



Bodenschutz 19

Bodenzustandsbericht Baar



Baden-Württemberg



Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

Bodenzustandsbericht Baar



Reihe Bodenschutz, Band 19

HERAUSGEBER	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe, Postfach 21 07 52 www.lfu.baden-wuerttemberg.de
TEXT U. GESTALTUNG	Dr. Silvia Lazar ahu AG Wasser - Boden - Geomatik 52066 Aachen
REDAKTION	Landesanstalt für Umweltschutz-Baden-Württemberg Referat 22 - Bodenschutz
BEZUG	Die Broschüre ist für 11 € erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LfU JVA - Mannheim - Druckerei Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398370 bibliothek@lfuka.lfu.bwl.de Download unter www.lfu.baden-wuerttemberg.de
ISSN	0949-0256 (Bd. 19, 2005)
ISBN	3-88251-299-7
STAND	Dezember 2005, 1. Auflage
DRUCK	gedruckt auf Recyclingpapier
DANK	für die Unterstützung sowie das Bereitstellen von Bildmaterial und Karten danken wir C. Borrmann, Dr. G. Bronner, Dr. C. Korff, Dr. B. Mohr, Prof. Dr. G. Reichelt, Prof. Dr. A. Siegmund; Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis, Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9 (LGRB)

VORWORT

In urban-industriellen Siedlungsräumen wurde der Boden in den vergangenen 100 Jahren massiv verändert. Die Inanspruchnahme unserer Böden als Siedlungs- und Verkehrsfläche ist in Baden-Württemberg auf heute etwa 13 % der Landesfläche angewachsen. Mit der hohen Wirtschaftsleistung und dem wachsenden Lebensstandard ist der Verbrauch nicht nur von Energie und Rohstoffen, sondern auch der Fläche und damit des nicht erneuerbaren Naturguts Boden verbunden.



Böden dienen aber auch als Senke für Schwermetalle und andere Schadstoffe. Besonders in Siedlungs- und Industrieräumen kommt es durch Emissionen von Gewerbe, Verkehr und Hausbrand zu großflächigen diffusen Stoffeinträgen. Die heutigen Schadstoffgehalte in den Böden der Siedlungsräume spiegeln auch die vielen unterschiedlichen Arten der Bodennutzung und -bewirtschaftung wider, die oft auf ein und derselben Fläche stattfanden.

Nicht nur die immer noch hohen Säurebildner-Einträge, auch wiederholt sich ändernde Bodennutzungen können zur Mobilisierung und Freisetzung der im Boden angereicherten Schadstoffe führen. Gesundheitliche Risiken können für die Menschen durch den Verzehr von Kulturpflanzen entstehen, die auf belasteten Böden angebaut werden. Ein weiteres Gefährdungspotential besteht für spielende Kinder durch den direkten Kontakt mit schadstoffhaltigen Böden. Schadstoffangereicherte Böden können auch die Qualität des Grundwassers beeinträchtigen.

Im Jahresgutachten 1996 hat der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen empfohlen, fortschreibbare, bilanzierende Bodenzustandsberichte im Hinblick auf den langfristigen Erhalt der Bodenqualität zu erstellen. Gerade in den urban-industriell geprägten Zentren unterscheidet sich der Zustand der Böden aufgrund der vielfältigen und langfristigen Einwirkungen deutlich vom Bodenzustand ländlicher Räume, die mehr oder weniger den natürlichen Schadstoffhintergrund repräsentieren. Es lag deshalb nahe, mit der Erstellung bilanzierender Bodenzustandsberichte in Regionen zu beginnen, in denen nachweisbare Veränderungen der Böden in überschaubaren Zeiträumen erwartet werden können.

Mit dem Bodenzustandsbericht Baar liegt der sechste Band einer Berichtsreihe vor, in der Daten über die Beschaffenheit und die Belastung der Böden in Regionen des Landes mit urban/industriell geprägten Räumen zusammengetragen, dokumentiert und bewertet werden. Der Bericht leistet damit einen wichtigen Beitrag zum vorsorgenden Schutz der Böden. Er gibt den zuständigen Behörden vor Ort Erkenntnisse an die Hand, um mögliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und des Umweltgutes Boden ergreifen zu können. Nicht zuletzt sollen die Bodenzustandsberichte den Städten und Gemeinden auch eine Entscheidungs- und Abwägungshilfe für künftige Planungen bieten.

A handwritten signature in cursive script, reading "Magareta Barth". The ink is dark and the signature is fluid and personal.

Magareta Barth
Präsidentin der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Mit Luft, Wasser und Sonnenlicht gehören die Böden unserer Landschaft zu den natürlichen und unentbehrlichen Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen. Die Böden sind die Grundlage unserer Nahrungsproduktion, sie speichern und filtern das Wasser, beeinflussen das Klima, sind Lebensraum unzähliger Tiere und Pflanzen, sie sind die Basis unserer Existenz.



Die Böden innerhalb des Schwarzwald-Baar Kreises sind durch eine fast einzigartige Vielfalt innerhalb Baden-Württembergs geprägt. Auf der westlichen Seite der Schwarzwald mit Grundgebirge und Buntsandstein, im Osten und Süden die Ausläufer der Schwäbischen Alb und der Randen mit den Malmkalken des Weißen Jura, dazwischen die Baar-Hochmulde mit dem Wechsel der geologischen Schichten des süddeutschen Schichtstufenlandes. Auf engem Raum wechseln in unserer Landschaft die geologischen Schichten und als Folge die darauf entstandenen Böden.

Die Bedeutung der Böden steht allerdings, anders als bei Luft und Wasser, nicht im direkten öffentlichen Bewusstsein und Interesse. Und doch gehört der Boden neben Wasser, Luft und Licht zu den unentbehrlichen Lebensgrundlagen, dessen Schutz und nachhaltige Nutzung unbedingt notwendig ist. Als offensichtliches Beispiel für die Gefährdung der Ressource Boden möchte ich hier nur den immensen Flächenverbrauch aufführen. Landesweit haben wir zur Zeit einen täglichen Verbrauch von Boden für Siedlungs- und Verkehrsflächen, der 13 Fußballplätzen entspricht. Dies ist entschieden zuviel. Bei all dem unbestritten notwendigen Wachstum unserer Städte und Gemeinden dürfen wir – im wahrsten Sinne des Wortes- die „Bodenhaftung“ nicht verlieren. Denn mit jeder neuen Bodenversiegelung gehen wichtige Bodenfunktionen auf Dauer verloren. Dass es auch anders, nämlich im Sinne einer vorrangigen Innenentwicklung unserer Gemeinden, geht, beweisen viele Beispiele – auch im Schwarzwald-Baar-Kreis.

Der vorliegende Bodenzustandsbericht greift die Vielfalt der Böden im Schwarzwald-Baar-Kreis und darüber hinaus auf. Er beschreibt die vorherrschenden Bodenfunktionen, stellt die Einflüsse und Nutzungsansprüche auf die Böden dar und vermittelt Handlungsempfehlungen zum Schutz, zum Erhalt und zur nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden in unserer Landschaft.

Für die Kommunen, Planer, Behörden und Nutzer von Böden unseres Landkreises bildet der Bodenzustandsbericht eine wichtige Planungs- und Arbeitsgrundlage. Die erarbeiteten Karten zu den Bodenarten, den Bodenfunktionen, der Darstellung von Vorrang- und Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz, die Ergebnisse der Bodenbelastungen und ihrer Einflussfaktoren sind wesentliche Planungs- und Arbeitsinstrumente. Die anschließenden Handlungsempfehlungen sind eine wichtige Hilfe bei der Umsetzung des Bodenschutzes in der Praxis.

Unsere Böden haben sich in Jahrtausenden gebildet, sie sind wichtige Lebensgrundlage und eine nicht vermehrbare, aber leicht zerstörbare Ressource. Der Bodenzustandsbericht soll als Baustein für ein verbessertes Bodenbewusstsein und einen nachhaltigen Bodenschutz in unserem Landkreis dienen.

Karl Heim
Landrat Schwarzwald - Baar - Kreis

INHALT

1	DIE BAAR – BÖDEN ZWISCHEN SCHWARZWALD UND SCHWÄBISCHER ALB	1
2	VIELFALT DER BÖDEN AUF DER BAAR	3
2.1	Der Baar-Raum im Überblick	3
2.2	Die Böden der Baar	5
2.3	Einfluss von Geologie, Relief und Exposition	9
2.4	Einfluss des Klimas	13
2.5	Auswirkungen auf die natürliche Vegetation	16
3	CHARAKTERISTISCHE BÖDEN DER BAAR	17
3.1	Podsolige Braunerden auf Buntsandstein – Bodeneigenschaften im Baarschwarzwald	17
3.2	Böden auf Muschelkalk – Gesteinseigenschaften und Landschaftsbild	20
3.3	Wechselfeuchte Böden der Keuperstufe – zwischen Acker, Grünland und Wald	22
3.4	Überschwemmungsbeeinflusste Auenböden in der Riedbaar	25
3.5	Schwere tonige Böden der Lias-Verebnung im Schwarzen Jura	27
3.6	Rutschfreudige Böden – Die Opalinustone im Braunen Jura (Dogger)	29
3.7	Kalkreiche Böden auf der Baaralb – Mergel und Kalke im Weißen Jura (Malm)	31
4	BODENEIGENSCHAFTEN, LANDWIRTSCHAFT UND SIEDLUNGSENTWICKLUNG	33
4.1	Die Kulturlandschaft als Ergebnis der Böden?	33
4.2	Die Baar wird besiedelt – Siedlungs- und Landnutzungsstruktur in der Vergangenheit	35
4.3	Strukturwandel in der Landwirtschaft	38
4.4	Entwicklung der Siedlungsstruktur	40
4.5	Flächeninanspruchnahme und Flächennutzungsplanung	42
4.6	Bodeneigenschaften, Landnutzung und Siedlungsstruktur – Das Beispiel Bräunlingen	44
5	BODENFUNKTIONEN – BEWERTUNG DER SCHUTZWÜRDIGKEIT VON BÖDEN	47
5.1	Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt	48
5.2	Filter- und Pufferwirkung – Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt	52
5.3	Lebensraumfunktion von Böden und Biotopentwicklungspotenzial	56
5.4	Natürliche Ertragsfähigkeit	60
5.5	Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	64
5.6	Bodenfunktionsräume – Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen	70
6	EINFLÜSSE DES MENSCHEN – BODENNUTZUNG UND GEFÄHRDUNG	71
6.1	Verdichtungsgefährdete Böden	71
6.2	Erosionsgefährdung	75
6.3	Bodenrutschungen	79

7	STOFFEINTRÄGE IN DIE BÖDEN DER BAAR	81
7.1	Bodenversauerung	81
7.2	Stoffeinträge durch die landwirtschaftliche Nutzung	83
7.3	Stoffeinträge durch Industrie und Gewerbe	84
7.4	Bergbaubedingte Schadstoffbelastungen und Überschwemmungseinflüsse	86
7.5	Geogene Schadstoffgehalte	87
8	VERTEILUNG UND KONZENTRATION VON SCHADSTOFFGEHALTEN	91
8.1	Bodeneigenschaften und Schadstoffverhalten	91
8.2	Blei	97
8.3	Cadmium	102
8.4	Chrom	103
8.5	Kupfer	108
8.6	Nickel	109
8.7	Quecksilber	114
8.8	Thallium	115
8.9	Zink	120
8.10	Arsen	121
8.11	PAK und B(a)P	125
8.12	Dioxine und Furane (PCDD/F)	130
8.13	PCB	131
9	AUSWERTUNG DER STOFFGEHALTE NACH EINFLUSSFAKTOREN	132
9.1	Nutzungseinflüsse im Außenbereich	132
9.2	Einfluss der Geologie des Untergrunds	133
9.3	Siedlungsräume und Umfeld von Emittenten	135
9.4	Überschwemmungseinfluss und Bergbau	136
10	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEN BODENSCHUTZ	137
10.1	Maßnahmen zum Bodenschutz vor Ort	137
10.2	Leitbilder und rechtliche Grundlagen	138
10.3	Maßnahmen zum Bodenschutz in der Planung	141
10.4	Eingriffs-/Ausgleichsregelung	144
10.5	Planungshilfen zur Bodenbewertung	150
10.6	Umgang mit Böden in der Praxis	155
10.7	Umgang mit Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen	160
10.8	Bodenbewusstsein und Öffentlichkeitsarbeit	161
11	ANSÄTZE ZUM ERHALT DER BODENQUALITÄT AUF DER BAAR	163
11.1	Schutz von Böden als Standorte für die natürliche Vegetation: Das Riedbaar-Projekt	163
11.2	Flächenressourcenmanagement in Villingen-Schwenningen	166
11.3	Bodenschutzwälder im Baar-Raum	168
12	ZUSAMMENFASSUNG – ÜBERBLICK ÜBER DEN BODENZUSTAND DER BAAR	170
13	LITERATURVERZEICHNIS	175
14	METHODENDOKUMENTATION	184

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Bodenleitgesellschaften im Baar-Raum	6
Karte 2:	Geologie im Baar-Raum	10
Karte 3:	Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt	50
Karte 4:	Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt	54
Karte 5:	Lebensraumfunktion von Böden	58
Karte 6:	Bodenfunktion natürliche Ertragsfähigkeit	62
Karte 7:	Archivfunktion von Böden	66
Karte 8:	Aggregierte Bodenfunktionsräume	68
Karte 9:	Potenzielle Verdichtungsgefährdung	72
Karte 10:	Potenzielle Erosionsgefährdung	76
Karte 11:	Potenzielle Verbreitungsgebiete der Bleiglanzbanke	88
Karte 12:	pH-Werte der Oberböden im Baar-Raum	92
Karte 13:	Bodenartenhauptgruppen	94
Karte 14:	Bleigehalte in den Oberböden der Baar	98
Karte 15:	Cadmiumgehalte in den Oberböden der Baar	100
Karte 16:	Chromgehalte in den Oberböden der Baar	104
Karte 17:	Kupfergehalte in den Oberböden der Baar	106
Karte 18:	Nickelgehalte in den Oberböden der Baar	110
Karte 19:	Quecksilbergehalte in den Oberböden der Baar	112
Karte 20:	Thalliumgehalte in den Oberböden der Baar	116
Karte 21:	Zinkgehalte in den Oberböden der Baar	118
Karte 22:	Arsengehalte in den Oberböden der Baar	122
Karte 23:	B(a)p-Gehalte in den Oberböden der Baar	126
Karte 24:	PCDD/F-Gehalte in den Oberböden der Baar	128

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Untersuchungsgebiet	4
Abb. 2:	Bergäcker am Wartenberg	12
Abb. 3:	Bodengesellschaften und Vegetation im Bereich des Muschelkalks	13
Abb. 4:	Mittlere jährliche Niederschlagssummen	14
Abb. 5:	Mittlere jährliche Niederschlagssummen im Baar-Raum	15
Abb. 6:	Wasserbilanz	15
Abb. 7:	Potenzielle natürliche Vegetation	16
Abb. 8:	Geologischer Schnitt durch die Baar	17
Abb. 9:	Flächennutzung im Baar-Raum	33
Abb. 10:	Flächeninanspruchnahme in Donaueschingen	41
Abb. 11:	Geologie (Ausschnitt Bräunlingen)	44
Abb. 12:	Bodengesellschaften (Ausschnitt Bräunlingen)	44
Abb. 13:	Aktuelle Bodennutzung (Ausschnitt Bräunlingen)	45
Abb. 14:	Bodennutzung 1951 / 52 (Ausschnitt Bräunlingen)	45
Abb. 15:	Luftbild (Ausschnitt Bräunlingen)	46
Abb. 16:	Bodenfunktionskarte (Ausschnitt Bräunlingen)	46

Abb. 17:	Aggregation von Bodenfunktionsräumen	47
Abb. 18:	Vor- und frühgeschichtliche Funde in der Baar	65
Abb. 19:	Typische Formengruppe der Eichbergrutschung	79
Abb. 20:	Bodenversauerung	81
Abb. 21:	Standorte der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen	84
Abb. 22:	Standorte der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen am Beispiel Villingen-Schwenningen	85
Abb. 23:	Interpolation der Arsengehalte im Grundwasser	124
Abb. 24:	Aggregierte Bodenfunktionskarte	152
Abb. 25:	Themenfeld Planen – Bauen – Wohnen	161
Abb. 26:	Biotopvernetzung Riedbaar	163
Abb. 27:	Übersicht über Bodengesellschaften der Riedbaar	164
Abb. 28:	Übersicht über die Vertragsflächen des Riedbaar-Projekts	165
Abb. 29:	Ansicht des Kienzle-Geländes von 1915	166
Abb. 30:	Nutzungskonzept Kienzle-Areal	167

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Oberen Buntsandstein	19
Tab. 2:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Oberen Muschelkalk	21
Tab. 3:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Keuper	23
Tab. 4:	Flächenanteile der Bodennutzung	24
Tab. 5:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Lias	28
Tab. 6:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Dogger	30
Tab. 7:	Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Malm	32
Tab. 8:	Wertstufenzuordnung nach UVM	60
Tab. 9:	Statistische Kennwerte der Bleigehalte im Oberboden	97
Tab. 10:	Statistische Kennwerte der Cadmiumgehalte im Oberboden	102
Tab. 11:	Statistische Kennwerte der Chromgehalte im Oberboden	103
Tab. 12:	Statistische Kennwerte der Kupfergehalte im Oberboden	108
Tab. 13:	Statistische Kennwerte der Nickelgehalte im Oberboden	109
Tab. 14:	Statistische Kennwerte der Quecksilbergehalte im Oberboden	114
Tab. 15:	Statistische Kennwerte der Thalliumgehalte im Oberboden	115
Tab. 16:	Statistische Kennwerte der Zinkgehalte im Oberboden	120
Tab. 17:	Statistische Kennwerte der Arsengehalte im Oberboden	124
Tab. 18:	Statistische Kennwerte der PAK-Gehalte im Oberboden	125
Tab. 19:	Statistische Kennwerte der PCDD/F-Gehalte im Oberboden	130
Tab. 20:	Beispiel der Bodenfunktionsbewertung	148
Tab. 21:	Zusammenfassende Bewertung von Bodenfunktionen	148

1 DIE BAAR – BÖDEN ZWISCHEN SCHWARZWALD UND SCHWÄBISCHER ALB

Die Böden im Landschaftsraum der Baar bieten eine in Baden-Württemberg fast einzigartige Vielfalt. Sie ist bedingt durch die verschiedenen geologischen Schichten, die sich zwischen Schwäbischer Alb und Schwarzwald in der Baar auf engem Raum abwechseln.

Auf den ersten Blick fällt diese Vielfalt nicht auf. Die Baar wirkt auf den oberflächlichen Betrachter meist wenig abwechslungsreich: Eine flache Hochmulde, die mit viel Acker- und Grünland vorherrschend ländlich geprägt ist und an den Randbereichen in Richtung Schwarzwald und Schwäbischer Alb in Wald übergeht.

Bei tiefergehender Betrachtung zeigen sich auf der Baar beispielhaft für Baden-Württemberg die verschiedenen geologischen Formationen der süddeutschen Schichtstufenlandschaft. Die vorhandene geologische Vielfalt wirkt sich auf die Eigenschaften der Böden und somit auch auf ihre Nutzungsmöglichkeiten durch den Menschen aus. Sowohl die historische als auch die gegenwärtig vorhandene Nutzungs- und Siedlungsstruktur auf der Baar lassen sich anhand der unterschiedlichen Bodeneigenschaften erklären.

Bodeneigenschaften

Die Böden der Baar beeindruckten nicht nur durch ihre Vielfalt, sie erfüllen auch wesentliche Funktionen im Naturkreislauf. Sie dienen als Filter und Puffer gegenüber Schadstoffeinträgen in das Grundwasser, sie beeinflussen wesentlich die Grundwasserneubildung und sie tragen durch die Aufnahme von Niederschlägen zur Vermeidung von Überschwemmungen bei. Ebenso übernehmen sie wichtige Funktionen als Lebensraum, als Standort für die Pflanzenproduktion und als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.

Bodenfunktionen

Böden sind eine begrenzte Ressource. Sie können ihre Funktionen nur erfüllen, wenn sie in ihrem Zustand erhalten werden. Die Bodennutzung prägt die Böden und kann dabei eine Verschlechterung der Bodenqualität zur Folge haben. So werden Böden z.B. durch die Siedlungsentwicklung versiegelt, umgelagert, verdichtet und teilweise auch mit Fremdstoffen belastet. Bei der Siedlungsentwicklung werden ca. 50 % der Fläche versiegelt. Bedingt durch den Verlust der natürlichen Bodenfunktionen auf versiegelten Flächen spricht man bei der Umnutzung vom ‚Flächenverbrauch‘.

Bodennutzung

Auch bei der landwirtschaftlichen Nutzung können die Bodenfunktionen beeinträchtigt werden. Bei unsachgemäßer Nutzung und unzureichender Berücksichtigung der natürlichen Bodeneigenschaften werden die Böden vermehrt der Erosion und Bodenverdichtung ausgesetzt.

Boden erhalten Wichtig ist eine an den Boden angepasste Nutzung. Das heißt einerseits, dass Böden in ihrem Zustand erhalten bzw. verbessert werden und andererseits, dass bei der Bodennutzung keine Gefährdungen für Mensch und Umwelt zu erwarten sind. Dies kann beispielsweise bedeuten, dass:

- rutschungsgefährdete Böden bewaldet bleiben oder aufgeforstet werden,
- potenziell mit Schadstoffen belastete Böden untersucht und dann so genutzt werden, dass Mensch und Umwelt nicht nachteilig betroffen sind,
- für den Hochwasserschutz relevante Böden in ihrer vollen Funktionsfähigkeit erhalten bleiben und im Rahmen der Siedlungsentwicklung nicht bebaut werden.

Um wertvolle und leistungsfähige Böden zu erhalten, ist es notwendig, die natürlichen Bodeneigenschaften und Standorteigenschaften zu beschreiben und zu bewerten.

Bodenzustandsbericht Um einen Überblick über den Bodenzustand der Baar zu erhalten, hat die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Landratsamt des Schwarzwald-Baar-Kreises und finanzieller Unterstützung des Landkreises einen Bodenzustandsbericht in Auftrag gegeben. Ziel ist die Beschreibung und Bewertung der Böden im Baar-Raum sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen, um die Multifunktionalität der Böden zu erhalten.

Bodenfunktionsräume Auf Basis einer digitalen Datenauswertung werden Flächen mit ähnlichen Standorteigenschaften und vergleichbaren Bodenfunktionen zu Bodenfunktionsräumen zusammengefasst. In einer vergleichenden Untersuchung können darauf aufbauend die Bodenfunktionsräume der historischen und aktuellen Landnutzung gegenübergestellt und Handlungsempfehlungen für den Bodenschutz abgeleitet werden.

Zielgruppe Der Bodenzustandsbericht vermittelt den Städten, Gemeinden und Behörden aber auch Fachplanern, Eigentümern und Nutzern der Böden sowie der interessierten Öffentlichkeit einen Überblick über die charakteristischen Böden und Bodeneigenschaften der Baar. Er gibt dabei Anregungen, sich näher mit Böden zu beschäftigen, und zeigt Ansätze zum Bodenschutz für die kommunale Planung auf. Für Fachplaner und Bodenkundler sind ergänzende Informationen, z.B. über Methoden zur Bestimmung der Bodenfunktionen eingefügt und als ‚Experteninfo‘ gekennzeichnet.



2 VIELFALT DER BÖDEN AUF DER BAAR

Die Baar eignet sich aufgrund ihrer geologischen und bodenkundlichen Vielfalt besonders als Modellgebiet zur Darstellung von Bodeneigenschaften. Nach einem kurzen Überblick über den Naturraum werden die Bodentypen bzw. Bodenformen und Bodenfunktionen sowie ihre Verteilung im Baar-Raum vorgestellt.



Die Bodentypen und -eigenschaften wechseln auf engem Raum. Dieser Wechsel orientiert sich an den geologischen Ausgangsbedingungen. Dabei stellt sich erstens die Frage, welchen Einfluss die Geologie auf die Bodenentstehung hat und welche Ausgangsbedingungen die Bodenbildung zusätzlich beeinflussen.

Zweitens stellt sich die Frage, welche Böden im Baar-Raum überwiegend vorhanden sind. Auf Basis der geologischen Einheiten werden charakteristische Bodenformen im Baar-Raum und ihre wesentlichen Eigenschaften vorgestellt (Kap. 3 und 4).

Um Aussagen für die Bodennutzung zu erhalten, stellt sich drittens die Frage, wie die Bodeneigenschaften im Baar-Raum verteilt sind. Dazu werden die Bodenfunktionen bestimmt und Funktionsräume ermittelt (Kap. 5).

2.1 Der Baar-Raum im Überblick

Die Baar umfasst als Naturraum die gesamte geologische Abfolge der süddeutschen Schichtstufenlandschaft zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb.

Im Westen der Baar bildet der fast durchgängig bewaldete Baarschwarzwald den Übergang zum angrenzenden südöstlichen

Baarschwarzwald

und mittleren (Täler-)Schwarzwald. Die auf einem Höhengniveau zwischen 1.000 und 750 m+NN sanft nach Osten geneigte Ver-
ebnung des Baarschwarzwaldes ist weitgehend aus den Schich-
ten des Buntsandsteins aufgebaut. In den Tälern von Brigach
und Breg und deren Nebentälern sind Granite und Gneise des
unterlagernden Grundgebirges angeschnitten.

Baarhochmulde



Abb. 1
Untersuchungsgebiet
Quelle: LfU Baden-Württemberg

Das Kernland der Baar, die Baarhochmulde besteht aus den
Baar-Gäuplatten, dem Keuper-Hügelland und der Riedbaar: Die
Baar-Gäuplatten werden wie die nördlich der Baar anschließen-
den Gäulandschaften überwiegend ackerbaulich genutzt. Basis
der Gäulandschaften bilden die Kalk- und Dolomitgesteine des
Muschelkalks, welche die nur leicht kuppige Baarmulde prägen.
Bedingt durch gute landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten
waren die Gäulandschaften schon früh besiedelt. Sie zählen da-
her zum Altsiedelland, das seit der Landnahme durchgängig be-
siedelt war. Hier liegen auch heute in der Mehrzahl die Ortschaf-
ten der Baar sowie die größeren Städte Villingen-Schwenningen
und Donaueschingen.

Östlich der Baar-Gäuplatten schließt sich das von den Gesteins-
schichten des Keupers geprägte Hügelland an. Die tonig bis
mergeligen Böden sind teilweise landwirtschaftlich genutzt, teil-
weise bewaldet.

Die Keuperschichten gehen in die Senke der Riedbaar über, die
mit ca. 680 m+NN den tiefsten Bereich der Baar bildet. Mit den
Zuflüssen von Donau, Brigach und Breg dominieren breite Talau-
en, Moore und Riedgebiete. Neben der Donau ist die Baar auch
das Quellgebiet des Neckars. Durch die Baar verläuft somit die
europäische Wasserscheide: Während der südlich von Schwen-
ningen entspringende Neckar über den Rhein zur Nordsee ent-
wässert, fließt die Donau mit ihren Zuflüssen zum Schwarzen
Meer.

Baaralb und Vorland

Im Osten der Riedbaar beginnt mit dem Anstieg der Liasschich-
ten das Albvorland. An dieses schließt sich die Baaralb an, die
mit ihren weißen Malmkalken und dem aufragenden, bewalde-
ten Albtrauf eine markante Stufe in der Landschaft bildet.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für den Bodenzustandsbericht deckt
die vorgestellten naturräumlichen Einheiten ab. Das gesamte Un-
tersuchungsgebiet setzt sich aus dem Schwarzwald-Baar-Kreis
und einem Viereck zusammen, das mit den Koordinaten durch
R 3446 000, H 5335 000 im Nordwesten und durch R 3480 000,
H 5301 000 im Südosten begrenzt wird und anteilig die Land-
kreise Breisgau-Hochschwarzwald, Rottweil und Tuttlingen ein-
bezieht (Abb. 1).

2.2 Die Böden der Baar

Boden entwickelt sich langsam, sehr langsam. Die Menge an Erde, die ein Bagger in einer Minute ausgräbt, hat viele Jahrhunderte benötigt, um „Boden“ zu werden.
(www.bodenwelten.de)

Über Böden im Allgemeinen

Böden entstehen durch zwei Prozesse: die Verwitterung von Gestein und die Zersetzung von Pflanzenresten.

Gestein verwittert durch den Einfluss von Wind, Regen und den Wechsel von Kälte und Wärme und wird dabei in seine mineralischen Bestandteile zerlegt. Aus den sich langsam zersetzenden Gesteinsteilchen können die ersten Pflanzen als Pioniere ihre Nährstoffe wie z.B. Calcium, Magnesium und Kalium beziehen.

Gleichzeitig sammeln sich auf dem verwitternden Gestein Reste von Pflanzen, z.B. Blätter und Zweige. Diese werden durch Mikroorganismen in ihre organischen Bestandteile, den Humus, zerlegt. Mit der Zeit entwickelt sich aus der Laub- bzw. Nadelstreu eine Auflage, die je nach Zersetzungsgrad Mull, Moder oder Rohhumus genannt wird.

Zwischen der Auflage und dem langsam verwitternden Gestein entsteht im Laufe der Zeit eine dunkel gefärbte humose Oberbodenschicht, die auch als Ah-Horizont bezeichnet wird. Dieser Humushorizont enthält die für das Pflanzenwachstum notwendigen Mineral- und Nährstoffe und stellt den wichtigsten Lebensraum für Bodenlebewesen und Pflanzen dar.

Böden sind keine unveränderlichen Körper, sie durchlaufen verschiedene Alterungsprozesse: In ihrer zeitlichen Entwicklung bilden sich in Abhängigkeit von Ausgangsgestein, Klima, Exposition und Relief weitere Horizonte aus. Je nach Mächtigkeit, Eigenschaften, Merkmalen und Entstehungsprozessen der Horizonte werden die Böden in verschiedene Bodentypen unterschieden.

Die Bodenkunde bedient sich einheitlicher Bezeichnungen zur Bestimmung der Bodentypen. So werden die verschiedenen Horizonte mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Eine allgemeine Unterscheidung wird zwischen Oberboden (A-Horizont), Unterboden (B-Horizont) und Ausgangsgestein (C-Horizont) vorgenommen. Weitere Merkmale wie Staunässe- oder Grundwassereinfluss erhalten eigene Bezeichnungen.

Die Kombination von Bodentyp und Beschreibung des Ausgangsgesteins wird Bodenform genannt. Zur detaillierten Beschreibung von Bodentypen und -formen siehe Scheffer/Schachtschabel (2002): Lehrbuch der Bodenkunde.

Bodenentstehung



Bodenhorizonte



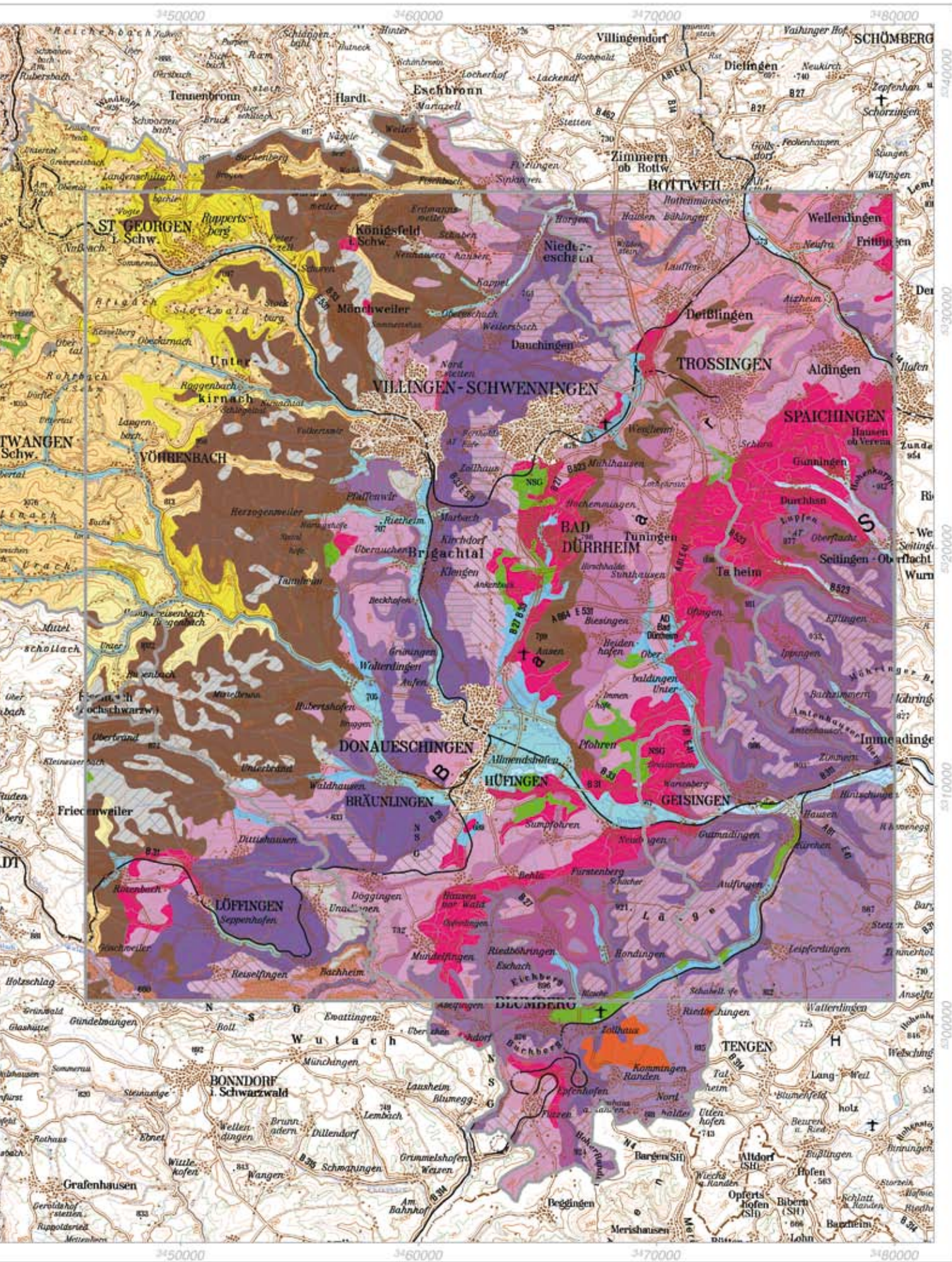
Bodenleitgesellschaften

-  Rendzinen aus Kalksteinschutt und -zersatz
-  Rendzinen und Pararendzinen aus Kalkstein- und Mergelsteinzersatz sowie Juranagelfluh
-  Rendzinen und Parabraunerden aus Kalksteinzersatz und Lößlehm
-  Rendzinen und Terra fusca aus Kalksteinzersatz und -verwitterungslehm
-  Pararendzinen aus Fließerden und Mergelsteinzersatz
-  Pararendzinen und Pelosole aus Fließerden
-  Pelosole aus Fließerden
-  Pelosole und Rendzinen aus Fließerden, Kalksteinschutt und -zersatz
-  Pelosole und Braunerden aus Fließerden
-  Pelosole und Pseudogleye aus Fließerden
-  Braunerden und Parabraunerden aus Schotter und Terrassensedimenten
-  Parabraunerden aus Löß und Lößlehm
-  Braunerden aus sandigen Fließerden und Schuttdecken
-  Braunerden und Parabraunerden aus lehmigen und tongründigen Fließerden
-  Braunerden und Podsole aus Schuttdecken
-  Parabraunerden und Pseudogleye aus Lößlehm
-  Podsole aus Schuttdecken und Gesteinszersatz
-  Terra fusca aus Kalksteinverwitterungslehm
-  Pseudogleye aus Lößlehm
-  Pseudogleye aus Fließerden
-  Stagnogleye und Staubbändchenpodsole aus Schuttdecken und Sandsteinzersatz
-  Auenpararendzinen und Braune Auenböden
-  Braune Auenböden bis Auengleye
-  Auengleye
-  Moore
-  Bodenmosaik
-  Ortslagen
-  Untersuchungsgebiet



Karte 1:
Bodenleitgesellschaften im Baar-Raum (Quelle: BÜK 200)

Maßstab 1:200.000 



Bodengesellschaften Die Bodentypen bzw. Bodenformen wechseln im Gelände je nach Standortbedingungen. Da die genaue Lage und Verbreitung von kleinräumig wechselnden Bodenformen oft nicht darstellbar ist, werden sie zu Bodengesellschaften zusammengefasst. Je nach Umfeld können sich auch Bodengesellschaften innerhalb von wenigen hundert Metern abwechseln.

Um diese kleinräumigen Veränderungen noch übersichtlich darstellen zu können, werden Bodengesellschaften zu Bodenleitgesellschaften zusammengefasst, in denen die dominierende Bodengesellschaft stellvertretend für die Subtypen aufgezeichnet wird.

Überblick über die Böden der Baar

Die Vielfalt der Böden auf der Baar zeigt sich in der Bodenübersichtskarte des Baar-Raums, in der die Bodenleitgesellschaften dargestellt werden (Karte 1).

Die Böden der Baar



Die Bodenübersichtskarte (BÜK) zeigt die Verteilung der Bodenformen und die Vielfalt der verschiedenen Bodengesellschaften, die im Baar-Raum vertreten sind. Hier wird deutlich, dass in den verschiedenen Teilnaturräumen bestimmte Bodentypen dominieren:

Während beispielsweise im Baarschwarzwald auf Graniten, Gneisen und Buntsandstein mehr oder weniger stark podsolierte Braunerden vorherrschen, sind auf den kalkhaltigen Ausgangsgesteinen von Muschelkalk und Malmkalken überwiegend die Bodentypen Rendzina, Pararendzina und Terra fusca vertreten.

Die Verteilung der geologischen Formationen bildet dabei die Grundlage für die Eigenschaften der Böden (Kap. 3: Charakteristische Böden der Baar).

Literaturhinweise Einen detaillierten Überblick über die Böden der Baar und ihre Entstehung bieten beispielsweise: Kösel, Michael / Rilling, Kurt (2002): Die Böden der Baar. Ein Beitrag zur regionalen Bodenkunde Südwestdeutschlands.

Für Teilbereiche der Baar (Donaueschingen und Villingen-Schwenningen-Ost) liegen die Bodenkarte im Maßstab 1:25.000 mit erläuterndem Textteil und Profilbeschreibungen vor (Rilling 1996 und 2002) sowie zusätzliche Musterprofile, die in den Bodenzustandsbericht teilweise aufgenommen wurden (Rilling 1999a und 1999b).

2.3 Einfluss von Geologie, Relief und Exposition

Das Ausgangsmaterial ist ein wesentlicher Faktor, der die Prozesse der Bodenbildung prägt und die Bodeneigenschaften beeinflusst. Auf kalkhaltigem Ausgangsgestein entwickelt sich in der Regel ein (anfangs) kalkhaltiger Boden, auf tonigen Mergeln werden sich Böden mit einem hohen Tongehalt bilden und auf sandhaltigen Ausgangsgesteinen wird der Sandanteil bestimmend für die Bodenart sein.

Karte 2 zeigt einen Überblick über die geologischen Formationen. Es ist zu erkennen, dass der mittlere und südöstliche Täler-Schwarzwald vorwiegend aus den Graniten und Gneisen des Paläozoikums aufgebaut ist, die nach Osten geneigte Abdachung des Baarschwarzwalds hingegen durch die Schichten des Buntsandsteins geprägt wird.

Die Baarmulde besteht aus den Schichtabfolgen des Muschelkalks und den unteren Keuperschichten. Die mittleren und oberen Keuperschichten bilden zusammen mit den Liasplatten des Unteren Jura den ersten Anstieg, der im Gelände deutlich zu erkennen ist.

Die Lias-Verebnung sowie die Doggerschichten des Mittleren Jura sind bereits dem Albvorland zuzuordnen. Der Anstieg zur Baaralb wird dabei durch die Malmkalke des Oberen Jura gebildet.

Ausführliche Informationen zur Geologie des Baar-Raums finden sich beispielsweise in Rosenkranz (1977) sowie in Geyer / Gwiner (1991).

Bei der Beschreibung der Bodeneigenschaften und der Annahme, dass sich die Gesteinseigenschaften auf die Böden durchpausen, ist zu berücksichtigen, dass das Ausgangssubstrat der Bodenbildung während der Kaltzeiten im Pleistozän aufbereitet und durch Verwitterung, Frostsprengung und Erosion verändert wurde.

In den Kaltzeiten fand eine z.T. tief reichende Verwitterung des anstehenden Festgesteins statt. Das verwitterte Gestein wurde wie heute im alpinen Hochgebirge durch den Einfluss von Wind, Niederschlägen, Eis und Schnee verlagert, umgeformt und teilweise durch Erosion wieder abgetragen und an anderen Stellen abgelagert.

Geologische Formationen



Periglaziale Deckschichten



Geologie

-  Junge Talfüllungen
-  Moorbildung, Torf
-  Hangschutt, Fließerden (Quartär)
-  Löss und Lehm (Quartär)
-  Würmzeitliche Schotter, Niederterrasse (Quartär)
-  Risszeitliche Schotter (Quartär)
-  Schotter, ungegliedert, älteres Pleistozän
-  Pliozän-Schichten (Tertiär)
-  Obere Süßwassermolasse (Tertiär)
-  Obere Meeresmolasse
-  Basalte, Nephelinite (Tertiär)
-  Weißer Jura: Malm, Liegende Bankkalke
-  Weißer Jura: Malm, Lacunosamergel und Felsenkalke
-  Weißer Jura: Malm, Oxfordschichten
-  Brauner Jura: Dogger, ungegliedert
-  Opalinuston (Brauner Jura)
-  Schwarzer Jura: Lias
-  Ölschiefer (Schwarzer Jura)
-  Sandstein-Keuper
-  Gipskeuper
-  Tonmergel-Keuper
-  Mittelkeuper, ungegliedert
-  Unterkeuper
-  Oberer Muschelkalk
-  Mittlerer Muschelkalk
-  Unterer Muschelkalk
-  Oberer Buntsandstein
-  Mittlerer Buntsandstein
-  Unterer Buntsandstein und Tigersandstein-Formation
-  Unterrotliegendes
-  Rotliegendes, ungegliedert
-  Magmatite: Rhyolith (Quarzporphyr) Paläozoikum
-  Magmatite: Granitporphyr und leukokrate Ganggesteine
-  Magmatite: Lamprophyre und Ganggesteine
-  Magmatite: jüngere Granite
-  Magmatite: ältere Granite
-  Flaserigneise
-  Gneis, ungegliedert
-  Juranagelfluh, Tertiär, Molassebecken

Karte 2:
Geologie im Baar-Raum (Quelle: LGRB/RP FR)





Periglaziale Deckschichten

Die heute noch vorhandenen Sedimentschichten und Fließerden, die meist aus dem Ausgangsgestein entstanden sind oder zumindest von diesem geprägt werden, werden als periglaziale Deckschichten bezeichnet. Für die Bodenbildung sind sie von Bedeutung, da sie auf Festgestein deutlich langsamer voranschreitet als auf verwittertem Lockermaterial.

Zu beachten ist dabei, dass vor allem durch die Anwehung von Feinmaterial wie Löss die Eigenschaften des Ausgangssubstrats zwar nicht grundlegend, aber zumindest teilweise verändert werden. Insbesondere das Wasserspeichervermögen wird durch Lössauflagen verbessert.

Relief



Neben dem Ausgangsgestein hat das Relief einen wesentlichen Einfluss auf die Bodeneigenschaften. Während an steilen Hängen und Kuppen verwittertes Material als Ausgangssubstrat der Bodenbildung meist weitgehend abgetragen wurde und infolgedessen flachgründige Böden entstanden sind, bleiben in geschützten Mulden Verwitterungsprodukte erhalten bzw. werden dort akkumuliert.

Exposition



Abb. 2
Bergäcker am Wartenberg
Quelle: ATKIS-Daten und TK 25

Neben dem Relief haben auch mikroklimatische Effekte, die durch die Exposition, d.h. die Ausrichtung eines Hangs beeinflusst werden, einen deutlichen Einfluss auf die Bodenbildung. Während an sonnenbeschienenen Südhängen eher trockene Böden vorherrschen und die Bodentemperatur im Sommer auf bis zu 60 °C steigen kann, zeigen sich an eher schattigen Nordhängen feuchtere Bodenregime, die zur gleichen Zeit nur eine Bodentemperatur von ca. 20 °C aufweisen.

Diese Unterschiede zeigen sich insbesondere in der Nutzbarkeit der Böden und in der Zusammensetzung der natürlichen Vegetation. In der Regel werden Südhänge (bei gleichen geologischen Bedingungen) bis in höhere Lagen landwirtschaftlich genutzt, während Teile der Nordhänge wie im Beispiel des Wartenberg bewaldet sind (Abb. 2).

Abbildung 3 zeigt beispielhaft, wie sich bedingt durch Gesteinswechsel, Relief und Exposition die Bodengesellschaften im Bereich des Muschelkalks verändern. Mit dem Wechsel der Bodengesellschaften verändern sich auch die Wachstumsbedingungen für Pflanzen. Die Zusammensetzung der Pflanzen, die so genannten Pflanzengesellschaften, können jeweils gute Hinweise auf den Bodenzustand geben.

Wechsel der Bodengesellschaften

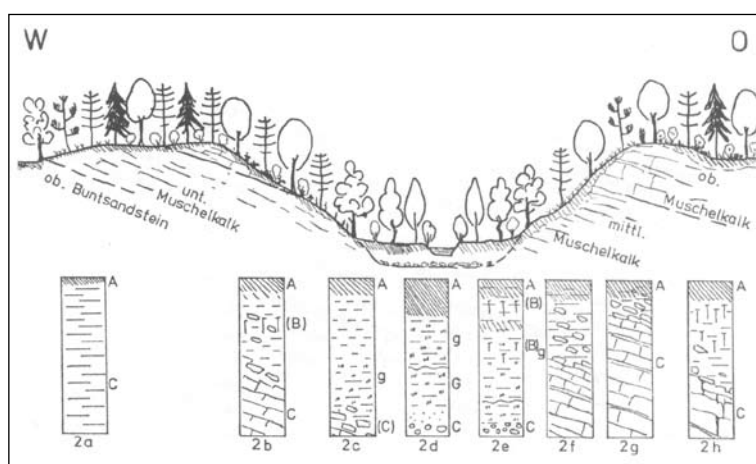


Abb.3
Bodengesellschaften und
Vegetation
im Bereich des Muschelkalks
Quelle: Reichelt (1972: 13)

- 2a: Mergel-Rendzina mit grasreichen Kalk-Tannenmischwäldern
- 2b: Lehmige Braunerde mit reinem Kalk-Tannenmischwald
- 2c: Pseudogley mit feuchtem Tannenmischwald
- 2d: Gley mit Weiden-Auenwald
- 2e: Brauner Auenboden (Vega) mit montanem Eichen-Hainbuchenwald
- 2f: Tonmergel-Rendzina und verbrauchte Rendzina mit Kalk-Tannenmischwald
- 2g: Rendzina mit Kiefern-Steppenheidewald
- 2h: Terra fusca und lessivierte Terra fusca mit frischen und reinen Kalk-Tannenmischwäldern

2.4 Einfluss des Klimas

Neben Geologie, Relief und Exposition bildet das Klima einen weiteren Faktor der Bodenbildung. In nass-kalten Regionen bilden sich andere Bodentypen aus als in trocken-heißen Gebieten. Auch kleinräumige klimatische Veränderungen prägen die Bodeneigenschaften.

Die Luft- und Bodentemperatur hat einen direkten Einfluss auf die Bodenbildung. In warm-gemäßigten Klimabereichen mit kurzen Wintern sind Bodenorganismen aktiver als in Gebieten mit vergleichbaren Standorteigenschaften, die von kühl-feuchten Klimabedingungen geprägt sind.

Temperatur



Da die Bodenorganismen für die Umsetzung der Streu ausschlaggebend sind, kann sich in warm-gemäßigten Klimabereichen eine für das Pflanzenwachstum günstigere Humusauflage entwickeln. Da der Kalkanteil des Ausgangsgesteins den Säuregehalt des Oberbodens beeinflusst, kommt ihm ebenfalls eine wesentliche Bedeutung bei der Aktivität der Bodenorganismen zu.

Das raue Klima der Baar

Die Baar zählt mit mittleren jährlichen Durchschnittstemperaturen zwischen 6 °C und 7 °C zu den kühleren Regionen in Baden-Württemberg. Charakteristisch für die Baar ist das kontinental geprägte – landläufig als ‚rau‘ bekannte – Klima mit den relativ großen Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf.

Dass die Baar dabei zu den Kältepolen Deutschlands zählt und kein Monat in Bodennähe als frostfrei gilt, liegt u.a. an der Muldenform der Baar. Die an den Hängen abfließende Kaltluft sammelt sich in der Hochmulde und führt zur Bildung von Kaltluftseen. Neben der Frosthäufigkeit ist die häufige Nebelbildung eine der Folgen (Siegmund 1999).

Niederschlagsverteilung

Neben der Lufttemperatur bildet die Niederschlagsmenge und -häufigkeit ein wichtiges Kriterium, das sich auf den Wasserhaushalt von Böden auswirkt.

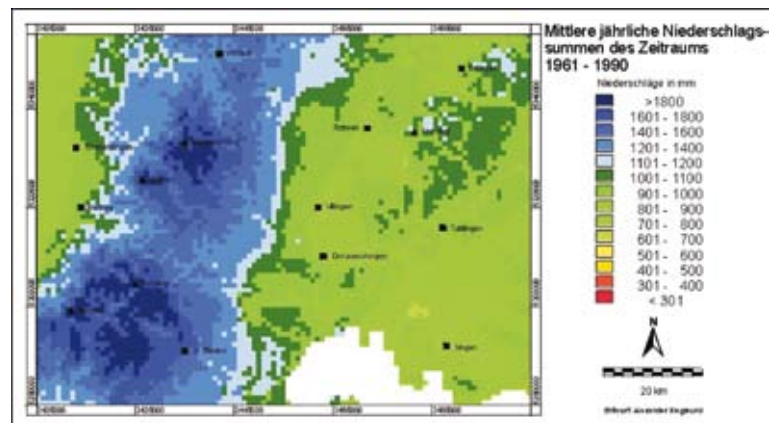


Abb. 4
Mittlere jährliche Niederschlagssummen
(Abstufung 100 mm/a)
Quelle: Siegmund (1999: Anhang C)

Die Niederschlagsverteilung im Baar-Raum zeigt dabei eine deutliche Abnahme von Westen mit über 1.600 mm/a im Bereich des Baarschwarzwalds nach Osten zur Baarmulde mit durchschnittlich 700 bis 800 mm/a. Mit dem Anstieg zur Baaralb sind wiederum höhere durchschnittliche Niederschlagsmengen verbunden (Siegmund 1999: 210; Abb. 4).

Betrachtet man den Ausschnitt der Baarmulde genauer und differenziert den in der Übersichtskarte grün gekennzeichneten Bereich von 700 bis 1.000 mm/a in feinere Abstufungen, zeichnet sich innerhalb der Baarmulde die in Abb. 5 dargestellte Nord-Süd-Verteilung ab.

Dabei werden nördlich von Villingen-Schwenningen Niederschlagsmengen von 900 bis 1.000 mm/a erreicht, während im südlichen Bereich von Fürstenberg / Engen deutlich geringere mittlere jährliche Niederschlagsmengen aufgezeichnet wurden.

Niederschläge im Detail

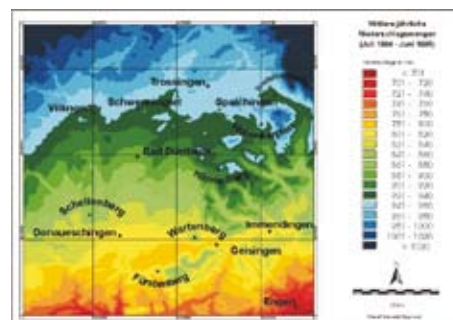


Abb. 5
Mittlere jährliche Niederschlagssummen im Baar-Raum (Abstufung 20 mm/a)
Quelle: Siegmund (1999: Anhang O)

Niederschläge können auf verschiedenen Wegen abgeleitet werden. Sie verdunsten, sie fließen oberflächlich in die Gewässer bzw. in die Kanalisation ab oder sie versickern und tragen auf diese Weise zur Bildung von neuem Grundwasser bei.

In Abhängigkeit von der Temperatur- und Niederschlagsverteilung fällt in den meisten Regionen in Baden-Württemberg im Durchschnitt eines Jahres mehr Niederschlag als es verdunsten kann. In diesen Gebieten, zu denen auch die Baar zählt, bleibt ein Überschuss an Niederschlagswasser vorhanden, d.h. sie weisen eine positive Wasserbilanz auf.

Wasserbilanz

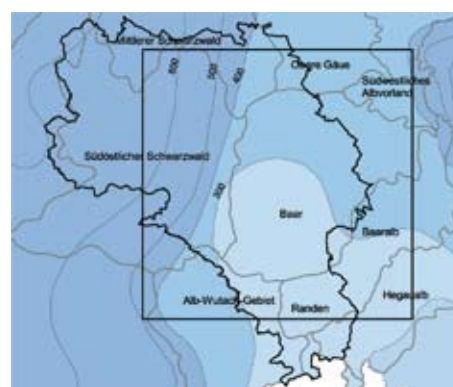


Abb. 6
Wasserbilanz (in mm/a)
Quelle: LfU Baden-Württemberg

Die Wasserbilanz hat nicht nur Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung, sondern auch auf die Bodenentwicklung. Bei einer stark positiven Wasserbilanz, wie z.B. im Baarschwarzwald mit durchschnittlich 800 mm/a (Abb. 6), ist die Wahrscheinlichkeit der Staunässebildung größer als in Gebieten wie der Oberrheinebene, die teilweise eine negative Wasserbilanz aufweisen.

Nicht nur das Klima hat einen Einfluss auf die Bodenbildung. Auch die Bodeneigenschaften und die Bodennutzung beeinflussen das Klima.

Wechselwirkungen

Beispiele für diese Wechselbeziehungen sind zum einen Untersuchungen, die darauf hinweisen, dass in trockengelegten Mooren die Frosthäufigkeit größer ist als in naturbelassenen Mooren (Siegmund 1999: 21). Zum anderen ist davon auszugehen, dass durch die Entwaldung der Baar der Kaltluftabfluss vom höher gelegenen Baarschwarzwald zur Baarmulde deutlich verstärkt wurde und das ‚raue Klima der Baar‘ erst durch den Menschen in seiner heutigen Ausprägung geschaffen wurde (Reichelt 1972a; Siegmund 1999: 166).

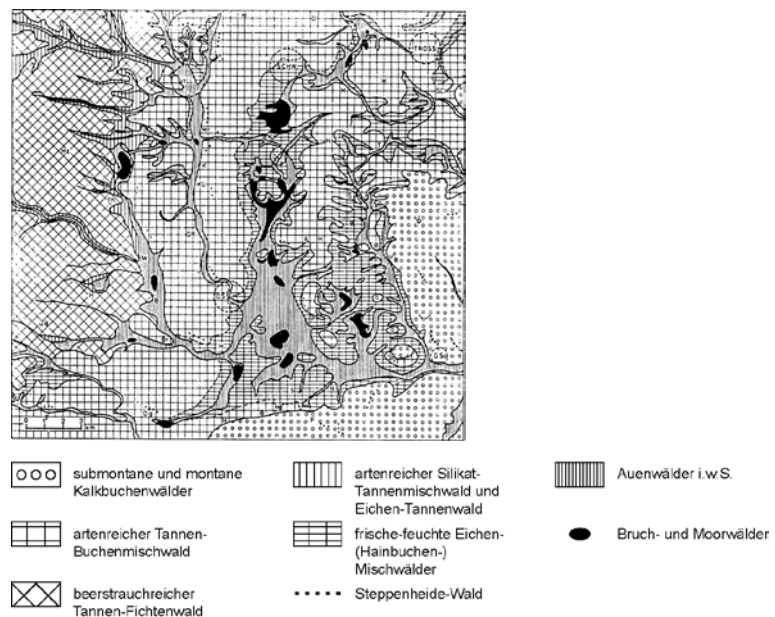
2.5 Auswirkungen auf die natürliche Vegetation

Die Boden- und Standorteigenschaften stehen mit den Wachstumsbedingungen für Pflanzen bzw. Pflanzengesellschaften in engem Zusammenhang.

- Pflanzen als Zeiger** Je nach Bodeneigenschaften werden sich in vom Menschen unbeeinflussten Gebieten Pflanzengesellschaften durchsetzen, die am besten an die Standortbedingungen angepasst sind. Auf sehr sauren Böden sind dies beispielsweise Pflanzen wie die Heidelbeere oder Erikazeen, die als Säurezeiger gelten. An sehr feuchte Standortbedingungen sind Pflanzen wie die Sumpfdotterblume oder die Pestwurz gut angepasst.
- Ursprüngliche natürliche Vegetation** Durch die Landnutzung des Menschen wurden die ursprüngliche natürliche Vegetation und das Landschaftsbild der Baar verändert. Aufgrund von Pollenanalysen können Rückschlüsse auf die ursprüngliche natürliche Vegetation gezogen werden.

 Demnach war die Baar bis ca. 800 v. Chr. fast durchgängig bewaldet. Die Wälder der Baarhochmulde waren mit Ausnahme der feuchten bis nassen Niederungen und Moore, auf denen Eichenmischwälder mit Ulmen, Linden und Eschen vorherrschten, von Tannen-Buchen-Mischwäldern geprägt. Im Baarschwarzwald dominierte die Tanne vor der Rotbuche. Die heute prägende Fichte war auf wenige Randstandorte begrenzt. Auf der Baaralb waren Buchenwälder weit verbreitet (Reichelt 1995: 45).
- Potenzielle natürliche Vegetation** Ohne die Nutzung und die Eingriffe des Menschen würde sich auf der Baar wieder eine fast durchgängige Waldbedeckung einstellen. Diese potenzielle natürliche Vegetation wäre nach Reichelt aufgrund von anthropogenen Veränderungen durch artenreiche Tannen-Buchen-Mischwälder in der Baarmulde und durch Auenwälder im Bereich der Riedbaar geprägt (Abb. 7).

Abb. 7
Potenzielle natürliche Vegetation
Quelle: Reichelt (1995:48)



3 CHARAKTERISTISCHE BÖDEN DER BAAR

Wie im vorherigen Kapitel dargestellt bietet der Baar-Raum eine besondere geologische Vielfalt und abwechslungsreiche Böden. Der in Abbildung 8 dargestellte schematische Schnitt zeigt die Abfolge der geologischen Schichten, die sich zwischen Schwarzwald und Baar-Alb abwechseln.

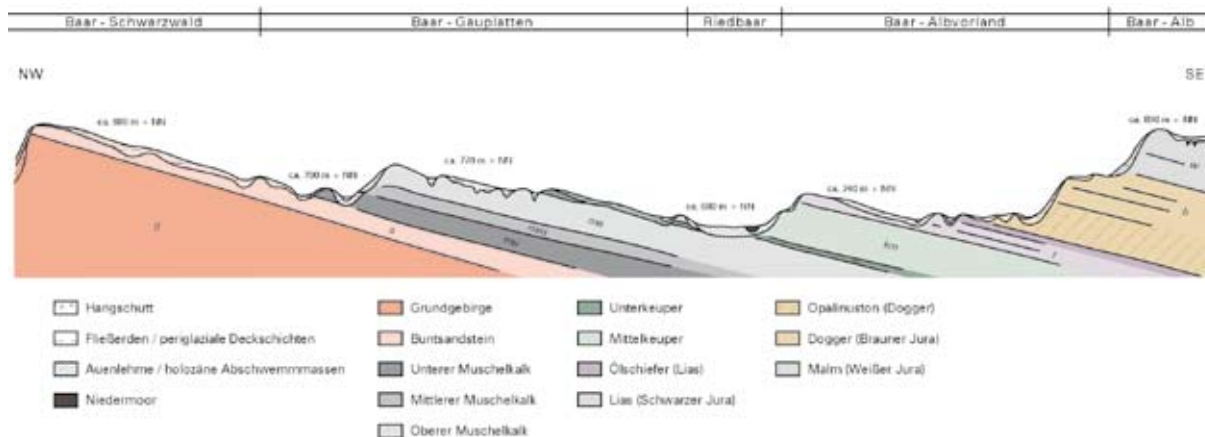


Abb. 8
Geologischer Schnitt durch die Baar
Erstellt nach Kösel / Rilling (2002)

Anhand der geologischen Schichten werden charakteristische Bodenformen der Baar vorgestellt, an denen sich beispielhaft Zusammenhänge zwischen Ausgangsgestein, Bodeneigenschaften und Bodennutzung aufzeigen lassen (weitergehend Scheffer / Schachtschabel 2002).

3.1 Podsolige Braunerden auf Buntsandstein – Bodeneigenschaften im Baarschwarzwald

Der Baarschwarzwald besteht größtenteils aus den Sedimentgesteinen des Buntsandsteins. Das unterlagernde Grundgebirge wird in diesem Gebiet meist nur in den Tälern angeschnitten. Im Westen des Schwarzwald-Baar-Kreises schließt sich der Tälerschwarzwald an, der aus den Graniten und Gneisen des Grundgebirges aufgebaut ist (Karte 2).

Die Schichten des Buntsandsteins sind gekennzeichnet durch rotbraune, teilweise auch gelb oder hellbraun gefärbte Sandkörner, die zu festen Sandsteinbänken verbacken sind. Vor allem im Unteren und Oberen Buntsandstein schalten sich auch tonige Lagen ein.

Die meist rostrote Farbe des Buntsandsteins ist durch Eisenoxid entstanden und deutet auf heiße, wüstenhafte klimatische Bedingungen während der Ablagerung vor ca. 220 Mio. Jahren hin.



Buntsandstein



Fossile Funde deuten darauf hin, dass die Schichten des Buntsandsteins während langer, trocken-heißer Perioden mit Wüstenstürmen und periodischen Überschwemmungen aufgeschüttet wurden. Meeresablagerungen sind erst im Oberen Buntsandstein von Bedeutung.

Sandsteinzersatz

Während der Kaltzeiten konnten die verbackenen Sandsteinschichten verwittern. Es entstand ein teilweise tonig-lehmiger Sandsteinzersatz. Das Ausgangsmaterial der Bodenentwicklung bildet somit je nach Relieflage steiniger, lehmiger Sand bzw. sandiger Lehm über Sandsteinzersatz. Im geneigten Gelände sind auch sandige bis sandig-tonige Fließerden mit teilweise eingelagerten größeren Sandsteinen vorhanden.

Nährstoffarme, saure Böden



Da das Ausgangsmaterial der Bodenbildung in der Regel bereits entkalkt ist, sind aus den sandig-lehmigen Fließerden und Schuttdecken rotbraune, saure und meist nährstoffarme Böden entstanden. Bedingt durch den hohen Sandanteil sind die Böden gut wasserdurchlässig.

Die hohen Niederschläge im Baarschwarzwald bewirken dabei eine rasche Auswaschung von Nähr- und Humusstoffen (basischen Kationen) aus dem ohnehin nährstoffarmen Substrat. Insbesondere Waldböden sind stark versauert. Die anfallende Nadelstreu wird meist nur unvollständig abgebaut und trägt damit weiter zur Versauerung bei.

Profilgrube



Um die Bodeneigenschaften und die Bodenform zu bestimmen, werden verschiedene Horizonte mit bestimmten Eigenschaften z.B. nach ihrem Humus- und Tongehalt, Staunässeinfluss oder pH-Wert unterschieden.

Das nebenstehende Foto zeigt eine geöffnete Profilgrube in der Nähe von Bräunlingen, mit der eine detaillierte Bodenaufnahme möglich ist (siehe Musterprofil 8016.201, S. 19).

Foto: LGRB (RP FR), Umgebungsbild zum Musterprofil 8016.201

Bodenleitgesellschaften

Die vorherrschenden Bodenformen im Oberen Buntsandstein sind Braunerden auf steinigen, sandig-lehmigen Fließerden, die mehr oder weniger starke Merkmale einer Podsolierung, d.h. einer Auswaschung von Nähr- und Humusstoffen aufweisen.

In den Verebnungen konnten sich teilweise tonreiche Buntsandsteinfließerden anreichern. In den Mulden bildet sich leicht Stauwasser, weshalb sich an diesen Stellen Stagnogleye oder Moore ausbilden konnten.

Bodenleitgesellschaften im Oberen Buntsandstein	Fläche %
Braunerde, häufig podsolig oder pseudovergleyt, aus steinigen, sandig-lehmigen Fließerden, stellenweise tongründig, über Sandsteinzersatz	71,2
Stagnogley und Pseudogley aus sandig-lehmigen Fließerden über Ton und Sandsteinzersatz	11,8
Pelosol aus grusigen Tonfließerden über Mergelsteinzersatz	4,0
Pseudogley aus lehmig-tonigen Fließerden	2,3
Podsolige Braunerde und Podsol-Braunerde aus Sandsteinschutt	2,2
Weitere Bodenleitgesellschaften	8,5

Tab. 1
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Oberen Buntsandstein

Die nebenstehende Abbildung zeigt das Beispiel einer charakteristischen Bodenform an einem Musterprofil des LGRB (RP FR) in der Nähe von Bräunlingen. Es zeigt eine podsolige Braunerde mit leichtem Stauwassereinfluss (exakt: eine lessivierte podsolige Pseudogley-Braunerde) auf Buntsandstein.

Im Profil sind noch größere Sandsteinblöcke erhalten. Der humose Oberboden (Aeh-Horizont) ist unter der Auflage nur ca. 3 cm mächtig und zeigt leichte Auswaschungsmerkmale, die im Detail an der leicht gräulichen Färbung zu erkennen sind. Im Untergrund (Cv-Horizont) ist die rot-braune Farbe des Ausgangssubstrats noch gut zu erkennen.

Foto
LGRB (RP FR), Musterprofil

Experteninfo

Podsolige Braunerde



Stagnogley



Foto
LGRB (RP FR), Musterprofil

Neben Braunerden sind im Buntsandstein relativ häufig Böden mit Stauwassereinflüssen vorhanden bzw. mit diesen vergesellschaftet. Das Beispiel eines Stagnogleys, der ebenfalls in der Nähe von Bräunlingen aufgenommen wurde, zeigt, wie durch Stauwassereinfluss Böden gebleicht und marmoriert werden können (Sw- und Sd-Horizonte). Stagnogleye entstehen vor allem in abflussträgen Lagen.

Typische Nutzung



Die Böden des Buntsandsteins sind für den Ackerbau wenig geeignet. Die landwirtschaftliche Nutzung ist in der Regel auf die Röttone im Oberen Muschelkalk beschränkt. Dies spiegelt sich in der nahezu geschlossenen Waldbedeckung des Baarschwarzwaldes wider.

Die potenzielle natürliche Vegetation bildete nach Reichelt (1995: 48) ein Tannenmischwald, in dem die Tanne vor der Buche bzw. Eiche dominierte. Dass gegenwärtig der Fichtenanteil deutlich überwiegt, liegt u.a. an der gezielten Aufforstung des Schwarzwaldes mit Fichten im 19. Jahrhundert. Nach dem Leitbild der nachhaltigen Waldwirtschaft wird vom Donaueschinger Forstamt seit den 70er Jahren ein höherer Anteil an Mischwald angestrebt, der sich positiv auf die Bodenentwicklung auswirkt.



3.2 Böden auf Muschelkalk – Gesteinseigenschaften und Landschaftsbild

Der Übergang vom Buntsandstein zum Muschelkalk zeichnet sich deutlich im Landschaftsbild ab. Das nahezu geschlossene Waldgebiet des Baarschwarzwaldes geht mit dem Wechsel zum Muschelkalk in die offenen, landwirtschaftlich geprägten Gäulandschaften über.

Muschelkalk



Die Gäulandschaften der Baar werden wie die nördlich angrenzenden Oberen Gäue vorwiegend aus den Kalk- und Dolomitgesteinen des Muschelkalks gebildet.

Die Kalkbänke des Muschelkalks lassen in der Regel eine deutliche Schichtung erkennen. In den Schichten sind – wie der Name bereits andeutet – in unterschiedlicher Häufung versteinerte Muschelschalen, Schnecken oder Seelilien zu finden.

Abgelagert wurden die Muschelkalkschichten vor ca. 200 Mio. Jahren, als das Gebiet der Baar von einem flachen Meeresbecken bedeckt war: Im Oberen Muschelkalk fand eine Sedimentation mit Zugang zum offenen Meer statt, im Mittleren Muschelkalk dagegen in einem abgetrennten Binnenmeer, in dem wegen hoher Verdunstung auch Anhydrit, Steinsalz und Gips abgeschieden wurden.



Während im Unteren Muschelkalk neben Schiefertönen auch Kalkmergel sowie im Mittleren Muschelkalk u.a. Anhydrit-, Salz- und Gipseinlagerungen enthalten sind, besteht der Obere Muschelkalk weitgehend aus den dunkelgrau- bis ockergelben Kalksteinbänken, die z.B. im Steinbruch in der Nähe von Marbach zu sehen sind.

Als Verwitterungsprodukte sind im Oberen Muschelkalk vorwiegend Kalksteinzersatz, teilweise auch Dolomitschutt vorhanden. Kalksteinverwitterungslehme sind meist nur in erosionsgeschützten Lagen erhalten. In Gebieten, in denen während der Kaltzeiten zusätzlich Löss angeweht und abgelagert wurde, bilden lösslehmreiche Fließerden das Ausgangsmaterial der Bodenbildung.

Verwitterungsprodukte



Aus den Mergelgesteinen und Schiefertönen des Unteren und Mittleren Muschelkalks sind meist tonreiche Böden entstanden, die zwar nährstoffreich, jedoch meist ungünstig zu bearbeiten sind. Als Bodenleitgesellschaften sind neben Rendzinen aus tonig-lehmigen Fließerden vor allem Pelosole über Mergelsteinzersatz zu finden.

Bodenleitgesellschaften

Im flächenmäßig überwiegenden Oberen Muschelkalk sind Rendzinen, Terra fusca-Parabraunerden und Braunerden als prägende Bodenleitgesellschaften zu finden.

Bodenleitgesellschaften im Oberen Muschelkalk	Fläche %
Rendzina und Braunerde-Rendzina aus Kalksteinzersatz	57,6
Terra fusca-Parabraunerde aus geringmächtigem, umgelagertem Lösslehm über Kalksteinverwitterungslehm sowie Rendzina und Braunerde-Rendzina aus Kalksteinzersatz	19,6
Rendzina bis Braunerde aus Kalkstein- und Dolomitschutt	6,3
Bodenmosaik aus Braunerde, Pelosol, Rendzina, Parabraunerde, Pseudogley, Kolluvium und Gley aus Keuperfließerden und -gesteinen	5,1
Weitere Bodenleitgesellschaften	11,4

Experteninfo

Tab. 2
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Oberen Muschelkalk

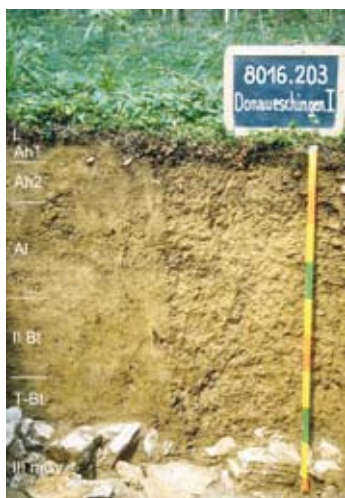
Die häufigsten Böden im verkarsteten, wellig-kuppigen Hügelland im Oberen Muschelkalk sind geringmächtige Rendzinen. Auf Ackerflächen sind sie, wie im nebenstehenden Bild, an einer dichten Steinbedeckung zu erkennen.

Flachgründige Rendzinen



Da die Steine beim Pflügen stören, wurden sie in der Vergangenheit von den Landwirten eingesammelt und zu Lesesteinwällen aufgeschichtet. Aus diesen entwickelte sich eine Heckenlandschaft, die im Zuge der Flurbereinigung in den 70er Jahren jedoch meist ausgeräumt wurde. Auf der Baar ist sie noch teilweise erhalten.

Terra fusca-Parabraunerde



In geschützten Reliefpositionen, in denen sich Löss sammeln konnte, z.B. dem Muschelkalkplateau zwischen Donaueschingen und Wolterdingen sind entkalkte und verlehnte Terra fusca-Parabraunerden entstanden, die gute Ackerstandorte darstellen. Sie verfügen über ein hohes Speichervermögen an Nährstoffen und Wasser sowie eine gute Durchwurzelbarkeit.

Das Profilbild zeigt als Beispiel eine Parabraunerde aus löss-lehmreichen Fließerden in der Nähe von Donaueschingen. Im gekennzeichneten Cv-Horizont sind die Kalksteine des Oberen Muschelkalks gut zu erkennen.

Foto
LGRB (RP FR), Musterprofil

Typische Nutzung



Die kalkhaltigen Böden auf Muschelkalk verfügen in der Regel über ein krümeliges Gefüge mit guter Bodendurchlüftung und bieten günstige Voraussetzungen für Bodenorganismen. Da der Baar-Raum ausreichend mit Niederschlägen versorgt ist, sind auch geringmächtige Rendzinen für den Ackerbau geeignet und werden vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. Wald ist nur vereinzelt vorhanden. Im Gegensatz zu den nördlich anschließenden, klimatisch günstigeren und fast ausschließlich ackerbaulich genutzten Gäulandschaften wechseln im Baar-Raum auf den Muschelkalkschichten Grünland und Ackerflächen ab.

Auf Kuppen des Muschelkalkgebiets wurden erosionsbedingt die bereits geringmächtigen Böden weiter abgetragen. Sie sind als Trockenstandorte landwirtschaftlich nur bedingt zu nutzen, stellen jedoch, z.B. als Halbtrockenrasen, wertvolle Biotope für seltene Pflanzen und Tiere dar.



3.3 Wechselfeuchte Böden der Keuperstufe – zwischen Acker, Grünland und Wald

Die Muschelkalkschichten gehen fließend in das Keuper-Hügelland über. Die Keuperschichten bilden mit ca. 680 m+NN die Senke der Baarmulde, die im Bereich des Donaurieds von Auen-sedimenten überlagert werden (Kap. 3.4). Erst mit dem Mittleren Keuper erfolgt der erste steilere Anstieg zur Keuper-Liasstufe und zum Albvorland.

Keuperschichten

Die Ablagerungsbedingungen zur Zeit des Keupers vor ca. 160 Mio. Jahren waren äußerst wechselhaft und spiegeln den Kampf zwischen Land und Meer wider. Unter tropischen bis wüstenhaf-ten Klimabedingungen wechselten die Verhältnisse zwischen Ozeaneinflüssen, Lagunen, Salzbecken und Süßwassersümpfen.

Bedingt durch die unterschiedlichen Ablagerungsbedingungen bietet der Keuper ein buntes geologisches Bild mit einem kleinräumigen Wechsel aus Dolomiten, Sandsteinlagen und Schiefer-tonen, die Gips-, Anhydrit- und Salzeinlagerungen enthalten.

Der Steinbruch am Kupferbrunnen in der Nähe von Döggingen zeigt eindrucksvoll die Schichtung der Bunten Mergel im Mittleren Keuper. In der Detailaufnahme sind die nur wenigen Zentimeter mächtigen Schichten sichtbar, die sich in ihrer Farbe und Korngrößenzusammensetzung deutlich unterscheiden.

Bunte Mergel



Der kleinräumige Wechsel von Ton-, Gips-, Mergel-, Dolomit- und Sandsteinen im Keuper spiegelt sich auch in einem Wechsel der Bodenverhältnisse wider. Durch die Verwitterung und Vermischung der Gesteine in den Kalkzeiten sind die Bodenbedingungen jedoch einheitlicher als die geologische Abfolge. Die größte Verbreitung haben tonreiche Basislagen als Ausgangsmaterial der Bodenbildung.

Tonreiche Verwitterungsprodukte



Bodenleitgesellschaften im Keuper	Fläche %
Bodenmosaik aus Braunerde, Pelosol, Rendzina, Parabraunerde, Pseudogley, Kolluvium und Gley aus Keuperfließerden und -gesteinen	25,9
Pelosol und Braunerde-Pelosol aus grusigen, lehmig-tonigen Fließerden über Mergelstein- und Tonsteinzersatz	16,6
Pelosol bis Pelosol-Braunerde aus grusigen, lehmig-tonigen Fließerden und podsolige Braunerde aus steinigen, sandig-lehmigen Fließerden über Sandsteinzersatz	11,6
Pelosol-Braunerde, z.T. podsolig, aus steinigen, sandig-lehmigen über tonigen Fließerden und podsolige Braunerde aus steinigen, lehmig-sandigen Fließerden über Sandsteinschutt und -zersatz	11,6
Pelosol-Pseudogley bis Pelosol aus grusigen, lehmig-tonigen Fließerden	11,2
Pelosol aus steinig-tonigen Fließerden und Rutschmassen	4,2
Weitere Bodenleitgesellschaften	18,9

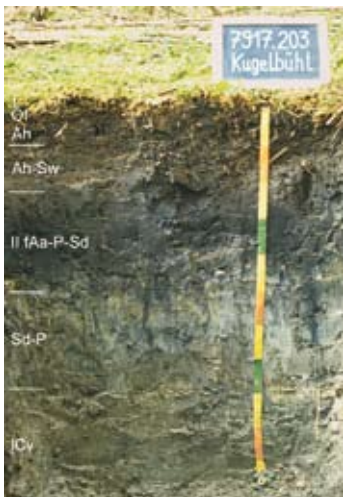
Experteninfo

Tab. 3
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Keuper

Bodenleitgesellschaften

Nach einem zu erwartenden Bodenmosaik aus verschiedenen Bodenformen überwiegen im Keuper tonreiche Böden, die so genannten Pelosole, die mit Braunerden oder stauwassergeprägten Pseudogleyen vergesellschaftet sind.

Pelosol-Pseudogley



Das nebenstehende Profilbild zeigt als charakteristisches Beispiel einen Pelosol-Pseudogley, der auf tonreicher Gipskeuper-Fließerde entstanden ist. Der Pelosol zeichnet sich durch einen hohen Tonanteil aus (P-Horizont).

Je höher der Tonanteil, desto weniger wasserdurchlässig sind die Böden und desto leichter zeigt sich im Profil ein Staunäseeinfluss, der den Pseudogley charakterisiert (Sw- und Sd-Horizonte).

Da Tonpartikel im Verhältnis zu ihrem Eigengewicht potenziell viel Wasser aufnehmen (und wieder abgeben) können, entstehen in tonreichen Böden bedingt durch eine starke Quellung bei Nässe und entsprechender Schrumpfung bei Austrocknung leicht Risse im Boden.

Foto
LGRB (RP FR), Musterprofil

Minutenböden

Pelosole sind aufgrund dieser Eigenschaften schwer zu bearbeiten (schwere Böden), da landwirtschaftliche Maschinen bei Nässe den plastischen Boden leicht verformen bzw. die Böden bei Trockenheit sehr hart sind. Die Nutzung von Pelosolen für den Ackerbau beschränkt sich somit auf Zeiten, in denen die Böden weder zu nass noch zu trocken sind, weshalb sie auch ‚Minutenböden‘ genannt werden.

Typische Nutzung



Pelosole sind in der Regel nährstoffreich. Sie sind deshalb trotz Einschränkungen bei der Bearbeitung und ihrer Neigung zu Staunässe für den Ackerbau geeignet. Wie Tabelle 4 zeigt, werden die Böden des Keupers zu etwa gleichen Anteilen landwirtschaftlich und als Waldstandort genutzt.

Nebenstehend der Blick von der Keuper-Lias-Stufe am Auenberg bei Hausen nach Norden auf die Keuperschichten.

Tab. 4
Flächenanteile der Bodennutzung
(ohne Ortslagen)

Bodennutzung im Keuper	Fläche in %
Nadelforste	37,1
Komplexe Parzellenstrukturen (Wechsel Acker und Grünland)	23,4
Wiesen und Weiden	15,0
Ackerland	6,9
Mischwälder	6,9
Sümpfe	0,6
Weitere	10,1

3.4 Überschwemmungsbeeinflusste Auenböden in der Riedbaar

Die Riedbaar bildet die Senke der Baarmulde. Die Auenlehme sind Ablagerungsprodukte aus der Nacheiszeit. Sie sind das Ergebnis der Erosion von Bodenmaterial, das von vegetationslosen Flächen abgeschwemmt und in den Talauen, d.h. in den natürlichen Überschwemmungsbereichen der Flüsse und Bäche wieder abgelagert wurde.

Während die Auensedimente in den Flusstälern von Brigach und Breg nur geringmächtig sind, bilden sie im zentralen Senkenbereich der Baar, dem Donauried, großflächige und bis zu zwei Meter mächtige Schichten.



Die Ablagerung der Auenlehme steht im Zusammenhang mit Klimaänderungen und Schwankungen des Meeresspiegels in der Nacheiszeit. In erster Linie sind die Auenlehme allerdings ein Resultat der Besiedlungsgeschichte durch den Menschen.

Als vor ca. 2.500 Jahren erstmals in größerem Ausmaß Waldgebiete gerodet und unter Ackerkultur genommen wurden, setzte verstärkt Erosion ein. Von den unbedeckten Ackerflächen konnten durch Wind und Niederschläge leicht Bodenpartikel abgetragen werden, die als Auenlehme in den Flussniederungen wieder abgelagert wurden.

Die vorherrschenden Bodenformen in der Riedbaar sind Auenogleye und Braune Auenböden aus Auenlehm, die u.a. mit Niedermooren vergesellschaftet sind (Karte 1).

Das nebenstehende Profilbild zeigt das Beispiel eines Auenbodens, der allerdings nicht aus dem Donauried, sondern aus der Oberrheinebene stammt. Im unteren Teil des Profils sind noch Ablagerungsschichten zu erkennen, die im Laufe der Jahre aufsedimentiert wurden.

Die Zusammensetzung der Auenlehme ist dabei abhängig vom Einzugsgebiet der Flüsse, durch die sie abgelagert wurden. So sind auf dem Schwemmfächer der Breg im Südwesten des Donaurieds sandig-lehmige Hochwassersedimente über sandigen Schwarzwaldkiesen verbreitet (Kösel / Rilling 2002: 118).

Ablagerung in Flussauen



Bodenleitgesellschaften

Auenböden



Foto
LfU Baden-Württemberg

Einflüsse durch den Menschen



Die in der Riedbaar ursprünglich häufig auftretenden Feucht- und Niedermoorgebiete wurden in der Vergangenheit stark durch menschliche Eingriffe verändert.

Um die Flächen landwirtschaftlich nutzen zu können, wurden vor allem in den 70er Jahren Meliorationsmaßnahmen zur Bodenverbesserung durchgeführt. In der Riedbaar bedeutete dies in der Regel, dass Feuchtgebiete entwässert wurden. Durch Entwässerungsgräben, Flussbegradigungen und Deichbauten wurden die Flussniederungen zusätzlich dem ehemals kennzeichnenden Überschwemmungseinfluss entzogen.

Hochmoore, die im Gegensatz zu den Niedermooren keinen Kontakt zum Grundwasser haben, sind im Baarschwarzwald vorhanden. Der Mensch hat sie in der Vergangenheit durch Umnutzung und den Abbau von Torf ebenfalls stark verändert.

Verbreitung von Mooren



Gegenwärtig ist nur noch ein Teil der ursprünglich recht zahlreichen Moore im Baar-Raum erhalten. Um Moore und Torfe in ihrem Bestand zu sichern, werden Informationen über Fläche, Mächtigkeit, Untergrund etc. in einem Moorkataster gesammelt, dessen Ursprünge bis ca. 1910 zurückreichen (LfU 2002 sowie Göttlich 1964 und 1978).

Moore sind wertvolle Biotope und werden u.a. durch das Naturschutzrecht (§ 24a NatSchG) geschützt. Sie stellen jedoch ebenfalls interessante ‚historische Urkunden‘ dar, aus denen z.B. über Pollenanalysen Rückschlüsse über die ehemalige Nutzung der Baar bis zur Bronzezeit möglich sind.

Typische Nutzung



Aufgrund der Entwässerungsmaßnahmen und Eindeichungen seit den 50er Jahren werden die ursprünglich stark grundwasser- und überschwemmungsbeeinflussten Auenböden und Niedermoore in der Riedbaar heute vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. Prägend ist die Grünlandnutzung.

Dass der Ackerbau eine untergeordnete Rolle in der Riedbaar spielt, ist u.a. auf die intensiven Bemühungen zum Erhalt der ökologisch wertvollen Feuchtgebiete zurückzuführen. Zur Initiative des Riedbaar-Projekts siehe Kap. 11.1.

3.5 Schwere tonige Böden der Lias-Verebnung im Schwarzen Jura

Mit dem Anstieg von den Senkenbereichen der Riedbaar zur Keuper-Lias-Stufe beginnt das Albvorland. Es wird im Bereich der Baar von den meist ebenen und landwirtschaftlich genutzten Liasschichten geprägt. Besonders gut ausgebildet ist die Lias-Verebnung zwischen Hochemmingen, Sunthausen und Pfohren.

Der Lias (Schwarzer Jura) besteht überwiegend aus tonigen Ablagerungen, in die blaugraue, dunkle Kalkbänke, feinkörnige Sandsteine und bitumenhaltige Mergelschiefer, die so genannten Ölschiefer, eingeschaltet sind. Die vorherrschend dunkle Färbung hat dem Lias seinen Namen gegeben.

Waren die Keuperschichten von einem ständigen Wechsel zwischen marinen und festländischen Ablagerungsbedingungen geprägt, setzt sich für die Zeit des Jura der marine Einfluss durch. Markant für das Profil des Lias ist der dunkelgraue Arietenkalk, der auch Stufenbildner der Keuper-Lias-Stufe ist.

Über den Kalkschichten folgen u.a. dunkle Schiefertone und bitumenhaltige Ölschiefer (Posidonienschiefer), die z.B. durch Funde von Saurier- und Fischskeletten bekannt sind. Im Schwarzen Jura sind aufgrund der geologischen Ablagerungsbedingungen teilweise erhöhte Schwermetallgehalte vorhanden (Kap. 7.5).

Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung im Lias sind in der Regel tonige Fließerden oder wie im nebenstehenden Bild der Kalksteinersatz des Arietenkalks. Nur teilweise, wie z.B. im Bereich nordöstlich von Trossingen, sind nennenswerte Anteile an Lösslehm erhalten geblieben.

Noch deutlicher als im Keuper dominieren im Lias Pelosole und Braunerde-Pelosole als charakteristische Bodenleitgesellschaften. Von untergeordneter Bedeutung sind Pararendzinen, die meist an Geländekanten entstanden sind. Bedingt durch die wasserstauenden Eigenschaften toniger Fließerden sind im Lias Niedermoore relativ häufig zu finden, die in Anmoorgleye und Moorgleye übergehen.

Foto

LGRB (RP FR), Pelosol aus toniger Lias-Fließerde



Lias (Schwarzer Jura)

Arietenkalk



Tonige Fließerden



Bodenleitgesellschaften



Experteninfo

Bodenleitgesellschaften im Lias	Fläche %
Pelosol und Braunerde-Pelosol aus tonigen Fließerden	44,8
Braunerde-Pelosol aus lehmig-tonigen Fließerden und Rendzina aus Kalksteinzersatz (Arietenkalk)	37,7
Pararendzina aus Rutschmassen	2,0
Pelosol bis Pelosol-Braunerde aus grusigen, lehmig-tonigen Fließerden und podsolige Braunerde aus steinigen, sandig-lehmigen Fließerden über Sandsteinzersatz	1,9
Pelosol-Braunerde, z.T. podsolig, aus steinigen, sandig-lehmigen über tonigen Fließerden und podsolige Braunerde aus steinigen, lehmig-sandigen Fließerden über Sandsteinschutt und -zersatz	1,7
Parabraunerde-Pseudogley aus Lösslehm	1,7
Braunerde-Pelosol, Pseudogley-Pelosol und Pelosol aus tonigen Fließerden	1,4
Niedermoor	1,2
Pelosol aus tonigen Fließerden über bituminösem Tonmergelstein (Ölschiefer)	1,1
Weitere Bodenleitgesellschaften	6,5

Tab. 5
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Lias

Pelosole



Die hohen Tongehalte der charakteristisch dunkel gefärbten Pelosole im Lias pausen sich bis zur Bodenoberfläche durch. Sie lassen sich leicht formen und zeichnen sich durch glänzende Oberflächen beim Kneten aus. Bei Trockenheit neigen sie, wie die nebenstehende Abbildung zeigt, zur Bildung von Trockenrissen, die sich durch das gesamte Bodenprofil ziehen können. Tonreiche Böden sind meist sehr dicht gelagert und verfügen nur über ein geringes Porenvolumen, weshalb sie auch als ‚schwere Böden‘ bezeichnet werden. Bedingt durch ihre gleichzeitig hohe Plastizität bei Feuchtigkeit reagieren sie entsprechend empfindlich auf eine Verdichtung, z.B. durch das Befahren mit schweren Maschinen.

Ölschiefer



Im Bereich des Ölschiefers werden die anstehenden Schieferplatten teilweise bis an die Oberfläche gepflügt. Bedingt durch einen hohen Gehalt an organischer Substanz verfügen die Ölschieferböden über ein vergleichsweise lockeres Bodengefüge mit günstigem Wasser- und Lufthaushalt (Kösel / Rilling 2002: 124).

Foto
LGRB (FR RP)

Typische Nutzung



Aufgrund ihrer guten Nährstoffausstattung erweisen sich die tonreichen Böden der Lias-Verebnung als gute Ackerböden mit den entsprechenden Einschränkungen bei der Bearbeitung. Die vorherrschende Nutzung ist der Ackerbau. Auf den nicht bewachsenen Feldern ist die dunkle, bis ins Schwarze reichende Farbe der Böden gut zu erkennen. Neben den günstigen Ackerstandorten

im Muschelkalk hatten die Liasböden der Baar den ehemaligen Ruf als ‚Kornkammer Badens‘ eingebracht (Fischer 1936: 48).

Im östlichen Bereich des Lias vor dem Anstieg des überlagernden Doggers sind Senkenbereiche vorhanden, die zu Staunässe neigen und teilweise in Niedermoore übergehen. Diese Bereiche sind weitgehend von Grünland geprägt. Größere Waldflächen fehlen im Lias.

3.6 Rutschfreudige Böden – Die Opalinustone im Braunen Jura (Dogger)

Der Übergang vom Lias zum Dogger ist im Baar-Raum mit einem unterschiedlich stark ausgeprägten Anstieg der Doggerschichten verbunden. Er ist im Gelände meist an einem Wechsel von der vorherrschend landwirtschaftlichen Nutzung zur Waldbedeckung zu erkennen.

Im Dogger überwiegen – ähnlich wie in den dunkelgrauen, organisch reichen Liasablagerungen – tonige Sedimentgesteine. Sie unterscheiden sich vom Lias zum einen in ihrer Farbe, die zur Bezeichnung ‚Brauner Jura‘ des Doggers geführt hat, zum anderen durch wiederholte Kalk- und Sandstein-Einschaltungen, wie z.B. der eisenhaltigen, oolithischen Kalke, die zur Gewinnung von Eisenerz abgebaut wurden.

In einem größeren Aufschluss am Eichberg (siehe Foto rechts) ist die wechselnde Schichtung der Schiefertone, aus denen die meist bewaldete Hangstufe aufgebaut ist, gut zu erkennen.

Die bekannteste Schichtfolge des Doggers bilden die Opalinustone, die den Anstieg zu den oberen Doggerschichten bilden. An steileren Hängen, z.B. am Eichberg sind die verwitterten, tonigen Schichten relativ instabil, da sie bei Nässe quellen und eine Gleitschicht bilden, auf der aufliegende Bodenschichten abrutschen können. Die Gleitschollen können dabei bis zu 20 m Mächtigkeit erreichen (Kap. 6.3).

Das Ausgangsmaterial der Bodenentwicklung bilden tonige Fließ-erden, die höhere Sandgehalte, z.T. auch Gesteinsschutt aus den härteren Doggerschichten aufweisen können.

Die kennzeichnende Farbe des Doggers resultiert aus verhältnismäßig hohen Eisengehalten der Eisenoolithbänke. Das bei der Verwitterung oxidierte Eisen führt zur Braunfärbung der Böden (Rosenkranz 1977: 29).



Dogger (Brauner Jura)



Verwitterungsprodukte



Bodenleitgesellschaften

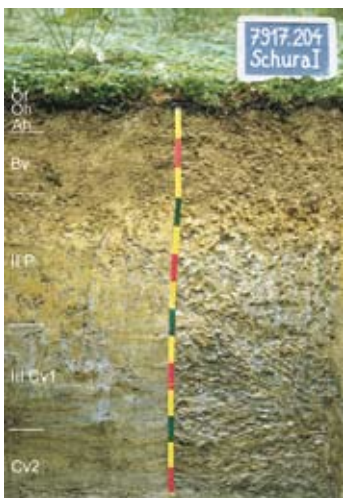
Die häufigsten Böden im Dogger sind Pelosole, die mit Braunerden, Pseudogleyen, aber auch Pararendzinen vergesellschaftet sind.

Experteninfo

Bodenleitgesellschaften im Dogger	Fläche %
Braunerde-Pelosol, Pseudogley-Pelosol und Pelosol aus tonigen Fließerden	38,0
Pararendzina und Pelosol aus steinigen, lehmig-tonigen Fließerden	23,9
Pararendzina aus steinig-tonigen Fließerden über Mergelsteinzersatz	8,2
Pelosol-Pseudogley und Pseudogley-Pelosol aus tonigen Fließerden sowie Kolluvium- Pseudogley	7,9
Pararendzina aus Rutschmassen	6,7
Pelosol und Braunerde-Pelosol aus tonigen Fließerden	3,7
Ferritische Braunerde aus lehmbedecktem Mergelkalkzersatz	3,4
Weitere Bodenleitgesellschaften	8,2

Tab. 6
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Dogger

Braunerde-Pelosol



Das nebenstehende Bodenprofil zeigt als charakteristisches Beispiel einen Braunerde-Pelosol auf Opalinuston-Fließerde in der Nähe von Schura.

Der P-Horizont weist auf den tonreichen Pelosol hin. Das Profil weist zusätzlich einen Bv-Horizont auf, der für verwittert bzw. verbraunt oder verlehmt steht. Die ‚Verbraunung‘ des Unterbodens entsteht nach einer Entkalkung des Bodens durch die Verwitterung eisenhaltiger Minerale, die in den Böden enthalten sind.

Foto
LGRB (RP FR), Musterprofil

Typische Nutzung



Die Doggerschichten sind stärker zergliedert als die weitgehend ebenen Liasschichten. Genutzt werden sie als Wald, Acker- und Grünland.

Insbesondere die steileren Hänge des Anstiegs der Doggerstufe sind bewaldet. Zwischen Talheim und Tuningen weisen verhältnismäßig mächtige Verwitterungsdecken darauf hin, dass diese Flächen auch in der Vergangenheit immer bewaldet und damit vor Erosion geschützt waren (Kösel / Rilling 2002: 125).

3.7 Kalkreiche Böden auf der Baaralb – Mergel und Kalke im Weißen Jura (Malm)

Der Anstieg zur Schwäbischen Alb bildet eine weithin sichtbare, markante Stufe im Gelände. Die hellen Malmkalke des Weißen Jura, aus denen der bewaldete Albrauf ausgebildet ist, erreichen mit ca. 970 m+NN die Höhe des Baarschwarzwalds und schließen die Schichtstufenlandschaft ab. Die nachfolgende Schicht der Kreide als letzte Formation des Erdmittelalters ist im Baar-Raum nicht mehr abgelagert worden (Rosenkranz 1977: 31).



Zu Beginn des Malms änderten sich die Ablagerungsbedingungen im Jura. An die Stelle der dunklen Tone mit Sand- und Kalksteinschichten im Lias und Dogger treten helle Mergel und Kalke mit z.T. hoher Reinheit.

Neben den meist aus Schwammriffen entstandenen, ungeschichteten Massenkalken treten im Malm die gut gebankten bis plattigen Kalke häufig auf, die eine deutliche Schichtung erkennen lassen. Sie sind z.B. im Steinbruch am Stoberg gut zu sehen (Foto rechts).

Malmkalke



Die Bodenbildung auf den Mergeln und Kalksteinen des Malm unterscheidet sich nach dem Relief. Während auf der Albhochfläche die Bodenbildung auf verwittertem Kalksteinersatz ansetzen kann, dem teilweise angewehrter Löss beigemischt ist, sind die steilen Traufhänge ständig in Bewegung. Die Bodenbildung findet hier auf jüngerem Hangschutt statt, weshalb sich wie im nebenstehenden Bild nur flachgründige Rendzinen ausbilden können, bei denen ein bis zu 40 cm mächtiger, humusreicher Oberboden direkt auf dem kalkhaltigen Ausgangsgestein aufsetzt.

Kalksteinschutt



Foto

LGRB (RP FR), Rendzina auf Hangschutt

Die häufigsten Böden im Malm sind Rendzinen, die mit Braunerden und Pararendzinen (auf Mergelstein) vergesellschaftet sind. Ein weiteres Leitelement der Bodengesellschaft sind Terraes fuscae und Terra fusca-Braunerden.

Bodenleitgesellschaften

Experteninfo

Bodenleitgesellschaften im Malm	Fläche %
Rendzina aus Kalksteinschutt und -zersatz sowie Braunerden-Terra fusca aus Kalksteinverwitterungslehm	42,0
Rendzina und Braunerde-Rendzina aus Kalksteinschutt und -zersatz	39,1
Pararendzina aus steinig-tonigen Fließerden über Mergelsteinzersatz	11,0
Pararendzina aus geröllarmer und Rendzina aus geröllreicher Juranagelfluh	2,6
Pararendzina und Pelosol aus steinigen, lehmig-tonigen Fließerden	2,4
Weitere Bodenleitgesellschaften	2,9

Tab. 7
Flächenanteile der Bodenleitgesellschaften im Malm

Terra fusca-Braunerde



Die ockerfarbige Terra fusca zeichnet sich durch einen tonreichen Zwischenhorizont (T-Horizont) aus. Sie entsteht aus einer Rendzina, wenn die (tonreichen) Lösungsrückstände des verwitterten Kalksteins versauern und gleichzeitig mächtiger als 10 bis 30 dm geworden sind.

In der Regel findet zusätzlich der Prozess der Verbraunung statt. In diesem Fall entsteht wie im nebenstehenden Bodenprofil in der Nähe von Heinstetten eine Terra fusca-Braunerde.

Foto
LfU Baden-Württemberg

Steinreiche Ackerflächen



Auf der wellig-kuppigen Albhochfläche sind Rendzinen, Pararendzinen und Braunerden-Terrae fuscae vergesellschaftet. Bei den oft nur wenige Dezimeter mächtigen Oberböden werden beim Pflügen Kalksteine an die Oberfläche befördert, die die Felder von weitem weiß aussehen lassen.

Typische Nutzung



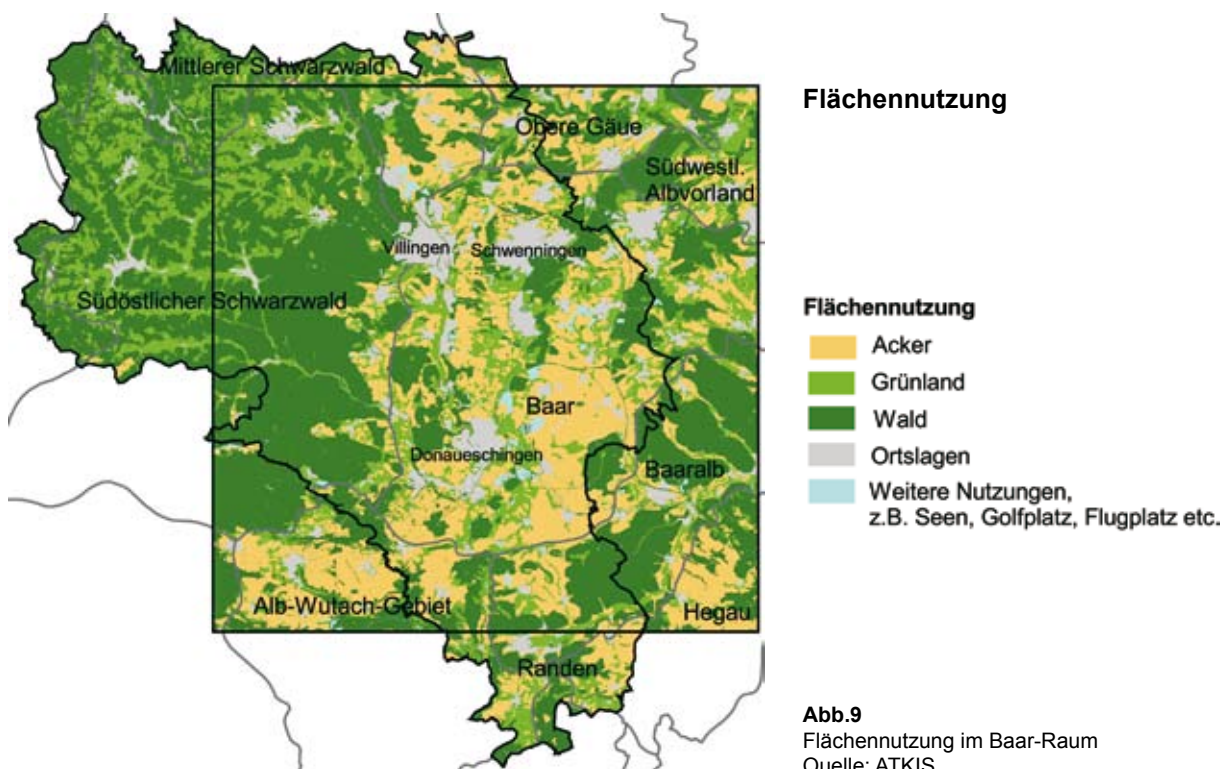
Die Böden der Malmkalke im Baar-Raum werden weitgehend als Waldstandorte genutzt. Im Gegensatz zum Baarschwarzwald herrschen hier Buchenwälder vor. Erst im Bereich der Hegaualb (die aus den tertiären Schichten der Juranagelfluh aufgebaut ist) überwiegt wie auf der nördlich anschließenden Albhochfläche die landwirtschaftliche Nutzung.

4 BODENEIGENSCHAFTEN, LANDWIRTSCHAFT UND SIEDLUNGSENTWICKLUNG

Böden bilden zusammen mit weiteren Faktoren, wie z.B. Klima und Geländeform, die Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung und für die Besiedlung eines Raumes. Die Bodeneigenschaften stellen aber keine unveränderliche Voraussetzung dar. Der Mensch beeinflusst und verändert durch die Landnutzung, z.B. durch Land- und Forstwirtschaft, Bergbau und Besiedlung nicht nur die Landschaft, sondern auch Böden und Standortbedingungen. Aufschlussreich für das heutige Verständnis der Baar sind dabei Wechselwirkungen zwischen Bodeneigenschaften, landwirtschaftlicher Nutzung und Siedlungsentwicklung.

4.1 Die Kulturlandschaft als Ergebnis der Böden?

Die heutige Kulturlandschaft der Baarhochmulde ist geprägt von der landwirtschaftlichen Nutzung. Die Waldflächen sind weitgehend auf den Baarschwarzwald und die Baaralb beschränkt (Abb. 9). Betrachtet man die gesamte Fläche des Schwarzwald-Baar-Kreises, überwiegt die Waldnutzung mit 45,6 %, während sich Grünland- und Ackerflächen mit einem Anteil von 42,5 % auf die Baarmulde konzentrieren. Die Siedlungsfläche liegt mit 10,8 % unter dem Landesdurchschnitt von 13,2 % (Stat. Landesamt 2002).



Waldnutzung auf mineralarmen, sauren Böden



Aus den Bodeneigenschaften können Tendenzen der Flächen-nutzung abgeleitet werden (Kap. 3). Die Waldnutzung dominiert auf den mineralarmen, sauren Böden des Buntsandsteins im Baarschwarzwald. Eine ackerbauliche Nutzung wäre hier nur unter hohem Düngeraufwand möglich und sowohl aus klimatischen Gründen als auch wegen der ungünstigen Bodeneigenschaften für das Pflanzenwachstum nicht sehr ertragreich. An die Stelle der ursprünglichen Mischwaldvegetation sind im Baarschwarzwald fast ausschließlich Nadelwälder getreten.

Waldnutzung am Albtrauf



Die flachgründigen Rendzinen der Baaralb sind ebenfalls weitgehend bewaldet. Im Bereich des Albtraufs sind sie schon wegen der stark geneigten Hänge für eine landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet. Hinzu kommen ungünstige Bodeneigenschaften, da sich die flachgründigen Rendzinen der Baaralb durch eine sehr geringe Wasserspeicherkapazität und eine geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit auszeichnen. Hier herrschen weitgehend gemischte Laub- und Nadelwälder vor.

Grünlandnutzung auf tonigen Böden



Tonige, meist schwere Böden, wie sie in der Baarmulde häufig sind, werden zu großen Teilen als Grünland genutzt. Dies ist u.a. dadurch bedingt, dass die bei Nässe leicht verformbaren Böden, insbesondere wenn sie mit größeren Landmaschinen befahren werden, zur Verdichtung neigen und sich schwer bearbeiten lassen. Neben der Weidenutzung werden sie auch zum Anbau von Viehfutter genutzt. Im Bereich der zertalten Hügelländer und auf stark geneigten Standorten ist auch die Waldnutzung üblich.

Ackernutzung auf kalkhaltigen und mineralreichen Böden



Eine Ackernutzung findet vorwiegend auf kalkhaltigen und mineralreichen Böden statt. Da tonige Böden oftmals mineralreich sind, werden sie – vor allem im Bereich der Lias-Verebnung – trotz der oben genannten Einschränkungen bei der Bearbeitung als Ackerflächen genutzt.

Überwiegend ackerbaulich genutzt werden auch die kalkhaltigen Böden mit Lösslehm-Beimengungen, z.B. im Muschelkalk. Die kalkhaltigen Böden zählen in der Regel zum Altsiedelland (Kap. 4.2).

4.2 Die Baar wird besiedelt – Siedlungs- und Landnutzungsstruktur in der Vergangenheit

Die Baar war bis ca. 800 v. Chr. zwar nicht unbeeinflusst vom Menschen, jedoch weitgehend bewaldet (Reichelt 2002). Das heutige Bild der Baar zeigt sich dagegen als offene, landwirtschaftlich geprägte Kulturlandschaft. Eine mögliche Antwort darauf, wie dieser Wandel entstanden ist, geben Bodeneigenschaften und -funktionen. Die Veränderung durch die Besiedlung und Nutzung der Baar bis zur Entwicklung der heutigen Kulturlandschaft erfolgte in verschiedenen Phasen, von denen im Folgenden wesentliche Abschnitte skizziert werden.

Erste Ackerbauern auf der Baar

Die Baar war bereits während der Altsteinzeit, evtl. auch vor den Kaltzeiten von herumziehenden Sammlern und Jägern bewohnt. Für die Kulturlandschaftsentwicklung sind sie von untergeordneter Bedeutung, auch wenn heute noch Spuren von ihnen zu finden sind.

Einen entscheidenden Einschnitt bildete das Auftauchen der ersten (neolithischen) Bauern, die sich ab ca. 5.000 v. Chr. in Südwestdeutschland niederließen und den Ackerbau einführten. Bereits zu dieser Zeit wurden die Wälder durch wiederholte Brandrodungen und die Nutzung als Waldweide in ihrer Zusammensetzung verändert (Reichelt 2002).

Die bevorzugten Siedlungsgebiete der ersten sesshaften Ackerbauern zeichnen sich durch leicht zu bearbeitende, meist kalkhaltige Böden und ein mildes Klima aus. Dass die Besiedlung vorwiegend auf kalkhaltigen Böden stattfand, wird u.a. damit erklärt, dass sie eine düngerlose Feldgraswirtschaft betrieben. Bei dieser Wirtschaftsweise wird das Ackerland nur ein bis zwei Jahre bestellt und während einer längeren Regenerationszeit als Weideland genutzt, in der sich die Böden erholen können und teilweise wieder Wald entwickeln kann.

Kalkhaltige Böden sind für diese Nutzung von Vorteil, da auf ihnen einige Pflanzen zur natürlichen Stickstoffdüngung beitragen. So können Schmetterlingsblütler (Leguminosen) wie z.B. Klee im ‚Teamwork‘ mit Knöllchenbakterien Stickstoff, der für das Wachstum von Pflanzen notwendig ist, aus der Luft binden und im Boden anreichern. Dies erklärt auch, weshalb Böden wie die geringmächtigen Rendzinen auf Muschelkalk, die nach heutigen Kriterien eher ungünstig bewertet werden, schon früh besiedelt wurden.

Wandel der Kulturlandschaft



Jäger und Sammler

Anfänge der Kulturlandschaft

Kalkhaltige Böden als Vorteil

Klee zur Regeneration



Die zunehmende Bevölkerungs- und Siedlungsverdichtung führte zu einer intensiveren Form der Bodennutzung. Die ursprüngliche unregelmäßige Feldgraswirtschaft mit vorherrschender Weidenutzung wurde durch die dauerhafte ackerbauliche Nutzung abgelöst. Im Zuge dieser Entwicklung bildete sich die Dreifelderwirtschaft heraus. Der Fruchtwechsel fand bei der Dreifelderwirtschaft in einer geregelten Reihenfolge statt, an die die Bauern gebunden waren (Flurzwang).

Mittelalterliche Rodungsphase

Eine Erschließung der bis dahin nicht dauerhaft besiedelten Waldgebiete, z.B. des Baarschwarzwalds, fand ab dem 11. Jh. statt. Bedingt durch den zunehmenden Bevölkerungsdruck wurden bis dahin bewaldete Gebiete mit eher ungünstigen Bodeneigenschaften gerodet und unter Kultur genommen.

Eine wichtige Rolle bei der Erschließung und Urbarmachung des Schwarzwalds spielten die Klöster, die zugleich die Ausgangspunkte der Siedlungsentwicklung darstellten. Hinweise auf die neue Länderschließung geben Ortsnamen, wie z.B. -brand, -lohe, -tann, -hardt oder -wald, die sich auf die Bodenbeschaffenheit, die ehemalige Waldnutzung oder den Rodungsvorgang beziehen (Brüstle 1974:122).

Entwicklung der heutigen Kulturlandschaft

Es folgten wechselhafte Einflüsse wie z.B. die spätmittelalterliche Wüstungsperiode und bedeutende gesellschaftliche Umwälzungen, die auch die Siedlungsstruktur veränderten. Für die Frage der Veränderung von Böden und Landschaft war insbesondere das Aufkommen neuer Gewerbe von Bedeutung, die auf Holz angewiesen waren. Der enorme Holzbedarf von gewerblichen Nutzungen wie z.B. der Köhlerei, Glasbläserei oder der intensivierte Bergbau mit Schmelzen und Hammerwerken führte zu fast vollständiger Entwaldung der Mittelgebirge im 18. Jahrhundert.

Eine staatlich gelenkte Aufforstung wurde durch das Badische Forstgesetz von 1833 initiiert. Unterstützt wurde diese Entwicklung durch die Industrialisierung und das Aufkommen der Steinkohle, das die alten Waldgewerbe zum Erliegen brachte (Kullen 1989: 126). Um eine rasche Aufforstung zu gewährleisten, wurden auf zuvor mit Tannenmischwäldern bewachsenen Gebieten schnell wachsende Fichten angebaut.

Der Baarschwarzwald wurde in dieser Zeit wie die umliegenden Gebiete weitgehend mit Fichten bepflanzt. Der Waldanteil stieg dabei von ca. 19 % im Jahr 1780 auf den heutigen Stand von 63 % (Hug 2000: 91).

Dreifelderwirtschaft



Erschließung der Waldgebiete



Entwaldung



Aufforstung mit Fichten

4.3 Strukturwandel in der Landwirtschaft

Aus der Besiedlungsgeschichte erklärt sich das heute bekannte Landschaftsbild der Baar mit der offenen, landwirtschaftlich geprägten Baarmulde als Hauptsiedlungsraum und dem weitgehend mit Fichten bewachsenen Baarschwarzwald. Innerhalb dieser Grundprägung fand im 20. Jh. ein weiterer Strukturwandel statt, der sich auf Landwirtschaft und Siedlungsentwicklung ausgewirkt hat.

Nutzungswandel

Durch Industrialisierung und Modernisierung fanden in der Vergangenheit weitgehende wirtschaftliche, politische und gesellschaftliche Veränderungen statt. Wesentlich für den Wandel in der Landwirtschaft sind im 20. Jh. u.a. die Intensivierung der Arbeitsvorgänge durch den zunehmenden Einsatz von Maschinen sowie die Abwanderung von bislang in der Landwirtschaft Beschäftigten in die Städte.

Veränderungen in der Landwirtschaft

Weitere Veränderungen löste in der Landwirtschaft neben dem zunehmenden Maschineneinsatz das Aufkommen von Mineraldünger, Pflanzenschutzmitteln und neuen Getreide- und Anbausorten aus. Verbunden waren damit deutliche Ertragssteigerungen, eine zumindest teilweise Unabhängigkeit von den natürlichen Ertragsbedingungen sowie eine Konzentration der ackerbaulichen Produktion auf absatzstarke Produkte und geeignete Flächen.

Vergrünlandung



In der Folge der Intensivierung wurden zum einen extensiv genutzte Grünlandflächen aufgeforstet und zum anderen ungünstig gelegene Ackerflächen mit wenig ertragreichen Böden in Wiesen und Weiden umgewandelt.

Der Prozess der Vergrünlandung, d.h. der Umwandlung von Ackerflächen in Wiesen und Weiden wurde in der Baarmulde und den angrenzenden Schwarzwaldtälern bereits seit dem Jahr 1950 beschrieben (Obiditsch 1956: 131). Dieser Nutzungswandel ist in unterschiedlicher Intensität bis in die heutige Zeit zu beobachten (Hug 2000: 91).

Abnahme der landwirtschaftlich genutzten Fläche

So hat die landwirtschaftlich genutzte Fläche bei einer Auswertung von 40 Gemeinden (Reichelt 1995: 164) zwischen den Jahren 1950 und 1991 um 10 % abgenommen. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe ist im gleichen Zeitraum um 71 % zurückgegangen. Das heißt, die landwirtschaftliche Fläche nahm weniger stark ab als die Zahl der Betriebe. Sie ist u.a. durch einen geringeren Anteil an Beschäftigten in der Landwirtschaft sowie durch einen Zwang zur Betriebsvergrößerung und zur größeren Effektivität der bestehenden Betriebe zu erklären („wachsen oder weichen“).

Vergrößerung der Betriebe

Die frei werdenden Flächen wurden von den verbleibenden Betrieben bewirtschaftet. Die durchschnittliche pro Hof bewirtschaft-

tete Fläche stieg dabei im Baar-Raum von ca. 7 bis 8 ha im Jahr 1949 auf durchschnittlich 20 bis 25 ha (Reichelt 1995: 169).

Gegenläufig zum Trend der Vergrünlandung fand im Bereich der zentralen Baarmulde eine ‚Verackerung‘ statt. Vorwiegend nasse Standorte und Moore sowie ursprünglich als Grünland genutzte Flächen im Überschwemmungsbereich der Donau wurden – v.a. bei der Flurbereinigung in den 70er Jahren – nach Entwässerungs- und Meliorationsmaßnahmen unter den Pflug genommen (Reichelt 1995: 175).

Auch auf den ackerbaulich genutzten Flächen fanden Veränderungen statt. Bei einer Auswertung der vier Gemeinden Bräunlingen, Hüfingen, Tunigen und Mundelfingen zeigten sich die folgenden Tendenzen (Reichelt 1995: 175):

- Auf den Ackerflächen der vier Gemeinden herrschte im Jahr 1950 der Futterbau vor. Von 1950 bis 1971 nahm der Getreideanbau stark zu, ging seitdem jedoch von ca. 70 % auf 60 bis 65 % in den 90er Jahren zurück. Die Gerste dominiert dabei mit 30 % vor dem Winterweizen mit ca. 25 %. Dem folgt Hafer mit ca. 8 %. Spelz und Dinkel wurden völlig verdrängt.
- Der Hackfruchtbau, der 1950 noch ca. 20 % betrug, ging auf 1 bis 4 % Anfang der 90er Jahre zurück.
- Beim Futteranbau zeigt sich eine unterschiedliche Entwicklung. Allgemein ist ein Rückgang von ca. 20 % auf 1 bis 4 % zwischen 1950 und 1991 zu verzeichnen. Luzerne, die in den 50er Jahren das Bild der Baar prägte, wird heute nicht mehr angebaut. Dagegen zeigt sich seit den 80er Jahren eine Zunahme an Silomais und an Ölfrüchten wie Winterraps.

Mit dem Wandel in der Landwirtschaft findet auch eine teilweise Veränderung der Bewertung der Böden statt. So ist heute die Frage, ob ein Boden mit Maschinen gut zu befahren ist, ein wesentliches Gütekriterium. Nach Borchert (1992: 47) ist manchem Landwirt heute ein mittelmäßiger, leicht sandiger und damit eher nährstoffarmer Boden lieber als ein mineralreicher, toniger und schwerer Boden.

Mitunter können auch sandige Böden, die meist mit niedrigen Bodenwertzahlen belegt sind, sehr ertragreich sein, wenn sich z.B. durch den Spargelanbau relativ hohe Erlöse erzielen lassen. Für die Baar kommt Reichelt (1995: 7) zu dem Ergebnis, dass ein Anbau von anspruchsvollen Kulturen wegen des Klimas nicht in Frage kommt. Mit Ackerzahlen zwischen durchschnittlich 33 und 41 gilt die Baarhochmulde (im Sinne der amtlichen Richtlinien) als landwirtschaftlich von der Natur benachteiligt.

‚Verackerung‘

Tendenzen in vier Gemeinden



Gute Böden – schlechte Böden

Angepasste Nutzung

Kornkammer Badens oder Ungunstraum Entsprechend der beschriebenen Entwicklung erklärt sich die Einschätzung, ob die Baar wie Anfang des 20. Jh. als ‚Kornkammer Badens‘ oder entsprechend der Bodenschätzung als ‚Ungunstraum‘ zu bewerten ist, im Hinblick auf die gestellten Nutzungsansprüche. Die Bezeichnung ‚Kornkammer Badens‘ ist dabei im Vergleich zu den benachbarten Waldregionen Baaralb und Schwarzwald und im Kontext der damaligen Grenze zu den landwirtschaftlich ertragreichen Gebieten der Oberen Gäue in Württemberg zu bewerten.

4.4 Entwicklung der Siedlungsstruktur

Parallel zu den Veränderungen in der Landwirtschaft setzten in der Siedlungsentwicklung grundlegende Veränderungen ein. Wesentliche Einflussgrößen sind dabei die Bevölkerungsentwicklung, der Prozess der Suburbanisierung und der damit verbundene Flächenverbrauch.

Bevölkerungszunahme Ähnlich wie im Landesdurchschnitt zeigt sich im Baar-Raum eine Bevölkerungszunahme zwischen 1950 und 1993. In dieser Zeit stieg die Bevölkerungszahl von 124,5 Einwohnern pro km² auf 202,5 Einwohner pro km². Der Landesdurchschnitt liegt bei 283,1 Einwohnern pro km². Die Baar ist damit im Mittel weniger dicht besiedelt als Baden-Württemberg.

Von der Bevölkerungszunahme profitierten insbesondere die städtischen Industrie- und Dienstleistungsorte Villingen-Schwenningen und Donaueschingen. Deren Einwohnerzahl nahm zwischen 1950 und 1970 um ca. ein Drittel zu. Nachdem in den 70er Jahren in Villingen und Schwenningen eine abnehmende Entwicklung der Bevölkerungszahlen zu beobachten war, ist seit den 80er Jahren erneut eine leichte Zunahme zu verzeichnen (Reichelt 1995: 113).

Umlandgemeinden Eine deutliche Bevölkerungszunahme konnten auch die Umlandgemeinden der größeren Städte wie z.B. Marbach, Pfaffenweiler, Hüfingen oder Bräunlingen feststellen. Deren Einwohnerzahl hatte sich zwischen 1950 und 1990 verdoppelt, zum Teil auch verdreifacht.

Ländliche Gemeinden Ländlich geprägte Gemeinden ohne günstige verkehrstechnische Anbindung mit größerer Entfernung zu den Industrie- und Dienstleistungsorten, wie z.B. Behla, Biesingen oder Hausen, wiesen eine stagnierende, teilweise auch rückläufige Bevölkerungsentwicklung auf (Reichelt 1995: 110).

Die Flächeninanspruchnahme hat auf der Baar, wie in ganz Deutschland, überproportional zur Bevölkerungsentwicklung zugenommen. Während die Bevölkerung im Schwarzwald-Baar-Kreis zwischen 1950 und 1993 um ca. 38 % angestiegen ist, hat sich die Siedlungsfläche im gleichen Zeitraum verdoppelt. Vor allem in den Umlandgemeinden der größeren Städte hat sich die in Anspruch genommene Fläche verdoppelt bis vervierfacht (Reichelt 1995: 110).

Flächeninanspruchnahme

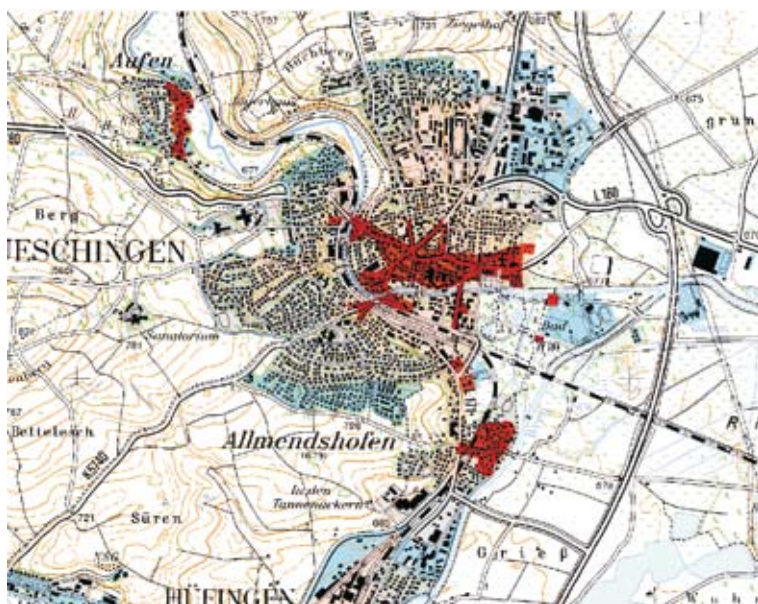


Diese Entwicklung ist unter dem Aspekt interessant, dass in Villingen und Schwenningen trotz des zeitweisen Rückgangs der Bevölkerung in den 70er Jahren eine stetige Zunahme der Siedlungsfläche zu beobachten ist. Die Flächeninanspruchnahme erfolgt dabei fast ausschließlich auf Kosten der Landwirtschaftsfläche.

Überproportionale Zunahme

Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich in Donaueschingen ab (Abb. 10). Ausgehend von dem bereits 1878 vorhandenen Siedlungskern hat sich die Siedlungsfläche in drei Phasen jeweils nahezu verdoppelt.

Beispiel Donaueschingen



Städtebauliche Entwicklungsphasen

- Kernstadt (bis 1878)
- Ausbauphase bis 1939
- Ausbau bis 1975 / 78
- Ausbau bis 1999
- Weitere Nutzungen, z.B. Seen

Abb. 10
Flächeninanspruchnahme in Donaueschingen
Quelle: LRA Schwarzwald-Baar.Kreis

Die Entwicklung der zunehmenden Flächeninanspruchnahme auf der Baar ist landesweit zu beobachten. In der Zeit von 1997 bis 2000 wurden in Baden - Württemberg täglich 12 ha für Siedlungs- und Verkehrsfläche in Anspruch genommen. Von 1993 bis 1996 lag der Vergleichswert bei 10,2 ha (Statistisches Landesamt BW: 2002).

Landesweite Entwicklung

4.5 Flächeninanspruchnahme und Flächennutzungsplanung

Unterstellt man, dass sich die Entwicklung der Flächeninanspruchnahme weiterhin fortsetzt, ist damit zu rechnen, dass die Siedlungs- und Verkehrsfläche bis 2010 täglich um voraussichtlich 11,9 - 13,5 ha, von 2010 bis 2015 um 8,9 - 13,0 ha täglich anwachsen wird (Statistisches Landesamt BW: 2002).

Erschließung neuer Flächen



Die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist hauptsächlich auf den Wohnungsbau und die Erschließung neuer Gewerbe- und Industriegebiete zurückzuführen.

Gründe für diese Zunahme liegen in der Regel in den wachsenden Ansprüchen an Wohnraum, Gewerbe, Industrie und Infrastruktur. Wesentlich ist u.a., dass Familien mit dem Wunsch nach einem Häuschen im Grünen in das nahe gelegene Umfeld ziehen, da dort in der Regel Bau- und Mietpreise günstiger sind.

Verstärkt wird dieser Prozess dadurch, dass Investoren im Umland günstigere Grundstückspreise und Gewerbesteuern erwarten und Sanierungskosten vermeiden können. Dadurch werden Gewerbebrachen meist nicht erneut genutzt, sondern neue Standorte auf der ‚grünen Wiese‘ ausgewiesen.

Funktionsverlust von Böden



Mit der zunehmenden Inanspruchnahme bislang unverbauter Böden ist nach ökologischen Gesichtspunkten ein Verlust der natürlichen Bodenfunktionen verbunden. Ein ausgebaggelter oder versiegelter Boden kann weder seine Regelungsfunktionen im Wasserhaushalt noch andere natürliche Funktionen erfüllen.

Neben dem unmittelbaren Verlust an fruchtbarem Boden zieht der Flächenverbrauch eine Reihe von Folgewirkungen nach sich, darunter die Zersiedelung und Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, den Verlust von Lebensräumen für Flora, Fauna und Erholung, das Schaffen von Barrieren in der Landschaft oder die Veränderung des Kleinklimas.

Flächenverbrauch

Bedingt durch den Funktionsverlust von Böden und Landschaft hat sich der Begriff Flächenverbrauch eingebürgert, auch wenn Flächen an sich nicht verbraucht, sondern umgenutzt werden und diese Umnutzung aus rein ökonomischen Gesichtspunkten als Wertsteigerung bewertet wird.

Ziele der Raumplanung

Um die zunehmende Inanspruchnahme von Böden zu begrenzen und die verschiedenen Ansprüche aufeinander abzustimmen, werden in der Raumplanung Flächen ausgewiesen, die nach entsprechenden Vorgaben genutzt bzw. bebaut werden können. Ziele der Raumplanung – und im Speziellen der Flächennutz-

zungsplanung – sind dabei die sinnvolle Siedlungslenkung und die Schaffung bzw. Erhaltung möglichst gleichwertiger Lebensbedingungen.

Zu den Grundsätzen der Raumplanung zählt die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen. Das beinhaltet neben der Sicherung ausreichender Trinkwasservorräte und der Reinhaltung von Luft und Wasser auch den Schutz des Bodens (§ 2 Abs. 2 ROG).

Dass mit Boden sparsam und schonend umgegangen werden soll und Bodenversiegelungen auf ein notwendiges Maß zu begrenzen sind, ist neben dem Raumordnungsgesetz auch im Baugesetzbuch in der so genannten ‚Bodenschutzklausel‘ festgelegt (§ 1a Abs. 1 BauGB).

Um den sparsamen und schonenden Umgang mit Böden zu fördern, werden als Ansätze zum vorsorgenden Bodenschutz unter anderem Maßnahmen zum Flächenressourcenmanagement, wie z.B. das Brachflächenrecycling oder Entsiegelungsmaßnahmen gefordert (Kap. 10).

Im Vordergrund stehen die kontrovers diskutierten Fragen, mit welchen Maßnahmen die derzeit hohe Flächeninanspruchnahme in Baden-Württemberg reduziert und Boden als begrenzte Ressource erhalten werden kann. Eine wesentliche Forderung richtet sich dabei auf die Berücksichtigung der natürlichen Bodenfunktionen in der Planung. Bei weiterhin hoher Flächeninanspruchnahme (derzeit 8,8 ha/d) weist der aktuelle Trend auf eine Reduktion hin, der jedoch in hohem Maß durch das schwache Wirtschaftswachstum und die schlechte Baukonjunktur der letzten Jahre bedingt sein dürfte.

Ziel aus Sicht des Bodenschutzes ist der Erhalt der Bodenfunktionen. Demnach wäre es anzustreben, die Siedlungsentwicklung auf Gebiete zu lenken, die keine hohen oder sehr hohen natürlichen Bodenfunktionen erfüllen.

Der Erhalt wertvoller und seltener Böden sollte dabei in der Planung mit derselben Bedeutung wie die Reinhaltung von Luft und Wasser berücksichtigt werden. Die Bodenfunktionskarten geben hierzu wertvolle Hinweise (Kap. 5).

Bodenschutzklausel

Vorsorgender Bodenschutz

Schutzgut Boden

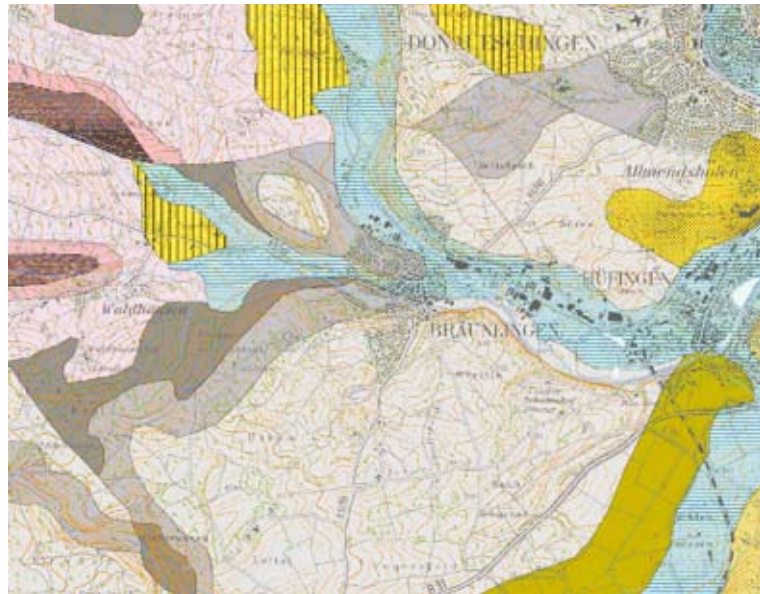


4.6 Bodeneigenschaften, Landnutzung und Siedlungsstruktur – Das Beispiel Bräunlingen

Geologie um Bräunlingen

Am Beispiel der Umgebung südöstlich von Donaueschingen lassen sich die beschriebenen Prozesse zusammenfassend gut darstellen. Die Gemeinde Bräunlingen befindet sich im Übergangsbereich vom Buntsandstein (rosa) zum Muschelkalk (grau) und erreicht im Südwesten die Keuperschichten (grün). Der Siedlungskern ist auf den Auensedimenten der Breg (blau) entstanden.

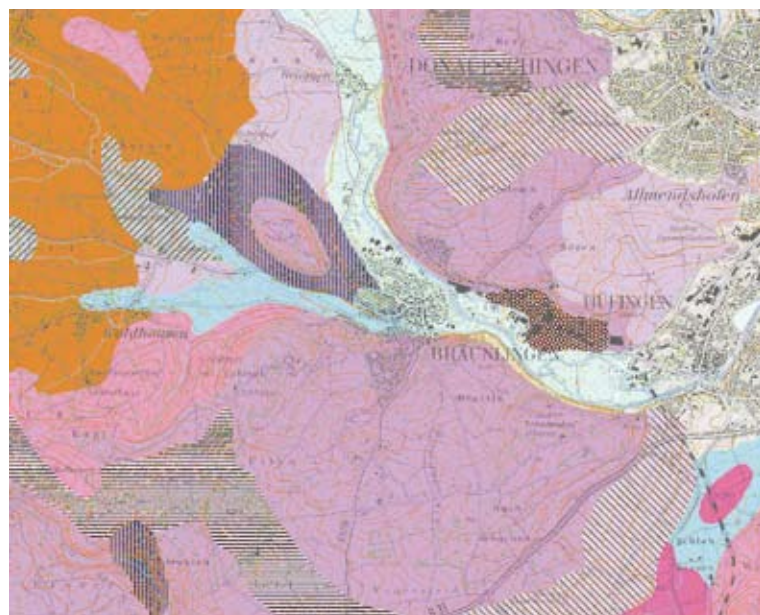
Abb. 11
Geologie
(Ausschnitt Bräunlingen)



Bodengesellschaften

Die Bodengesellschaften im Bereich von Bräunlingen reichen von häufig podsolierten oder pseudovergleyten Braunerden aus sandig-lehmigen Fließerden des Oberen Buntsandsteins (braun) zu Rendzinen und Braunerde-Rendzinen auf Kalksteinzersatz im Oberen Muschelkalk (pink). Im Keuper findet sich ein Mosaik verschiedener Bodenformen.

Abb. 12
Bodengesellschaften
(Ausschnitt Bräunlingen)



Auf den tendenziell nährstoffarmen und sauren Braunerden des Buntsandsteins ist vorwiegend Wald vorhanden. Auf den Rendzinen im Muschelkalk dominiert dagegen die Ackernutzung und in den Auenbereichen findet man weitgehend Grünland.

Aktuelle Bodennutzung



Abb. 13
Aktuelle Bodennutzung
(Ausschnitt Bräunlingen)

Vergleicht man die heutige Bodennutzung mit der Nutzung der Jahre 1951/52, zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung in der Aufteilung von Grünland, Acker und Wald. Die Keuperflächen wurden 1951/52 allerdings zu einem großen Anteil als Grünland genutzt. Unterschiede zeigen sich auch im Anbau der Kulturpflanzen. Auf den in Abbildung 14 dunkelrot markierten Flächen südlich von Bräunlingen dominierte in den 50er Jahren die Luzerne als Anbaupflanze, die heute auf der Baar bedeutungslos geworden ist.

Bodennutzung in den Jahren 1951 / 52



Abb. 14
Bodennutzung 1951/52
(Ausschnitt Bräunlingen)
Quelle: Krause/Reichelt
(1951/52): Kartierung zur
Erfassung der realen Vege-
tation

Luftbildvergleich

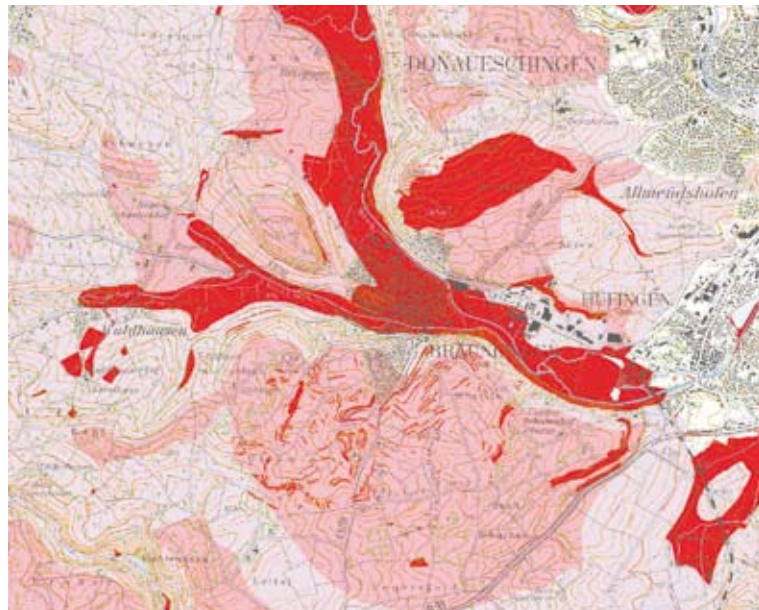
Eine deutliche Veränderung gegenüber den 50er Jahren zeigt sich im Luftbildvergleich auch in der Parzellenstruktur. Die vor der Flurbereinigung zersplitterten Fluren wurden in den 70er Jahren zu größeren Einheiten zusammengefasst und konnten so effektiver bearbeitet werden. Im Vergleich zu Flächen in Ost- und Norddeutschland wirken die Parzellen allerdings noch immer sehr zersplittert.

Abb. 15
Luftbild
(Ausschnitt Bräunlingen)

**Bodenfunktionsbewertung**

Legt man der bestehenden Nutzung die in Kapitel 5 beschriebene aggregierte Auswertungskarte der Bodenfunktionen zu Grunde, so zeigt sich, dass der Siedlungskern von Bräunlingen auf den als Bodenvorranggebiete rot gekennzeichneten Auengebieten der Breg gegründet wurde. Die in einem mittleren Rotton markierten Flächen um Bräunlingen weisen aufgrund ihrer Archiv- und Lebensraumfunktion ebenfalls eine hohe Schutzwürdigkeit auf (Kap. 5).

Abb. 16
Bodenfunktionskarte
(Ausschnitt Bräunlingen)



5 BODENFUNKTIONEN – BEWERTUNG DER SCHUTZWÜRDIGKEIT VON BÖDEN

Böden erfüllen verschiedene Funktionen, die in § 2 BBodSchG genannt sind. Wesentlich sind zum einen die Nutzungsfunktionen von Böden, z.B. als Standorte für die wirtschaftliche Nutzung, für Siedlung, Verkehr und Freizeit, aber auch als Produktionsgrundlage für die Land- und Forstwirtschaft und die Rohstoffgewinnung.

Zum anderen erfüllen Böden wichtige natürliche Funktionen im Naturhaushalt und als Grundlage der menschlichen Kulturentwicklung, die nach § 1 BBodSchG nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen sind. Dazu zählen die Funktionen von Böden

- als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers
- sowie die Funktion von Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.

Ziel des Bodenzustandsberichts ist eine räumliche Ausweisung und Bewertung der Bodenfunktionen. Um die allgemein im Bodenschutzgesetz formulierten natürlichen Bodenfunktionen in der Raumplanung zu berücksichtigen, werden sie in fünf Teilfunktionen unterschieden und auf der Basis vorhandener, digitaler Datengrundlagen bewertet (Abb. 17).

Nutzungsfunktionen

Natürliche Bodenfunktionen



Archivfunktion

Bodenfunktionen bewerten

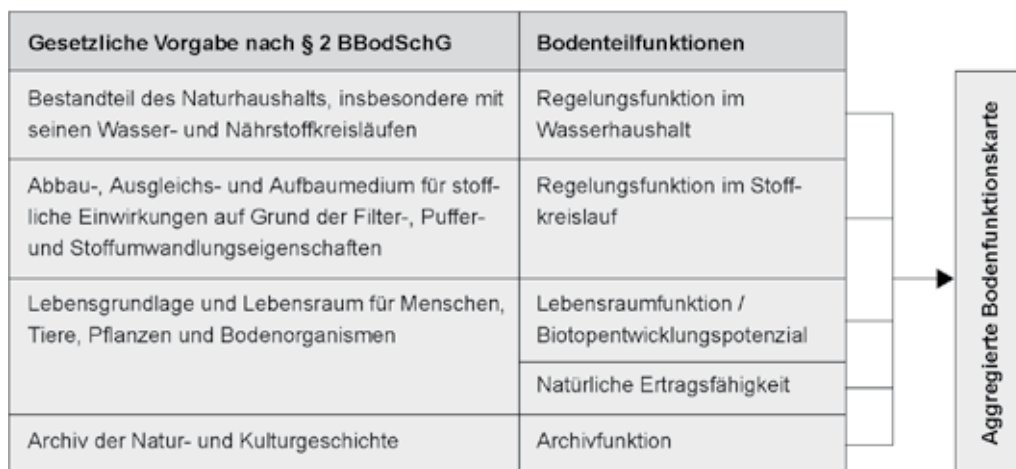


Abb. 17
Aggregation von Bodenfunktionsräumen

Maßstab Da die Bewertungsgrundlagen in der Regel aus der für den Maßstab 1:200.000 ausgelegten Bodenübersichtskarte stammen, mit der Bodenleitgesellschaften ausgewiesen werden, unterliegen die ausgewiesenen Flächen einer maßstabs- und kartierbedingten Unschärfe. So können in Gebieten, die in den Bodenfunktionskarten als gering bedeutend bewertet sind, einzelne kleinere Flächen enthalten sein, die eine hohe oder sehr hohe Leistungsfähigkeit aufweisen. Die Funktionskarten stellen in der Planung daher wertvolle Orientierungshilfen dar und dienen als Handlungsempfehlungen, die im Einzelfall jedoch geprüft werden sollten.

5.1 Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt

Böden haben durch ihre Fähigkeit, Niederschlagswasser aufzunehmen und zwischenzuspeichern, einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt: Sie sind an der Grundwasserneubildung beteiligt und stellen als Niederschlagspeicher der Vegetation das notwendige Wasser zur Verfügung.

Speicherkapazität von Niederschlägen



Im Einzugsgebiet von Flüssen ist die Speicherfähigkeit der Böden von besonderer Bedeutung, da sie bei hohen Niederschlagsmengen Regenwasser aufnehmen und dadurch sowohl den Oberflächenabfluss als auch die Hochwassergefährdung verringern.

Ein vermehrter Oberflächenabfluss – z.B. durch Verdichtung oder Versiegelung der Bodenoberfläche – führt neben einer erhöhten Hochwassergefahr zu weiteren negativen Folgen wie Erosion oder dem Eintrag von Fremdstoffen in Oberflächengewässer.

Im Sinne des vorsorgenden Boden- und Hochwasserschutzes ist es daher notwendig, Böden mit hohem Wasserrückhaltevermögen, d.h. mit einer hohen Infiltrations- und Speicherfähigkeit in ihren Funktionen zu erhalten. Dies ist insbesondere wichtig, da im Baar-Raum das Einzugsgebiet von Donau und Neckar liegt.

Schützenswerte Böden

Als schützenswert werden Böden eingestuft, die für den Wasserhaushalt von besonderer Bedeutung sind. Dies betrifft Böden, die aufgrund ihres Retentions- und Speichervermögens Niederschläge aufnehmen und somit die Hochwassergefährdung reduzieren können. Die Regelungsfunktionen der Böden im Wasserhaushalt werden in Karte 3 dargestellt.

Die maßgeblichen Kenngrößen zur Bewertung bilden die ‚nutzbare Feldkapazität‘ und die Wasserleitfähigkeit von Böden. Je wasserdurchlässiger Böden sind, desto rascher können Niederschläge versickern.

Böden werden zusätzlich zu ihrem Wasserspeichervermögen durch Grundwasser und Überschwemmungen beeinflusst. Aufgrund der Bedeutung von potenziellen Überschwemmungsflächen als Retentionsflächen für den Hochwasserschutz, werden Böden mit Überschwemmungseinfluss in die Bewertung einbezogen und in ihrer Funktion als ‚sehr hoch‘ eingestuft.

Diese Bewertung berücksichtigt, dass Böden unabhängig von ihrem Wasserspeichervermögen als Indikator für potenzielle Überschwemmungsflächen in der Raumplanung relevant sind. Beispiele aus dem Baar-Raum zeigen, dass sich die beiden Eigenschaften ergänzen können. So sind die kalkhaltigen braunen Auenböden aus Auenlehm in der Riedbaar wichtig als Retentionsfläche und weisen zusätzlich eine hohe Wasserspeicherkapazität auf.

Überschwemmungseinfluss



Steuerfaktoren zur Bestimmung der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt:

- *Nutzbare Feldkapazität als Indikator für die Speicherfähigkeit, d.h. für die Möglichkeit zur Rückhaltung von Wasser gegen die Schwerkraft im Porensystem des Bodens*
- *Wasserleitfähigkeit als Indikator für die Möglichkeit zur Weiterleitung von Wasser in den Untergrund bzw. Grundwasserleiter*
- *Hangneigung als Indikator für das Verhältnis zwischen Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Infiltration von Niederschlagswasser*
- *Luftkapazität als Indikator für die Möglichkeit zur raschen Aufnahme von Wasser*

- *Überschwemmungs- und Grundwassereinfluss als Indikator für potenzielle Retentionsflächen zum Hochwasserschutz*

(vgl. Methodendokumentation)

Experteninfo

Nach dem Boden-Bewertungs-System (BoBeS) der Landesanstalt für Umweltschutz werden Böden ohne Überschwemmungs- und Grundwassereinfluss bewertet (LfU 2003e). Dabei werden z.B. im Bereich des Donaurieds bei Donaueschingen die Böden mit der Kategorie ‚hoch‘ anstelle von ‚sehr hoch‘ bewertet.

Bewertung nach BoBeS

Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt

Bewertung der Bodenfunktion

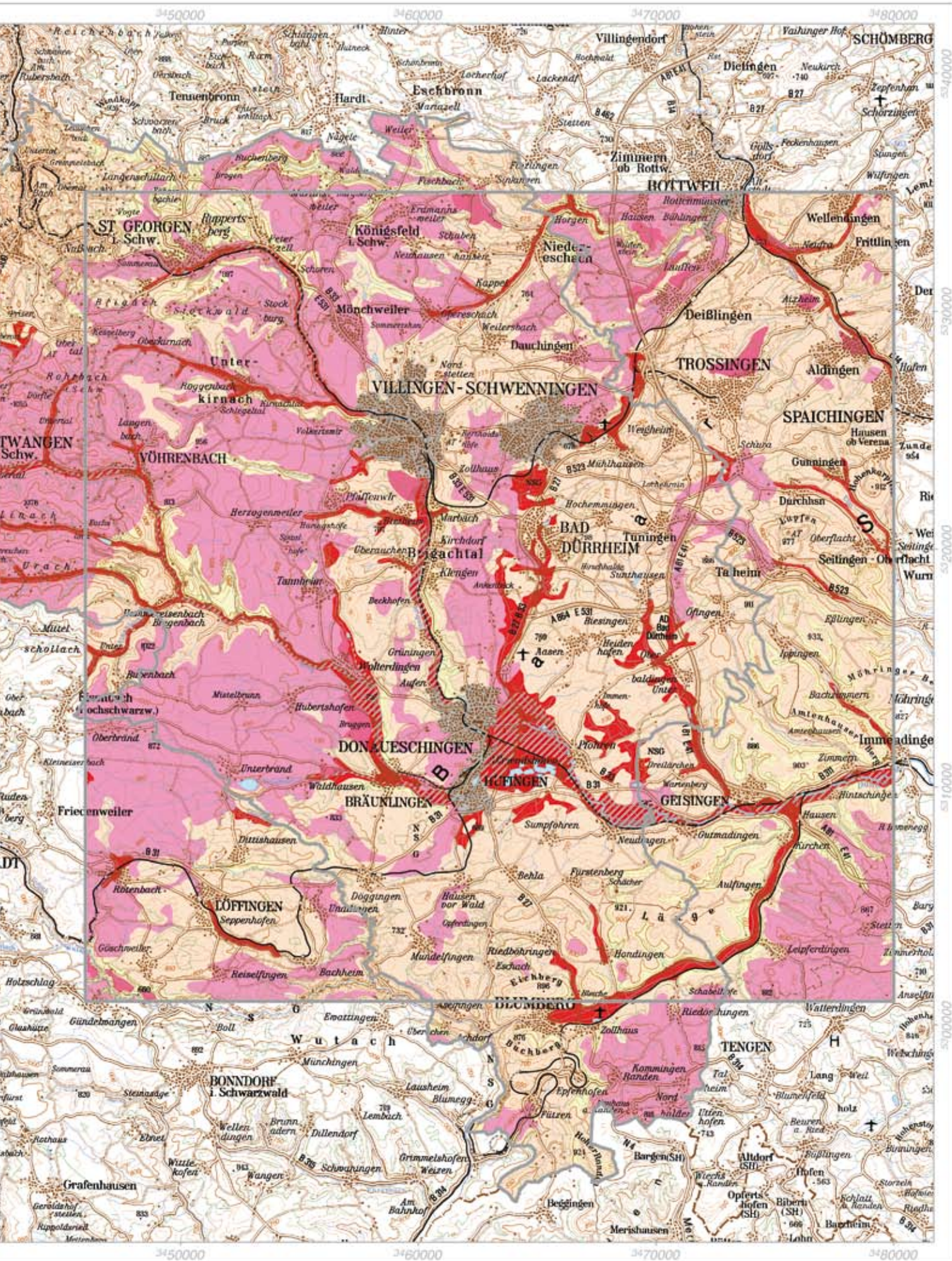
- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

- Ortslagen
- Überschwemmungsbereiche
- Untersuchungsgebiet



Karte 3:
Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



5.2 Filter- und Pufferwirkung – Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt

Böden haben durch ihre Fähigkeit, Stoffe chemisch zu puffern und physikalisch-mechanisch zu filtern, eine wesentliche Bedeutung im Stoffhaushalt und insbesondere für den Schutz des Grundwassers.

Filter- und Pufferkapazität

Seit Beginn der Industrialisierung werden durch menschliche Aktivitäten Stoffe freigesetzt und durch die Landnutzung ausgebracht. Fremd- und Schadstoffe, die auf und in die Böden gelangen, können unter ungünstigen Bedingungen nicht nur die Bodenfunktionen beeinträchtigen, sondern auch auf Menschen und Ökosysteme z.B. auf die Wasserqualität zurückwirken. Wesentlich, v.a. für den Grundwasserschutz, sind daher die Filter- und Pufferfunktionen von Böden.

Filtern bedeutet dabei, dass Schadstoffe während der Tiefenverlagerung in Böden ähnlich einem Sieb in deren Porensystem zurückgehalten werden. Puffern bedeutet, dass Schadstoffe im Boden durch chemisch bedingte Absorptionsvorgänge nicht mehr mobil sind, d.h. umgewandelt, gefällt oder zurückgehalten werden bzw. durch Bodenorganismen ab- oder umgebaut werden.

Schadstoffe binden



Je nach Bodeneigenschaften werden Fremd- und Schadstoffe, insbesondere anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle, an die Bodenmatrix gebunden (Kap. 8.1).

Von Bedeutung für die Filter- und Pufferfunktion von Böden sind im Wesentlichen der Carbonatgehalt und der pH-Wert als Säurezeiger, da die meisten Schwermetalle erst im sauren Bodenmilieu verstärkt freigesetzt werden.

Weiterhin haben Tongehalt und -menge in Böden einen Einfluss auf die Schadstoffmobilität, da vor allem Schwermetalle an Tonminerale gebunden werden.

Humusgehalt und -menge beeinflussen ebenfalls die Filter- und Pufferfunktion von Böden. Insbesondere organische Stoffe, wie Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden an die organische Substanz im Boden gebunden.

Grund- und Stauwassereinfluss

Zu berücksichtigen sind auch die hydromorphen Merkmale in Böden. Bei Grund- oder Stauwassereinfluss, z.B. in Gleyen und Pseudogleyen sind reduzierende Verhältnisse vorhanden, unter denen sich Schadstoffe (insbesondere Schwermetalle und Arsen) anreichern können. Vor allem bei Gleyen, die stark grundwasser geprägt sind, ist wegen fehlender Schutzschichten zum

Grundwasser in der Regel eine geringe Filter- und Pufferfunktion vorhanden.

Wasserlösliche Stoffe wie Nitrat werden im Boden nicht gebunden. Sie sind im Bodenwasser gelöst und werden mit dem Sickerwasser ins Grundwasser ausgewaschen.

Böden werden in ihrer Leistungsfähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe als hoch bewertet, wenn sie Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf entfernen, zurückhalten oder abbauen und wenn sie eine hohe Säurepufferkapazität aufweisen (UVM 1995: 6).

Die Bewertung erfolgt nach dem Boden-Bewertungs-System (BoBeS) auf der Grundlage des Leitfadens zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit des UVM (1995: 27) und ist in Karte 4 dargestellt.

Die Gesamtbewertung der Filter- und Pufferkapazität setzt sich dabei zusammen aus

- der Filter- und Pufferkapazität von Böden gegenüber anorganischen Schadstoffen,
- der Filter- und Pufferkapazität von Böden gegenüber organischen Schadstoffen sowie
- der Filter- und Pufferkapazität von Böden gegenüber Säuren.

Leistungsfähigkeit



Gesamtbewertung

Steuerfaktoren zur Bestimmung der Regelungsfunktion Stoffhaushalt

- *Filter und Puffer: anorganische Schadstoffe*
Berücksichtigt werden pH-Wert, Tongehalt (und -menge), Humusgehalt (und -menge) sowie hydromorphe Merkmale
- *Filter und Puffer: organische Schadstoffe*
Berücksichtigt werden Tongehalt (und -menge), Humusgehalt (und -menge), hydromorphe Merkmale sowie die Humusform (Mull, Moder, Rohhumus)
- *Filter und Puffer: Säuren*
Berücksichtigt werden pH-Wert und / oder Carbonatgehalt, Tongehalt (und -menge) sowie Humusgehalt (und -menge)

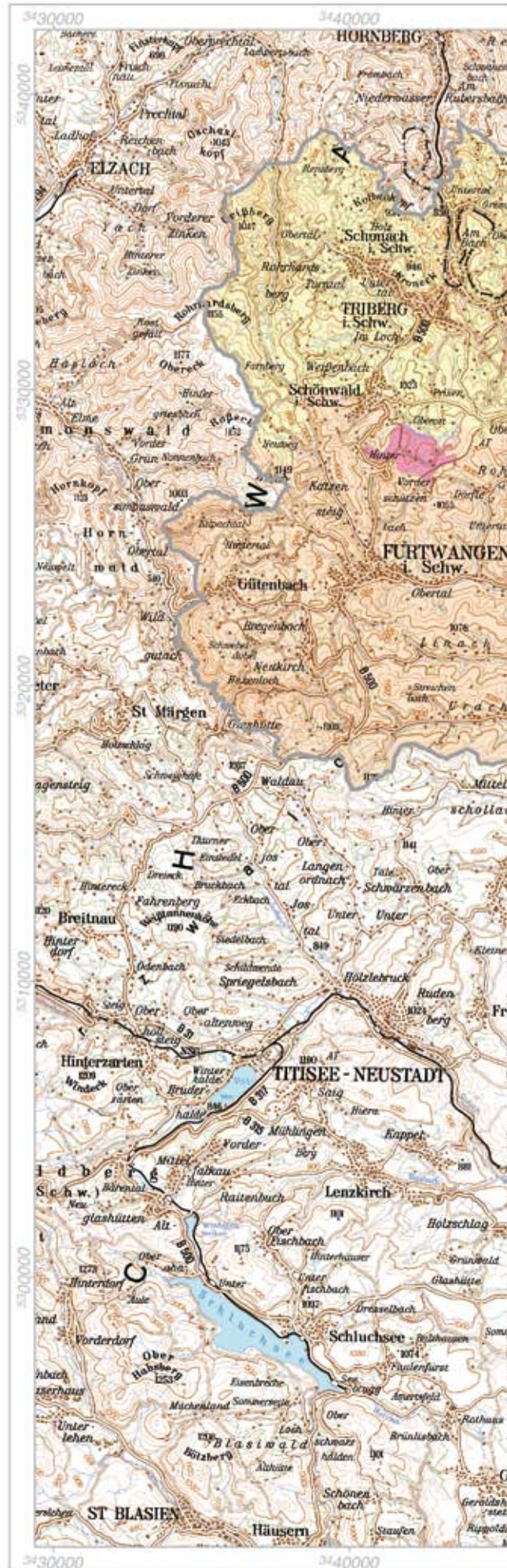
Experteninfo

Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt

Bewertung der Bodenfunktion

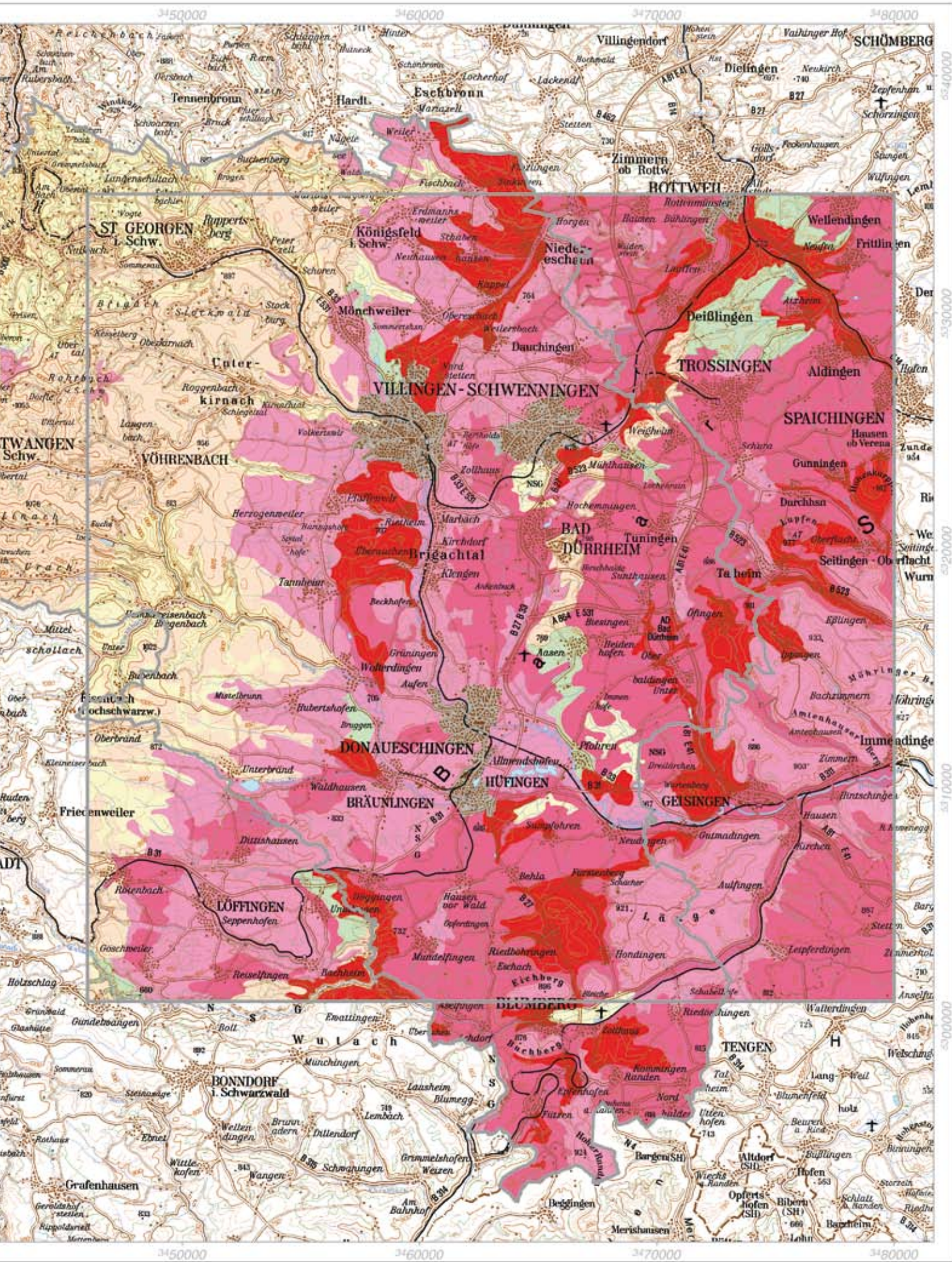
- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering
- stark wechselnd

- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 4:
Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



5.3 Lebensraumfunktion von Böden und Biotopentwicklungspotenzial

Die natürliche Vegetation wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Neben Klima und Relief bestimmen auch Bodeneigenschaften, wie z.B. das Wasser- und Nährstoffangebot der Böden maßgeblich, welche Pflanzengesellschaften auf bestimmten Standorten vorherrschen.

Veränderung der Naturlandschaft



Mit der wirtschaftlichen Nutzung des Bodens durch den Menschen ist die natürliche Vegetation und Naturlandschaft stark verändert worden. Verschiedene Pflanzengesellschaften wurden zurückgedrängt und sind heute selten geworden, während andere Pflanzengesellschaften gefördert wurden und das Landschaftsbild dominieren. Reduziert und mittlerweile selten geworden sind vor allem Lebensräume, die extreme Umweltbedingungen aufweisen, wie Feucht- und Trockenstandorte oder sehr nährstoffarme Standorte.

Seltene Lebensgemeinschaften



Durch die Verringerung von Standorten mit extremen Umweltbedingungen wurden auch die Lebensräume für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen reduziert. Die Lebensraumfunktion von Böden steht somit in enger Verbindung mit den Schutzziele des Arten- und Biotopschutzes.

Schützenswert sind dementsprechend Böden, auf denen das Potenzial für eine Entwicklung von seltenen Lebensgemeinschaften vorhanden ist. Diese Standorte sind teilweise als Biotope unter Schutz gestellt. Um neben den bestehenden Biotopen auch das Potenzial für die Wiederherstellung von Standorten und Biotopverbänden abschätzen zu können, ist das Wissen über Böden mit besonderen Lebensraumfunktionen notwendig.

Biotopentwicklungspotenzial

Das Biotopentwicklungspotenzial ist dabei umso größer einzuschätzen, je stärker sich der untersuchte Standort von den weit verbreiteten Normalstandorten unterscheidet. Im Allgemeinen bieten Standorte mit Extrembedingungen, d.h. nasse, trockene oder nährstoffarme Standorte, gute Voraussetzungen für die Entwicklung einer stark spezialisierten Vegetation. Gefährdete Arten gehören bevorzugt Biotoptypen an, die auf Extremstandorte ausweichen mussten (WaBoA 2001: Abschn. 4.13).

Zur Bestimmung des Standortpotenzials der Böden für die natürliche Vegetation werden als Einflussgrößen die Bodenformen bzw. Bodengesellschaften sowie das Wasser- und Feuchteregime und die Nährstoffversorgung von Böden herangezogen.

Die Lebensraumfunktion von Böden und ihr Biotopentwicklungspotenzial sind in Karte 5 dargestellt.

Bewertung



Steuerfaktoren zur Bestimmung der Lebensraumfunktion:

- *Bodenform bzw. Bodengesellschaft als integrierender Indikator für Standortbedingungen, die typische Lebensräume seltener Tiere und Pflanzen darstellen*
- *Bodenwasserhaushalt als Indikator zur Differenzierung trockener, wechselfeuchter und stark wasserbeeinflusster Lebensräume*
- *Nährstoffversorgung auf der Grundlage von Kationenaustauschkapazität, nutzbarer Feldkapazität und Bodenart als Indikator zur Differenzierung nährstoffarmer und nicht-nährstoffarmer Lebensräume*

(vgl. Methodendokumentation)

Experteninfo

Böden bilden nicht nur die Lebensgrundlage für Pflanzen sondern sind auch der wesentliche Lebensraum für Bodenorganismen. Die Vielfalt der Bodenlebewesen, deren flächenhaftes Vorkommen, ihre Regenerationsfähigkeit und das Zusammenwirken der unterschiedlichen Arten sind komplex und Zusammenhänge mit Bodeneigenschaften bislang wenig erforscht, so dass eine Ableitung der Bodenfunktionen noch aussteht.

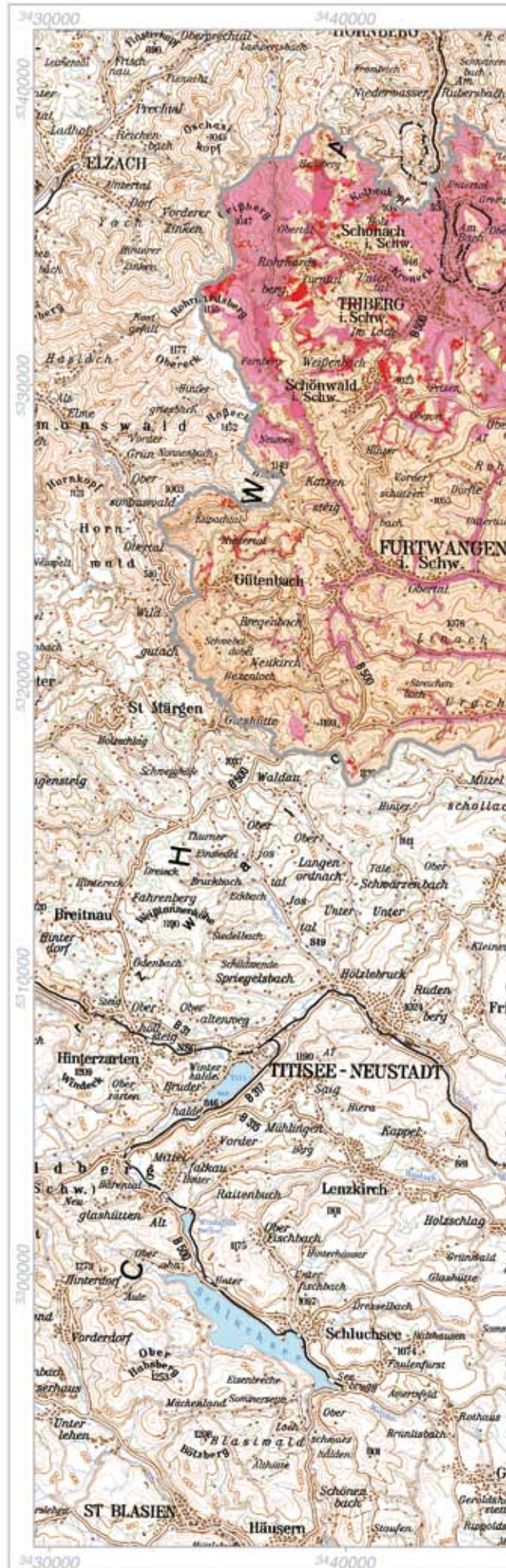
Bodenorganismen



Lebensraumfunktion von Böden

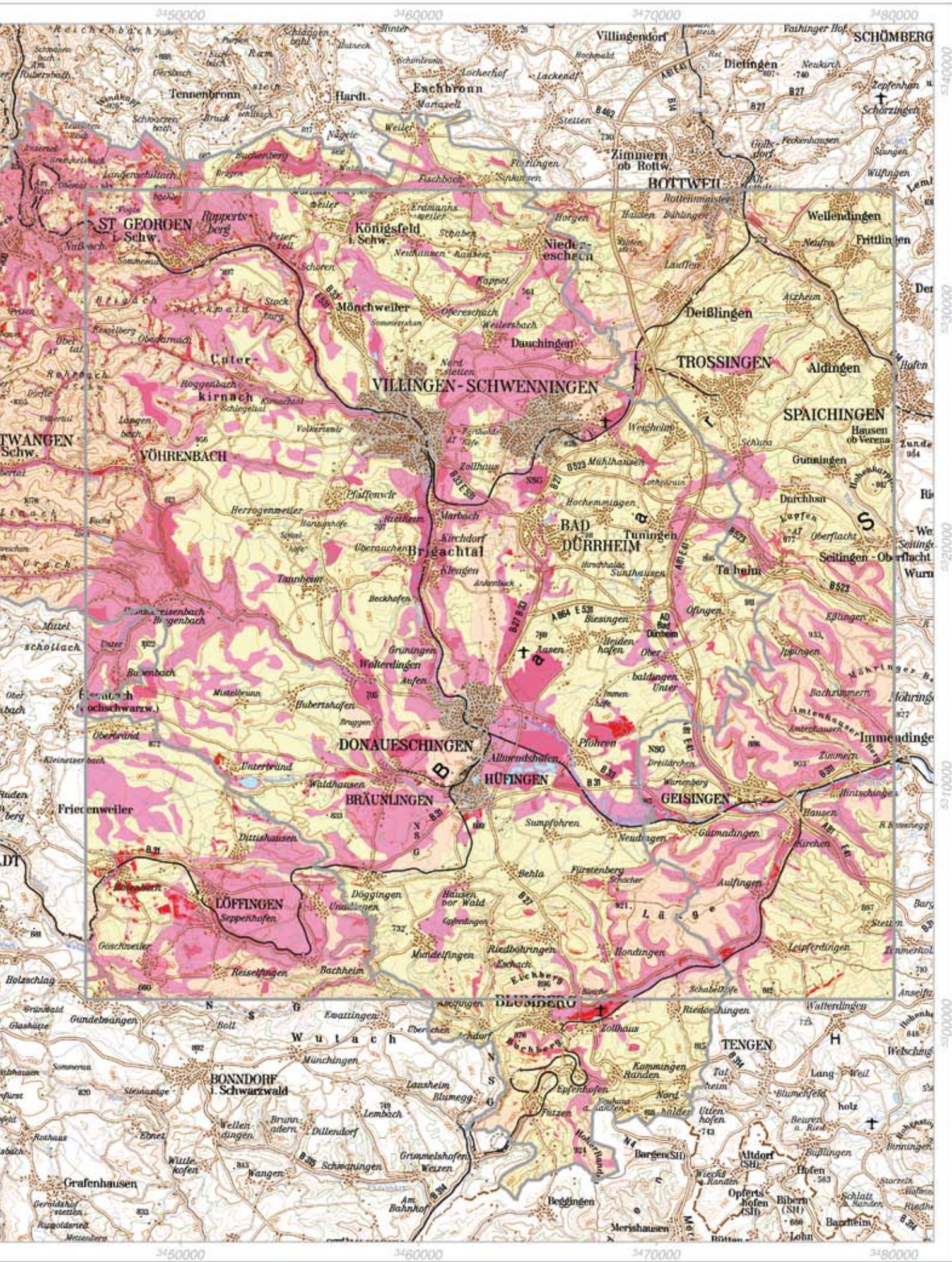
Bewertung der Bodenfunktion

- Biotope nach §24a NatSchG
- sehr hoch
- hoch
- mittel
- Normalstandorte
- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 5:
Lebensraumfunktion von Böden

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



5.4 Natürliche Ertragsfähigkeit

Die natürliche Ertragsfähigkeit bezeichnet das natürliche Vermögen von Böden zur Pflanzenproduktion. Die Ertragsfähigkeit bzw. Bodenfruchtbarkeit erfüllt damit als Teil der natürlichen Bodenfunktionen wesentliche Aufgaben im Naturhaushalt. Gleichzeitig ist sie ein wesentliches Kriterium zur Bewertung der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Ertragsfähigkeit



Böden mit einer hohen natürlichen Ertragsfähigkeit sind neben ihrer Funktion für den Naturhaushalt generell als Standorte für den Landbau geeignet. Eine landwirtschaftliche Nutzung ist unter erhöhtem Einsatz von Energie, Maschinen und chemischen Hilfsstoffen und je nach Sortenwahl auch auf ungünstigen Böden möglich. Unter dem Aspekt der nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung ist die Bewirtschaftung von Böden mit einer natürlichen hohen Ertragsfähigkeit vorzuziehen.

Bodenschätzung

Ein wesentliches Kriterium für die natürliche Ertragsfähigkeit bilden die Wertzahlen aus der Bodenschätzung nach dem Gesetz über die Bewertung des Kulturbodens vom 16.10.1934. Die Wertzahlen charakterisieren die Ertragsfähigkeit von Böden nach ihren Eigenschaften zur Pflanzenproduktion und berücksichtigen dabei Zu- und Abschläge für z.B. Klima und Relief (Kap. 10.5 Handlungsempfehlungen).

Wertstufen

Der maximal mögliche Wert beträgt 100 und weist auf eine sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit hin. Wertzahlen zwischen 61 und 41 deuten auf mittelmäßig gute Böden hin.

Wertstufe	V	IV	III	II	I
Bodenwertzahl	> 75	75 – 61	60 – 41	40 – 28	< 28

Tab. 8
Wertstufenzuordnung nach UVM (1995: 11)

In Tabelle 8 sind die Bodenwertzahlen dargestellt. Aus ihnen kann die Leistungsfähigkeit der Böden direkt abgeleitet werden (UVM 1995 und Gröngröft et al. 1999: 37). Wertstufe V weist auf sehr gute, Wertstufe I auf ungünstige Produktionsbedingungen hin.

Die Wertzahlen für die Böden der Baar überschreiten nur selten die Ackerzahl von 40 und sind damit in der Regel in die Wertstufe II (= nur hinreichende natürliche Produktionsbedingungen) eingeordnet (Reichelt 1995: 7). Im westlichen Baarschwarzwald liegen die Wertzahlen meist unter 20 und erreichen damit – wie in Kapitel 4 dargestellt – in der Regel nur die Wertstufe I (= ungünstige natürliche Produktionsbedingungen).

Die eher ungünstige Beurteilung der Böden der Baar im Rahmen der Bodenschätzung resultiert größtenteils aus den klimatischen Bedingungen der Baarmulde.

Um über diese Einschätzung hinaus eine ergänzende Differenzierung vorzunehmen, werden zur Bestimmung der natürlichen Ertragsfähigkeit die Böden nach ihren Bodeneigenschaften ohne direkten Bezug zu Klima und Relief bewertet. Die Bewertung der Bodenfunktion ist in Karte 6 dargestellt.

Den Bewertungsmaßstab bilden die Nährstoff- und Wasserversorgung von Böden sowie Einschränkungen in der Bodendurchlüftung und -durchwurzelbarkeit durch Stau- und Grundwassereinfluss (LGRB/RP FR Auswertekarte natürliche Bodenfruchtbarkeit BK25 Donaueschingen).

Steuerfaktoren zur Bestimmung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit:

- *Bodenwertzahlen als Indikator für die natürliche Ertragsfähigkeit*
- *Nutzbare Feldkapazität als Indikator für pflanzenverfügbares Wasser*
- *Kationenaustauschkapazität als Indikator für die Nährstoffversorgung*
- *Stau- und Grundwassereinfluss als Indikator für Einschränkungen der Bodendurchlüftung und -durchwurzelbarkeit*

(vgl. Methodendokumentation)

Wertzahlen im Baar-Raum

Bewertung

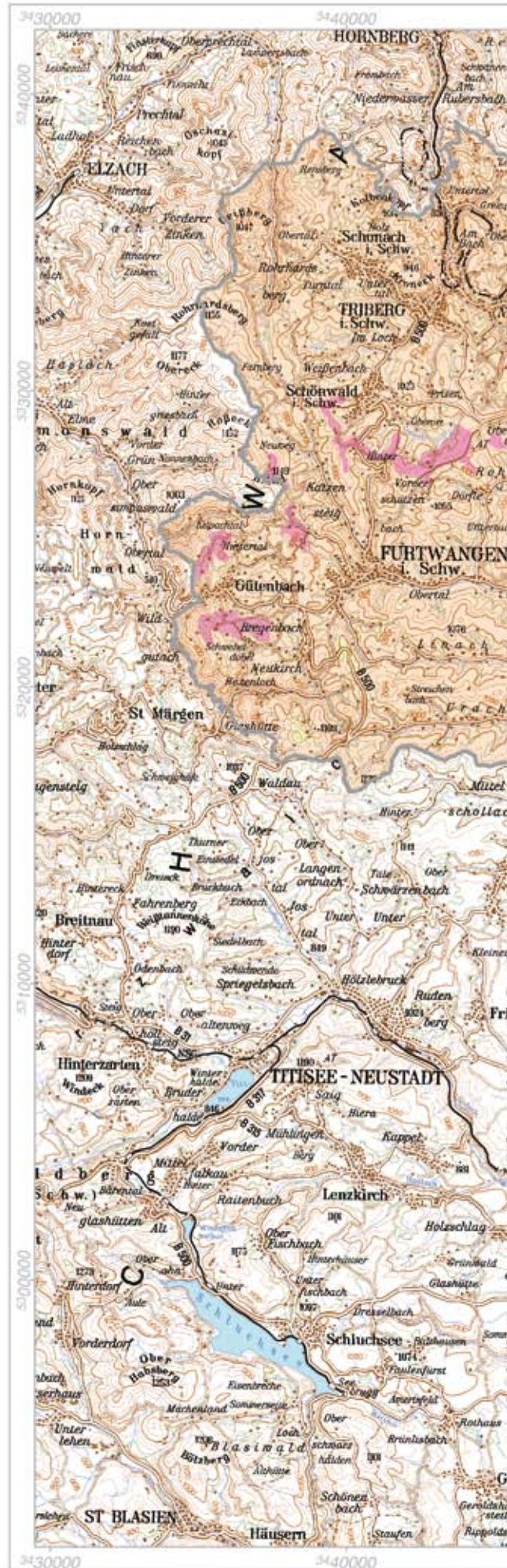


Experteninfo

Bodenfunktion natürliche Ertragsfähigkeit

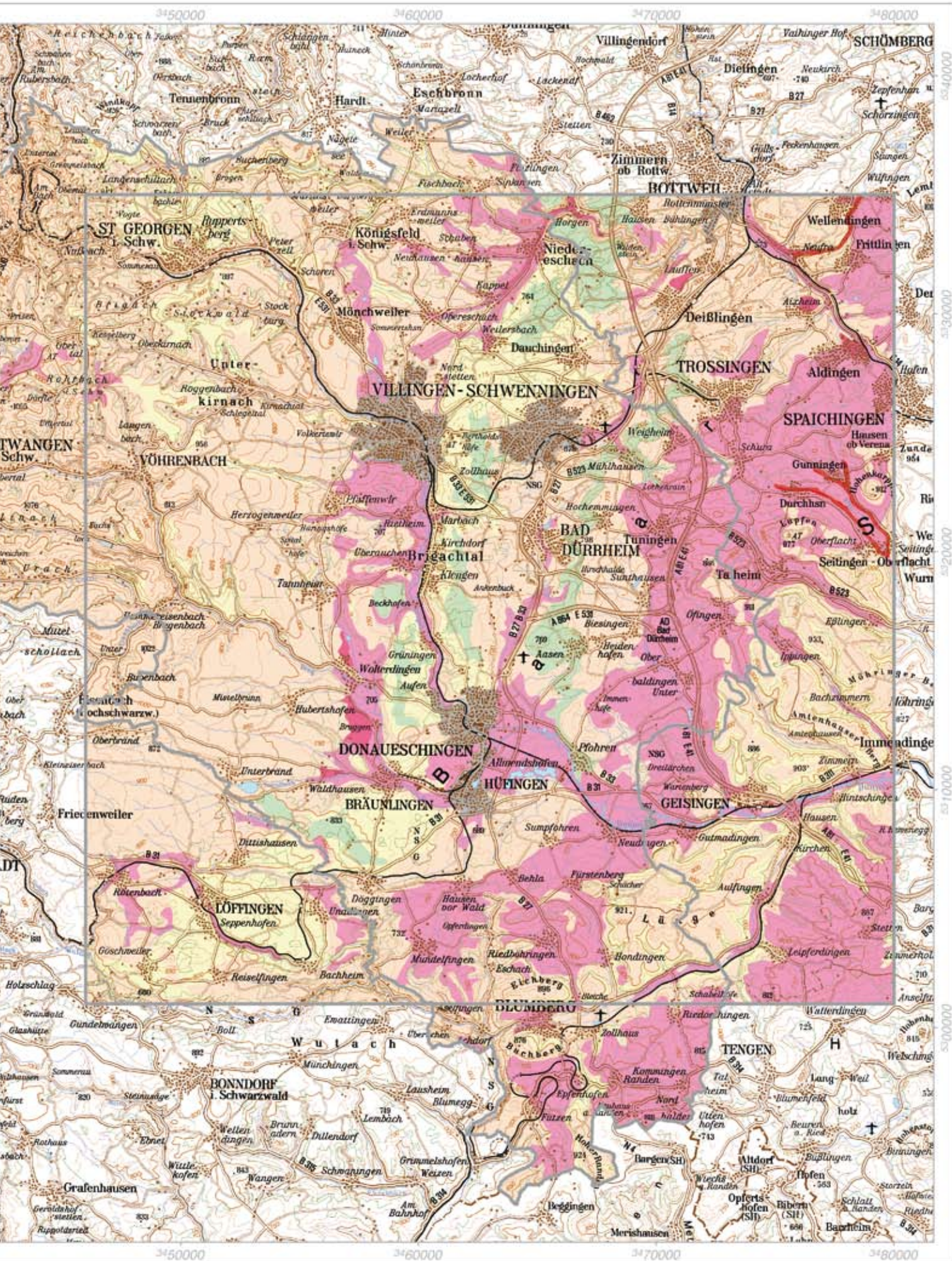
Bewertung der Bodenfunktion

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering
- stark wechselnd
- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 6:
Bodenfunktion natürliche Ertragsfähigkeit

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



5.5 Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Böden sind Zeugen der natur- und kulturräumlichen Entwicklung der Landschaft. Ausgangsgestein, Klima, Relief, Dauer der Bodenentwicklung und die Nutzung wirken sich auf die Bodeneigenschaften und -merkmale aus. Diese Merkmale sind oft bis in die Gegenwart zu erkennen, auch wenn ihre Entstehung lange zurückliegt.

Archiv Boden

Jeder Boden liefert durch seine Ausprägung und seinen Aufbau Hinweise auf die Umwelt- und Klimabedingungen während der Bodenentwicklung. Ebenso ermöglichen Böden je nach Ausprägung Rückschlüsse auf die ehemalige Nutzung durch den Menschen.

Geotope



Wie Böden bieten auch geologische Aufschlüsse wichtige Hinweise auf die vorherrschenden Umwelt- und Klimabedingungen in der Vergangenheit. Ein Geotourismusführer beschreibt die vorhandenen Geotope in Baden Württemberg (LGRB/RP FR 2002). Die Beschreibungen sind auch im Internet zugänglich. Aktuell erschienen ist eine Zusammenstellung der Geologischen Naturdenkmale im Regierungsbezirk Freiburg (LfU 2005).

Kriterium Seltenheit

Bei der Archivfunktion werden die speziellen Ausprägungen der natur- und kulturräumlichen Entwicklung von Böden bewertet. Von Bedeutung ist dabei als wesentliches Kriterium die Seltenheit von Böden. Dies ist ein wichtiges Kriterium für die Schutzwürdigkeit von Böden.

Rote Liste



Böden gelten als selten, wenn sie in der Bundesrepublik nur mit geringen Flächenanteilen vorhanden sind. Dazu wurde im Handbuch Bodenschutz eine „Rote Liste für natürliche Böden“ vorgestellt (Bosch 1994: 3):

- Rohböden, die nicht durch anthropogene Veränderungen entstanden sind
- Podsole mit Ortsteinbildung und Staupodsole
- Terrae fuscae
- Reliktische Schwarzerden
- Anmoorpseudogleye, Stagnogleye
- Bildungen des Periglazials, z.B. Frostmosaiken und andere ausgeprägte Strukturen der Kryoturbation
- Tertiäre Bodenbildungen, z.B. Terrae rossae
- Stark wechselfeuchte Böden, z.B. reine Pseudogleye

- Auenböden wie Auenrohböden, Auenpararendzinen
- Grundwasserbeeinflusste Böden, speziell Nassogleye, Anmoorgleye und Moorgleye
- Nieder-, Übergangs- und Hochmoore
- Besonders trockene Böden mit einer nutzbaren Feldkapazität unter 40 mm

Entsprechend dieser Einschätzung werden die genannten Bodentypen und -gruppen in einer vierstufigen Bewertung in die Kategorie ‚hoch‘ eingestuft. Bei einer teilweisen bzw. untergeordneten Ausprägung oder Vergesellschaftung werden die Böden mit den Stufen ‚vorherrschend hoch‘ bis ‚mittel‘ bewertet. Auf die Bewertung ‚sehr hoch‘ wird verzichtet, da die gekennzeichneten Flächen Suchräume für besonders schützenswerte Böden darstellen (Karte 7).

Böden sind nicht nur Archive der Naturgeschichte, sie können auch Archive der Kulturgeschichte sein. Gerade im Bereich der Baar sind viele Spuren der menschlichen Siedlungs- und Kulturaktivitäten aus der Vor- und Frühgeschichte erhalten geblieben.

Ein Beispiel für die frühe Besiedlung des Baar-Raumes ist der Grabhügel des Magdalenenbergs südlich von Villingen, den das nebenstehende Foto zeigt. Das Fürstengrab stammt aus der späten Hallstattzeit zwischen 600 und 500 v. Chr. Als es im Jahr 1890 ausgegraben wurde, fand man im Inneren ein Totenhaus aus Eichenbohlen und Grabbeigaben, wie z.B. Armbänder und kleine Anhänger (Spindler 1972: 30).

Frühgeschichtliche Funde sind Bodendenkmäler, die in der Regel unter Denkmalschutz stehen. Sie gelten auch im Sinne des Bodenschutzes als erhaltenswert (§ 2 Abs. 2 BBodSchG; UVM 1995: 32).

Einen Überblick über die zahlreichen Funde aus der Vor- und Frühgeschichte im Altsiedelraum der Baar gibt u. a. Fischer 1936 (Abb. 18). Weitere Hinweise finden sich in Revillio (1964), Spindler (1972), Nübling (1995) sowie in verschiedenen Beiträgen der Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar.

Bewertung

Spuren der Geschichte



Bodendenkmäler



Abb. 18
Vor- und frühgeschichtliche Funde in der Baar. Quelle: Fischer (1936)

Archivfunktion von Böden

Bewertung der Bodenfunktion



Vor- und frühgeschichtliche Funde in der Baar

Neolithikum: ◇ Einzelfund; □ Siedlung

Bronzezeit: ◇ " " " "

▲ Grabhügel; ▲ Grabhügelgruppe

Urnenfelderzeit: ◇ Urnengräberfeld; ◇ Sonstige Gräber; ◇ Depotfund

Hallstattzeit: ◇ Einzelfund; □ Siedlung; ||| Flächen stärkerer Siedlungsverdichtung; ▲ Grabhügel; ▲ Grabhügel mit römischer Nachbestattung; ▲ Grabhügelgruppe

Latènezeit: ◇ Einzelfund; □ Siedlung; + Münzfund

Römerzeit: ◇ " " " " □ Kastell Hüfingen; ● Münzfund; ● Münzschatzfund

Alemannische Zeit: — Reihengräberfriedhof; — Einzelgrab

□ Siedlung unbestimmt vorrömischen Alters

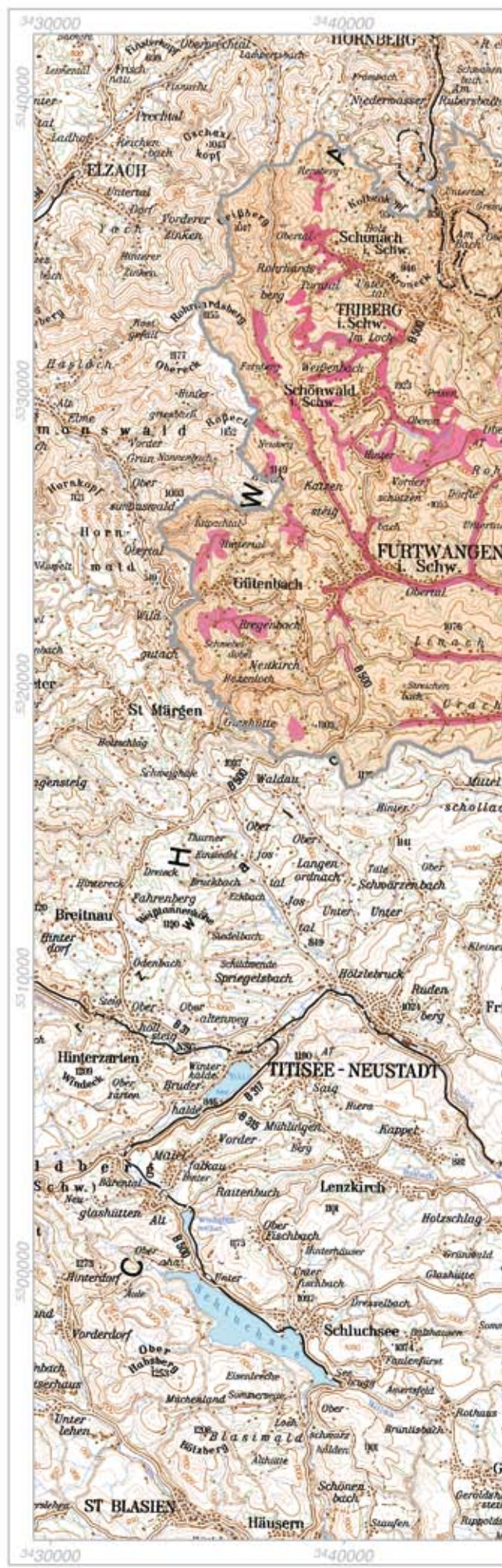
▲ Grabhügel " " " "

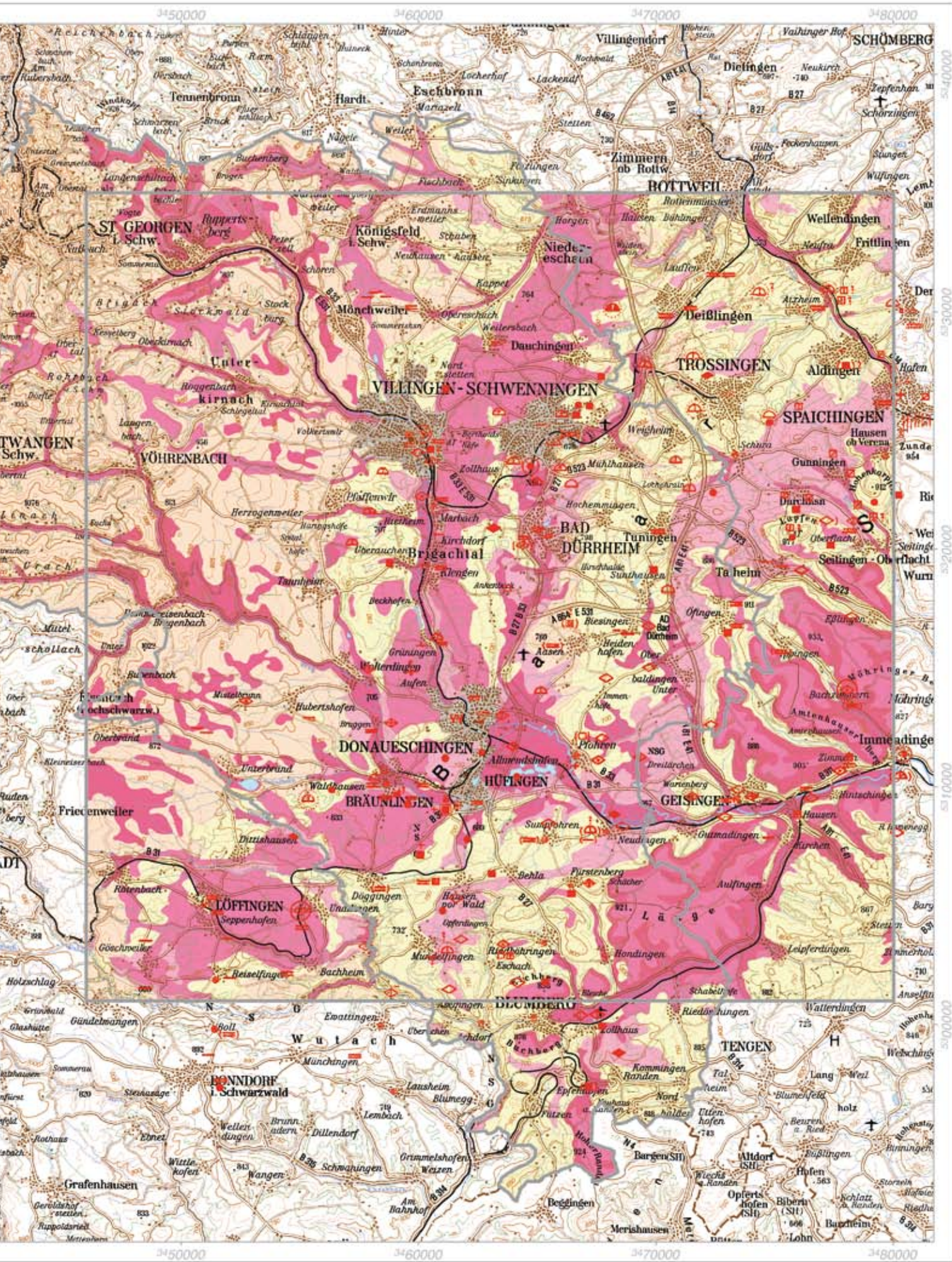
? Fund zweifelhaft oder Zeitstellung unsicher

() Fundort unbekannt bzw. nicht genau ermittelt.

Quelle: Fischer, Edgar (1936): Beiträge zur Kulturgeographie der Baar. Freiburg

Karte 7: Archivfunktion von Böden





Aggregierte Bodenfunktionsräume

Bewertung der Bodenfunktion

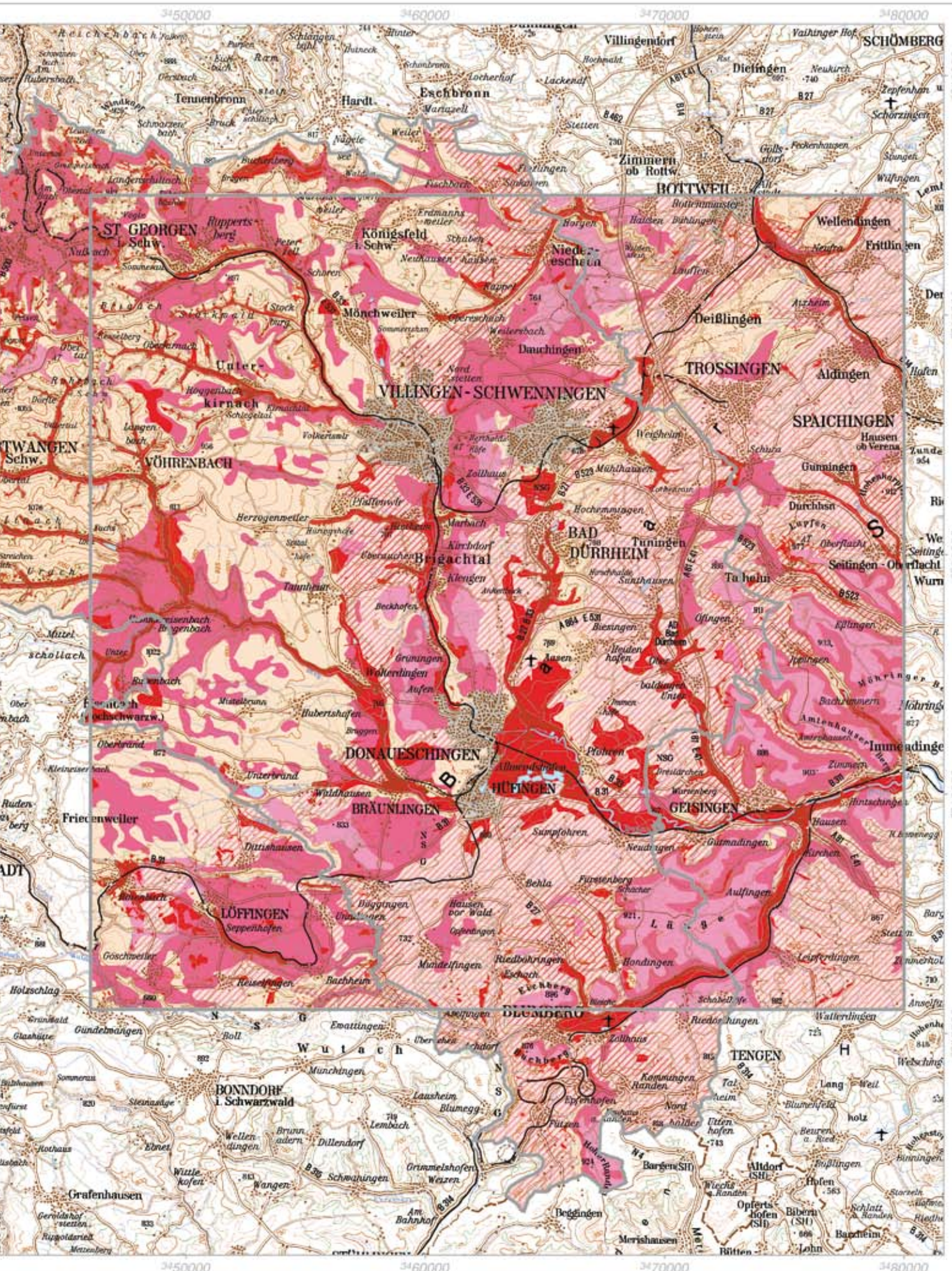
- Vorrangflächen für den Bodenschutz
- Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz
- sehr hohe Filter- und Pufferfunktion
- Flächen mit mittlerer Bedeutung für den Bodenschutz
- hohe Filter- und Pufferfunktion
- Teilweise bzw. gering bedeutend für den Bodenschutz

- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 8:
Aggregierte Bodenfunktionsräume

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



5.6 Bodenfunktionsräume – Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen

In Karte 8 werden die Bodenteilfunktionen auf der Grundlage einer zusammenfassenden Bewertung aggregiert dargestellt. Die ausgewiesenen Bodenvorrang- und Bodenvorbehaltsflächen (Suchräume) können als Standorte mit einer hohen Leistungsfähigkeit in der Raum- und Landschaftsplanung konkretisiert und räumlich detaillierter bewertet werden.

Vorrangflächen für den Bodenschutz	Standorte mit sehr hoher Bedeutung (= Schutzwürdigkeit) gelten als Vorrangflächen für den Bodenschutz. Eine Fläche sollte mit dieser Bewertung aufgrund der besonderen Bedeutung innerhalb des bauplanerischen Abwägungsprozesses Vorrang gegenüber anderen Nutzungsansprüchen erhalten. In der Umsetzung besteht u.a. in der Regional- und Bauleitplanung die Möglichkeit, Vorrangflächen für den Bodenschutz von Siedlungsvorhaben freizuhalten (Kap. 10 Handlungsempfehlungen).
Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz	Standorte mit hoher Bedeutung und Leistungsfähigkeit gelten als Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz. Eine Inanspruchnahme durch Siedlungsplanungen sollte aus fachlicher Sicht so lange zurückgestellt werden, wie geringwertigere Flächen vorhanden sind.
Die Bewertung erfolgt durch die Unterscheidung ‚sehr hohe‘, ‚hohe‘ und ‚mittlere‘ Bedeutung für den Bodenschutz:	
Sehr hohe Bedeutung	Standorte, die in den Bewertungen der <i>Lebensraumfunktion</i> oder in der <i>Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt</i> eine sehr hohe Leistungsfähigkeit aufweisen, werden in der aggregierten Bewertung als ‚sehr hoch‘ eingestuft. Unterstützt wird diese Bewertung durch vorhandene rechtliche Grundlagen wie das NatSchG und das WHG.
Hohe Bedeutung	Standorte, die in den Bewertungen der <i>Filter- / Pufferfunktion</i> , und der <i>natürlichen Ertragsfähigkeit</i> eine sehr hohe Leistungsfähigkeit aufweisen sowie Flächen, die in der <i>Archivfunktion</i> als hoch bewertet werden, erhalten in der aggregierten Bewertung die Schutzwürdigkeit ‚hoch‘. Die Filter- und Pufferfunktion wird dabei jeweils schraffiert dargestellt. In die Bewertung ‚hoch‘ werden ebenfalls Flächen eingestuft, die in der <i>Lebensraumfunktion</i> und in der <i>Regelungsfunktion im Wasserhaushalt</i> eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen.
Mittlere Bedeutung für den Bodenschutz	Flächen, die in den Bewertungen der <i>Filter- und Pufferfunktion</i> , der <i>Archivfunktion</i> und der <i>natürlichen Ertragsfähigkeit</i> eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen, gelten als Standorte, die in der aggregierten Bewertung für den Bodenschutz von mittlerer Bedeutung sind. Die restlichen Standorte erhalten die Bewertung ‚teilweise bedeutend für den Bodenschutz‘.

6 EINFLÜSSE DES MENSCHEN – BODEN- NUTZUNG UND GEFÄHRDUNG

Wie in Kapitel 4 und 5 dargestellt, sind die Bodeneigenschaften mit den landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten eng verknüpft. Gleichzeitig wirkt sich die Nutzung der Böden durch den Menschen auf den Bodenzustand aus. Relevante Folgen können schädliche Bodenveränderungen wie die Verdichtung von Böden, die Erosion und Bodenrutschungen sein.

6.1 Verdichtungsgefährdete Böden

Der Idealzustand eines fruchtbaren Bodens ist krümelig, humos, gut durchlüftet, ausreichend feucht und leicht durchwurzelbar. Werden Böden verdichtet, verringert sich nicht nur ihr Speicherungsvermögen, auch die Durchlüftung wird ungünstiger und der Boden ist schwerer zu durchwurzeln. Stark verdichtete Böden neigen zusätzlich zu Staunässe, die das Pflanzenwachstum hemmt.

Böden besitzen unterschiedliche Fähigkeiten, mechanische Belastungen auszugleichen. Sie sind umso stärker verdichtungsgefährdet, je leichter sie sich verformen lassen.

Wie stark Böden durch mechanische Belastungen verdichtet werden, hängt vorrangig vom Tongehalt und dem Feuchtezustand des Bodens ab. Vereinfacht gesagt sind Böden umso stärker verdichtungsgefährdet, je tonreicher und feuchter sie sind.

Um Gebiete mit einer potenziellen Verdichtungsgefährdung abschätzen zu können, werden vorrangig Böden mit einem hohen Tongehalt ausgewiesen. Sind diese zusätzlich grund- oder stauwasserbeeinflusst, d.h. ist von einem anhaltenden Feuchtezustand auszugehen, ist die Verdichtungsgefährdung als sehr hoch einzustufen.

Dagegen verfügen Sandböden, insbesondere bei einem hohen Anteil an Steinen (Skelettanteil), über ein relativ stabiles Gefüge. Die Verdichtungsgefährdung kann auf diesen Flächen als gering eingestuft werden.

Die potenzielle Verdichtungsgefährdung der Böden wird in Karte 9 dargestellt.

Ideale Böden



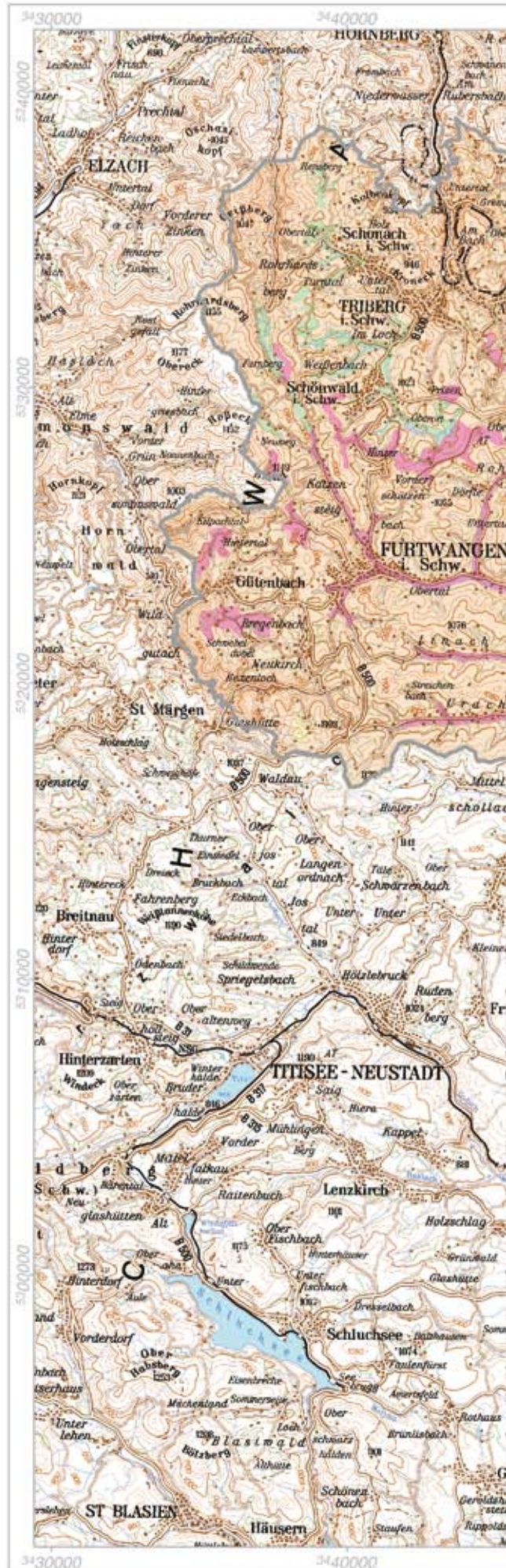
Tongehalt und Feuchtezustand

Potenzielle Verdichtungsgefährdung

Potenzielle Verdichtungsgefährdung

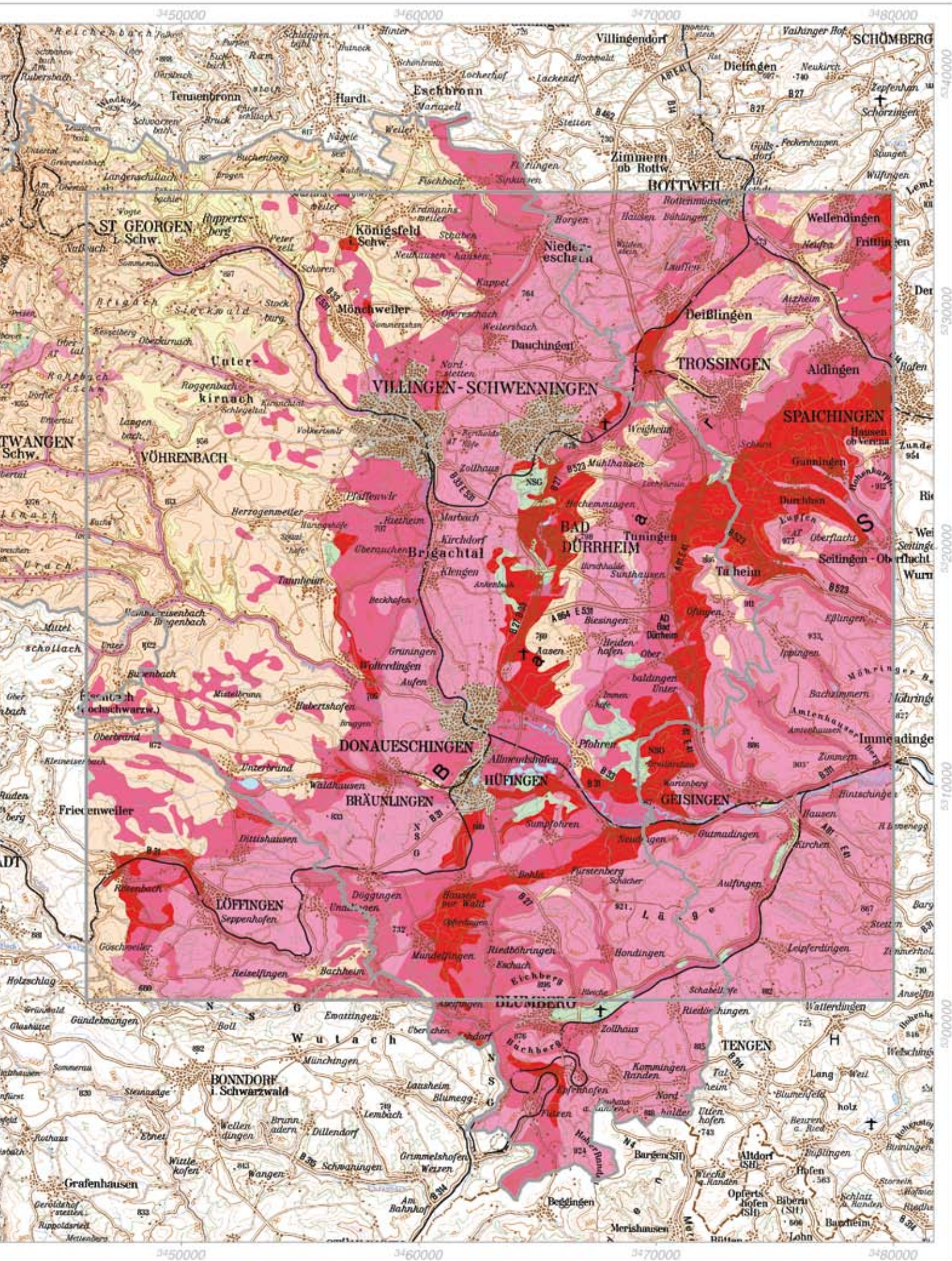
Bewertung der potenziellen Verdichtungsgefährdung

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering
- Torf
- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 9:
Potenzielle Verdichtungsgefährdung

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



345000

346000

347000

348000

345000

346000

347000

348000

49°00'00"
49°10'00"
49°20'00"
49°30'00"

Frage der Bearbeitung

Ob und wie stark Böden verdichtet werden, ist in der Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung neben der Bodenart in erster Linie eine Frage der Bearbeitung.

Bei häufigem Befahren – vor allem mit schweren Maschinen – werden Böden einer mechanischen Belastung ausgesetzt. Findet diese zusätzlich zu einem Zeitpunkt statt, zu dem die Böden sehr feucht sind, können auch unempfindliche Böden stark verdichtet werden. Ein Großteil der verdichtungsempfindlichen Böden der Baar wird ackerbaulich genutzt und damit einer verstärkten Belastung ausgesetzt. Insbesondere in diesen Bereichen sind Maßnahmen zur Vermeidung der Verdichtung wesentlich.

Schutz vor Verdichtung

Eine der wichtigsten Maßnahmen zum Schutz vor Verdichtung ist die Berücksichtigung des Bodenzustands bei der Bearbeitung. Böden in feuchtem Zustand sollten, wenn möglich, nicht befahren werden. Dies gilt auch für Grünland- und Waldböden, die unter dem Einfluss der mechanischen Belastung ebenfalls verformt werden.

Eine weitere wesentliche Maßnahme zur Vermeidung der Verdichtung ist die Verringerung der Belastung. Dies kann sowohl durch eine Verringerung der Fahrten auf den Flächen, eine Verringerung des Maschinengewichts oder eine Vergrößerung der Auflagefläche, z.B. durch den Einsatz von Breit- oder Zwillingsreifen geschehen. Vorteilhaft ist auch eine Senkung des Reifennendrucks.

Effekte des Pflügens

Bereits verdichtete Böden können nicht oder nur mit großem Aufwand wieder gelockert werden. Beim Pflügen wird der Boden zwar gelockert, die einzelnen Aggregate und Bodenfragmente bleiben jedoch ebenso verdichtet wie vor dem Einsatz des Pfluges.

Insbesondere kann durch häufiges Pflügen eine Pflugsohle entstehen, d.h. eine verdichtete Schicht in ca. 30 cm Tiefe, die bei Niederschlag zu Staunässe im Oberboden führt.

Konservierende Landtechnik

Bei der Bearbeitung von nur leicht verdichteten tonigen Böden eignen sich in der Regel die Methoden der konservierenden, d.h. pfluglosen Landtechnik und Direktsaatverfahren am besten. Die Lockerung durch rege Aktivitäten der Bodenorganismen ist dabei meist effektiver als die mechanische Bearbeitung.

Beispiel Luzerne

Zur Lockerung stark toniger Böden eignet sich auch der Anbau von tiefwurzelnden Pflanzen. Ein Beispiel für Pflanzen, die tonige und verdichtete Böden erschließen, ist die früher häufig angebaute Luzerne, deren Anbau heute jedoch nicht mehr wirtschaftlich ist. Weitere Informationen zur Bodenverdichtung vgl. u.a. Blume (2004: 188).

6.2 Erosionsgefährdung

Eine dichte Vegetation schützt den Boden vor Austrocknung und Bodenerosion. Ungeschützter Boden kann leicht durch Wind verblasen oder durch Niederschläge abgeschwemmt werden. Neben der Verdichtung ist die Erosion ein wesentlicher Faktor, der zur Minderung der Bodenfunktionen führen kann.

Den weitaus größten Einfluss auf die Erosionsgefährdung von Böden hat die Bodennutzung. Während Böden unter Wald in der Regel nur auf sehr stark geneigten Flächen und auch dann nur gering erosionsgefährdet sind, ist ein merklicher Abtrag auf Ackerflächen – insbesondere bei unbedecktem Boden – durch die Kombination von Wind- und Niederschlagserosion auch auf ebenen Flächen möglich.

Je kürzer ackerbaulich genutzte Flächen brach liegen und je dichter die Böden während des Pflanzenwachstums bedeckt sind, desto geringer ist die Erosionsgefährdung. Erosionsfördernde Anbaukulturen sind insbesondere Mais und Sonnenblumen, die den Boden oft über mehrere Wochen der Erosion aussetzen.

Neben der Nutzungsart und Bewirtschaftungsweise sind die folgenden Faktoren für die Erodierbarkeit durch Niederschläge von Bedeutung (AG Boden: 329 und Blume 2004: 220):

- Niederschlagsverhältnisse: Starkregen erodiert stärker als Nieselregen.
- Hanglänge: Je länger der Hang, desto größer die Erosion.
- Hangneigung: Je stärker geneigt Flächen sind, desto eher werden Bodenpartikel abgetragen.
- Bodeneigenschaften: Schluff ist wegen seiner Neigung zur Verschlammung sehr erosionsempfindlich; Grobsand und stark tonige Böden sind dagegen geringer erosionsgefährdet. Auch das Bodengefüge oder der Gehalt an organischer Substanz können die Erosionsanfälligkeit von Böden beeinflussen.

Die potenzielle Erosionsgefährdung der Böden im Baar-Raum ist in Karte 10 dargestellt.

Einfluss der Nutzung



Ungeschützter Boden

Weitere Einflussfaktoren



Potenzielle Erosionsgefährdung

Bewertung der potenziellen Erosionsgefährdung

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering
- Torf

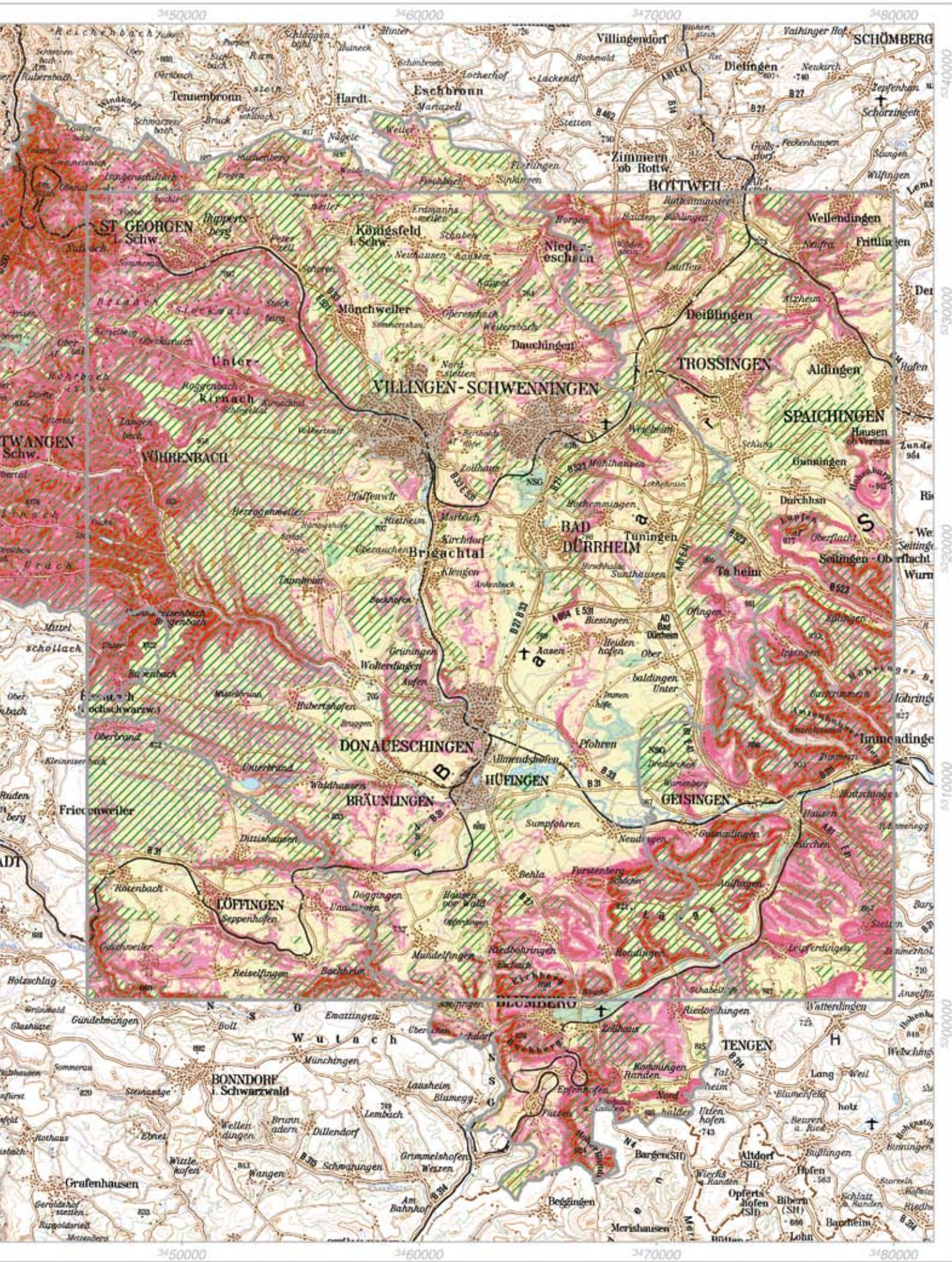
Nutzung

- Wald
- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 10:
Potenzielle Erosionsgefährdung

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



Um die potenzielle Erosionsgefährdung zu bestimmen, wird der Baar-Raum im Hinblick auf die Hangneigung in verschiedene Gefährdungsbereiche eingeteilt. Je nach Bodenart erhalten Flächen einen Abschlag bzw. einen Zuschlag um eine Gefährdungsstufe (Kap. 14).

Experteninfo

ABAG - Allgemeine Bodenabtragungsgleichung:

Berechnung der aktuellen Bodenerosion durch die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (vgl. Blume 2004: 231ff). Die Höhe des mittleren langjährigen Bodenabtrags wird demnach bestimmt durch die Multiplikation der folgenden Faktoren:

- *S-Faktor: Hangneigung*
- *L-Faktor: Hanglänge*
- *C-Faktor: Nutzung (Bodendeckung und Bewirtschaftung)*
- *K-Faktor: Bodenerodierbarkeit*
- *R-Faktor: Regenerosivität*
- *P-Faktor: Bodenschutzmaßnahmen*

L, C und P-Faktoren sind vom Menschen beeinflussbar und werden nicht in der Bewertung berücksichtigt. Zur Berechnung der potenziellen Erosionsgefährdung werden entsprechend BGR (1994: 41) Bodenart und Hangneigung berücksichtigt. Die Klassifizierung der Hangneigungsstufen richtet sich nach AG Boden (1994: 58).

Schutz vor Erosion



Ausgehend von der potenziellen Erosionsgefährdung können Maßnahmen zum Schutz gegen den Bodenabtrag getroffen werden. Dies betrifft neben der erwähnten Bewirtschaftungsweise und Auswahl an Anbaukulturen z.B. die folgenden Möglichkeiten:

- Verkürzen der Hanglänge durch Terrassen, Hecken und Errichten von Abflusshemmnissen
- Konservierende Bodenbearbeitung und Bodenbedeckung
- Fördern der Humusbildung, zum Beispiel durch Gründüngung
- Vermeiden von Bodenverdichtung und Verbessern der Wasserdurchlässigkeit

Weitere Informationen zur Bodenerosion vgl. Blume (2004:220).

6.3 Bodenrutschungen

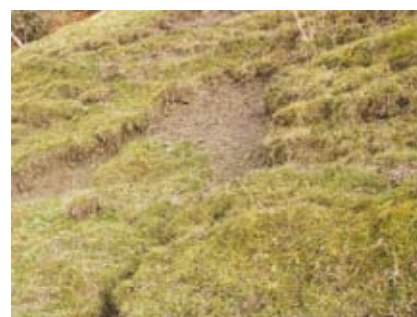
Während durch Erosion ein allmählicher Bodenabtrag stattfindet, können durch Erdrutsche ganze Bodenschichten abgleiten.

Ein Abrutschen von Bodenschichten am Hang wird dann möglich, wenn im Boden- oder Gesteinsaufbau Gleitflächen vorhanden sind, die mit den darüber liegenden Schichten nur wenig verhaftet sind. Je stärker geneigt die auflagernden Schichten sind, desto mehr steigt die Möglichkeit einer Hangrutschung.

Begünstigt werden Bodenrutschungen durch schichtweisen Wechsel von Bodeneigenschaften und Lagerungsdichte, die jeweils potenzielle Gleitschichten bilden.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Rutschungsneigung von Hängen hat das Bodenwasser. Wassergesättigte Bodenschichten führen zum Quellen von Bodenpartikeln und erhöhen gleichzeitig das Eigengewicht und damit den Druck auf die potenziellen Gleitschichten (Blume 2004: 244).

Bodenrutschung



Bodenrutschungen können im Bereich von wenigen Metern stattfinden oder mehrere Kilometer erreichen. Abbildung 19 zeigt schematisch die Eichberggrutschung vom Januar 1966. Die Rutschung erfolgte in Schollen mit einer Tiefe von 20 bis 40 m auf einer Länge von ca. 600 m. Mechanik und Ursachen sind in Reichelt 1967 beschrieben.

Bodenrutschung am Eichberg

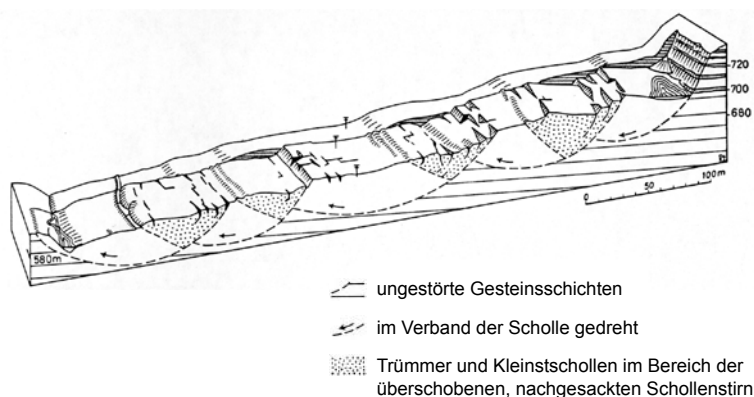


Abb. 19
Typische Formengruppe der Eichberggrutschung
Quelle: Reichelt (1967: 177)

Risse am Hang

Auslöser von Bodenrutschungen sind oftmals Anrisse am Hang. Ausgehend von den Anrissen können auf vorhandenen Gleitflächen auch größere Bodenpartien abrutschen.

Bekannt für ihre Rutschungsneigung sind über den Baar-Raum hinaus die Opalinustone im braunen Jura (Dogger). Neben den großen Hangrutschungen, wie z.B. im Jahr 1966 am Eichberg, finden aktuell verschiedene kleinere Bodenrutschungen statt (siehe nebenstehendes Bild).

Rutschungsgefährdete Standorte im Baar-Raum sind weiterhin Steilhänge im Einzugsgebiet der Wutach bei Aachdorf sowie am Keuperstufenrand (IFU 1972: 65).

Hangstabilität stören

Negativ auf die Hangstabilität wirken sich Einflüsse aus, die das Spannungsgleichgewicht stören. Insbesondere Anschnitte am Hangfuß von rutschungsgefährdeten Hängen, z.B. durch den Bau bzw. die Verbreiterung von Straßen und Wegen, können Rutschungen auslösen. Aber auch bergbauliche Aktivitäten am Hangfuß können zu Bodenrutschungen, teilweise zu größeren Bergbrüchen führen.

Trittspuren

Anrisse am Hang können bereits durch Trittspuren von Schafen und Rindern entstehen. Bei der Beweidung von stärker geneigten Hängen findet regelmäßig eine Störung der Grasnarbe statt, die unter ungünstigen Bedingungen zu Bodenrutschungen führen kann.

Schutz vor Rutschungen

Zum Schutz vor Bodenrutschungen bietet sich, neben der Minimierung von Einwirkungen, die die Hangstabilität beeinträchtigen, die Aufforstung von stärker geneigten Flächen v.a. auf tonigem Untergrund wie z.B. dem Opalinuston im Dogger an. Für die Pflanzung von Schutzwäldern eignen sich Mischbestände mit tief wurzelnden Bäumen wie z.B. Traubeneiche, Winterlinde, Spitzahorn, Feldahorn, Hainbuche oder Tanne (Rehfuess 1990: 86).

7 STOFFEINTRÄGE IN DIE BÖDEN DER BAAR

Böden werden nicht nur durch Versiegelung, Verdichtung und Erosion, sondern auch durch den Eintrag und die Anreicherung von Fremd- und Schadstoffen beeinflusst und verändert. Spätestens seit dem Aufkommen der öffentlichen Diskussion in den 80er Jahren um die Gefährdung von Menschen durch Altlasten ist das Bewusstsein über die Folgen von Stoffeinträgen in Umwelt und Böden gestiegen. Bodenbelastungen sind dabei bedingt durch unterschiedliche Eintragspfade, Ursachen und Wirkungen.

7.1 Bodenversauerung

Die Bodenversauerung ist für die Mehrzahl der Böden Mitteleuropas ein natürlicher Vorgang. Säuren entstehen z.B. beim Abbau der organischen Substanz, durch die Atmung der Pflanzenwurzeln oder durch die Oxidation reduzierter Eisen-, Mangan- oder Schwefelverbindungen. Wie stark Böden versauern, hängt von ihrer Pufferkapazität und ihrem pH-Wert ab.

Der pH-Wert gibt Auskunft über die Säureverhältnisse im Boden. Weist ein pH-Wert von 7 auf neutrale Bodenverhältnisse hin, so gelten Böden mit einem pH-Wert von 5 als sauer (Abb. 20). Liegen die pH-Werte unter 4, wie es im Schwarzwald fast durchgängig der Fall ist, gelten sie als stark versauert. Bei solchen sauren Böden ist z.B. eine Freisetzung von Aluminium im Boden möglich, die sich schädigend auf Pflanzen auswirken kann.

Natürliche Bodenversauerung

pH-Wert als Säurezeiger

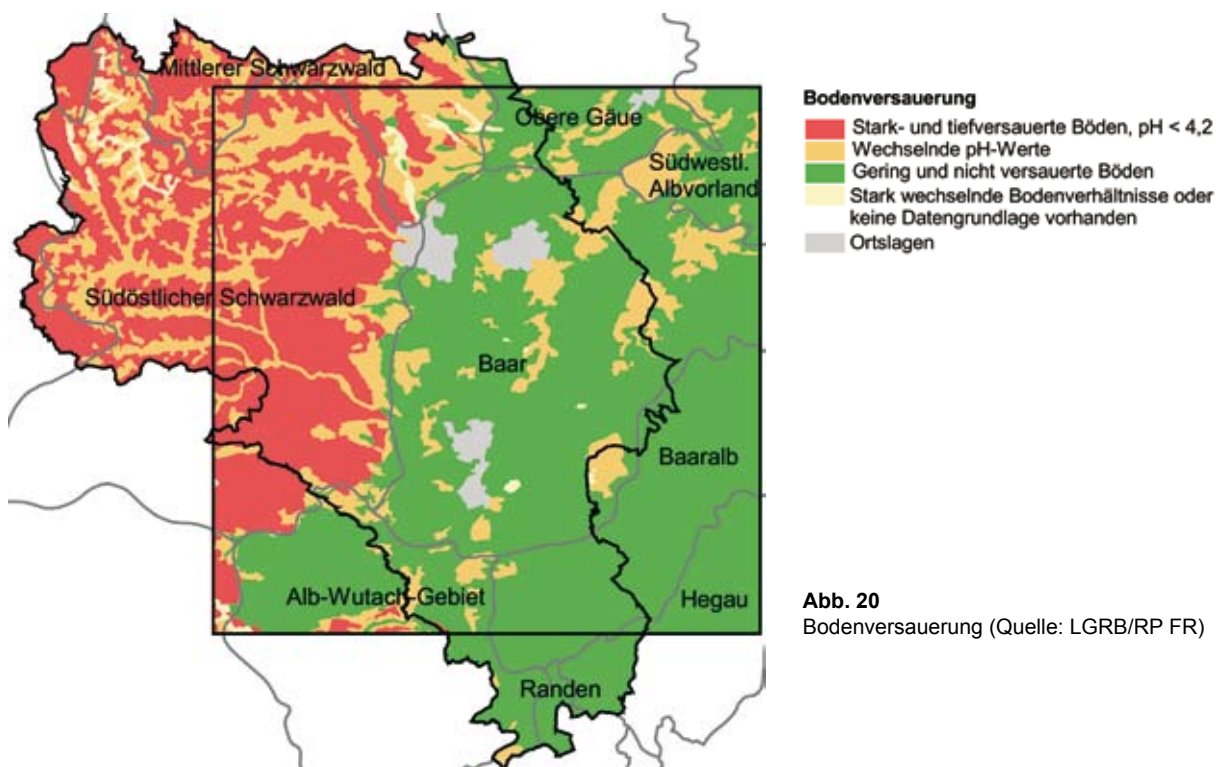


Abb. 20
Bodenversauerung (Quelle: LGRB/RP FR)

Saure Ausgangsgesteine

Wesentlichen Einfluss auf die Säureverhältnisse im Boden hat das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Die im Baarschwarzwald vorherrschenden sauren Ausgangsgesteine des Buntsandsteins sowie die Granite und Gneise des Grundgebirges weisen in der Regel bereits bei Beginn der Bodenentwicklung einen niedrigen pH-Wert auf. Dagegen können Böden auf kalkhaltigen Ausgangsgesteinen eine Versauerung bis zu einem gewissen Grad abfangen und abpuffern. Wesentlich für die Pufferung ist der Carbonatgehalt, d.h. der Anteil an Calcium- und Magnesiumcarbonaten im Boden. Nach der Carbonatpufferung (bis pH 6,2) setzen weitere Puffersysteme, z.B. die Silicatlagerung ein.

Säure z. B. durch Emissionen

Die Bodenversauerung ist über die natürlich ablaufenden Prozesse hinaus auch ein Resultat von sauer wirkenden Emissionen, wie z.B. Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden, die in den 80er Jahren unter dem Schlagwort ‚saurer Regen‘ bekannt wurden. Neben verschiedenen anderen Quellen entstehen sie vor allem bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern. Neue Filtertechniken wie die Rauchgasentschwefelung ermöglichten es, die Emissionen von Schwefeldioxid in Baden-Württemberg von 250 Tsd. Tonnen im Jahr 1980 auf 50 Tsd. Tonnen im Jahr 1999 zu reduzieren (Stat. Landesamt BW 1999).

Einfluss der Bodennutzung unter Wald

Die Art der Waldnutzung kann in unterschiedlicher Weise zur Versauerung der Böden beitragen oder diese verzögern. Laubstreu wird relativ schnell in Böden abgebaut und setzt dabei basisch wirkende Kationen (z.B. Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) frei, die einen Säureeintrag teilweise neutralisieren können. Nadelstreu hingegen zersetzt sich nur langsam und bildet dabei Humin- und Fulvosäuren, die zusätzlich zur Versauerung beitragen.

Auf diese Weise wird in Waldgebieten die emissionsbedingt verstärkte Versauerung von Böden beschleunigt, wenn auf sauren Ausgangsgesteinen (Fichten-)Monokulturen angebaut werden, die bei der Zersetzung der Nadelstreu Säurebildner freisetzen. In Verbindung mit weiteren ‚Stressfaktoren‘ und Veränderungen in Ökosystemen, z.B. bei längerer Trockenheit, trägt die Versauerung zur Entstehung von Waldschäden bei (ausführlich vgl. u.a. Blume 2004: 297). Durch Waldkalkungen wird versucht, der Bodenversauerung entgegenzuwirken.

Einflüsse der landwirtschaftlichen Nutzung

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wird die Versauerung von den Landwirten meist durch Kalkungs- und Düngungsmaßnahmen kompensiert, da eine Versauerung der Böden in der Regel mit einer Standortverschlechterung verbunden ist. In der Folge weisen vor allem Ackerflächen bei Einhaltung der guten fachlichen Praxis einen höheren pH-Wert auf als extensive Nutzungen. Der Ziel-pH-Wert richtet sich dabei nach der Bodenart. Zu beachten ist jedoch, dass hohe Zugaben von sauer wirkenden Düngemitteln, z.B. Sulfatdünger, Ammoniumsalze oder Harnstoffe aus Wirtschaftsdüngern zu einer Versauerung beitragen können.

7.2 Stoffeinträge durch die landwirtschaftliche Nutzung

Die landwirtschaftliche Nutzung und Düngung der Böden zielt auf eine Verbesserung und den Erhalt der Bodeneigenschaften, z.B. den Erhalt des pH-Werts ab, um gleich bleibende Erträge zu erhalten. Düngungs- und Kalkungsmaßnahmen können allerdings auch eine nicht unwesentliche Quelle für Schadstoffeinträge sein. Die Frage von Stoffeinträgen in der Landwirtschaft ist für den ländlich geprägten Baar-Raum relevant, da ungefähr 42 % der Fläche des Schwarzwald-Baar-Kreises landwirtschaftlich genutzt werden. Rund 60 % dieser Fläche werden als Dauergrünland und ca. 40 % als Ackerfläche bewirtschaftet (Stat. Landesamt BW 2002).

Auf den Landwirtschaftsflächen werden je nach spezifischer Anbaufrucht und Anbauweise des Landwirts verschiedene Mengen und Arten von Düngern aufgebracht, die ein unterschiedliches Schadstoffpotenzial enthalten. Mit Phosphatdüngern können z.B. zusätzlich Cadmiummengen in die Böden eingetragen werden, während Schweine- oder Geflügelgülle zu erhöhten Kupfer- und Zinkkonzentrationen in Böden führen kann (Alloway 1999).

Auch die Aufbringung von Klärschlämmen kann zur Anreicherung von Schwermetallen und organischen Verbindungen führen. Die Risiken sind nur schwer abzuschätzen, da für verschiedene Stoffgruppen Analysemethoden und Leitparameter nur ansatzweise entwickelt sind. Aus diesen Gründen hat sich das Land Baden-Württemberg entschieden, so weit wie möglich auf die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm zu verzichten (weitergehend LfU 2003c).

Verschiedene Pflanzenschutzmittel (PBSM) wie z.B. Atrazin, Aldrin oder Trifluralin können neben z.T. schwer abbaubaren organischen, umweltrelevanten Verbindungen auch Schwermetalle wie z.B. Kupfer enthalten. Es wird davon ausgegangen, dass bei Einhaltung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft keine Anreicherung im Boden stattfindet.

Eine Überdüngung mit Nitrat hat zwar auf die Böden keine direkte nachteilige Wirkung, stellt aber ein wesentliches Problem für das Grundwasser und das Ökosystem dar. Ziel der guten fachlichen Praxis ist eine neutrale Stickstoffbilanz, die zu keiner Auswaschung ins Grundwasser führen sollte.

Neben Nitrat stellt Phosphat eine Belastung für die Gewässer dar, wenn Böden über den Nährstoffbedarf der Pflanzen hinaus gedüngt werden. Überschüssiges Phosphat kann dabei in die Oberflächengewässer abgeschwemmt werden. Durch die Einhaltung der guten landwirtschaftlichen Praxis kann ein Eintrag von Schadstoffen in die Böden und eine Beeinträchtigung der Bodenqualität minimiert werden (Kap. 10 Handlungsempfehlungen).

Stoffeinträge in der Landwirtschaft



Austrag von Nährstoffen

7.3 Stoffeinträge durch Industrie und Gewerbe

Punktuelle Einträge



In fast allen Prozessen der Industrie werden unterschiedlichste Stoffe verwendet und verarbeitet. Dabei können je nach Nutzung und Einhaltung von Vorsorgemaßnahmen z.T. schädliche Produktionsstoffe über Luft und Wasser bzw. direkt in den Boden gelangen. Wenn die Stoffe in der Umwelt nicht abgebaut werden, d.h. persistent sind, können sie sich in den Böden der Industrie- und Gewerbestandorte anreichern und zu punktuellen oder flächenhaften Belastungen des Bodens führen.

Altlastenverdachtsflächen

Wird ein Industrie- oder Gewerbestandort, auf dem mit schädlichen Stoffen gearbeitet wurde, aufgegeben, bleibt die Fläche als Altlastenverdachtsfläche oder Altlast zurück. Neben Altstandorten spricht man bei ehemaligen, möglicherweise unzureichend gesicherten Deponien von Altablagerungen. Auch sie zählen zu den Altlastenverdachtsflächen. In der Übersicht des Schwarzwald-Baar-Kreises zeigt sich, dass in den Städten Villingen-Schwenningen und Donaueschingen eine erhebliche Anzahl ehemals gewerblich genutzter Standorte und Deponien als Verdachtsflächen gekennzeichnet ist (Abb. 21 und 22).

Altlasten und Altlastenverdachtsflächen

- Altstandorte
- Altablagerungen
- Grundwasserschadensfälle bei bestehenden Industrie- und Gewerbestandorten
- Ortslagen

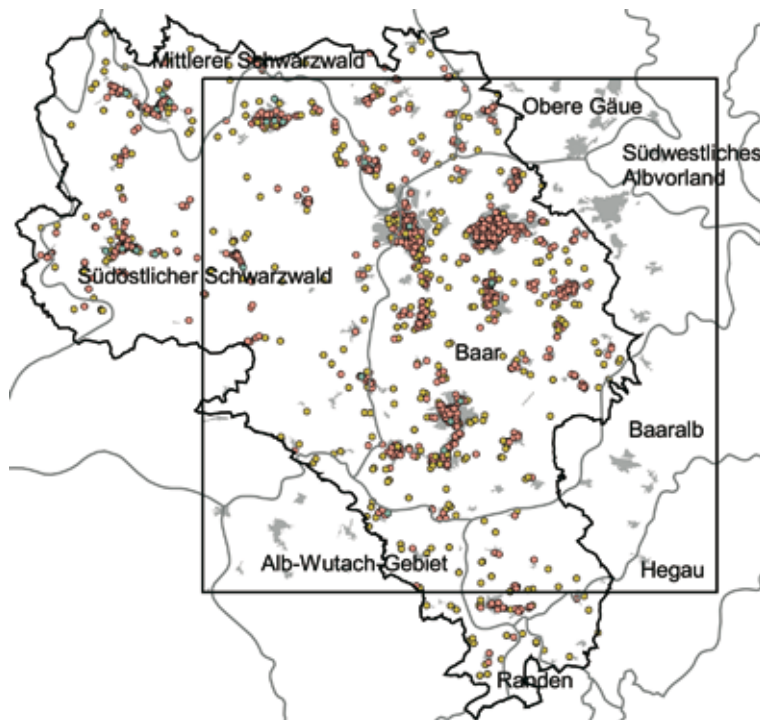


Abb. 21
Standorte der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen

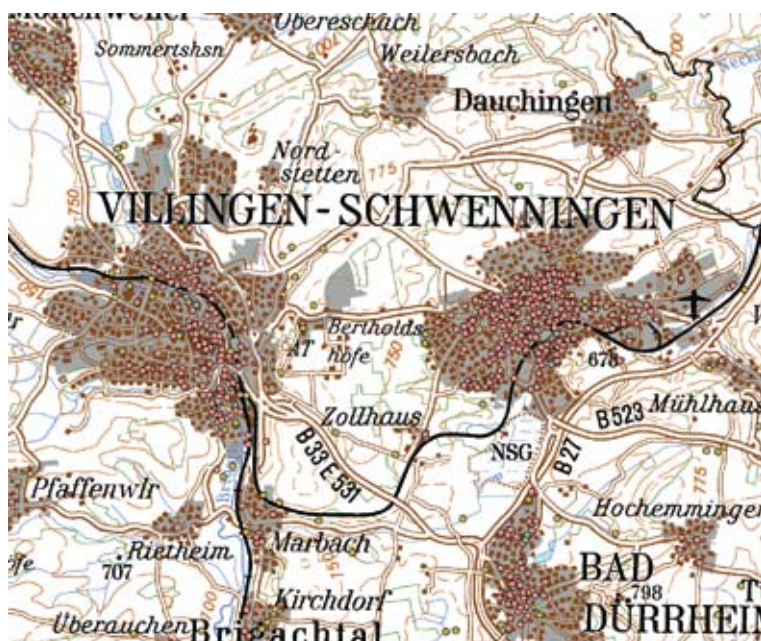
Prioritäten

Nicht jede Verdachtsfläche weist tatsächlich erhöhte Schadstoffkonzentrationen auf. Um den Verdacht auszuräumen oder zu bestätigen, werden die Flächen nach einer Prioritätenliste untersucht. Ihre Kennzeichnung verhindert jedoch bereits, dass

Standorte mit vermuteten Belastungen ohne vorherige Untersuchung z.B. als Kinderspielflächen genutzt werden.

Die Industrie- und Gewerbestandorte des Schwarzwald-Baar-Kreises konzentrieren sich weitgehend auf die Zentren Villingen-Schwenningen und Donaueschingen (Abb. 22). Je nach Art der industriellen Nutzung werden dabei unterschiedliche Stoffe verwendet und evtl. freigesetzt. Prägend für den Schwarzwald-Baar-Kreis ist die Metall verarbeitende Industrie, insbesondere die Bereiche Maschinenbau, Feinmechanik und Automobilzulieferung.

Diese Nutzungen stellen eine potenzielle Quelle für diverse Schwermetalle, wie z.B. Blei, Chrom, Kobalt, Nickel, Zink und Kupfer dar. An Standorten der Elektronik-Industrie können Belastungen mit Kupfer, Zink, Blei und Zinn entstehen, an älteren Standorten auch mit schwer abbaubaren organischen Schadstoffen wie PCB vorliegen. Zur Bewertung bietet der ‚Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten‘ umfassende Informationen über Produktionsabläufe und den Umgang mit umweltrelevanten Stoffen (LfU 1993).



Industrie des Baar-Raums



Altlasten und Altlastenverdachtsflächen

- Altstandorte
- Altablagerungen
- Grundwasserschadensfälle bei bestehenden Industrie- und Gewerbestandorten
- Ortslagen

Abb. 22
Standorte der Altlastenverdachtsflächen am Beispiel Villingen-Schwenningen

Bei verschiedenen Verbrennungsprozessen, z.B. durch Verkehr, Haushalte, Industrie und Gewerbe, entstehen Emissionen. Über den Luftpfad werden mit den Stäuben und Aerosolen, d.h. kleinen Stoffpartikeln auch Schadstoffe in einem weiteren Umkreis diffus verbreitet. Sind die Stoffe persistent, können auch diffuse Stoffeinträge zur Anreicherung von Schadstoffen im Böden führen.

Diffuse Einträge

7.4 Bergbaubedingte Schadstoffbelastungen und Überschwemmungseinflüsse

Bergbaueinfluss



Im Baar-Raum spielt neben der industriellen Nutzung, auch der (historische) Bergbau als Quelle von Stoffeinträgen eine Rolle. Durch den Abbau und die oft unvollständige Aufbereitung der Erze kam es in der Vergangenheit zur Anreicherung von z.B. Blei und Zink in Halden und Schlacken. Von den Halden erodiertes Material, aber auch das gezielte Aufbringen der Schlacken auf die Böden der Umgebung zur Bodenverbesserung führte zu noch heute vorhandenen Schadstoffanreicherungen. So sind in vielen Gebieten mit historischem Erzbergbau heute erhöhte Gehalte an erdtypischen Schadstoffen anzunehmen.

Hammereisenbach

Wichtig im Baar-Raum ist unter anderem der ehemalige Bergbau in der Nähe von Hammereisenbach im oberen Bregtal. Dort wurden nachweislich bereits im 13. Jh. – möglicherweise noch früher – Eisenerze, in der Regel Manganerze, abgebaut. Neben dem Abbau wurden die Erze verhüttet, wobei bis ins Jahr 1838 ein Hochofen betrieben wurde (Henglein 1924: 67). Durch die Verlagerung des Haldenmaterials mit der Breg ist im nachfolgenden Überschwemmungsbereich des Bregtals mit Schwermetallanreicherungen zu rechnen.

Bergbau bei Blumberg

Ein weiteres Beispiel ist die ehemalige Verwertung der Eisenoolithe im Braunjura (Dogger) im Gebiet von Blumberg. Neben dem Abbau der Erze wurde das Abraummateriale auf umgebende Flächen verlagert. So weisen Flurbezeichnungen wie Erzäcker oder Erzgraben und die von Henglein beschriebenen „über die Felder verstreuten Schlacken von pechsteinartigem Aussehen ... auf eine Verhüttung an Ort und Stelle hin“ (Henglein 1924: 161).

Überschwemmungseinfluss

Erosion von Haldenmaterial kann, wie im Beispiel von Hammereisenbach, zu erhöhten Schwermetallkonzentrationen der Auenböden führen. Aber auch Städte tragen durch Industrie, Verkehr und Haushalte zu diffusen Stoffanreicherungen in den Flüssen und Überschwemmungsgebieten bei.

Im Baar-Raum lassen sich Schwermetall-Immissionen von Städten in den Auenböden bis ungefähr 10 bis 20 km flussabwärts nachweisen (Eberhardt 1987). Besonders hohe Schadstoffbelastungen treten in den Auenböden des Oberen Neckars, der Donau sowie von Brigach, Breg und Gutach auf.

Nach der Untersuchung von Eberhardt sind in schluchtartigen Taleinschnitten die Schadstoffbelastungen der Böden besonders hoch, da sich die Schwebstoffe und Schwermetalle auf den kleinen vereinzelt Auenflächen konzentrieren. In den Böden breiter Täler sind die Schwermetallkonzentrationen geringer, jedoch ist eine größere Fläche belastet (Kap. 9).

7.5 Geogene Schadstoffgehalte

Schwermetalle werden nicht nur durch den Menschen in die Böden eingetragen. Sie können auch auf natürliche Weise Bestandteile der Böden sein, wenn sie z.B. in Form von Blei- und Zinkvererzungen im Ausgangsmaterial der Bodenbildung enthalten sind. Bei der Verwitterung der Gesteine gelangen die Schwermetalle in die Böden und können auch außerhalb von abbauwürdigen Erzlagerstätten zu (geogen) erhöhten Schadstoffkonzentrationen führen.

Erzhaltige Anreicherungen lassen sich bestimmten geologischen Schichten zuordnen. Für die Baar sind besonders die Bleiglanzbanke im Unteren Muschelkalk von Bedeutung, die als ca. 10 cm mächtige Schicht im Wellendolomit erhöhte Bleikonzentrationen aufweisen.

Der Bereich des Unteren Muschelkalks ist demnach als potenzielles Verbreitungsgebiet zu betrachten, in dem Bleiglanzbanke bis an die Oberfläche ausstreichen und zu erhöhten Bleikonzentrationen im Oberboden führen können. Die räumliche Verteilung ist in Karte 11 dargestellt.

Neben Blei sind auch andere Schwermetalle in den Bleiglanzbanken angereichert, die zu erhöhten Gehalten an Arsen, Kupfer und Zink in den Böden führen können. Geogen erhöhte Zinkkonzentrationen, die über den Vorsorgewerten der BBodSchV liegen, wurden in Baden-Württemberg auch in den Oberböden des Oberen Muschelkalks ermittelt (Eberhardt 1987).

Neben den Bleiglanzbanken weist der Posidonienschiefer (Lias ϵ) im Schwarzen Jura deutliche Anreicherungen mit Schwermetallen auf. Die bitumenhaltigen Schieferschichten können insbesondere bei Arsen, Nickel, Kupfer und Zink zu erhöhten Gehalten der daraus entstandenen Böden führen (Karte 2: Geologie im Baar-Raum). Erhöhte Stoffkonzentrationen, die auch in anderen Regionen in Baden-Württemberg bekannt sind, treten im Baar-Raum z.B. im Umfeld von Bad Dürkheim auf.

Zusätzlich zu den bekannten Anreicherungen im Posidonienschiefer wurden auch im Arietenkalk (Lias α 3) bei Untersuchungen im Stuttgarter Raum deutliche Anreicherungen an Schwermetallen und Arsen festgestellt, die sich in die Oberböden durchpausen.

Geogene Schadstoffquellen

Bleiglanzbanke im Muschelkalk



Foto
LGRB/RP FR (Dr. Martin),
Bleiglanzbank bei Bonndorf

Posidonienschiefer im Lias



Arietenkalk

Potenzielle Verbreitungsgebiete der Bleiglanzbänke

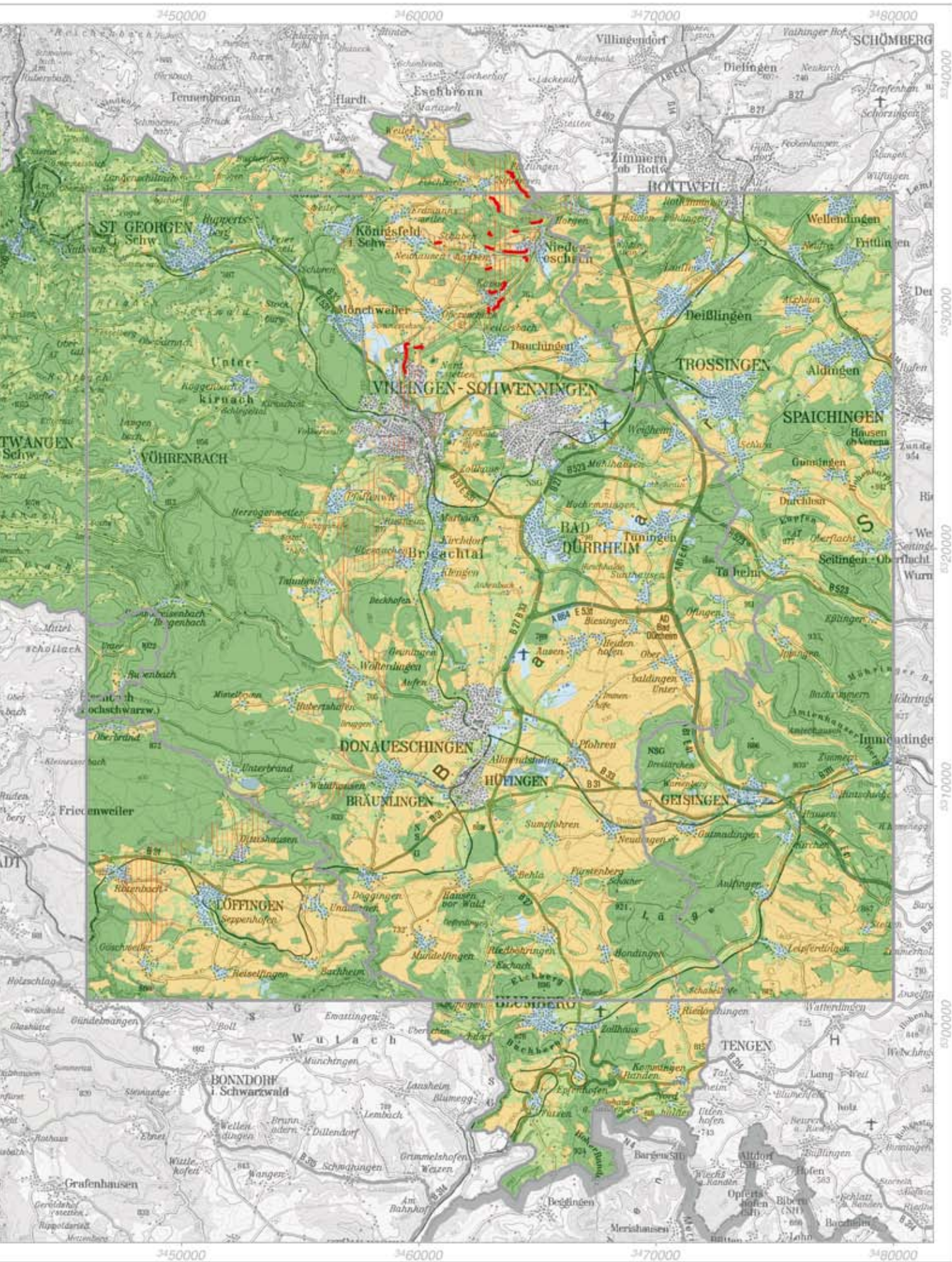
-  Ausstrichzonen der Bleiglanzbänke
-  Potenzielles Verbreitungsgebiet der Bleiglanzbänke
-  Acker
-  Grünland
-  Wald
-  Weitere Nutzungen (Seen, Golfplatz, Flugplatz etc.)

-  Untersuchungsgebiet



Karte 11:
Potenzielle Verbreitungsgebiete der Bleiglanzbänke

Maßstab 1:200.000 



Weitere Verdachtsbereiche



Für die Region Schwarzwald-Baar-Heuberg wurde im Jahr 1987 eine Untersuchung durchgeführt, um geogene Konzentrationen von Schwermetallen in Oberböden zu ermitteln (Eberhardt 1987, Kap. 14). Untersucht wurden Böden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Nach dieser Untersuchung ergeben sich zusätzlich zu den potenziellen Belastungen durch die Bleiglanzbanke und die Posidonienschiefer bzw. Arietenkalke für den Baar-Raum folgende Verdachtsbereiche:

- Röttone des Oberen Buntsandsteins: erhöhte Kupferkonzentrationen durch angereicherte Kupfererze Malachit und Azurit
- Oberer Muschelkalk: erhöhte Zinkkonzentrationen
- Ostreenkalke des Dogger: hohe Chromkonzentrationen (Chrom ist Bestandteil der dort verbreiteten oolithischen Eisenoxide) sowie erhöhte Zink- und Nickelgehalte
- Malm: je nach Schichtung leicht erhöhte Chrom-, Nickel- und Zinkkonzentrationen in den Oberböden auf Malmkalke

Die von Eberhardt (1987) ermittelten Werte geben Hinweise auf geogene Grundbelastungen, die mit aktuellen Schadstoffkonzentrationen und den Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV zu vergleichen sind (Kap. 8 und 9).

Vergleichsmaßstäbe der BBodSchV

Neben den Vorsorgewerten der BBodSchV, die eher präventiven Charakter haben, sind vor allem die Prüf- und Maßnahmenwerte für bestimmte Wirkungspfade und Nutzungsszenarien als Vergleichs- und Bewertungsmaßstäbe heranzuziehen.

An ihre Überschreitung sind jedoch keine rechtlichen Handlungsfolgen gebunden, wenn das entsprechende Nutzungsszenario nicht vorliegt. Wird beispielsweise auf Grünlandflächen der Prüfwert für ‚Haus- und Kleingärten‘ überschritten, ist damit nicht zwangsläufig eine Gefährdung für Menschen bzw. eine weitere Untersuchungspflicht verbunden.

8 VERTEILUNG UND KONZENTRATION VON SCHADSTOFFGEHALTEN

Böden werden durch anthropogene Stoffeinträge aus Industrie, Landwirtschaft, Verbrennungsprozessen, Verkehr und Haushalten beeinflusst. Durch die Anreicherung von Schadstoffen können schädliche Bodenveränderungen entstehen. Die Wirkungen unterscheiden sich je nach Parameter, Konzentration und räumlicher Verteilung. Um die ökologischen Auswirkungen und die potenziellen Gefährdungen für Mensch, Tier und Pflanze abzuschätzen, bietet die BBodSchV stoffspezifische Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte als Bewertungsmaßstab.



8.1 Bodeneigenschaften und Schadstoffverhalten

Der Gesamtgehalt an Schadstoffen und die spezifischen Stoffeigenschaften sind notwendig für die Bewertung möglicher schädlicher Wirkungen auf Menschen und Ökosysteme. Daneben sind die Bodeneigenschaften wesentlich für das Schadstoffverhalten. Die Mobilität bzw. Löslichkeit eines Stoffs beeinflusst, ob Schadstoffe im Boden mobilisiert oder eher zurückgehalten, d.h. adsorbiert werden.

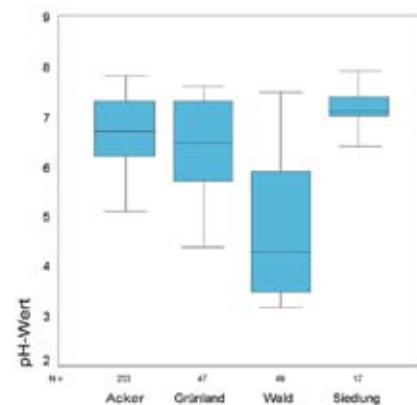
Der pH-Wert ist als Säurezeiger eine wichtige Steuergröße für die Menge, in der ein Stoff von Pflanzen aufgenommen oder mit dem Sickerwasser aus dem Oberboden ausgetragen werden kann.

Viele Schwermetalle werden erst im sauren Bodenmilieu verstärkt löslich. Die H^+ -Ionen in der Bodenlösung verdrängen die Schwermetalle von den Austauschplätzen an den Tonmineralen. Für die meisten Schwermetalle gibt es dabei einen GrenzpH-Wert. Dieser kann sehr unterschiedlich sein. So wird Cadmium schon im neutralen bis schwach-sauren Bereich unter einem pH-Wert von 6,5 verfügbar, während Blei erst bei pH-Werten unter 4 verstärkt mobil wird. Nach dem pH-Wert lässt sich die folgende Reihung für die Mobilität der wesentlichen Schwermetalle aufstellen:

Cadmium > Zink > Nickel, Kupfer >>> Arsen, Chrom, Kupfer > Blei

Die Bodennutzung hat neben dem Ausgangsgestein einen wesentlichen Einfluss auf den pH-Wert. Unter Wald sind mit mittleren pH-Werten im Baar-Raum von 4,5 deutlich geringere Werte vorhanden als auf Acker- und Grünlandflächen. Ein pH-Wert von 7 weist dabei auf neutrale Säureverhältnisse hin (Kap. 7.1). Die pH-Werte der Oberböden werden in Karte 12 dargestellt.

Einfluss des pH-Werts



pH – Werte

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbestandteile

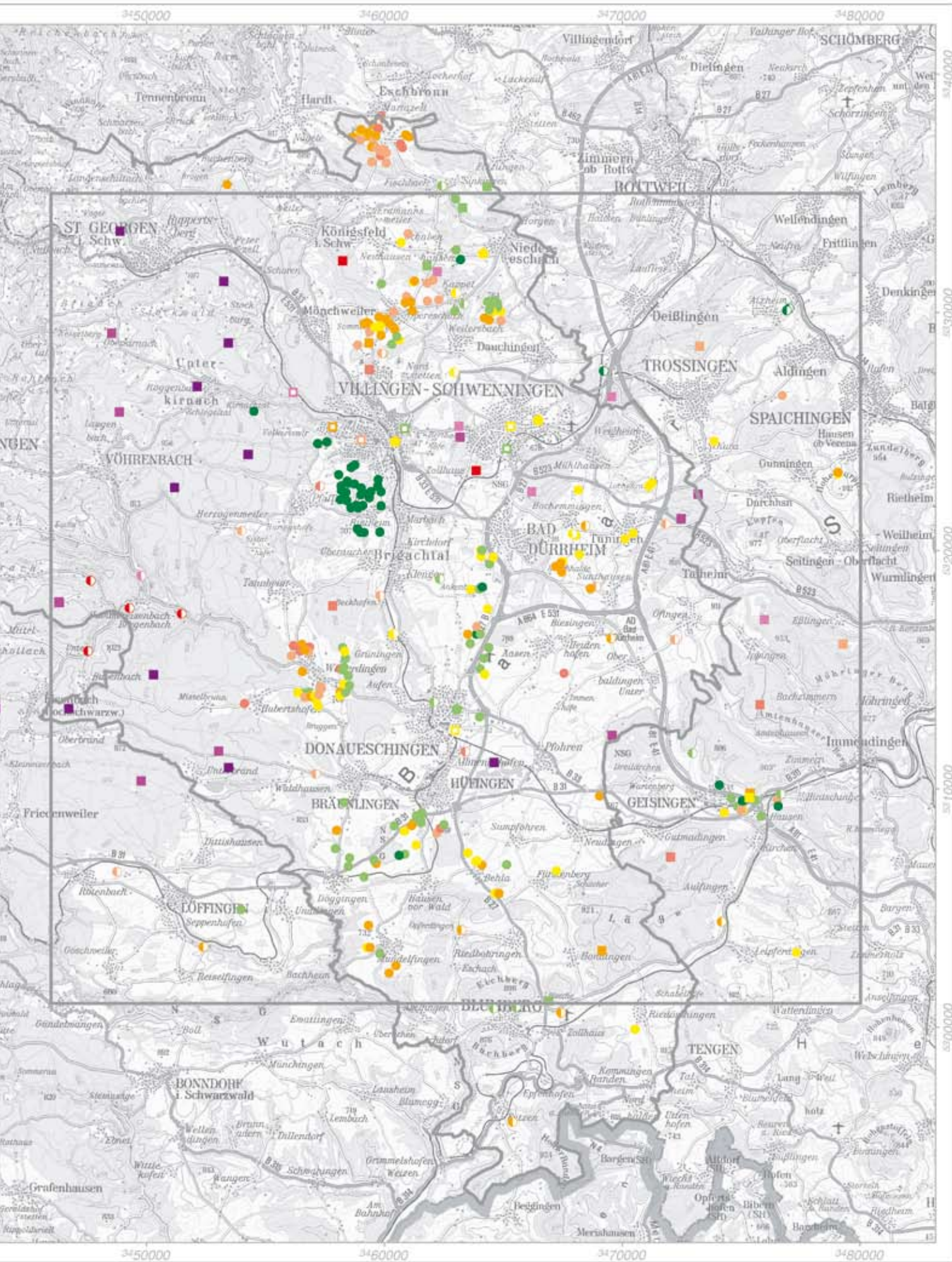
pH – Werte

- > 7,5
- 7,5 – 7,0
- 7,0 – 6,5
- 6,5 – 6,0
- 6,0 – 5,5
- 5,5 – 5,0
- 5,0 – 4,5
- 4,5 – 4,0
- 4,0 – 3,5
- < 3,5



Karte 12:
pH-Werte der Oberböden im Baar-Raum

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



Bodenarten

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

Bodenartenhauptgruppen

- Ton
- Lehm / Schluff
- Sand
- Kennzeichnung der Bodenart aus BÜK 200

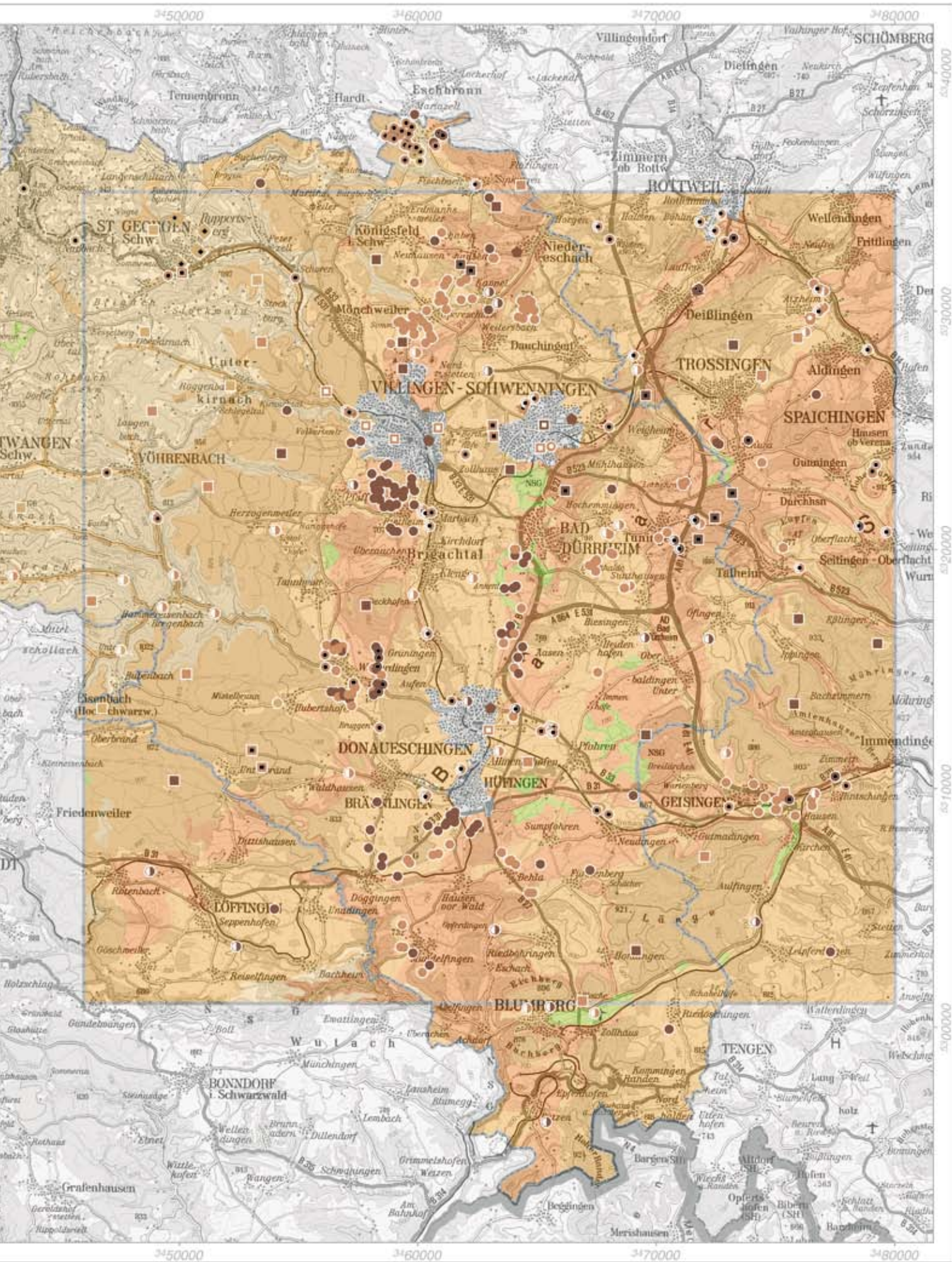
Bodenartenhauptgruppen

- Ton
- Lehm / Schluff
- Sand
- Torf
- Ortslagen
- Untersuchungsgebiet



Karte 13:
Bodenartenhauptgruppen

Maßstab 1:200.000 0 5 10 15 Km



Bodenart und Tongehalt Die Bodenart (insbesondere der Tongehalt) beeinflusst als weiterer Faktor, ob Schadstoffe im Boden mobilisiert oder adsorbiert werden. Das Bindungspotenzial steht dabei im Verhältnis zur Korngröße. Böden mit einem hohen Sandanteil haben z.B. vergleichsweise geringe Möglichkeiten, Schadstoffe zu binden, während ein feinkörniger tonig-schluffiger Boden eine große potenzielle Anlagerungsfläche bietet.

Der Tonanteil eines Bodens spielt aufgrund des Gehalts an Tonmineralen eine wesentliche Rolle für das Bindungsverhalten. Tonminerale haben ein großes Potenzial, positiv geladene Ionen, d.h. geladene Einzelteilchen im Boden, fest an sich zu binden. Sie können auf diese Weise Schadstoffe (v.a. Schwermetalle) im Boden fixieren. Auf die Bindung von organischen Schadstoffen hat der Tongehalt einen untergeordneten Einfluss (Karte 13).

Experteninfo

Tonminerale und Kationenaustauschkapazität

Tonminerale sind Schichtminerale mit elektrisch negativ und positiv geladenen Schichten. Je nach Tonmineral besitzen sie außen sowie zwischen den Schichten negativ geladene Austauscherplätze, an denen sich Kationen anlagern können. Schwermetallkationen konkurrieren mit den anderen Kationen in der Bodenlösung, z.B. H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} um die Austauscherplätze. Die Selektion erfolgt dabei aufgrund von Ladung und Größe (Verhältnis bestimmt die Hydrathülle) der Kationen. Schwermetalle, besonders Blei und Kupfer werden bevorzugt angelagert, wobei der Austausch umkehrbar und pH-abhängig ist.

Organischer Gehalt

Einen Einfluss auf das Verhalten von Schadstoffen in Böden hat weitergehend der Humusgehalt bzw. die organische Substanz, d.h. die abgestorbenen Tier- und Pflanzenreste, die in Böden durch die Bodenlebewesen zersetzt werden. Insbesondere organische Verbindungen wie Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden durch einen hohen Humusgehalt im Boden fixiert.

Experteninfo

Huminstoffkomplexe

Schwermetalle können mit Huminstoffen stabile Komplexe bilden, so dass sie der Bodenlösung entzogen sind. Huminstoffe werden in Fulvosäuren, Huminsäuren und Humine unterschieden. Während Komplexe mit Huminen zur Fixierung des Metalls bzw. der organischen Schadstoffe führen, sind Fulvosäurekomplexe gut löslich und bedingen eher eine Mobilisierung des Metalls, Huminsäuren nehmen eine Mittelstellung ein. Zusätzlich zur Komplexbildung, können Schwermetalle auch aufgrund einer unsymmetrischen Ladungsverteilung im Huminstoffmolekül an den Huminstoff gebunden werden. Diese Bindung ist aber sehr schwach, so dass die Schwermetalle leicht wieder mobilisiert werden.

8.2 Blei

Blei (Pb) im Boden kann sowohl auf geogene als auch auf anthropogene Einflüsse zurückgeführt werden. Im Vergleich zu anderen Schwermetallen verhält sich Blei im Boden immobil, da die Löslichkeit der Bleiverbindungen bei pH-Werten zwischen 4 und 7 sehr gering ist.

Anthropogenes Blei wird überwiegend über den Luftpfad in die Böden eingetragen. In der Regel sind über 95 % der Luftemissionen anthropogen verursacht. Sie entstanden und entstehen z.B. bei Gewinnung, Transport, Verhüttung und Verarbeitung von Bleierzen, Verbrennung von bleihaltigem Benzin, Eisen- und Stahlproduktion, Kohle-, Erdöl- und Müllverbrennung. Ein Eintrag kann auch über die landwirtschaftliche Nutzung erfolgen, z.B. bei der Ausbringung von Klärschlamm auf Ackerflächen.

Die Bleigehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 42 mg/kg. Die Hintergrundwerte der unbeeinflussten Böden entsprechen mit 31 mg/kg auf Ackerflächen, 35 mg/kg unter Wald und 43,5 mg/kg auf Grünland weitgehend den landesweiten Hintergrundwerten von 27 bis 38 mg/kg. Im Vergleich mit den Bewertungsmaßstäben der BBodSchV liegen zwei Drittel der Proben im Baar-Raum unter dem Vorsorgewert für die Bodenart Lehm / Schluff.

Die Bleigehalte der Oberböden sind in Karte 14 dargestellt. Die Schadstoffklassen orientieren sich dabei an den Bewertungsmaßstäben der BBodSchV. Werden relevante Klassen nicht erreicht, ist die Schrift in der Legende hellgrau dargestellt.

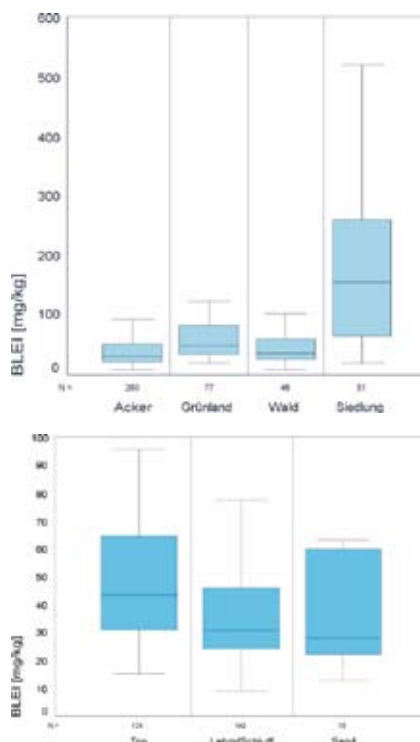
Höhere Bleigehalte sind im Siedlungsbereich und z.T. im Umfeld von Emittenten zu finden. Sie liegen jedoch in der Regel unter den Prüfwerten der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden – Mensch. Von Bedeutung ist auf Einzelflächen im Umfeld von St. Georgen und Langenschiltach zusätzlich die Müllvergärung (Kap. 9.3).

Erhöhte Werte sind im Baar-Raum weitergehend in Böden aus bleierzhaltigen Gesteinen, insbesondere im Bereich der Bleiglanzbanke im Unteren Muschelkalk zu finden. Ein Einfluss zeigt sich ebenfalls im Bereich der Überschwemmungsflächen. Im Umfeld des historischen Bergbaus lassen sich statistisch keine erhöhten Bleigehalte nachweisen (Kap. 7.4).

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	434	42	69	9	1.900	18	120
Ohne Einfluss	270	32	39	9	214	17	69
Überschwemmungsflächen	71	54	61	24	196	28	96
Bleiglanzbanke	12	148	164	31	440	72	253
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	72	75	176	17	1.900	30	339

Tab. 9 Statistische Kennwerte der Bleigehalte im Oberboden (in mg/kg)

Blei

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbestandteile

Bleigehalte [mg/kg]

- < 40
- 40 – 70
- 70 – 100
- 100 – 200
- 200 – 400
- 400 – 1.000
- 1.000 – 1.200
- 1.200 – 2.000
- > 2.000

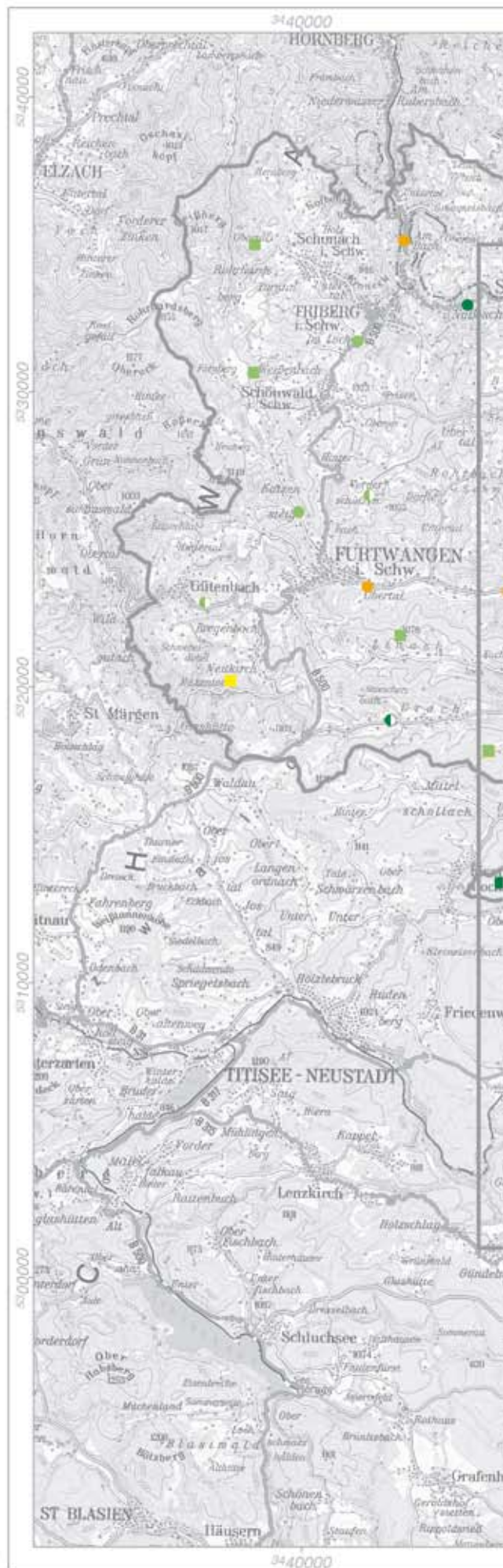
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

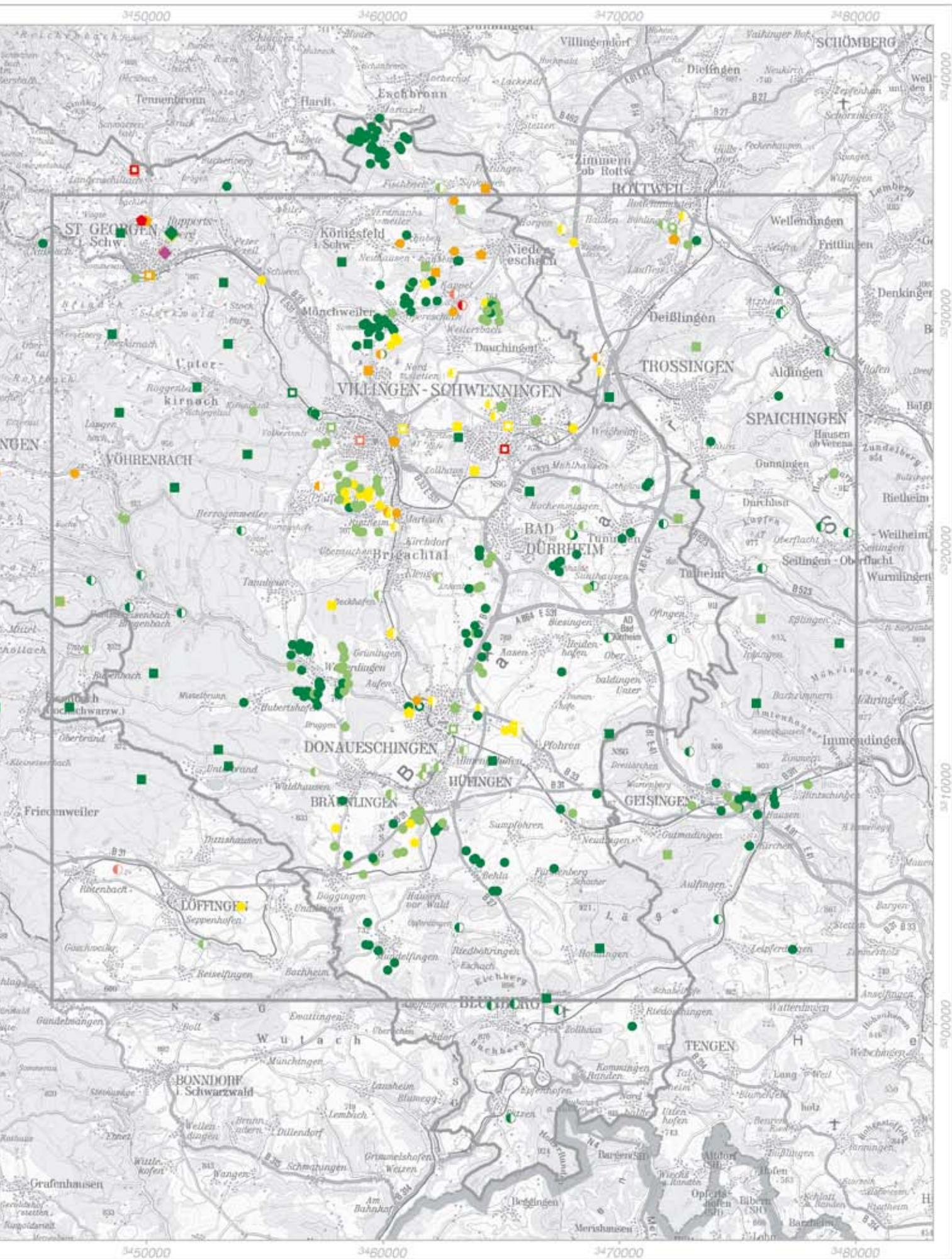
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	100
			Lehm/Schluff	70
			Sand	40
Prüfwerte	Boden – Mensch	KW*	Kinderspielflächen	200
			Wohngebiete	400
			Park- und Freizeitanlagen	1.000
			Industrie- und Gewerbestandteile	2.000
	Boden – Nutzpflanze	AN*	Ackerbau, Nutzgarten	0,1
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze	KW*	Grünland	1.200

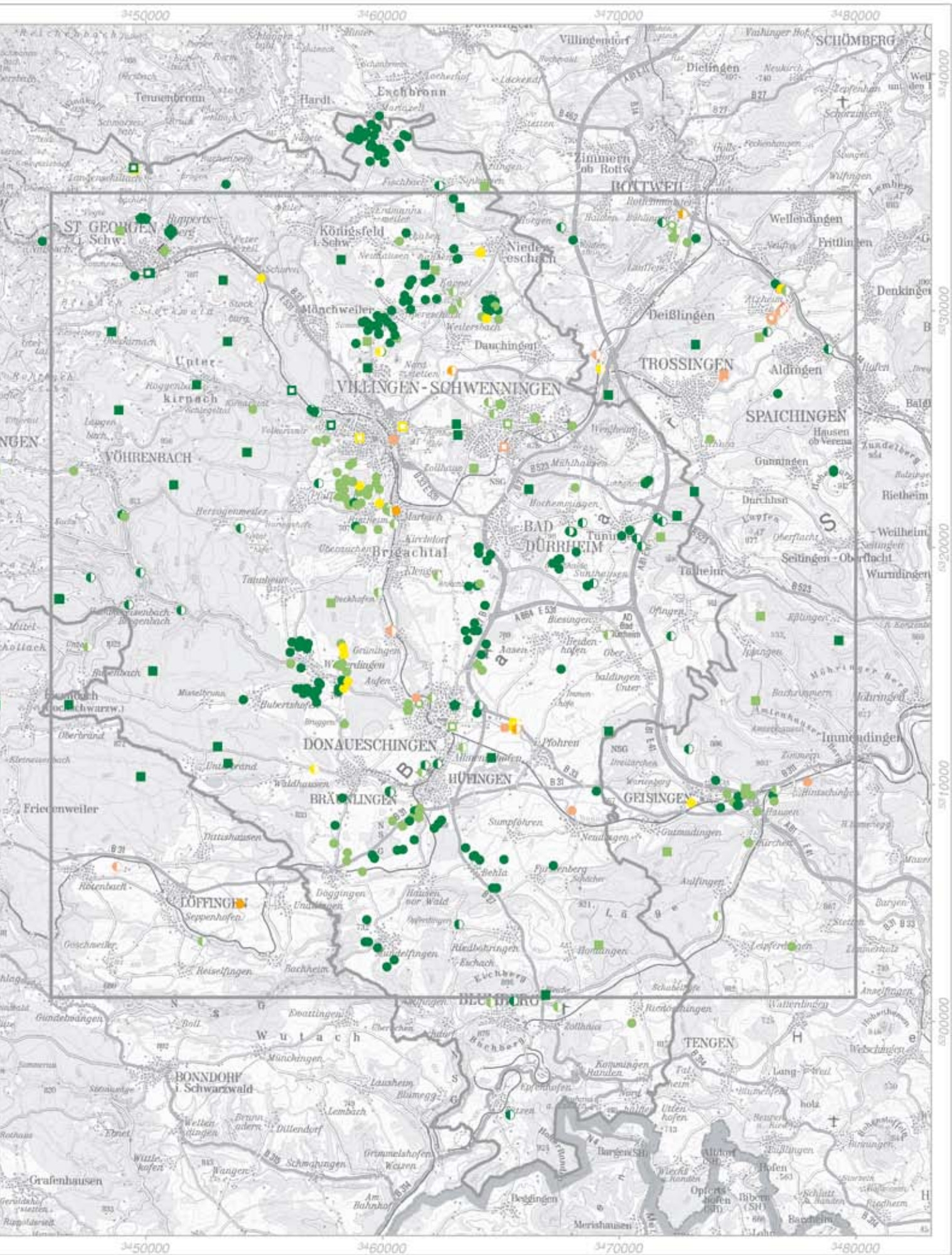
* KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 14:
Bleigehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000







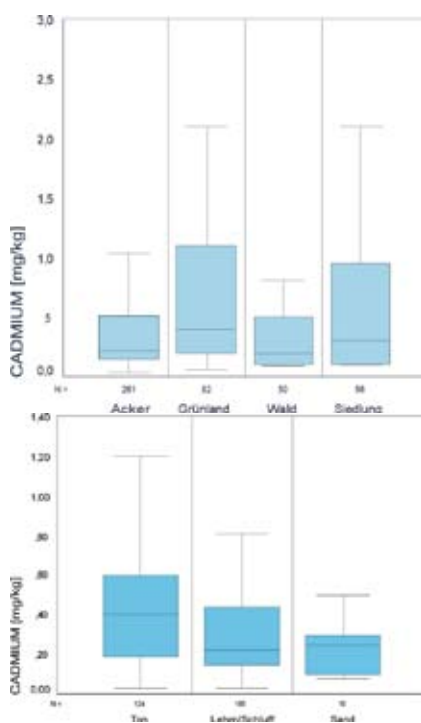
8.3 Cadmium

Eigenschaften Cadmium (Cd) zählt aufgrund seiner Toxizität zu den meistuntersuchten Schwermetallen im Boden. Chemisch weist Cadmium Analogien zu Zink auf, so dass in Gesteinen und Böden oft ein relativ konstantes Zink / Cadmium-Verhältnis vorliegt. Cadmium gehört zu den mobilen, leicht verlagerbaren bzw. pflanzenverfügbaren Schwermetallen und weist besonders im sauren Bereich eine hohe Mobilität auf. Die im Boden vorliegenden Cadmiumverbindungen gehen bereits bei pH-Werten unter 6,5 verstärkt in Lösung.

Nutzungseinflüsse Der Cadmium-Eintrag in Böden erfolgt überwiegend durch anthropogene Immissionen. Neben Abfällen cadmiumhaltiger Industrieprodukte, Schlacken und Abraum können über Phosphatdünger, Klärschlamm, Müllkomposte, Luft und Verkehr erhebliche Mengen Cadmium auf die Pflanzen- und Bodendecke gelangen.

Hintergrundwerte

Unbelastete Böden enthalten in der Regel unter 0,5 mg Cadmium pro kg Boden. Der mittlere Cadmiumwert im Baar-Raum liegt bei 0,3 mg/kg. Auf unbeeinflussten Böden liegen die regionalen Hintergrundwerte mit 0,2 mg/kg auf Ackerflächen und 0,1 mg/kg unter Wald und auf Grünland im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte (siehe Karte 15).



Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff liegt bei 1 mg/kg und wird von 80 % der Proben eingehalten. Erhöhte Cadmiumgehalte sind im Baar-Raum zum Teil im Siedlungsbereich vorhanden. Der Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Haus- und Kleingärten‘ wird dabei teilweise erreicht.

Im Umfeld des historischen Bergbaus zeichnen sich keine und im Bereich der Bleiglanzbänke nur leichte Einflüsse ab. Geogen erhöht ist Cadmium zum Teil im Muschelkalk, im Malm und im Keuper.

Am deutlichsten macht sich mit Medianwerten von 0,8 mg/kg Cd und 90-Perzentilwerten von 5,9 mg/kg ein anthropogener Einfluss in Überschwemmungsgebieten bemerkbar. Der Maßnahmenwert der BBodSchV für Grünland von 20 mg/kg wird unter aktueller Nutzung eingehalten.

Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	449	0,3	0,8	<0,05	69	0,1	1,1
Ohne Einfluss	271	0,2	0,3	<0,05	2,5	0,1	0,7
Überschwemmungsflächen	81	0,8	2,1	0,1	17,5	0,1	5,9
Bleiglanzbänke	12	0,4	0,5	0,2	1,2	0,2	1,0
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	76	0,4	1,35	0,09	69	0,1	0,95

Tab. 10 Statistische Kennwerte der Cadmiumgehalte im Oberboden (in mg/kg)

8.4 Chrom

Chrom (Cr) ist ubiquitär verbreitet. Es steht in der Elementhäufigkeit an 20. Stelle und damit noch vor Kupfer und Zink. Es zählt zu den Schwermetallen und kann in verschiedenen Oxidationsstufen zwischen +6 und -2 vorkommen. Die toxischste Form ist das anionische CrVI. Die Gehalte an wasserlöslichem und austauschbarem Chrom steigen nur im stark sauren Bodenmilieu an.

Industriell genutzt wird Chrom zur Herstellung von rostfreien Stählen, Batterien, Gummi, Farben, Lacken, Glas und Keramikgegenständen sowie beim Gerben von Leder. Chrom kann über den Niederschlag, durch Mineraldünger bzw. Düngemittel aus Eishüttenschlacken und Klärschlamm in den Boden gelangen.

Die Chromgehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 35 mg/kg. Auf unbeeinflussten Böden bewegen sich die regionalen Hintergrundwerte mit 29 mg/kg auf Ackerflächen unter den landesweiten Hintergrundwerten. Für die Nutzungen Wald und Grünland liegen sie mit Medianwerten von 32,5 mg/kg unter Wald und 49 mg/kg auf Grünland leicht über den für Baden-Württemberg charakteristischen Werten von 19 und 42 mg/kg.

Im Vergleich mit den Bewertungsmaßstäben der BBodSchV zeigt sich ein unauffälliges Bild. Der Vorsorgewert für die Bodenart Lehm / Schluff beträgt 60 mg/kg und wird von ca. 85 % der Proben im Baar-Raum eingehalten.

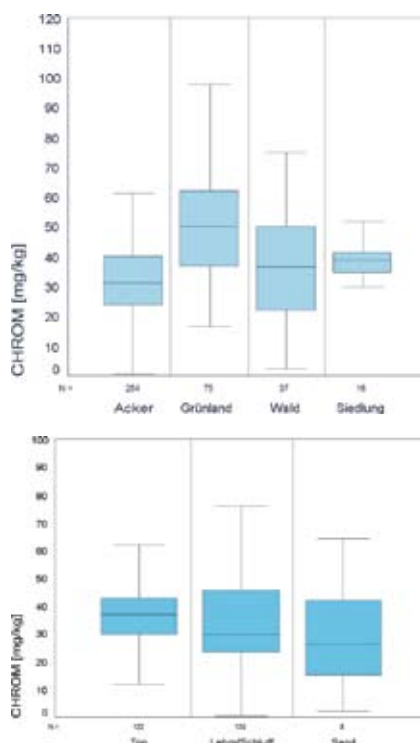
Im Siedlungsbereich sind kaum erhöhte Chromgehalte vorhanden. Der Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘ wird punktuell erreicht. Er wird unter der aktuellen Nutzung jedoch eingehalten, da in den Beprobungsbereichen keine Kinderspielflächen vorliegen (siehe Karte 16).

Anthropogene Einflüsse zeichnen sich vorwiegend in Überschwemmungsflächen ab. Im Bereich der Bleiglanzbanke sowie im Umfeld des historischen Bergbaus sind keine erhöhten Gehalte nachweisbar. Unter den geologischen Schichten weisen die Abschnitte des Doggers und Malms geringfügig erhöhte mittlere Konzentrationen auf.

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	382	35	41	0,23	331	20	64
Ohne Einfluss	268	30	37	0,2	331	19	54
Überschwemmungsflächen	71	53	55	16	199	28	74
Bleiglanzbanke	12	37	38	28	54	32	45
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	23	37	36	22	52	25	51

Tab. 11 Statistische Kennwerte der Chromgehalte im Oberboden (in mg/kg)

Chrom

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewergrundstücke

Chromgehalte [mg/kg]

- < 30
- 30 – 60
- 60 – 100
- 100 – 200
- 200 – 400
- 400 – 1.000
- > 1.000

Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

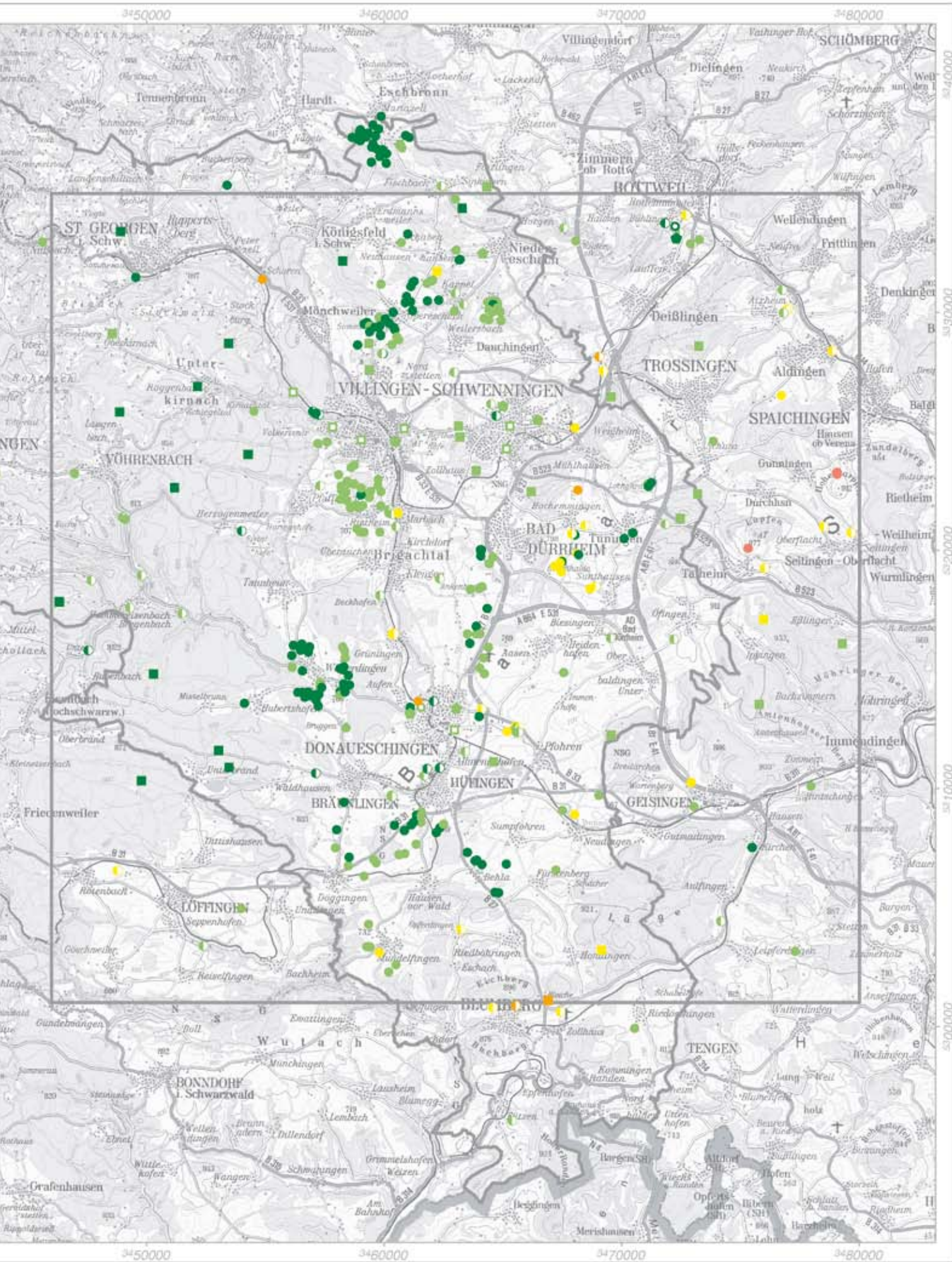
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	100
			Lehm/Schluff	60
			Sand	30
Prüfwerte	Boden – Mensch	KW*	Kinderspielflächen	200
			Wohngebiete	400
			Park- und Freizeitanlagen	1.000
			Industrie- und Gewergrundstücke	1.000

* KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 16:
Chromgehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000





3450000

3460000

3470000

3480000

3400000

3430000

3420000

3410000

3400000

3450000

3460000

3470000

3480000

3400000

Kupfer

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

Kupfergehalte [mg/kg]

- < 20
- 20 – 40
- 40 – 60
- 60 – 200
- 200 – 500
- 500 – 1.000
- 1.000 – 1.300
- > 1.300

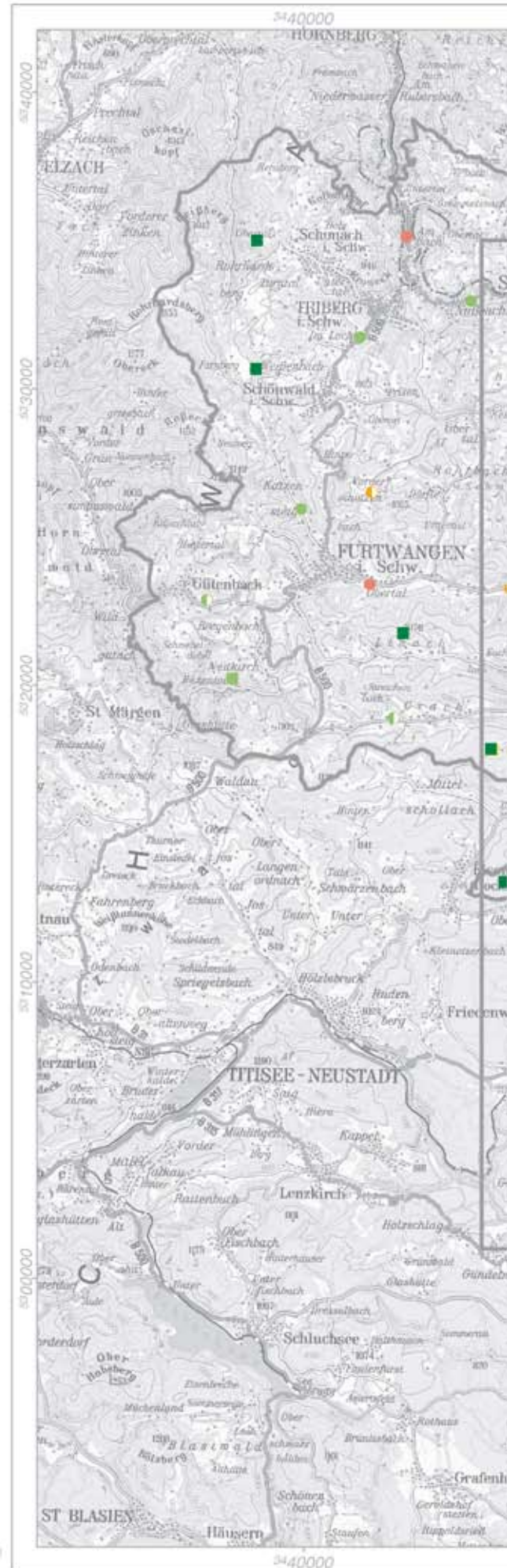
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

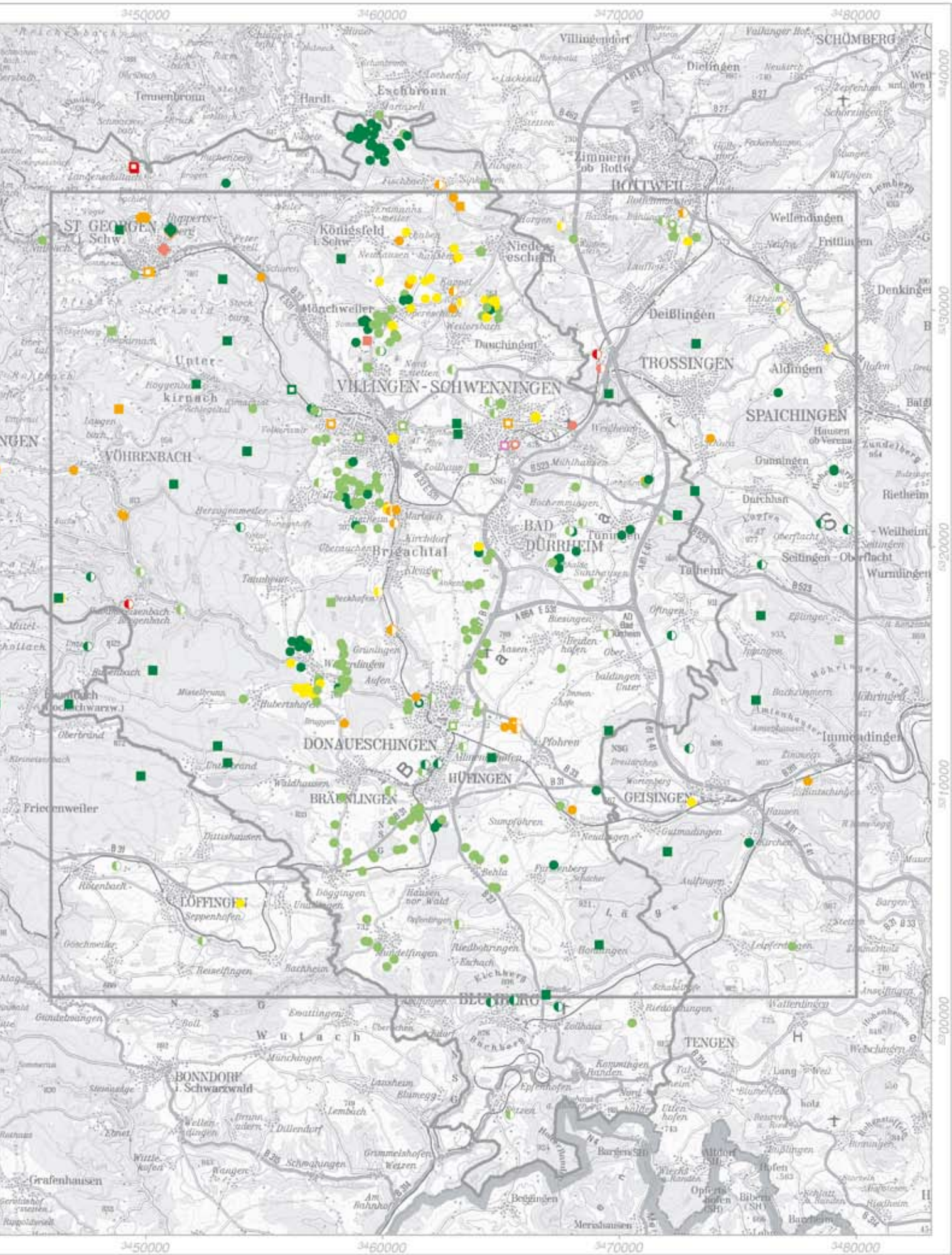
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	60
			Lehm/Schluff	40
			Sand	20
Prüfwert	Boden – Nutzpflanze	AN*	Ackerbau	1
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze	KW*	Grünland	1.300 ¹⁾

¹⁾ Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt als Maßnahmenwert 200 mg/kg Trockenmasse
 * KW = Königswasserextraktion * AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 17:
Kupfergehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





8.5 Kupfer

Eigenschaften Kupfer (Cu) ist ein für Pflanzen und Tiere essentielles Spurenelement, das jedoch in höheren Dosen v. a. auf Bakterien, Pflanzen, Fische und Wiederkäuer toxisch wirkt. Bei pH-Werten über 5 ist der Anteil des mobilen Kupfers in der Regel gering (< 1 %), bei extrem saurer Bodenreaktion kann er auf 20 % steigen.

Nutzungseinflüsse Kupfer ist ubiquitär verbreitet. Zu mehr als 50 % wird Kupfer zur Herstellung von Kabeln und elektrischen Bauteilen verwendet. Eine bedeutende Rolle spielt es in Legierungen (Messing und Bronze). Weiteren Einsatz findet es im Heizungsbau (Kupferrohre und Leitungen), als Dachabdeckung und als antibakterieller Zusatz. Ein Kupfereintrag in der Landwirtschaft erfolgt in erster Linie über Klärschlämme, Schweinegülle, Pflanzenschutzmittel und industrielle Abgase.

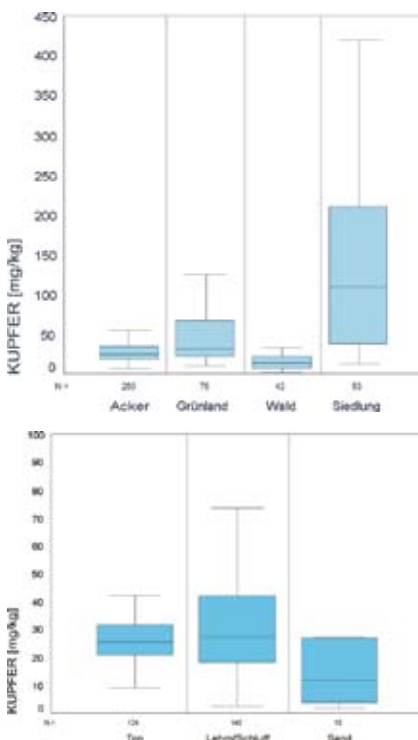
Hintergrundwerte

Der mittlere Kupfergehalt im Baar-Raum liegt bei 27 mg/kg. Die regionalen Hintergrundwerte bewegen sich mit 25 mg/kg auf Ackerflächen, 32 mg/kg auf Grünland und 11 mg/kg unter Wald im Bereich der landesweiten Hintergrundwerten von 7 bis 20 mg/kg (siehe Karte 17).

Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff wird von 70 % der Proben unterschritten. Der Maßnahmenwert der BBodSchV für Grünland wird nicht überschritten.

Im Siedlungsbereich ist die Spannweite der Kupfergehalte deutlich größer als im Außenbereich. Prüfwerte für den Pfad Boden – Mensch liegen aufgrund der geringen Humantoxizität von Kupfer in der BBodSchV derzeit nicht vor.

Während im Umfeld des historischen Bergbaus im Baar-Raum keine Einflüsse deutlich werden, sind im Bereich der Bleiglanzbanke durchschnittlich höhere Kupferkonzentrationen vorhanden. Erhöhte Kupfergehalte zeigen sich ebenfalls auf überschwemmungsbeeinflussten Böden.



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	421	27	56	1,6	1.120	10	113
Ohne Einfluss	271	24	26	1,6	165	8,4	44
Überschwemmungsflächen	71	50	80	9,3	689	17	165
Bleiglanzbanke	12	63	74	22,5	220	28,5	107
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	60	80	148	10,6	1.120	20	291

Tab. 12 Statistische Kennwerte der Kupfergehalte im Oberboden (in mg/kg)

8.6 Nickel

Nickel (Ni) ist ein Schwermetall mit überwiegend ökotoxikologischem Potenzial. Im Boden wird Nickel hauptsächlich durch Fe-, Mn- und Al-Oxide sowie Tonminerale gebunden. Die Nickel-Mobilität ist wie bei vielen anderen Schwermetallen abhängig von der Bodenreaktion. Bei pH-Werten unter 5,5 nehmen die Gehalte an wasserlöslichem und austauschbarem Nickel deutlich zu.

Nickel wird überwiegend in der Stahlproduktion eingesetzt. Auch in der Galvanik- und Elektronikindustrie sowie für Legierungen findet es breite Verwendung. Aus diesen Quellen gelangt es im Wesentlichen mit Abwässern in die Ökosysteme und wird u.a. in Klärschlamm angereichert. Durch Verbrennungsprozesse (Industrie, Hausbrand, Kfz-Verkehr) gelangt Nickel über den Luftpfad in die Böden.

Die Nickelgehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 29 mg/kg. Auf unbeeinflussten Böden liegen die regionalen Hintergrundwerte mit 27 mg/kg auf Ackerflächen und 17 mg/kg unter Wald im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte. Auf Grünland liegt der Medianwert mit 28 mg/kg leicht über den Landeswerten.

Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff wird auf 90 % der untersuchten Standorte eingehalten. Der Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘ wird vereinzelt erreicht, unter aktueller Nutzung jedoch nicht überschritten (Karte 18).

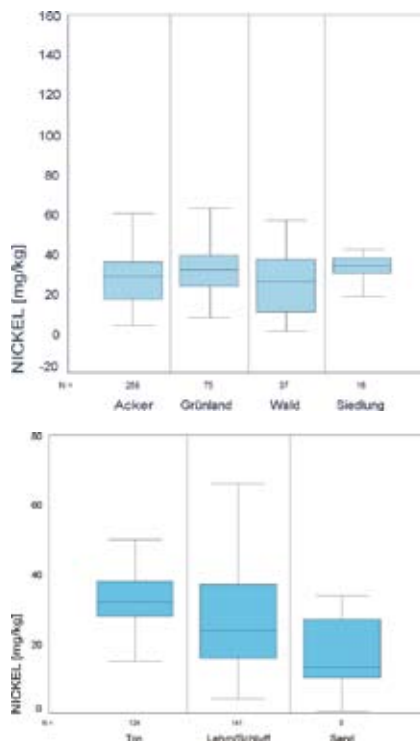
Im Gegensatz zu anderen Parametern zeigen sich bei Nickel keine markanten Unterschiede durch die unterschiedlichen Einflussgrößen. Im Siedlungsbereich und im Umfeld der Bleiglanzbanke finden sich leicht erhöhte Konzentrationen. Auf Überschwemmungsflächen sind im Vergleich mit unbeeinflussten Böden keine höheren Nickelgehalte vorhanden.

Gering erhöhte Nickelgehalte sind vor allem im Osten der Baar zu finden. Sie lassen sich im Vergleich der geologischen Schichten weitgehend den Bereichen des Malms und des Lias zuordnen.

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	386	29	29,5	<1,0	138	10	45
Ohne Einfluss	273	27,5	29	<1,0	138	10	44
Überschwemmungsflächen	71	30	30	7,5	83	15	43
Bleiglanzbanke	12	35	35	29	42	32	41
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	23	34	34	18	66	23	46

Tab. 13 Statistische Kennwerte der Nickelgehalte im Oberboden (in mg/kg)

Nickel

Bodennutzung

- Acker
- Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewergrundstücke

Nickelgehalte [mg/kg]

- < 15
- 15 – 50
- 50 – 70
- 70 – 140
- 140 – 350
- 350 – 900
- > 900

Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

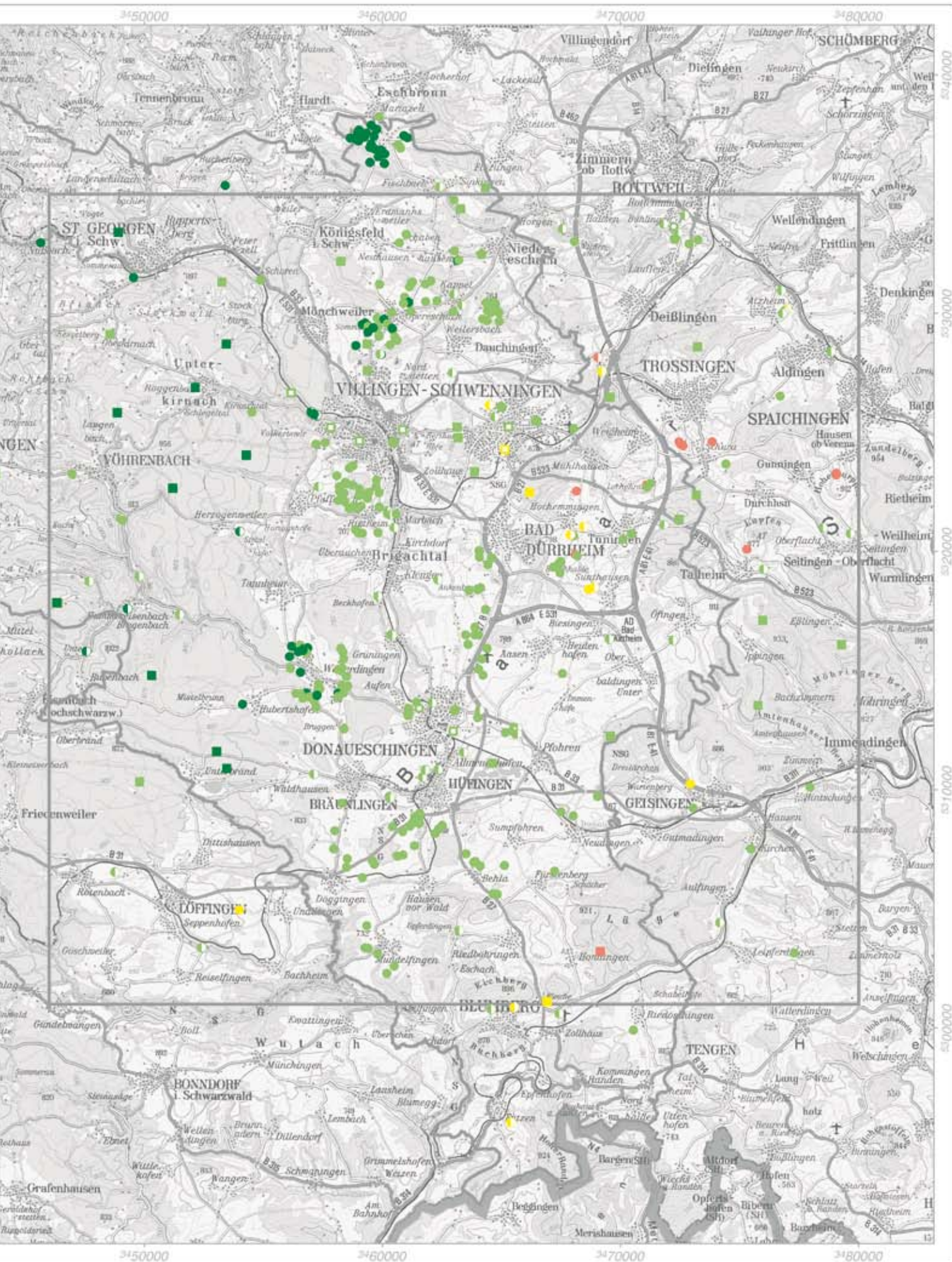
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	70
			Lehm/Schluff	50
			Sand	15
Prüfwerte	Boden – Mensch	KW*	Kinderspielflächen	70
			Wohngebiete	140
			Park- und Freizeitanlagen	350
			Industrie- und Gewergrundstücke	900
	Boden – Nutzpflanze	AN*	Ackerbau	1,5
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze	KW*	Grünland	1.900

* KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 18:
Nickelgehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





345000

346000

347000

348000

5140000
5130000
5120000
5110000
5100000

345000

346000

347000

348000

15

Quecksilber

Bodennutzung

- Acker
- Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewergrundstücke

Quecksilbergehalte [mg/kg]

- < 0,1
- 0,1 – 0,5
- 0,5 – 1,0
- 1,0 – 2,0
- 2 – 10
- 10 – 20
- 20 – 50
- 50 – 80
- > 80

Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

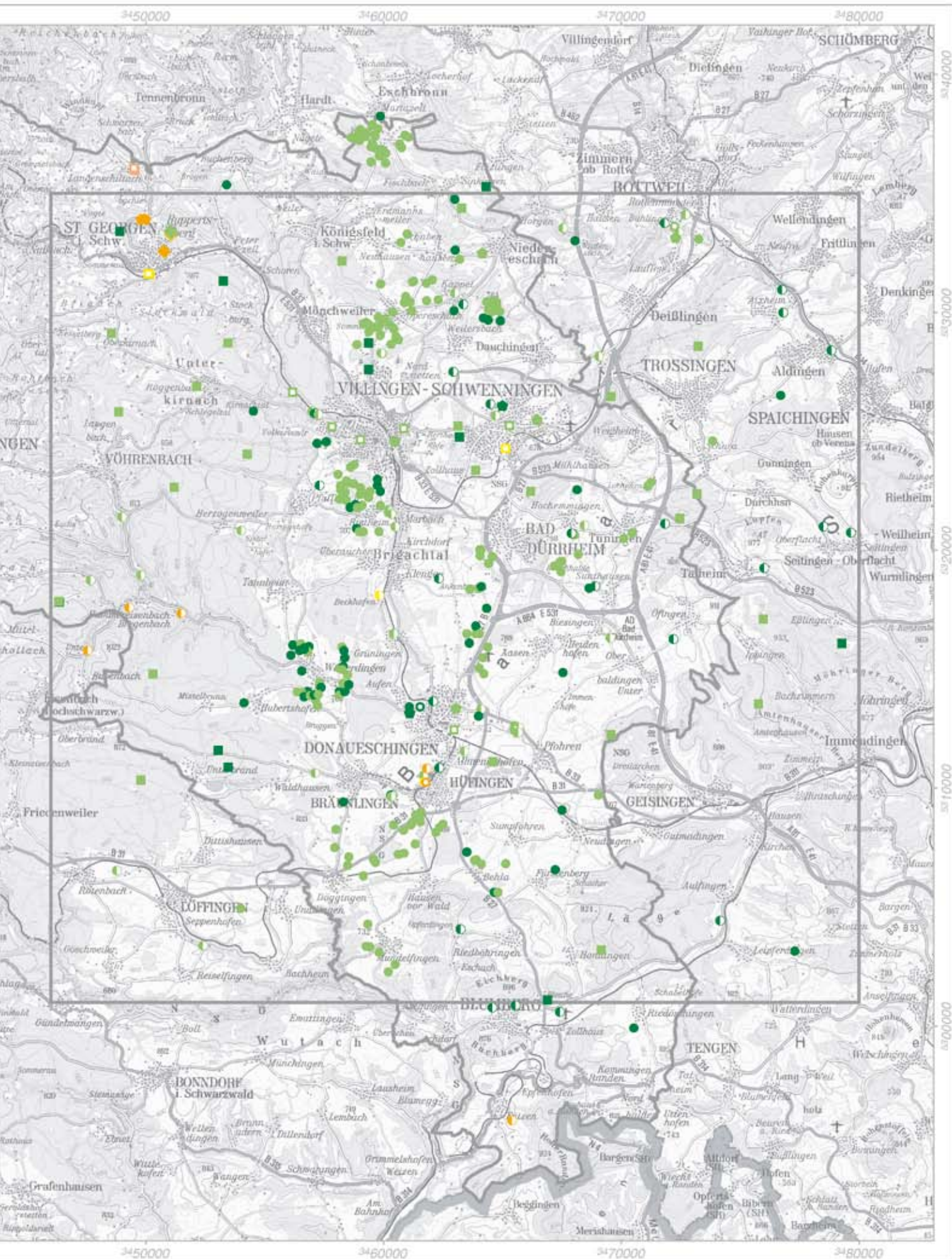
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	1
			Lehm/Schluff	0,5
			Sand	0,1
Prüfwerte	Boden – Mensch	KW*	Kinderspielflächen	10
			Wohngebiete	20
			Park- und Freizeitanlagen	50
			Industrie- und Gewergrundstücke	80
	Boden – Nutzpflanze	KW*	Ackerbau, Nutzgarten	5
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze	KW*	Grünland	2

* KW = Königswasserextraktion

Karte 19:
Quecksilbergehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





8.7 Quecksilber

Eigenschaften

Quecksilber (Hg) ist ein bei Raumtemperatur flüssiges Schwermetall mit relativ hohem Dampfdruck. Insbesondere organische Quecksilberverbindungen besitzen eine stark toxische Wirkung auf Mensch und Tier. Die Löslichkeit anorganischer Quecksilberverbindungen im Boden ist sehr gering.

Nutzungseinflüsse

Anthropogene Emissionen sind in der Fläche von untergeordneter Bedeutung, können aber lokal in der Nähe von Emittenten relevant sein. Quecksilberemissionen entstehen v.a. bei Verbrennungsprozessen in Kraftwerken und Müllverbrennungsanlagen. In die Böden wird Quecksilber über den Niederschlag, aber auch durch die Ausbringung von Klärschlämmen und kompostierten Siedlungsabfällen sowie beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eingetragen.

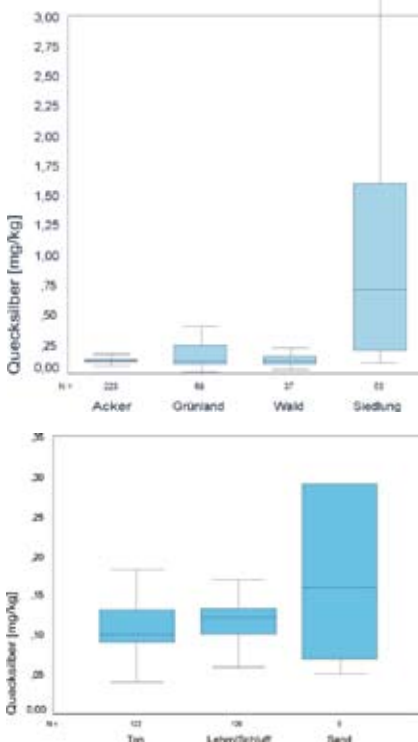
Hintergrundwerte

Der mittlere Quecksilbergehalt im Baar-Raum liegt bei 0,12 mg/kg. Die regionalen Hintergrundwerte liegen mit 0,11 mg/kg auf Ackerflächen, 0,09 mg/kg auf Grünland und 0,13 mg/kg unter Wald im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte (0,1 mg/kg).

Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff von 0,5 mg/kg wird von 90 % der Proben im Baar-Raum unterschritten. Der Maßnahmenwert für Grünland von 2 mg/kg wird auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen eingehalten.

Erhöhte Quecksilbergehalte sind im Siedlungsbereich insbesondere im Umfeld von Emittenten vorhanden. Der Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘ von 10 mg/kg wird nicht erreicht (Karte 19).

Auf überschwemmungsbeeinflussten Böden sind im Mittel höhere Quecksilberwerte vorhanden. Ein Einfluss durch den historischen Bergbau bzw. im Bereich der Bleiglanzbanke lässt sich nur teilweise nachweisen. Im Vergleich der geologischen Schichten weisen die Oberböden auf den Graniten und Gneisen des Grundgebirges höhere Quecksilbergehalte auf.



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	381	0,12	0,26	0,01	4,2	0,06	0,47
Ohne Einfluss	257	0,11	0,12	0,04	1,0	0,06	0,17
Überschwemmungsflächen	45	0,14	0,23	0,01	1,5	0,05	0,38
Bleiglanzbanke	12	0,08	0,09	0,03	0,2	0,05	0,11
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	60	0,6	0,91	0,07	4,2	0,09	2,41

Tab. 14 Statistische Kennwerte der Quecksilbergehalte im Oberboden (in mg/kg)

8.8 Thallium

Thallium (Tl) ist ein nicht essentielles, im menschlichen Organismus stark giftiges Schwermetall. Es kommt in geringen Konzentrationen in sulfidischen Zink-, Kupfer-, Eisen- und Bleierzen vor. Thallium ist zusammen mit Cadmium und Zink das in Böden mobilste Schwermetall. Dies gilt vor allem für den schwach sauren Bereich.

Als anthropogene Quellen sind Emissionen aus Zementwerken und Erzröstereien von Bedeutung. Der Einsatz von Thallium ist begrenzt. Es wird derzeit überwiegend in der Elektro- und Elektronikindustrie für Halbleiter und Szintillationszähler benötigt.

Die Thalliumgehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 0,4 mg/kg. Die regionalen Hintergrundwerte liegen mit 0,45 mg/kg auf Ackerflächen, 0,2 mg/kg auf Grünland und 0,32 mg/kg unter Wald im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte.

Vorsorgewerte sind in der BBodSchV für Thallium nicht enthalten. Als Vergleichsmaßstab dienen die Zuordnungswerte der LAGA (TR Boden). Der Zuordnungswert für die Bodenart Lehm / Schluff von 0,7 mg/kg wird auf 90 % der untersuchten Standorte eingehalten (Karte 20).

Im Siedlungsbereich finden sich geringfügig erhöhte Konzentrationen. Der Prüfwert der BBodSchV für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘ wird dabei nicht erreicht. Im Umfeld des Zementwerks sind keine erhöhten Thalliumgehalte nachweisbar.

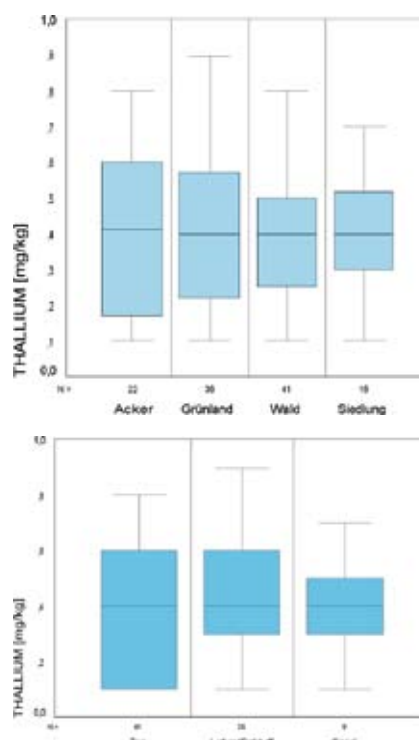
Auch Überschwemmungsflächen zeigen im Vergleich mit unbeeinflussten Böden geringe anthropogene Einflüsse. Leicht erhöhte Thalliumgehalte sind auch in den Bereichen des historischen Bergbaus und der Bleiglanzbanke zu finden.

Im Vergleich der geologischen Schichten sind in den Abschnitten des Lias und im Unteren Muschelkalk geringfügig höhere Thalliumgehalte vorhanden.

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	115	0,4	0,42	0,1	1,7	0,1	0,7
Ohne Einfluss	48	0,31	0,38	0,1	1,7	0,1	0,6
Überschwemmungsflächen	13	0,4	0,45	0,1	0,7	0,2	0,7
Bleiglanzbanke	12	0,7	0,62	0,3	0,9	0,3	0,8
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	33	0,4	0,37	0,1	0,7	0,2	0,6

Tab. 15 Statistische Kennwerte der Thalliumgehalte im Oberboden (in mg/kg)

Thallium

Bodennutzung

- Acker
- Ⓔ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

Thalliumgehalte [mg/kg]

- < 0,4
- 0,4 – 0,7
- 0,7 – 1,0
- 1,0 – 5,0
- 5,0 – 10
- 10 – 15
- 15 – 25
- > 25

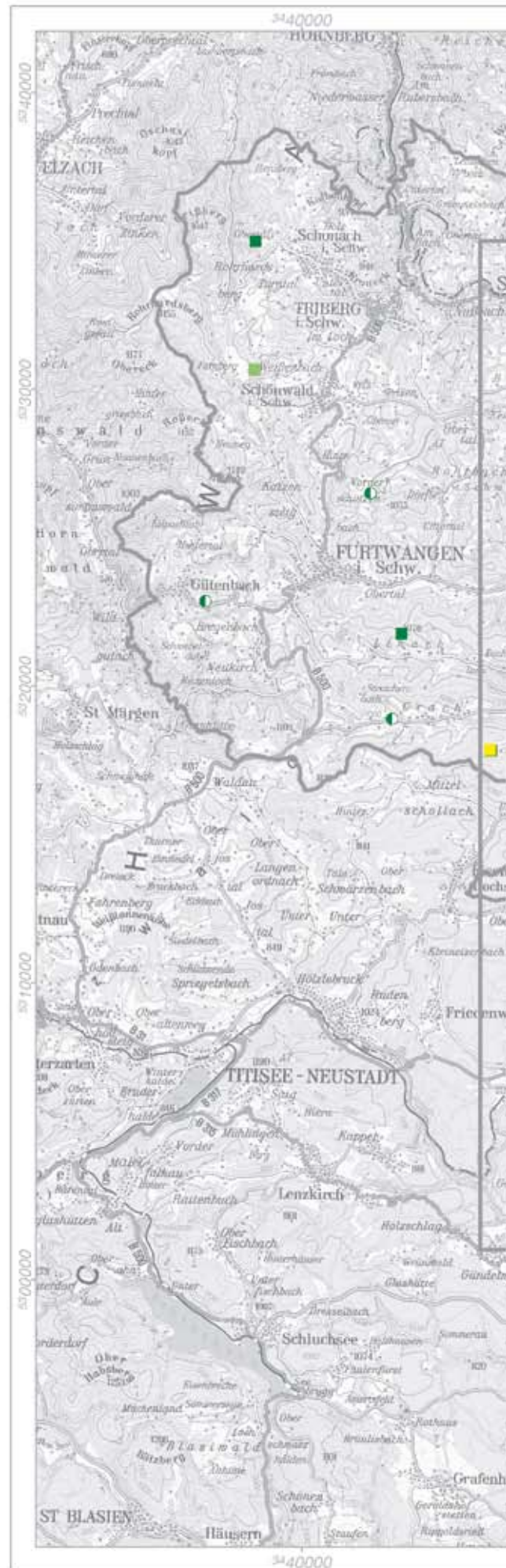
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV und nach LAGA (in mg/kg)

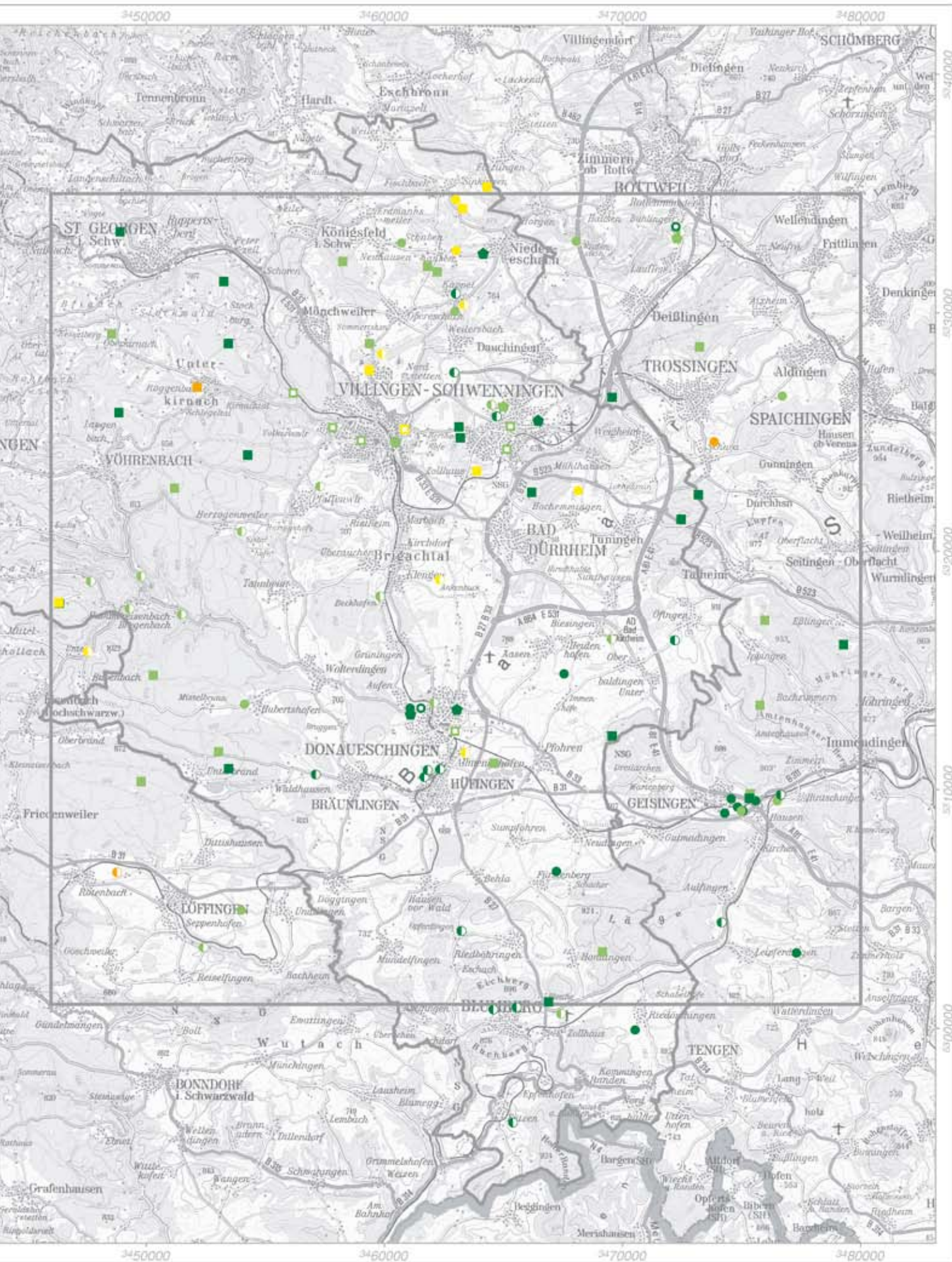
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Zuordnungswerte (LAGA)		KW*	Ton	1
			Lehm/Schluff	0,7
			Sand	0,4
Prüfwerte	Boden – Mensch (nach UBA 1999)	KW*	Kinderspielflächen	5
			Wohngebiete	10
			Park- und Freizeitanlagen	25
			Industrie- und Gewerbegrundstücke	-
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze	AN*	Ackerbau	0,1
			Grünland	15

* KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 20:
Thalliumgehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





Zink

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

Zinkgehalte [mg/kg]

- < 60
- 60 – 150
- 150 – 200
- 200 – 400
- 400 – 800
- 800 – 1.500
- > 1.500

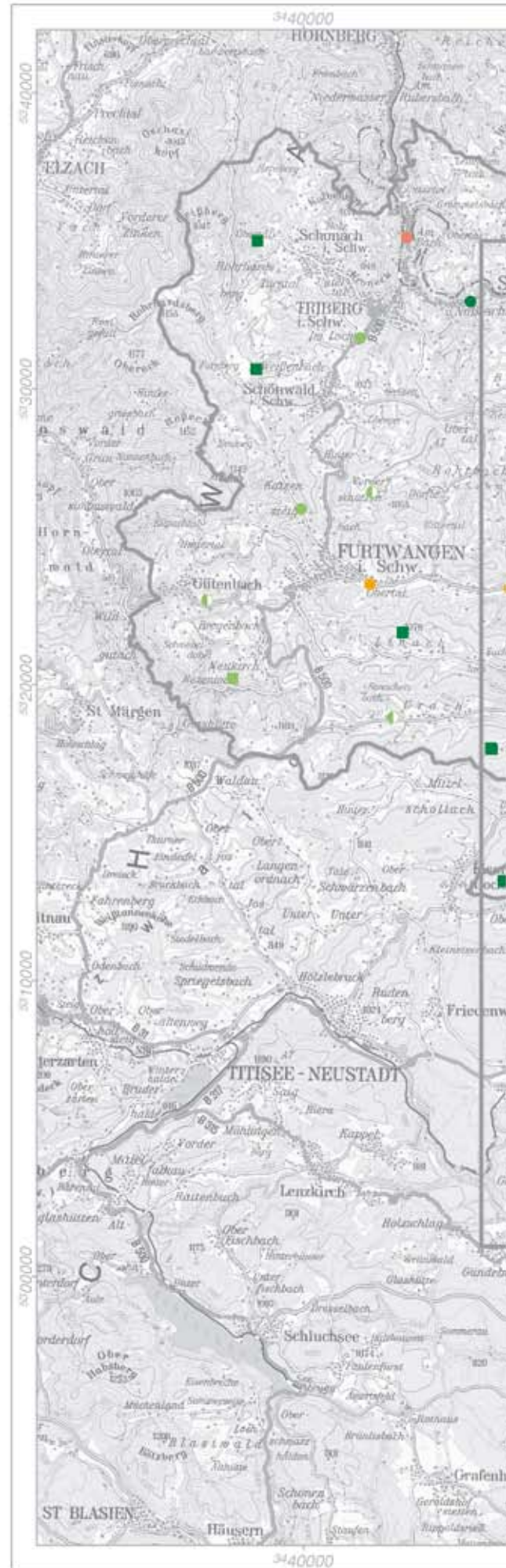
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

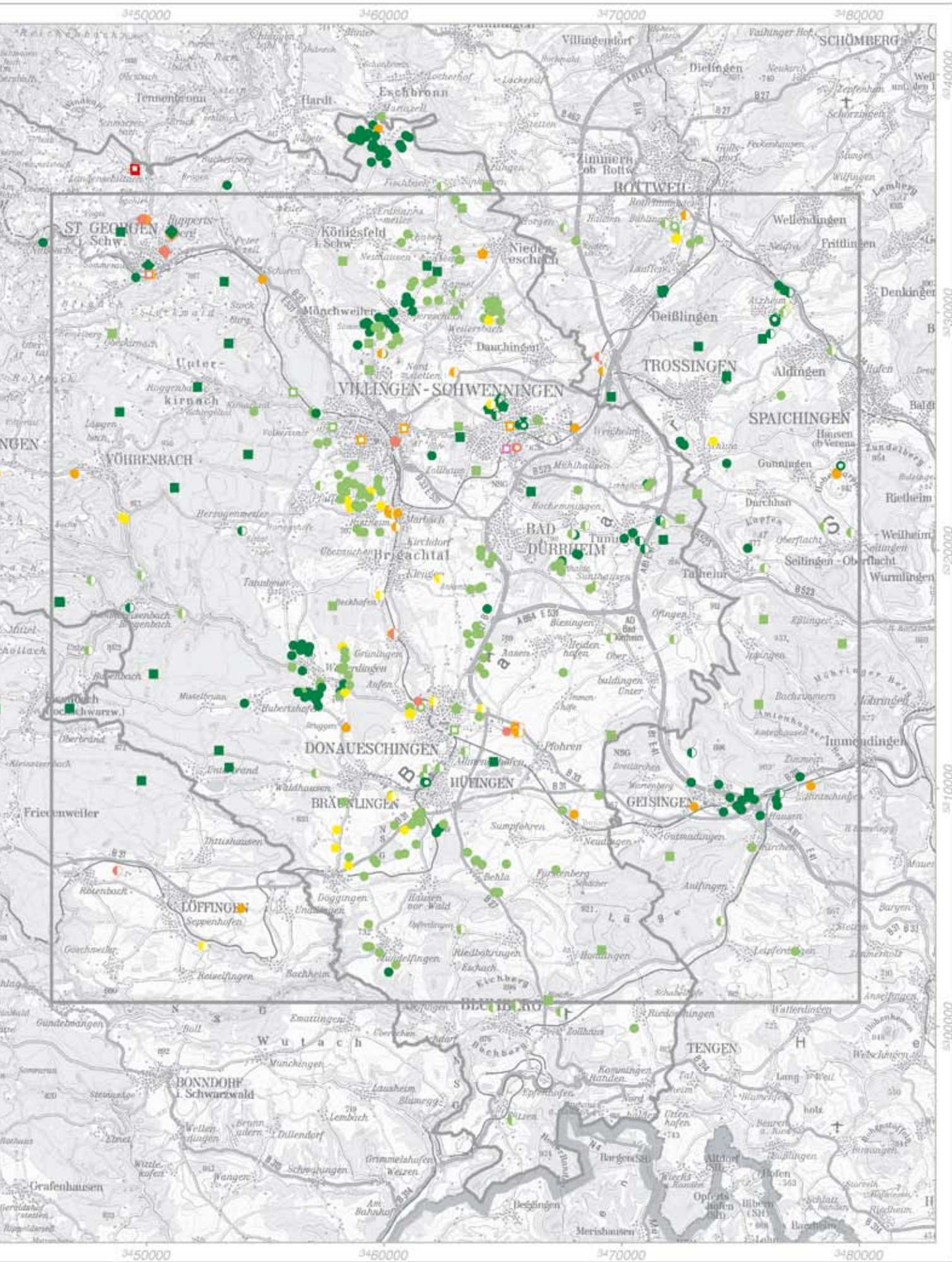
	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Vorsorgewert		KW*	Ton	200
			Lehm/Schluff	150
			Sand	60
Prüfwert	Boden – Nutzpflanze	AN*	Ackerbau	2

* KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 21:
Zinkgehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





8.9 Zink

Eigenschaften

Zink (Zn) ist ein für Pflanze, Tier und Mensch essentielles Spurenelement. In hohen Dosen wirkt es in erster Linie auf Pflanzen toxisch. Da Zink chemisch Analogien zu Cadmium aufweist, liegt in Böden häufig ein relativ konstantes Zn / Cd-Verhältnis vor. Bei pH-Werten über 6 ist der Gehalt an austauschbarem Zink gering. Mit abnehmendem pH-Wert steigt der Anteil des Zn-Gehalts in der Bodenlösung deutlich an.

Nutzungseinflüsse

Natürliche Zinkvorkommen werden häufig von anderen Metallen wie Kupfer, Blei und Cadmium begleitet. Die beiden wichtigsten Zinkerze sind Zinkblende (Sphalerit, Zinksulfid) und Zinkspat (bekannt als ‚Galmei‘). Zink ist eines der am meisten industriell eingesetzten Schwermetalle. Es findet Verwendung als Korrosionsschutz beim Verzinken von Eisen- und Stahlprodukten und ist ein wichtiges Legierungsmetall (z.B. Messing). In der chemischen Industrie dient es als wichtiges Reduktionsmittel.

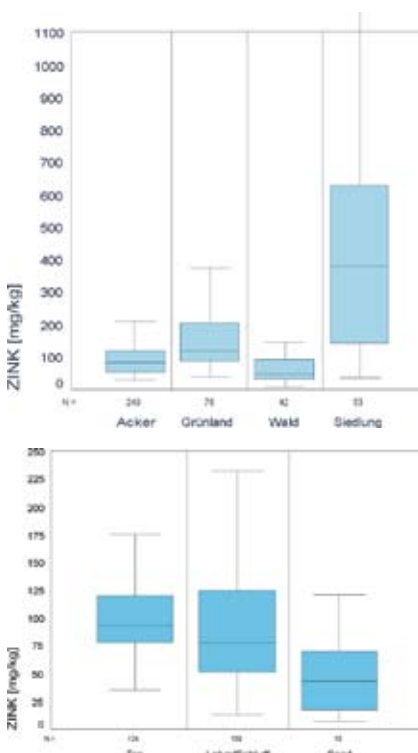
Hintergrundwerte

Die mittleren Zinkwerte im Baar-Raum liegen bei 93 mg/kg. Auf unbeeinflussten Böden liegen die regionalen Hintergrundwerte mit 81 mg/kg auf Ackerflächen, 110 mg/kg auf Grünland und 49 mg/kg unter Wald leicht über den landesweiten Hintergrundwerten.

Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff von 150 mg/kg wird auf 80 % der untersuchten Standorte eingehalten (Karte 21).

Im Siedlungsbereich sind mit Medianwerten von 300 mg/kg deutlich höhere Zinkgehalte als im Außenbereich zu finden. Prüfwerte für den Pfad Boden–Mensch sind in der BBodSchV aufgrund der geringen Humantoxizität derzeit nicht vorhanden.

Erhöhte Zinkgehalte sind weiterhin auf überschwemmungsbeeinflussten Böden zu finden. Ein Einfluss durch den historischen Bergbau oder durch die Bleiglanzbänke zeichnet sich nicht ab. Im Vergleich der geologischen Schichten zeigen sich im Oberen Muschelkalk geringfügig höhere Zinkgehalte.



Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90-Perz.
Gesamtproben	420	93	152	7	1.710	42	321
Ohne Einfluss	270	79	87	7	557	40	143
Überschwemmungsflächen	71	146	194	48	606	78	376
Bleiglanzbänke	12	96	128	82	321	84	204
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	60	305	408	40	1.710	67	862

Tab. 16 Statistische Kennwerte der Zinkgehalte im Oberboden (in mg/kg)

8.10 Arsen

Arsen (As) zählt zu den Halbmetallen und ist ein natürlicher Bestandteil zahlreicher Minerale. In anorganischer Form ist es in sulfidischen Zink-, Blei- und Kupfererzen zu finden. Organisches Arsen kommt in vielen Organismen, v. a. in Meerestieren vor.

Die wichtigsten anthropogen freigesetzten Arsenverbindungen entstehen bei der Erzverhüttung und bei der Kohleverbrennung. Erhöhte Arsenwerte treten beispielsweise in Böden von Erzabbaugebieten auf. Seine Hauptverwendung findet Arsen in der Glasindustrie, als Holzschutzmittel und zum Teil in Pflanzenschutzmitteln.

Die Arsengehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 21 mg/kg. Die regionalen Hintergrundwerte liegen mit 27 mg/kg auf Ackerflächen, 24 mg/kg auf Grünland und 11,5 mg/kg unter Wald über den landesweiten Hintergrundwerten (9 – 12 mg/kg).

Im Vergleich mit den Zuordnungswerten der LAGA (TR Boden) überschreiten ca. 55 % der untersuchten Böden den Z-Wert für die Bodenart Ton von 20 mg/kg und 70 % den Zuordnungswert für die Bodenart Lehm / Schluff von 15 mg/kg.

Im Vergleich mit den Prüfwerten der BBodSchV für den Pfad Boden-Mensch überschreiten 40 % der Proben den Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘ und 10 % den Prüfwert für ‚Wohngelände‘ (Karte 22).

Für landwirtschaftlich genutzte Flächen sind in der BBodSchV Prüf- und Maßnahmenwerte für Acker und Grünland eingestellt. Der Prüfwert für Ackerbau und Nutzgärten liegt bei 200 mg/kg im Hinblick auf die Pflanzenqualität und wird im Baar-Raum nicht überschritten. Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Bedingungen, z.B. durch Grund- und Staunässeinfluss, gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg, der unter diesen Bedingungen auf fünf Standorten im Baar-Raum überschritten würde.

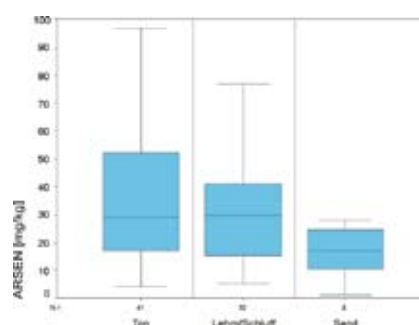
Der Maßnahmenwert für Grünland liegt bei 50 mg/kg und wird auf sechs Standorten erreicht. Grundlage des Maßnahmenwerts ist der verhältnismäßig geringe Grenzwert für Futtermittelausgangsstoffe von 2 mg/kg. Nach den Empfehlungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten Böden (SLfL 2003) liegt der kritische Arsengehalt auf Grünlandflächen bei 75 mg/kg. Er wird an zwei Standorten im Umfeld der Bleiglanzbanke erreicht.

Um Aussagen über die Pflanzenverfügbarkeit zu treffen, werden zusätzlich zum Gesamtgehalt die mobilen Gehalte im Ammoniumnitratextrakt (AN) ermittelt. Der Prüfwert der BBodSchV für den Nutzpflanzenanbau liegt bei 0,4 mg/kg (AN). Mobile Gehalte liegen für Arsen im Baar-Raum nur an wenigen Standorten vor. Ausgehend von der vorhandenen Datenbasis ergeben sich keine Überschreitungen des Prüfwerts im Ammoniumnitratextrakt.

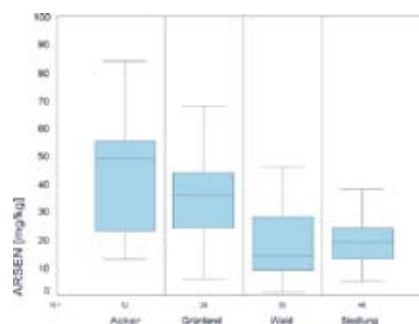
Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Landwirtschaftlich genutzte Flächen



Pflanzenverfügbarkeit

Arsen

Bodennutzung

- Acker
- Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

Arsengehalte [mg/kg]

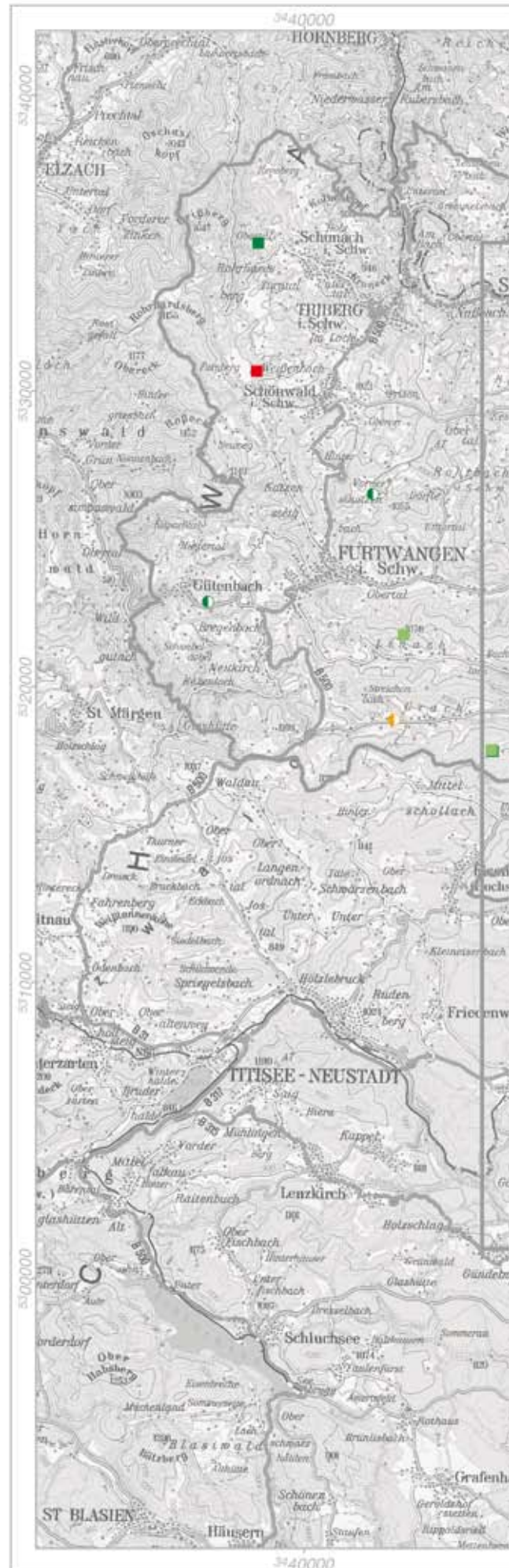
- < 10
- 10 – 15
- 15 – 20
- 20 – 25
- 25 – 50
- 50 – 125
- 125 – 140
- > 140

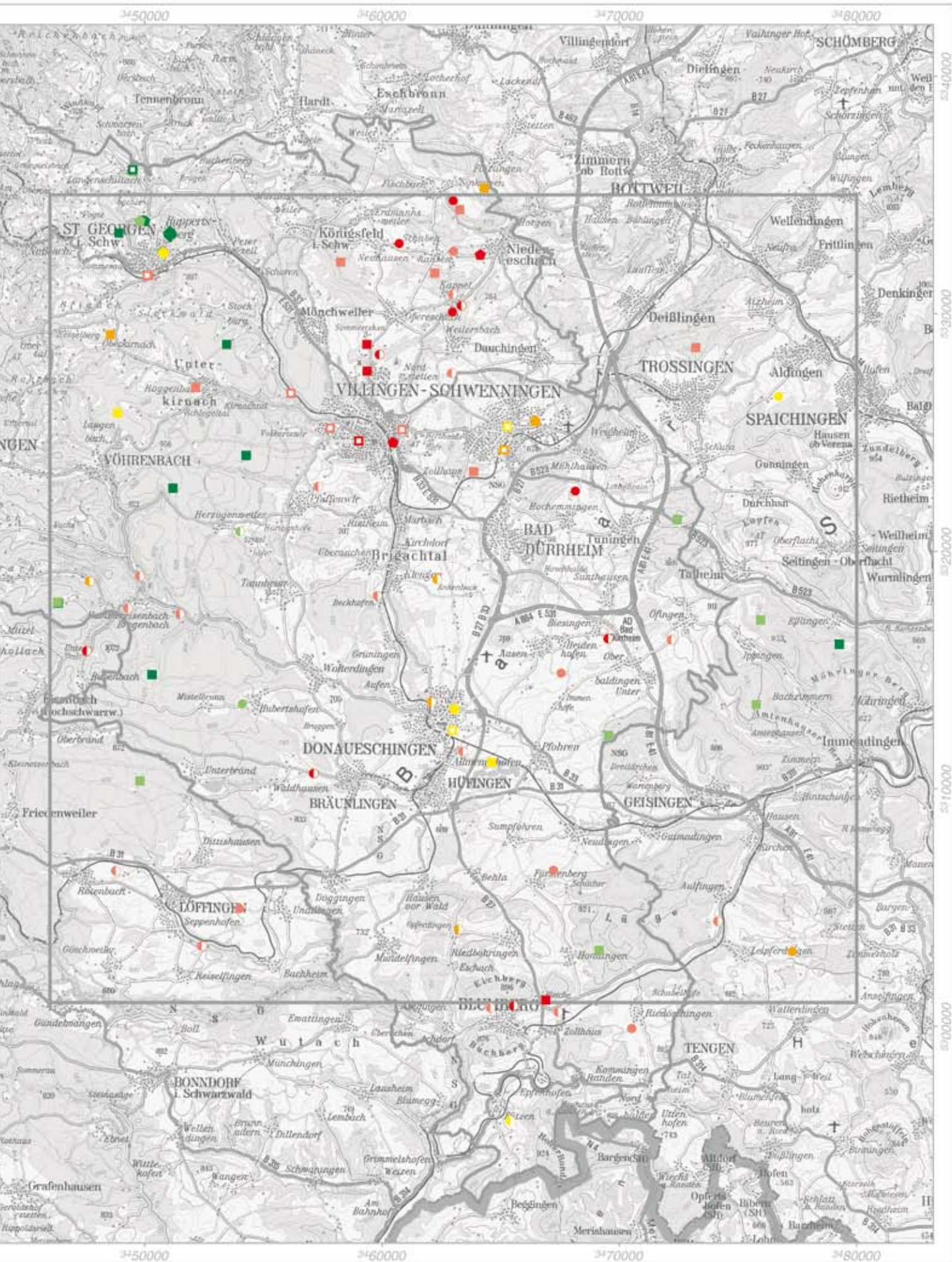
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV und nach LAGA (in mg/kg)

	Wirkungspfad	Methode	Nutzung bzw. Bodenart	Wert
Zuordnungswerte (LAGA)		KW*	Ton	20
			Lehm/Schluff	15
			Sand	10
Prüfwerte	Boden – Mensch (nach UBA 1999)	KW*	Kinderspielflächen	25
			Wohngebiete	50
			Park- und Freizeitanlagen	125
			Industrie- und Gewerbegrundstücke	140
	Boden – Nutzpflanze (im Hinblick auf die Pflanzenqualität)	KW*	Ackerbau, Nutzgarten	200 ¹⁾
Boden – Nutzpflanze (im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen)	AN*	Ackerbau	0,4	
Maßnahmenwert	Boden – Nutzpflanze (im Hinblick auf die Pflanzenqualität)	KW*	Grünland	50

¹⁾ Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Bedingungen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg Trockenmasse
 * KW = Königswasserextraktion; AN = Ammoniumnitratextraktion

Karte 22:
 Arsengehalte in den Oberböden der Baar





Verteilung der Arsengehalte

Die erhöhten Arsenkonzentrationen in den Oberböden des Baar-Raums werfen die Frage nach den Ursachen auf. Im Vergleich mit unbeeinflussten Böden zeigen sich auf Überschwemmungsflächen, im Umfeld des historischen Bergbaus und insbesondere im Bereich der Bleiglanzbänke durchschnittlich höhere Arsengehalte. Im Siedlungsbereich sind im Verhältnis geringe anthropogene Nutzungseinflüsse vorhanden.

Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90. Perz.
Gesamtproben	117	21	29,8	1	110	8	59,2
Ohne Einfluss	38	16	22	1	84	6	46,2
Überschwemmungsflächen	13	37	40,9	16	75	23	67,4
Bleiglanzbänke	12	54	57,5	24	110	44,2	78,4
Siedlungsbereich (mit Emittenten)	46	19	22,1	5	107	8	33,5

Tab. 17 Statistische Kennwerte der Arsengehalte im Oberboden (in mg/kg)

Geogene Belastungen

Bei einem Vergleich der geologischen Schichten zeigt sich, dass erhöhte Arsenkonzentrationen vorwiegend in den Bereichen des Unteren Muschelkalks mit den Bleiglanzbänken und zum Teil im Schwarzen Jura (Lias) vorhanden sind. Da erhöhte Arsengehalte im Lias auch in anderen Regionen in Baden-Württemberg bekannt sind, stellt die geogene Grundbelastung eine Erklärung für die höheren regionalen Hintergrundwerte im Baar-Raum dar.

Für diese Annahme sprechen auch erhöhte Arsengehalte im Grundwasser (Abb. 23). Im Bericht der LfU: Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1998 werden die Beprobungsergebnisse dargestellt. An vier Grundwassermessstellen wurden Arsengehalte zwischen 0,01 und 0,04 mg/l gefunden, die u.a. zu Vorsorgemaßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung führen.

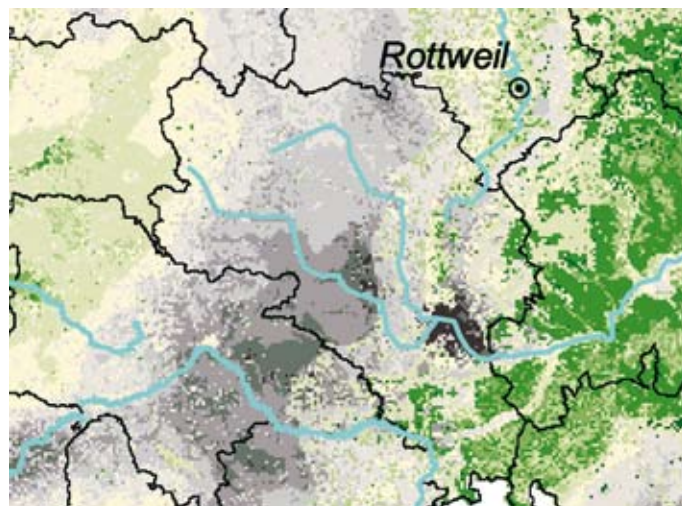
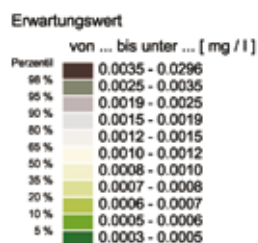


Abb. 23 Interpolation der Arsengehalte im Grundwasser.

Quelle: Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg, Ergebnisse der Beprobung 1998.

8.11 PAK und B(a)P

In der Stoffgruppe der Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden Verbindungen zusammengefasst, die aus einer unterschiedlichen Anzahl und Anordnung von Benzolringen bestehen. Benzo(a)Pyren (B(a)P) gehört zu den besonders toxischen und persistenten Vertretern der Stoffgruppe und wird deshalb häufig als Leitsubstanz der PAK verwendet.

PAK werden nicht gezielt großtechnisch synthetisiert, sondern entstehen meist ungewollt, besonders bei der Verbrennung, z.B. von Hausbrand, Kfz-Verkehr, Kraftwerken und Schmelzen. In geringerem Umfang führen auch natürliche Prozesse wie Waldbrände oder die Biosynthese in Pflanzen und Mikroorganismen zur Entstehung von PAK. Neben dem Eintrag über den Luftpfad können PAK auch durch die Ausbringung von Klärschlamm und Kompost in die Böden gelangen. PAK sind im Gegensatz zu Schwermetallen keine geogen, d.h. gesteinsbürtigen Bestandteile der Böden.

Die PAK-Gehalte liegen im Baar-Raum im Mittel bei 0,59 mg/kg. Die mittleren B(a)P-Gehalte betragen 0,04 mg/kg. Die regionalen Hintergrundwerte für PAK liegen mit 0,32 mg/kg auf Ackerflächen und jeweils 0,45 mg/kg für Grünland und Wald leicht über den landesweiten Hintergrundwerten von 0,19 bis 0,26 mg/kg (Karte 23).

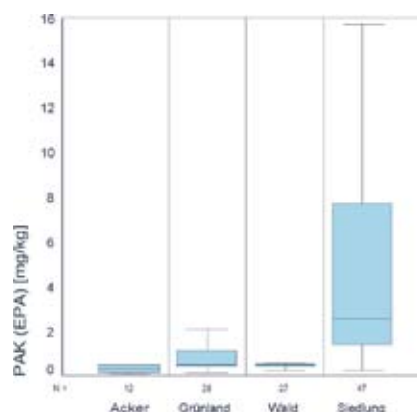
Im Boden werden PAK im Wesentlichen an Huminstoffe gebunden, weshalb sie sich überwiegend in den Humusaufgaben und A-Horizonten anreichern. Die Korngröße und der pH-Wert haben einen untergeordneten Einfluss, weshalb die Vorsorgewerte der BBodSchV nicht nach Bodenarten, sondern nach Humusgehalten unterschieden sind. Die Vorsorgewerte der BBodSchV für PAK und B(a)P mit Humusgehalten unter 8 % werden im Baar-Raum an ca. 80 % der untersuchten Standorte eingehalten.

Bei einer Differenzierung nach Einflussfaktoren sind im Siedlungsbereich und in Überschwemmungsgebieten höhere PAK-Gehalte vorhanden. Die Verteilung von PAK und der Leitsubstanz B(a)P verhält sich dabei analog.

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte



Verteilung der PAK-Gehalte

Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90. Perz.
Gesamtproben	114	0,59	3,1	0,07	35,6	0,23	9,0
Ohne Einfluss	36	0,45	0,39	0,07	0,66	0,22	0,48
Überschwemmungsflächen	13	1,3	1,85	0,4	10	0,5	2,1
Siedlungsbereich (ohne Emittenten)	11	1,3	4,7	0,2	35,6	0,5	5,1
Müllvergärung	36	3,7	6,7	0,5	32,5	1,1	14,8

Tab. 18 Statistische Kennwerte der PAK-Gehalte im Oberboden (in mg/kg)

Benzo(a)pyren

Bodennutzung

- Acker
- Ⓔ Grünland
- Wald
- Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewerbegrundstücke

B(a)P-Gehalte [mg/kg]

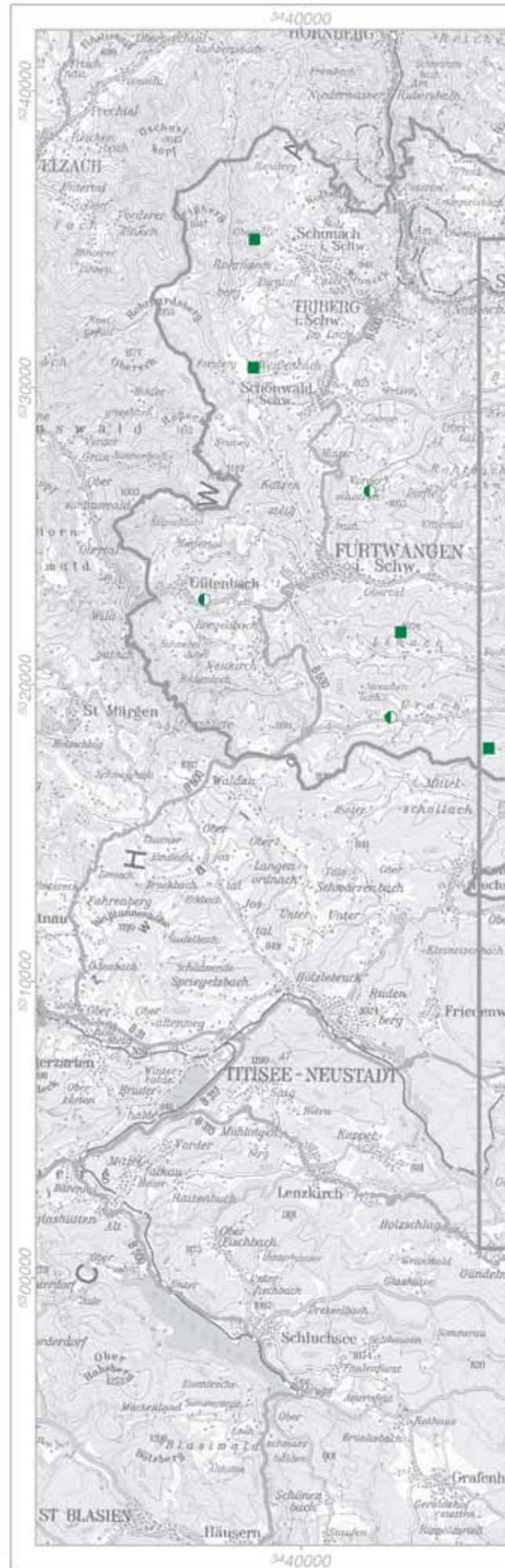
- < 0,3
- 0,3 – 1,0
- 1,0 – 2,0
- 2,0 – 4,0
- 4,0 – 10
- 10 – 12
- > 12

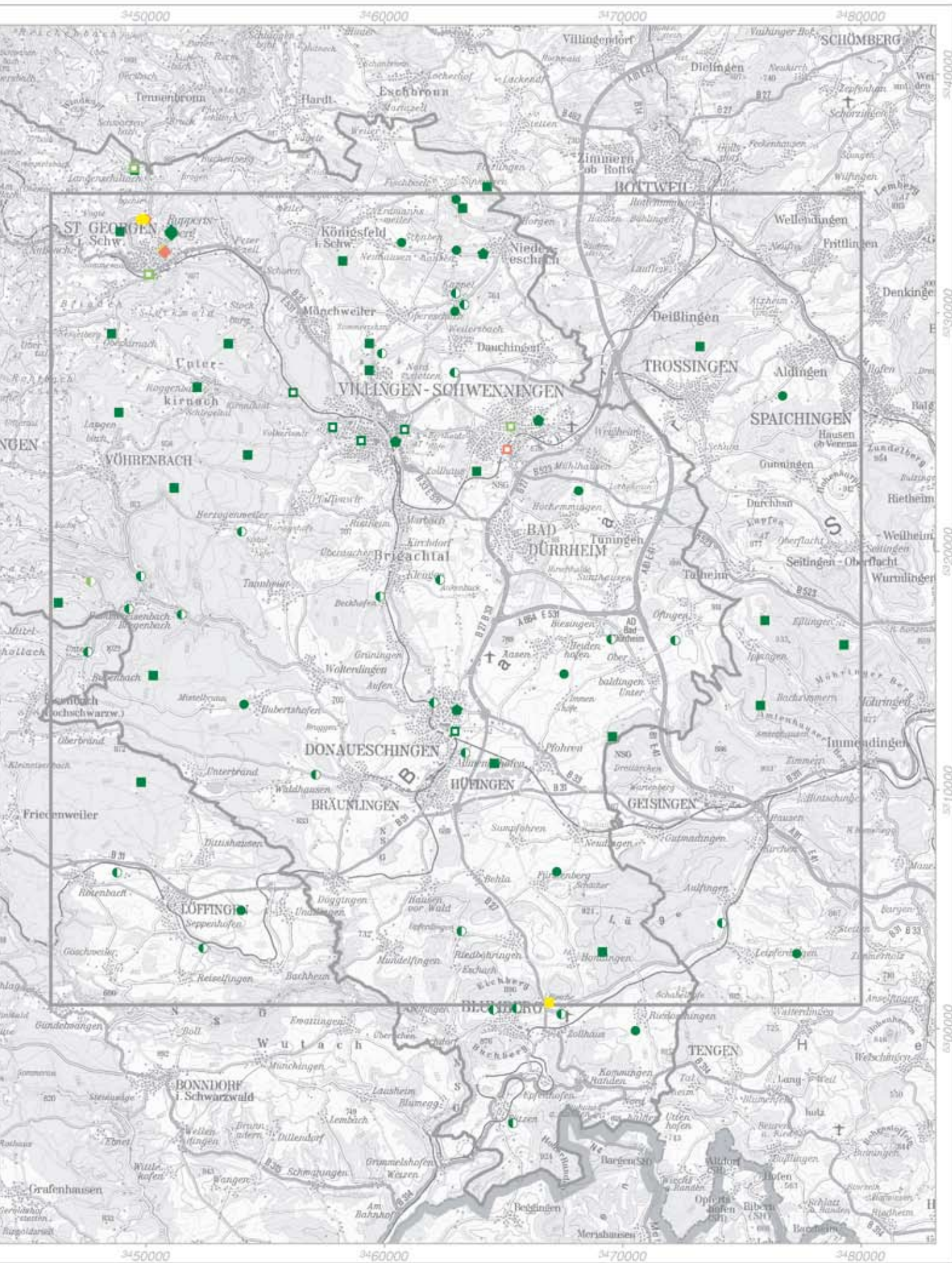
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in mg/kg)

	Wirkungspfad	Nutzung bzw. Humusgehalt	Wert
Vorsorgewert		> 8 %	1
		< = 8 %	0,3
Prüfwerte	Boden – Mensch	Kinderspielflächen	2
		Wohngebiete	2
		Park- und Freizeitanlagen	10
		Industrie- und Gewerbegrundstücke	12
	Boden – Nutzpflanze	Ackerbau, Nutzgarten	1

Karte 23:
B(a)P-Gehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000





Dioxine und Furane

Bodennutzung

- Acker
- ◐ Grünland
- Wald
- ⊛ Siedlungsbereich (nicht differenziert)
- ◆ Kinderspielflächen
- Haus- und Kleingärten
- Park- und Freizeitanlagen
- ▼ Industrie- und Gewergrundstücke

PCDD/F-Gehalte [ng/kg]

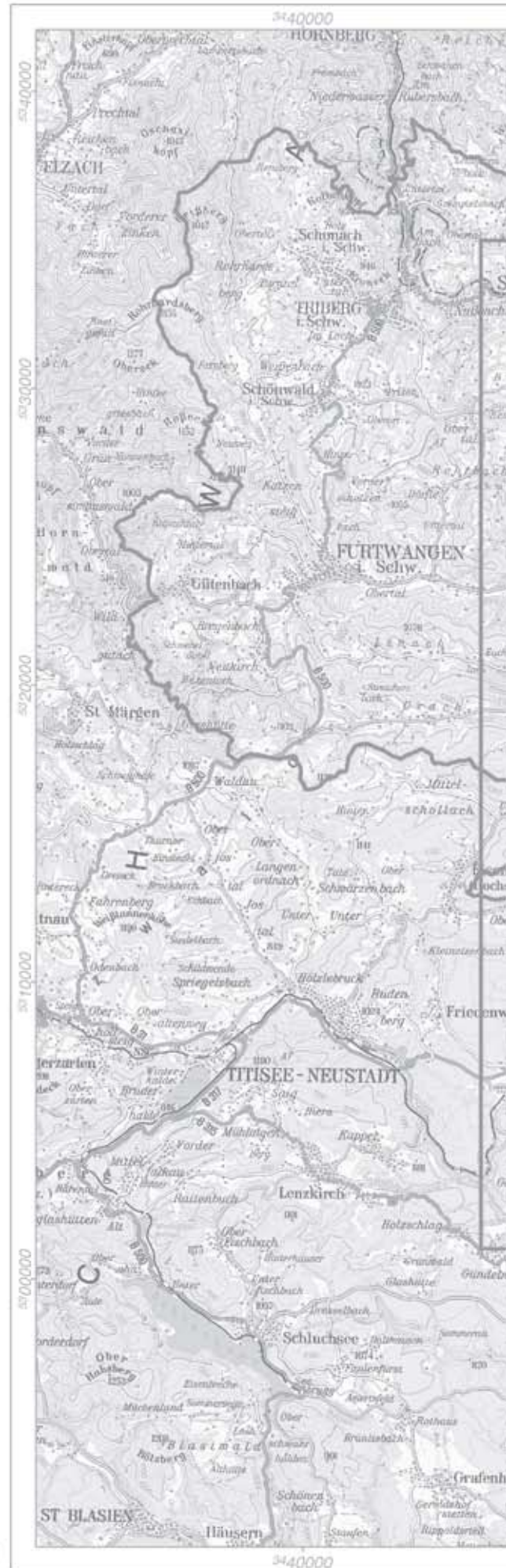
- < 2
- 2 – 5
- 5 – 40
- 40 – 100
- 100 – 1.000
- 1.000 – 5.000
- 5.000 – 10.000
- > 10.000

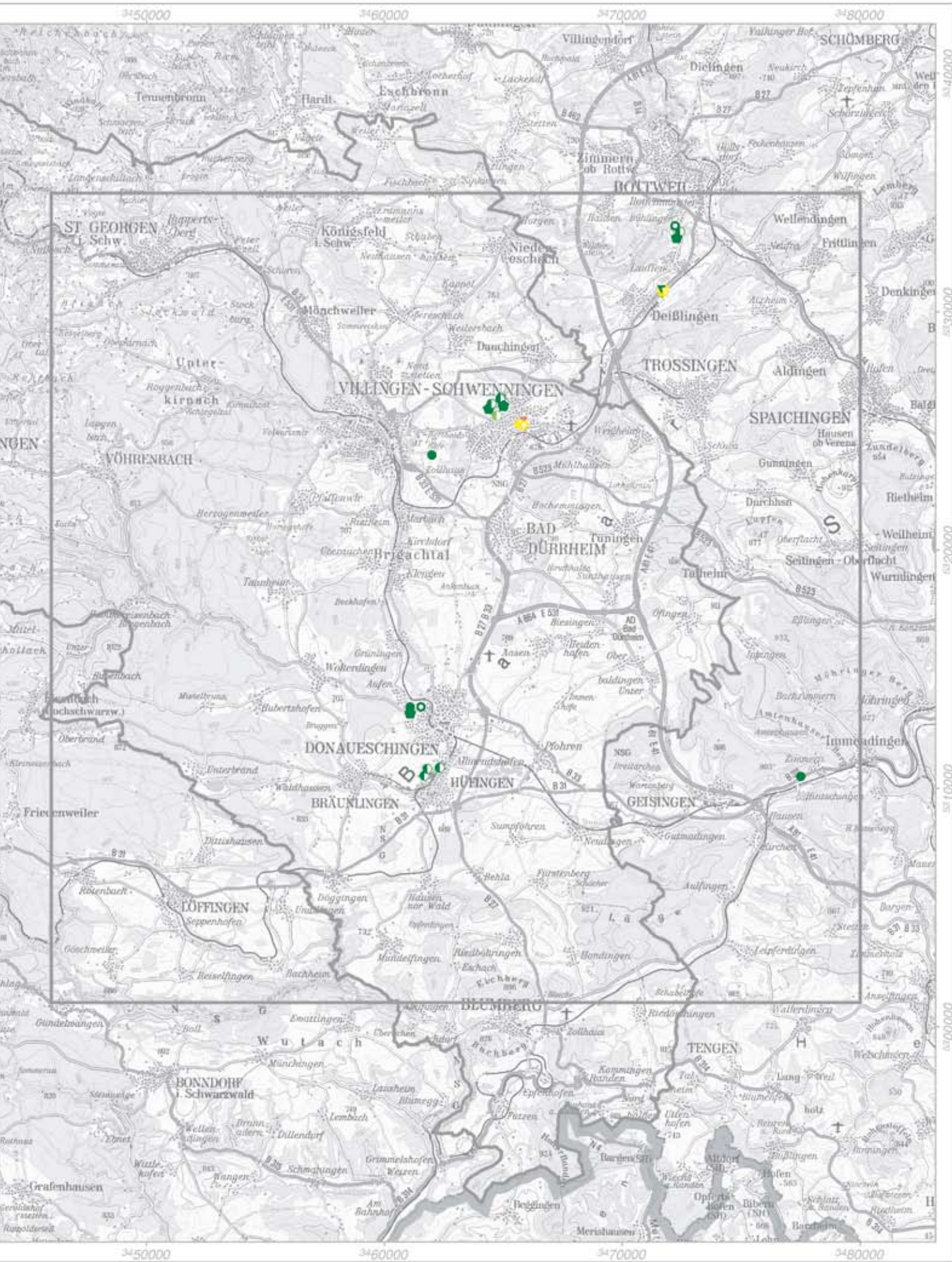
Bewertungsmaßstäbe der BBodSchV (in ng/kg I-TEq)

Zielgröße	Wirkungspfad	Nutzung	Wert
Zielgröße		uneingeschränkt	<5
Prüfwert	Boden – Nutzpflanzen	landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung	5 – 40
Handlungsempfehlung	Boden – Nutzpflanzen	Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung – uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer	40
Maßnahmenwerte	Boden – Mensch	Kinderspielflächen	100
		Wohngebiete	1.000
		Park- und Freizeitanlagen	1.000
		Industrie- und Gewergrundstücke	10.000

Karte 24:
PCDD/F-Gehalte in den Oberböden der Baar

Maßstab 1:200.000 





5140000
5130000
5120000
5110000
5100000

8.12 Dioxine und Furane (PCDD/F)

Dioxine und Furane werden als Kurzbezeichnung für Verbindungen der Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF) verwendet.

Eigenschaften Zur Bewertung von Bodenbelastungen mit PCDD/F werden die Gehalte der verschiedenen Verbindungen mit einem Faktor gewichtet, der jeweils die Toxizität im Verhältnis zum toxischsten Vertreter, dem ‚Seveso-Dioxin‘ (2,3,7,8-TCDD) beschreibt. Die einzelnen Produkte werden zum ‚Toxischen Äquivalent‘ einer Probe aufsummiert. Für die Berechnung gibt es unterschiedliche Modelle. In der BBodSchV wird die ‚Internationale Toxizitätsäquivalente‘ (I-TEq) nach NATO/CCMS verwendet.

Nutzungseinflüsse Dioxine und Furane entstehen als unerwünschte Nebenprodukte in der chlororganischen Chemie, in der Metallverarbeitung und anderen Industriezweigen sowie bei nahezu allen Verbrennungsvorgängen. Dazu zählen u.a. Abfallverbrennungsanlagen, thermische Verfahren der Metallrückgewinnung sowie die Klärschlammverwertung. Hohe Gehalte in Böden und Stäuben sind z.B. im Bereich von ehemaligen Kabelverschmelzungsanlagen vorhanden.

Hintergrundwerte Untersuchungen auf Dioxine und Furane liegen im Baar-Raum nicht flächendeckend vor, sondern wurden bis auf zwei landwirtschaftlich geprägte Vergleichsflächen gezielt im Umfeld von Emittenten vorgenommen. Der mittlere Gehalt an PCDD/F im Baar-Raum liegt bei 1,1 ng I-TEq/kg. Der Mittelwert auf unbeeinflussten Ackerflächen liegt mit 0,59 ng I-TEq/kg unter dem landesweiten Hintergrundwert. Für Grünland und Wald sind keine Analysewerte vorhanden (siehe Karte 24).

Verteilung der PCDD/F-Gehalte Im Umfeld von Emittenten sind im Mittel höhere PCDD/F-Konzentrationen vorhanden. Mit Ausnahme von vier Analysenergebnissen, die aus zwei Gewerbestandorten in Schwenningen und Deißlingen stammen, liegen die Werte im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte. So werden die Prüfwerte der Bund/Länder-AG Dioxine für die landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung von 40 ng I-TEq/kg mit Ausnahme der zwei Gewerbeflächen auch im Umfeld der Emittenten nicht überschritten.

Einfluss	Anzahl	Median	Mittelwert	Min	Max	10-Perz.	90. Perz.
Gesamtproben	30	1,1	68,5	0,05	912,5	1,14	109,5
Ohne Einfluss	2	-	0,59	0,1	1,1	-	-
Umfeld von Emittenten	28	1,1	73,6	0,1	912,5	0,1	124,5

Tab. 19 Statistische Kennwerte der PCDD/F-Gehalte im Oberboden (in ng I-TEq/kg)

8.13 PCB

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind chlorierte Kohlenwasserstoffe, die aus zwei miteinander verbundenen Phenylringen bestehen. Es sind 209 PCB-Kongenere bekannt, die sich durch Anzahl und Stellung der Chloratome unterscheiden. In der BBodSchV wird als Vergleichsmaßstab die Summe aus 6 ausgewählten Kongeneren verwendet.

PCB werden in der Natur nicht biochemisch synthetisiert, sie sind ausschließlich anthropogenen Ursprungs. Seit Beginn der industriellen Herstellung im Jahr 1929 wurden weltweit etwa $1,2 \times 10^6$ t PCB produziert. Obwohl PCB in Deutschland seit dem Jahr 1983 nicht mehr hergestellt werden, sind sie aufgrund ihrer hohen Persistenz und Fettlöslichkeit mittlerweile ubiquitär verbreitet.

Verwendung fanden PCB als Isolier- und Kühlmittel in Kondensatoren und Transformatoren, als Hydrauliköl, Flammschutzmittel und Kunststoffweichmacher. Ihre Anwendung ist heute weitgehend auf geschlossene Systeme beschränkt. Trotz der begrenzten Anwendung werden PCB noch immer – vor allem bei der Entsorgung der vorhandenen PCB-Produkte – in die Umwelt emittiert. Ein Eintrag in die Böden kann über den Luftpfad sowie z.B. durch die Verwertung von Klärschlämmen und Müllkomposten auf Böden erfolgen.

Für den Baar-Raum liegen nur zehn Untersuchungen auf PCB in Ackerböden vor. Nur in einem Fall waren PCB mit $9 \mu\text{g}/\text{kg}$ nachweisbar. Der Vorsorgewert der BBodSchV liegt bei $50 \mu\text{g}/\text{kg}$. In den anderen Proben waren PCB nicht nachweisbar.

Eigenschaften

Nutzungseinflüsse

Hintergrundwerte

9 AUSWERTUNG DER STOFFGEHALTE NACH EINFLUSSFAKTOREN



Stoffeinträge gelangen durch die Bodennutzung, über Emissionen und Niederschlag, aber auch über Umlagerungen und Auffüllungen in die Böden. Darüber hinaus sind die Stoffgehalte in Böden von den geogenen Voraussetzungen geprägt (Ausgangsgestein der Bodenbildung; Kap. 7.5). Durch eine detaillierte Auswertung der Stoffgehalte im Baar-Raum lässt sich ein kleinräumig differenziertes Bild der Einflussfaktoren entwickeln. Daraus ergeben sich Hinweise, in wie weit die Böden durch Nutzung, Emittenten, Überschwemmungen und Ausgangsgesteine beeinflusst werden.

9.1 Nutzungseinflüsse im Außenbereich

Die Nutzung einer Fläche als Acker, Grünland oder Wald hat Einfluss auf die Böden und auf deren Schadstoffkonzentrationen. Die mittleren Stoffgehalte der unbeeinflussten Böden im Baar-Raum bewegen sich im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte. Sie liegen bei wenigen Parametern, wie z.B. Arsen, und in einzelnen Fällen über den charakteristischen Werten von Baden-Württemberg.

Einflüsse unter Wald



Bei den meisten Parametern sind unter Wald die geringsten Gehalte vorhanden. Dies zeigt sich sowohl bei den Medianwerten als auch bei den 90er Perzentilwerten (Kap. 8). Eine Ausnahme bilden organische Verbindungen. Hier sind im Baar-Raum unter Wald vergleichbare Werte wie auf Grünlandflächen zu finden.

Erklärt werden kann dies u.a. durch den geringen Immissionseinfluss im Baar-Raum. So sind in anderen Gebieten der BRD unter Wald die höchsten Schadstoffkonzentrationen im Oberboden vorhanden, da durch den Auskämmeffekt der Bäume die Schadstoffe aus der Luft gefiltert und mit der Laub- und Nadelstreu in die Böden eingetragen werden.

Eine mögliche Erklärung für die geringen Stoffgehalte unter Wald bietet weitergehend die potenzielle Verlagerung von Schadstoffen mit dem Sickerwasser aus dem Oberboden. Eine Auswaschung ist aus Waldböden wahrscheinlicher, da die durchschnittlichen pH-Werte v.a. im Baarschwarzwald deutlich geringer sind als auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und die Mobilität der meisten Schwermetalle mit abnehmenden pH-Wert steigt (Kap. 8.1).

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten von Baden-Württemberg zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Verteilung der Stoffgehalte. Landesweit sind in Baden-Württemberg bei einigen Schwermetallen die geringsten Konzentrationen im Mineraloberboden unter Wald zu finden.

Grünlandböden weisen in der Regel höhere Stoffgehalte als Ackerflächen auf. Im Baar-Raum trifft dies für Blei, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink zu. Diese Parameter weisen auf Grünlandflächen die höchsten mittleren Gehalte auf.

Die in Relation zu Ackerböden höheren Grünlandwerte können u.a. damit erklärt werden, dass beim Pflügen von Ackerböden eine Durchmischung des Oberbodens stattfindet. Dieses Vermischen hat zur Folge, dass die nutzungs- und immissionsbedingten Stoffeinträge über die oberen 30 cm verteilt und damit ‚verdünnt‘ werden.

Für Arsen, Cadmium, Thallium und Kobalt liegen die durchschnittlichen Konzentrationen auf Ackerflächen leicht über den Werten auf Grünlandflächen. Im Vergleich mit den Hintergrundwerten von Baden-Württemberg fallen vor allem die höheren Werte für Arsen auf. Nur geringfügig höher sind die Hintergrundwerte des Baar-Raums bei Blei, Chrom, Kupfer und Thallium.

Die erhöhten Arsenkonzentrationen im Baar-Raum stellen die Frage, ob die Qualität der geernteten Pflanzen oder die Ernterträge durch die Gehalte im Boden beeinträchtigt werden. Die BBodSchV gibt dazu Prüf- und Maßnahmenwerte für den Pfad Boden – Pflanze im Ammoniumnitratextrakt an. Unter den derzeit vorhandenen Daten gibt es keine Überschreitung des Prüfwerts für Ackerflächen bei Arsen (Kap. 8.10).

9.2 Einfluss der Geologie des Untergrunds

Die mittleren Stoffgehalte der unbeeinflussten Böden im Baar-Raum bewegen sich weitgehend im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte. Bei einigen Parametern, v.a. Arsen, liegen sie leicht über den charakteristischen mittleren Werten von Baden-Württemberg. Eine Erklärung für die erhöhten Stoffkonzentrationen bieten die geogenen Grundgehalte der Ausgangsgesteine, die sich bei der Bodenbildung in die Oberböden durchpausen (Kap. 7.5 und Karte 2).

Bleiglanzبانکه

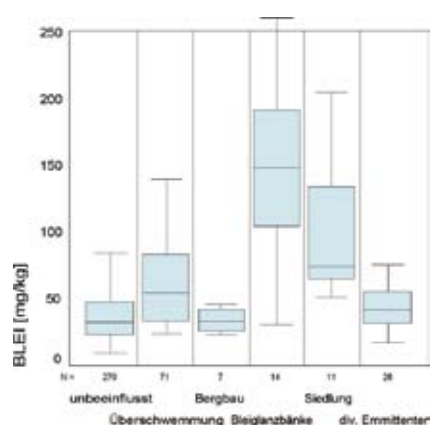
Geogen erhöhte Stoffgehalte sind vor allem in den Bleiglanzبانکه des Unteren Muschelkalks vorhanden. Im statistischen Vergleich zeigt sich, dass bis auf Quecksilber alle anorganischen Parameter im Bereich der Bleiglanzبانکه durchschnittlich höhere Werte aufweisen als unbeeinflusste Böden. Dies zeigt sich naturgemäß bei Blei, das namensgebend für die بانکه ist, aber auch den Parametern Arsen und Kupfer.

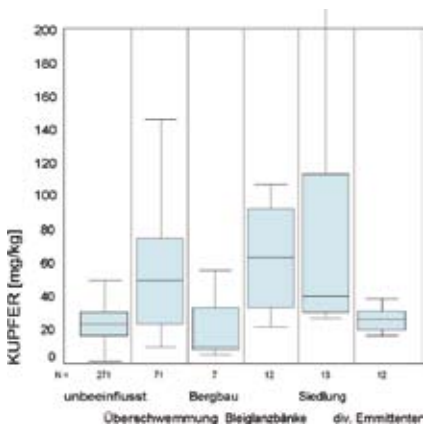
Die Arsen- und Kupfergehalte erreichen im Bereich der Bleiglanzبانکه den dreifachen Wert von unbeeinflussten Böden.

Grünlandflächen

Ackerflächen

Blei



Kupfer

Blei liegt mit einem Medianwert von 148 mg/kg um den Faktor fünf über den mittleren Werten unbeeinflusster Böden. Der mittlere Bleigehalt überschreitet damit zwar den Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton, bleibt jedoch unter dem Prüfwert der BBodSchV für das Nutzungsszenario ‚Kinderspielflächen‘.

Dagegen überschreitet der mittlere Arsengehalt von 54 mg/kg im Umfeld der Bleiglanzbanke den Prüfwert der BBodSchV für ‚Wohngebiete‘. Für Kupfer sind keine Prüfwerte in der BBodSchV eingestellt. Mit einem mittleren Kupferwert von 63 mg/kg wird der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton im Bereich der Bleiglanzbanke erreicht.

Schwarzer Jura (Lias)

Neben den Bleiglanzbanken weisen der Posidonienschiefer (Lias ϵ) und der Arietenkalk (Lias α 3) im Schwarzen Jura erhöhte Schwermetallgehalte auf. Im Vergleich der geologischen Schichten sind im Bereich des Lias bei Arsen, Nickel, Kobalt, Thallium und teilweise Chrom und Zink höhere Gehalte vorhanden als auf Böden anderer Ausgangssubstrate.

Am deutlichsten zeigen sich die Unterschiede bei Arsen, Nickel und Thallium. So liegt der mittlere Arsengehalt im Lias über dem Prüfwert der BBodSchV für ‚Kinderspielflächen‘ (Kap. 8.10). Allerdings liegen hier keine repräsentativen Daten vor.

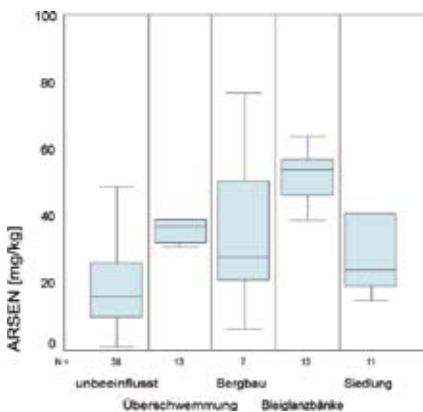
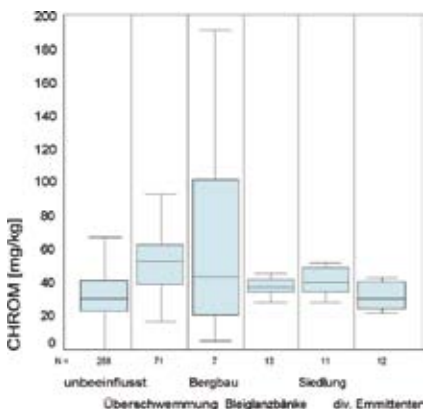
Der mittlere Nickelwert im Bereich des Lias mit 40 mg/kg und der mittlere Thalliumwert mit 0,6 mg/kg bewegen sich im Bereich der Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff.

Weitere Schichten

Auffällig sind erhöhte Nickel-, Chrom und Zinkgehalte im Bereich der Malmkalke, die bereits von Eberhardt (1987) festgestellt wurden. Sie bewegen sich für diese Parameter im Bereich des Vorsorgewerts der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff.

In den Schichten des Doggers sind nach Eberhardt (1987) erhöhte Chrom-, Zink- und Nickelkonzentrationen zu vermuten. Im aktuellen Vergleich sind mit einem mittleren Chromgehalt von 63 mg/kg im Bereich der Doggerschichten höhere Konzentrationen vorhanden, die sich im Bereich des Vorsorgewerts für die Bodenart Lehm / Schluff bewegen.

Die Böden des Oberen Muschelkalks enthalten im Vergleich zu Böden anderer geologischer Schichten leicht erhöhte Zinkkonzentrationen. Der mittlere Zinkgehalt liegt dabei unter dem Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff. Im Oberen Buntsandstein können nach Eberhardt (1987) erhöhte Kupferkonzentrationen auftreten. Mit den aktuellen Daten lässt sich dies nicht bestätigen.

Arsen**Chrom**

Die Quecksilberwerte im Baar-Raum sind unauffällig. Sie weisen im Bereich der Granite und Gneise des Grundgebirges höhere Werte auf als andere geologische Schichten, bleiben dabei jedoch unter dem Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff.

Im Quartär zeigen sich durchschnittlich ebenfalls leicht erhöhte Stoffgehalte. Dies lässt sich weitgehend auf jüngere Talfüllungen zurückführen, die aufgrund von Überschwemmungen höhere Stoffgehalte aufweisen können.

9.3 Siedlungsräume und Umfeld von Emittenten

Durch die intensive Nutzung und Überprägung der Böden in den Siedlungsgebieten ist mit höheren Schadstoffkonzentrationen zu rechnen. Über punktuelle schädliche Bodenveränderungen und Altlasten hinaus ist hier durch den Einfluss von Emittenten mit höheren flächenhaften Stoffgehalten als im Außenbereich zu rechnen (Kap. 7.3).

Siedlungsbereich

Bei allen Parametern sind im Siedlungsbereich durchschnittlich höhere Konzentrationen vorhanden als im weitgehend unbeeinflussten Außenbereich. Die Medianwerte liegen für die Parameter Cadmium, Zink sowie PAK und B(a)P um den Faktor 3 über den Medianwerten des Außenbereichs. Die weiteren Parameter liegen im Siedlungsbereich nur wenig über den Werten im Außenbereich.

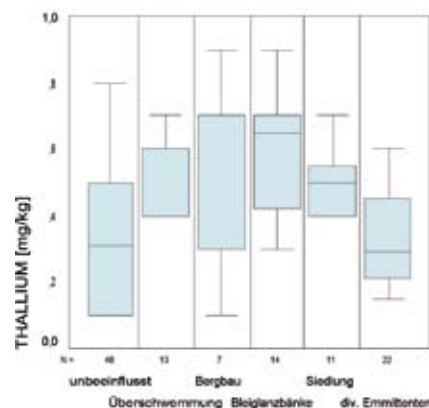
Die durchschnittlich höheren Werte im Innenbereich sind auf unterschiedliche Nutzungseinflüsse und -wechsel während der Siedlungsentwicklung zurückzuführen. So weisen Stadtböden in der Regel eine sehr heterogene Zusammensetzung auf und können z.B. Anteile an Bauschutt, Aschen oder Schlacken enthalten. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die vorhandenen Untersuchungen im Innenbereich aus Messprogrammen mit unterschiedlichen themenbezogenen Zielsetzungen stammen.

Einfluss von Emittenten

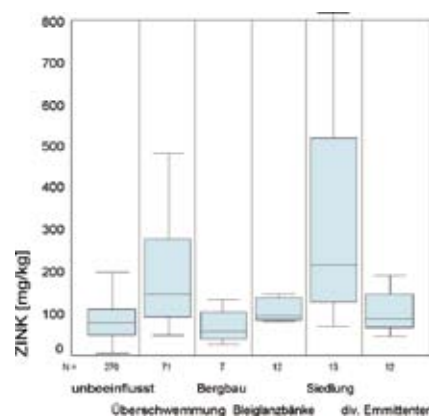
Untersuchungen, die gezielt im Umfeld von Emittenten genommen wurden und teilweise im Außenbereich liegen, weisen bei Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Thallium und Zink geringere Konzentrationen auf als im Siedlungsbereich. Bei Quecksilber zeigt sich eine größere Spanne der Gehalte. Im Vergleich mit anderen Emittenten wurden im Umfeld eines Sägewerkes höhere Werte ermittelt.

Ein sichtbarer Einfluss durch Emittenten zeigt sich vor allem bei den Dioxinen und Furanen. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Anzahl der unbeeinflussten Vergleichsproben sehr gering ist.

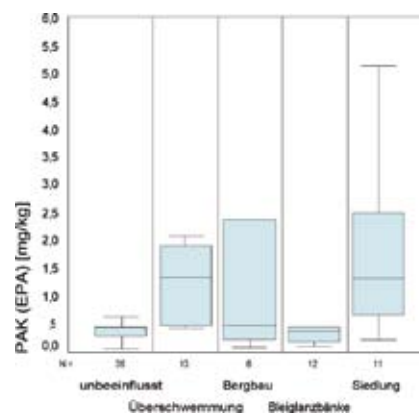
Thallium



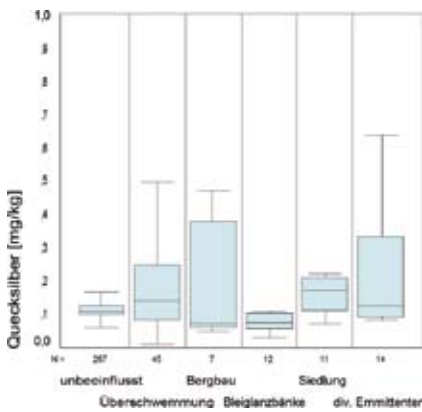
Zink



PAK



Quecksilber Kompostwerk mit Restverbrennung



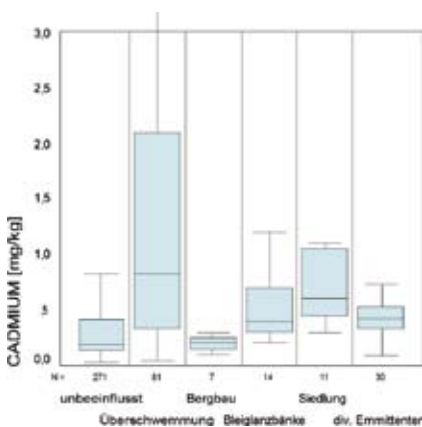
Im statistischen Vergleich weisen Einzelflächen im Umfeld von St. Georgen und Langenschiltach wesentlich höhere Stoffgehalte als die umliegenden Vergleichsflächen auf. Da in der Nähe der Flächen bis Mitte der 70er Jahre ein Kompostwerk mit Restverbrennung betrieben wurde, ist davon auszugehen, dass auf den Flächen organische Abfälle, z.B. Pflanzenabfallkomposte bzw. Biogasreststoffe aufgebracht wurden. Auf den Aufbringungsflächen sind bei allen Parametern Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV vorhanden. Der Prüfwert für ‚Kinderspielflächen‘ wird bei Arsen, Blei und Cadmium überschritten.

9.4 Überschwemmungseinfluss und Bergbau

Überschwemmungseinfluss

Die meisten Siedlungen befinden sich in Gewässernähe. Viele Gewerbe- und Industriebetriebe sind auf die Nähe zum Wasser angewiesen. Bei Überflutungen können Produktions- und Werkmaterialien und andere Gebrauchsgegenstände mitgeschwemmt und in den flussabwärts gelegenen Auen abgelagert werden. So sind auf überschwemmungsbeeinflussten Böden meist höhere Schadstoffkonzentrationen vorhanden als auf unbeeinflussten Böden.

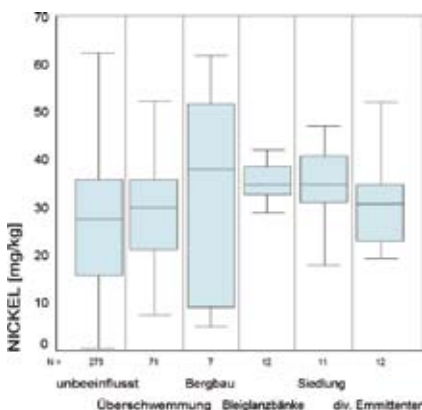
Cadmium



Im statistischen Vergleich bestätigt sich diese Verteilung für den Baar-Raum. Mit Ausnahme von Kobalt weisen alle Parameter in Überschwemmungsgebieten höhere Werte auf als im unbeeinflussten Außenbereich. Auffällig sind Arsen, Cadmium, Kupfer, Zink und die organische Stoffgruppe PAK. Die Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm / Schluff werden nur von den Medianwerten der Parameter Arsen und Kupfer überschritten.

Beim Vergleich der Parameter mit weiteren Bewertungsmaßstäben der BBodSchV weisen vor allem Arsen und Cadmium relevante Konzentrationen auf. 85 % der Arsenergebnisse liegen über dem Prüfwert für ‚Kinderspielflächen‘. Bei Cadmium liegen 25 % der Proben aus Überschwemmungsgebieten über dem Prüfwert für das Nutzungsszenario ‚Haus- und Kleingärten‘. Bei weiteren Parametern werden die Prüfwerte der BBodSchV für ‚Kinderspielflächen‘ mit Ausnahme eines Nickelwertes nicht überschritten.

Nickel



Bergbau

Im Baar-Raum ist lokal der historische Bergbau von Bedeutung. Durch die unvollständige Aufarbeitung der Erze in der Vergangenheit sind im Umfeld von bekannten Bergbaustätten erhöhte Konzentrationen an Arsen, Blei, Cadmium und Zink zu vermuten (Kap. 7.4). Dieser Einfluss zeigt sich in der statistischen Auswertung vor allem bei Arsen und Nickel. Dagegen sind Blei, Zink und Cadmium in den ehemaligen Bergbaugebieten unauffällig.

10 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEN BODENSCHUTZ

Die Böden der Baar übernehmen vielfältige Aufgaben und Funktionen im Naturhaushalt (Kap. 5), z.B. als

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Mensch, Flora und Fauna,
- Abbau- und Umbaumedium von Stoffen, einschließlich des Abbaus von Schadstoffen,
- Wasserspeicher und Filter.

Gleichzeitig sind Böden eine wesentliche Grundlage für den wirtschaftenden Menschen. Mit der Bodennutzung, z.B. durch eine Versiegelung im Rahmen der Siedlungsentwicklung, durch Schadstoffeinträge oder durch Erosion und Verdichtung in der Land- und Forstwirtschaft, können Böden und Bodeneigenschaften beeinträchtigt werden und wertvolle Bodenfunktionen verloren gehen.

Um Böden nachhaltig zu schützen und ihre Funktionen für die Zukunft langfristig zu sichern, sind Maßnahmen zum Schutz der Böden notwendig. Dabei stellt sich die Frage, was von Seiten der Kommunen, Planer und Nutzer der Böden für den Bodenschutz getan werden kann und welche konkreten Maßnahmen notwendig, in der Praxis möglich und ökonomisch sinnvoll sind.

Was kann getan werden?

10.1 Maßnahmen zum Bodenschutz vor Ort

Bodenschutz ist in regionalen und örtlichen Entscheidungen vor allem in zwei Bereichen wichtig: zum einen im Bereich ‚Planen, Bauen, Wohnen‘ und zum anderen bei der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung.

Gerade im Bereich der Bauleitplanung sind auf Seiten der kommunalen Planung wesentliche Handlungsspielräume vorhanden. Dabei besteht ein wesentlicher Unterschied, ob Bodenschutz im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung, d.h. der Flächennutzungsplanung und Siedlungsentwicklung oder in der verbindlichen Bauleitplanung, bei der Aufstellung von Bebauungsplänen (B-Plänen) berücksichtigt wird.

In der Flächennutzungsplanung und den zugeordneten Fachplanungen, wie z.B. dem Verkehrsentwicklungsplan, dem Nahverkehrsplan, dem Einzelhandelskonzept oder dem Landschaftsplan werden die Entscheidungen getroffen, welche Flächen zur Bebauung zur Verfügung gestellt werden und in welchem Maß damit die Bodenfunktionen beeinträchtigt werden. Hier ist eine Alternativenprüfung von geeigneten Flächen möglich, bei der sich die Frage stellt, nach welchen Kriterien Flächen für die Siedlungsentwicklung ausgewählt werden.

Bodenschutz in der Planung

Im B-Plan-Verfahren ist die Entscheidung, ob eine Fläche bebaut wird, bereits gefallen und kann in der Regel nicht mehr verändert werden. Hier sind Fragen zu beantworten, welche Maßnahmen geeignet sind, um eine Beeinträchtigung der Böden und Bodenfunktionen so weit wie möglich zu minimieren.

Bodenschutz in der Praxis

Der sorgsame Umgang mit Böden und die fachgerechte Verwertung von Bodenmaterial sind wesentlich für den Bodenschutz. Dies betrifft über die Planung hinaus den Umgang mit Böden in der Praxis, d.h. im Rahmen von Land- und Forstwirtschaft, Abfallverwertung, Straßen- und Siedlungsbau und kleineren Bauvorhaben, beispielsweise den Umgang mit Bodenauffüllungen sowie Maßnahmen zum Schutz vor Erosion und Verdichtung.

Eingriffs-/Ausgleichsregelung

Der vorsorgende Bodenschutz ist auch in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung nach § 21 BNatSchG und § 11 NatSchG BW von Bedeutung. Hier ist eine Arbeitshilfe in Vorbereitung, mit der eine Methode vorgestellt wird, die es für das Schutzgut Boden ermöglicht, Eingriffe und deren Kompensation quantitativ und qualitativ zu erfassen. Bodenfunktionen können damit im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsregelung stärker als bisher berücksichtigt werden (LfU 2004).

Planungshilfen

Eine Hilfe zur Bewertung von Planungsvorhaben bieten neben Bodenkarten, die in verschiedenen Maßstäben, zum Teil in digitaler Form vorliegen, auch Bodenfunktionskarten. Eine wertvolle Anleitung zur Bewertung von Bodenfunktionen ist u.a. der im Jahr 1995 vom Umweltministerium Baden-Württemberg herausgegebene Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren, kurz: ‚Heft 31‘. Weitere Informationen finden sich im BofaWeb auf der Homepage der LfU.

Öffentlichkeitsarbeit

Als Verantwortliche für den Bodenschutz sind neben kommunalen Entscheidungsträgern, Planern und Nutzern von Böden auch die Bürger des Schwarzwald-Baar-Kreises gefragt. Durch Öffentlichkeitsarbeit, insbesondere im Rahmen der Agenda 21, lassen sich Fragen des Bodenschutzes in die Öffentlichkeit transportieren.

10.2 Leitbilder und rechtliche Grundlagen

Leitbilder zum Bodenschutz

Für die Umsetzung von Maßnahmen zum Bodenschutz sind gemeinsame Zielvorstellungen innerhalb der Kommune notwendig. Neben vorhandenen Leitbildern zum Schutz von Klima, Landschaftsbild und Wasser sollten in die Raumplanung Zielvorstellungen zum Bodenschutz einbezogen werden. In den folgenden zwei Leitbildern sind die wesentlichen Ziele des Bodenschutzes enthalten (WBB 2000: 11):

- Keine Verschlechterung der natürlichen Bodenfunktionen;
- Freiraumsicherung für zukünftige Generationen.

Die Leitbilder zum Bodenschutz werden durch rechtliche Grundlagen gestützt, in denen die wesentlichen Maßnahmen zum Bodenschutz bereits genannt sind. Mit ihnen wird eine breite Palette an Möglichkeiten angeboten, Maßnahmen zum Bodenschutz umzusetzen (Umweltbundesamt 2000b).

Bodenschutzrecht

Eine wesentliche rechtliche Grundlage ist das Bundes-Bodenschutzgesetz. § 1 BBodSchG weist Böden als schützenswert aus. Enthalten sind u.a. Vorgaben, die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen, schädliche Bodenveränderungen, d.h. Schadstoffeinträge, Verdichtung oder Erosion abzuwehren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Ergänzende Regelungen enthalten die Altlasten- und Bodenschutzverordnung (BBodSchV) sowie umfangreiche Arbeitshilfen der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO).

Bau- und Raumordnungsrecht

Von besonderer Bedeutung ist weiterhin das Bau- und Raumordnungsrecht: Die Bodenschutzklausel im Baugesetzbuch (§ 1 BauGB) verweist auf die Pflicht zum sparsamen und schonenden Umgang mit der Ressource ‚Grund und Boden‘. Bodenversiegelungen sind dabei auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Das Raumordnungsgesetz samt Einführungserlass zum Bau-ROG setzt ebenfalls die sparsame und schonende Inanspruchnahme neuer Flächen für bauliche und infrastrukturelle Maßnahmen, die Aufbereitung und Wiedernutzung brachgefallener oder untergenutzter Bau- und Infrastrukturfleichen sowie die Offenhaltung geeigneter Entwicklungsflächen für nachfolgende Generationen (§ 2 ROG) als Planungsmaßstäbe.

Das Raumordnungsgesetz setzt räumliche Leitvorstellungen auf Bundesebene. Auf dessen Grundlage wird die Landesentwicklungsplanung konkretisiert. Der im Jahr 2002 in Baden-Württemberg verabschiedete Landesentwicklungsplan (LEP) bildet die Basis für den Regionalplan Schwarzwald-Baar-Heuberg. Entsprechend dem hierarchischen Aufbau der Raumordnung setzt der Regionalplan des Regionalverbandes Schwarzwald-Baar-Heuberg Vorgaben für die Flächennutzungspläne der Städte und Gemeinden.

Verfahrensregelungen

Wesentliche Ansätze, Bodenschutz in der Bauleitplanung zu berücksichtigen, bietet auch das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Ergänzende Regelungen enthält das Landesgesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung von Baden-Württemberg (LUVPG) vom 19. November 2002.

Bodenschutzgesetz

Bodenschutzklausel im BauGB

Raumordnungsgesetz

Landesentwicklungsplan und Regionalplan

Umweltverträglichkeitsprüfung für Projekte (UVP)

Bei relevanten Bauvorhaben, z.B. der Anlage eines Steinbruchs, dem Bau einer Straße oder der Errichtung eines Einkaufszentrums ist demnach eine Untersuchung durchzuführen, inwieweit durch geplante Projekte negative Wirkungen auf die Umwelt, d.h. auch auf die Böden und ihre Regelungsfunktionen entstehen. Im Rahmen der zugehörigen Fachbeiträge ‚Wasser und Boden‘ der Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) sollte eine detaillierte Bewertung der Umweltgüter stattfinden.

Strategische Umweltverträglichkeitsprüfung (SUP)

Zusätzlich zur herkömmlichen Projekt-UVP ist in Zukunft eine Strategische Umweltprüfung (kurz SUP bzw. Plan-UVP) vorgesehen. Als Ergänzung zur Prüfung von Projekten müssen nach den Vorgaben der EU-Richtlinie zur SUP nicht nur konkrete Bauvorhaben, sondern auch Pläne, wie z.B. der Flächennutzungsplan und nachfolgende Fachpläne, einer strategischen Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden.

Landschaftsplan

Naturschutzrecht

Böden gelten als ‚Schaltstelle des Naturhaushalts‘. Regelungen zum Schutz der Böden finden sich daher auch im Naturschutzrecht. Ziele und Maßnahmen des Naturschutzes – und damit auch des Bodenschutzes – werden unter Beachtung der Grundsätze der Raumordnung und Landesplanung in einem Landschaftsrahmenprogramm und in Landschaftsrahmenplänen (§ 8 NatSchG) sowie in Landschafts- und Grünordnungsplänen (§ 9 NatSchG) dargestellt.

Eine zentrale steuernde Wirkung auf die Bodennutzung kann insbesondere der Landschaftsplan entfalten. Er enthält neben einer Bestandsaufnahme der Umweltmedien Maßnahmen zum Erhalt und zur Entwicklung der Landschaft sowie eine Einschätzung der zu erwartenden Folgen von Eingriffen, z.B. durch potenzielle Baugebiete.

Umweltplan Baden-Württemberg

Umweltplan

Ergänzend zu den rechtlichen Regelungen wurden im Umweltplan Baden-Württemberg für alle Umweltmedien längerfristige Ziele für das Land festgelegt, die bis zum Jahr 2010 erreicht werden sollen (UVM 2000). Die aufgeführten Maßnahmen geben Impulse, die von anderen Akteuren, z.B. EU, Bund, Kommunen sowie von Verbrauchern, Wirtschaft oder Landwirtschaft umgesetzt werden können. Für das Schutzgut Boden werden als wesentliche Ziele genannt:

- wertvolle Böden insbesondere in Planungsverfahren zu schützen,
- schädliche Stoffeinträge zu minimieren sowie
- Bodenbeeinträchtigungen durch Erosion und Verdichtung zu verhindern.

10.3 Maßnahmen zum Bodenschutz in der Planung

In der Planung werden wesentliche Vorgaben für den Umgang und die Inanspruchnahme von Böden geregelt, aber auch Entscheidungen getroffen, welche Flächen zur Bebauung freigegeben und welche Flächen offen gehalten werden. Dies betrifft neben verschiedenen Fachplanungen insbesondere die vorbereitende Bauleitplanung, d.h. die Regional- und Flächennutzungsplanung, die verbindliche Bauleitplanung sowie die Verkehrswegeplanung. Wesentliche Maßnahmen zum Bodenschutz sind in einem Leitfaden und der zugehörigen Arbeitshilfe zum ‚Kommunalen Flächenmanagement‘ dargestellt (LfU 2003) und werden zukünftig durch die Arbeitshilfe ‚Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung‘ ergänzt (LfU 2004).

Regional- und Flächennutzungsplanung

Ein wichtiger Schritt zu einem nachhaltigen Flächenressourcenmanagement ist die Vermeidung der Bebauung von bislang ungenutzten Flächen. Ziel ist die sparsame Ausweisung von neuem Bauland bzw. der weitgehende Verzicht auf die Neuausweisung von Baugebieten auf der ‚grünen Wiese‘.

Als Maßnahme bietet sich z.B. ein dokumentierter Nachweis für die einzelnen Kommunen an, d.h. eine Bedarfsfeststellung, ob eine entsprechende Nachfrage nach Wohnraum und Gewerbeflächen besteht. Eine Angebotsplanung ohne konkreten Bedarf sollte nach § 1a Abs. 1 BauGB nicht erfolgen (Louis 2002: 6).

Für die Bedarfsplanung bietet sich zum einen ein Vergleich mit der Bevölkerungsentwicklung in der Region an, d.h. eine Gegenüberstellung von erwartetem Bedarf an Wohnraum und bisheriger Flächenentwicklung. Zum anderen sollte im Rahmen der interkommunalen Planung – insbesondere bei der Festlegung des Bedarfs an Gewerbeflächen – geprüft werden, ob in der Nachbarkommune bereits entsprechende Flächen ausgewiesen wurden.

Ein wesentlicher Beitrag zum Flächenressourcenmanagement, der den Kommunen auch ökonomische Vorteile bietet, ist die konsequente Bevorzugung der Innenentwicklung vor der Außenentwicklung.

Erreicht werden kann die Innenentwicklung u.a. durch die Erweiterung und die Ausschöpfung vorhandener Nutzungspotenziale im Innenbereich, d.h. zum Beispiel durch den Ausbau von Dachgeschossen, die Aufstockung von Gebäuden oder die Überbauung von Verkehrsflächen. Ergänzend ist die Mobilisierung von vorhandenem Bauland von Bedeutung, d.h. dass im Innenbereich vorzugsweise Baulücken gefüllt werden. Weitere Beispiele werden in der Arbeitshilfe zum Kommunalen Flächenmanagement beschrieben (LfU 2003b).

Bedarfsfeststellung

Innenentwicklung vor Außenentwicklung



- Brachflächenrecycling** Einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Flächenverbrauchs bietet das Brachflächenrecycling. Es beinhaltet die Aktivierung und Wiedernutzung von Baulandbrachen und bereits versiegelten bzw. vorgeutzten Flächen. Eine potenziell notwendige Sanierung vorbelasteter Flächen wird dabei als Planungshindernis betrachtet. Gleichzeitig zeigen jedoch verschiedene Beispiele, dass das Brachflächenrecycling als Investition in Grundstücke, die in der Regel gut an die Infrastruktur angebunden sind, sowohl für Städte als auch für Investoren eine Reihe von positiven Effekten erzielt.
- Standortkataster** Eine Übersicht über vorhandene Brachflächen und untergenutzte Flächen bietet ein Brachflächen- bzw. Standortkataster. In diesem werden die Baulandpotenziale und die Standortwertigkeit der Gewerbebrachen für Investoren beschrieben (Kürten/Rüpke 2002, Schmidt 2001 und LfU 2003b). Aufgebaut wird ein Kataster meist über eine Luftbilddauswertung mit anschließender Ortsbegehung und Befragung zur Erfassung der Standortmerkmale. Dargestellt werden die Flächen in der Regel in einem Geografischen Informationssystem (GIS) mit hinterlegter Datenbank und möglicher Anbindung an andere Fachdatenbanken.
- In einem Brachflächenkataster enthalten sind u.a. die Lage und Größe des Standorts, der Planungsstatus, Angaben zur ehemaligen Nutzung, die städtebauliche Anbindung, Umgebungssituation und Stand der Erschließungsmaßnahmen sowie Eigentumsverhältnisse.
 - Förderlich für den Erfolg ist eine zusätzliche Risikoabschätzung über potenzielle Sanierungskosten bei gewerblich vorgeutzten Flächen.
 - Eine sinnvolle Variante des Standortkatasters stellt die Kombination mit einem Entsiegelungskataster dar, in dem Flächen ausgewiesen werden, die für Entsiegelungsmaßnahmen geeignet sind (vgl. Eingriffs-/Ausgleichsregelung in Kap. 10.4).
 - Für eine Vermarktung der Flächen bietet es sich an, Informationen, die für Investoren von Bedeutung sind und nicht dem Datenschutz unterliegen, über das Internet öffentlich zugänglich zu machen.
- Interkommunale Gewerbegebiete** Ein weiteres, ebenfalls aus ökonomischer Sicht interessantes Instrument stellt die Ausweisung von interkommunalen Gewerbegebieten bzw. Gewerbebeparks dar. Für eine effektive Umsetzung in den beteiligten Kommunen ist eine interkommunale Planung des Bedarfs an Bauland und eine Umlegung der Gewerbesteuererinnahmen sinnvoll. Durch die gemeinsame Finanzierung der notwendigen Infrastrukturmaßnahmen kann Bodenschutz an dieser Stelle zu einer deutlichen Kostenersparnis führen.

Bebauungsplanung

In der Flächennutzungsplanung werden Entscheidungen getroffen, welche Flächen zur Bebauung freigegeben werden. In der Bebauungsplanung wird diese Planung konkretisiert. Maßnahmen zum Bodenschutz können hier gezielter ansetzen.

Mit der Versiegelung von Flächen ist ein vollständiger Funktionsverlust von Böden verbunden. Eine wichtige Maßnahme zum Bodenschutz besteht folglich darin, unnötige Bodenversiegelungen bei der Bebauung zu vermeiden oder zu verringern.

Möglich ist dies vor allem durch Vorgaben in den Bebauungsplänen. Als allgemeine Vorgaben können für Stellplätze und begehbare Freiflächen durchlässige Befestigungen wie z.B. Rasengittersteine gewählt werden sowie die Straßenbreite reduziert und kombinierte Geh- und Fahrwege angelegt werden.

Weiterhin sinnvoll ist eine Verpflichtung in Bebauungsplänen, entlang der Grundstücksgrenzen einen nicht bebauten Streifen unversiegelt zu belassen.

Um Bodenschutz nicht nur auf Flächen zu betreiben, die neu bebaut werden, sollten für die Entsiegelung von bereits versiegelten Flächen Anreize gegeben werden. Erreicht werden kann dies z.B. durch kommunale Förderprogramme. Unterstützend wirkt hier eine gesplittete Abwasserabgabe, bei der für Schmutzwasser und Niederschlagswasser getrennte Abwassergebühren erhoben werden.

Bei der Entsiegelung ist zum einen darauf zu achten, dass keine Flächen mit Schadstoffbelastungen entsiegelt werden. Zum anderen ist es sinnvoll, stark verdichtete Böden für die Niederschlagsversickerung aufzulockern. Eine reine Abnahme der Deckschichten, z.B. einer Asphaltdecke, ist in der Regel nicht zielführend.

Vor allem bei einem hohen Versiegelungsgrad von Flächen im Innenbereich sollte die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt beachtet bzw. nach Möglichkeit aktiviert werden. Hinweise zum konkreten Vorgehen bei der Entsiegelung von Flächen gibt u.a. die Arbeitshilfe zum Kommunalen Flächenmanagement (LfU 2003b sowie NLFb 2001).

Niederschlagswasser sollte nach Möglichkeit durch Versickerung beseitigt werden. Dabei ist auf Grundstücken, die erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, zu prüfen, ob die Anlage von Versickerungsanlagen bzw. die ortsnahe Einleitung in ein oberirdisches Gewässer möglich ist (§ 45b WG). Eine Ablehnung sollte jeweils fachlich begründet werden. Weitere Hinweise gibt die Verordnung über die dezentrale Niederschlagsversickerung vom März 1999.

Vermeiden von Bodenversiegelungen



Entsiegelung



Versickerung

Zu berücksichtigen sind in der Entscheidung zum einen mögliche Schadstoffbelastungen, die zu einer Beeinträchtigung des Grundwassers führen könnten, zum anderen ist die Durchlässigkeit des Untergrundes zu beachten (ATV-DVWK A 138).

Straßenbau



Verkehrswegeplanung

Im Straßenbau bieten sich weitere Möglichkeiten, Bodenschutzaspekte zu berücksichtigen. So sollte sich die Straßenbreite an Minimalstandards orientieren und der Bedarf entsprechend begründet werden.

Bei der Wahl der Trassenführung sollte z.B. darauf geachtet werden, dass Flächen mit wertvollen Böden nicht zerschnitten werden. Die Begründung wird vereinfacht, da die Belange des Bodenschutzes in der Regel mit den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege einhergehen.

Eine Bedarfsfeststellung von Bundesstraßen und Autobahnen ist voraussichtlich nach Umsetzung der EU-Richtlinie zur SUP über eine Umweltprüfung des Bundesverkehrswegeplanes möglich.

Ausschreibung von Baumaßnahmen

Böden werden nicht nur durch Versiegeln, sondern je nach Standorteigenschaften auch durch Verdichtung und Erosion geschädigt. Um diese Einwirkungen zu minimieren, sollte in der Planung und bei der Ausschreibung von Baumaßnahmen darauf geachtet werden, dass Bauunternehmen entsprechende Schutzmaßnahmen treffen und Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen minimiert werden (Kap. 10.6).

10.4 Eingriffs-/Ausgleichsregelung

Vorhaben wie z.B. der Bau von Infrastrukturmaßnahmen, d.h. Straßen, Versorgungsleitungen, der Abbau von Rohstoffen oder die Errichtung von baulichen Anlagen im Außenbereich, sind per Gesetz als Eingriffe in den Naturhaushalt definiert. Hierbei verpflichtet das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) bei unvermeidbaren Eingriffen in Natur und Landschaft die Verursacher zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Bauvorhaben als Eingriffe in den Naturhaushalt

Im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsregelung muss bei geplanten Vorhaben geprüft werden, ob es sich um Eingriffe in den Naturhaushalt oder das Landschaftsbild handelt. Eingriffe sind dabei definiert als „Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen, die die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich oder nachhaltig beeinflussen kann“ (§ 18 Abs. 1 BNatSchG).

Da Böden für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts eine entscheidende Rolle spielen, wird aus Sicht des Bodenschutzes bei jedem Bauvorhaben ihre Leistungsfähigkeit nachteilig beeinflusst. Demnach sollte die Eingriffs-/Ausgleichsregelung nach § 18 BNatSchG und §§ 10 ff. NatSchG BW im Bereich der Bauleitplanung auch für das Medium Boden genutzt werden. Dabei ist zu beachten, dass Böden nicht als Einzelmedium, sondern in ihrer Vernetzung mit den weiteren Umweltmedien bewertet werden.

Handlungsmöglichkeiten

Die Eingriffs-/Ausgleichsregelung baut auf einer gestuften Vorgehensweise auf. Zunächst gilt das Vermeidungs- bzw. Mindeverbot, wobei die Verpflichtung darin besteht, Eingriffe so gering wie möglich zu halten.

Vermeidungsmaßnahmen beziehen sich in erster Linie darauf, ein Vorhaben planerisch oder technisch so zu optimieren, dass die möglichen Beeinträchtigungen durch das Vorhaben weitestgehend vermieden werden (Blossey 2002: 86). Eine Ablehnung von Bauvorhaben auf der Grundlage der Eingriffsregelung ist dagegen nur in Ausnahmefällen, z.B. bei einer Beeinträchtigung von Bodendenkmälern möglich. Ein effektiverer Ansatzpunkt zur Vermeidung besteht darin, die vorgestellten Vermeidungs- und Minimierungsstrategien im Vorfeld der Bauleitplanung auszuschöpfen und Umweltbelange bei der Planaufstellung zu berücksichtigen.

Sind Eingriffe unvermeidlich, stellt sich die Frage, wie Ausgleichsmaßnahmen aus Bodenschutzsicht festzulegen sind. Böden können im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen nicht wieder hergestellt werden, da die Bodenbildung über lange Zeiträume erfolgt. Ein vollständiger Ausgleich ist daher nur schwer zu erreichen.

Ziel sollte jedoch sein, das Potenzial des Bodens als Träger seiner Funktionen so weit wie möglich zu ersetzen, d.h. einen funktionsgleichen Ausgleich herzustellen (VGH BW 1994). Hierbei bestehen verschiedene Möglichkeiten, deren Auswahl sich idealerweise an der Art des Eingriffs orientiert (weitergehend LfU 2004: 16):

- Entsiegelungsmaßnahmen auf nicht schadstoffbelasteten Böden unter Berücksichtigung der Verdichtung,
- Rekultivierung der Eingriffsfläche, z.B. von Deponien, Rohstoffabbaustätten oder Seitenablagerungen,
- Auftrag von Oberbodenmaterial bzw. je nach Standort Abtrag von Bodenüberformungen, z.B. von technogenen Substraten,
- Erosionsschutz, z.B. Anlage von Hecken und begrastem Abflusswegen oder Umwandlung von Acker in Grünland und Wald,
- Maßnahmen zur Bodenverbesserung, z.B. Maßnahmen zur Bodenlockerung, inkl. Tiefenlockerung und Kalkung,

Böden als Teil des Naturhaushalts



Vermeidung

Ausgleichsmaßnahmen



- Wiedervernässung von Feuchtstandorten mit entsprechendem Biotopentwicklungspotenzial sowie Öffnen von abgedeckten bzw. verbauten Quellen bei grund- bzw. stauwasser geprägten Böden,
- Extensivierung und Kulturartenänderung, z.B. Umwandlung von Acker in (extensives) Grünland auf dafür geeigneten Standorten, insbesondere auf überschwemmungsbeeinflussten Böden,
- unter Berücksichtigung der Standortbedingungen und Bodenfunktionen Gewässerrenaturierungen in Auenbereichen und überschwemmungsbeeinflussten Böden,
- Maßnahmen zur Niederschlagsversickerung und Dachbegrünung.

Ausgleichsabgabe

Bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen, die nicht vollständig ausgleichbar sind, besteht die Möglichkeit, anstelle von Ausgleichsmaßnahmen Geldleistungen in Form einer Ausgleichsabgabe zu verlangen, die in Baden-Württemberg in einen Naturschutzfonds eingezahlt wird (§ 11 Abs. 6 NatSchG). Auf diese Möglichkeit sollte nur in Ausnahmefällen zurückgegriffen werden (VHG Mannheim, NuR 1996, S. 147).

Berücksichtigung der Standortpotenziale



Bodenbewertung in der Eingriffsregelung

Neben der Auswahl der Ausgleichsmaßnahmen liegt ein wesentlicher Ansatzpunkt des Bodenschutzes im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsregelung in der räumlichen Entscheidung, d.h. in der Wahl, an welchem Standort Ersatzmaßnahmen durchgeführt werden.

Oftmals ist die Standortwahl ausschließlich auf Aspekte des Biotop- und Artenschutzes ausgerichtet, ohne Bodeneigenschaften zu berücksichtigen. Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes zählen zu den nicht geeigneten Beispielen u.a. die Vernässung von ursprünglichen Trockenstandorten oder das Kappen eines Bodenprofils durch den Abtrag des humosen Oberbodens mit dem Ziel, einen nährstoffarmen Standort zur Entwicklung der Vegetation zu schaffen (Blossey 2002: 87).

Positive Beispiele

Um negative Beispiele zu vermeiden, sollten bei der Festlegung der Maßnahmen jeweils die Potenziale des Bodens berücksichtigt werden. Das heißt beispielsweise, dass die Renaturierung von Bachläufen oder die Anlage einer Streuobstwiese auf Flächen durchgeführt werden, deren Böden für diese Ausgleichsmaßnahme geeignet sind bzw. dass Standorte nach den Kriterien des Bodenschutzes ausgewählt werden.

Zu den positiven Beispielen im Baar-Raum zählt u.a. das in Kapitel 11 beschriebene Riedbaar-Projekt. Hier ergänzen sich die Ziele von Naturschutz und vorsorgendem Bodenschutz.

Bei der Festlegung von Ausgleichsmaßnahmen sollte versucht werden, Böden ihren Funktionen entsprechend auszugleichen. Notwendig ist hierbei eine qualitative Bewertung von Böden im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Mögliche Basis der Bewertung sind z.B.:

- die nachfolgend beschriebenen Bodenkarten und Planungshilfen zur Bodenfunktionsbewertung,
- der vom Umweltministerium Baden-Württemberg herausgegebene Leitfaden zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, kurz Heft 31 (UVM 1995) sowie
- die im Entwurf vorliegende Arbeitshilfe zur „Bearbeitung des Schutzguts Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung“ (LfU 2003d).

Bodenbewertung nach UVM 1995 (Heft 31)

Der Leitfaden zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit beschreibt Bewertungsgrundsätze und -verfahren, mit denen die Bodenfunktionen in fünf Bewertungsklassen unterschieden werden können. Die Bewertungsklasse 1 weist auf eine sehr geringe und die Bewertungsklasse 5 auf eine sehr hohe Leistungsfähigkeit hin.

Die Bewertungsverfahren sind zum einen für Daten aus der Bodenschätzung und zum anderen für Daten aus der Bodenkartierung ausgelegt. Bewertet werden die fünf Teilfunktionen

- Standort für die natürliche Vegetation und Biotopentwicklungspotenzial,
- Natürliche Ertragsfähigkeit (Standort für Kulturpflanzen),
- Regelungsfunktion als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
- Filter- und Pufferfunktion als Regelungsfunktion im Stoffhaushalt und
- Archivfunktion als natur- und kulturgeschichtliche Urkunde.

Für die Funktion von Böden als Lebensraum für Bodenorganismen ist die Datenlage derzeit noch nicht ausreichend.

Bewertungsgrundlagen

Bewertungsverfahren

Tabelle 20 zeigt beispielhaft die Bewertung anhand der Wertzahlen aus der Bodenschätzung in der Gemeinde Dauchingen.

Gebiet	Wertzahl aus der Bodenschätzung	Standort für die natürl. Vegetation	Natürliche Ertragsfähigkeit	Ausgleichskörper im Wasserhaushalt	Filter und Pufferfunktion	Archivfunktion	Zusammenfassende Bewertung
L 3 V	68 / 50	2	3	4	4	-	3
L 6 Vg	34 / 27	4	1	2	2	-	3
T II c 3	38	3	2	2	4	-	3

Tab. 20
Beispiel der Bodenfunktionsbewertung
Quelle: Gemeinde Dauchingen

Gesamtbewertung Die zusammenfassende Bewertung erfolgte auf Grundlage der in Heft 31 vorgestellten Methode (UVM 1995: 33).

Orientierungsrahmen		
≥ 1 x	Bewertungsklasse 5	Standort mit sehr hoher Bedeutung (= Schutzwürdigkeit)
≥ 2 x	Bewertungsklasse 4	Standort mit hoher Bedeutung
1 x	Bewertungsklasse 4 oder	Standort mit mittlerer Bedeutung
≥ 2 x	Bewertungsklasse 3	
< 2 x	Bewertungsklasse 3	Standort wenig bedeutend

Tab. 21
Zusammenfassende Bewertung
von Bodenfunktionen

Bewertungskarte Bei flächendeckend vorliegenden Datengrundlagen kann im Idealfall eine Karte der Bodenfunktionen im Maßstab 1:25.000 (wenn möglich in größerem Maßstab, z.B. 1:5.000) erstellt werden. Im Idealfall werden im Landschaftsplan die Gebiete mit schützenswerten Böden gekennzeichnet. Flächen mit den Bewertungsklassen 4 und 5 sollten dabei vorrangig erhalten werden.

Bewertung von Ausgleichsmaßnahmen

Qualitative Bewertung der Bodenfunktionen
Eine beispielhafte qualitative Bewertung der Bodenfunktionen wurde im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsregelung bei der UVU für den Bau des neuen Messegeländes auf den Fildern vorgenommen. Die Ermittlung erfolgte auf Basis der im Entwurf vorliegenden Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (Altlasten und Boden News 1/2003: 13 und LfU 2004).

Im Bewertungsverfahren wurde die vom Eingriff betroffene Fläche mit dem Funktionsverlust in Werteinheiten multipliziert, die sich aus der Bewertungsklasse der beeinträchtigten Bodenfunktionen nach Heft 31 ergeben.

$$\text{Ausgleichsbedarf (in haWE)} = \text{Fläche (in ha)} \times \text{Funktionsverlust (in WE)}$$

$$\text{Funktionsverlust} = \text{Bewertungsklasse vor der Maßnahme} - \text{Bewertungsklasse nach der Maßnahme}$$

Ermittlung des Ausgleichsbedarfs

Ein Rechenbeispiel zeigt, wie nach diesem Verfahren ein geplantes Bauvorhaben zu bewerten ist, bei dem eine Fläche von 0,8 ha in Anspruch genommen wird. Die Fläche soll zur Hälfte versiegelt und zur anderen Hälfte mit Bodenmaterial aufgeschüttet werden.

In einem ersten Schritt werden die Bewertungsklassen für alle Bodenfunktionen für die Gesamtfläche vor dem Eingriff ermittelt. In diesem Beispiel wird exemplarisch für die Teilfunktion ‚Natürliche Ertragsfähigkeit‘ die Klasse ‚3‘ angenommen.

Bei einer Versiegelung kann von einem vollständigen Funktionsverlust der Böden ausgegangen werden, d.h. die Bewertungsklasse nach dem Eingriff ist 0. Bei einer Aufschüttung sind die Bodenfunktionen in den meisten Fällen jedoch nicht vollständig beeinträchtigt, sondern lediglich vermindert. Wesentlich für Kompensationsmaßnahmen ist entsprechend der Funktionsverlust. Die Bewertungsklasse ist daher nach dem Eingriff erneut zu ermitteln. In diesem Rechenbeispiel wird für die aufgeschüttete Fläche nach dem Eingriff die Bewertungsklasse ‚2‘ für die Teilfunktion ‚Natürliche Ertragsfähigkeit‘ angenommen.

Damit ergibt sich die folgende Rechnung, die analog für die weiteren Teilfunktionen durchzuführen ist:

Ausgleichsbedarf für die „Natürliche Ertragsfähigkeit“	
für die versiegelte Fläche	$0,4 \text{ ha} \times (3 - 0) = 1,2 \text{ ha WE}$
für die überschüttete Fläche	$0,4 \text{ ha} \times (3 - 2) = 0,4 \text{ ha WE}$
ergibt gesamt	$= 1,6 \text{ ha WE}$

In einem zweiten Schritt wird das gleiche Verfahren für die Fläche durchgeführt, auf der Ausgleichsmaßnahmen geplant sind. Die berechneten Werteinheiten (WE) des Eingriffs sollten dabei den berechneten Werteinheiten (WE) des Ausgleichs entsprechen, d.h. die Differenz sollte nach der Formel Eingriff = Ausgleich im Ergebnis „0“ betragen.

Rechenbeispiel

Fläche x Funktionsverlust

Eingriff = Ausgleich

10.5 Planungshilfen zur Bodenbewertung

Zur Bewertung der Bodenfunktionen sind verschiedene Bodenkarten wesentlich, dazu zählen:



- Bodenübersichtskarten (BÜK) im Maßstab 1:200.000 für die regionale Übersicht,
- Bodenkarten (BK) im Maßstab 1:25.000, die im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung verwendet werden können,
- Bodenschätzungskarten (BSK) im Maßstab 1:1.500 (ehem. Landesteil Baden) und im Maßstab 1:2.500 (ehem. Landesteil Württemberg), die insbesondere für eine Bewertung zur Eingriffsregelung in B-Planverfahren geeignet sind.

Bodenkarten als Informationsgrundlage

Bodenkarte und Bodenübersichtskarte

Bodenkarten und Bodenübersichtskarten weisen Bodengesellschaften bzw. Bodenleitgesellschaften aus. Sie stellen damit eine der wichtigsten Informationsgrundlagen über die Böden dar, indem sie in unterschiedlicher räumlicher Auflösung Informationen über vorherrschende Bodentypen und Ausgangssubstrate in den jeweiligen Kartiereinheiten, Mächtigkeit der Böden, mittlere Bodenart und Skelettanteil sowie weitere Bodenkennwerte angeben.

BK 25 im Baar-Raum

Die Bodenkarte im Maßstab 1:25.000 bietet eine gute Planungsgrundlage. Sie liegt allerdings bislang für den Baar-Raum nicht flächendeckend vor. Vorhanden sind Kartenblätter für Donaueschingen (Blatt 8016), Villingen-Schwenningen Ost (Blatt 7917) und Rottweil (Blatt 7817). Die Karten sind über das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB/RP FR: www.lgrb.uni-freiburg.de) zu beziehen.

Aus den Bodenkarten wurden für die meisten der vorliegenden Kartenblätter zusätzliche Bodenkennwertkarten im Maßstab 1:25.000 abgeleitet.

BÜK 200

Sind für einen Raum keine Bodenkarten im Maßstab 1:25.000 vorhanden, kann zur Übersicht für regionale Fragestellungen auf die Bodenübersichtskarte (BÜK 200) zurückgegriffen werden. Für konkrete Aussagen, z.B. zur Bodenbewertung im Rahmen der Bauleitplanung, bietet die Bodenschätzungskarte wesentliche und räumlich genaue Informationen.

Bodenschätzungskarte

Die Karte der Bodenschätzung liegt im Flurkartenmaßstab flächendeckend für die Bundesrepublik vor. Sie wurde nach dem Bodenschätzungsgesetz vom 16.10.1934 aufgenommen, stellt aber noch heute eine wesentliche Kartengrundlage zur Bewertung von Böden dar. Erhältlich sind Bodenschätzungskarten bei den zuständigen Finanzämtern bzw. den staatlichen Vermessungsämtern.

Ziel der Bodenschätzung war die Bewertung der Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen zur Steuereinteilung. Das heißt, es wurden Acker- und Grünlandflächen aufgenommen, Waldflächen wurden nicht kartiert.

Die Bodenschätzung erfolgte nach einheitlichen Schätzungsrahmen auf der Grundlage von Wertzahlen zwischen 7 und 100, wobei 100 die beste Bewertung darstellt, die z.B. Schwarzerdeböden in der Magdeburger Börde erhalten hatten. Berücksichtigt wurden dabei zum einen die Beschaffenheit der Böden und zum anderen die Ertragsfähigkeit unter Berücksichtigung von Geländeform und Klima.

Zur Bewertung steht jeweils eine Grundzahl zur Verfügung, die im Acker- bzw. Grünlandsschätzungsrahmen dargestellt ist. Ausgehend von dieser Grundzahl erfolgen Zu- oder Abschläge unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen.

Wertzahlen auf Ackerflächen

- Bodenzahl als Maß für die Ertragsfähigkeit des Bodens
 - Ackerzahl berücksichtigt zusätzlich lokale Klima- und Gelände-
verhältnisse
-

Wertzahlen auf Grünlandflächen

- Grünlandgrundzahl als Maß für die Ertragsfähigkeit des Bodens unter Berücksichtigung des Klimas und der Wasserverhältnisse
 - Grünlandzahl berücksichtigt zusätzlich lokale Gelände-
verhältnisse
-

Berücksichtigt werden bei Ackerböden die Bodenart, die Zustandsstufe und die Entstehungsart. Das gesamte Schätzungsergebnis eines Bodens lautet beispielsweise: sL 4 L_ö 58 / 52. Es handelt sich dabei um einen sandigen Lehmboden mit der Zustandsstufe 4 (mittlere Leistungsfähigkeit), Entstehungsart Löss mit der Bodenzahl 58 und der Ackerzahl von 52 unter Berücksichtigung der örtlichen Klima- und Gelände-
verhältnisse.

Bewertung der Ertragsfähigkeit

Schätzungsrahmen



Foto
Ausschnitt einer Bodenschätzungskarte
(Quelle: LfU 2003b:75)

Beispiel

Bodenfunktionskarten für den Baar-Raum

Bodenfunktionskarten enthalten als Auswertekarten der Bodenkarten die wesentlichen Informationen über die Regelungsfunktionen von Böden. Die diesem Bericht beiliegenden Bodenfunktionskarten bieten einen Überblick über die Schutzwürdigkeit der Böden im Baar-Raum (Kap. 5). Sie können u.a. zur Identifizierung von Suchräumen für Kompensationsmaßnahmen dienen, die z.B. im Rahmen der Landschaftsplanung konkretisiert werden.

Aggregierte Bodenfunktionskarte

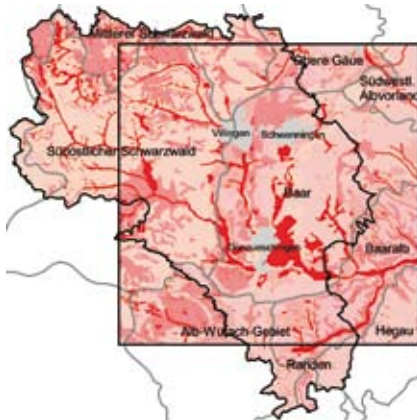


Abb. 24
Aggregierte Boden-
funktionskarte

In der aggregierten Bodenfunktionskarte (Karte 8) werden Vorrang- und Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz als Suchräume ausgewiesen. **Vorrangflächen** gelten dabei als schutzwürdige Standorte mit sehr hoher Bedeutung für den Bodenschutz, die von einer Bebauung freigehalten werden sollten.

Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz sind Standorte mit einer hohen Bedeutung für den Bodenschutz und gelten ebenfalls als schutzwürdig. Sie sollten von einer Inanspruchnahme durch die Siedlungsentwicklung freigehalten werden, solange geringerwertige Flächen zur Verfügung stehen.

Unterstützt wird die mögliche Freihaltung der ausgewiesenen Bodenvorranggebiete durch rechtliche Vorgaben, wie z.B. das Naturschutzgesetz und das Wasserhaushaltsgesetz. Von Bedeutung ist voraussichtlich in Zukunft die EU-Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL), durch die im Einzugsgebiet von Neckar, Rhein und Donau strengere Maßstäbe für die Bewirtschaftung bzw. Flächennutzung gesetzt werden können.

Karte der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt

Bei der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt wird im Schwarzwald-Baar-Kreis sowohl die Eigenschaft von Böden betrachtet, Niederschlagswasser zu speichern und zurückzuhalten als auch ihre Eigenschaft, als Retentionsraum bzw. -fläche für potenzielle Hochwässer zur Verfügung zu stehen.

Gebiete mit Böden, deren Regelungsfunktion im Wasserhaushalt stark ausgeprägt ist, sollten aufgrund dieser Speichereigenschaft von einer Bebauung freigehalten werden. Ebenso sollten Flächen, die aufgrund ihrer Bodeneigenschaften auf Überschwemmungseinflüsse hinweisen, nicht bebaut werden.

Auf potenziellen Überschwemmungsflächen, vor allem im Bereich des Donaurieds, ist – bedingt durch die Bedeutung des Bodenschutzes für den vorsorgenden Hochwasserschutz – auf eine Ackernutzung so weit wie möglich zu verzichten. Zu bevorzugen sind natürliche Grünlandflächen oder Auenwälder, die auf natürliche Weise den Abfluss verzögern.

Sind Flächen für eine Bebauung vorgesehen, die eine hohe bis mittlere Regelungsfunktion im Wasserhaushalt aufweisen, bietet die dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung die Möglichkeit, Eingriffe in den Wasserhaushalt zu minimieren.

Die Filter- und Pufferfunktion von Böden ist wichtig als Schutz für das Grundwasser gegenüber einer potenziellen Verlagerung von Schadstoffen. Sie ist vor allem unter Wald von Bedeutung, um eine Versauerung z.B. durch Immissionen abzupuffern. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sollte die Versauerung durch Kalk bzw. Düngezugaben im Rahmen der guten fachlichen Praxis ausgeglichen werden.

Böden mit einer sehr hohen Filter- und Pufferfunktion sind bedeutsam für ein stabiles Ökosystemgefüge. Im Baar-Raum handelt es sich dabei in der Regel um Pelosole und Pararendzinen auf den Schichten des Muschelkalks bzw. des Doggers.

Generell sollten Nutzungen in der Form geplant werden, dass Böden nicht mit Schadstoffen belastet werden. Nutzungen, bei denen potenzielle Schadstoffeinträge nicht auszuschließen sind, sollten nach Möglichkeit nicht auf Böden mit einer geringen bis sehr geringen Filter- und Pufferkapazität geplant bzw. betrieben werden. Dies betrifft insbesondere Flächen im Verbreitungsgebiet des kristallinen Grundgebirges im angrenzenden Schwarzwald.

Die Lebensraumfunktion von Böden bestimmt das Biotopentwicklungspotenzial. Im Vergleich der gesetzlich geschützten Biotope nach § 24a NatSchG, die in der Auswertekarte dargestellt sind, zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit Böden, die eine hohe Lebensraumfunktion aufweisen.

Hier ergeben sich im Baar-Raum Synergieeffekte mit der Archivfunktion von Böden: So werden beispielsweise magere Böden wie die flachgründigen Rendzinen des Muschelkalks – zum einen mit Blick auf den Naturschutz wegen ihres Biotopentwicklungspotenzials, zum anderen aufgrund ihrer Seltenheit – als besonders wertvoll eingestuft. Diese Auffassung wird durch die gesetzliche Definition von Biotopen gestützt, die sich u.a. auf Pflanzengesellschaften bezieht, die auf magere Böden angewiesen sind.

Die Bodenfruchtbarkeit bzw. Funktion der natürlichen Ertragsfähigkeit ist zum einen als natürliche Bodenfunktion mit Blick auf den Naturschutz von Bedeutung, zum anderen als Nutzungsfunktion für die Landwirtschaft. Im Baar-Raum sind nur wenige Flächen mit einer hohen oder sehr hohen natürlichen Ertragsfähigkeit ausgewiesen. Diese Auswertung wird durch die Ergebnisse der Bodenschätzung gestützt, die im Baar-Raum nur selten die Ackerzahl von 40 überschreitet.

Karte der Filter- und Pufferfunktion

Karte der Lebensraumfunktion

Karte der natürlichen Ertragsfähigkeit

Die natürliche Ertragsfähigkeit ist wesentlich für eine angepasste landwirtschaftliche Nutzung, die auf einen intensiven Düngereinsatz verzichten will. Entsprechend sollten Böden mit einer hohen Bodenfruchtbarkeit nach Möglichkeit freigehalten werden.

Da die landwirtschaftliche Nutzung das Landschaftsbild der Baar prägt, sind für den Baar-Raum Böden, die eine mittlere Bodenfruchtbarkeit aufweisen, ebenfalls als schützenswert einzustufen, um den Charakter des Landschaftsbilds zu erhalten.

Karte der Archivfunktion

Der Baar-Raum ist reich an Bodendenkmälern, wie z.B. Hügelgräber, und an Böden, die Archive der Naturgeschichte darstellen bzw. landesweit selten sind, wie z.B. braune Auenböden, Auengleye, Moore oder Stagnogleye. Um sie zu schützen, sind Böden mit einer hohen oder sehr hohen Archivfunktion von einer Bebauung freizuhalten.

Bodendenkmäler können zusätzlich geschützt werden, indem sie als Naturdenkmale nach § 24 NatSchG BW ausgewiesen werden.

10.6 Umgang mit Böden in der Praxis

Wesentliche Vorgaben zum Bodenschutz werden in der Bauleitplanung und Bodenbewertung gesetzt. Gleichermäßen relevant ist jedoch der schonende Umgang mit Böden in der Praxis.

Böden werden in ihrer Leistungsfähigkeit nicht nur durch Versiegelung, sondern auch durch Erosion und Verdichtung, durch unsachgemäße Umlagerung, Aufschüttung und Abgrabung sowie durch den Eintrag von Stoffen gefährdet. Fragen der Bodenbeeinträchtigungen ergeben sich sowohl im Umgang mit Böden im Rahmen der Bauleitplanung und Siedlungsentwicklung als auch bei der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung.

Für die landwirtschaftliche Nutzung sind gemäß § 17 BBodSchG die Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung einzuhalten (BMVEL 2001). Sie sollten so weit wie möglich ebenfalls bei Bauvorhaben eingehalten werden. Dazu zählen insbesondere

- die standortangepasste Bodennutzung unter Berücksichtigung der Witterung,
- die Erhaltung und Verbesserung der Bodenstruktur,
- die Vermeidung von Bodenverdichtungen,
- die Vermeidung von Bodenabträgen,
- die Erhaltung von naturbetonten Strukturelementen, z.B. von Hecken, Feldrainen und Ackerterrassen,
- die Erhaltung und Förderung der biologischen Aktivität und
- die Erhaltung des standorttypischen Humusgehalts.

Schutz vor Bodenverdichtung

Eine Vermeidung bzw. Verminderung der Bodenverdichtung wird vor allem durch eine an die Bodenverhältnisse angepasste Nutzung erreicht. Maßnahmen bestehen u.a. darin, verdichtungsempfindliche Böden so weit wie möglich nur in halbtrockenem Zustand bzw. mit leichten Maschinen zu befahren und die befahrenen Flächen auf das nötige Mindestmaß zu beschränken.

Ein Vorteil dieser Maßnahme liegt darin, dass bei einer Wohnbebauung die Böden für eine Gartennutzung in ihrer Qualität erhalten bleiben und Verdichtungen wie im nebenstehenden Bild vermieden werden.

Vorgaben für Siedlungsentwicklung und Landwirtschaft

Gute fachliche Praxis



Verdichtung bei Bauvorhaben



Bodenverdichtung in der Landwirtschaft



Unsachgemäße Bewirtschaftungsmethoden, insbesondere bei der Bodenbearbeitung, bewirken auch in der Land- und Forstwirtschaft häufig eine Verdichtung der Böden. Die damit einhergehende Beeinträchtigung des Luft- und Wasserhaushalts der Böden kann z.B. zu geringeren Erträgen führen.

Besonders anfällig sind feuchte, schwere Tonböden, wie sie sich im Baar-Raum z.B. auf den Opalinustonem der Doggerschichten entwickelt haben. Sie sollten nur im halbtrockenen Zustand befahren werden, da die Auswirkungen des Kontaktdrucks umso größer sind, je feuchter der Boden ist.

Das Verwenden von leichteren Maschinen, das Vergrößern der Kontaktfläche durch z.B. Zwillingsreifen sowie das Anpassen des Reifenluftdrucks an die Bodenverhältnisse können die Bodenverdichtung ebenfalls minimieren.

Kurze Zwischenlagerung

Schutz vor Erosion

Möglichkeiten zur Vermeidung von Erosion bestehen vor allem darin, Böden während der Bauzeit keiner langen Brache auszusetzen. Bei der Bauplanung ist diese Vorgabe auch im Interesse des Bauherrn, der an einer raschen Fertigstellung interessiert ist. Sind längere Lagerzeiten des Bodenaushubs nicht zu vermeiden, bietet sich eine Zwischenbegrünung an.

Vermeidung von Erosion



Im Rahmen der Landwirtschaft sollten – insbesondere auf gefährdeten, schluffigen Böden und in Hanglagen – Brachezeiten vermieden und eine zeitlich und räumlich möglichst durchgängige Pflanzendecke angestrebt werden. Vor allem beim Anbau von besonders erosionsbegünstigenden Kulturen wie Mais oder Rüben sollten Zwischen- und Untersaaten erfolgen.

Eine wesentliche Maßnahme zur Erosionsminderung liegt in der reduzierten Bodenbearbeitung (Minimalbodenbearbeitung) sowie dem oberflächennahen Einmulchen von organischen Stoffen. Dies stärkt einerseits den Zusammenhalt der Bodenpartikel und erhöht gleichzeitig die Versickerung von Niederschlagswasser.

Eine wendende Bodenbearbeitung sollte in erosionsgefährdeten Lagen möglichst vermieden werden bzw. – falls notwendig – grundsätzlich hangparallel erfolgen. Durch Schutzstreifen, Schutzhecken oder Terrassierung wird die effektive Hanglänge verkürzt und damit ebenfalls die Erosion vermindert.

Verwertung von mineralischen Abfällen

In der Praxis werden Böden häufig durch Bodenauffüllungen, Umlagerung von Bodenmaterial sowie Verwertung mineralischer Abfälle beeinträchtigt. Zu den mineralischen Abfällen zählen u.a. Bodenaushub bzw. Bodenmaterial, Bauschutt und Haldenmaterial.

Je nach Schadstoffgehalten ist zu entscheiden, ob mineralische Abfälle verwertet oder auf gesicherten Deponien abgelagert werden. Als Bewertungsgrundlage sind die Zuordnungswerte (Z-0-Werte) der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) heranzuziehen, die im Jahr 2004 überarbeitet wurden (Fortschreibung der Technischen Regeln zur Verwertung mineralischer Abfälle: LAGA-Mitteilung 20). Die Z-0-Werte orientieren sich nach derzeitigem Stand an den Vorsorgewerten der BBodSchV. Wesentlich sind weiterhin die Technischen Regeln des Länderausschusses Bergbau (LAB).

Bei der Verwertung von Bodenmaterial sind verschiedene Möglichkeiten vorhanden:

- Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht, z.B. im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen,
- Verwendung für Geländeauffüllungen, z.B. zur Verfüllung von Abgrabungen im Landschaftsbau sowie
- Einbau in technischen Bauwerken, z.B. für die Errichtung von Trag- und Deckschichten im Straßenbau.

Verwertung von Bodenmaterial

Die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht stellt einen der anspruchsvollsten Anwendungsbereiche bei der Verwertung mineralischer Abfälle dar. In der Regel werden hierzu Bodenmaterialien verwendet.

Die LABO hat hierzu unter Beteiligung von weiteren Bund-/Länderarbeitsgemeinschaften eine „Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf und in den Boden gemäß § 12 BBodSchV“ erstellt (LABO 2002).

Handlungsempfehlungen zur Verwertung von Bodenmaterial und verschiedene Fallbeispiele enthält auch die von der LfU herausgegebene Arbeitshilfe „Bodenaushub ist mehr als Abfall“ (LfU 1999) und die Broschüre „Boden nutzen, Böden schützen – Fragen und Antworten rund um das Thema Geländeauffüllungen“ (LfU 2000) sowie DIN 19731 mit Vorgaben zur sachgerechten technischen Umsetzung.

Beim Bodenauf- und -abtrag wird die Leistungsfähigkeit von Böden beeinträchtigt. Im Rahmen von Bauvorhaben sollte der

Zum Beispiel Bodenmaterial



Verwertungsmöglichkeiten

Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht



Bodenauf- und -abtrag

Bodenabtrag so weit wie möglich minimiert werden. In der Planung der Bauabschnitte ist darauf zu achten, dass insbesondere die humosen oberen Bodenschichten zeitnah vor Ort verwertet und lange Lagerzeiten vermieden werden (LfU 2003b: 47, HLUG 2001 sowie Kohl 2000: 145).



Verwertung organischer Abfälle

Bioabfälle, Kompost und Klärschlamm werden unter dem Begriff der organischen Abfälle zusammengefasst. Inwieweit sie auf Böden aufgebracht und im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung oder im Landschaftsbau verwertet werden, ist von ihrem Schadstoffgehalt abhängig. Geregelt wird der Umgang mit organischen Abfällen durch verschiedene rechtliche Vorgaben, wie z.B. die Bioabfallverordnung oder die Klärschlammverordnung.

In Baden-Württemberg wird aufgrund der bislang nicht quantifizierbaren Risiken durch organische Verbindungen und Arzneimittel im Klärschlamm auf längere Sicht das Ziel verfolgt, die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft zu beenden. Zu den Schadstoffkonzentrationen in klärschlammgedüngten Ackerböden wurde von der LfU eine aktuelle Untersuchung veröffentlicht (LfU 2003c). Im Schwarzwald-Baar-Kreis wird Klärschlamm zurzeit nur noch in einer Gemeinde landwirtschaftlich verwertet.

Schutz vor schädlichen Stoffeinträgen in der Landwirtschaft

Bei der Wahl der Düngemittel und ihrer Dosierung sind die Bodenverhältnisse zu berücksichtigen und die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft einzuhalten. Bei einer unsachgemäßen Anwendung können Düngemaßnahmen zu einer Anreicherung von Schadstoffen bzw. zu unerwünschten Auswirkungen auf benachbarte Schutzgüter führen.

Richtiges Düngen

Nitrat und Phosphat sind neben anderen Nähr- und Spurenelementen essentiell für das Pflanzenwachstum und daher Hauptbestandteil der meisten gängigen Wirtschaftsdünger in der Landwirtschaft. Häufig wird jedoch zu viel oder zum falschen Zeitpunkt gedüngt, so dass Düngestoffe in die Grund- und Oberflächengewässer ausgetragen werden.

Nitrat und Phosphat

Über den Nährstoffbedarf der Böden hinaus aufgebraachte Düngemittel verhalten sich unterschiedlich. Überschüssiges Nitrat kann über das Sickerwasser in den Grundwasserkörper eingetragen werden, während Phosphat eher durch Erosion in die Oberflächengewässer abgeschwemmt wird.

Die größten Auswaschungsverluste entstehen durch Brachen und Düngegaben zu Zeiten hoher Niederschläge. Eine Optimierung der Ausbringzeiten sowie der Anbau von Zwischenfrüchten reduzieren daher die auswaschungsgefährdeten Nitratrestmen-

gen. Vorgaben zur Nitratdüngung liefert u.a. die Düngeverordnung und die EG-Nitratrichtlinie sowie in Baden-Württemberg die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO).

Zur fachgerechten landwirtschaftlichen Nutzung sind insbesondere in Wasser- und Quellenschutzgebieten schlagbezogene Düngempfehlungen und Düngeläne auf der Basis von N_{\min} -Untersuchungen zu erstellen. Um den Bedarf an Wirtschaftsdünger zu bestimmen, wird bei N_{\min} -Untersuchungen der Stickstoffvorrat bestimmt, der Pflanzen in der durchwurzelbaren Bodenschicht zur Verfügung steht.

Dieser Vorrat wird entsprechend auf die pflanzennotwendige Düngegabe angerechnet (LAWA 2000; detailliert SchALVO). Für Gewässerrandstreifen können nach § 68b WG Nutzungsbeschränkungen erlassen werden, um Einträge von schädlichen Stoffen in die Gewässer zu vermeiden.

Werden vom Landwirt die Regeln des Integrierten Pflanzenschutzes beachtet, kann er die Verwendung chemischer Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) auf ein Mindestmaß beschränken. Dagegen kann die unsachgemäße Dosierung von Pflanzenschutzmitteln über den gewünschten Effekt hinaus die Bodenfunktionen und die Bodenorganismen gefährden.

Der Integrierte Pflanzenschutz umfasst sowohl biologische, biotechnische als auch pflanzenzüchterische Maßnahmen, die mit anbau- und kulturtechnischen Methoden gekoppelt werden. In der Unkrautbekämpfung werden z.B. mechanische Methoden bevorzugt. So wird durch die standortangepasste Bodenbewirtschaftung und Fruchtfolge die Bodenfruchtbarkeit und das Pflanzenwachstum gefördert und dem Krankheitsdruck der Kulturpflanzen entgegengewirkt.

Düngempfehlungen



Integrierter Pflanzenschutz – schädlingsfrei ohne Chemie

Bodenschonende Bewirtschaftung in Schlagworten:

- **Düngung:** Düngeläne und schlagbezogene Düngempfehlungen, N_{\min} -Untersuchungen, Anpassung von Düngerausbringungszeiten und -techniken an Anbaukultur und Boden
- **Fruchtfolge und Bodenbearbeitung:** Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Begrünung von Brachen, Minimalbodenbearbeitung, Erosionsschutzmaßnahmen
- **Pflanzenschutz:** integrierter Pflanzenschutz, optimierter Anwendungszeitpunkt, Verzicht von problematischen Mitteln, Bevorzugung von mechanischen Methoden
- **Viehwirtschaft:** modifizierte Tierhaltung, verbessertes Fütterungsmanagement, evtl. Begrenzung des Tierbestands

10.7 Umgang mit Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen

Böden, die mit Schadstoffen belastet sind, können sowohl Mensch als auch Umwelt gefährden. Wesentlich ist daher, zum einen Vorsorge gegen das Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen zu treffen und zum anderen bestehende Bodenbelastungen zu erheben, die Gefährdung zu bewerten und entsprechend zu sanieren bzw. zu sichern.

Altlastenerhebung



Bodenbelastungen werden als Altlastenverdachtsflächen in einem Informationssystem geführt, um eine sensible Nutzung auf diesen Flächen zu verhindern. Das FIS AGB (Fachinformationssystem Altlasten, Grundwasserschadensfälle, Bodenbelastungen) stellt in Baden-Württemberg die Grundlage für die landesweite Verwaltung von Informationen im Sinne eines Bodenschutz- und Altlastenkatasters dar.

Nach Abschluss der Erhebung sind die aufgenommenen Daten für die Datenübernahme in die WAABIS-Datenbank zu exportieren (Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden).

Bewertung

Nach § 9 Absatz 5 BauGB sollten Verdachtsflächen in der Bauleitplanung gekennzeichnet werden. Um die mit einer Schadstoffbelastung verbundenen Risiken zu bewerten, sind weitere Erkundungsschritte und eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen. Bewertungsgrundlagen sind die Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV.

Mustererlass der ARGEBAU

Zum Umgang mit Bodenbelastungen wurde eine Reihe verschiedener Vorgaben und Leitfäden herausgegeben. Wesentlich ist hierbei insbesondere der im Jahr 2001 von der ARGEBAU erstellte Mustererlass zur Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren.

Landeseinheitliche Arbeitshilfen



Maßnahmen zum Umgang mit Bodenbelastungen und zur Gefährdungsabschätzung sind u.a. in der Arbeitshilfe zur Bearbeitung von Verdachtsflächen/altlastverdächtigen Flächen und schädlichen Bodenveränderungen nach BBodSchG dargestellt (LfU 2001) sowie im AlfaWeb unter <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de> zu finden.

10.8 Bodenbewusstsein und Öffentlichkeitsarbeit

Nachhaltiger Bodenschutz ist auf die Akzeptanz der Nutzer angewiesen. Werden Maßnahmen zum Bodenschutz von den Betroffenen, die mit Böden zu tun haben, als notwendig anerkannt, können über Multiplikatoren die Belange des Bodenschutzes – insbesondere in den Bereichen Bauen und Wohnen und der landwirtschaftlichen Nutzung – in die Öffentlichkeit transportiert werden. Notwendig für einen nachhaltigen Schutz der Böden ist die Verbesserung des Wissens über den Bodenzustand und die Wirkungszusammenhänge.

Bei Agenda 21-Prozessen kann das Thema Boden gezielt in Diskussionen eingebracht werden, an denen sowohl Politik, Verwaltung als auch die Öffentlichkeit beteiligt sind.

Insbesondere der Themenbereich ‚Planen – Bauen – Wohnen‘ bietet konkrete Ansatzpunkte für eine Zusammenarbeit, indem Raum- und Stadtplaner, ansässige Architekten und Bauunternehmer im Schwarzwald-Baar-Kreis, Vertreter der Verwaltung, aber auch Bauherren, Investoren und interessierte Politiker zu einem – nach Möglichkeit regelmäßigen – Erfahrungsaustausch eingeladen werden. Im Rahmen dieser Treffen können Ideen zur Umsetzung der Leitbilder im Baar-Raum weiter entwickelt und konkretisiert werden, indem das spezifische Wissen der verschiedenen Nutzergruppen einbezogen wird.



Öffentlichkeitsarbeit

Agenda 21

Abb. 25
Themenfeld Planen -
Bauen - Wohnen
(aus ahu AG/iku 2001:22)

Eine weitere Möglichkeit, Bodenbewusstsein in der Öffentlichkeit zu schaffen, besteht darin, die vorhandenen Informationen über die Böden der Baar z.B. durch Exkursionen zu besonderen Böden bzw. geologischen Aufschlüssen, Tage der offenen Tür sowie eine Zusammenarbeit mit Schulen aktiv anzubieten. Gerade die Vielzahl interessanter geologischer Aufschlüsse bietet im Baar-Raum einen Ansatzpunkt, um die Öffentlichkeit für die Böden zu interessieren. Hierbei bietet es sich u.a. an, in Zusammenarbeit mit der örtlichen Tourismusförderung themenbezogene Lehrpfade bzw. Begleitbroschüren bereitzustellen.

Informationen aktiv anbieten

Bodenschutz im Internet



Allgemeine Informationen über Böden lassen sich weitergehend durch Angebote im Internet sowie vorhandene Broschüren und Arbeitshilfen vermitteln. Eine umfangreiche Informationsquelle mit umfassenden Fachinformationen und Download-Angeboten zu Handlungshilfen stellt hierbei das „BofaWeb“ dar, das über die Homepage der Landesanstalt für Umweltschutz unter der URL www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de erreichbar ist.

Neben verschiedenen weiteren Angeboten, die Informationen über Böden für die Öffentlichkeit zur Verfügung stellen, bietet das Internetportal zum Bodenschutz unter der URL www.bodenwelten.de virtuelle Einblicke in die vielfältige Welt der Böden.

Neben diesem umfassenden allgemeinen Angebot bietet der Themenpark Boden, Geologie und Natur viele Informationen an, die sich konkret auf Standorte in Baden-Württemberg beziehen (www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de).

Förderprogramme

Bodenschutz ist eine Notwendigkeit für die zukunftsfähige Entwicklung. Maßnahmen zum Bodenschutz können jedoch mit finanzieller Unterstützung einfacher durchgeführt werden. Relevante Förderprogramme sind u.a. in der Arbeitshilfe zum kommunalen Flächenmanagement aufgeführt (LfU 2003b: 97):

- Landessanierungs- und Entwicklungsplan (LSP),
- Bund-/Länder-Sanierungs- und Entwicklungsprogramm (SEP),
- Entwicklungsprogramm Ländlicher Raum (ELR),
- Förderrichtlinie Altlasten,
- Förderrichtlinien Wasserwirtschaft 2000,
- Infrastrukturprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW),
- Umweltprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW),
- EU-Ziel-2-Gebiete in EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung),
- EU-Förderprogramm für die Umwelt LIFE (Financial Instrument for the Environment),
- MELAP – Modellprojekt ‚Eindämmung des Landschaftsverbrauchs durch Aktivierung des innerörtlichen Potenzials‘.

11 ANSÄTZE ZUM ERHALT DER BODENQUALITÄT AUF DER BAAR

Die vielfältigen Nutzungsansprüche an die Böden können zur Verringerung, teilweise auch zum Verlust der Bodenfunktionen führen. Maßnahmen zum Bodenschutz sind daher eine Voraussetzung, wenn Böden in ihren Funktionen erhalten werden sollen. Im Baar-Raum gibt es verschiedene Aktivitäten, die zum Erhalt der Bodenqualität beitragen. Beispiele sind u.a. das Riedbaar-Projekt, die Wiedernutzbarmachung des Kienzle-Areals und die Ausweisung von Bodenschutzwäldern.

11.1 Schutz von Böden als Standorte für die natürliche Vegetation: Das Riedbaar-Projekt

Im Vordergrund des Riedbaar-Projekts bei Donaueschingen steht der Erhalt eines wertvollen Biotops für Flora und Fauna (Abb. 26). Die Riedbaar dient zum einen als Rückzugsgebiet für viele unter Schutz gestellte Pflanzen, wie z.B. die Trollblume, die Sibirische Schwertlilie oder die Schwarze Teufelskralle. Zum anderen stellt die Riedbaar ein wichtiges Vogelbrut- und Vogelrastgebiet dar. Sie dient u.a. Weißstorch, Braunkehlchen und Rohrammer als Rast- bzw. Überwinterungsgebiet (Reichelt 1995: 194; Bronner 2002: 349).

Seltene Pflanzen und Tiere











Abb. 26
Biotopvernetzung Riedbaar
Quelle: Reichelt (1995: 198)

Enge Zusammenhänge

Das Beispiel der Riedbaa zeigt die engen Zusammenhänge zwischen Pflanzengesellschaften und Böden (Abb. 27): Die aus bodenkundlicher Sicht wertvollen Auenböden, die im Wasserhaushalt eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen und als Archiv der Kultur- und Naturgeschichte fungieren, entsprechen weitgehend den aus Sicht des Naturschutzes geplanten Schutzgebieten für selten gewordene Pflanzen und Tiere.

Ausschnitt 'Riedbaa' aus BÜK 200

- Nutzungen**
-  Acker
 -  Grünland
- Bodenleitgesellschaften**
-  Pelosole und Braunerden
 -  Pelosole und Pseudogleye
 -  Braune Auenböden bis Auengleye
 -  Auengleye
 -  Niedermoore
 -  Ortslagen

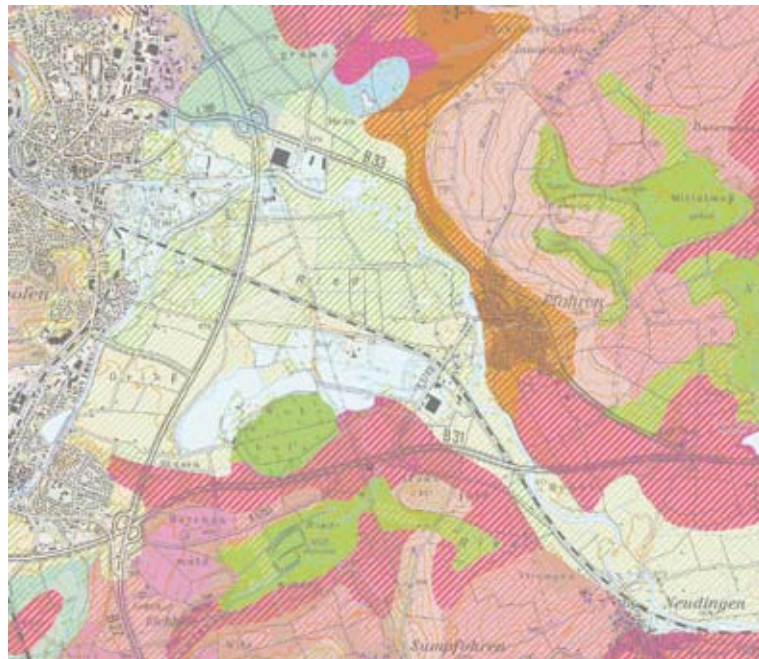


Abb. 27
Übersicht über Bodengesellschaften
der Riedbaa

Freiwillige Vereinbarungen

Um die in der Riedbaa vorhandenen Feuchtgebiete zu schützen, wurde im Jahr 1990 ein Konzept zur Biotopvernetzung erarbeitet, das unter dem Namen ‚Riedbaa-Projekt‘ bekannt ist. Auf der Basis von freiwilligen Vereinbarungen wurden Extensivierungsverträge mit Landwirten geschlossen, um nicht nur den Umbruch von Grünland zu reduzieren, sondern darüber hinaus Äcker wieder in Grünland umzuwandeln.

Maßnahmen

Durch den Verzicht der Düngung und die Abstimmung des Mahdzeitpunktes auf die Bedürfnisse der Vegetation bzw. dessen Verschiebung auf den 1. oder 15. Juli wird das Aufkommen von schutzwürdigen Pflanzengesellschaften gefördert. Die oft mit Röhricht oder Hochstauden bewachsenen Gewässerrandstreifen werden auf den Vertragsflächen naturbelassen oder erst im Spätsommer gemäht (Bronner 2002: 349).

Von dem insgesamt ca. 700 ha großen Projektgebiet stehen zurzeit ca. 205 ha unter Vertrag (Abb. 28). Die jährlichen Zuschüsse, die an die Landwirte gezahlt werden, teilen sich das Land (70 %), der Landkreis (15 %) und die beteiligten Kommunen (15 %).



Vertragsflächen

Abb. 28
Übersicht über die (rot gekennzeichneten) Vertragsflächen des Riedbaa-Projekts (Quelle: Bronner 2002: 349)

Die vor dem Jahr 1990 zu beobachtende Entwicklung des Umbruchs von Grünland wurde durch die Initiative umgekehrt. Seit Beginn wurden im Projektgebiet 14 ha Ackerland wieder in Grünland umgewandelt. Insbesondere auf Flächen mit Düngeverzicht nahm die Artenvielfalt zu. Wurde die Düngung lediglich eingeschränkt, nahm die Artenvielfalt im Durchschnitt ab (Bronner 2002: 351).

Ergebnisse

Aus Sicht des Grundwasser- und Bodenschutzes ist ein Düngeverzicht auf den überschwemmungs- bzw. grundwasserbeeinflussten Böden der Riedbaa zu befürworten. Die Verwendung von Düngemitteln kann durch Auswaschung oder Abschwemmung zu einer Beeinträchtigung der Oberflächengewässer oder des Grundwassers führen. Hohe Phosphat- und Nitratgehalte wurden z.B. im Gebiet der Stillen Musel festgestellt, die auf eine intensive landwirtschaftliche Nutzung zurückgeführt werden (Reichelt 1995: 182).

Düngemittelverzicht

Die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland ist ebenfalls zu unterstützen, da bei Hochwasserereignissen auf Ackerflächen leicht Bodenmaterial abgeschwemmt wird. Extensiv genutztes Grünland mit bewachsenen Gewässerrandstreifen bietet dagegen den Vorteil, dass der Abfluss auf den überschwemmten Flächen verringert wird. Unter diesen Aspekten ist das Riedbaa-Projekt als aktiver Beitrag zum vorsorgenden Boden- bzw. Grund- und Hochwasserschutz zu werten.

Vorsorgender Bodenschutz

11.2 Flächenressourcenmanagement in Villingen-Schwenningen

Von der in Baden-Württemberg für Siedlung und Verkehr in Anspruch genommenen Fläche (8,8 ha/Tag) wird nahezu die Hälfte versiegelt. Die Flächeninanspruchnahme findet dabei vorwiegend im Randbereich von Städten und Gemeinden statt. Bereits vorgenutzte Brachflächen im Innenbereich werden aufgrund vorhandener oder vermuteter Bodenbelastungen meist nur zögerlich neu genutzt.

Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes ist das Flächenressourcenmanagement, wie z.B. das Brachflächenrecycling und die bevorzugte Innenentwicklung anstelle der Neuausweisung von Siedlungsflächen im Außenbereich auf der ‚grünen Wiese‘ ein vorrangiges Ziel. Ein Beispiel für die erfolgreiche Wiedernutzbarmachung einer ehemals gewerblich genutzten Fläche ist das ‚Kienzle-Areal‘ in Villingen-Schwenningen (FZK 2001).

Kienzle-Uhrenfabrik



Abb. 29

Ansicht des Kienzle-Geländes von 1915
Quelle: UVM Baden-Württemberg

Das 4,7 ha große Areal der ehemaligen Kienzle-Uhrenfabriken, Werk II liegt im Stadtbezirk Schwenningen. Das Gelände wurde von 1901 bis 1981 als Produktionsstandort genutzt. Als Folge der Produktion war der Untergrund z.T. massiv mit Schadstoffen, wie z.B. leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen, Mineralölkohlenwasserstoffen und Schwermetallen sowie geringen Mengen an radioaktiven Substanzen aus der Ziffernblattproduktion verunreinigt.

18 Jahre Industriebrache

Als Folge der Altlastensituation und der hohen geschätzten Sanierungskosten lag das Gelände unter wechselnden Eigentümern 18 Jahre brach, obwohl es durch seine zentrale Lage, gute Verkehrsverbindungen sowie die Nähe zu sozialen Infrastruktureinrichtungen wie Ausbildungsstätten und Einkaufsmöglichkeiten aus städtebaulicher Sicht sehr günstige Standortbedingungen aufweist.

Projektentwicklung

Im November 1998 wurde der Standort von einer Planungs- und Projektentwicklungsgesellschaft übernommen. Als entscheidende Herausforderung wurde die starke Untergrundbelastung betrachtet. Eine Sanierung war bereits zum Schutz des Grundwassers angezeigt, zumal das Gelände in der Schutzzone IIIB des Wasserschutzgebiets der Keckquellen liegt. Das Projekt wurde u.a. mit Unterstützung durch öffentliche Mittel realisiert.

Im Rahmen der Projektentwicklung wurde ein ursprünglich vorhandener Bebauungsplan aus den 80er Jahren, der eine reine Wohnbebauung vorsah, überarbeitet und eine differenzierte Nutzung ausgewiesen, die sich an den unterschiedlichen Belastungssituationen innerhalb des Geländes orientiert.

Für den nördlichen Teil des Areals, in dem sich die Hauptschadensbereiche befanden, wurde auf einer Fläche von 1,7 ha die Ansiedlung eines großen Lebensmittelmarkts mit 350 Pkw-Stellplätzen geplant. Die Sicherung der Fläche erfolgte u.a. durch Versiegelung und Überbauung mit einem Parkplatz.

Im südlichen, geringer bzw. nicht kontaminierten Bereich wurden eine Seniorenanlage sowie Doppel- und Mehrfamilienhäuser mit ca. 280 Wohneinheiten errichtet.

Im östlichen Teil der Erschließungsfläche außerhalb des ehemaligen Produktionsgeländes wurde als Ausgleichsmaßnahme ein Rückhaltebecken zur Ableitung von Regenwasser aus dem neuen Baugebiet angelegt (Abb. 30).

Die Umnutzung des zuvor gewerblich genutzten Kienzle-Areals in Schwenningen zeigt einen Weg der Wiedereingliederung von Brachflächen in den Wirtschaftskreislauf und in die Siedlungsentwicklung.

Das Brachflächenrecycling bietet eine Möglichkeit zur Begrenzung des Flächenverbrauchs und damit zum Erhalt der Böden. Weitere Maßnahmen bestehen in der bevorzugten Innenentwicklung von Städten und Gemeinden (LfU 2003a+b). Dazu zählen beispielsweise

- die Förderung der Bestandserneuerung,
- die effiziente Nutzung vorhandener Siedlungsstrukturen und Erweiterung der vorhandenen Nutzungspotenziale, z.B. durch die Nachverdichtung,
- die Nutzung des Gebäudemanagements zur Ausschöpfung von Flächenpotenzialen, z.B. durch den Ausbau von Dachgeschossen oder die Aufstockung von Gebäuden,
- die Förderung von flächensparenden Baumethoden und optimale Nutzung urbaner Dichte,
- die verstärkte Kooperation von Städten und ihren Randgebieten sowie
- die Ausweisung von interkommunalen Gewerbegebieten.

Nutzungskonzept



Abb. 30
Nutzungskonzept Kienzle-Areal
Quelle: UVM Baden-Württemberg

Brachflächenrecycling

Weitere Möglichkeiten

11.3 Bodenschutzwälder im Baar-Raum

Wälder dienen nicht nur zur Holzproduktion und zur Erholung, sie regeln auch in vielfältiger Weise den Wasser-, Boden-, und Lufthaushalt und schützen vor Bodenabtrag und Bodenrutschungen.

Schutzwirkung des Waldes



Bewaldete Gebiete schützen die Böden und die angrenzenden Flächen z.B. vor Wasser- und Winderosion, Steinschlag, Rutschvorgängen und Bodenkriechen. Wald verringert den Oberflächenabfluss des Regenwassers und reduziert die Gefahr von Wassererosion. Eine tiefe Durchwurzelung des Bodens sowie eine möglichst bodendeckende Vegetationsschicht verhindern Bodenrutschungen oder das langsame kontinuierliche Bodenkriechen. Die natürliche Drainage von bewaldeten Hängen durch den Wasserverbrauch des Waldes erhöht zusätzlich die Stabilität der Hänge.

Waldfunktionenkarte

Wälder mit diesen Schutz- und Regelfunktionen werden in der forstlichen Planung besonders berücksichtigt. In der Waldfunktionenkarte sind Waldflächen mit besonderer Schutz- und Erholungsfunktion ausgewiesen. Sie wird in Baden-Württemberg auf der Grundlage der topographischen Karte im Maßstab 1:50.000 erstellt. Eine Kategorie der Waldfunktionenkartierung ist der Bodenschutzwald.

Bodenschutzwald

Das Landeswaldgesetz (§ 30 LWaldG) definiert den Bodenschutzwald als ‚Wald auf erosionsgefährdeten Standorten‘. Erosionsgefährdete Standorte sind insbesondere rutschgefährdete Hänge, felsige oder flachgründige Steilhänge, zur Verkarstung neigende Standorte und Flugsandböden.

In Bodenschutzwäldern sind bestimmte Bewirtschaftungsmaßnahmen vorgeschrieben, z.B. muss auf diesen Waldflächen ein durchgehender Baumbestand gewährleistet sein. Das bedeutet, dass auf Bewirtschaftungsmethoden mit Kahlschlag verzichtet wird und stattdessen je nach Standort längere Verjüngungsphasen und tief wurzelnde Baumarten anzustreben sind. Weitere Bewirtschaftungsmaßnahmen können je nach Sachlage von der Forstbehörde angeordnet werden.

Erosionsschutz

Die potenzielle Erosions- und Rutschungsgefährdung einer Fläche hängt von der Hangneigung und vom Bodenmaterial ab (Kap. 6). Bei der Ausweisung der Bodenschutzwälder wurden in erster Linie Steilhänge mit mehr als 30° Neigung berücksichtigt. Gebiete mit Böden, die aufgrund des Ausgangsgesteins besonders leicht erodiert werden oder zu Rutschungen neigen, wurden bereits bei einer geringeren Neigung als Bodenschutzwald ausgewiesen.

Erosions- und rutschungsgefährdet sind im Baar-Raum vor allem die steilen Talflanken der größeren Bach- und Flusseinschnitte von Wutach und Klausenbach, die sich im östlichen Untersuchungsbereich tief in das Grundgebirge und in die Buntsandsteinschichten eingeschnitten haben.

Zum Schutz dieser Böden vor weiterer Erosion sind an den Hängen Bodenschutzwälder ausgewiesen. Auch das Tal des Eschbachs im Bereich zwischen Horgan und dem Straubeles Wald zeichnet sich durch steile Hänge im Oberen und Unteren Muschelkalk aus. Kleine Bodenschutzwälder in tiefen Taleinschnitten existieren weiterhin im Schwarzwald bei Hammereisenbach und Breggenbach im Bereich der jungen Granite.

Taleinschnitte



Der steile Anstieg des Albtraufs zur Baar-Alb wird aus den widerstandsfähigen Kalken des Weißen Jura gebildet auf denen meist flachgründige Böden, wie z.B. Rendzinen und Pararendzinen entstehen. Die Steigung in diesem Gebiet führt zu einer sehr hohen potenziellen Erosion. Entlang der Albstufe ist daher ein Bodenschutzwald ausgewiesen, der sich südwestlich von Talheim im Norden bis nach Hondingen im Süden sowie entlang der Stufe zur Aitrach hin erstreckt.

Alb-Trauf

Die Bereiche der Doggerstufe schließen sich westlich und nördlich an den Albtrauf an. Insbesondere auf Opalinustonen besteht eine hohe Rutschungsgefahr (Kap 6.3). In unbewaldeten Gebieten können neben Rutschungen des Oberbodens wie im Jahr 1966 am Eichberg auch großflächig Hänge abrutschen. In besonders gefährdeten Gebieten sind daher Bodenschutzwälder ausgewiesen. Im Einzelnen ist dies ein schmales Band direkt anschließend an den Bodenschutzwald des Albtraufs, westlich und südwestlich von Talheim sowie westlich von Blumberg im Krottenbachtal.

Opalinustone



Auf den Tonmergeln der Keuper-Lias-Stufe bilden sich, vergleichbar mit der Doggerstufe, feinstrukturierte Böden mit hohem Tongehalten. In Bereichen mit stärkerer Hangneigung, wie im Gebiet von Aasen bis Wellendingen sowie im Süden zwischen Döggingen bis zur Wutach, sind Bodenschutzwälder ausgewiesen, um das Risiko von Bodenrutschungen bzw. Erosion zu mindern.

Keuper-Lias-Stufe

Im Bregtal westlich von Donaueschingen sind kleinere Bodenschutzwaldgebiete in Bereichen steiler Hänge in jungen Talfüllungen vorhanden.

12 ZUSAMMENFASSUNG – ÜBERBLICK ÜBER DEN BODENZUSTAND DER BAAR

Bodenvielfalt Der Baar-Raum zeichnet sich durch eine ungewöhnliche Bodenvielfalt aus, die v.a. durch die Abfolge der geologischen Schichten bedingt ist. Zwischen Baarschwarzwald und Baar-Alb sind die grundlegenden Formationen der Süddeutschen Schichtstufenlandschaft vom Buntsandstein über Muschelkalk, Keuper, Lias, Dogger und Malm vorhanden.

Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung prägt zusammen mit klimatischen und topographischen Rahmenbedingungen die Prozesse der Bodenentwicklung und die Bodeneigenschaften (Kap. 2).

Charakteristische Böden



In Abhängigkeit von den geologischen Schichten lassen sich charakteristische Zusammenhänge zwischen Ausgangsgestein, Bodeneigenschaften und Bodennutzung aufzeigen (Kap. 3).

Prägend für den aus den Schichten des Buntsandsteins aufgebauten Baarschwarzwald sind die meist sauren, nährstoffarmen und häufig podsolierten Braunerden über Sandsteinzersatz.

Das Kernland der Baarmulde besteht aus den landwirtschaftlich genutzten Gäuplatten des Muschelkalks, auf denen flachgründige Rendzinen häufig zu finden sind, und dem Keuperhügelland mit oft stauwasserbeeinflussten, tonreichen Böden. Im Bereich der Riedbaar sind Auengleye und Braune Auenböden verbreitet, die mit Niedermooren vergesellschaftet sind.

Mit dem Anstieg der Keuper-Liasstufe beginnt das Albvorland. Im Lias dominieren die tonreichen Pelosole und Braunerde-Pelosole, die meist als Ackerland genutzt werden. Im stärker reliefierten Dogger sind ebenfalls tonige Böden verbreitet, die sowohl landwirtschaftlich als auch forstwirtschaftlich genutzt werden.

Mit den hellen Malmkalken der Baar-Alb, die mit dem bewaldeten Albtrauf eine markante Stufe bilden, schließt die Schichtstufenlandschaft im Baar-Raum ab.

Landnutzung und Siedlungsstruktur

Die Landnutzung und Siedlungsstruktur der Baar orientiert sich weitgehend an den Bodeneigenschaften (Kap. 4). Der zentrale Bereich der Baarmulde zählt zum Altsiedelland, das bereits ab ca. 5.000 v. Chr. besiedelt wurde. Die wenig fruchtbaren Böden des Baarschwarzwalds wurden dagegen erst in der Rodungsphase im Mittelalter vermehrt unter Kultur genommen.

Im Zuge der Besiedlungsgeschichte entwickelte sich das heute bekannte Bild der Kulturlandschaft des Baar-Raums mit der weitgehend offenen landwirtschaftlichen Baarmulde und dem durch Fichten geprägten Baarschwarzwald. Intensivierung und Moder-

nisierung prägen dabei den Nutzungswandel im 20. Jh. in der Landwirtschaft. Parallel zu den Entwicklungen in der Landwirtschaft fanden auch in der Siedlungsentwicklung grundlegende Veränderungen statt.

Die zunehmende Inanspruchnahme von Flächen, z.B. bei der Suburbanisierung, führen dabei zum Verlust der Bodenfunktionen auf den bebauten bzw. versiegelten Flächen. Bedingt durch den Verlust der Bodenfunktionen wird der Begriff ‚Flächenverbrauch‘ verwendet.

Die Böden der Baar zeichnen sich durch unterschiedliche Bodenfunktionen und -eigenschaften aus. Wesentlich sind fünf Teilfunktionen, auf deren Grundlage Bodenfunktionsräume mit Vorrang- und Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz ausgewiesen werden (Kap. 5).

Für den Wasserhaushalt sind Böden mit hohem Speichervermögen von Niederschlagswasser bedeutsam. Eine hohe Leistungsfähigkeit weisen insbesondere die grundwasser- und überschwemmungsbeeinflussten Böden der Riedbaar aus.

Hohe Filter- und Pufferkapazitäten sind vor allem im Bereich der Schichten des Unteren Muschelkalks und des Doggers vorhanden. Geringe Filter- und Pufferkapazitäten weisen insbesondere der Bereich des Schwarzwalds und die Moorstandorte in den Niederungen der Riedbaar auf.

Ein hohes Biotopentwicklungspotenzial erfüllen Böden, die sich von den verbreiteten Normalstandorten unterscheiden. Besonders nasse, trockene oder nährstoffarme Standorte bieten gute Voraussetzungen für die Entwicklung einer stark spezialisierten Vegetation und weisen eine hoch zu bewertende Lebensraumfunktion auf.

Die natürliche Ertragsfähigkeit ist im Baar-Raum sowohl nach den Wertzahlen der Bodenschätzung als auch nach der Bewertung über die Wasser- und Nährstoffversorgung als gering einzuschätzen.

Im Gegenzug ist auf der Baar eine Vielzahl an bundesweit als selten eingestuft Böden und Bodendenkmälern als Zeugen der Natur- und Kulturgeschichte zu finden.

Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes werden Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfunktionen wie das Flächenressourcenmanagement gefordert. Der Erhalt von Böden sollte in der Siedlungsentwicklung die gleiche Bedeutung erhalten wie die Reinhaltung der Schutzgüter Wasser und Luft.

Bodenfunktionen



Nutzung und Gefährdung



Neben der Versiegelung werden Böden durch verschiedene Nutzungseinflüsse gefährdet. Wesentlich sind Veränderungen und Belastungen wie die Verdichtung von Böden, Erosion und Bodenrutschungen (Kap. 6).

Verdichtungsgefährdet sind vor allem tonreiche Böden, die bei der Bearbeitung im feuchten Zustand leicht verformt werden. In der Folge neigen die Böden zur vermehrten Staunäsebildung und weisen ein reduziertes Speichervermögen und eine verringerte Bodenfruchtbarkeit auf.

Erosionsgefährdet sind Böden, die keine schützende Vegetationsschicht haben. Je länger Böden brachliegen und je stärker geneigt die genutzten Flächen sind, desto erosionsanfälliger sind sie.

Von Bedeutung für Teile des Baar-Raums ist eine Gefährdung durch Bodenrutschungen. Kleinere und größere Rutschungen, insbesondere im Bereich der Opalinustone, zeugen von der Sensibilität der Böden bei Entwaldung.

Stoffeinträge



Böden werden durch den Eintrag und die Anreicherung von Fremd- und Schadstoffen beeinflusst und verändert. Bodenbelastungen sind dabei bedingt durch unterschiedliche Eintragspfade, Ursachen und Wirkungen (Kap. 7).

Die Bodenversauerung ist ein Beispiel für Veränderungen, die teilweise durch anthropogene Einflüsse, vor allem durch Emissionen bedingt sind.

Von Bedeutung sind ebenfalls Stoffeinträge durch die land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Düngemaßnahmen zielen in erster Linie auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ab. Düngung und Pflanzenschutz können jedoch auch zu unerwünschten Stoffanreicherungen führen.

Stoffeinträge durch Industrie und Gewerbe führen oft zu punktuellen Belastungen, die als Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen bekannt sind. Zum anderen können aber auch diffuse Stoffeinträge zu erhöhten Stoffkonzentrationen in den Böden führen.

Die freigesetzten Fremd- und Schadstoffe reichern sich z.B. in der Nähe von Emittenten an. Aber auch auf Überschwemmungsflächen und in ehemaligen Bergbaugebieten können erhöhte Konzentrationen auftreten.

Viele Schwermetalle sind im Ausgangsmaterial der Bodenbildung natürlich enthalten. Dieser geogene Grundgehalt kann sich in die Oberböden durchpausen und bei hohen Gehalten, wie z.B. im

Umfeld der Bleiglanzbänke zu erhöhten geogenen Stoffkonzentrationen der Böden führen.

Für den Baar-Raum liegen Untersuchungen aus verschiedenen Messprogrammen vor, um Informationen über die Schadstoffkonzentrationen in den Oberböden zu erhalten. Diese Analyseergebnisse wurden durch weitere Bodenproben ergänzt, die im Rahmen des Bodenzustandsberichts gezielt genommen wurden. Auf dieser Grundlage wurden Karten für die Parameter Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink, Arsen, PAK und PCCD/F erstellt (Kap. 8).

Die Stoffgehalte werden im Vergleich zu den Bewertungsmaßstäben der BBodSchV beurteilt. Um die ökologischen Auswirkungen und die potenziellen Gefährdungen für Mensch, Tier und Pflanze abzuschätzen, bietet die BBodSchV stoffspezifische Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte. Die Wirkungen unterscheiden sich dabei je nach Nutzung (Expositionsszenarien), Parameter, Konzentration und räumlicher Verteilung.

Die räumliche Auswertung der Stoffgehalte im Baar-Raum gibt Hinweise auf Belastungsursachen. Sie können nach Nutzungseinflüssen, Emittenten, Überschwemmungen und Ausgangsgesteinen differenziert werden (Kap. 9).

In der Auswertung zeigt sich, dass im Siedlungsbereich durch die intensivere Nutzung und durch Emittenten meist höhere Gehalte vorhanden sind und die Spannweite der ermittelten Werte größer ist als im Außenbereich.

Ebenfalls höhere Gehalte sind für nahezu alle Parameter in Überschwemmungsflächen vorhanden. Auf Bergbauflächen liegen nur teilweise höhere Gehalte vor.

Der geogene Einfluss zeigt sich vorwiegend im Bereich der Bleiglanzbänke im Unteren Muschelkalk und im Schwarzen Jura (Lias) mit den bituminösen Schiefern bzw. dem Arietenkalk.

Nutzungseinflüsse zeigen sich auch auf land- und forstwirtschaftlichen Böden. Mit Ausnahme der gering erhöhten Arsengehalte bewegen sich die regionalen Hintergrundwerte im Baar-Raum im Bereich der für Baden-Württemberg charakteristischen Hintergrundwerte.

Stoffgehalte in den Böden der Baar



Einflussfaktoren

Handlungsempfehlungen Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes ist der Erhalt der Böden und ihrer Funktionen im Naturhaushalt. Um negative Nutzungseinflüsse zu vermeiden, zeigen Handlungsempfehlungen verschiedene Möglichkeiten des sparsamen und schonenden Umgangs mit Böden in der Planung und Praxis auf (Kap. 10).

Positive Ansätze



Im Baar-Raum gibt es verschiedene Aktivitäten, die zum Erhalt der Bodenqualität beitragen (Kap. 11). Von Bedeutung ist z.B. das Riedbaar-Projekt, in dem durch den Schutz von Flora und Fauna auch die leistungsfähigen Böden des Projektgebiets erhalten werden.

Als weiteres Beispiel zeigt die Wiedernutzbarmachung des Kienzle-Areals im Schwenningen positive Ansätze zur Reduzierung des Flächenverbrauchs und zur Umsetzung des Brachflächenrecyclings auf.

Relevant sind weiterhin Bodenschutzwälder, durch die erosions- und rutschungsgefährdete Böden geschützt werden.

Bodenschutz Im Gesamtbild zeigt sich der Baar-Raum als schätzenswerte und schützenswerte Landschaft. Die Böden der Baar stellen dabei mit ihrer Vielfalt im Kleinen eine zentrale Grundlage dar. Der Bodenzustandsbericht bietet den Einstieg, diese Bodenvielfalt kennen zu lernen.

13 LITERATURVERZEICHNIS

- AG-BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- ahu AG (2000): Freiraumkataster Landeshauptstadt Düsseldorf. Fachbeitrag Boden und Grundwasser. Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Umweltamt. Unveröffentlicht.
- ahu AG (1999): ExWoSt-Forschungsvorhaben ‚Städte der Zukunft‘. Modellstadt Münster. Grundwassermonitoring und Siedlungsplanung – Machbarkeitsstudie zur Integration der Belange des Boden- und Grundwasserschutzes in die Siedlungsplanung der Stadt Münster. Gutachten im Auftrag der Stadt Münster, Umweltamt. Unveröffentlicht.
- ahu AG / iku (2001): Boden gut machen – Empfehlungen zur Verbesserung des Bodenbewusstseins. Abschlussbericht für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) Nordrhein-Westfalen. Bearb. durch iku - Institut Kommunikation und Umweltplanung GmbH, ahu AG Wasser · Boden · Geomatik und Arbeitskreis Bodenbewusstsein. August 2001. In: www.munlv.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/boden/veroeffent.htm.
- ALLOWAY, Brian J. [Hrsg.] (1999): Schwermetalle in Böden. Analytik, Konzentration, Wechselwirkungen. Berlin/Heidelberg.
- ANL – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1998): Das Schutzgut Boden in der Natur- und Umweltplanung. Laufen/Salzach.
- ARGEBAU (2001): Mustererlass zur Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren vom 26. Sept. 2001.
- ATV-DVWK A 138: Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef. Januar 2002.
- BECHTEL, Helmut (1981): Zwischen Schwarzwald und Bodensee. Baar, Hegau und Wutach in Farbe. Ein Reiseführer für Naturfreunde. Stuttgart.
- BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.] (1994): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch Reihe F, Heft 31. Hannover.
- BLOSSEY, Sabine et al. (2002): Bodenbezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in der Bauleitplanung. In: Bodenschutz 2002, H. 3. S. 84 – 89.
- BLOSSEY, Sabine; LEHLE, Manfred (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Sachstand und Empfehlungen der LABO. In: Bodenschutz 1998, H. 4. S. 131 – 137.
- BLUME, H.-P. (2004): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg.
- BMVEL – Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2002): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bonn.

- BÖCKER, Reinhard ; KAUPENJOHANN, Martin (2000): Bodenschutz. Anspruch und Wirklichkeit. Stuttgart [= Hohenheimer Umweltagung 32].
- BORCHERT, Christoph (1992): Das Land Baden-Württemberg – ein Überblick. In: Borchert, Christoph [Hrsg.]: Geographische Landeskunde von Baden-Württemberg. Stuttgart. S. 21 – 84.
- BOSCH, Christof (1994): Versuch einer „Roten Liste natürlicher Böden“ zum Schutz von Seltenheit und Naturnähe von Böden. In: Rosenkranz, Dietrich et al. [Hrsg.]: Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Berlin. Lfg. XI/94; Kenn-Nr. 7050.
- BRONNER, Gerhard (2002): Das Riedbaaprojekt bei Donaueschingen. Effizienzkontrolle eines Projekts im Vertragsnaturschutz. In: Natur und Landschaft, Jg. 77, Heft 8. S. 349 – 354.
- BRÜSTLE, Hans (1974): Ortsnamen der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg. In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 30. S. 94 – 138.
- BÜCKMANN, Walter et al (2002): Regionaler Bodenschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Köln/Berlin/Bonn/München.
- BVB – Bundesverband Boden e. V. (2000): Bodenschutz in der Bauleitplanung. Vorsorgeorientierte Bewertung. Berlin.
- CLEMENS et al. (1997): Fachinformationssystem Bodenschutz – Modul Bodenbewertungssystem BoBeS. In: Mitteilungen Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 85. S. 1119 – 1122.
- CYFFKA, Bernd ; HÄRTLING, Joachim W. [Hrsg.] (2002): Bodenmanagement. Berlin/Heidelberg.
- DARGEL, Eveline (1995): Die Amtsstadt der Fürstenberger. In: Sturm, Joachim [Hrsg.]: Blumberg. Die Geschichte einer ungewöhnlichen Stadt. Vöhrenbach. S. 77 – 128.
- EBERHARDT, J. (1987): Schwermetallbelastung der Böden in der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg. Untersuchungen im Auftrag des Regionalverbandes Schwarzwald-Baar-Heuberg. Villingen-Schwenningen.
- FINKE, Heinz ; LYNAR, Ernst W. (1989): Die Baar. Land an der jungen Donau. Konstanz.
- FISCHER, Alfons (1956): Die Landwirtschaft der Baar und ihre Fortschritte in den letzten Jahren. In: Sauer, K. [Hrsg.]: Die Baar in naturkundlicher und historischer Sicht. Donaueschingen. S. 59 – 66.
- FISCHER, Edgar (1936): Beiträge zur Kulturgeographie der Baar. Freiburg.
- FRANKENBERG, Peter / SIEGMUND, Alexander [Hrsg.] (1995): Baar-Exkursion des Geographischen Institutes der Universität Mannheim. 7. – 9. Oktober 1993. Mannheim.
- FZK - Forschungszentrum Karlsruhe (2001): Arbeitshilfe Planungssicherheit beim Flächenrecycling. In: <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/recycl/recycl.html>.
- GEBHARDT, Hans ; SCHRÖDER, Peter (1992): Das Südliche Neckarland. In: Borchert, Christoph [Hrsg.]: Geographische Landeskunde von Baden-Württemberg. Stuttgart. S. 299 – 320.

- GEMEINDE Dauchingen (2002): Gemeinde Dauchingen Gewerbegebiet Riesenburg. Ökologische Bestandsaufnahme und Bewertung. Analyse und Bewertung des Naturhaushaltes. Erstellt von Kommunal Plan (Stadtentwicklung + Umweltplanung). Tuttlingen. S. 7.
- GEYER, Otto / GWINNER, Manfred (1991): Geologie von Baden-Württemberg. 4. Auflage. Stuttgart.
- GLOGER, Stefan / LEHLE, Manfred (2002): Flächenressourcen-Management. Ein umweltpolitischer Schwerpunkt im Land Baden-Württemberg. In: *altlasten spektrum* 1/2002. S. 14 – 19.
- GÖTTLICH, Karlshans [Hrsg.] (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Auflage. Stuttgart.
- GÖTTLICH, Karlshans (1978): Moorkarte von Baden-Württemberg. Erläuterungen zum Sonderblatt Die Baar L 7916 (Südhälfte) und L 8116. Hrsg. vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg und dem Regierungspräsidium Südwürttemberg-Hohenzollern. Stuttgart. [= Band 12]
- GÖTTLICH, Karlshans (1964): Zur Stratigraphie, Entwicklungsgeschichte und Typologie der Moore in der Baar. In: *Arb. Landw. Hochschule Hohenheim* 30. S. 211 – 220.
- GRÖNGRÖFT, A. / HOCHFELD, B. / MIEHLICH, G. (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. Gutachten des Instituts für Bodenkunde der Universität Hamburg. Hrsg. von der Umweltbehörde Hamburg, Gewässer- und Bodenschutz. 2. Aufl. Hamburg.
- GRYSCHKO, Rainer (2000): Fernerkundung von sensiblen Niederschlagsflächen auf Grundlage der ABAG, im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. Mainz. In: http://www.irma-lfw-rp.de/lrma_text/Bericht_A2.zip vom 12.10.02.
- GSE-Anleitung (2002): Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden. Forschungsbereich 200 71 238 im Auftrag des Umweltbundesamtes. In: www.umweltbundesamt.de/fwbs/themen/fue/gse/gse_anleitung.pdf.
- GUTKNECHT, Rainer [Hrsg.] (1977): Der Schwarzwald-Baar-Kreis. Stuttgart/Aalen.
- GVV - Gemeindeverwaltungsverband Donaueschingen (2002): Umweltqualitätsziele für den Gemeindeverwaltungsverband Donaueschingen In: http://www.donaueschingen.de/gvv/umweltschutz/umqz/k_inhalt.htm.
- HABER, Wolfgang / HELD, Martin / SCHNEIDER, Manuel (1999): Nachhaltiger Umgang mit Böden. Initiative für eine internationale Bodenkonvention. München.
- HENGLEIN, M. (1924): Erz- und Mineralstätten des Schwarzwaldes. Stuttgart.
- HENNINGSEN, Dierk / KATZUNG, Gerhard (2002): Einführung in die Geologie Deutschlands. Heidelberg/Berlin.
- HLUG – Hessisches Landesumweltamt für Umwelt und Geologie (2001): Abfallverwertung auf und in Böden. Möglichkeiten und Grenzen. Wiesbaden [= Umwelt und Geologie H. 3].
- HONOLD, Lorenz / HASENFRATZ, German (1990): Schwarzwald-Baar. Mosaik eines Landkreises. Stuttgart.

- HUG, Doris (2000): Bodennutzung im Mittleren Schwarzwald und deren Veränderung von 1780 bis heute. In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 43. S. 91 – 122.
- IFU – Institut für Umweltforschung e.V. (1972): Landschaftsrahmenplan Schwarzwald-Baar-Heuberg. Villingen-Schwenningen.
- IHK – Industrie- und Handelskammer Schwarzwald-Baar-Heuberg [Hrsg.] (1989): Wirtschaftsraum Schwarzwald-Baar-Heuberg. Monographien deutscher Wirtschaftsgebiete. Oldenburg.
- JAENSCH, Siegmund (2003): Neue Landesmesse auf den Fildern. Berücksichtigung des Schutzgutes Boden im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsbetrachtung. In: Altlasten und Boden News 1/2003.
- JAHRBUCH der Stadt Villingen-Schwenningen (1974): Das Oberzentrum. Villingen-Schwenningen.
- JANNING, Heinz (2003): Die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Bauleitplanung. In: UVP-Report, Europa macht Dampf – UVP im Aufwind? Sonderheft des UVP-Kongresses 12. – 14. Juni 2002. Hamm. S. 52 – 61.
- JAUCH, Walter / SCHRAY, Fritz (1999): Oberer Neckar, Baar und Baaralb. Stuttgart.
- JESSEN-HESSE, Volker (2002): Vorsorgeorientierter Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung. Leitbilder und methodische Anforderungen, konkretisiert am Beispiel der Region Berlin-Brandenburg. Berlin [= BVB-Materialien Bd. 9].
- KLUG-TREPPE, Jutta (2002): Steingrabhügel als archäologische Denkmalgruppe. Archäologische Untersuchungen auf Gem. Bräunlingen, Schwarzwald-Baar-Kreis. In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 45. S. 77 – 85.
- KOHL, Raimund (2000): Aufbringung von Materialien auf Böden. Was bringt uns die neue Bodenschutzverordnung? In: Böcker, Reinhard / Kaupenjohann, Martin [Hrsg.]: Bodenschutz. Anspruch und Wirklichkeit. Stuttgart [= Hohenheimer Umwelttagung 32].
- KÖLLNER, Ekkehard (1977): Wald, Forstwirtschaft, Natur- und Landschaftsschutz. In: Gutknecht, Rainer [Hrsg.]: Der Schwarzwald-Baar-Kreis. Stuttgart/Aalen. S. 343 – 354.
- KÖSEL, Michael / RILLING, Kurt (2002): Die Böden der Baar. Ein Beitrag zur regionalen Bodenkunde Südwestdeutschlands. In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 45, März 2002. S. 99 – 128.
- KRAUSE, Werner / REICHELT, Günther (1951/52): Kartierung zur Erfassung der realen Vegetation. Unveröffentlicht.
- KULLEN, Siegfried (1989): Baden-Württemberg. 3. aktualisierte Auflage. Stuttgart.
- KÜRTEIN, Martin / RÜPKE, Anke (2002): Brachflächenkataster als Voraussetzung für die Flächennutzung im Bestand. In: altlasten spektrum 1/2002. S. 9 – 13.
- LABO – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2002): Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung).
- LANDESSTELLE für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg [Hrsg.] (1968): Das Schwenninger Moos. Der Neckarursprung. Ludwigsburg.

- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2000): Gewässerschützende Landbewirtschaftung in Wassergewinnungsgebieten. Schwerin.
- LEWANDOWSKI et al. (1997): Schadstoffe im Boden. Eine Einführung in Analytik und Bewertung. Berlin/Heidelberg.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2005): Geologische Naturdenkmale im Regierungsbezirk Freiburg. Karlsruhe [Bodenschutz 18].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2004): Entwurf der Arbeitshilfe „Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung“. Baden-Württemberg.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2003a): Kommunales Flächenmanagement. Strategie und Umsetzung. 1. Auflage. Karlsruhe [= Bodenschutz 13].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2003b): Kommunales Flächenmanagement. Arbeitshilfe. 2. Auflage. Karlsruhe [= Bodenschutz 8].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2003c): Schadstoffe in klärschlammgedüngten Ackerböden Baden-Württembergs. 1. Auflage. Karlsruhe [= Bodenschutz 14].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2003d): Entwurf der Arbeitshilfe zur „Bearbeitung des Schutzgutes Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung“. Karlsruhe.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2003e): BoBeS – Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. In: <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/prg/bobes.html>.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2002): Moore in Baden-Württemberg. Eigenschaften, Inventur und Funktionen. 1. Auflage. Karlsruhe.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2001): Arbeitshilfe zur Bearbeitung von Verdachtsflächen / altlastverdächtigen Flächen und schädlichen Bodenveränderungen nach BBodSchG. Karlsruhe [= Bodenschutz 6].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2000): Boden nutzen, Böden schützen. Fragen und Antworten rund um das Thema Geländeauffüllungen. Karlsruhe.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (1999): Bodenaushub ist mehr als Abfall. Karlsruhe [= Bodenschutz 3].
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (1993): Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten. Karlsruhe.
- LGRB (RP FR) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau-Baden Württemberg (2004): Geotourismus. Karte mit Geobjekten In: http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Service/geotourismus_uebersicht/geotourismus/map_gto/index_html.
- LGRB (RP FR) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2002): Geotourismusführer Erlebnis Geologie – Streifzüge über und unter Tage v. T. Huth. Freiburg.

- LGRB (RP FR) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1999): Bodenkarte von Baden-Württemberg 1:25.000. Digitale Auswertungskarte. Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit. Freiburg.
- LGRB (RP FR) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1992-95): Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1:200 000 (BÜK 200). Freiburg.
- LOUIS, Hans-Walter / WOLF, Verena (2002): Bodenschutz in der Bauleitplanung. In: Natur und Recht, H. 2, Jg. 24, 2002. S. 1 – 15.
- LRA SBK – Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis (2002): Naturverträglicher Umgang mit Niederschlagswasser. Informationsbroschüre für Bauherren, Planer, Ingenieure, Architekten, Kommunen und Behörden. Donaueschingen.
- LWaldG – Landeswaldgesetz Baden-Württemberg (1986): § 30 Bodenschutzwald.
- LYNAR, W. / SCHNEIDER, U. / BRAHMS, E. / HÜBLER, K.-H. [Hrsg.] (1989): Bodenschutz in Stadt- und Industrielandschaften. Taunusstein.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1999): Waldfunktionenkartierung. Erläuterungsband zu Blatt L 7916 Villingen-Schwenningen. Freiburg.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1998): Waldfunktionenkartierung. Erläuterungsband zu Blatt L 8114 Titisee-Neustadt. Freiburg.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1998): Waldfunktionenkartierung. Erläuterungsband zu Blatt L8116 Donaueschingen. Freiburg.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1992): Waldfunktionenkartierung. Allgemeine Erläuterungen. Heilbronn.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1990): Waldfunktionenkarte 1:50 000 L 7916 Villingen-Schwenningen. Ettlingen Oberweier.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1990): Waldfunktionenkarte 1:50 000 L 8114 Titisee-Neustadt. Ettlingen Oberweier.
- MLR – Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (1990): Waldfunktionenkarte 1:50 000 L 8116 Donaueschingen. Ettlingen Oberweier.
- MÜLLER, Wolfgang [Hrsg.] (1972): Villingen und die Westbaar. Bühl/Baden.
- NLfB – Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2002): Landwirtschaft und Nitrat. Versauerung unter Wald. Hannover [= Arbeitshefte Boden 2002/1].
- NLfB – Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2001): Verdichtung, Versiegelung, Entsiegelung. Hannover [= Arbeitshefte Boden 2001/3].
- NLfB – Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1998): Bodennutzung und Bodenschutz. Veränderungen im Stoffhaushalt der Böden Niedersachsens. Hannover [= Arbeitshefte Boden 1/1998].

- NÜBLING, Verena (1995): Vor- und Frühgeschichte des Raumes Blumberg. In: Sturm, Joachim [Hrsg.] (1995): Blumberg. Die Geschichte einer ungewöhnlichen Stadt. Vöhrenbach. S. 10 – 24.
- OBIDITSCH, Friedrich (1956): Die ländliche Kulturlandschaft der Baar und ihr Wandel seit dem 18. Jahrhundert. Dissertation an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- OTT, Hubertus / ROSENKRANZ, Dietrich (1974): Landschaftsrahmenplan Schwarzwald-Baar-Heuberg. In: Jahrbuch der Stadt Villingen-Schwenningen (1974): Das Oberzentrum. Villingen-Schwenningen. S. 92 – 107.
- PLANUNGSGEMEINSCHAFT Schwarzwald-Baar-Heuberg (1964): Entwicklungs- und Raumordnungsplan für die Gebiete der Landkreise Rottweil, Tuttlingen, Villingen, Donaueschingen und Hochschwarzwald. München.
- PLANUNGSGEMEINSCHAFT Schwarzwald-Baar-Heuberg (1963): Bestandsaufnahme, Beurteilung, Planungsaufgaben. München.
- PLANUNGSGRUPPE Ökologie + Umwelt GmbH: Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. – Länderfinanzierungsprogramm ‚Wasser und Boden‘, Themenschwerpunkt ‚Empfehlungen zur Klassifikation von Böden für räumliche Planungen‘. Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Endbericht (Entwurf), Stand: Januar 2002.
- REHFUESS, Karl E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Hamburg/Berlin.
- REICHELT, Günther (2002): Wer prägte die Waldgeschichte der Baar: ‚Lothars‘ Vorgänger oder ‚Ötzis‘ Verwandte? In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 45. S. 139 – 154.
- REICHELT, Günther (2001): Zur Differenzierung der nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung auf der Baar, dem Baarschwarzwald und der Ostabdachung des Hohen Schwarzwaldes. In: Mitt Ver. Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtungen 41. S. 21 – 27.
- REICHELT, Günther (1999): Eingriffe in die Landschaft und ihre Folgen. Einige Probleme der Landschaftsentwicklung der Baar aus ökologischer Sicht. In: Alemannisches Jahrbuch. Sonderdruck 1997/98. Bühl/Baden. S. 199 – 226.
- REICHELT, Günther (1995): Die Baar 1945 bis 1995. Landschaftswandel im ländlichen Raum. Villingen-Schwenningen.
- REICHELT, Günther (1990): Wo Donau und Neckar entspringen. Die Baar. Donaueschingen.
- REICHELT, Günther (1978): Das Zollhausried bei Blumberg (Baaralb). In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 32. S. 61 – 86.
- REICHELT, Günther (1977): Die Landschaft und ihr natürliches Gefüge. In: Gutknecht, Rainer [Hrsg.]: Der Schwarzwald-Baar-Kreis. Stuttgart/Aalen. S. 37 – 55.
- REICHELT, Günther (1972 a): Die natürlichen Landschaften um Villingen und der anthropogene Wandel ihrer Bedingungen. In: Müller, Wolfgang [Hrsg.]: Villingen und die Westbaar. Bühl/Baden. S. 9 – 25.

- REICHELT, Günther [Hrsg.] (1972 b): Die Baar. Wanderungen durch Landschaft und Kultur. Villingen.
- REICHELT, Günther (1967): Die Rutschungen am Eichberg bei Achdorf (Wutach). Erscheinungsformen, Mechanik, Ursachen. In: Erdkunde, Bd. 21, Lfg. 3. S. 269 – 180.
- REINBOLZ, Andreas / LUDEMANN, Thomas (2001): Laubwälder der Baar. Vegetation und Geschichte des Unterhölzer Waldes als Modell? In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar 44, S. 71 – 111.
- REVELLIO, Paul (1964): Beiträge zur Geschichte der Stadt Villingen. Villingen.
- RIEPL, Max (1975): Schwarzwald-Baar. Mosaik eines Landkreises. Stuttgart.
- RILLING, Kurt (2002): Blatt 8016 Donaueschingen. Karte und Erläuterungen. 2. veränd. Aufl. Bodenkartierung Baden-Württemberg 1:25 000. Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. Freiburg.
- RILLING, Kurt (1999a): Musterprofile auf BK 25, Blatt 7917 Villingen-Schwenningen-Ost. Verbreitung, Vergesellschaftung, Profilaufbau und Analysendaten repräsentativer Böden Baden-Württembergs. Bodenkartierung Baden-Württemberg 1:25 000, Musterprofile. Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. Freiburg.
- RILLING, Kurt (1999b): Musterprofile auf BK 25, Blatt 8016 Donaueschingen. Verbreitung, Vergesellschaftung, Profilaufbau und Analysendaten repräsentativer Böden Baden-Württembergs. Bodenkartierung Baden-Württemberg 1:25 000, Musterprofile. Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. Freiburg.
- RILLING, Kurt (1996): Blatt 7917 Villingen-Schwenningen-Ost, Karte und Tabellarische Erläuterung. – Bodenkt. Baden-Württ. 1:25 000. 51 S., 1 Tab., 1 Kt. Hrsg. vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. Freiburg.
- ROSENKRANZ, Dietrich (1977): Geologischer Bau und erdgeschichtliche Entwicklung. In: Gutknecht, Rainer [Hrsg.]: Der Schwarzwald-Baar-Kreis. Stuttgart/Aalen. S. 17 – 36.
- RUSS, Karlherman (1977): Die Landwirtschaft. In: Gutknecht, Rainer [Hrsg.]: Der Schwarzwald-Baar-Kreis. Stuttgart/Aalen. S. 327 – 342.
- SCHAAL, Peter (1999): Bodenschutz in der Stadtplanung. Dortmund [= Blaue Reihe des Institut für Raumplanung der Universität Dortmund].
- SchALVO – Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (2001): Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten vom 20.02.2001.
- SCHEFFER, Fritz / SCHACHTSCHABEL, Paul (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. neu bearb. u. erw. Auflage. Stuttgart.
- SCHMID, Ernst (2001): Flächenressourcen-Management. In: Umwelt und Geologie, H. 2: Bodenschutz in der Bauleitplanung. Hrsg. vom HLUg. Wiesbaden. S. 61 – 65.
- SEIFFERT, Stefan et al (2003): LABO Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen von Materialien auf und in Böden gemäß § 12 BBodSchV. In: Bodenschutz 1/2003. S. 4 – 9.

- SIEGMUND, Alexander (1999): Das Klima der Baar. Regionalklimatische Studien einer Hochmulde zwischen Schwarzwald und Baar. Mannheim [= Mannheimer Geographische Schriften 51].
- SLfL – Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2003): Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Dresden.
- SPINDLER, Konrad (1972): Keltische Gräber im Magdalenenberg. In: Müller, Wolfgang [Hrsg.]: Villingen und die Westbaar. Bühl/Baden. S. 30 – 55.
- STATISTISCHES LANDESAMT Baden-Württemberg (2002): Statistische Berichte Baden-Württemberg. Bodennutzung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2001. http://www.statistik-bw.de/Veroeffentl/Statistische_Berichte/3332_01001.pdf.
- STATISTISCHES LANDESAMT Baden-Württemberg (1999): Statistische Berichte Baden-Württemberg. Emissionen von Schwefeldioxid, Stickoxid und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg 1999. http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/Statistische_Berichte/3616_99001.pdf.
- STATISTISCHES LANDESAMT Baden-Württemberg (1997): Die Region Schwarzwald-Baar-Heuberg und ihre Landkreise. Stuttgart.
- STURM, Joachim [Hrsg.] (1995): Blumberg. Die Geschichte einer ungewöhnlichen Stadt. Vöhrenbach.
- UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2000a): Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden. Berlin [UBA-Texte 49/00].
- UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2000b): Szenarien und Potentiale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung. Berlin [UBA-Berichte 1/00].
- UVM – Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (2000): Umweltplan Baden-Württemberg. In: <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/umweltplan>.
- UVM – Umweltministerium Baden-Württemberg (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. In: Luft Boden Abfall, H.31.
- VHG BW (1994): Urteil vom 15.11.1994, Az.: 5 S 1602/93.
- VHG – Verwaltungsgerichtshof Mannheim (1996): In: Zeitschrift Naturschutz und Raumordnung (NuR), Jg. 1996. S. 147.
- WaBoA – Wasser-Boden-Atlas Baden-Württemberg (2001): Hrsg. vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Mannheim.
- WBB – Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz. fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. BT-Drs. 14/2834.
- WEINKNECHT, Peter (1995): Zur Geologie von Blumberg und seiner Umgebung. In: Sturm, Joachim [Hrsg.] (1995): Blumberg. Die Geschichte einer ungewöhnlichen Stadt. Vöhrenbach. S. 391 – 404.

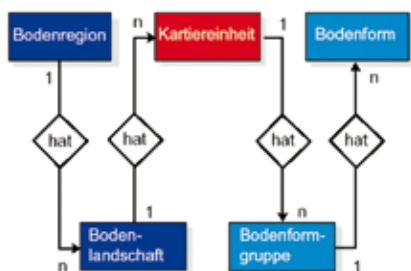
14 METHODENDOKUMENTATION

Vorbemerkungen zur Auswertung der BÜK 200

Die zentrale Datengrundlage zur Ausweisung der Bodenfunktionsräume bildet die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK 200), die nach Auskunft des LGRB (RP FR) auf einen Maßstab, der nicht größer als 1:100.000 ist, vergrößert werden kann. Die Aussageschärfe ist entsprechend auf diese Maßstabs-ebene begrenzt.¹

Wesentliche Kenngrößen, die als Hauptsteuerfaktoren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden notwendig sind, wurden der BÜK 200 entnommen. Fehlende Faktoren wurden soweit wie möglich durch vergleichbare Kenngrößen ersetzt.

Die kleinsten Einheiten in der BÜK 200, denen Attribute zugewiesen sind und für die räumliche Geometrien vorliegen, sind die Kartiereinheiten (KE). Die KE setzen sich, wie in der folgenden Grafik dargestellt, aus verschiedenen Bodenformgruppen (BFG) zusammen, deren Zusammensetzung im Gelände geschätzt wird. Die BFG wiederum setzt sich aus den einzelnen Bodenformen zusammen.



Entity-Relationship-Modell für die BÜK 200
Quelle: LGRB (RP FR)

Diese Aggregation hat zur Folge, dass in der Attributtabelle der BÜK 200 mehrere Kenngrößen in einer Kartiereinheit zusammengefasst sind. Dies betrifft bereits die Zuordnung der Bodenleitgesellschaften (Bo_leit), in denen mehrere Bodenformengruppen zusammengefasst sind (vgl. die folgende Beispieltabelle).

Shape	FCN	Bo_leit	Bo_Art	Bo	Abgrenz
Flächen	57	Stagnose und Pseudogley aus landföhrenen Fließböden	Dübel-pedologische Braunerde, Moder-Stagnogley	1	Abfällige Verbräunungen und tache Mäken in Bereich des Oberen Buntlandsteins
Flächen	57	Stagnose und Pseudogley aus landföhrenen Fließböden	Dübel-pedologische Braunerde, Moder-Stagnogley	1	Abfällige Verbräunungen und tache Mäken in Bereich des Oberen Buntlandsteins
Flächen	57	Stagnose und Pseudogley aus landföhrenen Fließböden	Dübel-pedologische Braunerde, Moder-Stagnogley	1	Abfällige Verbräunungen und tache Mäken in Bereich des Oberen Buntlandsteins
Flächen	57	Stagnose und Pseudogley aus landföhrenen Fließböden	Dübel-pedologische Braunerde, Moder-Stagnogley	1	Abfällige Verbräunungen und tache Mäken in Bereich des Oberen Buntlandsteins
Flächen	55	Pseudogley aus lehmigen Fließböden	Unregelmäßiger Gley, Niedermoor	1	Niederungen Buchen und breiter Tal der Schwauwald-Rundflähen
Flächen	58	Pseudogley aus lehmigen Fließböden	Unregelmäßiger Gley, Niedermoor	1	Niederungen Buchen und breiter Tal der Schwauwald-Rundflähen
Flächen	56	Pseudogley aus lehmigen Fließböden	Unregelmäßiger Gley, Niedermoor	1	Niederungen Buchen und breiter Tal der Schwauwald-Rundflähen
Flächen	56	Pseudogley aus lehmigen Fließböden	Unregelmäßiger Gley, Niedermoor	1	Niederungen Buchen und breiter Tal der Schwauwald-Rundflähen
Flächen	56	Pseudogley aus lehmigen Fließböden	Unregelmäßiger Gley, Niedermoor	1	Niederungen Buchen und breiter Tal der Schwauwald-Rundflähen
Flächen	54	Parabraunerde-Pseudogley und Pseudogley-Parabraunerde	Dübel-Parabraunerde, Pseudogley und Pseudogley	1	Platten des Oberen Buntlandsteins
Flächen	54	Parabraunerde-Pseudogley und Pseudogley-Parabraunerde	Dübel-Parabraunerde, Pseudogley und Pseudogley	1	Platten des Oberen Buntlandsteins
Flächen	51	Stauerde, häufig pseudogley oder pseudogleyähnlich, aus lehmig	Dübel-Pseudogley-Braunerde, Moder-Braunerde	1	Platten des Oberen Buntlandsteins
Flächen	51	Stauerde, häufig pseudogley oder pseudogleyähnlich, aus lehmig	Dübel-Pseudogley-Braunerde, Moder-Braunerde	1	Platten des Oberen Buntlandsteins

Ausschnitt aus der Attributtabelle der BÜK 200

¹ Die digitalen Unterlagen der BÜK 200 wurden dem Wasser-Boden-Atlas Baden-Württemberg (WaBoA 2001) entnommen und sind beim LGRB (RP FR) verfügbar.

In gleicher Weise sind weitere Kenngrößen der BÜK 200 zu Klassen zusammengefasst. Zum Beispiel wurde die Kenngröße der nutzbaren Feldkapazität auf der Ebene der Bodenform ermittelt. Durch die Zusammenfassung der Bodenformen zu Bodenformgruppen – und dieser wiederum zu Kartiereinheiten – ergibt sich, dass in der BÜK 200 (wie auch in der BK 25) Wertebereiche anstelle von Einzelwerten angegeben werden. Diese Wertebereiche können je nach Vergesellschaftung sehr weit schwanken. An dieser Stelle wird die textliche Zuordnung in die Auswertung einbezogen.

Ausschnitt aus der Attributtabelle der BÜK 200

Das bedeutet z.B., dass die Kenngröße der nutzbaren Feldkapazität (Nfk_wert) die Klassenbezeichnung „10 – 90“ sowie eine zugeordnete Textbezeichnung (Nfk_text) enthält. Die Zuordnung zu einem Einzelwert ist nicht möglich.

Bei der Darstellung der Hauptverknüpfungsregeln sind entsprechend die Klasseneinteilungen, die an die Kenngrößen der BÜK 200 angepasst wurden, dargestellt.

Bodenfunktion: Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt

Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Böden als Regulator für den Wasserhaushalt

Wie in Abschnitt 5.1 dargestellt, werden Böden als schützenswert eingestuft, die für den Wasserhaushalt von besonderer Bedeutung sind. Dies betrifft Böden, die aufgrund ihres Retentionsvermögens Niederschläge aufnehmen können und somit die Hochwassergefährdung im Einzugsgebiet der Flüsse, insbesondere der Donau verringern. Eine wesentliche Kenngröße stellt dabei die Wasserleitfähigkeit dar.

Aufgrund der für die Flächennutzung besonderen Bedeutung von potenziellen Überschwemmungsflächen werden Böden mit Überschwemmungs- und Grundwassereinfluss zusätzlich einbezogen und in die Funktionsklasse ‚sehr hoch‘ eingestuft.

Städtisch geprägte Gebiete, die im Allgemeinen größer als 8 km² sind, mit überbauten und stark veränderten Böden, werden als Ausschlussgebiete behandelt.

Da die Luftkapazität als Kenngröße in der BÜK 200 nicht enthalten ist, wurde bei der Klasseneinteilung alternativ die Bodenart als Kenngröße für das Porenvolumen auf ebenen Flächen berücksichtigt. Böden mit der Hauptbodenart Schluff, Lehm, sandiger Lehm und Sand erhalten auf ebenen Flächen einen Klassenzuschlag.

Hauptsteuerfaktoren

- Nutzbare Feldkapazität
- Luftkapazität / Bodenart ²
- Hangneigung
- Wasserleitfähigkeit / Bodenregime
- Überschwemmungs- und Grundwassereinfluss

Hauptverknüpfungsvorschriften zur Ermittlung der Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt (UND-Beziehungen)					
Klasse	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Nutzbare Feldkapazität (nFK in mm)	sehr hoch	hoch	mittel bis wechselnd	gering	sehr gering
Entspricht nFK-Wert-Klasse aus BÜK 200	200-300 ODER 140-260	140-200 ODER 90-200	90-140 ODER wechselnd	50-140 ODER 10-140	10-90
Wasserleitfähigkeit/ Bodenregime	stark grundwasserbeeinflusste Böden oder gut wasserdurchlässige Böden	wasserdurchlässige Böden mit vorherrschend vertikaler Sickerwasserbewegung	bei wechselnder nFK wasserdurchlässige Böden mit vorherrschend vertikaler Sickerwasserbewegung	Ergänzende Bedingungen: Verzögerter Abfluss bei nFK-Klasse 90-140 ODER Bodenregime stark wechselnd in ebenem Gelände ODER gut wasserdurchlässige Böden mit nFK-Klasse 10-90	-
Entspricht Kenngrößenzuordnung aus BÜK 200	Reg_code= 9 or 2 or 29	Reg_code 1 or 2 bei nFK > 90 l/qm	Z_code A or B bei Nfk_code = 3 or 4 or 9		
Hangneigung unter Berücksichtigung der Luftkapazität bzw. Zuordnung zu Hauptbodenart	eben bis schwach geneigt bei Hauptbodenartzuordnung Torf, Schluff, Lehm, sandiger Lehm, Sand	eben bis schwach geneigt bei Hauptbodenartzuordnung Schluff, Lehm, lehmiger Sand, Sand	eben bei Stau-nässeinfluss ODER geneigt bei wasserdurchlässigen Böden ODER stark geneigt bei gut wasserdurchlässigen Böden	-	steile und stark geneigte Hänge sowie skelettreiche Böden

² Da die Luftkapazität als Kenngröße in der BÜK 200 nicht enthalten ist, wurde bei der Klasseneinteilung alternativ die Bodenart als Kenngröße für das Porenvolumen auf ebenen Flächen berücksichtigt. Böden mit der Hauptbodenart Schluff, Lehm, sandiger Lehm und Sand erhalten auf ebenen Flächen einen Klassenzuschlag.

Nieder- und Hochmoore sowie Auenböden, Auengleye etc. werden aufgrund ihrer besonderen Rolle im Wasserhaushalt in Klasse ‚sehr hoch‘ eingestuft.

Ergänzende Verknüpfungsvorschriften		
Klasse	sehr hoch	hoch
Weitere Einflüsse	Nieder- und Hochmoore sowie Auenböden und Auengleye als Indikatoren für überschwemmungsbeeinflusste Böden	stark grundwasserbeeinflusste Böden mit nFK-Klasse von mind. „90-140“

Wassernahe Standorte, die stark grundwasserbeeinflusst sind, wie z.B. Gleye, die sich in der Nähe von kleineren Bächen befinden oder den Übergang zu Niedermooren bilden, können durch die Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt in dieser Eigenschaft ebenfalls geschützt werden. Im Bereich des Baar-Raums sind bei Auswertung der BÜK 200 die stark grundwasserbeeinflussten Böden bereits durch die Kriterien Niedermoorböden bzw. überschwemmungsbeeinflusste Böden erfasst, da kleinere Bachläufe in der BÜK 200 nicht kartiert sind.

Bodenfunktion: Filter- und Pufferwirkung – Regelungsfunktion von Böden im Stoffhaushalt

Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Böden zur Rückhaltung gegenüber Stoffen

Wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, werden Böden als schützenswert eingestuft, die für den Stoffhaushalt von besonderer Bedeutung sind. Dies betrifft Böden, die aufgrund ihres Puffer- und Filtervermögens Stoffe binden können.

Böden werden in ihrer Leistungsfähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe als hoch bewertet, wenn sie „Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf entfernen, zurückhalten und ggf. abbauen (organische Schadstoffe)“ und wenn sie „eine hohe Säurepufferkapazität aufweisen“ (UVM 1995: 6). Zur Bewertung werden die folgenden Kenngrößen als Hauptsteuerfaktoren herangezogen.

Bewertung Filter und Pufferfunktionen

Die Auswertekarte ‚Filter- und Pufferwirkung‘ setzt sich aus drei thematischen Teilkarten zusammen, die von der LfU zur Verfügung gestellt wurden. Bewertet wurden jeweils Filter- und Pufferwirkungen von Böden gegenüber anorganischen Schadstoffen, organischen Schadstoffen und Säuren. Die Bewertung erfolgte nach dem Boden-Bewertungs-System (BoBeS), das auf dem Leitfaden zur Bewertung von Bodenfunktionen (Heft 31: UVM 1995) basiert. Die Gesamtbewertung setzt sich aus der Aggregation der drei Teilfunktionen zusammen, denen die folgenden Hauptsteuerfaktoren zugeordnet sind (UVM 1995: 27):

Hauptsteuerfaktoren Filter und Puffer: anorganische Schadstoffe

- pH-Wert
- Tongehalt (und -menge)
- Humusgehalt (und -menge)
- hydromorphe Merkmale

Hauptsteuerfaktoren Filter und Puffer: organische Schadstoffe

- Tongehalt (und -menge)
- Humusgehalt (und -menge)
- hydromorphe Merkmale
- Humusform (Mull, Moder, Rohhumus)

Hauptsteuerfaktoren Filter und Puffer: Säuren

- pH-Wert und / oder Carbonatgehalt
- Tongehalt (und -menge)
- Humusgehalt (und -menge)

Bodenfunktion: Lebensraumfunktion von Böden und Biotopentwicklungspotenzial**Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Böden als Standorte für die natürliche Vegetation**

Wie in Abschnitt 5.3 dargestellt werden Böden als schützenswert eingestuft, die als Lebensraum von besonderer Bedeutung sind. Aus den Bodeneigenschaften lässt sich ein Biotopentwicklungspotenzial ableiten (WaBoA 2001: Kap. 3.14 nach Lynar 1989):

„Dieses ist umso größer, je stärker sich der untersuchte Standort von den weit verbreiteten, frischen, schwach sauren bis schwach basischen, gut nährstoffversorgten ‚Normalstandorten‘ unterscheidet. Im allgemeinen bieten Standorte mit Extrembedingungen (nass, trocken, nährstoffarm) gute Voraussetzungen für die Entwicklung einer stark spezialisierten Vegetation.“ (WaBoA 2001: Kap. 3.14).

Das heißt: Seltene Standortfaktoren begünstigen seltene Pflanzengesellschaften. Für Bodenorganismen stehen zur Zeit keine ausreichenden Bewertungskriterien und Datengrundlagen zur Verfügung.

Hauptsteuerfaktoren

- Standorteigenschaften nach § 24a NatSchG und Biotopkartierung
- Nährstoffversorgung
- Wasser- und Feuchteregime

Hauptverknüpfungsvorschriften zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit als Lebensraum für die natürliche Vegetation		
Klasse	Zuordnung	Standortbedingungen
sehr hoch	Standorte für spezialisierte, schutzwürdige Vegetation	Biotope nach § 24a NatSchG BW ³ ODER Extremstandorte nach Biotopkartierung 1981-1989, wie z.B. Magerwiesen, Trockenrasen, als Biotop kartierte Bachläufe etc.
hoch	Standorte für potenziell spezialisierte, schutzwürdige Vegetation	Sehr nährstoffarme Standorte mit Kenngrößenzuordnung aus BÜK 200: KAK _{pot} sehr gering (20-50) oder gering (20-100) und nFK-Klassen sehr gering (10-90) oder sehr gering bis gering (10-140) ODER Vorherrschend grundwasser- oder stauwasserbeeinflusste Böden
mittel	Standorte für potenziell mäßig spezialisierte, z.T. schutzwürdige Vegetation	Nährstoffarme Standorte mit Kenngrößenzuordnung aus BÜK 200: KAK _{pot} gering bis mittel (20-200) oder (50-200) und nFK-Wert max. mittel (90-140) ODER Teilweise grundwasser- oder stauwasserbeeinflusste Böden
Normalstandorte	Ohne erkennbare Standortbedingungen für seltene Vegetationsgesellschaften	Standorte mit durchschnittlichen Standorteigenschaften oder nährstoffreiche Böden

Bodenfunktion: Natürliche Ertragsfähigkeit

Ermittlung der natürlichen Ertragsfähigkeit

Wie in Abschnitt 5.4 dargestellt werden Böden im Hinblick auf ihre natürliche Ertragsfähigkeit nach ihren „inneren Bodeneigenschaften“⁴ bewertet. Grundlage bietet die Bewertung des LGRB (RP FR; Auswertekarte zur natürlichen Ertragsfähigkeit BK 25 Donaueschingen). Die natürliche Ertragsfähigkeit wird hierbei den natürlichen Bodenfunktionen zugerechnet.⁵ Sie gibt gleichfalls Auskunft über die landwirtschaftliche Nutzbarkeit.

- 3 Bedingt durch den Anwendungsbezug in der Planung werden alle nach § 24a NatSchG ausgewiesenen Standorte in der Auswertekarte zur Lebensraumfunktion eingestellt. Zur Identifizierung werden sie durch eine eigene Legende gekennzeichnet.
- 4 „Unter Fruchtbarkeit der Böden wird hier ihre natürliche Fähigkeit zur Pflanzenproduktion verstanden. Sie ist von inneren Bodeneigenschaften abhängig. Die durch Klima und Relief dem Kulturpflanzenbau gesetzten Grenzen bleiben unberücksichtigt. Bewertungskriterien sind zunächst die aus bodenkundlichen Felddaten (Bodenart, Skelettgehalt, Gründigkeit, Humusgehalt, Gefüge) abgeleiteten Kennwerte nFK, und KAK_{pot} jeweils bis 1 m Tiefe als Maß für das Sorptionsvermögen des Bodens.“ LGRB (RP FR; 1999): Auswertekarte zur natürlichen Ertragsfähigkeit BK 25 Donaueschingen.
- 5 Der Umstand, dass besonders leistungsfähige Böden regelmäßig gesteigertem landwirtschaftlichen Nutzungsinteresse unterliegen und dadurch selbstverständlich die wichtige Nutzungsfunktion als „Standort für die landwirtschaftliche ... Nutzung“ wahrnehmen, darf jedoch nicht zu der Verkürzung verleiten, es handele sich bei solchen Flächen einzig um ökonomisch relevante Sachgüter im Konfliktfeld konkurrierender Nutzungen (freundliche Mitteilung v. Hr. Schirg, 12.11.2002).

Hauptsteuerfaktoren

- Wasserhaushalt (Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser)
- Nährstoffversorgung (Speicherung und Lieferung von Pflanzennährstoffen)
- Wasser- und Feuchteregime

Hauptverknüpfungsvorschriften zur Ermittlung der natürlichen Ertragsfähigkeit (UND-Beziehungen; angepasst an die Kenngrößen der BÜK 200)*		
Klasse	nFK (mm)	KAKpot (val/m²)
sehr hoch	200 – 300 ODER 200 – 400	200 – 300 ODER 200 – 400
hoch	140 – 200 ODER 140 – 260	100 – 300 ODER 100 – 400
mittel	90 – 140 ODER 90 – 200	100 – 300 ODER 100 – 400
gering	90 – 140 ODER 50 – 140 ODER 10 – 140	50 – 200 ODER 20 – 200
sehr gering	10 – 90	20 – 100 ODER 20 – 50
stark wechselnd	stark wechselnd	stark wechselnd

* Stark wechselnde nFK- oder KAK-Werte führen zu einer Einstufung in die nächst niedrigere Klasse. Sie werden nach der Einstufung der jeweils anderen Variablen mit einem Klassenabschlag bewertet.

Zusätzlich wird die Einschränkung der Bodendurchlüftung und -durchwurzelbarkeit infolge des Auftretens von Grund- oder Stauwasser berücksichtigt. Grundlage bietet die Bewertung des LGRB (RP FR; Auswertekarte zur natürlichen Ertragsfähigkeit BK25 Donaueschingen).

Einschränkende Bedingungen	
Grund- oder Stauwassereinfluss	Klasse
teilweise	max. hoch
vorherrschend	max. mittel
Hoch- und / oder Niedermoore	max. gering

Bodenfunktion: Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Ermittlung der natürlichen Ertragsfähigkeit

Wie in Abschnitt 5.5 dargestellt werden Böden im Hinblick auf ihre Archivfunktion nach dem Vorschlag im Handbuch Bodenschutz der „Roten Liste natürlicher Böden“ bewertet (Bosch: 1994).

Hauptsteuerfaktoren

- Bodendenkmale aus vor- und frühhistorischer Zeit
- Seltene Böden nach Bosch (1994)

Hauptverknüpfungsvorschriften zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit als Lebensraum für die natürliche Vegetation		
Klasse	Zuordnung	Standortbedingungen / Seltene Böden (Bosch 1994)
sehr hoch	Seltene Böden als Hauptbodenform in Bodenleitgesellschaft ausgewiesen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rohböden, die nicht durch anthropogene Veränderungen entstanden sind ■ Podsole mit Ortsteinbildung und Staupodsole ■ Terra fuscae ■ Reliktische Schwarzerden ■ Bildungen des Periglazial, z.B. Frostmosaikern und andere ausgeprägte Strukturen der Kryoturbation ■ Tertiäre Bodenbildungen, z.B. Terra rossae ■ Anmoorpseudogleye, Stagnogleye ■ Stark wechselfeuchte Böden, z.B. reine Pseudogleye ■ Auenböden wie z. B. Auenrohböden, Auenpararendzinen ■ Grundwasserbeeinflusste Böden, speziell Nassogleye, Anmoorgleye und Moorgleye ■ Nieder-, Übergangs- und Hochmoore ■ Besonders trockene Böden mit einer nutzbaren Feldkapazität unter 40 mm
hoch	Seltene Böden als vergesellschaftete Bodenform in Bodenleitgesellschaft ausgewiesen	Einordnung entsprechend Klasse ‚sehr hoch‘
mittel	Seltene Böden in Bodenleitgesellschaft teilweise ausgewiesen	Einordnung entsprechend Klasse ‚sehr hoch‘
gering	Seltene Böden in Bodenleitgesellschaft nicht erkennbar ausgewiesen	Einordnung entsprechend Klasse ‚sehr hoch‘

Bodenfunktionsräume

Bei der Ausweisung von Bodenfunktionsräumen wird die Klassifizierung der einzelnen Bodenfunktionen an den Anwendungsbezug der Studie angepasst. Für die Ausweisung von Bodenvorranggebieten in der Stufe ‚sehr hoch‘ wird die Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt (sehr hoch) und die Lebensraumfunktion von Böden (sehr hoch) berücksichtigt.

Zu begründen ist diese Heraushebung zum einen mit den besonderen Schutzansprüchen, die durch andere gesetzliche Grundlagen wie das NatSchG und das WHG unterstützt werden. Zum anderen ist dies durch die herausragende Bedeutung begründet, die Bodenvorranggebieten zukommen sollte. Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes sollten diese Flächen in der Planung aus fachlicher Sicht nicht für Siedlungsvorhaben zur Disposition gestellt werden.

Hauptverknüpfungsvorschriften		
Leistungsbedingungen	Gesamtbewertung	Klasse
Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt oder Lebensraumfunktion sehr hoch ODER Biotope nach § 24a NatSchG BW	Vorrangfläche für den Bodenschutz: Standort mit sehr hoher Bedeutung (= Schutzwürdigkeit)	sehr hoch
Bewertung für Bodenfunktionen natürliche Ertragsfähigkeit oder Regelungsfunktion im Stoffhaushalt sehr hoch ODER Regelungsfunktion von Böden im Wasserhaushalt oder Lebensraumfunktion oder Archivfunktion hoch	Vorbehaltsfläche für den Bodenschutz: Standort mit hoher Bedeutung	hoch
Bewertung für Bodenfunktionen natürliche Ertragsfähigkeit oder Archivfunktion oder Regelungsfunktion im Stoffhaushalt hoch	Standort bedeutend für den Bodenschutz	mittel
Nicht aufgeführte Leistungsfunktionen	Standorte ohne erkennbare besondere Leistungsfunktionen für den Bodenschutz	teilweise bzw. gering bedeutend für den Bodenschutz

Verdichtungsgefährdung

Die Haupteinflussfaktoren auf die Verdichtungsempfindlichkeit sind durch die Bodenart und die bodenkundliche Feuchtestufe vorgegeben (AG-Boden 1994: 328). Da die Feuchtestufe als Kenngröße zur Beurteilung nicht zur Verfügung steht, wird alternativ der Grund- bzw. Stauwassereinfluss in die Bewertung einbezogen.⁶ Torf wird in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Ebenfalls von Bedeutung für die Verdichtungsgefährdung von Böden sind Dichte, Vorbelastung und das Druckfortpflanzungsverhalten im Boden, die als Kenngrößen für eine Bewertung im Rahmen des Bodenzustandsberichtes nicht zur Verfügung stehen. In der Auswertung ist die Erosionsgefährdung durch Wasser das dominierende Merkmal.

Hauptverknüpfungsvorschriften zur Einstufung der Verdichtungsgefährdung (UND-Beziehungen)		
Klasse / Verdichtungsgefährdung	Standortbedingungen	Grund- und Stauwassereinfluss
sehr hoch	Böden mit Hauptbodenartzuordnung ‚Ton‘	vorherrschend oder teilweise grund- oder stauwasserbeeinflusst
hoch	Böden mit Hauptbodenartzuordnung ‚Ton‘	ohne Grund- oder Stauwassereinfluss
	Böden mit Hauptbodenartzuordnung ‚Lehm‘ oder ‚Schluff‘	vorherrschend oder teilweise grund- oder stauwasserbeeinflusst
mittel	Böden, die nicht als sehr hoch, hoch, gering oder sehr gering eingestuft werden	
gering	Böden mit Hauptbodenartzuordnung ‚Lehmsand‘ mit mittlerem und hohem Skelettanteil	ohne Grund- oder Stauwassereinfluss
sehr gering	Böden mit Hauptbodenartzuordnung ‚Sand‘ mit hohem Skelettanteil	-

6 Böden, deren Tongehalt 45 % überschreitet, sind nach AG Boden (1994: 328) in ihrer Gefährdung des Bodengefüges durch die Befahrung bei einem Feuchtezustand von 4 als mittel einzustufen. Für das Kriterium der Bearbeitbarkeit werden sie jedoch als sehr schlecht eingestuft.

Erosionsgefährdung

Berechnung der aktuellen Bodenerosion durch die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) (vgl. ausführlich Blume 2004: 231ff). Die Höhe des mittleren langjährigen Bodenabtrags wird demnach bestimmt durch die Multiplikation der folgenden Faktoren:

- Hangneigung => S-Faktor
- Hanglänge => L-Faktor
- Nutzung (Bodenbedeckung und Bewirtschaftung) => C-Faktor
- Bodenerodierbarkeit => K-Faktor
- Regenerosivität => R-Faktor
- Bodenschutzmaßnahmen => P-Faktor

L, C und P-Faktoren sind vom Menschen beeinflussbar und werden nicht in der Bewertung berücksichtigt. Zur Berechnung der potenziellen Erosionsgefährdung werden entsprechend BGR (1994: 41) Bodenart und Hangneigung berücksichtigt. Die Klassifizierung der Hangneigungsstufen richtet sich nach AG Boden (1994: 58).

Hauptverknüpfungsvorschriften		
zur Einstufung der Erosionsgefährdung nach Hangneigungsstufen		
Klasse / Erosionsgefährdung	Hangneigungsstufen nach AG Boden (1994: 58)	Hangneigung
sehr gering	nicht geneigt	< 2 %
gering	sehr schwach geneigt	2 – 3,5 %
mittel	schwach geneigt	3,5 – 9 %
hoch	mittel geneigt	9 – 18 %
sehr hoch	stark geneigt und sehr stark geneigt	18 – 36 %
	steil	> 36 %

Die nach AG Boden (1994: 329) vorgeschlagene Abschätzung des K-Faktors für die Erodierbarkeit durch Wasser lässt sich aufgrund der Kenngrößen der BÜK 200 nicht treffen. Hier werden alternativ Böden, die der Hauptbodenart Schluff zugeordnet sind, in eine höhere Gefährdungsstufe eingeordnet. Böden, die in den Kenngrößen der BÜK 200 der Hauptbodenart Ton und Sand zugeordnet sind, werden eine Gefährdungsstufe geringer klassifiziert. Torf wird in der Auswertung zur Erosionsgefährdung gesondert und unabhängig von der Hangneigung ausgewiesen.

Ergänzende Verknüpfungsvorschriften	
Hauptbodenartzuordnung	Klasse
Schluff	Einordnung in die jeweils höhere Gefährdungsstufe
Ton / Sand	Einordnung in die jeweils geringere Gefährdungsstufe
Torf	gesonderte Ausweisung



Stoffkonzentrationen in den Böden des Baar-Raums

	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Thallium	Zink	Kobalt	BAP	PAK	PCDD/F
Median	21,0	42,0	0,3	34,8	27,0	29,0	0,1	0,40	93,0	13,1	0,04	0,6	1,1
Mittelwert	28,8	69,3	0,81	40,9	55,56	29,5	0,26	0,42	151,8	13,5	0,27	3,1	68,7
Min	1	9	0,03	0,23	1,6	0,5	0,01	0,10	7	1,9	0,006	0,073	0,05
Max	110	1900	69	331	1120	138	4,2	1,70	1710	43,7	3,0	35,6	912,5
10. Perz.	8	18	0,1	19,55	10	10,25	0,06	0,10	42	4,26	0,021	0,2348	0,138
90. Perz.	59,2	120	1,1	64	113	44,5	0,47	0,70	321	21,02	0,8	9,01	109,54
Anzahl	117	434	449	382	421	386	381	115	420	53	113	114	30
Anzahl < NG	1	0	51	0	0	1	19	19	0	0	1	26	23

Statistische Auswertung der Stoffgehalte in den Oberböden des Baar-Raums

Umgang mit Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze: Analysenergebnisse, die unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, wurden in die statistische Auswertung zur Perzentilermittlung einbezogen, indem mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze gerechnet wurde (GSE-Anleitung 2002: A-30).

	Mittlere Schwermetallgehalte der Böden in 20cm Tiefe [Mittelwerte in mg/kg nach Eberhardt 1987]					
	Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Zink
Juranagelfluh	38	0,35	54	21	40	95
Malm - Liegende Bankkalke (Thitonkalke)	41	0,7	<u>89</u>	29	<u>57</u>	142
Malm - Lacunosamergel und Felsenkalke (Kimmeridgekalke und-mergel)	36	0,36	54	25	<u>55</u>	118
Malm - Oxfordschichten	36	0,46	<u>61</u>	21	39	111
Dogger - Ostreenkalke	34	0,27	<u>269</u>	24	90	<u>238</u>
Dogger - Opalinustone	31	0,1	<u>68</u>	21	37	98
Lias - Posidonienschiefer	34	0,81	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>98</u>	<u>171</u>
Lias - Arietenskalke	45	0,33	<u>94</u>	35	<u>71</u>	122
Gipskeuper	32	0,37	59	31	36	88
Unter Keuper (Lettenk.)	41	0,28	<u>68</u>	30	41	79
Oberer Muschelkalk	65	0,7	<u>63</u>	39	47	<u>178</u>
Mittlerer Muschelkalk	55	0,69	50	30	26	140
Unterer Muschelkalk	139	0,83	<u>63</u>	<u>61</u>	34	<u>188</u>
Oberer Buntsandstein - Röttone	20	0,32	59	<u>292</u>	26	78
Oberer Buntsandstein - Plattensandstein	33	0,23	32	16	14	53
Mittlerer Buntsandstein	31	0,13	27	15	10	41
Granit	28	0,14	30	8	8	52
Gneis	32	0,18	34	22	23	90

Unterstreichungen: Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Lehm / Schluff
Geogene Schwermetallgehalte in den Oberböden der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg.
Aggregiert nach Eberhardt (1987)