Hängen und Verebnungen. Die bewaldeten Keuperhochflächen werden nach Süden und Osten zunehmend von Gesteinen des Unterjuras überdeckt, die dann plateauartige Geländeformen ausbilden. Soweit die Überlagerung noch inselartig ausgeprägt ist, gehören sie zu der Bodengroßlandschaft der

Schwäbisch-Fränkische Waldberge, des Strom- und Heuchelbergs sowie des Mittleren und Westlichen Keuperberglands. Die Abgrenzung zur Bodengroßlandschaft des Albvorlands erfolgt dort, wo sich im Südosten die Unterjurgesteine zu einer geschlossenen Schichtstufe zusammenschließen.

Der erste Anstieg zur Keuper-Schichtstufe über den Gäuflächen erfolgt im Gipskeuper. Es dominieren graugrüne und rötlich-violette Mergelsteine. Daneben treten Tonsteine und geringmächtige, für die stratigraphische Gliederung wichtige Dolomitbänke auf. Im Unteren Gipskeuper sind verbreitet mächtige Gipslagen eingeschaltet. Oberhalb des Gipskeupers folgen vier Sandsteinformationen mit den Bezeichnungen Schilfsandstein, Kieselsandstein, Stubensandstein und Rhätsandstein. Der Schilfsandstein besteht aus feinkörnigen, dickbankigen Sandsteinen und untergeordnet aus Sand-/Tonstein-Wechselfolgen. Er bildet die erste markante Geländestufe im Keuperbergland sowie eine Reihe von Zeugenbergen über den Gäuflächen. Der Kieselsandstein bildet die nächst höhere Geländestufe mit meist kleineren und schmalere Verebnungen und den Abschluss einiger Zeugenberge am Rand des Neckarbeckens, z.B. auf dem Wunnenstein. Es ist ein meist gelblicher, harter und feinkörniger Sandstein mit kieseligen (namensgebend) aber auch tonigem und kalkigem Bindemittel. Die ca. 40 bis 100 m mächtige Stubensandstein-Formation besteht aus kompakten, meist hellen Sandsteinen und aus Sand-/Tonstein-Wechselfolgen. Neben großen, breiten Verebnungsflächen kommen hier entlang der Täler und am Westrand der Keuperberge auch steilere Hänge vor.

Den Abschluss des Keupers bildet der Rhätsandstein, ein gelblicher, feinkörniger, harter, kieseliger und nur wenige Meter mächtiger Sandstein. Der Rhätsandstein kann in der Schichtenabfolge auch gänzlich fehlen. In der Region Stuttgart ist er v.a. auf kleineren Verebnungen im Schönbuch ausgebildet. Zwischen den einzelnen Sandsteinformationen kommen meist violettertliche, z. T. auch grünliche Ton- und Mergelsteinschichten (Untere Bunte Mergel, Obere Bunte Mergel und Knollenmergel) mit jeweils wenigen zehn Metern Mächtigkeit vor. Die Knollenmergelhänge neigen stark zu Rut-

sungen und sind ein schwieriger Baugrund. Oberhalb der Keupergesteine, durch eine markante Geländekante begrenzt, bilden Sandsteine des Unterjuras (Angulaten-sandstein) flachwellige Verebnungen, die verbreitet von geringmächtigem Lösslehm bedeckt sind.

Typische Böden im Verbreitungsgebiet des Gipskeupers sind schwere, grusige, tonreiche Böden (Pelosol), die unter Wald häufig noch eine geringmächtige Lehmbedeckung aufweisen (Braunerde-Pelosol und Pelosol-Braunerde). Bei der Verwitterung der Ton- und Mergelsteine löst sich der Gesteinsverband langsam auf und geht in feuchtem Zustand in plastische Bodenhorizonte über (Abb. 2.2.3-2). In abflussträgen Lagen treten Stauwassermerkmale auf. Das Bodenspektrum reicht von der Pseudogley-Braunerde bis zum Pseudogley. Bei starker Bodenerosion an exponierten Reliefpositionen liegt über dem unverwitterten Gestein nur eine geringmächtige Bodenschicht (Pararendzina). Im Übergangsbereich zum Neckarbecken und in ost-exponierten Hanglagen treten Mischsubstrate aus Gipskeuper- und Lössmaterial auf (Pelosol-Parabraunerde). Insgesamt sind die Böden sowohl für landwirtschaftliche als auch für forstliche Nutzung als mäßig geeignete Pflanzenstandorte einzustufen. Bei geringer Bodenentwicklung oder starker Staunässe verschiebt sich das Spektrum zu einer schlechteren und mit zunehmender Lehm- und Lössbedeckung zu einer besseren Bewertung.

Im Verbreitungsgebiet der Bunten Mergel und des Knollenmergels kommen insgesamt ähnliche Böden vor. Allerdings ist an den Hängen das Bodenmaterial z.T. stark von Sand und Sandsteinen der hangaufwärts ausstreichenden Sandsteinschichten beeinflusst. Die Verbreitung der Pararendzinen ist meist an Rutschungen gebunden.

Auf den Schilfsandsteinverebnungen sind mittel- bis tiefgründig entwickelte Braunerden mit sandig-lehmig-schluffigen Bodenarten und mittleren bis hohen Steingehalten anzutreffen.

Typische Böden für die Hochflächen im Stubensandstein sind sandige, podsolige Braunerden. In anthropogen veränderten Bereichen (z.B. in der Umgebung

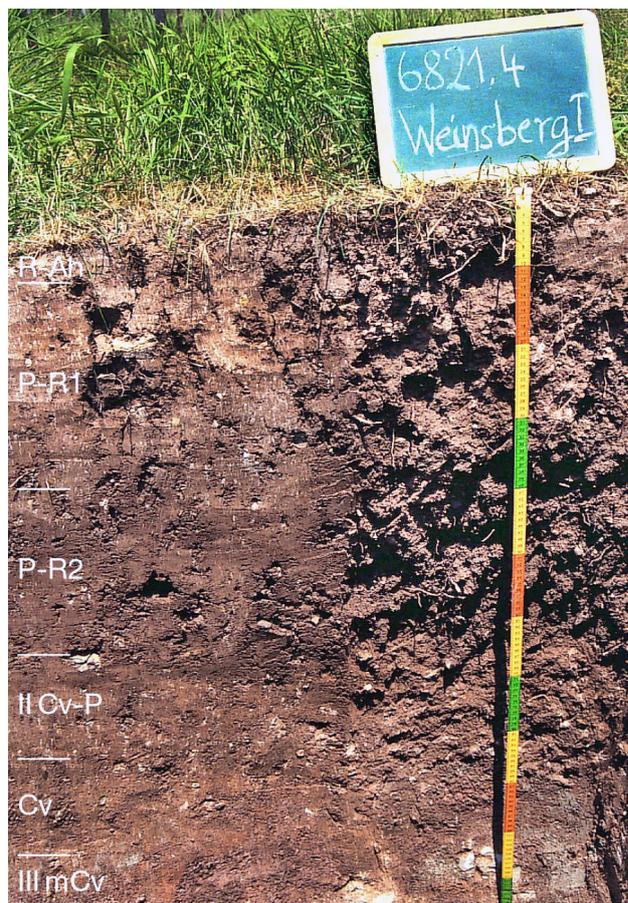


Abb. 2.2.3-2: Pelosol-Rigosol auf Gipskeuper (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: Mittlere natürliche Bodenfruchtbarkeit, durch tiefen Umbruch (Rigolen) in seiner Produktionsfunktion verbessert. Mittlere Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf. Hohe Filter- und Pufferfunktion für Schadstoffe.

ehemaliger Sandgruben) und lokal im östlichen Teil des Keuperberglands ist die Podsolierung stärker fortgeschritten (Podsol-Braunerde, Braunerde-Podsol und Podsol). Eine weitere typische Bodenausbildung ist ein deutlich mehrschichtiger, tongründiger Substrataufbau, der auch als Kerf bezeichnet wird. Tonige Bodenhorizonte werden von ca. 20 bis 60 cm mächtigem lehmigem Sand (Sandkerf) oder von Lehm (Lehmkerf) überdeckt. Das Bodentypenspektrum reicht von der Braunerde und der podsoligen Braunerde bis zur Pelosol-Braunerde.

Auf Rebflächen findet durch die im 15- bis 30-jährlichen Turnus durchgeführte Neuanlage eine ca. 50 bis 70 cm tiefe Bodendurchmischung statt. Der Vorgang wird als Rigolen bezeichnet und dementsprechend werden Weinbergböden Rigosole genannt. In jüngster Zeit wurden auch Weinberghänge im Rahmen der Rebflurreinigung großräumig umgestaltet. Mit Großmaschinen erfolgten ein Geländeausgleich und ein Auftrag von Bodenmaterial.

Die Klimaverhältnisse der beiden Bodengroßlandschaften unterscheiden sich voneinander. Im Mittleren und Westlichen Keuperbergland liegen die mittleren Jahresniederschläge zwischen 700 und 750 mm. Die mittlere durchschnittliche Jahrestemperatur liegt bei ca. 7,0 bis 8,0 °C. An den Talhängen im Neckar- und Filstal steigen die Werte auf bis zu 9,0 °C an.

Der Stromberg weist noch ähnliche Verhältnisse auf. Die Jahresniederschläge liegen bei ca. 750 bis 800 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei ca. 7,5 bis 8,5 °C. In den Weinbergen an den Südhängen steigen die Werte auf bis zu ca. 9,5 °C an.

In den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen sind die Jahrestemperaturen mit Werten von 7,0 bis 8,0 °C im Zentralbereich und mit 8,0 bis 9,0 °C an den Hängen mit denen des Neckarbeckens vergleichbar. Die Jahresniederschläge sind mit Werten von 850 mm im Westen und Süden bis zu 1 050 mm im Osten stark erhöht.

Im Verbreitungsgebiet des Gipskeupers treten die verschiedensten Nutzungsformen auf. Acker- und Grünlandnutzung wechseln in steileren Lagen mit Streuobst- und Waldflächen. Besonders landschaftsprägend sind die Reblagen, deren Verbreitung teilweise bis in die Schichten der Bunten Mergel und im Stuttgarter Raum sowie im Remstal bis in den Stubensandstein reicht. Der Sandsteinkeuper mit insgesamt ungünstigen Standorteigenschaften (geringes Wasserspeichervermögen und Nährstoffangebot) ist weitgehend bewaldet. Die Unterjura-Plateaus mit gegenüber dem Sandsteinkeuper deutlich besseren Böden werden nahezu vollständig landwirtschaftlich genutzt, bei starkem Staunässeinfluss als Grünland, sonst als Ackerland. An den steileren Talhängen in der Umgebung Stuttgarts sind verbreitet anthropogen mehr oder weniger veränderte Böden anzutreffen. Alte aufgelassene Weinberge, mehr oder weniger deutlich erhaltene Kleinterrassen, Bodenumlagerungen, kleinflächige und relativ geringmächtige Bodenauffüllungen prägen hier das Bild.

2.2.4 Östliches, Mittleres und Westliches Albvorland

Das Albvorland erstreckt sich als ein Streifen entlang der Schwäbischen Alb von der Baar bis zum Nördlinger Ries (Abb. 2.2-2; Abb. 2.2.4-1). Die Abgrenzung der Bodengroßlandschaft orientiert sich am geologischen Untergrund und reicht von der geschlossenen Schichtstufe des Unterjuras im Westen bis zum Hangfuß des Albtraufs im Osten. Aufgrund der tektonischen Besonderheit des Fildergrabens, bei dem die Gesteinsschichten bis zu 70 m abgesunken sind, erstrecken sich hier die Gesteinsschichten des Unterjuras weit nach Westen. Die Filder gehört mit zur Bodengroßlandschaft des Mittleren und Westlichen Albvorlands.

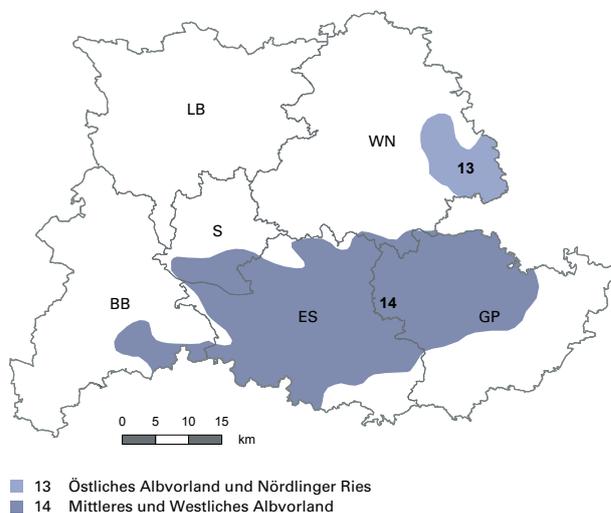


Abb. 2.2.4-1: Bodengroßlandschaften Östliches Albvorland und Nördlinger Ries bzw. Mittleres und Westliches Albvorland

Der Jura Südwestdeutschlands wird nach den vorherrschenden Gesteinsfarben in drei Gruppen eingeteilt. Unterjura oder Schwarzer Jura, Mitteljura oder Brauner Jura und Oberjura oder Weißer Jura. Diese Schichten werden wiederum jeweils in mehrere Formationen untergliedert, deren Namen von der vorherrschenden Gesteinsart oder von charakteristischen Fossilien abgeleitet sind. Das Verbreitungsgebiet des Oberjuras gehört zur Bodengroßlandschaft der Mittleren und Westlichen bzw. Östlichen Alb, die entsprechenden Gesteinsschichten werden dort beschrieben (Kap. 2.2.5).

Die Schichten des Unterjuras bestehen aus Ton- und Mergelsteinen, in die Kalksteine (Arietenkalk), Sand-

steine (Angulatensandstein) und Ölschiefer (Posidonienschiefer) eingeschaltet sind. Diese drei verhältnismäßig verwitterungsresistenten Gesteinsschichten bilden markante Schichtstufen mit relativ ausgedehnten, flachwelligen Verebnungen. Die weicherer Ton- und Mergelgesteine bilden die dazwischenliegenden Hänge (Abb. 2.2.4-2). Der Posidonienschiefer enthält aufgrund der Ablagerungsbedingungen in einem sauerstoffarmen Milieu vor ca. 180 Mio. Jahren zahlreiche Fossilien, darunter prachtvolle Skelette von Fischen, Meereskrokodilen und Sauriern (Abb. 2.2.4-3).



Abb. 2.2.4-3: Ammoniten (*Harporoceras falcifer*) im Posidonienschiefer (Quelle: Bilddatenbank Landesmedienzentrum Lmz)

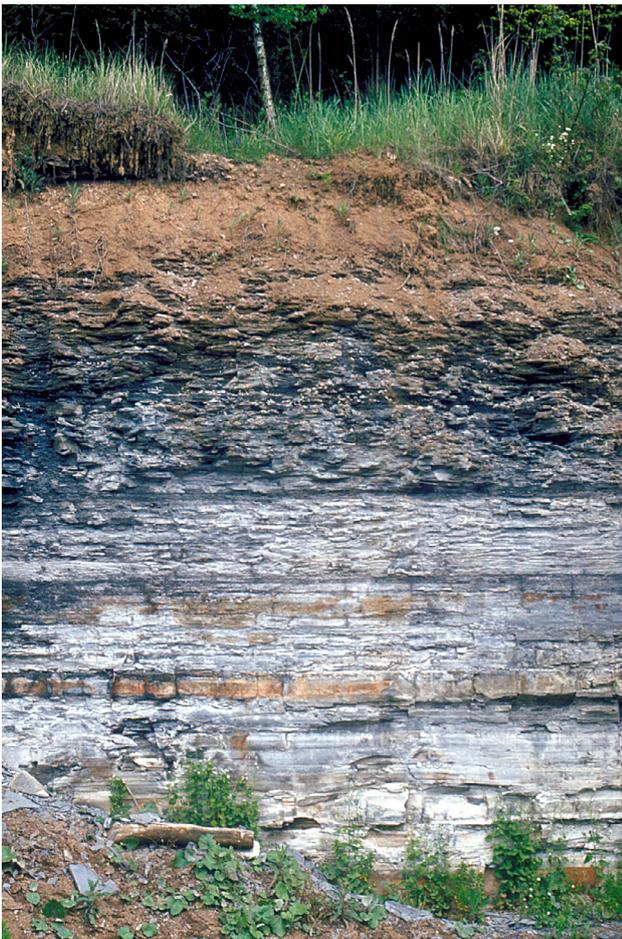


Abb. 2.2.4-2: Jurensismergel über Posidonienschiefer (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

An die unruhige, hügelige Landschaft im höheren Unterjura schließt sich nach Südosten mit zunächst mäßigem Geländeanstieg der Mitteljura an. Die zuerst auftretenden Gesteinsschichten (Opalinuston- und Ludwigienton-Formation) bestehen aus über 100 m mächtigen grauen und schwarzen Tonsteinen. Eingeschaltete dünne Mergelstein- und Kalksteinbänke bilden örtlich kleine Geländestufen, meist aber ohne große

Ausdehnung. Morphologisch und bodenkundlicher prägend ist die Blaukalkschichtstufe, eine ca. 3 m mächtige blaugraue Kalksandsteinbank, von der nach der Verwitterung im Boden bräunliche poröse Sandsteinbruchstücke zu finden sind. Vor allem nördlich des Filstals wird in der Schichtenabfolge ein Teil der aufgeführten Tongesteine (Ludwigienton-Formation) durch mächtige Sandsteine (Eisensandstein-Formation) abgelöst.

Auffällige, einzelne, kegelförmige Kuppen zwischen Metzingen und Kirchheim/Teck, z.B. der Egelsberg bei Weilheim/Teck und der Jusi bei Kohlberg sind Schlotfüllungen (Tuffbrekzien) eines ca. 11 bis 17 Mio. Jahre alten Vulkanismus im Uracher-Kirchheimer-Vulkangebiet. Die verfestigten Vulkangesteine sind gegenüber den sie umgebenden weichen Tongesteinen verwitterungsresistenter. Sie wurden bei den Abtragungsvorgängen im Laufe der Jahrtausende als Härtinge herauspräpariert.

Die Filder leitet räumlich und morphologisch zum Neckarbecken und zu den Oberen Gäuen über. Sie ist zum Großteil von relativ mächtigem Lösslehm bedeckt. Im Zentrum sind auch noch reine Lössen anzutreffen. Der Unterschied zwischen Löss und Lösslehm besteht darin, dass beim Löss unterhalb der aktuellen Bodenbildung (je nach Bodenerosion zwischen 30 und 100 cm unter GOK) unverwitterter, kalkhaltiger Rohlöss ansteht. Beim Lösslehm trifft man unterhalb der aktuellen Bodenbildung auf ältere, verwitterte Boden- und Gesteinsschichten. So können unterschiedlich alte Lösslehme zusammen ein mehrere Meter mächtiges Schichtpaket bilden. Die Lösslehme sind gegenüber den Lössen meist etwas dichter gelagert. Wasserspeichervermögen,

Wasserdurchlässigkeit und Durchlüftung sind etwas weniger ausgeprägt als bei den Lössböden. Östlich des Neckars, im Anschluss an die Filder, sind Lösslehme noch weit verbreitet, ihre Mächtigkeiten nimmt aber nach Osten und Norden rasch ab.

Das Einzugsgebiet der östlichen Neckarzuflüsse im Albvorland reicht bis auf die Schwäbische Alb. Die Talablagerungen sind stark von den Gesteinen der Schwäbischen Alb geprägt. Die Terrassen- und Flussschotter bestehen überwiegend aus Oberjura-Kalkstein und die Auenlehme sind stark kalkhaltig.

Entsprechend der geologischen Ausgangssituation lassen sich die Böden im Albvorland in vier Gruppen unterteilen.

- Die Parabraunerden aus Löss und Lösslehm auf den Fildern (Abb. 2.2.4-4) sind vergleichbar mit den entsprechenden Böden im Korngäu der Oberen Gäue und des Neckarbeckens. Östlich des Neckars nimmt mit zunehmender Entfernung vom Neckar der Staunässeinfluss zu und es bilden sich häufig Pseudogley-Parabraunerden und Parabraunerde-Pseudogleye aus. Die Lösslehme sind zunehmend dichter gelagert und haben bei abnehmender Mächtigkeit im Untergrund toniges Verwitterungsmaterial eingemischt (Abb. 2.2.4-5).
- Aus den Ton- und Mergelsteinen haben sich tonige Böden entwickelt, die stellenweise eine geringmächtige Lehmbedeckung aufweisen (Pelosol, Braunerde-Pelosol, Pseudogley-Pelosol, Pelosol-Braunerde). Wenn sie überhaupt ackerbaulich genutzt werden, verursachen die stark wechselnden Bodenverhältnisse schwierige Bearbeitungsbedingungen. Die Pyritführung der dunklen Tonsteine, z. B. im Opalinuston, führt bei der Verwitterung (Oxidation von Eisensulfid unter Freisetzung von Schwefelsäure) vor allem unter Waldnutzung zu auffallend stark und tief versauerten Böden. Aber auch bei Grünlandnutzung sind, im Gegensatz zu anderen Tonböden, z. T. relativ niedrige pH-Werte anzutreffen. Das Spektrum der Bodentypen wird hier erweitert durch gering entwickelte grusige Böden (Pararendzina) an steileren und durch Stauwasserböden (Pseudogley) in abflussträgen Lagen.

- Die Böden im Verbreitungsgebiet der Sandsteine gehören zu den Braunerden. Die Bodenartenzusammensetzung, die Mächtigkeit der Feinerde und der Steingehalt bestimmen die Bodeneigenschaften und -qualitäten.
- In den großen Tälern kommen zwei unterschiedliche Böden vor - zum einen geringmächtige, steinige Böden über Kalksteinschotter (Rendzina), zum anderen tiefgründige Böden aus Auenlehm (Brauner Auenboden).



Abb. 2.2.4-4: Parabraunerde aus Lösslehm (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit, ausgeprägte Regelungsfunktion im Wasserkreislauf, gute Filter- und Pufferfunktion

Auf den Fildern und in den tieferen Lagen des Albvorlands (z. B. bei Kirchheim/Teck) liegen die Jahresmitteltemperaturen bei ca. 8 bis 9 °C. Im Neckar- und unteren Filstal liegen sie etwas darüber. Von diesen tieferen, wärmeren Zonen mit Meereshöhen von ca. 350 bis 400 m (das Neckartal liegt bei ca. 250 m) steigt die Landschaft nach Osten langsam bis auf ca. 550 m an. Parallel dazu sinkt die Jahresmitteltemperatur bis auf Werte um 7 °C

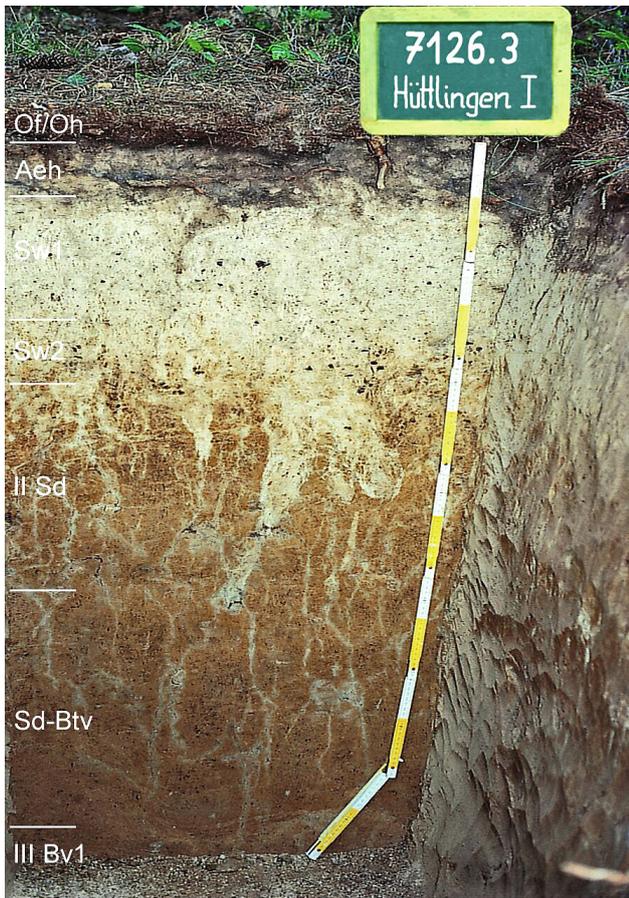


Abb. 2.2.4-5: Pseudogley aus Lösslehm (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: Aufgrund von Staunässe eingeschränkte natürliche Bodenfruchtbarkeit und eingeschränkte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter- und Pufferfunktion. Bei starkem Staunässeinfluss gute bis sehr gute Standortierung für naturnahe Vegetation.

und die Niederschläge steigen von ca. 700 mm auf der Filder bis zu ca. 950 mm am Fuß des Albanstiegs.

Die Landnutzung richtet sich hauptsächlich nach den Boden- und Reliefverhältnissen. Die Löss- und Lösslehmgebiete, die Talräume und Verebnungen im Posidonienschiefer, im Blaukalk und nördlich von Eislingen auch im Eisensandstein werden vorherrschend ackerbaulich genutzt. Die Filder weist einen hohen Sonderkulturanteil auf, das Filderkraut ist überregional bekannt. Die Grünlandnutzung auf den Tonböden wird v.a. bei steileren Lagen durch Streuobstflächen abgelöst. Mit zunehmender Nähe zum Albtrauf werden die Streuobstwiesen zum landschaftsprägenden Element. Größere Waldflächen kommen südlich von Kirchheim/Teck und nordöstlich von Göppingen im Hügel- und Bergland des Opalinustons und des Eisensandsteins vor.

2.2.5 Östliche, Mittlere und Westliche Alb

Zur Schwäbischen Alb gehören die Albhochfläche und der Albanstieg (Albtrauf). Der geologische Untergrund und damit die Ausgangsgesteine der Bodenbildung der beiden Bodengroßlandschaften Mittlere und Westliche Alb sowie Östliche Alb sind zum Großteil identisch. Deshalb werden beide Bodengroßlandschaften zusammen beschrieben (Abb. 2.2.5-1). Sie unterscheiden sich jedoch im Landschaftscharakter. Die Grenze verläuft im Eybtal und im Rohrachtal bei Geislingen.

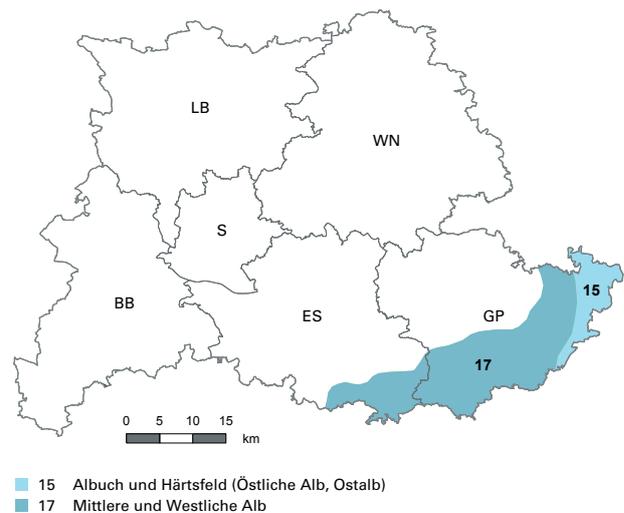


Abb. 2.2.5-1: Bodengroßlandschaften Albuch und Härtsfeld (Östliche Alb, Ostalb) bzw. Mittlere und Westliche Alb

Die Mittlere und Westliche Alb ist eine typische Kuppenalb, eine kleinräumig wechselnde, unruhige und stark reliefierte Karstlandschaft mit Kuppen, kurzen steilen Hängen, Trockentälern und abflusslosen Senken. Obwohl die Östliche Alb auch nördlich der Klifflinie und damit außerhalb der durch das tertiäre Molassemeer eingeebneten Albfläche liegt, ist die Oberflächengestalt ruhiger, weicher und weiträumiger. Hierzu trägt auch die Bedeckung der Kalkgesteine mit Feuersteinlehm bei. Die Ostalb hat den höchsten Waldanteil aller Teilräume der Schwäbischen Alb.

Neben dem Schwarzwald ist in Baden-Württemberg die Schwäbische Alb ein markantes, weithin sichtbares Landschaftselement. Sie bildet das Dach und den Abschluss des südwestdeutschen Schichtstufenlandes. Das ca. 250 bis 550 m mächtige Schichtpaket

des Oberjuras oder Weißen Juras besteht zum größten Teil aus Kalk- und Dolomitsteinen, die sowohl in deutlich geschichteter als auch in einer schichtungslosen, massigen Ausbildung vorkommen. Besonders im unteren Teil der Oberjura-Schichtenabfolge kommen mächtige Mergelsteinlagen vor (Impressamergel und Lacunosamergel), die im Bereich des Albtraufs an der Geländeoberfläche austreichen. Sie sind die Hauptursache für die Instabilität der steilen Hänge, die sich in zahlreichen älteren und jüngeren Rutschungen niederschlägt. Im oberen Teil der Oberjura-Schichtenfolge werden die Kalk- und Dolomitsteine von einer Mergelstein-Kalkstein-Wechselfolge (Zementmergel) abgelöst. Die Gesteinsschichten der Schwäbischen Alb sind von zahlreichen durch Kalklösung erweiterten Klüften und Höhlen durchzogen. Die Karstlandschaft ist sehr wasserdurchlässig, das Niederschlagswasser versickert rasch in den Untergrund und tritt z.T. in großen Karstquellen wieder hervor. Trockentäler, Dolinen und Karstwannen gehören zu den charakteristischen Geländeformen.

Die Zeugnisse des Urach-Kirchheimer Vulkanismus sind im Albvorland als kegelförmige Erhebungen zu sehen. Auf der Schwäbischen Alb dagegen, wo sie noch nicht durch Erosionsvorgänge freigelegt wurden, treten die Tuffschlote als Hohlformen in Erscheinung. Neben einigen kleineren Vorkommen sind das Randecker Maar und das Schopflocher Moor hervorzuheben. Das Randecker Maar (Abb. 2.2.5-2) südöstlich von Ochsenwang ist das größte Geotop vulkanischer Entstehung auf der Schwäbischen Alb. Der kraterförmige Sprengkessel ist



Abb. 2.2.5-2: Blick in das Randecker Maar mit dem Albvorland im Hintergrund (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

bei der Dampfexplosion von aufsteigendem Magma durch Kontakt mit Grundwasser entstanden. Anschließend füllte sich das Maar mit einem See, von dem heute noch die charakteristischen Seeablagerungen zeugen. Im Laufe der Zeit wurde die Maarschüssel durch die erosive Rückversetzung des Albtraufs angeschnitten und von einem Bach bis zur heutigen Form ausgeräumt.

Das Schopflocher Moor hat eine ähnliche Entstehung. Über stauenden Tonschichten, die durch verwitterten Basaltuff entstanden sind, sammelte sich das Wasser. In Verbindung mit hohen Niederschlägen entwickelte sich ein Hochmoor, das einzige auf der Schwäbischen Alb. In der sonst trockeneren und wasserarmen Karstlandschaft bildet es eine geologische und botanische Rarität. Aus dem Nebeneinander der verschiedenen Böden auf der Alb lässt sich die Bodenentwicklung im Laufe der Zeit exemplarisch verfolgen. Auf frischen Schutthalden, auf Felsköpfen und an Steilwänden beginnt die Bodenbildung mit einer nur Millimeter bis wenige Zentimeter mächtigen Humusanreicherung (Syrosem). An etwas weniger exponierten Stellen, z.B. auf Kuppen und an Hängen ist über den Kalksteinen bzw. über Kalksteinschutt mehr, i.d.R. 10 bis 25 cm schwarzes, humoses Bodenmaterial anzutreffen (Rendzina). An flacheren Hängen entstand aufgrund der Einwehung und Einmischung von sehr geringen lössähnlichen Bestandteilen ein ebenfalls flachgründiger Boden mit etwas geringerem Humusgehalt und eher braunschwarzen Bodenfarben, die mit zunehmender Tiefe in bräunlichere Farbtöne übergehen (Braunerde-Rendzina).

Bei der Verwitterung der Kalksteine bleibt ein sehr geringer Anteil an tonigem Lösungsrückstand zurück. Gelblicher und gelbbraunlicher Kalksteinverwitterungslehm wurde zu Bodenschichten von wenigen Dezimeter bis zu über 1 m Mächtigkeit angereichert (Terra fusca; Abb. 2.2.5-3). In erosionsgeschützten Lagen, z.B. auf flacheren Hängen, an Unterhängen und in flachen Senken sind die Kalksteinverwitterungslehme noch von geringmächtigen schluff- und lehmreicheren Horizonten überlagert (Braunerde-Terra-fusca und Terra-fusca-Braunerde). Abgeschwemmtes Bodenmaterial (Kolluvium) mit unterschiedlichen Steinanteilen sammelt sich in Mulden und Trockentälern.



Abb. 2.2.5-3: Terra fusca aus Kalksteinverwitterungslehm auf Kalkstein des Oberjuras (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: Aufgrund geringer effektiver Durchwurzelungstiefe und hohem Tongehalt geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit und eingeschränkte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter- und Pufferfunktion. Mittlere bis gute Standorteignung für naturnahe Vegetation.

Alb liegen die durchschnittlichen Jahresniederschläge zwischen 900 und 1050 mm.

Acker-, Grünland- und Waldflächen wechseln sich insgesamt kleinräumig ab. Steile Hänge am Albtrauf und an den Talhängen sowie die Feuersteinlehm-Flächen sind vorwiegend bewaldet. Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Gebiet der Ostalb, mit gegenüber der Kuppenalb besseren Böden und günstigeren Reliefverhältnissen, dominiert der Ackerbau gegenüber Grünland. Für die Landwirtschaft auf der Schwäbischen Alb sind ein später Vegetationsbeginn und eine kurze Vegetationsperiode prägend.

Aus den Feuersteinlehmen haben sich für Karstgebiete ungewöhnliche Böden entwickelt. Zum einen führt die dichte Lagerung in Verbindung mit den hohen Niederschlägen zu Stauwassereinfluss, der gering (pseudovergleyte Parabraunerde) bis stark (Pseudogley) ausgeprägt sein kann. Im Bereich des Naturschutzgebiets „Rauhe Wiese“ zwischen Böhmenkirch und Bartholomä führt die Vernässung bis zur Moorbildung (das NSG liegt außerhalb der Region, die Rauhe Wiese als Landschaftsteil zum großen Teil innerhalb der Region auf der Gemarkung Böhmenkirch). Zum anderen sind die Böden stark versauert. Das Bodenspektrum reicht von einer beginnenden Podsolierung bis zum reinen Podsol aus Schutt von Feuersteinlehm.

Landläufig hat sich der Begriff der „rauen Alb“ eingepreßt. Nachdem ursprünglich der Begriff auf das bewegte Relief der Kuppenalb gemünzt war, wird er heute eher auf das Klima bezogen. Im Gebiet dieser Bodengroßlandschaft liegen die Jahrestemperatur-Mittelwerte zwischen 6 und 7 °C. Auffälliger als die langjährigen Mittelwerte sind jedoch die Extremwerte. In den hohen Muldentälern werden mit die niedrigsten Temperaturen in Deutschland gemessen (z.B. Wetterstationen „Großes Rinntal“ mit -37 °C und „Weidenwang“ mit -44 °C). In klaren, windstillen Nächten können hier bis in den Frühsommer Bodenfröste auftreten. In der Bodengroßlandschaft Östliche, Mittlere und Westliche

2.2.6 Buntsandstein-Schwarzwald

Nordöstlich und östlich von Weil der Stadt ragt ein sehr kleiner Ausschnitt der Bodengroßlandschaft des Buntsandstein-Schwarzwalds in die Region Stuttgart hinein (Abb. 2.2.6-1).

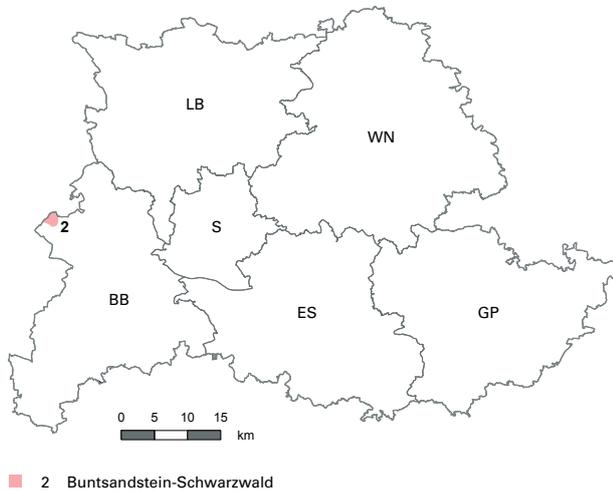


Abb. 2.2.6-1: Bodengroßlandschaft Buntsandstein-Schwarzwald

Sandsteine des Oberen und lokal des Mittleren Buntsandsteins bilden die steileren Hänge im Würmtal. Die umgebenden Hochflächen bestehen aus Sandsteinen und stellenweise aus Tonsteinen des Oberen Buntsandsteins. Sie sind verbreitet von Lösslehm und Lösslehm-Buntsandstein-Mischsubstraten überlagert.

Das Bodenspektrum reicht von Braunerden aus Sandsteinschutt und -fließerden an den Hängen (Abb. 2.2.6-2), Rankern aus Sandstein an den Hangschultern und Parabraunerden aus z.T. umgelagertem Lösslehm auf den Hochflächen.



Abb. 2.2.6-2: Braunerde aus Buntsandstein-Fließerde (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Bodenfunktionen: Aufgrund geringer Entwicklungstiefe nur geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit sowie geringe Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter-/Pufferfunktion. In Abhängigkeit von Exposition und Substrat mittlere bis hohe Standorteignung für naturnahe Vegetationsfunktion.

3 Bodenfunktionen - Schutzwürdigkeit der Böden

3.1 Datengrundlage und Anwendungsbereich der Bodenfunktionskarten

Den Bodenfunktionskarten für die Region Stuttgart liegen eine Auswertung der Bodenkarte im Maßstab 1:50 000 (BK 50) sowie Daten der Bodenschätzung zugrunde. Die Bodenschätzungsdaten im Maßstab 1:2 500 sind im Automatisierten Liegenschaftskataster (ALK) und im Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) digital abgelegt.

In der BK 50 werden Bodeneinheiten abgegrenzt, die sich bezüglich des Ausgangsmaterials der Bodenbildung, der Bodengese, der Bodenvergesellschaftung und der Bodeneigenschaften voneinander unterscheiden. In der Natur sind fließende Übergänge zwischen verschiedenen Böden zu beobachten, deren kartografische Abgrenzung eine bestmögliche Annäherung an die Realität darstellt. Je nach Landschaft und Ausgangsmaterial der Bodenbildung findet der Wechsel kleinräumig statt (Abb. 3.1-1).

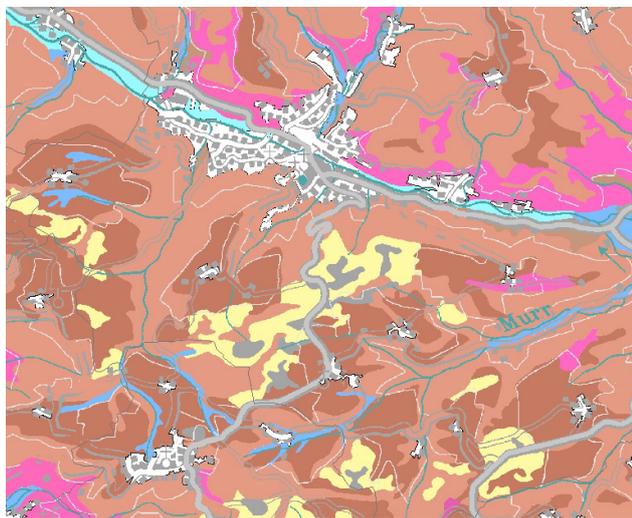


Abb. 3.1-1: Ausschnitt aus der Bodenkarte 1:50 000 (BK 50) bei Murrhardt, Rems-Murr-Kreis. Die BK 50 grenzt Bodeneinheiten mit ähnlichen Bodeneigenschaften und vergleichbarer Bodenentwicklung ab. Beschrieben werden die vorherrschenden Böden einer Bodeneinheit, sodass innerhalb der Bodeneinheiten lokal auch andere Böden vorkommen.

Für landwirtschaftlich genutzte Böden werden ergänzend die großmaßstäbigen Bodenschätzungsergebnisse (Maßstab 1:2 500) herangezogen.

Die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen erfolgt nach dem Leitfaden der LUBW (2010) in einer fünfstufigen Skala von keine [0] bis sehr hoch [4] (Tab. 3.2-1). Die verwendeten Datengrundlagen sind in Tab. 3.1-1 aufgeführt.

Tab. 3.1-1: Datengrundlagen für die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen

Bodenfunktionen	Datengrundlagen
Natürliche Bodenfruchtbarkeit	ALK/ALB für die Lücken Übernahme der Bewertungen aus BK 50 (mit Zwischenstufen)
Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	BK 50 (mit Zwischenstufen)
Filter und Puffer für Schadstoffe	BK 50 (mit Zwischenstufen)
Sonderstandort für naturnahe Vegetation	ALK/ALB und BK 50 (Details siehe Kap. 3.6)
Böden als Archive der Natur- und Kulturgeschichte	LUBW 2008

Maßstab der Bewertung der Bodenfunktionen

Die zur Bewertung der Bodenfunktionen verwendeten bodenkundlichen Daten unterscheiden sich in der räumlichen und inhaltlichen Auflösung. Insofern enthalten die Bodenfunktionskarten für die Region Stuttgart zum Teil Generalisierungseffekte. Je nach verwendeter Datengrundlage sind bei den einzelnen Bodenfunktionen Maßstabsvergrößerung maximal bis in den Bereich von 1:25 000 (BK 50) oder 1:2 500 (ALK/ALB) zulässig.

Zusatzinformationen zur großmaßstäbigen Bewertung der Bodenfunktionen

Insbesondere für großmaßstäbige und auf Einzelflächen bezogene Fragestellungen (z.B. Bebauungsplan) ist es häufig erforderlich, die Bodenkarte und die daraus abgeleiteten Bodenfunktionskarten durch zusätzliche Profilaufnahmen zu verfeinern bzw. weitere Informationen über besondere Ausprägungen von Bodenfunktionen oder über mögliche Vorbelastungen heranzuziehen.

Beispiele:

- Biotopkartierungen können Hinweise auf Böden mit besonderen Standorteigenschaften geben (Kap. 3.6 bis Kap. 3.8).
- Die Denkmalschutzbehörden können Hinweise auf natur- oder kulturhistorisch bedeutende Bodendenkmäler geben, die im Zusammenhang mit den Archivfunktionen der Böden von Interesse sind.
- Naturgeschichtliche Geotopkataster enthalten gegebenenfalls Hinweise auf potenzielle Archivböden.
- Karten zur Realnutzung sind bei der Einschätzung der Naturnähe von Böden hilfreich.
- Karten zu Bodenschadstoffgehalten geben Auskunft über grundstücks- oder gebietsbezogene stoffliche Bodenbelastungen (Kap. 4).
- Baugrunduntersuchungen bieten zusätzliche Informationen soweit sie bodenschutzfachlich auswertbar sind.

Diese Zusatzinformationen können zur Verifizierung und Spezifizierung der Bodenfunktionsbewertung auf der Grundlage der Bodenkarten verwendet und bei der zusammenfassenden Bewertung berücksichtigt werden.

Bodenkarten können darüber hinaus auch bei der Biotopvernetzung, beim Lokalisieren erosionsgefährdeter Böden oder bei Modellierungen z.B. in den Bereichen Grundwasserneubildung, Hochwasser oder Nitratauswaschung wichtige Fachinformationen liefern.

3.2 Bodenfunktionen im vorsorgenden Bodenschutz

Böden tragen zur Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes bei. Sie sind Lebensraum für Bodenorganismen, Standorte für natürliche Pflanzengesellschaften und Kulturpflanzen, Ausgleichskörper im Wasserhaushalt sowie Filter und Puffer für Schadstoffe. Sie geben uns auch Hinweise auf die vergangene oder zukünftig zu erwartende Landschaftsentwicklung.

Böden zeichnen sich durch eine große Vielfalt aus. Ihre Eigenschaften werden vom Ausgangsgestein, Klima, Geländeform, Wasser sowie durch Tiere und Pflanzen beeinflusst. In der Kulturlandschaft hat der Mensch viele Böden geprägt.

Böden sind nicht vermehrbar, sie quasi beliebig zu verändern entspricht nicht den heutigen Vorstellungen von einem nachhaltigen Umgang mit der Ressource Boden. Aus diesem Grund sind Böden schonend zu nutzen. Besonders schutzwürdige Böden sind vor Versiegelung oder Abbau zu bewahren. Diese Zielsetzungen sind bei Planungs- und Gestattungsverfahren zu berücksichtigen.

Für den vorsorgenden Bodenschutz sind nach § 2 Bundesbodenschutzgesetz [BBodSchG 1998] die natürlichen Bodenfunktionen (Abs. 2 Nr. 1) als

- „Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“,
- sowie als nach Abs. 2 Nr. 2 relevanten „Funktionen als Archive der Natur- und Kulturgeschichte“,

von Bedeutung.

Die gesetzlichen Bodenfunktionen wurden von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) operationalisiert und in Boden-Teilfunktionen herunter gebrochen sowie mit Bewertungskriterien versehen. (https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/Datenauswertung/Methodenbank/bodenfunktionen_mehr_Bodenfkt_tab.html?nr=1541164)



Abb. 3.2-1: Standort "natürliche Bodenfruchtbarkeit"



Abb. 3.2-2: Standort "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf"

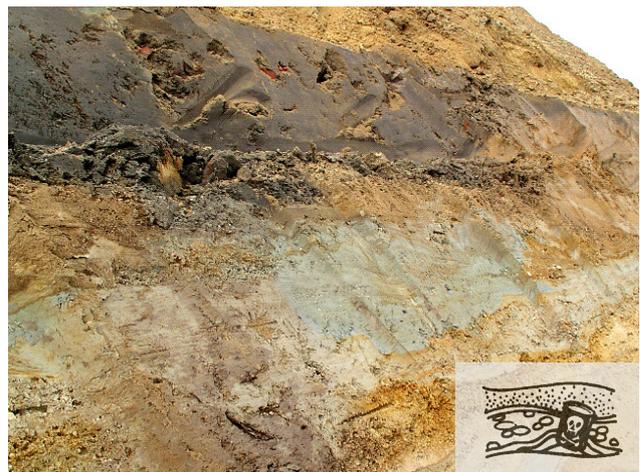


Abb. 3.2-3: Standort "Filter und Puffer für Schadstoffe"

In Baden-Württemberg werden bei der Bodenfunktionsbewertung [LUBW 2010] den in §2 BBodSchG genannten Bodenfunktionen die folgenden (Teil-) Funktionen zugeordnet (Tab. 3.1-1; Abb. 3.2-1 bis 3.2-5):

- natürliche Bodenfruchtbarkeit
- Ausgleichskörper im Wasserkreislauf
- Filter und Puffer für Schadstoffe
- Sonderstandort für naturnahe Vegetation
- Archive der Natur- und Kulturgeschichte

Diese Bodenfunktionen können anhand bodenkundlicher physikalischer und chemischer Parameter für jeden Standort bewertet werden. Böden sind umso schutzwürdiger, je höher der Grad, d.h. die Ausprägung der Funktionserfüllung ist. Der Leitfaden zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit [LUBW 2010] beschreibt die verwendeten Bewertungsmethoden. Die Datengrundlagen und das Bewertungssystem für die Bodenfunktionsbewertung wurden vom RP FR, Ref. 93 erstellt (Kap. 3.1). Die wesentlichen bodenkundlichen Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung sind in den Fachinformationen auf der nachfolgenden Seite zusammengefasst.

Differenziert wird die Schutzwürdigkeit der Böden in fünf Klassen von keine Funktion [0] bis sehr hohe Funktionserfüllung [4] (Tab. 3.2-1). Es können auch Zwischenstufen vergeben werden (Kap. 3.3 - 3.8).

Tab. 3.2-1: Klassen der Bodenfunktionsbewertung und Farbgebung in den Karten und Grafiken

Funktionserfüllung	Bewertungsklasse (BWK)
 keine	0 (versiegelte Fläche)
 gering	1
 mittel	2
 hoch	3
 sehr hoch	4



Abb. 3.2-4: "Sonderstandort für naturnahe Vegetation"



Abb. 3.2-5: Standort "Archiv der Natur- und Kulturgeschichte" (Fotos Abb. 3.2-1 bis 3.2-5: Ingenieurbüro Feldwisch)

Fachinformationen zu den bodenkundlichen Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung

Die Bodenfunktionsbewertung stützt sich auf messbare Bodeneigenschaften. Von besonderer Bedeutung sind dabei folgende Parameter [LUBW 2010]:

■ **Bodenart = Körnung des Feinbodens**

Die Mineralkörner des Feinbodens werden in die Klassen Sand, Schluff und Ton differenziert. Diese Körnungsklassen weisen einen Durchmesser bis zu 2 mm auf, wobei der Durchmesser in der Reihenfolge Ton, Schluff und Sand zunimmt. Körnungen größer 2 mm zählen zum Grobboden bzw. Skelett (Kies, Steine, Blöcke). Die Bodenart entscheidet wesentlich über die Funktionsausprägungen der Böden im Naturhaushalt. Wasser- und Nährstoffhaushalt sowie Filter- und Puffereigenschaften der Böden werden durch die Bodenart maßgeblich bestimmt. Beispielsweise können ton- und schluffreiche Böden mehr Wasser oder Nährstoffe pflanzenverfügbar speichern als Sandböden oder steinreiche Böden. Mit Hilfe der Bodenart können andere wesentliche Bodeneigenschaften ermittelt werden (s. u.).

■ **Mächtigkeit des Bodens**

Je mächtiger ein Boden ist, umso stärker kann er Retentions-, Filter- und Pufferfunktionen bereitstellen. Für das Pflanzenwachstum ist die Durchwurzelbarkeit bzw. der effektive Wurzelraum von Bedeutung. Frische, wüchsige Böden zeichnen sich durch Bodenmächtigkeiten von mindestens 1,5 m bei gleichzeitig schluffig-lehmigen Bodenarten aus. Physiologisch trockene Standorte werden auf flachgründigen, steinreichen Böden oder auf Sandböden angetroffen.

■ **Humusgehalt = organische Bodensubstanz**

Die organische Bodensubstanz trägt wesentlich zur natürlichen Bodenfruchtbarkeit bei, indem Nährstoffe gespeichert und durch Mineralisierung freigesetzt werden. Humus ist das Ergebnis und gleichzeitig der Motor einer artenreichen Biozönose im Boden.

■ **Kationenaustauschkapazität (KAK)**

Das Speichervermögen der Böden für Nähr- und Schadstoffe wird durch die Art und Anzahl der Austauschplätze an Tonmineralen und Humus bestimmt. Die Speicherkapazität für Kationen wie Kalzium, Magnesium oder Kalium wird mit Hilfe der KAK angegeben. Diese wird in der Einheit cmol_c/kg Boden oder mmol_c/kg bezogen auf die durchwurzelbare Bodenmächtigkeit angegeben.

■ **Trockenrohdichte = Bodenmasse je Volumeneinheit**

Böden sind poröse Körper aus mineralischer und organischer Festsubstanz. Funktionstüchtige Mineralböden zeichnen sich durch eine Trockenrohdichte zwischen 1,3 und 1,5 g/cm^3 aus, was einem Porenvolumen von ca. 45–50 % entspricht.

■ **Feldkapazität (FK) = gesamte Wasserspeicherkapazität der Böden**

Die Feldkapazität ist die Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft zurückhalten kann. Als Einheiten werden Volumen-Prozent, mm/dm Bodenmächtigkeit oder mm bezogen auf den effektiven Wurzelraum verwendet.

■ **Nutzbare Feldkapazität (nFK) = pflanzenverfügbares Bodenwasser**

Das im Boden gespeicherte Wasser kann nur zum Teil von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Nicht aufgenommen werden kann das stark gebundene Totwasser in den Feinporen. Die Differenz zwischen FK und Totwasser bildet die nutzbare Feldkapazität.

■ **Bodentyp = bodensystematische Einheit**

Bodentypen sind durch unterschiedliche Bodenbildungsprozesse (= Pedogenese) geprägt, die anhand der Abfolge bestimmter Bodenhorizonte zu erkennen sind. Aus den Bodentypen lassen sich Bodenleistungen im Naturhaushalt ableiten.

■ **Bodenform = Bodentyp mit Substratangaben**

Die Bodenform berücksichtigt neben der Pedogenese auch das Ausgangssubstrat der Bodenbildung wie Löss oder Bach-/Flussablagerungen und ist deshalb aussagekräftiger für die Bewertung der Bodenfunktionen als eine Beurteilung nur nach dem Bodentyp.

3.3 Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit weisen Böden mit einem ausgeglichenen Wasserhaushalt und einem hohen Nährstoffangebot auf, die von Natur aus hohe Biomassezuwächse ermöglichen. Sie ermöglichen eine nachhaltig produktive landwirtschaftliche Nutzung (Abb. 3.3-1). Im Gegensatz dazu sind auf weniger fruchtbaren Böden nur extensive Nutzungsformen möglich. Ein erhöhter Betriebsmitteleinsatz zur Steigerung der Erträge führt auf solchen Standorten häufig zu Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes, z.B. durch erhöhte Nitratauswaschung, die ggfs. in das Grundwasser gelangen.

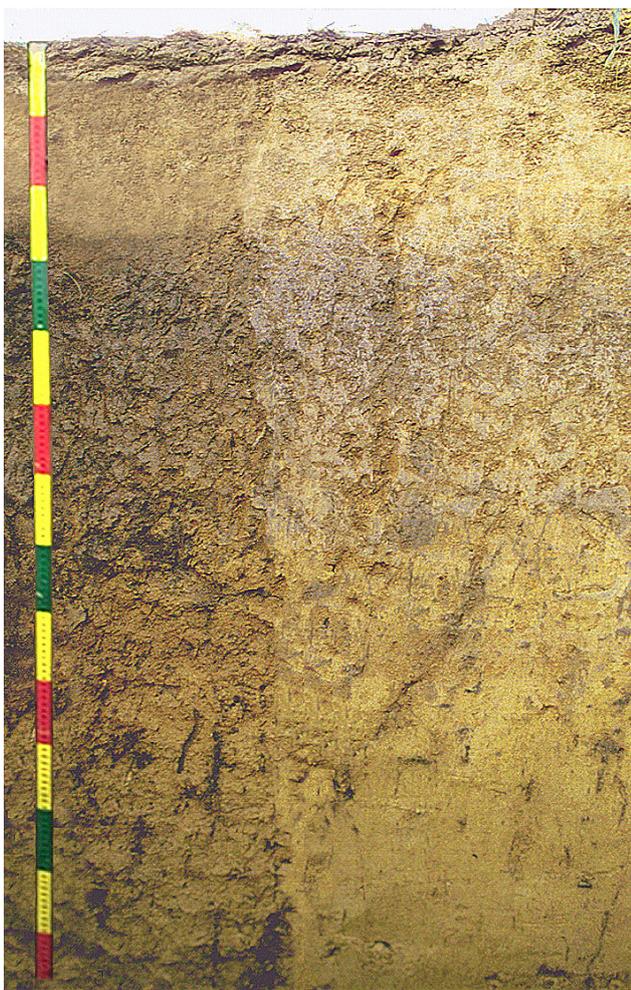


Abb. 3.3-1: Tiefe Tschernosem-Parabraunerde aus wärmezeitlichem Löss (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Eine besondere Schutzbedürftigkeit der Böden mit hoher natürlicher Fruchtbarkeit ergibt sich aus dem bevorzugten Flächenverbrauch in Regionen mit fruchtbaren Böden. Die Suburbanisierung in Einzugsgebieten industrieller und städtischer Zentren geht im Wesentlichen zulasten

der Standorte mit ausgeprägter Leistungsfähigkeit für die landwirtschaftliche Nutzung. Damit wird die Grundlage für eine nachhaltige Nahrungsmittelproduktion zunehmend beeinträchtigt.

Darüber hinaus tragen diese von Natur aus fruchtbaren Böden maßgeblich zur Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes bei. Die tiefgründigen Böden weisen ein hohes Wasserrückhaltepotenzial auf und sind insofern bedeutend für den Wasserhaushalt von Landschaften, oder auch im Sinne einer dezentralen Hochwasservorsorge (Kap. 3.4). Im Übrigen sind diese Böden leistungsfähig in den natürlichen Stoffkreisläufen. Sie speichern, filtern und puffern Stoffeinträge besonders effektiv und tragen somit zum Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer vor Nähr- und Schadstoffeinträgen bei.

In der Region werden auf einem Flächenanteil von 21 % Böden mit einer hohen natürlichen Bodenfruchtbarkeit der Bewertungsklassen (BWK 3,0/3,5/4,0) angetroffen (Abb. 3.3-2). Ein größerer Flächenanteil von 54 % ist durch eine mittlere natürliche Bodenfruchtbarkeit gekennzeichnet (BWK 2,0/2,5). Ca. 8 % weisen eine geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit auf (BWK 1,0/1,5). Die restliche Fläche von ca. 17 % sind verdichtete und teils versiegelte Siedlungsflächen. Sie werden daher nicht bewertet.

Böden mit einer hohen und sehr hohen natürlichen Bodenfruchtbarkeit sind in der Region ungleich verteilt. Mit ca. 39 % Flächenanteil kommen im Landkreis Ludwigsburg besonders fruchtbare Böden am häufigsten vor. Böden mit einer eher geringen bis mittleren Fruchtbarkeit kommen häufiger im Landkreis Göppingen und Rems-Murr-Kreis vor. Die Verteilung der Ausprägung dieser Bodenfunktion im Landkreis Esslingen entspricht ungefähr dem Durchschnitt der Region. Im Stadtkreis Stuttgart ist infolge des hohen Siedlungsflächenanteils von 50 % der bewertete Flächenanteil insgesamt geringer als in den Landkreisen. Dennoch sind auf ca. 16 % der Fläche hoch bis sehr hoch fruchtbare Böden anzutreffen (Karte Abb. 3.3-3).

In Planungs- und Zulassungsverfahren sind neben der regionalen Verteilung der besonders fruchtbaren Böden auch die lokalen Bodenverhältnisse zu berücksichtigen. Böden, die im regionalen Maßstab lediglich eine mittlere

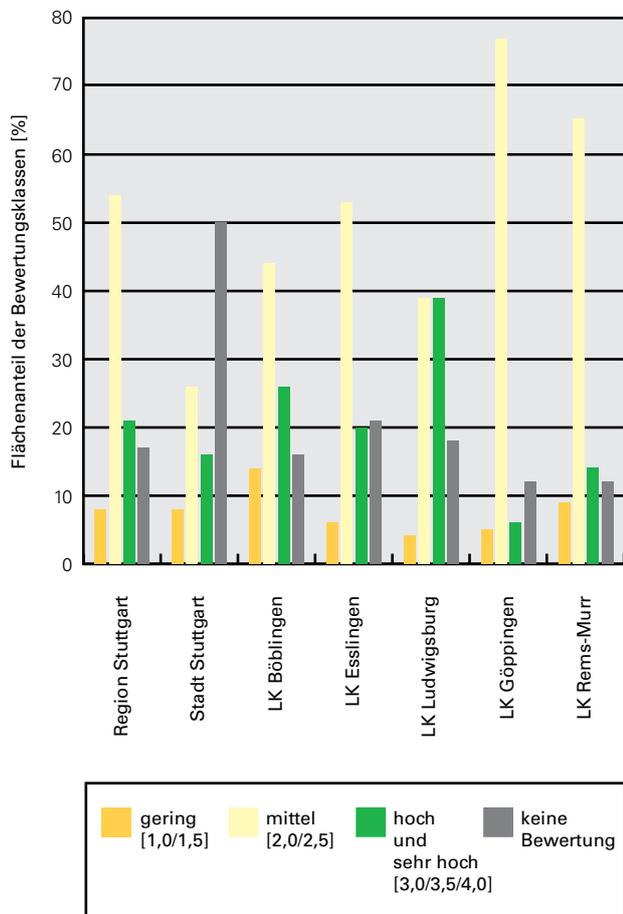


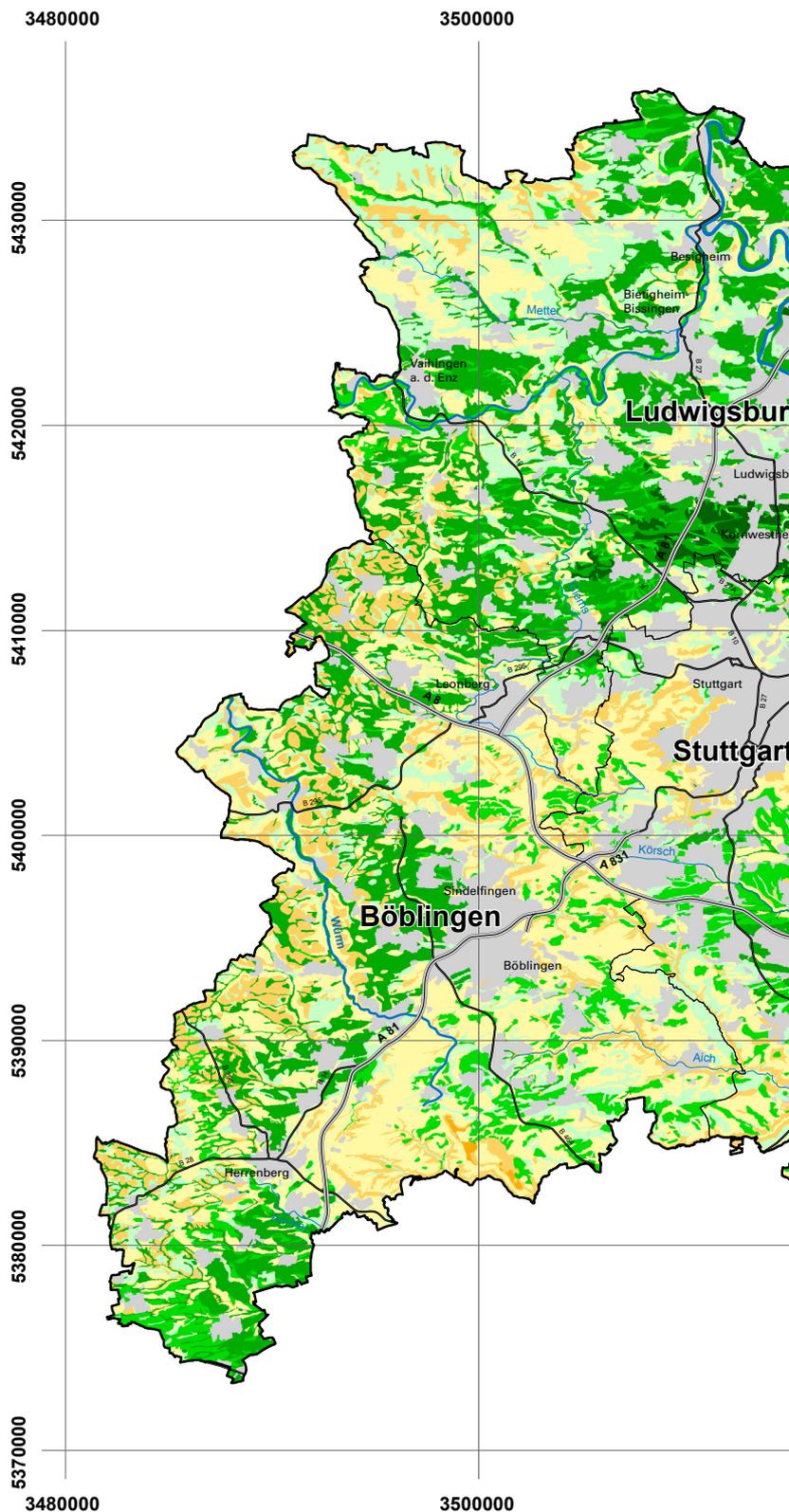
Abb. 3.3-2: Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ in der Region Stuttgart

re natürliche Bodenfruchtbarkeit aufweisen, können auf Ebene der Landkreise oder der einzelnen Gemeinden durchaus eine große Bedeutung für die Landwirtschaft haben. Diese regional bedeutenden landwirtschaftlichen Produktionsstandorte unterliegen verstärkt dem Flächenverbrauch, weil sie im Regelfall siedlungsnah vorkommen. Der Verlust der für die regionale Landwirtschaft wichtigen Böden kann die Existenzgrundlage landwirtschaftlicher Betriebe gefährden.

Natürliche Bodenfruchtbarkeit

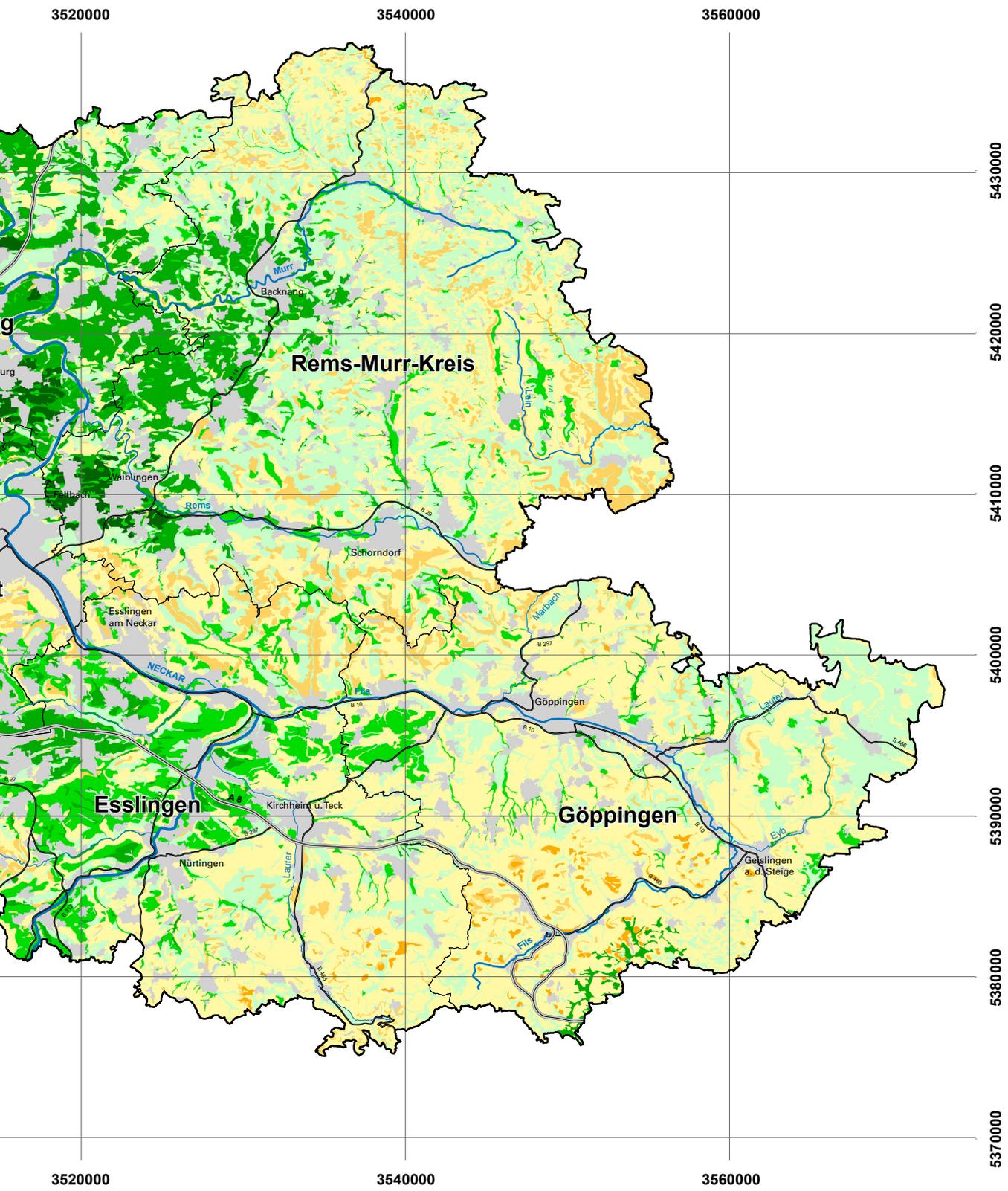
Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- gering
- gering bis mittel
- mittel
- mittel bis hoch
- hoch
- hoch bis sehr hoch
- sehr hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen



- Regiongrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße

Abb. 3.3-3: Bodenfunktionskarte "Natürliche Bodenfruchtbarkeit"



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)
 © Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

3.4 Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

Böden nehmen Niederschlagswasser auf, speichern es in ihrem Porensystem und stellen es den Pflanzen zur Verdunstung bereit. Überschüssiges Wasser versickert und trägt zur Grundwasserneubildung bei, oder es fließt lateral ab und speist Quellen und Oberflächengewässer. Böden tragen zur Dämpfung der Abflussreaktion und somit zur dezentralen Hochwasservorsorge bei. Diese Leistungen im Naturhaushalt sind u.a. von Bodenart, Bodenmächtigkeit, Vernässungsgrad, Relief und Klima abhängig (Abb. 3.4-1).



Abb. 3.4-1: Tiefgründige Parabraunerde aus Lösslehm mit hohem Wasserspeichervermögen (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Somit tragen Böden je nach ihren Eigenschaften in unterschiedlichem Ausmaß zum Ausgleich im Wasserkreislauf bei. Der Grad der Erfüllung dieser Bodenfunktion nimmt mit zunehmender Wasserleitfähigkeit und zunehmendem Wasserspeichervermögen zu. In diesem Sinne tragen Böden auch zum dezentralen Hochwasserrückhalt im besonderen Maße bei.

Versiegelung oder Überbauung verringern die Wasseraufnahme der Böden stark oder unterbinden sie gänzlich, sodass das überwiegend oberflächlich abfließende Niederschlagswasser den Oberflächengewässern schnell zugeleitet wird und Hochwassergefahren häufiger auftreten können.

Der Landschaftswasserhaushalt reagiert stark auf unterschiedliche Landnutzungsformen und damit einhergehenden Änderungen in den Ausgleichsfunktionen der Böden im Wasserkreislauf. Deutlich wird die ausgleichende Wirkung naturnaher Bodennutzungen in waldreichen Regionen. Dort treten die niedrigsten Hochwasser- und die höchsten Niedrigwasserabflüsse auf (Abb. 3.4-2). Bei landwirtschaftlich genutzten Böden weitet sich das Verhältnis zwischen Niedrig- und Hochwasser etwas aus, weil im Vergleich zu naturnahen Nutzungen höhere Direktabflüsse nach Niederschlagsereignissen zu erwarten sind. Dagegen wird durch Versiegelung die Hochwassersituation zumeist deutlich verschärft, gleichzeitig sinken die Niedrigwasserabflüsse, weil in Niederschlagsperioden kaum Wasser in Böden zwischengespeichert werden kann.

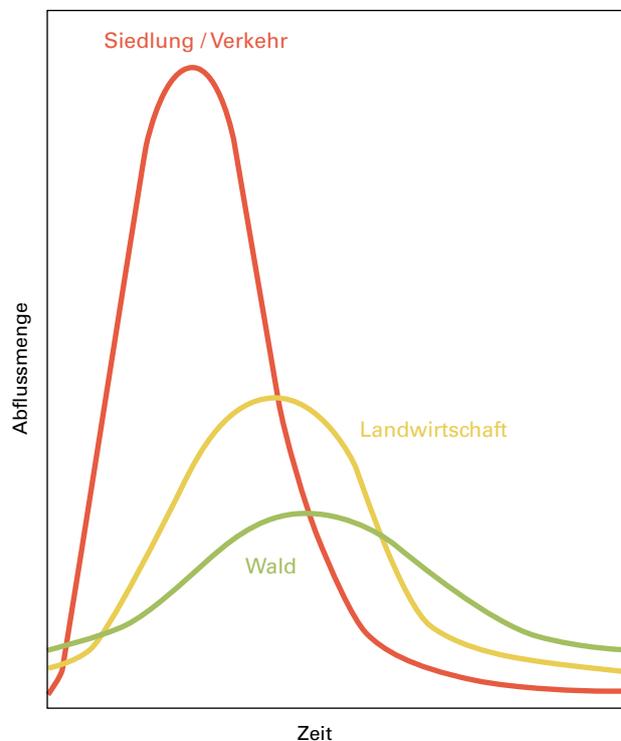


Abb. 3.4-2: Landnutzung und Oberflächenwasserabfluss

Eine hohe bis sehr hohe Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf der Bewertungsklassen (BWK 3,0/3,5/4,0) wird von rund 24% der Böden in der Region bereitgestellt. Ca. 38% der Böden weisen eine mittlere (BWK 2,0/2,5) und 20% eine geringe Funktionserfüllung (BWK 1,0/1,5) auf (Abb. 3.4-3).

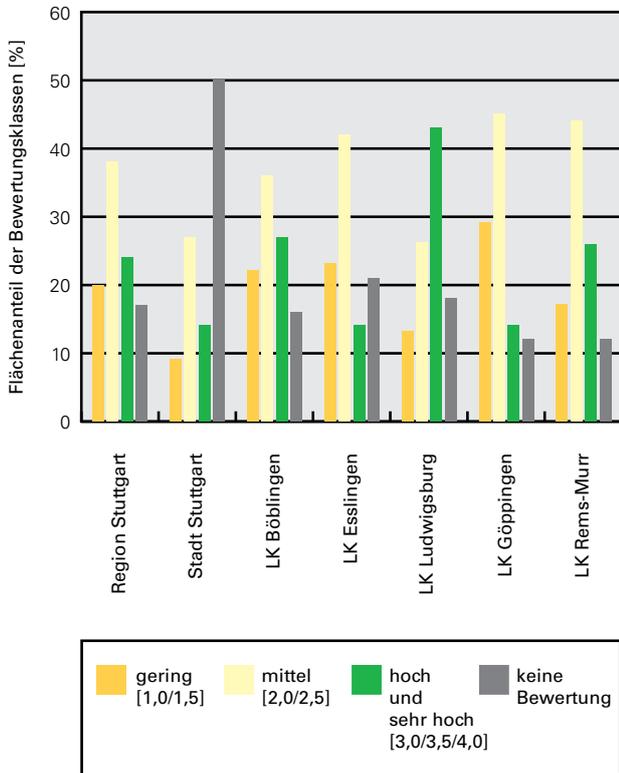


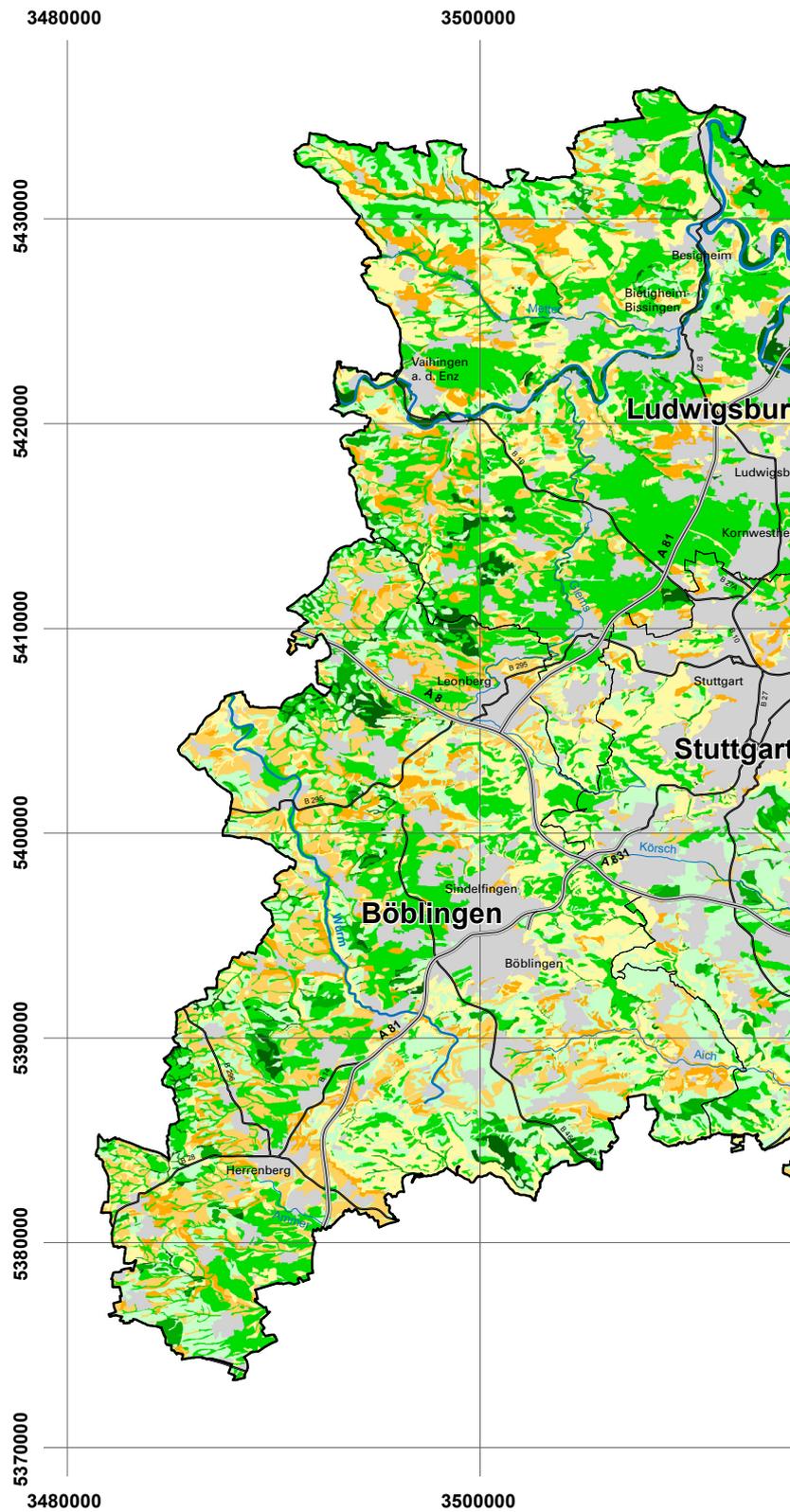
Abb. 3.4-3: Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ in der Region Stuttgart

Im Landkreis Ludwigsburg finden sich auf ca. 43% der Fläche Böden mit hoher bis sehr hoher Funktionserfüllung (BWK 3,0/3,5/4,0). Böden mit mittlerer Funktionserfüllung (BWK 2,0/2,5) treten im Landkreis Göppingen auf ca. 45%, im Rems-Murr-Kreis mit ca. 44% und im Landkreis Esslingen mit ca. 42% der Fläche dominant auf. Im Rems-Murr-Kreis liegen verbreitet gering mächtige, steinreiche Böden vor (BWK 1,0/1,5). Hier sind ca. 17%, im Landkreis Göppingen ca. 29% der Fläche durch eine geringe Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf gekennzeichnet (Karte Abb. 3.4-4).

Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

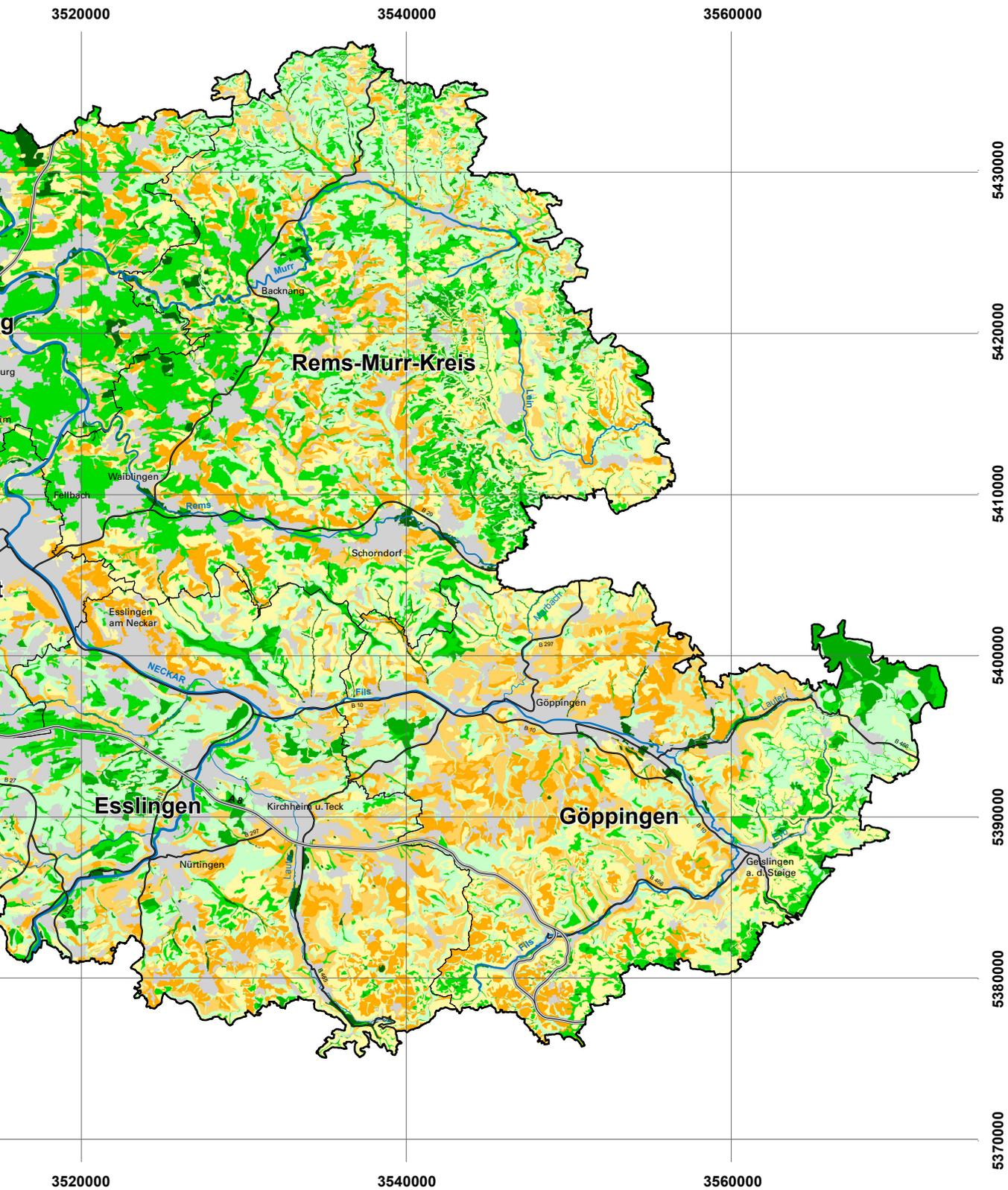
Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- gering
- gering bis mittel
- mittel
- mittel bis hoch
- hoch
- hoch bis sehr hoch
- sehr hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen



- Regiongrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße

Abb. 3.4-4: Bodenfunktionskarte "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf"



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

3.5 Filter und Puffer für Schadstoffe

Schadstoffe werden im Boden festgelegt, um- oder abgebaut. Diese Filter- und Puffervorgänge sind von den Boden- und Schadstoffeigenschaften abhängig.

Anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle werden in Böden zumeist durch Adsorption oder Fällung immobilisiert, jedoch nicht aus dem Stoffkreislauf entfernt, das heißt sie werden im Boden i.d.R. angereichert. Wie effektiv anorganische Schadstoffe im Boden immobilisiert werden können, hängt von der Bodenart ab, insbesondere vom Tongehalt, Humusgehalt, pH-Wert und von den Redoxverhältnissen.

Organische Schadstoffe unterliegen in unterschiedlichem Ausmaß dem Um- bzw. Abbau, zu chemischen und physikalischen Prozessen kommen biologische Um- und Abbauprozesse hinzu.

Böden mit einer hohen Filter- und Pufferleistung werden als besonders schutzwürdig eingestuft (Abb. 3.5-1). Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Böden mit hohem Filter-/Puffervermögen Schadstoffe anreichern und langfristig eine schwer abzuschätzende Gefahrenquelle darstellen können. Folglich sind aus Vorsorgegründen Schadstoffemissionen so weit wie möglich zu reduzieren, auch wenn filter- und pufferstarke Böden im Planungsgebiet vorhanden sind.

Die räumliche Verteilung der Böden mit hoher und sehr hoher Filter- und Pufferfunktion für Schadstoffe ähnelt den Verteilungsmustern der Standorte mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit und den Ausgleichsfunktionen im Wasserkreislauf. Diese weitgehende Übereinstimmung beruht darauf, dass die Filter- und Pufferfunktionen anhand der Bodeneigenschaften wie Ton- und Humusgehalt bzw. Ton- und Humusmenge in eine Tiefe bis maximal 1 m beurteilt werden. Diese Bodeneigenschaften wirken sich auch auf die Ausprägung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und der Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf maßgeblich aus, z.B. auf die Kationenaustauschkapazität und das Nährstoffangebot sowie die Wasseraufnahmefähigkeit und die Wasserleitfähigkeit im Bodenprofil. Differenzierungen ergeben sich insbesondere durch die zusätzliche Berücksichtigung des Boden-pH-Wertes und/oder des Carbonatgehaltes.



Abb. 3.5-1: Erosierte Parabraunerde aus Löss (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Infolge der insgesamt gut gepufferten Böden in der Region Stuttgart treten auf rund 48% der Fläche Böden mit hoher bis sehr hoher Filter- und Pufferleistung auf (BWK 3,0/3,5/4,0). Auf ca. 27% der Fläche wird eine mittlere (BWK 2,0/2,5) und auf ca. 7% eine geringe Funktionserfüllung angetroffen (BWK 1,0/1,5) (Abb. 3.5-2).

Dieses regionale Verteilungsmuster prägt sich mehr oder weniger in jedem Land- bzw. auch im Stadtkreis aus. Im Landkreis Ludwigsburg weisen 62% der Böden eine

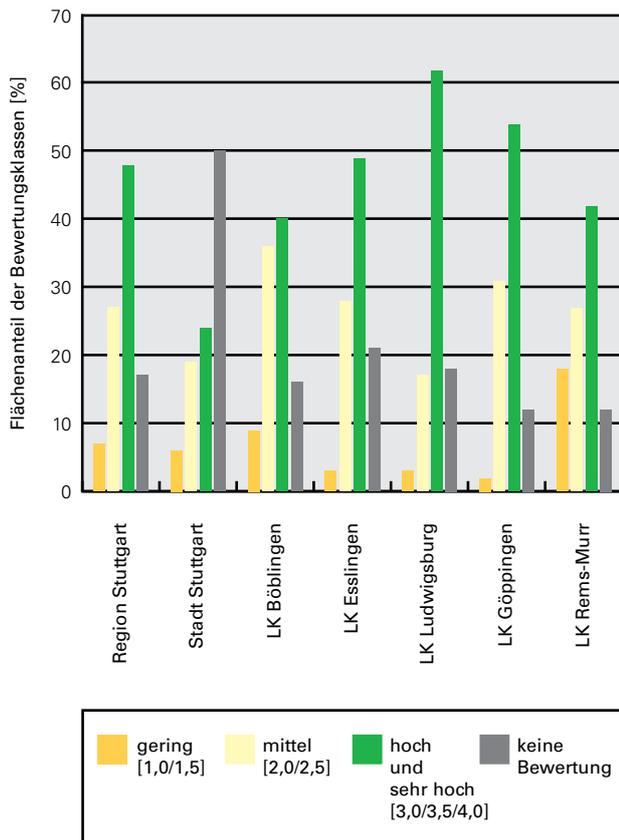


Abb. 3.5-2: Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“ in der Region Stuttgart

hohe Funktionserfüllung als Filter und Puffer für Schadstoffe auf (BWK 3,0/3,5/4,0). In den weiteren Landkreisen und im Stadtkreis Stuttgart dominieren ebenfalls die Flächenanteile mit hoher bis sehr hoher Funktionserfüllung (BWK 3,0/3,5/4,0), die in den Landkreisen Göppingen und Esslingen mit Flächenanteilen von ca. 54% und 49% hervortreten. Die Anteile der Bewertungsklassen mittel und hoch (BWK 2,0/2,5) variieren in den Landkreisen in einem weiteren Bereich zwischen ca. 17% (Landkreis Ludwigsburg) und 36% (Landkreis Böblingen). Der Rems-Murr-Kreis hat mit ca. 18% den größten Flächenanteil mit Böden von eher geringer Funktionserfüllung (BWK 1,0/1,5; Karte Abb. 3.5-3).

Filter und Puffer für Schadstoffe

Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- gering
- gering bis mittel
- mittel
- mittel bis hoch
- hoch
- hoch bis sehr hoch
- sehr hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen

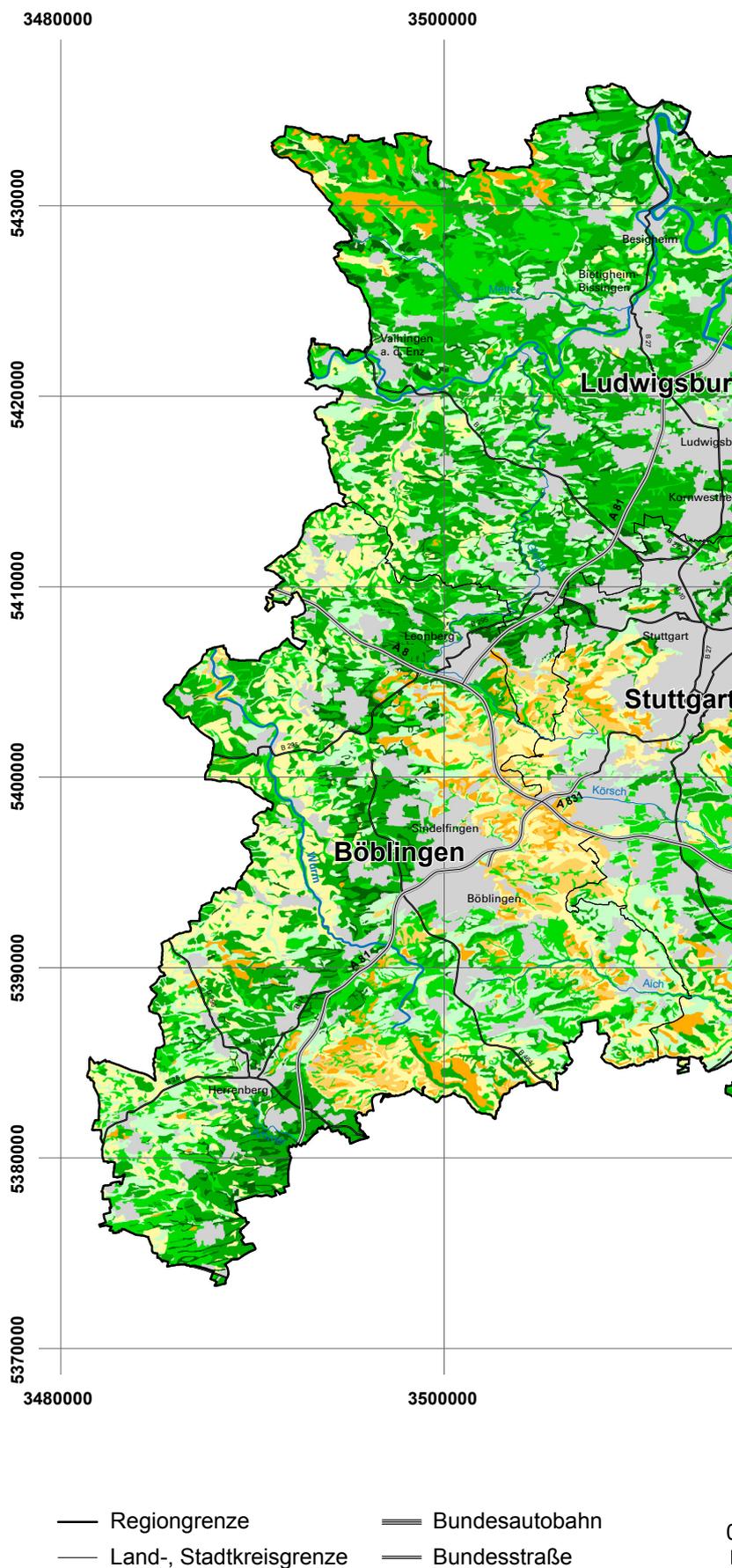
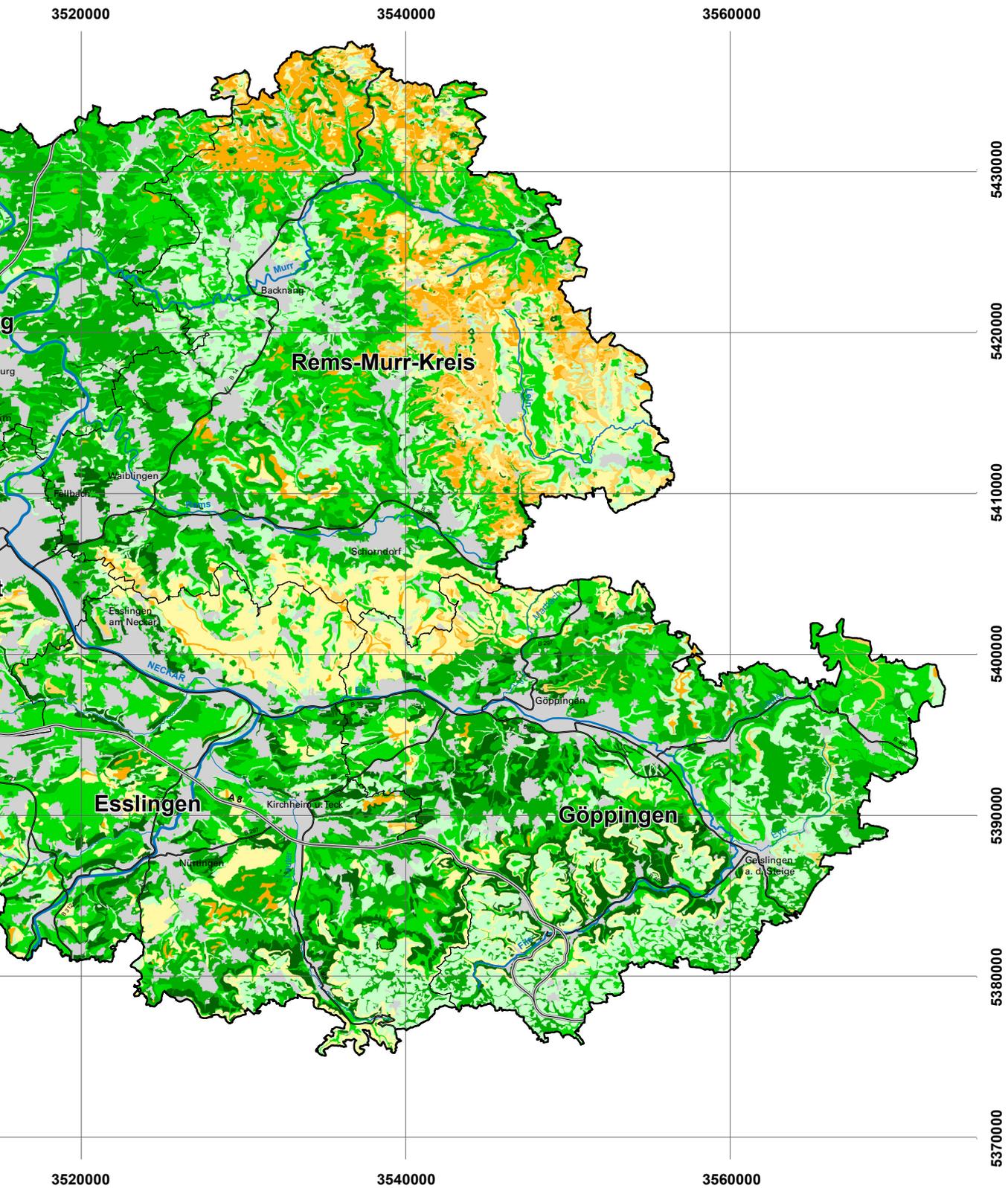


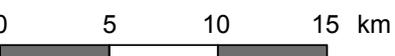
Abb. 3.5-3: Bodenfunktionskarte "Filter und Puffer für Schadstoffe"



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



3.6 Sonderstandort für naturnahe Vegetation

Die Bodeneigenschaften eines Standortes bestimmen entscheidend, welche natürliche Vegetation sich entwickeln kann. Von herausragender Bedeutung ist das Wasser- und Nährstoffangebot der Böden (Abb. 3.6-1).

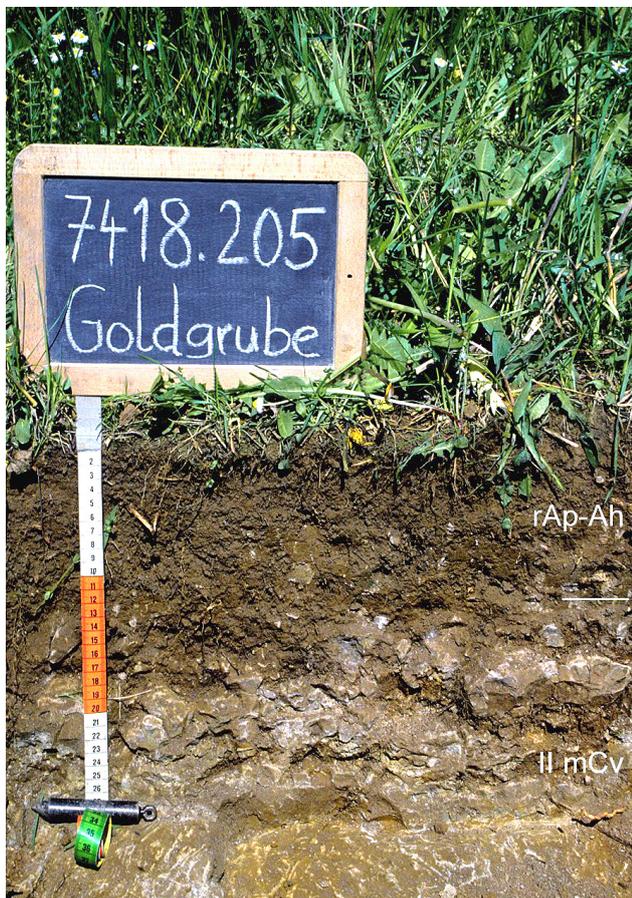


Abb. 3.6-1: Flachgründige Braune Rendzina aus lösslehmhaltiger Deckschicht über Oberem Muschelkalk (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Als besonders schutzwürdig werden Böden eingestuft, die extreme Eigenschaften aufweisen. Auf trockenen, feuchten oder nassen und nährstoffarmen Böden können sich spezialisierte und im Regelfall auch seltene Pflanzengesellschaften etablieren. Aus diesem Grund sind Böden mit extremem Wasser- oder Nährstoffhaushalt besonders schutzwürdig. Dies gilt umso mehr, je natürlicher bzw. naturnäher die Böden ausgeprägt, d.h. nicht durch menschliche Eingriffe verändert worden sind. Auch die Seltenheit der Merkmalsausprägungen wird bei der Bewertung berücksichtigt. Dabei können Besonderheiten des Planungsraumes in die Bewertung einbezogen werden.

Die Bewertung der Bodenfunktion als „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ basiert auf den Bodenschätzungsdaten des ALK/ALB und der Bodenkarte 1:50 000 (BK 50). Sie erfolgt nach dem Leitfaden der LUBW [2010]. Im ersten Schritt der ALK/ALB-basierten Bewertung werden die bodenkundlichen Einheiten getrennt nach den Kriterien „Klassen- und Sonderzeichen“ und „Boden- und Grünlandgrundzahl“ bewertet. Im zweiten Schritt werden die jeweiligen Ergebnisse zusammengeführt. Als Endergebnis wird die jeweils höchste Bewertungsklasse aus den Einzelbewertungen übernommen.

Die Bewertung nach der BK 50 erfolgt analog. Zuerst werden die Einheiten getrennt nach den Kriterien „mechanische Gründigkeit“, „bodenkundliche Feuchtestufe“ und „bodenkundliche Besonderheiten“ bewertet. Die jeweiligen Ergebnisse werden zusammengeführt und als Endergebnis wird die jeweils höchste Bewertungsklasse aus den Einzelbewertungen übernommen.

Es werden nur die Bewertungsklassen 3 und 4 vergeben, wobei nur die Bewertungsklasse 4 direkt, d.h. ohne eine Bewertung der drei weiteren natürlichen Bodenfunktionen (Kap. 3.3 - 3.5) in die Gesamtbewertung (Wertstufe) eingeht.

Die ALK-/ALB-Daten der Böden mit den Bewertungsklassen 4 und 3 sowie die BK 50-Daten der Böden der Bewertungsklasse 4 werden in gesonderte Karten übernommen. Finden sich in den Auswertungen der BK 50 weitere Standorte mit der Bewertungsklasse 3, werden die Flächen als Suchräume in diese Karten aufgenommen.

Böden der Wertstufe 4 weisen extreme Eigenschaften auf und kommen in der Regel kleinflächig vor. Solche Standorte, aber auch Böden der Bewertungsklasse 3 können sich für naturschutzfachliche Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung eignen [LUBW 2012a]. Böden, die in eine Bewertungsklasse <3 einzustufen wären, weisen in der Regel keine speziellen Eigenschaften auf und werden nicht berücksichtigt. Aus der Karte Abb. 3.6-3 geht die regionale Verteilung der Bewertungsergebnisse hervor.

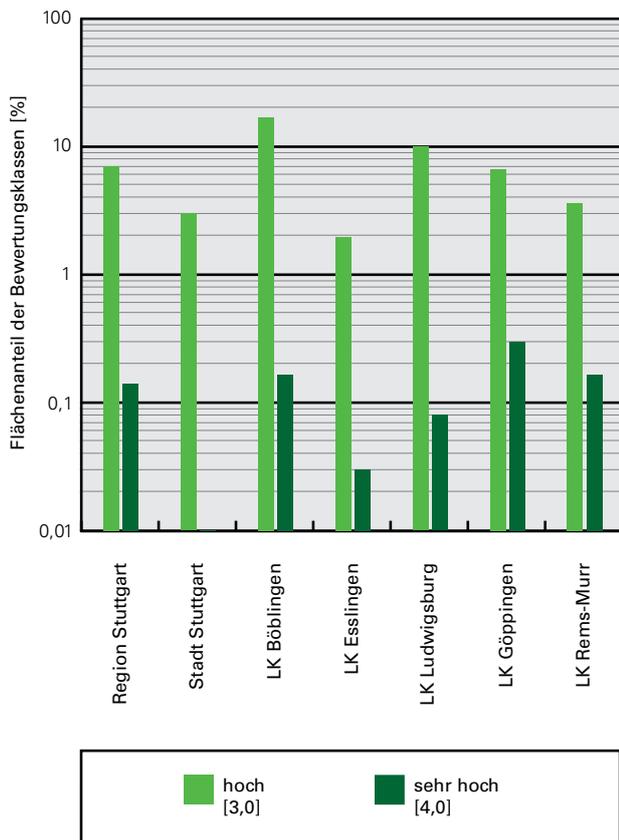


Abb. 3.6-2: Flächenanteile der Bewertungsklassen 3 und 4 in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ an der Gesamtfläche der Region Stuttgart

Böden der Bewertungsklassen 3 bis 4 kommen auf 7% der Regionsfläche vor (Abb. 3.6-2). Weitere ca. 5% sind als Gebiete mit kleinräumigen Vorkommen („Suchräume“) eingestuft.

Die Böden mit besonderer Bedeutung als Standort für naturnahe Vegetation sind in der Region Stuttgart unterschiedlich verteilt. Bezogen auf die gesamte Region sind in den Landkreisen Ludwigsburg und Böblingen hochwertige Sonderstandorte (BWK 3,0/4,0) auf ca. 10 bzw. 15% der Fläche überdurchschnittlich repräsentiert. Im Rems-Murr-Kreis kommen ca. 14% der Fläche als Suchräume für naturschutzfachlich wertvolle Sonderstandorte in Betracht, d.h. als Ergebnis der Auswertung auf der Grundlage der BK 50. Der Rems-Murr-Kreis, der Landkreis Esslingen und der Stadtkreis Stuttgart weisen kleinere Flächenanteile mit einer hohen Bedeutung als Sonderstandort für naturnahe Vegetation auf.

Ergänzend zu den Auswertungen auf Basis der Bodenkarten und der Bodenschätzung können die Ergebnisse der Biotopkartierung herangezogen werden. So geben die kartierten Biotope zum Teil deutliche Hinweise auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Böden und folglich auf die Ausprägung der Bodenfunktion „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“.

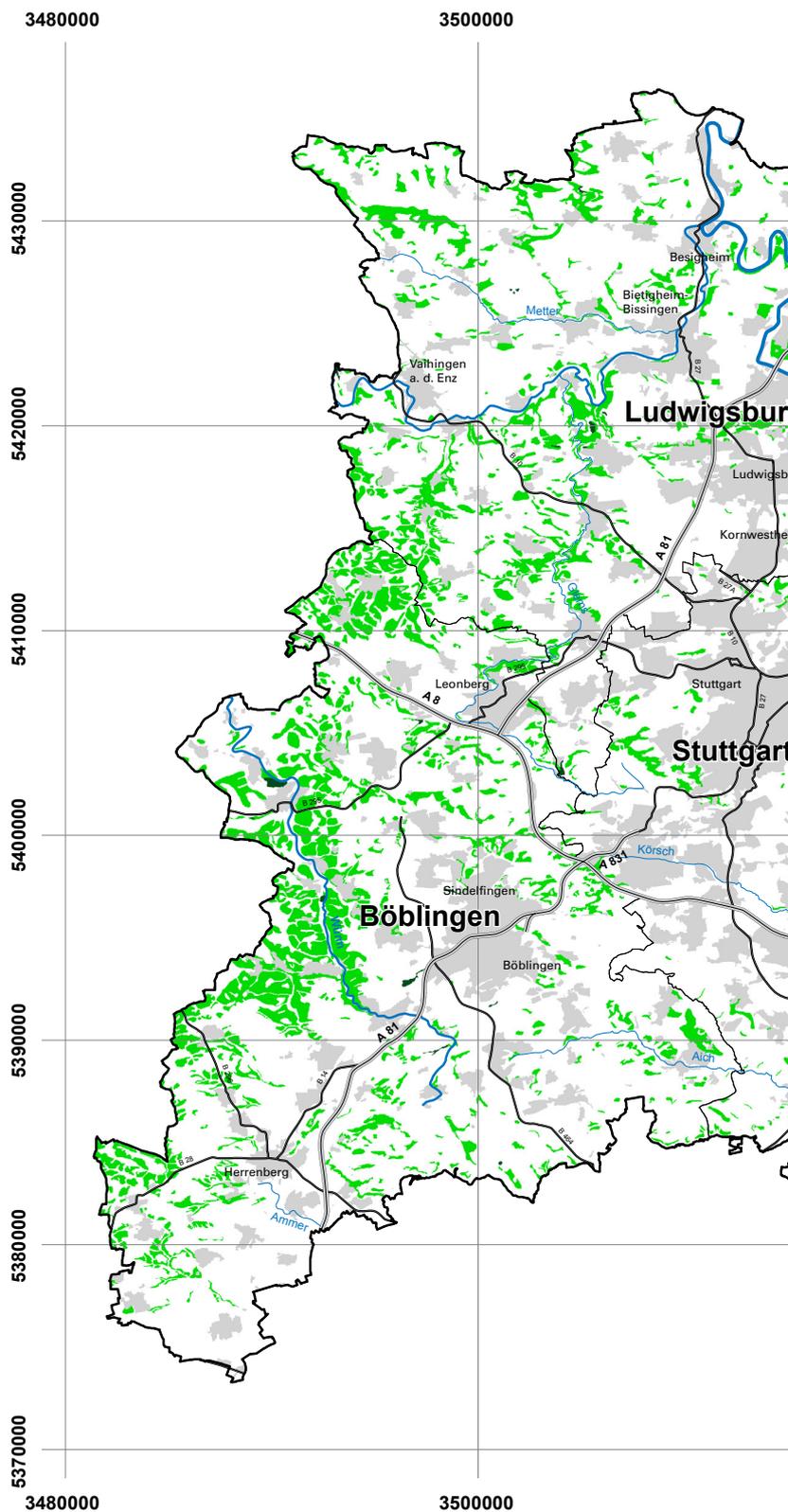
In der Region Stuttgart sind etwa 23 000 §30-Biotope mit einer Gesamtfläche von rund 16 300 ha erfasst. Anhand der Angaben zum Biotoptyp weisen ca. 45% der Biotope auf Feucht- bzw. Nassböden und Moore hin und rund 12% auf trockene oder nährstoffarme Böden. Hinweise auf potenzielle Archive der Kultur- bzw. Naturgeschichte liegen für ca. 9% bzw. 13% der Biotopflächen vor. Weitere 1,5% der Biotopflächen geben Hinweise auf potenzielle Geotope. Für diese ca. 24% der Flächen ergeben sich jedoch keine Hinweise bezüglich der konkreten Bodeneigenschaften (Abb. 3.6-4).

Die Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung nach Datenlage und die tatsächlichen Biotopausprägungen vor Ort hinsichtlich des Wasser- und Nährstoffhaushaltes der Böden werden in der Praxis häufig voneinander abweichen. Abweichungen beruhen im Wesentlichen auf kleinräumigen Bodenunterschieden, die in generalisierenden Bodenkarten nicht dargestellt werden können (Kap. 3.1). Die kleinste kartografisch darstellbare Fläche beträgt bei der BK 50 ca. 2 500 bis 3 000 m². Im Vergleich dazu sind die §30-Biotope im Regelfall wesentlich kleiner.

Sonderstandort für naturnahe Vegetation

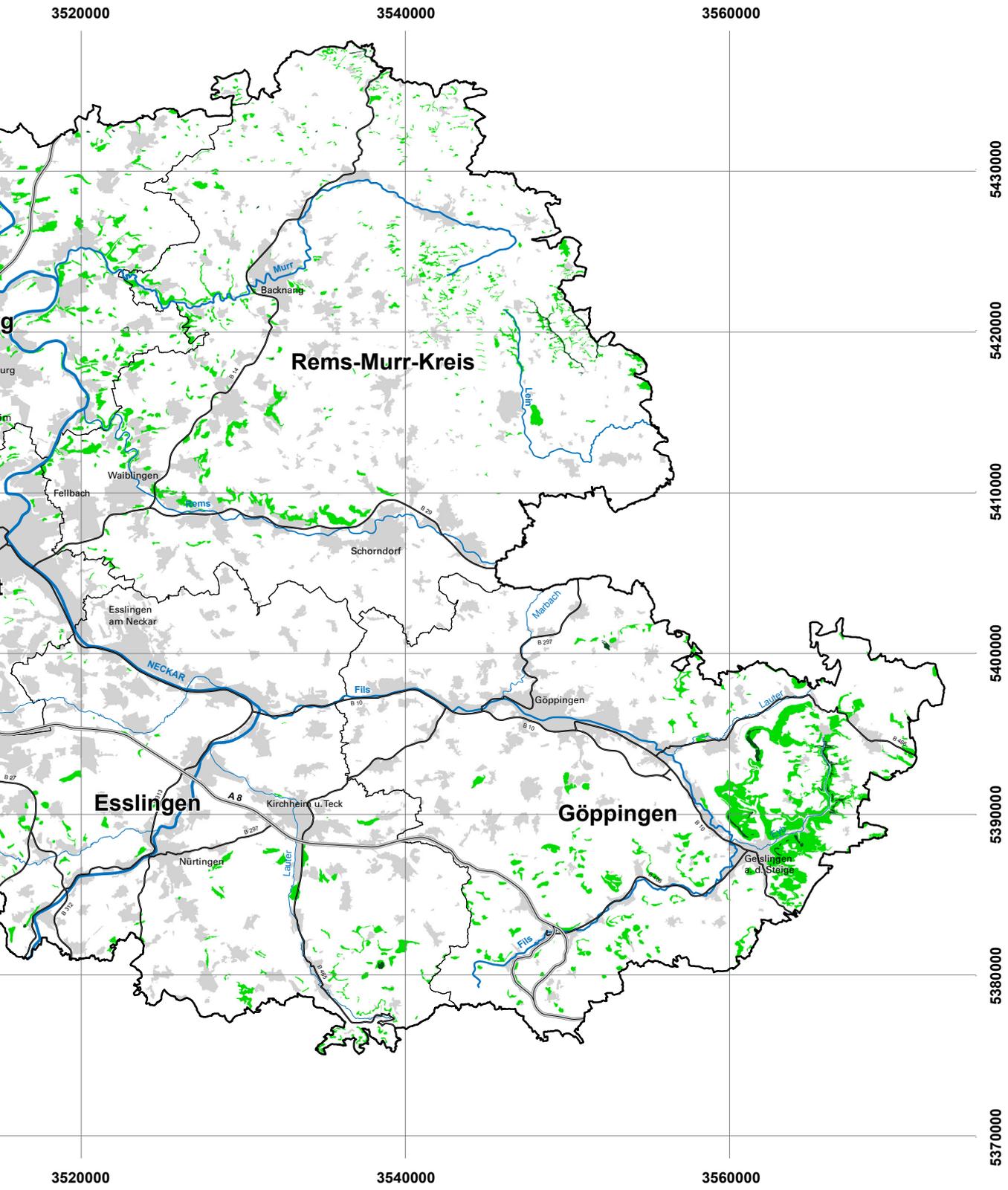
Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- hoch
- sehr hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

Abb. 3.6-3: Bodenfunktionskarte "Sonderstandort für naturnahe Vegetation"



Kartengrundlagen:

- © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)
- © Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Kategorisierung der gem. § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in Verbindung mit § 33 Landesnaturschutzgesetz (NatSchG) geschützten Offenland-Biotope im Hinblick auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Böden

■ **Keine eindeutigen Aussagen zu Bodeneigenschaften möglich**

Biotope ohne eindeutige Angaben zum Wasser- und Nährstoffhaushalt wie z. B. „Streuobstwiese“

■ **Feucht- oder Nassböden**

„Feucht oder nass“ kombiniert mit Wiesen, Gebüsch, Gehölz, Brachen etc.; seggen-/binsenreiche Nasswiesen, Pfeifengraswiesen, Au-/Sumpfwald; „Weiden, Erlen, Eschen“ kombiniert mit Gehölzen, Hecken, Gebüsch; Sümpfe

■ **Hinweise auf umliegende Feucht-/Nassböden**

Quellbereiche; Oberflächengewässer, Röhrichte, Riede, Verlandungsbereiche, Altarme etc.

■ **Trockene/nährstoffarme Böden**

Heiden, Mager-, Sand- und Trockenrasen; Wacholder-, Zwergstrauch- und Ginsterheiden; Gebüsche und naturnahe Wälder trockenwarmer Standorte

■ **potenzielle Archive Kulturgeschichte**

Morphologische Sonderformen anthropogenen Ursprungs; Hohlwege, Trockenmauern, Steinriegel, Wölbäcker

■ **potenzielle Archive Naturgeschichte**

Tobel und Klingen im Wald, Kare und Toteislöcher im Wald mit naturnaher Begleitvegetation; Wälder als Reste historischer Bewirtschaftungsformen mit naturnaher Begleitvegetation

■ **Moore–Naturgeschichte**

Waldfreie Niedermoore und Sümpfe; Hoch- und Übergangsmoore

■ **potenzielle Geotope**

Geomorphologische Sonderformen, Felsbildungen, Aufschlüsse etc.

Hinweise der gesetzlich geschützten Biotope auf Bodeneigenschaften (ca. 23 000 Biotope mit ca. 16 300 ha Gesamtfläche)

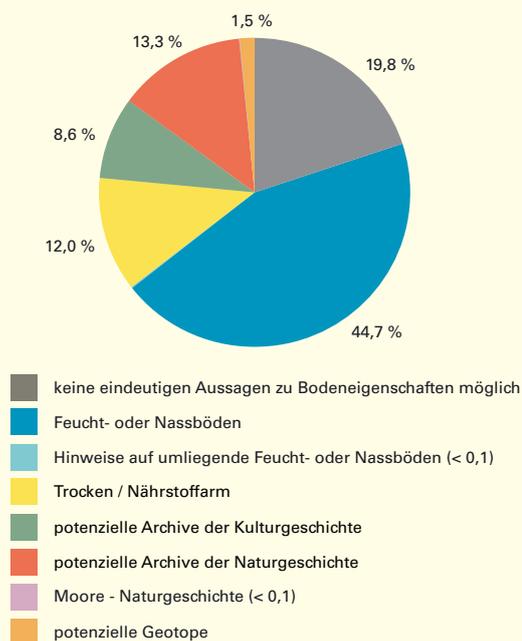


Abb. 3.6-4: Hinweise der § 30 und 33-Biotope der Offenlandschaft im Hinblick auf den Wasser-/Nährstoffhaushalt der Böden in der Region Stuttgart

3.7 Archive der Natur- und Kulturgeschichte

Differenziert werden naturgeschichtlich (z.B. geologisch-bodenkundliche Ausprägungen wie eiszeitliche Kare) und kulturgeschichtlich (z.B. Hohlwege) bedeutende Böden. Sie dokumentieren erdgeschichtliche Entwicklungsphasen oder Einflüsse des Menschen auf die Bodenentwicklung. Sie geben Auskunft über vergangene und Hinweise auf zukünftige Entwicklungen.

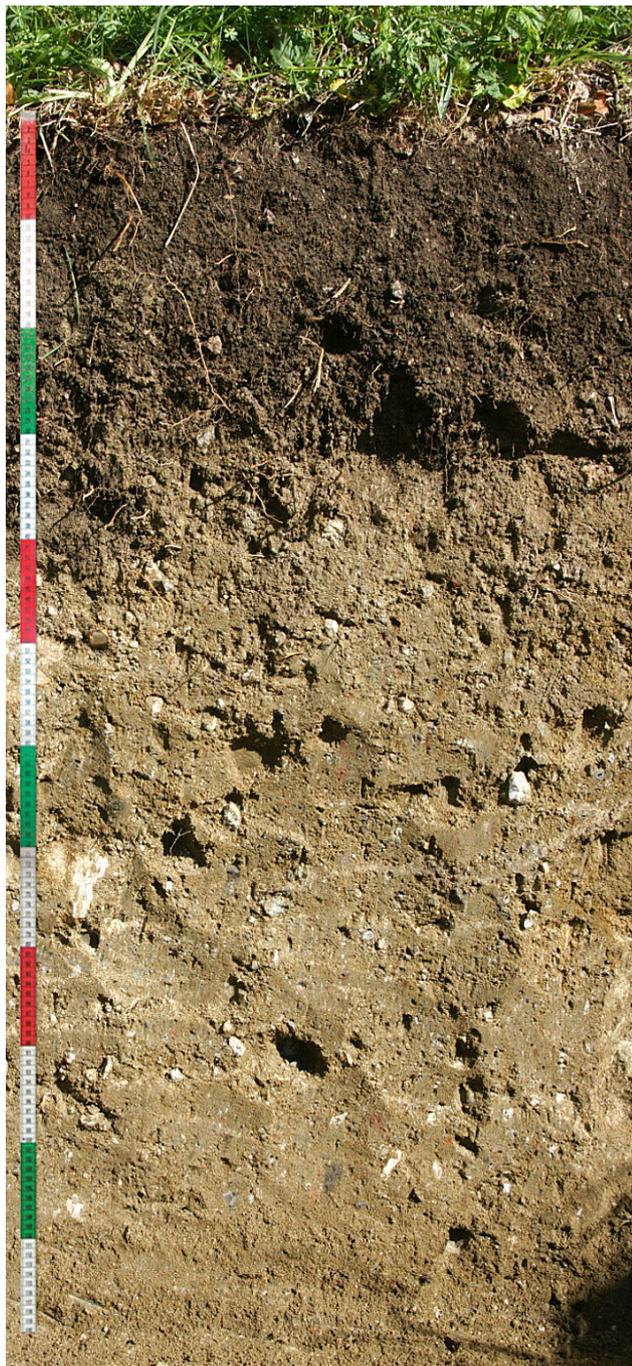


Abb. 3.7-1: Braunerde-Pararendzina aus Basalttuffsand eines Geotops (Foto: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Archivböden überschneiden sich in einigen Bereichen mit Bodendenkmälern, Geotopen (Abb. 3.7-1) und Biotopen. Aus diesem Grund sind bei der Bewertung der Archivfunktionen der Böden auch immer die Informationen der jeweils anderen Fachbereiche hinzuzuziehen.

Hinweise auf potenzielle Archivböden können auch der Biotopkartierung entnommen werden. Biotopbezeichnungen wie Hohlweg, Trockenmauer, Steinriegel oder Stolleneingang sind als Hinweise auf Archive der Kulturgeschichte zu interpretieren. Kare im Wald mit naturnaher Begleitvegetation können als Hinweise auf naturgeschichtliche Archive gedeutet werden. Weiterhin sind Moorstandorte als Archive der Naturgeschichte einzustufen.

Für die Region Stuttgart liegen insgesamt rund 2 600 Hinweise auf der Grundlage der § 33-Biotop-Kartierung vor. Die konkrete Bedeutung dieser Hinweise ist vor Ort aus bodenschutzfachlicher Sicht zu überprüfen.

Von besonderer Bedeutung ist die Archivfunktion bei regional seltenen Böden, die damit auch von hohem wissenschaftlichem Interesse sind.

Die Beurteilungskriterien für die Archivfunktion der Böden können in vier Gruppen untergliedert werden:

- Bedeutung für die Erd- und Landschaftsgeschichte, die Klimageschichte und die Bodenogenese
- Regionale und überregionale Seltenheit eines Bodens bezogen auf den Bodentyp und das Ausgangsmaterial der Bodenbildung
- Bedeutung für die geologische, mineralogische, paläontologische und pedologische Forschung
- Bedeutung für die Siedlungs- und Landnutzungsgeschichte

Archivfunktionen

Boden als Archiv der Kulturgeschichte

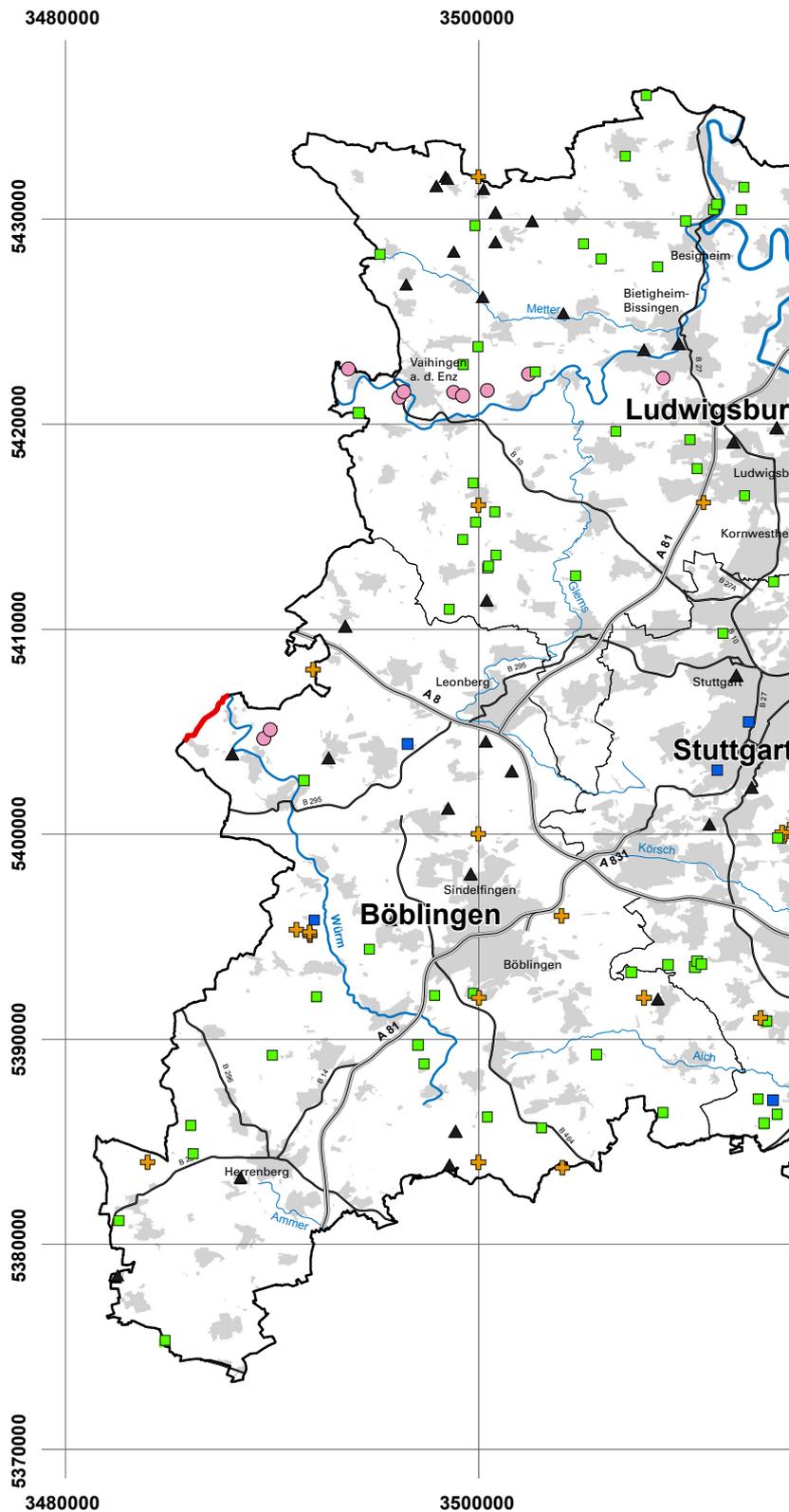
- historische Nutzungen
- ältere Siedlungsreste
- Befestigungen

Boden als Archiv der Naturgeschichte

- ▲ schutzwürdige Geotope
- + Messnetzstandorte

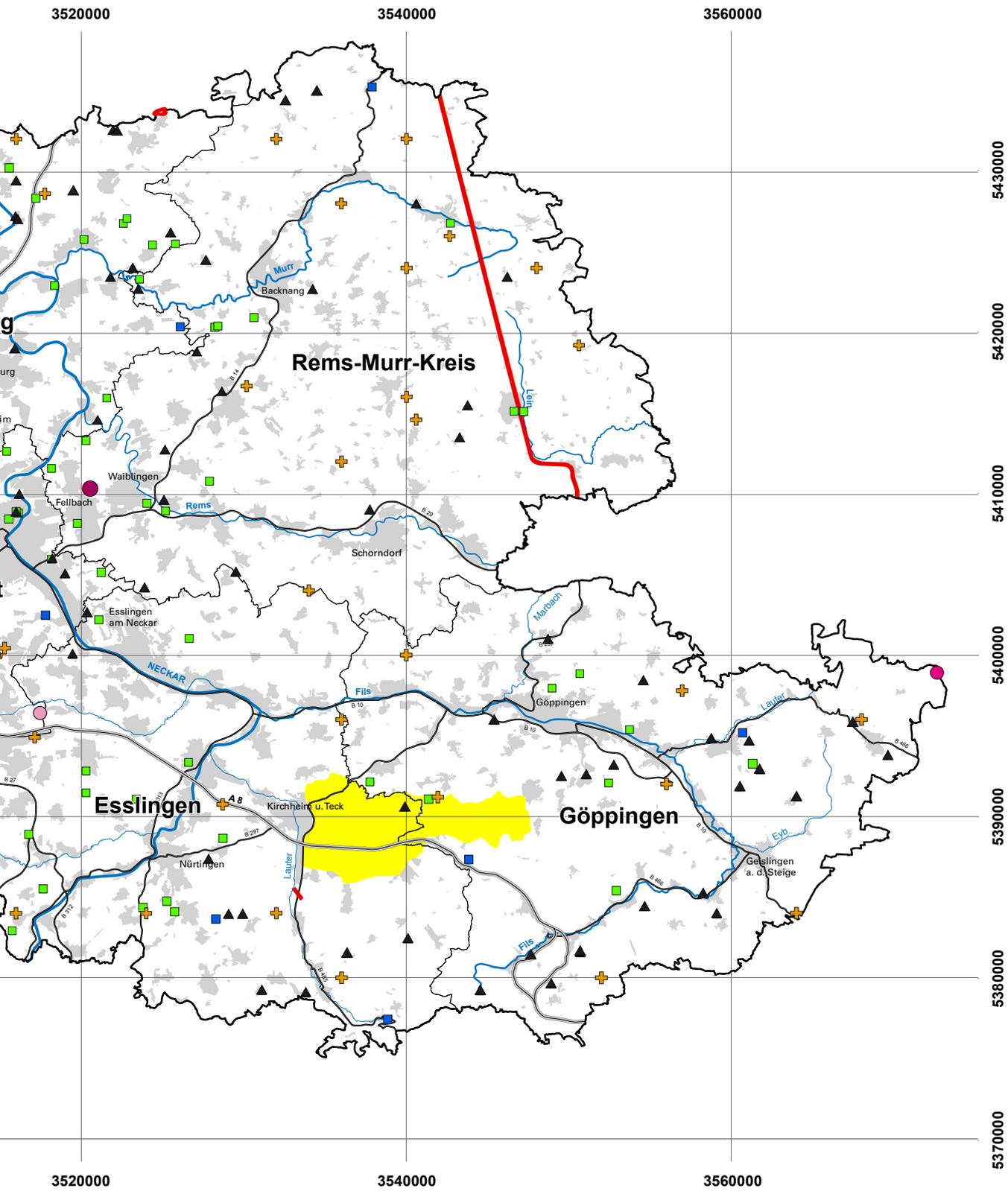
Flächen mit Archivfunktionen nach BK 50

- < 10 ha
- 10 - 50 ha
- 50 - 500 ha
- Grabungsschutzgebiet Holzmaden
- urbane Flächen



- Regiongrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße

Abb. 3.7-2: Bodenfunktionskarte "Archive der Natur- und Kulturgeschichte"



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Tab. 3.7-1: Boden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte in der Region Stuttgart*

Schutzzinhalte bzw. Schutzgründe	Anzahl	Lage innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten			
		NSG u. a. ¹⁾	FFH und LSG ²⁾	außerhalb	
Messnetz-Standorte ³⁾	Wissenschaft und Forschung (Zeitreihen, Reproduzier- und Vergleichbarkeit von Messdaten)	48	5	20	23
Geotope ⁴⁾	Geologie Landschaftsgeschichte Landschaftsformen Fossilienfundpunkte	94	28	36	30
„ältere“ Siedlungsreste	Grabhügel Höhensiedlung, Wallanlage keltisches Oppidum römisches Kastell vor- u. frühgeschichtliches Dorf oder Gebäude (Steinzeit, Metallzeit, Antike)	116	10	50	56
historische Nutzungen	Weinberg Bergbau, Erzgrube Seedamm Steinbruch	39	28	5	6
Befestigungen	Limes Landgraben, Landwehr	4	-	4	
Grabungsschutzgebiet	Fossilienfunde (Grabungsgebiet Holzmaden)	1		1	

Erläuterungen:

- * Nur die grau unterlegten Standorte werden als Bodenarchiv gekennzeichnet und in der Karte dargestellt. Die Standorte innerhalb der Schutzgebiete (NSG u. a.) haben über diese Schutzgebietskategorien bereits einen hohen Schutzstatus, der eine gesonderte Kennzeichnung als Bodenarchiv nicht erfordert.
- 1) Naturschutzgebiet, § 33-Biotop, Waldbiotop, Bannwald, Schonwald, flächenhaftes Naturdenkmal.
 - 2) FFH- und Landschaftsschutzgebiete außerhalb der unter 1) aufgeführten Schutzgebiete.
 - 3) Die Boden- und Ökologiemessnetze werden von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) betrieben.
 - 4) Geotopkataster Baden-Württemberg (Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB). Hinweis: Es werden nur die als Geotop klassifizierten Bildungen als Bodenarchiv aufgenommen. Die angegebenen 94 Geotope sind die hoch schutzwürdigen, aber noch nicht geschützten Standorte.

Beispiele für die einzelnen Kategorien sind:

- Fossile Böden aus früheren erdgeschichtlichen Perioden (Paläoböden)
- Reliktische, aktuell nicht mehr ablaufende Bodenprozesse und -entwicklungen (z. B. Tschernosembildung)
- Stark versauerte oder stark vernässte Böden (Podsole, Pseudogleye, Stagnogleye) in Karstlandschaften
- Langfristig angelegte Bodenmessnetze, deren Aussagequalität stark von einer ortstreuen Wiederbeprobung in kurz-, mittel- und langfristigen Zeiträumen abhängt. Sie sind verbreitet in nationale und internationale Monitoringprogramme eingebunden.
- Bodenprofile, die durch historische Agrarkulturtechniken geprägt sind (z. B. Wölbäcker).

Um die Archivfunktion einzelner Böden und Standorte langfristig zu erhalten, sollten zumindest kleinere Flächen der jeweiligen Bodenausprägung gesichert werden.

Die Bodenarchive der Natur- und Kulturgeschichte in der Region Stuttgart¹ wurden mit bestehenden Schutzgebieten überlagert. Dabei wurden die Schutzgebiete Naturschutzgebiet, § 33-Biotop, Waldbiotop, Bannwald, Schonwald und flächenhaftes Naturdenkmal, die insgesamt einen starken Schutzcharakter beim Flächenverbrauch haben, zusammengefasst sowie die FFH- und Landschaftsschutzgebiete getrennt betrachtet. Nur wenn die Bodenarchive nicht in ausreichendem Umfang durch vorhandene Schutzgebietsausweisungen geschützt sind, ergibt sich die Notwendigkeit einer gesonderten bodenschutzfachlichen Kennzeichnung als Bodenarchiv (Tab. 3.7-1). Diese Bodenarchive sind in Karte Abb. 3.7-2 dargestellt.

¹ *Eine vollständige Zusammenstellung aller Bodenarchive enthält die Auswertung „Bau- und Bodendenkmäler der Region Stuttgart - Verband Region Stuttgart 2006“*

3.8 Besonders schutzwürdige Böden in der Region Stuttgart

Besonders schutzwürdige Böden zeichnen sich durch einen besonders hohen Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen oder der Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte im Sinne von §2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG aus. Ihrem langfristigen Erhalt und nachhaltigen Schutz kommt eine besondere Bedeutung zu.

In der Karte der Gesamtbewertung wurden die drei Bodenfunktionen „natürliche Bodenfruchtbarkeit“, „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ und „Filter und Puffer für Schadstoffe“ zusammengefasst (Abb. 3.8-4). Die Datengrundlagen für die Bewertung dieser drei Bodenfunktionen sind in Tab. 3.1-1 aufgeführt. Sehr hochwertige, leistungsfähige und damit besonders schutzwürdige Böden weisen in der Gesamtbewertung eine Wertstufe > 3,3 auf. In der Region Stuttgart sind dies insgesamt ca. 17% der Gesamtfläche. Die Flächenanteile der Böden, die zu den besten Böden in Baden-Württemberg zählen, können für die fünf Landkreise und den Stadtkreis Stuttgart aus Abb. 3.8-1 entnommen werden (grün). Daneben wird die Bodenfunktion als „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“, die den Fokus auf die Betonung extremer Standorteigenschaften legt, separat behandelt (Kap. 3.6).

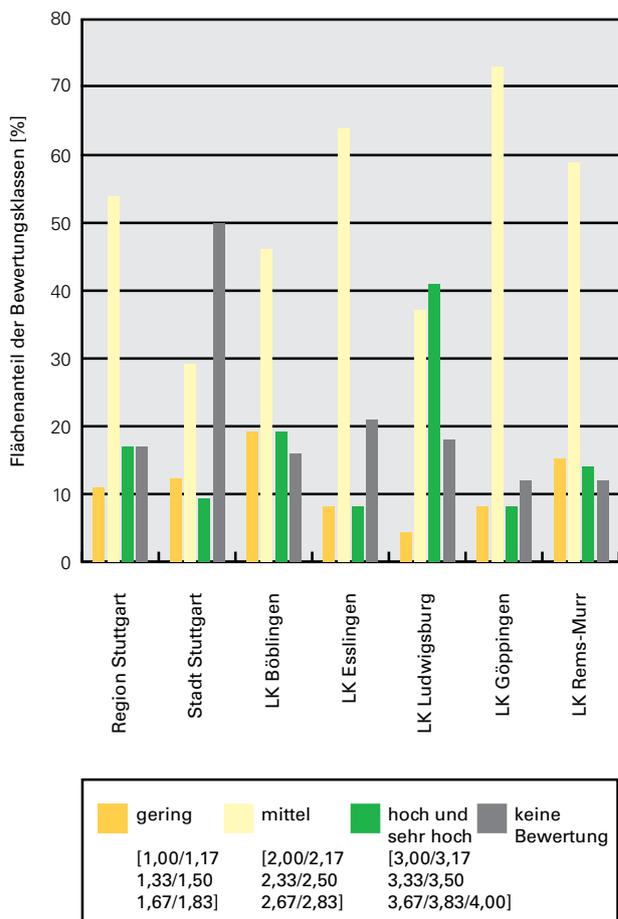


Abb. 3.8-1: Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Gesamtbewertung der Bodenfunktionen „Bodenfruchtbarkeit“, „Wasserkreislauf“ und „Filter u. Puffer“ in der Region Stuttgart

Überregional bedeutende Böden gibt es in ganz Baden-Württemberg außerhalb der Region Stuttgart nur noch in kleineren Gebieten, z.B. in der Umgebung von Heilbronn sowie westlich von Heidelberg und nördlich des Kaiserstuhls in der Rheinebene (Abb. 3.8-2).

Dies verdeutlicht die besondere Verantwortung der Region Stuttgart zur Erhaltung und Wiederherstellung von Böden mit sehr hoher Schutzwürdigkeit. Die Region Stuttgart verfügt mit den außerordentlich fruchtbaren Böden u.a. des Langen Felds, des

Tab. 3.8-1: Gesamtbewertung der Böden anhand der Bodenfunktionen „Bodenfruchtbarkeit“, „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ und „Filter und Puffer für Schadstoffe“ sowie Schutzwürdigkeit leistungsfähiger, hochwertiger Böden in der Region Stuttgart

Wertstufe errechnet aus den drei Einzelbewertungen (Bodenfruchtbarkeit, Wasserkreislauf, Filter und Puffer)	Einstufung der Schutzwürdigkeit	Flächenanteil [%]
< 2,0	- sehr gering	0,1
	- gering	16,8
2,0 - 2,66	- mittel (Böden mit lokaler Bedeutung)	32,7
3,0 - 3,3	- hoch (Böden mit regionaler Bedeutung)	20,1
> 3,3	- sehr hoch (Böden mit überregionaler Bedeutung)	13,8

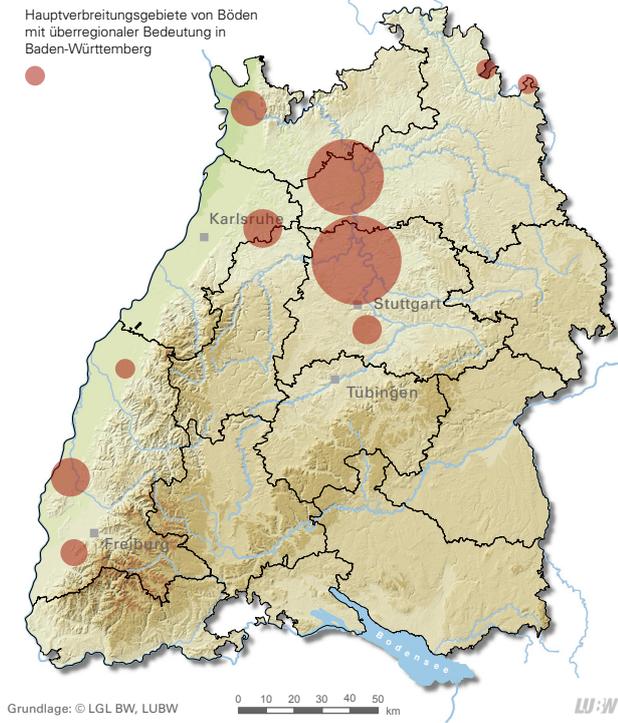
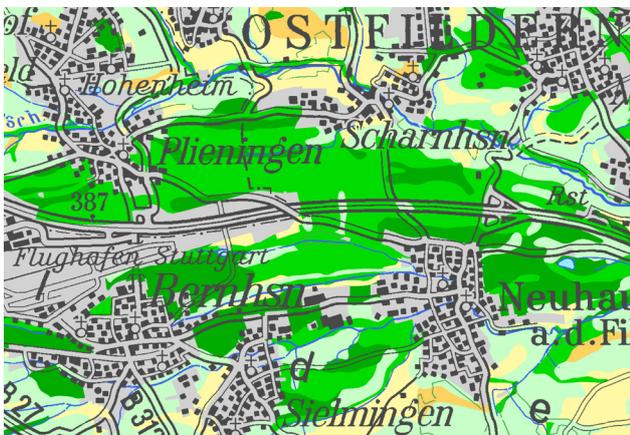


Abb. 3.8-2: Hauptverbreitungsgebiete von Böden mit überregionaler Bedeutung in Baden-Württemberg (Hintergrundgeometrie: Regionen)

Schmidener Felds und der Fildern über überregional bedeutsame Böden, die als Alleinstellungsmerkmal der Region angesehen werden müssen (Abb. 3.8-3). Entsprechend der überregionalen Bedeutung dieser besonders schutzwürdigen Böden besteht in der Region Stuttgart für die Kernbereiche der Filder, des Schmidener Felds und des Langen Felds eine besondere Schutzverantwortung.

Diese Böden sollten im Regionalplan und in Flächennutzungsplänen der Städte und Gemeinden soweit möglich durch geeignete Instrumente gesichert und von Siedlungsvorhaben freigehalten werden.

Die zusammenfassende Bodenbewertung gibt die erforderlichen Hinweise für die Raum- und Landschaftsplanung. Dort können die Standorte mit besonders leistungsfähigen und wertvollen Böden und damit entsprechender Schutzwürdigkeit konkretisiert und räumlich detailliert bewertet werden.



Fildern



Schmidener Feld



Langes Feld



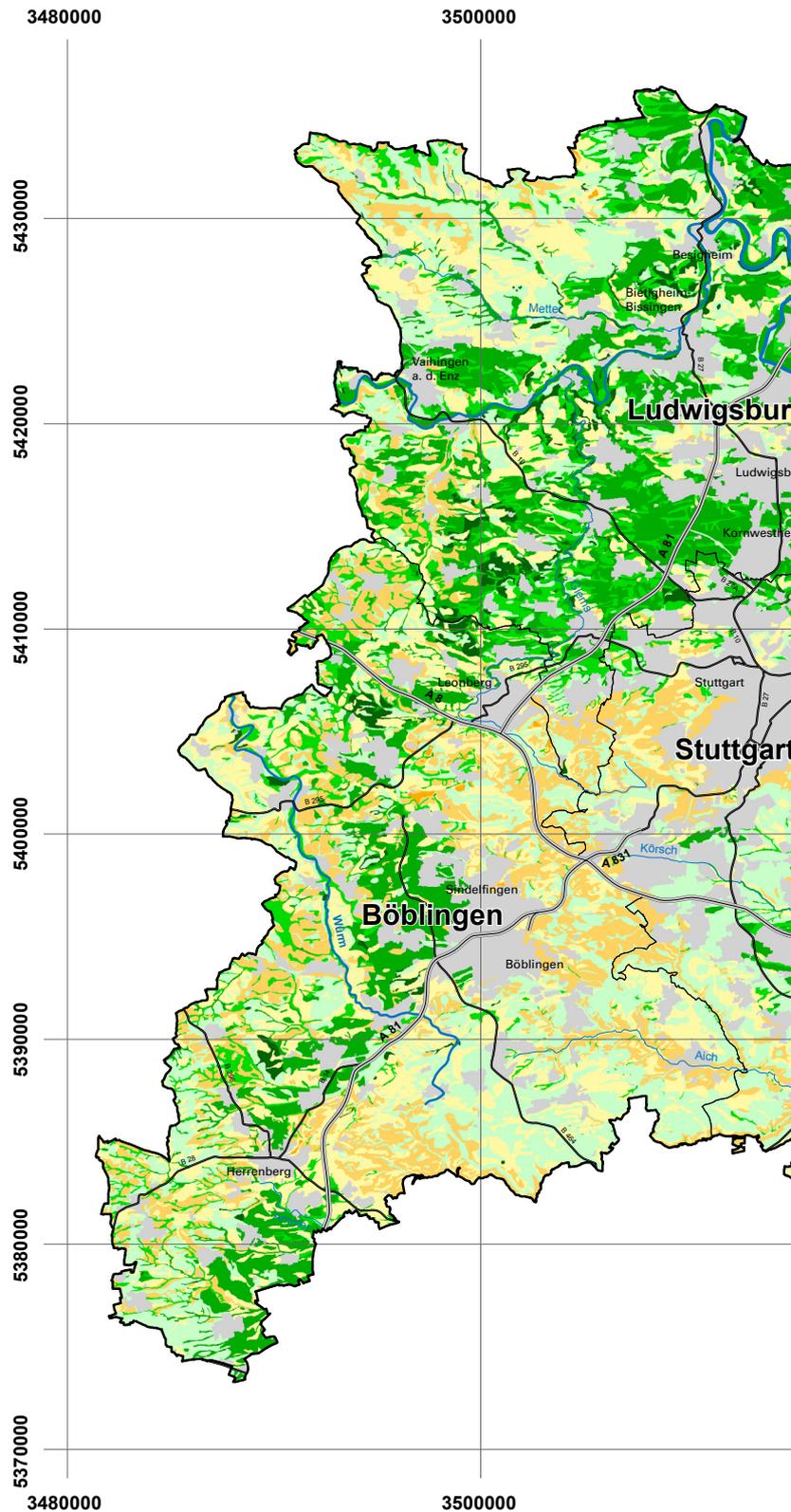
Böblingen Schönaich

Abb. 3.8-3: Beispiele für vorrangig zu schützende Böden mit sehr hoher Funktionsausprägung „Bodenfruchtbarkeit“, „Wasserkreislauf“ und „Filter u. Puffer“ in der Region Stuttgart (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung

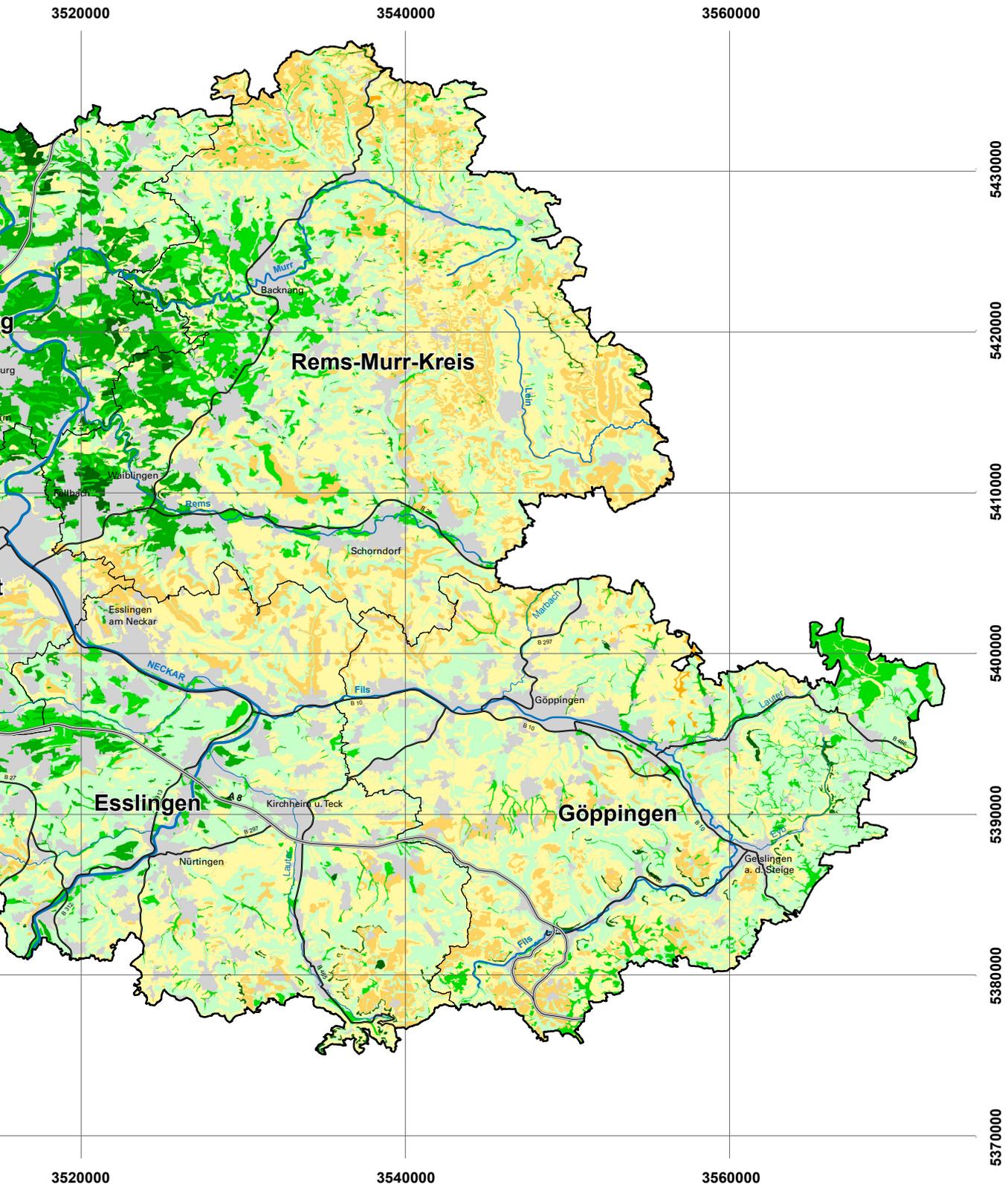
Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- gering
- gering bis mittel
- mittel
- mittel bis hoch
- hoch
- hoch bis sehr hoch
- sehr hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen



- Regionengrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße

Abb. 3.8-4: Bodenfunktionskarte "Zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung"



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)
 © Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

Auf Standorten mit sehr hoher Schutzwürdigkeit, wie den überregional bedeutsamen Böden, sollte der Erhalt der Bodenfunktionen innerhalb planerischer Abwägungsprozesse Vorrang gegenüber anderen Nutzungsansprüchen haben.

Auf Standorten mit hoher Schutzwürdigkeit sollte eine Inanspruchnahme durch Siedlungsplanungen zurückgestellt werden, solange geringerwertige Flächen zur Verfügung stehen.

Abbildung 3.8-3 zeigt beispielhaft einige größerflächige Vorkommen vorrangig zu schützender Böden (Kernbereiche Filder, Schmidener Feld, Langes Feld). Aber auch in anderen Gebieten der Region werden, wenn auch kleinflächig, besonders schutzwürdige Böden angetroffen, wie zum Beispiel in Böblingen Schönaich.

Neben der natürlichen Bodenfruchtbarkeit ist die Bodenfunktion „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ zusätzlich zu berücksichtigen (Kap. 3.6). Böden mit einem hohen Biotopentwicklungspotenzial für eine stark spezialisierte Vegetation sind ebenfalls besonders schutzwürdig und damit vorrangig zu sichern. Vorbehaltlich einer großmaßstäbigen Nachbewertung kann dies auch auf bevorzugte Suchräume für Böden mit einem hohen Biotopentwicklungspotenzial zutreffen. Falls im Zuge der großmaßstäbigen Nachbewertung eine sehr hohe Funktionsausprägung als Sonderstandort für naturnahe Vegetation ermittelt wird, sind die Flächen in hohem Maße schutzwürdig und damit als vorrangig zu sichernde Böden einzustufen (Abb. 3.8-5).

Die im Kap. 3.7 dargestellten Archivböden der Natur- und Kulturgeschichte sind durchweg als besonders schutzwürdig einzustufen. Insoweit sind die im Regelfall kleinflächigen Archivböden neben den anderen besonders schutzwürdigen Böden innerhalb planerischer Abwägungsprozesse vorrangig zu schützen (Abb. 3.8-6).

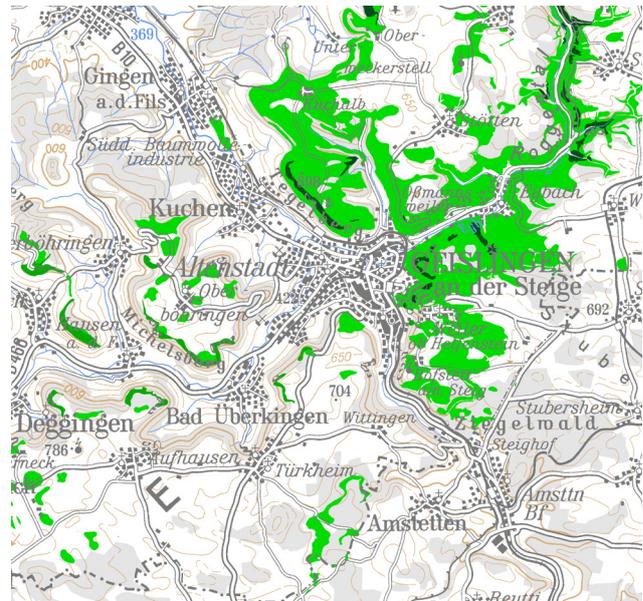


Abb. 3.8-5: Beispiel für vorrangig zu schützende Böden als „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ in der Region Stuttgart - Geislingen an der Steige (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

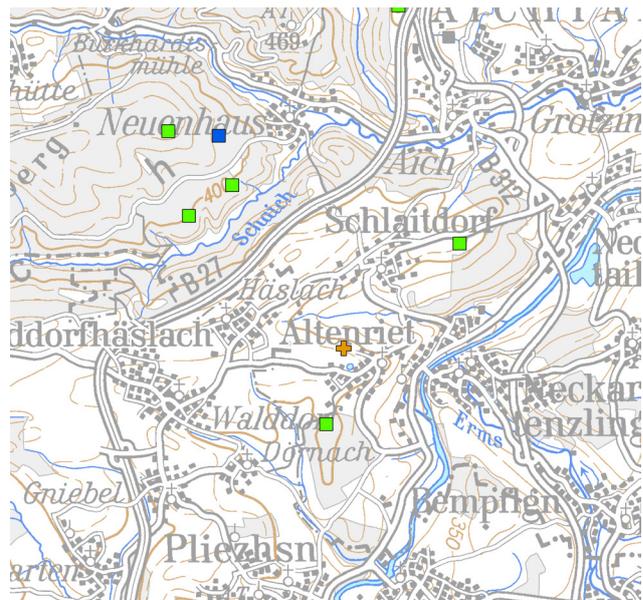


Abb. 3.8-6: Beispiel für vorrangig zu schützende Böden als „Archive der Natur- und Kulturgeschichte“ in der Region Stuttgart - Schlaiddorf

3.9 Vorbelastungen

Die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktion auf der Grundlage von Bodenkarten reflektiert maßstabsbedingt nicht die möglichen anthropogenen Vorbelastungen, da diese zumeist kleinflächiger auftreten.

Hinweisen auf mögliche Vorbelastungen der Böden muss im Rahmen lokaler Planungs- und Zulassungsverfahren nachgegangen werden.

Beispielsweise sind lokale Schadstoffeinträge im Einwirkungsbereich früherer Emissionen oder im Zusammenhang mit dem historischen Erzbergbau und der Erzaufbereitung zu berücksichtigen. Dabei müssen auch geogen erhöhte Schadstoffgehalte, beispielsweise in Böden aus Gesteinen des Schwarzen Juras, einbezogen werden.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist u.a. sicherzustellen, dass die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse nach § 1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB erfüllt werden. Die Beurteilungsmaßstäbe liefert die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [BBodSchV 1999]. Ein Beispiel für die praktische Vorgehensweise der zuständigen Behörden liegt aus dem Landkreis Göppingen vor.

Als weiteres Beispiel einer möglichen Vorbelastung ist das Auf- oder Einbringen von Bodenmaterial zu nennen (Abb. 3.9-1 bis -3.) Bei der Verwertung von Bodenaushub wurde vor allem in der Vergangenheit zumeist nicht darauf geachtet, dass die natürlichen Bodenfunktionen nicht beeinträchtigt werden. Insoweit sind alle Aufbringungsflächen als mögliche Hinweise auf anthropogen veränderte Böden einzustufen. Im Gegensatz dazu können bodenschutzfachlich einwandfreie Bodenverwertungsmaßnahmen als Ausgleichsmaßnahme eingestuft werden (Kap. 9.4).

Im Zuge von Planungsverfahren ist abzuwägen, ob bei unvermeidbarem neuem Flächenverbrauch im Rahmen der Alternativenprüfung vorbelastete Böden bevorzugt herangezogen werden können, um höherwertige Böden ohne Funktionseinschränkung (Schadstoffgehalte < Vorsorgewerte, keine Schadverdichtungen oder sonstige erhebliche Beeinträchtigungen) soweit wie möglich zu erhalten. Dabei sind in die Abwägung auch die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse einzubeziehen. Weiter sind bei unver-

meidbarem Flächenverbrauch baulich vorgenutzte Flächen bzw. Siedlungsbrachen bevorzugt heran zu ziehen.



Abb. 3.9-1: Ein- und Aufbringen von Bodenmaterial. Die natürlichen Bodenfunktionen werden häufig beeinträchtigt - Böden werden oft verdichtet.



Abb. 3.9-2: Beispiel für schlechte Auffüllungspraxis. Auffüllung mit ungeeignetem Bodenmaterial und teilweise beigemischt Fremdmaterial.



Abb. 3.9-3: weiteres Beispiel für schlechte Auffüllungspraxis. Die Auffüllmächtigkeit ist mit ca. 60 cm zu hoch. Genehmigt waren 20 cm. Das Bodenmaterial wurde beim Einbau stark verdichtet. (Fotos Abb. 3.9-1 bis 3.9-3: Ingenieurbüro Feldwisch)

Fallbeispiel: Vorgehensweise bei geogener Vorbelastung von Bodenmaterial

Bebauungsplan, Landkreis Göppingen

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen wurden erhöhte Arsen-Feststoffwerte ermittelt (Oberboden: 36 mg/kg, Unterboden 59 mg/kg Arsen). Im Verfahren war zu klären, ob Gefahren für die menschliche Gesundheit ausgeschlossen werden können. Weiterhin waren bodenschutz- und abfallrechtliche Anforderungen an die Verwertung des anfallenden Erdaushubs festzulegen.

Der Arsengehalt des Oberbodens lag über dem Prüfwert für Kinderspielflächen, aber unter dem Prüfwert für Wohngebiete. Nur im Unterboden wurde der Prüfwert für Wohngebiete knapp überschritten. Da im Plangebiet keine öffentlichen Spielflächen geplant waren, war der Prüfwert für Wohngebiete maßgeblich.

Vor diesem Hintergrund wurde folgende Festsetzung in den Bebauungsplan aufgenommen:

■ Unbefestigte Flächen sind mit einer Abdeckung von mindestens 30 cm Oberboden anzulegen. Dazu kann der im Baugebiet anfallende Oberboden verwendet werden.

Für die Beurteilung aus abfallrechtlicher Sicht war neben der BBodSchV die Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 (VwV Boden) heranzuziehen. Demnach fiel aufgrund der Arsengehalte der Oberboden in die Qualitätsstufe Z1.1, der Unterboden in die Qualitätsstufe Z2. Im weiteren Verfahren wurde davon ausgegangen, dass aufgrund geologischer Gegebenheiten die Tonsteine des Schwarzen Juras (Unterjura, Lias) und die aus ihnen entstandenen Böden im Gemeindegebiet von Wäschenbeuren und in der näheren Umgebung Arsengehalte in einer ähnlichen Größenordnung wie die analysierten Proben aufweisen.

Daher wurde für den Bebauungsplan festgesetzt:

■ Bei der Verwertung des im Baugebiet anfallenden Erdaushubs im Gebiet des Schwarzen Juras, in dem von Natur aus ähnliche Schadstoffgehalte zu erwarten sind, gilt Folgendes: Die erdbautechnische Verwertung (z. B. Lärmschutzwall, Straßenunterbau, Grabenverfüllung) des Unterbodens (Z2-Qualität) ist zulässig, auch ohne Abdichtung.

■ Die Verwertung in der durchwurzelbaren Bodenschicht ist möglich. Der Unterboden (Z2) muss mit mindestens 30 cm Oberboden überdeckt werden. In Gebieten mit einer Lösslehmdecke über den Gesteinen des Schwarzen Juras darf der Aushub aus dem Baugebiet nicht in der durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden (§ 12 Abs. 10 BBodSchV).

■ Die Verwertung außerhalb des Gebietes des Schwarzen Juras ist nur mit weiteren Einschränkungen möglich. Die erdbautechnische Verwertung des Z2-Materials ist nur unter einer Abdichtung möglich (VwV Boden). Die Verwertung in der durchwurzelbaren Bodenschicht ist ausgeschlossen (§ 12 Abs. 10 BBodSchV).

■ Hinweis: Die Ablagerung des Erdaushubs aus dem Plangebiet auf der gemeindeeigenen Erddeponie ist möglich.

4 Anorganische und organische Schadstoffe

Dieser Abschnitt des Bodenzustandsberichts behandelt die anorganischen und organischen Schadstoffe in den Böden der Region Stuttgart. Anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle und Arsen kommen in Ober- und in unter Unterböden normalerweise in Spuren vor und stammen sowohl aus natürlichen (geogenen) als auch aus anthropogenen Quellen. Der geogene Anteil der anorganischen Schadstoffe in Böden geht aus der Gesteinsverwitterung hervor. Beispielsweise sind aus Vulkaniten entstandene Böden häufig durch höhere Nickel-, Chrom- oder Kobaltgehalte gekennzeichnet als Böden aus Löss.

Organische Schadstoffe dagegen sind im Regelfall anthropogenen Ursprungs. Unter der Vielzahl organischer Schadstoffe behandelt dieser Bericht die in Böden am häufigsten untersuchten Stoffgruppen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), der polychlorierten Biphenyle (PCB) und der polychlorierten Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F).

Neben den geogenen, von Natur aus in Böden enthaltenen Schadstoffspuren werden Schadstoffe auch aus der Atmosphäre in Oberböden eingetragen. Insbesondere in Waldböden reichern sich Schadstoffe aufgrund der Auskämmeffekte der Baumkronen vermehrt an. So sind zum Beispiel die Bleigehalte von Waldoberböden im Regelfall deutlich höher als die landwirtschaftlich genutzter Böden. Gleichzeitig führt die Bodenbearbeitung unter Ackernutzung zur Einarbeitung der eingetragenen Schadstoffe und zur „Verdünnung“ innerhalb der oberen ca. 30 cm im Bodenprofil (Pflughorizont, Ap-Horizont).

Zum Teil starke Schadstoffanreicherungen zeigen sich in Böden von Siedlungs- und Industriegebieten. Ursache sind zumeist historische Auf- und Einbringungen schadstoffhaltiger Materialien wie Abfälle oder Produktionsrückstände.

Erhöhte Schadstoffgehalte in den Auenböden haben häufig ihre Ursache in abgelagerten Sedimenten und durch Überschwemmungen eingetragenen Schwebstoffen. Auenböden fungieren so als natürliche Senken des Landschaftsstoffhaushalts. Hier können sowohl natur- als auch siedlungsbedingt

erhöhte Schadstoffgehalte in den Böden auftreten. Starke Schadstoffanreicherungen sind zumeist durch historische, stark belastete Abwassereinleitungen in die Fließgewässer verursacht worden. Die Sedimentablagerungen rezenter Überschwemmungsereignisse weisen in der Regel geringere Schadstoffgehalte auf.

In der Landwirtschaft können Schadstoffe in Oberböden im gewissen Umfang auch mit Düngemitteln und anderen Agrochemikalien oder mit Klärschlämmen und Komposten eingebracht werden². So sind z.B. starke Kupferanreicherungen in Weinbergböden meist auf den Einsatz Cu-haltiger Fungizide zurückzuführen. Cadmium gelangt mit Phosphordüngern in die Böden, wobei der Cadmiumeintrag mittlerweile durch Höchstgehalte im Düngemittelrecht begrenzt wurde. Die mit der Bewirtschaftung einhergehenden Schadstoffeinträge sind nicht generell problematisch. Der überwiegende Anteil landwirtschaftlich genutzter Böden weist Schadstoffspurengehalte unterhalb der Vorsorgewerte auf. In Einzelfällen sind jedoch Schadstoffanreicherungen gegenüber dem geogenen Hintergrund nachweisbar. So hat die Klärschlammverwertung vor Inkrafttreten der Klärschlammverordnung im Jahr 1992 zum Teil zu erheblichen Anreicherungen von Schwermetallen geführt. Der vom Land Baden-Württemberg eingeschlagene Weg des Ausstiegs aus der Klärschlammverwertung auf landwirtschaftlichen Böden und die thermische Verwertung zu forcieren, trägt zur Vermeidung weiterer Schadstoffeinträge bei.

Die Schwermetallgehalte in Unterböden, mit Einschränkungen bei Auensedimenten, sind überwiegend geogener Herkunft, die von Vorgängen der Stoffverlagerung während der Bodenbildung (z.B. Podsolierung und untergeordnet Lessivierung), d.h. im Laufe von Jahrtausenden, beeinflusst worden sein können.

Die Schadstoffsituation der Ober- und Unterböden in der Region Stuttgart werden in den nachfolgenden Unterkapi-

² *Der Schadstoffeintrag durch Düngemittel, Klärschlamm oder Komposte ist in den vergangenen Jahren durch rechtliche Vorgaben deutlich begrenzt worden, sodass heute Schadstofffrachten, wie sie früher zum Teil häufiger vorkamen, heute nicht mehr zulässig sind.*

teln 4.1 und 4.2 beschrieben. Auf die Verteilung der Schadstoffe im Bodenprofil wird exemplarisch anhand ausgewählter LGRB-Musterprofile im Unterkapitel 4.2 eingegangen. Die ausgewerteten Gehalte anorganischer Schadstoffe umfassen ausschließlich Analysenergebnisse im Königswasserextrakt (KW-Extrakt). Diese im weitesten Sinne als Gesamtgehalte zu verstehenden Schadstoffgehalte der Böden sind nach den bodenschutzrechtlichen Regelungen für die Erst-Beurteilung des Bodenzustands hinsichtlich der Schadstoffgehalte zunächst vorrangig heranzuziehen.

Im Kap. 4.3 wird auf mobile Schwermetallgehalte eingegangen, die zur Beurteilung des Schadstofftransfers aus dem Boden in Nutzpflanzen (Acker und Nutzgärten) von Bedeutung sind. Zur Analyse mobiler Schwermetalle wird der Boden in Ammoniumnitratlösung nach BBodSchV extrahiert.

Die Ergebnisse einer gesonderten Untersuchung möglichst naturnaher Stadtböden in der Stadtgemarkung von Stuttgart werden im Kap. 4.4 dargestellt.

Den Auswertungen insgesamt liegen Analyseergebnisse von rund 3600 Oberboden- und 630 Unterbodenproben zugrunde. Die Ausgangsdatensätze wurden überarbeitet, um eine konsistente und fachlich valide Grundlage für die Beurteilung der Schadstoffsituation zu erhalten (Kap. A.4). Im Ergebnis reduzierte sich dadurch der Umfang valider Bodenmessstellen auf ca. 2900 für Oberböden und etwa 500 für Unterböden. Je nach Schadstoff liegen unterschiedliche Anzahlen an Bodenmessstellen vor, weil der Analysenumfang nicht immer alle Parameter umfasste.

Für die statistische und kartografische Auswertung wurden die Nutzungsangaben zu den Probenstellen zu neun Nutzungsgruppen zusammengefasst: Acker, Grünland, Wald, Sonderkulturen, Kinderspielflächen, Haus-/Kleingärten, Park-/Freizeitflächen, Industrie/Gewerbe sowie sonstige Nutzungen³.

Auswertungen der Schadstoffmesswerte erfolgen sowohl nach Validität als auch differenziert nach den Einflussgrößen Bodennutzung, Ausgangssubstrate der Bodenbildung/geologische Einheiten und Überschwemmung. Statistische Kenn-

werte werden tabellarisch zusammengefasst. Für die Nutzungsgruppen und für ausgewählte Bodenausgangsgesteinsgruppen werden ausreißerbereinigte Kennwerte angegeben, die bei einem ausreichenden Stichprobenumfang den Anforderungen genügen, um daraus regionale Hintergrundwerte für Böden abzuleiten⁴. Differenziert wurden die Daten nach land- und forstwirtschaftlichen Nutzungsformen sowie nach den unterschiedlichen Siedlungskategorien im ländlichen und städtischen Raum. Standorte, die sich diesen Nutzungsgruppen nicht zuordnen ließen, wurden in der Gruppe „sonstige Nutzungen“ zusammengefasst.

In den Schadstoffkarten (Kap. 4.1) werden die Elementgehalte aller ausgewerteten Bodenmessstellen klassifiziert nach dem Schadstoffgehalt dargestellt. Die Klassengrenzen orientieren sich an den elementspezifischen Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV. Ergänzend werden Klassengrenzen zum Teil mithilfe der VwV Boden des UM [2007; vergleichbar den Z-Werten der LAGA Technische Regeln Merkblatt 2010] festgelegt, wenn in der BBodSchV keine entsprechenden bodenschutzfachlichen Werteregelungen vorliegen [LAGA 2012]. Mithilfe unterschiedlicher Symbole werden die Nutzungsgruppen differenziert.

Repräsentativität der Bodendaten

Bei der Interpretation der Schadstoffergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die zugrunde liegenden Untersuchungen häufig aufgrund vermuteter Kontaminationen und eines Gefahrenverdachts veranlasst wurden (z.B. in der Landeshauptstadt Stuttgart oder in Besigheim). In diesen Fällen sind die Daten nicht repräsentativ, sodass sie im Einzelfall auf die jeweilige konkrete Fragestellung hin zu überprüfen sind. Gleichwohl beruhen die meisten Ergebnisse auf Untersuchungen von Böden ohne spezifische Belastungen und lassen sich zur Beurteilung des ubiquitären Schadstoff-Hintergrunds in den Böden in der Region Stuttgart uneingeschränkt verwenden.

³ Sonstige Nutzungen: Moor, Heide, Truppenübungsplatz, Brachfläche, Ödland, Verkehrsfläche etc.

⁴ Ausreißertest: Bodenmessdaten sind im Regelfall nicht normal verteilt. Entsprechend müssen Testverfahren zur Identifizierung von Ausreißerwerten gewählt werden, die unabhängig vom Verteilungstyp der Bodendaten sind. Für die Ableitung von Hintergrundwerten werden in Fachpublikationen unterschiedliche Methoden beschrieben [LABO 2003; UBA 2003a,b; UTERMANN et al. 2003]. Ein geeignetes und einfaches Verfahren zur Identifizierung von Ausreißerwerten ist die Definition mittels Interquartilabständen. Dabei werden die Abweichungen der Messwerte zum 25. bzw. 75. Perzentil (unteres bzw. oberes Quartil) betrachtet; demnach liegen Ausreißerwerte im Abstand größer als der 1,5-fache Interquartilabstand unter bzw. über den Quartilen vor.

4.1 Oberböden

Die Ergebnisse werden getrennt nach Schadstoffen dargestellt. Kap. 4.1.10 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der anorganischen Schadstoffe. Kap. 4.1.11 enthält die Ergebnisse für die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) einschließlich Benzo-a-pyren (BaP).

4.1.1 Arsen

Der Gesamtdatensatz in Tab. 4.1.1-1 enthält 933 Arsenergebnisse für die Region Stuttgart. Im Mittel beträgt der Arsengehalt 10 mg/kg mit einer Schwankungsamplitude von <BG bis 63 mg/kg. Bei rund 12% der Messwerte treten Überschreitungen des Z0-Werts⁵ nach der VwV Boden von 15 mg As/kg (gültig für die Bodenart Lehm/Schluff, Tab. A.4.1-1) auf. In Überschwemmungsgebieten ergibt sich ein mittlerer Arsengehalt von 10,6 mg/kg, außerhalb von 10,0 mg/kg. Auch anhand der weiteren statistischen Daten lässt sich bei Arsen kein Überschwemmungseinfluss ablesen.

Die regionalen Hintergrundwerte für die einzelnen Nutzungsgruppen liegen zwischen 3,6 mg/kg (Median für Sonderkulturen) und 16 mg/kg (90. Perzentil für Acker, Grünland und Haus-/Kleingärten). Sie unterschreiten damit überwiegend den Z0-Wert für die Bodenart Lehm/Schluff und vollständig die Prüf- bzw. Maßnahmenwerte

der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze (Grünland). Der Wirkungspfad Boden-Pflanze für Ackerbauflächen und Nutzgärten wird anhand der Analyseergebnisse im Ammoniumnitratextrakt beurteilt (Kap. 4.3).

Räumliche Verteilungsmuster der Arsengehalte sind der Karte Abb. 4.1.1-1 nicht zu entnehmen. Die Daten aus der Stadt Stuttgart liegen überwiegend im unteren Gehaltsniveau, lediglich einige wenige Bodenmessstellen weisen Arsengehalte über 15 mg/kg auf. In den Landkreisen ist die Bodenmessstellendichte deutlich geringer, sodass eine flächenrepräsentative Bewertung schwierig ist. Im Vergleich zur Stadt Stuttgart scheinen die Arsengehalte nur geringfügig höher zu sein. Messwerte zwischen 15 und 25 mg As/kg, vereinzelt auch höher, treten insbesondere in den Landkreisen Böblingen, Esslingen und Göppingen auf.

Hinweise auf naturbedingt erhöhte Arsengehalte in Böden aus bestimmten Ausgangsgesteinen können der Veröffentlichung „Arsen in Böden und Gesteinen im Regierungsbezirk Karlsruhe“ entnommen werden [LUBW 2009]. Einige der dort beschriebenen, von Natur aus erhöht arsenhaltigen Bodenausgangsgesteine kommen auch in der Region Stuttgart vor.

Tab. 4.1.1-1: Statistische Kennwerte der Arsengehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*	
Gesamt	933	<BG	<BG	10,0	10,0	17,0	63,0	74	
Überschwemmungseinfluss	mit	84	<BG	6,7	10,6	11,5	17,0	63,0	65
	ohne	849	<BG	<BG	10,0	9,8	17,0	63,0	75
Sonderkulturen**	98	<BG	<BG	3,6	5,5	14,2	21,0	113	
Acker**	298	4,5	9,0	12,0	12,4	16,0	21,5	24	
Grünland**	125	<BG	<BG	9,9	9,1	16,0	21,9	60	
Wald**	77	<BG	1,3	6,0	6,4	12,0	14,3	61	
Kinderspielflächen**	42	2,4	4,1	8,3	8,0	11,2	13,0	32	
Haus-/Kleingärten**	133	<BG	<BG	8,6	8,1	16,0	25,0	75	
Park-/Freizeitanlagen**	51	<BG	<BG	8,7	8,5	15,0	19,0	56	
Industrie u. Gewerbe**	8	<BG	<BG	2,9	3,9	9,0	10,6	113	
sonstige Nutzungen**	56	<BG	<BG	<BG	4,7	13,4	24,9	139	

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100. [Der Variationskoeffizient erlaubt den unmittelbaren Vergleich der relativen Streuung von Grundgesamtheiten mit unterschiedlichem Wertenniveau. Variationskoeffizienten nahe Null stehen für eine sehr geringe Streuung der Messwerte, Variationskoeffizienten größer 100 für eine große Streuung.]

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)
BG = analytische Bestimmungsgrenze

⁵ Für Arsen enthält die BBodSchV keine Vorsorgewerte, für die Bewertung wird auf die Z-Werte der VwV Boden zurückgegriffen.

Arsen (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (As)

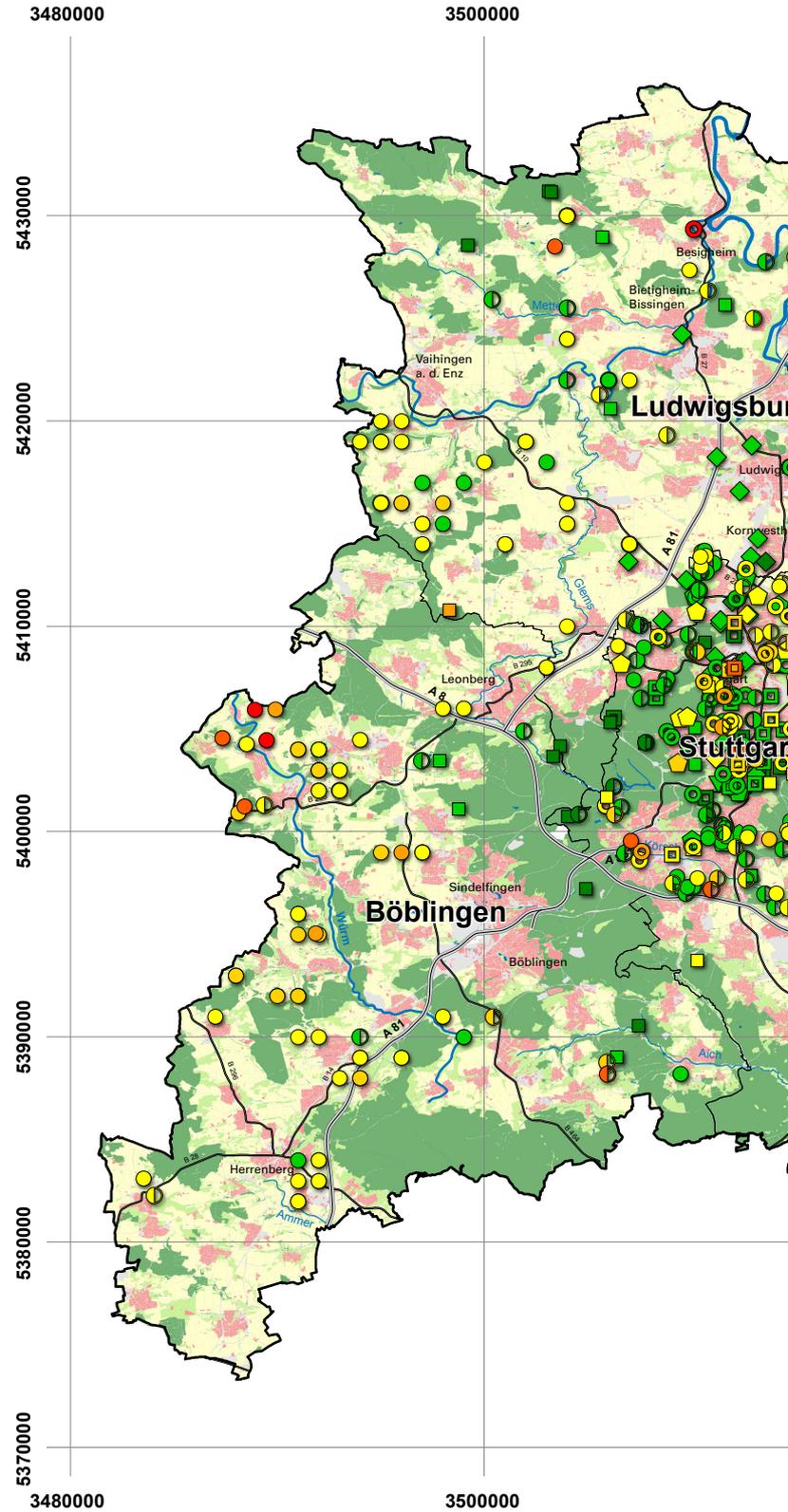
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Arsengehalt [mg/kg]

- < 5
- 5 - < 10
- 10 - < 15
- 15 - < 20
- 20 - < 25
- 25 - < 50
- 50 - < 125
- 125 - < 140
- ≥ 140

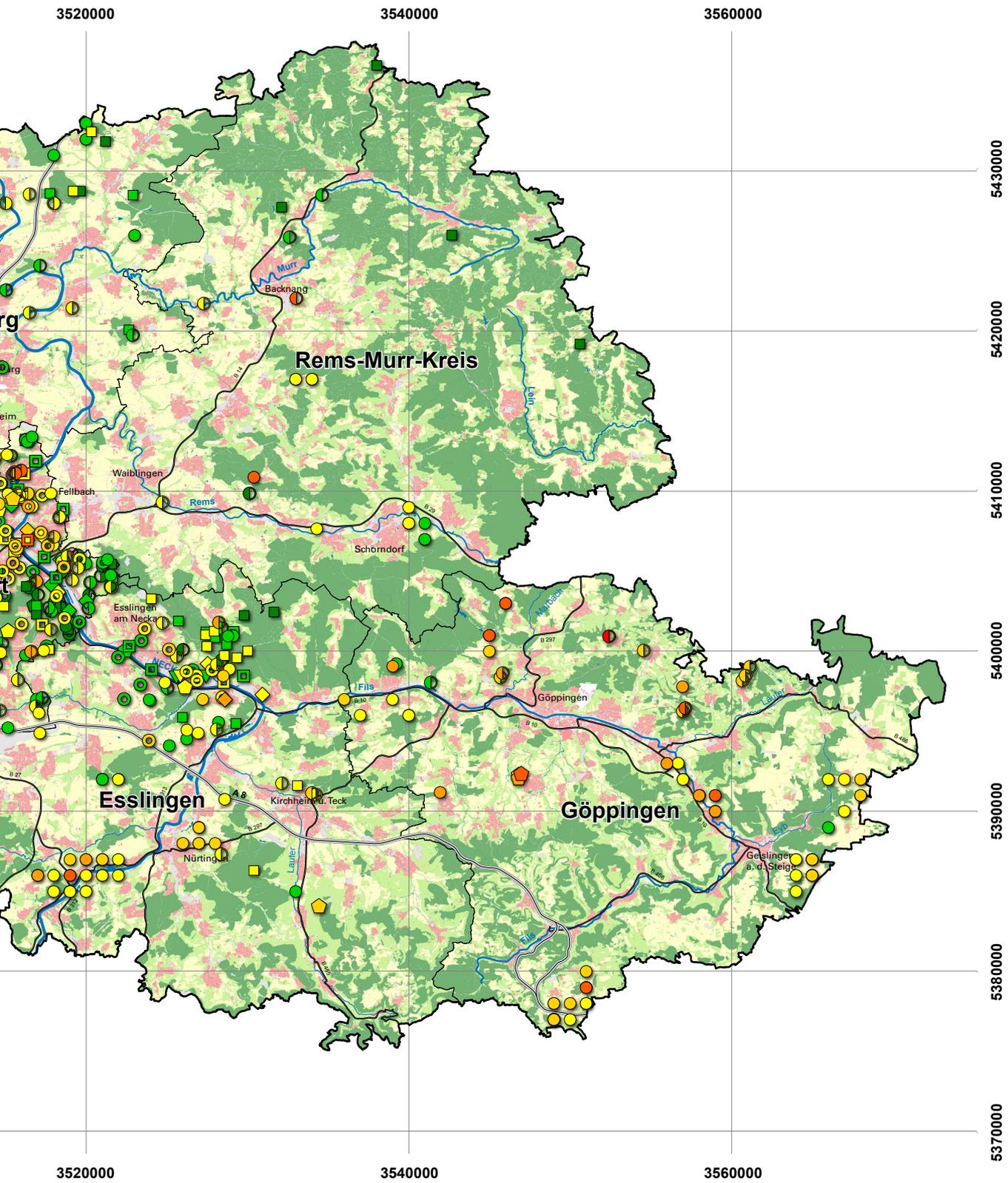
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Bundesautobahn
- Land-, Stadtkreisgrenze
- Bundesstraße

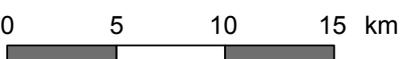
Abb. 4.1.1-1: Arsengehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.2 Blei

Der mittlere Bleigehalt des Gesamtdatensatzes beträgt 35,6 mg/kg. Minimal werden Gehalte unter der analytischen Bestimmungsgrenze und maximal 975 mg/kg ermittelt (Tab. 4.1.2-1).

Der Überschwemmungseinfluss ist anhand der Bleigehalte der Böden deutlich zu erkennen. In Überschwemmungsgebieten wird im Mittel ein Bleigehalt von 53 mg/kg angetroffen, außerhalb nur 34 mg/kg. Auch die weiteren statistischen Kennwerte der Bleigehalte von Böden mit und ohne Überschwemmungseinfluss bestätigen den Trend.

Bei den nutzungsspezifischen Daten (Tab. 4.1.2-1; Karte Abb. 4.1.2-2) fallen wiederum deutliche Unterschiede auf. Die Gehalte auf Sonderkulturflächen sind gegenüber landwirtschaftlich genutzten Böden erhöht. Ursache dafür ist ein seit langem bekannter

Belastungsfall (Abb. 4.1.2-1 und Kap. 4.1.3), in dessen Umfeld ein Großteil der Sonderkulturmessstellen liegt. Hier werden verbreitet Bleigehalte zwischen 100 und 200 mg/kg angetroffen. Wenige Spitzenbelastungen über 400 mg/kg sind statistisch als Ausreißer anzusehen, sodass sie in der Kennwertetabelle nicht enthalten sind.

Von dem Schadensfall sind u.a. Haus-/Kleingärten betroffen, weshalb auch für diese Nutzungskategorie erhöhte Bleigehalte statistisch abgebildet werden.

Die regionalen Hintergrundwerte für Acker, Grünland und Wald entsprechen sowohl hinsichtlich der Mediane als auch der 90. Perzentile den landesweiten Vergleichswerten. Die statistischen Kennwerte unterschreiten durchgängig die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Hauptbodenart Lehm/Schluff (Tab. A.4.1-1).

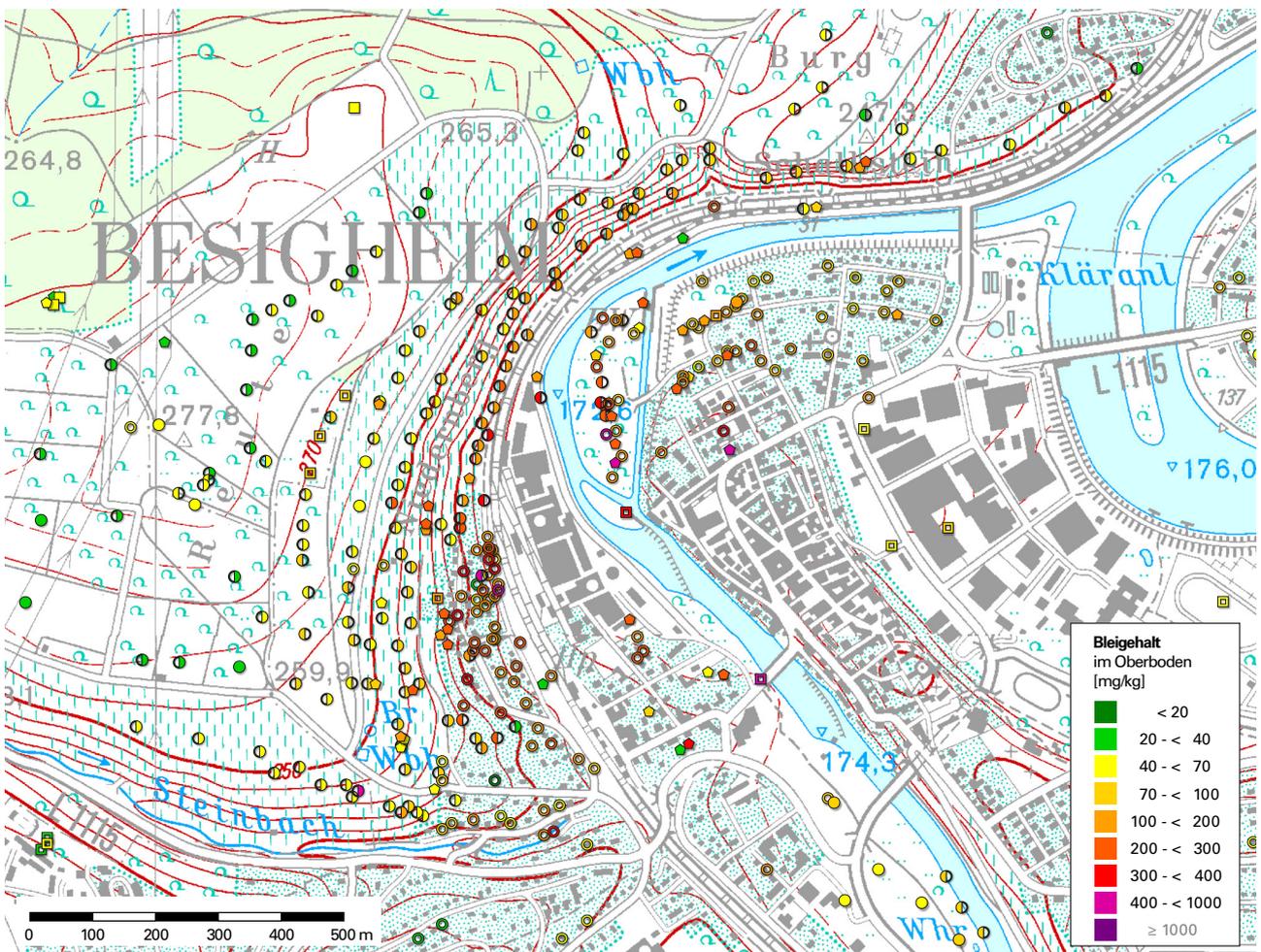


Abb. 4.1.2-1: Stark erhöhte Bleigehalte in Oberböden im Umfeld eines Belastungsfalls bei Besigheim (Nutzungssymbole siehe Abb. 4.1.2-2)

Tab. 4.1.2-1: Statistische Kennwerte der Bleigehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2840	<BG	21,0	35,6	54,8	98,1	975,0	124
Überschwemmungseinfluss	mit	305	7,0	26,0	53,0	84,0	194,6	103
	ohne	2535	<BG	20,0	34,5	51,3	87,0	975,0
Sonderkulturen**	272	9,0	19,0	45,0	52,9	96,9	145,0	58
Acker**	1463	10,0	20,0	31,0	31,3	43,0	57,0	29
Grünland**	215	<BG	21,4	38,0	41,6	69,6	93,3	45
Wald**	151	7,0	21,0	34,4	38,1	63,0	79,0	41
Kinderspielflächen**	41	10,0	17,3	43,0	48,4	82,1	109,0	53
Haus-/Kleingärten**	290	16,0	39,6	88,0	105,9	205,2	310,0	65
Park-/Freizeitanlagen**	133	12,0	26,2	44,3	57,5	107,0	164,0	59
Industrie u. Gewerbe**	13	19,3	21,5	36,7	42,9	77,5	85,7	52
Sonstige Nutzungen**	135	<BG	14,0	56,0	85,9	215,0	300,0	89

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) · 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

Innerhalb von Siedlungsbereichen liegt der regionale Hintergrund mit Ausnahme der etwas höher belasteten Haus-/Kleingärten bei rund 40 bzw. 100 mg/kg. Damit liegen die Bleigehalte in Siedlungsbereichen weitgehend auf dem Niveau der Vorsorgewerte der BBodSchV.

Die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch werden an keiner in dem validierten Datensatz enthaltenen Bodenmessstelle überschritten.

Einzelne Überschreitungen der Prüfwerte für Kinderspielflächen oder Wohngebiete sind als statistische Ausreißer einzustufen. Sie treten insbesondere in der Stadt Stuttgart und im Umfeld des Schadensfalls bei Besigheim auf. Vereinzelt werden Bleigehalte über 200 mg/kg auch auf den Fildern ermittelt. Je nach der aktuellen Nutzung von Flächen mit erhöhten Bleigehalten können im Einzelfall weitere Maßnahmen angezeigt sein.

Die Ergebnisse zu den mobilen Bleigehalten enthalten Kap. 4.3 und Abb. A.4.3.1-2.

Blei (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Pb)

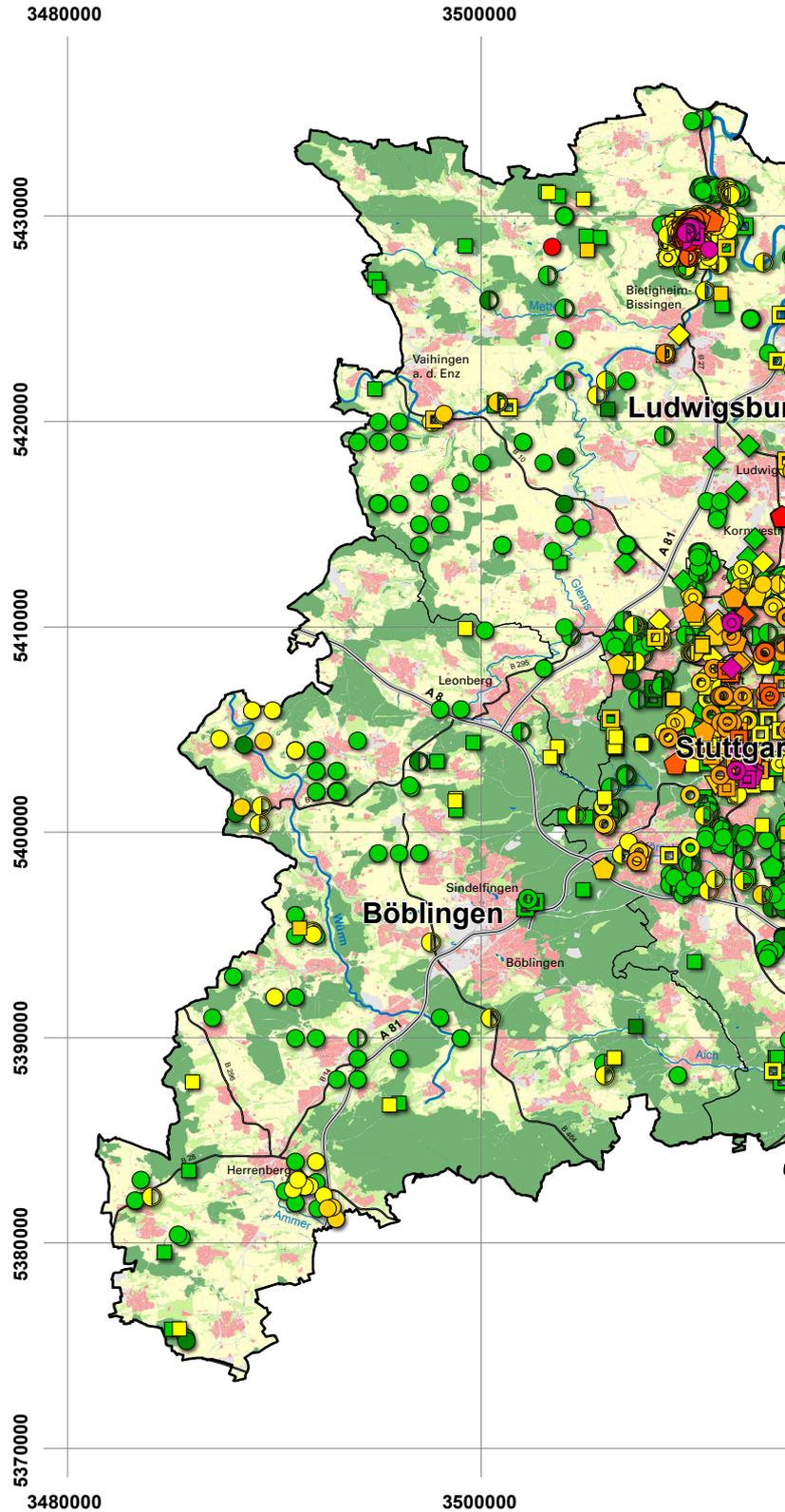
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Bleigehalt [mg/kg]

- < 20
- 20 - < 40
- 40 - < 70
- 70 - < 100
- 100 - < 200
- 200 - < 300
- 300 - < 400
- 400 - < 1000
- ≥ 1000

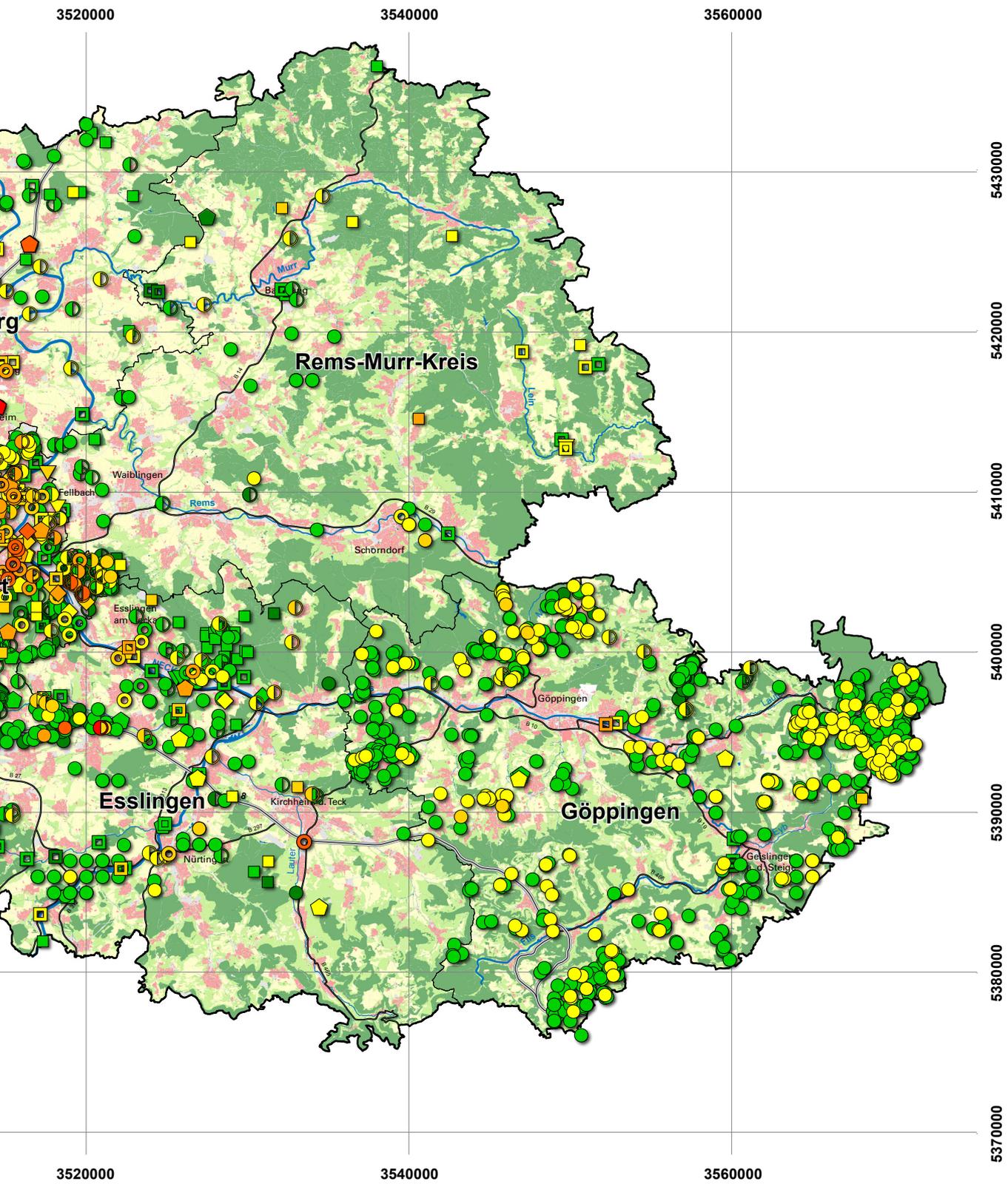
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiogrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

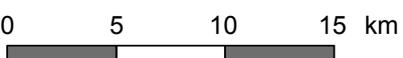
Abb. 4.1.2-2: Bleigehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.3 Cadmium

Der Medianwert bei Cadmium in Oberböden der Region Stuttgart liegt bei 0,4 mg/kg (Tab. 4.1.3-1). Im Minimum wird die Bestimmungsgrenze unterschritten, maximal wird 96 mg/kg erreicht. In Überschwemmungsgebieten ergeben sich im Mittel höhere Cadmiumgehalte als in Böden ohne Überschwemmungseinfluss. So beträgt der mittlere Cadmiumgehalt in Überschwemmungsgebieten 1,3 mg/kg, außerhalb lediglich 0,38 mg/kg.

Der Einfluss der Lage in Überschwemmungsgebieten auf den Cadmiumgehalt der Böden wird auch bei der Auswertung der Oberbodendaten nach den geologischen Einheiten deutlich. Die Oberböden der geologischen Einheit „Auensedimente inkl. Flussschotter“ nach der geologischen Übersichtskarte GÜK 300 enthalten im Mittel 1,4 mg/kg Cadmium.

Das 90. Perzentil liegt bei 4,9 mg/kg, der Maximalwert bei 9,0 mg/kg. Diese Kennwerte sind bereits ausreißerbereinigt.

Zwischen den verschiedenen Nutzungsgruppen ergeben sich zum Teil große Unterschiede im mittleren Cadmiumgehalt der Böden. Cadmiumeinträge durch frühere industrielle Emissionen bei Besigheim haben zu einer Belastung von Sonderkulturfleichen an den umliegenden Hangflächen des Neckartals geführt (Abb. 4.1.3-1). Aufgrund des großen Probenumfangs der Bodenuntersuchungen in diesem Belastungsfall sind die statistischen Kennwerte, die für Sonderkulturen einen mittleren Cadmiumgehalt von 2 mg/kg und einen Maximalwert von 7,6 mg/kg ausweisen, nicht auf die gesamte Region Stuttgart übertragbar (siehe auch "Repräsentativität der Auswertungen" im letzten Absatz der Einleitung zu Kap. 4). Deshalb werden in Tab. 4.1.3-1 die statistischen Kennwerte sowohl unter Einbezug als auch ohne den Belastungsfall angegeben.

Auf Ackerflächen treten nicht oder nur moderat erhöhte Cadmiumgehalte auf. Mit 0,3 mg/kg als Median und 0,65 mg/kg als 90. Perzentil liegen die regionalen auf einem ähnlichen Niveau wie die landesweiten Hintergrundwerte für Böden (Karte Abb. 4.1.3-2).

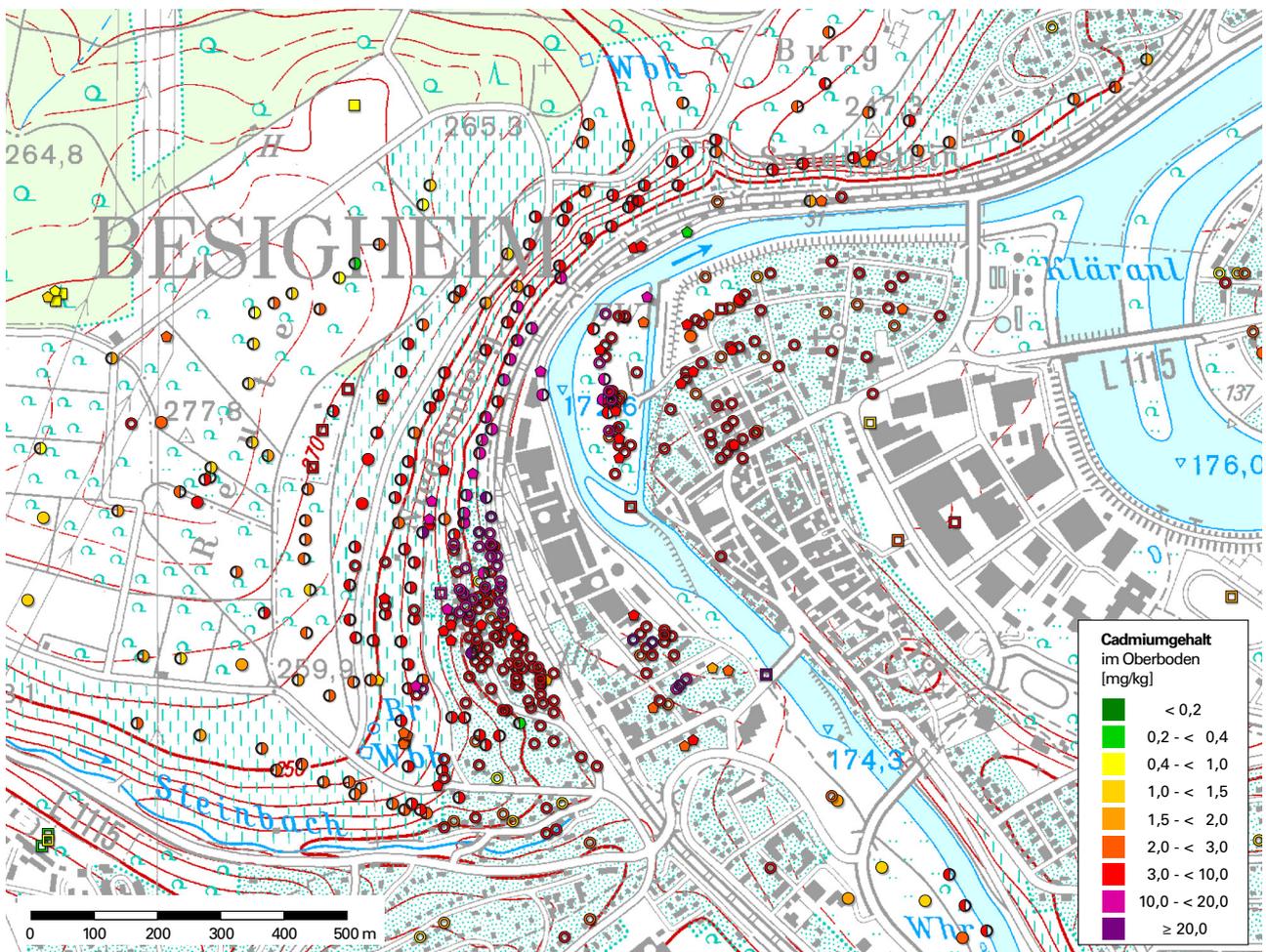


Abb. 4.1.3-1: Stark erhöhte Cadmiumgehalte in Oberböden im Umfeld eines Belastungsfalls bei Besigheim (Nutzungssymbole siehe Abb. 4.1.3-2)

Tab. 4.1.3-1: Statistische Kennwerte der Cadmiumgehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2 892	<BG	0,10	0,40	1,47	3,90	96,10	239
Überschwemmungseinfluss	mit	338	<BG	0,20	1,30	2,90	6,25	176
	ohne	2 554	<BG	0,10	0,38	1,28	3,50	250
Sonderkulturen**	Besigheim	163	0,30	1,20	2,70	2,93	5,00	51
	alle weiteren Daten	95	<BG	<BG	0,42	0,87	2,38	139
Acker**	1 411	<BG	0,11	0,30	0,34	0,65	0,95	61
Grünland**	199	<BG	<BG	0,30	0,48	1,30	2,40	110
Wald**	114	<BG	0,05	0,10	0,16	0,40	0,64	93
Kinderspielflächen**	41	<BG	0,09	0,26	0,31	0,71	0,99	77
Haus-/Kleingärten**	Besigheim	232	<BG	1,80	4,20	4,59	8,40	57
	alle weiteren Daten	153	<BG	0,07	0,72	1,81	5,30	134
Park-/Freizeitanlagen**	122	0,05	0,13	0,48	0,73	1,69	2,90	93
Industrie u. Gewerbe**	11	<BG	<BG	0,17	0,23	0,37	0,63	86
Sonstige Nutzungen**	134	<BG	<BG	0,85	1,46	3,97	6,20	110

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) · 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

Die Grünlandböden sind im Mittel mit 0,3 mg Cd/kg unauffällig. Jedoch repräsentieren das 90. Perzentil mit 1,3 mg/kg und das Maximum von 2,4 mg/kg deutlich erhöhte Gehalte, die sowohl den Vorsorgewert für die Hauptbodenart Lehm/Schluff als auch die landesweiten Hintergrundwerte überschreiten.

In Waldböden sind die Cadmiumgehalte niedriger als in landwirtschaftlichen Böden. Dazu tragen die überwiegend geringeren pH-Werten der Waldböden bei, weil Cadmium im Boden bei niedrigen pH-Werten verstärkt mobilisiert und Cadmium zur Tiefe ausgewaschen wird.

Die Haus- und Kleingärten sind mit mittleren Gehalten von 3 mg/kg in vielen Fällen als belastet einzustufen. Haus- und Kleingärten mit erhöhten Cadmiumgehalten kommen sowohl im Umfeld von Besigheim als auch in der Stadt Stuttgart vor. Auf den untersuchten Kinderspiel- und Industrie-/Gewerbeflächen sind die Cadmiumgehalte mit Maximalwerten unter 1 mg/kg unproblematisch. Im Gegensatz dazu sind bei sonstigen Nutzungen mit einem

90. Perzentil von ca. 4 mg/kg und einem Maximalwert von 6,2 mg/kg zum Teil deutliche Cadmiumanreicherungen festzustellen.

In der Übersichtskarte treten erhöhte Cadmiumgehalte im Gebiet der Stadt Stuttgart hervor. Bei Besigheim überlagern sich die Beprobungspunkte in der Übersichtskarte aufgrund des Kartenmaßstabs und der hohen Beprobungsdichte, sie sind separat in der Detailkarte Abb. 4.1.3-1 dargestellt. Ansonsten sind nur vereinzelt erhöhte Cadmiumgehalte in der Region Stuttgart zu erkennen. Im Landkreis Göppingen finden sich neben den verbreitet niedrigen Gehalten unter 0,3 mg/kg nicht selten auch moderat erhöhte Gehalte bis 1 mg/kg.

Die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch werden in einigen Haus-/Kleingärten überschritten, wenn das Wohngartenszenario mit dem abgesenkten Prüfwert von 2 mg/kg unterstellt wird (Tab. A.4.1-1). Der Wirkungspfad Boden-Pflanze wird anhand der Analyseergebnisse im Ammoniumnitratextrakt beurteilt (Kap. 4.3 und Karte Abb. A.4.3.1-3).

Cadmium (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Cd)

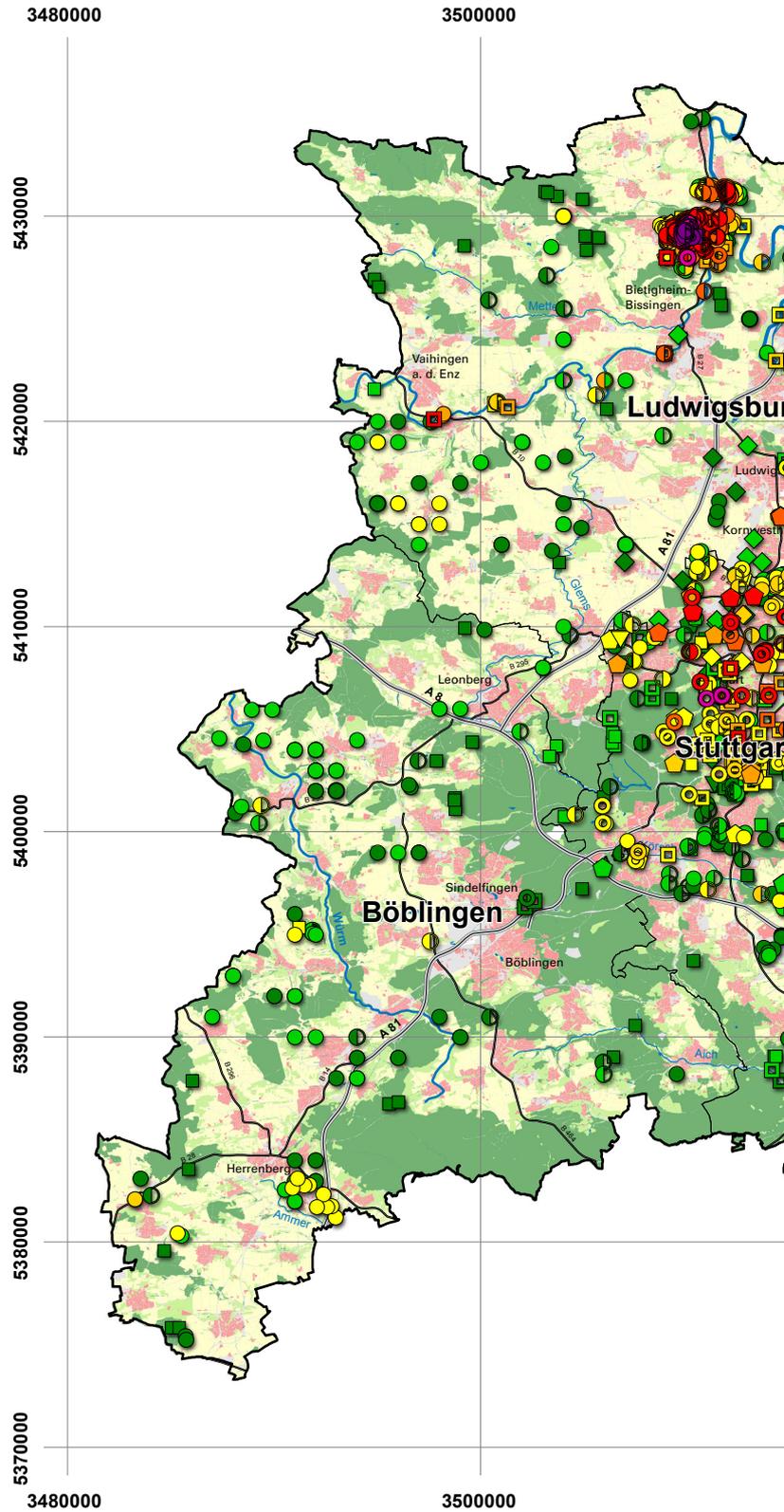
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ▲ sonstiges

Cadmiumgehalt [mg/kg]

- < 0,2
- 0,2 - < 0,4
- 0,4 - < 1,0
- 1,0 - < 1,5
- 1,5 - < 2,0
- 2,0 - < 3,0
- 3,0 - < 10,0
- 10,0 - < 20,0
- ≥ 20,0

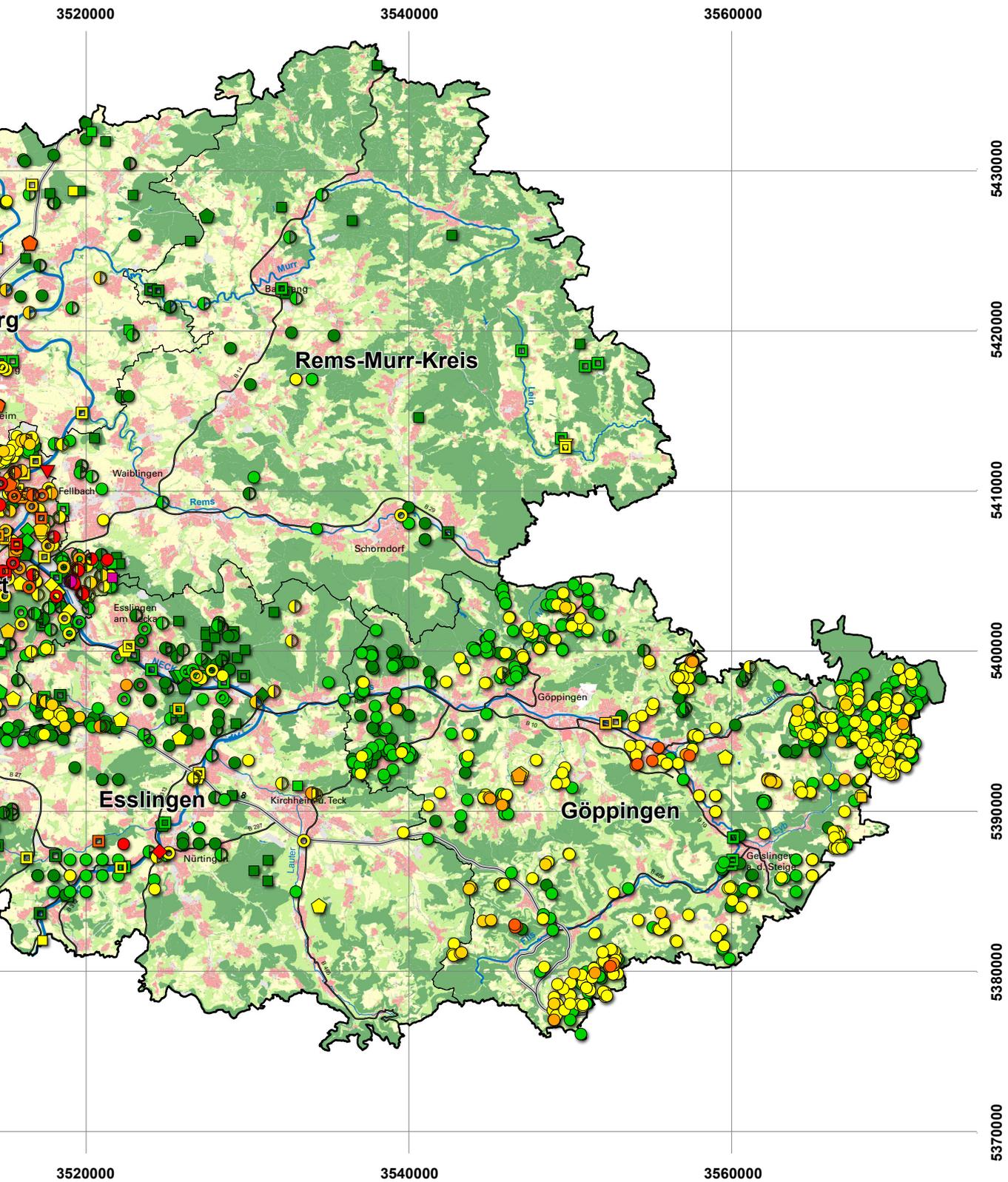
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

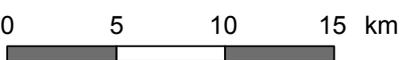
Abb. 4.1.3-2: Cadmiumgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.4 Chrom

Die Chromgehalte der Oberböden in der Region Stuttgart sind weitgehend unauffällig. Der Medianwert aller validen Daten beträgt 38,4 mg/kg. Die Chromgehalte variieren zwischen minimal <BG und maximal 892 mg/kg (Tab. 4.1.4-1).

Ein Einfluss von Überschwemmungsereignissen auf den Chromgehalt ist nicht erkennbar. Der mittlere Gehalt in Überschwemmungsgebieten liegt bei 39 mg/kg, außerhalb bei 38,3 mg/kg.

Die Nutzungsgruppen zeigen insgesamt keine großen Unterschiede im Chromgehalt. Die Medianwerte liegen zumeist zwischen ca. 30 und 40 mg/kg, die 90. Perzentile zwischen ca. 50 und 60 mg/kg. Damit unterschreitet der überwiegende Teil der Chromgehalte den Vorsorgewert der BBodSchV für die Hauptbodenart Lehm/Schluff.

Die Chromgehalte in Waldböden weichen vom allgemeinen Niveau nach unten ab. Erhöhte Gehalte sind anhand der 90. Perzentile und der Maximalwerte für Haus-/Kleingärten, Park-/Freizeitflächen und sonstige Nutzungen zu erkennen.

Die räumliche Verteilung der Chromgehalte geht aus der Karte Abb. 4.1.4-1 hervor. Erhöhte Werte über 60 bzw. über 100 mg/kg sind in der Stadt Stuttgart und im Landkreis Göppingen häufiger als in anderen Gebieten anzutreffen. Ansonsten spiegeln die klassifizierten Chromgehalte in der Karte das insgesamt niedrige Belastungsniveau wider.

Die in Tab. 4.1.4-1 aufgeführten regionalen Hintergrundwerte für Acker, Grünland und Wald sind mit den landesweiten Hintergrundwerten [LABO 2003] nahezu identisch. Insofern ist für die Region Stuttgart keine spezifische Belastungssituation erkennbar.

Gefahren im Wirkungspfad Boden-Mensch sind anhand der vorliegenden Messwerte auszuschließen, da die nutzungsspezifischen Prüfwerte der BBodSchV deutlich unterschritten werden (Tab. A.4.1-1).

Tab. 4.1.4-1: Statistische Kennwerte der Chromgehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2 193	<BG	24,0	38,4	45,0	62,0	892,0	82
Überschwemmungseinfluss	mit	178	10,0	21,4	39,0	45,8	65,0	93
	ohne	2015	<BG	24,0	38,3	44,9	62,0	81
Sonderkulturen**	90	19,0	26,9	37,5	39,5	53,1	78,0	31
Acker**	1361	12,5	26,0	38,3	39,5	54,0	69,0	27
Grünland**	165	8,0	27,0	44,1	44,9	64,6	89,0	34
Wald**	119	<BG	6,0	22,7	21,5	35,0	50,0	52
Kinderspielflächen**	14	11,0	13,5	33,3	32,6	48,0	62,0	46
Haus-/Kleingärten**	136	20,0	28,0	42,2	56,5	115,0	185,0	64
Park-/Freizeitanlagen**	114	9,0	22,8	37,5	44,4	77,7	103,0	49
Industrie u. Gewerbe**	12	19,7	22,4	27,1	28,2	35,6	40,1	21
Sonstige Nutzungen**	84	17,0	20,2	29,5	35,7	65,3	85,0	47

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

4.1.5 Kupfer

Die Oberböden der Region Stuttgart enthalten durchschnittlich 23,5 mg/kg (Medianwert) Kupfer. Die Gehalte variieren zwischen <BG und 526 mg/kg. Innerhalb der Überschwemmungsgebiete beträgt der mittlere Kupfergehalt 26 mg/kg, außerhalb 23 mg/kg (Tab. 4.1.5-1). Somit ist, auch unter Berücksichtigung der weiteren Kennwerte, nur ein schwacher Überschwemmungseinfluss erkennbar.

Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV für die Hauptbodenarten Lehm/Schluff treten verbreitet bei Sonderkulturen, Haus-/Kleingärten und Park-/Freizeitanlagen auf. Im geringeren Umfang wird der Vorsorgewert auch auf Grünland überschritten. Unter Acker und Wald werden nur selten bzw. keine Vorsorgewerteüberschreitungen beobachtet.

Die regionalen Hintergrundwerte für die einzelnen Nutzungsgruppen zeigen charakteristische Unterschiede. So sind die Böden unter Sonderkulturen durch ca. 3- bis 4-fach höhere Kupfergehalte gekennzeichnet als landwirtschaftlich genutzte Böden, betroffen sind insbesondere die Weinbergböden. Der mittlere Kupfergehalt der untersuchten Sonderkulturflächen liegt bei 75 mg/kg, dagegen weisen landwirtschaftlich genutzte Böden mittlere Gehalte zwischen 21 und 25 mg/kg auf. Ursache der deutlichen Kupferanreicherung auf Sonderkulturflächen ist die i.d.R. langjährige Anwendung kupferhaltiger Fungizide. Im Wein-

bau wurde früher Kupfersulfatlösung mit Branntkalk ("Bordeauxbrühe") zur Bekämpfung des falschen Mehltaus verwendet.

Die Kupfergehalte in Haus-/Kleingärten sind ähnlich erhöht. Auch hier ist die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel als Ursache zu vermuten. Die regionalen Hintergrundwerte für Acker, Grünland und Wald liegen auf einem vergleichbaren Niveau mit den landesweiten Hintergrundwerten.

Der Maßnahmenwert der BBodSchV für Grünlandnutzung von 200 mg/kg bei Schafbeweidung und 1 300 mg/kg für sonstige Grünlandnutzungen wird im Regelfall deutlich unterschritten (Tab. A.4.1-1). Lediglich an einigen Sonderkulturflächen werden 200 mg/kg überschritten, was jedoch bei der gegebenen aktuellen Nutzung nicht bewertungsrelevant ist.

Für Kinderspielflächen, Park-/Freizeitanlagen, Industrie-/Gewerbeflächen und sonstige Nutzungen liegen die mittleren Kupfergehalte zwischen 17 und 34 mg/kg. Insofern werden keine besonderen Belastungen indiziert. Lediglich die 90. Perzentile und Maximalwerte für Park-/Freizeitanlagen und sonstige Nutzungen zeigen an einigen Bodenmessstellen eine moderate Belastung an (Karte Abb. 4.1.5-1). Für den Wirkungspfad Boden-Mensch enthält die BBodSchV keine Prüfwerte, weil dieser Wirkungspfad bei Kupfer nicht relevant ist.

Tab. 4.1.5-1: Statistische Kennwerte der Kupfergehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2210	<BG	13,0	23,5	35,9	64,0	526,0	126
Überschwemmungseinfluss	mit	179	6,0	16,9	26,0	40,2	475,0	114
	ohne	2031	<BG	12,8	23,0	35,5	63,5	526,0
Sonderkulturen**	99	19,0	25,9	75,0	89,4	160,0	260,0	63
Acker**	1342	4,0	13,3	21,4	22,1	32,0	42,0	32
Grünland**	166	3,7	14,0	25,0	30,1	55,8	78,0	55
Wald**	122	<BG	4,0	10,0	12,5	25,9	33,0	64
Kinderspielflächen**	11	8,0	10,0	17,4	22,7	41,3	43,4	55
Haus-/Kleingärten**	148	15,0	23,3	49,0	65,7	140,0	196,0	66
Park-/Freizeitanlagen**	112	5,2	15,1	34,0	42,7	81,9	120,0	64
Industrie u. Gewerbe**	11	13,3	14,1	21,5	22,0	28,9	31,3	25
Sonstige Nutzungen**	81	9,3	12,3	29,0	40,0	84,0	133,0	75

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

Chrom (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Cr)

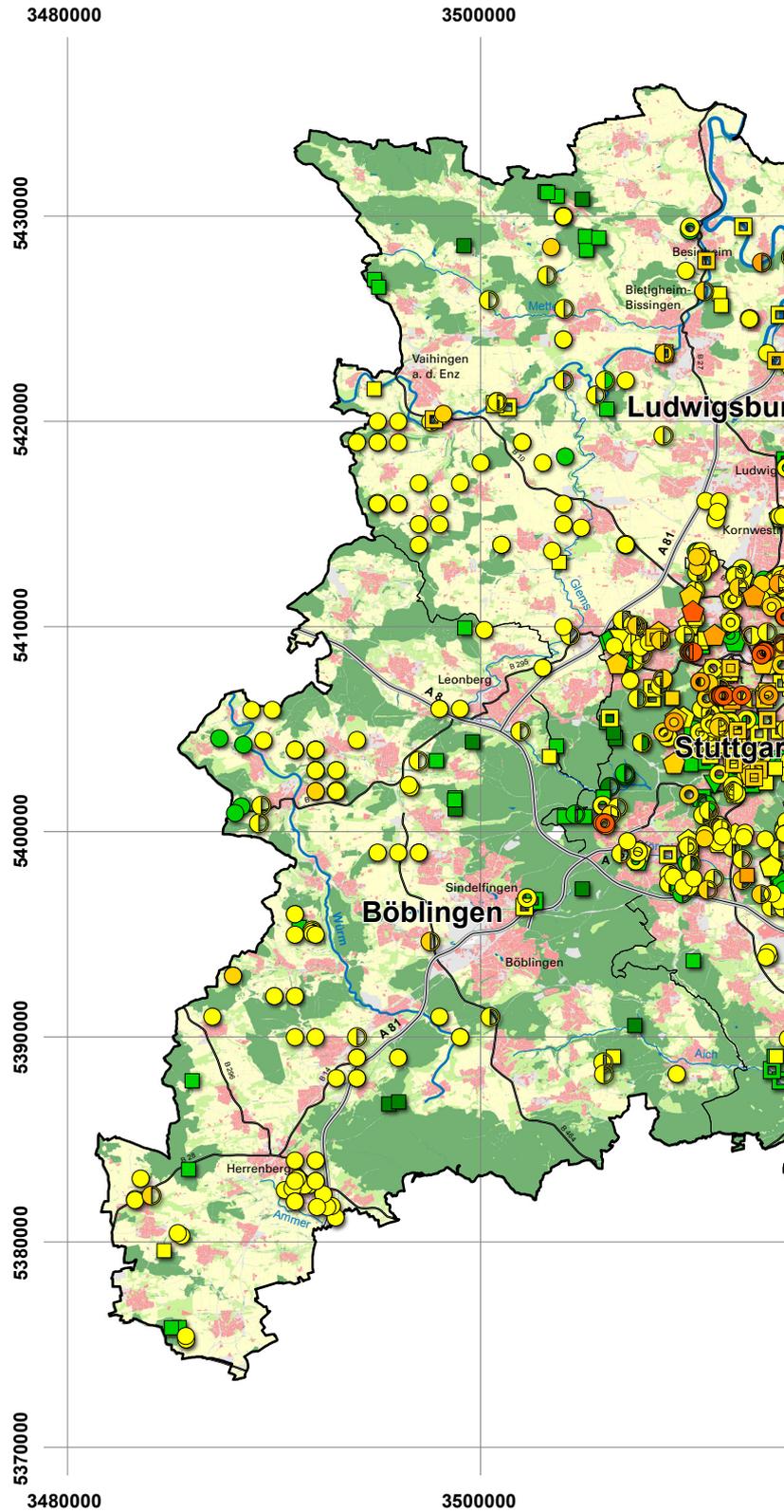
- Acker
- ⊙ Grünland
- Wald
- ⊙ Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Chromgehalt [mg/kg]

- < 15
- 15 - < 30
- 30 - < 60
- 60 - < 100
- 100 - < 200
- 200 - < 400
- 400 - < 1000
- 1000 - < 2000
- ≥ 2000

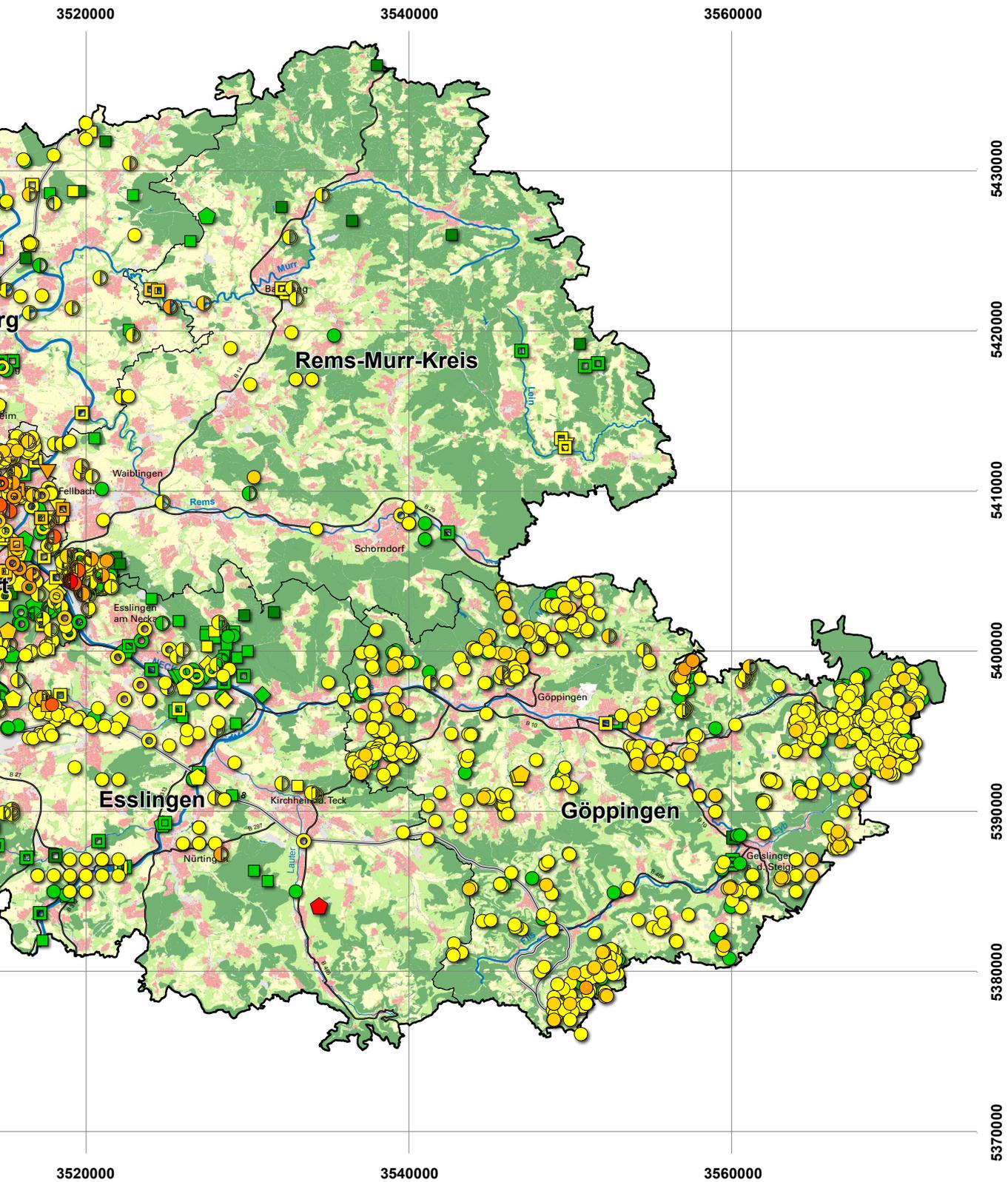
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

Abb. 4.1.4-1: Chromgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

Kupfer (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Cu)

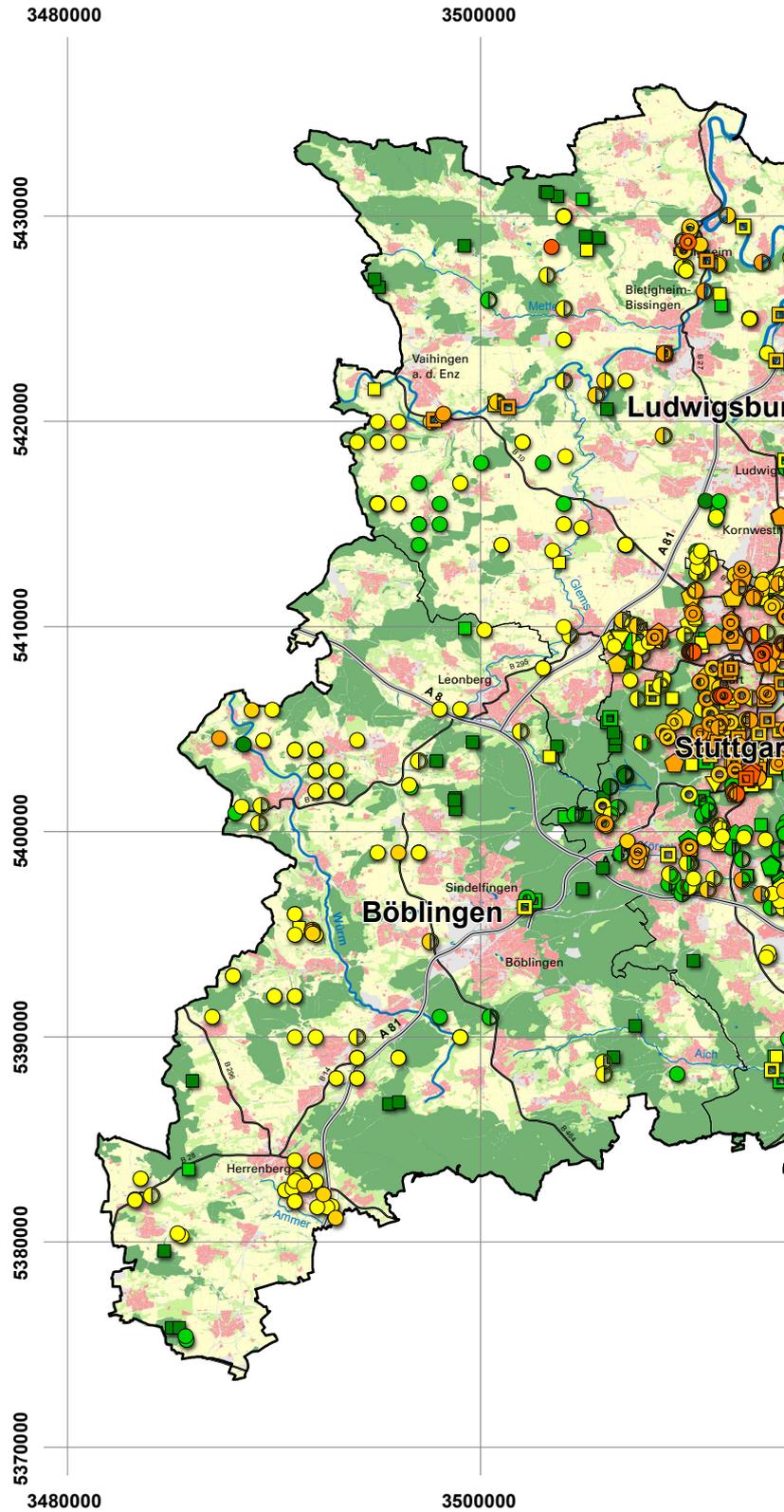
- Acker
- ⊙ Grünland
- Wald
- ⊙ Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Kupfergehalt [mg/kg]

- < 10
- 10 - < 20
- 20 - < 40
- 40 - < 60
- 60 - < 200
- 200 - < 500
- 500 - < 1300
- ≥ 1300

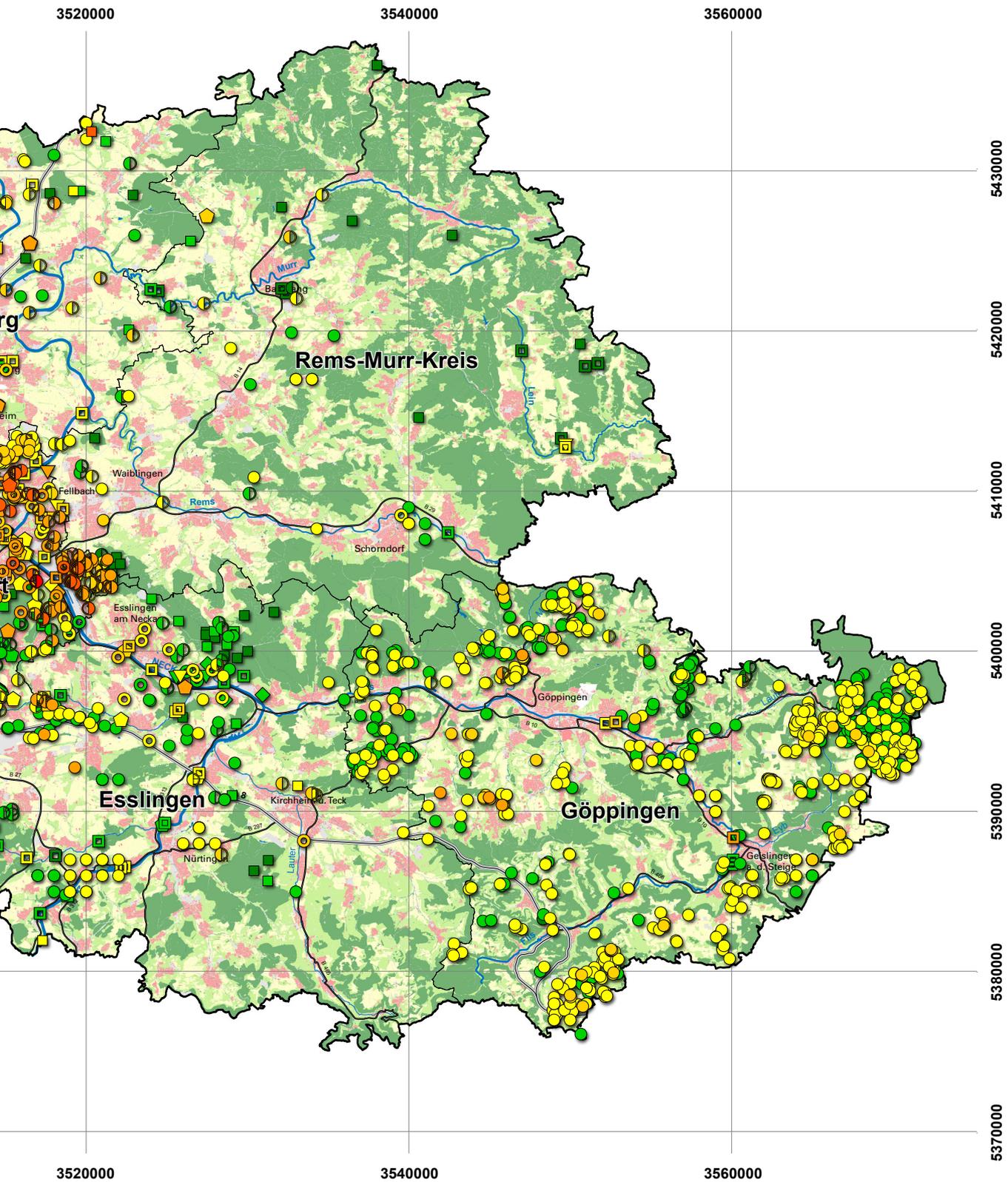
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

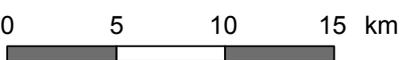
Abb. 4.1.5-1: Kupfergehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.6 Nickel

Die mittleren Nickelgehalte des validierten Gesamt-Datensatzes liegen bei 30 mg/kg. Die Gehalte streuen zwischen minimal 1,6 mg/kg und maximal 270 mg/kg (Tab. 4.1.6-1).

Es ist kein Überschwemmungseinfluss nachweisbar. Die mittleren Nickelgehalte betragen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Überschwemmungsgebiete rund 30 mg/kg. Auch die anderen statistischen Kennwerte bei der Datengruppen zeigen keine auffälligen Unterschiede. Lediglich der Maximalwert des Gesamt-Datensatzes, der einen Boden ohne Überschwemmungseinfluss kennzeichnet, weicht davon ab.

Die nutzungsspezifischen mittleren Hintergrundwerte (Mediane) sind mit Werten um 30 mg/kg weitgehend vergleichbar. Nur die Waldböden zeichnen sich von den anderen Nutzungen durch einen niedrigeren Median von 13 mg/kg aus. Ähnlich stellt sich die Situation bei den 90. Perzentilen und den Maximalwerten dar. Während die Waldböden ein 90. Perzentil von 26 mg/kg und einen Maximalwert von 39 mg/kg aufweisen, sind die anderen Nutzungen überwiegend durch Werte um 40 bzw. 50 mg/kg gekennzeichnet.

Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Hauptbodenart Lehm/Schluff von 50 mg/kg wird weitgehend unterschritten. Moderate Nickelanreicherungen über dem Vorsorgewert liegen nur an wenigen Bodenmessstellen vor, wie in der Karte Abb. 4.1.6-1 zu erkennen ist.

Regionale Verteilungsmuster der Nickelgehalte sind nicht erkennbar. Allenfalls zeichnet sich eine auch bei anderen Schwermetallen erkennbare Tendenz zu häufiger etwas höheren Gehalten im stark verdichteten Bereich um Stuttgart ab.

Überschreitungen der Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch werden bei den aktuellen Nutzungen nicht beobachtet. Der Prüfwert für Kinderspielflächen wird nur auf Acker- und Grünlandböden mit maximal 118 bzw. 270 mg/kg Nickel an einzelnen Bodenmessstellen überschritten. Ein unmittelbarer Handlungsbedarf ergibt sich daraus nicht. Es wird jedoch empfohlen, die aktuelle Nutzung dieser Flächen zu verifizieren (Tab. A.4.1-1).

Die Beurteilung des Wirkungspfads Boden-Pflanze erfolgt in Kap. 4.3 und Karte Abb. A.4.3.1-4.

Tab. 4.1.6-1: Statistische Kennwerte der Nickelgehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2267	1,6	17,0	30,0	31,4	47,0	270,0	44
Überschwemmungseinfluss	mit	181	7,0	17,0	26,0	28,1	82,0	37
	ohne	2086	1,6	16,8	31,0	31,7	270,0	44
Sonderkulturen**	110	13,0	19,9	29,7	30,7	44,0	54,0	31
Acker**	1427	6,0	19,0	32,0	33,0	48,0	67,0	34
Grünland**	168	6,4	18,6	29,5	29,7	43,0	56,0	32
Wald**	144	1,6	3,3	13,0	14,1	26,0	39,0	62
Kinderspielflächen**	14	8,0	10,0	21,7	24,3	39,6	43,7	49
Haus-/Kleingärten**	151	5,4	19,0	29,3	30,8	46,0	58,0	34
Park-/Freizeitanlagen**	114	7,0	15,3	27,0	27,4	36,7	51,0	34
Industrie u. Gewerbe**	13	12,0	17,1	28,3	25,8	33,4	35,5	28
Sonstige Nutzungen**	84	7,0	17,6	25,0	26,2	36,0	43,0	28

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

4.1.7 Quecksilber

Quecksilber ist in den Böden der Region Stuttgart überwiegend in geringen Hintergrundkonzentrationen vorhanden. Mit einem mittleren Gehalt von 0,1 mg/kg und einem 90. Perzentil von 0,3 mg/kg unterschreitet der überwiegende Anteil der Proben den Vorsorgewert der BBodSchV für die Hauptbodenart Lehm/Schluff. Nur wenige Proben sind durch hohe Quecksilbergehalte charakterisiert, was sich im Maximalwert von 28 mg/kg ausdrückt (Tab 4.1.7-1). Der Überschwemmungseinfluss ist nicht ausgeprägt. Der mittlere Gehalt von 0,13 mg/kg und das 90. Perzentil von 0,4 mg/kg in Überschwemmungsgebieten liegen auf einem vergleichbaren Niveau mit den Gehalten der Böden ohne Überschwemmungseinfluss.

Die regionalen mittleren Hintergrundwerte (Mediane) liegen nutzungsübergreifend bei rund 0,1 mg/kg und entsprechen damit den landesweiten Hintergrundwerten. Anhand der 90. Perzentile und der Maximalwerte lassen sich die einzelnen Nutzungen in zwei große Gruppen zusammenfassen. Die Acker-, Grünland- und Waldböden sind mit Werten zwischen 0,2 und 0,3 mg/kg unauffällig.

Im Gegensatz dazu sind moderate Anreicherungen in Böden der Sonderkulturen und der Siedlungsböden zu verzeichnen, die jedoch mit maximal 0,77 mg/kg auf einem unkritisch niedrigen Niveau liegen.

In den Landkreisen treten überwiegend Quecksilbergehalte bis 0,5 mg/kg auf. In der Stadt Stuttgart kommen häufiger Gehalte bis 1 mg/kg hinzu. Höhere Gehalte werden nur an einzelnen Bodenmessstellen beobachtet (Karte Abb. 4.1.7-1). Anhand der vorliegenden Messwerte können Gefahren in den Wirkungspfaden Boden-Mensch und Boden-Pflanze ausgeschlossen werden (Tab. A.4.1-1).

Tab. 4.1.7-1: Statistische Kennwerte der Quecksilbergehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2047	<BG	0,05	0,10	0,20	0,30	28,00	405
Überschwemmungseinfluss	mit	170	<BG	0,05	0,13	0,20	2,71	130
	ohne	1877	<BG	0,05	0,10	0,20	28,00	421
Sonderkulturen**	82	<BG	0,05	0,13	0,19	0,38	0,66	81
Acker**	1236	0,03	0,05	0,10	0,11	0,16	0,20	37
Grünland**	152	<BG	0,04	0,09	0,10	0,20	0,30	71
Wald**	68	<BG	0,03	0,10	0,11	0,20	0,20	53
Kinderspielflächen**	13	<BG	0,05	0,11	0,21	0,48	0,50	83
Haus-/Kleingärten**	130	<BG	0,07	0,20	0,26	0,53	0,77	70
Park-/Freizeitanlagen**	105	<BG	0,05	0,16	0,20	0,44	0,70	79
Industrie u. Gewerbe**	11	<BG	0,01	0,09	0,11	0,23	0,28	77
Sonstige Nutzungen**	72	<BG	0,07	0,12	0,17	0,33	0,58	71

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

Nickel (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Ni)

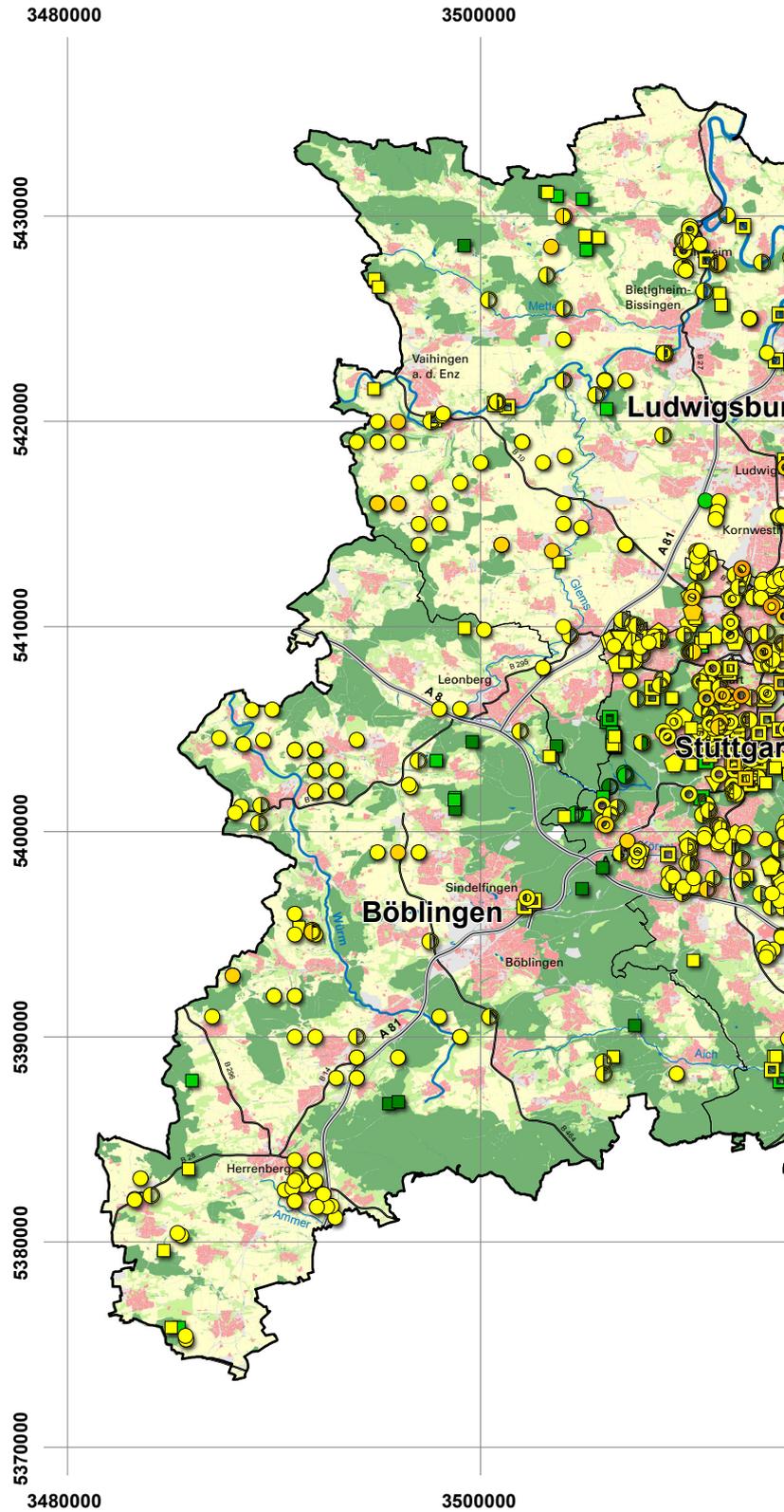
- Acker
- ⊙ Grünland
- Wald
- ⊙ Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Nickelgehalt [mg/kg]

- < 7,5
- 7,5 - < 15
- 15 - < 50
- 50 - < 70
- 70 - < 140
- 140 - < 350
- 350 - < 900
- 900 - < 1900
- ≥ 1900

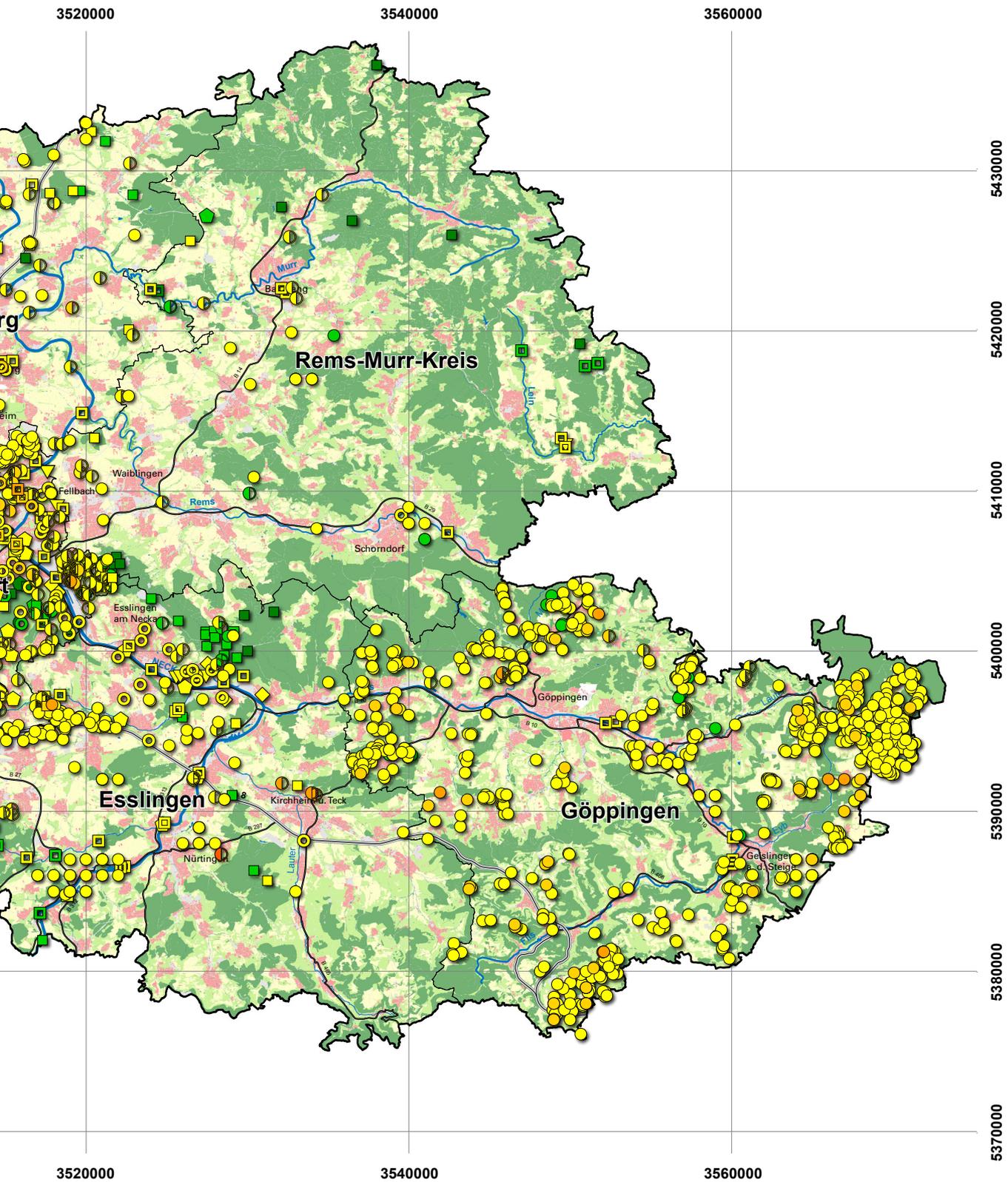
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

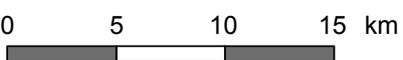
Abb. 4.1.6-1: Nickelgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Quecksilber (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Hg)

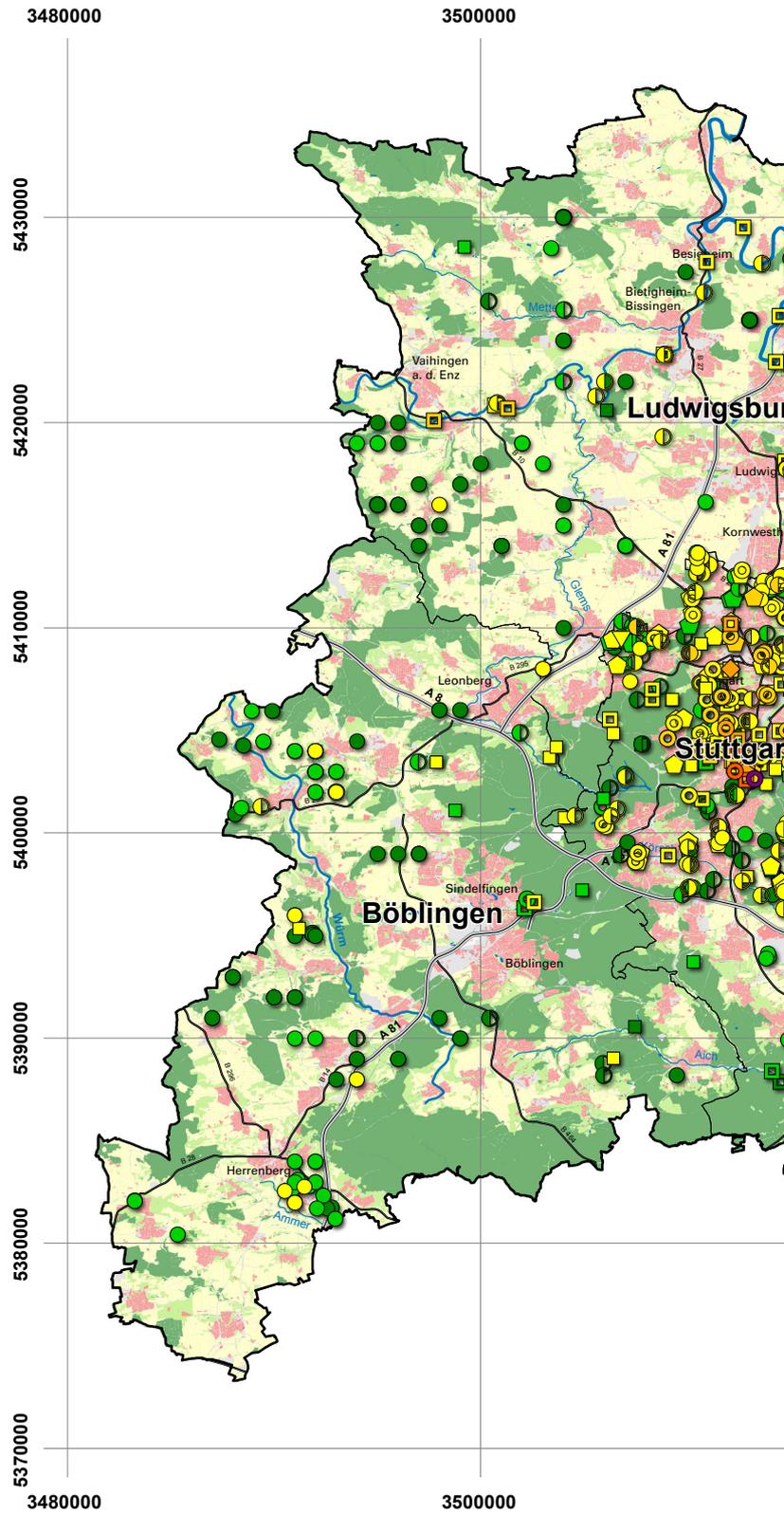
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Quecksilbergehalt [mg/kg]

- < 0,05
- 0,05 - < 0,1
- 0,1 - < 0,5
- 0,5 - < 1,0
- 1,0 - < 2,0
- 2,0 - < 5,0
- 5,0 - < 10,0
- 10,0 - < 20,0
- ≥ 20,0

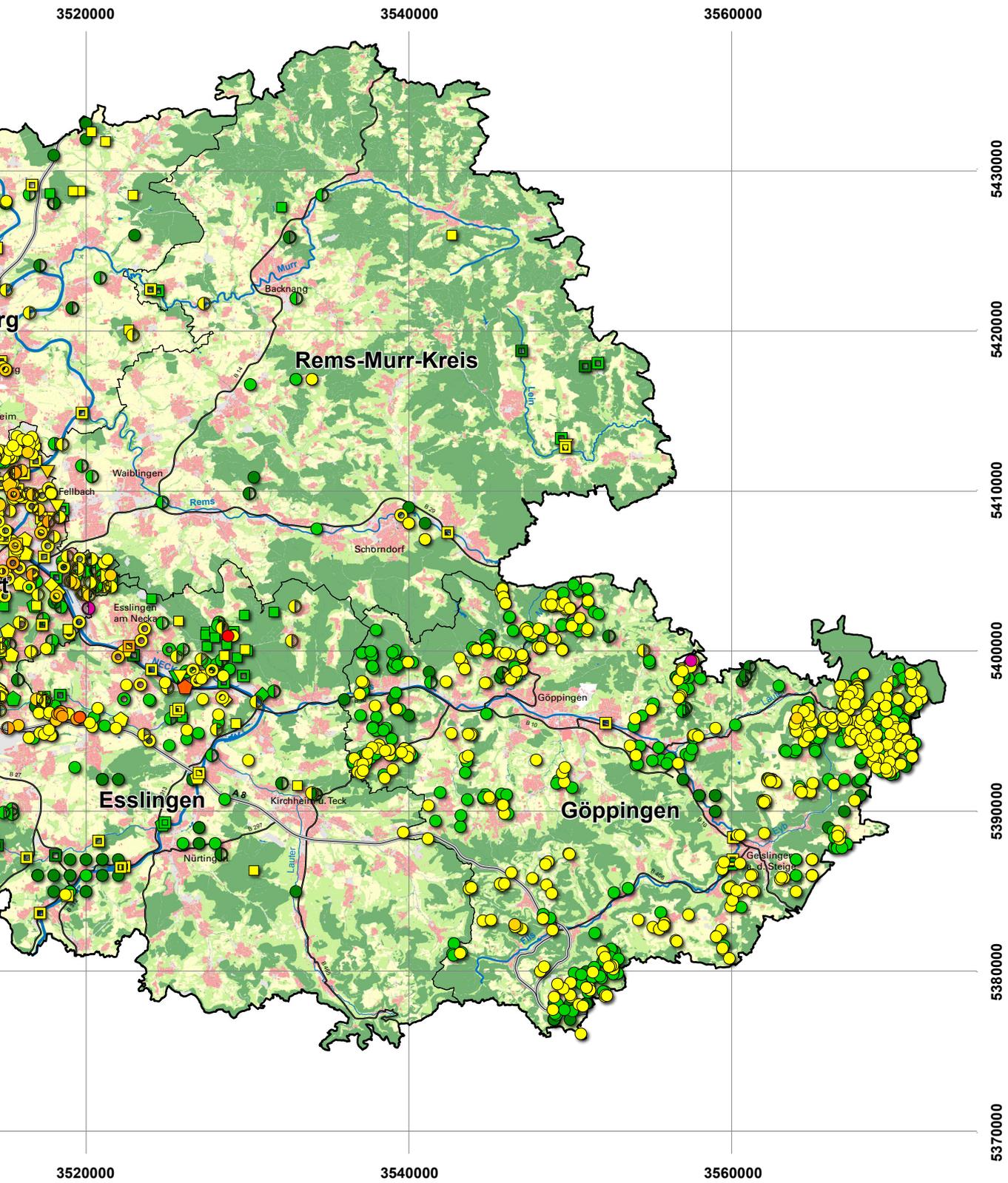
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- === Bundesautobahn
- Bundesstraße

Abb. 4.1.7-1: Quecksilbergehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.8 Thallium

Der Thalliumgehalt der Oberböden in der Region Stuttgart ist mit wenigen Ausnahmen unauffällig. Der 90. Perzentilwert liegt bei ca. 0,3 mg/kg. Der Median aller validen Messwerte beträgt 0,16 mg/kg. Ein Überschwemmungseinfluss ist nicht nachweisbar.

Die nutzungsspezifischen regionalen Hintergrundwerte (Mediane in Tab. 4.1.8-1) für Acker, Grünland und Wald entsprechen den landesweiten Werten. Dagegen liegen die regionalen 90. Perzentile deutlich unter den landesweiten Vergleichswerten.

Im Vergleich zum Z0-Wert der VwV Boden für die Hauptbodenart Lehm/Schluff von 0,7 mg/kg sind nahezu alle Messwerte niedriger (Tab. A.4.1-1). Dies spricht insgesamt für ein niedriges Niveau der Thalliumgehalte in der Region (Karte Abb. 4.1.8-1). Die wenigen Bodenmessstellen mit höheren Thalliumgehalten in Oberböden korrespondieren mit gleichzeitig erhöhten Gehalten auch in den Unterböden, was auf einen geogenen Einfluss hindeutet (Kap. 4.2).

Tab. 4.1.8-1: Statistische Kennwerte der Thalliumgehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*	
Gesamt	782	<BG	<BG	0,16	0,24	0,31	30,00	465	
Überschwemmungseinfluss	mit	82	<BG	<BG	0,10	0,14	0,29	0,58	79
	ohne	700	<BG	<BG	0,17	0,25	0,33	30,00	469
Sonderkulturen**	68	<BG	<BG	<BG	0,08	0,30	0,43	154	
Acker**	72	0,05	0,10	0,18	0,18	0,26	0,34	34	
Grünland**	139	<BG	<BG	0,17	0,18	0,30	0,60	76	
Wald**	65	<BG	0,10	0,15	0,16	0,28	0,30	47	
Kinderspielflächen**	8	<BG	0,10	0,23	0,21	0,31	0,37	53	
Haus-/Kleingärten**	64	<BG	<BG	0,14	0,14	0,32	0,46	94	
Park-/Freizeitanlagen**	47	<BG	0,02	0,18	0,18	0,29	0,36	54	
Industrie u. Gewerbe**	8	<BG	<BG	0,05	0,06	0,13	0,14	111	
Sonstige Nutzungen**	37	<BG	<BG	<BG	0,05	0,19	0,41	199	

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

4.1.9 Zink

In der Region Stuttgart werden mittlere Zinkgehalte von 85 mg/kg angetroffen. In Überschwemmungsgebieten liegen sie im Mittel bei 99 mg/kg, außerhalb bei 84 mg/kg (Tab. 4.1.9-1).

Zwischen den einzelnen Nutzungsgruppen treten deutliche Unterschiede auf. Die Mediane für Sonderkulturen, Acker, Grünland und Kinderspielflächen betragen rund 80 mg/kg. Für diese Nutzungsgruppen werden 90. Perzentile zwischen 130 und 180 mg/kg ermittelt.

Im Gegensatz dazu sind Haus-/Kleingärten, Park-/Freizeitanlagen und sonstige Nutzungen durch Mediane zwischen 100 und 200 mg/kg sowie 90. Perzentile zwischen 300 und 666 mg/kg gekennzeichnet. Darin drückt sich ein insgesamt deutlich höheres Belastungsniveau bei Siedlungsböden aus.

Die Waldböden weisen insgesamt niedrigere Zinkgehalte auf. Der Grund besteht in der versauerungsbedingt erhöhten Zinkauswaschung aus dem Oberboden.

Im Vergleich zu den landesweiten Hintergrundwerten für Acker, Grünland und Wald sind die regionalen Hintergrundwerte bei Zink um ca. 10 bis 20 mg/kg erhöht.

Jedoch wird dabei der Vorsorgewert für die Bodenartenhauptgruppe Schluff/Lehm der BBodSchV von 150 mg/kg nicht überschritten⁶ (Tab. A.4.1-1). Gleichwohl ist bei der Verwertung von Bodenmaterial auf landwirtschaftlichen Böden die Einhaltung von maximal 70% des Vorsorgewertes (für Lehm-/Schluffböden $150 \text{ mg/kg} \cdot 0,7 = 105 \text{ mg/kg}$) entsprechend den Anforderungen des §12 BBodSchV zu beachten.

Überschreitungen des Vorsorgewertes von 150 mg/kg für die Lehm-/Schluffgruppe werden insbesondere in der Stadt Stuttgart angetroffen (Karte Abb. 4.1.9-1), kommen aber auch vereinzelt in den Landkreisen vor. Bei der Interpretation der Zinkgehalte von Siedlungsböden ist zu beachten, dass der Wirkungspfad Boden-Mensch bei Zink nicht relevant ist und insoweit die BBodSchV keine Prüfwerte enthält.

Die Beurteilung des Wirkungspfads Boden-Pflanze erfolgt in Kap. 4.3 und Karte Abb. A.4.3.1-5.

Tab. 4.1.9-1: Statistische Kennwerte der Zinkgehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	2253	<BG	49,0	85,0	122,6	198,4	1901,0	115
Überschwemmungseinfluss	mit	186	22,0	53,5	99,0	140,1	1330,0	101
	ohne	2067	<BG	49,0	84,0	121,0	1901,0	117
Sonderkulturen**	94	41,0	57,3	87,0	103,4	173,8	305,0	50
Acker**	1364	14,0	54,0	81,0	86,4	129,0	175,0	34
Grünland**	172	17,8	48,0	80,5	89,5	153,0	200,0	45
Wald**	144	11,0	17,3	44,0	44,7	77,2	112,0	52
Kinderspielflächen**	11	34,0	39,0	80,5	101,7	182,5	183,0	53
Haus-/Kleingärten**	152	22,0	86,6	218,5	298,8	666,1	950,0	74
Park-/Freizeitanlagen**	114	22,0	49,0	128,5	152,8	300,0	430,0	67
Industrie u. Gewerbe**	12	40,8	54,0	67,8	91,2	159,5	185,0	51
Sonstige Nutzungen**	80	<BG	38,9	103,0	159,7	359,3	560,0	90

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

⁶ Die geringfügige Abweichung des 90. Perzentils auf Grünland von 153 mg/kg bleibt ohne vollzugspraktische Relevanz.

Thallium (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (TI)

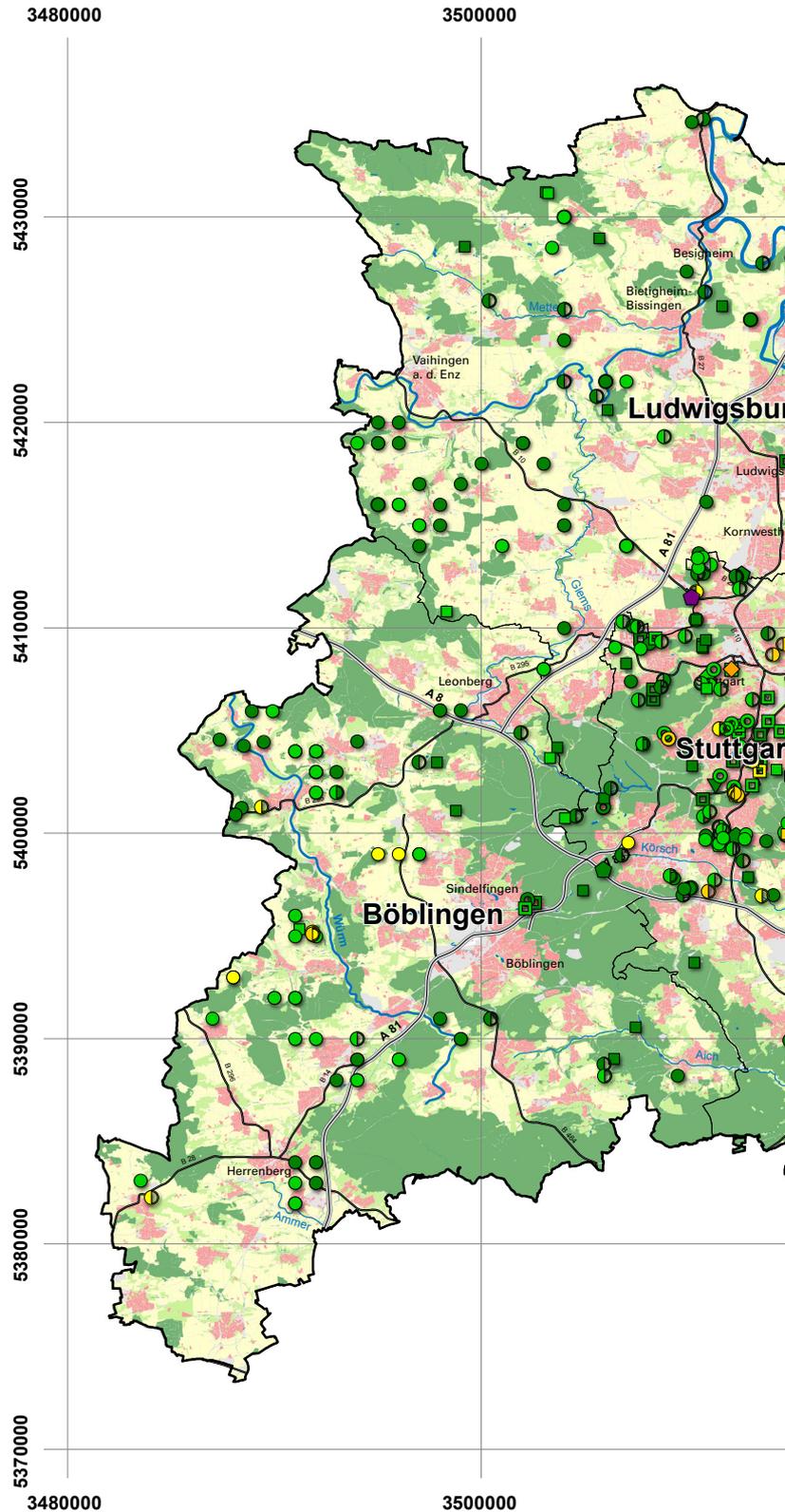
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Thalliumgehalt [mg/kg]

- < 0,2
- 0,2 - < 0,4
- 0,4 - < 0,7
- 0,7 - < 1,0
- 1,0 - < 2,1
- 2,1 - < 3,5
- 3,5 - < 7,0
- 7,0 - < 15,0
- ≥ 15,0

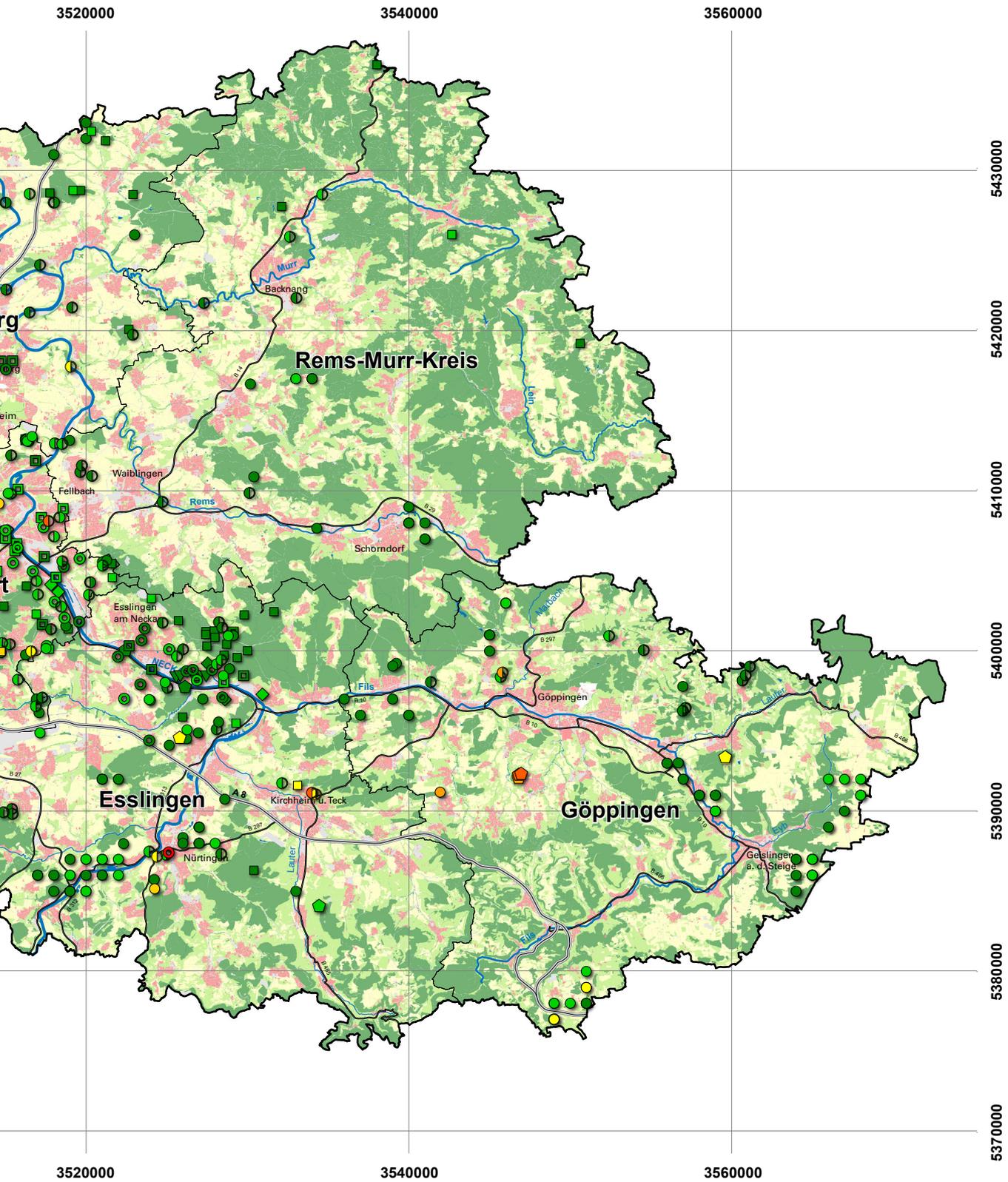
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

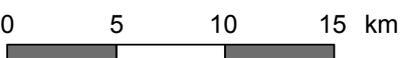
Abb. 4.1.8-1: Thalliumgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Zink (Königswasserextrakt)

Bodennutzung (Zn)

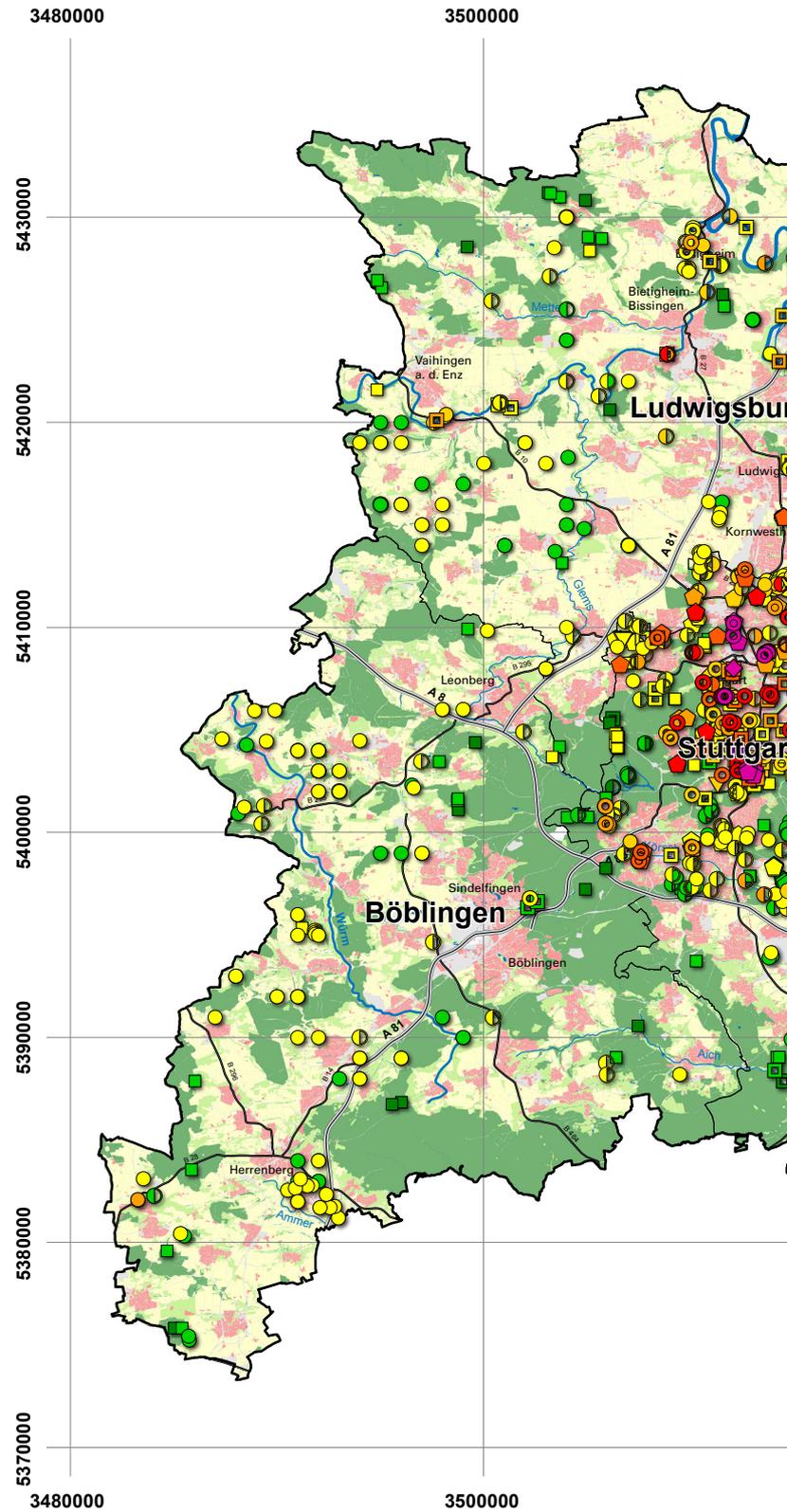
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Zinkgehalt [mg/kg]

- < 30
- 30 - < 60
- 60 - < 150
- 150 - < 200
- 200 - < 300
- 300 - < 450
- 450 - < 750
- 750 - < 1500
- ≥ 1500

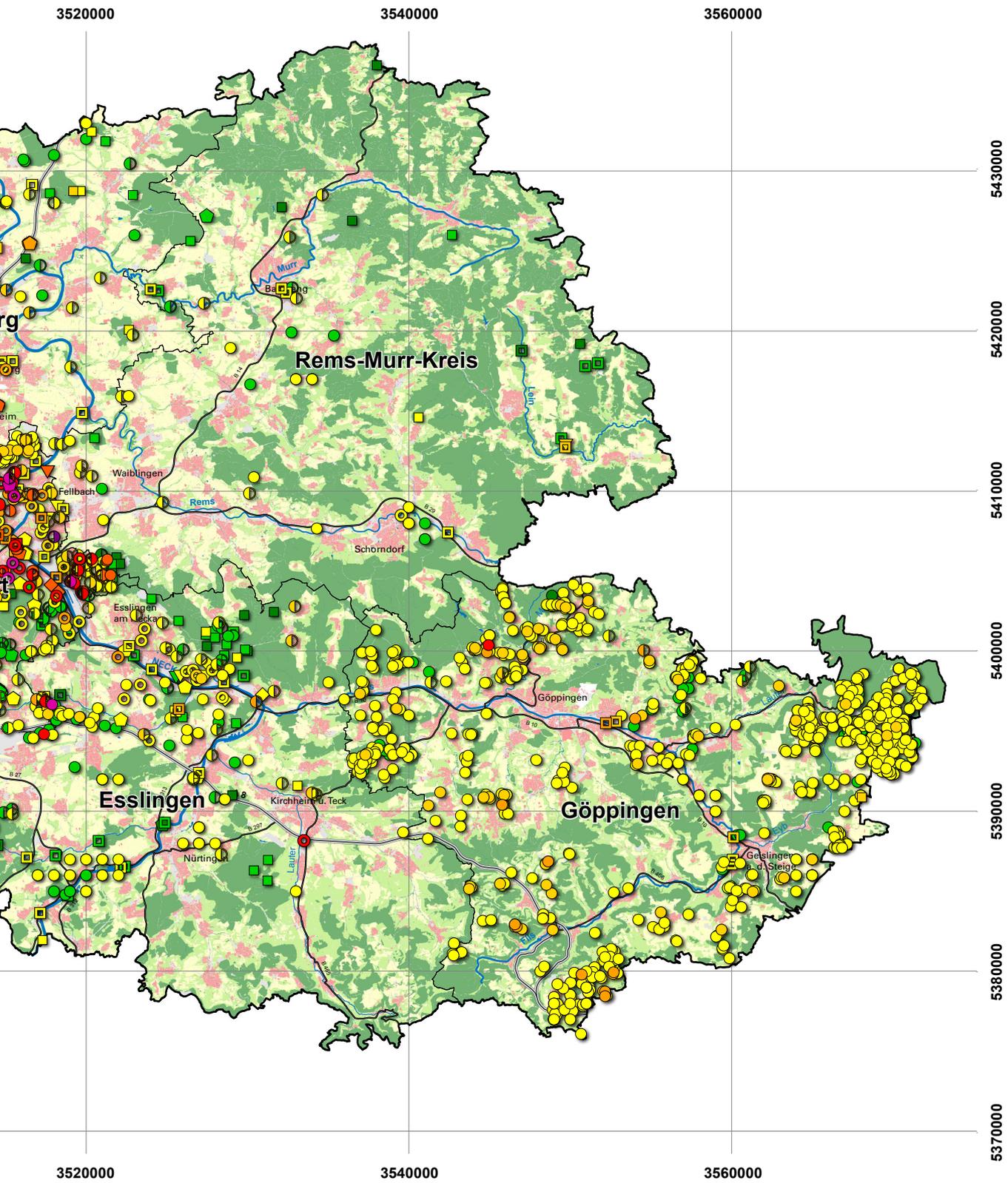
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- === Bundesautobahn
- Bundesstraße

Abb. 4.1.9-1: Zinkgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



4.1.10 Zusammenfassung der Ergebnisse zu anorganischen Schadstoffen in Oberböden

Die Schadstoffsituation in den Oberböden der Region Stuttgart ist bei allen Hauptnutzungsformen (Acker, Grünland, Wald) weitgehend unproblematisch. Meist werden die Vorsorgewerte der BBodSchV oder die Zuordnungswerte Z₀ der VwV Boden (As, Tl) unterschritten.

Dennoch sind anhand der Spurenstoffgehalte der Böden Nutzungs- und Substrateinflüsse erkennbar. In Tab. 4.1.10-1 sind die Oberbodengehalte nach der Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Vorsorge- oder Zuordnungswerte klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt sowohl mit als auch ohne statistische Ausreißerwerte. Die Klassifizierungen ohne Ausreißerwerte sind für die Region Stuttgart räumlich repräsentativ. Einschränkungen aufgrund des unterschiedlichen thematischen Hintergrunds der einzelnen Bodenbeprobungen sind jedoch zu beachten (Kap. 4, „Zur Repräsentativität der Bodendaten“). Im Gegensatz dazu spiegeln die Klassifizierungen mit Ausreißerwerten die Schadstoffsituation unter Berücksichtigung lokaler, nicht für die gesamte Region repräsentativer Belastungen wider. Es wird deutlich, dass die Ausreißer meist zu einer schlechteren Klassifizierung nach Bodennutzungen innerhalb des Gesamtdatensatzes führen. Das bedeutet für den Bodenschutzvollzug - liegen im zu beurteilenden Einzelfall Hinweise auf spezifische Belastungsursachen vor, gelten die hier vorgenommenen Bewertungen auf Grundlage der repräsentativen Messergebnisse nicht.

Betrachtet man die klassifizierten Schadstoffgehalte der Oberböden in der Region Stuttgart (Tab. 4.1.10-1), so fällt auf, dass lediglich auf Acker- und Waldflächen Überschreitungen der Vorsorge- und/oder Zuordnungswerte unwahrscheinlich sind, denn nur maximal 10% der Messwerte überschreiten diese Werte. Eine Ausnahme liegt bei Arsen vor, das auf Ackerland häufiger den Zuordnungswert Z₀ der VwV Boden überschreitet.

Auf Grünlandflächen dagegen werden bei Arsen, Cadmium, Kupfer und Zink verbreitet Überschreitungen angetroffen. Auch bei den Sonderkulturen sind die Gehalte an Cadmium, Kupfer, Blei und Zink auffällig. Während erhöhte Cadmium- und Bleigehalte im Oberboden auf das umfangreiche Datenkollektiv durch frühere industrielle Emissionen zurückgeführt werden können (Kap. 4.1.2 u. 4.1.7), resultieren die Überschreitungen des Vorsorgewerts bei Kupfer aus dem Einsatz kupferhaltiger Fungizide im Weinbau.

Für die Siedlungsnutzungen Kinderspielflächen und Industrie/ Gewerbe sind keine repräsentativen Beurteilungen für die gesamte Region Stuttgart möglich, weil hier zu wenig valide Ergebnisse vorliegen (N < 20). Zumindest die vorhandenen Daten geben keinen Anlass zur Besorgnis, dass unter diesen Nutzungen vermehrt Überschreitungen der Vorsorge- bzw. Zuordnungswerte auftreten könnten. In Haus-/ Kleingärten treten Überschreitungen bei allen anorganischen Schadstoffen, mit Ausnahme von Nickel und Thallium, häufig auf. Die Cadmium- und Bleigehalte sind, wie bei den Sonderkulturen, auch bei den Haus-/ Kleingärten durch den Belastungsfall beeinflusst (s. o.). Die Überschreitungen bei den anderen Schwermetallen werden wahrscheinlich auf den erhöhten ubiquitären Schadstoffeintrag durch diffuse Emissionen vor allem über den Luftpfad in der Umgebung stärker besiedelter und industrialisierter Räume zurückzuführen sein, wobei nutzungsbedingte Einträge durch Düngung und/oder Pflanzenschutz hinzukommen. Auch die in Park- und Freizeitanlagen häufigen Überschreitungen der Vorsorgewerte für Cadmium, Chrom, Kupfer, Blei und Zink dürften auf erhöhte ubiquitäre Einträge zurückzuführen sein.

Schadstoffeinträge in Auenböden durch Überschwemmung werden durch Vergleich der Bewertungsergebnisse für die Überschwemmungsgebiete mit denen von Gebieten ohne Überschwemmungseinfluss deutlich (Tab. 4.1.10-1). In Überschwemmungsgebieten werden häufig Überschreitungen bei Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Blei und Zink beobachtet, außerhalb nur bei Arsen.

Geogene Einflüsse der Schadstoffgehalte in Oberböden werden in Tab. 4.1.10-2 behandelt⁷. Die Oberböden auf den bodenbildenden Ausgangssubstraten der geologischen Einheiten Sandsteinkeuper und Unterkeuper zeichnen sich verbreitet durch überschrittene Vorsorge- oder Zuordnungswerte aus, lediglich die Thalliumgehalte liegen durchweg unter den landesweiten Vergleichswerten. Überschrittene Vorsorge- und/oder Zuordnungswerte bei Sandsteinkeuper und Unterkeuper sind vorwiegend darauf zurückzuführen, dass zur Bewertung die niedrigen Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenartenhauptgruppe „Sand“ herangezogen wurden, weil auf diesen geologischen Einheiten Sand als verbreitete Bodenartenhauptgruppe vorliegt.

⁷ Die Differenzierung geologischer Einheiten folgt den Auswertungen des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. 9; LGRB. Die Klassifizierung wird nur für die geol. Einheiten vorgenommen, für die eine ausreichende Anzahl Oberbodendaten zur Verfügung steht.

Je nach Formation zeichnen sich auch die Unterböden im Verbreitungsgebiet des Sandsteinkeupers und des Unterkeupers durch vereinzelt bis häufig überschrittene Vorsorge- bzw. Zuordnungswerte aus (As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn; Kap. 4.2). Insofern prägen sich u.a. auch geogene Einflüsse in die Oberböden durch. Dazu tritt im Verbreitungsgebiet des Unterkeupers der Einfluss eines lokalen Belastungsfalls, der in der Statistik die Gehalte bei Blei und Cadmium in den Oberböden deutlich nach oben zieht (Kap. 4.1.2 u. 4.1.3). Bereinigt man den Gesamtdatensatz um die Messwerte aus der entsprechenden

Untersuchungskampagne, so zeigt sich, dass überschrittene Vorsorgewerte bei Blei oder Cadmium in der Regel nicht zu erwarten sind.

Das Datenkollektiv der Oberböden im Verbreitungsgebiet des Oberen Muschelkalks ist ebenfalls durch die Messdaten aus Besigheim beeinflusst, was zu häufig überschrittenen Vorsorgewerten bei Cadmium führt. Betrachtet man die Daten für Cadmium ohne die Werte aus dem Belastungsfall, wird der Vorsorgewert der BBodSchV selten überschritten.

Tab. 4.1.10-1: Bewertung der Gehalte anorganischer Schadstoffe in Oberböden der Region Stuttgart, klassifiziert nach Vorsorgewerten der BBodSchV bzw. Zuordnungswerten der VwV Boden (As, Tl) unter Berücksichtigung der Bodennutzung

Bodennutzungen		Anorganische Schadstoffe								
bzw. mit/ohne Überschwemmungseinfluss		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Überschwemmungsgebiet	(ohne Ausreißer)	0	+	0	0	--	--	+	--	0
	(mit Ausreißer)	0	+	0	0	-	-	+	--	+
Kein Überschwemmungsgebiet	(ohne Ausreißer)	0	-	-	-	--	-	-	--	-
	(mit Ausreißer)	0	0	0	0	-	-	0	-	0
Acker	(mit Ausreißer)	0	--	--	-	--	-	--	--	-
	(mit Ausreißer)	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Grünland	(ohne Ausreißer)	0	0	-	0	--	-	-	-	0
	(mit Ausreißer)	0	+	-	+	-	-	0	-	0
Sonderkulturen*	(ohne Ausreißer)	-	+	-	++	-	-	0	--	0
	(mit Ausreißer)	0	+	0	++	0	-	+	-	+
Wald**	(ohne Ausreißer)	--	--	--	--	--	--	-	--	--
	(mit Ausreißer)	-	-	-	-	--	-	-	-	-
Kinderspielflächen	(ohne Ausreißer)	--	--	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(-)	(0)
	(mit Ausreißer)	0	-	--	+	-	--	+	0	+
Haus-/Kleingärten***	(ohne Ausreißer)	0	++	0	+	0	-	0	--	+
	(mit Ausreißer)	0	++	+	+	0	-	+	-	+
Park-/Freizeitanlagen	(ohne Ausreißer)	-	0	0	+	-	-	+	--	+
	(mit Ausreißer)	0	+	0	+	0	-	+	-	++
Industrie/Gewerbe	(ohne Ausreißer)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(0)	(-)	(0)
	(mit Ausreißer)	(-)	(-)	(-)	(0)	(-)	(-)	(0)	(-)	(0)

Bodenartenhauptgruppe und pH-Werte der Einzelbodenmessstellen sind nicht berücksichtigt. Stattdessen werden pauschal die Vorsorge-/Zuordnungswerte für die Bodenartenhauptgruppe „Lehm/Schluff“ sowie ein Boden-pH-Wert > 6 unterstellt.

- * Im Regelfall Rebflächen. Cd Besigheim: ++; Cd alle weiteren Daten: 0
- ** Für Cd, Ni, Pb und Zn wären im Regelfall die abgesenkten Vorsorgewerte heranzuziehen, weil die Waldböden stark versauert sind (Median pH 5); dies ist bei der tabellarischen Klassifizierung nicht berücksichtigt worden, weil nicht für alle Bodenmessstellen Informationen zum Boden-pH-Wert vorliegen. Im Übrigen sind die Vorsorgewerte bei Waldböden nicht unmittelbar bewertungsrelevant, weil Waldböden im Regelfall mehr als 8 % Humus enthalten.
- *** Cd Besigheim: ++; Cd alle weiteren Daten: +
- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > Maximalwert (Überschreitungen unwahrscheinlich)
- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
- ++ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert < 25. Perzentil (häufig überschritten)

Tab. 4.1.10-2: Bewertung der Gehalte anorganischer Schadstoffe in Oberböden der Region Stuttgart, klassifiziert nach Vorsorgewerten der BBodSchV bzw. Zuordnungswerten der VwV Boden (As, Tl) unter Berücksichtigung der Bodenartenhauptgruppe des bodenbildenden Ausgangssubstrats

Ausgangssubstrat (Geologische Einheit)		Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Auensedimente	(ohne Ausreißer)	u,l	0	+	-	0	--	-	+	--	0
	(mit Ausreißer)	u,l	0	+	0	+	-	-	+	-	0
Löss und Lösslehm	(ohne Ausreißer)	u,l	-	0	-	-	--	-	-	--	-
	(mit Ausreißer)	u,l	0	+	-	+	-	-	0	-	0
Oberjura	(mit Ausreißer)	t	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	(mit Ausreißer)	t	--	-	--	--	--	-	--	--	-
Mitteljura	(ohne Ausreißer)	t	(0)	--	--	--	--	--	--	(-)	-
	(mit Ausreißer)	t	(+)	-	-	--	-	-	--	(-)	-
Unterjura	(ohne Ausreißer)	t	0	--	-	--	--	--	--	--	-
	(mit Ausreißer)	t	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sandsteinkeuper	(ohne Ausreißer)	s	+	0	+	+	+	+	+	--	+
	(mit Ausreißer)	s	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Gipskeuper-Formation	(ohne Ausreißer)	t	-	-	--	+	--	--	0	--	+
	(mit Ausreißer)	t	-	0	-	+	-	--	0	-	+
Unterkeuper	(ohne Ausreißer)	s	+	+	++	++	0	++	0	--	+
	(mit Ausreißer)	s	+	+	++	++	+	++	+	-	+
Oberer Muschelkalk	(ohne Ausreißer)	t	-	+	--	--	--	--	-	--	-
	(mit Ausreißer)	t	-	+	-	-	--	-	-	--	-
Unterer/Mittl. Muschelkalk	(ohne Ausreißer)	t	--	--	--	--	--	--	--	(-)	--
	(mit Ausreißer)	t	0	--	--	-	--	--	--	--	--

- * nur Daten des Belastungsfalls: + ; alle weiteren Daten ohne Belastungsfall: -
 ** nur Daten des Belastungsfalls: ++ ; alle weiteren Daten ohne Belastungsfall: -
 -- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > Maximalwert (Überschreitungen unwahrscheinlich)
 - Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
 + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
 ++ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert < 25. Perzentil (häufig überschritten)

Im Gipskeuper treten häufig Überschreitungen des Kupfer-Vorsorgewerts auf, die auf den verbreiteten Weinbau auf den Böden dieser "geologischen Einheit" zurückgeführt werden können. Ob die Überschreitungen bei Blei und Zink geogenen Ursprungs und/oder anteilig als nutzungsbedingt einzustufen sind, kann anhand der vorhandenen Daten nicht sicher entschieden werden.

Geogenen Ursprungs sind dagegen die verbreiteten Überschreitungen des Zuordnungswerts Z0 bei Arsen im Verbreitungsgebiet des Mittel- und Unterjura. Auch in den Unterböden dieser geologischen Einheiten sind entsprechend erhöhte Arsengehalte festzustellen (Kap. 4.2.5 u. 4.2.6). Im Gegensatz

dazu spiegeln sich die ebenfalls in Unterböden dieser geologischen Einheiten zum Teil erhöhten Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Zink- und/oder Thalliumgehalte (Kap. 4.2) in den Oberböden nicht in der Deutlichkeit wie bei Arsen wider.

Die Oberböden über den Sedimenten der Talauen sind durch häufige Überschreitungen der Vorsorge- bzw. Zuordnungswerte bei Arsen, Cadmium, Kupfer, Blei und Zink gekennzeichnet. Hierin spiegelt sich vor allem die Zusammensetzung der vornehmlich durch Überschwemmungsereignisse im Verlauf von Jahrtausenden entstandenen und geprägten Auensedimente wider, geogene Einflüsse sind dabei in der regionsweiten Auswertung nicht erkennbar.

4.1.11 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Benzo(a)pyren [B(a)P]

Für die organischen Schadstoffe liegen insgesamt weit weniger Messwerte als bei den meisten Schwermetallen vor. Im Mittel ergibt sich für die Oberböden der Region Stuttgart ein PAK-Gehalt von 0,18 mg/kg.

Bei den PAK-Gehalten weichen die Mediane in und außerhalb von Überschwemmungsgebieten deutlich voneinander ab, während die Gehalte der 90. Perzentile vergleichbar sind. Ein klarer Trend ist aufgrund des im Vergleich mit den anorganischen Schadstoffen geringen Stichprobenumfangs der Proben aus Überschwemmungsgebieten jedoch nicht ableitbar (Tab. 4.1.11-1).

Tab. 4.1.11-1: Statistische Kennwerte der PAK-Gehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*	
Gesamt	221	<BG	<BG	0,183	1,44	3,01	57,70	337	
Überschwemmungseinfluss	mit	14	<BG	<BG	0,003	0,86	3,94	62,70	254
	ohne	207	<BG	<BG	0,250	1,47	3,00	57,70	337
Sonderkulturen**	2	<BG	-	-	1,83	-	3,66	-	
Acker**	74	<BG	<BG	0,35	0,46	1,06	1,75	98	
Grünland**	49	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	-	
Wald**	25	<BG	<BG	<BG	0,02	0,001	0,26	371	
Kinderspielflächen**	2	17,900	-	-	22,70	-	27,50	30	
Haus-/Kleingärten**	15	<BG	0,005	2,20	3,00	6,10	8,30	86	
Park-/Freizeitanlagen**	5	<BG	0,510	5,50	7,40	16,00	19,60	108	
Industrie u. Gewerbe**	-	-	-	-	-	-	-	-	
sonstige Nutzungen**	20	0,002	0,210	0,89	1,01	2,53	3,00	85	

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

Tab. 4.1.11-2: Statistische Kennwerte der B(a)P-Gehalte in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt	237	<BG	<BG	0,015	0,129	0,280	4,761	338
Überschwemmungseinfluss	mit	13	<BG	<BG	<BG	0,052	0,673	358
	ohne	224	<BG	<BG	0,023	0,133	0,285	4,761
Sonderkulturen**	2	<BG	-	-	0,15	-	0,31	-
Acker**	88	<BG	<BG	0,03	0,04	0,10	0,17	100
Grünland**	49	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	-
Wald**	27	<BG	<BG	<BG	0,004	0,009	0,065	316
Kinderspielflächen**	2	0,05	-	-	0,6	-	1,1	129
Haus-/Kleingärten**	15	<BG	0,044	0,21	0,32	0,62	1,1	93
Park-/Freizeitanlagen**	5	<BG	0,016	0,67	0,68	1,4	1,7	104
Industrie u. Gewerbe**	-	-	-	-	-	-	-	-
sonstige Nutzungen**	20	<BG	0,005	0,052	0,071	0,196	0,240	98

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

BG = analytische Bestimmungsgrenze

PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe nach EPA)

Bodennutzung (PAK)

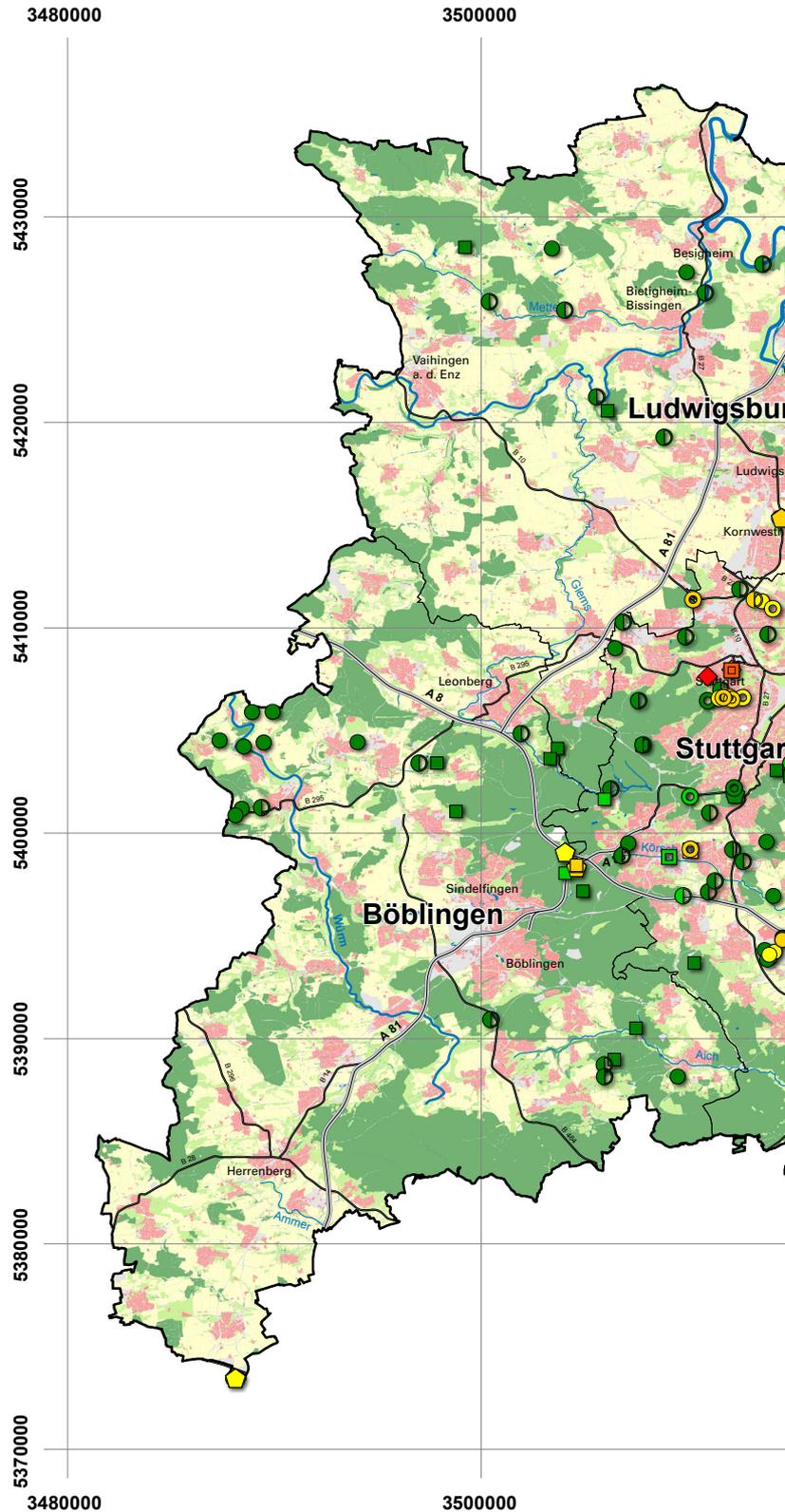
- Acker
- ⊙ Grünland
- Wald
- ⊙ Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

PAK-Gehalt
[mg/kg]

- < 0,75
- 0,75 - < 1,5
- 1,5 - < 3,0
- 3,0 - < 10
- 10 - < 15
- 15 - < 25
- 25 - < 50
- 50 - < 75
- ≥ 75

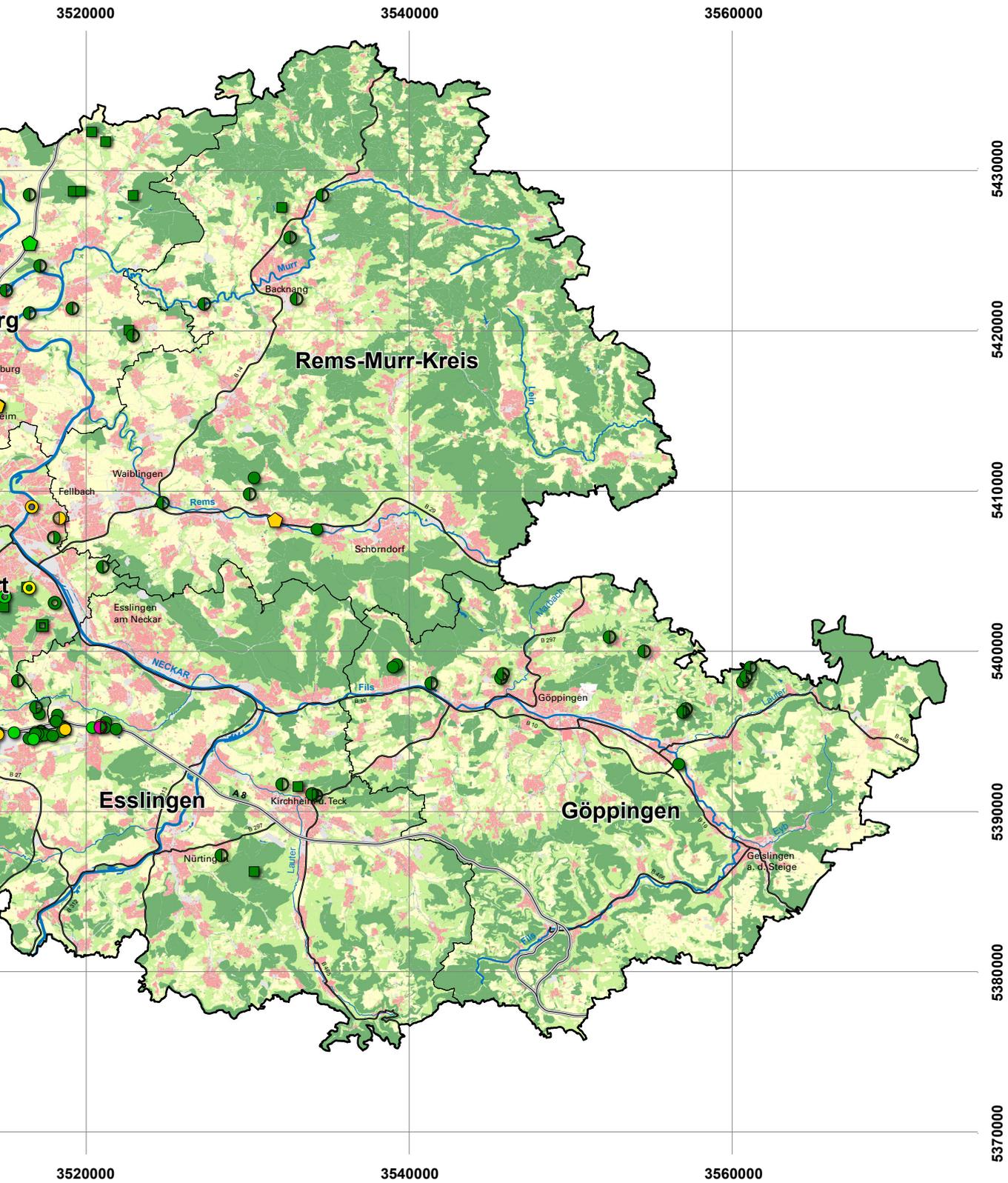
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

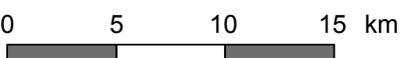
Abb. 4.1.11-1: PAK-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1.11-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Benzo(a)pyren

Bodennutzung (B(a)p)

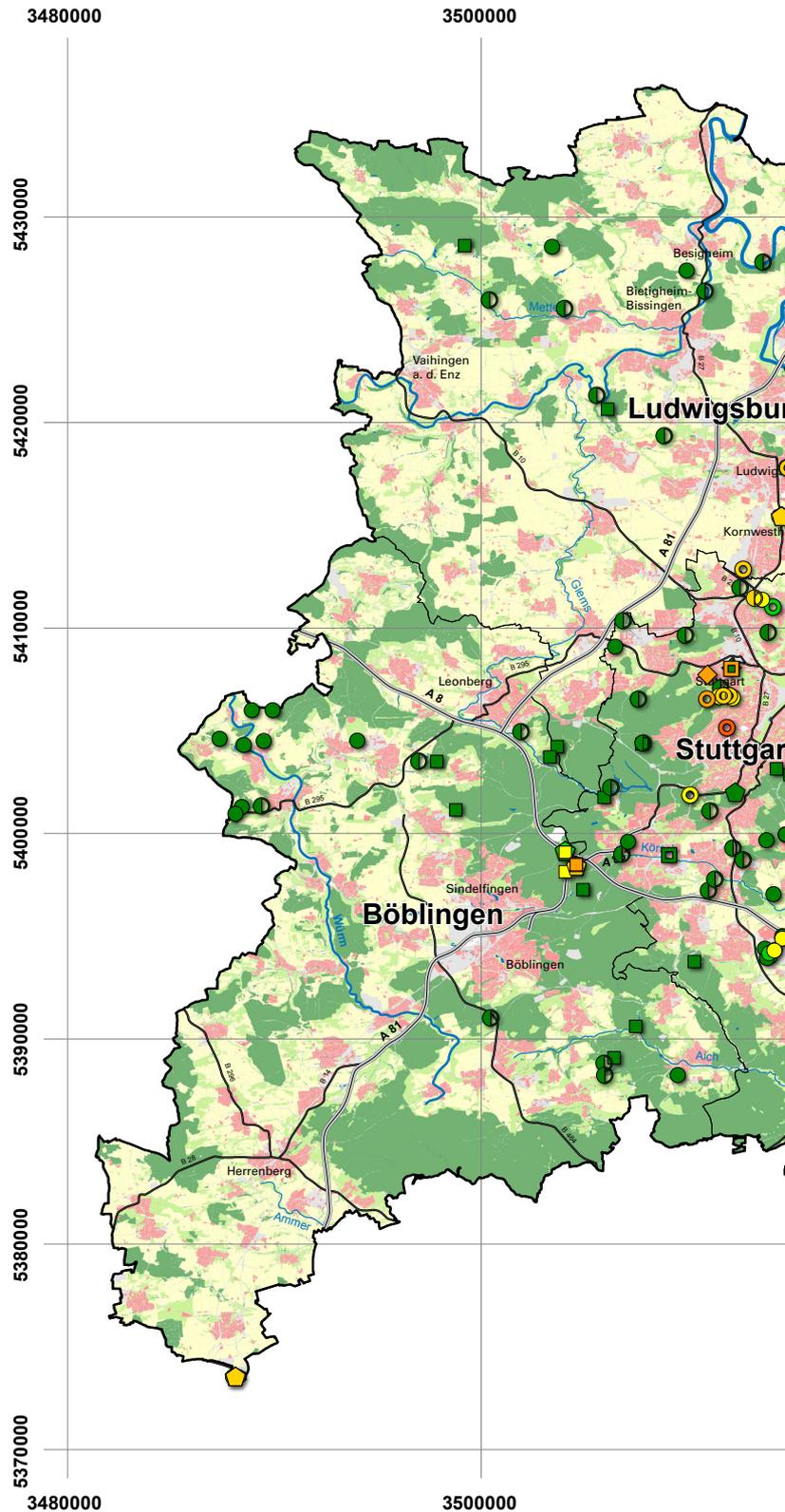
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Benzo(a)pyren-Gehalt [mg/kg]

- < 0,075
- 0,075 - < 0,15
- 0,15 - < 0,3
- 0,3 - < 1,0
- 1,0 - < 2,0
- 2,0 - < 4,0
- 4,0 - < 10,0
- 10,0 - < 12,0
- ≥ 12,0

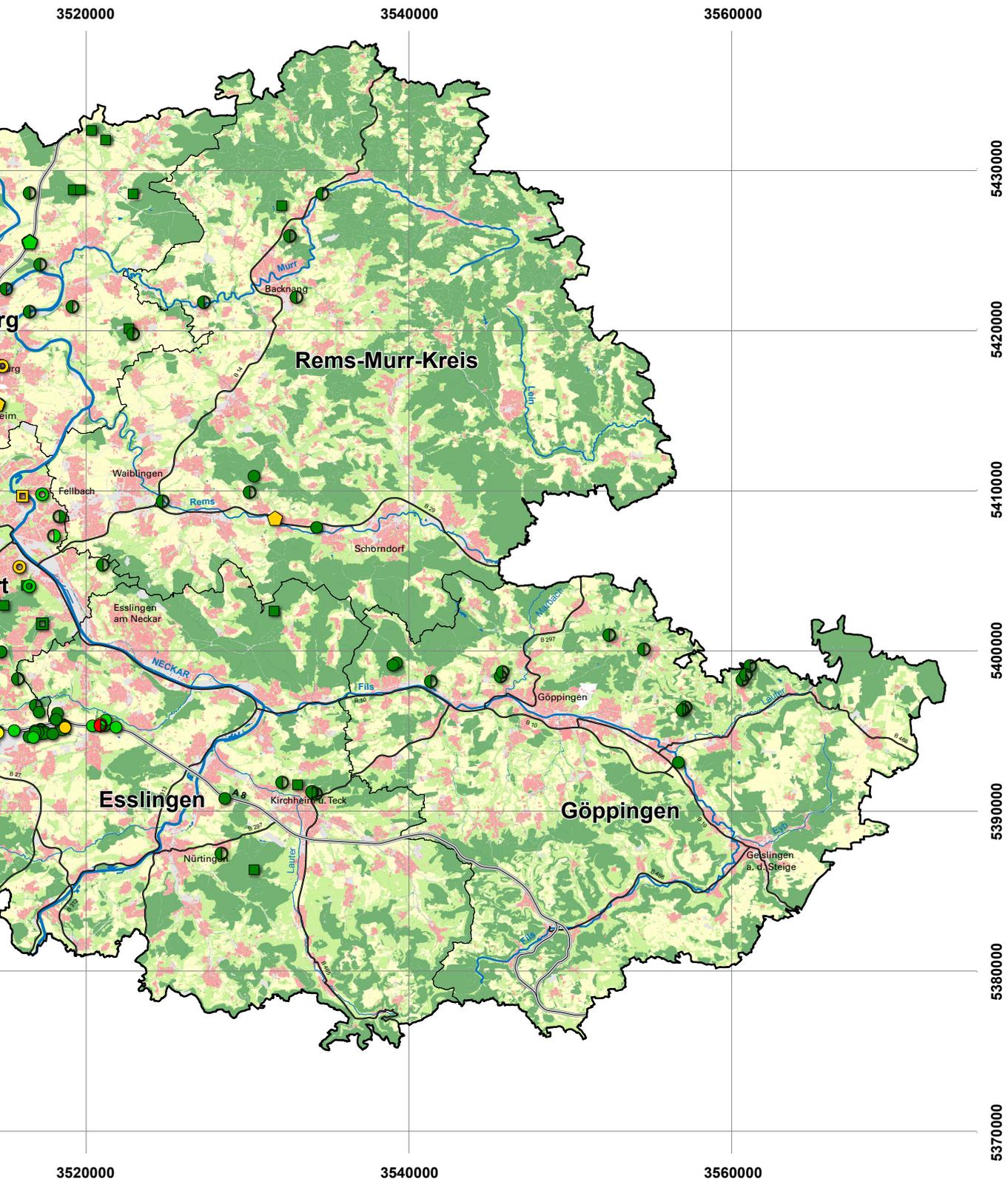
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiengrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- ≡ Bundesautobahn
- ≡ Bundesstraße

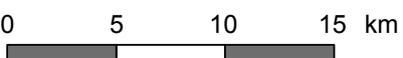
Abb. 4.1.11-2: Benzo(a)pyren-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungs- [BBodSchV] und Zuordnungswerte [VwV Boden] siehe Tab. A.4.1.11-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Auch die nutzungsspezifischen Unterschiede der statistischen Kennwerte (Tab. 4.1.11-1) sind aufgrund der geringen Stichprobenumfänge nicht als repräsentativ anzusehen. Gleichwohl fällt auf, dass Acker-, Grünland- und Waldböden häufig geringe PAK-Gehalte unter der analytischen Bestimmungsgrenze aufweisen.

Höhere PAK-Gehalte deuten sich für die Siedlungsböden an, was mit den typischen siedlungsbedingten Emissionen u.a. aus Gewerbebetrieben und durch den Hausbrand in Verbindung gebracht werden kann.

Die korrespondierenden B(a)P-Gehalte betragen im Durchschnitt rund 10% des PAK-Gehalts in den jeweiligen Bodenproben, was dem durchschnittlichen Trend auch in anderen regionalen oder landesweiten Datensätzen von unspezifisch belasteten Böden entspricht. Die ermittelten B(a)P-Gehalte überschreiten vereinzelt den Vorsorgewert der BBodSchV, jedoch in keinem Fall die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch. Auch den Prüfwert für den Wirkungspfad Boden – Pflanze überschreiten die von Ackerflächen vorliegenden Messwerte nicht (Tab. 4.1.11-2; Tab. A.4.1.11-1).

Die Ableitung regionaler Verteilungsmuster der PAK- und B(a)P-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart ist anhand des vorliegenden Datensatzes nicht möglich, weil die Bodenmessstellendichte bei diesen Parametern zu gering ist (Karten Abb. 4.1.11-1 und -2).

4.2 Unterböden

Zur Beurteilung der Stoffgehalte der Unterböden standen insgesamt 632 Standorte mit 1893 Datensätzen zur Verfügung⁸. Nahezu alle Standorte liegen in der Region Stuttgart. Bei den Musterprofilaten des LGRB wurden einige wenige Standorte, die nur wenig außerhalb der Region liegen, aber für die Böden der Region sehr typisch sind, mit berücksichtigt.

Der Begriff „Unterboden“ umfasst in der vorliegenden Auswertung Unterböden im bodenkundlichen Sinn sowie den (meist) angewitterten Gesteinsuntergrund bis zu einer Tiefe von ca. 100 bis 150 cm unter Flur. Die Daten stellen somit einen Lückenschluss zwischen den Stoffgehalten in Oberböden und den Spurenstoff-Daten für die Fest- oder Lockergesteine dar [LGRB-Karten 1:300 000 - "Geogene Grundgehalte (Hintergrundwerte) in den petrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg"].

Stoffgehalte in Auensedimenten spiegeln nicht nur die Geologie der Gesteine in ihren Einzugsgebieten wider, sondern sie sind verbreitet auch anthropogen überprägt. Talauen wurden zu bevorzugten Standorten des produzierenden Gewerbes, von Gerbereien bis zu Betrieben der Metall verarbeitenden und chemischen Industrie. Hinzu kommt, dass die historische Siedlungsentwässerung ohne bzw. nur mit unzulänglichen Kläranlagen betrieben wurde.

Für den Bodenschutzvollzug ist insbesondere von Interesse, ob sich aus den vorliegenden Daten von Unterböden Hinweise auf überschrittene Vorsorge- oder Zuordnungswerte ergeben, die mit bestimmten "geologischen Formationen" in Verbindung gebracht werden können. Bei Überschreitungen ist entsprechend den Anforderungen des §12 BBodSchV zu berücksichtigen, dass bei der bodenbezogenen Verwertung von Bodenaushub keine Verschlechterung der Schadstoffsituation am Ort der Aufbringung verursacht wird. Für Arsen und Thallium werden auch bei den Unterböden aufgrund fehlender Vorsorgewerte in der BBodSchV die Zuordnungswerte Z0 der VwV Boden zur Beurteilung herangezogen.

Die nachstehenden Auswertungen beziehen sich auf geologische Einheiten. Sie wurden nach stratigraphischen und petrografischen Gesichtspunkten so gewählt, dass ihre Probenanzahl für statistische Aussagen ausreichen und dass sie für den Themenbereich Schwermetalle eine sinnvolle Untergliederung ergeben. Außerdem sollen sie für den Verwaltungsvollzug sinnvolle Angaben liefern und eine Zuordnung über Lagekoordinaten ermöglichen. Einen Überblick über die geologischen Einheiten vermittelt die Karte Abb. 2.2-1. Bei der Beschreibung der diversen geologischen Einheiten (Kap. 4.2.1 bis 4.2-12) wäre die jeweils korrekte Bezeichnung „Unterböden im Verbreitungsgebiet der Gesteine / Lockersedimente der jeweils betreffenden geologischen Formation. Stattdessen werden vereinfachend nur die geologischen Begriffe verwendet.

Die in räumlicher Annäherung an den Siedlungsbereich v.a. der Landeshauptstadt Stuttgart liegenden, anthropogen veränderten Standorte wurden für statistische Auswertungen separat als „Auffüllungen“ zusammengefasst. An diesen Standorten spiegelt die Schadstoffsituation nur noch bedingt den geogenen Einfluss wider. Anhand der vorliegenden rund 50 Datensätze zeichnet sich ab, dass im Regelfall die Schwermetallgehalte der Auffüllungen über den Vorsorge- oder Zuordnungswerten Z0 liegen, sodass bei der Verwertung des Bodenaushubs den bodenschutzfachlichen Vorsorgeanforderungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist.

⁸ Dem Kapitel liegt eine Auswertung des Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB „Stoffgehalte in Unterböden“ zugrunde.

4.2.1 Auensedimente und Flussschotter

Die untersuchten Auensedimente (Abb. 4.2.1-1) sind überwiegend unbelastet. Lediglich im Albvorland sind die Arsengehalte durch häufige Überschreitungen des Zuordnungswerts Z0 gekennzeichnet (Tab. 4.2.1-1 u. -2).

An der Murr treten Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV bei den Elementen Blei und Chrom auf, an der Enz bei den Elementen Kupfer, Zink und Cadmium. In sonstigen nicht weiter differenzierten Auen werden der Zuordnungswert Z0 für Arsen verbreitet sowie teilweise die Vorsorgewerte für Chrom und Zink überschritten (Tab. 4.2.1-1).

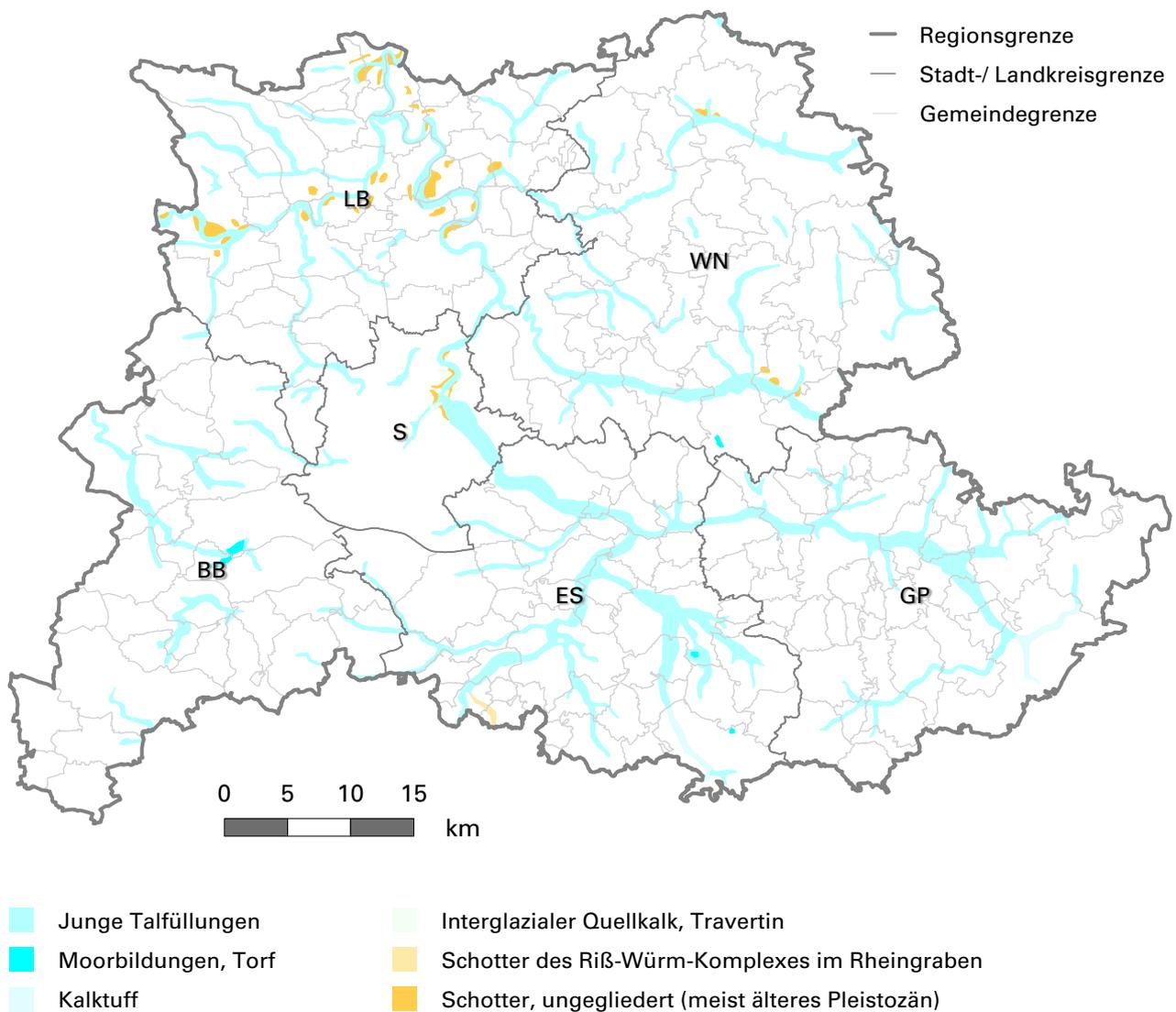


Abb. 4.2.1-1: Verbreitungsgebiete der Auensedimente und Flussschotter (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.1-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Auensedimenten

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
	sonstige	u,l	+	-	0	-	-	-	-	0	0
	Albvorland (Auen und Terrassen)	u,l	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fils	u,l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Murr	u,l	-	-	0	-	-	-	0	-	-
Auensedimente	Nagold	u,l	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rems	u,l	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Neckar	u,l	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Enz	u,l	-	0	-	0	-	-	-	0	0
	alle	u,l	0	-	-	-	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
- k. A. keine Angabe (keine Proben)

Tab. 4.2.1-2: Arsengehalte der Auensedimente des Albvorlandes

Arsengehalte [mg/kg]								
n	Min	10.P.	25.P.	50.P.	MW	75.P.	90.P.	Max
16	5	6	9	11	13	19	19	21

4.2.2 Löss-Einheiten

Unter Löss-Einheiten sind hier die geologischen Einheiten „Löss und Lösslehm“, „umgelagerter Lösslehm“ resp. „Hangschutt“ und „Lösslehm-Unterjura-Mischsubstrat“ zusammengefasst (Abb. 4.2.2-1).

Die Löss-Einheiten sind hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte weitgehend unauffällig. Die Beurteilungswerte der BBodSchV bzw. Z₀, teilweise auch Z₀* der VwV Boden werden bei Arsen und Chrom verbreitet überschritten. Bei den anderen Elementen sind Überschreitungen der Vorsorge- oder Zuordnungswerte Z₀ selten (Tab. 4.2.2-1 u. -2).

Stellt man die Arsengehalte der Unterböden den zugehörigen Oberböden gegenüber, so lässt sich aufgrund eines geringen Stichprobenumfangs keine Differenzierung der Gehalte nach Unter- und Oberboden erkennen (Tab. 4.2.2-3). Demgegenüber sind die Chromgehalte der Unterböden meist höher als die der Oberböden (Abb. 4.2.2-2).

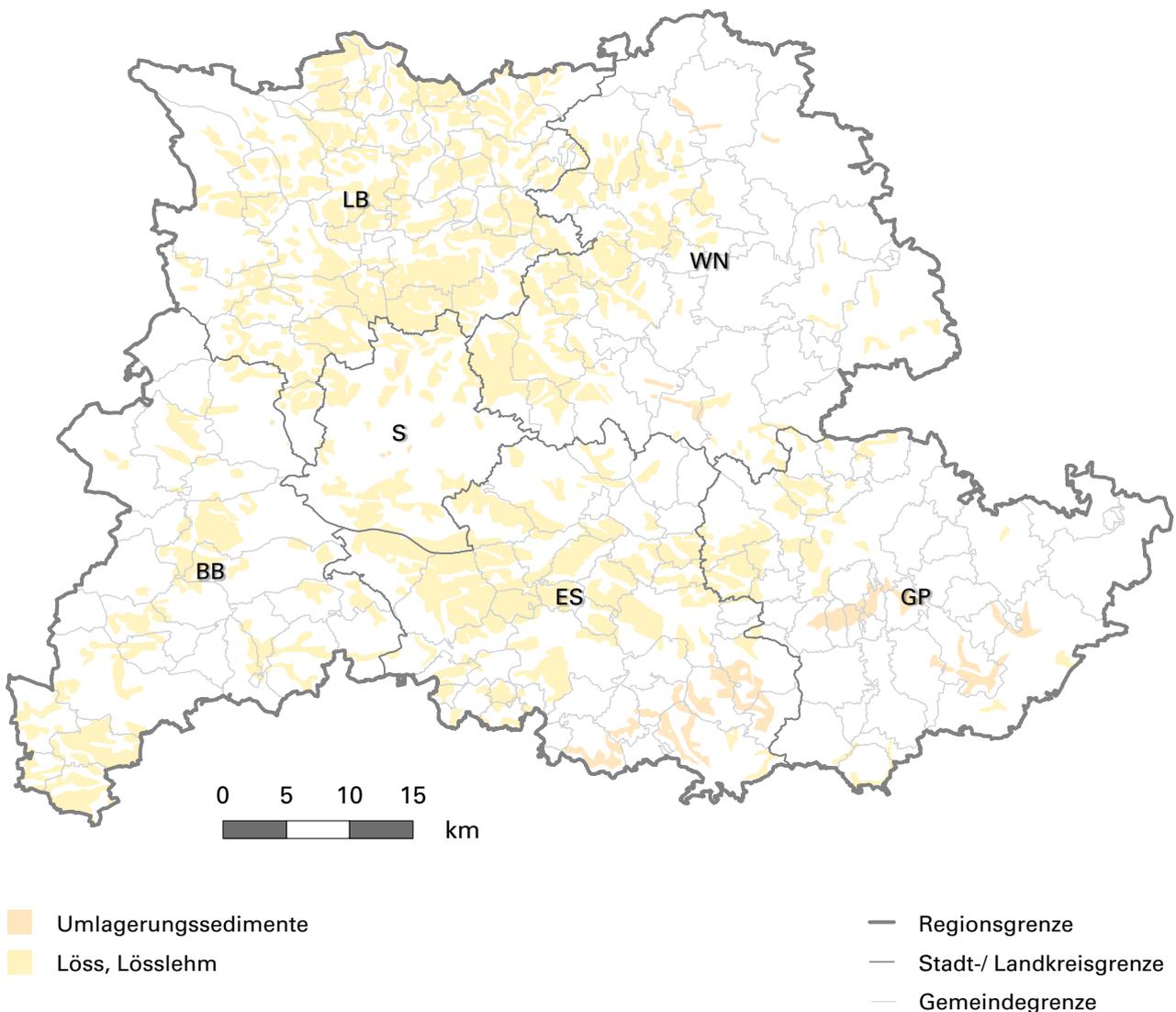


Abb. 4.2.2-1: Verbreitungsgebiete der Löss-Einheiten (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.2-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Löss-Einheiten

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Löss und Lösslehm	u,l	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
geringmächtiger oder umgelagerter Lösslehm über Fließerden und Gesteinszersatz resp. Hangschutt	t	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lösslehm-Unterjura-Mischsubstrat	t	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil

Tab. 4.2.2-2: Arsen- und Chromgehalte der Löss-Einheiten

Geologische Einheit	Arsengehalte [mg/kg]								
	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Löss/Lösslehm	27	5	8	10	13	12	14	15	19
umgelagerter Lösslehm	12	5	6	8	10	12	15	21	27
Lösslehm-Mischsubstrat	63	4	11	13	15	16	17	22	31
Chromgehalte [mg/kg]									
Löss/Lösslehm	172	12	25	31	40	38	46	51	59
umgelagerter Lösslehm	78	8	25	30	39	44	55	67	87
Lösslehm-Mischsubstrat	78	22	37	43	50	62	57	88	220

Tab. 4.2.2-3: Vergleich der Arsengehalte in Ober- und Unterböden der Löss-Einheiten [mg/kg]*

	Löss/Lösslehm		umgelagerter Lösslehm		Lösslehm-Mischsubstrat	
	Oberboden	Unterboden	Oberboden	Unterboden	Oberboden	Unterboden
Anzahl	3,0	3,0	9,0	9,0	22,0	15,0
Min	8,2	8,1	4,8	5,3	8,0	6,2
10. P.	8,7	8,4	9,8	7,8	10,0	8,6
25. P.	9,5	8,9	11,0	12,0	11,0	12,5
Median	10,8	9,7	11,0	13,0	13,5	14,0
MW	10,3	9,9	11,1	12,3	13,3	14,7
75. P.	11,4	10,8	12,0	13,0	15,8	15,8
90. P.	11,8	11,5	13,3	15,0	16,0	21,2
Max	12,0	12,0	14,3	19,0	20,0	28,0

* Datenpaare aus Unter- und Oberböden wurden mithilfe einer Rechts-/Hochwertabfrage identifiziert. In den Vergleich wurden jeweils nur die untersten Unterbodenschichten an einem Standort berücksichtigt. Für den Oberboden lagen zum Teil mehrere Messwerte für einen Rechts-/Hochwert vor.

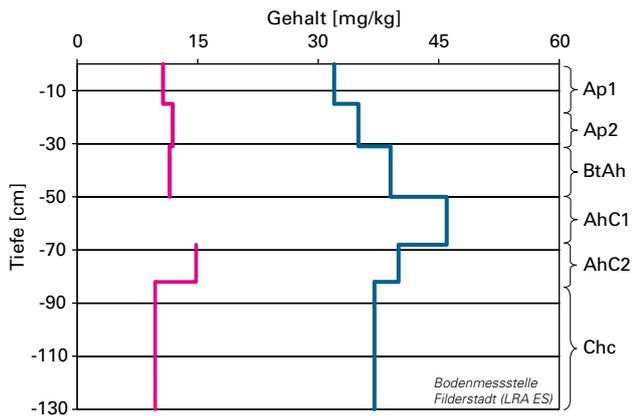
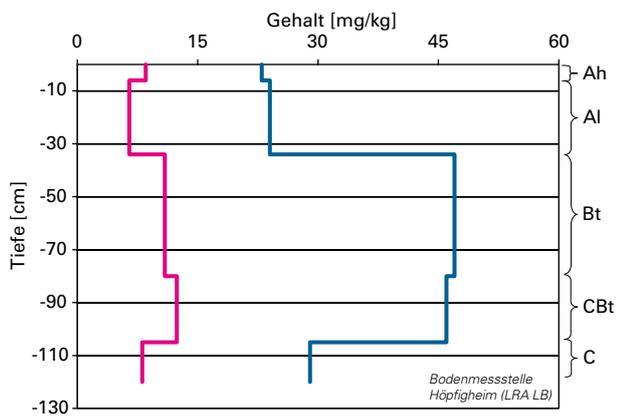


Abb. 4.2.2-2: Tiefenprofil der As- und Cr-Gehalte in Böden im Verbreitungsgebiet von Lösssubstraten an zwei Bodenmessstellen

4.2.3 Vulkanite

Die Unterböden auf den lokal auftretenden Gesteinen des schwäbischen Vulkans (Abb. 4.2.3-1) fallen durch häufige Überschreitungen der Vorsorgewerte bei Chrom, Kupfer und Nickel auf (Tab. 4.2.3-1 u. -2). Zum Teil prägen sich die Elementanreicherungen bis in die Oberböden durch. So beträgt der Chromgehalt einer Bodenmessstelle bei Owen (Landkreis Esslingen) im Oberboden 892 mg/kg und im Unterboden 817 bzw. 823 mg/kg (Abb. 4.2.3-2). Im Gegensatz dazu liegen die Gehalte anderer Elemente wie Arsen, Cadmium, Blei oder Thallium auf einem deutlich niedrigeren Niveau und überschreiten die Vorsorge- bzw. Zuordnungswerte Z0 nur selten.

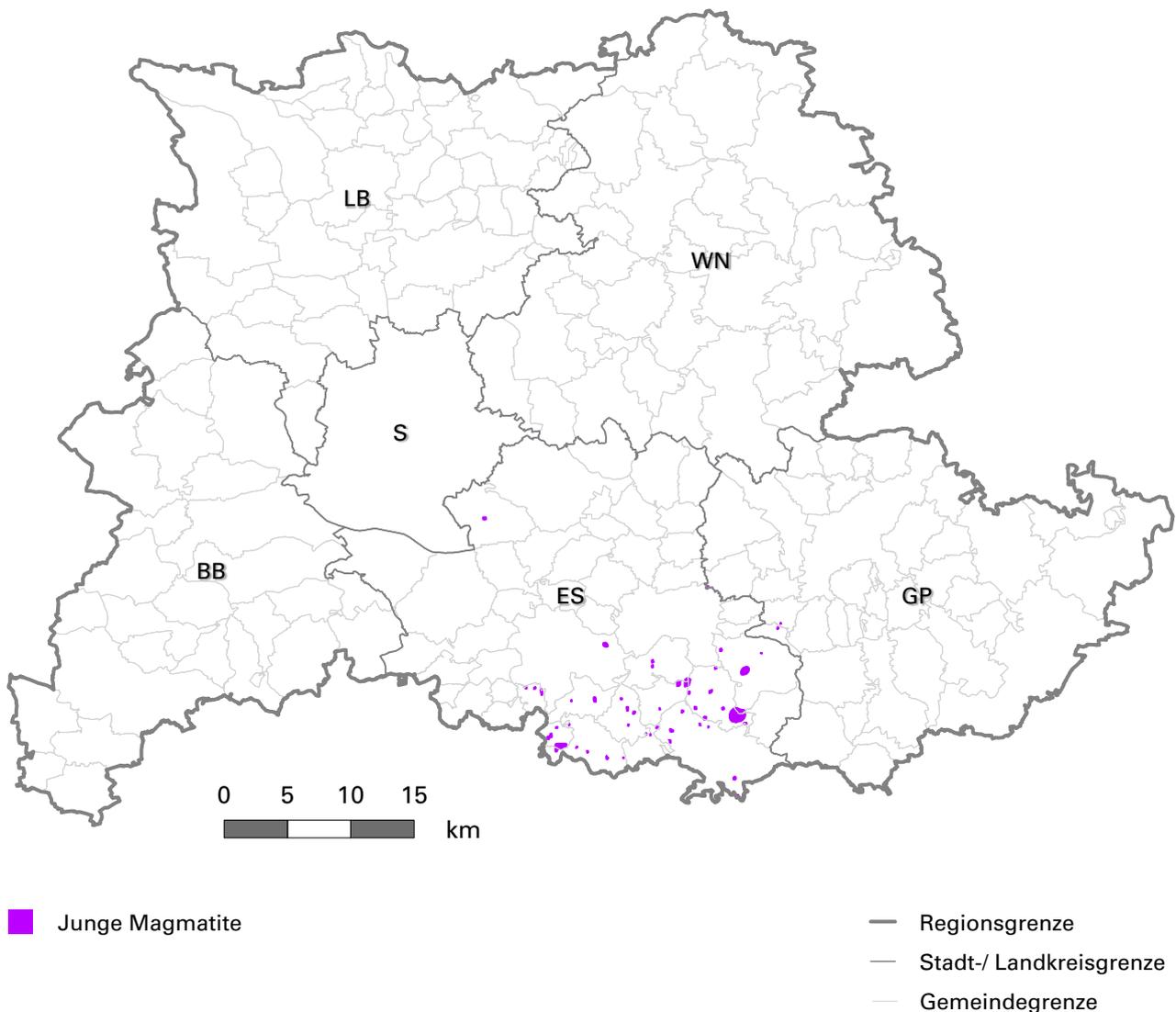


Abb. 4.2.3-1: Verbreitungsgebiete der Vulkanite (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.3-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Vulkaniten

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Vulkanite	u,l	-	-	+	+	-	+	-	-	-	

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
 + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil

Tab. 4.2.3-2: Chrom-, Kupfer- und Nickelgehalte in Vulkaniten

	Stoffgehalte in Vulkaniten [mg/kg]								
	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Chrom	11	34	41	50	72	221	165	817	823
Kupfer	9	9	15	23	27	29	43	44	48
Nickel	9	21	27	41	130	144	270	280	320

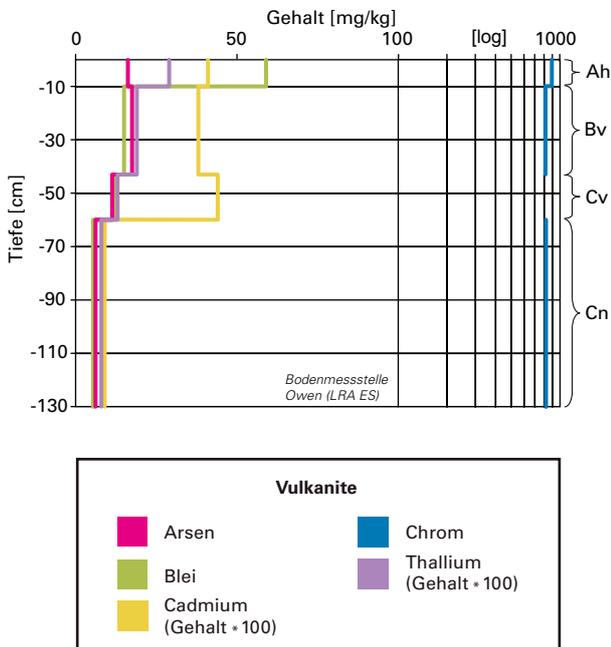


Abb. 4.2.3-2: Tiefenprofil anorganischer Schadstoffe in Böden im Verbreitungsgebiet von Vulkaniten

4.2.4 Oberjura

Bei Nickel treten Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV häufig auf (Terra fusca über Weißjura-Kalkstein). Bei den weiteren Parametern, auch bei Chrom, ergeben sich anhand der vorliegenden Daten keine Hinweise auf häufig überschrittene Vorsorge- oder Zuord-

nungswerte. Dennoch können im Bereich des Oberjuras (Abb. 4.2.4-1) fallweise geogen erhöhte Gehalte auch der weiteren anorganischen Spurenstoffe auftreten (Tab. 4.2.4-1).

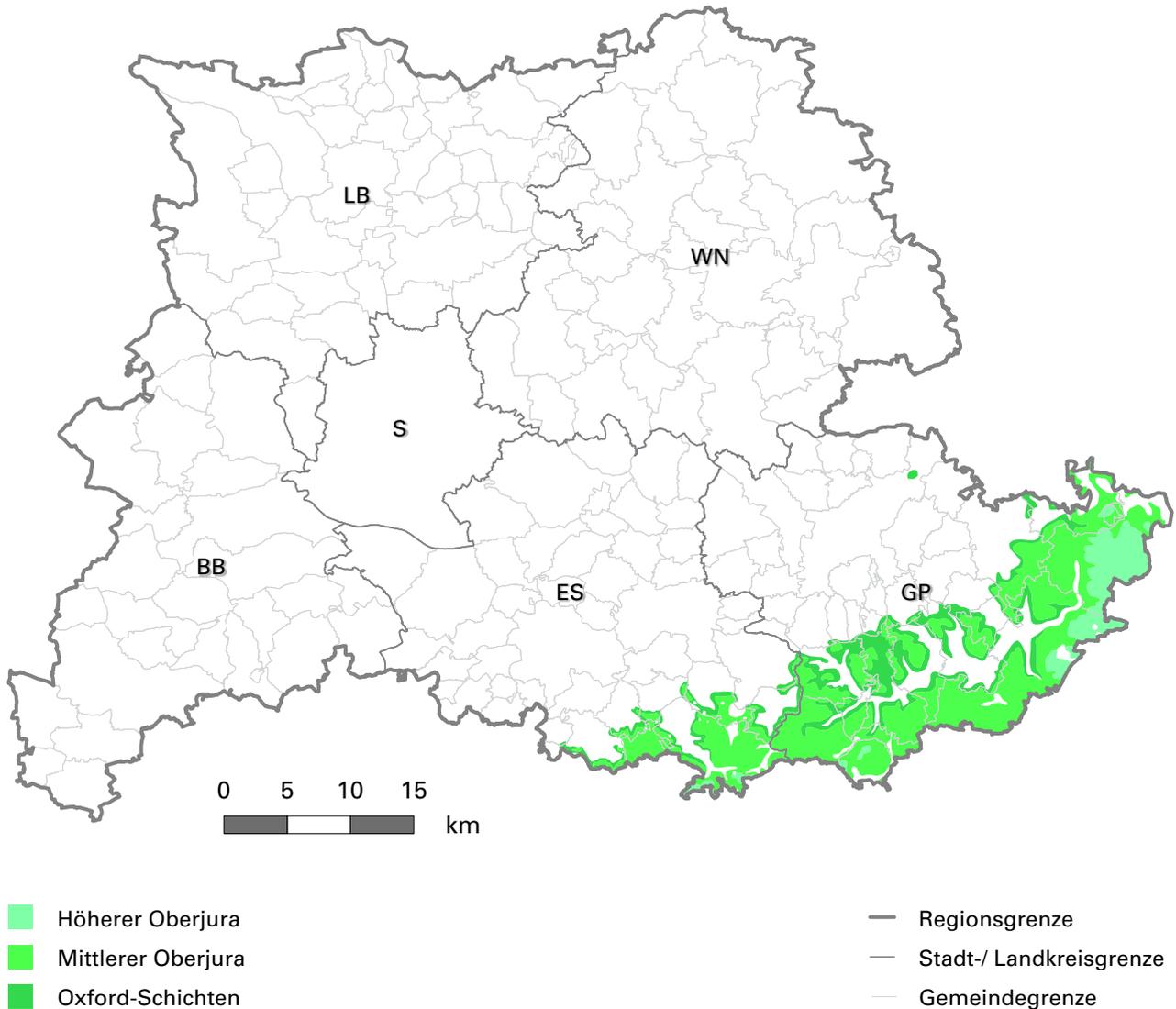


Abb. 4.2.4-1: Verbreitungsgebiete des Oberjuras (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.4-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberjura

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Oberjura	t	-	-	-	-	0	0	-	-	-	

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil

4.2.5 Mitteljura

Die Gehalte anorganischer Spurenstoffe der Unterböden des Mitteljuras (Abb. 4.2.5-1) weichen deutlich voneinander ab. Insbesondere in der Ornatenton-Formation werden die Beurteilungswerte einschließlich Z0* bei Arsen-, Chrom- und Nickel überschritten. Dagegen wird in der Opalinuston-Formation nur bei Arsen der Zuordnungswert Z0 z. T. überschritten. (Tab. 4.2.5-1 u. -2).

Auf sandigen Bodenbildungen des Eisen- und Wedel-sandsteins werden die Zuordnungswerte Z0 bei Arsen sowie die Vorsorgewerte bei Chrom, Nickel und Kupfer teilweise überschritten (Tab. 4.2.5-2).

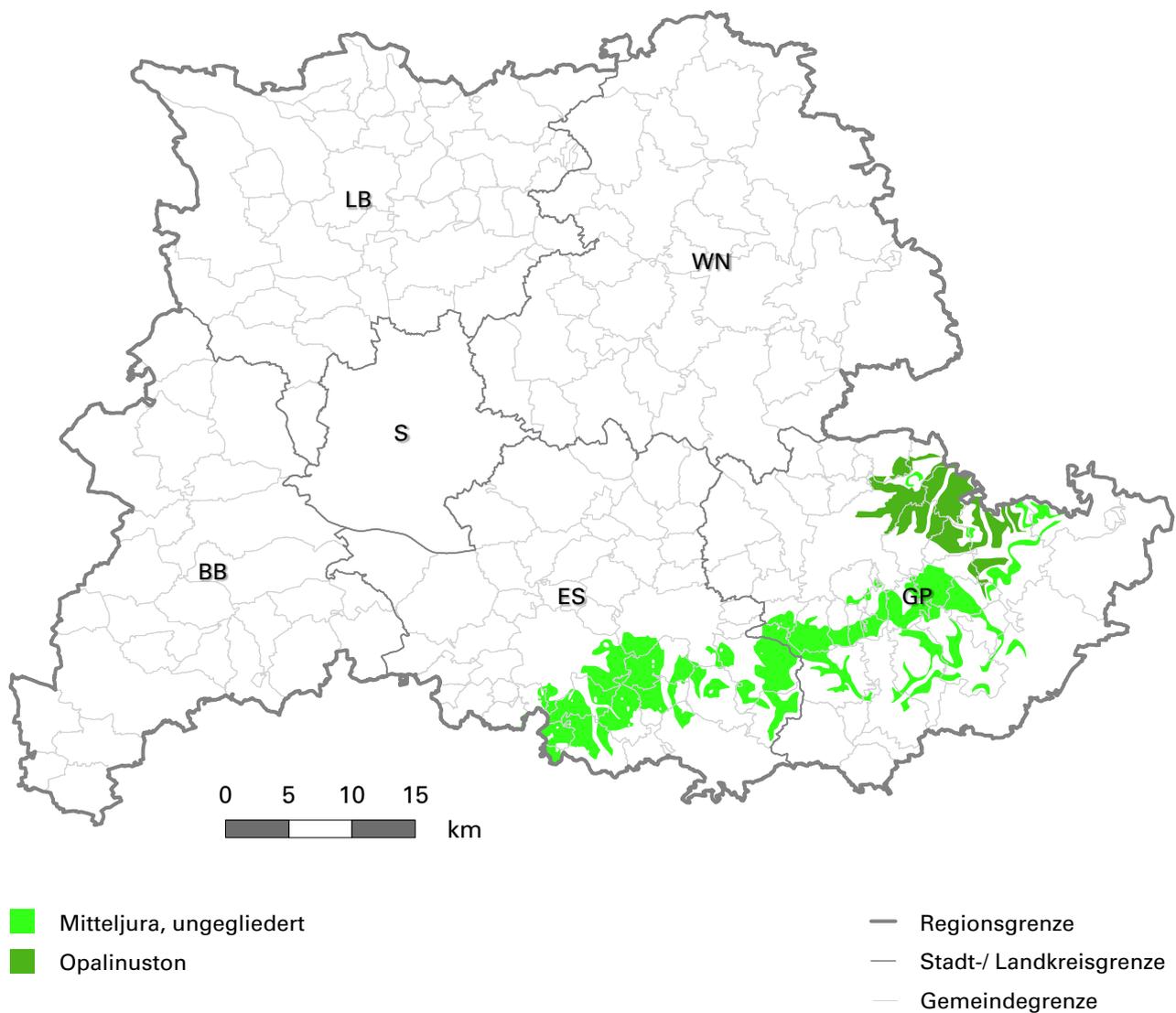


Abb. 4.2.5-1 Verbreitungsgebiete des Mitteljuras (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.5-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Mitteljura

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Mitteljura	Ostreenkalk-, Dentalenton- und Ornatenton-Formation	t	+	-	+	-	-	+	-	-	-
	Eisen- und Wedelsandstein- Formation	u,l	+	-	-	-	-	-	-	-	-
		(s)	(++)	-	(+)	(0)	-	(+)	-	-	(0)
Opalinuston-Formation	t	0	-	-	-	-	-	-	-	-	

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
- ++ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert < 25. Perzentil (häufig überschritten)

Tab. 4.2.5-2: Arsen-, Chrom- und Nickelgehalte im Mitteljura

Geologische Untereinheit	Arsengehalte [mg/kg]								
	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Ostreenkalk-, Dentalenton- und Ornatenton-Formation	7	6	9	15	34	35	47	67	81
Eisen-/Wedelsandstein-Formation	8	13	13	14	16	16	16	19	24
Opalinuston-Formation	15	9	10	11	15	16	20	22	27
Chromgehalte [mg/kg]									
Ostreenkalk-, Dentalenton- und Ornatenton-Formation	7	33	38	50	63	72	91	118	130
Eisen-/Wedelsandstein-Formation	11	15	26	28	32	34	43	43	45
Opalinuston-Formation	15	26	31	44	50	52	64	69	72
Nickelgehalte [mg/kg]									
Ostreenkalk-, Dentalenton- und Ornatenton-Formation	7	32	33	38	51	54	65	83	91
Eisen-/Wedelsandstein-Formation	11	13	15	17	19	23	28	38	42
Opalinuston-Formation	15	27	27	28	38	37	39	43	74

4.2.6 Unterjura

Im Bereich des Unterjuras (Schwarzjura) fällt insbesondere der Posidonienschiefer durch erhöhte Spurenelementgehalte auf (Abb. 4.2.6-1). Die bitumenhaltigen Schieferschichten haben erhöhte Arsen-, Kupfer-, Nickel-, Thallium- und Zinkgehalte, die häufig die Beurteilungswerte überschreiten (Tab. 4.2.6-1). Abbildung 4.2.6-2 zeigt beispielhaft Tiefenverteilungen anorganischer Schadstoffe in den Böden.

Die Unterböden der Arietenkalk-Formation weisen ebenfalls erhöhte Elementgehalte auf, wenngleich auf einem niedrigeren Niveau als die Böden der Posidonienschiefer-Formation. Aufgrund der meist tonigen Bodenbildungen auf Arietenkalk sind Überschreitungen der Beurteilungswerte mit Ausnahme von Arsen und Nickel selten.

Im Bereich der Angulatensandstein-Formation werden vergleichbare Elementgehalte angetroffen wie in den Böden der Arietenkalk-Formation. Jedoch sind bei Angulatensandstein häufig sandige Bodenbildungen anzutreffen, sodass die niedrigeren Vorsorgewerte für die Bodenartenhauptgruppe Sand bei Chrom, Kupfer, Nickel und Zink häufig überschritten werden (Tab. 4.2.6-2).

Die Ausführungen machen deutlich, dass in Bereichen oberflächennah austreichender Unterjuragesteine potenziell mit geogen erhöhten Schadstoffgehalten in den Böden zu rechnen ist.

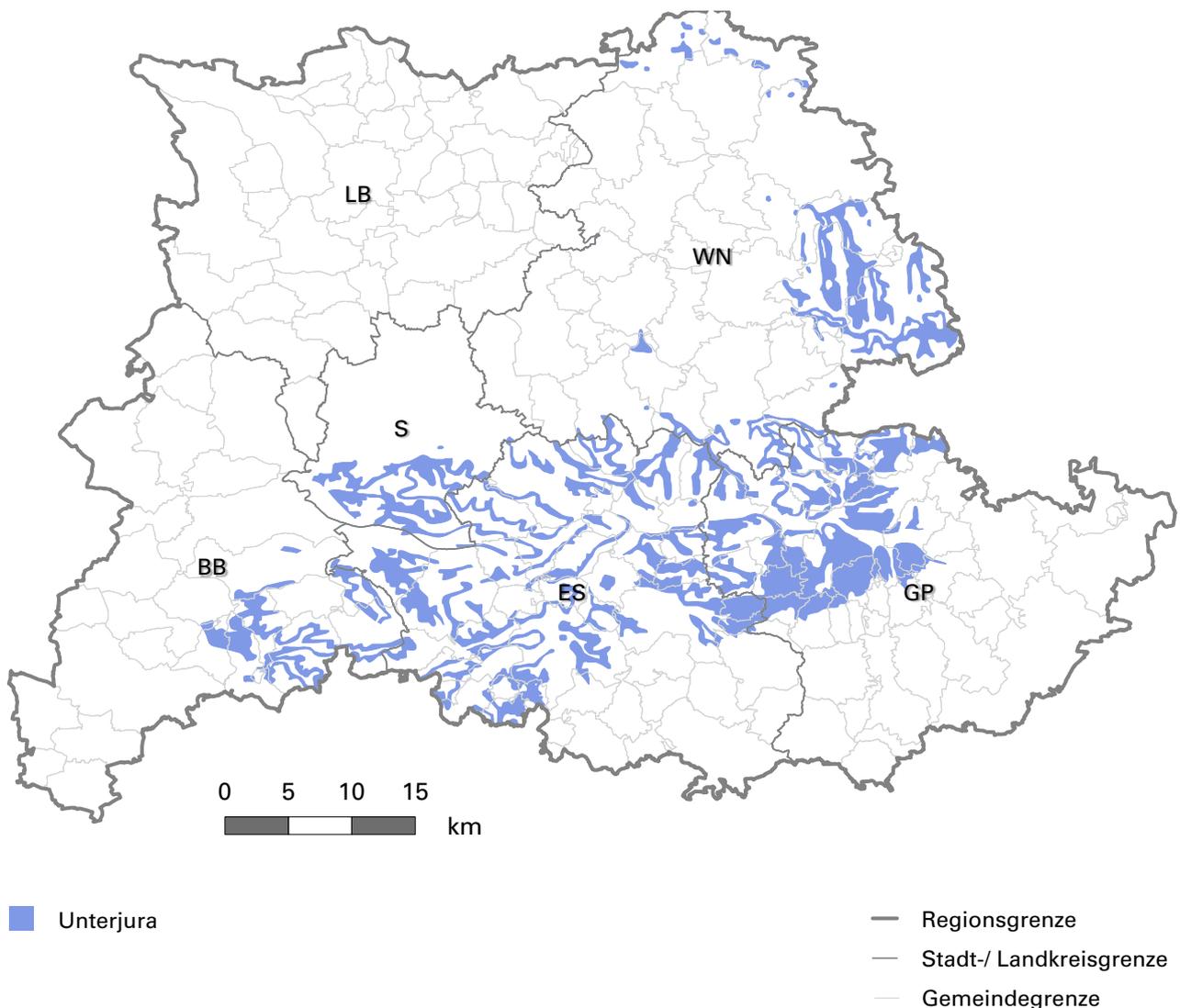


Abb. 4.2.6-1: Verbreitungsgebiete des Unterjuras (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.6-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unterjura

Geologische Einheit		Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Unterjura	„restlicher Unterjura“	t	0	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	Posidonienschiefer-Formation	t	+	0	-	++	-	++	-	++	+	
	Arietenkalk-Formation	t	+	-	-	-	-	0	-	-	-	
	Angulatensandstein-Formation	u,l (s)	++	- (0)	+	0 (+)	-	- (++)	- (0)	-	0 (+)	

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
- ++ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert < 25. Perzentil (häufig überschritten)

Tab. 4.2.6-2: Gehalte ausgewählter anorganischer Schadstoffe im Unterjura

Geologische Untereinheit	Arsengehalte [mg/kg]								
	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Posidonienschiefer-Formation	13	12	14	17	17	20	23	27	31
Arietenkalk-Formation	20	13	15	16	23	24	30	33	36
Angulatensandstein-Formation	12	16	19	24	28	29	33	37	50
Chromgehalte [mg/kg]									
Posidonienschiefer-Formation	16	14	35	45	69	61	75	83	98
Arietenkalk-Formation	20	44	48	51	55	53	73	75	-
Angulatensandstein-Formation	13	30	37	45	63	59	71	77	89
Kupfergehalte [mg/kg]									
Posidonienschiefer-Formation	8	60	60	61	64	68	74	79	85
Arietenkalk-Formation	20	15	18	21	26	27	27	51	55
Angulatensandstein-Formation	13	11	15	18	23	26	26	29	82
Nickelgehalte [mg/kg]									
Posidonienschiefer-Formation	8	55	68	79	101	100	111	137	154
Arietenkalk-Formation	20	29	33	38	43	47	49	76	80
Angulatensandstein-Formation	13	24	25	34	36	37	43	50	50
Thalliumgehalte [mg/kg]									
Posidonienschiefer-Formation	16	0,86	1,35	1,83	2,35	2,35	2,76	3,23	4,30
Arietenkalk-Formation	20	0,10	0,10	0,18	0,30	0,38	0,40	1,00	1,10
Angulatensandstein-Formation	12	0,10	0,10	0,18	0,20	0,21	0,30	0,30	0,35
Zinkgehalte [mg/kg]									
Posidonienschiefer-Formation	8	73	106	134	148	147	178	183	191
Arietenkalk-Formation	20	59	62	66	77	86	103	120	150
Angulatensandstein-Formation	13	40	57	67	72	81	81	114	180

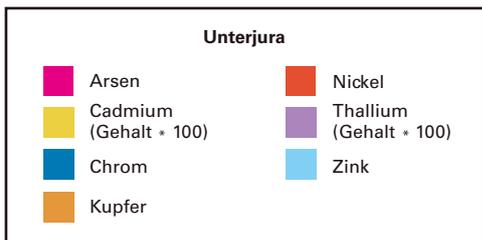
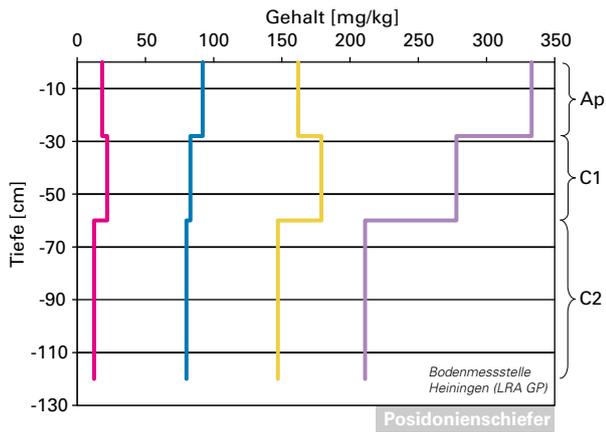
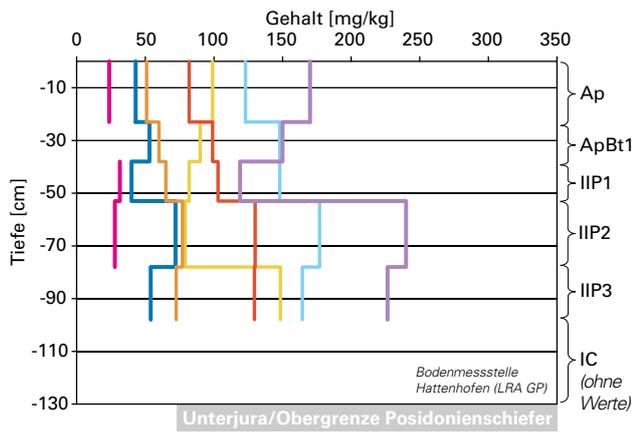


Abb. 4.2.6-2: Tiefenprofile anorganischer Schadstoffe in Böden im Verbreitungsgebiet des Unterjuras an 2 Bodenmessstellen

4.2.7 Sandsteinkeuper

Im Sandsteinkeuper (Abb. 4.2.7-1) hebt sich der Schilfsandstein durch häufige Überschreitungen der Beurteilungswerte für Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink von den anderen geologischen Untereinheiten ab (Tab. 4.2.7-1 u. -2). Bei anthropogener Überprägung des Bodenprofils können abweichend vom geogenen Einfluss auch höhere Elementgehalte in Unter- und Oberböden angetroffen werden, wie ein bis 70 cm Tiefe rigolter Stubbensandstein-Standort im Inneren Stadtbezirk Stuttgart-Süd verdeutlicht (Abb. 4.2.7-2). Hier sind die Zinkge-

halte bis 500 mg/kg im Oberboden und bis 400 mg/kg im Unterboden stark erhöht. Ebenfalls erhöht sind an diesem Standort die Blei- und Cadmiumgehalte.

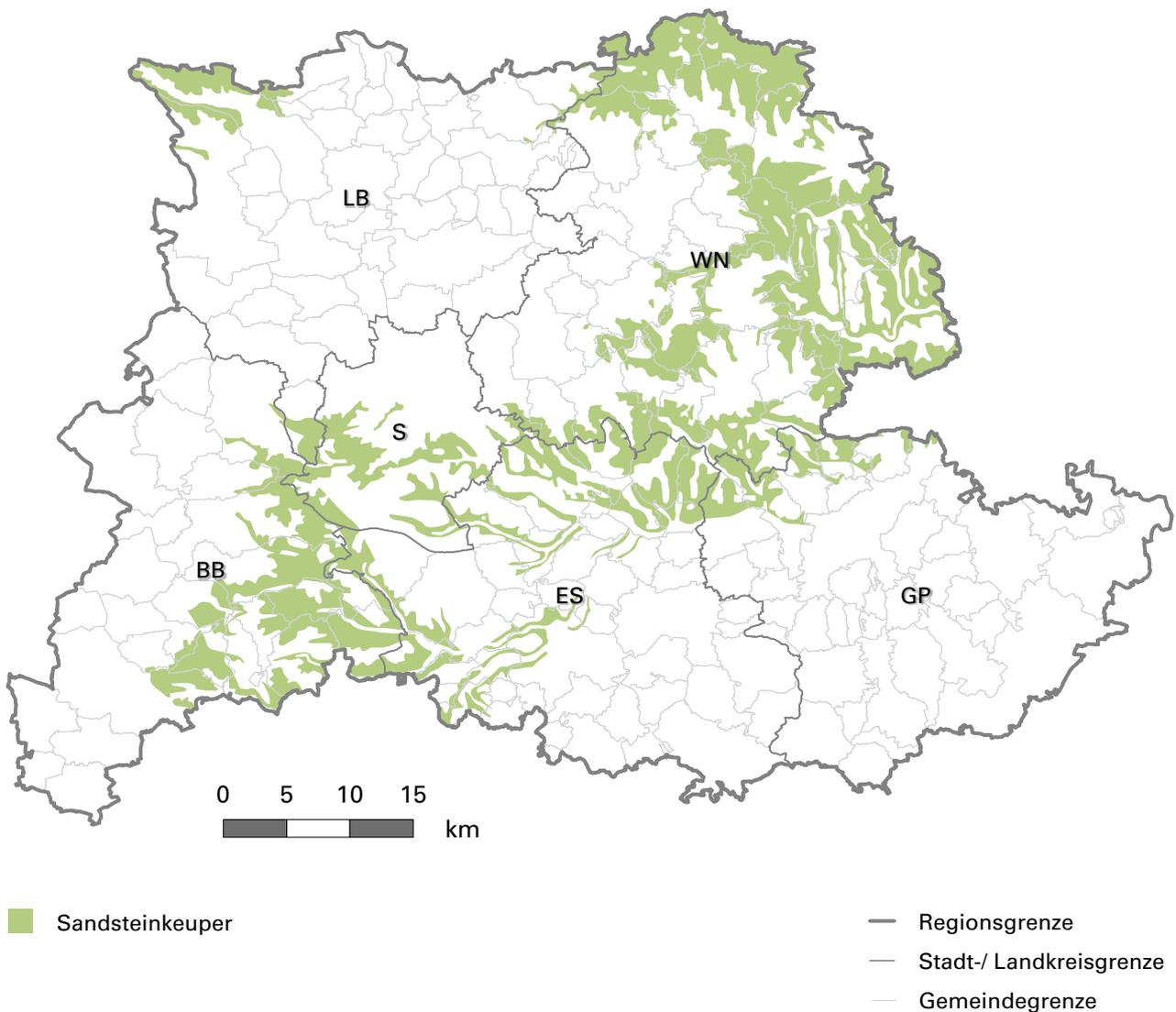


Abb. 4.2.7-1: Verbreitungsgebiete des Sandsteinkeupers (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.7-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Sandsteinkeuper

Geologische Einheit		Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Sandsteinkeuper (Schilfsandstein- bis Rhätkeuper- Formation)	Kiesel- und Stubensandstein-Fm. sandig	s	0	-	0	-	-	0	-	-	-
	Schilfsandstein-Formation	s	+	-	+	+	0	+	0	-	+
	Bunte Mergel-, Knollenmergel- und Stubensandstein-Formation tonig	t	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil

Tab. 4.2.7-2: Gehalte ausgewählter anorganischer Schadstoffe in der Schilfsandstein-Formation [mg/kg]

	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Arsen	26	<BG	1	3	4	10	12	16	82
Chrom	42	5	11	14	21	29	38	65	89
Kupfer	42	1	3	5	14	18	25	41	93
Nickel	42	4	5	8	16	25	36	54	73
Zink	42	16	21	29	43	57	75	112	204

BG = analytische Bestimmungsgrenze

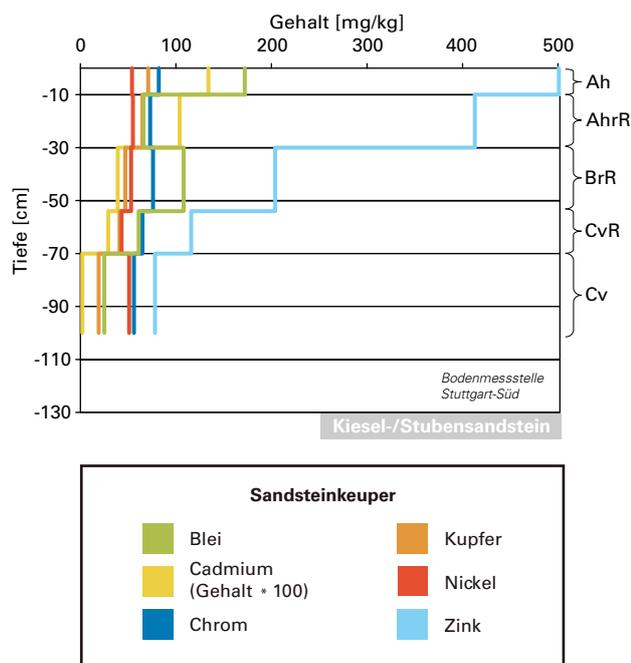


Abb. 4.2.7-2: Tiefenprofil anorganischer Schadstoffe eines rigolten Kiesel-/Stubensandstein-Standortes (Sandsteinkeuper)

4.2.8 Gipskeuper

Im Verbreitungsgebiet des Gipskeupers (Abb. 4.2.8-1) sind aufgrund geringer Schadstoffgehalte der Böden Überschreitungen der Beurteilungswerte im Regelfall nicht zu erwarten (Tab. 4.2.8-1).

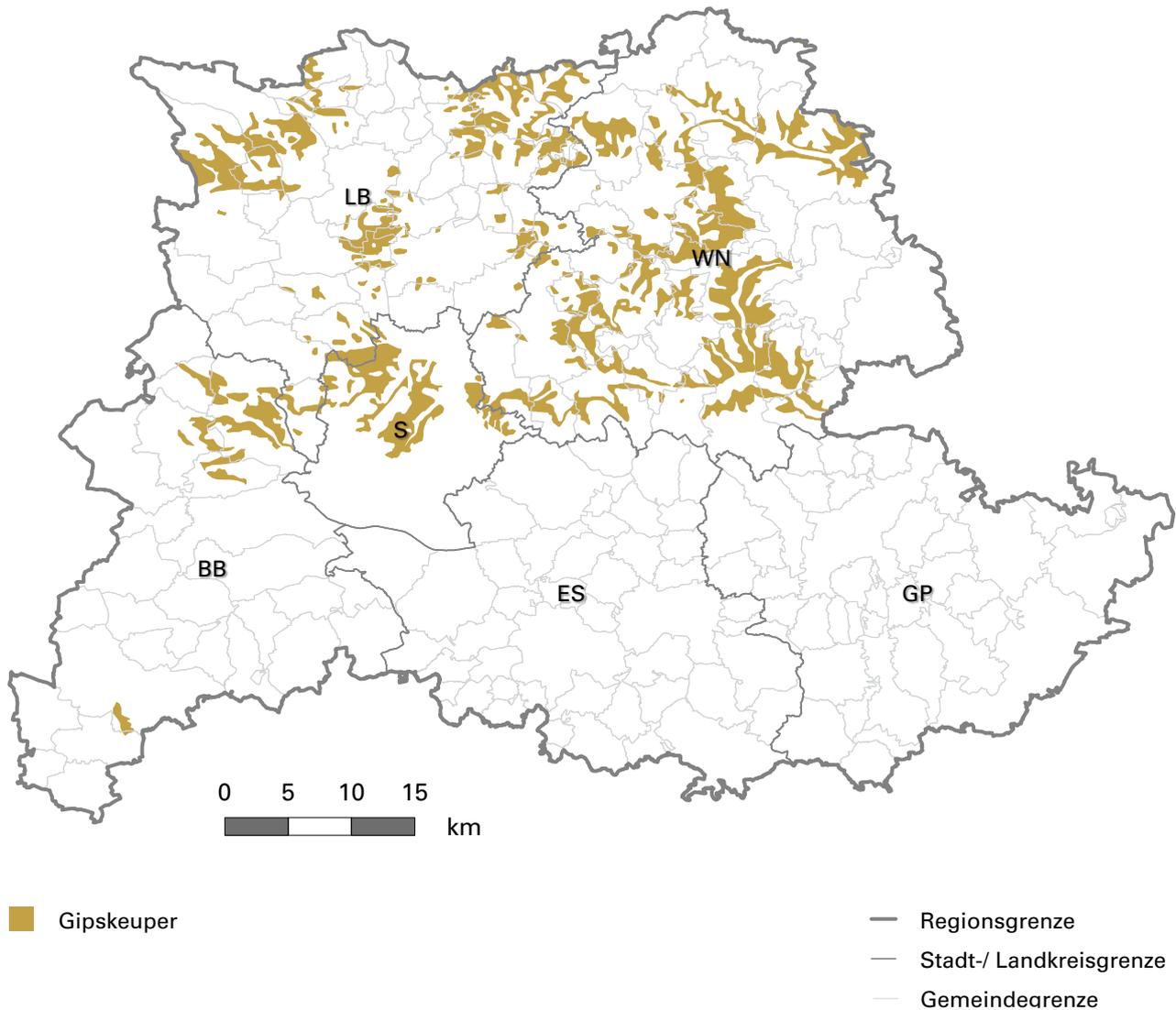


Abb. 4.2.8-1: Verbreitungsgebiete des Gipskeupers (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.8-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in der Gipskeuper-Formation

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe								
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Gipskeuper-Formation	t	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)

4.2.9 Unterkeuper

Im Unterkeuper (= Lettenkeuper-Formation; Abb. 4.2.9-1) fallen erhöhte Nickelgehalte auf, die häufig den Vorsorgewert der BBodSchV (Bodenartenhauptgruppe Schluff/Lehm) überschreiten.

Bei lehmig-schluffigen Bodenbildungen treten Überschreitungen der Vorsorgewerte für Chrom und Kupfer hinzu (Tab. 4.2.9-1 u. -2).

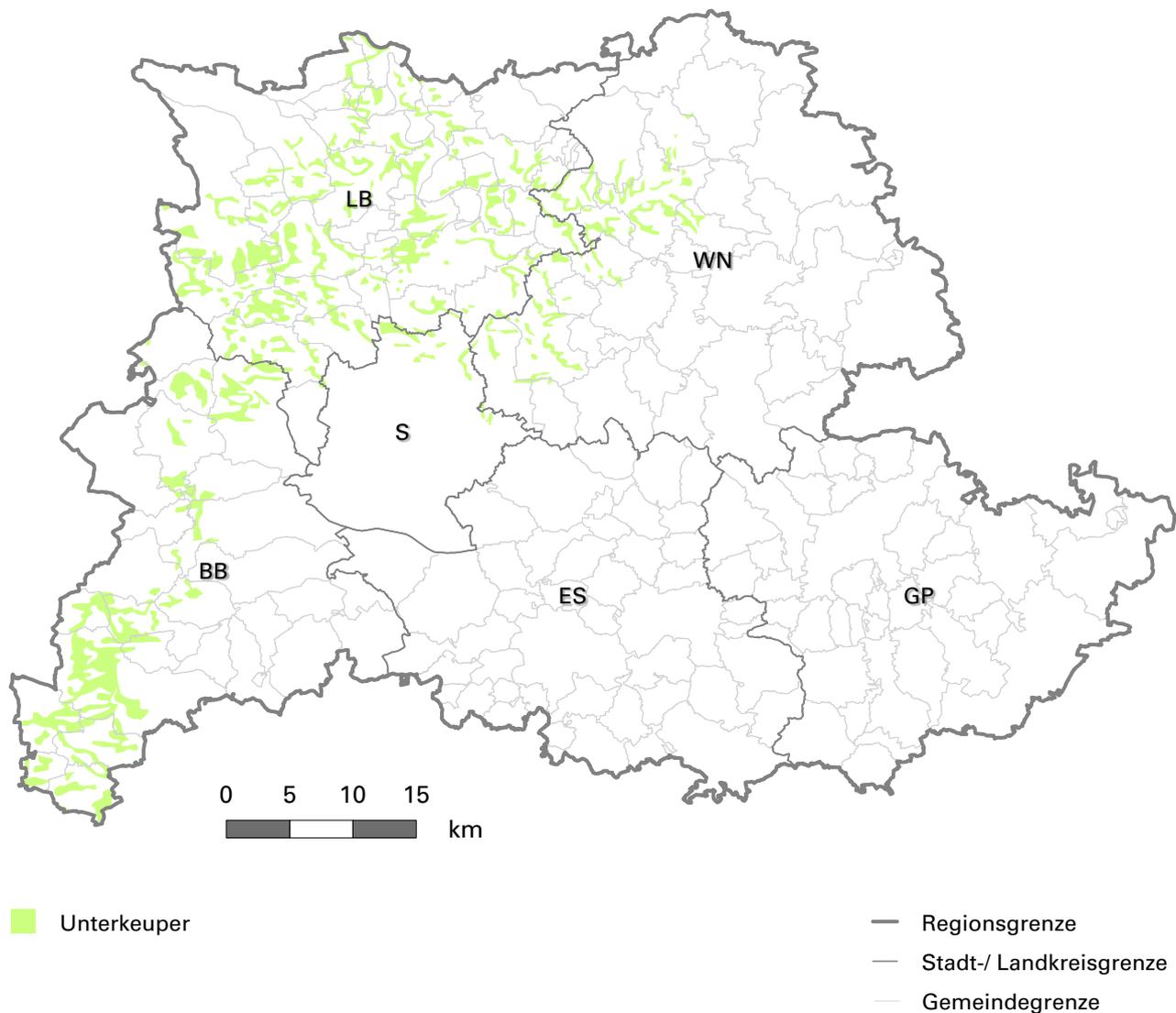


Abb. 4.2.9-1: Verbreitungsgebiete des Unterkeupers (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.9-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unterkeuper

Geologische Einheit		Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Unterkeuper	Hauptsandsteinschichten	s	k.A.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	Lettenkeuper-Formation	t	-	-	0	-	-	-	+	-	-	-
	ohne Hauptsandsteinschichten	(u,l)	(0)	-	(+)	(+)	-	-	+	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)
- 0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil
- + Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil
- k. A. keine Angabe (keine Proben)

Tab. 4.2.9-2: Nickelgehalte im Unterkeuper

Geologische Untereinheit	Nickelgehalte [mg/kg]								
	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Hauptsandsteinschichten	3	12	14	18	23	21	26	27	28
sonstiger Lettenkeuper	33	7	20	35	55	55	71	76	178

4.2.10 Oberer Muschelkalk

Der Obere Muschelkalk (Abb. 4.2.10-1) ist in der Region Stuttgart hinsichtlich der Schwermetallgehalte unauffällig. Überschreitungen der Beurteilungswerte sind in der Regel nicht zu erwarten (Tab. 4.2.10-1). Residualanreicherungsböden können u.a. Nickel in Höhe des bodenartenbezogenen Vorsorgewerts der BBodSchV enthalten (Kap. 4.2.13).

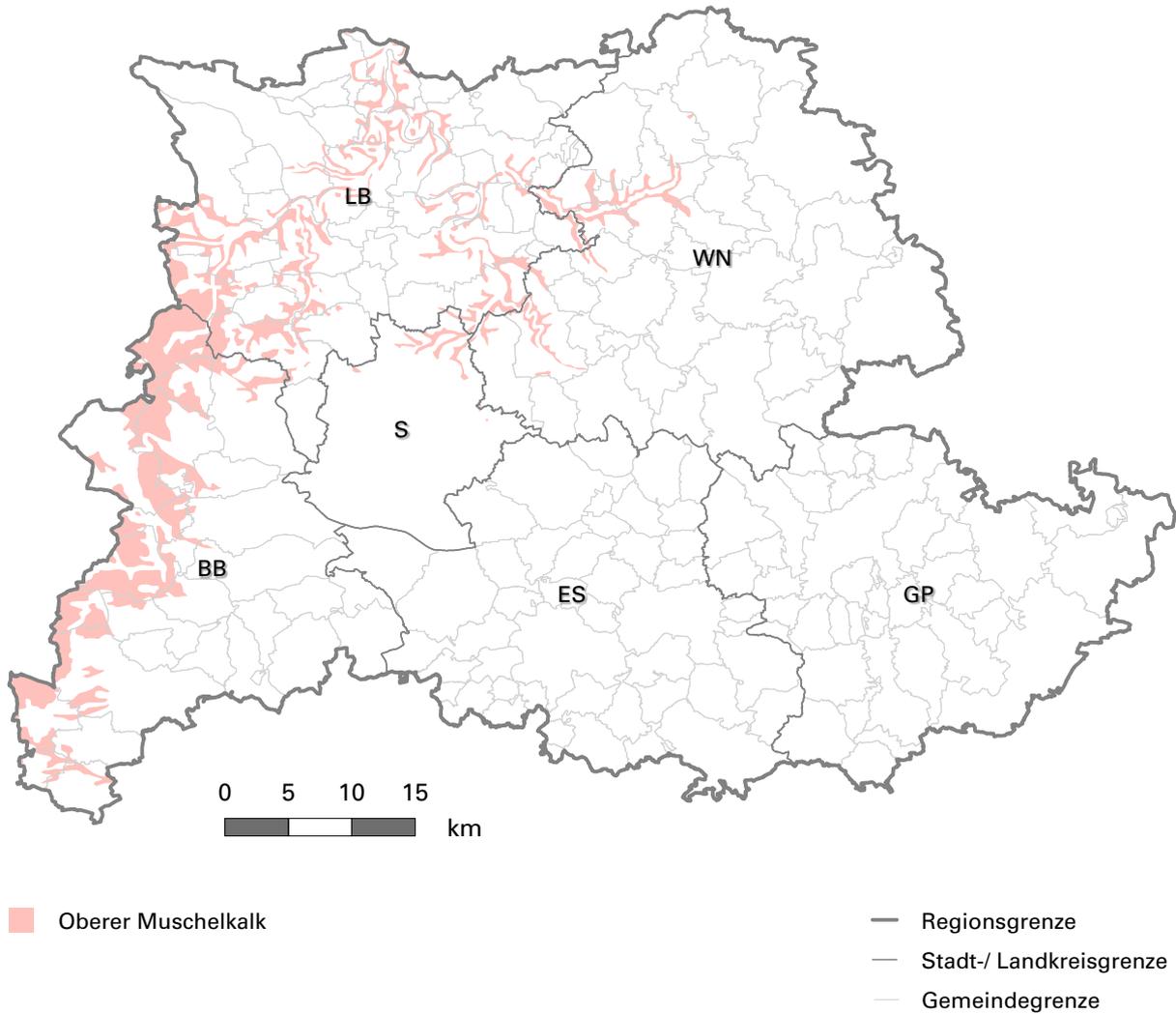


Abb. 4.2.10-1: Verbreitungsgebiete des Oberen Muschelkalks (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.10-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberen Muschelkalk

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Oberer Muschelkalk	t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)

4.2.11 Unterer und Mittlerer Muschelkalk

Bei Arsen und Kupfer werden im Unteren und Mittleren Muschelkalk (Abb. 4.2.11-1) teilweise Gehalte über den Beurteilungswerten einschließlich Z0* (Arsen) beobachtet (Tab. 4.2.11-1 u. -2).

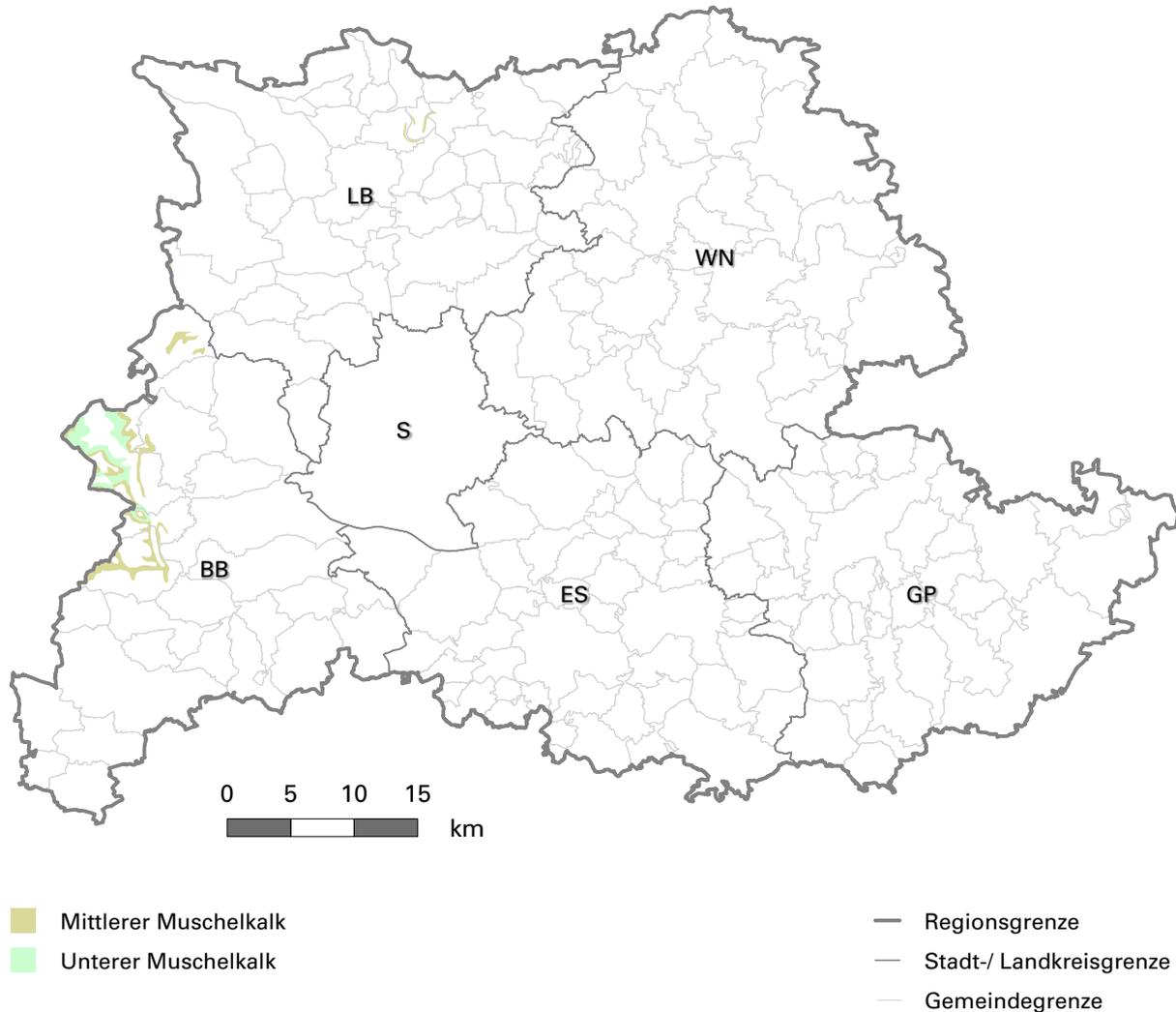


Abb. 4.2.11-1: Verbreitungsgebiete des Unteren und Mittleren Muschelkalks (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.11-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unteren und Mittleren Muschelkalk

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe								
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Mittlerer und Unterer Muschelkalk	t	+	-	-	+	-	-	-	-	-

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)

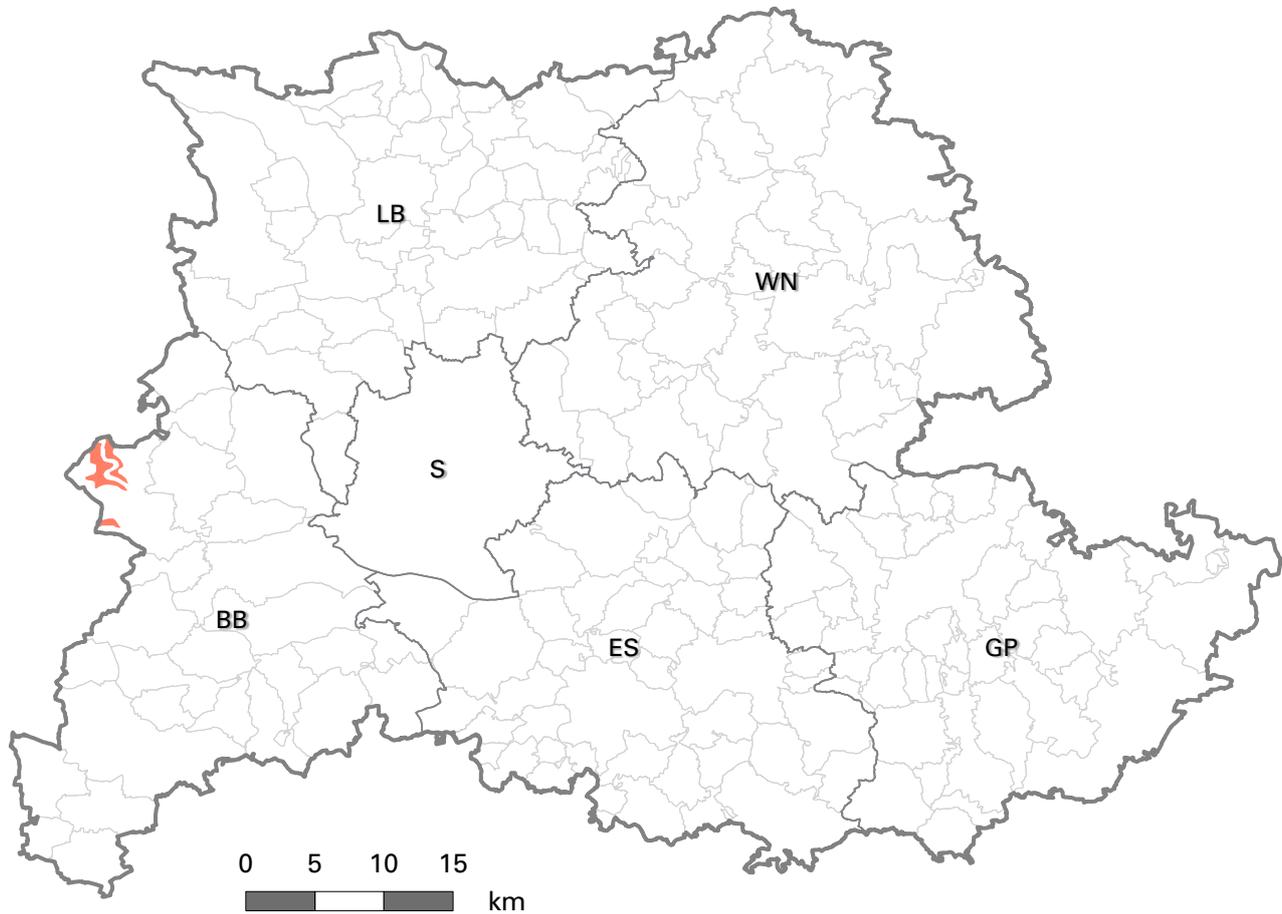
+ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil

Tab. 4.2.11-2: Arsen- und Kupfergehalte im Unteren und Mittleren Muschelkalk [mg/kg]

	n	Min	10. P.	25. P.	50. P.	MW	75. P.	90. P.	Max
Arsen	10	10	13	20	46	44	53	78	87
Kupfer	12	22	22	27	30	41	45	78	80

4.2.12 Oberer Buntsandstein

Gesteine des Oberen Buntsandsteins (Abb. 4.2.12-1) stehen in der Region Stuttgart nur randlich in einem kleinen Gebiet bodenbildend an. In den Böden aus diesem Bereich sind überschrittene Beurteilungswerte bei Arsen und Nickel festzustellen (Tab. 4.2.12-1).



■ Oberer Buntsandstein

— Regionsgrenze

— Stadt-/ Landkreisgrenze

— Gemeindegrenze

Abb. 4.2.12-1: Verbreitungsgebiete des Oberen Buntsandsteins (Datengrundlage: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9; LGRB)

Tab. 4.2.12-1: Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberen Buntsandstein

Geologische Einheit	Bodenarten- hauptgruppe	Anorganische Schadstoffe									
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	
Oberer Buntsandstein	s	+	-	-	-	-	0	-	-	-	

- Vorsorge- bzw. Zuordnungswert > 90. Perzentil (selten überschritten)

0 Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 75. und 90. Perzentil

+ Vorsorge- bzw. Zuordnungswert zwischen 25. und 75. Perzentil

4.2.13 Zusammenfassung der Unterboden- ergebnisse

In den Unterböden der Region Stuttgart ergeben sich bezüglich der anorganischen Schadstoffspuren folgende Verhältnisse:

- *Elemente, deren Gebalte verbreitet in der Größenordnung der oder über den Vorsorge- und Zuordnungswerten (BBodSchV, VwVBoden) liegen:*
 - Cu (Posidonienschiefer, Lettenkeuper, teilweise auch Vulkanite)
 - Tl (Posidonienschiefer)
 - Ni (Oberer Muschelkalk, Lettenkeuper, Posidonienschiefer, Oberjura, Vulkanite, teilweise Mitteljura)
 - Cr (Lettenkeuper, Unterjura, Mitteljura, Vulkanite)
 - As (Unterer und Mittlerer Muschelkalk, Unterjura, Mitteljura, Löss-Unterjura-Mischsubstrate, Auen-sedimente mit Einzugsgebiet im Albvorland)
- *Geologische Einheiten mit gegenüber den landesweiten Hintergrundwerten für Böden z. T. erhöhten Elementgehalten:*
 - Posidonienschiefer (As, Cd, Cu, Ni, Tl, Zn)
 - Vulkanite (Ni, Cr, Cu)
 - Angulatensandstein und Oberer Mitteljura (As, Cr, Ni)
- *Elemente, die weitgehend unabhängig von den Gesteinen des geologischen Untergrunds meist nur schwach bis geringe Konzentrationsunterschiede zeigen:*
 - Hg, Cd (Ausnahme: Posidonienschiefer)
 - Pb (Ausnahme: Unterer und Mittlerer Muschelkalk)
 - Cu (Ausnahme: Unterer und Mittlerer Muschelkalk sowie Posidonienschiefer)
- *Elemente, die meist deutlich unter den Vorsorge- und Zuordnungswerten (BBodSchV, VwVBoden) liegen:*
 - Cu (Ausnahme: Unterer und Mittlerer Muschelkalk)
 - Zn, Cd, Tl (Ausnahme: Posidonienschiefer)
 - Pb und Hg
- Im Verbreitungsgebiet der Sandsteine (Oberer Buntsandstein, Keuper- und Mitteljura-Sandsteine) kommen häufig die kleinsten Messwerte vor. Allerdings sind die Vorsorgewerte der BBodSchV für die dort vorherrschende Hauptbodenart Sand bei Nickel und bei Chrom so niedrig angesetzt, dass die Messwerte von Natur aus bereits oft in deren Größenordnung liegen können. Im Schilfsandstein-

gebiet liegen die Messwerte aufgrund der niedrig angesetzten Vorsorge- und Zuordnungswerte bei der Hauptbodenart Sand verbreitet auch über den Beurteilungswerten.

4.3 Mobile Schwermetallgehalte / Wirkungspfad Boden - Pflanze

Zur Beurteilung möglicher Gefahren für die menschliche Gesundheit über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze im Hinblick auf die Pflanzenqualität enthält die BBodSchV u. a. Prüfwerte für Schwermetallgehalte im Ammoniumnitratextrakt (AN). Damit wird der mobile Schwermetallgehalt erfasst, der besondere Bedeutung für die Schadstoffaufnahme aus dem Boden durch Nutzpflanzen hat.

Die BBodSchV enthält darüber hinaus Prüfwerte für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze auf Ackerflächen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen. Auch sie beruhen auf der Untersuchung des Feinbodens im Ammoniumnitrat-Extrakt.

Schwermetalle gelangen über den systemischen Pfad, das heißt über die Wurzel und über anhaftende Verschmutzung in bzw. auf Pflanzen. Entscheidend für die jeweilige Bedeutung der beiden Teilpfade sind die Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle und die Pflanzenart. Im Boden mobile Elemente wie Cadmium und Zink werden vorwiegend über die Wurzel aufgenommen, dagegen gelangen weniger mobile Elemente wie Arsen und Blei in deutlich geringerem Umfang über die Wurzel in die Pflanzen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen mobiler Schwermetallgehalte im AN-Extrakt sind für den systemischen Pfad, d. h. die Schwermetallaufnahme der Pflanzen über die Wurzel von Bedeutung, nicht für den Verschmutzungspfad. Er ist insbesondere bei Grünland für eine mögliche Schadstoffbelastung des Aufwuchses relevant. Zur Beurteilung werden dann die Oberbodengehalte im Königswasseraufschluss (Gesamtgehalte) herangezogen [Kap. 4.1 und ELSÄSSER et al. 2007].

Die Mobilität von Schwermetallen und damit ihre Pflanzenverfügbarkeit werden im starken Maße vom Boden-pH-Wert beeinflusst, wobei elementspezifische Unterschiede zu berücksichtigen sind. Abb. 4.3-1 zeigt beispielhaft den Zusammenhang zwischen Boden-pH und mobilem Anteil am Gesamtgehalt bei den Elementen Cadmium, Blei und Zink. Mobile Schwermetalle sind durch eine bei abnehmenden Boden-pH-Werten starke Zunahme der

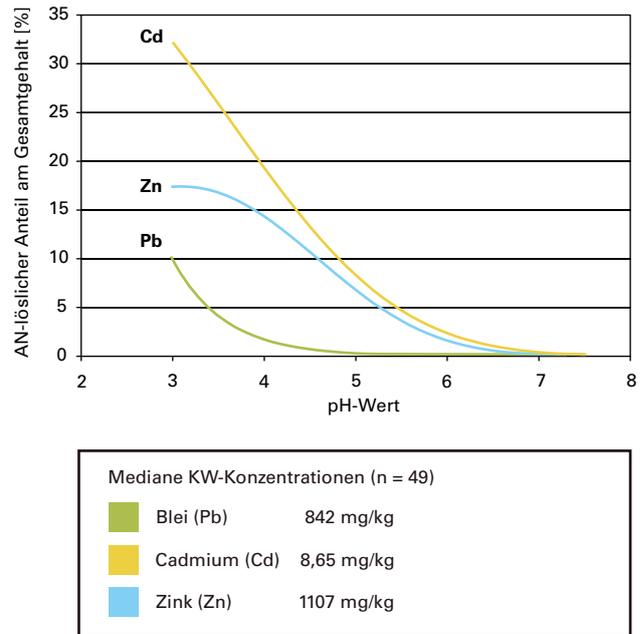


Abb. 4.3-1: Anteil der AN-löslichen Fraktion am Gehalt im Königswasserextrakt (KW-Extrakt) in Abhängigkeit vom pH-Wert in belasteten Böden (Daten aus FRÄNZLE et al. 1995)

im AN-Extrakt löslichen Fraktion gekennzeichnet. Die Mobilisierung setzt z. B. bei Cadmium bereits bei einem Boden-pH-Wert unterhalb von pH 6 ein. Im Gegensatz dazu zeigen immobile Elemente wie Blei erst bei stärkerer Bodenversauerung unter pH 5 deutlich erhöhte Gehalte im AN-Extrakt. Zudem bleibt der AN-lösliche Anteil von Blei normalerweise unter denjenigen von Cadmium und Zink. Diese Erkenntnisse sind bei der Beurteilung der möglichen Beeinträchtigung der Qualität von Nahrungspflanzen von besonderer Bedeutung.

Im Gegensatz zur systemischen Aufnahme von Schadstoffen über die Wurzeln bei Nahrungspflanzen steht bei Futterpflanzen die Belastung des Ernteguts durch anhaftende Bodenpartikel auf der Pflanzenoberfläche im Vordergrund [ELSÄSSER et al. 2007].

Für die Region Stuttgart liegt eine hinreichende Analysenzahl an mobilen Schwermetallgehalten für eine detaillierte statistische Auswertung vor. Tabelle 4.3-1 enthält die Daten für Blei, Cadmium, Nickel und Zink (Kap. A.4.3.1; Karten Abb. A.4.3.1-2 bis -5). Für die Nutzungsgruppen mit Nutzpflanzenanbau werden die ausreißerbereinigten Kennwerte angegeben. Die Prüfwerte der BBodSchV werden von den Maximalwerten in keinem Fall erreicht bzw. überschritten. Insoweit besteht

Tab. 4.3-1: Statistische Kennwerte der mobilen Schwermetallgehalte im Ammoniumnitratextrakt [$\mu\text{g}/\text{kg}$]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*	
Blei (Prüfwert für Pflanzenqualität: 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für Nahrungspflanzen)									
Gesamt**	261	<BG	<BG	5,0	309,1	525,0	35000,0	719	
Überschwemmungseinfluss**	mit	24	<BG	<BG	2,0	7,1	7,7	105,0	297
	ohne	237	<BG	<BG	5,8	339,7	603,6	35000,0	686
Sonderkulturen***	15	<BG	<BG	<BG	1,4	4,9	9,0	200	
Acker***	72	<BG	<BG	2,5	4,3	10,0	10,0	86	
Grünland***	23	<BG	<BG	1,9	4,6	10,0	14,0	107	
Haus-/Kleingärten***	36	<BG	<BG	2,4	4,3	10,0	16,1	104	
Cadmium (Prüfwert für Pflanzenqualität: 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für Brotgetreide, Cd-anreicherndes Gemüse; 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für andere Nahrungspflanzen)									
Gesamt**	299	<BG	1,0	5,2	12,5	33,5	306,0	192	
Überschwemmungseinfluss**	mit	24	0,2	1,9	11,5	13,2	53,5	97	
	ohne	275	<BG	1,0	5,1	12,4	306,0	199	
Sonderkulturen***	20	0,9	1,0	3,8	5,4	11,2	16,4	91	
Acker***	69	<BG	0,99	2,80	3,81	7,46	11,7	70	
Grünland***	27	0,7	2,0	5,4	7,9	17,3	24,4	82	
Haus-/Kleingärten***	66	<BG	1,0	6,0	7,4	18,0	22,0	81	
Nickel (Prüfwert für Wachstumsbeeinträchtigungen: 1500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für Nahrungspflanzen)									
Gesamt**	237	<BG	25,0	87,0	141,6	300,0	1640,0	133	
Überschwemmungseinfluss**	mit	25	37,0	57,4	104,0	148,0	197,0	36	
	ohne	212	<BG	25,0	75,5	145,6	1640,0	137	
Sonderkulturen***	16	15,0	22,5	70,0	68,9	106,0	167,0	59	
Acker***	60	<BG	24,0	75,0	68,0	113,0	131,0	48	
Grünland***	23	10,0	29,4	94,3	93,3	165,2	195,0	59	
Haus-/Kleingärten***	37	<BG	25,0	74,0	76,3	136,4	178,0	60	
Zink (Prüfwert für Wachstumsbeeinträchtigungen: 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für Nahrungspflanzen)									
Gesamt**	310	<BG	25,0	135,0	813,1	2358,6	13400,0	231	
Überschwemmungseinfluss**	mit	26	20,0	37,0	97,3	138,1	650,0	96	
	ohne	284	<BG	25,0	141,0	874,9	13400,0	223	
Sonderkulturen***	19	<BG	21,4	70,0	64,0	95,6	120,0	50	
Acker***	64	<BG	15,0	50,0	82,7	159,4	250,0	78	
Grünland***	24	2,0	46,5	129,0	166,5	288,5	650,0	90	
Haus-/Kleingärten***	72	<BG	40,1	150,0	212,4	477,0	620,0	78	

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Gesamtdatensatz aller Nutzungen (inkl. Standorte ohne Nutzpflanzenanbau)

*** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

an den untersuchten Standorten kein hinreichender Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung gemäß § 2 Abs. 3 BBodSchG.

Diese Feststellung gilt auch dann weitgehend, wenn bei den Standorten mit Nutzpflanzenanbau die Ausreißer-

werte mit betrachtet werden. Lediglich bei Grünland überschreiten einzelne Ausreißer bei Blei und Zink die Prüfwerte der BBodSchV. Diese Überschreitungen sind jedoch für den Vollzug nicht direkt relevant, weil die AN-Prüfwerte nicht für Grünlandnutzung gelten. Auch in Haus-/Kleingärten überschreiten einige Ausreißer bei

Tab. 4.3-2: Kritische Gehalte von Cd, Pb und Zn im KW-Extrakt [mg/kg] für unterschiedliche Boden-pH-Wertbereiche, die auf eine schädliche Bodenveränderung im Wirkungspfad Boden-Pflanze hinweisen (Werte gerundet) [LUA 2006]

pH	Cd		Pb	Zn
	MW ¹ : 0,04	MW: 0,1	PW ² : 0,1	PW: 2
4,5	0,4	1	30	25
5	0,7	2	65	70
5,5	1,5	4	140	170
6	3,0	8	310	450
6,5	5,0	15	700	1 100
7	10,0	30	1 500	3 000

¹ MW = Maßnahmenwert

² PW = Prüfwert

Cadmium, Blei und Zink die Prüfwerte. Im Falle eines Nutzpflanzenanbaus in den betroffenen Gärten könnten sich daraus konkrete Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung ergeben. Die Beurteilung bleibt einer Einzelfallbetrachtung vorbehalten.

Die hinsichtlich mobiler anorganischer Schadstoffe im Boden und des Wirkungspfads Boden-Nutzpflanze insgesamt günstige Situation in der Region Stuttgart ist ursächlich auf die gute Kalkversorgung der Böden zurückzuführen (Kap. 5). Bei den überwiegend gut gepufferten Nutzpflanzenstandorten werden nur geringe Anteile der Gesamtgehalte anorganischer Spurenstoffe mobilisiert, sodass die Schwermetallgehalte im AN-Extrakt insgesamt auf einem niedrigen Niveau liegen.

Tabelle 4.3-2 führt kritische Gesamtgehalte (Königswasser-Extrakt) im Boden auf, ab denen eine Überschreitung der Prüf- oder Maßnahmenwerte bei den Gehalten im AN-Extrakt zu besorgen ist. Je deutlicher die kritischen KW-Gehalte für die jeweiligen Boden-pH-Wertstufen überschritten werden oder je deutlicher der pH-Wert beim gegebenen KW-Gehaltsniveau unterschritten wird, umso wahrscheinlicher sind Überschreitungen der Prüf- oder Maßnahmenwerte im AN-Extrakt.

4.4 Schadstoffspuren in naturnahen Stadtböden

Auch im urbanen Raum gibt es weitgehend unveränderte, naturbelassene Böden. Beispiele dafür finden sich u. a. in alten Parkanlagen oder in Restflächen naturnaher Nutzungsformen. Diese Böden sind hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte meist mit den Böden außerhalb der Siedlungsbereiche im ländlichen Raum vergleichbar. Nicht alle Stadtböden sind generell als schadstoffbelastet anzusehen.

In Zusammenarbeit mit der Landeshauptstadt Stuttgart wurden möglichst naturnahe Flächen im Bereich der Stadtgemarkung ausgewählt und untersucht. An 29 Standorten wurden Proben aus dem Ober- und Unterboden (mehrere Unterbodenschichten) gewonnen. Die Gehalte anorganischer Schadstoffe sind in Tab. 4.4-1 zusammengestellt (Aufschlussverfahren: Königswasserextrakt).

Die Mediane und vor allem die Maximalwerte sind in den Oberböden teilweise höher als in den Unterböden. Dies spiegelt die langjährigen ubiquitären Immissionseinflüsse wider, die sich zumindest an einzelnen, auch den naturnahen, Standorten durchprägen. Bei den Elementen Arsen, Nickel und Thallium ist jedoch kein Immissionseinfluss erkennbar. Generell sind die Medianwerte der ausgewählten naturnahen Oberböden der Stadtgemarkung von Stuttgart

hinsichtlich der Schadstoffsituation vergleichbar mit den Medianwerten aller Bodenmessstellen einschließlich derjenigen im unbelasteten ländlichen Raum der Region (Kap. 4.1). Dies gilt uneingeschränkt für die Elemente Arsen, Kupfer, Nickel und Blei. Bei Cadmium und Quecksilber liegen die Mediane der naturnahen Stadtböden sogar unter den Vergleichswerten für die gesamte Region.

Lediglich bei Thallium und Chrom werden höhere Mediane in den naturnahen städtischen Oberböden ermittelt. Diese erhöhten Werte dürften jedoch nicht auf anthropogene Einflüsse, sondern auf die 11 Bodenproben der Arietenkalk-Formation innerhalb der Stadtgemarkung zurückzuführen sein. An Standorten im Arietenkalk können Chrom und Thallium fallweise geogen etwas erhöht sein.

Die Maximalwerte der naturnahen Böden der Stadtgemarkung zeigen dagegen einzelne Schadstoffanreicherungen an. Sie treten offensichtlich an Standorten auf, die punktuell stärkeren anthropogenen Einflüssen ausgesetzt und in einem dicht besiedelten, industrialisierten Siedlungsraum wie Stuttgart zu erwarten sind. Insoweit ist an einigen der ausgewählten naturnahen Standorten der stoffliche Veränderungsdruck auf die Böden in urbanen Räumen bereits zu erkennen.

Tab. 4.4-1: Gehalte anorganischer Schadstoffe in naturnahen Böden der Stadtgemarkung Stuttgart [mg/kg]

	pH	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn
Oberboden										
Anzahl	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Minimum	4,8	2,0	0,05	10,0	5,3	0,05	4,0	13,0	0,10	22,0
10. Perzentil	5,2	4,0	0,10	33,6	12,6	0,05	17,2	25,2	0,10	44,4
Median	6,5	11,0	0,20	48,0	23,0	0,05	35,0	35,0	0,30	69,0
Mittelwert	6,4	11,1	0,43	52,4	30,2	0,08	33,1	39,3	0,30	139,2
90. Perzentil	7,3	16,2	0,70	59,8	52,0	0,12	40,8	60,6	0,44	136,0
Max	8,3	31,0	4,60	240,0	120,0	0,40	70,0	110,0	0,90	1 800,0
Variationskoeffizient	13,5	58,2	196,18	73,2	84,0	95,25	38,4	47,1	58,05	231,0
Unterboden										
Anzahl	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Minimum	4,3	1,0	0,05	7,0	4,6	0,05	3,0	11,0	0,10	10,0
10. Perzentil	5,4	4,0	0,05	29,2	11,0	0,05	18,4	15,0	0,10	30,4
Median	6,7	12,0	0,10	50,0	20,0	0,05	38,0	24,0	0,30	63,0
Mittelwert	6,6	11,3	0,17	48,1	23,0	0,05	36,8	26,7	0,27	63,4
90. Perzentil	7,7	17,0	0,30	62,8	37,6	0,05	48,0	37,8	0,48	87,2
Max	8,1	31,0	0,80	75,0	81,0	0,10	80,0	63,0	1,10	230,0
Variationskoeffizient	13,4	56,1	94,23	30,2	59,5	10,85	37,8	37,9	72,17	51,6

5 Bodenversauerung

Schwermetalle sind bei niedrigen Boden-pH-Werten verstärkt pflanzenverfügbar. Um eine möglichst geringe Aufnahme von Schwermetallen durch Pflanzen aus dem Boden sicher zu stellen und eine einwandfreie Pflanzenqualität zu gewährleisten, ist eine ausgeglichene Kalkversorgung der Acker- und Grünlandböden zu empfehlen. Dies gilt umso mehr, wenn erhöhte Schwermetallgehalte in Böden vorliegen.

Eine ausgeglichene Kalkversorgung reduziert nicht nur die Schwermetallaufnahme durch Pflanzen aus dem Boden. Die Kalkdüngung wirkt sich auch positiv auf das Bodengefüge aus, sodass der Wasser- und der Lufthaushalt der Böden günstig beeinflusst wird. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens steigt, die Verschlammungs- und Erosionsanfälligkeit sinkt und die Tragfähigkeit wird verbessert. Darüber hinaus wird das Bodenleben aktiviert.

Alle Effekte tragen zur Verbesserung der natürlichen Bodenfunktionen bei.

Hinsichtlich der Bodenazidität und der Basensättigung sind die landwirtschaftlich genutzten Böden in der Region Stuttgart insgesamt in einem guten Zustand. Acker- und Grünlandflächen weisen im Mittel einen pH-Wert von 6,6 bzw. 6,8 auf, was sowohl landwirtschaftlich als auch bodenschutzfachlich als optimal einzustufen ist. Sonderkulturflächen befinden sich überwiegend in einer noch höheren Stufe der Kalkversorgung (Tab. 5-1). Karte Abb. A.4.3.1-1 im Anhang zeigt die räumliche Verteilung der pH-Werte der Oberböden in der Region.

Unter den umfangreichen auf den Boden-pH-Wert untersuchten Acker- und Grünlandstandorten sind in lediglich 10 % der Fälle Versauerungstendenzen zu erkennen. Dies wird durch die untere Bandbreite der Messwerte angezeigt. Der 10. Perzentil-Wert der Daten über das gesamte Probenkollektiv liegt um pH 5,5.

Deutlich darunter liegen die pH-Werte der Waldböden. Im Mittel wird ein pH-Wert von 4,2 erreicht. Stark versauert sind Böden mit pH-Werten im Bereich des Minimums von pH 2,8 bzw. des 10. Perzentils von pH 3,3. Hier sind die natürlichen Bodenfunktionen i. d. R. erheblich beeinträchtigt.

Im Gegensatz dazu sind alle Siedlungsböden durch schwach saure, neutrale oder basische Bodenreaktionen gekennzeichnet.

Der gute pH-Wert-Zustand der Oberböden in der Region Stuttgart gilt nicht im gleichen Maß für die Unterböden. Abbildung 5-1 zeigt die pH-Werte exemplarischer Waldstandorte im Bodenprofil bis ca. 120 cm Tiefe. Niedrige pH-Werte der Oberböden sind auf Bodennutzung, in Unterböden überwiegend auf die Ausgangsgesteine der Bodenbildung zurück zu führen. Während an dem Lössstandort (rote Linie) der pH-Wert im Unterboden deutlich ansteigt, ist in den schlechter gepufferten Böden der Opalinuston (grüne Linie) bzw. der Kiesel- und Stubensandsteinformationen (blaue Linie) nur ein geringer Anstieg des pH-Werts im Unterboden zu beobachten.

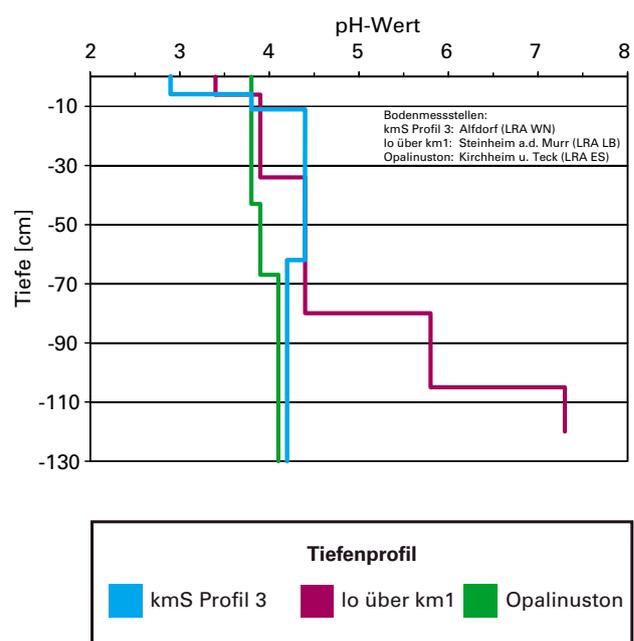


Abb. 5-1: Tiefenprofil der pH-Werte ausgewählter Standorte

Tab. 5-1: Statistische Kennwerte des pH-Wertes in Oberböden [mg/kg]

Nutzungen	Anzahl	Minimum	10. Perz.	Median	Mittelwert	90. Perz.	Maximum	VK*
Gesamt**	2328	2,8	5,4	6,8	6,5	7,3	8,5	13
Überschwemmungseinfluss** mit	243	4,8	6,5	7,0	6,9	7,4	8,0	7
ohne	2085	2,8	5,3	6,7	6,4	7,3	8,5	14
Sonderkulturen**	228	6,2	6,6	7,0	7,0	7,3	7,7	4
Acker**	1375	4,5	5,5	6,6	6,5	7,3	8,2	11
Grünland**	167	4,8	5,6	6,8	6,6	7,3	8,3	10
Wald**	141	2,8	3,3	4,2	4,5	6,9	7,2	27
Kinderspielflächen**	10	6,8	6,8	7,1	7,1	7,2	7,3	2
Haus-/Kleingärten**	230	6,5	6,8	7,1	7,0	7,3	7,6	3
Park-/Freizeitanlagen**	75	6,5	6,8	7,0	7,0	7,2	7,4	3
Industrie u. Gewerbe**	3	7,1	-	-	7,1	-	7,1	0
Sonstige Nutzungen**	58	6,3	6,6	6,9	6,9	7,2	7,5	4

* Variationskoeffizient [%] = (Standardabweichung/Mittelwert) * 100

** Regionale Hintergrundwerte (Datengrundlage: alle Werte - ohne Ausreißer, ohne Überschwemmungsgebiete)

6 Bodenerosion

Die Bodenerosion durch Wasser ist eines der zentralen Handlungsfelder des vorsorgenden Bodenschutzes. Bodenerosion trägt zur Beeinträchtigung der Böden auf den Erosionsflächen selbst bei (On-Site-Schäden) und kann darüber hinaus andere Schutzgüter wie Oberflächengewässer, für den Naturschutz bedeutende Flächen oder Siedlungs- und Verkehrsflächen beeinträchtigen (Off-Site-Schäden).



Abbildung 6-1 zeigt die potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser auf Acker- und Rebland. Die potenzielle Erosionsgefährdung beschreibt nicht die realen Erosionsraten, sondern das Risiko eines Bodenabtrags durch Wasser aufgrund natürlicher, nutzungsunabhängiger Standortfaktoren. In die Bewertung gehen die Erodierbarkeit der Böden (K-Faktor), der Hangneigungseinfluss (S-Faktor) sowie die Menge und Energie der Niederschläge (R-Faktor) nach der "Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung" (ABAG) ein [SCHWERTMANN ET AL. 1990, DIN 19708]. Von Menschen beeinflussbare Faktoren wie Schlaggröße und Hanglänge, Fruchtfolge oder Art der Bodenbearbeitung werden nicht berücksichtigt. Als Datengrundlage für den K-Faktor wurde auf die Daten der Bodenschätzung auf Basis des Automatisierten Liegenschaftsbuches (ALB) in Verbindung mit der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK), für den S-Faktor auf das Digitale Geländemodell im 5 m Raster sowie für den R-Faktor auf den Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg [LUBW 2012b] zurückgegriffen.



Abb. 6-1: Bodenerosion durch Wasser (Fotos: LUBW)

Tab. 6-1: Klassengrenzen der potenziellen Erosionsgefährdung (KSR-Faktor)

Gefährdungs- klasse	Potenzielle Erosionsgefährdung	$K * S * R$ (t/ha * a)
1	keine bis sehr gering	< 0,5
2	sehr gering	0,5 bis < 2,5
3	gering	2,5 bis < 5,0
4	mittel	5,0 bis < 7,5
5	hoch	7,5 bis < 15,0
6	sehr hoch	15,0 bis < 35,0
7	äußerst hoch	≥ 35,0

Im Gegensatz zur Einstufung der Bodenerosion nach dem Cross-Compliance Erosionskataster in der Landwirtschaft wurde für die Darstellung der potenziellen Erosionsgefährdung in Abb. 6-3 keine Generalisierung durchgeführt, der R-Faktor berücksichtigt und die Erosionsgefährdung im Wesentlichen nach DIN 19708 eingeteilt. Die Einteilung erfolgt in sieben Gefährdungsklassen mit potenziellen Bodenabträgen in Tonnen pro Hektar und Jahr (Tab. 6-1). In der Karte Abb. 6-3 sind die Klassen „keine bis sehr geringe“ und „sehr geringe“ Erosionsgefährdung nicht dargestellt, da sie zusammen nur einen Flächenanteil von ca. 2% ausmachen.

Die Acker- und Rebflächen in der Region Stuttgart sind mit einem Anteil von 35% potenziell sehr hoch und äußerst hoch erosionsgefährdet. Die Erosionsgefährdung der Rebflächen ist vor allem auf die hängigen Lagen des Weinbaus zurückzuführen. In diesen Hanglagen bietet die Dauerbegrünung zwischen den Rebzeilen den besten Schutz vor Bodenabtrag.

Die potenziell sehr hoch bis äußerst hoch erosionsgefährdeten Ackerflächen liegen überwiegend im ackerbaulich geprägten Neckarbecken mit fruchtbaren, aber erosionsempfindlichen Böden aus Löss. Dem hohen Erosionspotenzial kann zum Beispiel durch konservierende Bodenbearbeitung, Anbau von Zwischenfrüchten oder Begrünung von geländebedingten Abflussbahnen und Fahrgassen entgegengewirkt werden. Bei intensiven Nutzungsformen wie dem Feldgemüseanbau ist die Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen dagegen schwierig. In Lössgebieten mit Gemüsebau wie auf der Filderebene sind Erosionsschäden durch Schlammeinträge in Siedlungs- und Verkehrsflächen wiederholt aufgetreten (Abb. 6-1). Spezielle Maßnahmen zur Erosionsminderung im Gemüsebau sind in der Arbeitshilfe „Ansätze für den vorbeugenden Erosionsschutz im Gemüsebau am Beispiel von Weißkohl“ beschrieben [RATHER ET AL., 2014].

Die flurstücksgenaue Karte zur potenziellen Erosionsgefährdung (Abb. 6-3) dient als Hilfsmittel für die Erfassung und orientierende Untersuchung von Erosionsschäden nach § 8 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung oder um Suchräume für geeignete bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen nach dem Bundesnaturschutzgesetz [BNatSchG 2009] sowie Erosionsschutzmaßnahmen nach der Ökokonto-Verordnung zu ermitteln [ÖKVO 2010].

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Abschätzung des Erosionsrisikos in geländebedingten Tiefenlinien. In den natürlich vorhandenen Abflussbahnen kann sich das an der Bodenoberfläche ablaufende Regenwasser aus den angrenzenden Flächen sammeln und große Mengen an Bodenmaterial hangabwärts transportieren. Dabei entstehen Erosionsrinnen und -gräben. Durch die Kombination der K- und S-Faktoren aus der Erosionspotenzialkarte mit der Einzugsgebietsgröße der Abflussbahnen kann die erosive Wirkung des hangabwärts fließenden Wassers qualitativ abgeleitet werden.

Abbildung 6-2 zeigt, dass in Bereichen mit sehr hoher potenzieller Erosionsgefährdung häufig Erosionsrinnen und -gräben bereits im Luftbild zu erkennen sind. Der Bildausschnitt mit blau markierten Abfluss- und Erosionsspuren (Abb. 6-2 links) und dem modellierten Erosionspotenzial in den Abflussbahnen (rechts) verdeutlicht dies beispielhaft.

Die potenzielle Erosionsgefährdung muss für die Abschätzung des tatsächlich vorhandenen Erosionsrisikos sowie für die Planung und Durchführung von Erosionsschutzmaßnahmen durch eine standort- und nutzungsbezogene Beurteilung vervollständigt werden. Dabei sind sichtbare Erosionsspuren im Gelände sowie nutzungsbedingte Einflussfaktoren wie Hanglänge, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge zu berücksichtigen [z. B. DIN 19708].

Eine Bewertungshilfe bei eingetretenen Erosionsereignissen bietet das Merkblatt der LUBW „Gefahrenabwehr bei Bodenerosion“ [LUBW, 2011].

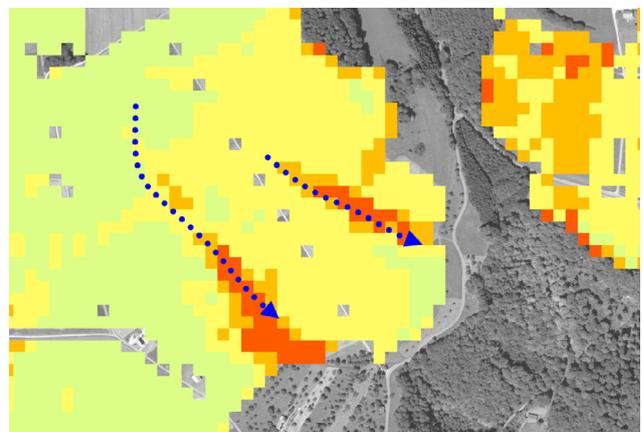
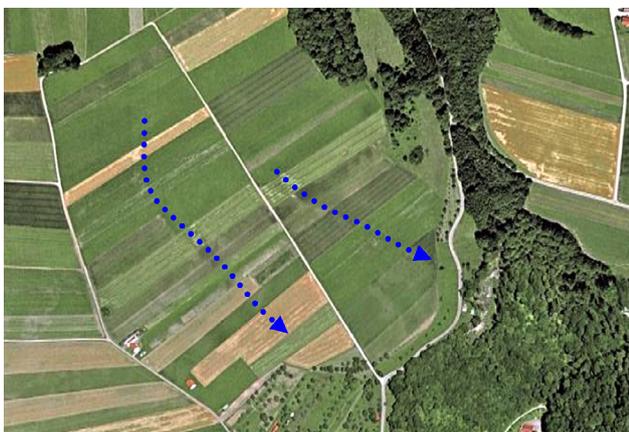


Abb. 6-2: Luftbildaufnahme linearer Erosionsspuren (links) und Vergleich mit dem Erosionspotenzial in den geländebedingten Abflussbahnen (rechts)(Geobasisdaten: © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (www.lgl-bw.de))

Potenzielle Erosionsgefährdung Acker- und Rebflächen

Bewertungsklassen für die Funktionserfüllung

- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch
- äußerst hoch
- Ortslagen, versiegelte Flächen

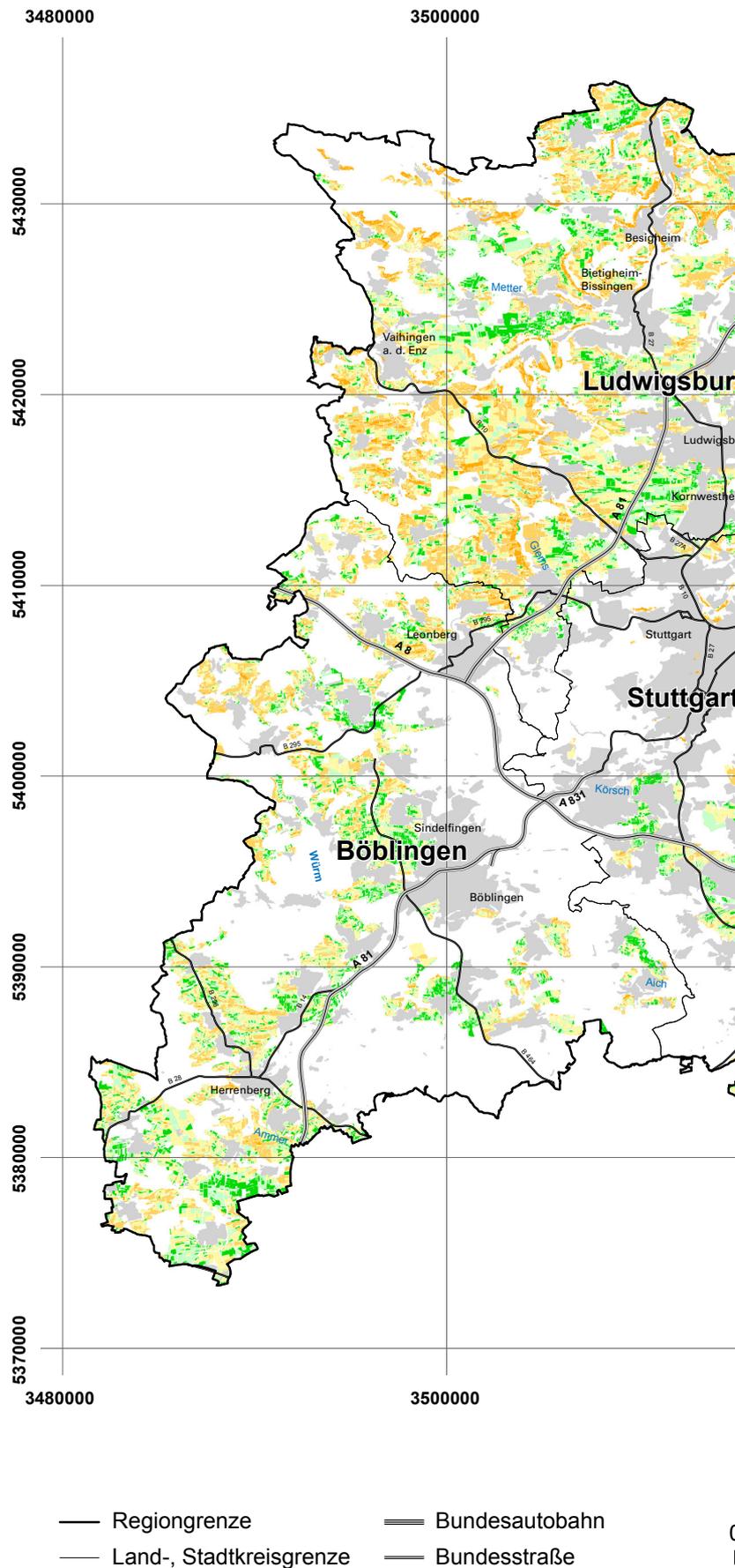
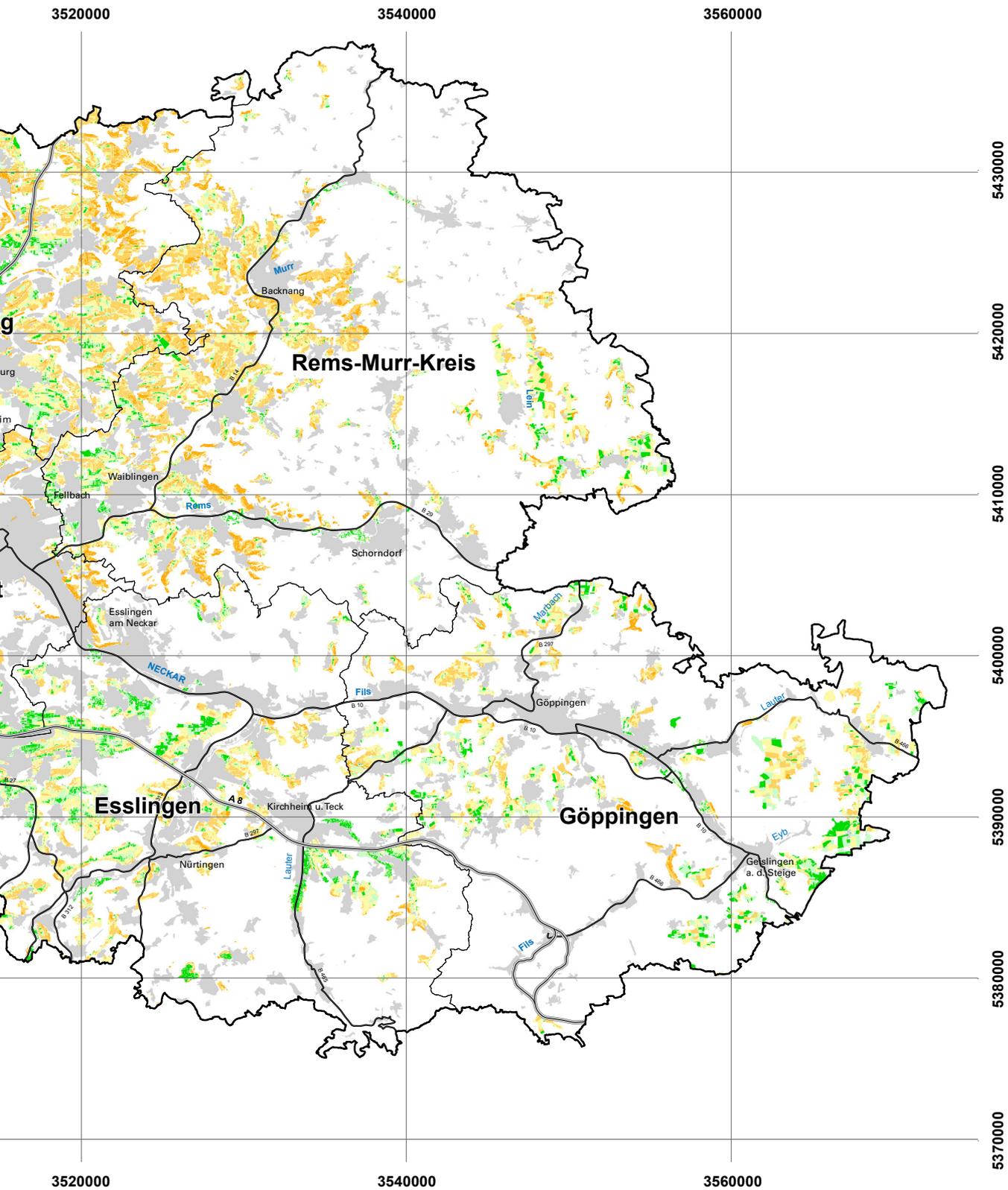


Abb. 6-3: Erosionspotenzial in der Region Stuttgart



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)

7 Flächenverbrauch

Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes ist es, die Funktionsfähigkeit der Böden zu erhalten, unvermeidliche Einwirkungen zu minimieren und auszugleichen und so die Gestaltungsspielräume künftiger Generationen nachhaltig zu sichern. Böden sind als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen in einem guten Zustand zu erhalten. Bodenfläche ist nicht wie nachwachsende Rohstoffe reproduzierbar oder vermehrbar. Eingriffe in den Boden können i. d. R. nur schwer oder gar nicht rückgängig gemacht werden.

Eine zentrale Forderung des Bodenschutzes ist, den Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr zurückzuführen. Neben diesem quantitativen Ziel des Bodenschutzes steht das qualitative Ziel, leistungsfähige Böden, d.h. Böden mit einer hohen Funktionsausprägung besonders zu schützen. Zur Bewertung der Bodenfunktionen und zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Böden siehe Kap. 3.

7.1 Betroffenheit des Schutzguts „Boden“

Mit dem Begriff „Flächenverbrauch“ bezeichnet man die erstmalige Inanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr (Abb. 7.1-1). Flächenverbrauch erfolgt durch Umwandlung vorwiegend landwirtschaftlicher Nutzfläche in Siedlungs- und Verkehrsflächen, wozu neben den baulich geprägten Siedlungsflächen im engeren Sinne (Gebäude- und Freiflächen) auch Verkehrsflächen sowie Grün- und Erholungsflächen einschließlich der Friedhöfe zählen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

Obwohl der Begriff „Flächenverbrauch“ den Sachverhalt einer Nutzungsänderung besser trifft, da Fläche im wörtlichen Sinne nicht „verbraucht“ werden kann, ist er im alltäglichen Sprachgebrauch nicht üblich. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist nicht vollständig versiegelt, sondern umfasst auch Grün- und Gartenflächen, Parkanlagen und andere Erholungsflächen (z.B. Sportplätze, Freibäder, Golfplätze). Sie bzw. ihr Anteil stellt somit einen Anhaltswert dar, der geeignet ist, zum einen den Ist-Zustand der Flächenverhältnisse von Land- und Forstwirtschaft gegenüber Siedlungs- und Verkehrsflächen abzubilden, zum anderen aber auch Tendenzen und Entwicklungslinien



Abb. 7.1-1: Erschließung eines Neubaugebietes (Foto: Umweltplan 2007-2012, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg)

des Flächenverbrauchs aufzuzeigen. Auch lassen sich so landesweite Vergleiche zwischen Regionen oder Raumkategorien anstellen.

Aktuell wird davon ausgegangen, dass etwa die Hälfte der Siedlungs- und Verkehrsfläche versiegelt ist, wobei der Anteil der tatsächlich versiegelten Fläche tendenziell mit der Einwohnerzahl in den Gemeinden zunimmt.

Mit der siedlungsbezogenen Nutzung sind aber auch regelmäßig Eingriffe wie Versiegelung, Abgrabung und Aufschüttung sowie Verdichtung (d.h. allgemein Bodenveränderungen) verbunden, welche die Funktionen der Böden im Naturhaushalt beeinträchtigen [UM 2007]. Außerdem können siedlungsbedingte Schadstoffeinträge zu erhöhten Schadstoffgehalten der Böden führen (Kap. 4).

Abb. 7.1-2 bildet die Bodenversiegelung in der Region Stuttgart ab. Sie spiegelt in hohem Maß die Bevölkerungsdichte sowie die Siedlungs- und Wirtschaftsattraktivität in der Region Stuttgart wider. Deutlich treten auch die Suburbanisierung im Umland der großen Zentren sowie die Zersiedlung im Ländlichen Raum hervor.

Flächenverbrauch ist ein Querschnittsthema, das sich auf nahezu alle umweltrelevanten Schutzgüter auswirkt. Für das Schutzgut Boden ist damit der Verlust von Standorten mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit verbunden. Insbesondere in Verdichtungsräumen gehen der Land-

wirtschaft wertvolle, fruchtbare Böden verloren. Boden ist dabei nicht nur als Basis für den Nahrungsmittelanbau ein Wirtschaftsfaktor, sondern dient zunehmend auch der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen insbesondere für die Energiegewinnung. Gerade die besonders fruchtbaren Böden in der Region Stuttgart sind aufgrund ihrer guten Wasserspeicherfähigkeit in der Lage, Dürreperioden zu überbrücken und auch dann noch ausreichend Erträge zu ermöglichen.

Mit dem Flächenverbrauch geht landschaftlicher Freiraum verloren. Davon betroffen sind sowohl Lebensräume für Tiere und Pflanzen als auch naturnahe Erholungsflächen außerhalb schon bestehender Siedlungen.

Retentions- sowie Filter- und Pufferfunktionen des Bodens werden beeinträchtigt:

Die zunehmende Bodenversiegelung verringert die Wasseraufnahmekapazität der Böden und die Grund-

wasserneubildungsrate. Die lokale Hochwassergefahr wird erhöht, was auch vor dem Hintergrund der prognostizierten Klimaveränderung mit künftig deutlich zunehmenden Starkregenereignissen an Bedeutung gewinnen wird.

Unbebaute Flächen sind für angrenzende Siedlungsgebiete klimatisch von Bedeutung:

Kaltluftschneisen tragen zu einem ausgeglichenen Stadtklima bei. Nicht selten werden auch zusammenhängende Freiräume zerschnitten und damit Lebensräume und die biologische Vielfalt beeinträchtigt. Der mit dem Flächenverbrauch einhergehende Verlust an Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts ist auch für künftige Generationen irreversibel. Wo Böden ihre natürlichen Funktionen nicht mehr erfüllen können, stehen die Flächen weder für die Trinkwassergewinnung noch für den Nahrungsmittelanbau, die Erholung oder als Lebensraum für Pflanzen und Tiere zur Verfügung.

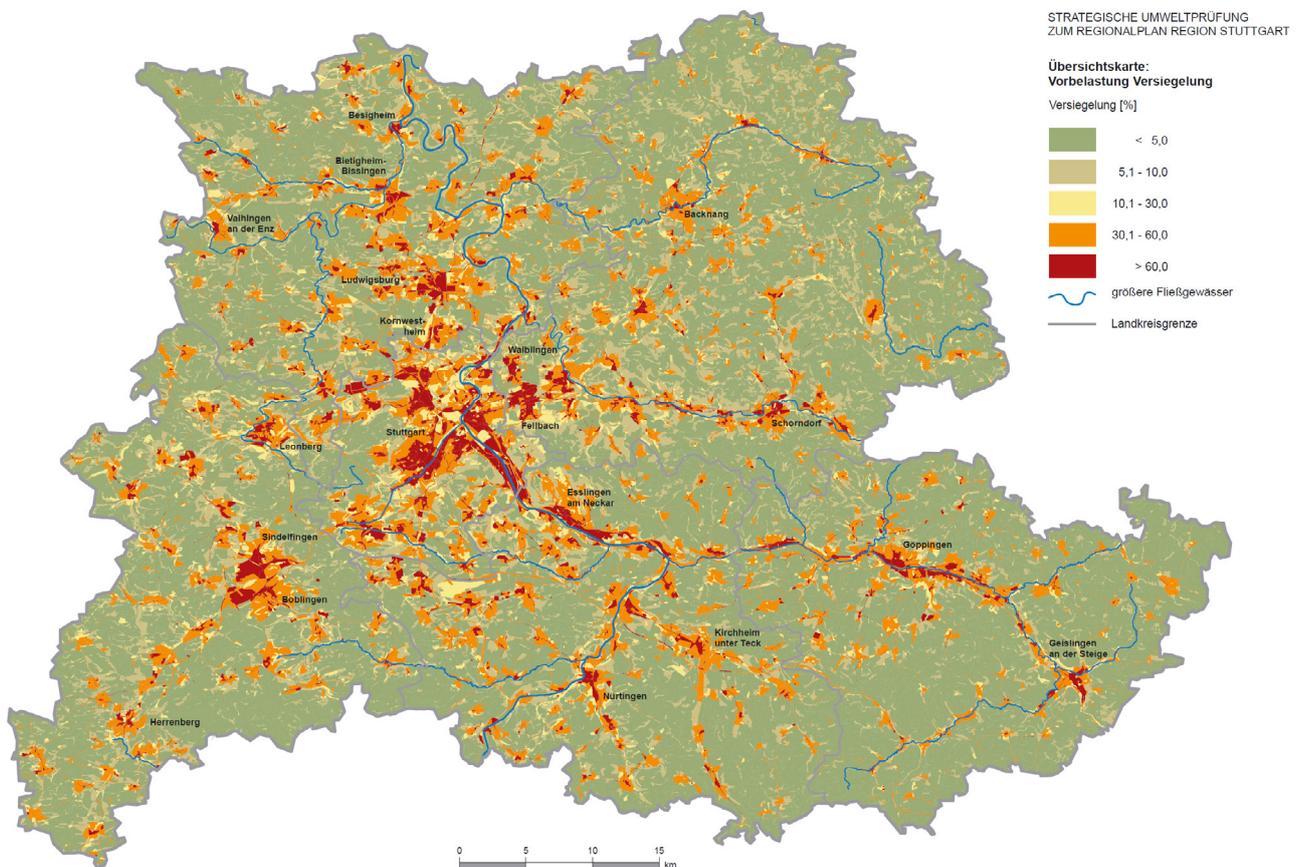


Abb. 7.1-2: Versiegelungsgrade in der Region Stuttgart. (Quelle: Verband Region Stuttgart 2009b, Umweltbericht)

7.2 Flächenverbrauch in Baden-Württemberg - ein landesweiter Überblick

Im Jahr 2016 (Stichtag 31.12.2016) betrug die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Baden-Württemberg 517 434 Hektar (ha) und damit etwa 14,5% der Landesfläche (3 574 828 ha). Davon werden 260 782 ha oder 50,5% als Gebäude- und Freifläche, 38,2% als Verkehrsfläche (197 712 ha) und 7,2% als Erholungsfläche (37 167 ha) genutzt. Die restlichen 4,2% sind Betriebsflächen ohne Abbauland sowie Friedhöfe. Mit einem Anteil von 45,3% der Landesfläche bleibt die Landwirtschaft vor der Forstwirtschaft (37,8%) größter Flächennutzer in Baden-Württemberg (Abb. 7.2-1).

Hinter diesen Durchschnittswerten verbergen sich deutliche regionale Unterschiede. Während in Ländlichen Räumen der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen selten unter 7% liegt, werden in Ballungsgebieten wie Stuttgart und Mannheim Spitzenwerte von über 40% erreicht. Der Grund besteht in der Häufung von zentralen, flächenintensiven Infrastrukturen wie Bahnanlagen sowie von Arbeitsstätten für einen großräumigen Einzugsbereich.

Dass die besiedelte Fläche in den Ballungsräumen weit aus effektiver genutzt wird, zeigt sich am Anteil an Siedlungsfläche pro Einwohner (Flächeneinsatz). Er liegt in den Ballungsräumen deutlich niedriger als in dünn besiedelten Regionen, insbesondere in Ländlichen Räumen. Die Gegenüberstellung in Tab. 7.2-1 macht die

Verhältnisse deutlich. Die Verdichtungsräume weisen pro Einwohner rund 201 m² Siedlungsfläche auf, die Ländlichen Räume im engeren Sinne mit 446 m² mehr als das Doppelte.

Tab. 7.2-1: Flächeneinsatz in m² Siedlungsfläche je Einwohner für verschiedene Raumkategorien von Baden-Württemberg. Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Raumkategorien	Anzahl Gemeinden 2016	Stand [m ²] 2016	Zuwachs [m ²] 2000 bis 2016
Verdichtungsräume	230	201,4	7,2
Randzone um die Verdichtungsräume	216	316,8	30,9
Verdichtungsgebiete im Ländlichen Raum	57	335,9	30,0
Ländlicher Raum im engeren Sinne	598	445,6	59,1
nach Größenklassen der Gemeinden			
> 20000 Einwohner	103	225,1	12,0
10000 bis 20000	150	304,7	26,7
5000 bis 10000	264	353,4	36,2
unter 5000	584	442,1	62,8
Land insgesamt	1101	292,4	24,4
nach Regionen (Auswahl)			
Stuttgart	179	198,2	8,7
Heilbronn-Franken	111	383,9	46,4
Ostwürttemberg	53	378,8	62,3
Neckar-Alb	66	321,4	28,2
Nordschwarzwald	70	307,8	39,1
Mittlerer Oberrhein	57	264,4	12,1

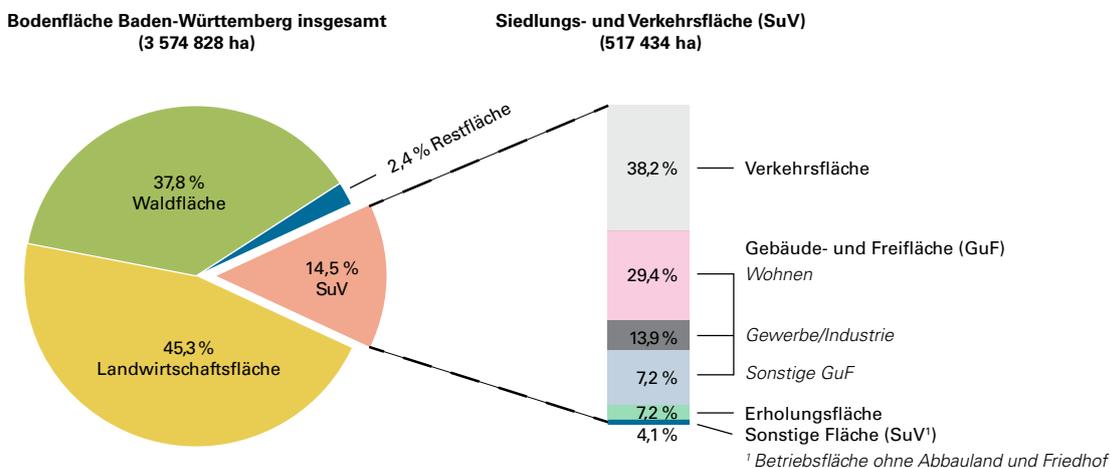


Abb. 7.2-1: Flächennutzung in Prozent [%] der Landesfläche (Stand: 31.12.2016). Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Je ländlicher geprägt eine Region ist, desto höher ist auch der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche je Zeiteinheit. In ländlichen Räumen von Baden-Württemberg betrug er von 2000 bis 2016 knapp das Achtfache im Vergleich zu den verdichteten Räumen (Tab. 7.2-1). Die Inanspruchnahme von Fläche und Boden ist damit erkennbar vom Zuwachs an Wirtschaftsleistung entkoppelt. Sie ist eine Folge der räumlichen Trennung der Lebensbereiche Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Erholung.

In einigen Regionen Baden-Württembergs ist der Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen hoch.

Abbildung 7.2-2 zeigt den seit Jahrzehnten anhaltend hohen Flächenverbrauch landesweit sowie in der Region Stuttgart. Seit 1981 ist der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Land von 11,5% auf 14,5% gestiegen. In der dicht besiedelten Region Stuttgart stieg der Anteil von 20% auf 22,8% (1989-2014). Musste der Flächenverbrauch früher vor allem als direkte Folge der Bevölkerungszunahme während der Industrialisierung sowie den erneuten Anstieg durch Zuwanderung nach dem 2. Weltkrieg interpretiert werden, erscheint Flächenverbrauch heute vor allem als Wohlstandereignis z. B. aufgrund steigender Wohnflächenansprüche.

Die in den vergangenen ca. 50 Jahren entstandene Siedlungs- und Infrastruktur, die vor allem ins Stadt-Umland, aber auch in den Ländlichen Raum hineingreift, ist einerseits für die Bevölkerung mit Komfort- und Qualitätssteigerungen verbunden, andererseits führt die Trennung von Wohnen und Arbeiten aber auch zu einem deutlich höheren Flächenverbrauch für den fließenden und ruhenden Verkehr.

Seit 2000 bis 2016 nahm in Baden-Württemberg die Einwohneranzahl um 3,8% zu, die Siedlungs- und Verkehrsflächen um 9,6% sowie die Siedlungsfläche pro Einwohner um 23,9m² bzw. 8,7%. Im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2016 wurden trotz eines im Landesdurchschnitt nur noch geringen Einwohnerzuwachses jährlich etwa 8,0 ha Freiflächen pro Tag in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewidmet. Der Rückgang des jährlichen Flächenverbrauchs seit 2007 auf 3,5 ha pro Tag in 2016 (Abb. 7.2-2) kann hierbei als eine generelle Trendwende interpretiert werden. Für die Region Stuttgart ist diese Tendenz ebenfalls erkennbar.



Abb. 7.2-2: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in (A) Baden-Württemberg und (B) Region Stuttgart (Vier-Jahreszeiträume: 1981 bis 2000; jährlich: ab 2001)

Quellen: 1981-1996 Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg; ab 2000 Statistisches Landesamt. Für die Region Stuttgart stehen nur Daten für den Erhebungszeitraum ab 1989 zur Verfügung.

Zwischen 2000 und 2016 lag der mittlere tägliche Flächenverbrauch bei 1,1 ha, seit 2009 liegt er unter 1 ha pro Tag.

Die Landesregierung hatte im bis zum Jahr 2012 fortgeschriebenen Umweltplan von Baden-Württemberg das bereits 2000 formulierte Ziel einer „deutlichen Reduzierung des Flächenbrauchs“ noch einmal bekräftigt [UM 2007]. Seit vielen Jahren unterstützt das Land deshalb Bemühungen beim Flächensparen⁹. In der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes [UM 2008] werden die Rückführung der Umwandlungsrate von Landwirtschafts- und natürlichen Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen auf „Netto-Null“¹⁰ sowie die Bedeutung großer unzerschnittener Landschaften und Flächen betont.

9 19.10.2004: Gründung des Aktionsbündnisses „Fläche gewinnen in Baden-Württemberg“.

10 "Der Begriff „Netto-Null“ bedeutet theoretisch hinsichtlich des Flächenverbrauchs, dass zwar noch Flächen neu für bauliche Zwecke in Anspruch genommen werden können, aber gleichzeitig in gleichem Umfang nicht mehr benötigte Siedlungsbrachflächen renaturiert werden, sodass das Verhältnis von besiedelter Fläche zu Freifläche dauerhaft konstant bleibt. In der Bilanz ergibt sich damit ein Flächenverbrauch von „Netto-Null“. Sinnvoller ist jedoch Neubau-Aktivitäten direkt auf vorgenutzte Standorte zu lenken.

7.3 Situation in der Region Stuttgart

Der Flächenverbrauch hat im Verlauf des vergangenen Jahrhunderts gerade in der Region Stuttgart ein beachtliches Ausmaß angenommen. Abb. 7.2-2 und Abb. 7.3-1 verdeutlichen die Entwicklung in der Region. Zur Mitte des 19. Jahrhunderts wird die besiedelte Fläche auf ca. 4 600 ha geschätzt, bei etwa 420 000 Einwohnern (110 m²/Einwohner). Die Ortslagen wuchsen bis 1900 auf rund 12 400 ha, die Einwohnerzahl auf 772 000 (161 m²/Einwohner). 1960 betrug die Siedlungsfläche rund 19 900 ha, die Einwohnerzahl stieg auf 1 910 000 (104 m²/Einwohner). Während die Siedlungsfläche pro Einwohner damit nach dem zweiten Weltkrieg kurzzeitig auf das Niveau Mitte des 19. Jahrhunderts zurückfiel, vergrößerte sich die Siedlungsfläche bis 2004 auf rund 51 000 ha bei nunmehr 2,66 Mio. Einwohnern und betrug damit 192 m²/Einwohner. Damit wird deutlich, dass in der Region Stuttgart in den letzten 60 Jahren mehr Fläche verbraucht und Boden versiegelt worden ist als von allen vorangegangenen Generationen.

Im Jahr 2016 lag der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche der Region Stuttgart bei 22,8% und damit über dem Landesdurchschnitt von 14,5%. Dies ist vor allem auf den hohen Bevölkerungsanteil an der Landesbevölkerung zurückzuführen. Mit 2,75 Mio. Menschen lebten im Jahr 2016 ein Viertel der Einwohner Baden-Württembergs in der Region Stuttgart auf rund einem Zehntel der Landesfläche. Dass in der Region Stuttgart 30% des Bruttoinlandsproduktes erwirtschaftet werden, zeigt die hohe Produktivität der Flächen. Der Indikator der Flächenproduktivität bezeichnet den Flächenverbrauch bezogen auf die Wirtschaftsleistung, also den Quotienten aus Bruttoinlandsprodukt und Siedlungs- und Verkehrsfläche. In Baden-Württemberg ist die Flächenproduktivität seit 2004 um ca. 25% gestiegen, d.h. 32% Steigerung des Bruttoinlandsproduktes stehen einem Zuwachs von 5,5% bei der Siedlungs- und Verkehrsfläche gegenüber. Im Bundesdurchschnitt liegt das Verhältnis bei 28,1% zu 7,2%.

Infrastruktur, vorhandene Versorgungseinrichtungen und in der Region angesiedelte Arbeitsstätten führen weiter zu einem starken Siedlungsdruck. Dies spiegeln auch die Daten auf Land- und Stadtkreisebene wider.

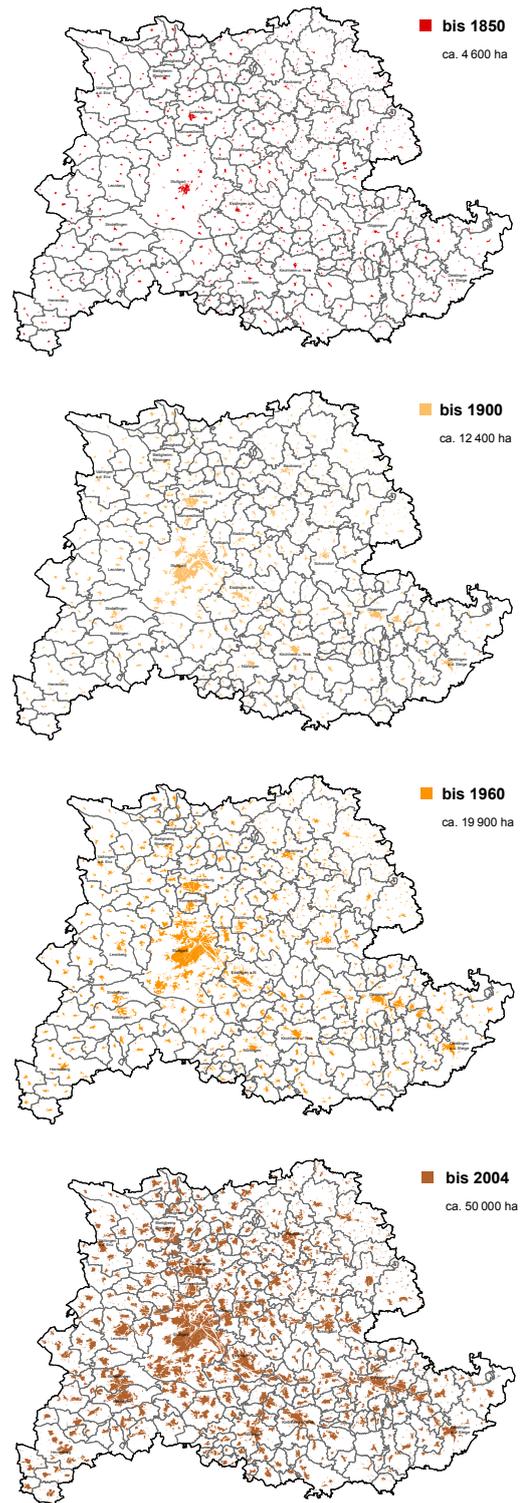


Abb. 7.3-1: Entwicklung der Ortslagen in der Region Stuttgart von 1850 bis 2004. Gemarkungsgrenzen bezogen auf Stand aktuell. (Quelle: Verband Region Stuttgart, Regionalmonitor 2006)

Die Landkreise der Region sowie die Landeshauptstadt Stuttgart gehören zu den Kreisen mit landesweit überdurchschnittlichen Siedlungs- und Verkehrsflächenanteilen (Abb. 7.3-2). Esslingen, Ludwigsburg und Böblingen nehmen die „Spitzenposition“ in der Region ein.

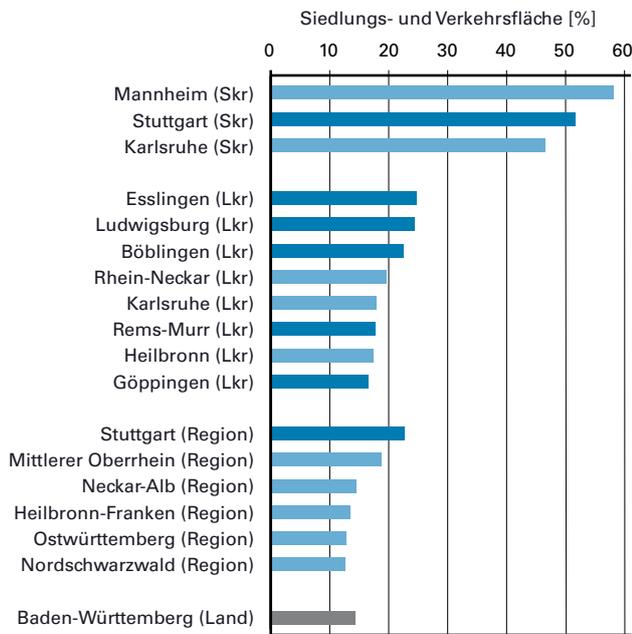


Abb. 7.3-2: Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Prozent [%] an der Gesamtfläche. Region Stuttgart und Landkreise der Region (dunkelblau) im Vergleich mit anderen Regionen und Kreisen Baden-Württembergs (hellblau). Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Stand: 31.12.2016)

Vom Ländlichen Raum im engeren Sinne zum Verdichtungsraum ist ein deutlicher Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile an der Gesamtfläche der Region Stuttgart festzustellen (Abb. 7.3-3).

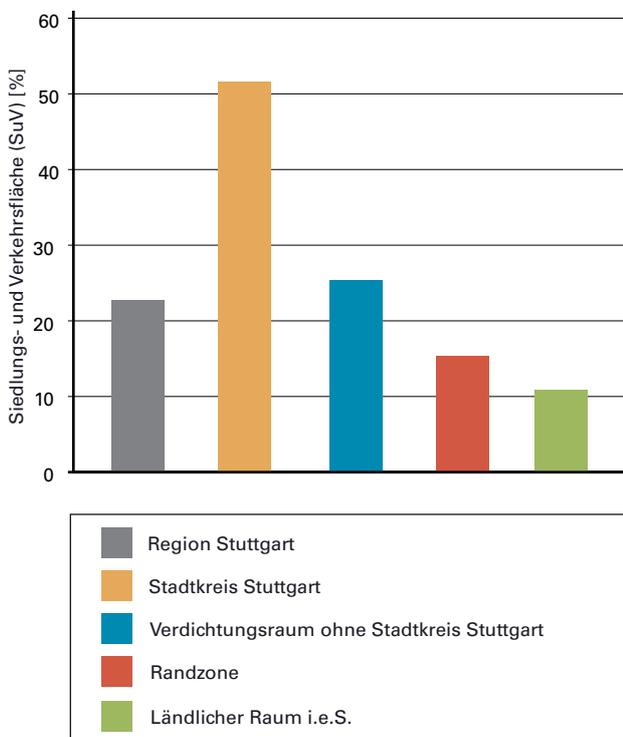


Abb. 7.3-3: Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Prozent [%] der Gesamtfläche der Region Stuttgart nach Raumkategorien. Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Stand: 31.12.2016)

In der Region Stuttgart wuchs die Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 2000 und 2016 um weitere 7,6% bzw. 5 911 ha. Dies sind zwar ca. 16,1% des gesamten Flächenverbrauchs in Baden-Württemberg, wegen des hohen Einwohneranteils fällt der Flächenzuwachs bezogen auf jeden Einwohner mit +21,4 m²/Einwohner (BW: +41,5 m²/Einwohner) allerdings unterdurchschnittlich aus.

Abbildung 7.3-4 zeigt die starken Unterschiede hinsichtlich des Flächeneinsatzes je Einwohner und damit die siedlungsstrukturellen Unterschiede in der Region. Auf Gemeindeebene variiert der Flächeneinsatz, angegeben als Siedlungsfläche je Einwohner, zwischen 122,0 und 605,3 m² (Stadtkreis Stuttgart: 122,0 m²).

Der Stadtkreis Stuttgart verzeichnete in den Jahren von 2000 bis 2016 ein relativ geringes Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen von +3,5% (Abb. 7.3-5). Da im selben Zeitraum die Bevölkerung im Stadtkreis Stuttgart im Vergleich zur Region (+5,2%) insgesamt mit +7,2% überdurchschnittlich zunahm, stieg der Flächenverbrauch pro Einwohner nur gering, ebenso Wohnbauflächen (Gebäude- und Freifläche Wohnen).

Der Anteil von Erholungsflächen an der Siedlungsfläche liegt im Stadtkreis Stuttgart mit 15,2% deutlich über den Durchschnittswerten der Umlandgemeinden. Dies liegt in den Aufgaben einer Großstadt begründet, die auch innerhalb der besiedelten Bereiche ausreichend große Park- und Grünanlagen für die Erholung ihrer Bevölkerung, aber z.B. auch als siedlungsklimatische Ausgleichsflächen bereitstellen muss. Kleine Gemeinden können den Bedarf an Erholungs- und Freiraumfunktionen leichter im schnell zugänglichen Außenbereich abdecken.

Auch in den Gemeinden des Umlandrings (Verdichtungsraum ohne Stadtkreis Stuttgart) ist die Nutzungsdichte bezogen auf die Einwohnerzahl hoch und die Siedlungsflächenausstattung je Einwohner vergleichsweise niedrig (205,0 m² Siedlungsfläche/Einwohner; Abb. 7.3-4).

Im Umland um die Landeshauptstadt Stuttgart (Verdichtungsraum ohne Stuttgart, Abb. 7.3-5) sind zwischen 2000 und 2016 die Siedlungs- und Verkehrsflächen (+7,6%) im

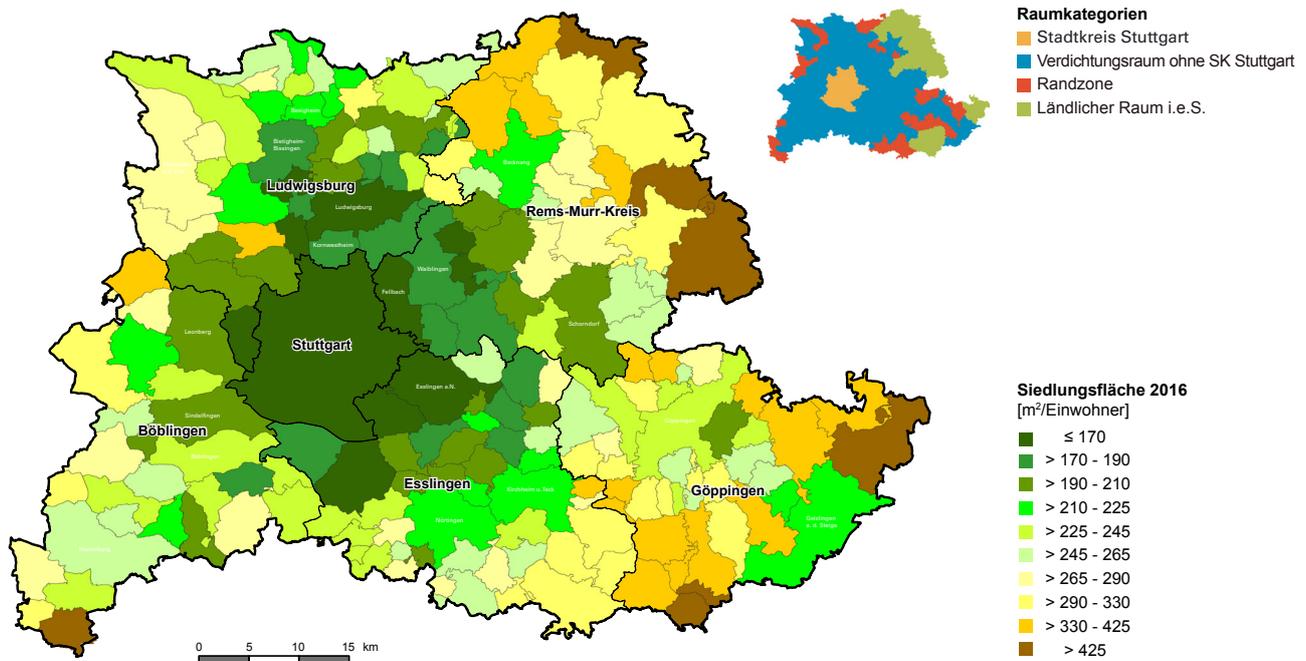


Abb. 7.3-4: Flächeneinsatz in den Gemarkungen der Region Stuttgart pro Einwohner im Jahr 2016 (Siedlungsfläche [m²/Einwohner])
 Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Vergleich zur Bevölkerungsdynamik (+5,3%) überproportional angestiegen. Dabei wuchsen die gewerblich genutzten Flächen im Umland mit +18,1% in ähnlichem Maße wie die Wohnbauflächen (+16,7%).

Die Gemeinden außerhalb des Kernraumes, die nach Landesplanung bereits der Randzone der Verdichtungsräume (38 Gemeinden) oder dem Ländlichen Raum im engeren Sinne (23 Gemeinden) zuzurechnen sind [Landesentwicklungsplan 2002], weisen bei geringster Bevölkerungsdynamik das stärkste Flächenwachstum auf.

In den Gemeinden der Randzone wuchs die Siedlungs- und Verkehrsfläche um +12,7% bei einem geringfügigen Bevölkerungsanstieg von 2,1% (Abb. 7.3-5). Den stärksten Zuwachs verzeichnen dabei die Erholungsflächen, ausgehend von einem deutlich unterdurchschnittlichen Ausstattungsgrad. Der Anteil der Erholungsflächen an der Siedlungsfläche nahm von 2000 bis 2016 von 6,4% auf 9,6% zu.

In den Gemeinden des Ländlichen Raums der Region Stuttgart nahm die Siedlungs- und Verkehrsfläche um +8,8% zu, bei leicht abnehmenden Einwohnerzahlen. Dabei wuchsen vor allem die gewerblich genutzten Flächen mit +30,8% bzw. +9,4 m²/Einwohner überdurchschnittlich (Abb. 7.3-5; 7.3-6).

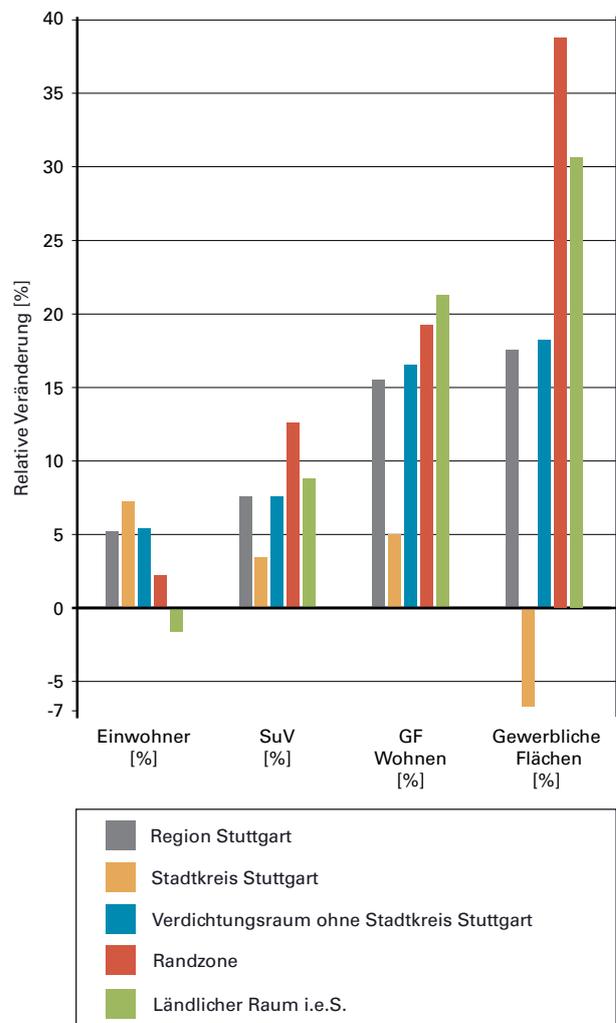


Abb. 7.3-5: Entwicklung der Nutzungsarten Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV), Gebäude- und Freifläche Wohnen (GuF-Wohnen) und gewerbliche Flächen in der Region Stuttgart nach Raumkategorien im Vergleich mit der Einwohnerentwicklung im Zeitraum 2000-2016.
 Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

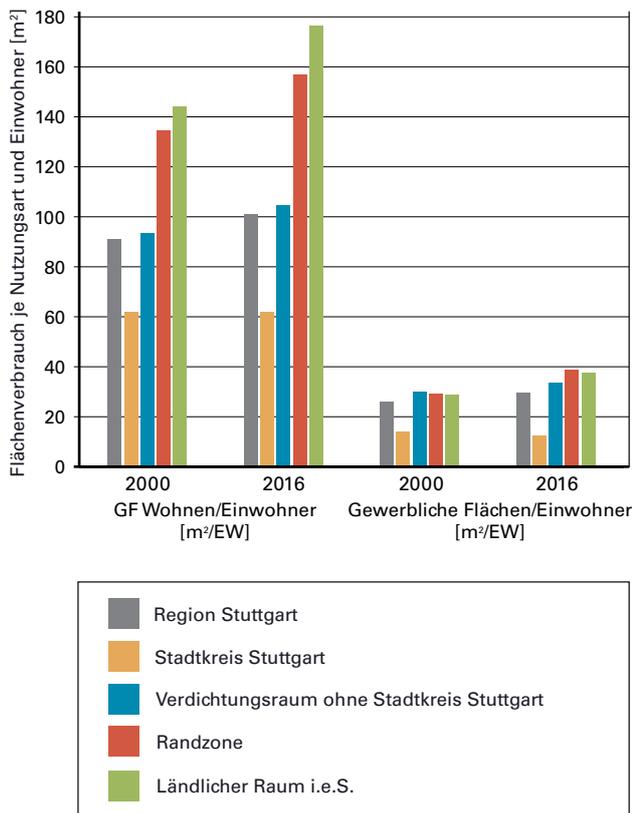


Abb. 7.3-6: Flächenausstattung pro Einwohner für die Nutzungsarten Gebäude- und Freifläche GuF-Wohnen und GuF-Gewerbe und Industrie in den verschiedenen Raumkategorien der Region Stuttgart jeweils zum Ende der Jahre 2000 und 2016. Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

7.4 Flächenverbrauch - was wird kommen?

Vergegenwärtigt man sich die Entwicklung der letzten Jahrzehnte, wird deutlich, dass die Siedlungsentwicklung nicht im gleichen Umfang wie noch am Ende der ersten zehn Jahre dieses Jahrhunderts weiterwachsen kann, wenn die Lebensqualität, Freiraumfunktionen des Bodens und Abwägungsspielraum auch für künftige Generationen bewahrt werden sollen. Die Ressource Boden ist nicht vermehrbar, Bodenfunktionen sind teilweise und mit großen Einschränkungen nur unter erheblichem Aufwand, häufig jedoch gar nicht zu substituieren. Die intensive Belastung der Flächenversiegelung des Ökosystems Boden mit den bekannten negativen Folgen für den Wasserhaushalt, das Mikroklima sowie Flora und Fauna ist im Zusammenhang mit der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche besonderes zu beachten.

Das Statistische Landesamt führte aus, dass die Ausweitung von Siedlungs- und Verkehrsflächen die verbliebenen natürlichen Lebensräume beeinträchtigt und einen bedeutenden Belastungsfaktor für die Umwelt

darstellt. Im Blickpunkt der Umweltbeobachtung steht daher zunehmend eine nachhaltige Nutzung und ein schonender Umgang mit der Fläche als ausgesprochen wertvoller Ressource. Der wachsenden Zersiedlung der Landschaft und der Versiegelung der Böden soll entgegen gewirkt und negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt, wie Schädigungen der Funktionen des Bodens und der Tier- und Pflanzenarten, sollen vermieden bzw. begrenzt werden. Die zunehmende Bedeutung flächenschonender Maßnahmen vermittelt anschaulich der Blick auf die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2016; Abb. 7.2-2).

Zur Umstellung des Liegenschaftskatasters durch die Statistischen Landesämter von ALB/ALK (Automatisiertes Liegenschaftsbuch/Automatisierte Liegenschaftskarte) auf ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster Informationssystem) ist zu beachten, dass es dabei teilweise zu Neuordnungen einzelner Nutzungsarten sowie zu Berichtigungen kam. Einzelne Ergebnisse sind deshalb vorläufig, rechnerische Differenzen zwischen zwei Erhebungsstichtagen spiegeln nicht immer die tatsächliche Entwicklung wider. Nach dem jetzigen Stand ergibt sich in den letzten Jahren ein abgebremstes Tempo der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Abb. 7.2-2).

In Baden-Württemberg betrug der tägliche Flächenverbrauch von 2005 bis 2014 rund 7,4 ha. Während es von 2005 bis 2009 noch durchschnittlich 8,7 ha waren, ging der Flächenverbrauch in der anschließenden Phase 2010 bis 2014 auf 6 ha pro Tag zurück. Hierbei nahm der tägliche Flächenverbrauch vor allem bei der Siedlungsfläche ab. Langfristig hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche im Land damit seit 2005 um 27 000 ha zugenommen. Umgerechnet entspricht das dem Flächenumfang von rund 38 600 Fußballfeldern oder fast 40 % der Fläche des Stadtstaates Hamburg. Aufgrund dieser Entwicklung beträgt der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche des Landes mittlerweile 14,4 % gegenüber 13,6 % im Jahr 2004. In erster Linie ging dies zulasten der Landwirtschaftsfläche, während die Waldfläche leichte Zuwächse verbuchte. Trotz der allgemein abschwächenden Zunahme des Flächenverbrauchs besteht dennoch die größte

Entwicklungs-dynamik im ländlichen Raum, wo noch ein größeres Flächenreservoir besteht.

Würde dagegen der durchschnittliche regionale Flächenverbrauch des Zeitraums 2000 bis 2016 von etwa 370 ha / Jahr andauern, dann stiege der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil von ca. 22,8 % (2016) bis zur Mitte des Jahrhunderts in der Region auf ca. 26,3 % (ca. +133 km²) an. Um die Relation deutlich zu machen - dieser Zuwachs entspräche einer Fläche von 17 800 Fußballfeldern.

Differenzierte Prognosen sind schwierig, da der Flächenverbrauch das Ergebnis eines komplexen Ursachenbündels ist und die Auswirkungen einzelner Faktoren auf die weitere Entwicklung nur schwer zu quantifizieren sind [Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2009].

Entgegen der Entwicklung in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde ursprünglich auch für die Region Stuttgart bis zum Jahr 2030 ein geringer Bevölkerungsrückgang um ca. 0,5 % erwartet [Statistisches Landesamt, 2015]. Inwieweit beim jetzigen Trend einer in den nächsten ca. 15 Jahren wachsenden Bevölkerung in Baden-Württemberg ohne zusätzliche Anstrengungen ein mehr als nur leichter Rückgang des Flächenverbrauchs erreicht werden kann, ist auch in Anbetracht des bis zuletzt anhaltenden Flächenbedarfs je Einwohner ungewiss.



Abb. 74-1: Neubauegebiete und demografische Entwicklung - Ermittlung der fiskalisch besten Baulandstrategie für die Kommunen in der Region Stuttgart (Verband Region Stuttgart / Ökonsult 2006).

In der Region Stuttgart trug die Gebäude- und Freifläche Wohnen mit einem Anstieg von 91,4 m² (2000) auf 101 m² pro Einwohner (2016) zum Flächenverbrauch bei. Beim Bedarf an Wohnflächen würde sich voraussichtlich selbst ein Bevölkerungsrückgang aufgrund eines höheren Durchschnittsalters der Bevölkerung bis 2030 um ca. 2,7 % [Statistisches Landesamt 2015]

nicht direkt bemerkbar machen. Die Zahl der Erwachsenen bzw. der Haushalte als Nachfrager nach Wohneinheiten dürfte bei weiter abnehmender Haushaltsgröße sogar überproportional zunehmen (Verband Region Stuttgart / Ökonsult 2006; Abb. 74-1). Als besonders relevant für den Bedarf an Wohnungen hat sich in der Vergangenheit die Altersgruppe der 30- bis 45-Jährigen erwiesen.

Bessere Gesundheit und zunehmende Lebenserwartung älterer Bevölkerungsschichten lassen erwarten, dass ältere Einwohner nach Auszug der Kinder länger in ihren Einfamilienhäusern verbleiben (Remanenzeffekt). Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung sieht aber nicht nur im Wohnflächenbedarf einen Grund für weiteren Flächenverbrauch. Vielmehr sind gerade auch große Einzelhandelszentren, Gewerbegebiete sowie Handel- und Lagerflächen für die Inanspruchnahme der Fläche mit verantwortlich. Aber auch die Verkehrs-, Freizeit und Erholungsflächen nehmen weiter zu.

In der Region Stuttgart trugen neben der Wohnnutzung im Zeitraum 2000 bis 2016 die um ca. 18 % gewachsenen gewerblich genutzten Flächen mit einem Anteil von etwa 10 % erheblich zum Flächenverbrauch bei (Zunahme von 26,2 m² pro Einwohner 2000 auf 29,3 m² pro Einwohner 2016). Auch im Bereich gewerblicher Flächennutzung verläuft der Flächenverbrauch somit nicht proportional zur Bevölkerungsentwicklung. Nicht untersucht wurde die Arbeitsplatzentwicklung im Verhältnis zur Flächenentwicklung.

Angesichts des demografischen Wandels waren die finanziellen Auswirkungen der Siedlungsentwicklung vermehrt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Dabei wurden z. B. die Folgekosten für die Unterhaltung der mit der Siedlungsfläche wachsenden Infrastruktur abhängig von Szenarien der Bevölkerungsentwicklung betrachtet (Abb. 74-1) [z. B. Reidenbach et al. 2007, Bauriedl et al. 2008, Hoffmeister et al. 2008, Verband Region Stuttgart / Ökonsult 2006]. Die Infrastrukturkosten je Einwohner werden künftig spürbar steigen. Allein aus diesem Grund ist eine Trendwende beim Flächenverbrauch nötig, um die finanzielle Belastung der kommunalen Haushalte und Bürger in Grenzen zu halten.

7.5 Indikatoren zur Siedlungsentwicklung

Das Ziel, die nicht erneuerbaren Ressourcen Boden, Fläche und Natur zu schonen, kann nur mit konsequentem Handeln auf allen Planungsebenen erreicht werden. Der kommunalen Ebene kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Die Planung ist auf verlässliche Informationen angewiesen, um vergangene Entwicklungen beurteilen und auf künftige Trends Einfluss nehmen zu können.

Auf der räumlichen Ebene von Ländern, Regionen und Landkreisen gibt der Indikator „Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche“ einen guten ersten Überblick über die Situation. Für die Ebene der Kommunen hat die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg eine Orientierungshilfe anhand von Indikatoren zur Siedlungsentwicklung erstellt [LUBW 2007a,b].

Die Indikatoren zur Flächennutzung ermöglichen den Vergleich zwischen einzelnen Kommunen, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumkategorien und Größenklassen. Sie erlauben kommunalen Entscheidungsträgern und interessierten Bürgerinnen und Bürgern, die Siedlungsentwicklung in ihrer Kommune zu verfolgen und zu bewerten.

Ausführliche Informationen zu den Indikatoren finden Sie auf der Seite der LUBW (<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/25922/>). Indikatoren und Grafiken zu jeder Kommune in Baden-Württemberg können im Internet abgerufen werden unter: <http://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Gebiet-Flaeche/GB-FV-LR.jsp>).

8 Bodenschutz in der Planung

Räumliche und flächenbezogene Planungen haben direkten Einfluss auf die Böden der beplanten Bereiche. Das Spektrum der Beeinträchtigungen reicht dabei von geringfügigen über nachteilige Veränderungen von Bodenfunktionen bis hin zum vollständigen Verlust der Leistungsfähigkeit von Böden im Naturhaushalt.

8.1 Rechtliche Grundlagen des vorsorgenden Bodenschutzes

Der vorsorgende Bodenschutz wurde in verschiedenen Gesetzen und untergesetzlichen Regelungen verankert. Die nachfolgende Tabelle 8.1-1 fasst die wichtigsten rechtlichen Bezüge zusammen.

Tab. 8.1-1: Rechtliche Grundlagen des vorsorgenden Schutzes von Böden in Planungs- und Gestattungsverfahren

Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten	§ 1 § 2 (1) und (2) Nr. 1, 2 und 3 § 5	Die Funktionen des Bodens sind nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Anordnungen zur Entsiegelung können im Einzelfall durch die zuständigen Behörden getroffen werden.
Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)	§ 1 § 12	Regelung der Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen, altlastverdächtigen Flächen, schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie für die Anforderungen an die Probenahme, Analytik und Qualitätssicherung. Anforderungen zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen einschließlich der Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien. Festlegung von Prüf- und Maßnahmenwerten sowie von Vorsorgewerten für Böden.
Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz (LBodSchAG) Gesetz zur Ausführung des Bundes- Bodenschutzgesetzes	§ 1 (1) § 2 (1)	Die Bodenschutz- und Altlastenbehörden haben darüber zu wachen, dass die Bestimmungen des BBodSchG eingehalten und auferlegte Verpflichtungen erfüllt werden. Behörden und sonstige Einrichtungen des Landes sowie die Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts haben bei der Planung und Ausführung eigener Baumaßnahmen und sonstiger eigener Vorhaben die Belange des Bodenschutzes nach § 1 BBodSchG in besonderem Maße zu berücksichtigen. Dazu gehört auch der sparsame, schonende und haushalterische Umgang mit Boden. Deshalb ist bei vorgesehener Inanspruchnahme von nicht versiegelten, nicht baulich veränderten oder unbebauten Flächen insbesondere zu prüfen, ob der Flächenverbrauch des Projektes bedarfsgerecht ist und ob eine Realisierung des Projektes mit einem geringeren Flächenverbrauch, eine Wiedernutzung beispielsweise von bereits versiegelten, sanierten, baulich veränderten oder bebauten Flächen, eine Nutzung von Baulücken oder eine Inanspruchnahme weniger wertvoller Böden möglich ist.
Raumordnungsgesetz (ROG)	§ 1 (1) und (2) Nr. 2 § 2 (2) Nr. 2, 3, 6, 8	Aufgabe und Leitvorstellung der Raumordnung ist es, u. a. Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raumes zu treffen und eine nachhaltige Raumentwicklung zu fördern, welche die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt. Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu vermindern, insbesondere durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen.
Baugesetzbuch (BauGB)	§ 1 (5) und (6) Nr. 7a) Nr. 8b) § 1a (2) und (3) § 176 (1) Nr. 1 und 2 § 200 (3) § 202	Natürliche Lebensgrundlagen sind zu schützen und zu entwickeln, die Belange des Umweltschutzes sowie der Land- und Forstwirtschaft sind zu berücksichtigen. Ein sparsamer und schonender Umgang mit Boden ist zu pflegen. Das BauGB adressiert Baugebot, Baulandkataster sowie den Schutz des Mutterbodens. Zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen sind die Möglichkeiten der Entwicklung der Gemeinden insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen.
Bau- / Planungsrecht - Land Landesplanungsgesetz (LplG)	§ 2 (1) § 11 (3) Nr. 7 und (7)	Leitvorstellung ist eine nachhaltige Rahmenentwicklung mit Vorgaben u. a. zur anzustrebenden Siedlungs- und Freiraumstruktur sowie zu den zu sichernden Standorten und Trassen für die Infrastruktur der Region. Dazu können z. B. Vorrang-, Vorbehalts- sowie Ausschlussgebiete festgelegt werden.

<p>Naturschutzrecht - Bund Gesetz zum Schutz der Natur und zur Pflege der Landschaft Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)</p>	<p>§ 1 (1), (3) Nr. 1 u. 2 § 9 (3) Nr. 4e § 13 - 16 § 15 (3)</p>	<p>Natur und Landschaft sind aufgrund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich zu schützen. Der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft.</p> <p>Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere die räumlich abgrenzbaren Teile seines Wirkungsgefüges im Hinblick auf die prägenden biologischen Funktionen, Stoff- und Energieflüsse sowie landschaftlichen Strukturen zu schützen. Naturgüter, die sich nicht erneuern, sind sparsam und schonend zu nutzen. Böden sind so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können, nicht mehr genutzte versiegelte Flächen sind zu renaturieren, oder, soweit eine Entsiegelung nicht möglich oder nicht zumutbar ist, der natürlichen Entwicklung zu überlassen.</p> <p>Die Landschaftspläne sollen Angaben enthalten zum Schutz, zur Qualitätsverbesserung und zur Regeneration von Böden, Gewässern, Luft und Klima. Erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind vom Verursacher vorrangig zu vermeiden. Nicht vermeidbare erhebliche Beeinträchtigungen sind durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder, soweit dies nicht möglich ist, durch einen Ersatz in Geld zu kompensieren.</p> <p>Bei der Inanspruchnahme von land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist auf agrarstrukturelle Belange Rücksicht zu nehmen, insbesondere sind für die landwirtschaftliche Nutzung besonders geeignete Böden nur im notwendigen Umfang in Anspruch zu nehmen. Es ist vorrangig zu prüfen, ob der Ausgleich oder Ersatz auch durch Maßnahmen zur Entsiegelung, durch Maßnahmen zur Wiedervernetzung von Lebensräumen oder durch Bewirtschaftungs- oder Pflegemaßnahmen, die der dauerhaften Aufwertung des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes dienen, erbracht werden kann, um möglichst zu vermeiden, dass Flächen aus der Nutzung genommen werden.</p> <p>Kompensationsmaßnahmen in Form von Maßnahmen zur Aufwertung von Schutzgütern, auch der natürlichen Bodenfunktionen, zum Ausgleich künftig zu erwartender Eingriffe in Natur und Landschaft können bevorratet werden.</p>
<p>Naturschutzrecht - Land Gesetz zum Schutz der Natur und zur Pflege der Landschaft Naturschutzgesetz (NatSchG) Baden-Württemberg</p>	<p>§ 14 - 19</p>	<p>Das Landesnaturschutzgesetz von Baden-Württemberg ergänzt Regelungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) bzw. trifft Regelungen, die von diesem abweichen. Eingriffe in Natur und Landschaft sowie die Rechtsfolgen werden konkretisiert. Wer Maßnahmen durchführt, von denen dauerhaft günstige Wirkungen auf die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts ausgehen, bedarf als Voraussetzung ihrer Anerkennung als vorgezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme der vorherigen Zustimmung der Naturschutzbehörde. Zum Zeitpunkt der Zuordnung der Maßnahme zu einem Eingriff sind die günstigen Wirkungen der Maßnahme von der an der Zulassung des Eingriffs beteiligten Naturschutzbehörde festzustellen. Wer Abgrabungen, Aufschüttungen, Auf- oder Abspülungen im Außenbereich vornimmt bedarf der Genehmigung der Naturschutzbehörde (ausgenommen verfahrensfreie Vorhaben nach LBO).</p>
<p>Immissionsschutzgesetz - Bund Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge [BImSchG]</p>	<p>§ 1 § 2 (3) Nr. 2 und 3 § 3 (2), (6) und (10) § 5 (4) § 7 (1) Nr. 5 § 10 (1a)</p>	<p>Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen</p>

8.2 Bodenschutzziele des Bundes und des Landes

Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Boden orientiert sich am Grundsatz des sparsamen, schonenden und haushälterischen Umgangs mit Böden und Freiflächen. Seit etwa 20 Jahren wurden Ziele hinsichtlich der Lenkung des Flächenverbrauchs formuliert und verschiedene Programme aufgelegt.

Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung

Im Jahr 1998 hat das Bundesumweltministerium das Ziel formuliert, dass bis 2020 der Flächenverbrauch auf 30 ha/Tag reduziert werden sollte. Dieses Ziel ist 2002 in die nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung aufgenommen worden. Zwischenzeitlich wurde das gegenüber der Nachhaltigkeitsstrategie von 2002 verschärfte Ziel formuliert, den Flächenverbrauch bis zum

Jahr 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu senken. Eine Inanspruchnahme von Böden ist deutlich zu verringern und bei unvermeidbaren Eingriffen auf Flächen zu lenken, deren Böden infolge Vornutzung oder naturbedingt eine geringere Leistungsfähigkeit aufweisen.

Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg

Der Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg (NBBW) hat der Landesregierung im Jahr 2003 empfohlen, den Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr im Land bis 2020 schrittweise auf 3 ha pro Tag zu senken und Mengenziele in die Regionalpläne aufzunehmen.

Neben der Begrenzung des quantitativen Flächenzuwachses (Mengenziel) bedarf es nach Einschätzung des Nachhaltigkeitsbeirats Baden-Württemberg [NBBW 2004] auch einer ergänzenden qualitativen Steuerung des Flächenverbrauchs. Hierzu zählt der Nachhaltigkeitsbeirat auch, dass landwirtschaftliche Böden, insbesondere großflächige Gebiete, besser gesichert werden, als dies bisher der Fall ist.

Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg

Die Nachhaltigkeitsstrategie von Baden-Württemberg besteht seit 2007 und wurde 2012 neu ausgerichtet; seither wird sie kontinuierlich weiterentwickelt. Um die Freiräume nicht zu gefährden, sollen die Umwandlungsraten von Landwirtschafts- und natürlichen Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen langfristig auf „Netto-Null“ verringert und große, bislang unzerschnittene Flächen zusammenhängend erhalten werden.

Umweltplan Baden-Württemberg - Fortschreibung 2007

Der Umweltplan Baden-Württemberg [MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG 2007] enthält Bodenschutzziele und -maßnahmen sowie Hinweise, wie sie erreicht werden können. So wird ein programmatischer Handlungsrahmen gesetzt. Für das Schutzgut Boden werden folgende Ziele und Maßnahmen formuliert:

- Reduzierung des heutigen Ausmaßes des Flächenverbrauchs als eine Grundvoraussetzung für nachhaltige Raumentwicklung. An der Zielsetzung des Umweltplans 2000 und des Landesentwicklungsplans 2002,

zur langfristigen Sicherung von Entwicklungsmöglichkeiten die Inanspruchnahme bis 2010 bislang unbebauter Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke deutlich zurückzuführen, wird festgehalten.

- Unterstützung des damaligen Ziels der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, den Flächenverbrauch bis zum Jahr 2020 auf bundesweit 30 ha/Tag zu verringern.
- Langfristig muss es schon aus demografischen Gründen Ziel des Landes sein, durch Flächenkreislaufwirtschaft zu „Netto-Null“ bei dem siedlungsbedingten Flächenverbrauch zu kommen.

Die Ausrichtung der Siedlungsentwicklung soll entsprechend dem Ziel des Landesentwicklungsplans 2002 vorrangig am Bestand erfolgen, durch:

- Erfassung und Aktivierung von Innenentwicklungspotenzialen in den Kommunen
- Verdichtung und Arrondierung bestehender Siedlungsgebiete und Baulückenschließung
- Wiedernutzung von Wohn-, Gewerbe- und Industriebrachen sowie Altlastensanierung
- Konversion von Militär- und Bahn-Liegenschaften.

Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg 2002

Die Ausrichtung der Siedlungsentwicklung soll entsprechend dem Ziel des Landesentwicklungsplans 2002 vorrangig am Bestand erfolgen:

- Erfassung und Aktivierung von Innenentwicklungspotenzialen in den Kommunen
- Verdichtung und Arrondierung bestehender Siedlungsgebiete und Baulückenschließung
- Wiedernutzung von Wohn-, Gewerbe- und Industriebrachen sowie Altlastensanierung
- Konversion von Militär- und Bahn-Liegenschaften
- Neuausweisung von Siedlungsgebieten nur bei besonderem Bedarfsnachweis und möglichst flächensparender und ressourcenschonender sowie angemessener hoher baulicher Dichte.

Der schonende und haushälterische Umgang mit der nicht vermehrbaren natürlichen Ressource Boden soll gewährleistet werden durch:

- Schonung von Böden mit besonderer Bedeutung für Naturhaushalt und Landwirtschaft vor Bebauung/Verdichtung
- Verringerung der Bodenverdichtung durch Nutzung von Verdichtungsmöglichkeiten
- Verbesserung des Monitorings des Flächenverbrauchs hinsichtlich Aktualität, Differenzierung von Bodenqualitäten sowie Detaillierungsgrad/Flächenscharfe.

Konsequenzen der Ziele für Land und Region

Übertragen auf das Land Baden-Württemberg bedeutete das quantifizierte und zeitlich konkretisierte Ziel aus der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung eine Verminderung von damals 8,2 ha (2008) auf ca. 3 bis 4,3 ha/Tag, je nachdem, ob man den Flächenanteil (10 %, 2006), den Bevölkerungsanteil (13 %, 2006) oder den Anteil am Bruttoinlandsprodukt (14 %, 2005) des Landes Baden-Württemberg gegenüber dem Bund zugrunde legt.

Für die Region Stuttgart hätte die zur Einhaltung des Umwelt- und Bodenschutzziels der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie eine Reduzierung des täglichen Flächenverbrauchs auf ca. 0,3 bis 1,2 ha je Tag erfordert (Entwicklung zwischen 1988 und 2008 in Abb. 7.2-2). Die Spanne ergibt sich wiederum aus dem Vergleich der Daten der Region Stuttgart zu den Daten der Bundesrepublik hinsichtlich des Flächenanteils von 1 %, des Bevölkerungsanteils von 3,2 % oder des Anteils am Bruttoinlandsprodukt von ca. 4,0 % [Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, <http://www.statistik-bw.de>; Statistisches Bundesamt Deutschland, <https://www.destatis.de>].

Diese breite Spanne zeigt, wie schwierig sich eine rein rechnerische Umsetzung des 30-ha-Ziels gestaltet. Oberstes Ziel muss deshalb eine möglichst effiziente Nutzung der Flächen sein.

Die Umsetzung der qualitativen Ziele des Umweltschutzplans, also des schonenden und haushälterischen Umgangs mit Böden, erfordert eine fortlaufende Erhe-

bung des innerörtlichen Wiedernutzungs- und Brachflächenpotenzials, um Baumaßnahmen soweit wie möglich auf vorgentzten Flächen zu realisieren. Falls Ausweisungen im Außenbereich unvermeidbar sind, empfiehlt sich aus bodenschutzfachlicher Sicht im Regelfall eine großmaßstäbige funktionale Bewertung der betroffenen Böden. Auf dieser Grundlage können die Belange des Bodenschutzes angemessen in den Planungsprozess eingebracht werden. Zum Monitoring eignet sich im ersten Schritt der Umweltbericht im Rahmen der strategischen Umweltprüfung. Die fachlichen Voraussetzungen hierfür bietet die anhand ihrer natürlichen Funktionen vorhandene flächendeckende Bewertung der Böden in der Region.

8.3 Umsetzung von Bodenschutzzielen in der Region Stuttgart

Raumordnungsgesetz [ROG 2008] und Landesplanungsgesetz [LPLG 2003] verpflichten die Träger der Regionalplanung dazu, die natürlichen Grundlagen zu schützen und zu entwickeln. Dabei sind Naturgüter sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen, der Flächenverbrauch zu vermindern und die Freiräume in ihrer Bedeutung auch für funktionsfähige Böden zu sichern oder in ihrer Funktion wiederherzustellen.

Die Regionalplanung in der Region Stuttgart folgt der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung, welche die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt. In der dicht besiedelten, dynamischen und wirtschaftsstarke Region besteht die Herausforderung darin, einerseits der Nachfrage nach ausreichend Flächen für die Entwicklung von Siedlung und Infrastruktur zu genügen und andererseits gleichzeitig die verschiedenen Freiraumfunktionen wie z.B. Landwirtschaft oder Erholung und die Naturgüter zu bewahren und zu entwickeln.

Dem Regionalplan übergeordnet ist der Landesentwicklungsplan, dessen Ziele und Grundsätze bei der Erstellung zu beachten und auszuformen sind. Die Kommunen sind wiederum verpflichtet, ihre Flächennutzungs- und Bebauungspläne an die Ziele des Regionalplans anzupassen.

Der Flächenverbrauch in der Region betrifft häufig Böden mit einer hohen natürlichen Bodenfruchtbarkeit. Dies ist in der Siedlungsgeschichte begründet, weil Menschen schon immer bevorzugt in der Nähe fruchtbarer Böden gesiedelt haben. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sollte zuallererst eine Wiedernutzung bebauter Flächen erfolgen. Im Übrigen sollte der unvermeidbare Flächenverbrauch auf weniger schutzwürdige Böden gelenkt werden. Dies ist aufgrund des großflächigen Vorkommens guter Böden oft nur kleinteilig möglich.

Die Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen und übergeordneten Ziele in der Region erfolgt mit den Instrumenten der Regionalplanung:

- Vorgabe von Orientierungswerten für den künftigen Wohnbauflächenbedarf, Vorgaben zu angemessenen Bruttowohndichten sowie Anrechnung von Innenentwicklungspotenzialen im Rahmen der Flächennutzungsplanung. Es gilt hier das Leitbild der Innenentwicklung vor der Außenentwicklung
- Konzentration der Siedlungsentwicklung entlang der Entwicklungsachsen, um langfristig Freiraum zu schonen und bestehende Infrastruktur optimal zu nutzen
- Freiraumsicherung durch Regionale Grünzüge und Grünzäsuren sowie durch Gebiete für Freiraumfunktionen.

Auf diese drei Instrumente bzw. Strategien wird nachfolgend näher eingegangen.

8.3.1 Planungsstrategien und Instrumente zur Reduzierung des Flächenverbrauchs

Die Konkretisierung der Planungsstrategien und Instrumente erfolgt im Regionalplan der Region Stuttgart [VERBAND REGION STUTTGART 2009a].

Vorgabe von Dichtewerten

Eine Reduzierung des Flächenverbrauchs für Siedlungsentwicklung erfolgt durch die Festlegung einer angemessenen Bruttowohndichte für alle Neubauflächen als verbindliches Ziel. Dabei wird differenziert auf die Raumstruktur eingegangen (Tab. 8.3.1-1).

Tab. 8.3.1-1: Festlegung Bruttowohndichte im Regionalplan Verband Region Stuttgart, Satzungsbeschluss vom 22.07.2009

Raumstruktur	Bruttowohndichte
Oberzentrum	90 EW*/ha
Schwerpunkte des Wohnungsbaus	90 EW*/ha
Mittelzentren	80 EW*/ha
Unterzentren	70 EW*/ha
Sonstige Gemeinden mit verstärkter Siedlungstätigkeit	60 EW*/ha
Gemeinden beschränkt auf Eigenentwicklung im Verdichtungsraum und in der Randzone um den Verdichtungsraum	55 EW*/ha
Übrige Gemeinden beschränkt auf Eigenentwicklung	50 EW*/ha

* EW = Einwohner

Vorgabe von Orientierungswerten zum Siedlungsflächenbedarf

Der Regionalplan sieht für die Kommunen in der Region je nach Einstufung unterschiedliche Orientierungswerte für den Bedarf an neuen Siedlungsflächen im Rahmen der Aufstellung und Fortschreibung der Flächennutzungspläne vor. Unterschieden werden dabei die von der Landesplanung vorgegebenen Kategorien „Siedlungsbereiche“, in denen über die Eigenentwicklung hinaus auch Wanderungsgewinne zulässig sind und „Gemeinden beschränkt auf Eigenentwicklung“, wo sich die Ermittlung des Wohnbaubedarfs auf der natürlichen Bevölkerungsentwicklung begründet. Die Orientierungswerte ermöglichen allen Städten und Gemeinden eine weitere Entwicklung. Die größeren Spielräume für die Kommunen im Siedlungsbereich resultieren überwiegend aus der Lage an den Entwicklungsachsen. Die dort bereits vorhandene Erschließung und die Infrastruktur ermöglichen insgesamt eine flächensparendere Entwicklung.

Siedlungskonzentration an den Entwicklungsachsen und Flächenbudgets

Eine großräumige Steuerung der Entwicklung von neuen Wohn- und Gewerbeflächen erfolgt durch die Konzentration entlang der Entwicklungsachsen und an Schwerpunkten für Wohnen und Gewerbe.

Die Entwicklungsachsen verlaufen in der Region Stuttgart überwiegend entlang der S-Bahn oder anderen leistungsfähigen Schienenverkehrsachsen. Auf diese

Bereiche soll die Siedlungsentwicklung gelenkt und konzentriert werden. Das Angebot leistungsfähiger öffentlicher Verkehrsmittel trägt u. a. dazu bei, den Flächenverbrauch durch den motorisierten Individualverkehr (z. B. Parkplätze) zu begrenzen.

Innenentwicklung / Siedlungsflächenmanagement

Um das Ziel der Reduzierung des Flächenverbrauchs zu erreichen, ist die Aktivierung von nicht bzw. wenig genutzten Bestandsflächen und Brachen im besiedelten Bereich wichtig. Werden Bestandsflächen im Innenbereich aktiviert, kann die Ausweisung von neuem Bauland im Außenbereich reduziert werden. In den Kommunen stehen unterschiedliche Innenentwicklungspotenziale und Aktivierungschancen zur Verfügung. Aus diesem Grund muss in jedem Fall geprüft werden, wie viele Bestandsflächen vorhanden sind und wie viele davon aktiviert werden können. Im Rahmen des formalen Beteiligungsverfahrens zum Flächennutzungsplanverfahren werden die Bestandsflächen auf den Bedarf an neuen Siedlungsflächen (errechnet aus der Bevölkerungsprognose und den Orientierungswerten) angerechnet. Zu diesem Zweck ist die Vorlage einer Bauflächenbilanz erforderlich, aus der die Anrechnungsquote ermittelt wird.

Die Region Stuttgart unterstützt die Kommunen bei der Aktivierung der Innenentwicklungspotenziale. Im Rahmen eines Modellvorhabens der Raumordnung sowie im Projekt „Raum+“ wurden Übersichten über die Innenentwicklungspotenziale für alle sich beteiligenden Kommunen erstellt (Kap. 8.10.1). Darauf aufbauend sollen die Kommunen in der Region bei Prozessen zum Siedlungsflächenmanagement beraten und begleitet werden.

8.3.2 Instrumente zur Sicherung des Freiraums und der Schutzgüter

Mit seiner Konzeption zur Sicherung des Freiraums im Regionalplan reagiert der Verband Region Stuttgart auf den dortigen Entwicklungsdruck und die damit einhergehende hohe Nutzungs- und Konfliktdichte.

Als verbindliches Instrument zum Schutz des Freiraums vor einer Inanspruchnahme durch Bebauung und zur Gewährleistung seiner notwendigen Multifunktionalität wurde die Einrichtung von Regionalen Grünzügen und Grünzäsuren festgelegt (Abb. 8.3.2-1). Dabei ging die Bodenfunktionsbewertung (Kap. 3) als ein bedeutendes Kriterium in die Gesamtbetrachtung ein. Aufgrund der Konzentration auf eine einheitliche Schutzkategorie für den Freiraum wurde auf eine mögliche Ausweisung von Flächen zum Bodenerhalt (hochwertige Böden) als Vorranggebiete verzichtet. Stattdessen wurden die Flächen mit besonders hochwertigen Böden soweit möglich im Konzept der regionalen Grünzüge und Grünzäsuren berücksichtigt.

Als Ziele der Raumordnung, mit dem Vorrang der Freiraumsicherung, sind Regionale Grünzüge und Grünzäsuren von der kommunalen Bauleitplanung verbindlich zu beachten und von Bebauung freizuhalten. Damit tragen sie maßgeblich dazu bei, den Flächenverbrauch räumlich zu steuern und zu begrenzen. So werden sowohl Schutzgüter wie z. B. Boden geschützt als auch Flächen für die Landwirtschaft und Raum für die Naherholung gesichert.

Insgesamt umfassen die Regionalen Grünzüge und Grünzäsuren rund 72 % der Regionsfläche. Innerhalb dieser Festlegungen sind über 80 % aller hochwertigen Böden enthalten, die somit nachhaltig vor Überbauung geschützt sind.

Zusätzlich zu Regionalen Grünzügen und Grünzäsuren sind im Regionalplanentwurf Vorbehaltsgebiete für Landwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege, Forstwirtschaft und Wald sowie für Grundwasserschutz festgelegt. Diese dienen dazu, aufzuzeigen, wo in der Region besonders bedeutsame Freiraumbelange und -nutzungen anzutreffen und zu

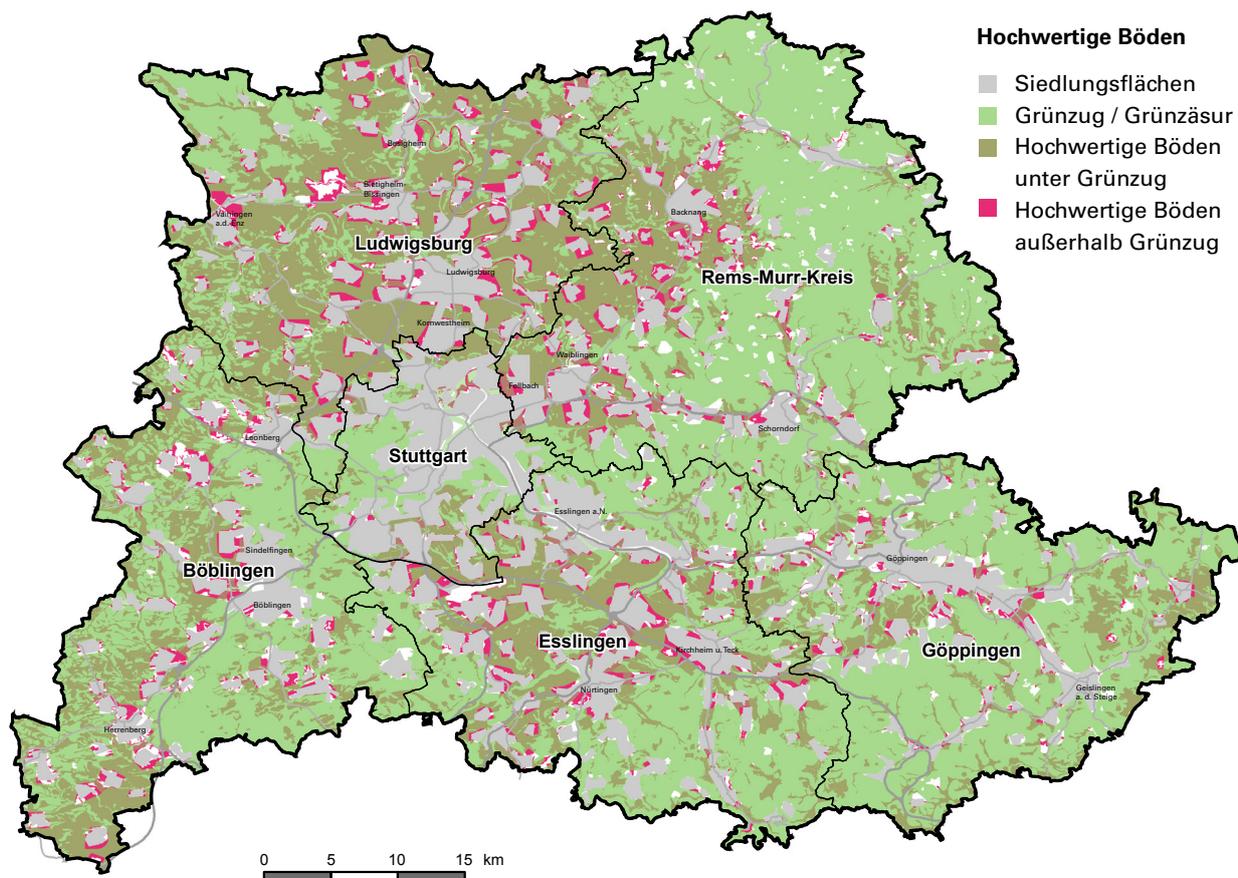


Abb. 8.3.2-1: Hochwertige Böden (Bodenfruchtbarkeit, Ausgleichskörper im Wasserkreislauf, Filter und Puffer für Schadstoffe) überlagert durch die Festsetzungen der Regionalen Grünzüge und Grünzäsuren

schützen sind. Den Vorbehaltsgebieten kommt bei der Bauleitplanung im Rahmen der Abwägung ein besonderes Gewicht zu. So werden einerseits die wichtigen flächenbezogenen Belange von Landwirtschaft, Naturschutz und Wald ausdrücklich dargestellt. Andererseits bleibt dadurch die notwendige Abstimmung der häufig miteinander konkurrierenden Anforderungen an den Freiraum wie Erholungsnutzung, Landwirtschaft oder Naturschutz unter Berücksichtigung weiterer Aspekte in noch nachfolgenden Verfahren weiterhin möglich.

Vorbehaltsgebiete sind nicht nur innerhalb, sondern auch außerhalb der Regionalen Grünzüge und Grünzäsuren festgelegt. Damit schaffen sie auch dort ein besonderes Abwägungserfordernis für die Kommunen, die Flächen für eine Bauleitplanung in Anspruch nehmen wollen.

Da die Vorbehaltsgebiete für Landwirtschaft zu einem großen Teil mit den besonders wertvollen Böden deckungsgleich sind, werden mit diesem Instrument indirekt auch Böden mit natürlich hoher Bodenfruchtbarkeit geschützt. Die Festlegungen betonen dabei nochmals das besondere Gewicht, das in der Abwägung mit konkurrierenden Nutzungen auf den Erhalt der landwirtschaftlichen Bodenflächen zu legen ist.

Hochwertige Böden, die als potenzielle Sonderstandorte für naturnahe Vegetation besonders geeignet sind, werden ebenfalls durch die regionalen Grünzüge und Grünzäsuren geschützt. Teilweise sind diese Böden auch in den Gebieten für Naturschutz und Landschaftspflege als Potenzial- und Entwicklungsflächen für den Biotopverbund sowie in den Gebieten für Forstwirtschaft und Waldfunktionen enthalten.

8.4 Das Schutzgut Boden in der strategischen Umweltprüfung

Mit der Umsetzung der Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme (SUP-RL) in die nationale und die Landesgesetzgebung wurde festgelegt, dass Regional- und Bauleitpläne einer SUP (Strategische Umweltprüfung) zu unterziehen sind.

Ziel der Umweltprüfung ist es, im Hinblick auf die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung dazu beizutragen, dass Umwelterwägungen bei der Ausarbeitung und Annahme eines Planes einbezogen und dokumentiert werden. Die Entscheidungsgrundlage für die Abwägung im Rahmen der Planaufstellung kann damit verbreitert und in Bezug auf die Umweltbelange optimiert werden. Dazu ist eine Prüfung der Auswirkungen des jeweiligen Plans auf die Schutzgüter, einschließlich des Schutzguts Boden, frühzeitig und systematisch durchzuführen.

Die Durchführung einer Strategischen Umweltprüfung wird anhand eines Umweltberichtes dokumentiert. Dieser dient zum einen zur Beschreibung und Bewertung des derzeitigen Zustandes von Natur und Landschaft, zum anderen werden hier die erheblichen Auswirkungen aufgezeigt, die von den Planfestlegungen auf die Umwelt ausgehen.

8.4.1 Umweltziele

Damit Auswirkungen von Planungen und Vorhaben bewertet und diese im Sinne der Umweltvorsorge optimiert werden können, bedarf es eines Zielsystems, das Bewertungsmaßstäbe für die Umweltprüfung festlegt. Für die Raumplanung relevante Umweltschutzziele finden sich in gesetzlichen Vorschriften der EU, des Bundes und des Landes sowie in räumlichen Gesamtplanungen wie im Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg sowie in Landschaftsrahmen- und Landschaftsplänen. Auch informelle Planwerke wie der Umweltplan Baden-Württemberg geben wertvolle Hinweise über relevante Umweltziele.

In Kap. 8.2 wurde darauf bereits ausführlich eingegangen (vgl. auch Kap. 7). Als wesentliche Ziele zum Bodenschutz seien hier zusammenfassend genannt:

- Die Inanspruchnahme von Böden ist auf das unerlässliche Maß zu beschränken.
- Die Inanspruchnahme von Böden ist auf Flächen zu lenken, die vergleichsweise von geringerer Bedeutung für die Bodenfunktionen sind.
- Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen sind soweit wie möglich zu vermeiden.

Auf der Basis der Ziele können die jeweiligen relevanten Planinhalte der Regional- und Bauleitpläne überprüft werden, welche Auswirkungen sie auf die Bodenfunktionen haben (zur Umweltprüfung zum Schutzgut Boden siehe auch LABO 2009).

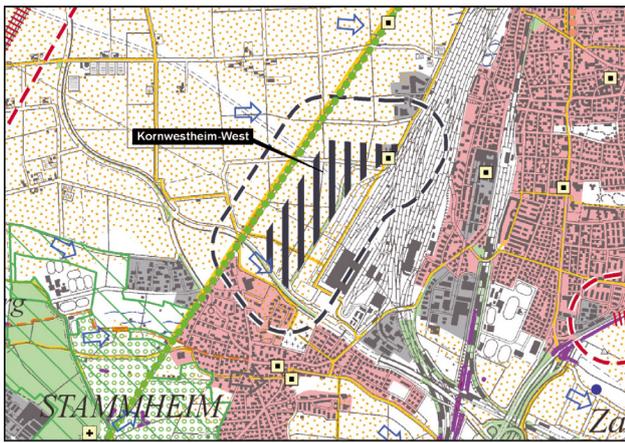
8.4.2 Schritte der Umweltprüfung

Die Umweltprüfung erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands der Böden und seiner Funktionen
- Ermittlung und Bewertung erheblicher Auswirkungen des Planvorhabens auf den Boden
- Prüfung von Planungsalternativen
- Beschreibung von Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und Kompensation von Beeinträchtigungen
- Beschreibung von Maßnahmen zur Überwachung (Monitoring)

Zur Beurteilung von Erheblichkeit und Intensität der Umweltauswirkungen von planerischen Festlegungen ist eine flächendeckende Bewertung des jeweiligen Planungsgebiets erforderlich (Kap. 3).

Der Zustand von Natur und Landschaft ist aber nicht nur aus der Bewertung der Funktionen der Schutzgüter abzuleiten, sondern auch aus bestehenden Vorbelastungen. Insbesondere auf der Ebene der Bauleitplanung kommt der Kenntnis von Bodenbelastungen und Altlasten eine große Bedeutung zu, auch im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit. Entsprechende Daten, wie sie der Bodenzustandsbericht



Planung			
Landkreis:	Ludwigsburg		
Gemeinde:	Kornwestheim		
Ausweisung	G-Schwerpunkt (Industrie-Logistik) (aus Regionalplan 1998 übernommen)		
Nr.:	22	Name:	Kornwestheim-West
Fläche:	36 ha	davon bereits bebaut:	3 ha
Wirkzone:	300 m		
Eignungskriterien:	Entwicklungspotential für den regional einzigartigen Logistik-Schwerpunkt am Güterverteilzentrum der Bahn, ortsdurchfahrtfreier Anschluss an das übergeordnete Verkehrsnetz (A81)		
Baubedingte Auswirkungen:	Versiegelung, Nutzungsumwandlung, Bodenverdichtung, Immissionen		
Anlagebedingte Auswirkungen:	Versiegelung, Nutzungsumwandlung, Zerschneidung, Immissionen		
Betriebsbedingte Auswirkungen:	Immissionen (Lärm, Schadstoffe, Licht), Unruhe		
Derzeitige Flächennutzung (Eingriffs-/Wirkraum):			
Acker, Grünland/Acker, Siedlung, Verkehrsflächen			
Vorbelastungen			
Emissionen:	Lärmemissionen durch Güterbahnhof		
Klima:	kleinflächig siedlungsklimatisch vorbelastet		
Versiegelung:	-		
landschaftl. Überprägung:	mittel: Angrenzender Güterbahnhof Kornwestheim		
Schutzgebiete			
Flächeninanspruchnahme im Eingriffsraum			
WSG Zone I/II/III:	0 ha / 0 ha / 0 ha	FFH/VS/G:	0 ha / 0 ha
NSG:	0 ha	LSG:	0 ha

Abb. 8.4.2-1: Auszug aus dem Umweltbericht zur Fortschreibung des Regionalplanes Region Stuttgart, Prüfung der Auswirkungen eines geplanten Gewerbeschwerpunktes auf das Schutzgut Boden

in Kap. 4 aufzeigt, ermöglichen es, die Auswirkungen planerischer Zielvorstellung sowohl im Hinblick auf den Ist-Zustand des Bodens als auch auf den Menschen zu beurteilen.

Erhebliche Auswirkungen auf den Boden, die von den Festsetzungen der Regional- und Bauleitplanung ausgehen können, sind Bodenverlust durch Versiegelung, Bodenverdichtung, Überschüttung von Böden und im Einzelfall auch Grundwasserabsenkungen mit Auswirkungen auf Bodenfunktionen (Abb. 8.4.2-1).

Erhebliche Beeinträchtigungen der Böden durch bauliche Vorhaben können insbesondere durch eine reduzierte und möglichst effiziente Flächennachfrage vermieden bzw. verringert werden. Darüber hinaus trägt die Nutzung bereits versiegelter oder vorbelasteter Standorte im Zuge der Innenentwicklung und Brachflächenrevitalisierung den Zielen des vorsorgenden Bodenschutzes Rechnung. Im Falle unvermeidbarem neuem Flächenverbrauchs sind diese soweit wie möglich auf Böden mit geringerer bodenfunktionaler Bedeutung zu lenken.

8.5 Das Schutzgut Boden in der Landschaftsplanung

Gemäß § 10 und § 11 Naturschutzgesetz Baden-Württemberg [NatSchG 2015] sind Landschaftsprogramme, Landschaftsrahmenpläne und Grünordnungspläne von der Obersten Naturschutzbehörde, den Trägern der Regionalplanung und den Trägern der Bauleitplanung aufzustellen. Die Aufgaben und Inhalte der Landschafts- und der Raumordnungspläne regelt § 12 dieses Gesetzes. Zu betrachten sind der Biotopverbund sowie die Schutzgüter Boden, Wasser, Klima / Luft und Landschaft / Erholung.

Landschaftspläne erlangen in Baden-Württemberg keine eigene Rechtskraft. Allerdings sollen die kommunalen Landschaftspläne sowie die Landschaftsrahmenpläne, soweit erforderlich und geeignet, über das verfügbare Instrumentarium in die jeweils verbindlichen Regional- bzw. Flächennutzungspläne aufgenommen werden.

Bezogen auf das Schutzgut Boden sollen die Landschaftsrahmenpläne und Landschaftspläne insbesondere die Erfordernisse und Maßnahmen zum Schutz, zur Verbesserung der Qualität und zur Regeneration der Böden aufzeigen. Dem geht eine Beurteilung des vorhandenen und des durch die Planung zu erwartenden Zustands von Natur und Landschaft voraus.

Datengrundlagen und Erkenntnisse, wie sie im vorliegenden Bodenzustandsbericht dokumentiert sind, bilden eine grundlegende Voraussetzung für die Landschaftsanalyse und Bewertung. Neben der Bewertung der Bodenfunktionen kann in Landschaftsplänen aufgezeigt werden, welche Böden besonders empfindlich (z. B. gegenüber Erosion) sind, aber auch, wo Sanierung und Qualitätsverbesserung erforderlich sind. Daraus können dann Maßnahmen abgeleitet und dargestellt werden.

Maßnahmen, die als Ausgleichsmaßnahmen für das Schutzgut Boden im Sinne der §§ 15 und 16 NatSchG durchgeführt und anerkannt werden können, sind in der Arbeitshilfe „Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung“ [LUBW 2012a] aufgeführt. Diese Maßnahmen, z. B. Entsiegelung, Oberbodenauftrag (Kap. 9.4), Tiefenlockerung oder bestimmte Formen

der Extensivierung, müssen Bodenfunktionen messbar und nachhaltig verbessern sowie diese Aufwertung dauerhaft sichern.

Die Landschaftsplanung dient auch der Definition von Bereichen, die sich zum Ausgleich und Ersatz für Eingriffe in Natur und Landschaft eignen. Für das Schutzgut Boden können dies z.B. Böden sein, die aufgrund einer hohen Bewertung als Sonderstandort für naturnahe Vegetation (Kap. 3.6) für die Entwicklung von Biotopen oder mit Bezug zu vorhandenen Kernflächen gezielt als Flächen im Biotopverbund geeignet sind.

Für das Schutzgut Wasser kann die Filter- und Pufferfunktion für Schadstoffe Hinweise auf die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers geben. Daraus lassen sich Ziele für die Bodennutzung bzw. Maßnahmen zum Grundwasserschutz ableiten. In überschwemmungsgefährdeten Bereichen sind Böden mit hohem Retentionspotenzial zu sichern. Weiterhin lassen sich aus der Bewertung Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit und damit deren besondere Eignung für die Landwirtschaft aufzeigen. Andererseits können für Flächen mit hoher Empfindlichkeit Empfehlungen an die Landwirtschaft gegeben werden, Art und Intensität einer Bewirtschaftung zum Schutz von Grundwasser und Boden entsprechend anzupassen.

Die Darstellungen der Landschaftsplanung beziehen sich in der Regel flächendeckend auf den gesamten Freiraum im Planungsgebiet. Somit wird einerseits wichtiges Material für die Abwägung im Rahmen von Regional- und Flächennutzungsplanungen zur Verfügung gestellt. Andererseits stellen die Landschaftsrahmenpläne und Landschaftspläne eigenständige Entwicklungsplanungen für Natur und Landschaft dar. Dies ist insbesondere auch für das Schutzgut Boden von Bedeutung, weil hier für alle Planungsphasen, von der Bewertung bis hin zu einem Erhaltungs- und Entwicklungskonzept, auf valide Daten zugegriffen werden kann.

8.6 Das Schutzgut Boden in der Bauleitplanung

Die „Bodenschutzklausel“ des BauGB (§ 1a Abs. 2 BauGB) verpflichtet die Kommunen zu einem sparsamen und schonenden Umgang mit Grund und Boden sowie zur Begrenzung der Bodenversiegelung auf das notwendige Maß. Dabei handelt es sich um ein Optimierungsgebot für die Bauleitplanung, welches als besonderer Belang in die Abwägung eingeht.

Bodenschutz im Flächennutzungsplan (FNP)

Im Flächennutzungsplan als vorbereitendem Bauleitplan müssen auch die Bodenschutzbelange berücksichtigt werden. Zur Erfordernis der Strategischen Umweltprüfung siehe Kap. 8.4, § 2 Abs. 4 BauGB: Umweltprüfung für Bauleitpläne sowie LABO (2009).

Der Flächennutzungsplan ist das zentrale Element für eine Definition des Umfangs einer baulichen Entwicklung einschließlich deren räumlichen Lage. Sie trägt wesentlich zu einem schonenden und haushälterischen Umgang mit dem Schutzgut Boden bei.

Eine unerlässliche Voraussetzung dafür, bei der Aufstellung des Flächennutzungsplans die Belange des Bodenschutzes in die Abwägung einzubeziehen, besteht in der Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen im baulichen Innen- und Außenbereich. Dazu werden im Regelfall vorhandene bodenkundliche Kartenwerke ausgewertet [LUBW 2010]. § 5 Abs. 2 BauGB listet ausdrücklich auch Flächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft als einen möglichen Darstellungsinhalt des Flächennutzungsplans auf. Zudem sollen gemäß § 5 Abs. Nr. 3 für bauliche Zwecke vorgesehene Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind, gekennzeichnet und bauleitplanerisch bewältigt werden.

Unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen kommunalen Ressourcenbewirtschaftung sollten Böden mit geringen Erfüllungsgraden der ökologischen Funktionen identifiziert und bei nachgewiesenem Bedarf für die Neuausweisung von Bauflächen vorrangig in Anspruch genommen werden. Umgekehrt sollten die

Böden mit einem hohen oder sehr hohen Erfüllungsgrad der ökologischen Bodenfunktionen von Bebauung frei gehalten werden.

Um den Bedarf an neuen Bauflächen zu bestimmen, sind bei der Aufstellung und Fortschreibung von Flächennutzungsplänen die im Siedlungsbestand vorhandenen Bauflächenreserven zu erheben. Der während der Gültigkeitsdauer des Flächennutzungsplans voraussichtlich mobilisierbare Anteil der Flächenreserven ist auf den Bedarf an neuen Bauflächen anzurechnen. Die Innenentwicklung selbst ist jedoch nicht Gegenstand des Flächennutzungsplans. Ihr dienen informelle Planungen, z. B. Ortsentwicklungspläne und Landschaftspläne für den Innenbereich oder Testplanungen für einzelne Innenentwicklungsareale.

Die Aufstellung und Veröffentlichung von Baulandkatastern nach § 200 BauGB unterstützt die Mobilisierung der Baulücken. In besonderen Fällen können auch Baugebote gemäß § 176 BauGB ausgesprochen werden. Mit dem 2007 neu eingeführten § 13a BauGB ermöglicht der Gesetzgeber den Gemeinden, Bebauungspläne der Innenentwicklung im beschleunigten Verfahren aufzustellen.

Parallel zur bodenökologisch optimierten Standortfindung für Bauvorhaben ist es geboten, im Stadt-/Gemeindegebiet Flächen zu suchen, die als Ausgleich für die neue Inanspruchnahme geeignet sind [LUBW 2012a].

Aus Gründen der planerischen und verwaltungstechnischen Effizienz bietet sich eine Verknüpfung der Strategischen Umweltprüfung zum Flächennutzungsplan mit einem kommunalen Bodenentsiegelungskonzept sowie mit der Einrichtung/Führung eines kommunalen Ökokontos [ÖKVO 2010] zur optimierten Berücksichtigung der Eingriffsregelung in der Bauleitplanung an.

Für den Bereich der Bauleitplanung verfügt die Stadt Stuttgart mit dem Bodenschutzkonzept Stuttgart [BOKS] über flächendeckende Karten zu den einzelnen Bodenfunktionen und zur Bodenqualität. Weiterführende Informationen und Quellenangaben hierzu enthält Kap. 8.10.2.

Bodenschutz im Bebauungsplan (B-Plan)

Bei Bebauungsplänen, welche die Größen- bzw. Auswirkungskriterien zur Begründung einer UVP-Pflicht erfüllen, ist für das Aufstellungsverfahren ein Umweltbericht zu erarbeiten, der die Auswirkungen des B-Planes auf die Schutzgüter einschließlich des Schutzguts Boden beurteilt und auch die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung vollständig berücksichtigt.

Im Bebauungsplanverfahren ist auf jeden Fall die Eingriffs-/Ausgleichsregelung nach BauGB zu bearbeiten.

Umfassend beschrieben werden bodenbezogene Ausgleichsmaßnahmen in LUBW 2012a. Gute Argumente für eine verstärkte Berücksichtigung der Bodenbelange in der Eingriffsregelung haben auch Verbände des Naturschutzes und der Landwirtschaft unter Beteiligung des Bundesamtes für Naturschutz und des Umweltbundesamtes zusammengetragen [BfN 2007].

Im B-Plan können sich die Handlungsanforderungen des Bodenschutzes auf den engen Vorhabensstandort beschränken, vorausgesetzt, es werden die übergeordneten Bodenschutzziele des vorbereitenden Flächennutzungsplan beachtet. Die Prüfung grundsätzlicher Standortalternativen sowie die Beachtung des Gebotes zur Vermeidung und Minderung von Beeinträchtigungen des Bodens sind weitgehend Gegenstand der Strategischen Umweltprüfung zum Flächennutzungsplan.

Auch die erforderlichen Datengrundlagen zur Bewertung der ökologischen Bodenfunktionen können auf denen der vorgelagerten Strategischen Umweltprüfung zum Flächennutzungsplan aufbauen.

Umfassende Maßnahmen zum Bodenschutz in der Bauleitplanung enthalten die Veröffentlichungen von BUNZEL & HINZEN [2000] sowie des BUNDESVERBANDS BODEN [BVB 2001]. Die nachfolgende Auflistung beinhaltet einige Maßnahmen zum Bodenschutz im B-Plan, die bereits innerhalb der Entwurfsphase im Aufstellungsverfahren berücksichtigt werden sollten:

- Flächensparende Erschließung durch entsprechend optimierte Führung der Erschließungsstraßen

- Minimierung der Straßenquerschnitte (Abb. 8.6-1)
- Flächensparende Bebauung
- Definition von maximalen Grundstücksgrößen für Wohnbaugrundstücke gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 3 BauGB
- Schutz des Mutterbodens gemäß § 202 BauGB

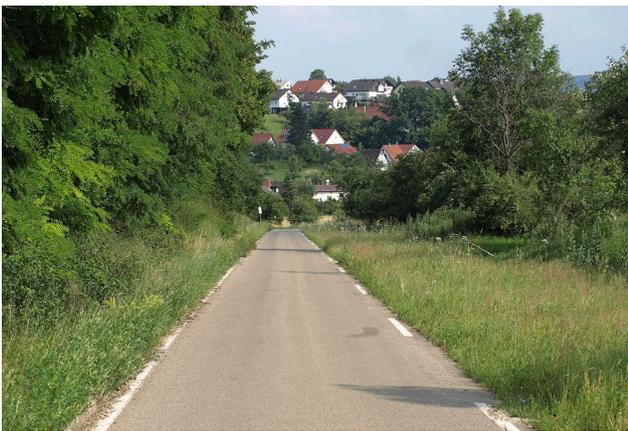


Abb. 8.6-1: Beispiel einer Teilentsiegelung / Teilrückbau im Straßenbau als Kompensationsmaßnahme bei Haubersbronn im Landkreis Rems-Murr-Kreis (Fotos: Ritter)

8.7 Baugenehmigung

Im Baugenehmigungsverfahren wird durch die Bauaufsichtsbehörde überprüft, ob dem Bauvorhaben öffentlich-rechtliche Vorschriften entgegenstehen. Neben baurechtlichen Belangen sind dabei auch die Anforderungen des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Dies betrifft u. a. die Anforderungen des vor- und nachsorgenden Bodenschutzes.

Falls aus Sicht des Bodenschutzes Vorbehalte vorgetragen werden, hat die Bauaufsichtsbehörde die Möglichkeit, die notwendigen Maßnahmen des Bodenschutzes als Auflagen oder Bedingungen in den Vorbescheid bzw. die Genehmigung aufzunehmen. In unklaren Fällen können Anträge vorerst abschlägig beschieden werden, bis mithilfe einer weiteren Sachverhaltsermittlung mögliche Gefahrenlagen und notwendige Maßnahmen des Bodenschutzes abschließend geklärt sind.

8.8 Schutzgut Boden und Rohstoffabbau

Speziell für den Rohstoffabbau formulierte der Umweltplan Baden-Württemberg folgende Ziele, die auch dem Bodenschutz dienen:

- Ein Abbau soll bevorzugt in Bereichen mit wenig Nutzungskonflikten und hochwertigen großen Lagerstätten stattfinden, um viel Rohstoffe bei gleichzeitig geringem Flächenverbrauch und geringem Bodenverbrauch gewinnen zu können
- Die möglichst weitgehende Nutzung von Rohstoffvorkommen hat Vorrang vor Erweiterung und Neuaufschluss, soweit sonstige Belange nicht entgegenstehen
- Die Erweiterung bestehender Abbaustellen hat Vorrang vor Neuanlage
- Bei Neuaufschlüssen kommt Lagerstätten mit Mehrfachnutzen (z. B. Hochwasserschutz, Wasserschutz) oder mit ohnehin geplanter Folgenutzung (z. B. als Gewerbegebiet) ein Abwägungsvorrang zu
- Eingriffe sollen nach ökologischen Gesichtspunkten minimiert, möglichst jedoch vermieden werden.

8.9 Schutzgut Boden und dezentrale Hochwasservorsorge

Die Hochwasserereignisse der jüngsten Vergangenheit machen deutlich, dass die Hochwasservorsorge verstärkt in Planungsaufgaben einbezogen werden muss. Auch die prognostizierten Klimaänderungen mit erhöhten Winterniederschlägen und häufigeren sommerlichen Starkniederschlägen erfordern eine verstärkte Hochwasservorsorge.



Abb. 8.9-1: Starkes erosives Niederschlagsereignis

Neben großen zentralen Hochwasserschutzmaßnahmen wie Polder- und Dammbauten oder Hochwasserrückhaltebecken leisten auch dezentrale Lösungen einen Beitrag zu einem wirksamen Schutz. Zur dezentralen Hochwasservorsorge kann der Bodenschutz wichtige Hinweise geben, welche Böden nach Starkregenereignissen viel Niederschlagswasser aufnehmen können und verzögert an die Bäche und Flüsse weiterleiten. Diese für den Wasserkreislauf bedeutsamen Böden mit hoher Retentionsfunktion müssen nach Möglichkeit vom Flächenverbrauch freigehalten werden, um einen schnellen Wasserabfluss an der Bodenoberfläche zu vermeiden. Die Retentionsfunktion kann auch durch angepasste und schonende Bewirtschaftungsmaßnahmen der Land- und Forstwirtschaft sowie durch Maßnahmen der Flurneuordnung ertüchtigt werden.



Abb. 8.9-2: Die dezentrale Hochwasservorsorge zielt auf die Vermeidung einer schnellen Abflussbildung auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen ab (Fotos: Ingenieurbüro Feldwisch)

8.10 Modellvorhaben und Konzepte zum Bodenschutz auf regionaler und kommunaler Ebene

In letzter Zeit wurden von Bund und Land verschiedene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Modellvorhaben zum schonenden, sparsamen und haushälterischen Umgang mit Fläche und Boden in Baden-Württemberg gefördert. An einigen war die Region Stuttgart oder Kommunen aus der Region direkt beteiligt [UM/LUBW/FZK 2008, Einblicke 2008].

Umfangreiche Informationen zum Thema Fläche gibt auch die Flächenmanagement-Plattform des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. Dort werden u.a. das Aktionsbündnis „Flächen gewinnen in Baden-Württemberg“ und die beteiligten Akteure vorgestellt.

<https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/flaechengewinnen-in-baden-wuerttemberg/>

8.10.1 Themenbereich Reduzierung des Flächenverbrauchs

Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart (NBS)

Mit Förderung des Landes wurden auf dem Gebiet der Stadt Stuttgart alle Bauflächenpotenziale systematisch erfasst.

Insgesamt 300 Areale wurden identifiziert, an deren städtebaulicher Entwicklung die Stadt großes Interesse hat. Diese Areale wurden in die NBS-Internetplattform aufgenommen. Dort erhalten Interessierte Auskunft und Informationen über die vorhandenen Bauflächenpotenziale für Wohnbauflächen, Gewerbebauflächen und gemischte Bauflächen in Stuttgart.

Das Projekt war Pilotprojekt für die weiteren Projekte zum nachhaltigen regionalen Siedlungsflächenmanagement auf Ebene der Region und zum nachhaltigen grenzüberschreitenden Siedlungsflächenmanagement (Raum+). NBS hat auch bundesweit Beachtung gefunden. Die Datenbank wird in Stuttgart weitergepflegt.

<http://www.stuttgart.de/bauflaechen> und

<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40146/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=203&OBJECT=40146&MODE=METADATA&highlight=nbs>

Nachhaltiges Regionales Siedlungsflächenmanagement (Verband Region Stuttgart)

In diesem vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) geförderten Projekt wurden die Flächenpotenziale auf regionaler Ebene erhoben sowie konkrete Lösungsansätze eines regionalen Flächenmanagements mit Schwerpunkt auf Innen- statt Außenentwicklung erarbeitet. Diese Ansätze wurden durch eine Internet-Kommunikationsplattform unterstützt.

<http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/MORO/Forschungsfelder/2004undFrueher/InnovativeProjekteRegionalentwicklung/Modellvorhaben/NachhaltigeSiedlungsentwicklung/NachhaltigesRegionalesSiedlungsflaechenmanagement/NachhaltigesRegionalesSiedlungsflaechenmanagement.html>

Nachhaltiges grenzüberschreitendes Siedlungsflächenmanagement (Raum+)

Das Kooperationsprojekt Raum+ bietet eine Übersicht über die für eine Innenentwicklung infrage kommenden Flächenareale in sechs Regionen (u.a. Nacherhebung und Aktualisierung in der Region Stuttgart) des Landes Baden-Württemberg und grenzüberschreitend in einem Schweizer Kanton. Grundgedanke des Projekts ist, dem Prinzip „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“ als Mindeststrategie einer nachhaltigen Raumentwicklung zum Durchbruch zu verhelfen.

Im Projekt wurde in den ca. 500 beteiligten Kommunen mit der Erhebung strategischer Flächen der Innenentwicklung die Informationsbasis für ein nachhaltiges Flächenmanagement auf örtlicher und regionaler Ebene aufgebaut.

<http://www.raum-plus.info/>

Fläche im Kreis - Kreislaufwirtschaft in der städtischen / stadtregionalen Flächennutzung

Das Forschungsvorhaben zielte vorrangig und systematisch auf die Ausschöpfung aller bestehenden Flächenpotenziale im Bestand ab. Die Grundlagen dazu wurden 2003 bis 2007 in Planspielen erforscht und in der Praxis getestet (auch Verband Region Stuttgart, Stadt Stuttgart, Ostfildern und Filderstadt).

Die dreiteilige Veröffentlichungsreihe „Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft“ wertet die Erkenntnisse aus und berücksichtigt besonders die theoretischen Grundlagen

und die Planspielkonzeption (Band 1), untersucht, was bereits bestehende Instrumente leisten (Band 2) und präsentiert neue Instrumente (Band 3).

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2006/flaechenkreislaufwirtschaft.html?nn=423722>

Modellprojekt zur Eindämmung des Landschaftsverbrauchs durch Aktivierung innerörtlicher Potenziale (MELAP PLUS)

Praktische Erfahrungen zur Innenentwicklung in kleinen Kommunen des ländlichen Raums stehen in Baden-Württemberg aus dem Projekt MELAP PLUS zur Verfügung. Mit MELAP PLUS erprobt das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg [MLR] die Vorteile einer konsequenten Innenentwicklung von Ortsteilen und ländlichen Gemeinden.

Die zentralen Erkenntnisse aus MELAP PLUS haben zu einer weitreichenden Überarbeitung der Richtlinie des Entwicklungsprogramms Ländlicher Raum (ELR) und damit zu einer grundlegenden Neuausrichtung der Förderpolitik des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum hin zu mehr Innenentwicklung geführt.

<https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unser-service/publikation/did/melap-plus/>

WISINA - Wirtschaftlichkeit der Siedlungsentwicklung als Beitrag zur Nachhaltigkeit: Folgekostenrechner fokus bw

Der Folgekostenrechner **fokus bw** unterstützt Kommunen dabei, eine frühzeitige Abschätzung der ökonomischen und demografischen Effekte infolge einer Wohngebietsentwicklung zu ermöglichen.

<https://www.steg.de/aktuelles/neu/detail/article/188.html> und <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servelet/is/94008/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=203&OBJECT=94008&MODE=METADATA&highlight=fokus>

Modellvorhaben REFINA

Der Förderschwerpunkt „Forschung für die Reduzierung des Flächenverbrauchs und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ist Teil der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. Gefördert werden ca. 50 Projekte. Ein hoher Anteil der Projekte wird unter Beteiligung von Kommunen und Regionen in Baden-Württemberg, vor allem in

der Region Stuttgart durchgeführt [BMBF/DIFU 2007a,b; BMBF/UBA 2007].

<https://www.refina-info.de/> und

<https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/45581/>

„KMU entwickeln KMF“ - kleine und mittlere Unternehmen entwickeln kleine und mittlere Flächen. Im Projekt wurden verschiedene Werkzeuge zur Aktivierung von innerörtlichen Flächenpotenzialen bis zu einer Größe von 5 ha entwickelt und an drei Modellstandorten in der Landeshauptstadt Stuttgart getestet.

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige5a2d.html?id=3113>

Neue Handlungshilfen für eine aktive Innenentwicklung (HAI)

Im Projekt wurden Bausteine für eine erfolgreiche Strategie zur Überwindung der Aktivierungshemmnisse bei der Entwicklung von innerörtlichen Baulandpotenzialen (Schwerpunkt Baulücken und ehemals landwirtschaftlich genutzte Betriebe/Althofstellen) in mittleren und kleinen Kommunen entwickelt und in der Praxis erprobt.

<http://www.hai-info.net/> und Broschüre unter:

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige1328.html?id=3124>

Verbundvorhaben „Integrale Sanierungspläne im Flächenrecycling“

Erarbeitung einer Handlungshilfe für Behörden zum Umgang mit einfachen und integralen Sanierungsplänen als Instrument zur Förderung und Erleichterung des Flächenrecyclings auf kontaminierten Standorten.

komreg - kommunales Flächenmanagement in der Region Freiburg

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige22d0.html?id=3115>

FLAIR - Flächenmanagement durch innovative Regionalplanung

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige047c.html?id=3108>

REGENA - Regionaler Gewerbeflächenpool Neckar-Alb

Das Projekt REGENA beinhaltet ein innovatives interkommunales Gewerbeflächenmanagementkonzept zur ressourcenschonenden Steuerung der regionalen Flächennutzung. Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungs-basierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement.

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige0de.html?id=3128>

WissTrans - Wissenstransfer durch innovative Fortbildungskonzepte beim Flächenrecycling/Flächenmanagement.

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeigeed26f.html?id=3140>

Freifläche - Jugend kommuniziert Flächenbewusstsein

<https://refina-info.de/de/projekte/anzeige6ae.html?id=3106>

8.10.2 Schonender Umgang mit Böden

Modellvorhaben Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS)

Mit BOKS [ausführliche Darstellung in: STADT STUTTGART 2006] wurden die Grundlagen geschaffen um das Schutzgut Boden in der Bauleitplanung der Stadt Stuttgart angemessen zu berücksichtigen. Für BOKS wurden flächendeckende Karten zu den einzelnen Bodenfunktionen erstellt und zu einer Gesamtbewertung der Bodenqualität zusammengeführt (Abb. 8.10.2-1). Es stellt kommunalen Planern und Entscheidungsträgern geeignete Grundlagen und Methoden zur Verfügung, mit denen die Böden und deren Inanspruchnahme gemessen, geplant und gesteuert werden können.

An der Entwicklung von BOKS wurden frühzeitig Gemeinderäte und Stadtplaner als spätere Anwender beteiligt. Aus diesem Grund war die Akzeptanz auf kommunaler Seite gegenüber den Instrumenten und Methoden des BOKS von vornherein hoch. Weil erkannt wurde, dass die Ziele des BOKS keinen Blockadecharakter, sondern vielmehr Leitfunktion für die städtebauliche Entwicklung aufweisen wurde BOKS und das zugehörige Monitoring der Bodeninanspruchnahme vom Gemeinderat verbindlich eingeführt. Seit 2006 ist es fester Bestandteil der Bauleitplanung in der Landeshauptstadt Stuttgart.

<http://www.stuttgart.de/bodenschutzkonzept>



Ausgleichskörper / Naturhaushalt



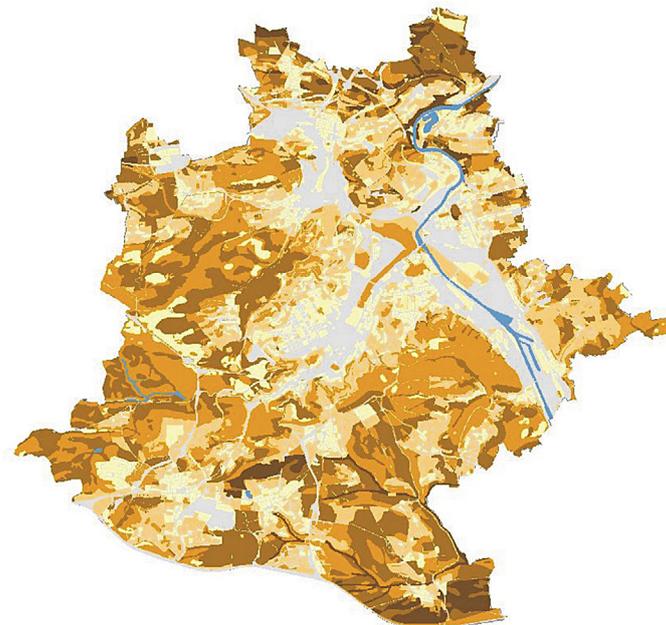
Lebensraum / Vegetationsstandort



Filter und Puffer



Archiv



Bodenqualität* / Funktionsgrad



* Bodenqualität = Naturfunktionen inkl. Archivfunktion unter Berücksichtigung anthropogener Hemmnisse wie Altlasten und Versiegelung

Abb. 8.10.2-1: Bodenqualität im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Stuttgart als Summe der Ergebnisse zu den verschiedenen Bodenfunktionen (Quelle: Bodenschutzkonzept Stuttgart [BOKS] - Grafik: G. Wolff)

9 Umgang mit Bodenmaterial

Aus Vorsorgegründen wird angestrebt, Bodenaushub von gewachsenen Böden und Überschüttungen soweit wie möglich zu vermeiden. Dieser Vermeidungs- und Minimierungsgrundsatz strebt den Erhalt naturnaher Böden an, um die natürlichen Bodenfunktionen (Kap. 3) und ihre ökologischen Leistungen im Naturhaushalt möglichst weitgehend zu sichern (Abb. 9-1).



Abb. 9-1: Mutterboden ist in einem nutzbaren Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Auch kulturfähiger Unterboden sollte möglichst hochwertig verwertet werden (Foto: Ingenieurbüro Feldwisch).

Vermeidungs- und Minimierungsgrundsatz

Bei vielen baulichen Maßnahmen lässt sich Bodenaushub nicht vermeiden. In diesen Fällen wird eine möglichst hochwertige Verwertung angestrebt, entsprechend der Eignung/Qualität des Bodenaushubs [Umweltplan Baden-Württemberg 2007].

Zur Verwertung des Bodenaushubs ist es erforderlich, die Qualität des Bodenaushubs und seine Verwertungseignung schon in der Bauleitplanung zu berücksichtigen und bei der Baugrund erkundung zu prüfen. Die oberen 1 bis 2 m des durchwurzelbaren Bodens sollten dazu nach den Kriterien der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5) aufgenommen werden.

Ausbau und Zwischenlagerung des Bodenmaterials haben so zu erfolgen, dass seine Verwertungseignung nicht beeinträchtigt wird. Dazu sind insbesondere unterschiedliche Substratarten bzw. -Qualitäten getrennt auszubauen und zwischen zu lagern.

9.1 Rechtliche Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial

Die bodenschutzrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial sind im §12 BBodSchV geregelt. Diese Regelung hat weitreichende Auswirkungen. Jedermann, der bei Bodenumlagerungen die materiellen Anforderungen des Bodenschutzes nicht berücksichtigt, kann für die Folgenbewältigung (Bodensanierung) zur Verantwortung gezogen werden.

"Wer die rechtlichen Anforderungen an eine ordnungsgemäße Verwertung nicht berücksichtigt, muss für die Kosten der Beseitigung und Rekultivierung aufkommen"

Das Baugesetzbuch [BauGB 2004] gibt im §202 ausdrücklich den Schutz des Mutterbodens vor:

- „Mutterboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, ist in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.“

Im diesem Sinne sollte auch der Unterboden möglichst hochwertig verwertet werden, wenn er zum Aufbau einer durchwurzelbaren Bodenschicht geeignet ist.

Anforderungen an die Verwertung zur Herstellung einer natürlichen Bodenfunktion einschließlich Begrünungsschicht von technischen Bauwerken

Folgende Anforderungen des Bodenschutzes an das Auf- und Einbringen von Material auf oder in den Boden sind zu beachten:

- Nach §12 Abs. 8 BBodSchV sollen Böden, welche die Bodenfunktionen nach §2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes im besonderen Maße erfüllen, von dem Auf- und Einbringen von Materialien ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für Böden im Wald, in Wasserschutzgebieten nach §51 Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes [WHG 2009], in Naturschutzgebieten, Nationalparks, Nationalen Naturmonumenten, Biosphärenreservaten, Naturdenkmälern, geschützten Landschaftsbestandteilen, Natura 2000-Gebieten und

gesetzlich geschützten Biotopen im Sinne des §30 des Bundesnaturschutzgesetzes sowie für die Böden der Kernzonen von Naturschutzgroßprojekten des Bundes von gesamtstaatlicher Bedeutung. Die fachlich zuständigen Behörden können hiervon Abweichungen zulassen, wenn ein Auf- und Einbringen aus forst- oder naturschutzrechtlicher Sicht oder zum Schutz des Grundwassers erforderlich ist.

- Das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben einschließlich Wiedernutzbarmachung ist zulässig, wenn mindestens eine der in §2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c des Bundes-Bodenschutzgesetzes genannten Bodenfunktionen (Sonderstandort für naturnahe Vegetation, natürliche Bodenfruchtbarkeit, Ausgleichskörper im Wasserkreislauf, Filter und Puffer für Schadstoffe sowie Nutzungsfunktionen als Fläche für Siedlung und Erholung oder als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung) nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt wird. Die Auswahl des geeigneten Bodenmaterials richtet sich daher nach seinen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften und ist auf den Verwertungsstandort abzustimmen. Die Ausprägung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen des Verwertungsortes müssen bekannt sein. Anderenfalls bedarf es einer gesonderten bodenkundlichen Kartierung und Bewertung der Bodenfunktionen.
- Die Nährstoffzufuhr über das Bodenmaterial ist nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen, um insbesondere Nährstoffeinträge in Gewässer weitestgehend zu vermeiden.
- Die auszubringenden Materialmengen sind anhand bodenschutzfachlicher Kriterien zu bestimmen. Zur Bemessung der Ausbringungsmengen sind demnach bodenfunktionsbezogene Bewertungen durchzuführen. Überdimensionierte Materialzufuhren sind bodenschutzrechtlich abzulehnen.
- Bei landwirtschaftlicher Folgenutzung sollen im Hinblick auf künftige unvermeidliche Schadstoffeinträge durch Bewirtschaftungsmaßnahmen oder atmosphärische Schadstoffeinträge die Schadstoffgehalte in der entstandenen durchwurzelbaren Bodenschicht 70% der



Abb. 9.1-1: Bodenschäden durch unsachgemäße Bodenverwertung (Fotos: Ingenieurbüro Feldwisch)

Vorsorgewerte nach Anh. 2 Nr. 4 BBodSchV nicht überschreiten (§12 Abs. 4 BBodSchV). Aus diesem Grund müssen die Schadstoffgehalte des zu verwertenden Bodenmaterials bekannt sein oder ermittelt werden.

- Um die natürlichen Bodenfunktionen des Aufbringungsstandorts bei Verwertungsmaßnahmen nicht zu beeinträchtigen, muss geeignetes Material bei trockenen Bodenverhältnissen mit bodenschonendem Gerät auf- bzw. eingebracht werden. Im Regelfall ist nach einem Zwischenfruchtanbau (Gründüngung) eine angepasste Folgebewirtschaftung zu betreiben, damit sich ein gutes und leistungsfähiges Bodengefüge ausbilden kann. Hinweise zur bodenschonenden Bodenverwertung können der DIN 19731 entnommen werden (Abb. 9.1-1).
- Letztendlich sollte das Auf- und Einbringen für die geplante und gleichzeitig planungsrechtlich zulässige Folgenutzung notwendig sein oder, soweit ein Bodenauftrag im Rahmen der naturschutzrechtlichen Ausgleichsregelung erfolgt, zu einer nachhaltigen und dauerhaften Aufwertung der Bodenfunktionen führen.

In der Vergangenheit wurden die bodenschutzrechtlichen Anforderungen häufig nicht ausreichend erfüllt. So kam eine Erhebungsuntersuchung zur Qualität von Geländeauffüllungen zu dem Ergebnis, dass nur 4 von 13 untersuchten Fällen den bodenschutzrechtlichen Anforderungen gerecht wurden, während die anderen Fälle zum Teil erhebliche Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen verursacht haben [LUBW 2000]. Als wesentliche Mängel wurden eine ungenügende Materialeignung sowie schädliche Bodenverdichtungen als Folge von nicht fachgerechtem Bodenauftrag und nicht angepasster Folgebewirtschaftung ermittelt. Daraus resultierte eine zu hohe Lagerungsdichte sowie zu geringe Gesamtporenvolumina und Luftkapazitäten und damit gestörte Wasserleitfähigkeit der Böden. Die Folge waren starke Verdichtungen, Vernässungen und Beeinträchtigungen der Durchwurzelung der Böden, sodass u. a. die Bodenfunktionen Natürliche Bodenfruchtbarkeit und Standort für naturnahe Vegetation auf Dauer erheblich beeinträchtigt wurden.

9.2 Verwertungsplanung

Eine ökologische und ökonomische Optimierung der Verwertung von Bodenaushub ist nur durch eine Verwertungsplanung zu realisieren. Dazu muss bereits im Zuge der Bauleitplanung und der Baugrunderkundung der Bodenaushub nach seiner Verwertungseignung klassifiziert werden (Abb. 9.2-1).



Abb. 9.2-1: Ohne Planung keine hochwertige Verwertung: Ausbringung und Verteilung des Bodenmaterials bei trockenen Bodenverhältnissen (Foto: Ingenieurbüro Feldwisch)

Die Eignungsprüfung zeigt, ob eine landwirtschaftliche Verwertung oder eine technische Verwertung möglich ist. Geprüft wird insbesondere auf Bodenart, Steinanteil, Anteil organischer Substanz, bodenfremde Bestandteile, Schadstoffe und baugrundspezifische Parameter wie Wassergehalt, Dichte und Druckfestigkeit uvm. Die Prüfung erfolgt stufenweise. Der Untersuchungsumfang richtet sich nach der Aushubmenge und der Art und Weise der geplanten Verwertung [UM 1992 u. 1994].

Das Ergebnis wird in einem Eignungsnachweis dokumentiert, der Grundlage für die weiteren Verfahrensschritte ist. Liegt eine Eignung zur bodenschutzkonformen Verwertung vor, sind geeignete Verwertungsstandorte zu identifizieren. Das Angebot an verwertungsfähigem Bodenaushub ist abzugleichen mit dem Bedarf an geeignetem Bodenmaterial bei regionalen und überregionalen Bauvorhaben.

Zur hochwertigen Verwertung von Bodenaushub ist die Logistik wie Zeitplanung, Zwischenlagerung, Transport und ggf. Aufbereitung zu klären. Die Anforderungen an eine sachgerechte Verwertung müssen deshalb bereits in die Ausschreibung aufgenommen werden, damit die Bau-



Abb. 9.2-2: Zwischenlagerung auf geordneten Mieten (Foto: Ritter)

bzw. Verwertungsunternehmen die erforderlichen Maßnahmen zum Bodenschutz bei der Preisgestaltung und Ausführung berücksichtigen können (Abb. 9.2-2).

Verwertung in technischen Bauwerken

In der Praxis hat sich bewährt, die Belange des Bodenschutzes bei Bau- und Verwertungsmaßnahmen durch eine eigenständige bodenkundliche Baubegleitung vertreten zu lassen. Nur so kann gewährleistet werden, dass die fachlichen Vorgaben zur Baustellenlogistik und zum bodenschonenden Umgang mit Bodenmaterial wirksam umgesetzt werden (Abb. 9.2-3).



Abb. 9.2-3: Einsatz bodenschonender Bagger und Raupen mit breiten Kettenlaufwerken (Foto: Ritter)

Zur Verwertung von Bodenmaterial außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht in technischen Bauwerken ist die Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 (VwV Boden) zu berücksichtigen.

9.3 Beseitigung von ungeeignetem Bodenaushub

Ist eine Verwertung auch nach einer Aufbereitung nicht möglich, ist der Bodenaushub zu beseitigen. Dazu stehen geeignete Erdaushubdeponien zur Verfügung:

- Entsorgung von ungeeignetem Bodenaushub auf kreiseigenen Erdaushubdeponien möglich
- Bergbau- und verhüttungsbedingt belastete Böden können auf dafür freigegebenen kreiseigenen Erdaushubdeponien schadlos abgelagert werden.

Ein Grund für die mangelnde Eignung von Bodenmaterial für eine Verwertung können erhöhte Schadstoffgehalte sein:

- Gebiete mit anthropogen oder geogen erhöhten Schadstoffgehalten in Böden wie z.B. Material aus Altablagerungen / Altlastenstandorten, vom historischen Erzbergbau beeinflussten Flächen oder von Bereichen mit besonderen Bodenausgangsgesteinen
- Gewässersedimente, Baggergut und Böden aus Überschwemmungsgebieten
- Straßenrandböden / Bankettschälgut

9.4 Verwendung hochwertiger Oberböden zur Bodenverbesserung und Kompensation von Eingriffen im Sinne der Naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung

Von einem positiven Beispiel einer hochwertigen Verwertung von Bodenmaterial wird aus der Gemeinde Möglingen im Landkreis Ludwigsburg berichtet. Die Gemeinde ist bei der Umsetzung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung einen neuen Weg gegangen und hat auf Grundlage der damaligen Arbeitshilfe des Umweltministeriums Baden-Württemberg „Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Ausgleichsregelung“ [LUBW 2012a] eine Verwertung des Mutterbodens als bodenbezogene Ausgleichsmaßnahme realisiert [DENGLER 2008]. Qualitativ hochwertiger Oberboden mit Bodenzahlen zwischen 73 und 85 wurde im Bereich zweier Baugebiete abgetragen und auf einer etwa ca. 6 ha großen, ackerbaulich genutzten Fläche geringerer Bodengüte mit Bodenzahlen zwischen 47 und 59 wieder aufgetragen. Um eine bodenschonende Ausführung der Maßnahme zu gewährleisten, wurde das Bodenmanagement zwischen dem Landratsamt Ludwigsburg, dem Regierungspräsidium Stuttgart und den Landwirten fachlich intensiv abgestimmt.

Zur Entwicklung eines leistungsfähigen Bodengefüges wurde ein dreijähriger Luzerneanbau gefolgt von weiteren zwei Jahren Wintergetreideanbau vereinbart. Nach Beginn der 2. Vegetationsperioden wurde die Wirksamkeit der Ausgleichsmaßnahme überprüft (Abb. 9.4-1). Als Zwischenbilanz konnte festgestellt werden, dass auf etwa der Hälfte der Fläche eine Aufwertung der Bodenfunktionen im Sinne der BBodSchV bereits erreicht worden war. Auf dem weiteren Flächenanteil wird bis zum Ende der fünfjährigen Nachsorgephase ebenfalls eine nachhaltige und dauerhafte Verbesserung der Bodenfunktionen erwartet.

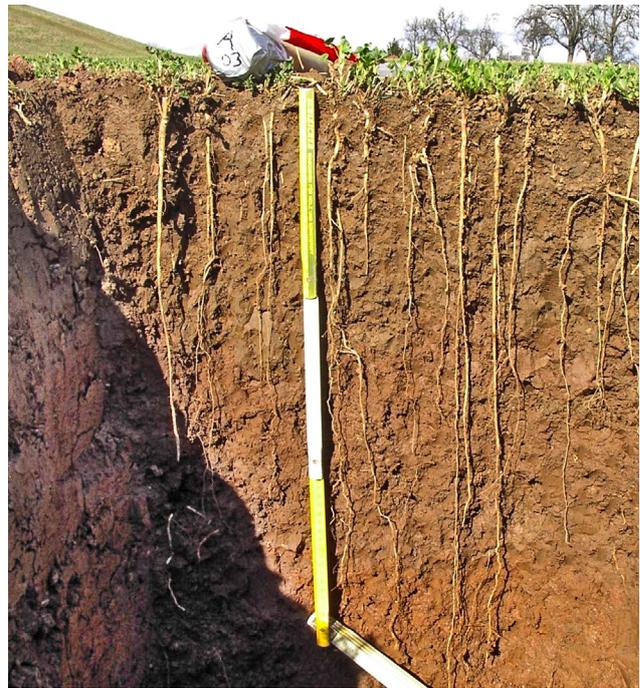


Abb. 9.4-1: Beispiel für eine gelungene Oberbodenauffüllung. Zu Beginn der 2. Vegetationsperiode nach der Auffüllung haben sich die rund 25 cm Auffüllmaterial mit dem gewachsenen Boden gut verbunden; Luzernewurzeln reichen hindernisfrei bis in über 70 cm Tiefe (Foto: Jaensch).

10 Literaturverzeichnis

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5), Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Aufl., 438 S.; 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen, Hannover 2005. <http://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510959204#t5274>
- ALK: Automatisierte Liegenschaftskarte
- ATKIS: Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem. <http://www.atkis.de>
- BAUGB (2004): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 29. Mai 2017 (BGBl. I S. 1298) geändert worden ist.
- BAURIEDL, S., SCHINDLER D., WINKLER M. (Hrsg.) (2008): Stadtzukünfte denken - Nachhaltigkeit in europäischen Stadtregionen. Ergebnisse stadttökologischer Forschung, Band 9, oekom Verlag, München.
- BBODSCHG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 101 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- BBODSCHV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- BBSR BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (Hrsg.) (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. Forschungen, Heft 139, Hrsg.: BMVBS/BBSR, Bonn. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Forschungen/2009/Heft139.html>
- BEF BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, BUNDESVERBAND DER GEMEINNÜTZIGEN LANDGESELLSCHAFTEN, BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND, DEUTSCHER BAUERNVERBAND, DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE, NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND, UMWELTBUNDESAMT, VERBAND DER LANDSWIRTSCHAFTSKAMMERN (2007): Verringerung der Flächeninanspruchnahme durch Verkehr-Entsiegelung bei Neuversiegelung-Eingriffsregelung optimiert anwenden-Gemeinsame Forderungen aus Landwirtschaft und Naturschutz. Bonn, Berlin.
- BMBF/DIFU BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG/DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (2007a): Wege zum nachhaltigen Flächenmanagement-Themen und Projekte des Förderschwerpunkts REFINA-Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement. Berlin.
- BMBF/DIFU (2007b): Der BMBF-Förderschwerpunkt REFINA: Beteiligte Projekte - Kurzbeschreibung der bewilligten Vorhaben. Berlin. <https://refina-info.de/de/projekte>
- BMBF/UBA BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG/UMWELTBUNDESAMT (2007): 2nd International Conference on managing urban land (25.-27.04.07 in Stuttgart) - Towards more effective and sustainable brownfield revitalisation policies. Berlin.
- BNATSCHG BUNDESNATURSCHUTZGESETZ VOM 29. JULI 2009 (BGBl. I S. 2542), das durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972) geändert worden ist.
- BUNZEL, A., HINZEN, A. (2000): Arbeitshilfe Umweltschutz in der Bebauungsplanung; UBA-Forschungsbericht 298 16 163. Berlin.
- BVB BUNDESVERBAND BODEN E.V. (2001): Bodenschutz in der Bauleitplanung - Vorsorgeorientierte Bewertung. BVB-Materialien, Band 6.
- BVB (2003): Bodenbezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in der Bauleitplanung. Vorschläge des Bundesverbandes Boden, Fachausschuss 3.1 „Bewertung von Böden in der Bauleitplanung“. In: Rosenkranz et al. (Hrsg.): Bodenschutz. Loseblattwerk. 7360.

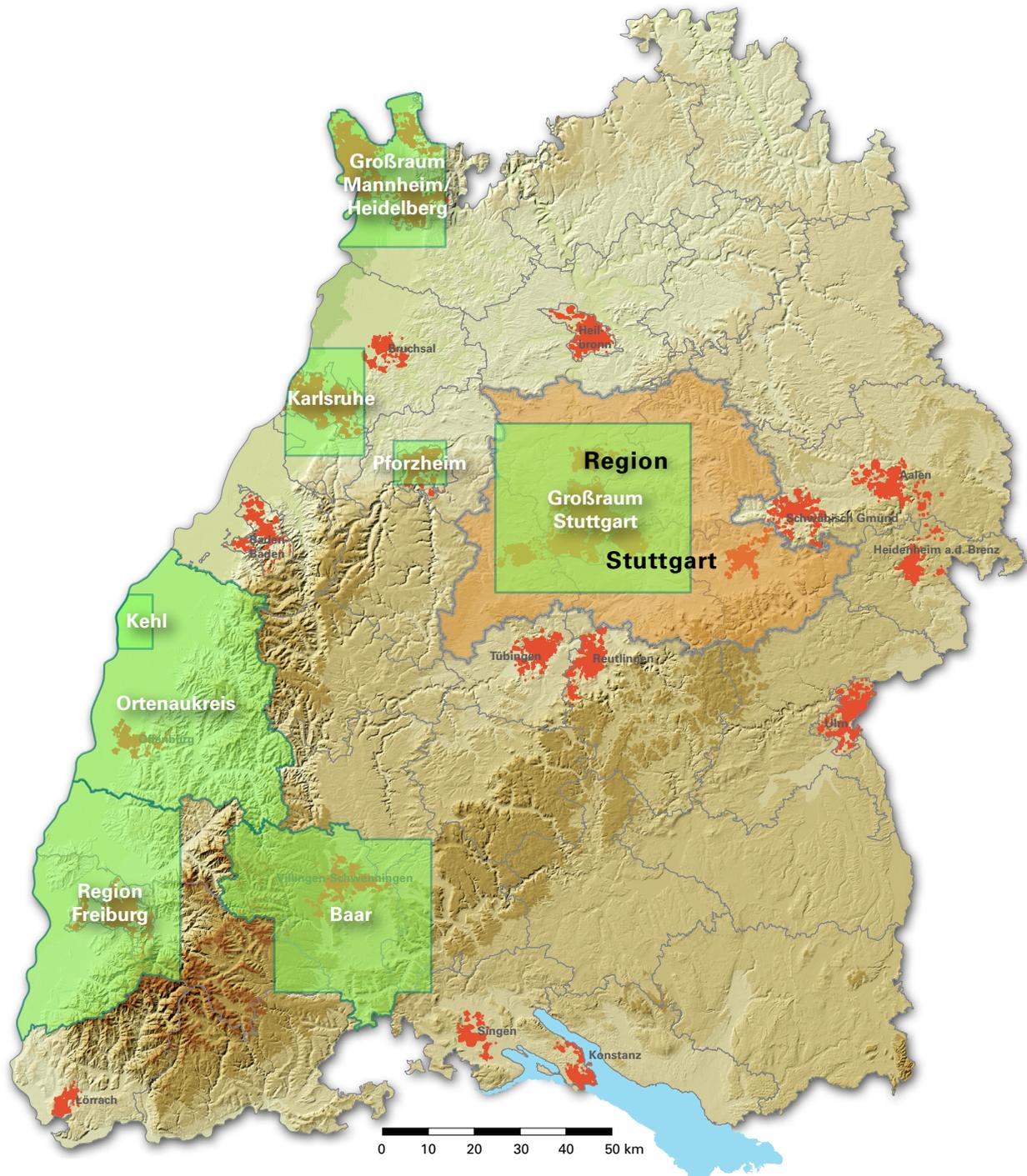
- DENGLER, C. (2008): Oberbodenauftrag als naturschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahme – Ein Konzept mit Zukunft? Diplomarbeit am Institut für Geographie der Universität Stuttgart.
- DIN 19708 (2005-02): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG.
- ELSÄSSER, M., FELDWISCH N., NUSSBAUM H., EHRMANN O. (2007): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte. Abschlussbericht zum gleichnamigen LABO-Vorhaben (Projektnummer B 4.03) im Auftrag des StäA4 der LABO.
- FRÄNZLE O., KRINITZ J, SCHMOTZ W., DELSCHEN TH., LEISNER-SAABER J. (1995): Harmonisierung der Untersuchungsverfahren und Bewertungsmaßstäbe für den Bodenschutz mit der Russischen Föderation. Abschlussbericht des UBA-F&E-Vorhabens 107 05 001/06, UBA-Texte 60/95, Berlin.
- HINTERDING, A., MÜLLER, A., GERLACH, N., GABEL, F. (2004): Geostatistische und statistische Methoden und Auswerteverfahren für Geodaten mit Punkt bzw. Flächenbezug. Abschlussbericht, Auftraggeber: LABO – StäA2
- HOFFMEISTER, J., TETTINGER S., STABEN N. (2008): Demografische und wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland - Konsequenzen für die wasserwirtschaftliche Infrastruktur. Wasser und Abfall 6|2008, S. 10-16.
- LABO BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. In: Rosenkranz et al. (Hrsg.): Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landwirtschaft und Grundwasser. 9006. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LABO (2009): Bodenschutz in der Umweltprüfung nach BauGB, Leitfaden für die Praxis der Bodenschutzbehörden in der Bauleitplanung.
- LAGA BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (2012): Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Mitteilung 20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln. <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>
- LBODSCHAG (2004): Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz - LBodSchAG) vom 14. Dezember 2004. letzte berücksichtigte Änderung: § 6 geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 17. Dezember 2009 (GBl. S. 809, 815)
- LGL BW LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG. <https://www.lgl-bw.de/lgl-internet/openscms/de/index.html>
- LGRB LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU, REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, ABT. 9 (2005): Bodenkarte 1:50 000, vorläufige Ausgabe 2005.
- LGRB (2008): Musterprofile der Bodenkarte von Baden-Württemberg.
- LPLG (2003): Landesplanungsgesetz Baden-Württemberg in der Fassung vom 10. Juli 2003 (GBl. S. 385), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes zur Änderung des Landesplanungsgesetzes, des Gesetzes über die Errichtung des Verbands Region Stuttgart, des Naturschutzgesetzes und des Wassergesetzes vom 14. Oktober 2008 (GBl. S. 338)¹. ¹Das Gesetz vom 14. Oktober 2008 ist am 22. Oktober 2008 in Kraft getreten.
- LUA LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (2006): Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft. LUA-Merkblatt 55. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.
- LUBW LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ (2000): Erhebungsuntersuchungen zur Qualität von Geländeauffüllungen, Bewertung von Auftragsböden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Bodenschutz, Band 4, Karlsruhe.
- LUBW (2007a): Indikatoren zur Siedlungsentwicklung, Flächen gewinnen: Orientierungshilfen für Kommunen. Karlsruhe.

- LUBW (2007b): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung. Entwicklerversion zu den Indikatoren zur Siedlungsentwicklung. Karlsruhe.
- LUBW (2009): Arsen in Böden und Gesteinen im Regierungsbezirk Karlsruhe. Statur, Bewertung, Konsequenzen. Bodenschutz Heft 22, Karlsruhe.
- LUBW (2010): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. 2. völlig überarbeitete Neuauflage der Veröffentlichung des Umweltministeriums Baden-Württemberg (1995), Heft 31 der Reihe Luft, Boden, Abfall
<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/74536/>
- LUBW (2011): Merkblatt Gefahrenabwehr bei Bodenerosion.
<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/74484/>
- LUBW (2012a): Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, Arbeitshilfe. 2. überarbeitete Auflage.
<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/225761/>
- LUBW (2012b): WaBoA - Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg.
<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/64595/>
- MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (2005): Landesentwicklungsbericht Baden-Württemberg 2005 Stuttgart.
- MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2002): Landesentwicklungsplan 2002 Baden-Württemberg - LEP 2002. Stuttgart.
- MLR MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2015): Modellprojekt zur Eindämmung des Landschaftsverbrauchs durch Aktivierung innerörtlichen Potenzials - MELAP (2003-2008) - Übertragbare Ergebnisse. Folgeprojekt MELAP PLUS (2010-2015). Stuttgart. https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/publikationen/MELAP_PLUS_Dokumentation.pdf
- NATSchG (2015): Gesetz des Landes Baden-Württemberg zum Schutz der Natur und zur Pflege der Landschaft (Naturschutzgesetz - NatSchG) vom 23. Juni 2015. GBl. 2015, 585.
- NBBW (2004): Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg. Neue Wege zu einem nachhaltigen Flächenmanagement in Baden-Württemberg - Sondergutachten. Stuttgart.
- ÖKVO (2010): Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Verordnung über die Anerkennung und Anrechnung vorzeitig durchgeführter Maßnahmen zur Kompensation von Eingriffsfolgen (Ökokonto-Verordnung - ÖKVO) vom 19. Dezember 2010 (GBl. 2010 Nr. 23, S. 1089 - 1123).
- RATHER, K., SAUER, H. UND ÜBELHÖR, A. (2014): „Ansätze für den vorbeugende Erosionsschutz im Gemüsebau am Beispiel von Weißkohl“, Hrsg.: LVG Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau, Heidelberg.
- REIDENBACH, M., HENCKEL, D., MEYER, U., PREUSS, T., RIEDEL, D. (2007): Neue Baugebiete: Gewinn oder Verlust für die Gemeindekasse? Fiskalische Wirkungsanalyse von Wohn- und Gewerbegebieten. Edition DIFU - Stadt Forschung Praxis, Band 3. Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin.
<https://difu.de/publikationen/2008/neue-baugebiete-gewinn-oder-verlust-fuer-die-gemeindekasse.html>
- ROG (2008): Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 5 Satz 2 des Gesetzes vom 23. Mai 2017 (BGBl. I S. 1245) geändert worden ist.
- SCHWERTMANN U., VOGL W., KAINZ M. (1990): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ (2006): Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS). Heft 4/2006 der Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz; Projektförderung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg. Stuttgart.
- STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2016): Flächeninanspruchnahme in Baden-Württemberg und Deutschland. https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag16_06_06.pdf

- UBA UMWELTBUNDESAMT (2003a): Methodische Empfehlungen zur Abgrenzung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden. UBA-Forschungsbericht 200 71 238. Umweltbundesamt, Berlin.
- UBA (2003b): Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GSE-Anleitung). Auszug aus dem Forschungsbericht 200 71 238 „Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden“ für die Vorlage bei der Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO)
- UM (1992): Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.). Technische Verwertung von Bodenaushub. Luft, Boden, Abfall, Heft 24.
- UM (1994): Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub. Luft, Boden, Abfall, Heft 28.
- UM (2007): Umweltplan Baden-Württemberg 2007-2012.
<https://www.nachhaltigkeit.info/media/1234781455pbpZu8QnQ.pdf?siid=file9p39dqsvgsne63b8jcc72>
- UM (2008): Ziele einer nachhaltigen Entwicklung für Baden-Württemberg. Dokumentation der Ziele und des Entstehungsprozesses. Geschäftsstelle Nachhaltigkeitsstrategie, Stuttgart.
- UM/LUBW/FZK (2008): Einblicke 2008, Journal zur Umweltforschung und Umweltechnik in Baden-Württemberg. Schwerpunkt: Fläche Umweltforschungsprojekte und umwelttechnische Innovationen in Baden-Württemberg. Forschung und Entwicklung - aktuelle Projektförderung - Kontakte. Agentur & Druckerei Murr GmbH, Karlsruhe.
<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/46402/?sbop=true&sbopView=6639>
- UTERMANN J. B., RABER, O., MELZER, H.-E., GÄBLER R., HINDEL, R. (2003): Freisetzung von anorganischen Spurenstoffen auf Böden mit erhöhten Hintergrundgehalten. DBG-Mitteilungen 102/2003, 805-806.
- VERBAND REGION STUTTGART (1999): Landschaftsrahmenplan Region Stuttgart. Stuttgart.
- VERBAND REGION STUTTGART (2006): Perspektiven 2025, Modellrechnungen zur Zukunft von Leben, Wohnen und Arbeiten in der Region Stuttgart bis 2025. Schriftenreihe Verband Region Stuttgart, 24. Stuttgart.
- VERBAND REGION STUTTGART (2008): Entwurf des Umweltberichts zum Regionalplan 2020. Stuttgart.
- VERBAND REGION STUTTGART / ÖKONSULT (2006): Neubaugebiete und demografische Entwicklung - Ermittlung der fiskalisch besten Baulandstrategie für die Kommunen in der Region Stuttgart. Siedlung / Infrastruktur. Schriftenreihe Nummer 25.
https://www.region-stuttgart.org/information-und-download/dokumentel?tx_docsbop_pi1%5Barticle%5D=63&cHash=45e06519ab427c82fca2ffc039940743
- VERBAND REGION STUTTGART (2009a): Regionalplan. Satzungsbeschluss vom 22. Juli 2009
<https://www.region-stuttgart.org/regionalplan/>
- VERBAND REGION STUTTGART (2009b): Der Umweltbericht ist ein gesonderter Teil der Begründung für den Regionalplan. Karte 1, S. 31
<https://www.region-stuttgart.org/aufgaben-und-projekte/regionalplanung/regionalplan/umweltbericht/>
- VwV (2007): Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial; vom 14. März 2007 - Az.: 25-8980.08M20 Land/3 -
- WALDMANN, F. (2006): Entwurf „Bodenbroschüre Stuttgart“ vom 05.07.2006. RP Freiburg Ref. 93 (LGRB).
- WHG (2009) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 122 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist.

11 Anhang

A.1 Übersichtskarte Bodenzustandsberichte Baden-Württemberg



abgeschlossene Bodenzustandsberichte

Karlsruhe (1995) - Pforzheim (1995) - Kehl (1995) - Großraum Mannheim / Heidelberg (1998) - Großraum Stuttgart (1999) - Region Freiburg (2004) - Baar (2005) - Ortenaukreis (2013)

aktuell

Region Stuttgart

Abb. A.1-1: Bodenzustandsberichte in Baden-Württemberg; Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)

A.4 Arbeitsschritte bei der Aufbereitung und Validierung der Ober- und Unterboden- daten zu Schadstoffgehalten

Die zur Verfügung gestellten Datensätze wurden in einer Datei zusammengeführt und auf Vollständigkeit und fachliche Konsistenz überprüft. Folgende Datenbankarbeiten wurden vorgenommen:

- Datenstruktur und -syntax wurden vereinheitlicht und an die WIBAS-Vorgaben angepasst.
- Doppelungen wurden gelöscht.
- Analysenwiederholungen wurden für die Auswertung durch Medianwerte ersetzt.
- Für statistische Auswertungen und kartografische Darstellungen wurden alle Gehaltsangaben unterhalb der Bestimmungsgrenze wie „< Bestimmungsgrenze“ und „minus Bestimmungsgrenze“ in den jeweilig halben, positiven Bestimmungsgrenzwert umgewandelt.
- Nicht repräsentative Datensätze, wie z.B. die Oberbodenanalysen auf einer Wurfscheibenschießanlage im Landkreis Esslingen, die in den bereitgestellten Daten enthalten waren, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.
- Datensätze ohne Nutzungs-, Bodenarten- oder Geologieangaben wurden nach Möglichkeit um entsprechende Angaben ergänzt, indem mithilfe der Rechts-/Hochwerte Abfragen in verschiedenen digitalen Kartenwerken vorgenommen wurden.
- Angaben zur Lage innerhalb oder außerhalb von Überschwemmungsgebieten standen nicht als eigenständige Attributspalte zur Verfügung. Diese Information wurde mit Hilfe der BK 50 und der GÜK 300 generiert, indem aus beiden Kartenwerken (wahrscheinliche) Überschwemmungsgebiete abgeleitet wurden. Außerhalb von Siedlungslagen wurden aus der BK 50 atypische Böden wie Vegen, Auengleye, Gleye etc. selektiert. Nach einer Plausibilisierung und Nachbereitung dieser Flächenkulisse konnten Überschwemmungsgebiete abgegrenzt werden. Innerhalb der Siedlungsgebiete wurde die geologische Einheit „Auensedimente“ aus der GÜK 300 zur Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete herangezogen. Durch das Verscheiden mit den aus BK 50 und GÜK 300 abgeleiteten Überschwemmungsgebieten konnte den Probennahmestellen das Attribut „Lage innerhalb bzw. außerhalb von Überschwemmungsgebiet“ zugeordnet werden.
- Die Zeitreihen und Mehrfachbeprobungen der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) wurden auf das jeweils jüngste Probennahmedatum beschränkt, um bei der regionalen Auswertung der Schadstoffsituation der Böden die BDF nicht überproportional zu berücksichtigen.
- In die Auswertung der Schadstoffsituation der Oberböden wurden nur die Proben aus der 1. Schicht (0 - ... cm) einbezogen. Tiefendifferenzierungen innerhalb des A-Horizontes wurden von der Auswertung ausgeschlossen.
- Bodendaten aus Y-Horizonten¹¹ unter Grünlandnutzung wurden von der Auswertung ausgeschlossen, weil damit nutzungsuntypische und somit nicht repräsentative Einflüsse auf den Schadstoffgehalt der Böden verbunden sein können. Für Acker- und Waldnutzungen lagen keine Bodenproben aus Y-Horizonten vor, sodass diesbezüglich keine Selektion notwendig war. Dagegen war das Vorliegen eines Y-Horizontes kein Ausschlusskriterium bei den Siedlungsnutzungen und Sonderkulturen, weil für diese Nutzungsgruppen das Vorliegen eines anthropogenen Auftragshorizontes als typisch angesehen werden kann.
- In die statistischen und kartografischen Auswertungen wurden die Elemente As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Tl, Zn, PAK_EPA und B(a)P einbezogen. Weiterhin wurden die Gehalte im Ammoniumnitratextrakt für die Elemente Cd, Ni, Pb und Zn für Oberbodenproben ausgewertet. Zusätzlich wurden die pH-Werte (CaCl₂) betrachtet.
- Für die zuvor genannten Parameter wurden statistische Kennwerte (Anzahl, Minimum, Maximum, arithmetischer Mittelwert, Medianwert, 10., 25., 75. und 90. Perzentil, untere und obere Ausreißerschwelle sowie Standardabweichung und Variations-

¹¹ *anthropogene terrestrische Böden*

koeffizient) getrennt für die verschiedenen Nutzungsgruppen, die geologischen Gruppen und die Überschwemmungseinflüsse ermittelt. Die deskriptive Statistik wurde sowohl für alle validen Datensätze als auch für die ausreißerbereinigten Datensätze berechnet. Bei Probenzahlen $n < 20$ ist die Klassifizierung statistisch unsicher.

- Die Ausreißerschwelle wurde mithilfe des 1,5-fachen Interquartilabstandes bezogen auf das 25. bzw. 75. Perzentil abgeleitet. Die Ausreißerbestimmung mithilfe des Interquartilabstandes eignet sich insbesondere für nicht normalverteilte Grundgesamtheiten [UBA 2003a,b; HINTERDING et al. 2004]. Das 50. und 90. Perzentil der um Ausreißer bereinigten Datensätze außerhalb von Überschwemmungsgebieten dient der Ableitung regionaler Hintergrundwerte.

A.4.1 Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) Oberböden

Tab. A.4.1-1: Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) für Feststoffgehalte (anorganische Stoffe) bezogen auf die Trockensubstanz (Bodenart und Nutzung)

Beurteilungsgrundlage/ Wirkungspfad	Bodenart/ Nutzung	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Hg [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Tl [mg/kg]	Zn [mg/kg]	
BBodSchV- Vorsorgewerte	Sand		0,4	30	20	0,1	15	40		60	
	Lehm/Schluff		1,0	60	40	0,5	50	70		150	
	Ton		1,5	100	60	1,0	70	100		200	
BBodSchV-Prüfwerte	Kinderspielflächen	25	10 ²⁾	200		10	70	200			
	Wohngebiete	50	20 ²⁾	400		20	140	400			
	Wirkungspfad Boden-Mensch	Park- und Freizeitanlagen	125	50	1000		50	350	1000		
		Industrie- und Gewerbegrundstücke	140	60	1000		80	900	2000		
BBodSchV-Prüfwerte	Ackerbauflächen, Nutzgärten	200/50 ¹⁾				5					
BBodSchV- Maßnahmenwert	Grünland	50 ¹⁾	20		1300 ³⁾	2	1900	1200	15,0		
VwV Boden Zuordnungswerte (Z0)	Sand	10							0,4		
	Lehm/Schluff	15							0,7		
	Ton	20							1,0		
VwV Boden Zuordnungswerte	Z0*	15/20 ⁴⁾	1,0	100/120 ⁵⁾	60/80 ⁵⁾	1,0	70/100 ⁵⁾	100/140 ⁵⁾	0,7	200/300 ⁵⁾	
	Z1.1	45	3,0	180	120	1,5	150	210	2,1	450	
	Z1.2	45	3,0	180	120	1,5	150	210	2,1	450	
	Z2	150	10,0	600	400	5,0	500	700	7,0	1500	

¹⁾ Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Bedingungen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg Trockenmasse.

²⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

³⁾ Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt der Maßnahmenwert 200 mg/kg TM.

⁴⁾ Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt 20 mg/kg.

⁵⁾ niedrigerer Wert gilt für Wasserschutzzone IIIA

A.4.3 Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte

Tab. A.4.1.11-1: Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) für Feststoffgehalte (organische Stoffe) bezogen auf die Trockensubstanz (Humusgehalt, Nutzung und Bodenart)

Beurteilungsgrundlage / Wirkungspfad	Humusgehalt / Nutzung/Bodenart	PAK [mg/kg]	B(a)p [mg/kg]
BBodSchV-Vorsorgewerte	≤ 8 %	3	0,3
	> 8 %	10	1,0
BBodSchV-Prüfwerte	Kinderspielflächen		2,0
	Wohngebiete		4,0
Wirkungspfad Boden-Mensch	Park- und Freizeitanlagen		10,0
	Industrie- und Gewerbegrundstücke		12,0
BBodSchV-Prüfwert			
Wirkungspfad, Boden-Nutzpflanze (Pflanzenqualität)	Ackerbauflächen, Nutzgärten		1,0
VwV Boden Zuordnungswerte (Z0)	Sand	3	
	Lehm/Schluff	3	
	Ton	3	
	Z0*	3	0,3/0,6 ⁵⁾
VwV Boden Zuordnungswerte	Z1.1	3	0,9
	Z1.2	9	0,9
	Z2	30	3,0

⁵⁾ niedrigerer Wert gilt für Wasserschutzzone IIIA

Tab. A.4.3-1: Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte (Pflanzenqualität)

Beurteilungsgrundlage / Wirkungspfad	Nutzung	Pb _{mobil} [mg/kg]	Cd _{mobil} [mg/kg]
BBodSchV-Prüfwert			
Wirkungspfad, Boden-Nutzpflanze (Pflanzenqualität)	Ackerbauflächen, Nutzgärten	0,10	
BBodSchV-Maßnahmenwert			
Wirkungspfad, Boden-Nutzpflanze (Pflanzenqualität)	Ackerbauflächen, Nutzgärten		0,04/0,10 ⁶⁾

⁶⁾ Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg Trockenmasse; ansonsten gilt als Maßnahmenwert 200 mg/kg Trockenmasse.

Tab. A.4.3-2: Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte (Wachstumsbeeinträchtigungen)

Beurteilungsgrundlage / Wirkungspfad	Nutzung	Ni _{mobil} [mg/kg]	Zn _{mobil} [mg/kg]
BBodSchV-Prüfwert			
Wirkungspfad, Boden-Nutzpflanze (Wachstumsbeeinträchtigungen)	Ackerbauflächen, Nutzgärten	1,50	2,00

A.4.3.1 Karten (Boden-pH-Wert und mobile Schadstoffgehalte in Oberböden)

pH-Wert (CaCl₂)

Bodennutzung (pH-Wert)

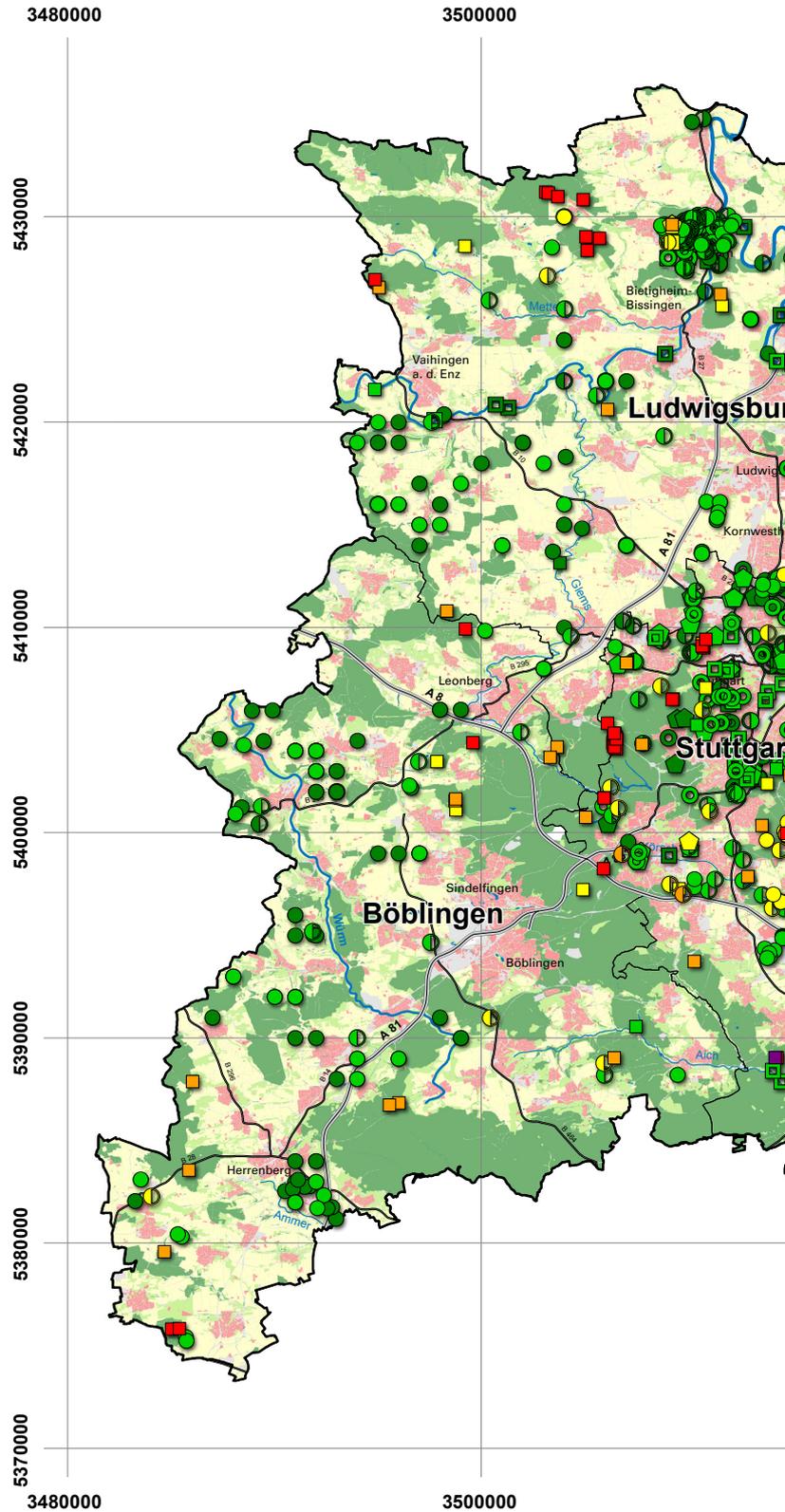
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Benzo(a)pyren-Gehalt [mg/kg]

- < 3
- 3 - < 4
- 4 - < 5
- 5 - < 6
- 6 - < 7
- ≥ 7

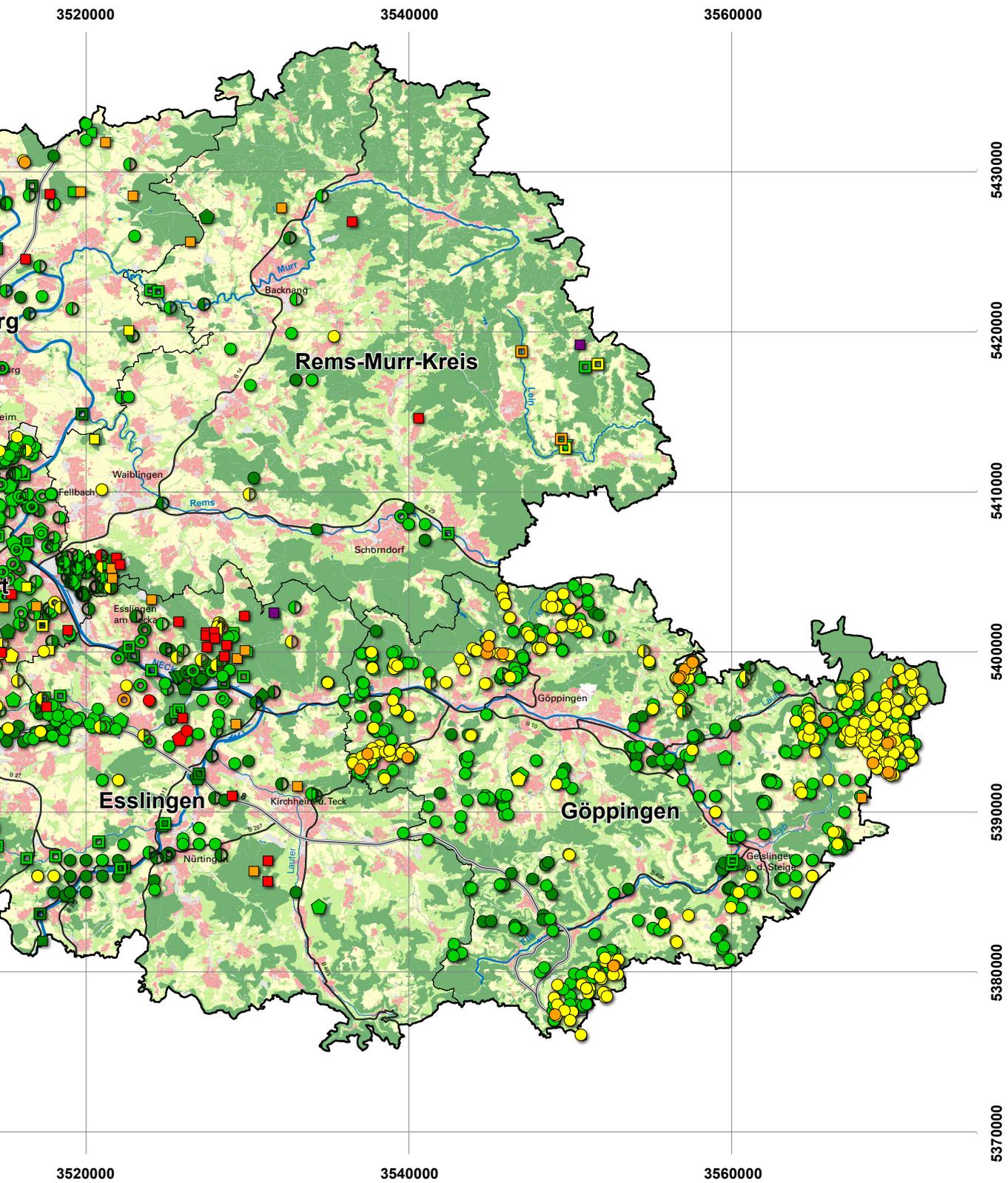
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- ≡ Bundesautobahn
- ≡ Bundesstraße

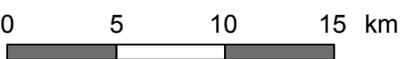
Abb. A.4.3.1-1: pH-Werte in den Böden der Region Stuttgart



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Blei (Ammoniumnitratextrakt)

Bodennutzung (Pb)

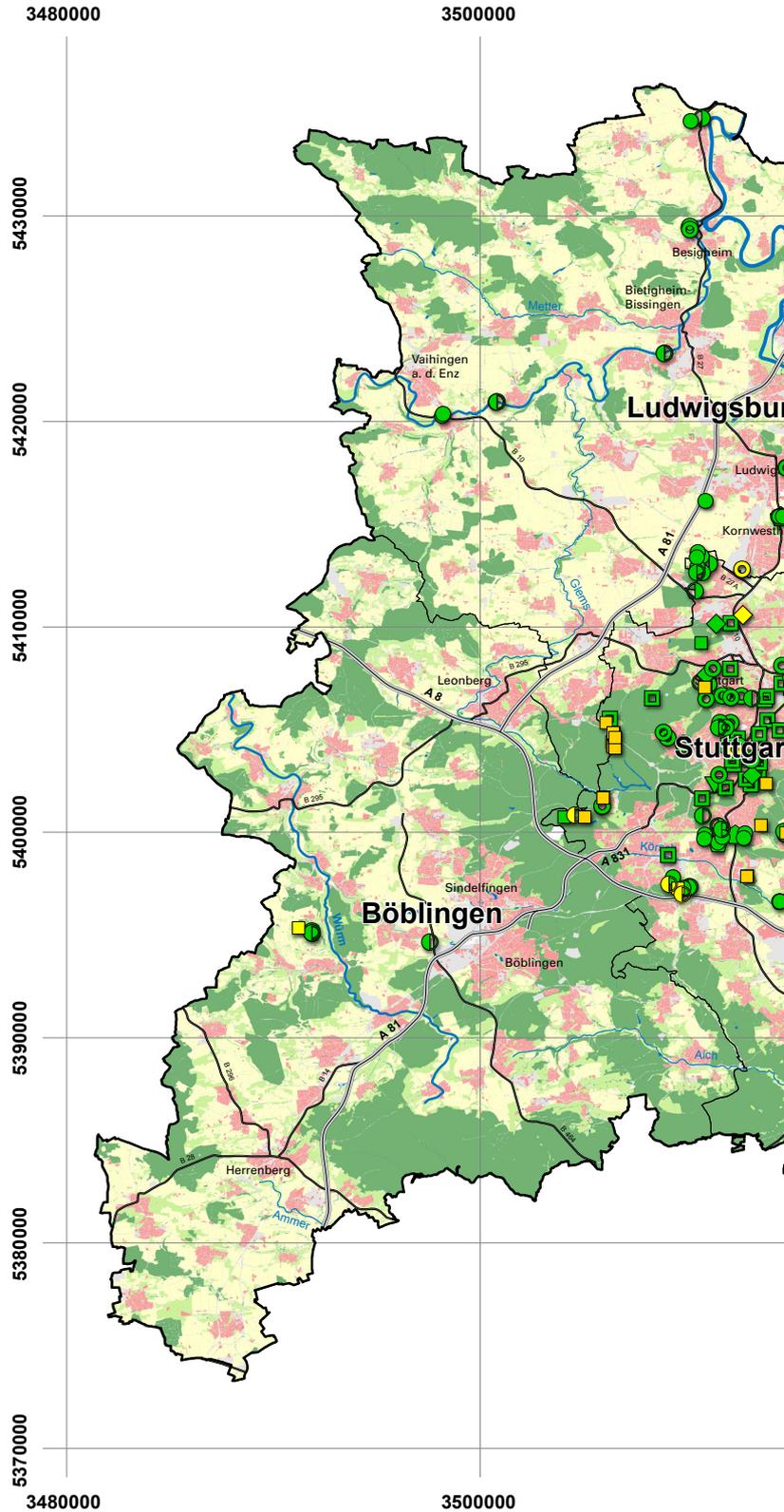
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

Bleigehalt [mg/kg]

- < 0,05
- 0,05 - < 0,10
- ≥ 0,10

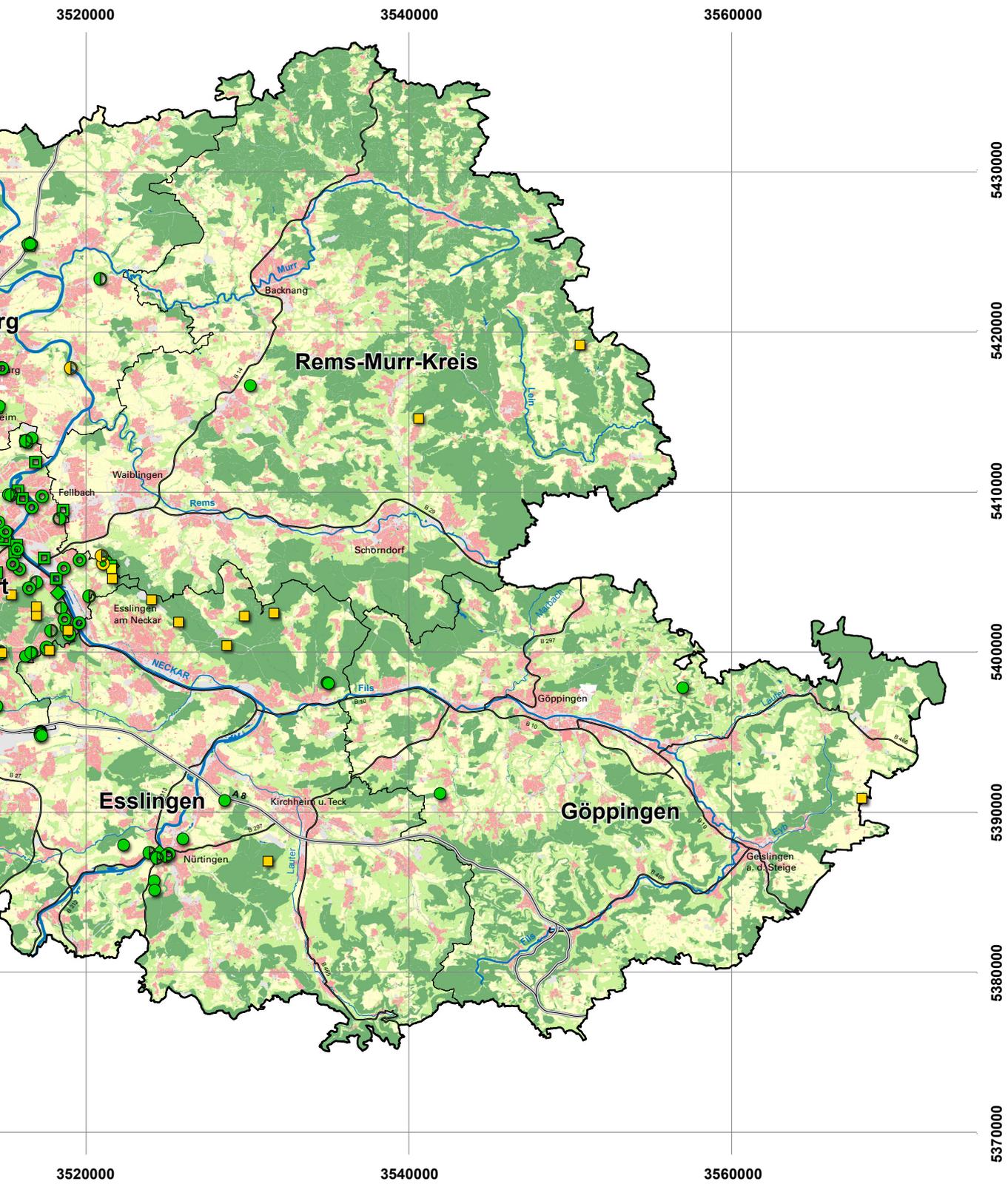
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiengrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

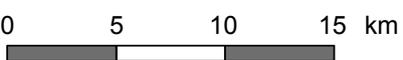
Abb. A.4.3.1-2: Mobile Bleigehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungswerte [BBodSchV] für mobile Feststoffgehalte siehe Tab. A.4.3-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Cadmium (Ammoniumnitratextrakt)

Bodennutzung (Cd)

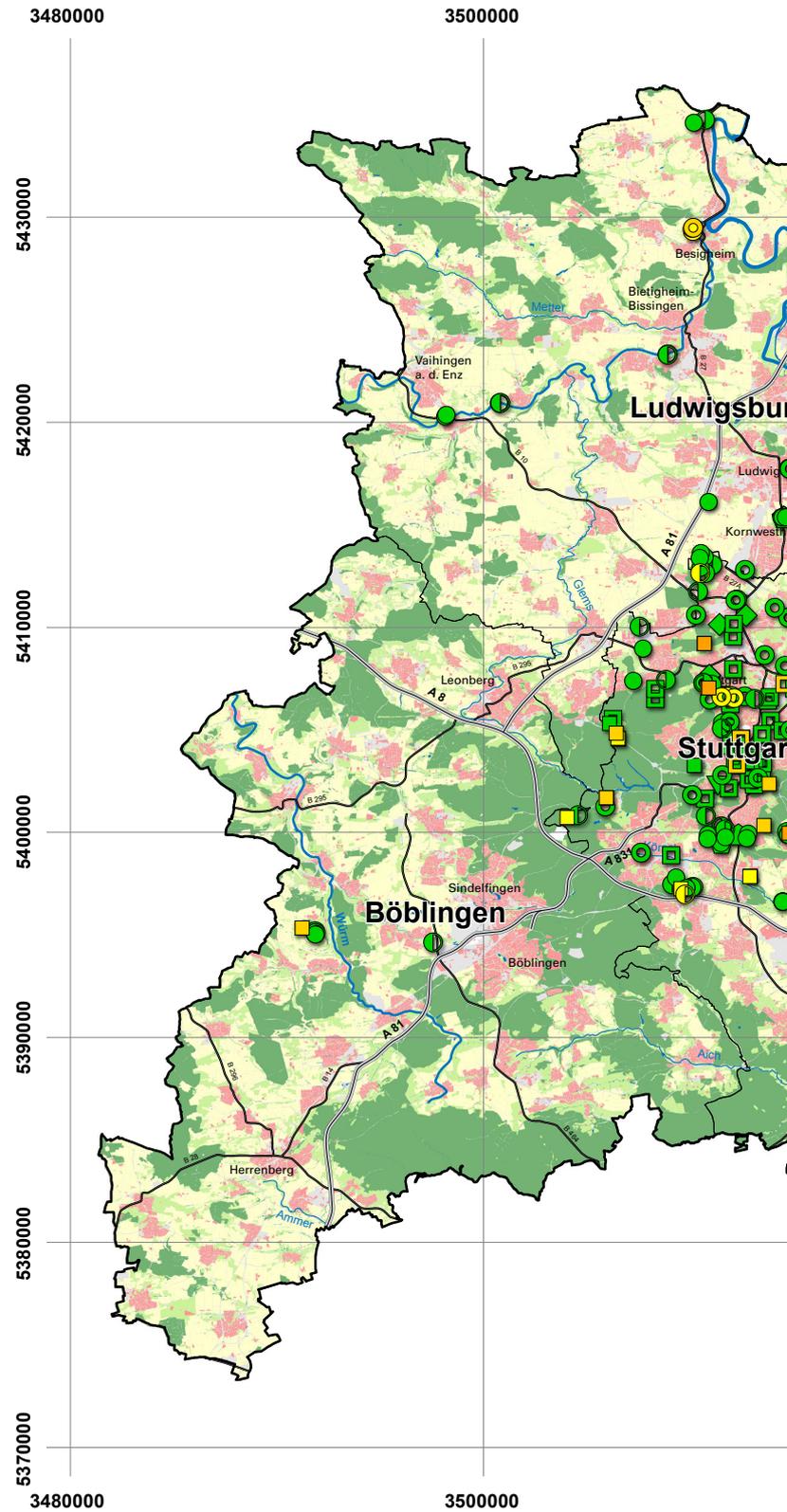
- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Cadmiumgehalt [mg/kg]

- < 0,02
- 0,02 - < 0,04
- 0,04 - < 0,10
- ≥ 0,10

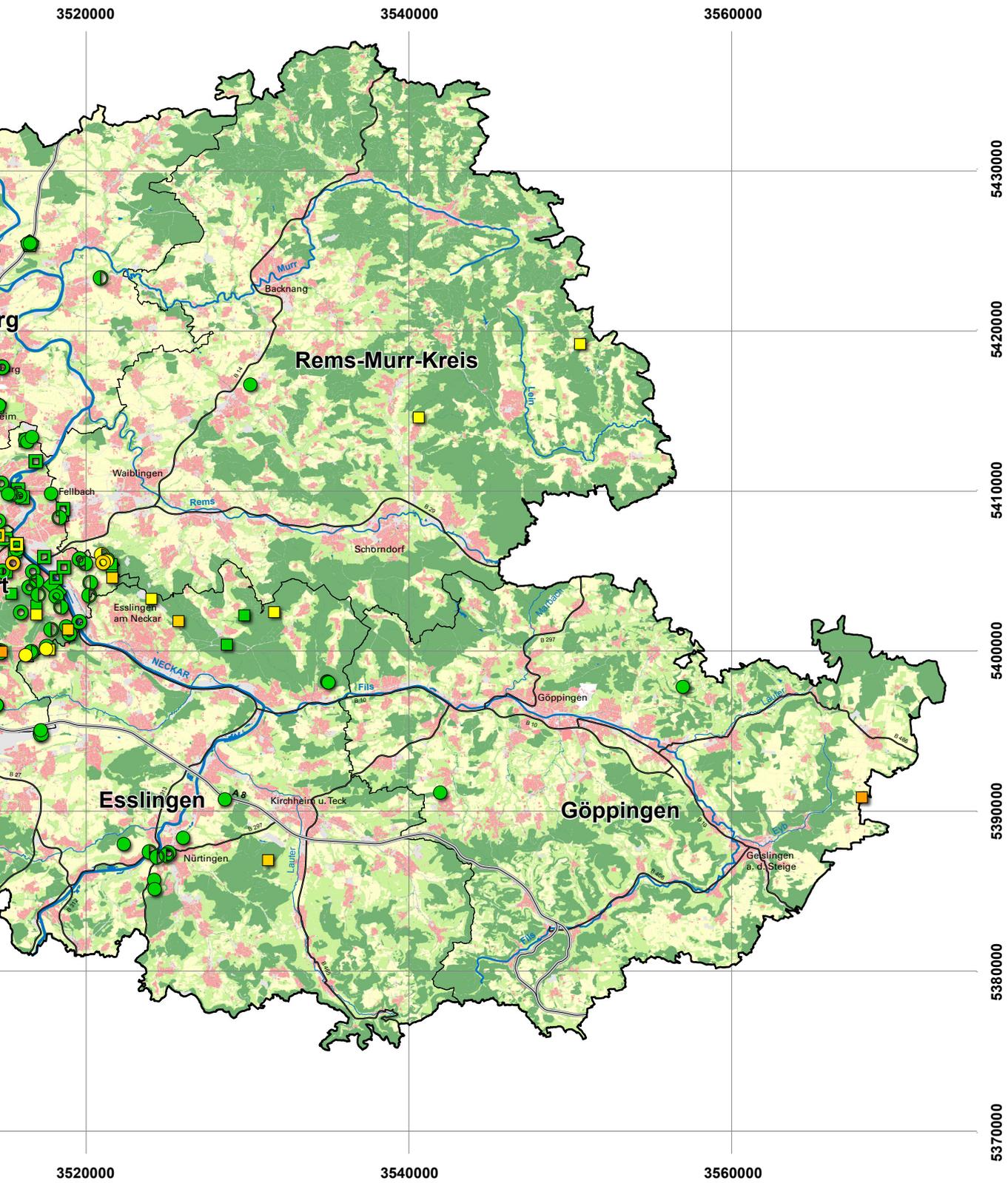
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- ==== Bundesautobahn
- == Bundesstraße

Abb. A.4.3.1-3: Mobile Cadmiumgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungswerte [BBodSchV] für mobile Feststoffgehalte siehe Tab. A.4.3-1)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Nickel (Ammoniumnitratextrakt)

Bodennutzung (Ni)

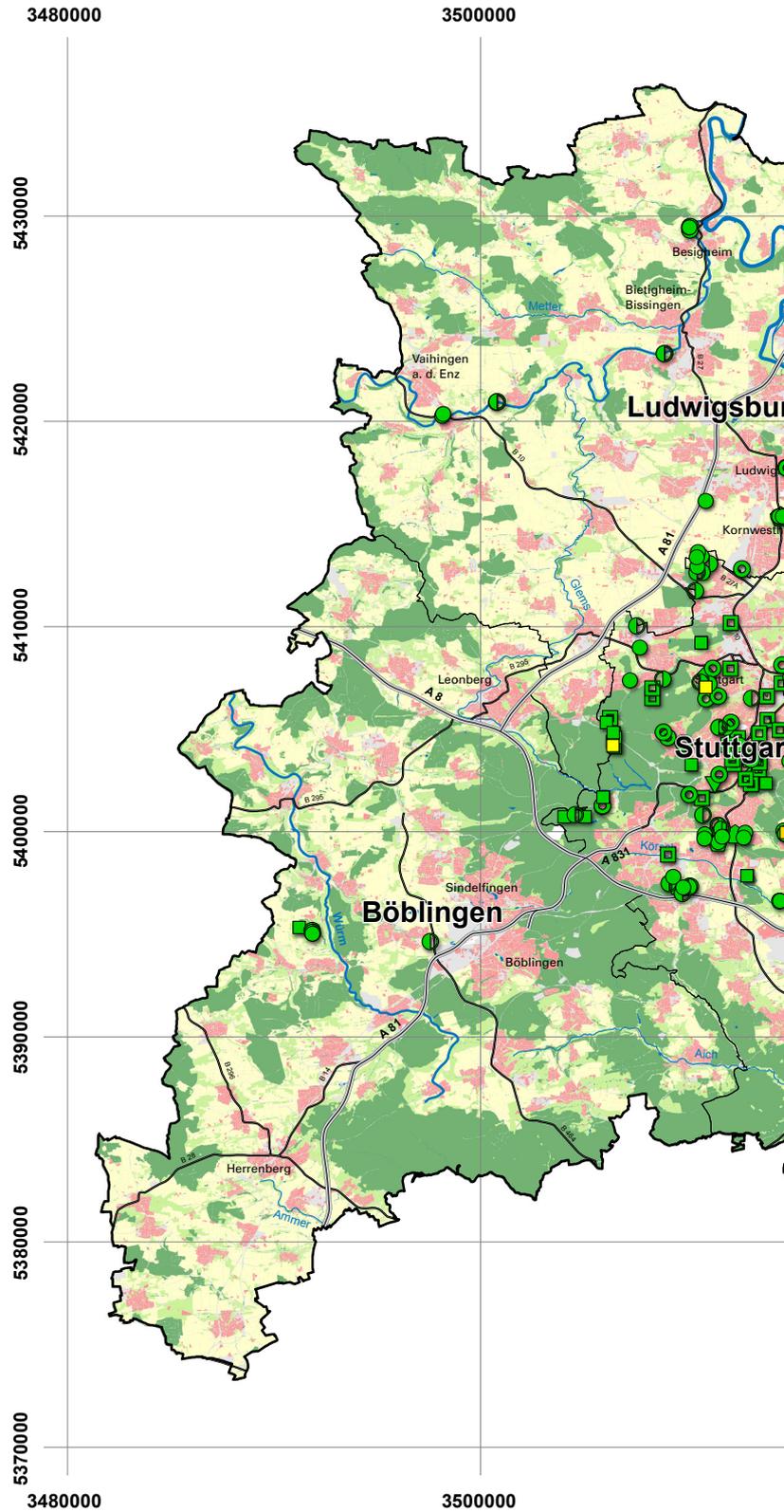
- Acker
- ⊙ Grünland
- Wald
- ⊙ Sonderkultur
- ⊙ Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ⬠ sonstiges

Nickelgehalt [mg/kg]

- < 0,75
- 0,75 - < 1,50
- ≥ 1,50

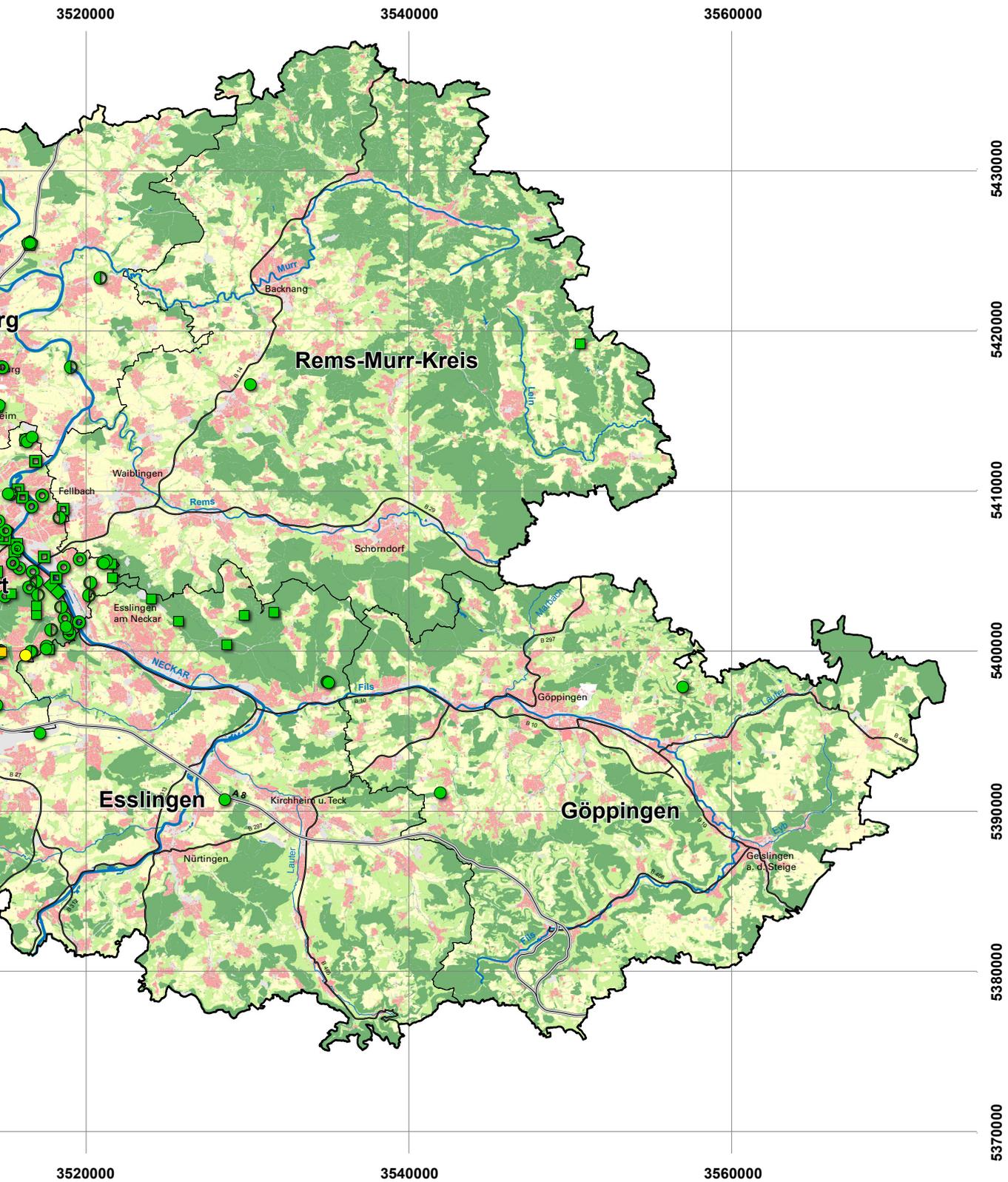
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiongrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- === Bundesautobahn
- == Bundesstraße

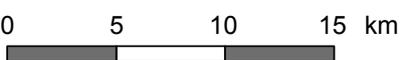
Abb. A.4.3.1-4: Mobile Nickelgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungswerte [BBodSchV] für mobile Feststoffgehalte siehe Tab. A.4.3-2)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



Zink (Ammoniumnitratextrakt)

Bodennutzung (Zn)

- Acker
- Grünland
- Wald
- Sonderkultur
- Haus-/Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ◆ Kinderspielflächen
- ▼ Industrie- und Gewerbeflächen
- ◊ sonstiges

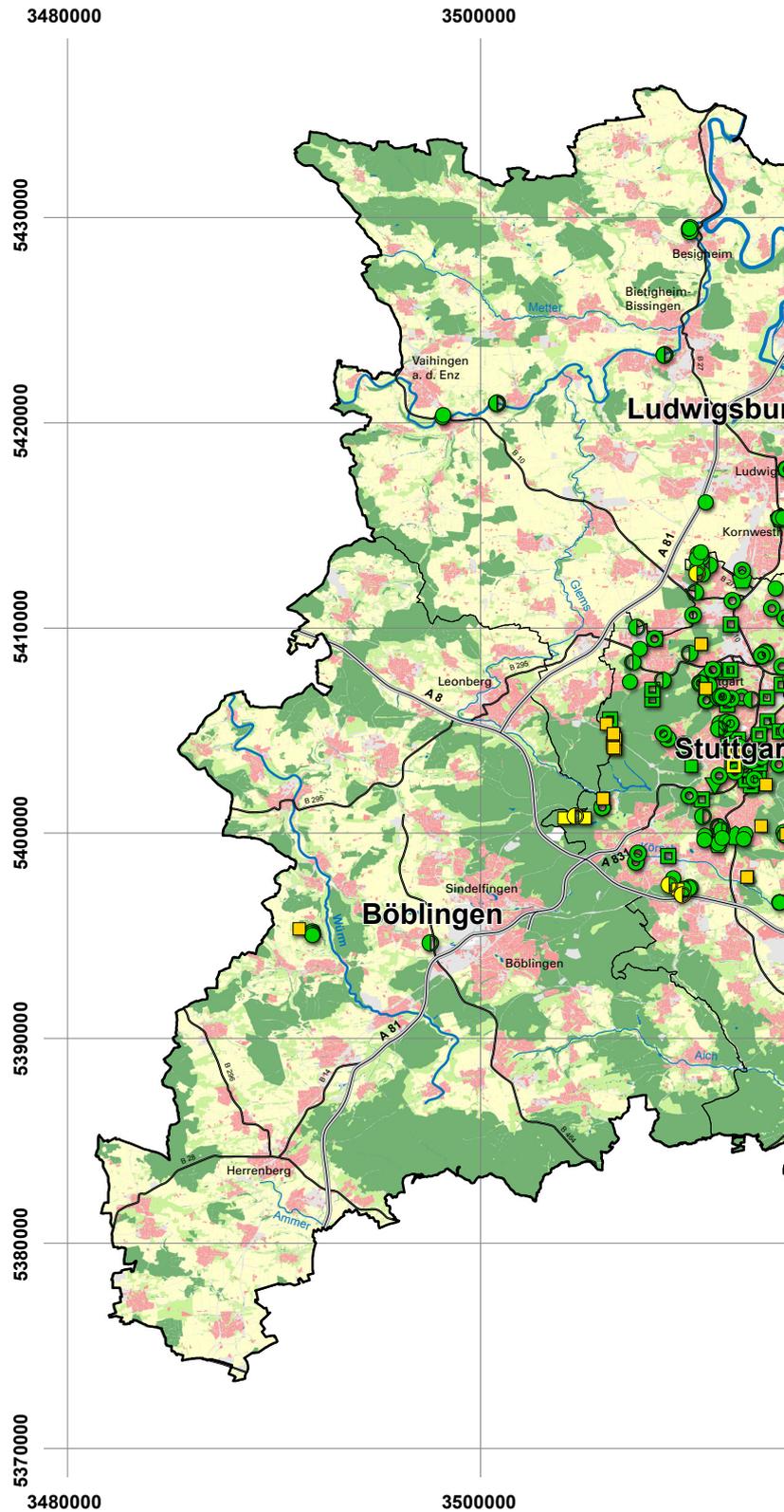
Zinkgehalt

[mg/kg]

- < 1,0
- 1,0 - < 2,0
- ≥ 2,0

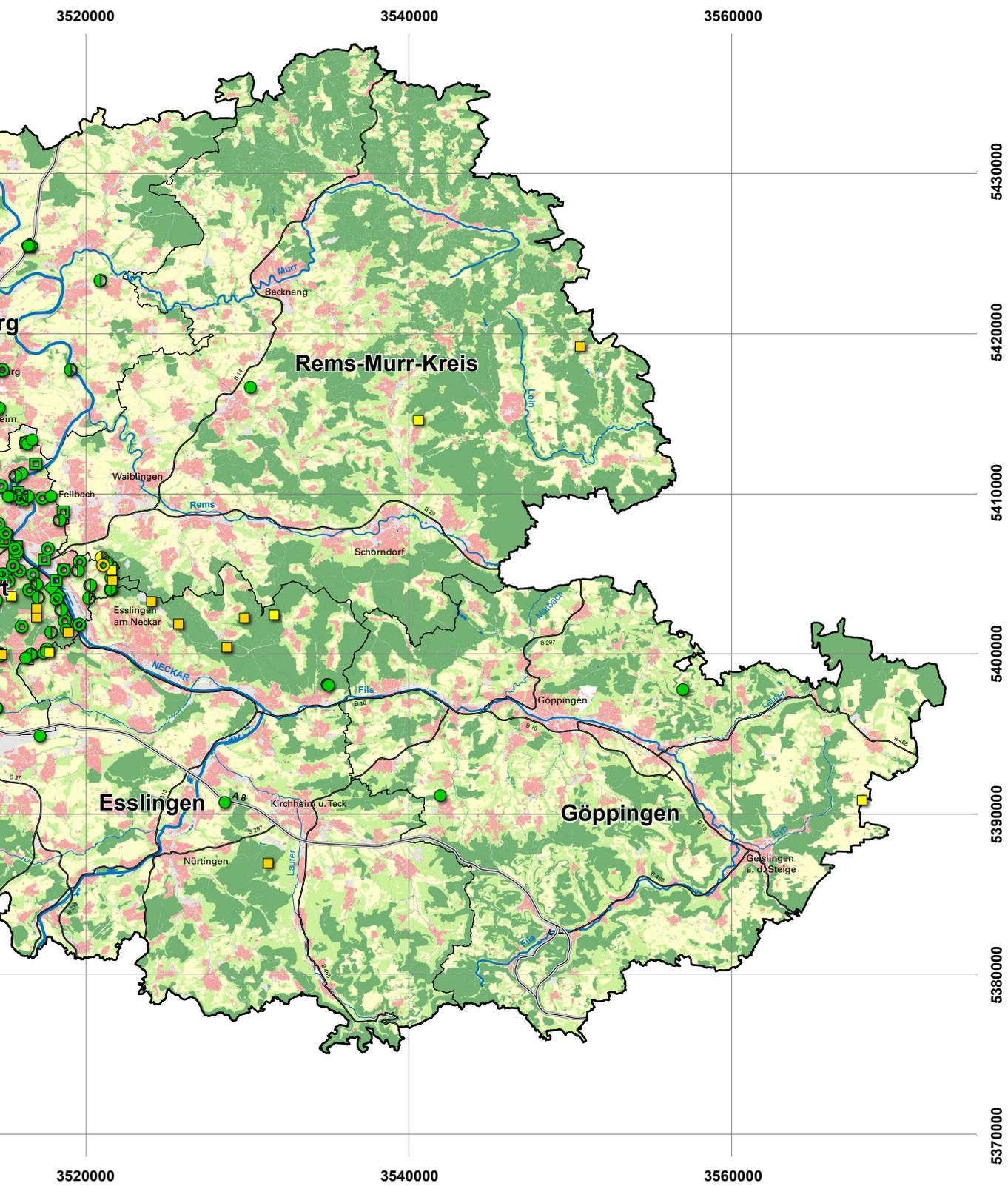
Bodennutzung (Karte)

- Wasserflächen
- Gebäude- oder Freiflächen
- Verkehrs-, Betriebsflächen
- Ackerflächen, Weinbau
- Grünflächen, Gartenland
- Wald



- Regiengrenze
- Land-, Stadtkreisgrenze
- == Bundesautobahn
- Bundesstraße

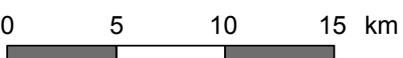
Abb. A.4.3.1-5: Mobile Zinkgehalte in den Böden der Region Stuttgart (Beurteilungswerte [BBodSchV] für mobile Feststoffgehalte siehe Tab. A.4.3-2)



Kartengrundlagen:

© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL BW)

© Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau B.-W. (RP FR, Abt. 9)



12 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Kurztitel: genauer Bildtitel / Tabellentitel incl. Quellenangabe siehe Bildunterschrift / Tabellenüberschrift

Abb. 2.1-1:	Nutzungsverteilung in der Region Stuttgart	10
Tab. 2.1-1:	Landnutzung in der Region Stuttgart	10
Tab. 2.2-1:	Charakterisierung der Bodengroßlandschaften in der Region Stuttgart	11
Abb. 2.2-1:	Geologische Übersichtskarte der Region Stuttgart	12
Abb. 2.2-2:	Bodengroßlandschaften mit Grenzen der Region Stuttgart	13
Abb. 2.2.1-1:	Bodengroßlandschaft Obere Gäue	14
Abb. 2.2.1-2:	Rendzina auf Oberem Muschelkalk	14
Abb. 2.2.2-1:	Bodengroßlandschaft Neckarbecken	16
Abb. 2.2.2-2:	Parabraunerde aus Löss. Bodenfunktionen: sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit und ausgeprägte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf	17
Abb. 2.2.3-1:	Bodengroßlandschaften Schwäbisch-Fränkische Waldberge, Strom- und Heuchelberg bzw. Mittleres und Westliches Keuperbergland	18
Abb. 2.2.3-2:	Pelosol-Rigosol auf Gipskeuper. Bodenfunktionen: Mittlere natürliche Bodenfruchtbarkeit, durch tiefen Umbruch (Rigolen) in seiner Produktionsfunktion verbessert. Mittlere Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf. Hohe Filter- und Pufferfunktion für Schadstoffe.	19
Abb. 2.2.4-1:	Bodengroßlandschaften Östl. Albvorland und Nördlinger Ries bzw. Mittl. und Westl. Albvorland	20
Abb. 2.2.4-2:	Jurensismergel über Posidonienschiefer	21
Abb. 2.2.4-3:	Ammoniten (<i>Harpoceras falcifer</i>) im Posidonienschiefer	21
Abb. 2.2.4-4:	Parabraunerde aus Lösslehm. Bodenfunktionen: sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit, ausgeprägte Regelungsfunktion im Wasserkreislauf, gute Filter- und Pufferfunktion	22
Abb. 2.2.4-5:	Pseudogley aus Lösslehm. Bodenfunktionen: Aufgrund von Staunässe eingeschränkte natürliche Bodenfruchtbarkeit und eingeschränkte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter- und Pufferfunktion. Bei starkem Staunässeinfluss gute bis sehr gute Standorteignung für naturnahe Vegetation.	23
Abb. 2.2.5-1:	Bodengroßlandschaften Albuch und Härtsfeld (Östliche Alb, Ostalb) bzw. Mittl. und Westl. Alb	23
Abb. 2.2.5-2:	Blick in das Randecker Maar mit dem Albvorland im Hintergrund	24
Abb. 2.2.5-3:	Terra fusca aus Kalksteinverwitterungslehm auf Kalkstein des Oberjuras. Bodenfunktionen: Aufgrund geringer effektiver Durchwurzelungstiefe und hohem Tongehalt geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit und eingeschränkte Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter- und Pufferfunktion. Mittlere bis gute Standorteignung für naturnahe Vegetation.	25
Abb. 2.2.6-1:	Bodengroßlandschaft Buntsandstein-Schwarzwald	26
Abb. 2.2.6-2:	Braunerde aus Buntsandstein-Fließerde. Bodenfunktionen: Aufgrund geringer Entwicklungstiefe nur geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit sowie geringe Ausgleichsfunktion im Wasserkreislauf sowie Filter-/Pufferfunktion. In Abhängigkeit von Exposition und Substrat mittlere bis hohe Standorteignung für naturnahe Vegetationsfunktion.	26
Abb. 3.1-1:	Ausschnitt aus der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK 50) bei Murrhardt, Rems-Murr-Kreis. Die BK 50 grenzt Bodeneinheiten mit ähnlichen Bodeneigenschaften und vergleichbarer Bodenentwicklung ab. Beschrieben werden die vorherrschenden Böden einer Bodeneinheit, sodass innerhalb der Bodeneinheiten lokal auch andere Böden vorkommen.	27
Tab. 3.1-1:	Datengrundlagen für die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen	27
Abb. 3.2-1:	Standort "natürliche Bodenfruchtbarkeit"	29
Abb. 3.2-2:	Standort "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf"	29

Abb. 3.2-3:	Standort "Filter und Puffer für Schadstoffe"	29
Tab. 3.2-1:	Klassen der Bodenfunktionsbewertung und Farbgebung in den Karten und Grafiken	30
Abb. 3.2-4:	"Sonderstandort für naturnahe Vegetation"	30
Abb. 3.2-5:	Standort "Archiv der Natur- und Kulturgeschichte"	30
Abb. 3.3-1:	Tiefe Tschernosem-Parabraunerde aus würmeiszeitlichem Löss	32
Abb. 3.3-2:	Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ in der Region Stuttgart	33
Abb. 3.3-3:	Bodenfunktionskarte "Natürliche Bodenfruchtbarkeit"	34
Abb. 3.4-1:	Tiefgründige Parabraunerde aus Lösslehm mit hohem Wasserspeichervermögen	36
Abb. 3.4-2:	Landnutzung und Oberflächenwasserabfluss	36
Abb. 3.4-3:	Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ in der Region Stuttgart	37
Abb. 3.4-4:	Bodenfunktionskarte "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf"	38
Abb. 3.5-1:	Erodierte Parabraunerde aus Löss	40
Abb. 3.5-2:	Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“ in der Region Stuttgart	41
Abb. 3.5-3:	Bodenfunktionskarte "Filter und Puffer für Schadstoffe"	42
Abb. 3.6-1:	Flachgründige Braune Rendzina aus lösslehmhaltiger Deckschicht über Oberem Muschelkalk	44
Abb. 3.6-2:	Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Bodenfunktion „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ in der Region Stuttgart	45
Abb. 3.6-3:	Bodenfunktionskarte "Sonderstandort für naturnahe Vegetation"	46
Abb. 3.6-4:	Hinweise der § 30 und 33-Biotopie der Offenlandschaft im Hinblick auf den Wasser-/ Nährstoffhaushalt der Böden in der Region Stuttgart	48
Abb. 3.7-1:	Braunerde-Pararendzina aus Basalttuffsand eines Geotops	49
Abb. 3.7-2:	Bodenfunktionskarte "Archive der Natur- und Kulturgeschichte"	50
Tab. 3.7-1:	Boden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte in der Region Stuttgart*	52
Tab. 3.8-1:	Gesamtbewertung der Böden anhand der Bodenfunktionen „Bodenfruchtbarkeit“, „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ und „Filter und Puffer für Schadstoffe“ sowie Schutzwürdigkeit leistungsfähiger, hochwertiger Böden in der Region Stuttgart	54
Abb. 3.8-1:	Flächenanteile der Bewertungsklassen in Prozent [%] für die Gesamtbewertung der Boden- funktionen „Bodenfruchtbarkeit“, „Wasserkreislauf“ und „Filter u. Puffer“ in der Region Stuttgart	54
Abb. 3.8-2:	Hauptverbreitungsgebiete von Böden mit überregionaler Bedeutung in Baden-Württemberg	55
Abb. 3.8-3:	Beispiele für vorrangig zu schützende Böden mit sehr hoher Funktionsausprägung „Bodenfruchtbarkeit“, „Wasserkreislauf“ und „Filter u. Puffer“ in der Region Stuttgart	55
Abb. 3.8-4:	Bodenfunktionskarte "Zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung"	56
Abb. 3.8-5:	Beispiel für vorrangig zu schützende Böden als „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ in der Region Stuttgart - Geislingen an der Steige	58
Abb. 3.8-6:	Beispiel für vorrangig zu schützende Böden als „Archive der Natur- und Kulturgeschichte“ in der Region Stuttgart - Schlaitdorf	58
Abb. 3.9-1:	Ein- und Aufbringen von Bodenmaterial. Die natürlichen Bodenfunktionen werden häufig beeinträchtigt - Böden werden oft verdichtet.	59
Abb. 3.9-2:	Beispiel für schlechte Auffüllungspraxis. Auffüllung mit ungeeignetem Bodenmaterial und teilweise beigemischt Fremdmaterial.	59
Abb. 3.9-3:	weiteres Beispiel für schlechte Auffüllungspraxis. Die Auffüllmächtigkeit ist mit ca. 60 cm zu hoch. Genehmigt waren 20 cm. Das Bodenmaterial wurde beim Einbau stark verdichtet.	59

Tab. 4.1.1-1:	Statistische Kennwerte der Arsengehalte in Oberböden [mg/kg]	63
Abb. 4.1.1-1:	Arsengehalte in den Böden der Region Stuttgart	64
Abb. 4.1.2-1:	Stark erhöhte Bleigehalte in Oberböden im Umfeld eines Belastungsfalls bei Besigheim	66
Tab. 4.1.2-1:	Statistische Kennwerte der Bleigehalte in Oberböden [mg/kg]	67
Abb. 4.1.2-2:	Bleigehalte in den Böden der Region Stuttgart	68
Abb. 4.1.3-1:	Stark erhöhte Cadmiumgehalte in Oberböden im Umfeld eines Belastungsfalls bei Besigheim	70
Tab. 4.1.3-1:	Statistische Kennwerte der Cadmiumgehalte in Oberböden [mg/kg]	71
Abb. 4.1.3-2:	Cadmiumgehalte in den Böden der Region Stuttgart	72
Tab. 4.1.4-1:	Statistische Kennwerte der Chromgehalte in Oberböden [mg/kg]	74
Tab. 4.1.5-1:	Statistische Kennwerte der Kupfergehalte in Oberböden [mg/kg]	75
Abb. 4.1.4-1:	Chromgehalte in den Böden der Region Stuttgart	76
Abb. 4.1.5-1:	Kupfergehalte in den Böden der Region Stuttgart	78
Tab. 4.1.6-1:	Statistische Kennwerte der Nickelgehalte in Oberböden [mg/kg]	80
Tab. 4.1.7-1:	Statistische Kennwerte der Quecksilbergehalte in Oberböden [mg/kg]	81
Abb. 4.1.6-1:	Nickelgehalte in den Böden der Region Stuttgart	82
Abb. 4.1.7-1:	Quecksilbergehalte in den Böden der Region Stuttgart	84
Tab. 4.1.8-1:	Statistische Kennwerte der Thalliumgehalte in Oberböden [mg/kg]	86
Tab. 4.1.9-1:	Statistische Kennwerte der Zinkgehalte in Oberböden [mg/kg]	87
Abb. 4.1.8-1:	Thalliumgehalte in den Böden der Region Stuttgart	88
Abb. 4.1.9-1:	Zinkgehalte in den Böden der Region Stuttgart	90
Tab. 4.1.10-1:	Bewertung der Gehalte anorganischer Schadstoffe in Oberböden der Region Stuttgart, klassifiziert nach Vorsorgewerten der BBodSchV bzw. Zuordnungswerten der VwV Boden (As, Tl) unter Berücksichtigung der Bodennutzung	93
Tab. 4.1.10-2:	Bewertung der Gehalte anorganischer Schadstoffe in Oberböden der Region Stuttgart, klassifiziert nach Vorsorgewerten der BBodSchV bzw. Zuordnungswerten der VwV Boden (As, Tl) unter Berücksichtigung der Bodenartenhauptgruppe des bodenbildenden Ausgangssubstrats	94
Tab. 4.1.11-1:	Statistische Kennwerte der PAK-Gehalte in Oberböden [mg/kg]	95
Tab. 4.1.11-2:	Statistische Kennwerte der B(a)P-Gehalte in Oberböden [mg/kg]	95
Abb. 4.1.11-1:	PAK-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart	96
Abb. 4.1.11-2:	Benzo(a)pyren-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart	98
Abb. 4.2.1-1:	Verbreitungsgebiete der Auensedimente und Flussschotter	102
Tab. 4.2.1-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Auensedimenten	103
Tab. 4.2.1-2:	Arsengehalte der Auensedimente des Albvorlandes	103
Abb. 4.2.2-1:	Verbreitungsgebiete der Löss-Einheiten	104
Tab. 4.2.2-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Löss-Einheiten	105
Tab. 4.2.2-2:	Arsen- und Chromgehalte der Löss-Einheiten	105
Tab. 4.2.2-3:	Vergleich der Arsengehalte in Ober- und Unterböden der Löss-Einheiten [mg/kg]*	105
Abb. 4.2.2-2:	Tiefenprofil der As- und Cr- Gehalte in Böden im Verbreitungsgebiet von Lösssubstraten an zwei Bodenmessstellen	106
Abb. 4.2.3-1:	Verbreitungsgebiete der Vulkanite	107
Tab. 4.2.3-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in Vulkaniten	108
Tab. 4.2.3-2:	Chrom-, Kupfer- und Nickelgehalte in Vulkaniten	108
Abb. 4.2.3-2:	Tiefenprofil anorganischer Schadstoffe in Böden im Verbreitungsgebiet von Vulkaniten	108
Abb. 4.2.4-1:	Verbreitungsgebiete des Oberjuras	109
Tab. 4.2.4-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberjura	109

Abb. 4.2.5-1	Verbreitungsgebiete des Mitteljuras	110
Tab. 4.2.5-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Mitteljura	111
Tab. 4.2.5-2:	Arsen-, Chrom- und Nickelgehalte im Mitteljura	111
Abb. 4.2.6-1:	Verbreitungsgebiete des Unterjuras	112
Tab. 4.2.6-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unterjura	113
Tab. 4.2.6-2:	Gehalte ausgewählter anorganischer Schadstoffe im Unterjura	113
Abb. 4.2.6-2:	Tiefenprofile anorganischer Schadstoffe in Böden im Verbreitungsgebiet des Unterjuras an 2 Bodenmessstellen	114
Abb. 4.2.7-1:	Verbreitungsgebiete des Sandsteinkeupers	115
Tab. 4.2.7-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Sandsteinkeuper	116
Tab. 4.2.7-2:	Gehalte ausgewählter anorganischer Schadstoffe in der Schilfsandstein-Formation [mg/kg]	116
Abb. 4.2.7-2:	Tiefenprofil anorganischer Schadstoffe eines rigolten Kiesel-/Stubensandstein-Standortes (Sandsteinkeuper)	116
Abb. 4.2.8-1:	Verbreitungsgebiete des Gipskeupers	117
Tab. 4.2.8-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte in der Gipskeuper-Formation	117
Abb. 4.2.9-1:	Verbreitungsgebiete des Unterkeupers	118
Tab. 4.2.9-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unterkeuper	119
Tab. 4.2.9-2:	Nickelgehalte im Unterkeuper	119
Abb. 4.2.10-1:	Verbreitungsgebiete des Oberen Muschelkalks	120
Tab. 4.2.10-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberen Muschelkalk	120
Abb. 4.2.11-1:	Verbreitungsgebiete des Unteren und Mittleren Muschelkalks	121
Tab. 4.2.11-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Unteren und Mittleren Muschelkalk	121
Tab. 4.2.11-2:	Arsen- und Kupfergehalte im Unteren und Mittleren Muschelkalk [mg/kg]	121
Abb. 4.2.12-1:	Verbreitungsgebiete des Oberen Buntsandsteins	122
Tab. 4.2.12-1:	Bewertung anorganischer Schadstoffgehalte im Oberen Buntsandstein	122
Abb. 4.3-1:	Anteil der AN-löslichen Fraktion am Gehalt im Königswasserextrakt (KW-Extrakt) in Abhängigkeit vom pH-Wert in belasteten Böden (Daten aus FRÄNZLE et al. 1995)	124
Tab. 4.3-1:	Statistische Kennwerte der mobilen Schwermetallgehalte im Ammoniumnitratextrakt [µg/kg]	125
Tab. 4.3-2:	Kritische Gehalte von Cd, Pb und Zn im KW-Extrakt [mg/kg] für unterschiedliche Boden-pH-Wertbereiche, die auf eine schädliche Bodenveränderung im Wirkungspfad Boden-Pflanze hinweisen	126
Tab. 4.4-1:	Gehalte anorganischer Schadstoffe in naturnahen Böden der Stadtgemarkung Stuttgart [mg/kg]	127
Abb. 5-1:	Tiefenprofil der pH-Werte ausgewählter Standorte	128
Tab. 5-1:	Statistische Kennwerte des pH-Wertes in Oberböden [mg/kg]	129
Tab. 6-1:	Klassengrenzen der potenziellen Erosionsgefährdung (KSR-Faktor)	130
Abb. 6-1:	Bodenerosion durch Wasser	130
Abb. 6-2:	Luftbildaufnahme linearer Erosionsspuren (links) und Vergleich mit dem Erosionspotenzial in den geländebedingten Abflussbahnen (rechts)	131
Abb. 6-3:	Erosionspotenzial in der Region Stuttgart	132
Abb. 7.1-1:	Erschließung eines Neubaugebietes	134
Abb. 7.1-2:	Versiegelungsgrade in der Region Stuttgart.	135
Abb. 7.2-1:	Flächennutzung in Prozent [%] der Landesfläche (Stand: 31.12.2016).	136
Tab. 7.2-1:	Flächeneinsatz in m ² Siedlungsfläche je Einwohner für verschiedene Raumkategorien von B.-W.	136
Abb. 7.2-2:	Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in (A) Baden-Württemberg und (B) Region Stuttgart (Vier-Jahreszeiträume: 1981 bis 2000; jährlich: ab 2001)	137

Abb. 7.3-1:	Entwicklung der Ortslagen in der Region Stuttgart von 1850 bis 2004.	138
Abb. 7.3-2:	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Prozent [%] an der Gesamtfläche. Region Stuttgart und Landkreise der Region im Vergleich mit anderen Regionen und Kreisen Baden-Württembergs.	139
Abb. 7.3-3:	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Prozent [%] der Gesamtfläche der Region Stuttgart nach Raumkategorien.	139
Abb. 7.3-4:	Flächeneinsatz in den Gemarkungen der Region Stuttgart pro Einwohner im Jahr 2016	140
Abb. 7.3-5:	Entwicklung der Nutzungsarten Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV), Gebäude- und Freifläche Wohnen (GuF-Wohnen) und gewerbliche Flächen in der Region Stuttgart nach Raumkategorien im Vergleich mit der Einwohnerentwicklung im Zeitraum 2000-2016.	140
Abb. 7.3-6:	Flächenausstattung pro Einwohner für die Nutzungsarten Gebäude- und Freifläche GuF-Wohnen und GuF-Gewerbe und Industrie in den verschiedenen Raumkategorien der Region Stuttgart jeweils zum Ende der Jahre 2000 und 2016.	141
Abb. 7.4-1:	Neubaugebiete und demografische Entwicklung - Ermittlung der fiskalisch besten Baulandstrategie für die Kommunen in der Region Stuttgart.	142
Tab. 8.1-1:	Rechtliche Grundlagen des vorsorgenden Schutzes von Böden in Planungs- und Gestattungsverfahren	144
Tab. 8.3.1-1:	Festlegung Bruttowohndichte im Regionalplan Verband Region Stuttgart, Satzungsbeschluss vom 22.07.2009	148
Abb. 8.3.2-1:	Hochwertige Böden (Bodenfruchtbarkeit, Ausgleichskörper im Wasserkreislauf, Filter und Puffer für Schadstoffe) überlagert durch die Festsetzungen der Regionalen Grünzüge und Grünzäsuren	150
Abb. 8.4.2-1:	Auszug aus dem Umweltbericht zur Fortschreibung des Regionalplanes Region Stuttgart, Prüfung der Auswirkungen eines geplanten Gewerbeschwerpunktes auf das Schutzgut Boden	152
Abb. 8.6-1:	Beispiel einer Teilentsiegelung / Teilrückbau im Straßenbau als Kompensationsmaßnahme bei Haubersbronn im Landkreis Rems-Murr-Kreis	155
Abb. 8.9-1:	Starkes erosives Niederschlagsereignis	156
Abb. 8.9-2:	Die dezentrale Hochwasservorsorge zielt auf die Vermeidung einer schnellen Abflussbildung auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen ab	156
Abb. 8.10.2-1:	Bodenqualität im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Stuttgart als Summe der Ergebnisse zu den verschiedenen Bodenfunktionen	159
Abb. 9-1:	Mutterboden ist in einem nutzbaren Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Auch kulturfähiger Unterboden sollte möglichst hochwertig verwertet werden.	160
Abb. 9.1-1:	Bodenschäden durch unsachgemäße Bodenverwertung	161
Abb. 9.2-1:	Ohne Planung keine hochwertige Verwertung: Ausbringung und Verteilung des Bodenmaterials bei trockenen Bodenverhältnissen	162
Abb. 9.2-2:	Zwischenlagerung auf geordneten Mieten	163
Abb. 9.2-3:	Einsatz bodenschonender Bagger und Raupen mit breiten Kettenlaufwerken	163
Abb. 9.4-1:	Beispiel für eine gelungene Oberbodenauffüllung.	164
Abb. A.1-1:	Bodenzustandsberichte in Baden-Württemberg	169
Tab. A.4.1-1:	Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) für Feststoffgehalte (anorganische Stoffe) bezogen auf die Trockensubstanz (Bodenart und Nutzung)	172
Tab. A.4.1.11-1:	Beurteilungs- (BBodSchV) und Zuordnungswerte (VwV Boden) für Feststoffgehalte (organische Stoffe) bezogen auf die Trockensubstanz (Humusgehalt, Nutzung und Bodenart)	173
Tab. A.4.3-1:	Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte (Pflanzenqualität)	173

Tab. A.4.3-2: Beurteilungswerte (BBodSchV) für mobile Feststoffgehalte (Wachstumsbeeinträchtigungen)	173
Abb. A.4.3.1-1: pHCl-Gehalte in den Böden der Region Stuttgart	174
Abb. A.4.3.1-2: Mobile Bleigehalte in den Böden der Region Stuttgart	176
Abb. A.4.3.1-3: Mobile Cadmiumgehalte in den Böden der Region Stuttgart	178
Abb. A.4.3.1-4: Mobile Nickelgehalte in den Böden der Region Stuttgart	180
Abb. A.4.3.1-5: Mobile Zinkgehalte in den Böden der Region Stuttgart	182

