



Das Lebensministerium



Grundwassersituation

in Sachsen
1996 - 2000

Materialien zur Wasserwirtschaft

Grundwassersituation in Sachsen 1996 – 2000



Titelbild

Claraquelle bei Weischlitz

Foto: Hydrogeologie Nordhausen GmbH, Herr Schallschmidt

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Öffentlichkeitsarbeit

Zur Wetterwarte 11, D-01109 Dresden

eMail: Abteilung2@lfug.sachsen.de

Redaktion:

Karin Kuhn

Referat Grundwasser/Altlasten

Abteilung Wasser, Abfall

Bearbeitung:

Dr. Jörg Dehnert, Karin Kuhn, Rosemarie Lankau, Michael Scheerbaum,

Maren Zweig, Referat Grundwasser/Altlasten

Karsten Friedrich, Klaus Häfner, Dr. Gundula Schön,

Staatliches Umweltfachamt Leipzig

Dr. Ulrike Haferkorn, Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft

Heike Kalweit, Staatliches Umweltfachamt Chemnitz

Anselm Klostermeier, Staatliches Umweltfachamt Plauen

Steffi Otting, Staatliches Umweltfachamt Radebeul

Gabriele Timmler, Staatliches Umweltfachamt Bautzen

unter Mitarbeit von:

Uta Ernst, Ines Krause, Christina Lausch, Ingrid Schnippa,

Referat Grundwasser/Altlasten

Redaktionsschluss: März 2002

Gestaltung, Satz, Repro:

Werbeagentur Friebel

Pillnitzer Landstr. 37, D-01326 Dresden

Druck und Versand:

Sächsische Druck- und Verlagshaus AG

Tharandter Str. 23-27, D-01159 Dresden

Fax: 0351/4203186 (Versand)

eMail: versand@sdv.de

Auflage: 700

Bezugsbedingungen:

Diese Veröffentlichung kann von der Sächsischen Druck- und Verlagshaus AG kostenfrei bezogen werden.

Hinweis:

Diese Veröffentlichung wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern im Wahlkampf zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme des Landesamtes zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden kann. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

Gedruckt auf 100 % Recycling-Papier

März 2002

Artikelnummer: L II-1/21

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie ist im Internet (<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug>).

| | |
|--|----|
| Vorwort | 5 |
| 1 System der landesweiten Grundwasserbeobachtung | 6 |
| 1.1 Konzeption der landesweiten Grundwasserbeobachtung | 6 |
| 1.1.1 Grundmessnetz Grundwasserstand | 6 |
| 1.1.2 Grundmessnetz Beschaffenheit | 7 |
| 1.1.3 Sondermessnetze | 7 |
| 1.1.4 Kontroll- und Steuernetze | 7 |
| 1.2 Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes | 8 |
| 1.3 Entwicklung des Grundmessnetzes Beschaffenheit | 9 |
| 1.4 Rekonstruktion des Grundmessnetzes Grundwasserstand | 12 |
| 1.4.1 Inhalt der Rekonstruktion | 12 |
| 1.4.2 Durchführung der Rekonstruktion | 13 |
| 1.5 Aufbau des Sondermessnetzes Landwirtschaft | 16 |
| 1.6 Lysimeterstation – integraler Bestandteil der Grundwasserbeobachtung | 17 |
| 2 Grundwasserverhältnisse Stand und Menge | 17 |
| 2.1 Datengrundlage | 17 |
| 2.2 Meteorologische Situation | 17 |
| 2.3 Grundwasserverhältnisse an ausgewählten Messstellen | 18 |
| 2.3.1 Lockergesteinsbereich | 18 |
| 2.3.2 Festgesteinsbereich | 18 |
| 2.3.3 Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände | 23 |
| 2.4 Sonderuntersuchungen | 24 |
| 2.4.1 Überwachung der Grenzgewässer im Gebiet Kirnitzsch/Krinice-Hrensko | 24 |
| 2.4.2 Deutsch-polnische Tagebaumessnetze | 25 |
| 3 Grundwasserverhältnisse Beschaffenheit | 27 |
| 3.1 Datengrundlage | 27 |
| 3.2 Nitratbelastung | 27 |
| 3.2.1 Vorhandene Messstellen | 27 |
| 3.2.2 Allgemeine Situation | 27 |
| 3.2.3 Langjährige Entwicklung | 28 |
| 3.3 PSM-Belastung | 30 |
| 3.3.1 Vorhandene Messstellen | 30 |
| 3.3.2 Allgemeine Situation | 31 |
| 3.3.3 Langjährige Entwicklung | 33 |
| 3.4 Sulfatbelastung | 34 |
| 3.4.1 Vorhandene Messstellen | 34 |
| 3.4.2 Allgemeine Situation | 34 |
| 3.4.3 Langjährige Entwicklung | 35 |
| 3.5 Sonderuntersuchungen | 36 |
| 3.5.1 Ergebnisse aus dem Sondermessnetz Landwirtschaft | 36 |
| 3.5.2 Nitratbelastung unter forstwirtschaftlich genutzten Flächen | 39 |
| 3.5.3 Ergebnisse aus dem Sondermessnetz Versauerung | 42 |
| 4 Ergebnisse der Lysimeterstation in Brandis | 45 |
| 4.1 Dynamik der Grundwasserneubildung | 45 |
| 4.2 Beziehungen zwischen Bodenwasserhaushalt, Bwirtschaftung und Stickstoffaustrag | 49 |
| 4.3 Wasserhaushaltsbilanzen verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung | 51 |
| 4.4 Repräsentativität der Lysimetermessungen | 52 |
| 5 Grundwasserschutz | 56 |
| 5.1 Wasserschutzgebiete | 56 |
| 5.2 Erkundung, Sicherung und Sanierung von Grundwasserkontaminationen | 57 |
| 5.2.1 Komplexe Grundwasserschadensfälle durch LHKW in den Stadtgebieten Niesky, Görlitz und Königsbrück | 57 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2.2 | Altlasten-Modellstandort Stadtgebiet Zwickau | 60 |
| 5.2.3 | Sanierung des ehemaligen Fluatwerkes Glauchau..... | 62 |
| 5.2.4 | Sanierung des ehemaligen Tanklagers Zeisigwald | 65 |
| 5.2.5 | Ökologisches Großprojekt „SOW Böhlen“ | 67 |
| 5.2.6 | Wasserhaushaltssanierung im nordwestsächsischen Bergbaurevier..... | 69 |
| 5.2.7 | Großraum Leipzig | 70 |
| 6 | Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie | 73 |
| 6.1 | Ziele der Wasserrahmenrichtlinie | 73 |
| 6.2 | Organisatorische Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie | 74 |
| 6.3 | Fachliche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie..... | 74 |
| 6.4 | Bestandsaufnahme – Teil Grundwasser | 76 |
| 6.4.1 | Erstmalige Beschreibung | 76 |
| 6.4.2 | Weitergehende Beschreibung | 79 |
| 6.4.3 | Prüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf das Grundwasser..... | 80 |
| 6.4.4 | Weniger strenge Umweltziele..... | 80 |
| 7 | Forschungstätigkeit | 80 |
| 7.1 | Untersuchung zur Grundwassergefährdung durch Mobilisierung von Schadstoffen infolge Grundwasseranstieg Hoyerswerda-Weißwasser..... | 80 |
| 7.2 | Schadstoffmobilisierung und -verteilung in den Leipziger Flussauen..... | 81 |
| 7.3 | Kontamination im Bereich der militärischen Altlast Luftschießplatz Belgern..... | 82 |
| 7.4 | Entwicklung einer Messzelle zur Online-Messung des Leitkennwertes Radon-222 mit dem Ziel der Bestimmung des optimalen Abpumpvolumens von Grundwassermessstellen | 82 |
| 7.5 | Untersuchung des Einflusses des Abpumpvolumenstromes auf die Partikelzahl im Förderstrom der Pumpe..... | 83 |
| 8 | Weiterbildung..... | 84 |
| 9 | Zusammenfassung..... | 84 |
| 10 | Literaturverzeichnis | 86 |
| 11 | Abbildungsverzeichnis..... | 87 |
| 12 | Tabellenverzeichnis | 89 |
| 13 | Anlagenverzeichnis..... | 89 |
| | Anlagen | 91 |

Der vorliegende Bericht ist die Fortschreibung des „Berichtes zur Grundwassersituation 1993 bis 1994“. Er gibt einen Überblick über Zustand und Entwicklung des Grundwassers in Sachsen im Zeitraum 1996 bis 2000. Schwerpunkte sind die Grundwasserbeobachtung an Grund- und Sondermessnetzen und deren Ergebnisse, der Grundwasserschutz und erste Erfahrungen bei der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie.

Der sächsische Landesgrundwasserdienst wurde bereits 1912 an der Geologischen Landesanstalt gegründet. Das Messnetz „Grundwasserstand“ ist eines der ältesten in Deutschland und wird gegenwärtig rekonstruiert. Seit 1986 wird auch die Grundwasserbeschaffenheit beobachtet.

Die Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung an Grund- und Sondermessnetzen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) und der Staatlichen Umweltfachämter werden ausführlich analysiert. Es zeigt sich, dass sich klimatische Veränderungen noch nicht auf die Entwicklung der Grundwasserstände ausgewirkt haben.

Da die Prozesse im Grundwasser komplex und langwierig sind, kann trotz vielfältiger Aktivitäten zum Umweltschutz noch keine deutliche Verbesserung in der Grundwasserbeschaffenheit nachgewiesen werden. So hat sich die Nitratbelastung des Grundwassers in den letzten Jahren nicht verändert und auch die regionale Verteilung der Belastung mit Pflanzenschutzmitteln blieb seit 1993 gleich.

Die Durchsetzung eines wirksamen Grundwasserschutzes hat für das dicht besiedelte Sachsen mit seiner industriellen Vergangenheit einen besonderen Stellenwert. Von 250 Anträgen an das LfUG zur Bearbeitung von Gutachten zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten konnten 185 Verfahren abgeschlossen werden.

Auch die Erkundung, Sicherung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen macht Fortschritte, wie die Sanierung des ehemaligen militärischen Tanklagers Zeisigwald bei Chemnitz zeigt. Außer einer Hinweistafel erinnert heute nichts mehr an die frühere Nutzung dieses Geländes, das mit seinen zahlreichen Wasserflächen vollständig in ein Naherholungsgebiet integriert ist.

Der nächste Bericht zur Grundwassersituation in Sachsen erscheint in 5 Jahren. Darüber hinaus berichtet das LfUG zeitnah zu Ergebnissen auf dem Gebiet Grundwasser in „Grundwasser/Altlasten Aktuell“.



Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kinze
Präsident des Sächsischen Landesamtes
für Umwelt und Geologie

1 System der landesweiten Grundwasserbeobachtung

1.1 Konzeption der landesweiten Grundwasserbeobachtung

Der gesetzliche Auftrag zum Betrieb eines landesweiten Grundwasserbeobachtungssystems ist im Sächsischen Wassergesetz (SächsWG) wie folgt formuliert:

§ 10 SächsWG – Gewässerkundliches Messnetz

„Die zuständige Fachbehörde hat die Aufgabe, gewässerkundliche Daten zu ermitteln, zu sammeln und aufzubereiten, soweit dies für die Erfassung des natürlichen oder menschlich beeinflussten Wasserdargebots oder für die wasserwirtschaftlichen oder sich auf den Wasserhaushalt auswirkenden Planungen, Entscheidungen und sonstigen Maßnahmen sowie für Zwecke der Wirtschaft, Wissenschaft oder Rechtspflege erforderlich ist. Körperschaften des öffentlichen Rechts sind verpflichtet, der zuständigen Fachbehörde auf Verlangen die bei ihnen vorhandenen wasserwirtschaftlichen oder für die Wasserwirtschaft bedeutsamen Daten zu übermitteln, soweit dies zur Erfüllung der Aufgaben nach Satz 1 erforderlich ist.“

Im Rahmen der „Konzeption der Umweltmessnetze im Freistaat Sachsen“ wurde vom Landesamt für Umwelt und Geologie die Konzeption zum „Messprogramm Grundwasser (Stand und Beschaffenheit)“ erarbeitet. Mit Beschluss des sächsischen Kabinetts vom 24.08.1993 wurde die Konzeption zur Kenntnis genommen.

Im Messprogramm Grundwasser werden folgende drei Messnetztypen unterschieden (LfUG 1993 und SMUL 2000).

- **Grundmessnetz**
Messnetz zur flächenrepräsentativen vertikalen und horizontalen Erfassung der Grundwasserverhältnisse in den Grundwasserregionen der einzelnen hydrogeologischen Einheiten.
- **Sondermessnetze**
Messnetze, die zur Lösung spezieller Problemstellungen bzw. für die Bearbeitung von Spezialaufgaben zeitlich und örtlich begrenzt, eingerichtet werden.
- **Kontroll- und Stauernetze**
Messnetze, die von Dritten zur Überwachung der Grundwasserverhältnisse betrieben werden (z. B. Wasserwerke, Deponien, Bergbau, Altlasten usw.). Die Ergebnisse werden bei Bedarf zur Bewertung der lokalen Grundwassersituation mit herangezogen.

Die Struktur des Beobachtungssystems ist in Anlage 1 schematisch dargestellt (SMUL 2000).

Im Mittelpunkt der landesweiten Grundwasserbeobachtung steht das Grundmessnetz, welches die Beobachtung des Grundwasserstandes und der Grundwasserbeschaffenheit umfasst. Die Messergebnisse dienen für die Beurteilung sowohl

- der weitgehend anthropogen unbeeinflussten Grundwasserverhältnisse als auch
- der Auswirkungen langfristiger Einflussfaktoren (Landwirtschaft, Urbanisierung, Industrie).

Sie bilden eine wichtige Grundlage für die Ableitung umweltpolitischer Maßnahmen zum nachhaltigen Schutz der Grundwasserressourcen.

1.1.1 Grundmessnetz Grundwasserstand

Das Grundmessnetz Grundwasserstand entwickelte sich aus dem Messnetz des 1912 gegründeten Sächsischen Landesgrundwasserdienstes. Ein großer Teil der alten Wirtschaftsbrunnen wird auch heute noch regelmäßig beobachtet. Dadurch reichen die Messwerte bis in die 40er und 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Bei einzelnen Messstellen beginnen die Beobachtungsreihen zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Die Entwicklung des Messnetzes zeigt Abb. 1.1.

Nach einer ersten Rekonstruktion in den Jahren 1998 und 1999 (s. Kap. 2.3) umfasst das Messnetz heute 963 Messstellen. Eine flussgebietsbezogene Übersicht über die Anzahl der Messstellen sowie über den Messturnus gibt die Tab. 1.1.

Den Überblick über die geografische Verteilung der Messstellen zeigt die Karte in Anlage 2.

Als Messtermine für die Grundwasserbeobachtung sind der 1., 8., 15. und 22. jeden Monats festgelegt. Bei einem 14tägigen Beobachtungsturnus erfolgt die Messung am 1. und 15. jeden Monats.

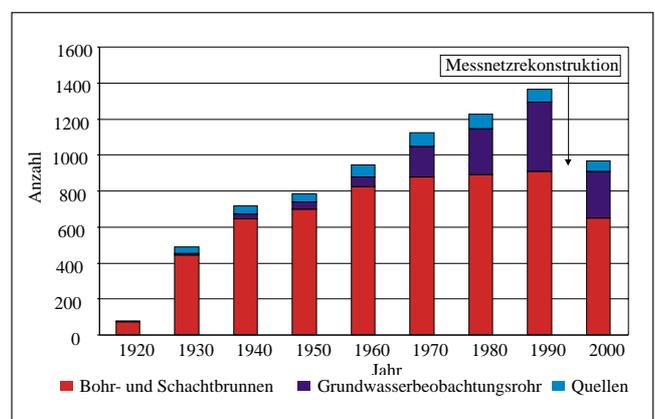


Abb. 1.1: Entwicklung des Grundmessnetzes Grundwasserstand, bezogen auf die Messstellenarten

Tab. 1.1: Gliederung des Grundmessnetzes-Stand nach Hauptflussgebieten und Messturnus

| Hauptflussgebiet | Anzahl der Messstellen | | | | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------|------------|------------|----------|
| | gesamt | Messung pro Monat | | | |
| | | 1 mal | 2 mal | 4 mal | täglich |
| Elbe | 181 | 1 | 55 | 122 | 3 |
| Eger (Ohre) | 3 | | | 3 | |
| Polzen (Ploucince) | 3 | | | 3 | |
| Schwarze Elster | 118 | | 41 | 76 | 1 |
| Zwickauer Mulde | 77 | | 5 | 72 | |
| Freiberger Mulde | 71 | | 11 | 60 | |
| Vereinigte Mulde | 131 | | 114 | 17 | |
| Saale von der Quelle bis Loquitz | 0 | | | | |
| Saale von Unstrut bis Weiße Elster | 15 | | 13 | 2 | |
| Saale von Weiße Elster bis Bode | 2 | | 1 | 1 | |
| Weiße Elster | 213 | | 120 | 93 | |
| Spree | 121 | | 18 | 103 | |
| Lausitzer Neiße | 28 | | | 28 | |
| | 963 | 1 | 378 | 580 | 4 |

1.1.2 Grundmessnetz Beschaffenheit

Das Messnetz befindet sich noch im Aufbau. Im Jahr 2000 wurden 95 Messstellen beprobt. Mittelfristig wird die Einrichtung von ca. 150 Messstellen angestrebt (s. Kap 2.3). Alle Messstellen werden hydrogeologischen Einheiten zugeordnet. Die Grundlage für die hydrogeologische Zuordnung bildet die in der Karte der „Hydrogeologischen Einheiten“ vorgenommene Gliederung (SMUL 2000). Die Messstellen sollen sich in Abhängigkeit von der Größe und Bewirtschaftungsfähigkeit der einzelnen hydrogeologischen Einheiten gleichmäßig über Sachsen verteilen. Die aktuelle Verteilung zeigt die Karte in Anlage 3.

Zum Nachweis typischer flächenhafter anthropogener Beeinflussungen werden die Messstellen so ausgewählt, dass sie verschiedene Flächennutzungen repräsentieren.

Dabei werden fünf Nutzungstypen unterschieden:

- Acker
- Brachland
- Siedlung
- Wald
- Wiese

Der Probennehmerhythmus ist auf zweimal jährlich (Mai/Juni und Oktober/November) festgelegt. Die Proben-

nahme wird im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie durch die Staatliche Umweltbetriebgesellschaft durchgeführt. Die Analytik wurde ab 1998 an ein Fremdlabor vergeben.

1.1.3 Sondermessnetze

Das Messprogramm für die Sondermessnetze wird entsprechend den Erfordernissen jährlich neu festgelegt. Eine Übersicht über die im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie und der Staatlichen Umweltfachämter betriebenen Messnetze zeigt Tab. 1.2. Entsprechend der Aufgabenstellung können jedoch neben Behörden auch wissenschaftliche Einrichtungen und Betriebe die Träger von Sondermessnetzen sein.

Im Vordergrund der Sondermessnetze des Landesamtes und der Umweltfachämter stehen die

- Ermittlung der Auswirkungen der Maßnahmen aus der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung (Sächs-SchAVO) auf das Grundwasser,
- Überwachung des Einflusses von Altlasten, insbesondere von Rüstungsaltlasten, auf die Wasserfassungen in der Torgauer Elbaue,
- Versauerung des Grundwassers in den Kammlagen des mittleren Erzgebirges,
- Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in industriellen Ballungsgebieten,
- Grundwasserbewirtschaftung in den Großstädten,
- Ermittlung der grenzüberschreitenden Auswirkungen von Braunkohletagebauen auf den Grundwasserstand im Bereich der Staatsgrenze zu Polen,
- Grenzüberschreitende Beobachtung des Grundwasserstandes zur Nutzung des gemeinsamen Dargebots mit Tschechien.

1.1.4 Kontroll- und Stauernetze

Zur Überwachung von Grundwasserbenutzungen und wasserwirtschaftlichen Anlagen werden durch die jeweiligen Betreiber zur Eigenkontrolle und auf der Grundlage von Nebenbestimmungen in der wasserrechtlichen Erlaubnis Kontroll- und Stauernetze betrieben. Messtermine und Parameterumfang sind entsprechend sehr verschieden.

Gegenwärtig werden vom Landesamt für Umwelt und Geologie nur die Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen zur Verdichtung der Beschaffenheitsaussagen herangezogen.

Gemäß § 60 Abs. (2) SächsWG kann die oberste Wasserbehörde durch Rechtsverordnung allgemein festlegen, dass die Betreiber von Wasserversorgungsanlagen auf ihre Kosten

- die Beschaffenheit des Rohwassers untersuchen oder untersuchen lassen müssen,

Tab. 1.2: Sondermessnetze – Messprogramm 2000

| Messnetz | Verantwortlicher | Anzahl der Messstellen | Beobachtung STAND-Messungen pro Jahr | Beprobung BESCHAFFENHEIT-Messungen pro Jahr |
|---|--|------------------------|---|---|
| Gröditz/Oschätzchen Wülknitz | StUFA Radebeul StUFA Radebeul | 10 1 | | 10 Mst. 1x 1 Mst. 1x |
| Radebeul-Coswig-Meißen Stadt Dresden | StUFA Radebeul StUFA Radebeul | 31 32 | 3 Mst. 4x 8 Mst. 12x 7 Mst. 24x 8 Mst. 48x | 31 Mst. 1x 6 Mst. 1x |
| WW Rödern Kirnitzsch | StUFA Radebeul StUFA Radebeul | 9 9 | 9 Mst. 12x 5 Mst. 6x 4 Mst. 12x | |
| Görlitz Königsbrück | StUFA Bautzen StUFA Bautzen | 14 9 | | 14 Mst. 2x 9 Mst. 2x |
| Deutsch-Polnisches Tagebaumessnetz Stadtgebiet Chemnitz | StUFA Bautzen/ LfUG StUFA Chemnitz | 269 25 | 137 Mst. 1x 132 Mst. 2x 25 Mst. 12x | 6 Mst. 2x |
| Bergbau GW-Versauerung | StUFA Chemnitz StUFA Chemnitz | 5 8 | | 5 Mst. 2x 8 Mst. 2x |
| Parthe Altlasten | UBG, FB 31 StUFA Leipzig | 134 40 | 62 Mst. 2x 72 Mst. 24x | 20 Mst. 2x 40 Mst. 1x |
| Mockritz-Elsnig Großraum Leipzig | StUFA Leipzig StUFA Leipzig | 75 50 | 75 Mst. 1x | 50 Mst. 1x 50 Mst. 1x |
| Landwirtschaft | LfUG | 51 | | 51 Mst. 2x |
| | gesamt: | 772 | 547 Mst. | 301 Mst. |

- im Bedarfsfall in Wasserschutzgebieten Untersuchungseinrichtungen zur Überwachung der Grundwasserverhältnisse errichten und Untersuchungen des Grundwassers durchführen oder durchführen lassen müssen und
- die gewonnenen Ergebnisse in festgelegten Formaten und zu geregelten Terminen an die zuständige Behörde übergeben müssen.

Eine entsprechende Rechtsverordnung ist in Arbeit. Aus diesem Grund erfolgt derzeit die Übernahme der Daten durch das Landesamt noch in unterschiedlichen Formaten. Auf der Basis von Vereinbarungen mit dem jeweiligen Betreiber der Anlage werden Wasserbeschaffungsdaten und ausgewählte Stammdaten an das Landesamt geliefert. Bisher wurden 1547 Messstellen lagemäßig erfasst.

1.2 Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes

Die Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes wurden bereits 1935 von Rudolf Grahmann, dem Begründer des sächsischen Landesgrundwasserdienstes, formuliert. Zusammenfassend stellt Grahmann die Aufgaben wie folgt dar (Grahmann 1935).

Zur Ermöglichung einer zweckmäßigeren Ausnutzung der Wasserschätze ist

1. die Verbreitung und die Ergiebigkeit der in Sachsen gewinnbaren Grundwassermengen sowie ihrer bisherigen und ihrer überhaupt möglichen Ausnutzung festzustellen.
2. der Grundwasserhaushalt durch Überwachung der Schwankungen von Brunnenpegeln oder von Quellschüttungen festzustellen.

Diese Aufgaben bedingen ein dichtes, über das ganze Land gespanntes Netz von dauernden Beobachtungsstellen, den „Landesgrundwasserdienst“.

Da die menschlichen Aktivitäten, welche die Grundwasserverhältnisse beeinflussen, in ihrer Vielfalt und Nachhaltigkeit in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen haben, sind diese Aufgaben hoch aktuell. Aus heutiger Sicht werden sie wie folgt zusammengefasst (SMUL, 2000):

- Erfassung der (weitgehend) anthropogen unbeeinflussten Grundwasserverhältnisse (Zustandsbeschreibung der Grundwasserkörper nach EU-Wasserrahmenrichtlinie)

- Erfassung der Auswirkungen langfristiger und flächenhafter Einflussfaktoren (Landwirtschaft, Urbanisierung, Industrie)
- Erfassung der Auswirkungen von Grundwasserschadensfällen
- Überwachung von Grundwasserbenutzungen (im Sinne von § 3 WHG)

Der Landesgrundwasserdienst ist damit ein Instrument zielgerichteter staatlicher Umweltpolitik (Abb. 1.2).

Die Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes gliedern sich in 2 große Komplexe, die Betreuung und den Betrieb der Messnetze.

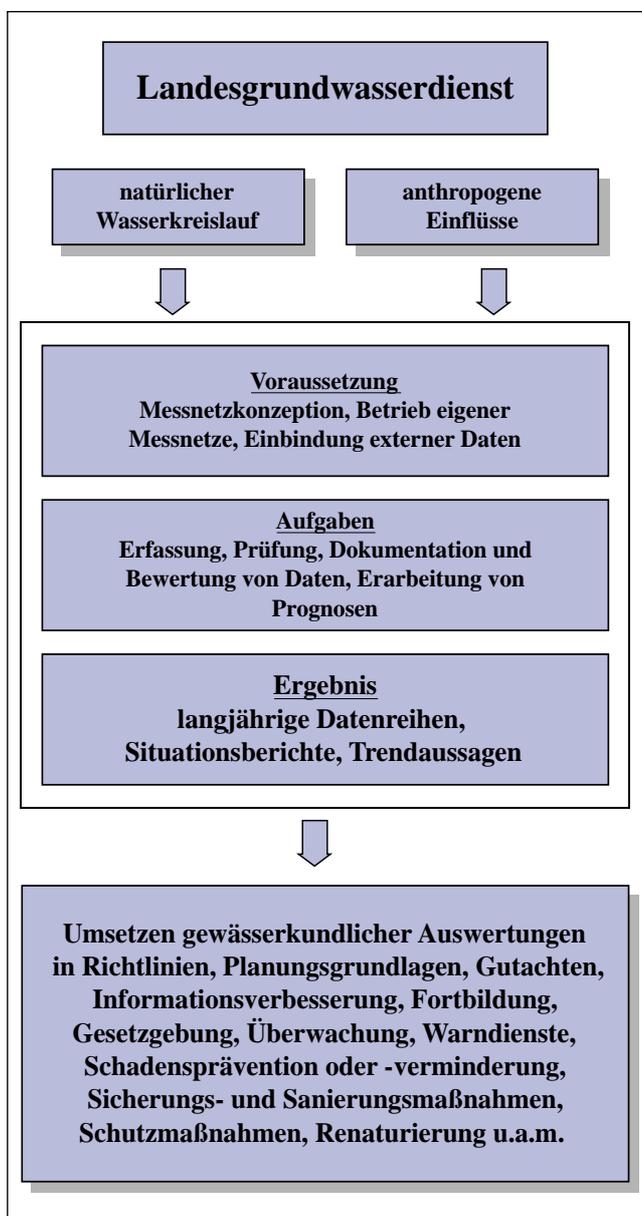


Abb. 1.2: Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes aus LAWA 1999 (geändert)

Die Betreuung der Messnetze obliegt in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung dem Landesamt für Umwelt und Geologie oder den Staatlichen Umweltfachämtern. Die fachliche Gesamtverantwortung liegt beim Landesamt.

Zur Messnetzbetreuung gehören folgende Aufgaben:

- Erarbeitung von Grundsätzen und Methoden für die Grundwasserbeobachtung sowie für die Erfassung, Prüfung und Auswertung der Daten
- Konfiguration der Messnetze
- Erarbeitung und fachliche Betreuung der Messprogramme
- Erarbeiten von Grundlagen für zentrale Vorgaben (Verwaltungsvorschriften, Merkblätter, Richtlinien ...)
- Auswertung der Untersuchungsergebnisse und Berichterstattungen, z.B. im Rahmen der
 - Zuarbeit zum Monatsbericht „Analyse und Prognose der meteorologisch-hydrologischen Situation“,
 - Zuarbeit für die Berichte der Bundesanstalt für Gewässerkunde,
 - Zuarbeit für den Umweltbericht des Freistaates Sachsen,
 - Zuarbeit zu Berichten der LAWA zur Belastung des Grundwassers mit PSM bzw. Nitrat,
 - Zuarbeit zum EU-Nitratbericht und
- Berichte und Veröffentlichungen zur landesweiten Berichterstattung
- Berichte und Veröffentlichungen in Auswertung von Sonderuntersuchungen bzw. entsprechend spezieller Anforderungen

Der Messnetzbetrieb ist Aufgabe der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft. Im Einzelnen umfasst er die Tätigkeiten:

- Wartung und Pflege sowie bei Bedarf Neubau, Regenerierung oder Rückbau von Messstellen
- Funktionsfähigkeitsprüfung (alle 5 Jahre werden die Messstellen befahren, die Veränderungen vor Ort dokumentiert und ein hydraulischer Funktionstest durchgeführt)
- Ermittlung gewässerkundlicher Daten bzw. Vergabe der Ermittlung solcher Daten an Dritte (die Messungen von Grundwasserständen und Quellschüttungen werden z.B. von nebenberuflichen Beobachtern auf der Grundlage von Dienstverträgen durchgeführt)
- Werbung und Betreuung der Grundwasserbeobachter vor Ort (die Beobachter werden einmal pro Jahr aufgesucht, um Probleme zu diskutieren. Gleichzeitig wird eine Kontrollmessung durchgeführt)
- Erfassung, Prüfung und Pflege der Stamm- und Bewegungsdaten

1.3 Entwicklung des Grundmessnetzes Beschaffenheit

Die konzeptionelle Planung eines Systems zur Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit begann Anfang der 80er Jahre. 1984 wurde ein Messnetz aufgebaut, welches sich aus

12 Landesmessstellen und 317 Messstellen der zentralen Wasserversorgung zusammensetzte. Mit der Konzeption „Messprogramm Grundwasser“ (LfUG 1993) wurde das heutige Beobachtungssystem entwickelt und mit dem Aufbau des Grundmessnetzes Beschaffenheit begonnen.

Für den Aufbau des Messnetzes standen zur Verfügung

- 12 bereits beprobte Landesmessstellen,
- Messstellen aus dem Messnetz Grundwasserstand/-menge,
- ausgewählte Messstellen der Wasserversorgung,
- Messstellen aus hydrogeologischen Erkundungen.

In die Auswahl der Messstellen wurden einbezogen

- Grundwasserbeobachtungsrohre, ohne Ausbau im standfesten Gebirge bzw. mit Ausbau aus verzinktem Stahl bzw. in Einzelfällen aus Kunststoff,
- Bohr- und Schachtbrunnen,
- Quellen,
- Sammelentnahmen der Wasserversorgung.

Die Entwicklung des Messnetzes zeigt Abb. 1.3.

Im Verlauf der Bearbeitung wurden nicht nur Messstellen in das Messnetz aufgenommen, sondern auch die Beobachtung von Messstellen eingestellt. Insgesamt betraf das von 1993 bis 2000 38 Messstellen.

Hauptursache für die Aussonderung waren:

- der bauliche Zustand
- gravierende Nutzungsänderungen im Umfeld
- der Nachweis lokaler Einflüsse
- Unregelmäßigkeiten im Innenausbau
- Baumaßnahmen des Grundstückseigentümers im Bereich der Messstelle
- die hydraulische Verbindung zwischen verschiedenen Grundwasserleitern
- keine Zuordnung zum hydrogeologischen Umfeld möglich

Für den Aufbau des Messnetzes wurden die Messstellen so ausgewählt, dass in der ersten Aufbauphase alle wesentlichen hydrogeologischen Einheiten mit mindestens einer Messstelle erfasst wurden. Im Endausbau soll ein Messnetz entstehen, welches der hydrogeologischen Charakteristik des Freistaates Sachsen angepasst ist. Dazu wurden die Flächenanteile der verschiedenen Einheiten an der Gesamtfläche ermittelt, wobei alle Flächen unter 3 % in einer Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst wurden. Da die einzelnen hydrogeologischen Einheiten unterschiedliche wasserwirtschaftliche Bedeutung besitzen, wurden Bewertungszahlen entwickelt, die die unterschiedliche Bewirtschaftungsfähigkeit widerspiegeln. Vereinfachend wurde dabei von einem homogenen Grundwasserleiter ausgegangen. Die Karte der Grundwasserbewirtschaftungsfähigkeit zeigt die Anlage 4. Eine Verteilung der Messstel-

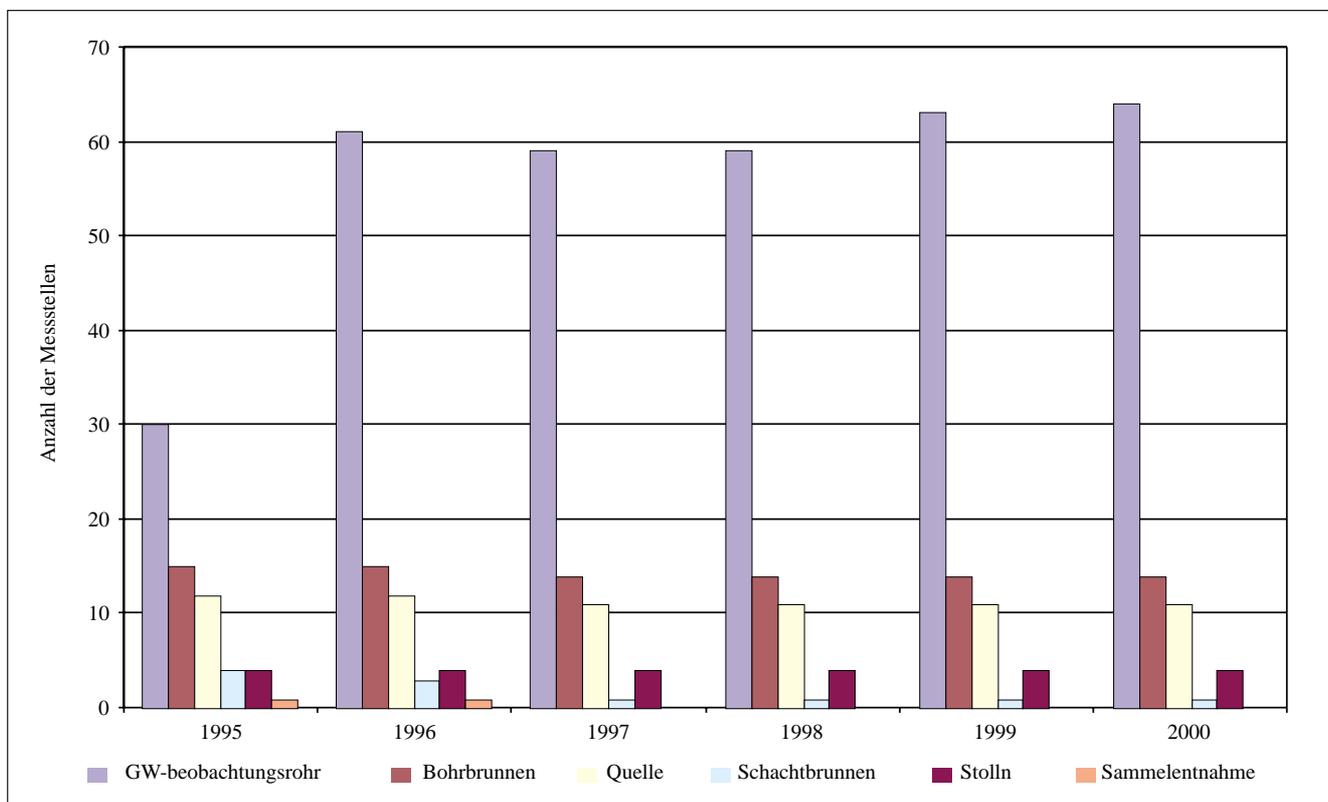


Abb. 1.3: Entwicklung des Grundmessnetzes Beschaffenheit, bezogen auf Messstellenarten

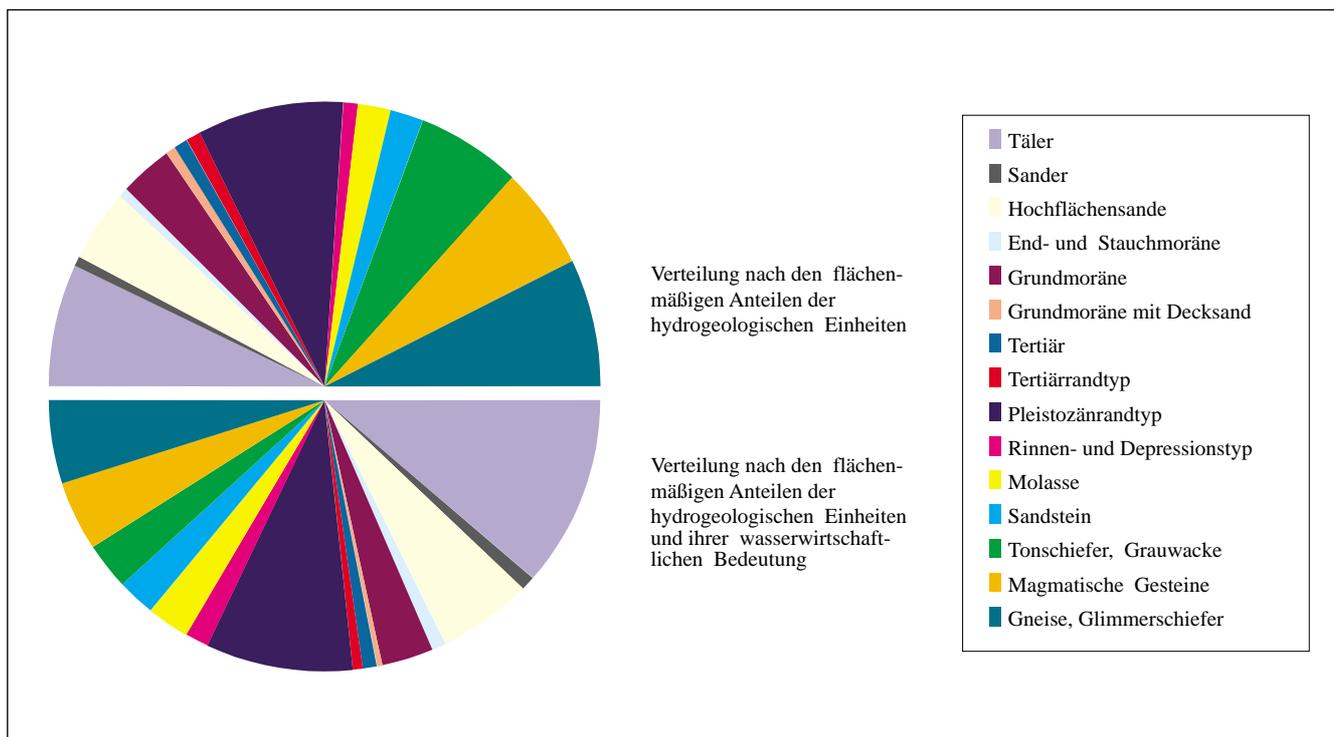


Abb. 1.4: Grundmessnetz Beschaffenheit – Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten (Endausbau)

len ohne Berücksichtigung des Bewirtschaftungsfaktors im Vergleich zur Messstellenverteilung unter Beachtung der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der einzelnen hydrogeologischen Einheiten zeigt die folgende Abb. 1.4.

Im Jahr 2000 umfasst das Grundmessnetz Beschaffenheit

- 66 Grundwasserbeobachtungsrohre,
- 14 Brunnen,
- 11 Quellen,
- 4 Stolln.

Für die Erweiterung des Messnetzes sollte vorrangig auf bereits bestehende Messstellen zurückgegriffen werden. In einem ersten Arbeitsschritt wurde eine umfangreiche Recherche im Datenspeicher Hydrogeologie durchgeführt, der sowohl allgemeine Angaben zur Lage und zum Ausbau von Messstellen als auch geologische Daten und Schichtenverzeichnisse enthält. Es wurden 14742 Bohrungen recherchiert.

Bei der Recherche wurde darauf orientiert, dass

- Angaben zum Ausbau und zur Geologie einschließlich Schichtenverzeichnis existieren,
- die Messstellen nicht älter als 10 Jahre sind,
- der Innendurchmesser größer als 50 mm, aber nicht größer als 100 mm ist und
- der Ausbau mit Kunststoff erfolgte.

Im Ergebnis der Recherche konnten 189 potentielle Messstellen für die weitere Bearbeitung ausgewählt werden. Nach eingehender Prüfung aller vorhandenen Unterlagen sowie der Befahrung von 52 Messstellen wurden 5 Messstellen in das Grundmessnetz aufgenommen.

In einem zweiten Arbeitsschritt wurde in den Berichten zur hydrogeologischen Erkundung und zur Ausgrenzung von Wasserschutzgebieten nach potentiellen Messstellen recherchiert. Außerdem wurden die Ergebnisse der Recherche von 537 Messstellen genutzt, die im Rahmen der Erhebung von Messstellen, welche im Auftrag der Wasserwirtschaftsdirektion errichtet worden sind, bereits dokumentiert vorlagen. Insgesamt wurden 24 dieser Messstellendokumentationen näher geprüft und die Messstellen erneut befahren. Im Ergebnis dieser Arbeiten wurden 2 Messstellen in das Grundmessnetz Beschaffenheit und 23 Messstellen in das Landwirtschaftsmessnetz übernommen.

Beim weiteren Ausbau des Messnetzes wird vorrangig auf den Neubau von Messstellen orientiert.

Geht man davon aus, dass jede der genannten hydrogeologischen Einheiten mit mindestens einer Messstelle belegt ist und wendet die oben beschriebene Verfahrensweise an, so wird ein Endausbau von 154 Messstellen berechnet. Den Stand der Arbeiten beim Aufbau des Messnetzes zeigt die Abb. 1.5.

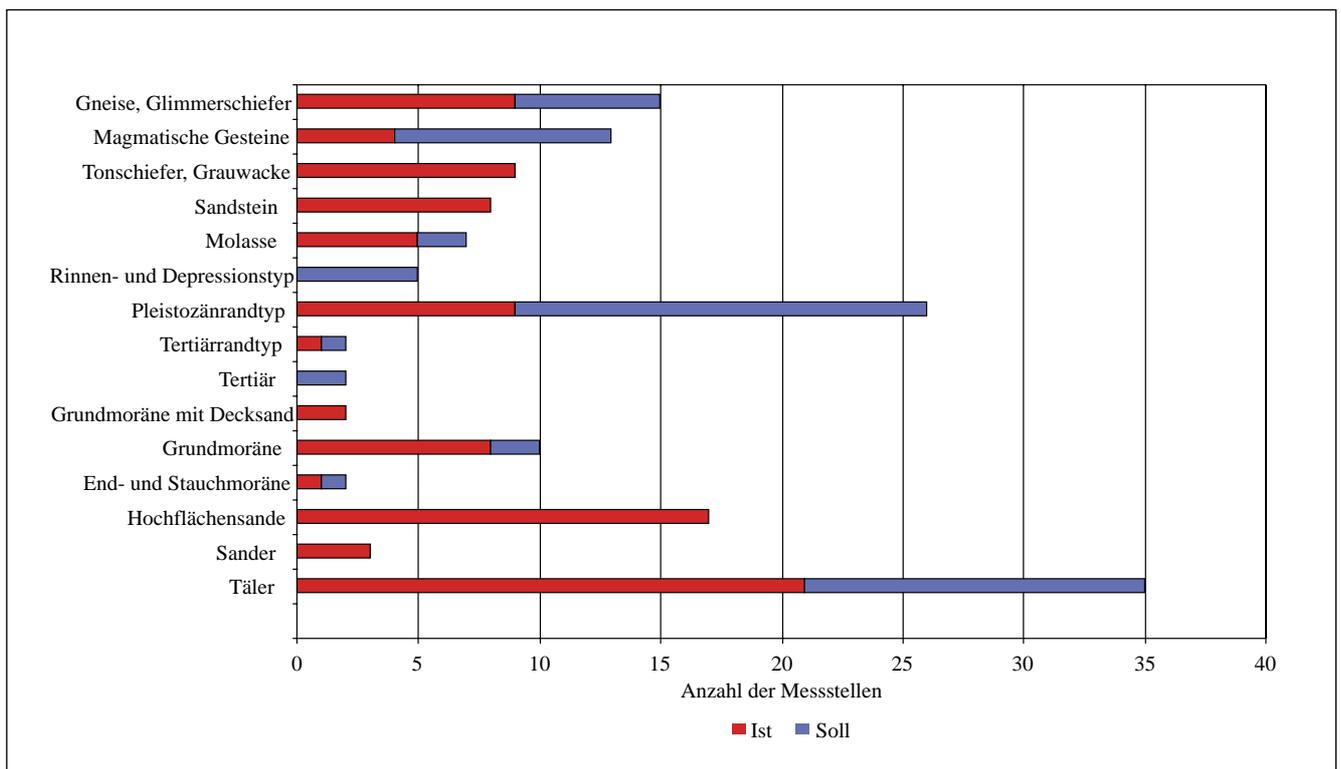


Abb. 1.5: Grundmessnetz Beschaffenheit, Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten (Soll-Ist Vergleich, Stand 05/01)

Aus der Abbildung wird deutlich, dass insbesondere Messstellen in Tälern und im Randleistozän sowie in magmatischem Gestein zu ergänzen sind. Regional werden besonders die Kreise Bautzen, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Weißeritzkreis, Annaberg, Aue-Schwarzenberg durch Messstellen unterrepräsentiert. Hydrogeologische Einheiten, welche auf Grund ihrer geringen Verbreitung in Sachsen im Endausbau nur mit 2-3 Messstellen geplant sind, wie Tertiär, End- und Stauchmoränen oder Sander, bieten informelle Stützstellen, die durch die Ergebnisse aus Kontroll- und Steuernetzen verdichtet und manifestiert werden.

1.4 Rekonstruktion des Grundmessnetzes Grundwasserstand

In der Vergangenheit standen im Vordergrund der Messstellenauswahl im wesentlichen der regionalgeologische Aspekt sowie regionale Fragestellungen, insbesondere Baugrundbewertungen. Ein weiteres Kriterium war die Zugänglichkeit der Messstellen. Das Grundmessnetz umfasste 1993 1415 Messstellen.

Aufgabe des Messnetzes heute ist die flächenhafte vertikale und horizontale Erfassung der hydrodynamischen Situation im grundwasserleitenden Gesteinsverband. Ein wichtiges Ziel ist die Erarbeitung von Grundlagen für die Bewertung von anthropogenen Einflüssen auf die geohydraulischen Verhältnisse.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Rekonstruktion des Messnetzes mit dem Ziel einer Optimierung, die eine Reduzierung der Messstellenanzahl auf das notwendige Maß von ca. 920 Messstellen einschließt. Dabei wurde die künftig erforderliche Anzahl von Messstellen für jede hydrogeologische Einheit aus deren Flächengröße unter Berücksichtigung ihrer wasserwirtschaftlichen Bedeutung ermittelt. Bei der Festlegung des Gesamtumfanges wurde davon ausgegangen, dass jede Einheit durch mindestens eine Messstelle repräsentiert wird. Die in Tab 1.3 aufgeführte Aufschlüsselung stellt eine erste Schätzung dar.

Als Ausgangssituation waren im Messprogramm 1998 noch 1345 Messstellen enthalten.

1.4.1 Inhalt der Rekonstruktion

Ziele der Rekonstruktion des Grundmessnetzes Grundwasserstand/Menge sind die Schaffung

- der Repräsentativität für die in Sachsen relevanten hydrogeologischen Einheiten und deren relevante Grundwasserleiter,
- der regionalen Flächenrepräsentativität unter Berücksichtigung der Grundwasserneubildungsbedingungen, der Grundwassergeschüttheit und der Flächennutzung und
- der Repräsentativität für die meteorologischen und hydrologischen Gegebenheiten in Sachsen.

Tab 1.3: Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten von Sachsen

| Hydrogeologische Einheit | Messstellen Grundmessnetz Stand/Menge |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Taltyp | 214 |
| Sander | 16 |
| Hochflächensande | 105 |
| End- u. Stauchmoränen | 12 |
| Grundmoränen mit Decksand | 7 |
| Grundmoränen | 59 |
| Tertiär | 15 |
| Randpleistozän | 164 |
| Rinnen und Depressionstyp | 23 |
| Tertiärrandtyp | 15 |
| Sandsteine | 44 |
| Randzechstein | 1 |
| Molasse | 40 |
| Tonschiefer | 39 |
| Gneise | 90 |
| magmatische Gesteine | 76 |
| Gesamtanzahl Sachsen | 920 |

Voraussetzungen für die Auswahl einer Messstelle für das verbleibende Messnetz unter den genannten Gesichtspunkten sind

- ein intakter Messstellenausbau,
- eine nach Möglichkeit vorhandene langjährige Beobachtungsreihe, bzw. die statistische Möglichkeit der Verlängerung einer kurzen Reihe,
- möglichst wenige Datenlücken bzw. die statistische Möglichkeit die Datenlücken zu schließen,
- die Konsistenz der Daten und
- die Möglichkeit des Erhaltes der Messstelle (Eigentumsfragen).

Die Rekonstruktion des Messnetzes Grundwasserstand wird in folgenden Teilschritten durchgeführt:

- Konzeptionelle bzw. methodische Vorarbeiten
- Reduzierung von Messstellen in Gebieten mit einer Konzentration vorhandener Messstellen
- Bewertung der Einzelmessstelle hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit im Sinne der Zielstellung
- Bewertung des Messprogramms (Anzahl der erforderlichen Messungen pro Monat)
- Feststellen und Schließen von Lücken durch Nutzung von Messstellen Dritter oder Messstellenneubau

Das in Anlage 5 dargestellte Schema dokumentiert in einer Zusammenfassung die Konzeption der Messnetzrekonstruktion

mit einzelnen Arbeitsschritten sowie die Verantwortlichkeiten innerhalb der Umweltverwaltung.

1.4.2 Durchführung der Rekonstruktion

Die Durchführung erfolgt in 2 Teilschritten:

Teilschritt 1

- Erstellung der methodischen Grundlagen
- hydrogeologische Zuordnung der Messstellen
- gezielte Reduzierung der Messstellen in den Gebieten mit überhöhter Anzahl von Messstellen

Teilschritt 2

- Zusammenstellung der noch vorhandenen Messstellen pro hydrogeologische Einheit
- Prüfen der Anzahl verschiedener Ganglinientypen als Varianten innerhalb einer hydrogeologischen Einheit
- Prüfung des Einflusses von Grundwassergefälle und Korngröße des Gesteins auf das Ganglinienverhalten. Dabei soll auch das Verhalten gespannter Grundwasserverhältnisse geprüft werden.
- Verschneiden mit der Bodenkarte, Auswertung der Grundwasserleiterüberdeckung, Einbeziehen der Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis
- Entwicklung von hydrogeologischen Einheiten = geologisch und morphologisch abgrenzbare Räume mit weitgehend einheitlichen und typischen Grundwasserverhältnissen
- Erarbeiten eines Vorschlages für die Anzahl von Basis-messstellen und Ausweisung derselben
- Festlegen der Gebiete mit großräumigen Grundwasserbeeinträchtigungen, Ausweisung von Trendmessstellen
- Prüfen und Neufestlegen des Messturnuses
- Ausweisung von Gebieten, die nicht durch Messstellen belegt sind
- Suche nach vorhandenen Messstellen
- Aufgabenstellung für Neubau von Messstellen
- Neubau von Messstellen

Der Teilschritt 1 konnte 1999 im wesentlichen abgeschlossen werden. Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

Erarbeitung methodischer Grundlagen:

- Erarbeitung einer Messnetzkonzeption, die Zusammenfassung ist in Anlage 2 dargestellt
- Ausgrenzung der hydrogeologischen Einheiten und Zuordnung der erforderlichen Messstellenanzahl (Tab. 1.3)
- Bereitstellung der methodischen Vorgaben und der Software zur statistischen Bearbeitung von Messwerten
- Bereitstellung der methodischen Vorgaben zur Messstellenbefahrung und einfachen Funktionsfähigkeitsprüfung

Im weiteren Verlauf der Arbeiten wurden alle Ganglinien und verfügbaren Messstellendokumentationen überprüft.

Die Messstellen mit unplausiblen Messwerten, schlechtem baulichen Zustand und mangelhafter Begehrbarkeit wurden ausgesondert.

Die folgenden Schritte wurden nicht für Quellen durchgeführt, da diese im Teilschritt 2 gesondert behandelt werden. Für die Reduzierung der großen Anzahl von Messstellen in den Ballungsgebieten

- Großraum Dresden,
- Talsperre Quitzdorf,
- Bahnlinie Dresden-Bautzen-Görlitz,
- Großraum Leipzig und
- Riesa-Großenhain

wurden die folgenden Arbeiten realisiert.

Nach durchgeführter Messstellenbefahrung und der Sichtung der Messwerte wurde für jedes Gebiet eine Korrelationsmatrix erarbeitet, die auch alle wichtigen Informationen zur Geologie enthielt. Gleichzeitig wurden die Messstellen hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit zu einem Grundwasserneubildungstyp eingeschätzt.

Im Wesentlichen sind in Sachsen im Lockergestein 3 Grundwasserneubildungstypen zu erkennen, die in den folgenden Abb. 1.6 bis 1.8 beispielhaft für den Großraum Dresden dargestellt werden.

Die Ganglinie in Abb. 1.6 zeigt, dass sich hier die Niederschlagsereignisse zeitnah im Wasserstand widerspiegeln und die Grundwasserneubildung direkt stattfindet. Ein überjähriges Schwankungsverhalten ist nicht ausgeprägt.

Deutlich wird bei den beiden Ganglinien in Abb. 1.7 der direkte Zusammenhang zwischen Oberflächenwasser (Elbe) und dem Grundwasser.

Bei dem in Abb. 1.8 dargestellten Grundwasserneubildungstyp ist kaum noch ein innerjähriges Schwankungsverhalten festzustellen. Die Grundwasserneubildung findet nur eingeschränkt statt. Das deutlich sichtbare überjährliche Schwankungsverhalten liegt in der Regel zwischen 7 und 10 Jahren.

Im weiteren Verlauf der Messnetzrekonstruktion wurden die Messstellen auf Konsistenz der Messwerte geprüft. Datenlücken wurden aufgezeigt und der Grad der anthropogenen Beeinträchtigung eingeschätzt.

Dann wurden die Messstellen mit gleicher geologischer Zuordnung, gleicher Zuordnung zum Grundwasserneubildungstyp und hohem Korrelationskoeffizienten zusammengestellt. Unter Nutzung der Informationen

- zur Langjährigkeit der Messwerte,
- zum baulichen Zustand der Messstelle und
- zur Begehrbarkeit der Messstelle

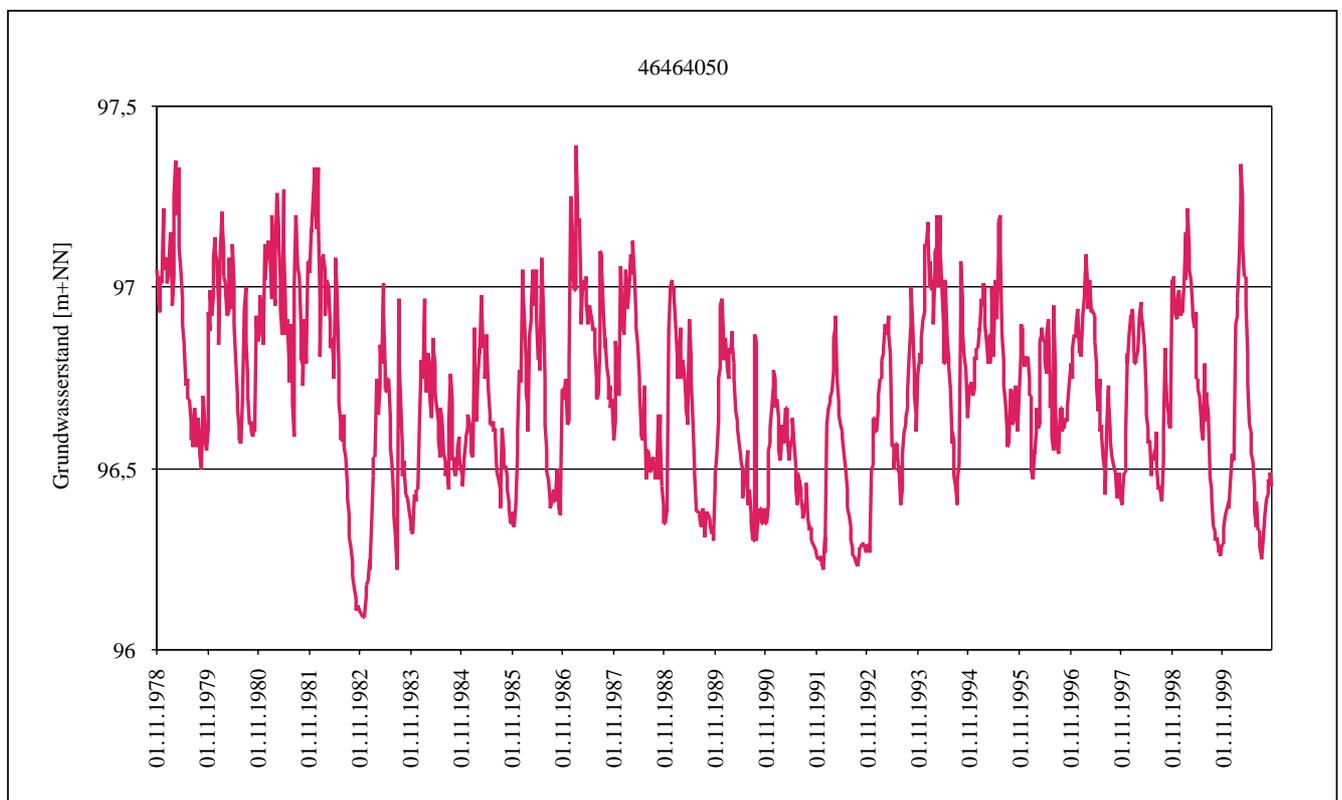


Abb. 1.6: Flurnaher Grundwasserstand

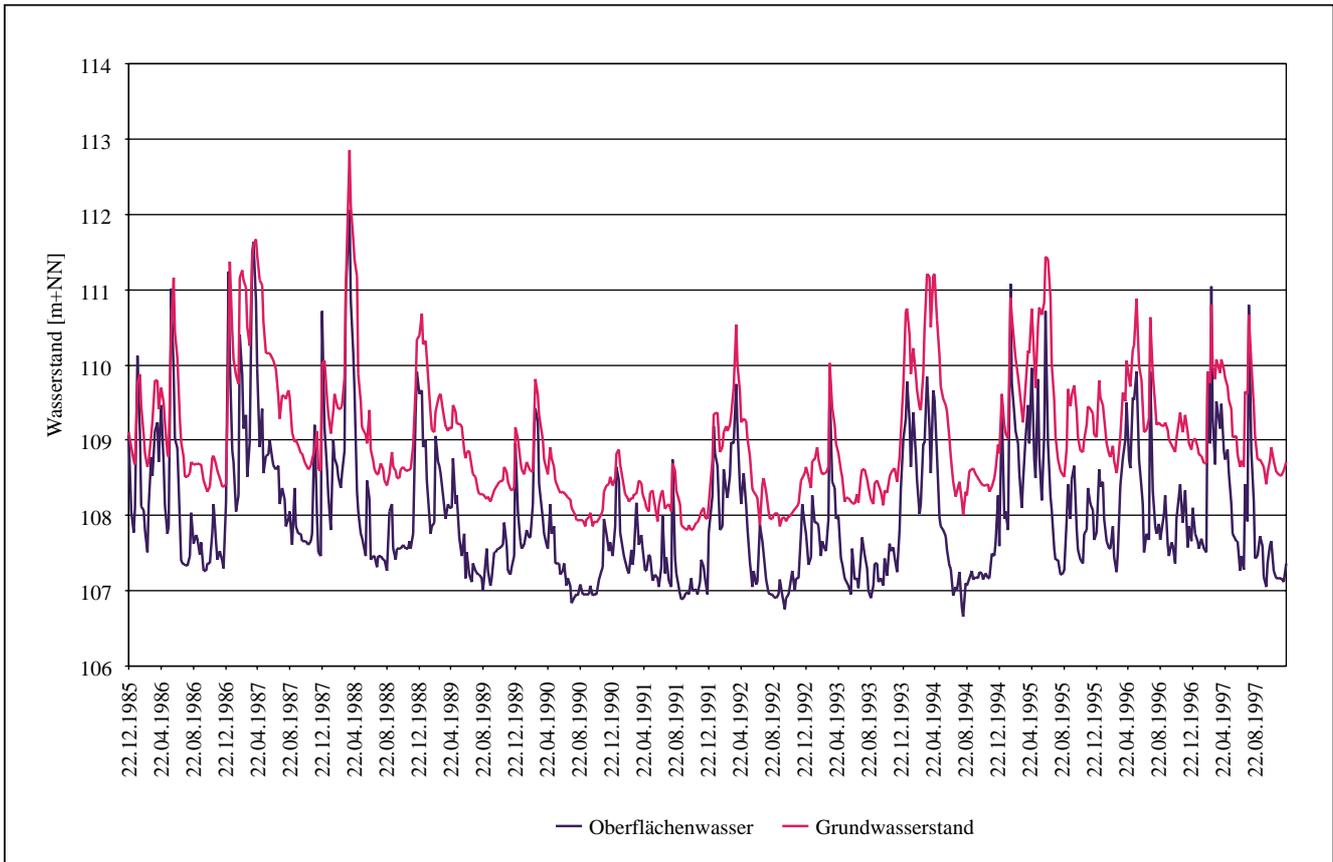


Abb. 1.7: Oberflächenwasser beeinflusste Messstelle mit Ganglinie Oberflächenwasser



Abb. 1.8: Tiefer Grundwasserleiter, zum Teil mit hoher Grundwassergeschüttheit

wurde das Messnetz so weit ausgedünnt, dass jede hydrogeologische Einheit und jeder Grundwasserneubildungstyp hinreichend mit Informationen belegt ist.

Der erste Teilschritt der Messnetzrekonstruktion wurde 1999 mit der Reduzierung des Messnetzes um **357** Messstellen abgeschlossen. Das Messnetz enthielt zu diesem Zeitpunkt **988** Messstellen.

Der 2. Teilschritt ist in Arbeit.

Insbesondere die geologische Einordnung von Messstellen, inklusive Bereitstellung von Schichtenverzeichnissen und Ausbaudaten, ist zwischenzeitlich weit fortgeschritten. Für Messstellen, zu denen keine Unterlagen recherchiert werden konnten, wurden Kunstsichtenverzeichnisse erstellt. In der Regel betrifft das Brunnen, die zu verschiedensten Zwecken gebaut wurden, und wegen der langen Messreihen von hohem Wert für das Grundmessnetz sind. Tab. 1.4 zeigt den Stand der Arbeiten.

Tab. 1.4: Stand der hydrogeologischen Zuordnung der Messstellen des Grundmessnetzes Grundwasserstand

| StUFA | Messstellenanzahl | stratigraph. eingestuft [%] | petrograph. eingestuft [%] | abgeschlossene geolog. Bearbeit. der Messstellen [%] |
|--------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| Summe | 963 | 98,6 | 85,4 | 35,5 |

Mit Reduzierung nicht benötigter Messstellen und der Aufnahme neuer Messstellen enthält das Messnetz derzeit 963 Messstellen. Die durchschnittliche Messstellenanzahl beträgt damit in Sachsen ca. 5 Messstellen pro 100 km². Ohne Berücksichtigung der Stadtstaaten haben die Bundesländer eine Dichte von 1 (Saarland) bis 8 (Sachsen-Anhalt und Brandenburg) Messstellen pro 100 km².

1.5 Aufbau des Sondermessnetzes Landwirtschaft

Mit Erlass vom 21.10.1997 wurde das Landesamt für Umwelt und Geologie beauftragt, in Abstimmung mit der Landesanstalt für Landwirtschaft ein Messnetz aufzubauen, mit dem die Wirksamkeit der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung (SächsSchAVO) für die Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten und des Programms „Umweltgerechte Landwirtschaft“ auf die Umweltkompartimente Wasser und Boden, insbesondere im Hinblick auf die Nitratproblematik bewertet werden sollten. Dazu sind die Daten und Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen der Umweltverwaltung und Bodenuntersuchungen der Landwirtschaftsverwaltung zusammenzuführen. Eine Übersicht über die Struktur des Messnetzes gibt Tab. 1.5.

Durch den Bezug zwischen Flächenbewirtschaftung, Nährstoffzufuhr und dem Nitratgehalt von Boden und Grundwasser soll die Wirkung der Schutzbestimmungen der SächsSchAVO festgestellt werden.

Tab. 1.5: Sondermessnetz Landwirtschaft – Struktur

| <i>Messstellen gesamt</i> | | | | | |
|--|---------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|
| Anzahl | davon Vorfeld | davon Emittent | Dauertestfläche | | |
| | | | gesamt | vorhanden | beantragt |
| 50 | 2 | 48 | 22 | 12 | 10 |
| <i>Davon Messstellen in Wasserschutzgebieten</i> | | | | | |
| Anzahl | davon Vorfeld | davon Emittent | Dauertestfläche | | |
| | | | gesamt | vorhanden | beantragt |
| 33 | 2 | 31 | 19 | 12 | 7 |

Neben der Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit in Wasserschutzgebieten sollten Messstellen mit landwirtschaftlicher Beeinflussung außerhalb von Schutzgebieten in das Messnetz aufgenommen werden, um langfristig Trendaussagen für Sachsen treffen zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt des Messnetzes ist, neben der Nitratproblematik, die Untersuchung der Grundwasserbelastung auf PSM in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Das Messnetz umfasst Vorfeldmessstellen, um den Ausgangszustand des Grundwassers im Gebiet zu dokumentieren. Vorzugsweise werden als Vorfeldmessstellen Messstellen aus dem Grundmessnetz genutzt, um die Beobachtung zu optimieren. Im Abstrom landwirtschaftlich genutzter Flächen wird an Emittentenmessstellen der Grad der Beeinflussung des Grundwassers ermittelt.

Eine kartenmäßige Darstellung des Messnetzes zeigt die Anlage 6.

Gemäß § 12 der SächsSchAVO wird auf Ackerflächen im Frühjahr der jeweilige N_{min}-Gehalt des Bodens durch Untersuchung festgestellt. Bei Flächeneinheiten über 2 ha ist der Landwirt verpflichtet, diese Untersuchungen vornehmen zu lassen. Die Ergebnisse sind neben weiteren Angaben in Schlagkarten zu dokumentieren, welche 5 Jahre vom Landwirt aufzubewahren sind. Diese Maßnahme dient der Optimierung des Düngemitelesinsatzes. Zur Überwachung der Bodenbelastung werden im Herbst durch die Ämter für Landwirtschaft auf festgelegten Flächen die N_{min}-Untersuchungen wiederholt. Zusätzlich zum Kontrollprogramm der SächsSchAVO wurden von der Landesanstalt für Landwirtschaft Dauertestflächen eingerichtet, auf denen im Frühjahr und im Herbst der N_{min}-Gehalt des Bodens bestimmt wird, um den Nachweis der Wirksamkeit von Förderprogrammen, wie z.B. des Programms „Umweltgerechte Landwirtschaft“, zu erbringen. Insgesamt wurden 1060 Dauertestflächen festgelegt, von denen 260 in Wasserschutzgebieten liegen.

10 Dauertestflächen wurden für das Sondermessnetz Landwirtschaft ausgewählt. Für 12 Flächen wurde die Einrichtung von Dauertestflächen durch das Landesamt für Umwelt und Geologie bei der Landesanstalt für Landwirtschaft beantragt. Durch die Einbeziehung dieser Ergebnisse soll der

Stickstoffpfad – Eintrag durch Düngung => Transport im Boden => Austrag ins Grundwasser bewertet werden.

1.6 Lysimeterstation – integraler Bestandteil der Grundwasserbeobachtung

Die Lysimeter der Station Brandis werden als Messnetz „Bodenwasserhaushalt“ im Rahmen der gewässerkundlichen Messnetze des Freistaates Sachsen betrieben. Gemessen werden seit 1980 Verdunstung, Versickerung, Bodenwasservorrat und Sickerwassergüte. Der Betrieb der Station obliegt laut Gründungserlass vom 01.01.1994 der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft.

Ziel der Messungen in der Lysimeterstation Brandis ist die Schaffung unbefristeter Langzeitdatenreihen und die Datenbereitstellung zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen (u.a. in Zusammenarbeit mit dem Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle), um die Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimaänderungen auf die einzelnen Komponenten des Wasser- und Stoffhaushaltes beschreiben und prognostizieren zu können.

Folgende Schwerpunkte charakterisieren das derzeitige Konzept der Station:

- Auswahl von neun, aus bodenkundlicher und hydrogeologischer Sicht für Mitteldeutschland repräsentativen Ackerstandorten, einschließlich eines Bodens von der Braunkohlenkippe Espenhain,
- Gewinnung von drei Bodenmonolithen je Standort zur Berücksichtigung der Heterogenität der Böden,
- Konzentration der Bodenmonolithe an einem Standort zur intensiven und kontinuierlichen messtechnischen Betreuung (auch an Sonn- und Feiertagen),
- mit dem Einsatz von 3 m tiefen Lysimetern mit freiem Sickerwasser-Auslauf werden Standorte mit flurfernen Grundwasserständen realisiert – diese sind typisch für den mitteldeutschen Lockergesteinsbereich,
- Tensiometer, Saugkerzen, TDR-Sonden, Temperaturfühler und Sonden zur Entnahme von Bodenluft in jeweils drei Lysimeterebenen liefern zusätzliche Informationen über die im Bodenprofil ablaufenden Prozesse,
- landwirtschaftliche Nutzung der Lysimeterböden und des umliegenden Feldes,
- detaillierte Erfassung der Bodenparameter, der Bewirtschaftungsmethoden und der Bestandsentwicklung sowie Beobachtung der klimatologischen Bedingungen am Lysimeterstandort als Grundlage für die Übertragbarkeit der Lysimetermessungen,
- Durchführung von Wasserhaushaltsuntersuchungen im „Repräsentativgebiet“ Parthe als Basis für die Einbindung der Lysimeterergebnisse in den Gebietswasserhaushalt,
- Verwendung der Messreihen und Parameter zur Testung von Berechnungs- und Simulationsverfahren des Wasser- und Stoffhaushaltes in unterschiedlichen Maßstabsbereichen.

**2 Grundwasserverhältnisse
Stand und Menge**

2.1 Datengrundlage

Zur Bewertung der Grundwasserverhältnisse wurden Messstellen des landesweiten Grundmessnetzes Grundwasserstand/-menge ausgewählt, die für die Beschreibung des Locker- und Festgesteinsbereichs besonders repräsentativ sind.

Für die Messstellen (Tab. 2.1) wurden die Messwerte des Abflussjahres 2000 sowie die 5-Jahresganglinie für den Zeitraum 1996 – 2000 ausgewertet.

Tab. 2.1: Messstellen zur Auswertung der Grundwasserverhältnisse nach Stand und Menge

| Messstelle | Messstellenkennzeichen | hydrogeologische Einheit |
|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Kleinschirma | 50452248 | Gneise und metamorphe Schiefer |
| Beiersdorf | 53403675 | Effusivgesteine |
| Roellingshain | 50430645 | Tertiärandtyp |
| Tautenhain | 49420065 | Buntsandstein |
| Lindhardter Forst | 47410404 | Hochflächensande |
| Crostau | 49520931 | Intrusivgesteine |
| Klix | 47530999 | Urstromtal |
| Gruena | 51426001 | Rotliegendes |
| Dresden Pohlandplatz | 49483524 | Taltyp |
| Dresden Königstraße | 49484004 | Taltyp |

Zusätzlich wird an zwei Messstellen die langjährige Entwicklung dokumentiert.

2.2 Meteorologische Situation

Das Jahr **1996** war mit einer mittleren relativen Niederschlagshöhe von 90 % trocken und bei einer mittleren Lufttemperatur von 5 °C um 1,4 Grad kälter.

Im Winterhalbjahr (Nov. 1995 – Apr. 1996) wurde eine mittlere relative Niederschlagshöhe von nur 60 % registriert. Das Sommerhalbjahr dagegen war mit 122 % mittlerer relativer Niederschlagshöhe nass, außerdem kälter und relativ sonnenscheinarm.

Im Berichtszeitraum **1997** wurde eine mittlere relative Niederschlagshöhe unter dem vieljährigen Durchschnitt erreicht (96 %). Die mittleren Monatswerte schwankten dabei von 31 % im Januar bis 218 % im Juli. Mit 6,6 °C war es um nur 0,3 Grad wärmer als normal. Die mittlere Sonnenscheindauer lag bei 112 %.

Die Niederschlagsbilanz für das Jahr **1998** betrug 120 % des vieljährigen Mittels. Dieser Überschuss ist auf die niederschlagsreichen Monate September und Oktober zurückzuführen.

Die mittlere Jahressumme des Niederschlags betrug **1999** in Sachsen mit 667 mm 95 % der normalen Jahressumme. Dabei war in Sachsen eine von West nach Ost abnehmende Niederschlagsneigung zu beobachten. Während an den Stationen in Westsachsen ein Überschuss von ca. 30 mm bestand, war im äußersten Osten an der Station Görlitz ein Defizit von 150 mm festzustellen.

Verglichen mit den mittleren Jahressummen der Reihe 1961/1990 war in Sachsen das Jahr **2000** im Gebietsmittel etwa niederschlagsnormal, der Raum Dresden jedoch mit einem Defizit von ca. 90 mm zu trocken. Im Mittel- und Westerzgebirge war gebietsweise ein Überschuss von 50 – 70 mm Niederschlag vorhanden. An 10 Monaten des Jahres lagen die Monatsmitteltemperaturen über den mehrjährigen Vergleichswerten, was eine übernormale Verdunstung zur Folge hatte.

2.3 Grundwasserverhältnisse an ausgewählten Messstellen

Die Entwicklung der Grundwasserstände und -mengen zeigt, dass nach einem deutlichen Überschreiten der langjährigen Mittelwerte in den Jahren 1994 und 1995 sich im Betrachtungszeitraum 1996 bis 2000 ein leicht negativer Trend zeigt. Dies ist insbesondere auf die geringen Niederschläge in den Jahren 1996 und 1997 zurückzuführen. In den Jahren 1998 bis 2000 kam es aufgrund der allgemein mittleren Niederschlagsverhältnisse zu einer Stabilisierung des Wasserhaushaltes. Trotz negativem Trend bewegten sich im Betrachtungszeitraum die Grundwasserstände im Lockergesteinsbereich über den langjährigen Mittelwerten. Die Quellschüttungen und Wasserstände der Festgesteinsmessstellen liegen teilweise unter den langjährigen Mittelwerten.

2.3.1 Lockergesteinsbereich

Jahresganglinien 2000

Wie allgemein üblich lagen auch zu Beginn des Abflussjahres 2000 die Wasserstände im Niedrigwasserbereich. Die bis März 2000 ansteigenden Niederschläge bewirkten einen Anstieg der Grundwasserstände auf Werte, die deutlich über dem Mittelwasserbereich lagen. Aufgrund der langsamen Reaktionszeiten erreichten die Wasserstände erst im April ihre Maximalwerte, obwohl die Niederschlagssumme in diesem Monat als sehr gering einzuschätzen ist. Danach erfolgte ein kontinuierliches Absinken der Messwerte in den Bereich des langjährigen Mittelwertes.

In Abb. 2.1 sind Jahresganglinien von 5 ausgewählten Messstellen als Monatsmittelwerte, die monatlichen Nieder-

schlagssummen, der Trend des Jahres 2000 und der langjährige Mittelwert dargestellt.

5- Jahresganglinie

Der Betrachtungszeitraum begann, bedingt durch hohe Niederschläge, in den Jahren 1994 und 1995 mit Messwerten, die deutlich über den langjährigen Mittelwerten lagen. Aufgrund der geringen Niederschläge im Winterhalbjahr 1995/1996 und den Jahren 1996 und 1997 sanken die Wasserstände unter den langjährigen Mittelwert. Niedrigwasserwerte wurden dabei nicht erreicht.

Erst die Jahre 1998 bis 2000, die im wesentlichen von mittlerer Niederschlagstätigkeit geprägt waren, erbrachten einen Anstieg der Wasserstände.

Das innerjährliche Schwankungsverhalten für diesen Zeitraum zeigt, dass im Frühjahr der langjährige Mittelwert überschritten wurde. Im Laufe des Sommers sanken die Grundwasserstände wieder ab, so dass sie im Herbst wieder unter dem langjährigen Mittelwasserbereich lagen.

Die 5- Jahresganglinien zeigen aufgrund fehlender Feuchtejahre durchweg einen negativen Trend (Abb. 2.2). Der Mittelwert der fünf Jahre liegt trotzdem höher als der langjährige Mittelwert. Die langjährige Entwicklung an den verwendeten Messstellen zeigt keinen Trend. Eine Ausnahme stellt die Messstelle Lindhardter Forst dar, deren durchschnittlicher Anstieg bei ca. 3 cm pro Jahr liegt (Messreihe 1971 bis 2000).

2.3.2 Festgesteinsbereich

Jahresganglinie 2000

In die Betrachtungen wurden vier Grundwassermessstellen und eine Quelle einbezogen. Deutlich kann man anhand der Ganglinien (Abb. 2.3) die Unterschiede zwischen Fest- und Lockergestein erkennen.

Die Messstelle Beiersdorf zeigt eine verzögerte Reaktion auf die Niederschlagsereignisse. Die Amplitude ist gering. Die Wasserstände in Beiersdorf und Crostau lagen im Durchschnitt höher als der langjährige Mittelwert.

Die Quellschüttungsmessungen der Messstelle Kleinschirma zeigen aufgrund des kleinen Einzugsgebietes eine direkte, äquivalente Reaktion auf Niederschlagsereignisse. Kleinschirma liegt im Zeitraum des Jahres 2000 bis auf den Monat März deutlich unterhalb des langjährigen Mittelwertes. Die Messstellen Gruena und Tautenhain liegen ebenfalls unter den langjährigen Mittelwerten.

Bei allen Messstellen beginnen und enden die Messwerte im Abflussjahr 2000 unter den langjährigen Mittelwerten.

Grundwassersituation 1996 – 2000

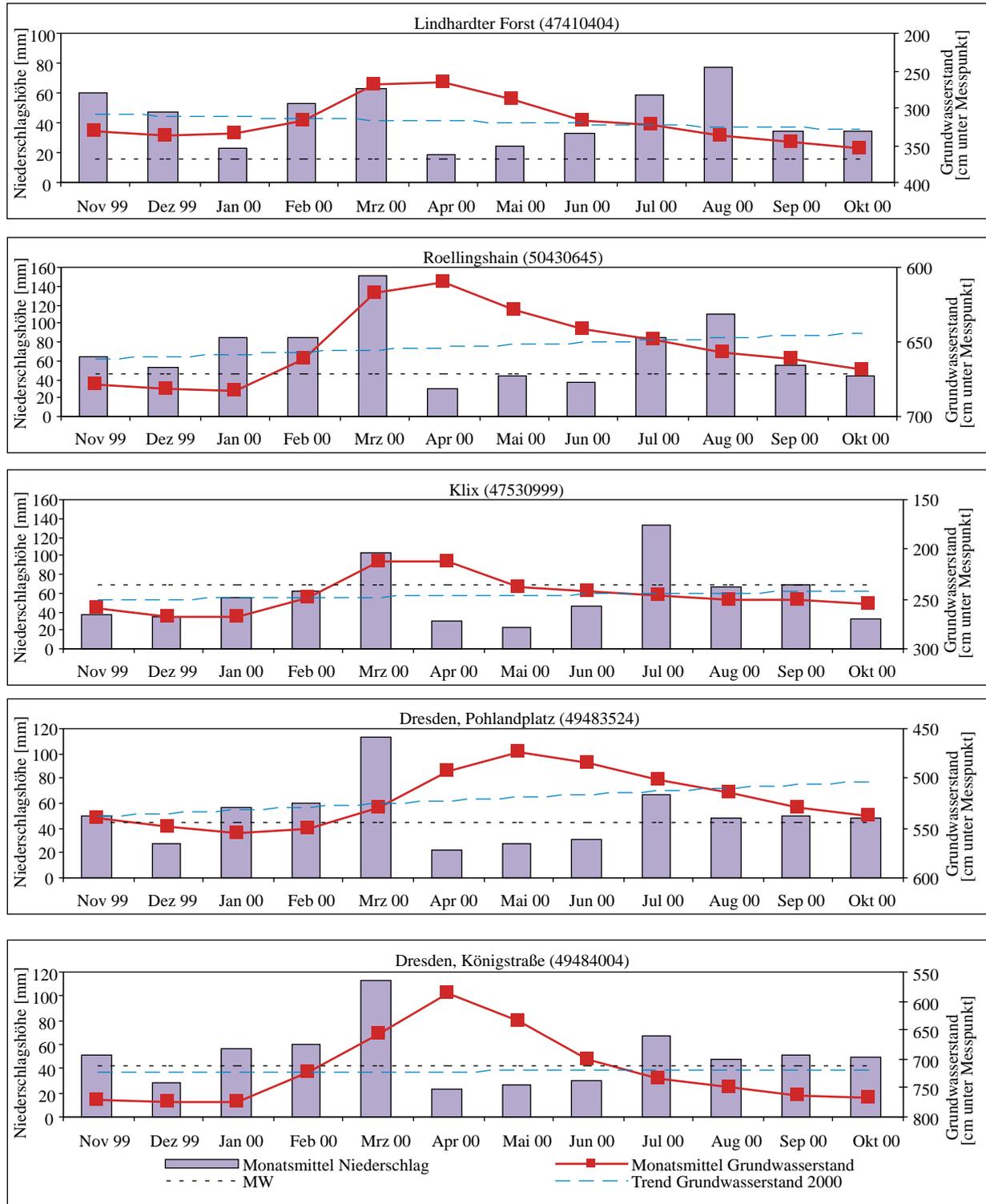


Abb. 2.1: Jahresganglinien der Grundwasserstände im Lockergesteinsbereich

Grundwassersituation 1996 – 2000

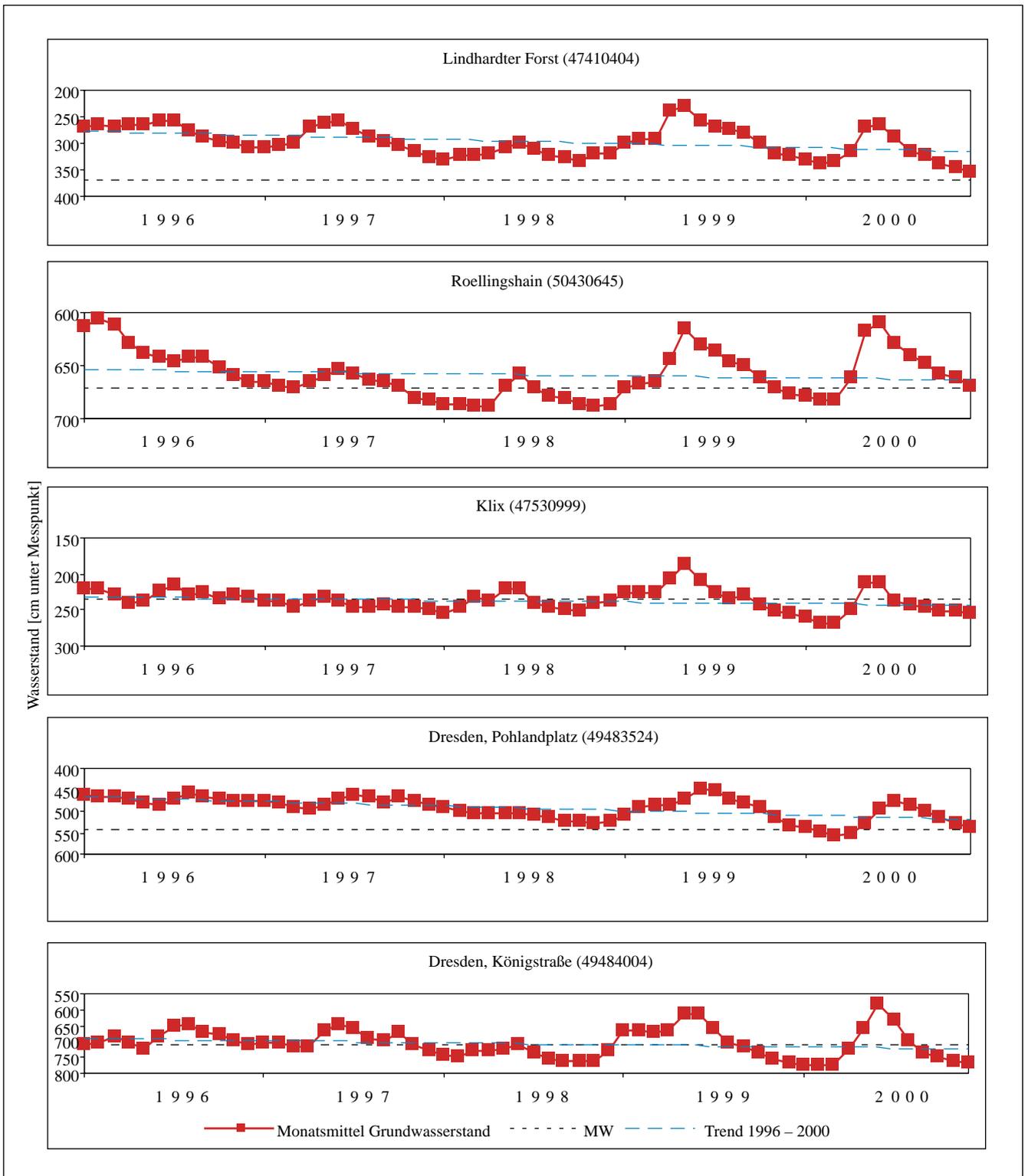


Abb. 2.2: 5- Jahresganglinien der Grundwasserstände im Lockergesteinsbereich

Grundwassersituation 1996 – 2000

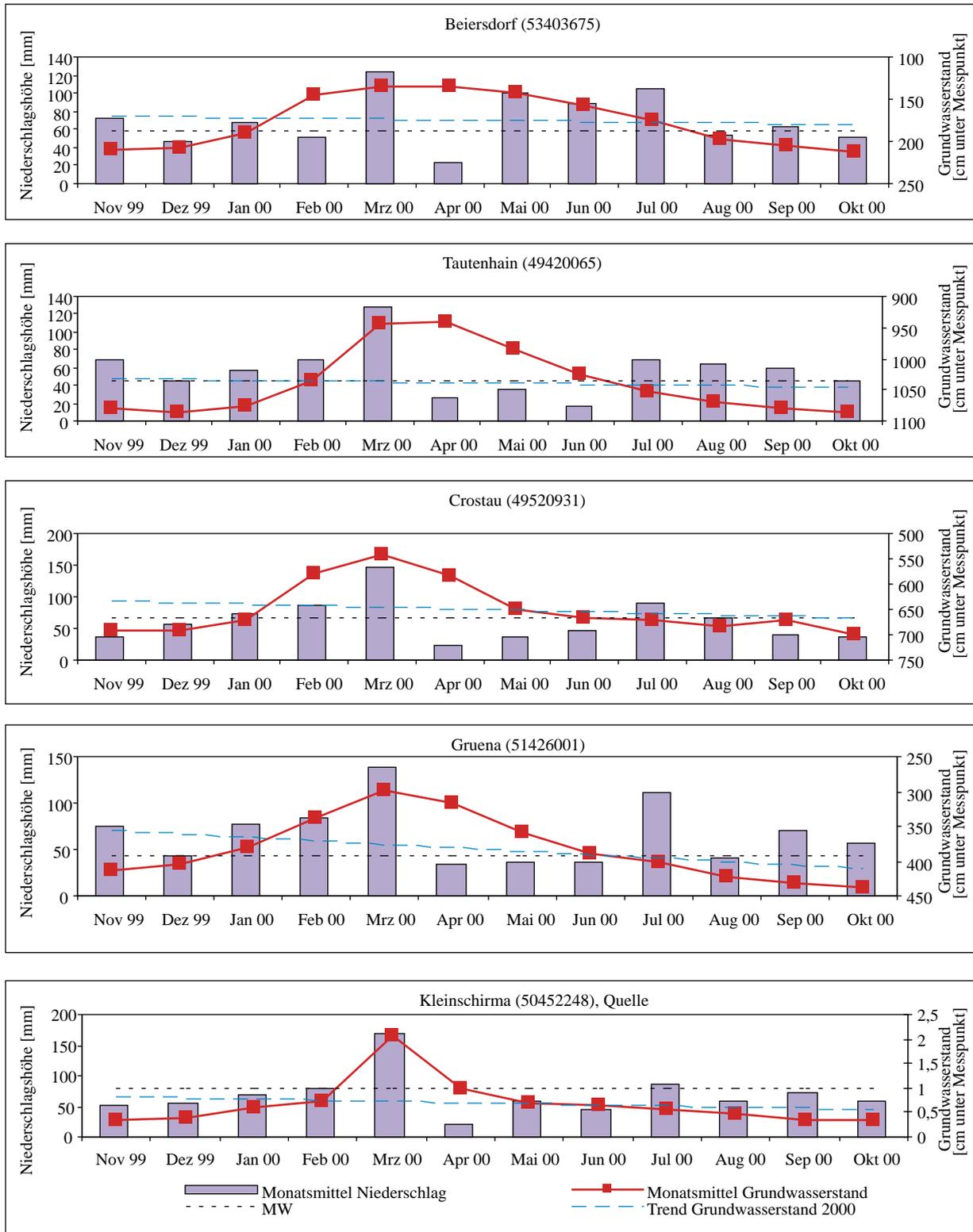


Abb. 2.3: Jahresganglinien der Grundwasserstände und der Quellschüttung im Festgesteinsbereich

Grundwassersituation 1996 – 2000

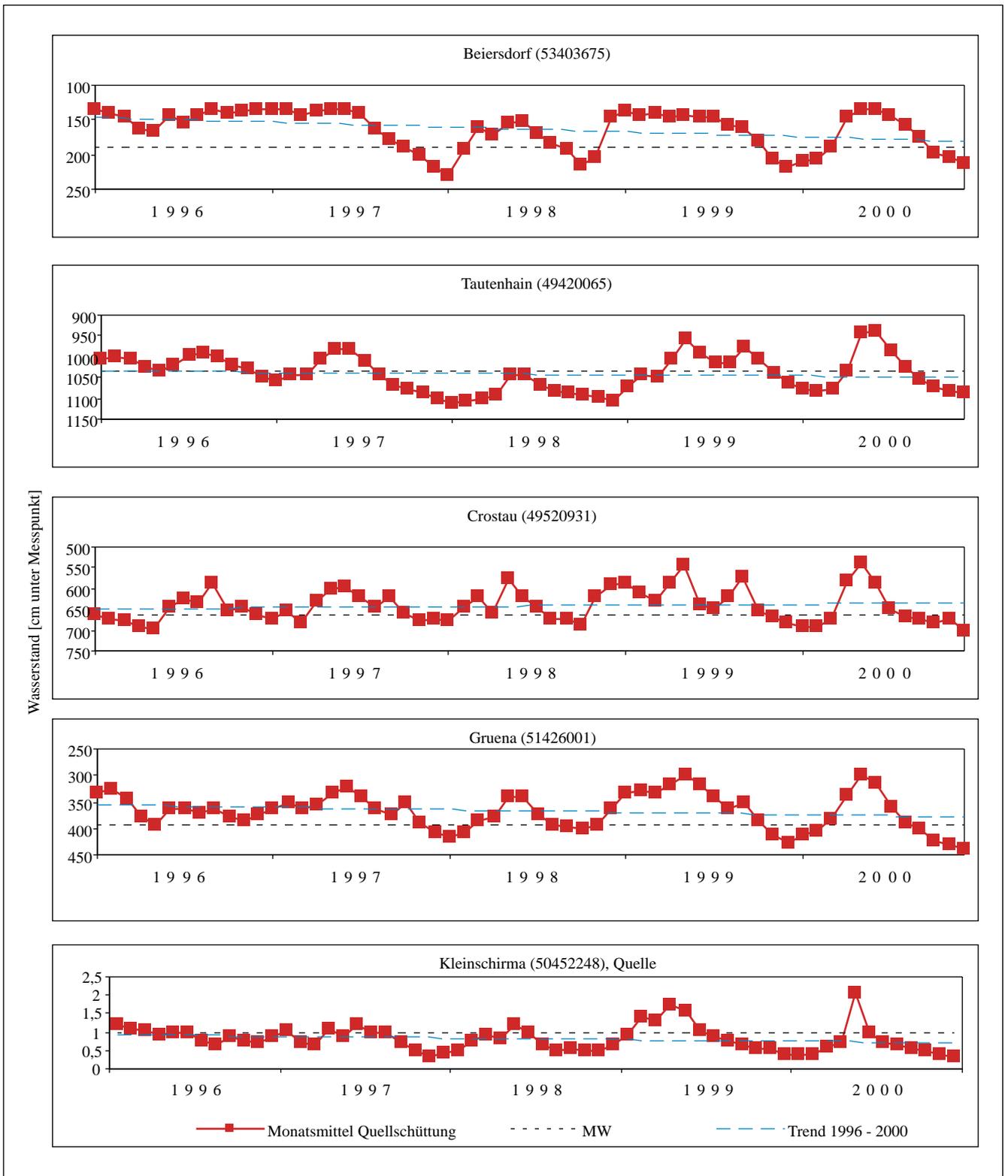


Abb. 2.4: 5-Jahresganglinien der Grundwasserstände und der Quellschüttung im Festgesteinsbereich

5- Jahresganglinie

Wie im Lockergesteinbereich begannen auch im Festgestein die Messwerte der 5-jährigen Reihe mit Werten über dem langjährigen Mittelwert, sanken in den Jahren 1996 und 1997 darunter und erholten sich erst in den Jahren 1998 bis 2000 zu einem ausgeglichenen, mittleren Schwankungsverhalten um den langjährigen Mittelwert.

Dabei zeigen die 5- Jahresganglinien in Abb. 2.4 mit Ausnahme der Messstelle Crostau, einen negativen Trend. Im Gegensatz zu den Messstellen Beiersdorf, Crostau und Gruena liegen die 5-jährigen Mittelwerte in den Messstellen Tautenheim und Kleinschirma unter den langjährigen Mittelwerten.

Die langjährige Entwicklung der verwendeten Messstellen zeigt in Gruena einen positiven Trend mit einem Anstieg von ca. 3 cm pro Jahr (Messreihe 1984 bis 2000). Bei den anderen Messstellen ist kein relevanter Trend erkennbar.

2.3.3 Langjährige Entwicklung der Grundwasserstände

Um die langjährige Entwicklung der Grundwasserstände zu dokumentieren, wurde mit Hilfe des Programms STYX der langjährige Trend der Wasserstände der Messstellen des Datenspeichers Grundwasserstand ausgewertet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die wesentliche Anzahl von Messwerten erst ab 1975 DV-technisch erfasst wurde.

Der Trend wurde auf der Grundlage der Tageswerte errechnet, um das innerjährliche Schwankungsverhalten mit zu erfassen. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden Trends zwischen minus 2 cm und plus 2 cm pro Jahr gleich Null gesetzt. Die Berechnung wurde für verschiedene Zeiträume durchgeführt und ist in Tab. 2.2 dargestellt.

Tab. 2.2: Trendberechnungen Grundwasserstand

| Zeitraum | Durch Werte belegte Mindestjahre | Anzahl der Messstellen = 100% | Positiver Trend | Negativer Trend | Ohne Trend |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------|
| | | | Angabe in % | | |
| 1901 – 2000 | 80 | 7 | 0 | 0 | 100 |
| 1901 – 2000 | 50 | 323 | 7 | 8 | 85 |
| 1951 – 2000 | 40 | 218 | 10 | 7 | 83 |
| 1976 – 2000 | 15 | 1402 | 21 | 25 | 54 |

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den langjährigen Reihen (über 50 Jahre) nahezu kein Trend ablesbar ist. Änderungen der klimatischen Situation haben sich noch nicht sichtbar auf die Entwicklung der Grundwasserstände ausgewirkt.

Bei den kürzeren Reihen (25 Jahre) zeigen knapp 50% der Messstellen einen Trend. Positiver und negativer Trend gleichen sich dabei aus. Diese Trendentwicklung ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen.

Bei den Messstellen, die nicht von Oberflächenwasser beeinflusst sind und nicht flurnahe Grundwasserstände zeigen, kann deutlich ein überjährliches Schwankungsverhalten festgestellt werden, dass in der Regel bei 7 – 10 Jahren liegt. Das ist beispielhaft in der Ganglinie der Messstelle Putzkau (Abb. 2.5) zu erkennen. Betrachtet man bei dieser Messstelle nur den Zeitraum zwischen 1976 und 2000 erkennt man einen geringfügig positiven Trend (0,2 cm pro Jahr), in den Jahren 1950 bis 1975 beträgt der Trend plus 1,70 cm pro Jahr. Die Auswertung des Zeitraumes der letzten 10 Jahre lässt einen geringfügig positiven Trend (0,6 cm pro Jahr) erkennen. Die Jahre 1920 bis 1950 weisen im Gegensatz dazu einen negativen Trend auf (-0,7 cm pro Jahr).

Weitere Trendentwicklungen entstehen durch anthropogene Einflüsse. Zum Beispiel sind im Betrachtungszeitraum, insbesondere in Sachsen, durch großflächigen Grundwasserwiederanstieg in Gebieten mit Braunkohlenbergbau positive Trendentwicklungen erkennbar. Desweiteren steigt das Grundwasser in den Gebieten an, in denen aufgrund des rückläufigen Wasserbedarfs der letzten zehn Jahre Wasserwerke in geringerem Umfang fördern bzw. ihre Förderung eingestellt haben.

Die Messstelle Liebertwolkwitz ist ein Beispiel für das Verhalten einer Messstelle mit flurnahem Grundwasserstand (Abb. 2.6). Hier werden direkt die meteorologisch bedingten Schwankungen des Grundwasserstands erkennbar.

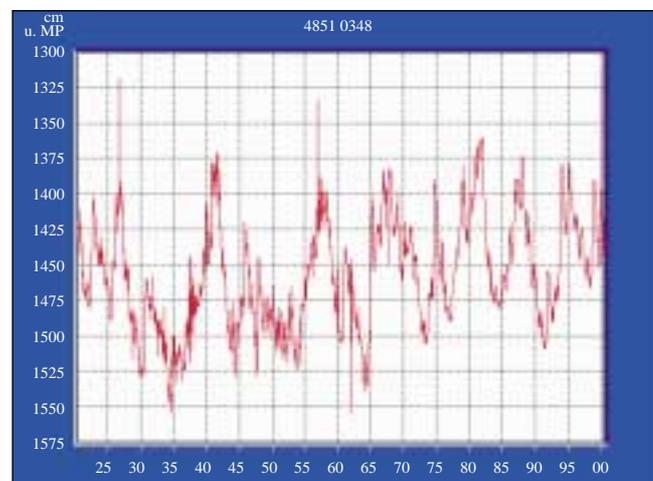


Abb. 2.5: Ganglinie der langjährigen Grundwasserstände der Messstelle Putzkau

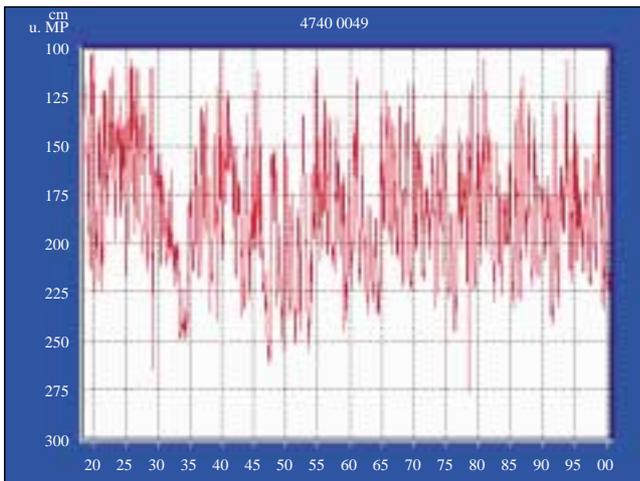


Abb. 2.6: Ganglinie der langjährigen Grundwasserstände der Messstelle Liebertwolkwitz

2.4 Sonderuntersuchungen

2.4.1 Überwachung der Grenzgewässer im Gebiet Kirnitzsch/Krinice-Hrensko

Bericht des StUFA Radebeul

Zur Kontrolle der Grundwasserstandsentwicklung im Bereich des Nationalparks Sächsische Schweiz erfolgte unter besonderer Beachtung der Grundwasserentnahme zur Trinkwasserversorgung in der Tschechischen Republik die Einrichtung eines Sondermessnetzes durch das Staatliche Umweltfachamt Radebeul.

Durch den Betrieb des Messnetzes und die Datenauswertung wurde im südlichen Teil des „Großen Zschand“ in der Hinteren Sächsischen Schweiz ein signifikantes Absinken des Grundwasserspiegels festgestellt.

Das Sondermessnetz „Kirnitzsch“ bildete in Verbindung mit der neu errichteten Grundwassermessstelle am „Großen Zschand“ (Abb. 2.7) eine wesentliche Grundlage für die Erarbeitung eines „Gutachtens zur Entwicklung und Prognose der Grundwasserdynamik im Gebiet Hinterhermsdorf und Hrensko“ (1997), mit dem Ergebnis, dass die Entwicklung der Grundwasserstände mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auf meteorogene Einflüsse zurückzuführen ist.

Anlässlich regelmäßiger Arbeitstreffen mit Vertretern der tschechischen Institutionen wurde in der Vergangenheit die Weiterführung der Datenerhebung und des Datenaustauschs zwischen den beauftragten Behörden bzw. Institutionen vereinbart und aktuell bestätigt.

Darauf aufbauend und im Auftrag der gemeinsamen Sachverständigengruppe für wasserwirtschaftliche Planung und Bilanzierung an den Grenzgewässern der Bundesrepublik

Deutschland und der tschechischen Republik ist durch das StUFA Radebeul die Koordinierungsvereinbarung im Raum Kirnitzsch/Krinice – Hrensko federführend zu bearbeiten. Der Entwurf dieser Koordinierungsvereinbarung ist bis zum Jahr 2002 vorzulegen.

Hierfür sind in erheblichem Umfang gewässerkundliche Daten zu erfassen, auszuwerten und zu dokumentieren. Diese gutachterliche Bearbeitung wird derzeit über Leistungen Dritter durch ein Fachunternehmen vorgenommen. Der Untersuchungsraum umfasst das Gebiet der Sächsisch-Böhmischen Schweiz östlich der Elbe und hier konkret das Einzugsgebiet des Grenzgewässers Kirnitzsch/Krinice zwischen Beginn der grenzbildenden Gewässerstrecke und Bad Schandau, einschließlich der Ortslagen Hinterhermsdorf (im Norden) und Hrensko/Kamenice (im Süden).

Im Fachteil Grundwasser soll beispielsweise die Beschreibung der hydrologisch-hydrogeologischen Verhältnisse mit einer Stichtagsmessung, der Erstellung von grundwasserleiterbezogenen Hydroisohypsenplänen und der Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung und -dynamik erfolgen. Probenahmen und Auswertung der Analyseergebnisse dienen der Zustandserfassung und Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit. Bestandteil der gutachterlichen Arbeiten sind außerdem eine aktuelle Grundwassernutzungsanalyse und Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen der Grundwasserüberwachung.

Maßgeblich sind die kritische Bewertung aller verfügbaren Daten und die direkte Zusammenarbeit mit den betroffenen Institutionen einschließlich der tschechischen Seite.

Im Ergebnis der Arbeiten ist zu erwarten, dass den zuständigen Behörden konkrete Schlussfolgerungen für den Schutz sowie die Koordinierung der weiteren Nutzung und Bewirtschaftung des Grund- und Oberflächenwassers im Beobachtungsgebiet möglich sind.

Kernstück der Präzisierung der Koordinierungsvereinbarung wird eine neue wasserwirtschaftliche Betrachtung der Nut-



Abb. 2.7: Grundwassermessstelle 1/95 am Großen Zschand

zungsmöglichkeiten und -restriktionen der Gewässer im Einzugsgebiet der Kirnitzsch (zwischen Staatsgrenze und Bad Schandau) unter umweltpolitischen Gesichtspunkten und bei strikter Beachtung der Belange der Nationalparke und Ökosysteme sein.

Neben den erforderlichen Festlegungen zum ökologisch begründeten oberirdischen Abfluss der Kirnitzsch/Krinice ist insbesondere der Schutz der Grundwasservorkommen in den Kreidesedimenten der Sächsischen und Böhmisches Schweiz vor anthropogenen Beeinträchtigungen Ziel der geplanten Vereinbarungen.

2.4.2 Deutsch-polnische Tagebaumessnetze

Auf der Grundlage des Deutsch-Polnischen Grenzgewässerungsvertrages vom 19. Mai 1992 arbeitet die Arbeitsgruppe W1 der deutsch-polnischen Grenzgewässerkommission unter anderem an der Beurteilung der grenzüberschreitenden Beeinflussung der Grundwasserabsenkung auf das jeweils andere Territorium. Es werden gemeinsame Messnetze Grundwasserstand aufgebaut, gemessen und die Ergebnisse bewertet. In Sachsen betrifft das auf deutscher Seite die Tagebaue Reichwalde/Nochten, Berzdorf und auf der polnischen Seite den Tagebau Turow. Das Messnetz enthält 147 Messstellen in denen zweimal im Jahr gemeinsam mit der polnischen Seite der Grundwasserstand gemessen wird.

Tagebaue Reichwalde/Nochten

Der Tagebau Reichwalde wird seit 1999 betriebsbereit gehalten. Es findet kein Tagebaufortschritt und kein Weiterbau der Entwässerungsanlagen in Vortriebsrichtung statt. Die Weiterführung des Tagebaus hängt von der Entwicklung auf dem Energiemarkt sowie dem damit verbundenen Bau des 2. Blockes in Boxberg ab und ist derzeit nicht absehbar.

Der Tagebau Nochten befindet sich zur Zeit in seiner geringsten Entfernung zur polnischen Grenze. In den nächsten Jahren wird er sich in nordwestlicher Richtung von der polnischen Grenze fortbewegen. Ab 2003 werden dann auch die der polnischen Seite nächstgelegenen Entwässerungsanlagen abschnittsweise zurückgebaut.

Die prognostizierte maximale Grundwasserabsenkung der beiden Tagebaue befindet sich etwa im Bereich der deutsch-polnischen Grenze, so dass mit einer Überschreitung der Grenze durch die Absenkung nicht zu rechnen ist.

Bisher wurden sieben gemeinsame Messungen an 36 Messstellen im deutsch-polnischen Grenzraum entlang der Lausitzer Neiße im Hangend- und Liegendgrundwasserbereich durchgeführt.

Eine Bewertung der Ergebnisse kann aufgrund der geringen Anzahl der Messungen noch nicht durchgeführt werden.

Tagebau Berzdorf

Im Tagebau Berzdorf wurde seit 1998 die Braunkohlenförderung eingestellt. Im Moment werden die Arbeiten zur Vorbereitung der Flutung des Tagebaus durchgeführt.

Für die gemeinsamen deutsch-polnischen Messungen stehen derzeit nur Messstellen auf deutscher Seite zur Verfügung. Auf polnischer Seite existieren nur Wirtschaftsbrunnen, die sich für das Messnetz nicht eignen. Die 13 Messstellen wurden bisher fünf mal gemeinsam gemessen.

Ähnlich wie im Gebiet Reichwalde/Nochten kann auch hier noch keine Bewertung der Ergebnisse vorgenommen werden.

Tagebau Turow

Der Abbau von Braunkohle im Raum Zittau/Turow ist bis in die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts belegt.

Der Tagebau Turow befindet sich in Polen auf einem Gebiet, das mit drei Seiten an Deutschland und die Tschechische Republik grenzt und nur über einen schmalen Verbindungstreifen zu Polen verfügt. Die Fläche wird etwa zur Hälfte vom Tagebau Turow in Anspruch genommen. Die Neiße bildet als Staatsgrenze auch die natürliche Abbaugrenze für den Tagebau Turow in westlicher Richtung. Auf deutscher Seite liegt der zur Gemeinde Hirschfelde gehörende Ort Drausendorf dem Tagebau am nächsten. Von dort bis zum westlichen Tagebaurand sind es nur wenige hundert Meter. Die Entfernung der Stadt Zittau zum Tagebau beträgt ebenfalls nur 2,5 km. Zittau ist mit mehr als 30.000 Einwohnern die mit Abstand größte Siedlung in der Region dicht am Tagebau.

Für den Betrieb des Braunkohlentagebaus muss das Grundwasser bis unter das unterste Flöz abgesenkt werden. Dabei entsteht ein Senkungstrichter für das Grundwasser, der je nach geologischen Randbedingungen weit über das Umfeld des Tagebaus hinausreicht. Mit der Grundwasserabsenkung sind Geländesetzungen verbunden, die bis in das Gebiet der Stadt Zittau reichen.

In den Jahren 1994 bis 1995 wurde im Auftrag des LfUG durch die Fa. G.E.O.S. Freiberg die Studie „Hydrogeologische, geotechnische und geodätische Untersuchungen im Raum Zittau/Turow“ erarbeitet. In dieser Studie wurden unter anderem die Absenkung des Grundwassers durch den Tagebaubetrieb sowie die Bodensetzungen untersucht. Seit 1997 werden die Grundwassermessungen gemeinsam mit der polnischen Seite durchgeführt und bewertet.

Die bisherigen Messungen haben ergeben, dass der Tagebau Turow deutsches Gebiet beeinflusst.

Das Messnetz, das gemeinsam mit der polnischen Seite gemessen und bewertet wird, besteht aus 98 Messstellen auf

deutscher und polnischer Seite. Für die Bewertung der Grundwassersituation im Grenzgebiet der Auswirkungen des Tagebaus Turow und der Auswirkungen des Restsees Olbersdorf werden zusätzliche Messungen unter anderem auch das Sondernetz der LMBV einbezogen.

Die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen zeigen folgende Ergebnisse:

- Die Grundwasserverhältnisse im quartären Grundwasserleiter und im Bereich des Oberflözes sind gegenwärtig quasistationär. Beispielhaft sind diese in Abb. 2.8 dargestellt.
- In den Horizonten der unteren Braunkohlenflöze findet nach wie vor eine Druckentspannung statt, die sich innerhalb des Kontrollzeitraums verlangsamte. Beispielhaft ist dies in Abb. 2.9 dargestellt.
- Im Grenzbereich zum bereits gefluteten Tagebau Olbersdorf zeigt sich, dass hier bisher der erwartete Druckanstieg in den tertiären Schichten ausblieb. Eine Auswirkung des Wiederanstiegs Olbersdorf auf die Grundwasserabsenkung Turow ist derzeit nicht festzustellen.

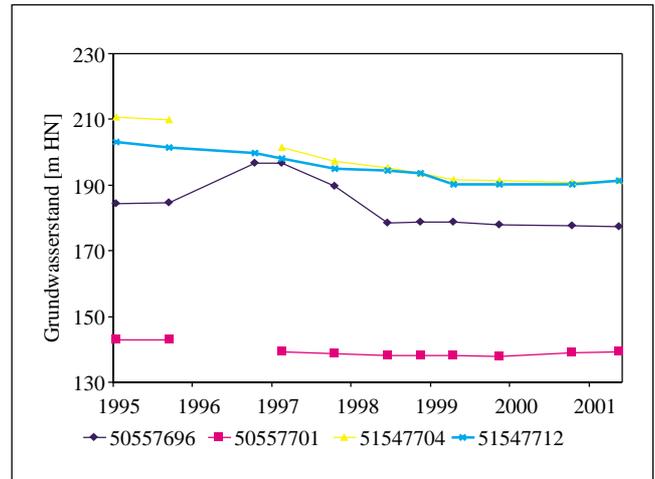


Abb. 2.9: Grundwasserverhältnisse im Bereich des unteren Braunkohlenflözes

Trotz der weiteren Vertiefung des Tagesbaus haben sich die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf deutsches Gebiet verringert. Grund dafür ist unter anderem eine veränderte Grundwasserhaltung auf polnischer Seite.

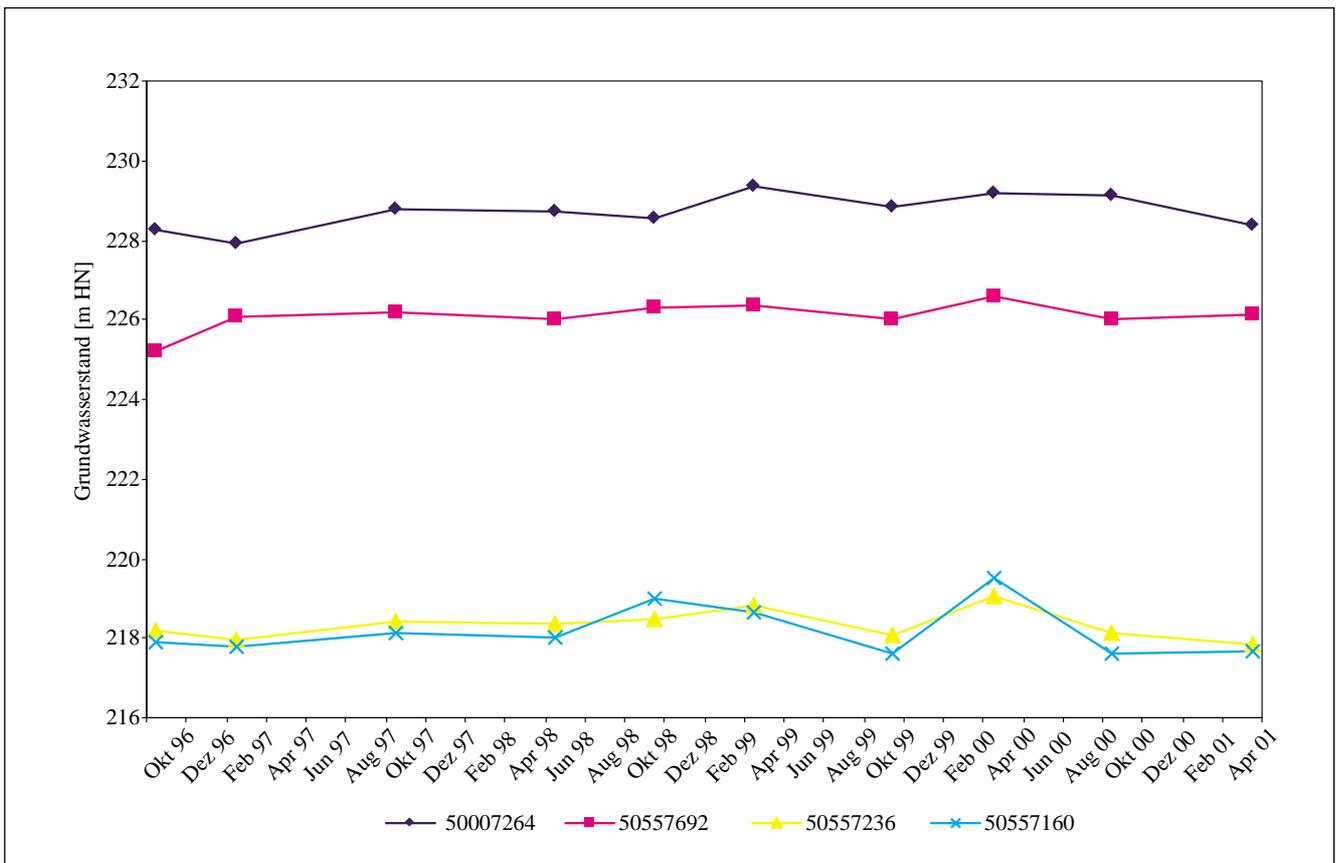


Abb. 2.8: Grundwasserverhältnisse im quartären Grundwasserleiterbereich

3 Grundwasserverhältnisse Beschaffenheit

3.1 Datengrundlage

In die Auswertung wurden folgende Untersuchungsergebnisse einbezogen:

1. Grundmessnetz Beschaffenheit
Die Messstellen werden jährlich zweimal beprobt. Probennahme und Analytik erfolgen nach den gleichen Kriterien.
– 118 Messstellen für 1996 bis 2000
2. Sondermessnetz Landwirtschaft
Die Messstellen werden jährlich zweimal beprobt. Probennahme und Analytik erfolgen nach den gleichen Kriterien wie beim Grundmessnetz.
– 61 Messstellen für 1998 bis 2000
3. 592 Messstellen der Wasserversorgungsunternehmen
Die Messwerte werden durch die Wasserversorgungsunternehmen in Listen übergeben. Im Landesamt erfolgt die UIS-gerechte Umschlüsselung der Angaben und es werden die Analysenergebnisse in der Datenbank erfasst. Der Datenspeicher enthält die übergebenen Messergebnisse bis 2000. In der Mehrzahl der Fälle liegen die Ergebnisse für Nitrat als Jahresmittelwert vor.
4. Quellmessnetz der Landesanstalt für Forsten
– 5 Messstellen
5. Sondermessnetz Versauerung
– 8 Messstellen für 1994 bis 1999

3.2 Nitratbelastung

Durch die massive Einflussnahme des Menschen auf den Stickstoffhaushalt von Lithosphäre (Einsatz von Kunstdüngern), Atmosphäre (Eintrag von Stickoxiden infolge Verbrennung fossiler Brennstoffe; Ammoniak eintrag bei der Massentierhaltung) und Hydrosphäre (Abwassereinleitung) wurde und wird der natürliche Stickstoffkreislauf nachhaltig gestört. Es kommt dabei auch zur unerwünschten Anreicherung des Stickstoffs im Grundwasser.

So stellt die Nitratbelastung des Grundwassers in vielen Gebieten ein anhaltendes Problem dar.

Das Nitrat gelangt dabei auf verschiedenen Wegen in den Boden und das Grundwasser:

- atmosphärische Deposition (nass, trocken)
- Freisetzen beim Abbau stickstoffhaltiger organischer Substanz als oxidatives Endprodukt z. B. von Gülle, Stallmist, Stroh aber auch Grün- und Wurzelmasse u.a.

- Nitrifikation anorganischer Stickstoffverbindungen (Harnstoff-, Kalkstickstoffdünger u.a.)
- mineralische Düngung in Form von Nitrat

Haupteintragspfad ist die landwirtschaftliche Flächennutzung.

Inwieweit der aufgebrauchte Stickstoff oder die Einträge aus der Luft zu einer Beeinflussung der Grundwasserqualität führen, ist abhängig von

- Applikationsmenge und -häufigkeit,
- Applikationszeit,
- Bodenart,
- Sickerwassermenge,
- hydrogeologischen Verhältnissen,
- klimatischen Verhältnissen und
- Bodennutzung/Fruchtfolgen.

Der Nitratgehalt des unbeeinflussten, oberflächennahen Grundwassers beträgt in der Regel weniger als 5 mg/l (Lfw 1992). In SCHENK (1992) wird ein Gehalt bis zu 30 mg/l NO₃ angegeben.

3.2.1 Messstellen

Zur Bewertung der Grundwasserverhältnisse wurden die Daten des Grundmessnetzes, des Sondermessnetzes Landwirtschaft und Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen herangezogen.

Die Datenlieferung der Wasserversorgungsunternehmen erfolgt auf freiwilliger Basis und ist durch Verträge zwischen dem Landesamt für Umwelt und Geologie und den einzelnen Wasserversorgungsunternehmen geregelt. Im allgemeinen werden die Ergebnisse der Rohwasseranalysen übergeben. Die Datenlieferung ist rückläufig. Die übergebenen Messstellen wechseln häufig, so dass Trendaussagen nur in Einzelfällen möglich sind.

Für die Auswertung zur Entwicklung der Nitratbelastung wurden für den Zeitraum 1996 – 2000 aus dem Grundmessnetz 45 Messstellen ausgewählt. Voraussetzung für die Auswahl der Messstellen war das Vorhandensein mindestens einer Analyse pro Jahr. Wurden mehrere Probennahmen durchgeführt, so bildete der Mittelwert pro Jahr die Grundlage für die Zuordnung der Messstelle zu einer Beschaffenheitsgruppe.

Eine Trendanalyse für Einzelfälle wurde an 107 Messstellen durchgeführt.

3.2.2 Allgemeine Situation

Die Auswertung des Grundmessnetzes zeigt, dass bei 20 Messstellen (12,6 %) der Grenzwert der TrinkWV überschritten wird. Davon weisen 7 Messstellen (7,4 %) eine

starke Belastung auf. Die Nitratgehalte liegen bei diesen Messstellen über 90 mg/l (Tab. 3.1).

An den Messstellen der Wasserversorgungsunternehmen stellt sich die Situation nicht so problematisch dar. Bei 9 % der übermittelten Werte liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert der TrinkWV. Messstellen mit einem Nitratgehalt über 90 mg/l wurden für das Jahr 2000 nur in einem Fall gemeldet. Auch die regionale Verteilung der Belastungsschwerpunkte unterscheidet sich etwas von den Aussagen aus dem Grundmessnetz. Hier ist aber zu berücksichtigen, dass nicht alle Zweckverbände in gleichem Umfang Untersuchungsergebnisse an das Landesamt liefern. Der Norden und Nordosten des Regierungsbezirkes Leipzig werden im Verhältnis durch Messstellen der Wasserversorger unterrepräsentiert. Die Auswertungen in Tab. 3.2 geben keinen Hinweis auf die Beschaffenheit des Trinkwassers, da es sich hierbei um Rohwasseranalysen handelt..

Aus der Auswertung aller zur Verfügung stehenden Untersuchungsergebnisse wird deutlich, dass sich hochbelastete Messstellen mit Nitratwerten über 90 mg/l überwiegend in ländlichen Gemeinden bzw. Gemüse- und Obstanbaugebieten befinden. Messstellen mit einer Nitratbelastung von 50 bis 90 mg/l liegen meist in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten. In der Regel handelt es sich um Messstellen im oberflächennahen, unbedeckten Grundwasserleiter.

Regional betrachtet bilden die Kreise Meißen, Kamenz und Riesa-Großenhain (Teil Großenhain) im Regierungsbezirk Dresden sowie der Muldentalkreis im Regierungsbezirk Leip-

zig die Schwerpunktgebiete der Nitratbelastung. Auffällig hohe Werte werden auch im Westteil des Kreises Mittweida (Regierungsbezirk Chemnitz) gemessen. Allgemein sind die Flachfassungen in der Verwitterungszone des Festgesteins durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung im Regierungsbezirk Chemnitz als gefährdet bzw. belastet einzuschätzen. Dagegen spielt die Nitratbelastung in den Tiefbrunnen der Gebirge bisher nur eine untergeordnete Rolle. Ebenfalls niedrige Konzentrationen zeigen die Gebiete im Osten Sachsens, insbesondere im Niederschlesischen Oberlausitzkreis.

Eine kartenmäßige Darstellung der Untersuchungsergebnisse 2000 für die Messstellen des Grundmessnetzes, des Sondermessnetzes Landwirtschaft und der Wasserversorgungsunternehmen gibt die Anlage 7.

Wie wichtig es ist, die genaue Entnahmetiefe einer Grundwasserprobe zu kennen und eine einmal festgelegte Entnahmetiefe auch bei den folgenden Probennahmen beizubehalten, zeigt die Abb. 3.1.

3.2.3 Langjährige Entwicklung

Vergleicht man die Ergebnisse aus Tab. 3.1 mit der entsprechenden Auswertung, die im „Bericht zur Grundwassersituation 1993 – 1994“ für 60 Messstellen durchgeführt wurde (LfUG 1995), könnte man auf eine Verschlechterung der Situation schließen (vgl. Tab. 3.3).

Diese Schlussfolgerung wäre jedoch voreilig, wie aus der Abb. 3.2 deutlich wird. Um Aussagen zur Entwicklung über

Tab. 3.1: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000

| Grad der Belastung | Nitratgehalt [mg/l] | Anzahl der Messstellen | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Chemnitz | Dresden | Leipzig | gesamt |
| unbeeinflusst | < 10 | 9 | 15 | 12 | 36 |
| weitgehend unbeeinflusst gefährdet | 10 – 25 | 9 | 7 | 5 | 21 |
| | 25 – 50 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| belastet stark belastet | 50 – 90 | 3 | 2 | 8 | 13 |
| | > 90 | | 2 | 5 | 7 |
| Summe Messstellen. | | 27 | 32 | 36 | 95 |

Tab. 3.2: Nitratbelastung an den Messstellen der Wasserversorgungsunternehmen für 2000

| Grad der Belastung | Nitratgehalt [mg/l] | Anzahl der Messstellen | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| | | Chemnitz | Dresden | Leipzig | gesamt |
| unbeeinflusst | < 10 | 91 | 44 | 69 | 204 |
| weitgehend unbeeinflusst gefährdet | 10 – 25 | 93 | 57 | 30 | 180 |
| | 25 – 50 | 85 | 43 | 34 | 162 |
| belastet stark belastet | 50 – 90 | 18 | 19 | 8 | 45 |
| | > 90 | - | 1 | | 1 |
| Summe Messstellen. | | 287 | 164 | 141 | 592 |

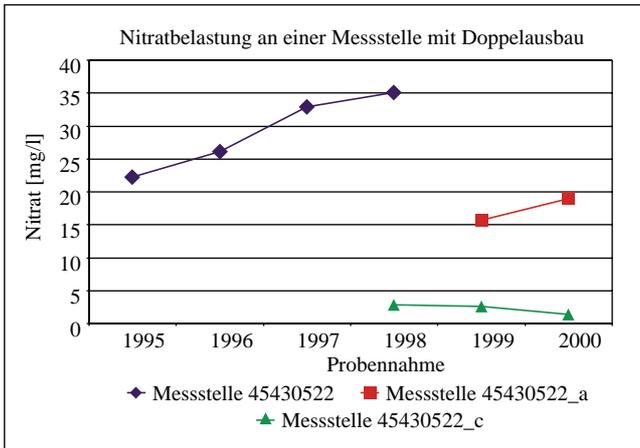


Abb. 3.1: Nitratbelastung an einer Messstelle mit Dreifachausbau

einen längeren Zeitraum zu gewinnen, ist es erforderlich, nur die Messstellen auszuwählen, die im gesamten Zeitabschnitt untersucht worden sind. Dieser Bedingung genügen die Messstellen aus Abb. 3.2.

Wie die Abb. 3.2 und 3.3 zeigen, weist die zeitliche Entwicklung der Nitratsituation keinen eindeutigen Trend auf. Ein direkter Vergleich zwischen den Aussagen der Tab. 3.3 und denen aus Abb. 3.2 ist jedoch nicht möglich, weil die Messstellengruppen inkonsistent sind.

Zur Bestimmung der Tendenz wurde für jede der insgesamt 107 Messstellen über lineare Regression eine Ausgleichsgerade für die gemessenen Nitratgehalte berechnet. Die Trendberechnung wurde mit dem Programm STYX durchgeführt. Der ermittelte Trend wurde in die folgenden Klassen unterteilt:

- > 6 mg/(l*a) stark steigend
- > 1,5 bis 6 mg/(l*a) steigend
- 1,5 bis 1,5 mg/(l*a) gleichbleibend
- < - 1,5 bis - 6 mg/(l*a) fallend
- < - 6 mg/(l*a) stark fallend

Wie aus Abb. 3.3 ersichtlich ist, sind die meisten Messstellen der Klasse „gleichbleibend“ zuzuordnen. Allerdings ist das Schwankungsverhalten ohne Trend bei den Messstellen

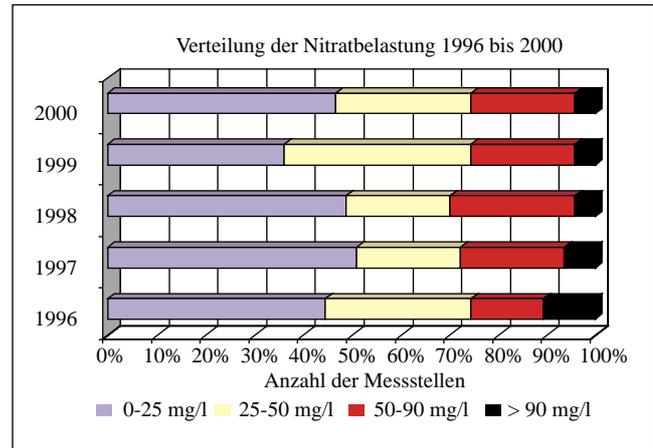


Abb. 3.2: Entwicklung der Nitratbelastung 1996 bis 2000 an 45 Messstellen des Grundmessnetzes

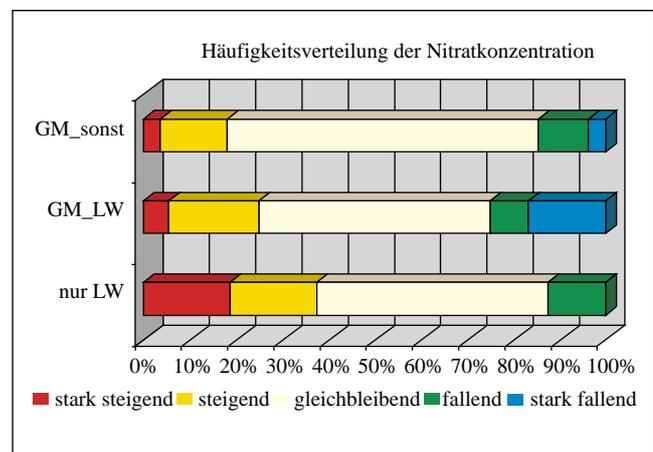


Abb. 3.3: Häufigkeitsverteilung der Tendenzen für die Nitratkonzentrationen im Zeitraum 1995 bis 2000 für 107 Messstellen

des Grundmessnetzes ohne landwirtschaftliche Flächennutzung ausgeprägter als bei den Landwirtschaftsmessstellen. Der Anteil der Messstellen mit steigendem bis stark steigendem Trend ist bei Messstellen aus dem Sondermessnetz Landwirtschaft mit 37,5 % am höchsten. Demgegenüber weisen nur 12,5 % der Messstellen dieses Messnetzes einen fallenden Trend auf.

Tab. 3.3: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes 1993 bis 1994 (aus LfUG 1995)

| Grad der Belastung | Nitratgehalt [mg/l] | Anzahl der Messstellen | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Chemnitz | Dresden | Leipzig | gesamt |
| unbeeinflusst | < 10 | 4 | 9 | 7 | 20 |
| weitgehend unbeeinflusst | 10 – 25 | 7 | 5 | 1 | 13 |
| | 25 – 50 | 9 | 9 | 2 | 20 |
| belastet | 50 – 90 | 2 | 1 | – | 2 |
| stark belastet | > 90 | - | 3 | 1 | 4 |
| Summe Messstellen | | 22 | 27 | 11 | 60 |

Abb. 3.4 dokumentiert die Nitratganglinien für drei Messstellen aus verschiedenen Bewirtschaftungsgebieten. Die beiden belasteten Messstellen mit ihrem hohen Schwankungsverhalten belegen anschaulich die Notwendigkeit langjähriger Beobachtungsreihen. Der Nitrataustrag ins Grundwasser wird neben den natürlichen Standortbedingungen stark von der ständig wechselnden Flächenbewirtschaftung und den sich ändernden klimatischen und hydrologischen Bedingungen beeinflusst. Die Stickstoffüberhänge aus der Stickstoffbilanz werden oft weder im Jahr ihrer Entstehung noch im Folgejahr ausgewaschen. Die Auswaschung dieser von den Pflanzen ungenutzten Stickstoffrestmengen ist stark an die Abfolge feuchter und trockener Jahre gebunden. (LfUG, LfL und LfF, 2001)

3.3 PSM-Belastung

Pflanzenschutzmittel werden schon seit Jahrzehnten in der Land- und Forstwirtschaft, im Obst-/Gemüse- und Weinbau sowie die Totalherbizide bei der Entkrautung von Frei- und Verkehrsflächen angewendet. Nach STAN, FUHRMANN (2001) werden in Deutschland jährlich rund 28.000 – 31.000 t Pflanzenschutzmittel abgesetzt. Dabei entfallen 55 % auf Herbizide (vor allem im Getreideanbau), 30 % auf Fungizide (Obst-, Wein- und Kartoffelanbau) und 4 % auf Insektizide (besonders bei Obst, Wein, Hopfen). Die restlichen 11 % setzen sich aus verschiedenen PSM-Gruppen zusammen, die

nur in geringem Umfang zum Einsatz gelangen, wie z. B. die Bakterizide.

Bei der Anwendung von PSM gelangen insbesondere die Herbizide je nach Vegetationsdichte und Anwendungsart in mehr oder weniger großem Umfang auf und in den Boden. Wirkstoffe mit einer großen Persistenz können bei entsprechend hohen Aufbringungsraten zu einer Kontamination des Bodens führen. Besitzen die Wirkstoffe eine gute Wasserlöslichkeit und Mobilität, können sie unter bestimmten bodenkundlichen und hydrogeologischen Gegebenheiten mit dem Sickerwasser bis in das Grundwasser gelangen. Wie tief eine Kontaminationsfront im Bodenprofil vordringt und wie hoch gegebenenfalls die PSM-Einträge in das Grundwasser sind, hängt neben den Stoffeigenschaften auch wesentlich von den Bodeneigenschaften und den Witterungsbedingungen ab. Ein weiterer Eintragspfad in das Grundwasser sind die Oberflächengewässer.

Als Grenzwert für Einzelstoffe legt die TrinkWV 0,1 µg/l fest. In der Summe dürfen die Gehalte an PSM 0,5 µg/l nicht überschreiten.

3.3.1 Messstellen

Die zur Beurteilung der PSM-Belastung des Grundwassers herangezogenen Grundwasserproben stammen aus

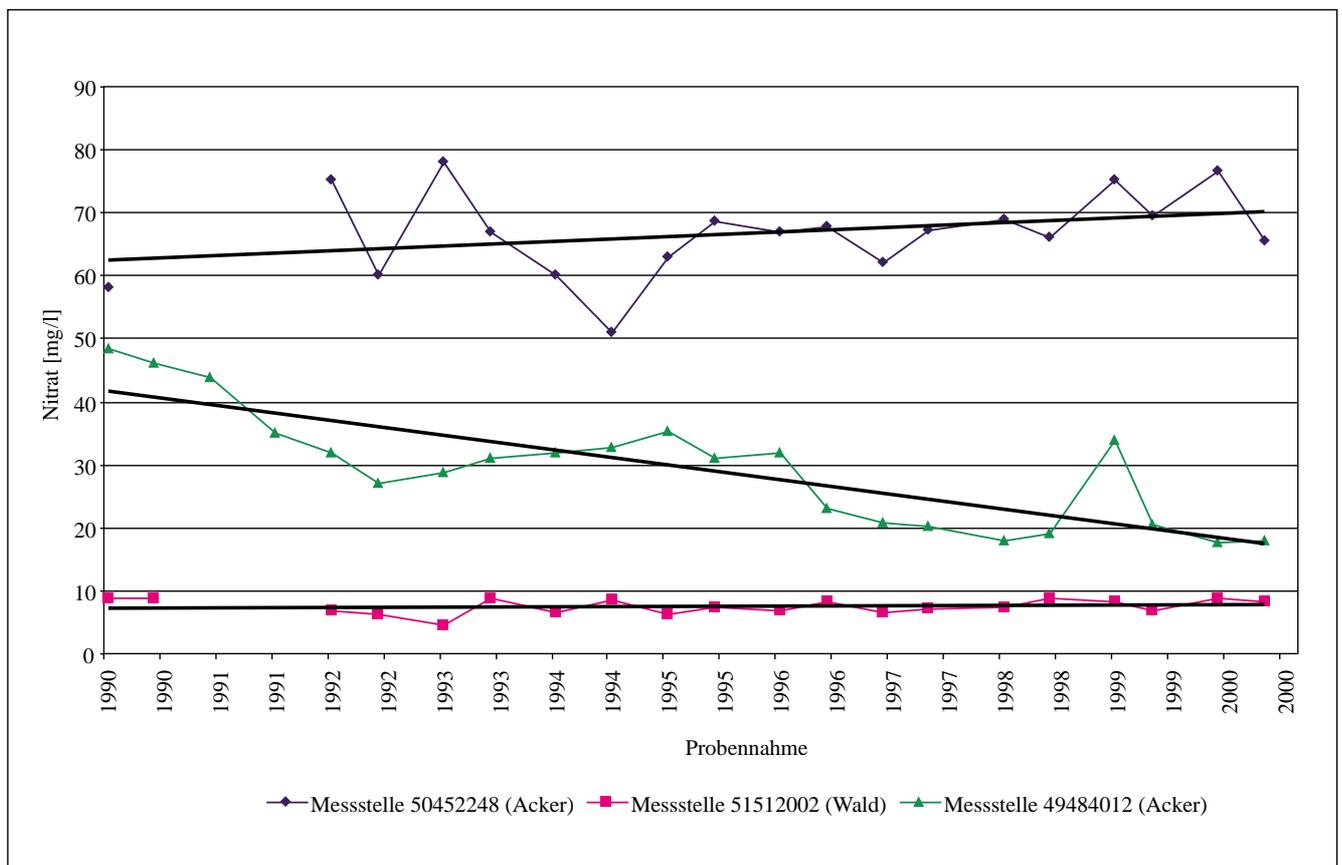


Abb. 3.4: Nitratentwicklung an drei ausgewählten Messstellen

- 95 Grundwassermessstellen des Grundmessnetzes
- 77 Grundwassermessstellen aus Sondermessnetzen
- 218 Rohwasserentnahmestellen der Wasserversorgungsunternehmen

In die Trendauswertung wurden einbezogen:

- 83 Grundwassermessstellen des Grundmessnetzes
- 18 Grundwassermessstellen des Sondermessnetzes Landwirtschaft

Voraussetzung für die Auswahl der Messstellen war das Vorhandensein mindestens einer Analyse pro Jahr. Für die Zuordnung der Messstelle zu einer Beschaffenheitsgruppe wurde die höchste Einzelsubstanzkonzentration herangezogen.

Insgesamt liegen Untersuchungsergebnisse für 89 verschiedene Parameter vor.

3.3.2 Allgemeine Situation

Gegenwärtig sind in Deutschland ca. 250 PSM-Wirkstoffe zugelassen, die in über 1000 verschiedenen Präparaten zum Einsatz kommen (LfL 2001). Aus dieser umfangreichen Liste wurde ein Parameterkatalog erarbeitet, der neben aktuell zugelassenen, auch grundwasserrelevante PSM mit ausgelaufener Zulassung und Metabolite umfasst. Es wurden 37 Parameter in diesem Katalog festgelegt. Grundlage für die Auswahl waren:

- Empfehlungen des BGA zum Vollzug der TrinkWV
- Auswertungen des UBA
- Auskünfte der Landesanstalt für Landwirtschaft (betrifft im wesentlichen die bis 1990 eingesetzten Wirkstoffe)
- Auswertungen der Wasserversorgungsunternehmen
- Ergebnisse von Untersuchungen aus dem Oberflächenwasser

Eine großräumige Übersicht über die Beeinflussung des Grundwassers durch PSM gibt die Anlage 8. In der Karte sind die höchsten Einzelsubstanzkonzentrationen der zuletzt entnommenen Grundwasserprobe für den Zeitraum 1996 bis 2000 dargestellt. Belastungen treten insbesondere in den Kreisen Meißen, Riesa-Großenhain, Muldentalkreis und Leipzig-Land auf. Die Belastungen im Kreis Delitzsch entstammen in 3 Fällen einer lokalen Sonderuntersuchung.

Die regionale Verteilung der Belastung hat sich demnach gegenüber der Situation 1990 bis 1993 nicht verändert. Allerdings ist die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen seit 1993 deutlich gesunken. Wurden für den Zeitraum 1990 bis 1993 12,5 % der Messstellen als belastet bis stark belastet gemeldet, sind es für den Zeitraum 1996 bis 2000 nur noch 5,9 %.

Wie sich die einzelnen PSM-Befunde insgesamt auf die Messstellen des Grundmessnetzes verteilen, zeigt die

Abb. 3.5. Für die Bewertung der Messergebnisse wurden fünf Gruppen gebildet.

1. unbeeinflusste Messstellen
= Werte unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze
2. weitgehend unbeeinflusste Messstellen
= PSM-Gehalte $\leq 0,05 \mu\text{g/l}$
3. gefährdete Messstellen
= PSM-Gehalte $> 0,05$ und $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$
4. belastete Messstellen
= PSM-Gehalte $> 0,1$ und $\leq 0,5 \mu\text{g/l}$
5. stark belastete Messstellen
= PSM-Gehalte $> 0,5 \mu\text{g/l}$

Es werden nicht nur die Messstellen als unbeeinflusst eingestuft, für die kein qualitativer Nachweis erbracht wurde (Messstellen unterhalb der Nachweisgrenze). Es werden auch die Messstellen in die Gruppe „unbeeinflusst“ eingeordnet, bei denen die Substanzen zwar qualitativ ermittelt, ihre Gehalte aber nicht mehr statistisch gesichert quantifiziert werden konnten (Messstellen unterhalb der Bestimmungsgrenze). Maßgebend für die Gruppenzuordnung einer Messstelle war der jeweils höchste gemessene Einzelsubstanzwert für das Jahr 2000.

An sieben Messstellen des Grundmessnetzes (fünf im Regierungsbezirk Leipzig, zwei im Regierungsbezirk Dresden) wurden PSM-Gehalte über dem Grenzwert der TrinkWV

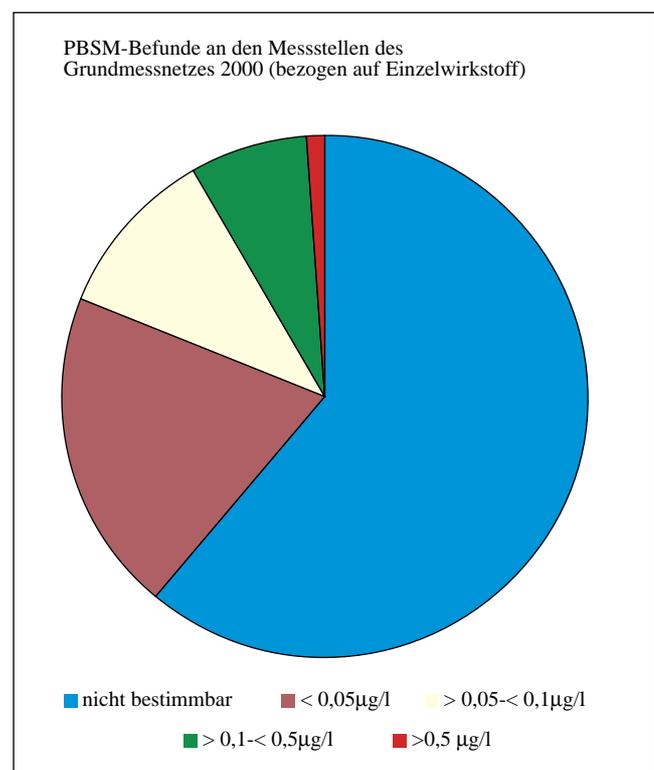


Abb. 3.5: Häufigkeitsverteilung der PSM-Befunde an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000

Tab. 3.4: Auswertung der PSM-Untersuchungen für alle dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie vorliegenden Messungen für den Zeitraum 1996 bis 2000

| Regierungsbezirk | Anzahl Messstellen 1996 – 2000 | | | | |
|------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------|---------------|----------|
| | insgesamt | davon mit gemessener PSM-Menge (µg/l) | | | |
| | | nn | ≤ 0,1 | > 0,1 bis ≤ 1 | > 1 |
| Chemnitz | 109 | 1 | 106 | 2 | – |
| Dresden | 166 | 44 | 111 | 10 | 1 |
| Leipzig | 114 | 44 | 60 | 6 | 4 |
| Sachsen | 389 | 89 | 277 | 18 | 5 |

beobachtet. Fünf dieser Messstellen (vier im Regierungsbezirk Leipzig, eine im Regierungsbezirk Dresden) sind schon über Jahre mit PSM belastet. An den zwei übrigen Messstellen wurden die hohen Werte erst ein- bzw. zweimal festgestellt.

Betrachtet man die Zusammenstellung aller von 1996 bis 2000 im Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie vorliegenden PSM-Befunde (vgl. Tab. 3.4), so ist in den Regierungsbezirken Dresden und Leipzig die Situation etwa vergleichbar. Im Regierungsbezirk Chemnitz ist die Einhaltung des Trinkwassergrenzwertes weniger problematisch.

Auffällig in Tab. 3.4 ist die hohe Anzahl der Messstellen mit PSM-Gehalten $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$. Die Gruppenbildung erfolgte auf der Grundlage der Bestimmungsgrenzen der Labore der Wasserversorgungsunternehmen, die in der Mehrzahl der Fälle nur zwischen Ergebnissen $< 0,1 \mu\text{g/l}$ und Absolutangaben, die über dem Grenzwert liegen, unterscheiden. Eine Untergliederung der Messstellen mit Werten bis $0,1 \mu\text{g/l}$ in unbeeinflusst, weitgehend unbeeinflusst und gefährdet ist daher nicht möglich.

Eine Information, welche PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte im Zeitraum 1996 bis 2000 untersucht und welche Gehalte für die einzelnen Substanzen gemessen worden sind, gibt die Anlage 9. Einen Auszug aus dieser Tabelle, der die wichtigsten PSM und Metabolite zusammenfasst, zeigt Tab. 3.5.

Die Untersuchungsergebnisse bis 1993 zeigten Grenzwertüberschreitungen in erster Linie bei den Triazinen. Angeführt wurde die Wirkstoffliste von Simazin, gefolgt von Atrazin und Desethylatrazin. Daher wurden diese 3 Stoffe neben Propazin, Desethylatrazin und Sebutylazin in den folgenden Jahren besonders häufig untersucht.

Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass der Wirkstoff Simazin nach wie vor die meisten Positivbefunde aufweist. Auch die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen ist nach wie vor bei Simazin am höchsten. Gegenüber dem Zeitraum 1990 bis 1993 ist eine Reduzierung der Grenzwertüberschreitungen um 51 % zu verzeichnen. Simazin wurde in der DDR oft als

Ausweichwirkstoff für Atrazin eingesetzt, da atrazinhaltige Präparate nur schwer im Handel erhältlich waren.

Unmittelbar nach Simazin steht Atrazin in der „Wirkstoffliste“. Die Anzahl und auch die Höhe der Grenzwertüberschreitungen sind jedoch deutlich zurückgegangen. Der Rückgang der Grenzwertüberschreitungen liegt hier sogar bei 85,7 %. Atrazin-Gehalte über $1,0 \mu\text{g/l}$ wurden seit 1996 nicht mehr beobachtet.

An dritter Stelle der Positivbefunde stehen Desethylatrazin und Terbutylazin. Die Wirkstoffgehalte sind aber beim Desethylatrazin höher. An einer Messstelle wurden Gehalte über $1,0 \mu\text{g/l}$ gemessen.

Auffällig an der Wirkstoffstatistik ist die offensichtlich zunehmende Bedeutung des Desisopropylatrazins.

Der Rückgang der Positivbefunde bei Atrazin und Simazin wird seit einiger Zeit erwartet. Atrazin ist seit März 1991 mit einem Anwendungsverbot belegt (Ausnahmeregelung für die neuen Bundesländer bis Dezember 1992). Für Simazin ist im Sommer 2000 die Zulassung ausgelaufen. Ein konkretes Anwendungsverbot wurde jedoch nicht ausgesprochen. Ein Einsatz von Simazin erfolgt gegenwärtig kaum noch, da die simazinhaltigen Präparate zwar preisgünstig aber weniger wirksam als vergleichbare sonstige Produkte sind (LfL 2001). Es werden demnach unverbrauchte Überhänge bzw. deren Abbauprodukte ausgewaschen. Aus diesem Grund wächst auch der Anteil von Desethylatrazin und Desisopropylatrazin an den Positivbefunden. Die unverbrauchten Atrazin- und Simazinreste werden zum Teil ausgewaschen, zum großen Teil aber nach und nach im Boden abgebaut. Desethylatrazin ist ein Abbauprodukt des Atrazins. Desisopropylatrazin entsteht sowohl durch den Abbau von Atrazin als auch von Simazin.

Bei einer weiteren Betrachtung der Wirkstoffstatistik fallen Dichlorprop, Hexazinon und Bentazon auf. Bei diesen drei Wirkstoffen waren bis 1993 keine Positivbefunde bekannt. Allerdings lagen dem LfUG bis zu diesem Zeitpunkt nur Analysenergebnisse für Hexazinon vor. Alle drei Wirkstoffe sind Bestandteil des Untersuchungsprogramms des Landes-

Tab. 3.5: Auszug aus der PSM-Wirkstoffstatistik von 1996 bis 2000 für alle dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie vorliegenden Einzelstoffmessungen

| Wirkstoff/Metabolit | Anzahl der insgesamt untersuchten Messstellen |
|---------------------|---|
| Atrazin | 379 |
| Simazin | 378 |
| Propazin | 377 |
| Desethylatrazin | 371 |
| Sebutylazin | 367 |
| Terbutylazin | 363 |
| HCH, alpha | 349 |
| HCH, beta | 347 |
| HCH, gamma (Lindan) | 347 |
| Hexachlorbenzen | 347 |
| o,p-DDT | 347 |
| p,p-DDE | 347 |
| p,p-DDT | 347 |

Positivbefunde ≤ 0,1 µg/l

| Wirkstoff/Metabolit | ≤ 0,1µg/l | |
|---------------------|--------------------------------|------|
| | Anzahl der Messstellen absolut | [%] |
| Atrazin | 281 | 74,1 |
| Simazin | 274 | 72,5 |
| Propazin | 269 | 71,4 |
| Desethylatrazin | 265 | 71,4 |
| Terbutylazin | 263 | 72,5 |
| Sebutylazin | 254 | 69,2 |
| HCH, gamma (Lindan) | 245 | 70,6 |
| p,p-DDE | 244 | 70,3 |
| HCH, alpha | 243 | 69,6 |
| HCH, beta | 243 | 70,0 |

Positivbefunde 0,1 bis ≤ 1,0 µg/l

| Wirkstoff/Metabolit | 0,1 bis ≤ 1,0 µg/l | |
|---------------------|--------------------------------|-----|
| | Anzahl der Messstellen absolut | [%] |
| Simazin | 11 | 2,9 |
| Desisopropylatrazin | 7 | 2,5 |
| Atrazin | 3 | 0,8 |
| Desethylatrazin | 3 | 0,8 |
| Dichlorprop | 3 | 1,1 |
| Hexazinon | 3 | 0,9 |
| o,p-DDT | 3 | 0,9 |
| Propazin | 3 | 0,8 |
| Bentazon | 2 | 0,8 |
| HCH, alpha | 2 | 0,6 |

Positivbefunde > 1,0 µg/l

| Wirkstoff/Metabolit | > 1,0 µg/l | |
|---------------------|--------------------------------|-----|
| | Anzahl der Messstellen absolut | [%] |
| HCH, delta | 3 | 1,1 |
| HCH, beta | 2 | 0,6 |
| Desethylatrazin | 1 | 0,3 |
| Desisopropylatrazin | 1 | 0,4 |
| Endosulfan, alpha | 1 | 0,6 |
| HCH, alpha | 1 | 0,3 |
| HCH, gamma (Lindan) | 1 | 0,3 |
| Sebutylazin | 1 | 0,3 |

amtes. Ein Vergleich mit der Liste der insgesamt untersuchten Messstellen zeigt, dass den drei Parametern im Vergleich zu ihren Grenzwertüberschreitungen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Wasserversorgungsunternehmen sollten daher prüfen, ob Präparate, welche Dichlorprop, Hexazinon bzw. Bentazon enthalten, in ihren Trinkwasserschutzgebieten zum Einsatz kommen und ggf. die drei Parameter in ihrem Analysenspektrum ergänzen.

3.3.3 Langjährige Entwicklung

Zur Bestimmung der Tendenz wurde wie bei der Nitratbewertung vorgegangen. Für jede der insgesamt 101 Messstellen aus dem Grundmessnetz und dem Sondermessnetz Landwirtschaft wurde über lineare Regression eine Ausgleichsgerade für die gemessenen Atrazin- bzw. Desethylatrazingehalte berechnet. Die Anstiege dieser Ausgleichsgeraden wurden wie folgt in Klassen eingeteilt und einer Tendenzbezeichnung zugeordnet:

- > 20 ng/(l*a) stark steigend
- > 5 bis 20 ng/(l*a) steigend
- 5 bis 5 ng/(l*a) gleichbleibend
- < - 5 bis - 20ng/(l*a) fallend
- < -20 ng/(l*a) stark fallend

Über 90 % der Messstellen zeigen weder für Atrazin noch für Desethylatrazin einen Trend. Die Anzahl der Messstellen mit fallendem bis stark fallendem Trend ist deutlich höher als die der Messstellen mit steigenden Gehalten (Abb. 3.6).

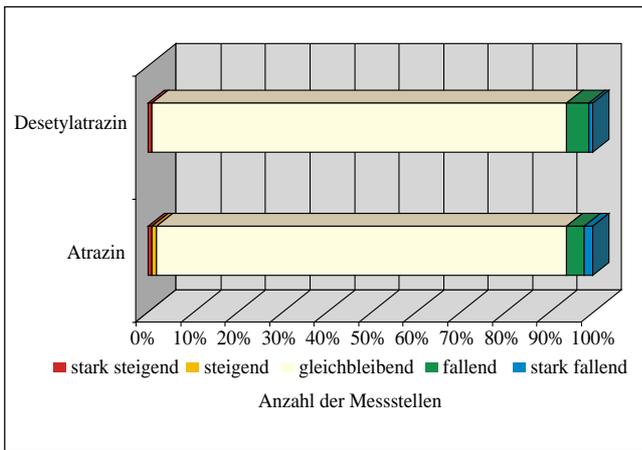


Abb. 3.6: Häufigkeitsverteilung der Tendenzen für die Konzentrationen an Atrazin und Desethylatrazin im Zeitraum 1992 bis 2000 für 101 Messstellen

3.4 Sulfatbelastung

Schwefel liegt in der Liste der häufigsten Elemente der Erdkruste an 13. Stelle zwischen Mangan und Stickstoff.

In der Pedosphäre bzw. Lithosphäre tritt Schwefel vorwiegend als Sulfid und Sulfat in verschiedenen Mineralien (z. B. Pyrit FeS_2 , Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) sowohl in Magmatiten als auch in Metamorphiten und Sedimenten auf. In der Hydrosphäre stellt das Sulfat die wichtigste Schwefelform dar (DVWK 1996).

Als weitere Formen des Schwefels sind neben SO_4^{2-} auch H_2S , HS^- und S^{2-} im Grundwasser in geringeren Konzentrationen enthalten, wobei ihre Konzentration pH-wertabhängig ist. Der Eintrag in das Grundwasser erfolgt über Auswaschung aus dem Boden (ca. 20 – 120 kg Sulfat pro ha und a).

Der Hintergrundwert eines unbelasteten Grundwassers liegt im allgemeinen bei 20 bis 50 mg/l, gelegentlich werden auch bis zu 100 mg/l SO_4 gemessen (SCHENK 1992).

Er stammt vor allem aus

- dem Schwefelkreislauf der Organismen, wo Sulfat speziell im Eiweiß von Pflanzen und Tieren vorkommt und
- aus der Verwitterung schwefelhaltigen Ausgangsgesteins (Lösungsvorgänge).

Über die Niederschläge wird in Deutschland ca. 50 kg Schwefel pro ha und a aus der Atmosphäre in die Hydrosphäre eingetragen (DVWK 1996).

Geogen bedingt können jedoch auch Konzentrationen auftreten, die deutlich über dem Grenzwert der TrinkWV von 240 mg/l liegen. Durch geogen bedingte hohe Sulfatgehalte zeichnen sich u.a. Wässer kanozoischer Sedimente, Lößböden und Randzechsteinablagerungen aus (LfUG 1995).

Anthropogen beeinflusste Gebiete weisen höhere Sulfatgehalte im Grundwasser auf, was u.a. zurückzuführen ist auf (DVWK 1996)

- die Düngung in Land- und Forstwirtschaft (in Deutschland ca. 19 kg pro ha und a),
- den Einsatz von schwefelhaltigen Fungiziden (bis zu 3 kg pro ha und a im Obst-/Weinbau),
- Verbrennung fossiler Energieträger (hohe SO_2 -Emission),
- Sickerwassereintrag von Abfall- und Bauschuttdeponien,
- die Auswaschung aus Halden und Kippen des Bergbaus (soweit pyrithaltig) und
- AMD-Wässer (acid mine drainage).

3.4.1 Messstellen

Grundlage für die Bewertung des Sulfatgehaltes im Grundwasser waren 95 Messstellen aus dem Grundmessnetz Beschaffenheit.

Um die Entwicklung des Sulfatgehaltes in den letzten fünf Jahren zu bewerten, wurden die Messstellen aus landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Flächennutzung herangezogen, die über den gesamten Zeitraum von 1996 bis 2000 beprobt worden sind. In die Auswertung wurden demnach 80 Messstellen mit ihren Jahresmittelwerten einbezogen.

3.4.2 Allgemeine Situation

In weiten Teilen sind in Sachsen, speziell im oberen Grundwasserstockwerk unter landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Flächennutzung, keine rein geogen bedingten Sulfatkonzentrationen zu finden. Wie die Abb. 3.7 zeigt, entfallen nur 35,5 % der Messstellen auf die beiden unteren Bewertungsklassen und entsprechen damit den in SCHENK (1992) genannten Gehalten für ein unbelastetes Grundwasser. An 20 % der Messstellen wird der Grenzwert der TrinkWV von 240 mg/l überschritten.

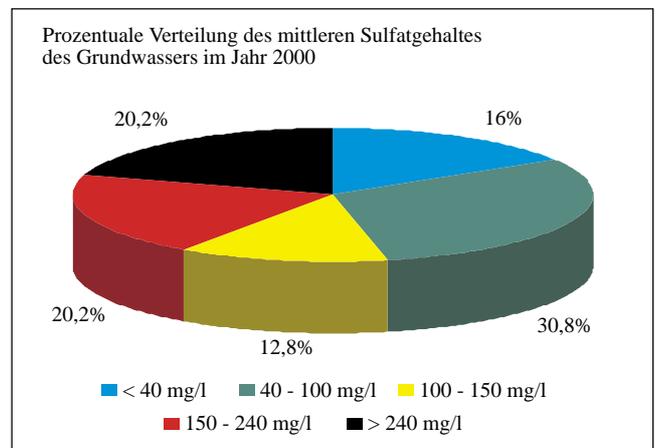


Abb. 3.7: Prozentuale Verteilung des mittleren Sulfatgehaltes an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000

Um den Einfluss der Landwirtschaft auf die Sulfatbelastung des Grundwassers zu bewerten, wurden aus dem Grundmessnetz die Messstellen mit rein landwirtschaftlicher Flächennutzung ausgewählt. Insgesamt wurden 17 Messstellen in die Auswertung einbezogen. Den Landwirtschaftsmessstellen werden 14 Messstellen mit ausschließlich forstwirtschaftlicher Flächennutzung gegenübergestellt.

Um optimale Erträge zu erzielen, ist eine Düngung mit schwefelhaltigen Substraten unentbehrlich. Schwefel ist für Pflanzen ebenso ein Hauptnährelement wie Stickstoff. Die Pflanzen decken ihren Schwefelbedarf überwiegend aus dem Sulfatvorrat der Böden, aber auch durch direkte Aufnahme von SO_2 und SO_3 aus der Luft. Der kontinuierliche Entzug von Sulfat durch landwirtschaftliche Produkte, die Verringerung der SO_2 -Emissionen in den letzten Jahren sowie die Sulfat-Auswaschung ins Grundwasser (im Mittel, 50 – 60 kg S pro ha und a) erfordern eine Düngung der Böden. Bei der Sulfat-Düngung von 30 – 60 kg S pro ha und a (je nach Bedarf der Pflanzen) finden neben den industriell hergestellten Mineräldüngern wie Gips, Kalium- und Ammoniumsulfat auch die herkömmliche Gülle (Rindergülle: 400 bis 500 mg/l; Schweinegülle: 500 bis 3000 mg/l Sulfat Anwendung (VOIGT 1990).

Ein Vergleich der Messstellen auf landwirtschaftlichen Flächen mit den Messstellen in Forstgebieten (Abb. 3.8) zeigt, dass in der Mehrzahl der Fälle eine Beeinflussung des Grundwassers durch die Landwirtschaft nachweisbar ist.

Der Anteil der mit einem nach SCHENK (1992) als unbeeinflusst zu betrachtenden Grundwasser ist mit 64,3 % bei den Forstmessstellen jedoch eindeutig höher als bei den Landwirtschaftsmessstellen, wo dieser Anteil bei 47 % liegt. Irritierend wirkt auf den ersten Blick der Anteil von 21,5 % mit Sulfatgehalten über 240 mg/l bei den Messstellen in Forstgebieten. Dieser Anteil wird gebildet von drei Messstellen. Auf Grund der Lage dieser Messstellen ist davon auszugehen, dass hier eine antropogene Beeinträchtigung vorliegt. Dabei können in der Nähe gelegene Tagebaue in Betracht kommen. In einem Fall ist ein Deponieeinfluss nicht auszuschließen.

Ein Vergleich der Häufigkeitsverteilungen für die 3 Regierungsbezirke (Abb. 3.9) macht deutlich, dass die höchsten Sulfatgehalte an Messstellen im Regierungsbezirk Leipzig anzutreffen sind. Die Ursache für die deutlich höhere Belastung ist vermutlich in der großflächigen Beeinträchtigung des Grundwassers durch den Braunkohlebergbau zu suchen. Aber auch die Beeinflussung durch lokale Quellen ist an den betroffenen Messstellen noch einmal näher zu untersuchen. Im Einflussbereich des Lausitzer Braunkohlenreviers wurde bisher vom Landesamt eine Grundwassermessstelle im Grundmessnetz Beschaffenheit eingerichtet. Lokale Einflüsse sind an den Messstellen im Regierungsbezirk Dresden nicht bekannt und werden auf Grund der Analysenergebnisse auch nicht vermutet. Die Belastungsschwerpunkte konzen-

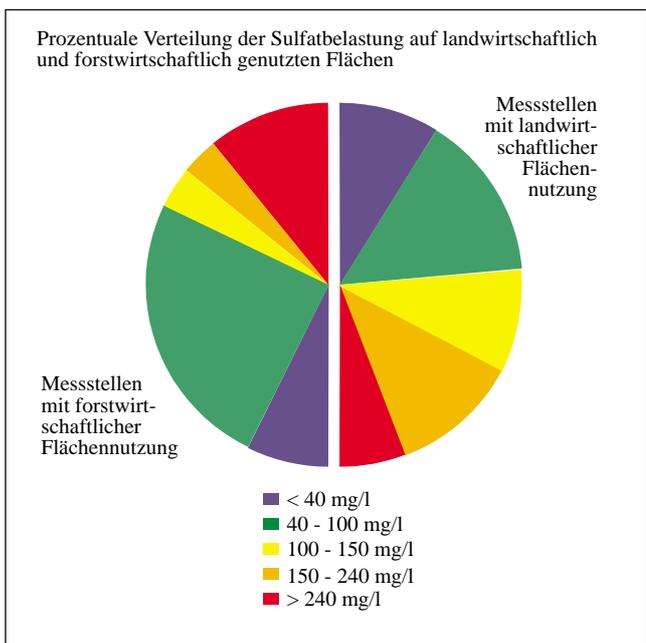


Abb. 3.8: Prozentuale Verteilung der Sulfatbelastung auf landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Flächen für 2000

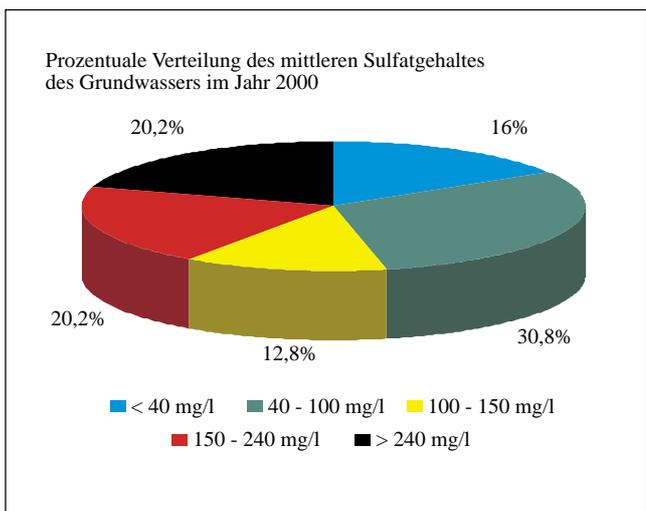


Abb. 3.9: Häufigkeitsverteilung des mittleren Sulfatgehaltes für 2000, aufgesplittet nach Regierungsbezirken

trieren sich daher ausschließlich auf den Regierungsbezirk Leipzig.

3.4.3 Langjährige Entwicklung

Die in der Abb. 3.10 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Sulfatkonzentrationen von 80 Grundwassermessstellen zeigt einen deutlichen Zuwachs bei den Messstellen mit Sulfatgehalten unter 100 mg/l. Wogegen bei der Bewertungsgruppe über 240 mg/l ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen ist.

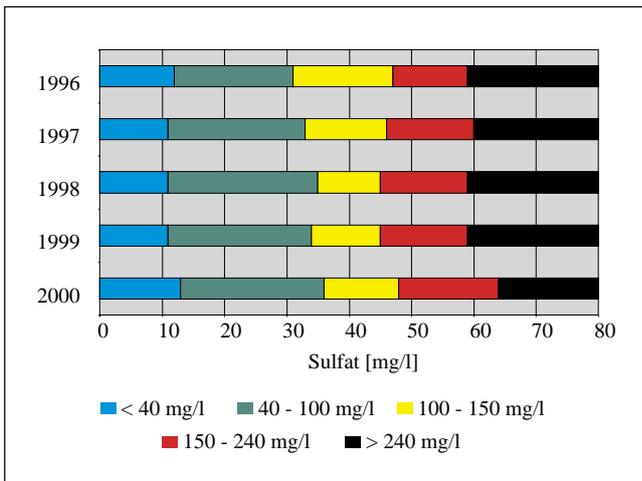


Abb. 3.10: Häufigkeitsverteilung des mittleren Sulfatgehaltes an den Messstellen des Grundmessnetzes für den Zeitraum 1996 bis 2000

Ein Vergleich der mittleren Sulfatgehalte der Einzelmessstellen macht deutlich, dass ein Rückgang der Sulfatbelastung ab 1996 nicht nur bei den Messstellen mit landwirtschaftlicher Flächennutzung zu beobachten ist, auch die Messstellen in den Forstgebieten zeigen eine rückläufige Tendenz (Abb. 3.11).

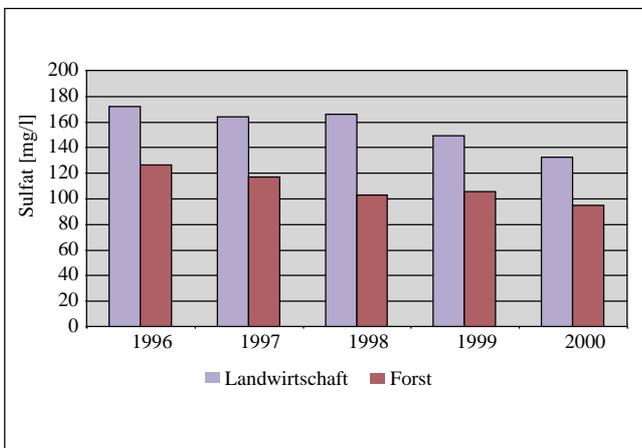


Abb. 3.11: Entwicklung des mittleren Sulfatgehaltes an Messstellen mit land- oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung für den Zeitraum 1996 bis 2000

Allerdings ist der Rückgang der Sulfatbelastung bei den Forstmessstellen mit ca. 7 mg/(l*a) nicht so groß wie bei den Landwirtschaftsmessstellen, wo er ca. 9 mg/(l*a) beträgt.

Befürchtungen, dass die Landwirte den Rückgang der Sulfatimmissionen aus der Atmosphäre durch die Erhöhung von sulfathaltigen Düngemittelgaben kompensieren, was langfristig eine Erhöhung des Sulfatgehaltes im Grundwasser zur Folge hätte, können an den untersuchten Messstellen bisher nicht bestätigt werden.

3.5 Sonderuntersuchungen

3.5.1 Ergebnisse aus dem Sondermessnetz Landwirtschaft

Voraussetzung für optimale Wachstumsbedingungen der Kulturpflanzen sind eine bedarfsgerechte Wasserversorgung und die ausreichende Zuführung von Nährstoffen. Der Stickstoff nimmt unter den Pflanzennährstoffen eine besondere Stellung ein. Der Stickstoffbedarf der Pflanzen ist im Vergleich zu anderen Nährstoffen am höchsten. Stickstoff ist der Nährstoff im Boden, der in Mitteleuropa den Ertrag am stärksten bestimmt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

Durch mikrobielle Reaktionen im Untergrund sind die einzelnen Stickstoffverbindungen ineinander umwandelbar. In der oberen Bodenzone, wo aerobe Verhältnisse vorherrschen, entsteht Nitrat. Da Nitrate leicht wasserlösliche Salze sind, im Unterschied zum Ammonium, aber nicht an den negativ geladenen Bodenteilchen sorbiert werden, gelangen sie leichter in tiefere Bodenzonen und ins Grundwasser.

Dass die Landwirtschaft zwar die hauptsächliche, jedoch nicht die einzige Quelle für einen flächenhaften Stickstoffeintrag darstellt, wird an der folgenden Abb. 3.12 deutlich. Im Durchschnitt kann in Mitteldeutschland von einem luftbürtigen Stickstoffeintrag von 17 bis 22 kg N/(ha*a) ausgegangen werden (GAUGER, ANSELM und KÖBLE 1999). Weitere, punktuelle Untersuchungen verweisen aber auch auf Einträge von bis zu 60 kg N/(ha*a) (WEIGELT et al, 2000). Die Auswirkungen des luftbürtigen Stickstoffeintrags werden aus Abb. 3.12 deutlich. Die Vorfeldmessstelle ist eindeutig nitratbelastet, obwohl sie in einem Waldstück liegt, das sich im Anstrom eines Ackers befindet. Der zusätzliche

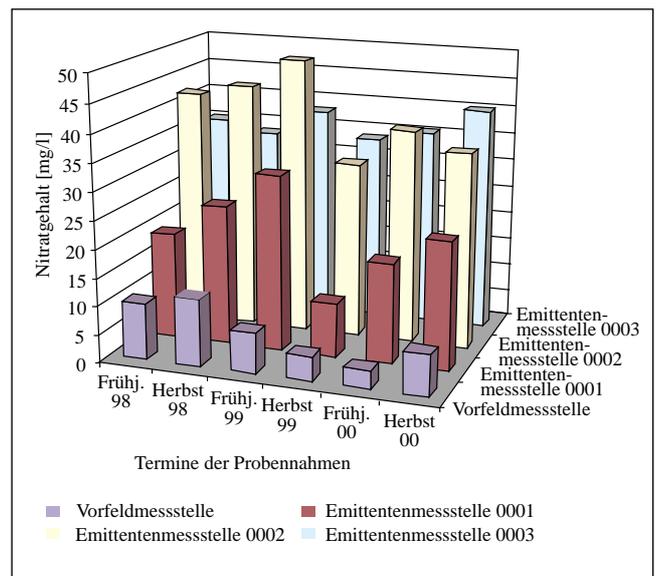


Abb. 3.12: Vergleich der Nitratbelastung an Vorfeld- und Emittentenmessstellen im Trinkwasserschutzgebiet Canitz Thallwitz

Eintrag durch die landwirtschaftliche Flächennutzung wird an den Emittentenmessstellen nachgewiesen.

Nach Kolbe (2000) ist bei intensiver Ackernutzung mit Auswaschungswerten um 60 kg N/(ha*a) (Schwankungsbreite 20 bis 100 kg) und einem durchschnittlichen Nitratgehalt von 79 mg/l Wasser zu rechnen. Auf schweren Böden liegen die Werte im unteren, auf leichteren Böden im oberen genannten Schwankungsbereich.

Nachfolgend sind einige Faktoren der landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftung zusammengestellt, die maßgeblichen Einfluss auf die Höhe des Stickstoffentzugs durch die Pflanze und den Nitrataustrag über das Sickerwasser aus der durchwurzelten Bodenzone haben (HAFERKORN 2000):

- Standortanpassung der Fruchtfolge, Brachezeiten und Zwischenfrüchte (Dauerbegrünung)
- Zeit, Art und Intensität der Bodenbearbeitung (z. B. tiefes Pflügen oder Grubbern des Bodens bis zur pfluglosen Bearbeitung)
- aktueller pflanzenverfügbaren Stickstoff- (N_{ann}) Gehalt im Boden während der Periode der Grundwasserneubildung
- Art (ob mineralisch oder organisch), Menge und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung

Eine wesentliche Maßnahme zur Minderung des Nitrataustrags ist die Bemessung der Düngung nach dem tatsächlichen Nährstoffbedarf. Dazu sind gemäß Düngeverordnung (1996) in jedem Frühjahr zu Vegetationsbeginn die im Boden verfügbaren Nährstoffmengen vom Landwirtschaftsbetrieb zu ermitteln. Die Landesanstalt für Landwirtschaft führt seit 1993 ein entsprechendes Kontrollprogramm auf fest eingemessenen Dauertestflächen (DTF) durch. In diesem Programm werden neben der Frühjahrsbeprobung auch im Spätherbst in der Bodenschicht 0 bis 30 und 30 bis 60 cm Proben entnommen und auf Nitratstickstoff untersucht. Auf diese Weise wird ein Überblick über die potentielle Auswaschungsfahr geschaffen. Eine Übersicht über die Entwicklung der durchschnittlichen Nitratstickstoffgehalte für den Zeitraum 1990 bis 1999 zeigt Abb. 3.13.

Nach LfL (1999) beträgt für 1999 der durchschnittliche Nitratstickstoffgehalt aller Dauertestflächen 88 kg N/ha. Dies entspricht etwa dem Wert von 1994 und ergibt einen Anstieg gegenüber dem gleichen Zeitraum des Vorjahres um 32 kg N/ha. Gegenüber 1990 nimmt der Nitratgehalt im Boden jedoch weiterhin ab. Allerdings ist dieser Trend deutlich abgeflacht und in den letzten 3 Jahren immer stärker jahresspezifischen Schwankungen unterworfen.

Wie sich die Situation an den Grundwassermessstellen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen darstellt, zeigt Abb. 3.14.

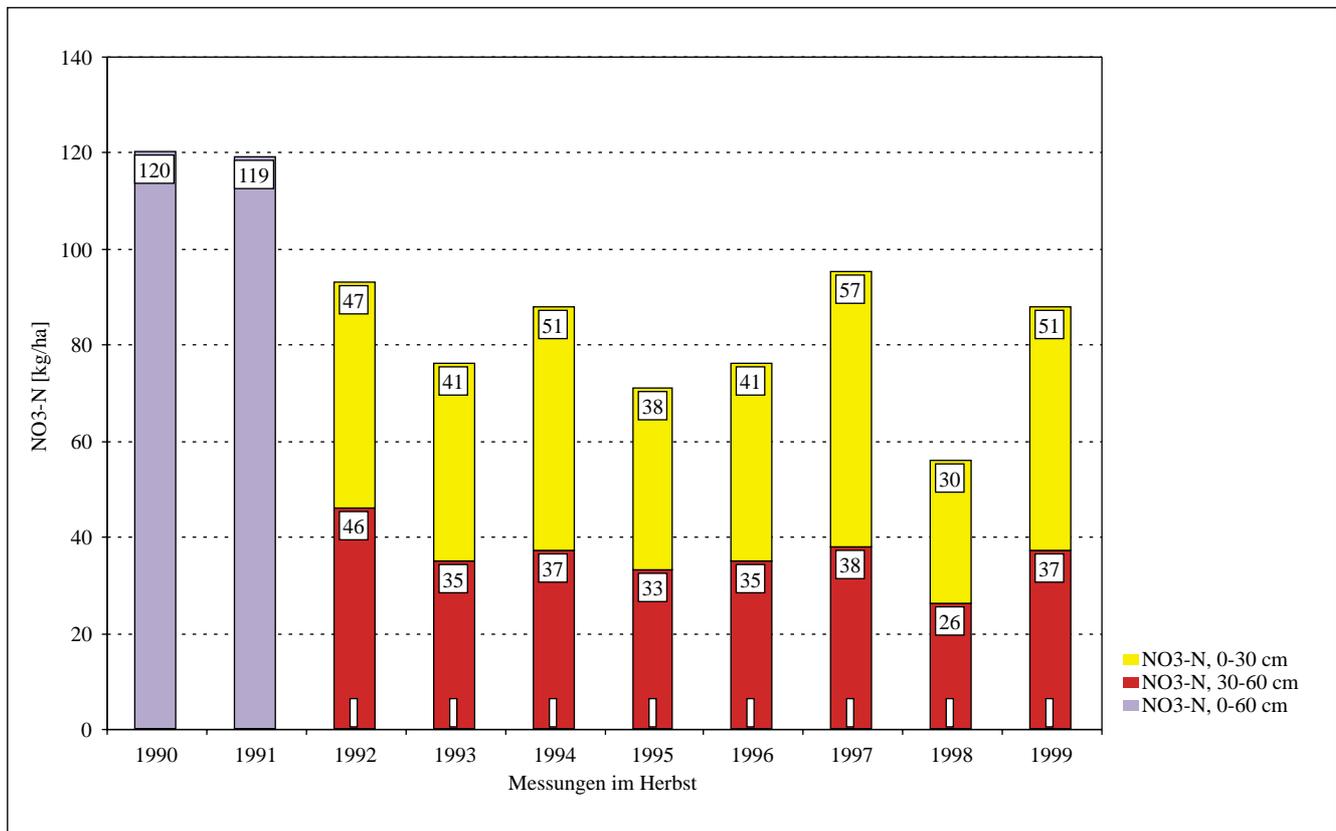


Abb. 3.13: NO₃-N-Gehalte an den Dauertestflächen der LfL, Herbst 1990 bis 1999 (LfL 1999)

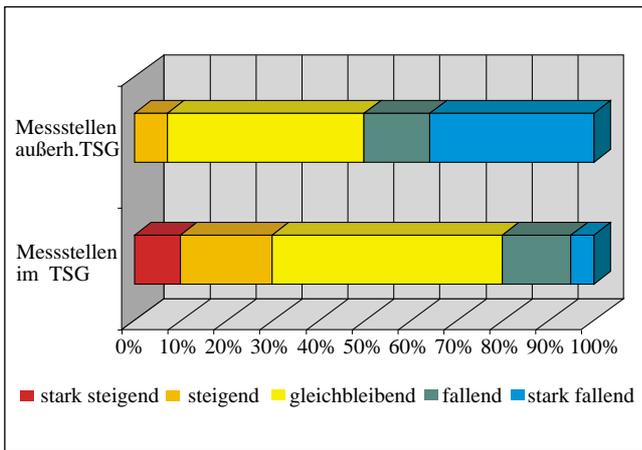


Abb. 3.14: Prozentuale Verteilung der Nitratbelastung 2000 auf die Messstellen innerhalb und außerhalb von TSG

Die Messstellen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten sind im Mittel alle als gefährdet oder belastet bis stark belastet einzustufen. Innerhalb der Trinkwasserschutzgebiete sind 50% der Messstellen der Gruppe „gefährdet“ zuzuordnen. 31 % der Messstellen sind mit Nitrat belastet.

Da das Messnetz erst 1998 eingerichtet wurde, ist eine Trendberechnung aufgrund des geringen Datenkollektivs

nicht möglich, wie die Ganglinien an 3 ausgewählten Messstellen in Abb. 3.4 zeigen.

Aus diesem Grund wurden nur allgemeine Betrachtungen zur Entwicklung der Nitratbelastung angestellt.

Der Nitratgehalt zeigt bei 43 % der Messstellen außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete keine Veränderung. Bei den Messstellen innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten sind es 50 %. Bei 50 % der Messstellen außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete ist im Grundwasser für den Beobachtungszeitraum eine fallende bis stark fallende Tendenz zu beobachten. An einer einzigen Messstelle wurden steigende Nitratwerte beobachtet. Bei den Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten ist mit 20 % die Anzahl der Messstellen, deren Belastung sich verminderte, deutlich geringer. An 30 % der Messstellen wurde dagegen eine Erhöhung der Nitratgehalte beobachtet.

Die Aussagen aus dem Grundwassermessnetz zeigen damit nicht die selben Ergebnisse wie die Auswertungen der Landesanstalt für Landwirtschaft für die Bodenmessungen auf den Dauertestflächen, vgl. Abb. 3.15.

Ein Vergleich der Nitratstickstoffgehalte im Boden zeigt deutliche Unterschiede zwischen den konventionell und den düngerreduzierten Bewirtschaftungsmethoden. Die konventionelle Bewirtschaftung zeigt die höchsten Nitratrest-

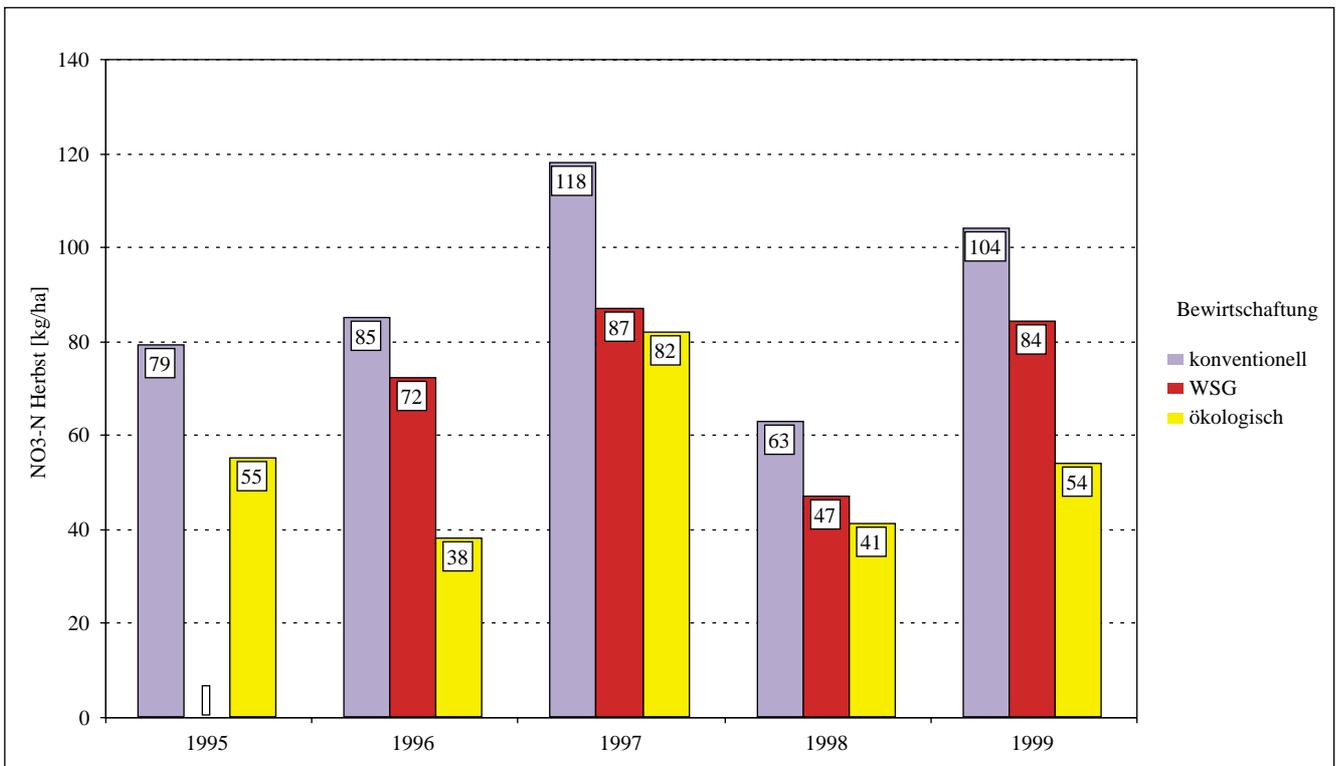


Abb. 3.15: Vergleich der Nitratstickstoffgehalte zwischen düngerreduzierter (WSG, ökologisch) und nicht düngerreduzierter Bewirtschaftungsweise (konventionell) Herbstmessungen 1995 bis 1999 (LfL 1999)

gehalte. Die um 20 % verringerte Stickstoffdüngung in den Wasserschutzgebieten führt zu einer Senkung des Stickstoffüberschusses im Boden. Als umweltfreundlichste Methode stellt sich nach dieser Auswertung der ökologische Landbau dar. Die Bodenuntersuchungen weisen darauf hin, dass die in den letzten Jahren eingeleiteten Maßnahmen zur Verminderung des Stickstoffaustrags bereits Auswirkungen zeigen. Diese positive Entwicklung spiegelt sich bisher nur bedingt in den Grundwasserbeobachtungen wider, da neben dem nutzungsbedingten auch das standortbedingte Verlagerungsrisiko Einfluss auf die Höhe der N-Einträge in das Grundwasser hat. Hierzu zählen bodenphysikalische Eigenschaften und Mächtigkeit der Dränwasserzone sowie Temperatur und Niederschlag. Auch wenn die Nitrate zu den leicht löslichen Salzen gehören, werden die von den Pflanzen unverbrauchten Überhänge nicht sofort vollständig ins Grundwasser ausgewaschen. Der Grad der Auswaschung ist regional sehr unterschiedlich. Jedes Gebiet hat seine bestimmte Retentionszeit, die bei Kenntnis der Sickerwassermengen und der Eigenschaften der Grundwasserleiterdeckschichten ermittelt werden kann. Untersuchungen im Einzugsgebiet der Parthe (MÜLLER 2002) verweisen darüber hinaus auf sehr lange Verweilzeiten eingetragener Stoffe in den Grundwasserleitern und zeigen, wie sich die Heterogenität der N-Einträge mit der Heterogenität des N-Umsatzpotentials im Grundwasser überschneidet.

Die Untersuchungsergebnisse machen deutlich, wie wichtig die Untersuchung des gesamten Stickstoffpfades ist, um die Gefährdung des Grundwassers beurteilen zu können.

Insgesamt sind die mittleren Nitratgehalte der Messstellen in den Trinkwasserschutzgebieten jedoch niedriger als die der außerhalb liegenden Messstellen (Abb. 3.16).

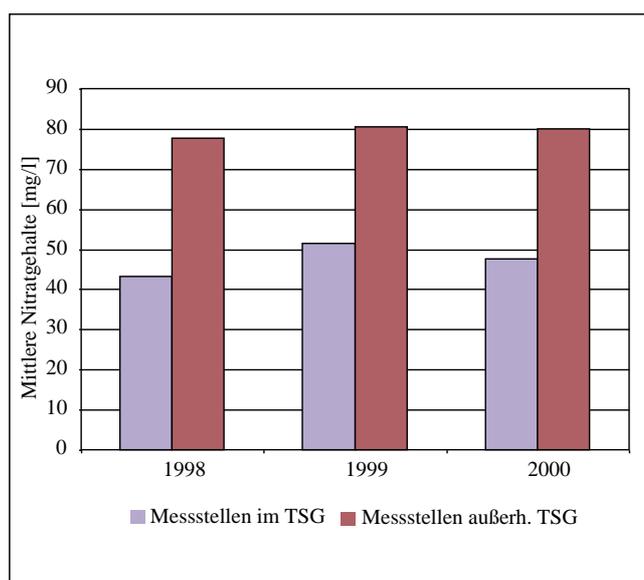


Abb. 3.16 Mittlere Nitratgehalte der Einzeljahre an den Messstellen innerhalb und außerhalb von TSG

3.5.2 Nitratbelastung unter forstwirtschaftlich genutzten Flächen

In das Kapitel wurde eine umfangreiche Zuarbeit der Landesanstalt für Forsten (LAF 2001) einbezogen.

Grundsätzlich gelten für die Beurteilung einer Nitratbelastung des Grundwassers aus überwiegend forstwirtschaftlich genutzten Flächen die Grundlagen, wie sie bereits im Kapitel 3.2 beschrieben worden sind. Neben der Gebietscharakteristika und der aktuellen Nutzungsform ist der Stickstoffeintrag insbesondere aber auch von der Nutzungsgeschichte abhängig. Die Besonderheiten der forstwirtschaftlichen Nutzungsgeschichte liegen vor allem im Bestockungswandel von naturnahen Mischwäldern mit hohen Anteilen tiefwurzelnder Baumarten zu flachwurzelnden Fichtenbeständen, was längerfristig zu erhöhten Stickstoffausträgen führt.

Zur Belastbarkeit mit Stickstoff liegen für viele Ökosysteme mehr oder weniger gesicherte Erfahrungen vor (empirischer Ansatz). Danach liegen in Waldökosystemen – je nach Vegetationstyp – die kritischen Raten für eutrophierende Stickstoffeinträge zwischen etwa 5 und 20 kg/(ha*a). Unterhalb von 10 kg/(ha*a) treten nach Untersuchungen von DISE und WRIGHT (1995) nur geringe Stickstoffausträge auf, während im Eintragsbereich von 10 bis 25 kg/(ha*a) nur eine schwache Beziehung zwischen Stickstoffeintrag und -austrag besteht (WILSON und EMMET 1999). MATZNER und GROSHOLZ (1997) sowie DISE et al. (1998) konnten zeigen, dass durch Kombination von Stickstoffeintrag und C/N-Verhältnis der Humusaufgaben bis zu einem Eintrag von jährlich 30 kg N/ha die mittleren Stickstoffausträge recht gut vorhergesagt werden konnten.

Diese mehr oder weniger empirisch abgeleiteten Werte zur Stickstoffbelastbarkeit der Ökosysteme wurden in den letzten Jahren durch das Critical Load-Konzept auf eine verstärkt naturwissenschaftliche Basis gestellt. Die Critical Load-Werte legen jeweils die langfristig tolerierbare Deposition des betreffenden Ökosystems fest, die zu keinen erheblichen schädlichen Wirkungen im Ökosystem führt (NAGEL und GREGOR 1999). Die Critical Loads für die Waldbestände (-ökosysteme) der Bodenzustandserhebung (BZE = Level I) im 4 x 4-km-Raster zeigt die Anlage 10 (BECKER 2000).

Im Rahmen eines Forschungsprojektes (ARMBRUSTER und LANGUSCH 2000) zu den „Indikatoren des Stoffhaushaltes von Waldökosystemen“ wurden unter Einbeziehung jährlicher Flussdaten (Eintrag und Austrag) aus europäischen Waldökosystemen und der sächsischen Level II-Flächen u. a. die N-Austräge mit dem Sickerwasser für die Nadelwaldstandorte des 8 x 8 km BZE-Netzes (Bodenzustandserhebung) in Sachsen kalkuliert (Abb. 3.17).

Danach beträgt der Mittelwert des prognostizierten N-Austrages 9,6 kg/(ha*a), wobei die Austräge von 2,2 bis

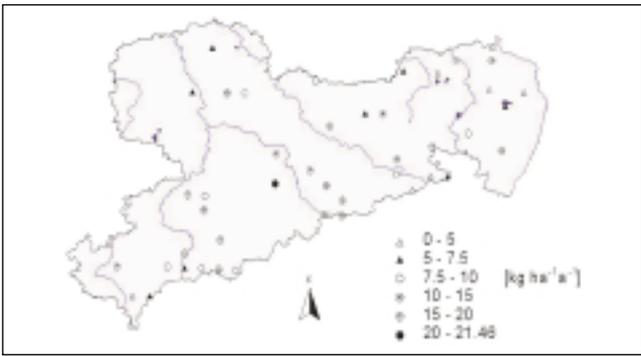


Abb. 3.17: Prognostizierter Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser an den BZE-Standorten im 8 x 8 km Netz, nur Nadelbaumstandorte (ARMBRUSTER UND LANGUSCH 2000) aus LAF 2001

21,5 kg/(ha*a) reichen. An 75 % der dargestellten Standorte werden mit Stickstoffausträgen über 5,9 kg/(ha*a) erhebliche Stickstoffmengen an das Grundwasser weitergegeben. Eine regionale Differenzierung zwischen Gebieten mit hohem und geringem Stickstoffaustrag ist nicht ohne weiteres möglich. Am ehesten ist der Nordosten des Freistaates Sachsen als Gebiet mit überwiegend geringem Stickstoffaustrag (< 7,5 kg/(ha*a N) zu charakterisieren. (LAF 2001)

Die kritischen Belastungsraten für eutrophierenden Stickstoff in den sächsischen Waldökosystemen werden, trotz im Landesdurchschnitt abnehmender Stickstoffeinträge, weiterhin meist deutlich überschritten. Die in Abb. 3.18 dargestellten Kalkulationen zum Stickstoffaustrag verweisen auf eine fortgeschrittene Stickstoffsättigung der Ökosysteme. Die Verfügbarkeit organisch gebundenen Stickstoffs übersteigt dadurch oftmals den Bedarf stickstoffverbrauchender Prozesse, wodurch es, einerseits durch Eutrophierung, andererseits in Verbindung mit Versauerungseffekten durch Überschussnitrifikation und erhöhten Nitratausträgen in das Grundwasser, zu Destabilisierungen des Ökosystems kommen kann. Besonders die Böden mit geringer Pufferkapazität, wie die Waldböden im Erzgebirge, sind versauerungsgefährdet.

Wie die Abb. 3.18 zeigt, weisen die mittleren Nitratgehalte der Grundwässer unter landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Flächen deutliche Unterschiede auf. Aus der Abbildung wird aber auch deutlich, dass die Waldökosysteme in der Mehrzahl bereits stickstoffgesättigt sind, so dass erhöhte Nitratgehalte im Grund- und Quellwasser beobachtet werden.

Während in die Abb. 3.18 alle im Zeitraum von 1990 bis 2000 beprobten Messstellen des Grundmessnetzes ausge-

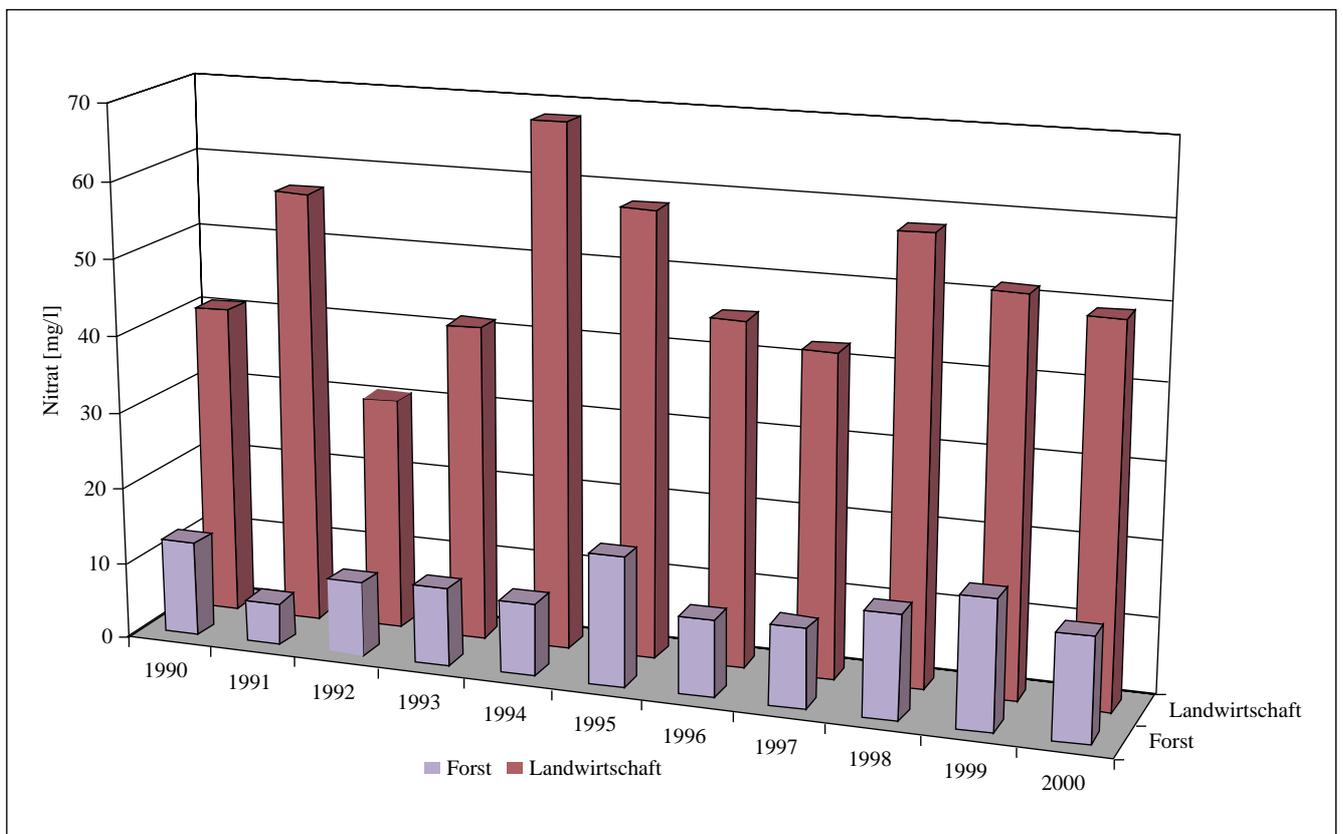


Abb. 3.18: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes an Messstellen mit land- oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung für den Zeitraum 1990 bis 2000

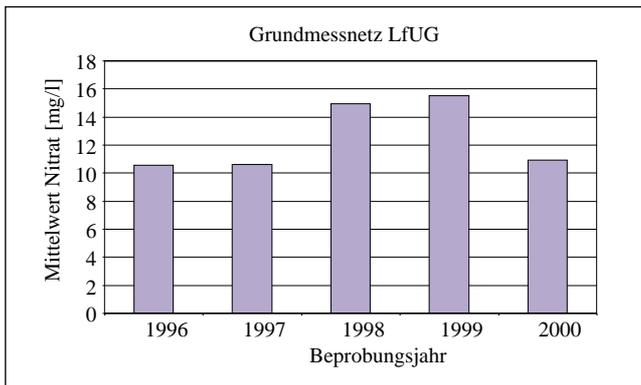


Abb. 3.19: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes für 10 Messstellen des Grundmessnetzes mit forstwirtschaftlicher Flächenutzung 1996 bis 2000

wertet wurden, bietet Abb. 3.19 die Darstellung einer konsistenten Messstellengruppe für die forstwirtschaftliche Flächenutzung. Die mittleren Nitratgehalte schwanken von 0,3 mg/l bis zu einem Maximalwert von 43 mg/l. Bei etwa der Hälfte der Messstellen liegen die Nitratwerte unter 10 mg/l. Insgesamt ist für den Zeitraum ein Anstieg der mittleren Nitratbelastung um 0,5 mg/(l*a) zu verzeichnen. Den Auswertungen des Grundmessnetzes werden in der Abb. 3.20 die Ergebnisse von 5 Messstellen der Landesanstalt für Forsten gegenübergestellt.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus dem Grundwassermessnetz konnte an den drei Standorten Klingenthal,

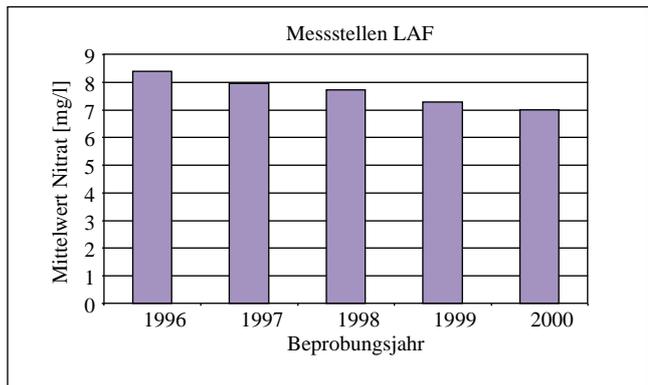


Abb. 3.20: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes für 5 Messstellen (Quellen) der Landesanstalt für Forsten 1996 bis 2000 (LAF 2001)

Olbernhau und Cunnersdorf kein Anstieg der Nitratgehalte festgestellt werden. Vielmehr sind die Konzentrationen tendenziell gleichbleibend bis fallend (Klingenthal) oder eindeutig abnehmend (Olbernhau und Cunnersdorf). Zur Zeit liegen die Nitratgehalte der betreffenden Quellen zwischen etwa 3 und 12 mg/l. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Untersuchungsergebnissen der sächsischen Landestalsperrenverwaltung (LTV), die ebenfalls abnehmende Nitratgehalte in den Zuläufen der Talsperren aus Waldgebieten feststellen konnte (LAF 2000).

In der folgenden Abbildung (Abb. 3.21) wird die Nitratentwicklung für 3 Quellen am Standort Klingenthal untersucht.

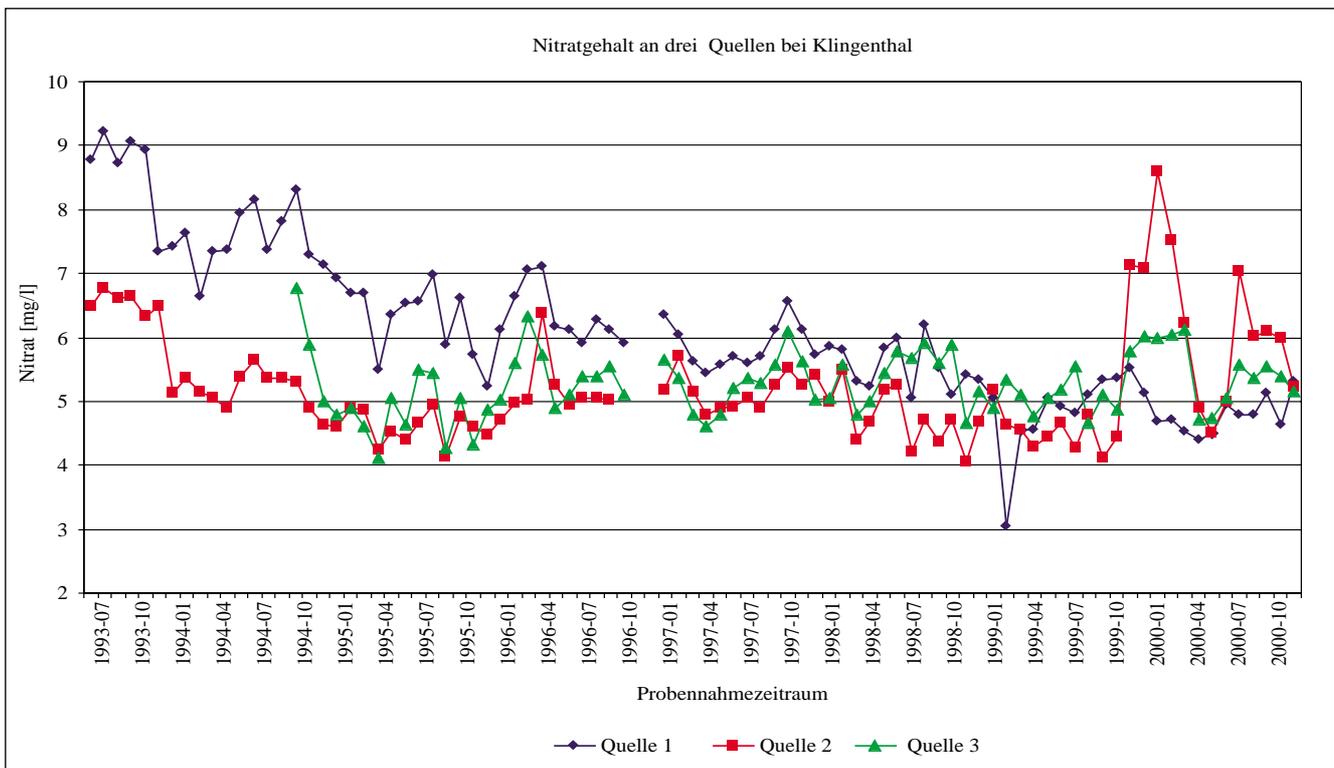


Abb. 3.21: Entwicklung der Nitratgehalte in 3 ausgewählten Quellen bei Klingenthal, 1993 bis 2000

Die 3 Messstellen gehören zum Messnetz der Landesanstalt für Forsten. Die Ergebnisse unterstreichen die Abhängigkeit der Nitratgehalte von den Gebietscharakteristika. Es wurden Quellen mit fallendem und alternierendem Trend in relativer Nähe zueinander angetroffen. Die kleinräumigen Unterschiede der Standortverhältnisse in den Einzugsgebieten können sich folglich entscheidend auf den Nitrataustrag aus Waldgebieten auswirken.

3.5.3 Ergebnisse aus dem Sondermessnetz Versauerung

Bericht des StUFA Chemnitz

Umfang der Untersuchungen

Das Sondermessnetz Versauerung wurde in den Jahren 1992-94 vom StUFA Chemnitz aufgebaut und umfasst 8 Messstellen im oberen mittleren Erzgebirge des Regierungsbezirkes Chemnitz. Bestandteil des Sondermessnetzes sind neben 6 Quellaustritten auch zwei Grundwasserbeobachtungsrohre, die Grundwasser in unterschiedlichen Teufen erschließen und somit Aussagen zu evtl. Versauerungsprozessen auch in tieferen Schichten gestatten.

Zielstellung der Untersuchungen ist es, die Auswirkungen des Eintrages von sauren Luftschadstoffen in Form von Schwefel- und Stickstoffverbindungen aus Kraftwerken, Hausbrand, Verkehr und Intensivlandwirtschaft auf die Grundwasserbeschaffenheit in den Hanglagen des oberen Erzgebirges kontinuierlich zu verfolgen.

Untersucht werden alle Haupt- und -kationen sowie Metalle und Schwermetalle. Anfangs betrug die Untersuchungshäufigkeit vier bis sechsmal pro Jahr. Auf der Grundlage der umfangreichen Datenbasis konnte die Beprobungshäufigkeit jedoch auf zweimal jährlich (Frühjahr und Herbst) verringert werden.

Charakterisierung der Beschaffenheit der Quellwässer

Die anthropogen erhöhte Deposition von Säuren und Säurebildnern in der Atmosphäre, die insbesondere aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammt, beschleunigt die Verwitterung der Gesteine und verursacht nachteilige Veränderungen der Zusammensetzung der Porenlösung in der ungesättigten Zone sowie des Grundwassers vor allem in Gebieten, wo basenarme Kristallingesteine, wie im Erzgebirge, anstehen. Diese Gesteine können den Säureeintrag nur schlecht abpuffern.

Neben dem SO₂- und NO_x- Eintrag aus der Luft über die Niederschläge ist in den betroffenen Gebieten zusätzlich auch eine natürliche Versauerung (moorige Böden) zu nennen, die durch die Zersetzung organischer Stoffe im Boden hervorgerufen wird. Beide Prozesse sind sich prinzipiell ähnlich und daher nur schwer voneinander zu trennen. Die

anthropogenen Veränderungen sind nur anhand jahrzehntelanger Messungen auf Grund des Absinkens des pH-Wertes und der Hydrogenkarbonatgehalte (teilweise bis auf 0), der Zunahme der Sulfat- und Nitratgehalte und der Freisetzung von Aluminium abzuleiten.

Die Darstellung der Ionenverteilung in den Quellwässern (Abb. 3.22) zeigt, dass in den meisten der untersuchten Messstellen der Hydrogenkarbonatpuffer bereits erschöpft ist. Bei den Anionen überwiegt in allen Fällen das Sulfat. Bei den Kationen dominieren Calcium und Magnesium. In den Messstellen Rauschenfluss und Tellerhäuser wird Aluminium in Konzentrationen bis 3,5 mg/l beobachtet. Ein erhöhter Aluminiumanteil ist auch in den Messstellen Ansprung und Fichtelbergordhang zu verzeichnen.

Am Vorhandensein von Hydrogenkarbonat und den vergleichsweise hohen pH-Werten (Abb. 3.23) wird ersichtlich, dass in den Messstellen Schmalzgrube und Eisenbergquelle der Versauerungsprozess nicht so weit fortgeschritten ist wie an den anderen Messstellen.

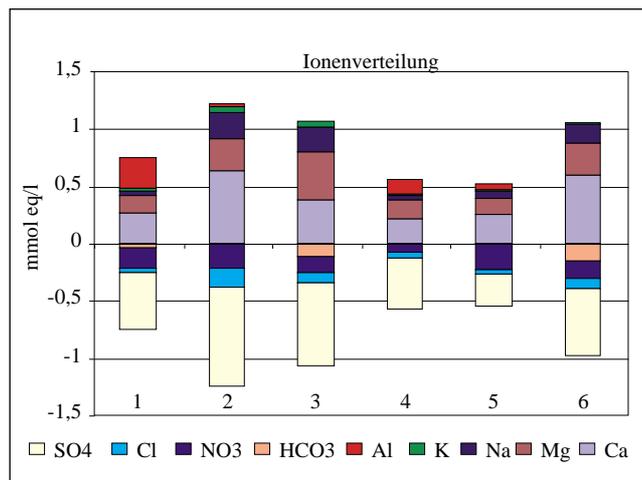


Abb. 3.22: Ionenverteilung in den Quellwässern (1 – Rauschenfluss, 2 – Ansprung, 3 – Schmalzgrube, 4 – Tellerhäuser, 5 – Fichtelbergordhang, 6 – Eisenbergquelle)

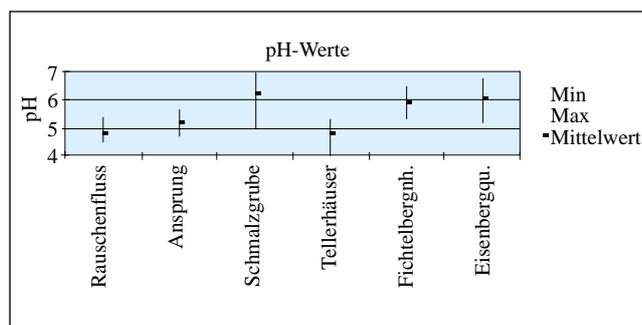


Abb. 3.23: Mittelwerte und Schwankungsbreiten der pH-Werte

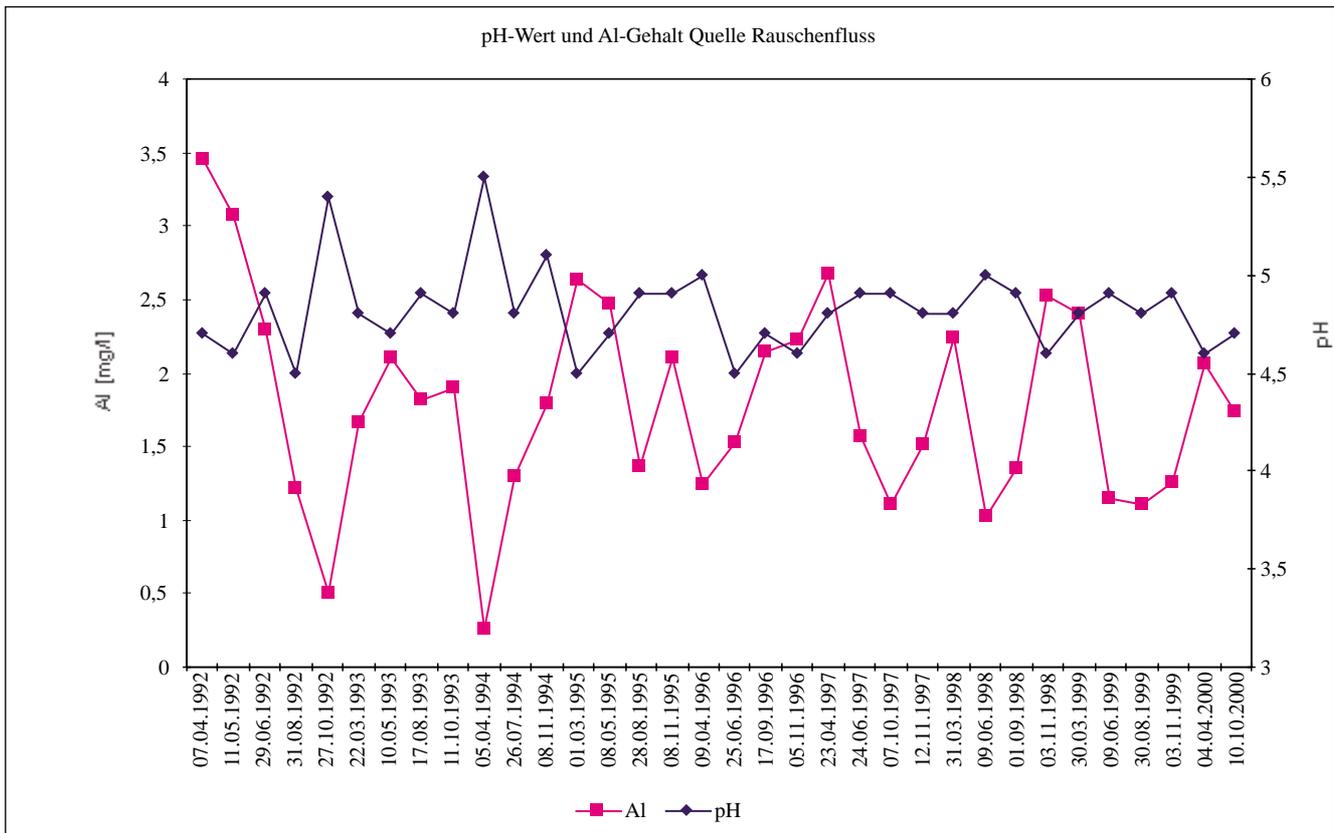


Abb. 3.24: pH-Werte und Aluminiumgehalte am Beispiel Quelle Rauschenfluss

Die Abb. 3.23 verdeutlicht die Mittelwerte und Schwankungsbreiten der pH-Werte in den einzelnen Messstellen. Die pH-Werte schwanken zwischen 4 als Minimum und 6,8 als Maximalwert. Die niedrigsten Werte wurden in den Messstellen Tellerhäuser und Rauschenfluss gemessen. Hierbei ist eine gute Korrelation zu den Aluminiumgehalten festzustellen (Abb. 3.24). Insbesondere bei pH-Werten unter 5 erfolgt eine verstärkte Freisetzung von Aluminium. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,2 mg/l Al wird an der ausgewählten Messstelle generell überschritten. Eine Trinkwassernutzung ohne Aufbereitung ist nicht zu empfehlen. Freie Aluminiumionen wirken bereits in geringen Konzentrationen als Zellgift und können in Gewässern Fischsterben auslösen.

In allen sechs Messstellen sind Spuren von Schwermetallen (Cd, Cu, Ni, Co, teilweise Pb) feststellbar, die geogen im Boden vorhanden sind und auf Grund veränderter pH-Werte verstärkt gelöst werden. Die Schwermetallgehalte erreichen jedoch keine toxikologisch relevanten Konzentrationen und liegen noch weit unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung.

Vergleich oberer und unterer Grundwasserleiter

Die in Gelobtland errichteten Grundwassermessstellen erschließen Grundwasser in 17-21 m (Gelobtland 1) und 5 – 7 m Tiefe (Gelobtland 2).

Die unterschiedliche Ionenzusammensetzung verdeutlicht Abb. 3.25. Im Vergleich zu den Quellwässern lässt sich die

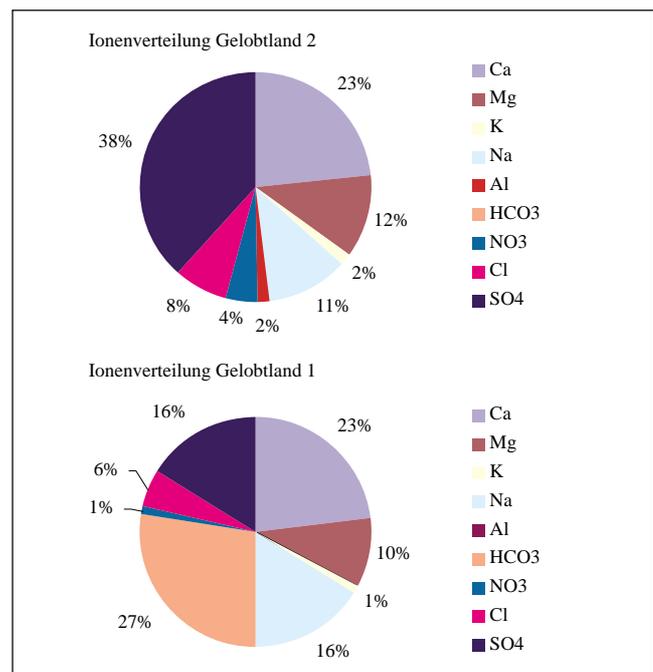


Abb. 3.25: Ionenverteilung an den Messstellen Gelobtland 1 und 2

oberflächennahe Messstelle Gelobtland 2 sehr gut mit dem Quellgebiet Ansprung vergleichen, wobei bei letzterem lediglich der Nitratanteil höher ist.

Während im tieferen Bereich (Gelobtland 1) Hydrogenkarbonat das vorherrschende Anion darstellt, dominiert im oberflächennahen Bereich das Sulfat. Bei den Kationen sind die Differenzen nicht so ausgeprägt. Lediglich ein erhöhter Aluminiumanteil kommt im oberflächennahen Bereich hinzu.

Die Unterschiede zwischen den beiden Messstellen in den Schwermetallgehalten und dem pH-Wert verdeutlicht Tab. 3.6. Es wurden die Mittelwerte aus durchschnittlich 30 Messungen ausgewertet.

Tab. 3.6: Vergleich von pH-Wert und ausgewählten Schwermetallen im oberflächennahen und tiefen Grundwasser an den Messstellen Gelobtland 1 und 2

| Parameter | Gelobtland 2 (oberflächennah) | Gelobtland 1 (tief) |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|
| pH | 5,1 | 6,5 |
| Cadmium [$\mu\text{g/l}$] | 0,86 | <0,1 |
| Nickel [$\mu\text{g/l}$] | 1,7 | 1 |
| Zink [$\mu\text{g/l}$] | 20 | 9 |

Bei Blei, Kupfer und Chrom waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Diese Schwermetalle waren in der Mehrzahl der Fälle nicht nachweisbar. Die Messwerte werden aus diesem Grund nicht in der Tabelle ausgewertet.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich Versauerungsprozesse im oberflächennahen Grundwasser eindeutig nachweisen lassen. Ein eindeutiger messtechnischer Nachweis für eine Beeinträchtigung des tieferen Grundwasservorkommens wurde noch nicht erbracht. Es besteht jedoch die Besorgnis, dass auch in tieferen Schichten erste Versauerungstendenzen zu beobachten sind.

Tendenzen der Grundwasserversauerung

Für alle 8 Messstellen wurde eine Auswertung der zeitlichen Entwicklung der pH-Werte, der Nitratgehalte und der Sulfatgehalte vorgenommen. Aus der Berechnung des linearen Trends lassen sich folgende Aussagen für die einzelnen Messstellen ableiten (Tab. 3.7):

(↑ steigend; → gleichbleibend; ↓ sinkend)

Die überwiegende Mehrzahl der Messstellen zeigt für den pH-Wert leicht abnehmende Tendenzen.

Tab. 3.7: Entwicklung der pH-Werte und der Sulfat- und Nitratgehalte für den Zeitraum 1992 – 1999

| Messstelle | pH-Wert | Sulfat | Nitrat |
|----------------------|---------|--------|--------|
| Fichtelberg nordhang | ↑ | ↓ | → * |
| Eisenbergquelle | → | → | ↓ * |
| Schmalzgrube | ↓ | ↑ | ↑ |
| Rauschenfluss | → | ↓ | → |
| Gelobtland 1 | ↓ | → | ↑ |
| Gelobtland 2 | ↓ | → | ↓ * |
| Ansprung | ↓ | ↓ | ↓ |
| Tellerhäuser | ↓ | ↓ | → * |

* Anmerkung: Die Trendangaben sind auf den Zeitraum bis 1998 anzuwenden, 1999 erfolgte ein deutlicher Anstieg

Eine positive Entwicklung zeigt die Messstelle Fichtelberg nordhang. Allerdings steigt der pH-Wert nur geringfügig an. Eine eindeutige Zunahme der Versauerungstendenz weist die Messstelle Schmalzgrube auf. Bedenklich ist der zunehmende Nitratreintrag und der leicht abnehmende pH-Wert in der tieferen Messstelle Gelobtland.

Als Beispiel sind in Abb. 3.26 für die Quelle Tellerhäuser die zeitliche Entwicklung der pH-Werte und der Sulfatgehalte dargestellt.

Der Sulfatgehalt weist eine leicht abnehmende Tendenz auf. Dies könnte eine erste Auswirkung der Reduzierung der Schwefelemissionen durch verstärkte Luftreinhalungsmaßnahmen sein.

Trotz der verringerten Belastung der Luft mit Säurebildnern ist in der Regel kein pH-Wertanstieg im Grundwasser zu verzeichnen. Dies kann zum einen aus der sehr hohen Sulfatgesamtbelastung in den letzten Jahrzehnten (Desorption von vormals aufgespeichertem Bodensulfat) und zum anderen aus anhaltend hohen Einträgen von Stickstoffverbindungen aus Verkehr und Landwirtschaft resultieren.

Der verringerte SO_2 -Ausstoß auf tschechischer Seite sowie die forstwirtschaftlichen Maßnahmen (Kalkung, Aufforstung) haben bisher noch keinen messbaren Einfluss in Form einer Trendumkehr im Grundwasser gezeigt. Die Versauerungsprozesse sind im Grundwasser somit nicht schnell reversibel. Der sehr langwierige Prozess einer Verbesserung der pH-Wertsituation im Grundwasser ist durch eine kontinuierliche Beobachtung der Messstellen des Sondermessnetzes weiter zu verfolgen.

Eine Entwarnung hinsichtlich der Grundwasserversauerung kann noch nicht gegeben werden.

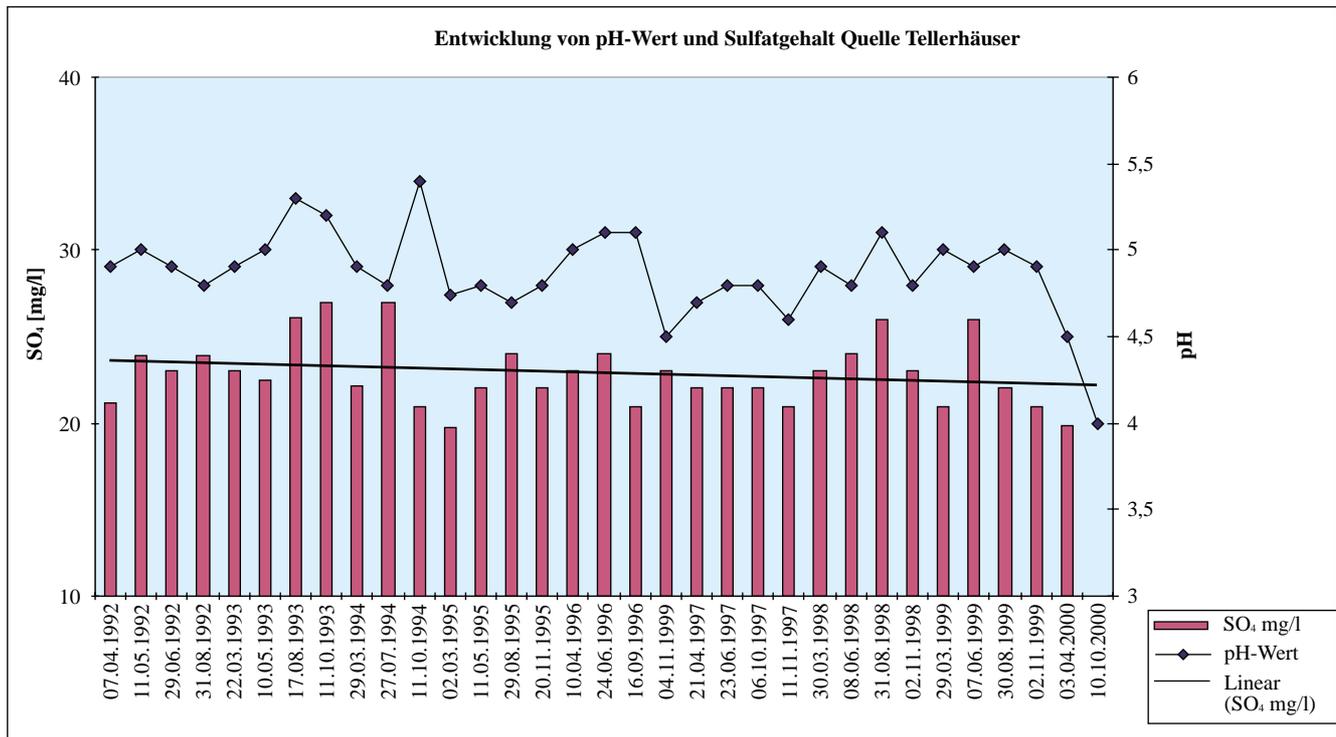


Abb. 3.26: Entwicklung von pH-Wert und Sulfatgehalt an der Quelle Tellerhäuser

4 Lysimeterstation Brandis

In den folgenden Abschnitten werden auszugsweise aus HAFERKORN (2000) Untersuchungsergebnisse der Lysimeterstation Brandis vorgestellt.

4.1 Dynamik der Grundwasserneubildung

Die bei eindimensionaler Betrachtungsweise über Lysimeter ermittelte Sickerwassermenge ist der maximal mögliche Abfluss – der Gesamtabfluss eines Standortes. Welcher Anteil davon als Grundwasserneubildung tatsächlich die Grundwasseroberfläche erreicht, hängt von den jeweiligen geographischen und hydrogeologischen Eigenschaften im Einzugsgebiet ab.

Deshalb wird in den folgenden Ausführungen vorwiegend von Sickerwassermenge und nicht von Grundwasserneubildung gesprochen.

Unter den klimatischen Bedingungen am Standort Brandis ist die Sickerwasserbildung der untersuchten Böden durch drei Merkmale gekennzeichnet:

- einen typischen jahreszeitlichen Gang mit relativ hohen Werten im Winter und sehr geringen oder keinen Neubildungsraten im Sommer

- einen mehrjährigen Rhythmus von Jahren mit überdurchschnittlich hohen bzw. niedrigen Sickerwassermengen
- einer sehr hohen Abweichung der Einzelwerte vom langjährigen Mittelwert

Größten Einfluss auf die Variabilität der Sickerwasserbildung der untersuchten Böden haben Höhe der Bodenwasseraus-schöpfung und Höhe der Niederschläge im Anschluss an die Vegetationsperiode. Je geringer die Bodenwasserdefizite am Ende des Sommerhalbjahres und je höher die Niederschläge in den darauffolgenden Herbst- und Wintermonaten sind, um so eher beginnt die Neubildungsperiode und um so höher sind die Neubildungsmengen. Aus diesem jährlichen Wechselspiel zwischen Niederschlagshöhe und Bodenwasserdefizit resultiert eine hohe Varianz der Sickerwassermengen.

Jahreswerte

In Tab. 4.1 sind die Jahreswerte der Sickerwasserbildung, sortiert nach der Vegetation, zusammengestellt. Die durchschnittliche Sickerwasserleistung der einzelnen Böden schwankt zwischen 175 mm bei Sandböden und rd. 50 mm bei Lößböden. Das sind 27 % bzw. 8 % des korrigierten Niederschlags von 655 mm. Diese Unterschiede in der Sickerwasserleistung resultieren aus der unterschiedlichen Verfügbarkeit von Bodenwasser (max. 75 mm bei Sandböden und max. 450 mm bei Lößböden).

Tab 4.1: Jahreswerte (November – Oktober) 1981 bis 1997 der Sickerwasserbildung für die 8 verschiedenen Böden (Gruppenmittel) unter Reihung nach der Vegetation in mm

| Jahr | Fruchtart | korrigierter Niederschlag [mm] | Grundwasserneubildung [mm/Jahr] (von November – Oktober) | | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | | | Lys 5 | Lys 4 | Lys 8 | Lys 1 | Lys 7 | Lys 11 | Lys 9 | Lys 10 |
| 1981 | Zu.-Rüben | 753 | 231 | 201 | 214 | 165 | 135 | 132 | 174 | 115 |
| 1990 | Zu.-Rüben | 661 | 100 | 47 | 53 | 30 | 24 | 26 | 0 | 0 |
| | Mittelwert | 707 | 165 | 124 | 134 | 97 | 79 | 79 | 87 | 57 |
| 1985 | Kartoffeln | 521 | 132 | 113 | 120 | 95 | 67 | 118 | 60 | 33 |
| 1987 | Kartoffeln | 702 | 268 | 254 | 290 | 223 | 161 | 267 | 162 | 132 |
| 1996 | Kartoffeln | 583 | 98 | 24 | 50 | 7 | 65 | 29 | 0 | 0 |
| | Mittelwert | 602 | 166 | 130 | 153 | 108 | 98 | 138 | 74 | 55 |
| 1982 | Wi.-Weizen | 528 | 163 | 120 | 124 | 72 | 84 | 71 | 5 | 11 |
| 1986 | Wi.-Weizen | 658 | 197 | 154 | 163 | 129 | 104 | 143 | 99 | 67 |
| 1988 | Wi.-Weizen | 585 | 213 | 208 | 212 | 204 | 152 | 208 | 184 | 184 |
| 1991 | Wi.-Weizen | 508 | 111 | 62 | 67 | 40 | 34 | 18 | 0 | 0 |
| | Mittelwert | 570 | 171 | 136 | 141 | 111 | 93 | 110 | 72 | 65 |
| 1983 | Wi.-Gerste | 739 | 210 | 138 | 155 | 91 | 70 | 91 | 0 | 0 |
| 1989 | Wi.-Gerste* | 642 | 134 | 111 | 101 | 95 | 55 | 84 | 0 | 28 |
| 1992 | Wi.-Gerste** | 685 | 138 | 95 | 101 | 71 | 45 | 66 | 0 | 0 |
| 1997 | Wi.-Gerste | 595 | 146 | 98 | 103 | 90 | 101 | 94 | 2 | 0 |
| | Mittelwert | 665 | 157 | 110 | 115 | 87 | 68 | 84 | 1 | 7 |
| 1984 | Weidelgras | 630 | 96 | 75 | 81 | 69 | 56 | 63 | 2 | 0 |
| 1993 | Grünbrache | 747 | 145 | 72 | 94 | 82 | 55 | 74 | 0 | 0 |
| 1994 | Grünbrache | 808 | 381 | 352 | 351 | 314 | 269 | 292 | 134 | 117 |
| 1995 | Rotklee | 786 | 217 | 175 | 211 | 150 | 191 | 163 | 144 | 170 |
| | Mittelwert | 743 | 209 | 168 | 184 | 154 | 142 | 148 | 70 | 72 |
| Winter | 302 | 136 | 105 | 113 | 91 | 76 | 93 | 47 | 43 | |
| Sommer | 353 | 40 | 31 | 33 | 23 | 22 | 21 | 10 | 7 | |

*und als Zweitfrucht Ölrettich; **anschließend Grünbrache

Über den Beobachtungszeitraum von 17 Jahren ist ein Wechsel von Jahren mit hoher und niedriger Sickerwasserbildung zu beobachten (Abb. 4.1). Die Trocken- und Feuchtperioden umfassen Zeiträume von 3 bis 6 Jahren und spiegeln sich auch in den Abflussschwankungen der Vorfluter und im Verlauf der Grundwasserstände wieder. Dies ist sowohl Folge des klimatisch bedingten unterschiedlichen Wasser- und Energieangebotes als auch der bereits geschilderten Wirkung des Bodenwasserspeichers. So sind positive Abweichungen vom Mittel seltener, aber meist größer als die negativen, d. h. die Jahreswerte der Sickerwasserbildung sind nicht normal verteilt. Unter den gegebenen Bedingungen werden im Untersuchungsgebiet kaum „mittlere“ Grundwasserneubildungswerte und damit auch keine „mittleren“ Abflüsse und Grundwasserstände auftreten.

Für eine Charakterisierung der Untersuchungsjahre in Bezug auf Trocken- oder Feuchtjahre wurden die Jahreswerte vom Niederschlag (P) und die Grundwasserneubildung (GWN) der Reihe 1981 bis 1997 für jeden Boden separat in das Wasserhaushaltsdreieck nach GOLF (1993) eingetragen. Die sich unter der jeweiligen Linie zwischen den Punkten (0;0) und (GWN/P*700) befindenden Jahre werden in Hinsicht auf die Neubildungsmenge als trocken, die darüberliegenden als feucht definiert. Als repräsentativ für mittlere Verhältnisse gelten die Jahre, deren Ordinaten- und Abszissenwerte in der Nähe ($\pm 10\%$ Abweichung) der o. g. Linien liegen. Mit dieser Normierung wird für die Einzeljahre eine bodenabhängige Charakterisierung der Beziehung zwischen Niederschlag und Grundwasserneubildung vorgenommen. Der Wert 700 orientiert sich am größten Jahresniederschlag im Beobachtungszeitraum. Das Ergebnis wird in Tab. 4.2 dargestellt.

Grundwassersituation 1996 – 2000

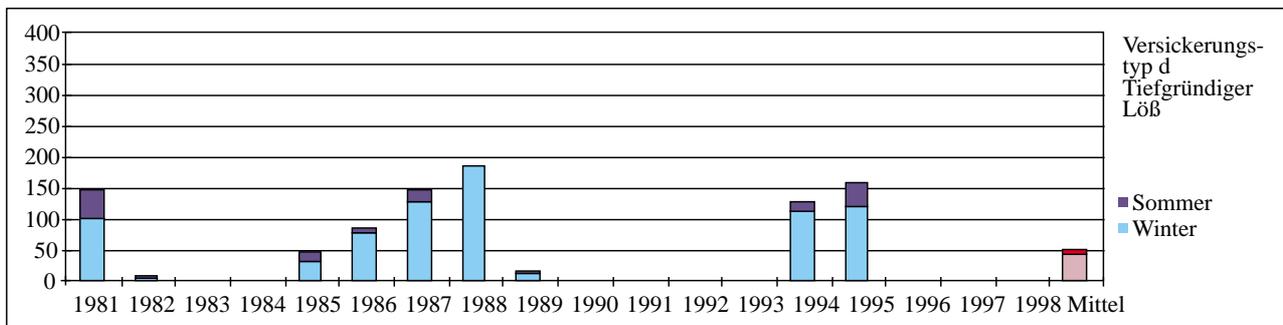
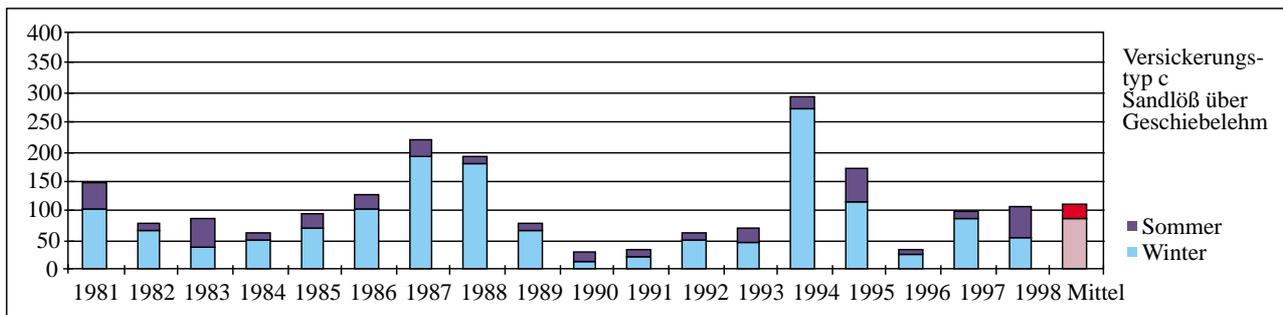
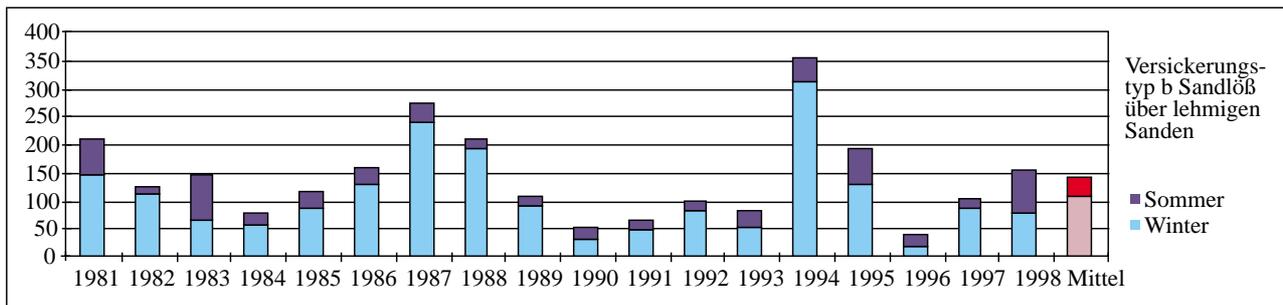
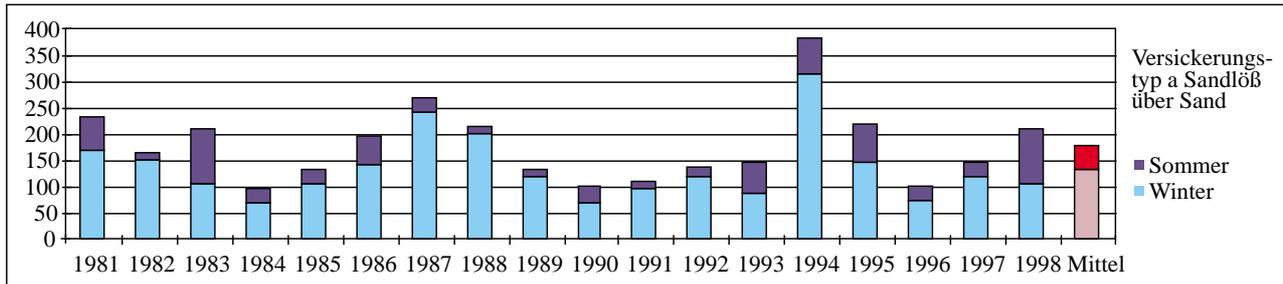
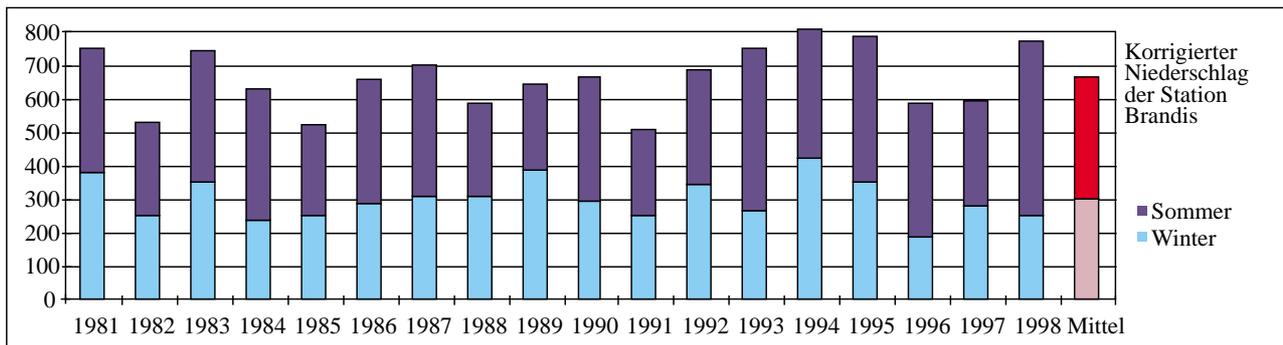


Abb. 4.1: Jahressummen der Sickerwasserbildung, unterteilt in Sommer- und Wintersumme [mm]

Tab. 4.2: Charakterisierung der Wasserhaushaltsjahre 1981 bis 1997 in Abhängigkeit von der Bodenart

| Bodenart | Typ a Lysi.-Gr. 5 | Typ b Lysi.-Gr. 4, 8 | Typ c Lysi.-Gr. 1, 7, 11 | Typ d Lysi.-Gr. 9, 10 |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Feuchtjahre | 1982-83, 1986-88, 1994 | 1981, 1986-88, 1994-95 | 1981, 1986-88, 1994 | 1981, 1986-88, 1994-95 |
| Normaljahre | 1981, 1985, 1995, 1997 | 1982-83, 1985 | 1985, 1997 | (1985) |
| Trockenjahre | 1984, 1989-93, 1996 | 1984, 1989-93, 1996-97 | 1982-84, 1989-93, 1996 | 1982-84, 1989-93, 1996-97 |

Lysi.-Gr. – Lysimetergruppe

Feuchtjahre sind Jahre mit überdurchschnittlich hoher Sickerwasserbildung, in deren Verlauf es in Speisungsgebieten zu einem Ansteigen der Grundwasserstände über den jahreszeitlich bedingten Schwankungsbereich hinaus kommt.

Als **Trockenjahre** gelten Jahre mit unterdurchschnittlicher bzw. keiner Sickerwasserbildung, die zu einem dauerhaften Absinken der Grundwasserstände unter den sommerlichen Tiefstand führen.

In der Regel treten mehrere Trocken- oder Feuchtjahre in Folge auf (Tab. 4.2).

Halbjahreswerte

Die Ergebnisdarstellung in Tab. 4.3 soll auf die mögliche Spannweite von Halbjahreswerten der Sickerwasserbildung hinweisen.

Hohe Sickerwassermengen sind zu verzeichnen, wenn hohe Winterniederschläge auf einen vollständig gefüllten Bodenspeicher treffen. Diese außergewöhnlich guten Bedingungen zur Sickerwasserbildung traten am Standort Brandis im Verlauf der 17jährigen Versuchsreihe nur in den Winterhalbjahren 1988 und 1994 auf (für die Lößstandorte nur im Jahr 1988). Unter diesen Bedingungen zeigen die Sicker-

Tab. 4.3: Mittel der Grundwasserneubildung für die Untersuchungsjahre 1981-97 und maximale bzw. minimale Grundwasserneubildung für die acht Lysimetergruppen

| Halbjahr (Jahr) | korrigierter Niederschlag [mm] | Grundwasserneubildung [mm/Halbjahr] (von November – April, Mai – Oktober) | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Lys 5 | Lys 4 | Lys 8 | Lys 1 | Lys 7 | Lys 11 | Lys 9 | Lys 10 |
| Winter_{Mittel} | | 136 | 105 | 113 | 91 | 76 | 93 | 47 | 43 |
| Winter _{max} | | | | | | | | | |
| 1988 | 311 | 198 | 188 | 194 | 189 | 143 | 199 | 182 | 184 |
| 1994 | 418 | 313 | 308 | 314 | 293 | 244 | 275 | 125 | 97 |
| Winter _{min} | | | | | | | | | |
| 1990 | 296 | 68 | 33 | 26 | 13 | 6 | 13 | 0 | 0 |
| 1996 | 185 | 73 | 7 | 30 | 2 | 48 | 21 | 0 | 0 |
| Sommer_{Mittel} | | 40 | 31 | 33 | 23 | 22 | 21 | 10 | 7 |
| Sommer _{max} | | | | | | | | | |
| 1983 | 387 | 107 | 83 | 83 | 54 | 37 | 50 | 0 | 0 |
| 1981 | 375 | 63 | 61 | 64 | 50 | 34 | 44 | 54 | 37 |
| Sommer _{min} | | | | | | | | | |
| 1982 | 281 | 13 | 12 | 13 | 11 | 9 | 9 | 0 | 0 |

Sommer (Mai-Oktober), Winter (November-April)

wasserleistungen zwischen Sand-, Geschiebelehm- und Lößböden nur geringe Unterschiede.

Häufiger sind Jahre mit geringen Sickerwasser-Raten. Im Verlauf dieser Jahre zeigen sich große Unterschiede in der Höhe der Sickerwasserbildung von Sand-, Geschiebelehm- und Lößböden (s. Winterhalbjahre 1990 und 1996).

Die hohe Sickerwasserbildung im Sommer 1981 resultiert aus der in diesem Jahr lang andauernden Sickerwasserperiode mit noch sehr hohen Neubildungswerten im Mai. Dagegen ist die hohe Sickerwasserbildung im Sommerhalbjahr 1983 Folge eines außergewöhnlichen Niederschlagsereignisses im August. Dieses führte bei allen Böden kurzfristig zur Wiederauffüllung und zu hohen Neubildungsmengen. Nur bei den Lößböden reichte dieser Extremniederschlag nicht zur Wiederauffüllung der Bodenwasserdefizite und zur Sickerwasserbildung aus.

Der Sommer 1982 zeichnete sich durch ein hohes Strahlungsangebot aus. Auf Grund geringer Niederschläge kam es bei einem Bewuchs mit Winterweizen schon im März zu einer erheblichen Inanspruchnahme von Bodenwasser. Die Sickerwasserperiode endete bereits im März.

Auch diese Auswertung ergab, dass „mittlere“ Neubildungsmengen sehr selten auftreten. Deshalb sollten langjährige Jahres- und Halbjahresmittelwerte nur für langfristige und großräumige Untersuchungen verwendet werden.

Monatswerte

Die winterliche Sickerwasserperiode beginnt stets unmittelbar nach erfolgter Auffüllung der sommerlichen Bodenwasserdefizite.

Die zum Zeitpunkt der erreichten Wiederauffüllung fallenden Niederschläge bestimmen die Höhe der GWN zu Beginn der Sickerwasserperiode und ihren weiteren Verlauf.

Der Beginn der Sickerwasserperiode kann nach den bisherigen Beobachtungen in einem Zeitraum von Oktober bis April liegen.

Bei den Sandböden (Lysimetergruppe 5) ist auf Grund der beschränkten Kapazität des Bodenwasserspeichers die Wiederauffüllung in der Regel im Dezember abgeschlossen.

Bei den Geschiebelehmböden (Lysimetergruppe 1, 7, 11) ist der Wasserbedarf für die Wiederauffüllung der Bodenwasserdefizite schon erheblich größer, so dass dieser Prozess in der überwiegenden Anzahl der Jahre erst im Januar abgeschlossen ist, aber auch bis März oder April dauern kann.

Bei den Lößböden (Lysimetergruppe 9 und 10) sind die Niederschläge, die nach dem Erreichen des sommerlichen Maxi-

mums der Bodenwasserausschöpfung fallen, in 10 von 17 Untersuchungsjahren geringer als die zur Wiederauffüllung der Bodenwasserdefizite erforderlichen Wassermengen. Deshalb kam es in diesen Jahren zu keiner Sickerwasserbildung.

Das Maximum der jährlichen Neubildungsperiode wird bei allen Böden in der überwiegenden Anzahl der Jahre im März oder April erreicht, während aus der oberen Bodenzone infolge Verdunstung bereits wieder Bodenwasser entnommen wird.

Die Dauer der Sickerwasserperiode beträgt im Durchschnitt ca. 6 Monate. Sickerwasser, das im Verlauf der Sommermonate in 3 m Tiefe das Lysimeter verlässt, resultiert aus der winterlichen Neubildungsperiode. Nur in Ausnahmefällen wie im August 1983 führen im Sommer Starkregenereignisse zur erhöhten Sickerwasserbildung, d. h., GWN als eine Reaktion auf einen „auslösenden Niederschlag“ (HELLEKES 1985) ist nur während der kurzen Phasen vollständiger Auffüllung zu verzeichnen. Die Sickerwasserbildung am Auslauf des Lysimeters in 3 m Tiefe entspricht mengenmäßig der Versickerung unterhalb der verdunstungsbeeinflussten Bodenzone. Der zeitliche Verlauf resultiert aus einer Abflachung und Phasenverschiebung der Sickerwasserwellen auf dem Weg von der Unterkante der verdunstungsbeeinflussten Bodenzone bis zum Lysimeterauslauf. Im Verlauf eines hydrologischen Jahres (November bis Oktober) kann eine Neubildungsperiode vollständig erfasst werden, wobei zu Beginn des hydrologischen Jahres die Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte noch nicht abgeschlossen ist.

Bei den Lehm- und Lößböden liegen zwischen dem Zeitpunkt der Wiederauffüllung und dem Beginn der Periode der Ausschöpfung oft nur eine oder zwei Dekaden. Es kommt auch vor, dass die Wiederauffüllung erst nach dem Beginn der Vegetationsperiode erreicht wird.

4.2 Beziehung zwischen Bodenwasserhaushalt, Bewirtschaftung und Stickstoff-Austrag

Die im vorstehenden Kapitel beschriebene Diskontinuität der Sickerwasserbildung beeinflusst auch die Stickstoff(N)-Umsatz- und Transportprozesse erheblich.

An Hand der überwiegend geringen Austauschhäufigkeiten und der geringen Verlagerungsgeschwindigkeit von Bodenlösung (Abb. 4.1), kann für alle Böden der mangelnde Zusammenhang zwischen jährlichem N-Saldo und N-Austrag begründet werden. Deutliche Hinweise auf die zeitweise Akkumulation von N-Bilanzüberschüssen in den Böden liefert die Korrelation zwischen Sickerwassermenge und Nitratkonzentration. Bei hohen Sickerwasserraten kommt es nicht zu einem Verdünnungseffekt, sondern zu einem verstärkten Austrag von akkumuliertem Stickstoff aus der Wurzelzone. Dieser Effekt ist standortabhängig (Höhe der N-Salden, Sickerwassermenge und Austauschhäufigkeit der

Bodenlösung) und resultiert (im Mittel der Jahre) bei vorwiegend geringen Sickerwasserraten aus der Abfolge von Trocken- und Feuchtjahren. Trockenjahre sind Jahre der Akkumulation. Feuchtjahre führen zu erhöhtem N-Austrag.

Zum Schutz des Grundwassers wird eine Reduzierung des Stickstoff-Auswaschungspotentials durch Bewirtschaftungsbeschränkungen und Vorsorgemaßnahmen angestrebt. Deren standortbezogene und langfristige ökologische Auswirkungen gilt es nachzuweisen (HENNINGS & SCHEFFER 1999). Mit dieser Zielstellung werden die Brandiser Untersuchungen nachfolgend ausgewertet.

Im Ergebnis der Brandiser Lysimeterversuche stehen folgende Messwerte zur Verfügung:

- mineralische N-Düngung und N-Einträge
- Niederschläge (nasse Deposition)
- N-Abfuhr durch das Erntegut
- N-Austräge über das Sickerwasser in 3 m Tiefe

Nach Flächenstillegungsmaßnahmen in den Jahren 1993 bis 1995 wurde 1996 auf den Lysimetern und dem umliegenden 0,66 ha großen Lysimeterfeld mit einer „umweltgerechten, nachhaltigen feldbaulichen Nutzung“ begonnen. Zielstellung ist ein „optimaler Flächenertrag ohne (bzw. mit geringer) Umweltbelastung“ – eine Bewirtschaftung nach den Prinzipien des geschlossenen Stoffkreislaufs eines Landwirtschaftsbetriebes (Ökologischer Landbau). Auf Grund dieses Bewirtschaftungswechsels werden hier nur die Jahre 1981 bis 1995 ausgewertet.

N-Abfuhr über das pflanzliche Erntegut [kg/(ha*a)]:

Die N-Mengen, die über das Erntegut der verschiedenen Fruchtarten von den 8 Lysimeterböden abgeführt worden sind, wurden jeweils als Mittel der drei Wiederholungen berechnet. Es ist zu beachten, dass die einzelnen Fruchtarten, bis auf das Wintergetreide, innerhalb der Beobachtungsreihe von 1981 bis 1995 nur ein oder zweimal angebaut wurden, die Ergebnisse also stark von der jeweiligen Witterung der Anbaujahre abhängig sind.

N-Saldo [kg/(ha*a)]:

Auf Grundlage von N-Eintrag (nasse Deposition + mineralische Düngung) und N-Entzug über die Pflanzen wurden für die Fruchtfolge im Zeitraum von 1981 bis 1992 sowie für die Jahre 1993 bis 1995 (Gras/Klee mit Umbruch, ohne Düngung) mittlere N-Salden für die verschiedenen Böden ermittelt.

Die N-Düngung von durchschnittlich 130 kg/(ha*a) (1981 bis 1992) wurde von den einzelnen Böden im Mittel der Jahre recht unterschiedlich verwertet. So wurde auf den Lößböden durch die Pflanzen der N-Speicher im Boden über die Düngegabe hinaus beansprucht, beim Sand dagegen die Hälfte der N-Einträge nicht genutzt

Liegen die Werte für die Austauschhäufigkeit über 100 % (z. B. bei Lysimetergruppe 5), wird die Bodenlösung im Jahresverlauf vollständig ausgetauscht (d. h. im Fall der Lysimetergruppe 5 mehr als 2 mal). Bei der überwiegenden Anzahl der Böden ist der Austausch in Folge der Bodenwasserausschöpfung sehr gering. Die Werte für die Austauschrate liegen unter 100 %. Eine hohe Ausschöpfung im Sommerhalbjahr reduziert die winterliche Sickerwasserhöhe, verzögert den jährlichen Beginn der Sickerwasserbildung und damit den Beginn der Nitratauswaschung aus der Wurzelzone. Diese Folgewirkungen treten in den Einzeljahren extrem in Erscheinung und werden insbesondere bei bindigen Böden durch die Aufeinanderfolge mehrerer Trockenjahre verstärkt. Im umgekehrten Fall bewirken hohe Niederschläge und eine geringe Ausschöpfung im Vorjahr eine überdurchschnittlich intensive Auswaschung aus der effektiven Wurzelzone.

Je bindiger die Böden, d.h. je höher der maximal nutzbare Bodenwasservorrat, um so höher ist auch die mögliche Variabilität des Verlagerungsrisikos in den Einzeljahren. Besonders hervorzuheben ist, dass in Einzeljahren auch die Lysimeterböden 7 und 9 ein mittleres bis großes Verlagerungsrisiko aufweisen.

Nach dem Verlassen der Wurzelzone erfolgt der Weitertransport des ausgewaschenen Nitrats in der Dränwasserzone bis hin zum Grundwasser. Im Durchschnitt dauert es noch rd. 2 bis 10 Jahre (je nach Bodenart) bis es zum Sickerwasserauslauf in 3 m Tiefe gelangt.

Die Ergebnisse zu den Berechnungen zur Austauschhäufigkeit und zu den Verlagerungsgeschwindigkeiten von Bodenwasser sind in Abb. 4.2 dargestellt.

Bei der Verwendung der Berechnungsergebnisse sollte Berücksichtigung finden, dass beim tatsächlichen vertikalen Wassertransport selten der gesamte Porenraum gleichmäßig durchströmt wird, wie es hier Grundlage der Berechnungen war.

Die Dynamik des monatlichen N-Austrags der verschiedenen Böden ist eng mit dem Jahresgang der Sickerwasserbildung gekoppelt.

In den leichten Sandböden ist die winterliche Wiederauffüllung des Bodenwasservorrats relativ schnell erreicht, so dass in der Regel bereits im Januar ein Maximum der jährlichen Sickerwasserperiode erreicht wird. In gleicher Weise zeigt sich auch die innerjährliche Verteilung der monatlich ausgewaschenen N-Mengen. Die größte N-Menge wird im Mittel der Jahre 1981 bis 1992 demzufolge im Januar mit durchschnittlich 10 kg/ha ausgewaschen.

Beim Geschiebelehm (Lysimetergruppe 7) wird die größte monatliche N-Menge im Durchschnitt der Jahre im März ausgetragen.

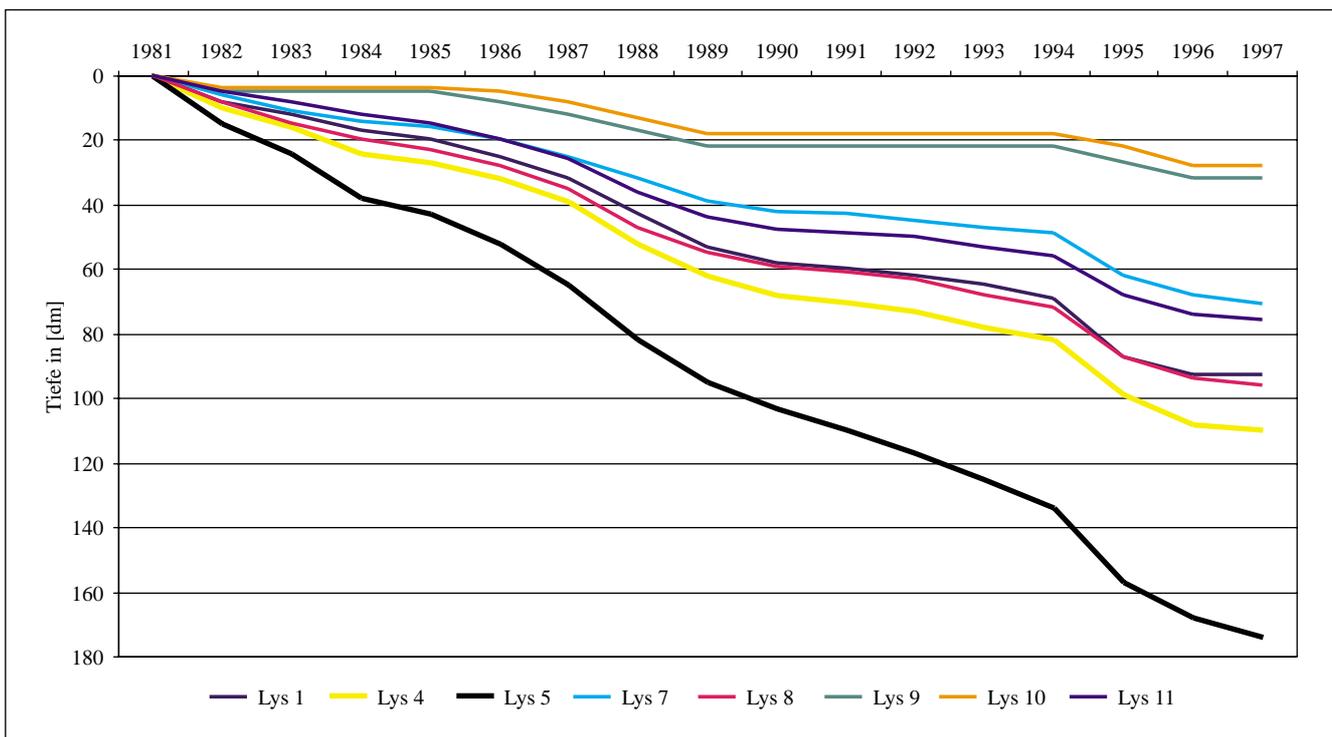


Abb. 4.2 Verlagerungsgeschwindigkeit im Lysimeter [dm/Jahr] aus jährlicher Sickerwassermenge [mm/Jahr] und Feldkapazität des 3m mächtigen Bodenprofils

Für den Lößstandort (Lysimetergruppe 9) liegt das Maximum der Sickerwasserbildungsperiode ebenfalls im März. Auf Grund der sehr geringen N-Konzentrationen im Sickerwasser ist das Maximum der N-Auswaschung mit durchschnittlich 2,2 kg/ha aber erst im Mai zu verzeichnen.

4.3 Wasserhaushaltsbilanzen verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung

Für überschlägige bzw. langfristige Wasserhaushaltsuntersuchungen werden Mittelwerte der Wasserhaushaltsgrößen benötigt. Auf Grund der hohen Persistenz trockener und feuchter Jahre sollte die Reihe ausreichend lang sein, damit davon ausgegangen werden kann, dass die Wasservorratsänderung im Boden nahezu „0“ ist. Bei der Verwendung der Reihe 1981 bis 1997 ist zu berücksichtigen, dass dieser Zeitraum das Trockenjahr 1982 und die Trockenperiode von 1989 bis 1992 sowie die sich anschließenden feuchten Jahre 1993 und 1994 beinhaltet.

Anhand der Jahreswerte ist jedoch festzustellen, dass am Ende der 17jährigen Messphase alle vorübergehenden, über mehrjährige Trockenperioden existierenden Defizite nahezu wieder ausgeglichen wurden.

Mit Blick auf die Darstellung der mittleren Jahresverläufe in Abb. 4.3 soll die abschließende Diskussion zum mittleren innerjährlichen Verlauf der Wasserhaushaltsgrößen wesentliche Erkenntnisse zusammenfassen:

- Von November bis Februar ist die Verdunstung auf allen Böden gleich groß und entspricht in etwa der potentiellen Verdunstung. Der verbleibende Niederschlagsanteil wird zur Auffüllung der Bodenwasservorräte verwendet.
- Im März steigt auf Grund der klimatischen Bedingungen die potentielle Verdunstung, wobei die reale Verdunstung (da vorwiegend Wintergetreide in der Fruchtfolge) geringfügig über der potentiellen Verdunstung liegt. Die negative Bilanz des Bodenwasservorrats resultiert aus der anhaltend hohen Versickerung aus dem Unterboden. Auch im April sind bei höheren Niederschlägen und Zunahme der Verdunstung bei allen Böden nahezu unvermindert hohe Sickerwassermengen zu verzeichnen.
- Erst im Mai gehen die Sickerwassermengen überall deutlich zurück.
- In Abhängigkeit von Bodenart und Ackerkultur erreicht die Verdunstung im Mai (bei Wintergetreide), Juni oder Juli (Grünland und Hackfrüchte) Höchstwerte, wobei die potentielle Verdunstung (außer bei den leichten Böden) deutlich überschritten wird. Die Entnahme aus dem Bodenwasservorrat erreicht im Mittel der Untersuchungs-jahre mit unterschiedlichen Ackerfrüchten bei allen Böden bei einem vergleichsweise niedrigen Sommerniederschlag die höchsten Werte.

- Im Juni und Juli wird der Bodenwasservorrat nicht mehr so stark (außer bei den Lößböden) in Anspruch genommen. Dies hat in Bezug auf Einzeljahre verschiedene Ursachen: hohe Niederschläge im Juni, Rückgang des Wasserbedarfs der Pflanzen oder Aufbrauch der ausschöpfbaren Wassermengen.
- In den Monaten Juli bis November findet aus keinem der 3 m mächtigen Bodenmonolithe eine nennenswerte Sickerwasserbildung statt. Der fallende Niederschlag und die aus dem Boden entnommenen Wassermengen (Abb. 4.3) werden im Juli vollständig verdunstet. Dabei ist die reale Verdunstung außer bei den Lößböden im Mittel der Jahre geringer als die potentielle Verdunstung.
- Im August geht die reale Verdunstung im Vergleich zur potentiellen Verdunstung noch weiter zurück, teils weil die Ernte bereits erfolgt ist, die Ackerpflanzen im Reife-

stadium wenig verdunsten oder der Bodenwasservorrat erschöpft ist. Die reale Verdunstung ist bereits etwas geringer als der Niederschlag. Es entstehen die ersten Rücklagen, so dass die Wiederauffüllung des Bodenwasservorrates beginnt.

- Im September geht die Verdunstung weiter zurück. Da aber im Mittel der Jahre im September weniger Niederschlag fällt als im August, bleibt es bei den geringen Überschuss-/Wiederauffüllungsmengen. Bei den Lößböden sind Verdunstung und Niederschlag etwa gleich groß. Im Oktober sind die gleichen Tendenzen zu verzeichnen, nur ist nun auch bei den Lößböden die Verdunstung geringer.

Bei der Aufstellung von Nomogrammen zur Ableitung von Jahreswerten der Sickerwasserbildung aus Niederschlag, Verdunstung und verfügbarem Bodenwasservorrat ergeben sich Probleme, da keine geeignete Abgrenzung des Bilanzzeitraumes (=Jahres) gelingt. Im Mittel der Jahre sind drei Phasen zu verzeichnen:

- die Phase der Ausschöpfung von März bis Juli
- die Phase der Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte von August bis Dezember (auch bis Januar oder Februar)
- die Phase der Sickerwasserbildung von Dezember (Januar oder Februar) bis Juni.

Auf Grund der jährlichen Variabilität dieser Prozesse lässt sich weder für das hydrologische Jahr (November bis Oktober) noch für das Lysimeterjahr (April bis März) ein zufriedenstellender Zusammenhang zwischen Boden, Jahresniederschlag und Sickerwassermenge in 3 m Tiefe herstellen. Regressionsbeziehungen für das hydrologische Jahr entstehen erst, wenn das aktuelle Bodenwasserdefizit zu Beginn des entsprechenden Bilanzjahres berücksichtigt wird. Dieses jährliche bodenabhängige Bilanzdefizit kann aus Lysimeter- oder Bodenfeuchtemessungen ermittelt werden. Wird als Beginn des Jahres der April gewählt, ist es auf Grund der Laufzeiten bis in 3 m Tiefe nicht möglich, eine vollständige Neubildungsperiode zu erfassen.

4.4 Repräsentativität der Lysimetermessungen

- Bei gleicher Witterung und Bewirtschaftung wird die Abflussbildung im Untersuchungsgebiet bei Böden mit flurfernen Grundwasserständen primär durch die Sedimente geprägt, die in der Elster- bzw. Saalekaltzeit (Schmelzwassersande und Geschiebelehm) und der Weichselkaltzeit (Sandlöß) zur Ablagerung kamen. Die in Folge der bodenbildenden Prozesse wie u. a. Verbraunung, Lessivierung (bei Fahlerden), Vergleyung und Humusakkumulation (bei Schwarzerden) entstandenen Bodentypen haben für die Abflussbildung sekundäre Bedeutung, wobei Ausgangssubstrat und bodenbildende Prozesse in genetischem Zusammenhang stehen.

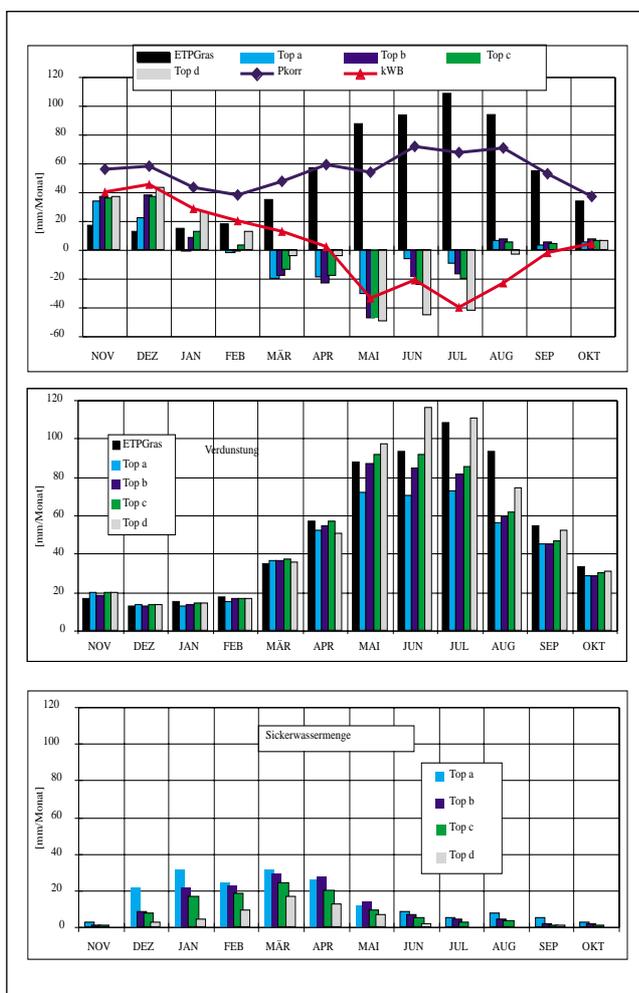


Abb. 4.3 Mittlerer Jahresgang von Bodenwasservorratsänderung (dSB), Niederschlag (P_{korr}), Grasreferenzverdunstung (ETP_{Gras}), klimatischer Wasserbilanz (kWB), realer Verdunstung und Grundwasserneubildung am Standort Brandis (Reihe 1981 bis 1997)

- Für Gebietsuntersuchungen können die acht analysierten Bodentypen zu vier „Versickerungstypen“ zusammengefasst werden, ohne dass dadurch mit großen Fehlern bei der Ermittlung des Gebietsabflusses zu rechnen ist.
- Auf den Geschiebelehm Böden (Typ c) der Grundmoräne, die auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte eine große räumliche Diskontinuität aufweisen (Kap. 3.3.1), ist bei gleicher Witterung und Bewirtschaftung mit einer hohen räumlichen Varianz der Abflussbildung zu rechnen.
- Im Unterschied dazu ist in Gebieten mit Schmelzwassersanden und -kiesen (Typ a und b) und mit äolischen Ablagerungen (Typ d) bei gleicher Witterung und Bewirtschaftung mit einer relativ geringen räumlichen Varianz der Abflussbildung zu rechnen.
- In Bezug auf die Verdunstung ist die Zuordnung zu den Versickerungstypen nicht ganz so eindeutig. Hier sind neben den physikalischen Eigenschaften der Ausgangssubstrate auch die Bodenfruchtbarkeit innerhalb eines Bodentyps und der aktuelle Zustand des Bestandes von Einfluss.

Vergleichbare Standorte in Sachsen

Nachdem Standortuntersuchungen abgeschlossen sind, besteht in den meisten Fällen der Wunsch, diese Ergebnisse auf die Fläche zu übertragen. Deshalb wird nachfolgend recherchiert, wie groß in Sachsen die Flächenanteile sind, für die auf Grund ihrer Böden und hydrogeologischen Verhältnisse eine Übertragung der Brandiser Untersuchungen denkbar ist. Der sächsische Festgesteinsbereich und seine Randbereiche wurden dabei nicht betrachtet.

Zunächst zeigte sich bei diesen Arbeiten, dass keine Karte existiert, die die „ungesättigte Zone“ und die Reichweite eines Brandiser Lysimeters vollständig beschreibt.

Legt man allein die Übersichtskarte der Böden des Freistaates Sachsen 1 : 400 000 (LfUG 1993) zugrunde, so repräsentieren die Lysimeterböden die Bodengesellschaften im Verbreitungsgebiet von Löß, Lößderivaten und Sand. Das sind nach MANNSFELD & RICHTER (1995) rd. 67 % des sächsischen Lockergesteinsbereiches.

SÄMISCH (1990) hat auf Grundlage der Verteilung der „Natürlichen Standorteinheiten (NStE) in % der Ackerfläche“ (mit Stand von 1963) nach SCHILLING, BANNORTH & SCHLICHT (1965) folgende Zahlen erarbeitet: Die Lysimeter repräsentieren acht natürliche Bodenformen und sechs NStE und damit 53 % des Ackerlandes der Neuen Bundesländer, 69 % des Ackerlandes von Sachsen und 49 % des Ackerlandes von Sachsen-Anhalt.

Mit Hinweis auf die Stellung der ungesättigten Zone im Gebietswasserhaushalt sind Betrachtungen, die nur bis in

0,8 m bis 1 m Tiefe angestrebt werden, nicht ausreichend. Um das Verständnis und einen Flächenbezug für die darunterliegenden hydrogeologischen Formationen zu erhalten, wurden von DUTELOFF (1996) Untersuchungen auf Basis der Geologischen Übersichtskarte 1 : 400 000 (GÜK 400, 1992) vorgenommen. Diese Karte stellt die unmittelbar unterhalb der in Zuständigkeit der Bodenkartierung befindlichen Gesteine dar und repräsentiert damit die unteren 2/3 der Lysimetermächtigkeit. Im Ergebnis einer stark vereinfachten Betrachtung, bei der davon ausgegangen wird, dass die Unterschiede zwischen den Schmelzwassersanden der Elster-Kaltzeit und der Saale-Kaltzeit sowie zwischen den jeweiligen Grundmoränen vernachlässigbar sind, werden den acht Lysimeterböden drei Gebiete zugewiesen:

- Gebiete mit Schmelzwassersanden
- Gebiete mit Geschiebelehm/-mergel
- Lößgebiete

Anhand der GÜK 400 lassen sich die Verbreitungsgebiete von Schmelzwasserablagerungen der Saale- und Elster-Kaltzeit, Grundmoränen der Saale- und Elster-Kaltzeit sowie Löß und Lößlehme ausgrenzen, womit folgende Flächengrößen repräsentiert werden:

| | |
|--------------------|----------------------|
| Schmelzwassersande | 1731 km ² |
| Grundmoränen | 1026 km ² |
| Löß und Lößlehm | 1766 km ² |
| gesamt | 4523 km ² |

Bei einer Gesamtfläche des Lockergesteinsbereiches in Sachsen von 9.887 km² entspricht das etwa 46 % dieser Fläche.

Die Untersuchungen ergaben auch, dass folgende geologische Einheiten durch Lysimeter bisher nicht repräsentiert werden, so dass eine Ergänzung der Brandiser Lysimeter aus folgenden hydrologischen Einheiten erforderlich ist:

- Endmoränen und Eisstausee-Ablagerungen
- Flussterrassen
- Auelehme
- tertiäre Schichten, die an der Oberfläche anstehen, sowie
- Gehängelehme.

Verwendung der Standortuntersuchungen im Maßstab eines Einzugsgebietes

Ziel der nachfolgenden Untersuchungen ist ein Vergleich zwischen dem für die Einzugsgebietsfläche ermittelten Gesamtabfluss und den im vergleichbaren Zeitraum 1981-97 gemessenen Abflüssen am Gebietspegel Thekla. Die überwiegende Anzahl der Lysimeterböden wurde im Einzugsgebiet der Parthe gewonnen. Deshalb war es möglich, dass mittels Lysimetermessungen ermittelte „Gesamtdargebot“ (unter Berücksichtigung der anstehenden Böden und der Flächenutzung) auf die Einzugsgebietsfläche zu extrapolieren.

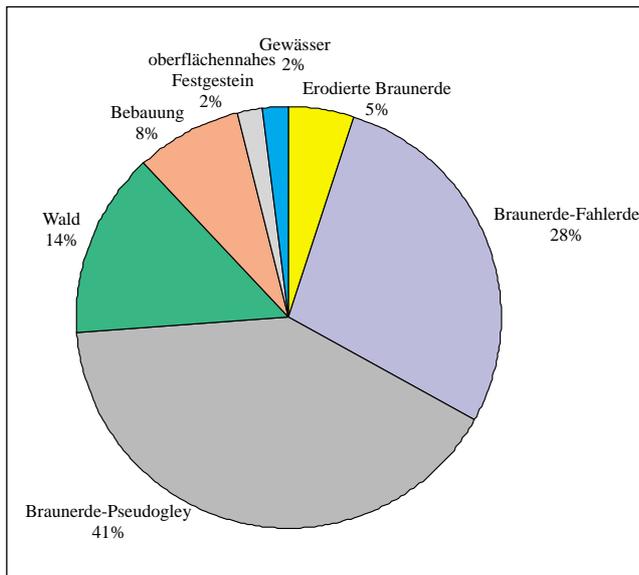


Abb. 4.4. Flächennutzung und Böden der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet der Parthe

Rd. 74 % der Einzugsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, wobei drei Lysimetergruppen mit jeweils 5 %, 28 % und 41 % vertreten sind (Abb. 4.4). Rd. 14 % der Einzugsgebietsfläche sind Wald. Der hohe Bebauungsanteil von 8 % resultiert aus dem Flächenanteil der Stadt Leipzig, der aber erst unterhalb des Bezugspegels Thekla in die Parthe entwässert. Der Pegel Thekla hat ein Einzugsgebiet von 314 km². Das sind 87 % des 366 km² großen Parthegebietes.

Um das Abflussverhalten im Einzugsgebiet besser beurteilen und mit den über Lysimeter ermittelten Standortabflüssen vergleichen zu können, wurden die am Pegel Thekla seit 1951 gemessenen Durchflüsse der Parthe (Tageswerte) analysiert. Mittels Ganglinienseparation nach dem Verfahren DIGFA (SCHWARZE 1985) wurden die drei Abflusskomponenten:

- langfristiger Basisabfluss
- kurzfristiger Basisabfluss und
- Direktabfluss

identifiziert und prozentual zum Gebietsniederschlag in Beziehung gesetzt (MELLENTIN & HAFERKORN 1999).

Abb. 4.5 zeigt die mittleren Wasserhaushaltskomponenten für den Vergleichszeitraum von 1981 bis 1997, ausgehend von einem korrigierten Gebietsniederschlag von 660 mm. Die Gebietsverdunstung resultiert bei der Ganglinienseparation als Restgröße in einer Höhe von rd. 540 mm. Damit Vergleiche möglich werden, erfolgte eine Umrechnung aller Komponenten in mm/Zeiteinheit.

Der **langfristige Basisabfluss** stellt die eigentliche grundwasserbürtige Abflusskomponente dar und ist im Einzugs-

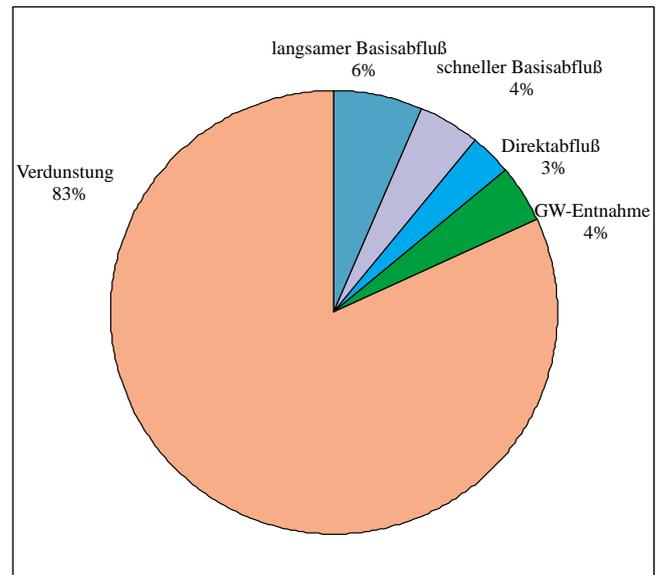


Abb. 4.5: Mittlere Wasserhaushaltskomponenten am Pegel Thekla/Parthe der Jahre 1981 bis 1997

gebiet der Parthe mit **42 mm/Jahr** die größte Abflusskomponente. Herkunftsraum sind die mächtigen Muldeschotter, die im Parthegebiet den Hauptgrundwasserleiter bilden. Aus dem Grundwasserleiter entnehmen die Wasserwerke Naunhof erhebliche Wassermengen, die zu 75 % außerhalb des Parthegebietes im Stadtgebiet Leipzig genutzt werden. Mit **27 mm/Jahr** stellt diese Grundwasserentnahme einen wesentlichen Anteil an der Gesamtbilanz dar und wird deshalb berücksichtigt. Inwiefern sie vollständig dem langfristigen Basisabfluss zuzurechnen ist, bleibt noch ungeklärt.

Der langfristige Basisabfluss ist auf Grund des großen Retentions- und Translationsraumes im Einzugsgebiet die einzige kontinuierliche, auch in Trockenzeiten fließende, Komponente. Beim Standortwasserhaushalt ist dieser Umsatzraum vergleichsweise sehr gering und es kann kein horizontaler Austausch erfolgen. Deshalb kommt es u. a. beim Standortwasserhaushalt zu einer erheblichen zeitlichen Umverteilung der Abflussbildung (Abb. 4.6).

Kurzfristiger Basisabfluss entstammt vorwiegend den oberen lokalen Grundwasserleitern, die gut entwässerbar sind und geringe Umsatzräume haben, so dass diese Abflusskomponente bereits großen Schwankungen unterliegt. Hinsichtlich des Abflussregimes am Standort handelt es sich vorwiegend um verzögerten bodeninneren lateralen Abfluss, der bei geschichteten Böden und Bodensättigung insbesondere im Februar, März und April entsteht und der im Lysimeter nur vertikal zum Abfluss kommen kann.

Verzögerter Direktabfluss entsteht als bodeninnerer lateraler Abfluss, der überwiegend nur bei Vorflutnähe abflusswirksam wird. **Schneller Direktabfluss** ist Oberflächenlandabfluss von versiegelten sowie gewässer- und

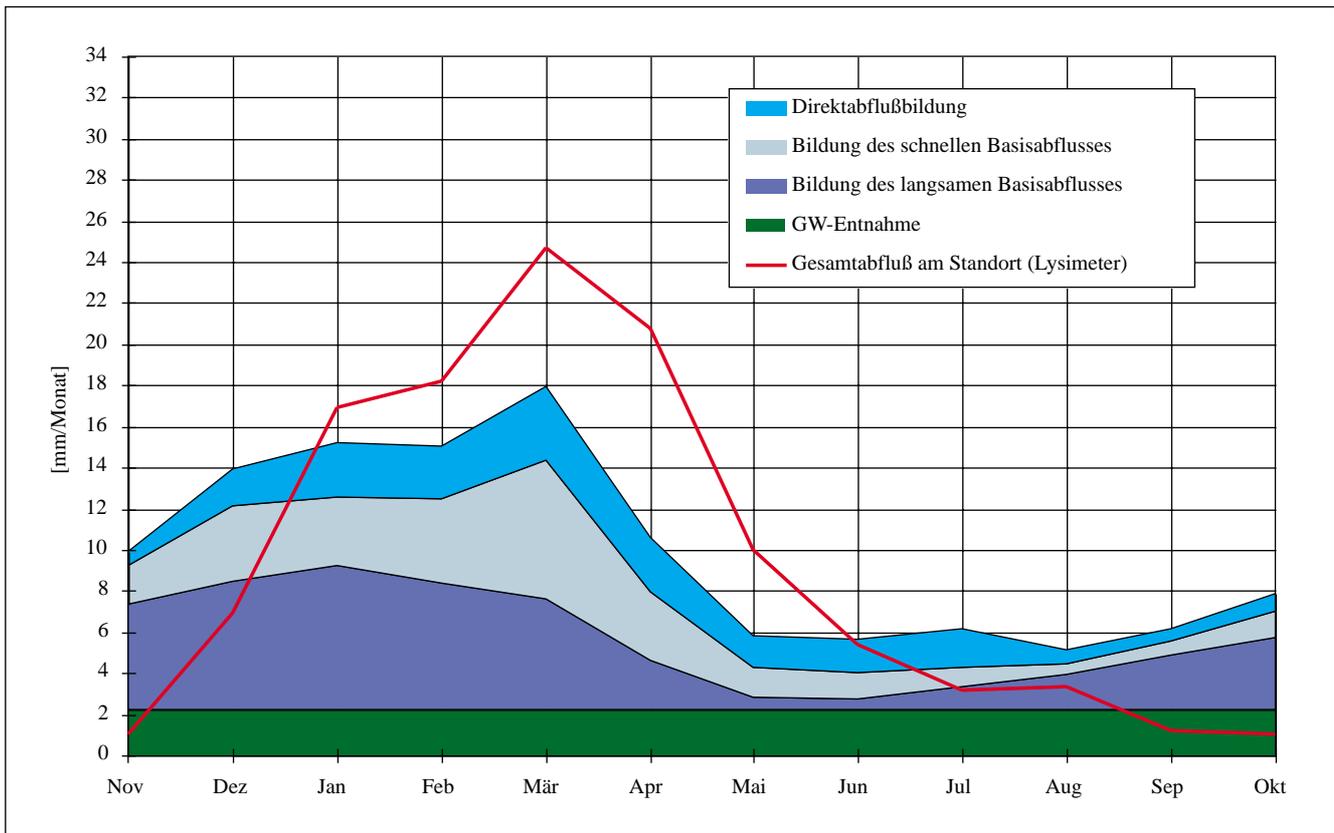


Abb. 4.6: Vergleich der mittleren Abflussbildung am Standort (Lysimetermessungen) und im Einzugsgebiet der Parthe (Reihe 1981-97)

grundwassernahen Bereichen (Sättigungsflächen). Nur er ist echtes Ereigniswasser, welches ohne bedeutsame Retention zum Abfluss gelangt und damit der Bezeichnung Direktabfluss im Sinne von Wasser „direkt aus dem Niederschlag“ gerecht wird.

Mittels Lysimeter werden alle Abflusskomponenten summarisch als Gesamtabfluss gemessen. Aus den vergleichenden Untersuchungen zwischen Abflussbildung am Standort und im Einzugsgebiet lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Auch im Einzugsgebiet bestimmt die hohe Ausschöpfung des Bodenspeichers durch die Verdunstung den Wasserhaushalt. Nur 13 % (mit Grundwasserentnahme 18 %) des fallenden Niederschlages kommen zur Abflussbildung. Der grundwasserbürtige Abfluss ist die wichtigste Abflusskomponente.
- Unter den semiariden Bedingungen des Untersuchungsgebietes kommt es in Gebieten mit flurnahen Grundwasserständen im Sommerhalbjahr zu einer erheblichen Zehrung aus dem Grundwasser.
- Durch die Wirkung des Grundwasserspeichers kommt es zwischen Standort und Einzugsgebiet zu signifikan-

ten Unterschieden in der innerjährlichen Abflussdynamik. Mengenmäßig kann eine Übereinstimmung erzielt werden.

Diese Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Abflusskomponenten verweisen auf das unterschiedliche Systemverhalten des Einzugsgebietes im Vergleich zum Standort. Von einer Regionalisierung hydrologischer Größen kann also erst dann gesprochen werden, „wenn der laterale Transport berechnet wird und dabei Übertragungsbedingungen von einem Rasterpunkt (bzw. Fläche) zum nächsten berücksichtigt werden, das heißt, auch hierbei räumliche Zusammenhänge einbezogen werden“ (KLEEGERG & CEMUS 1992).

Besonders beim Vergleich zwischen diffusen Stoffeinträgen im Einzugsgebiet (z. B. Nitrat) infolge landwirtschaftlicher Bewirtschaftung und der Höhe der das Einzugsgebiet mit der Vorflut verlassenden Frachten gewinnen Fließweg, Fließ- und Verweilzeiten des Wassers und seine Herkunftsräume an Bedeutung. Wie mittels Gangliniensimulation gezeigt werden konnte, spielt im Untersuchungsgebiet der Parthe neben dem Herkunftsräum „ungesättigte Zone“ auch die gesättigte Zone als Transport- und Umsatzraum eine entscheidende Rolle.

5 Grundwasserschutz

5.1 Wasserschutzgebiete

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel. Es wird aus Grundwasser, Oberflächenwasser und Uferfiltrat gewonnen. Die Darangebote dieser sich erneuernden Ressourcen müssen hinsichtlich Menge und Güte bewirtschaftet und geschützt werden. Eines der nachhaltigsten Instrumente des Gewässerschutzes stellt die Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten dar.

Die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes steht im Ermessen der zuständigen Wasserbehörde und erfolgt durch Rechtsverordnung, wenn die Belange der Allgemeinheit es erfordern (§19 WHG, §46 und 48 SächsWG).

Wasserschutzgebiete, die auf der Grundlage des Wassergesetzes der DDR vom 02.07.1982 festgesetzt wurden, gelten nach § 139 SächsWG weiter, wenn das WHG dem nicht entgegen steht.

Überarbeitungen und Neubearbeitungen von Schutzgebieten erfolgen im Einvernehmen mit den Staatlichen Umweltfachämtern, wenn

- das Wasservorkommen schutzwürdig, schutzbedürftig und schutzfähig ist und
- der Gewässerschutz nicht auf andere Weise sichergestellt werden kann.

Die Durchsetzung eines ausreichenden Gewässerschutzes zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit mit Trinkwasser bei Entscheidungen zur Entwicklung neuer und bestehender Siedlungsräume erfordert ein verantwortungsvolles Verwaltungshandeln auf der Grundlage fachtechnisch und naturwissenschaftlich begründeter Unterlagen. Tab. 5.1 zeigt die Entwicklung der Trinkwasserschutzgebiete im Freistaat Sachsen. Der hohe Anteil der Schutzgebiete an der Landesfläche verdeutlicht den verantwortungsvollen Umgang mit den für die Trinkwasserversorgung nutzbaren Dargeboten.

Tab. 5.1: Trinkwasserschutzgebiete im Freistaat Sachsen 1993 – 1999

| Jahr | 1993 | 1995 | 1998 | 1999 |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| Anzahl | 2055 | 1796 | 1424 | 1186 |
| Fläche in km ² | 2410 | 2223 | 2222 | 2000 |
| Anteil an Landesfläche in % | 13,1 | 12,1 | 12,1 | 10,9 |

Seit 1990 wurden zahlreiche Wasserfassungen wegen des sinkenden Wasserbedarfes stillgelegt und fast 50 % aller von 1990 bestehenden Wasserschutzgebiete aufgehoben. Die Gesamtfläche der Schutzgebiete hat sich jedoch als Folge

von Aufhebungen und von Überarbeitungen bestehender, z. T. unvollständiger Wasserschutzgebiete auf der Grundlage des aktuellen Regelwerkes nur um rund 25 % verringert.

Zur Sicherung eines einheitlichen Verwaltungshandelns der fachtechnischen und Wasserbehörden erfolgt die Ermessens- und Entscheidungsfindung zur naturwissenschaftlich begründeten Ausgrenzung und zur Erstellung von Rechtsverordnungen zur Festsetzung der Schutzgebiete seit dem 30.09.1998 nach der Handlungsanleitung Wasserschutzgebiete (SMUL 1998). Danach ist der Verfahrensträger die zuständige Wasserbehörde. Das LfUG ist seit 1992 auf Antrag für die Erstellung und Bewertung der hydrogeologischen/hydrologischen Gutachten zuständig.

Als fachliche Grundlage für die Erstellung der Wasserschutzgebietsgutachten werden die DVGW-Arbeitsblätter W 101 (Grundwasser) und W 102 (Oberflächenwasser) angewendet. Für die Erstellung von Wasserschutzgebietsgutachten erarbeitete das LfUG zwei Empfehlungen:

- Materialien zur Hydrogeologie – Trinkwasserschutz in Quellgebieten (1997)
- Materialien zur Wasserwirtschaft – Empfehlungen für Trinkwasserschutzgebietsgutachten für Grundwasser (1998)

Für die Bearbeitung der Schutzgebiete im LfUG wurde zur Absicherung des personellen und finanziellen Aufwandes mit Gründungserlass des SMUL vom 30.10.1997 die Projektgruppe „Gutachten für Trinkwasserschutzgebiete“ gebildet. Dem Gründungserlass folgte am 06.12.2000 ein Erlass zur Fortführung der Projektgruppe bis zum 31.12.2002. Die Fortführung wurde insbesondere mit der Änderung des SächsWG durch den Art. 5 des Haushaltbegleitgesetzes 2001 und 2002 vom 14.12.2000 begründet, wonach künftig der Begünstigte eines Wasserschutzgebietes den Ausgleich für erhöhte Anforderungen der ordnungsgemäßen land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung an den Ausgleichsberechtigten leistet. Somit werden u. a. die begünstigten Wasserversorger auf angemessene Schutzgebietsausweisung drängen. Aufgaben der Projektgruppe sind:

- Vergabe von Aufträgen an Dritte zur Erarbeitung von hydrogeologischen Gutachten
- Bestätigung von hydrogeologischen Gutachten, die von Dritten vorgelegt werden
- Erstellung von hydrogeologischen Gutachten

Bisher wurden beim LfUG über 250 Anträge zur Gutachtenbearbeitung gestellt. Davon konnten 185 Verfahren (Stand 12/2000) abschließend bearbeitet werden. Hierbei sind auch Anträge berücksichtigt, die nach Prüfung der Antragsunterlagen wegen fehlender Schutzwürdigkeit des Wassereinzugsgebietes storniert wurden oder für die im Ergebnis der Gutachtenbearbeitungen keine Schutzfähigkeit ausgewiesen bzw. Empfehlungen zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes gegeben werden konnten.

Schutzzonengutachten bzw. Ausgrenzungsvorschläge für Oberflächenwasser werden in der Regel von der LTV Sachsen vorgenommen und dem LfUG zur Bestätigung vorgelegt. Hierzu erfolgt die Einbeziehung des zuständigen Referates Oberflächenwasser im LfUG. Bisher wurden vier Verfahren abschließend bearbeitet.

Schutzzonengutachten für Heilquellen spielten bis 2000 nur eine untergeordnete Rolle. Im Rahmen eines Heilquellenschutzprojektes des Landkreises Vogtland wird derzeit mit Fördermitteln der EU unter fachlicher Begleitung von LfUG und StUFA Plauen ein länderübergreifender Vorschlag zur Ausweisung von Heilquellenschutzgebieten erarbeitet. Dieser soll als weiterführende Präzisierung der LAWA-Richtlinie für Heilquellenschutzgebiete (LAWA 1998) zur Anwendung kommen. Es ist vorgesehen, die im Landkreis Vogtland bestehenden Heilquellenschutzgebiete nach diesem Vorschlag zu überarbeiten.

5.2 Erkundung, Sicherung und Sanierung von Grundwasserkontaminationen

In diesem Abschnitt werden beispielhaft ausgewählte Fälle aus der Arbeit der Staatlichen Umweltfachämter Bautzen, Chemnitz, Leipzig und Plauen dargestellt.

5.2.1 Komplexe Grundwasserschadensfälle durch LHKW in den Stadtgebieten Niesky, Görlitz und Königsbrück

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Bautzen

Die Grundwassersituation in den Stadtgebieten von Niesky, Görlitz und Königsbrück ist durch komplexe Grundwasserschadensfälle mit LHKW geprägt. Die Hauptkontaminanten

bei allen Schadensfällen sind die Einzelstoffe Trichlorethen und Tetrachlorethen. Diese Stoffe gehören zur Gruppe der synthetischen Lösungsmittel. Sie fanden auf Grund ihres hervorragenden Lösevermögens vielfältige Anwendung z. B. in chemischen Textilreinigungen und in der metallverarbeitenden Industrie.

In den Stadtgebieten Niesky und Görlitz gelten mehrere altlastverdächtige Industriestandorte als potentielle Quellen für die Kontaminationen. Der Grundwasserschadensfall im Stadtgebiet Königsbrück geht überwiegend von altlastverdächtigen militärischen Liegenschaften aus. Die Schadherdzuordnungen und Kontaminationseingrenzungen konnten durch die bisher durchgeführten Altlastenuntersuchungen noch nicht abgeschlossen werden.

Zur Überwachung der örtlichen Grundwasserverhältnisse hat das StUFA Bautzen die Errichtung und den Betrieb von Sondermessnetzen initiiert. Die Messnetze werden zweimal jährlich durch die Umweltbetriebsgesellschaft beprobt.

Sondermessnetz Niesky

Im östlichen Stadtgebiet von Niesky befinden sich die Wassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Niesky AG, für die mit Beschluss vom 22.12.1983 ein Trinkwasserschutzgebiet festgesetzt wurde. 1991 wurden im Rahmen von Rohwasseruntersuchungen des Betreibers an 3 der 6 Versorgungsbrunnen Grundwasserkontaminationen mit LHKW nachgewiesen.

Im nördlichen Anstrom zu den Wassergewinnungsanlagen befindet sich ein komplexes Industriegebiet mit metallverarbeitenden Unternehmen und Industriebrachen, die nach der Branchenzuordnung als potentielle Verursacher für die Kontaminationen anzusehen sind. Die bisherigen Untersuchungen

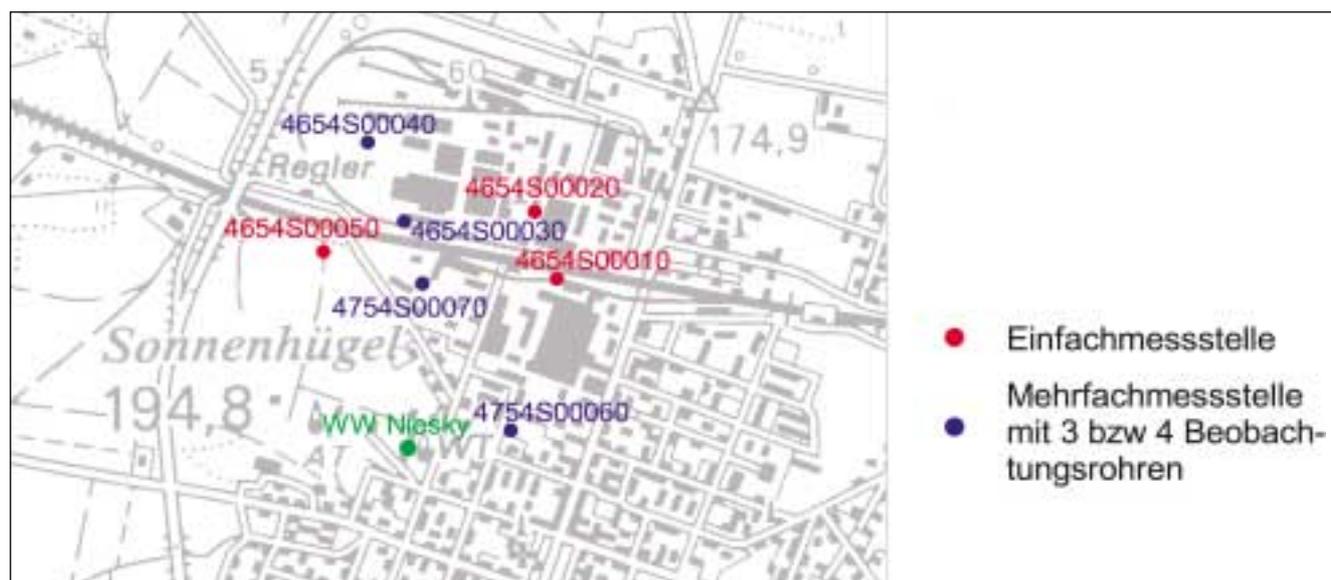


Abb. 5.1: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Niesky

gen zur Grundwasserbeschaffenheit lassen darauf schließen, dass die Schadstoffe überwiegend von Eintragsquellen aus diesem Gebiet stammen, z.B. ist eine Beteiligung der Betriebsdeponie des Waggonbaus Niesky nicht auszuschließen (UMWELTBÜRO GMBH VOGTLAND 1999) .

Das durch den Betreiber des Wasserwerkes im Rahmen der Eigenkontrollpflicht nach § 60 SächsWG durchgeführte Grundwassermonitoring ist zur Gewinnung fundierter Aussagen und Prognosen zur Schadstoffentwicklung nicht ausreichend. Aus diesem Grund wurde im Frühjahr 2001 mit dem Betrieb des Sondermessnetzes begonnen. Das Messnetz besteht aus 16 Grundwassermessstellen. Für das tiefenorientierte Grundwassermonitoring in dem bis 30 m mächtigen Grundwasserleiter wurden 2 Messstellengruppen mit 3 Messstellen und eine Messstellengruppe mit 4 Messstellen einbezogen. Abb. 5.1 zeigt die Lage der Messstellen im Untersuchungsgebiet und Tab. 5.2 die Beschaffenheitsergebnisse der Frühjahrsbeprobung 2001.

Derzeit kann keine Trendwende in der Beschaffenheitsentwicklung für das Schutzgut Grundwasser festgestellt werden. Die Schadstoffbelastungen mit LHKW im pleistozänen Grundwasserleiter erfordern die Weiterführung eines qualifizierten Grundwassermonitorings.

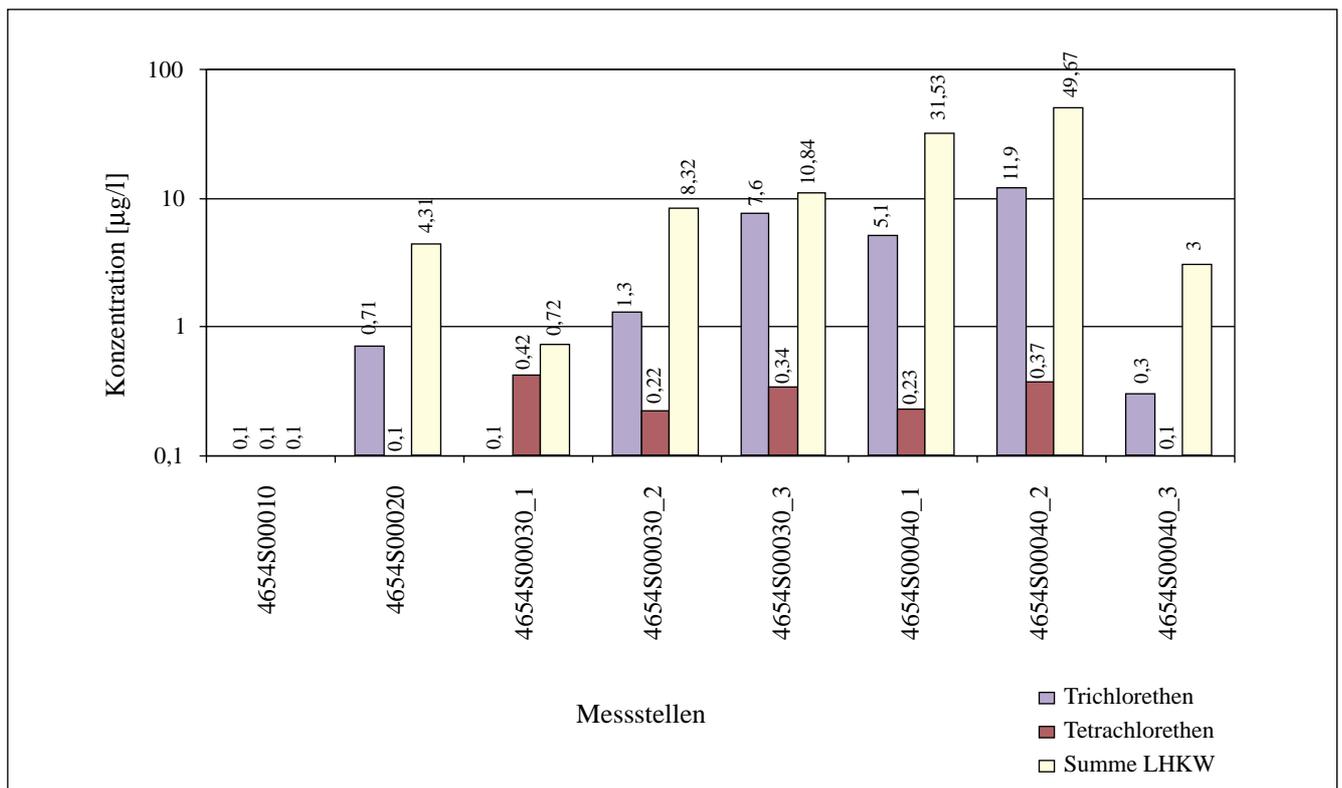
Sondermessnetz Görlitz

Das Grundwasser im zentralen Stadtgebiet von Görlitz ist großflächig mit LHKW kontaminiert. Die vorgefundenen Schadstoffkonzentrationen liegen teilweise um ein Vielfaches über den Geringfügigkeitsschwellen der LAWA.

Die Messergebnisse seit 1997 betriebenen Sondermessnetzes sowie durchgeführte und laufende Erkundungen zur LHKW-Kontamination des Grundwasserleiters im Stadtgebiet Görlitz zeigen, dass die pleistozäne Hauptrinnenstruktur zwischen August-Bebel-Platz und Pontestraße besonders stark belastet ist. Eine Ausbreitung der Kontamination in Richtung Grenzgewässer Neiße hat jedoch bisher nicht stattgefunden. Ursachen sind vermutlich die lokal gespannten Grundwasser-Verhältnisse und Exfiltrationen in den Pontekanal.

Die räumliche Schadstoffverteilung und die Beschaffenheitsmuster weisen auf das Vorhandensein mehrerer LHKW emittierender Schadherde hin. Als mögliche Kontaminationsherde kommen sowohl altlastverdächtige Standorte in der pleistozänen Hauptrinne als auch drei Altstandorte im Bereich einer Wasserscheide in Betracht. Als einer der Hauptverursacher werden die ehemaligen Feinoptischen Werke in der Arndtstraße vermutet. Einen weiteren Kontaminations-schwerpunkt bildet mit LHKW-Gehalten > 100.000 µg/l das Umfeld der Justizvollzugsanstalt, wo früher Leistungen für die Feinoptischen Werke erbracht wurden.

Tab. 5.2: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Niesky



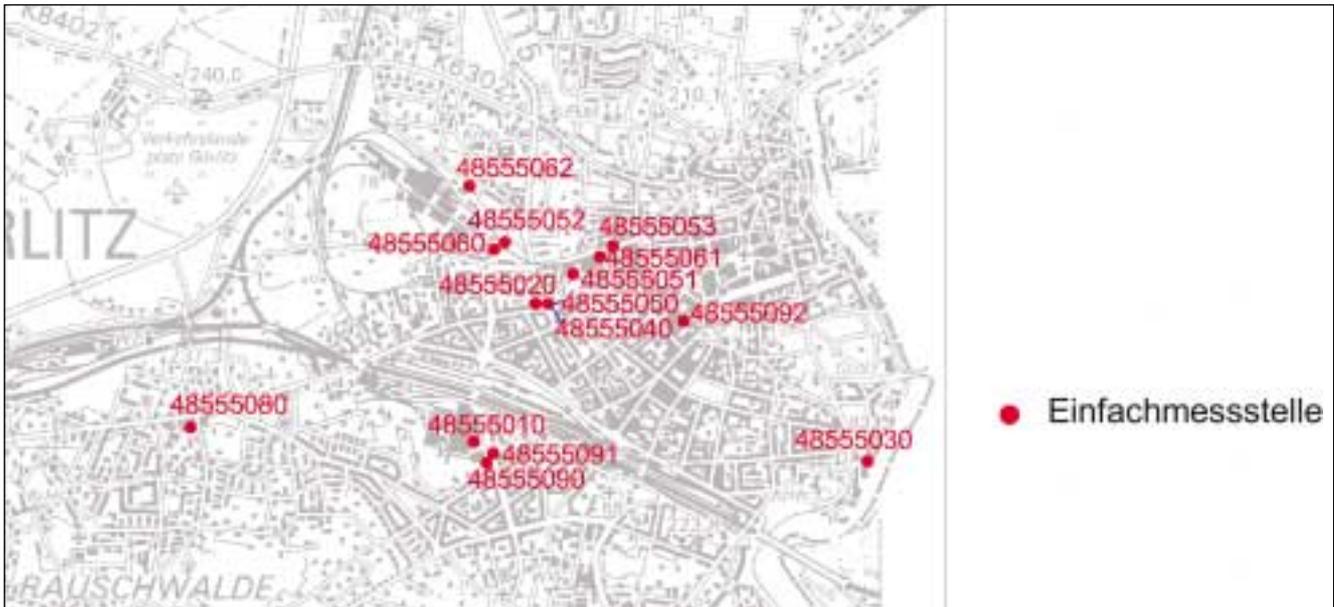
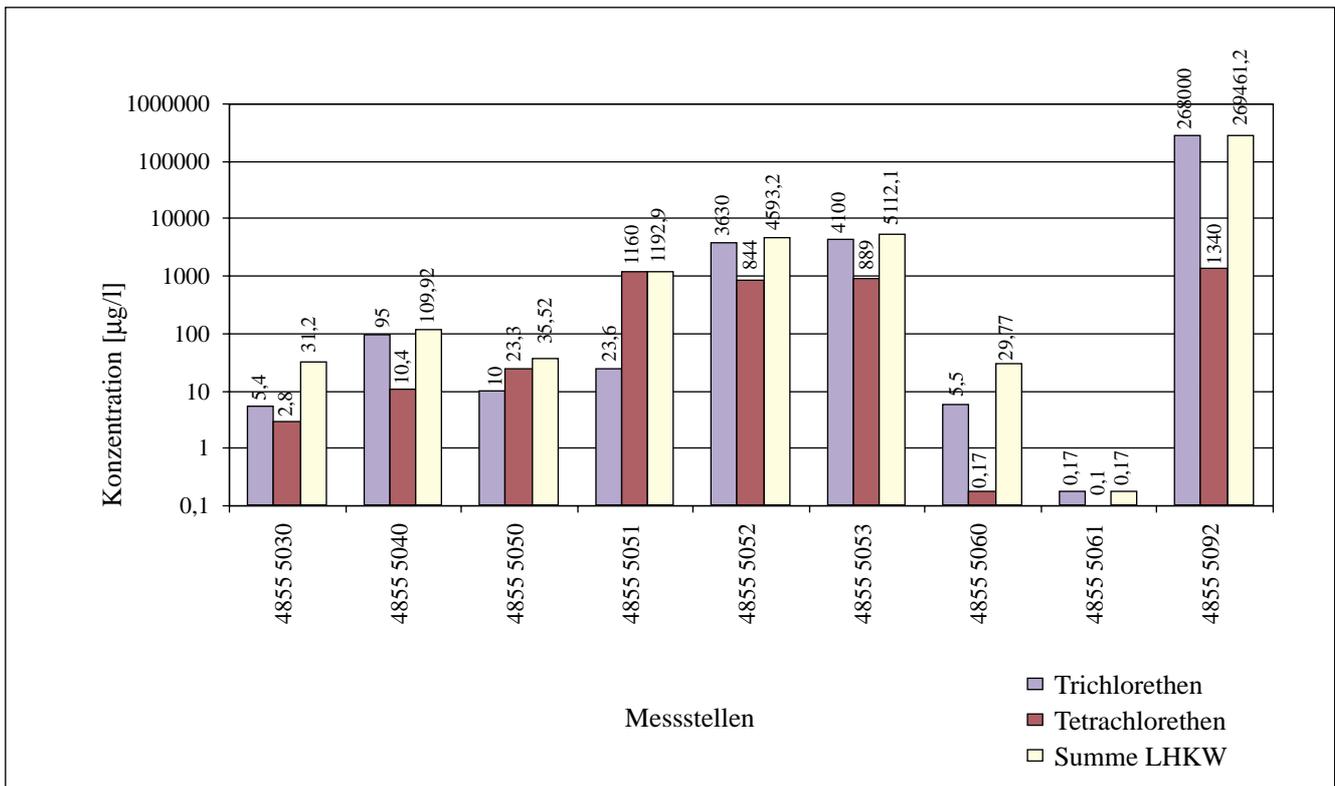


Abb. 5.2: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Görlitz

Das Sondermessnetz Görlitz besteht aus 9 Grundwassermessstellen und 6 Schacht- bzw. Bohrbrunnen (Abb. 5.2). In Tab. 5.3 werden die Beschaffenheitsergebnisse der Frühjahrsbeprobung 2001 für die Hauptkontaminanten dargestellt. Eine Tendenz zur Konzentrationsabnahme der Schadstoffe konnte nicht beobachtet werden.

Im Zuge von weiterführenden Untersuchungen der LHKW-Kontamination (INGENIEURBÜRO FÜR WASSER UND BODEN POSSENDORF 1999) wurden 27 neue Grundwassermessstellen errichtet. Das Sondermessnetz wurde optimiert und besteht wegen der Großräumigkeit der Kontamination und den hohen Schadstoffkonzentrationen nun aus 20 Messstellen.

Tab. 5.3: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Görlitz



Dabei konnten Messstellen mit Negativbefund und für Probenahmen ungeeignete Brunnen durch neue Messstellen ersetzt werden.

Sondermessnetz Königsbrück

1992 wurde bei Trinkwasseruntersuchungen im Versorgungsgebiet Königsbrück unerwartet eine hohe Belastung mit Trichlorethen festgestellt. Weiterführende Untersuchungen an Wasserfassungen im Stadtgebiet Königsbrück ergaben hohe Belastungen im Grundwassers mit Trichlorethen als Hauptkontaminanten und mit Tetrachlorethen (GOLDBACH 1993).

Als potentielle Verursacher der Kontaminationen wurden die südlich der Pulsnitz gelegenen militärischen Liegenschaften ermittelt. Die im Rahmen von Erkundungen gewonnenen Untersuchungsergebnisse belegen, dass eine Verfrachtung der Schadstoffe bis zur Grundwasserleiterunterkante stattgefunden hat. Auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet muss von mehreren Schadstoffausbreitungspfaden ausgegangen werden. Das kontaminierte Grundwasser infiltriert im oberflächennahen Bereich in den Vorfluter Pulsnitz und breitet sich auch in nordwestlicher Richtung aus.

Das Sondermessnetz Königsbrück besteht aus 2 Einfach- und drei Mehrfachmessstellen. Abb. 5.3 zeigt die Lage der Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet. In Tab. 5.4 werden Beschaffenheitsergebnisse der Frühjahrsprobung 2001 dargestellt:

Die Auswertung der Analysenergebnisse ergab nach einem zwischenzeitlichen Anstieg nun eine fallende Tendenz für

den Hauptkontaminanten Trichlorethen. Andere LHKW sind von untergeordneter Bedeutung.

Schlussfolgerungen für den Messnetzbetrieb

Der Betrieb der Sondermessnetze Niesky und Görlitz ist mittel- bis langfristig erforderlich. Für das Sondermessnetz Königsbrück ist ein Betrieb bis zum Jahr 2002 vorgesehen, über eine Weiterführung wird in Abhängigkeit vom Güte-trend entschieden.

Ab dem Jahr 2002 wird der Summenparameter AOX in das Parameterspektrum aufgenommen, um für die Chlororganika Plausibilitätskontrollen durchführen zu können.

5.2.2 Altlasten-Modellstandort Stadtgebiet Zwickau

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Plauen

Im Rahmen des Altlasten-Modellstandort-Programms (MOST) des Freistaates Sachsen wurde der westlich der Zwickauer Mulde gelegene Teil des Stadtgebietes von Zwickau von 1994 bis 2000 untersucht. Anlass für die Auswahl als Modellstandort war u. a. die Überlagerung der Folgen des ehemaligen Steinkohlenbergbaus mit denen konventioneller Altlasten im urbanen Raum. Projektträger war die Stadt Zwickau. Die Arbeiten wurden durch die HGN Hydrogeologie GmbH in Zusammenarbeit mit der vom StUFA Plauen geleiteten MOST-Arbeitsgruppe, bestehend aus dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, der Wasserwerke Zwickau GmbH und der GVV mbH, Bergwerk Zwickau, ausgeführt (HGN HYDROGEOLOGIE GMBH 2000).

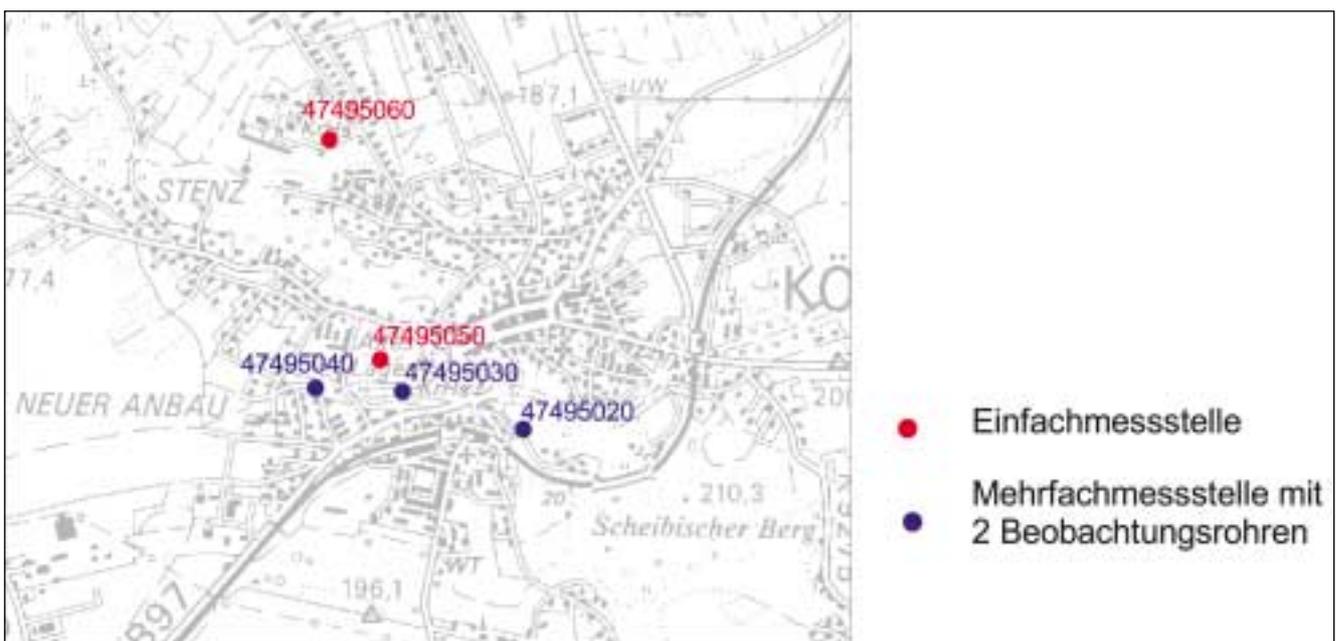
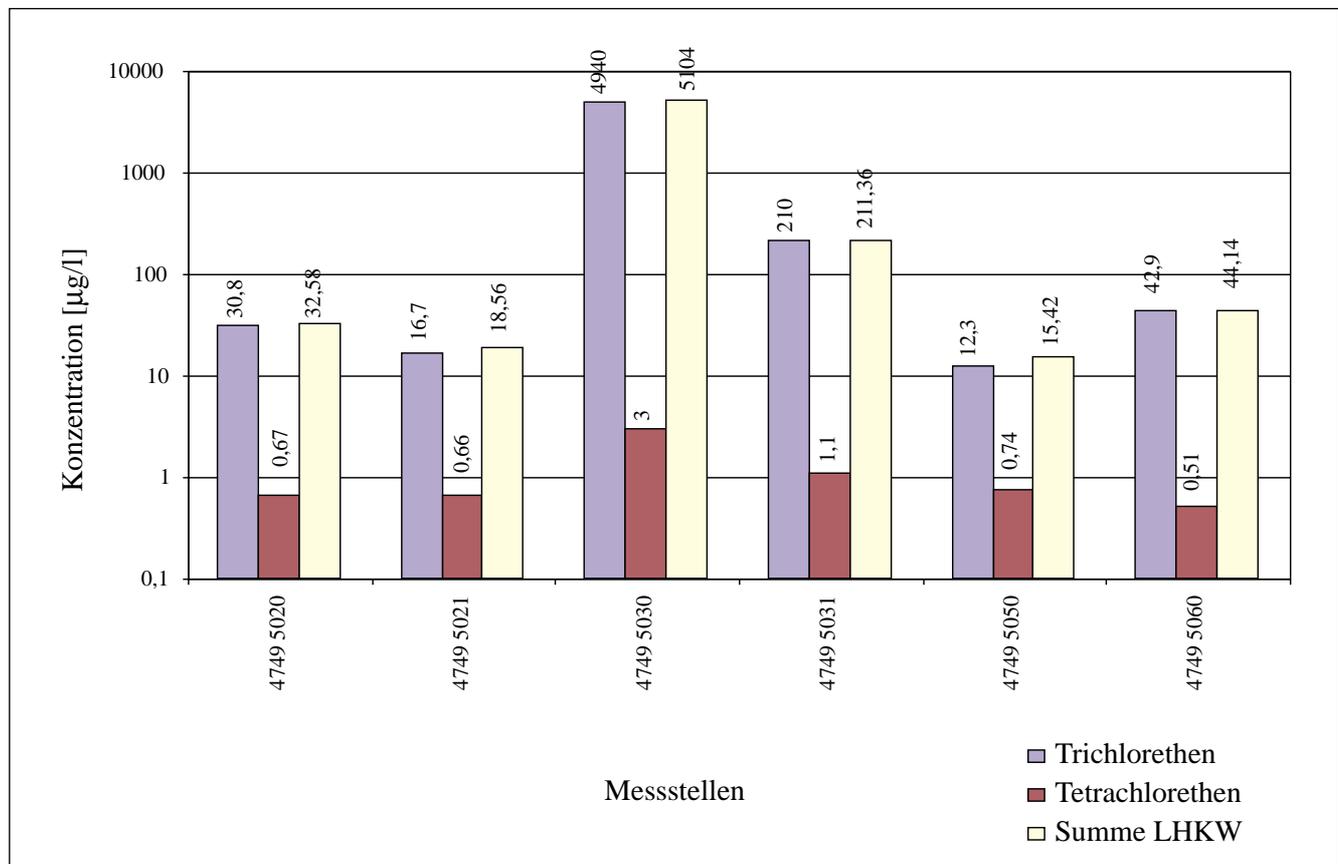


Abb. 5.3: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Königsbrück

Tab. 5.4: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Königsbrück



Das Ziel der Untersuchungen bestand in der Erfassung und komplexen Bewertung von Grundwasserschäden konventioneller Altlasten sowie der Grundwasserbeeinflussung im Bereich der Bergsenkungsgebiete und in den teilweise defekten Abwassersystemen.

Die Bearbeitung des MOST Zwickau erfolgte als integrale Altlastenbehandlung in 3 Stufen.

In der Stufe 1 wurde 1994 eine Kenntnisstandsanalyse zum Modellstandort realisiert.

Die Stufe 2 wurde 1995-1996 durchgeführt und bestand vorrangig in der Nacherhebung und Präzisierung zur historischen Erkundung, in der Luftbildauswertung und -interpretation sowie in der Prüfung der Durchführbarkeit einer geohydraulischen Modellierung.

Die Stufe 3 gliederte sich in die Phasen 3.1 und 3.2.

Die Phase 3.1 wurde 1996/97 durchgeführt und beinhaltete die komplexe Untersuchung des Schutzgutes Grundwasser unter Berücksichtigung der vorhandenen Altlasten und Verdachtsflächen sowie die Abwehr von drohenden oder akuten Gefahren für Mensch und Umwelt. Dazu wurden aus der

systematischen und integralen Altlastenbewertung abgeleitete technisch-laborative Arbeiten realisiert. Es wurden u.a. 14 Grundwassermessstellen errichtet, 64 Grundwasserproben analysiert und die Monitoringnetze „Grundwasserstand“ und „Grundwassergüte“ installiert. Aus mehreren Stichtagsmessungen an jeweils über 100 Grundwassermessstellen wurden Grundwassergleichenpläne erstellt. Bei der kartografischen Darstellung und Auswertung der Grundwasserkontaminationen wurden drohende Gefahren erkannt (z. B. Grundwasserabstrom der Teerfabrik Aschenborn auf der Leipziger Straße zur Kleingartenanlage Nordlicht). Es wurde eine zusammenfassende komplexe hydrochemische Bewertung durchgeführt, eine vorläufige Bewertung des Gefährdungspotenzials gegeben und Schwerpunkte für den Handlungsbedarf zur Gefahrenabwehr genannt.

Die Phase 3.2 wurde 1998/99 durchgeführt und beinhaltete ein Grundwassermonitoring, eine geohydraulische Modellierung und eine altlastenbezogene Komplexinterpretation. Die Grundwasserkontaminationen im MOST-Gebiet konnten aufgrund des umfassenden Monitorings wesentlich deutlicher als bei früheren Untersuchungen erkannt werden. In Teilbereichen wurden signifikante Verschlechterungen der Grundwasserbeschaffenheit ermittelt. Besonders auffällig waren

- sich ausweitende Kontaminationen von halogenierten Kohlenwasserstoffen,
- eine ansteigende, scheinbar „urbane“ Hintergrundbelastung durch MKW,
- fortdauernde standortspezifische Belastungen im Umfeld sanierter bzw. langfristig gesicherter Altlasten (z.B. ehemalige Kokereien, Teerfabrik Aschenborn, Chemische Fabrik Breithauptstraße),
- Trichterförmige Grundwassertiefstellen (Grundwasserdellen) im Bereich der Innenstadt und des Stadtteils Schedewitz.

Ein wesentliches Ergebnis war die gutachterliche Feststellung, dass für bewirtschaftetes Grundwasser im oberen Grundwasserleiter keine Gefahren von den im Einzugsbereich von Grundwasserdellen liegenden Altlasten und Verdachtsflächen zu besorgen sind. Das bedeutet, dass

- Betreiber von Brauchwasserbrunnen (Kleingartenanlagen, Autowaschanlagen, Grundwasserhaltungen bei Bauvorhaben usw.) das Grundwasser ohne Bedenken nutzen können, solange sie weit genug außerhalb der Grundwasserdellen liegen, das bestehende hydraulische System durch die Entnahme nicht nachteilig gestört wird und andere Kontaminationsquellen keine Gefahr verursachen und
- eine Sanierung der Grundwasserschäden innerhalb der Grundwasserdellen nicht drängend ist (wenn nicht andere Umstände das verlangen), da die Schadstofffahnen zu den Zentren der Grundwasserdellen strömen und die z. T. defekten Abwassersysteme Mitverursacher der Dellen sind und somit das Abwassersystem der Stadt Zwickau als „Altlasten-Wasserreinigungsanlage“ (unter Beachtung der Reinigung in der Zentralkläranlage Crossen) funktioniert.

Die Ursachen für die Grundwasserdellen müssen noch aufgeklärt werden, weil das kontaminierte Grundwasser bei natürlichen Abflusswegen an unerwarteten Stellen wieder auftauchen kann. Im Rahmen der unter Federführung des LfUG 1995-1999 durchgeführten „Komplexuntersuchung zu Auswirkungen des ehemaligen Steinkohlenbergbaus im Raum Oelsnitz-Zwickau“ und des von der EU im Programm INTERREG II C geförderten Teilprojektes „Beherrschung und Nutzung der Bergbaufolgewirkungen im ehemaligen Steinkohlenbergbaugebiet Zwickau“ wurden 1999 – 2001 Untersuchungen durchgeführt und Vorschläge für weitere Arbeiten unterbreitet.

Als Werkzeug zur Gefährdungsabschätzung wurde 1998/99 ein numerisches dreidimensionales GW-Strömungs- und Schadstofftransportmodell aufgebaut. Zur Vorbereitung der geohydraulischen Modellierung wurde bereits in der Stufe 3.1 eine Datei mit Daten von 359 überwiegend neuen geologischen Aufschlüssen, hydraulischen Durchlässigkeiten, Pumpversuchsauswertungen u. a. aufgebaut.

Im Ergebnis der Bearbeitungsphase 3.2 wurden u. a. folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Weiterführung des Grundwassermonitorings,
- präzisierte Ermittlung des Schadstoffeintrags aus relevanten Altlasten in die Gewässer,
- Fortschreibung der Gefährdungsbeurteilung im Rahmen des Monitorings unter Berücksichtigung des natürlichen Abbaus von Schadstoffen im Grundwasserabstrom
- Klärung der Transportvorgänge und des Verbleibs von Schadstoffen in den Grundwasserdellen.

Die Ergebnisse der modellhaften Altlastenbehandlung nutzt die Stadt Zwickau zur Ableitung des Handlungsbedarfs für die Untersuchung und Sanierung der Altlasten. Weiterhin dienen sie als wichtige Grundlage bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Die Bedeutung für den Kenntniszuwachs, das Handeln von Vollzugs- und Fachbehörden sowie die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf analoge Problemstellungen wurde in den Schlussfolgerungen und in einem Maßnahmenkatalog erläutert.

5.2.3 Sanierung des ehemaligen Fluatwerkes Glauchau

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Chemnitz

Lage und Historie

Das ehemalige Fluatwerk befindet sich im nördlichen Stadtgebiet von Glauchau innerhalb der Talau der Zwickauer Mulde. Auf dem Gelände war seit ca. 1890 chemische Industrie angesiedelt. Die Produktionsschwerpunkte lagen in der Cadmiumverarbeitung und der Herstellung von Fluaten, Antimonsalzen und Borax. Der unsachgemäße Umgang mit den eingesetzten Stoffen führte zu erheblichen Verunreinigungen von Boden und Grundwasser mit Cadmium, Fluorid und lokal mit Antimon und Blei.

Die nach 1990 entstandene Industriebrache sollte zu einem Gewerbe- und Industriegebiet umprofiliert werden. Auf dem weniger belasteten Bereich des Fluatwerksgeländes (südlicher Teil) wurde eine moderne Lagerhalle errichtet, die im nördlichen Teil über vier Andockstellen für LKW verfügt. Die daran angrenzende und noch brach liegende, hoch belastete Teilfläche B2 des Fluatwerkes sollte als Zufahrt bzw. Abstellfläche für LKW hergestellt werden.

Am Standort sind zwei hydraulisch voneinander getrennte Grundwasserleiter ausgebildet. Das Druckpotential des gespannten 2. Grundwasserleiters liegt ca. 1 m über dem des 1. Grundwasserleiters.

Belastungssituation

Die umfangreichen Bodenuntersuchungen ergaben auf einer Fläche von 3.800 m² etwa 18.000 m³ hochkontaminierten Boden, wovon ca. 6.500 m³ in der gesättigten Zone lagen.

Hauptschadstoffe sind die relativ gut eluierbaren Cadmiumverbindungen und Fluoridsalze.

Der erste Grundwasserleiter wies im Schadenszentrum 8 mg/l Cadmium und über 80 mg/l Fluorid auf. Auch im weiteren Abstrom lagen die Cadmiumgehalte mit ca. 0,5 mg/l und die Fluoridgehalte mit über 10 mg/l weit über den Geringfügigkeitsschwellen der LAWA (1998). Im 2. Grundwasserleiter sind im unmittelbaren Abstrombereich um den Faktor 100 niedrigere Cadmiumgehalte zu beobachten. Die Geringfügigkeitsschwellen werden jedoch ebenfalls überschritten. Aus der extremen Schädigung des Schutzgutes Grundwasser wurde die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen abgeleitet.

Sanierungsziel und Vorzugsvariante

Als Sanierungsziel wurde vorgegeben, dass eine weitere Schadstoffausbreitung innerhalb des quartären Grundwasserleiters zu verhindern ist. Unter Berücksichtigung des Sanierungsziels und der geplanten Nutzung als Logistikfläche wurde im Rahmen der Sanierungsuntersuchung auf der Grundlage eines Variantenvergleiches die Einkapselung des Schadensherdes mit einer Dichtwand und eine Oberflächenversiegelung als kostengünstigste und geeignetste Sanierungsvariante herausgearbeitet.

Sanierungsdurchführung

Die Sanierungsarbeiten begannen nach der Verbindlichkeitserklärung des Sanierungsplanes im Dezember 1999. Die Dichtwand wurde als Einphasen-Schlitzwand im Endloschlitzverfahren errichtet (Abb. 5.4). Auf Grund der schwierigen Baugrundverhältnisse (Fundamentreste, Hohlräume u. a.) musste durch einen Bagger ein vorlaufender Aushub bis 4 m Tiefe realisiert werden. Als Dichtwandmasse kam eine Bentonit-Zementmischung zum Einsatz. Der Umfang der Dichtwand beträgt 292 m, die Schlitzbreite 60 cm und die Tiefe 11 m. Mit dieser Tiefe war die Einbindung in den tonigen Rotliegendersatz gewährleistet und eine Unterströmung ausgeschlossen.



Abb. 5.4: Herstellung des Schlitzes der Dichtwand



Abb. 5.5: Fertige Dichtwand zur Einkapselung des Schadensherdes

Wegen mangelnder Aushärtung der Dichtwandmasse musste diese in zwei Bereichen gegen eine Fertigsuspension mit höherem Bindemittelgehalt ausgetauscht werden.

Im Februar 2000 war der Dichtwandbau abgeschlossen (Abb. 5.5). Nach der Baustellenberäumung wurde die Oberflächenversiegelung in Form einer Asphaltsschicht aufgebracht. Mitte April 2000 war die gesamte Baumaßnahme beendet und die Fläche konnte zur Nachnutzung freigegeben werden (Abb. 5.6).

Überwachung der Sanierungsmaßnahme

Neben den Eignungsprüfungen und Labortests zur Einhaltung der Qualitätsparameter des Dichtwandmaterials ist im Rahmen der Qualitätssicherung die Messung der Grundwasserstände innerhalb und außerhalb des gekapselten Bereiches vorgesehen. Dazu stehen je drei Grundwassermessstellen in beiden Bereichen zur Verfügung. Vier der Messstellen waren bereits während der Baumaßnahme vorhanden, die Messstellen GWM 5 und GWM 6 wurden nach Abschluss des Baugeschehens errichtet.



Abb. 5.6: Oberflächenversiegelung des Sanierungsgebietes

Entsprechend den Festlegungen im Sanierungsplan erfolgte während der Baumaßnahme bis 1 Jahr nach Sanierungsabschluss eine kontinuierliche Messung der Grundwasserstände mit Datenloggern, um erste Aussagen zur Dichtheit der Einkapselung abzuleiten (Abb. 5.7).

Zum Nachweis der Dichtheit der Wand wurde im April 2001 ein Pumpversuch an einer Messstelle im gekapselten Bereich

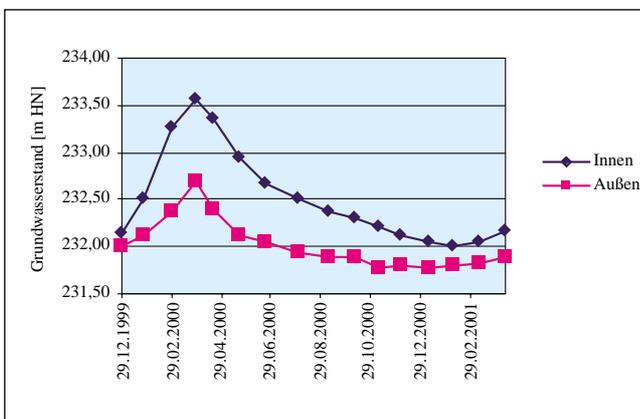


Abb. 5.7: Verlauf der Wasserstände an Messstellen innerhalb und außerhalb der Dichtwand

durchgeführt. Die kontinuierlich gemessenen Grundwasserstände zeigten eine deutliche Absenkung an allen innerhalb der Dichtwand liegenden Messstellen, während die außerhalb liegenden Messstellen auf die Absenkung erwartungsgemäß nicht reagierten. Eine abschließende Auswertung zum Nachweis der geforderten Dichtheit von 10^{-9} m/s liegt noch nicht vor.

Die halbjährlich durchgeführten Beschaffenheitsuntersuchungen belegen noch keine eindeutige Verbesserung der Grundwassersituation im Abstrom. Dies liegt aber auch daran, dass nur von einer Grundwassermessstelle eine längere Datenreihe vorliegt. Entwicklungstendenzen können erst nach einer ausreichenden Anzahl von Messungen abgeleitet werden.

Ausblick

Ein endgültiger Abschluss der Sanierungsmaßnahme und die Bestätigung ihrer Wirksamkeit ist auf Grund ausstehender Berichte noch nicht erfolgt. Alle bisher vorliegenden Daten weisen jedoch darauf hin, dass die Sicherungsmaßnahme in der geforderten Qualität realisiert wurde und somit auch der Sanierungserfolg im Rahmen der weiteren Überwachung nachgewiesen werden kann.

Gemäß den auf der Grundlage von § 15 Abs. 2 BBodSchG i.V.m. § 5 Abs. 3 BBodSchV getroffenen Festlegungen im Sanierungsplan ist die Wirksamkeit von Sicherungsmaßnahmen dauerhaft zu überwachen. Die Beprobungen erfolgen daher weiter halbjährlich. Stichtagsmessungen der Grundwasserstände werden monatlich an allen vorhandenen Grundwassermessstellen im Betrachtungsgebiet durchgeführt.

5.2.4 Sanierung des ehemaligen Tanklagers Zeisigwald

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Chemnitz

Lage und Historie

Das 18 ha große ehemalige Tanklager Zeisigwald des Oberkommandos der sowjetischen Streitkräfte befand sich am östlichen Randbereich von Chemnitz an der Südflanke des zur Naherholung genutzten Zeisigwaldes. An der südwestlichen Grundstücksgrenze entspringt der Grundbach, der die Wasser aus dem Gelände aufnimmt und abführt. Während des Betriebes des Tanklagers von 1950 bis 1991 kam es mehrmals zu Havarien, bei denen große Mengen Mineralöl in den oberen Grundbach austraten.

Den tieferen Untergrund bilden zum überwiegenden Teil Wechsellagerungen von Konglomeraten, Sandsteinen und Schluffsteinen des Rotliegenden, die auf Kluff- und Störungszonen eine erhöhte Wasserwegsamkeit aufweisen. Innerhalb der feinsandigen Verwitterungsschicht des Rotliegenden tritt oberflächennahes Grundwasser auf, das den Grundbach speist. Bei der darüber lagernden quartären Deckschicht handelt es sich um eine Gehängelehmschicht mit unterschiedlichen Geröllanteilen und einer Mächtigkeit von 0,5 bis 5 m. Der Grundwasserflurabstand beträgt zwischen 1,5 und 5 m. Das tiefere Grundwasser ist gespannt. Das Gebiet der Liegenschaft ist teilweise stark staunässeführend.

Belastungssituation

Bereits 1991 unmittelbar nach dem Abzug der sowjetischen Streitkräfte erfolgte eine erste Bestandsaufnahme der Liegenschaft. Dabei wurden ca. 200 z.T. mit Kraftstoff gefüllte Tanks mit einem Fassungsvermögen von 20 bis 64 m³ aufgefunden. Die Tanks waren teilweise in die Erde eingegraben und mit Boden überdeckt.

Die analytischen Untersuchungen im Boden und Grundwasser erstreckten sich über den Zeitraum von 1992 bis 1995. Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurden 13 Grundwassermessstellen errichtet, wovon drei den tieferen Grundwasserleiter im Festgestein erschlossen.

Entgegen der ursprünglichen Annahme stellte sich die Grundwasserbelastung als relativ gering heraus. Die anfangs



Abb. 5.8: Benzin-Wassergemisch mit aufsitzender Teerphase unter einem ausgebauten Tank

im oberflächennahen Bereich beobachteten geringmächtigen Phasenbildungen gingen im Laufe der Zeit deutlich zurück (Abb. 5.8). Wesentlich stärker mit MKW, BTEX-Aromaten und PAK belastet erwies sich das Schichten-(Stau)wasser in unmittelbarer Oberflächennähe.

Sanierung

Die Sanierungsmaßnahmen umfassten den Tankausbau und die Auskofferrung der wichtigsten Schadstoffquellen mit anschließender mikrobiologischer Reinigung in einer Bodenbehandlungsanlage. Der Bodenaushub erfolgte nach gutachterlicher und analytischer Begleitung der Rückbaumaßnahmen. Bis Juli 1996 wurden im ehemaligen Tanklager Zeisigwald alle Tanks gehoben und entsorgt (Abb. 5.9). In einigen Tankbatterien mussten wegen Unzugänglichkeit oder unverhältnismäßig hoher Aufwendungen Restbelastungen toleriert werden. Insgesamt wurden 700 t kontaminierter Boden ausgehoben.



Abb. 5.9: Freigelegte Tanks am Standort KVS 34; im Hintergrund Aufbau der Wasserreinigungsanlage

Die hydrogeologischen Standortbedingungen führten teilweise zum Anheben und Aufschwimmen der entleerten Tanks. Zur Durchführung des Bodenaushubs war eine Wasserhaltung erforderlich. Die Baugrubenwässer wurden in einer Wasserreinigungsanlage bestehend aus Absetzcontainer, Koaleszenzabscheider, Kiesfilter und zweifachem Aktivkohlefilter gereinigt. Die Wasserreinigungsanlage wurde vom 15.04 bis 03.07.1996 betrieben. Die geforderten Einleitgrenzwerte im Ablauf der Reinigungsanlage konnten mit Ausnahme des Grenzwerters für abfiltrierbare Stoffe wesentlich unterschritten werden. Problematisch war der hohe Gehalt an Schwebstoffen, der zusätzliche Maßnahmen erforderte. Durch eine Zwischenspeicherung der Wässer im ehemaligen Schwimmbad und die Nutzung von Filterbahnen konnte auch der Grenzwert für abfiltrierbare Stoffe eingehalten werden. Insgesamt wurden ca. 600 m³ Wasser gereinigt und 24 m³ Öl-Wassergemisch extern entsorgt.

Bis 1997 erfolgte die Rekultivierung der Liegenschaft. Außer einer Hinweistafel erinnert heute nichts mehr an die ehemalige Nutzung dieses Geländes, das mit seinen zahlreichen Wasserflächen vollständig in das Naherholungsgebiet Zeisigwald integriert ist (Abb. 5.10).

Maßnahmen und Ergebnisse der Nachsorge

Sanierungsbegleitend wurde 1996 die Grundwasserbeschaffenheit im vierteljährlichen Abstand überwacht. Dabei konnte zunächst ein Ansteigen der BTEX-Gehalte (insbesondere Benzol) im Grundwasser beobachtet werden, das jedoch mit den Sanierungsarbeiten nicht in Zusammenhang gebracht werden konnte.

Nach dem Sanierungsabschluss war eine Fortsetzung der Überwachung an ausgewählten Grundwassermessstellen im halbjährlichen Abstand vorgesehen. Im Frühjahr 1997 erfolgte eine Beprobung, bei der hohe PAK-Gehalte festgestellt wurden. Auf Grund eines Eigentümerwechsels (Übergabe der Liegenschaft an das Forstamt Flöha) konnte die nächste Beprobung erst 2001 veranlasst werden. Auffällige Schadstoffgehalte sind nicht mehr zu verzeichnen.

Die Altlastenbearbeitung ist mit dem Rückbau der Grundwassermessstellen nunmehr abgeschlossen. Eine Grundwassermessstelle wird in das Landesgrundmessnetz übernommen.



Abb. 5.10: Rekultivierter Standort KVS 51 im Sommer 2001

5.2.5 Ökologisches Großprojekt „SOW Böhlen“

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Leipzig

Die Erkundung der Umweltbeeinträchtigungen an dem ca. 10 km südlich von Leipzig gelegenen Industriestandort Böhlen-Lippendorf, die Beseitigung von Gefahren für die verschiedenen Schutzgüter und die Vorbereitung der Sanierung bzw. Sicherung der gravierendsten Kontaminationsherde wurden in einem „Ökologischen Großprojekt“ (ÖGP) zusammengefasst und nach der Sächsischen Altlastenmethode einer systematischen Bearbeitung unterzogen.

Der Geltungsbereich des ÖGP Böhlen umfasst die zwei 1990 vorhandenen Betriebsteile Böhlen des Petrolchemischen Kombines Schwedt und des Braunkohlenveredlungswerkes Espenhain. Mit der Privatisierung des petrolchemischen Teiles des Kombines Schwedt und dem Übergang in die BSL Olefinverbund GmbH erfolgte die Aufteilung des Betriebsgeländes an MIBRAG und LMBV für den ehemaligen Schwelereiteil, die VEAG für den Neubau des Kraftwerkes Lippendorf und an ausgegliederter Hilfsbetriebe bzw. neue Betriebe.

Produktionsgeschichte am Industriestandort Böhlen

Zu Beginn der 20er Jahre begann die Entwicklung des Industrieterminiums Böhlen mit dem Aufschluss des Tagebaues Böhlen, der Erzeugung von Braunkohlenbriketts und der Stromerzeugung im Industriekraftwerk Böhlen. In den 30er Jahren wurden Schwelereien errichtet, die neben Braunkohlenschwelkokoks Schwelgas und Schwelteer als Grundstoff für die Treibstoffgewinnung erzeugten. Dafür wurden weitere Nebenanlagen wie die Wasserstoffherzeugung, die Hydrierung, die Raffination u.a. mit entsprechenden Tanklager sowie Verlade- und Transporteinrichtungen errichtet.

In den 70er Jahren wurde ein Teil der carbochemischen Produktionskapazitäten stillgelegt und die Verarbeitung von Erdöl- bzw. Erdölprodukten schrittweise erhöht. Kernstück der petrolchemischen Anlagen war die 1975 in Betrieb genommene Ethylenanlage, die als Rohstoffe Rohbenzin und Flüssiggas verarbeitete.

In den 80er Jahren wurden neben der Pyrolysebenzinraffinationsanlage zur Gewinnung von Vergaser- und Dieselmotorenstoffen noch weitere Anlagen zur Gewinnung von 1,3-Butadien (Butexanlage), BTX-Aromaten und Isopren errichtet.

Belastungssituation

Durch Kriegseinwirkungen, bei denen 80 bis 85 % der Produktionsanlagen zerstört wurden, Havarien, Leckagen und fehlende Auffangvorrichtungen in Verlade- und Tankbereichen kam es während des jahrzehntelangen Betriebes zu flächenhaft verbreiteten Kontaminationen im Boden und im Grundwasser mit verschiedenen Mineralölprodukten. Beson-

ders zu nennen sind hohe Anteile an Benzol, Phenole, polycyclische Aromaten, insbesondere Naphthalin sowie untergeordnet leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe.

Hydrogeologische Situation und wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die hydrogeologische Situation des Gebiets wird geprägt von den zum größten Teil mit Abraum verfüllten Restlöchern der ehemaligen Tagebaue Böhlen, Zwenkau, Espenhain und Witznitz, von mehreren alten Tiefbauschächten und dem Baufeld Peres des gestundeten Tagebaus „Vereinigtes Schleenhain“, in dem künftig wieder Braunkohle abgebaut werden soll.

Die Verbreitung der Schadstoffe findet im wesentlichen in den Grundwasserleitern der beiden oberen Grundwasserleiterkomplexe statt. Die Grundwasserleiter sind sehr heterogen, z. T. gespannt und hydraulisch diffus miteinander verbunden. Es treten Anomalien in den Grundwasserständen auf, deren Ursachen noch nicht endgültig geklärt sind. In den beiden oberen Grundwasserleiterkomplexen sind nahezu alle kontaminierten Bereiche von Wasserscheiden überprägt, d.h. das Grundwasser fließt aus kontaminierten Hochlagen in alle Richtungen ab (Abb. 5.11).

Aus den im Südwesten des Industriegeländes liegenden Kontaminationsbereichen ist es durch den Einfluss der Wasserhaltungsmaßnahmen des benachbarten Tagebaues Peres

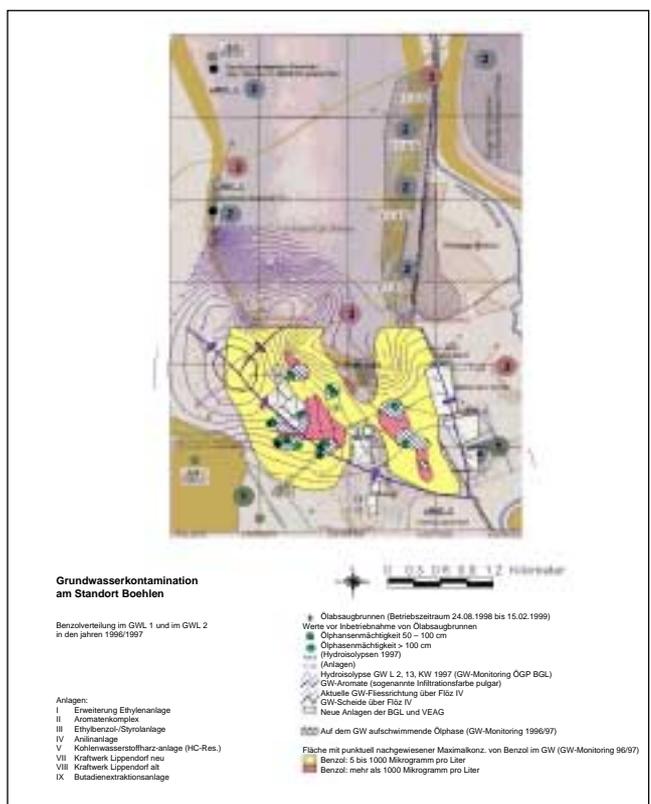


Abb. 5.11: Grundwasserkontamination am Standort Böhlen

bereits zum Schadstoffaustrag gekommen. Da die Randriegeltrasse des Tagbaus zukünftig nach Osten erweitert wird und das Sumpfungswasser über die Schnauder in die Weiße Elster abgeschlagen werden soll, ist eine Zunahme der Schadstofffracht und eine Verschleppung von Schadstoffen in Oberflächengewässer zu besorgen.

Erkundungsstand – bisherige Maßnahmen

Im Rahmen des ÖGP wurde das Territorium nach größeren technologischen Einheiten in 30 Teilflächen aufgeteilt und das Ausmaß an Boden- und Grundwasserkontaminationen nach der Sächsischen Altlastenmethodik mit unterschiedlicher Erkundungstiefe untersucht.

Parallel dazu wurde ein Grundwassermonitoring an ausgewählten Grundwassermessstellen aufgebaut, um durch regelmäßige Messungen Hydrodynamik und Wasserbeschaffenheit zu untersuchen und gesicherte Aussagen über die Belastungssituation im Grundwasser zu erhalten.

In mehreren Teilbereichen des ÖGP kam es großräumig zur Überschreitung der Residualsättigung des Bodens mit Mineralölen bzw. Mineralölprodukten, die zu einer aufschwimmenden Phase auf der Grundwasseroberfläche führten. An der Grenzfläche Produkt/Wasser werden ständig Schadstoffe, insbesondere die leichter löslichen aromatischen Verbindungen, in das Grundwasser eingetragen und mit dem Grundwasserabfluss weiter verbreitet. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die aufschwimmende Phase zu beseitigen.

Zur Beobachtung der Dynamik der Produktphase wird ein Phasenmonitoring an spezifisch für diesen Zweck ausgebauten Messstellen durchgeführt.

Die Beseitigung der Phase mit Hilfe von Abschöpfsystemen wird seit mehreren Jahren als Sofortmaßnahme betrieben. Darin eingeschlossen sind auch Tests von neuen, innovativen Verfahren zur Mobilisierung der Produktphase, um die Abschöpfmaßnahmen zu effektivieren.

Innerhalb des im Auftrag der LMBV erstellten „Hydrogeologischen Großraummodells Süd“ wurde als Modelllupe ein hydrogeologisches Modell für das Gebiet des ÖGP aufgebaut, um die hydraulischen Verhältnisse möglichst realitätsnah abbilden zu können. Dieses Modell wurde zu einem Schadstofftransportmodell erweitert. Durch die Simulation verschiedener Strömungs- und Kontaminationssituationen sollen mögliche Sanierungsszenarien dargestellt werden, um die Entscheidungsfindung für eine Sanierungsvariante zu unterstützen.

Gefahrenlage und Sanierungsziele

Da das Territorium weiterhin als Industriestandort genutzt wird und Bodensanierungen mit Ausnahme der Beseitigung sogenannter hot-spots auf einen vertretbaren Umfang redu-

ziert werden konnten, ist im Rahmen der Sanierungskonzeption hauptsächlich das Schutzgut Grundwasser zu betrachten.

Wegen der Großräumigkeit des Schadens, der großen Menge kontaminierten Wassers, der Höhe der Kontaminationen und der weitverbreiteten Produktphase ist eine vollständige Dekontamination des ÖGP-Geländes mit verhältnismäßigen Mitteln nicht möglich. Bei der Planung der Sanierungsarbeiten waren folglich vor allem Gefahrenbezüge und die Betrachtung von Kosten-/Nutzenrelationen nach dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund erfolgte bei der Ableitung der vorläufigen Sanierungszielwerte eine Unterteilung in innere und äußere Sanierungszielwerte. Die inneren Sanierungszielwerte liegen deutlich höher. Sie sind nach der Beseitigung der wesentlichen Kontaminationsquellen einzuhalten und orientieren sich an den Einleitbedingungen in die Aufbereitungsanlagen der BSL. Die strengeren äußeren Sanierungszielwerte beschreiben den zulässigen, „tolerierbaren“ Grad an Restkontamination, also die Stofffrachten, die das ÖGP-Gebiet verlassen dürfen, ohne dass eine nachhaltige schädliche Beeinträchtigung von Schutzgütern erfolgt.

Sanierungskonzept

Das im Jahr 2000 fertiggestellte Teilsanierungskonzept 1 „Grundwasser/Gewässer“ (die anderen Teilsanierungskonzepte 2 bis 4 befassen sich mit Bodensanierungen einzelner Teilflächen) umfasst im Wesentlichen eine vergleichende Betrachtung der favorisierten Sanierungsvarianten und die Kopplung der tragenden Sanierungselemente zu einem Gesamtkonzept.

Zur Quellen- und Phasensanierung werden in den Kontaminationszentren aktive hydraulische Maßnahmen durchgeführt. Gehobene Grundwässer werden in eine zentrale Abwasseraufbereitungsanlage oder in dezentrale Reinigungsanlagen geleitet. Produktphase wird abgeschöpft, gegebenenfalls gekoppelt mit Maßnahmen zur Mobilisierung und Beseitigung der Phase aus der ungesättigten Bodenzone und dem Grundwasserschwankungsbereich.

Ob die hydraulischen Maßnahmen ausreichen und dadurch die äußeren Sanierungszielwerte eingehalten werden oder ob zusätzliche passive Sicherungsmaßnahmen wie eine Dichtwand erforderlich sind, kann noch nicht abschließend beurteilt werden. Über die Form der Abstromsicherung ist in Auswertung der Ergebnisse der nachfolgend aufgeführten Maßnahmen endgültig zu entscheiden.

Weiterführende Maßnahmen

Aus den vergleichenden Betrachtungen des Teilsanierungskonzeptes „Grundwasser/Gewässer“ wurden Kenntnisdefizite herausgearbeitet, deren Beseitigung für eine sichere

Beurteilung der Erforderlichkeit und des Umfangs von Sanierungsmaßnahmen notwendig ist. Dazu gehören:

- Erkundung des Kontaminationsgrades in den Grundwasserleitern
- Prüfung der Möglichkeit zur Einleitung von kontaminierten Grundwässern in die zentrale Abwasserreinigungsanlage
- Erarbeitung eines Konzeptes zur Produktphasensanierung
- Untersuchung und Bewertung der natürlichen Selbstreinigung der Grundwasserleiter
- Optimierung des Grundwassermessstellennetzes
- Aktualisierung und Weiterführung der Modellierung mit Variantenberechnungen zu Sanierungsszenarien

Diese Maßnahmen werden gegenwärtig vorbereitet und realisiert. Anschließend soll eine zügige Umsetzung der Sanierungskonzeption erfolgen.

5.2.6 Wasserhaushaltssanierung im nordwest-sächsischen Bergbaurevier

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Leipzig

In den vergangenen 150 Jahren wurde im Nordraum von Leipzig (sächsischer Anteil des Bitterfelder Reviers) und im Südraum von Leipzig (sächsischer Anteil des Weißelsterbeckenreviers) Braunkohle auf einer Fläche von 250 km² abgegraben. Der Bergbau war mit tiefen Eingriffen in den Naturhaushalt der betroffenen Regionen verbunden. Besonders die großräumige Absenkung der Grundwasserstände und die Verlegung von Flussläufen veränderten den Gebietswasserhaushalt gravierend. Die Größe des bergbaulich verursachten Grundwasserabsenkungstrichters im Regierungsbezirk Leipzig umfasst eine Fläche von rund 1370 km². Das entspricht 31 % der Fläche des Regierungsbezirkes.

Aktiven Braunkohlenbergbau gibt es derzeit noch im Weißelsterbecken im Tagebau Vereinigtes Schleenhain mit seinen drei Abbaufeldern Schleenhain, Groitzscher Dreieck und Peres (bis voraussichtlich etwa 2040) sowie im Profener Gebiet bis voraussichtlich 2030.

Durch die technologisch bedingte Sumpfung sind im mitteldeutschen Bergbaugbiet ca. 5 Milliarden m³ statische Grundwasservorräte abgepumpt worden. Dazu kommen weitere 2,5 Milliarden m³, die sich aus dem Massendefizit von geförderter Kohle und Abraum ergeben. Zum Ausgleich des bergbaulich verursachten Grundwasserdefizites und zur Flutung der bergmännischen Hohlformen werden über 8 Milliarden m³ Wasser benötigt. Infolgedessen ist künftig von teilweise neuen hydraulischen und hydrochemischen Bedingungen in den Sanierungsgebieten auszugehen.

Neben den Wassermengenproblemen sind wesentliche qualitative Veränderungen des Grundwassers beim Wiederanstieg zu erwarten. Infolge geochemischer Prozesse (Verwit-

terung von Pyrit und Markasit in den Abraumkippen) besteht die Gefahr der Versauerung und eine damit verbundene Schwermetallbelastung der Wässer sowie darüber hinaus die der Versalzung des Grundwassers, der künftigen Tagebaurestseen und der relevanten Fließgewässer. Des Weiteren ist mit Gefahren durch Mobilisierung von Schadstoffen aus Altlasten, insbesondere von Veredlungs- bzw. Chemiestandorten, zu rechnen.

Die großen Erdbewegungen und Eingriffe in den Wasserhaushalt kommen mit der begonnenen Flutung der Tagebaurestlöcher im nordwestsächsischen Bergbaurevier zum Abschluss. Die Flutung des Tagebaurestlochs Cosputen wurde bereits im Juli 2000 beendet. Die Auswirkungen auf die von Grundwasserabsenkungen betroffenen Gebiete werden in den in Bearbeitung befindlichen Betriebsplänen „Folgen des Grundwasserwiederanstieges“ (BP FdGWW) für die einzelnen Braunkohlentagebaue beschrieben.

Die BP FdGWW basieren auf einer zwischen dem Freistaat Sachsen und der LMBV mbH geschlossenen Rahmenvereinbarung. Sie beinhalten Regelungen zu Untersuchungen, Sanierungskonzepten und Abwehrmaßnahmen, die durch den mit der bergbaulichen Stilllegung der Braunkohlentagebaue verbundenen Grundwasserwiederanstieg notwendig werden. Mit diesen Betriebsplänen wird erstmals der Prozess des Grundwasserwiederanstieges in seiner gesamten Komplexität räumlich und zeitlich erfasst, beschrieben und bewertet. Die BP FdGWW betrachten den gesamten Absenkungstrichter und werden Bestandteil der wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahren für die Herstellung der Tagebaurestlochseen.

Bei den Planungen zur Flutung der Tagebaurestlöcher wurde darauf orientiert, dass sich die vorbergbaulichen Grundwasserstände weitgehend wieder einstellen (Abb. 5.12). Allerdings ist der Kenntnisstand zu bergbaulich unbeeinflussten Grundwasserständen teilweise lückenhaft. Es wird Gebiete geben, in denen die Grundwasserstände dauerhaft niedriger oder höher als vor Beginn des Bergbaus liegen. Insbesondere in Gebieten mit höherem Grundwasserstand sind Konflikte nicht auszuschließen.

Aus fachbehördlicher Sicht sind Nachsorge und eine auf mehrere Jahrzehnte angelegte Überwachung wichtige Voraussetzungen zur Erreichung eines sich weitgehend selbst regulierenden Natur- und Wasserhaushaltes im Sinne einer nachhaltigen Sanierung. Monitoring und Nachsorge sind unverzichtbare Elemente zur langfristigen Sicherung der wasserhaushaltlichen Sanierung in den Bergbaufolgelandschaften.

Ein Schwerpunkt der Nachsorge besteht darin, die entstandenen Seenlandschaften in Nordwestsachsen so zu unterhalten und zu bewirtschaften, dass deren Zustand dauerhaft die angestrebten hochwertigen Nutzungen z. B. als Badegewässer ermöglicht. Die dafür notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen sind durch die EU-Wasserrahmen-

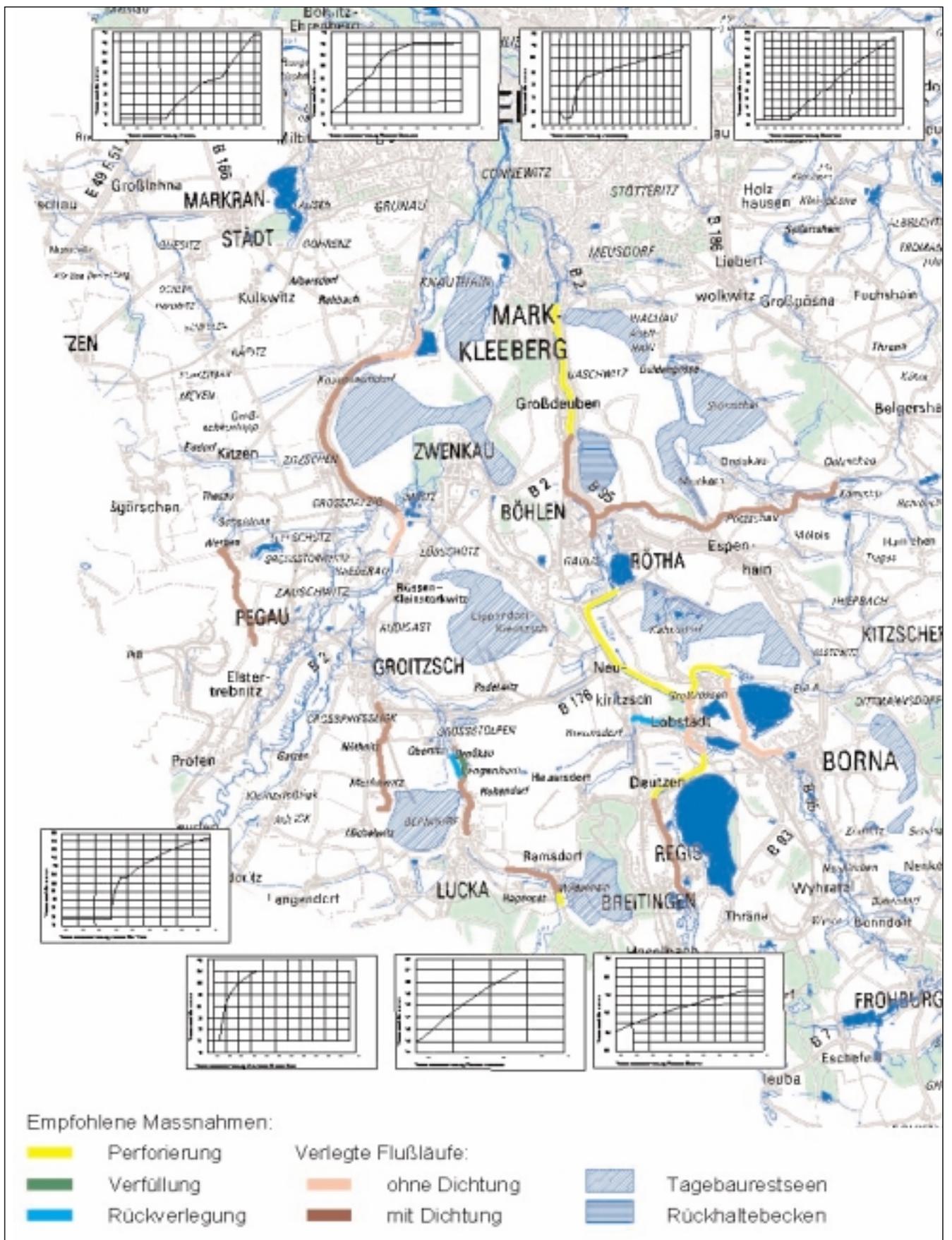


Abb. 5.12: Entwicklung der Gewässer in der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraumes

richtlinie (WRRL), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Landeswassergesetze und das zugehörige untergesetzliche Regelwerk gegeben.

Im nordwestsächsischen Bergbaurevier existieren allein im Besitz der LMBV mbH derzeit ca. 6000 Grundwassermessstellen zur Beobachtung der Grundwasserdynamik und nahezu 800 Messstellen zur Überwachung der Beschaffenheit des Grundwassers. Grundwassermessstellen, die nicht in Monitoring-Messnetze integriert werden, müssen aus fachlicher Sicht und unter Beachtung der geltenden gesetzlichen Grundlagen ordnungsgemäß zurückgebaut werden.

Im Freistaat Sachsen ist für notwendige Nachsorgemaßnahmen für das Grundwasser nach einer überschlägigen Schätzung mit Kosten in Höhe von 45 bis 50 Millionen Euro innerhalb der kommenden 30 Jahre zu rechnen. Es wird erwartet, dass sich die Aufwendungen für Bewirtschaftung und Monitoring der ersten Dekade in der zweiten Dekade halbieren und in der dritten Dekade nur noch ein Viertel betragen.

Das Ökologische Großprojekt „SOW Böhlen“ (ÖGP), befindet sich in zentraler Lage des Sanierungsgebietes „Südraum Leipzig“. Die Erarbeitung einer Sanierungskonzeption steht unmittelbar bevor. Das Hauptproblem ist nicht die Sanierung des Bodens, sondern die grundwasserrelevante Phasensanierung.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt im Sanierungsgebiet „Südraum Leipzig“ ist der Altdeponiestandort an den Bundesstraßen B2/B95. Der Standort befindet sich auf dem Territorium des ehemaligen Tagebaues Espenhain, steht jedoch selbst nicht mehr unter Bergaufsicht. Im Rahmen einer aktuellen geohydraulischen Berechnung wurde in einem ersten Schritt geklärt, inwieweit mögliche Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs auf die Umgebung und Aussagen zu eventuellen Einflüssen auf die Wasserbeschaffenheit des entstehenden Markkleeberger Sees getroffen werden können.

5.2.7 Großraum Leipzig

Bericht des Staatlichen Umweltfachamts Leipzig

Im Stadtgebiet von Leipzig und dem angrenzenden Umland (Großraum Leipzig) befinden sich innerhalb ausgedehnter Auen von Weißer Elster, Pleiße, Parthe und der Nördlichen sowie Östlichen Rietzschke dicht bebaute Wohngebiete sowie Industrie- und Gewerbestandorte. Vor allem unter den gewerblich genutzten Standorten sind vielfach Altstandorte oder Altlastverdachtsflächen, deren Kontaminationen das Grundwasser teilweise stark beeinträchtigen.

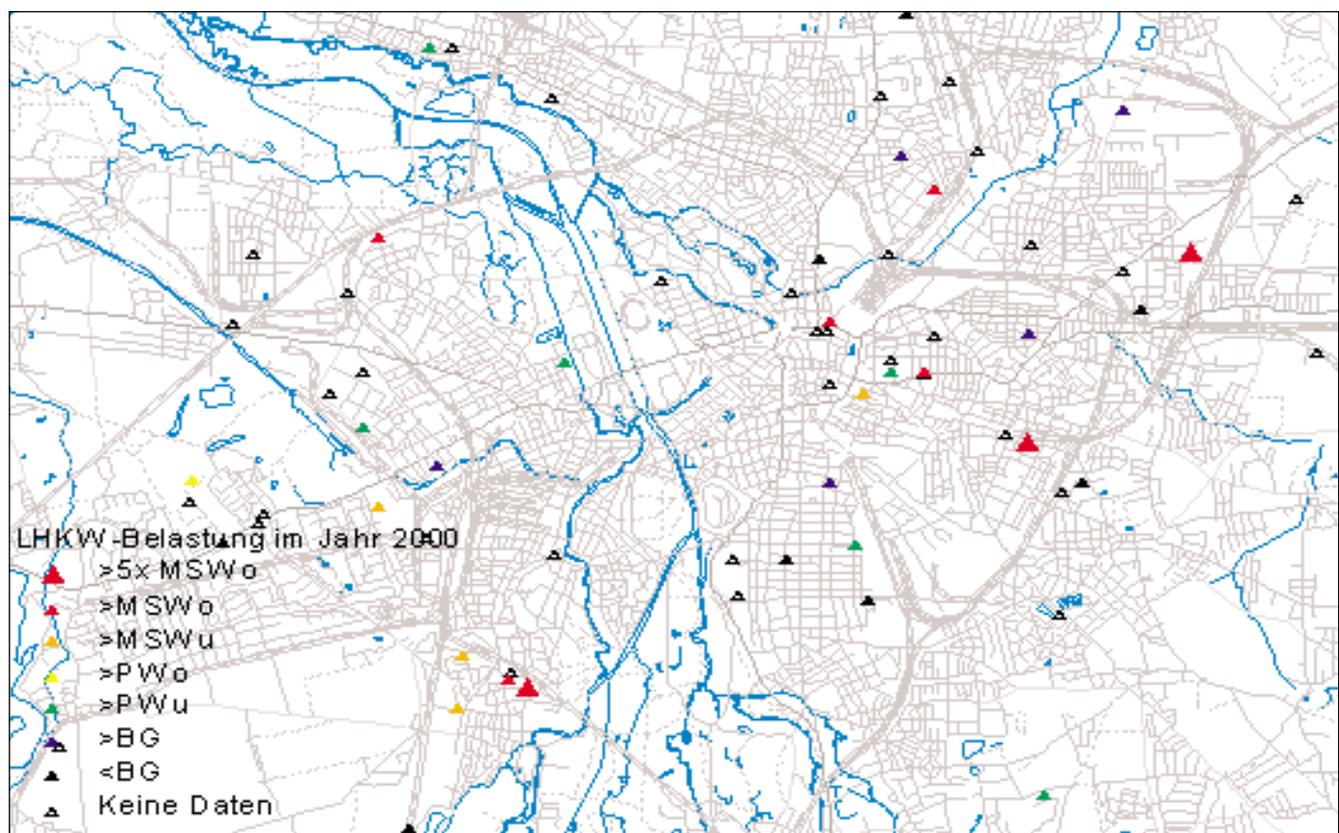


Abb. 5.13: LHKW-Belastung an den Grundwassermessstellen des Sondermessnetzes „Großraum Leipzig Beschaffenheit“ im Jahr 2000

Sondermessnetz „Großraum Leipzig Beschaffenheit“

Seit 1994 wurde im Großraum Leipzig das Sondermessnetz „Großraum Leipzig Beschaffenheit“ zur Erfassung der Beschaffenheitsentwicklung im Hauptgrundwasserleiter aufgebaut. Das Sondermessnetz besteht aus 80 Grundwassermessstellen, von denen jährlich 50 Messstellen beprobt werden. Nach der Erstuntersuchung 1994 wurden bis 1997 zweimal jährlich im Frühjahr und im Herbst Beprobungen durchgeführt. Da keine vom Jahresgang abhängigen Veränderungen für die betrachteten Grundwasserleiter gefunden wurden, wird das Messnetz seit 1998 nur noch jährlich beprobt.

Die Schadstoffanalysen wurden mit den Prüf- und Maßnahmenschwellenwerten der LAWA (1994) verglichen. Danach liegt im Großraum Leipzig keine flächendeckende Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffe vor. Neben einigen dringend sanierungsbedürftigen Schadensherden ist ein Rückgang der Belastungen mit Schwermetallen, BTEX-Aromaten und Nitrat feststellbar. PAK treten nur in Spuren auf.

Die Abb. 5.13 zeigt die LHKW-Belastung im Großraum Leipzig im Jahr 2000. Die Klassifizierung erfolgte nach LAWA (1994), wobei Kontaminationen, die die Maßnahmenschwellenwerte um das Fünffache überschreiten, gesondert ausgewiesen werden.

LHKW

LHKW sind im Großraum Leipzig nach der Häufigkeit des Auftretens, der Schadenshöhe, der Stoffgefährlichkeit und dem aus den Stoffeigenschaften resultierenden Verhalten im Grundwasserleiter die Schwerpunkt-Stoffgruppe. Beispielsweise existieren im Südwesten von Leipzig mehrere LHKW-Fahnen unterschiedlicher Zusammensetzung, deren Herkunft teilweise nicht geklärt ist (Abb. 5.13). Obwohl die Konzentrationshöhe schon deutlich abgenommen hat, haben sie wegen des Auftretens des karzinogenen Tetrachlormethans eine erhebliche toxikologische Relevanz besonders für die im Grundwasserabstrom befindlichen Brunnen einer Kleingartenanlage.

Der gravierendste LHKW-Schadensfall befindet sich auf dem Gelände der ehemaligen Hauptstelle der chemischen Reinigungen, wo jahrzehntelang Lösungsmittel durch Destillation regeneriert und sogenannte Flusenschlämme im Erdreich vergraben wurden. Diese Kontamination reicht durch den quartären Grundwasserleiter, ca. 8 m mächtige Braunkohle und tertiäre Feinsande bis in eine Tiefe von 35 m, wobei mit der horizontalen und vertikalen Entfernung vom Schadensherd der Anteil an Abbauprodukten des Lösungsmittels stark zunimmt. Im Abstrom des Grundwasserschadens befindet sich ein Naherholungsgebiet mit einem See, der maßgeblich von Grundwasser gespeist wird. Ein Sanierungskonzept für die LHKW-Kontamination liegt vor. Die Umsetzung verzögert sich jedoch wegen juristischer Probleme bei der Störerauswahl.

An mehreren Standorten mit LHKW-Kontaminationen laufen Grundwassersanierungen mit konventionellen „pump-and-treat“-Verfahren. Es werden vorwiegend Strippanlagen zum Austreiben der leichtflüchtigen Schadstoffkomponenten aus dem gehobenen Grundwasser mit nachgeschalteter Wasserreinigung über Aktivkohlefilter und Abluftreinigung mit Aktivkohle oder katalytischer Nachverbrennung verwendet. An einigen Standorten wurden innovative Methoden zur Mobilisation der Schadstoffe im Grundwasserleiter (Tensidverfahren) und zur Zerstörung der LHKW nach deren Entfernung aus dem Grundwasser (Elektronenstrahldegradation) eingesetzt.

BTEX-Aromaten

Im inneren Stadtgebiet von Leipzig existiert ein Toluolschaden mit einer weitreichenden Schadstofffahne im Abstrom, der jedoch wegen der besseren Abbaubarkeit des Schadstoffs nicht mit der Ausdehnung einer LHKW-Fahne zu vergleichen ist. Eine Teilsanierung dieser Abstromfahne wurde im Zusammenhang mit dem Bau einer Tiefgarage auf einem größeren Grundstück mit eingespundeter, dichter Baugrube und kontinuierlicher Reinigung des gehobenen Grundwassers durchgeführt. Eine Grundwassersanierung im Rahmen der Altlastenbearbeitung am Standort selbst konnte nach Konkurs des zwischenzeitlichen Eigentümers noch nicht realisiert werden.

Weitere Grundwassersanierungen werden im Abstrom von ehemaligen Tankstellen und in einem Fall auch an einer neuen Tankstelle, wo durch eine Havarie ein Grundwasserschaden entstanden war, durchgeführt.

Größter Schadensfall mit den Schadstoffgruppen BTEX, MKW und PAK ist ein altes Tanklager, wo eine aufwändige, mehrstufige Sanierungsanlage zur Entfernung hoher Kontaminationen aus dem Grundwasser seit mehreren Jahren betrieben wird.

Metalle

Mit Ausnahme von Chrom wurden nur vereinzelt Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenschwellenwerten bei Metallen festgestellt. Hohe Chrombelastungen traten an zwei Messstellen auf. Einer der Grundwasserschäden ist auf eine Altlast mit länger anhaltendem Austrag von Chromat in das Grundwasser zurückzuführen. Die Quelle für den zweiten Schadensfall ist noch nicht bekannt. Weitere, teilweise massive Chromschäden wurden in letzter Zeit im Boden und im Grundwasserabstrom von ehemaligen Kleingalvanikbetrieben festgestellt und spiegeln sich noch nicht im Messnetz wider. Unter anderem sind von einem Schadensherd mehrere Brunnen einer Kleingartenanlage betroffen, die für Brauchwassernutzungen gesperrt werden mussten.

Ausblick

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen am Sondermessnetz „Großraum Leipzig-Beschaffenheit“ werden gegenwärtig im StUFA Leipzig einer umfassenden Auswertung unterzogen. Darauf aufbauend soll das Messnetz neu strukturiert werden. Ziele der Messnetzrekonstruktion sind eine detailliertere Beobachtung von Grundwasserschäden und die Einbeziehung von neuen, durch Eingemeindungen zum Großraum Leipzig hinzugekommenen ehemaligen Industriegebieten.

6 Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie

Mit Veröffentlichung vom 22.12.2000 im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften ist die „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“ - kurz: Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - in Kraft getreten.

Mit der Wasserrahmenrichtlinie soll ein einheitlicher europäischer Rahmen für die Wasserwirtschaft festgelegt werden. Die WRRL ist eine Zusammenfassung und Erweiterung der bisher im Bereich Wasser sehr inhomogenen EU-Regelungen. Sie wird sukzessive einzelne Rechtsvorschriften der EU ersetzen. Neben der WRRL werden weiterhin insbesondere die Kommunalabwasser- und die Nitratrichtlinie zur Regelung der europäischen Wasserwirtschaft beitragen.

Nach Internet-Informationen der Europäischen Kommission über den Zustand der europäischen Gewässer werden zur Zeit

- 65 % des Trinkwasserbedarfs in Europa durch Grundwasservorkommen gedeckt. In Sachsen beträgt der Anteil 51 % (Tab. 6.1).
- 60 % der europäischen Städte übernutzen ihre Grundwasservorräte, 50 % der Feuchtgebiete sind auf Grund der Übernutzung des Grundwassers gefährdet. In Sachsen werden die erkundeten Grundwasserdargebote nicht ausgeschöpft.

6.1 Ziele der Wasserrahmenrichtlinie

Die wesentlichen Elemente der WRRL sind:

- Ziel ist der Schutz des Wassers – aller oberirdischen Gewässer und des Grundwassers. Die Wasserressourcen sollen als ererbtes Gut für zukünftige Generationen gesichert werden.
- Wesentliches Umweltziel ist der „gute ökologische, chemische und mengenmäßige Zustand“ aller Gewässer, der nach europaweit einheitlichen Kriterien innerhalb von 15 Jahren erreicht sein muss. In begründeten Fällen lässt die WRRL Ausnahmen zu. Zum Schutz der Gewässer soll ein kombinierter Ansatz von europäischen Emissionsnormen und Umweltqualitätszielen umgesetzt werden. Über die Zielstellung des guten Zustandes in allen Gewässern hinaus, werden einzelstoffbezogene Immissionsanforderungen an prioritäre Stoffe gestellt. Zusätzlich gelten ein Verschlechterungsverbot und die Forderung einer Trendumkehr bei Grundwasserbelastungen.

Tab. 6.1: Entnahmemengen der Wassergewinnungsanlagen nach Gewinnungsart (Auszug aus der Datenbank WAVE des LfUG, Stand 2000)

| Regierungsbezirk | Jahresentnahmen in Tm ³ /a – Anteil der Gewinnungsart in % | | | | |
|----------------------|---|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Grundwasser | Grundwasser Uferfiltrat | Grundwasser Infiltrat | Oberflächenwasser Standgewässer | Oberflächenwasser Fließgewässer |
| Chemnitz | | | | | |
| Chemnitz | 8.527 26% | 43 0% | 0 0% | 24.215 74% | 42 0% |
| Plauen | 9.459 16% | 0 0% | 0 0% | 47.329 80% | 2.524 4% |
| Dresden | | | | | |
| Bautzen | 22.399 85% | 457 2% | 3.512 13% | 0 0% | 0 0% |
| Radebeul | 10.727 18% | 6.713 11% | 8.675 15% | 32.463 55% | 0 0% |
| Leipzig | | | | | |
| Leipzig | 13.809 35% | 25.732 65% | 0 0% | 0 0% | 0 0% |
| Summe Sachsen | 64.921 30% | 32.946 15% | 12.187 6% | 104.008 48% | 2.566 1% |

- Für das Erreichen der Umweltziele sind Maßnahmenprogramme aufzustellen.
- Das wasserwirtschaftliche Handeln orientiert sich zukünftig länderübergreifend an Flusseinzugsgebieten, für die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme aufgestellt werden.
- Als Hauptinstrument der Gewässerbewirtschaftung wird ein behördenverbindlicher Bewirtschaftungsplan mit zugehörigem Maßnahmenprogramm eingeführt, der jeweils für einen Zeitraum von 6 Jahren die vorgesehenen Maßnahmen zur Erreichung bzw. Bewahrung der Umweltziele sowie Nutzungsbedingungen für das Gewässer zusammenfasst.
- Für alle Wasserdienstleistungen (im Wesentlichen Wasserver- und Abwasserentsorgung) sind kostendeckende Wasserpreise zu erheben.
- Bei der Umsetzung der WRRL ist eine umfangreiche Information und Beteiligung der Öffentlichkeit zu gewährleisten.

Für die Umsetzung der WRRL sind relativ kurze Fristen vorgegeben. Wird die WRRL nicht fristgemäß und ordnungsgemäß umgesetzt, drohen Vertragsverletzungs- und Zwangsgeldverfahren vor dem Europäischen Gerichtshof. Wenn die Umweltziele nicht fristgerecht bis 2015 erreicht werden, kann die Frist um maximal 12 Jahre verlängert werden. Voraussetzung ist, dass aus Gründen der technischen Durchführbarkeit oder infolge unverhältnismäßiger Kosten eine frühere Verwirklichung nicht möglich ist.

Sind Gebiete durch menschliche Tätigkeit so beeinträchtigt (z. B. großflächige Industriealtlasten) oder in ihrer natürlichen Gegebenheit so beschaffen, dass das Erreichen der Ziele unmöglich oder unverhältnismäßig teuer ist, können in begründeten Ausnahmefällen auch weniger strenge Umweltziele festgelegt werden. Dabei darf eine Verschlechterung des Gewässerzustandes jedoch nicht erfolgen.

6.2 Organisatorische Umsetzung der Wasser- rahmenrichtlinie

Die Arbeit auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten verlangt eine länderübergreifende Koordination sowie die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen. Der überwiegende Teil der Arbeiten zur Umsetzung der WRRL ist durch wasserwirtschaftliche Fachbehörden – in Sachsen durch die 5 Staatlichen Umweltfachämter und das LfUG – zu leisten.

Innerhalb der Flussgebietseinheiten wurden regionale flussgebietsbezogene Bearbeitungsgebiete gebildet (Anlage 11). Von Koordinierungsgruppen werden die erforderlichen Arbeitsabläufe gesteuert und mit den beteiligten Behörden, benachbarter Bundesländer und Staaten auf der Ebene der Flussgebiete abgestimmt. Die erforderlichen Daten werden gemäß Anhang II WRRL zusammengeführt und die Ergebnisse in Berichten gemäß Artikel 15 WRRL zusammengefasst.

Aufgabe des LfUG ist die Erarbeitung methodischer Grundlagen, Maßnahmen und DV-technischer Instrumente zur Umsetzung und zur Zielerreichung in Sachsen. Das LfUG organisiert die fachliche Kommunikation bei der Umsetzung der WRRL sowie den Informations- und Datenaustausch mit Bund und Ländern.

Das LfUG hat die Federführung für die Bearbeitungsgebiete Mulde – Elbe – Schwarze Elster. Die Koordination des Teileinzugsgebietes Weiße Elster erfolgt durch das Staatliche Umweltfachamt Leipzig (Anlage 11).

6.3 Fachliche Umsetzung der Wasserrahmen- richtlinie

Zur einheitlichen Umsetzung hat sich die EU-Kommission mit den Mitgliedsstaaten auf die Erarbeitung von Leitlinien

Tab. 6.2: Wichtige Fristen der Wasserrahmenrichtlinie

| | |
|--|------------------------|
| Rechtliche Umsetzung Anpassung der nationalen und regionalen Wassergesetze | Ende 2003 |
| Bestandsaufnahme Situation in den Flussgebieten | Ende 2004 |
| Grundwasser Benennung von Maßnahmen zum Grundwasserschutz (EU) | Ende 2002 |
| Monitoringprogramme Bereitstellung und Umsetzung | Ende 2006 |
| Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramme Aufstellung und Veröffentlichung der Bewirtschaftungspläne Aufstellung der Maßnahmenprogramme | Ende 2009 Ende 2009 |
| Zielerreichung Guter Zustand im Oberflächengewässer und im Grundwasser | Ende 2015 |
| Kostendeckende Wasserpreise | Ende 2010 |

(guidance documents) zu 10 Themen verständigt, die in internationalen Arbeitskreisen erarbeitet werden. Bundesweit werden einheitliche Kriterien zur Umsetzung der WRRL in der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeitet. Von der LAWA wurde eine Arbeitshilfe zusammengestellt, die eine sachgerechte Umsetzung der Richtlinie ermöglicht und ständig aktualisiert wird. Die Arbeitshilfe gibt konkrete Hilfestellung durch Bereitstellung methodischer Vorgehensweisen, thematischer Karten und Arbeitspapiere. Hierbei handelt es sich um den Mindestumfang, der gegenüber der EU zu erfüllen ist. Da die Richtlinie an vielen Stellen offen oder unbestimmt formuliert ist, werden themenbezogene Arbeitspapiere wie z. B. zu „stark beeinträchtigten Gewässern“ oder zu „Grundwasserkörpern“ erstellt und in die Arbeitshilfe eingefügt.

In der WRRL wird das Ziel formuliert, dass die Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2015 in allen Gewässern – für Oberflächengewässer und für das Grundwasser – unabhängig von deren Nutzung einen „**guten Zustand**“ zu verwirklichen haben.

Die WRRL fordert für alle Grundwasserkörper einen chemisch und mengenmäßig guten Zustand. Vorbehaltlich von Änderungen bzw. Ergänzungen im Rahmen einer noch ausstehenden Tochterrichtlinie gemäß Artikel 17 WRRL wird der gute Zustand wie folgt definiert:

- Parameter für die Bestimmung des **guten chemischen Zustands des Grundwassers** sind nach Anhang 5 WRRL die Leitfähigkeit und der Gehalt an Schadstoffen. Als Bewertungsmaßstab dienen die Parameter, für die bereits Umweltqualitätsnormen festgelegt sind: Nitrat (Grenzwert von 50 mg/l) und Pflanzenschutzmittel (Grenzwert für Einzelstoffkonzentration von 0,1 µg/l sowie eine Gesamtkonzentration von 0,5 µg/l). Weiterhin fordert die Richtlinie, dass ansteigende Trends bei Schadstoffen umzukehren sind. Die Bedingungen zur **Trendumkehr** gelten, vorbehaltlich einer europäischen Regelung nach Artikel 17 WRRL, zunächst bei Erreichen von 75 % des bestehenden EU-Grenzwertes. Die erforderlichen Regelungen werden gegenwärtig europaweit diskutiert und abgestimmt.
- Der **gute mengenmäßige Zustand des Grundwassers** wird insbesondere durch die Vorgaben des Anhangs V der WRRL definiert. Er liegt nach WRRL dann vor, wenn keine Übernutzung des Grundwassers stattfindet, d.h. dass den Grundwasserentnahmen ein ausreichendes Grundwasserangebot gegenüber steht. Als Parameter werden die Grundwasserstände herangezogen.
- Darüber hinaus ist der gute Grundwasserzustand daran zu bemessen, dass die Anforderungen der Oberflächengewässer- und Landökosysteme sowohl chemisch als auch mengenmäßig erfüllt sind.

Eine der Neuerungen der WRRL ist die zusammenhängende Bearbeitung von Flusseinzugsgebieten. In der Präambel

der WRRL wird festgelegt: „Das Ziel eines guten Gewässerzustands sollte für jedes Einzugsgebiet verfolgt werden, so dass eine Koordinierung der Maßnahmen für Grundwässer und Oberflächengewässer ein und desselben ökologischen, hydrologischen und hydrogeologischen Systems erreicht wird. Zum Zwecke des Umweltschutzes müssen die qualitativen und quantitativen Aspekte sowohl bei Oberflächengewässern als auch bei Grundwässern stärker integriert werden, wobei die natürlichen Fließbedingungen von Wasser innerhalb des hydrologischen Kreislaufs zu berücksichtigen sind.“

Nach dem Handlungskonzept der LAWA wurden in Deutschland 10 Flussgebietseinheiten gebildet. Der Freistaat Sachsen liegt zum größten Teil im Flussgebiet Elbe und hat einen kleinen Anteil an der Flussgebietseinheit der Oder (Lausitzer Neiße). Die fachliche Bearbeitung erfolgt in 10 bis 12 noch nicht endgültig festgelegten Teileinzugsgebieten (z.B. Weiße Elster, Mulde, Spree, vgl. Anlage 11). Zusätzlich werden Grundwasserkörper abgegrenzt und soweit wie möglich den oberirdischen Flussgebieten zugeordnet. Die Ergebnisse müssen anschließend in regionalen bzw. nationalen Arbeitsgremien zusammengeführt werden. Der Bewirtschaftungsplan nach WRRL bezieht sich auf eine vollständige Flussgebietseinheit.

Bis zum Jahr 2004 ist von den Mitgliedsstaaten gemäß Artikel 5 WRRL eine Analyse der Merkmale der Flussgebietseinheiten zu erstellen, die neben der Beschreibung des Ist-Zustandes eine Überprüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den Zustand der Oberflächengewässer und des Grundwassers sowie eine wirtschaftliche Analyse der Wassernutzung beinhaltet. Diese Bestandsaufnahme ist erstmals im Jahr 2013 und danach alle 6 Jahre zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren. Da für die Bundesrepublik Deutschland die Ergebnisse aus den Teileinzugsgebieten zusammengefasst werden müssen, muss die Bestandsaufnahme von den Fachbehörden bereits im Jahr 2003 abgeschlossen sein.

Mit Ausnahme der wirtschaftlichen Analyse handelt es sich dabei um eine Datenerhebung, die im Wesentlichen dem gewässerkundlichen Mess- und Beobachtungsdienst zuzurechnen ist. Es ist zu prüfen, ob die in diesem Rahmen erhobenen Daten den Anforderungen der Richtlinie entsprechen. Die Daten sind ggf. zu ergänzen.

Ebenfalls bis zum Jahr 2004 haben die Mitgliedsstaaten ein Verzeichnis aller Gebiete innerhalb der Flussgebietseinheiten zu erstellen, für die nach gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften zum Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers oder zum Erhalt der unmittelbar vom Wasser abhängigen Lebensräume und Arten ein besonderer Schutzbedarf besteht.

Die Mitgliedsstaaten haben Überwachungsprogramme aufzustellen, die einen zusammenhängenden und umfassenden

Überblick über den Zustand der Gewässer in jeder Flussgebietseinheit gewährleisten. In der WRRL werden überblicksweise und operative Überwachung unterschieden. Auch diese Aufgabe besteht im Wesentlichen im gewässerkundlichen Mess- und Beobachtungsdienst, dessen Umfang und Programme hinsichtlich der Anforderungen der WRRL zu überprüfen sind. Die Überwachungsprogramme müssen im Jahr 2006 vorliegen.

Es sind flussgebietsbezogene Bewirtschaftungspläne aufzustellen, in denen die zur Umsetzung durchgeführten Arbeiten sowie die zur Zielerreichung notwendigen Maßnahmen zusammenfassend dargestellt werden. Der Bewirtschaftungsplan ist nicht identisch mit dem bisher in § 36 Wasserhaushaltsgesetz geregelten Bewirtschaftungsplan. Er umfasst u.a. die Ist-Zustandsanalyse sowie die Soll-Zustandsanalyse zu allen im Sinne der Zielsetzung relevanten wasserwirtschaftlichen Aspekten. Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme sind von den Mitgliedsstaaten bis 2009 vorzulegen.

6.4 Bestandsaufnahme – Teil Grundwasser

Schwerpunkt der Bestandsaufnahme ist eine Zustandsanalyse (erstmalige Beschreibung) der Grundwasserverhältnisse im flussgebietsbezogenen Betrachtungsraum. Für die erstmalige Beschreibung ist das Grundwasser nach geologischen oder hydrologischen Kriterien in „Grundwasserkörper“ einzuteilen. Diese sind einer Flussgebietseinheit zuzuordnen, so dass sie später von den hierauf bezogenen Bewirtschaftungsplänen vollständig erfasst werden. Vordringliche Aufgabe der erstmaligen Beschreibung ist es, die Schutz- und Gefährdungspotenziale eines Grundwasserkörpers zu ermitteln und auf dieser Grundlage abzuschätzen, ob die Umweltziele der Richtlinie eventuell verfehlt werden. Diese geschädigten oder gefährdeten Grundwasserkörper werden in einer weitergehenden Beschreibung detaillierter untersucht, um erforderliche Maßnahmen zur Zielerreichung ableiten zu können.

Grundsätzlich fordert die Wasserrahmenrichtlinie keine gesonderten Untersuchungen für die Bestandsaufnahme: Es wird davon ausgegangen, dass die im Rahmen bereits geltender EG-Richtlinien gesammelten Daten und Informationen ausreichend für eine Erstbewertung sind.

Um einen Überblick über den vorhandenen Datenbestand zu erhalten, wurde in Sachsen anhand von 5 Pilotgebieten ein Abgleich des vorhandenen Datenbestandes mit den Anforderungen der WRRL vorgenommen. Es wurde festgestellt, dass die Dateneiner mehr oder weniger aufwändigen Nachbearbeitung und Ergänzung bedürfen.

Die methodische Vorgehensweise für die wesentlichen Arbeitsschritte der Bestandsaufnahme wird nachfolgend beschrieben.

6.4.1 Erstmalige Beschreibung

Die erstmalige und die weitergehende Beschreibung der Grundwasserverhältnisse sollen möglichst unter Einbeziehung der digitalen Hydrogeologischen Übersichtskarte im Maßstab 1 : 200.000 (HÜK 200) durchgeführt werden, die derzeit bundesweit unter Federführung der Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe und in Abstimmung mit der LAWa erarbeitet wird. Das Bearbeitungskonzept für die HÜK 200 ist auf Umsetzung der WRRL entsprechend der LAWa-Arbeitshilfe zeitlich abgestimmt. Mit der Fertigstellung der aus mehreren Informationsebenen bestehenden Karte „Oberer Grundwasserleiter“ der HÜK 200 ist erst im Jahr 2003 zu rechnen. Für eine fristgerechte Bearbeitung der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper, deren Ergebnisse bereits 2002 vorliegen sollen, sind die in den Ländern vorliegenden digitalen Informationen einzubeziehen. In Sachsen liegen hierzu digitale hydrogeologische Daten der Hydrogeologischen Übersichtskarte M 1 : 400.000 vor (GWL-Verbreitung, Deckschichten).

Grundwasserkörper

Als Grundwasserkörper wird in den Begriffsbestimmungen der WRRL „ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter“ definiert. Ein Grundwasserleiter ist „eine unter der Oberfläche liegende Schicht oder Schichten von Felsen oder anderen geologischen Formationen mit hinreichender Porosität und Permeabilität, so dass entweder ein nennenswerter Grundwasserstrom oder die Entnahme erheblicher Grundwassermengen möglich ist.“

Da die WRRL eine Gesamtbewirtschaftung der Gewässer in Flussgebietseinheiten vorgibt, ist es erforderlich, das Grundwasser Flusseinzugsgebieten zuzuordnen. Die LAWa-Arbeitshilfe sieht vor, die Grenzen eines Grundwasserkörpers mit den oberirdischen Einzugsgebietsgrenzen eines Flussgebietes gleichzusetzen. Es wird vorausgesetzt, dass bei Einzugsgebieten in der Größenordnung von 1.500 bis 5.000 km² die oberirdischen und die unterirdischen Wasserscheiden in der Regel weitgehend übereinstimmen. In Artikel 3 Absatz 1 WRRL wird festgelegt, dass Grundwässer, die nicht in vollem Umfang in einem einzigen Einzugsgebiet liegen, genau bestimmt und der am nächsten gelegenen oder am besten geeigneten Flussgebietseinheit zugeordnet werden.

Beschreibungs- und Bewertungsebene sind die oberen, großräumig zusammenhängenden Hauptgrundwasserleiter, da diese in Wechselwirkung mit den Oberflächengewässern und Landökosystemen stehen. Tiefere Wasserleiter sind, sofern sie genutzt werden, ebenfalls in die Beschreibung aufzunehmen und als „Übersignatur“ in der zu erstellenden Karte der Grundwasserkörper zu verzeichnen. Dieses Vorgehen ist erforderlich, um mögliche Auswirkungen von Entnahmen aus diesen Grundwasserleitern auf den mengenmäßigen Zustand im oberen Hauptgrundwasserleiter mit zu

erfassen. Bereiche, in denen kein nennenswerter Grundwasserstrom erfolgt und die lokale Ergiebigkeit unter 100 m³/d liegt, werden als „Weißflächen“ dargestellt.

Entsprechend den Vorgaben der LAWA-Arbeitshilfe wurden für das sächsische Gebiet Grundwasserkörper als Vertikalprojektion der Einzugsgebietsgrenzen der größeren Fließgewässer abgegrenzt. Eine Verschneldung dieser Grenzen mit der Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten lässt erkennen, dass eine Kongruenz zwischen den oberirdischen und unterirdischen Wasserscheiden nicht gegeben ist (Anlage 12).

Die hydrogeologische Kartieranleitung (Geol. Jb., G 2, 3-157, Hannover 1997) definiert die hydrogeologische Einheit als Gesteinskörper, der aufgrund seiner Petrografie, Textur oder Struktur im Rahmen einer festgelegten Bandbreite einheitliche hydrogeologische Eigenschaften aufweist und durch Schichtgrenzen, Faziesgrenzen, Erosionsrnder oder Störungen begrenzt ist. Die Bandbreite, innerhalb der ein Gesteinskörper als homogen betrachtet wird, ist in starkem Maße vom Bearbeitungs- und Darstellungsmastab abhängig.

Die hydrogeologischen Verhältnisse in Sachsen lassen eine großräumige Dreiteilung erkennen: Der südliche Bereich Sachsens wird von präkambrischen, paläozoischen und mesozoischen Festgesteinen (berwiegend silikatische Kluft- und Kluft/Poren-Grundwasserleiter) aufgebaut. Nach Norden schließt sich ein komplexer Übergangsbereich an, der aus kleinräumigen Wechseln von Locker- und Festgesteinsgrundwasserleitern besteht (Tertirrandtyp, Pleistoznrandtyp, Rinnen- und Depressionstyp) und etwa ein Drittel der Landesfläche einnimmt. Der Norden Sachsens wird von mächtigen känozoischen Lockergesteinen (berwiegend silikatisch/karbonatische Porengrundwasserleiter) mit zunehmenden Mächtigkeiten und ausgeprägtem Stockwerksbau gebildet. Großräumige oberflächennahe Grundwasserleiter in der Größenordnung der oberirdischen Einzugsgebiete sind weder im Festgesteinsbereich noch in den faziell und lagerungsbedingt örtlich sehr differenzierten Lockergesteinsvorkommen verbreitet.

Aufgrund der großen Ausdehnung der oberirdischen Einzugsgebiete ist eine Unterscheidung von Grundwasserkörpern nach der Verbreitung und Charakteristik der hydrogeologischen Einheiten nicht sinnvoll. Die Kriterien zur Abgrenzung und Untergliederung der Grundwasserkörper werden gegenwärtig bundesweit erneut diskutiert. Die Berücksichtigung der Grundwasserströmungsverhältnisse oder der Landnutzung sowie eine Reduzierung der Flächengrößen in Beziehung zur Größe der Oberflächenwasserkörper sind Ansätze zur Gliederung der Grundwasserkörper, die eine Interpretation der Mengen- und Beschaffenheitsbefunde ermöglichen könnte.

Ein weiterer Ansatz ist eine naturräumliche Gliederung der Grundwasserkörper nach hydrogeologischen Kriterien, die

im Konzept für die HK 200 als Teilthema „Hydrogeologische Räume“ vorgesehen ist. Hydrogeologische Räume sind nach einer vorläufigen Definition der Ad-Hoc-AG Hydrogeologie der geologischen Dienste die Bereiche der Erdkruste, deren hydrogeologische Eigenschaften, hydraulische Verhältnisse und Grundwasserbeschaffenheit aufgrund ähnlichen Schichtenaufbaues, ähnlicher geologischer Struktur und ähnlicher Morphologie im Rahmen einer festgelegten Bandbreite einheitlich sind. Die Grenzziehung berücksichtigt, wo hydrogeologisch sinnvoll, die naturräumliche Gliederung der physischen Geographie.

Charakterisierung der Grundwasserüberdeckung

Das Schutzpotenzial eines Grundwasserkörpers hängt wesentlich von der Ausbildung der grundwasserüberdeckenden Schichten ab. Eine Erstbewertung der Grundwasserüberdeckung erfolgt entsprechend der LAWA-Arbeitshilfe anhand der Kriterien Homogenität, Mächtigkeit und Wasserdurchlässigkeit als

- „günstig“ bei durchgehender, großflächiger Verbreitung bindiger Schichten mit Mächtigkeiten von größenordnungsmäßig mehr als 10 m,
- „mittel“ bei stark wechselnder Mächtigkeit überwiegend bindiger Schichten oder
- „ungünstig“ bei geringer Mächtigkeit bindiger Schichten.

Zur Bewertung der Verschmutzungsempfindlichkeit werden in der LAWA-Arbeitshilfe verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen:

Günstige Verhältnisse im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers sind dort gegeben, wo ein höheres Stoffrckhaltevermgen und geringe vertikale Wasserdurchlässigkeiten vorliegen. Alle anderen Bereiche sind für die Ermittlung der gefährdeten Grundwasserkörper als mehr oder weniger ungünstig zu bewerten.

Da die vertikale Stoffverlagerung in der wasserungesättigten Zone von der Höhe der Grundwasserneubildung abhängt, kann die Neubildungsrate in die Bewertung einbezogen werden. Geringe Grundwasserneubildungsraten (≤ 100 mm/a) unterstützen eine positive Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.

Es ist auch möglich, aus dem großräumigen Grundwasserstrmungsfeld auf die Art der Grundwasserüberdeckung und somit auf die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers rückzuschließen. Vor allem in ausgeprägten Grundwasserneubildungsgebieten mit ihren dominierenden abwärts gerichteten Potenzialgradienten liegt eine ausgeprägte Verschmutzungsempfindlichkeit vor.

Die Charakterisierung der Deckschichten wurde bereits bei der Bearbeitung der sächsischen Pilotgebiete aus vorliegenden Arbeitskarten der HK 400 abgeleitet. Für die Einstu-

fung der Deckschichten in hydrodynamische Gebietstypen wurden im Einklang mit den Ausführungen in der LAWA-Arbeitshilfe (Stand Februar 2001) digitale geologische und bodenkundliche Informationen verwendet: Die Geometrien der Grundwasserneubildungsgebiete wurden aus Flächen unbedeckter Grundwasserkörper abgeleitet. Grundwassertransitgebiete sind im Wesentlichen Grundwasserkörper (Flächen) unter bindiger Bedeckung. Grundwasserentlastungsgebiete wurden auf der Grundlage der Geometrien hydromorpher Böden bzw. von Böden mit überwiegend hydromorphem Charakter ausgewiesen.

Grundwasserabhängige Ökosysteme

Grundwasserabhängige Oberflächengewässer- und Ländkosysteme (z.B. Quellen, Niedermoore, Feuchtwiesen) sind auch bei relativ geringen Veränderungen des Grundwasserstands gefährdet. Von einer mehr oder weniger direkten Abhängigkeit vom Grundwasser ist insbesondere dann auszugehen, wenn die Biotope in Bereichen vorkommen, in denen keine bindigen grundwasserüberdeckenden Schichten kartiert wurden und auf flach anstehendes Grundwasser zu schließen ist. Soweit diese Verhältnisse nicht vorliegen, ist i.d.R. von einer für die Biotope prägenden Wirkung der Oberflächengewässer auszugehen. Im Rahmen des LAWA-Förderprogramms wird im Jahr 2002 ein Forschungsvorhaben durchgeführt, dessen Ziel die Aufstellung von Kriterien zur Identifizierung und Bewertung grundwasserabhängiger Ökosysteme ist.

Verschmutzung durch Punktquellen

Gemäß WRRL sollen im Rahmen der erstmaligen Beschreibung die Grundwasserkörper oder Grundwasserteilkörper identifiziert werden, bei denen eine Gefährdung durch punktuelle Schadstoffeinträge möglich erscheint. Eine detaillierte Betrachtung und Bewertung der einzelnen Punktquellen ist in diesem Schritt noch nicht vorgesehen.

An räumlich begrenzten Punktquellen können Schadstoffe direkt (Einleitungen) oder indirekt über eine Untergrundpassage in das Grundwasser gelangen. Dabei kann es zu einer flächenhaften Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasser kommen. Direkteinleitungen von Abwässern ins Grundwasser gemäß EG-Grundwasserrichtlinie 80/86/EWG werden in Sachsen nicht durchgeführt. Deponien, Industrieanlagen und Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, die jeweils nach dem Stand der Technik errichtet wurden, sind gemäß LAWA-Arbeitshilfe nicht als Punktquellen zu behandeln.

Die größte Relevanz für mögliche Grundwasserkontaminationen haben Altablagerungen, Altstandorte und Deponien mit nachgewiesener Grundwasserbeeinträchtigung. Das Sächsische Altlastenkataster wurde entsprechend ausgewertet:

Zunächst wurden von den insg. ca. 27.000 erfassten Altlastenverdachtsfällen im Sächsischen Altlastenkataster alle

Altlasten berücksichtigt, bei denen eine orientierende Untersuchung abgeschlossen wurde und die als grundwasserrelevant eingestuft wurden. Nicht berücksichtigt wurden Altlasten, deren Sanierung abgeschlossen wurde. Das Rechercheergebnis umfasst 3862 Altlasten. Es bleibt zu prüfen, welche dieser Altlasten einzeln oder als Gruppe als signifikante Belastung des Grundwassers im Sinne der WRRL einzustufen ist.

Eine bundesweit einheitliche Methodik zur Bewertung signifikanter Grundwasserbelastungen aus Punktquellen in Bezug auf das Volumen des betroffenen Grundwasserkörpers wurde noch nicht entwickelt.

Beschreibung der Verschmutzung durch diffuse Quellen

Gemäß WRRL sollen im Rahmen der erstmaligen Beschreibung die Grundwasserkörper oder Grundwasserteilkörper identifiziert werden, bei denen eine Gefährdung durch diffuse Schadstoffeinträge möglich erscheint. Gemäß LAWA-Arbeitshilfe ist diese Beschreibung mit einer zusammenfassenden Darstellung der Landnutzung zu verknüpfen.

Potentielle diffuse Schadstoffquellen sind Flächennutzungen für Siedlung, Verkehr und Landwirtschaft. Die WRRL schreibt eine Emissionsbetrachtung ausgehend von der Landnutzung vor. So sind für landwirtschaftlich genutzte Gebiete erhöhte Pflanzenschutzmittel- und Stickstoffeinträge zu erwarten. Eine Quantifizierung der Stoffeinträge in das Grundwasser ist gemäß LAWA-Arbeitshilfe für die erstmalige Beschreibung nicht erforderlich, ausreichend sind Angaben zur Stoffabgabe der jeweiligen Quellen.

Die Auswertung der Landesmessnetze (Grundmessnetz und Sondermessnetze) ergab bereichsweise eine flächenhafte Zuordnung erhöhter Stoffkonzentrationen im Grundwasser zu spezifischen Flächennutzungsarten (vgl. Kap. 3). Eine eindeutige Zuordnung erhöhter Nitratkonzentrationen zu landwirtschaftlicher Nutzung ist aufgrund der differenzierten Flächennutzung in Sachsen nicht in jedem Fall abzuleiten. Signifikante Trendentwicklungen können aus den Messnetzdaten nicht abgeleitet werden. Nitratbelastetes Grundwasser tritt vereinzelt in nahezu allen Grundwasserkörpern Sachsens auf. Eine Häufung von Messstellen mit Nitratgehalten über dem TVO-Grenzwert von 50 mg/l wurde in den nordwestsächsischen Lockergesteinsbereichen gefunden. Bei der Bewertung der vorhandenen Daten zu PSM-Gehalten im Grundwasser ist ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von PSM und den Naturräumen weniger deutlich.

Andere Schadstoffe wurden nicht berücksichtigt, da die WRRL Grenzwerte nur durch Verweis auf andere EG-Richtlinien vorgibt. Maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung der Grundwasserverschmutzung, insbesondere Kriterien für die Beurteilung eines guten chemischen Zustands des Grundwassers sowie Kriterien für die Ermittlung signifikanter und anhaltender Trends und Ausgangs-

punkte für die Trendumkehr werden gemäß Artikel 17 WRRL in einer Tochterrichtlinie festgelegt, die Ende 2002 erlassen werden soll.

Beschreibung der Belastung für den mengenmäßigen Zustand

Auf den mengenmäßigen Zustand wirken sich Grundwasserentnahmen und -anreicherungen aus. Gemäß LAWA-Arbeitshilfe werden in der erstmaligen Beschreibung nur Entnahmen > 100 m³/d berücksichtigt, die sich über einen Zeitraum von mindestens 6 Jahren erstrecken.

Grundwasserentnahmen, z. B.

- Entnahmen für die Trink- und Betriebswasserversorgung,
- Sumpfungmaßnahmen und Grundwasserabsenkungen im Zusammenhang mit Bergbau-/ Großbaumaßnahmen und
- Entnahmen für Beregnung und Bewässerung

wirken sich auf die Grundwasserstände bzw. auf das Grundwasserströmungsfeld auch in der weiteren Umgebung der Entnahmestelle und ggf. in mehreren Grundwasserstockwerken aus.

Durch die Absenkung der Grundwasserstände kann es auch zu Beeinträchtigungen von grundwasserabhängigen Oberflächengewässer- und Land-Ökosystemen kommen. Darüber hinaus können Grundwasserentnahmen sowie die Flutung von Bergbauhohlräumen negative Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit nach sich ziehen.

Die im Wasserbuch erfassten wasserrechtlich genehmigten Grundwasserentnahmen werden zusammengefasst. Zusätzlich werden Daten der Wasserversorgungsunternehmen erfasst. Unterlagen und aktuelle Daten zum Grundwasseranstieg nach Einstellung des Braunkohleabbaus und des Uranerzbergbaus sowie anderer großflächiger Wasserhaltungen werden von den Betreiber- bzw. Sanierungsunternehmen für die erstmalige Beschreibung zur Verfügung gestellt.

Die Beurteilung des mengenmäßigen Zustandes erfolgt gemäß LAWA-Arbeitshilfe aus der statistischen Bewertung der Grundwasserstände (Grundwasserstandsganglinien und Quellschüttungsmessungen). Die Auswertung der langjährigen Entwicklung der Grundwasserstände des Landesmessnetzes ergab keine flächenhaft wirksame signifikante Trendentwicklung (vgl. Anlage 13 und Kap. 2). Hiervon ausgenommen sind die großräumigen Flutungsbereiche des ehemaligen Braunkohlebergbaus (Anlage 13).

Ermittlung der gefährdeten Grundwasserkörper

Nach Auswertung der in den vorangegangenen Arbeitsschritten ermittelten Belastungen der Grundwasserkörper und einer Analyse sonstiger, bisher nicht erfasster anthropo-

gener Einwirkungen auf den Zustand des Grundwassers werden die gefährdeten Grundwasserkörper identifiziert. Sind eindeutig nur Teile des Grundwasserkörpers von diesen Risiken betroffen, so werden diese möglichst eng abgegrenzt, um die weiterführenden Arbeiten nur für diese Teilgebiete durchführen zu können.

Gemäß LAWA-Arbeitshilfe ist aus der Verschneidung der Belastungs- und Schutzpotenziale sowie der Beziehung des Grundwassers zu Ökosystemen zu entscheiden, welche Grundwasserkörper die Umweltziele gemäß Art. 4 möglicherweise nicht erfüllen und gemäß Anhang II WRRL weitergehend zu beschreiben sowie gemäß Anhang V WRRL operativ zu überwachen sind. Die Einschätzung des Risikos ist im Einzelfall zu treffen. Die Bewertung soll sich insbesondere an den Umweltqualitätsstandards der EG (Nitrat und Pflanzenschutzmittel) sowie an den Prüfwerten der Altlasten- und Bodenschutzverordnung orientieren. Ansteigende Trends sind zu berücksichtigen.

Ein Risiko, dass ein guter mengenmäßiger Zustand des Grundwasserkörpers nicht erreicht wird, ist beispielsweise dann gegeben, wenn bei Grundwasserentnahmen bzw. -eingleitungen ein von der klimatischen Entwicklung unabhängiger Trend zur Veränderung des Grundwasserstandes besteht. Maßgeblich ist hier die anhand von Ganglinien zu bestimmende Veränderung des Grundwasserstandes.

Das Risiko des Nichterreichens eines guten chemischen Zustandes ist dann als gegeben anzusehen, wenn großräumige intensive Nutzungen oder eine räumliche Häufung punktueller Schadstoffquellen mit einem geringen Schutzpotenzial zusammen fallen. Eine Plausibilisierung hat anhand vorliegender Messergebnisse zu erfolgen, die im Hinblick auf Überschreitungen der EU-Qualitätsnormen für Nitrat (50 mg/l) und Pflanzenschutzmittel (0,1 bzw. 0,5 µg/l) sowie nutzungsbedingte Intrusion von verunreinigtem Grundwasser auszuwerten sind.

Nach vorläufiger Einschätzung des Ist-Zustandes sind in Sachsen insbesondere die Gebiete mit bergbaubedingten Belastungen, Großproduktionsstätten sowie Siedlungsgebieten mit einer Häufung von Altlasten als gefährdet zu bewerten. Diffuse Belastungen sind in Sachsen flächenhaft beispielsweise durch Versauerung in den oberen Kammlagen des mittleren Erzgebirges und durch landwirtschaftliche Nutzung im Gebiet nördlich von Dresden (Lommatzcher Pflege) verbreitet. Diese Gebiete sind auch durch eine geringe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung geprägt.

6.4.2 Weitergehende Beschreibung

Die Grundwasserkörper, für die auf der Grundlage der Ergebnisse der erstmaligen Beschreibung das Risiko besteht, dass sie die Ziele der Richtlinie möglicherweise nicht erreichen, sind einer weitergehenden Beschreibung zu unterziehen. In solchen Gebieten sind gemäß LAWA-Arbeitshilfe

diejenigen Merkmale eingehender zu erheben und zu beschreiben, die für die Art der Gefährdung (Menge, Beschaffenheit, punktuell, diffus) sowie für die daraus abzuleitenden Maßnahmen relevant sind.

Bei den durch diffuse Einträge gefährdeten Grundwasserkörpern sind zunächst ausgehend von dem im Rahmen der erstmaligen Beschreibung kartierten Schutzpotenzial die Bereiche innerhalb der Grundwasserkörper auszugrenzen, bei denen diese Risiken aufgrund der grundwasserüberdeckenden Schichten nicht zu erwarten sind.

Treten größere Abweichungen zwischen ober- und unterirdischen Wasserscheiden auf, sind diese Flächen darzustellen und bei der Mengenbilanzierung zu berücksichtigen. Dies gilt auch für tiefer liegende Grundwasserkörper, mit denen ein erkennbarer Wasseraustausch stattfindet.

Für die verbleibenden Bereiche sind die bodenkundlichen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse näher zu erfassen. Anhand der verfügbaren Daten sind die vorhandenen Schutzpotenziale sowie die das Schadstoffrückhaltevermögen der grundwasserüberdeckenden Schichten bestimmenden Parameter differenziert darzustellen. In diesem Zusammenhang sind u.a. die Vorgänge der Grundwasserneubildung und die hydraulischen Verhältnisse eingehender zu erheben.

Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser in einem Flussgebiet können zeitlich oder räumlich unterschiedlich stark sein und sind anhand der Wasserstände im Gewässer und im Grundwasser, der Kolmation des Gewässerbettes sowie der Auswirkungen auf Landökosysteme zu beschreiben.

Ob und inwieweit sich diffuse Stoffeinträge in das Grundwasser auch auf die oberirdischen Gewässer auswirken, ist aus einer vertieften Flächennutzungsanalyse abzuleiten. Ziel ist es, die möglichen Gefährdungen dieser Lebensräume bei Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit genauer einzuschätzen.

Für die aufgrund von Entnahmen gefährdeten Grundwasserkörper sind die mittlere jährliche Entnahmemenge des Grundwassers zu erfassen. Die entsprechenden Daten sind den jährlichen Meldungen der Wasserwerke bzw. den vorhandenen Messnetzen zu entnehmen und dem Grundwasserdargebot gegenüberzustellen.

6.4.3 Prüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf das Grundwasser

Um die Auswirkungen der menschlichen Tätigkeiten auf das Grundwasser prüfen und ggf. geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, verlangt die WRRL im Rahmen der Bestandsaufnahme das Bereithalten detaillierter Informationen bezüglich der Grundwassernutzungen und Landnutzungen

für die Grundwasserkörper, die die Grenzen zwischen Mitgliedsstaaten überschreiten oder die Ziele nach Art. 4 WRRL möglicherweise nicht erfüllen .

6.4.4 Weniger strenge Umweltziele

Sofern in begründeten Ausnahmefällen für Grundwasserkörper weniger strenge Umweltziele für den chemischen und den mengenmäßigen Grundwasserzustand festgelegt werden sollen, müssen die Umweltauswirkungen näher untersucht werden.

Bevor weniger strenge mengenmäßige Ziele festgelegt werden, ist zu überprüfen, ob es andere Maßnahmen gibt, die ebenfalls den beabsichtigten Zweck erfüllen und die geringere Umweltauswirkungen haben und nicht unverhältnismäßig höhere Kosten verursachen würden. Darüber hinaus muss geprüft werden, welche Auswirkungen sich auf andere Schutzgüter ergeben.

7 Forschungstätigkeit

7.1 Untersuchung zur Grundwassergefährdung durch Mobilisierung von Schadstoffen infolge Grundwasseranstieg Hoyerswerda-Weißwasser

Forschungsnehmer: Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft
Dipl.-Geoökol. M. Löseke, Dr. B. Schmidt, Dipl.-Ing. J. Lewandowski, Prof. Dr.-Ing. habil. W. Walther
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.1997 – 15.09.1998

Nach der Einstellung des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz werden die Tagebaurestlöcher geflutet. Es kommt zu einem großflächigen Wiederanstieg des Grundwassers. Durch die Pyritverwitterung in den belüfteten Grundwasserleitern und Kippen stellen sich häufig niedrige pH-Werte um 3 ein. Die Mobilisierung verschiedener Schadstoffe ist vom pH-Wert abhängig. Besonders die Mobilisierung von Schwermetallen nimmt bei niedrigen pH-Werten zu. Da in zahlreichen Restlöchern Industrieabfälle und Hausmüll verkippt wurden, muss das Verhalten potentieller Schadstoffe beim Grundwasserwiederanstieg bekannt sein und bei Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Ziel des Vorhabens war die Untersuchung des Transportverhaltens der Schadstoffe und deren Sorption am Kippenmaterial und im Grundwasserleiter.

Auf der Mülldeponie „Ehemalige Kohlebahnausfahrt Laubusch“ wurden fünf verrohrte Greiferbohrungen niedergebracht und 109 Müllproben entnommen. Mit Schüttel- und Säulenversuchen wurde das pH-wertabhängige Verhalten von Schwermetallen, PAK und MKW bei der Flutung der Deponie untersucht. Aus einem ungestörten Grundwasserleiter wurden während der Errichtung der Grundwassermessstelle HySeiw 1/97 weitere 40 Bodenproben und aus einer Tagebaukippe 10 Bodenproben entnommen.

An den Bodenproben wurden die Kennwerte pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, SAK-254 nm, Wassergehalt, Schwermetalle (Pb, Cr, Cu, Ni und Zn), PAK und MKW bestimmt, wobei nicht alle Proben auf jeden Kennwert untersucht wurden.

Die Prüfwerte (SMU 1995) für den Direktpfad Boden-Mensch (Park- und Freizeitflächen) von Pb, Cr, Cu, Ni, und Zn wurden mit Ausnahme von Cr (3 Proben) und Cu (1 Probe) unterschritten. Der Prüfwert für PAK gesamt wurde geringfügig überschritten, der Maßnahmenwert jedoch nicht erreicht. Für MKW wurde der Prüfwert bei 8 von 10 Proben unterschritten.

Da sich beim Grundwasserwiederanstieg häufig niedrige pH-Werte einstellen, wurde mit pH-stat-Versuchen das pH-wertabhängige Elutionsverhalten von Schwermetallen und PAK untersucht. Die Maßnahmenwerte der Schwermetalle werden bei Pb bis pH-Wert 6, Cr bis pH-Wert 3 und Cu bis pH-Wert 4 eingehalten. Die Konzentrationen der PAK lagen bei diesen Versuchen unter der Bestimmungsgrenze.

Anschließend wurde das Elutionsverhalten von Schwermetallen und PAK mit zwei Säulenversuchen untersucht. Bei Schwermetallen wurde der Prüfwert nicht überschritten. Die Konzentrationen der PAK lagen unter der Bestimmungsgrenze.

Die Versuche zeigten, dass das Deponiematerial eine große Pufferkapazität aufweist. Trotzdem ist zu erwarten, dass die pH-Werte im Deponiekörper bei ständiger Durchströmung von saurem Grundwasser mittelfristig sinken. Während die Mobilität von Schwermetallen bei niedrigen pH-Werten zunimmt, ist das bei PAK nicht der Fall.

7.2 Schadstoffmobilisierung und -verteilung in den Leipziger Flußauen

Forschungsnehmer: Universität Leipzig, Institut für Geographie
Dr. A. Krüger, Dr. D. Haase, Prof. Dr. H. Neumeister
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1997 – 30.09.1999

Seit einigen Jahren sind Bestrebungen im Gang, Teile des ökologisch destabilisierten, innerstädtischen Auenwaldes von Leipzig zu renaturieren. In einem zehnjährigen Projekt der Stadt Leipzig (1994-2004) wird eine Testfläche im Frühjahr mit dem Wasser der Paußnitz geflutet. Renaturierungsvorhaben können nach jahrhundertelanger anthropogener Beeinflussung der Ökosysteme auch ökologische Probleme verursachen. Ziel des Vorhabens war die Untersuchung von Vorteilen und Gefahren bei Überflutungen der Auenwälder der Leipziger Umgebung mit den Wässern der Weißen Elster und ihrer Nebenflüsse. Dazu sollten die Stoffgehalte in Böden und Grundwässern der Auen untersucht und die Gefahr einer Mobilisierung und Verlagerung von Schadstoffen in das Grundwasser abgeschätzt werden. Es sollten Standorte mit unterschiedlichen anthropogenen Belastungen und hydrogeologischen Voraussetzungen miteinander verglichen werden.

Die Arbeiten wurden im südlichen Leipziger Auenwald an den Standorten Ratsholz (Connewitzer Holz) und an der Dauerbeobachtungsfläche am Forstamt (Teichstraße) sowie im nördlichen Leipziger Auenwald an der Klärschlammdeponie Wahren (Stahmelner Lachen) durchgeführt.

Schwerpunkte des Vorhabens waren die Charakterisierung des Mobilitätsverhaltens von Schwermetallen und PAK und deren Abhängigkeit von den Eigenschaften des Geoökosystems sowie die Abschätzung der Pufferkapazität des Bodens. Die mobilisierbaren Stoffanteile wurden in Abhängigkeit von der Säure- und Baseneutralisationskapazität als Indikator für die Pufferfunktion von Böden/Sedimenten und von den Eigenschaften von Huminstoffen quantifiziert. Dazu wurden Elutionen nach DIN 38414 (S4-Versuch), sequentielle Extraktionen, pH-stat-Titrationen und Säulenversuche durchgeführt und vergleichend diskutiert.

In dem künstlich gefluteten Renaturierungsgebiet an der Paußnitz kommt es aufgrund von Verdünnungs-, Auswaschungs- und spezifischen Anreicherungs- bzw. Mobilisierungsprozessen zu erhöhten Gehalten an Sulfat, Nitrat, Calcium und Magnesium. Schwermetalle werden aus dem Flutungsgebiet ausgetragen und treten in deutlich geringeren Gehalten auf. Die Untersuchungen zum Säurestatus und zur Pufferfunktion der Auenböden zeigen, dass diese gleichzeitig Quelle und Senke für natürlich und anthropogen eingetragene Stoffe sind und das Freisetzungs- bzw. Rückhaltepotential stark vom pedomischen Reaktionsmilieu abhängt.

Da die pH-Werte der Niederschläge im Raum Leipzig von 1990-96 stark gesunken sind, treten an den Bäumen in den Auen saure Stammabflüsse auf, die als Eintragspfade für anorganische, atmosphärisch bedingte aber auch bestandspezifische organische Säuren wirken. Neben dem dadurch verursachten Horizontalgradienten von Bodenkennwerten tritt in den gering horizontalisierten Auenböden auch ein Vertikalgradient von Kennwerten wie pH-Wert, DOC, Kationen und Anionen auf.

Erwartungsgemäß sind die Klärschlämme am Standort Stahmelner Lachen besonders mit PAK, Zink und Blei belastet. Hohe Schadstoffgehalte traten auch in den unterlagernden Auenlehmen auf. Mit pH-stat-Titrationen, sequentiellen Extraktionen und S4-Elutionen wurden hohe Mobilisierungsraten von Metallen gefunden. Die Stofffreisetzung nimmt unter den Bedingungen einer zunehmenden Versauerung zu. Es wird angenommen, dass bei Überflutungsereignissen Stoffausträge aus den Klärschlämmen stattfinden. Der Vergleich von an- und abströmendem Grundwasser ergab jedoch nur geringe Unterschiede von Wasserinhaltsstoffen.

Mit den Ergebnissen des Vorhabens kann der mit einer künstlichen Flutung verbundene horizontale und vertikale Schadstofftransport bewertet und bei der Renaturierung der

Auenlandschaften berücksichtigt werden (HAASE et al. 1999, KRÜGER et al. 1999).

7.3 Kontamination im Bereich der militärischen Altlast Luftschießplatz Belgern

Forschungsnehmer: Universität Leipzig, Institut für analytische Chemie
 Dr. habil. M. Richter, Dr. U. Lewin-Kretzschmar,
 Dipl.-Chem. M. Gründig
 Laufzeit des Vorhabens: 01.08.1997 – 30.06.1999

Der Luftschießplatz Belgern wurde von 1950 bis 1992 von der Westgruppe der sowjetischen Streitkräfte genutzt. Im Rahmen einer ersten Erkundung wurde eine teilweise hohe Nitroaromatenkonzentration festgestellt, die den Grundwasserleiter der Elbtalwanne und die dortige Trinkwassergewinnung gefährden konnte. Ziel des Vorhabens war es, Aufschlüsse und quantitative Daten über das Transport- und Abbauverhalten von Sprengstoffen und deren bei Umwandlungs- und Verbrennungsprozessen entstehenden hochtoxischen Produkte (sprengstofftypische Verbindungen – STV) zu erhalten. Dabei sollten die spezifischen Bedingungen eines langjährig betriebenen Schießplatzes (im Unterschied zu Sprengstofffabriken) und die konkreten Verhältnisse des Luftschießplatzes Belgern berücksichtigt werden.

Aufbereitung und Analysenverfahren für Wasser- und Bodenproben wurden entsprechend der Spezifik des Gebietes modifiziert. Die Untersuchungen erfolgten mit GC-MS, ¹H-NMR und HPLC-UV, wobei die HPLC-UV die Standardmethode war. Durch qualitative Analysen repräsentativer Proben wurden folgende STV identifiziert: 2-A-6-NT, 4-A-2-NT, 2-A-4-NT, 1,3-DNB, 2,4,6-TNT, 4-A-2,6-DNT, 2-A-4,6-DNT, 2,6-DNT, 2,4-DNT. Da aus der Schadstoffkonzentration in Bächen auf die Schadstoffkonzentration in den Böden der Einzugsgebiete geschlossen werden kann, wurde die Schadstofffracht in den ablaufenden Bächen mit 4 Messzyklen bestimmt und der Gesamtaustrag mit dem Oberflächenwasser bilanziert. Die Gesamtkonzentration an STV variierte zwischen 0,15 und 1,5 µg/l und die Gesamtfrachten zwischen 10 und 100 µg/s. Eine Anreicherung der Schadstoffe im Sediment erfolgt nicht. Im Grundwasser wurden keine STV nachgewiesen. Punktuell wurden Oberflächenbodenproben entnommen und analysiert. Die maximale Gesamtkonzentration an STV erreichte 378 µg/kg und liegt unter den Richtwerten der „Sächsischen Altlastenmethodik“ (SALM). An zwei Punkten wurden Tiefenprofile bis 1,5 m aufgenommen. STV wurden in allen Schichten nachgewiesen. An ungestörten Proben wurden Wasserspannungskurven und hydraulische Leitfähigkeiten bestimmt. Es wurden Bodensäulenexperimente zur Bestimmung des Transportverhaltens der STV durchgeführt. In den Bodensäulen wurden 30 bis 70 % des zugegebenen Tracers sorbiert, während der restliche Anteil mit geringer Retardation transportiert wurde.

Die Belastung mit STV ist um ca. 2 bis 3 Größenordnungen geringer als bei den bisher bekannt gewordenen Untersuchungen von ehemaligen Rüstungsfabriken (RICHTER et al. 2000). Die gewonnenen Erkenntnisse können auch zur Bewertung der Schadstoffsituation auf anderen Schießplätzen mit ähnlichen Bodenverhältnissen herangezogen werden. Auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse lässt sich keine durch STV verursachte Umweltgefährdung im Umfeld des Untersuchungsgebietes Luftschießplatz Belgern erkennen.

7.4 Entwicklung einer Messzelle zur Online-Messung des Leitkennwertes Radon-222 mit dem Ziel der Bestimmung des optimalen Abpumpvolumens von Grundwassermessstellen

Forschungsnehmer: UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Analytik
 Dr. H.C. Treutler, Dr. K. Freyer, Dr. G. Just
 Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 – 30.04.2000

Die Grundwasserbeobachtung im Freistaat Sachsen erfordert die Entnahme repräsentativer Grundwasserproben aus den Landesmessstellen des Grundmessnetzes Beschaffenheit. Eine wichtige Voraussetzung für eine repräsentative Grundwasserprobennahme ist die Bestimmung der optimalen Abpumpvolumen von Grundwassermessstellen. Zu kleine Abpumpvolumen verfälschen die Proben durch Anteile an Standwasser und Wasser aus dem Porenraum der Filterschüttung. Zu große Abpumpvolumen können zu einem erhöhten Fremdwasseranteil aus benachbarten Schichten in den Proben führen. Deshalb muss eine Grundwasserprobe nach der mehr als einmaligen Erneuerung des Volumens des Filterrohrs und der Filterschüttung (hydraulisches Kriterium) und bei Konstanz verschiedener Leitkennwerte wie elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur (Beschaffenheitskriterium) entnommen werden. Die natürliche Radonaktivitätskonzentration des Grundwassers kann als neuer Leitkennwert zur Bestimmung des hydraulischen Kriteriums der Probennahme verwendet werden (DEHNERT et al. 1997, 2000).

Für die routinemäßige Verwendung des neuen Leitkennwertes sollte im Rahmen dieses FuE-Vorhabens eine Messmethode zur Online-Messung der Radonaktivitätskonzentration mit einer Nachweisgrenze von 1 Bq/l und einer Volumenauflösung von 30 l entwickelt werden. Darauf aufbauend war eine Messzelle zur Online-Messung der Radonaktivitätskonzentration im Förderstrom von Pumpen zur Bestimmung optimaler Abpumpvolumen von Grundwassermessstellen zu bauen und zu testen.

Es wurden eine Literaturstudie durchgeführt und die unterschiedlichen Messmethoden zum Messen von Radon im Wasser analysiert. Dabei wurde kein Messverfahren gefunden, das die für eine Online-Messung der Radonaktivitätskonzentration bei der Grundwasserprobennahme notwen-

dige Messempfindlichkeit aufweist. Nahezu alle derzeit verfügbaren kommerziellen Messgeräte arbeiten mit Luft als Trägermedium. Ausgehend von einem bei LABED (1992) und SURBECK (1996) beschriebenen Messprinzip wurden die theoretischen Grundlagen zum Bau einer Messzelle auf der Basis der Diffusion von Radon aus Wasser durch eine gasdurchlässige Membran in Luft erarbeitet. Dabei durchströmt Luft einen in Wasser getauchten und aus einer halbdurchlässigen Membran bestehenden Schlauch und nimmt Radon auf. Die radonhaltige Luft wird in einer Lucaszelle gemessen. In der Luft muss sich das Gleichgewicht von Radon und seinen Folgeprodukten neu einstellen. Da die Halbwertszeiten der Folgeprodukte bekannt sind, kann der dadurch hervorgerufene Messfehler rechnerisch korrigiert werden.

Nach einigen Vorversuchen mit einem provisorischen Experimentalaufbau wurden zwei Prototypen mit parallel und spiralförmig angeordnetem Diffusionsschlauch gebaut. Zur Messwertkorrektur wurde die Verwendung der ersten Ableitung der gemessenen Gesamt- α -Aktivitätskonzentration untersucht.

Die Prototypen wurden im Labor getestet und optimiert. Untersucht wurden die Durchflussraten des Wassers und des Messgases, die Schlauchlänge und das Volumen der Lucaszelle.

Für den Feldeinsatz wurde eine optimierte Messzelle aus Edelstahl gebaut. Die Messzelle wurde unter Mitwirkung der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft und des Landesamtes für Umwelt und Geologie bei elf Grundwasserprobenahmen im Grundmessnetz Beschaffenheit in Hartha, Deschka, Dresden-Tolkewitz und Wildenhain sowie an Referenzmessstellen in Torgau eingesetzt und getestet. Die Radonaktivitätskonzentration konnte in allen Fällen online gemessen und zur Bestimmung der optimalen Abpumpvolumen der Messstellen herangezogen werden.

7.5 Untersuchung des Einflusses des Abpumpvolumenstromes auf die Partikelzahl im Förderstrom der Pumpe

Forschungsnehmer: Hydroisotop-Piewak GmbH Chemnitz; Consulting Engineering GmbH Grüna, FB Umweltlabor
Dr. P. Neitzel, Dipl.-Geol. P. Schneider
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.1999 – 11.09.2000

Das Landesamt für Umwelt und Geologie betreibt ein landesweites Messnetz zur Grundwasserbeobachtung. Die Messergebnisse gehen in Auswertungen der Umweltverwaltung des Freistaates Sachsen ein und werden als Stützstellen für Sondermessnetze verwendet. Aus diesem Grund werden an die Repräsentativität der Messergebnisse besonders hohe Anforderungen gestellt. Mit dem Vorhaben sollen die Kenntnisse zu einer effektiven und repräsentativen Grundwasserprobennahme vertieft werden.

Die Dauer des Abpumpens von Grundwassermessstellen ist ein wesentlicher Bestandteil des Zeitaufwandes für die Probenahme. Verschiedene Fachmeinungen empfehlen wegen möglicher Entgasungen und erhöhter partikelgebundener Stoffgehalte eine „sanfte Grundwasserprobennahme“ mit kleinen Förderraten. Das würde für die Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, die im Auftrag des Landesamtes die Messnetze betreibt, mindestens zur Verdopplung des Zeitaufwandes für die Probenahme führen. Ziel des Vorhabens war daher die Untersuchung des Einflusses verschiedener Förderaten auf die Partikelzahl im Förderstrom von Pumpen.

Dazu war eine Literaturstudie zum Auftreten und Verhalten von Partikeln im Grundwasser anzufertigen, die den internationalen Wissensstand zusammenfasst. Weiterhin sollten Vorstellungen über das Verhalten von Partikeln beim Abpumpen von Grundwassermessstellen entwickelt und durch eine hinreichende Zahl von Feldversuchen verifiziert werden.

Die Literaturstudie rekapituliert die weltweit wesentlichen Publikationen, Bücher, Regelwerke und Forschungsberichte seit 1980. Sie enthält 300 Einzelquellenangaben und gibt einen vollständigen Überblick über den derzeitigen Stand des Wissens zu Partikeln im Grundwasser. Der partikelgebundene Stofftransport wurde mit betrachtet.

Es wurden 19 Abpumpversuche an Grundwassermessstellen des Grundmessnetzes Beschaffenheit in Wildenhain, Dresden-Tolkewitz, Kodersdorf, Fichtenberg, Hartha und Deschka sowie an Referenzmessstellen in Torgau durchgeführt. Aus dem Förderstrom wurden Proben entnommen und Partikelzahl und -volumen mit einem Coulter-Multisizer-II-Instrument bestimmt (NEITZEL et al. 2002). Die Abpumpversuche wurden hinsichtlich des Verhaltens von Partikeln im Förderstrom der Pumpen ausgewertet.

Die Ergebnisse bestätigen die Arbeitsthese des Vorhabens. Die Partikelzahlen im Förderstrom der Pumpen erreichten nach Abpumpvolumen von wenigen hundert Litern Plateauwerte, die von der Förderrate unabhängig waren. Daraus folgt für eine sachgerechte Probenahme, dass größere Förderraten die Repräsentativität von Grundwasserproben hinsichtlich der enthaltenen Partikel nicht gefährden, wenn die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters unter Berücksichtigung des Messstellenausbaus nicht überschritten wird. Der Zeitaufwand der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft für die Beprobung der Messnetze muss nicht erhöht werden.

8 Weiterbildung

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie veranstaltete gemeinsam mit dem Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, dem UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH und der Sächsischen Akademie für Natur und Umwelt vom 02. bis 04. November 2000 einen Lehrgang „Repräsentative Grundwasserprobennahme“. Ziel der Schulung war die Verbesserung von Repräsentativität und Vergleichbarkeit von in Sachsen und Sachsen-Anhalt entnommenen Grundwasserproben. Im nostalgischen Ambiente des Bitterfelder Kulturpalastes konnten über 100 Teilnehmer begrüßt werden.

Am ersten Lehrgangstag wurden die wichtigsten Punkte zur Probennahme anhand der DVWK-Merkblätter und neuer Erkenntnisse aus der Sicht der Landesämter erläutert.

Am zweiten Tag wurden neue Entwicklungen bei der Grundwasserprobennahme vorgestellt, die interessantes Detailwissen rund um die Probennahme vermittelten. Zum Schadstofftransport in Grundwasserleitern und zur Wirkung von Grundwassermessstellen als Schadstofffallen wurde der Lehrfilm der Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS) der Universität Stuttgart gezeigt.

Am Nachmittag wurde von den Teilnehmern ein aufwendiges Praktikum auf dem UFZ-Versuchsgelände SAFIRA (Sanierungsforschung in regional kontaminierten Aquifere) absolviert. Messfahrzeuge der Staatlichen Umweltbetriebesgesellschaft, des UFZ und der GFE-Geologische Forschung und Erkundung GmbH Halle demonstrierten die Grundwasserprobennahme, das Kalibrieren von Feldmessgeräten, die Vorortanalytik organischer Wasserinhaltsstoffe und verschiedene Datenlogger. Packersysteme wurden von der IMW Tübingen vorgestellt. Zum Abschluss des Tages hatten die Lehrgangsteilnehmer Gelegenheit, die Versuchsanlage SAFIRA des UFZ zur in situ-Grundwassersanierung mit ihren fünf je 23 m tiefen Schächten und den darin eingebauten Reaktoren zu besichtigen.

Eine Busexkursion am dritten Tag rundete den Lehrgang ab. Die Teilnehmer machten sich mit den enormen wasserwirtschaftlichen Problemen der Region Leipzig-Halle-Bitterfeld vertraut, die durch den Braunkohlenbergbau und die Chemieindustrie verursacht wurden.

Anknüpfend an diesen Lehrgang wird künftig eine Schulung „Weiterbildung Grundwasserprobennahme“ im Abstand von zwei Jahren durchgeführt. Die nächste Weiterbildung Grundwasserprobennahme findet am 07. und 08. November 2002 statt. Für das Praktikum wird das neue UFZ-Versuchsfeld am Standort des ehemaligen Hydrierwerkes Zeitz genutzt (Referenztestfeld zur Implementierung des „Natural-Attenuation“-Ansatzes – RETZINA).

9 Zusammenfassung

Sauberes Grundwasser in ausreichender Menge hat für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser einen hohen Stellenwert und es ist Voraussetzung für den Fortbestand der meisten Ökosysteme. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklung von Menge und Beschaffenheit des Grundwassers in Sachsen in den letzten fünf Jahren.

Die Auswertung der Messdaten des Grundmessnetzes „Stand“ für den Zeitraum 1996 bis 2000 zeigt, dass die geringeren Niederschläge in den Jahren 1996 und 1997 einen leicht negativen Trend der Wasserstände bewirkten, diese aber an den meisten Messstellen noch über den langjährigen Mittelwerten liegen. Trendanalysen über einen Zeitraum zwischen 50 und 100 Jahren dokumentieren, dass sich klimatische Veränderungen noch nicht sichtbar auf die Entwicklung der Grundwasserstände ausgewirkt haben. Außerdem werden Messergebnisse von Untersuchungen zum Grundwasserstand vorgestellt, die von den deutsch-tschechischen bzw. deutsch-polnischen Grenzgewässerkommissionen veranlasst wurden.

Die statistischen Aussagen zur Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen umfassen Trendaussagen für einen Zeitraum von bis zu neun Jahren.

So hat sich die Nitratbelastung des Grundwassers in den letzten Jahren nicht verändert. Für die meisten Messstellen wurden fallende oder steigende Trends von bis zu 1,5 mg/(l*a) festgestellt.

Die regionale Verteilung der Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln blieb seit 1993 ebenfalls unverändert. Die Anzahl der Überschreitungen des TVO-Grenzwertes ist jedoch deutlich gesunken.

In weiten Teilen Sachsens sind im oberen Grundwasserstockwerk anthropogen bedingte Sulfatkonzentrationen zu finden. Seit 1996 ist ein Rückgang der Sulfatbelastung des Grundwassers zu verzeichnen. Eine Ausnahme bilden die Gebiete im Einflussbereich der Braunkohlentagebaue.

Das gemeinsam mit der Landesanstalt für Landwirtschaft entwickelte Sondermessnetz „Landwirtschaft“ spielt besonders bei der Klassifizierung von diffusen Stoffeinträgen eine wichtige Rolle. Wegen der kurzen Datenreihen kann im Bericht nur ein Sachstand dargestellt werden.

Als weiteres Sondermessnetz wird das Messnetz „Versauerung“ beschrieben. Die Ergebnisse von 8 Messstellen im oberen mittleren Erzgebirge zeigen, dass trotz einer verringerten Belastung der Luft mit Säurebildnern in der Regel kein pH-Wertanstieg im Grundwasser zu beobachten ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine deutliche Verbesserung der Grundwasserbeschaffenheit trotz

vielfältiger Maßnahmen zum Umweltschutz wie der Einführung einer umweltgerechten Landwirtschaft, der Reduzierung des SO₂-Ausstoßes tschechischer Kraftwerke oder forstwirtschaftlicher Maßnahmen noch nicht eingetreten ist. Dies war auch nicht zu erwarten, weil die beschaffenheitsverbessernden Prozesse im Grundwasser sehr komplex und langwierig sind.

Das verdeutlichen auch die Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis. Hier werden neben der Bestimmung der Grundwasserneubildung auch die Beziehungen zwischen Bodenwasserhaushalt, landwirtschaftlicher Bewirtschaftung und Stickstoff-Austrag untersucht. Nach dem Verlassen der Wurzelzone dauert der Transport von ausgewaschenem Nitrat bis zum Sickerwasserauslauf in 3 m Tiefe im Durchschnitt noch 2 bis 10 Jahre (je nach Bodenart). Bei einer vereinfachten Betrachtung können die mit acht Lysimetern gewonnenen Ergebnisse der Station Brandis potentiell auf ca. 46 % des Lockergesteinsbereiches von Sachsen übertragen werden.

Mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde ein einheitlicher europäischer Rahmen für die Wasserwirtschaft festgelegt. Die WRRL ist eine Zusammenfassung und Erweiterung der bisher im Bereich Wasser sehr inhomogenen EU-Regelungen. Der erste Schritt bei der Umsetzung der WRRL besteht in einer Bestandsaufnahme der Grundwasserhältnisse (erstmalige Beschreibung). Es wird davon ausgegangen, dass die im Rahmen geltender EG-Richtlinien gesammelten Daten und Informationen für eine Erstbewertung ausreichend sind.

Aufgabe des LfUG bei der Umsetzung der WRRL in Sachsen ist die Erarbeitung methodischer Grundlagen, Maßnahmen und DV-technischer Instrumente unter Berücksichtigung der Vorgaben aus dem Handlungskonzept der LAWA. Das LfUG organisiert die fachliche Kommunikation sowie den Informations- und Datenaustausch mit Bund und Ländern. Die Ausführung der Arbeiten obliegt den Staatlichen Umweltfachämtern.

Die Durchsetzung eines wirksamen Grundwasserschutzes hat für das dicht besiedelte Sachsen mit seiner industriellen Vergangenheit einen besonderen Stellenwert. Von 250 Anträgen zur Bearbeitung von Gutachten zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten konnten 185 Verfahren abschließend bearbeitet werden.

Die Erkundung, Sicherung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen wird von den Staatlichen Umweltfachämtern fachlich begleitet. Die Beispiele zeigen den erfolgreichen Abschluss von Sanierungsarbeiten (z.B. Tanklager Zeisigwald) oder den fortgeschrittenen Arbeitsstand (Ökologisches Großprojekt „SOW Böhlen“ u.a.).

Mit verschiedenen Forschungsvorhaben wurden grundwasserrelevante Fragen nach möglichen Umweltgefährdungen beantwortet und das Monitoringsystem für das Grundwasser

verbessert. So konnte der Schadstofftransport, der mit einer künstlichen Flutung Leipziger Flussauen verbunden ist, an drei Testflächen untersucht werden, um diesen bei bevorstehenden Renaturierungen von Auenwäldern zu berücksichtigen. Ein anderes Beispiel ist der von der Westgruppe der sowjetischen Streitkräfte genutzte Luftschießplatz Belgern. Die Ergebnisse zeigten, dass die Belastungen mit sprengstofftypischen Verbindungen um 2 bis 3 Größenordnungen geringer als bei den bisher bekannt gewordenen Untersuchungen von ehemaligen Rüstungsfabriken sind. Eine Umweltgefährdung im Umfeld des Luftschießplatz kann verneint werden.

Die Ergebnisse dieses Berichtes verdeutlichen, dass das Grundwasser über ein ausgeprägtes „Langzeitgedächtnis“ verfügt. Neben den Maßnahmen zur Sanierung von Grundwasserschäden ist ein umfassender Grundwasserschutz zur Erhaltung dieser Ressource für zukünftige Generationen unumgänglich.

10 Literaturverzeichnis

- DEHNERT, J., NESTLER, W., FREYER, K., TREUTLER, H. C., NEITZEL, P., WALTHER, W. (1997): Radon-222 - ein neuer Leitkennwert zur Bestimmung optimaler Abpumpzeiten von Grundwassermeßstellen.- *Grundwasser* 2 (1): 25-33.
- DEHNERT, J., KUHN, K., FREYER, K., TREUTLER, H. C. (2000): Überwachung des hydraulischen Kriteriums bei der Grundwasserprobennahme.- *Wasser und Abfall* 2 (1-2): 24-30.
- DUTELOFF, T. (1996): Überlegungen zur Übertragbarkeit der Brandiser Lysimeteruntersuchungen.- *Kurzbericht, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie*, unveröff.
- DVWK (1996): Hydrogeochemische Stoffsysteme Teil 1.- *Schriften* 110: 276 S.; Bonn.
- E&E UMWELTBERATUNG GMBH GRÜNA (1996): Fachtechnische Überwachung im Rahmen von Tankbergungs- und Sanierungsarbeiten auf ehemaligen WGT-Liegenschaften - Tanklager Zeisigwald/Euba.- *Endbericht*, 28 S., 5 Anl., 4 Anhänge, unveröff.
- GAUGER, T., ANSELM, F., KÖBLE, R. (1999): Kritische Luftschadstoff-Konzentrationen und Eintragsraten sowie ihre Überschreitung für Wald- und Agrarökosysteme sowie naturnahe waldfreie Ökosysteme.- *Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FF-Nr. 10803079/29785079*.
- GOLDBACH, E. (1993): CKW-Schadensfall Königsbrück.- *HGN Hydrogeologie GmbH, Niederlassung Dresden*, 76 S., unveröff.
- GRAHMANN, R. (1935): *Der Sächsische Landesgrundwasserdienst.- Abhandlungen des Sächsischen Geologischen Landesamtes*, H. 16: 102 S.; Leipzig.
- HAASE, D., KRÜGER, A., SCHNEIDER, B., NEUMEISTER, H. (1999): The wood stock as one main stress factor for the geochemical processes in soils of flood plain forests. The example of the Weiße Elster-Pleiße floodplains, Germany.- *Ekologia*, Vol. 18, Supplement 1/1999.
- HAFERKORN, U. (2000): Größen des Wasserhaushaltes verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung im klimatischen Grenzraum des Mitteldeutschen Trockengebietes - Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis.- *Dissertation*, 157 S., Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften.
- HELLEKES, R. (1985): Analyse des Bodenwasserhaushaltes im Bereich Mönchengladbach.- *Besondere Mitteilungen zum Dt. Gewässerkundlichen Jahrbuch*, Nr. 47.
- HENNINGS, H., SCHEFFER B. (1999): *Landwirtschaft und Grundwasserqualität.- Literaturstudie*, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bremen.
- HGN HYDROGEOLOGIE GMBH (2000): Untersuchungen am Altlasten-Modellstandort (MOST) Zwickau, Stufe 3, Komplexe Altlastenuntersuchung des Schutzgutes Grundwasser – Teil: Grundwassermonitoring, Geohydraulische Modellierung und altlastenbezogene Komplexinterpretation.- *Ergebnisdokumentation*, 110 S., 10 Anl., 3 Anhänge, unveröff.
- INGENIEURBÜRO FÜR WASSER UND BODEN POSSENDORF (1999): Weiterführende Erkundung der LHKW-Kontamination des Grundwasserleiters in der Stadt Görlitz.- 2. Teilbericht, 21 S., unveröff.
- KLEEBERG, H.-B., CEMUS, J. (1992): Regionalisierung hydrologischer Daten - Definitionen.- In: *Regionalisierung in der Hydrologie*, Hrsg. von Kleeberg, Weinheim.
- KOLBE, H. (2000): *Landnutzung und Wasserschutz*.- 82 S.; Leipzig.
- KRÜGER, A., NEUMEISTER, H. (1999): Stoffdynamik in überflutungsbeeinflussten Auenlandschaften der Weißen Elster bei Leipzig.- *Mittlg. Dt. Bodenk. Ges.*, 91/I, S. 402 ff.
- LABED, V. et al. (1992): Rn-222 permeation through polymer membranes.- *Health Physics* 63 (2).
- LAF (2001): Nitratbelastung des Grundwassers unter forstwirtschaftlich genutzten Flächen.- *Bericht*, 10 S., unveröff.
- LAWA (1994): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden.- 19 S., 2 Anhänge; Stuttgart.
- LAWA (1998): Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete.- 3. Aufl., Berlin, Januar 1998.
- LfL (1999): Nitratbericht 1998/99 unter Berücksichtigung der Untersuchungen ab 1995.- *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, H. 2: 54 S.; Leipzig.
- LfL (2001): mündliche Auskunft.
- LfUG (1993): Konzeption Messprogramm Grundwasser.- *Bericht*, 41 S., 20 Anl., unveröff.
- LfUG (1995): Bericht zur Grundwassersituation 1993-1994.- *Materialien zur Wasserwirtschaft* 3/1995: 67 S., 9 Anl.; Radebeul.
- LfUG, LfL und LfF (2001): Bodenmonitoring in Sachsen.- *Materialien zum Bodenschutz* 2001: 58-72.
- LfW (1992): *Grundwasserbericht 1992*.- 85 S., 2 Anl.; Mainz.
- MANNSFELD, K., RICHTER, H. (1995): *Naturräume in Sachsen.- Forschungen zur deutschen Landeskunde* 238.
- MELLENTIN, U., HAFERKORN, U. (1999): Bericht zur Ganglienseparation an Oberflächenwassermeßstellen der Parthe und des Schnellbaches. *Arbeitsbericht*, Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Lysimeterstation Brandis, unveröff.
- MÜLLER, K., (2001): Ermittlung des Nitratstromes in Oberflächen- und Grundwasser im Parthegebiet. – *Abschlussbericht zum BMBF-Teilthema*, Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Lysimeterstation Brandis, unveröff.
- NEITZEL, P. L., SCHNEIDER, P., ECKARDT, L., KUHN, K., LANKAU, R., DEHNERT, J. (2002): Analytische Erprobung der Electrical Sensing Zone (ESZ)-Methode für die Quantifizierung von Partikeln in Grund-, Oberflächen- und Modellwasser – Labor- und Felduntersuchungen.- *Vom Wasser* 98: 91-115.

RICHTER, M., GRÜNDIG, M, LEWIN-KRETZSCHMAR, U. (2000): Dispersion and Transport of Ammunition Residues in the Military Shooting Area Belgern/Puschwitz.- Proc. of 7th Int. Conf. on Contaminated Soil, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht/Boston/London, Bd. 2: 793-794.

ROHMANN, SONTHEIMER (1985): Nitrat im Grundwasser-Ursachen, Bedeutung, Lösungswege.- DVGW-Forschungsstelle Engler-Bunte Institut, Universität Karlsruhe.

SÄMISCH, G. (1990): Jahresarbeitsberichte 1981-90.- Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Lysimeterstation Brandis, unveröff.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde.- 491 S.; Stuttgart.

SCHENK, V. (1992): Bewertung und Auswertung hydrochemischer Grundwasseruntersuchungen.- DVWK-Studie: 65 S.; Bonn.

SCHILLING, D., BANNORTH, H., SCHLICHT, H. (1965): Natürliche Standorteinheiten der landwirtschaftlichen Produktion in der DDR.- Landwirtschaftsrat der DDR.

SCHWARZE, R. (1985): Gegliederte Analyse und Synthese des Niederschlag-Abfluß-Prozesses von Einzugsgebieten.- Dissertation, TU Dresden, Fakultät für Bau-Wasser- und Forstwesen.

SMU (1995): Empfehlung zur Handhabung von Prüf- und Maßnahmenwerten für die Gefährdungsabschätzung von Altlasten in Sachsen. – Materialien zur Altlastenbehandlung 2/1995.

SMUL (1998): Handlungsanleitung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung für Wasserschutzgebiete vom 30.09.1998.- 99 S.

SMUL (2000): Grundsätze für die Grundwasserbeobachtung im Freistaat Sachsen.- Materialien zur Wasserwirtschaft 2000, 7 S.

STAN, H.-J., FUHRMANN, B. (2001): Bestimmung von Pestizidrückständen in Wasser und Lebensmitteln mittels LC-MS.- In: Die Anwendung der LC-MS in der Wasseranalytik, 2. Kolloquium 2001, Schriftenreihe Biologische Abwasserreinigung 16, Berlin: 3-18.

SURBECK, H. (1996): A Radon-in-Water Monitor based on fast gas transfer membranes.- Int. Conf. Technologically Enhanced Natural Radioactivity (TENR) caused by non-uranium mining, Oct. 16-19, 1996, Szczyrk, Poland, 10 S.

UMWELTBÜRO GMBH VOGTLAND (1999): Integrale Erkundung im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Niesky.- Abschlussbericht, 53 S., unveröff.

UMWELTBÜRO GMBH VOGTLAND (1999): Ausführungsplanung Sanierung Fläche B2 ehem. Fluatwerk Glauchau.- 25 S., 12 Anl., unveröff.

VOIGT, H.-J. (1990): Hydrogeochemie.- 266 S.; Berlin.

WEIGEL, A., RUSSOW, R., KÖRSCHENS, M. (2000): Quantification of airborne N-input in Long-Term Field Experiments and its validation through measuments using 15N isotope dilution.- Z. Pflanzennähr. Bodenk., H. 163: 261-265.

11

Abbildungsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Abb. 1.1: Entwicklung des Grundmessnetzes Grundwasserstand, bezogen auf die Messstellenarten | 6 |
| Abb. 1.2: Aufgaben des Landesgrundwasserdienstes aus LAWA 1999 (geändert) | 9 |
| Abb. 1.3: Entwicklung des Grundmessnetzes Beschaffenheit, bezogen auf Messstellenarten | 10 |
| Abb. 1.4: Grundmessnetz Beschaffenheit – Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten (Endausbau) | 11 |
| Abb. 1.5: Grundmessnetz Beschaffenheit, Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten (Soll-Ist Vergleich, Stand 05/01) ... | 12 |
| Abb. 1.6: Flurnaher Grundwasserstand | 14 |
| Abb. 1.7: Oberflächenwasser beeinflusste Messstelle mit Ganglinie Oberflächenwasser | 15 |
| Abb. 1.8: Tiefer Grundwasserleiter, zum Teil mit hoher Grundwassergeschüttheit | 15 |
| Abb. 2.1: Jahresganglinien der Grundwasserstände im Lockergesteinsbereich | 19 |
| Abb. 2.2: 5- Jahresganglinien der Grundwasserstände im Lockergesteinsbereich | 20 |
| Abb. 2.3: Jahresganglinien der Grundwasserstände und der Quellschüttung im Festgesteinsbereich | 21 |
| Abb. 2.4: 5-Jahresganglinien der Grundwasserstände und der Quellschüttung im Festgesteinsbereich | 22 |
| Abb. 2.5: Ganglinie der langjährigen Grundwasserstände der Messstelle Putzkau | 23 |
| Abb. 2.6: Ganglinie der langjährigen Grundwasserstände der Messstelle Liebertwolkwitz | 24 |
| Abb. 2.7: Grundwassermessstelle 1/95 am Großen Zschand | 24 |
| Abb. 2.8: Grundwasserverhältnisse im quartären Grundwasserleiterbereich | 26 |
| Abb. 2.9: Grundwasserverhältnisse im Bereich des unteren Braunkohlenflözes | 26 |
| Abb. 3.1: Nitratbelastung an einer Messstelle mit Dreifachausbau | 29 |
| Abb. 3.2: Entwicklung der Nitratbelastung 1996 bis 2000 an 45 Messstellen des Grundmessnetzes | 29 |
| Abb. 3.3: Häufigkeitsverteilung der Tendenzen für die Nitratkonzentrationen im Zeitraum 1995 bis 2000 für 107 Messstellen | 29 |
| Abb. 3.4: Nitratentwicklung an drei ausgewählten Messstellen | 30 |
| Abb. 3.5: Häufigkeitsverteilung der PSM-Befunde an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000 | 31 |

| | Seite | | Seite |
|---|-------|--|-------|
| Abb. 3.6: Häufigkeitsverteilung der Tendenzen für die Konzentrationen an Atrazin und Desethylatrazin im Zeitraum 1992 bis 2000 für 101 Messstellen | 34 | Abb. 3.22: Ionenverteilung in den Quellwässern (1 – Rauschenfluss, 2 – Ansprung, 3 – Schmalzgrube, 4 – Tellerhäuser, 5 – Fichtelberg nordhang, 6 – Eisenbergquelle | 42 |
| Abb. 3.7: Prozentuale Verteilung des mittleren Sulfatgehaltes an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000 | 34 | Abb. 3.23: Mittelwerte und Schwankungsbreiten der pH-Werte | 42 |
| Abb. 3.8: Prozentuale Verteilung der Sulfatbelastung auf landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Flächen für 2000..... | 35 | Abb. 3.24: pH-Werte und Aluminiumgehalte am Beispiel Quelle Rauschenfluss | 43 |
| Abb. 3.9: Häufigkeitsverteilung des mittleren Sulfatgehaltes für 2000, aufgesplittet nach Regierungsbezirken | 35 | Abb. 3.25: Ionenverteilung an den Messstellen Gelobtland 1 und 2 | 43 |
| Abb. 3.10: Häufigkeitsverteilung des mittleren Sulfatgehaltes an den Messstellen des Grundmessnetzes für den Zeitraum 1996 bis 2000 | 36 | Abb. 3.26: Entwicklung von pH-Wert und Sulfatgehalt an der Quelle Tellerhäuser | 45 |
| Abb. 3.11: Entwicklung des mittleren Sulfatgehaltes an Messstellen mit land- oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung für den Zeitraum 1996 bis 2000..... | 36 | Abb. 4.1: Jahressummen der Grundwasserneubildung, unterteilt in Sommer- und Winter-somme [mm]..... | 47 |
| Abb. 3.12: Vergleich der Nitratbelastung an Vorfeld- und Emittentenmessstellen im TSG Canitz-Thallwitz..... | 36 | Abb. 4.2: Verlagerungsgeschwindigkeit im Lysimeter [dm/Jahr] aus jährlicher Sickerwassermenge [mm/Jahr] und Feldkapazität des 3m mächtigen Bodenprofils | 51 |
| Abb. 3.13: NO ₃ -N-Gehalte an den Dauertestflächen der LfL, Herbst 1990 bis 1999 (LfL 1999)..... | 37 | Abb. 4.3: Mittlerer Jahresgang von Bodenwasservorratsänderung (dSB), Niederschlag (P _{korrt}), Gras-Referenzverdunstung (ETP _{Gras}), klimatischer Wasserbilanz (kWB), realer Verdunstung und Grundwasserneubildung am Standort Brandis (Reihe 1981 bis 1997) .. | 52 |
| Abb. 3.14: Prozentuale Verteilung der Nitratbelastung 2000 auf die Messstellen innerhalb und außerhalb von TSG..... | 38 | Abb. 4.4: Flächennutzung und Böden der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet der Parthe..... | 54 |
| Abb. 3.15: Vergleich der Nitratstickstoffgehalte zwischen düngerreduzierter (WSG, ökologisch) und nicht düngerreduzierter Bewirtschaftungsweise (konventionel) Herbstmessungen 1995 bis 1999 (LfL 1999) | 38 | Abb. 4.5: Mittlere Wasserhaushaltskomponenten am Pegel Thekla/Parthe der Jahre 1981 bis 1997 | 54 |
| Abb. 3.16: Mittlere Nitratgehalte der Einzeljahre an den Messstellen innerhalb und außerhalb von TSG | 39 | Abb. 4.6: Vergleich der mittleren Abflussbildung am Standort (Lysimetermessungen) und im Einzugsgebiet der Parthe (Reihe 1981 bis 1997) | 55 |
| Abb. 3.17: Prognostizierter Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser an den BZE-Standorten (8 x 8 km Netz, nur Nadelbaumstandorte) aus LAF 2001 | 40 | Abb. 5.1: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Niesky..... | 57 |
| Abb. 3.18: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes an Messstellen mit land- oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung für den Zeitraum 1990 bis 2000..... | 40 | Abb. 5.2: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Görlitz..... | 59 |
| Abb. 3.19: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes für 10 Messstellen des Grundmessnetzes mit forstwirtschaftlicher Flächennutzung 1996 bis 2000 | 41 | Abb. 5.3: Lage der Messstellen des Sondermessnetzes Königsbrück | 60 |
| Abb. 3.20: Entwicklung des mittleren Nitratgehaltes für 5 Messstellen (Quellen) der Landesanstalt für Forsten 1996 bis 2000 (LAF 2001)..... | 41 | Abb. 5.4: Herstellung des Schlitzes der Dichtwand..... | 63 |
| Abb. 3.21: Entwicklung der Nitratgehalte in 3 ausgewählten Quellen bei Klingenthal, 1993 bis 2000 | 41 | Abb. 5.5: Fertige Dichtwand zur Einkapselung des Schadensherdes | 63 |
| | | Abb. 5.6: Oberflächenversiegelung des Sanierungsgebietes | 64 |
| | | Abb. 5.7: Verlauf der Wasserstände an Messstellen innerhalb und außerhalb der Dichtwand..... | 64 |
| | | Abb. 5.8: Benzin-Wassergemisch mit aufsitzender Teerphase unter einem ausgebauten Tank..... | 65 |
| | | Abb. 5.9: Freigelegte Tanks am Standort KVS 34; im Hintergrund Aufbau der Wasserreinigungsanlage..... | 65 |
| | | Abb. 5.10: Rekultivierter Standort KVS 51 im Sommer 2001 | 66 |

| | Seite |
|---|-------|
| Abb. 5.11: Grundwasserkontamination am Standort Böhlen | 67 |
| Abb. 5.12: Entwicklung der Gewässer in der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraumes | 70 |
| Abb. 5.13: LHKW-Belastung an den Grundwassermessstellen des Sondermessnetzes „Großraum Leipzig Beschaffenheit“ im Jahr 2000 | 71 |

12 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 1.1: Gliederung des Grundmessnetzes-Stand nach Hauptflussgebieten und Messturnus | 7 |
| Tab. 1.2: Sondermessnetze – Messprogramm 2000 | 8 |
| Tab. 1.3: Verteilung der Messstellen auf die hydrogeologischen Einheiten von Sachsen | 13 |
| Tab. 1.4: Stand der hydrogeologischen Zuordnung der Messstellen des Grundmessnetzes Grundwasserstand | 16 |
| Tab. 1.5: Sondermessnetz Landwirtschaft – Struktur | 16 |
| Tab. 2.1: Messstellen zur Auswertung der Grundwasserverhältnisse nach Stand und Menge | 17 |
| Tab. 2.2: Trendberechnungen Grundwasserstand | 23 |
| Tab. 3.1: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes für 2000 | 28 |
| Tab. 3.2: Nitratbelastung an den Messstellen der Wasserversorgungsunternehmen für 2000 | 28 |
| Tab. 3.3: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes 1993 bis 1994 (aus LfUG 1995) | 29 |
| Tab. 3.4: Auswertung der PSM-Untersuchungen für alle dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie vorliegenden Messungen für den Zeitraum 1996 bis 2000 | 32 |
| Tab. 3.5: Auszug aus der PSM-Wirkstoffstatistik von 1996 bis 2000 für alle dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie vorliegenden Einzelstoffmessungen | 33 |
| Tab. 3.6: Vergleich von pH-Wert und ausgewählten Schwermetallen im oberflächennahen und tiefen Grundwasser an den Messstellen Gelobtland 1 und 2 | 44 |
| Tab. 3.7: Entwicklung der pH-Werte und der Sulfat- und Nitratgehalte für den Zeitraum 1992 – 1999 | 44 |
| Tab. 4.1: Jahreswerte (November - Oktober) 1981 bis 1997 der Grundwasserneubildung für die 8 verschiedenen Böden (Gruppenmittel) unter Reihung nach der Vegetation in mm | 46 |
| Tab. 4.2: Charakterisierung der Wasserhaushaltsjahre 1981 bis 1997 in Abhängigkeit von der Bodenart | 48 |

| | Seite |
|--|-------|
| Tab. 4.3: Mittel der Grundwasserneubildung für die Untersuchungsjahre 1981 bis 1997 und maximale bzw. minimale Grundwasserneubildung für die acht Lysimetergruppen | 48 |
| Tab. 5.1: Trinkwasserschutzgebiete im Freistaat Sachsen 1992 bis 1999 | 56 |
| Tab. 5.2: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Niesky | 58 |
| Tab. 5.3: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Görlitz | 59 |
| Tab. 5.4: Konzentrationen von Trichlorethen, Tetrachlorethen sowie Σ LHKW bei der Frühjahrsbeprobung 2001 des Sondermessnetzes Königsbrück | 61 |
| Tab. 6.1: Entnahmemengen der Wassergewinnungsanlagen nach Gewinnungsart (Auszug aus der Datenbank WAVE des LfUG, Stand 2000) | 73 |
| Tab. 6.2: Wichtige Fristen der Wasserrahmenrichtlinie | 74 |

13 Anlagenverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Anlage 1: Struktur des Grundwasserbeobachtungssystems in Sachsen | 92 |
| Anlage 2: Grundmessnetz Stand, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hauptflussgebiete | 93 |
| Anlage 3: Grundmessnetz Beschaffenheit, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hydrogeologischen Einheiten | 94 |
| Anlage 4: Karte der Grundwasserbewirtschaftungsfähigkeit | 95 |
| Anlage 5: Maßnahmeplan zur Rekonstruktion des Grundmessnetzes Grundwasserstand | 96 |
| Anlage 6: Sondermessnetz Landwirtschaft, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hydrogeologischen Einheiten | 97 |
| Anlage 7: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes, des Sondermessnetzes Landwirtschaft und der Wasserversorgungsunternehmen für das Jahr 2000 | 98 |
| Anlage 8: PSM-Belastung an den Messstellen des Grundmessnetzes und des Sondermessnetzes Landwirtschaft für das Jahr 2000 | 99 |
| Anlage 9: PSM-Wirkstoffstatistik für die Messstellen des Grundmessnetzes und des Sondermessnetzes Landwirtschaft für das Jahr 2000 | 100 |
| Anlage 10: Critical Loads für den eutrophierenden Stickstoff in Sachsen (aus LAF 2001) | 101 |

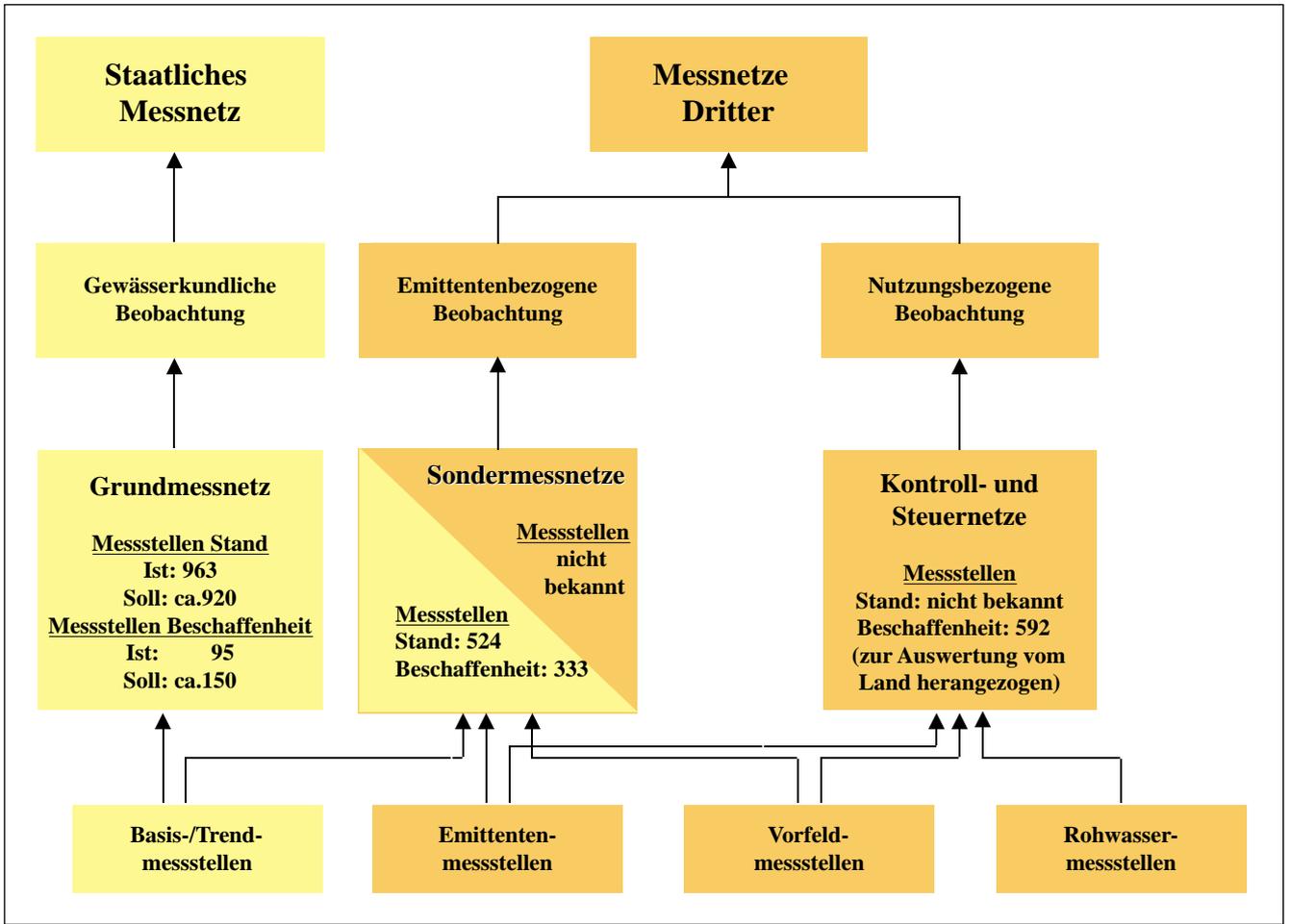
Seite

Anlage 11: Europäische Wasserrahmenrichtlinie -
Hydrogeologische Einheiten und Haupt-
flussgebiete102

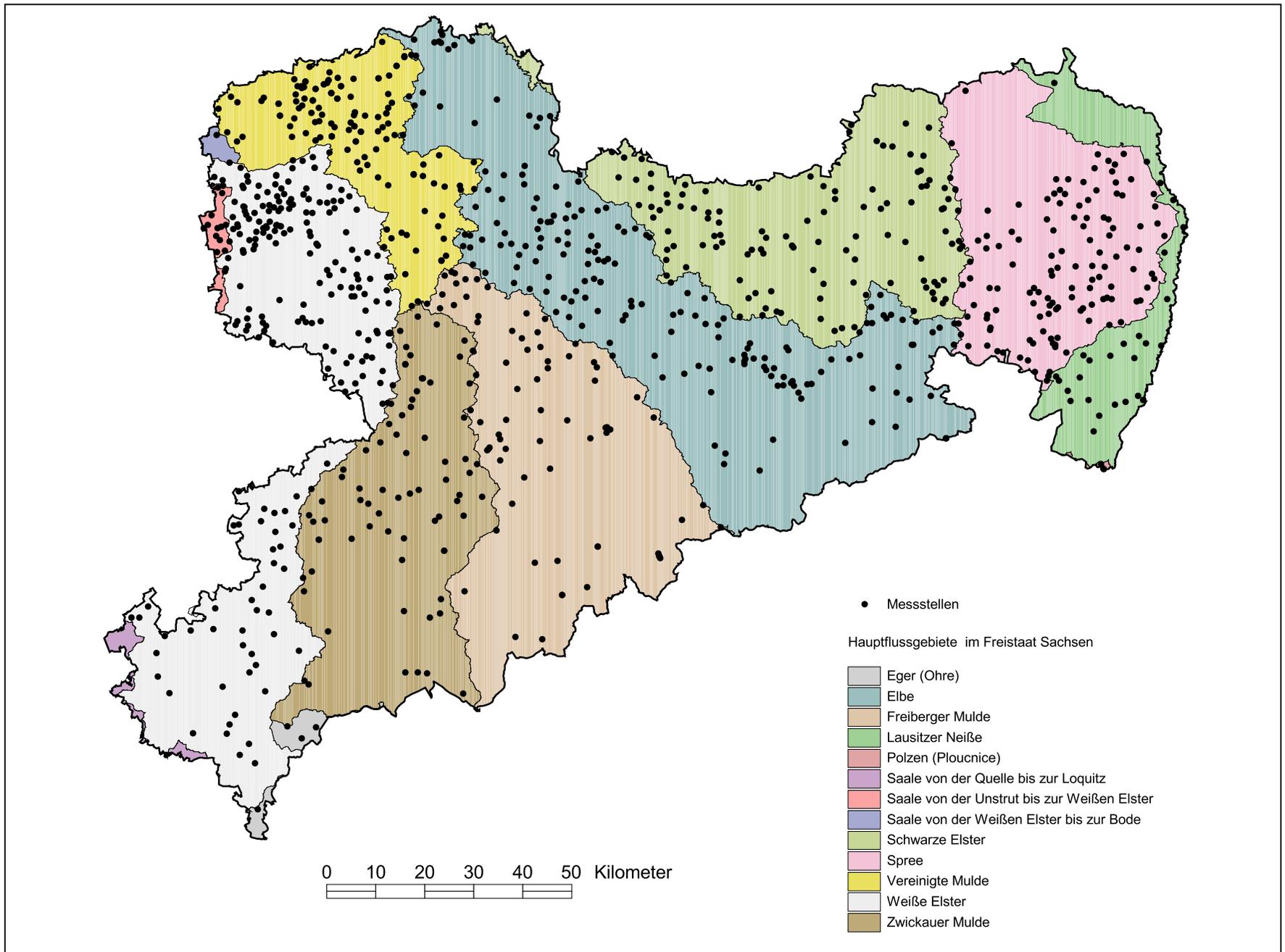
Anlage 12: Europäische Wasserrahmenrichtlinie –
flussgebietsbezogene Bearbeitungsgebiete
(Stand 30.08.2001)103

Anlage 13: Trendbetrachtungen an den Messstellen
des Grundmessnetzes Grundwasserstand104

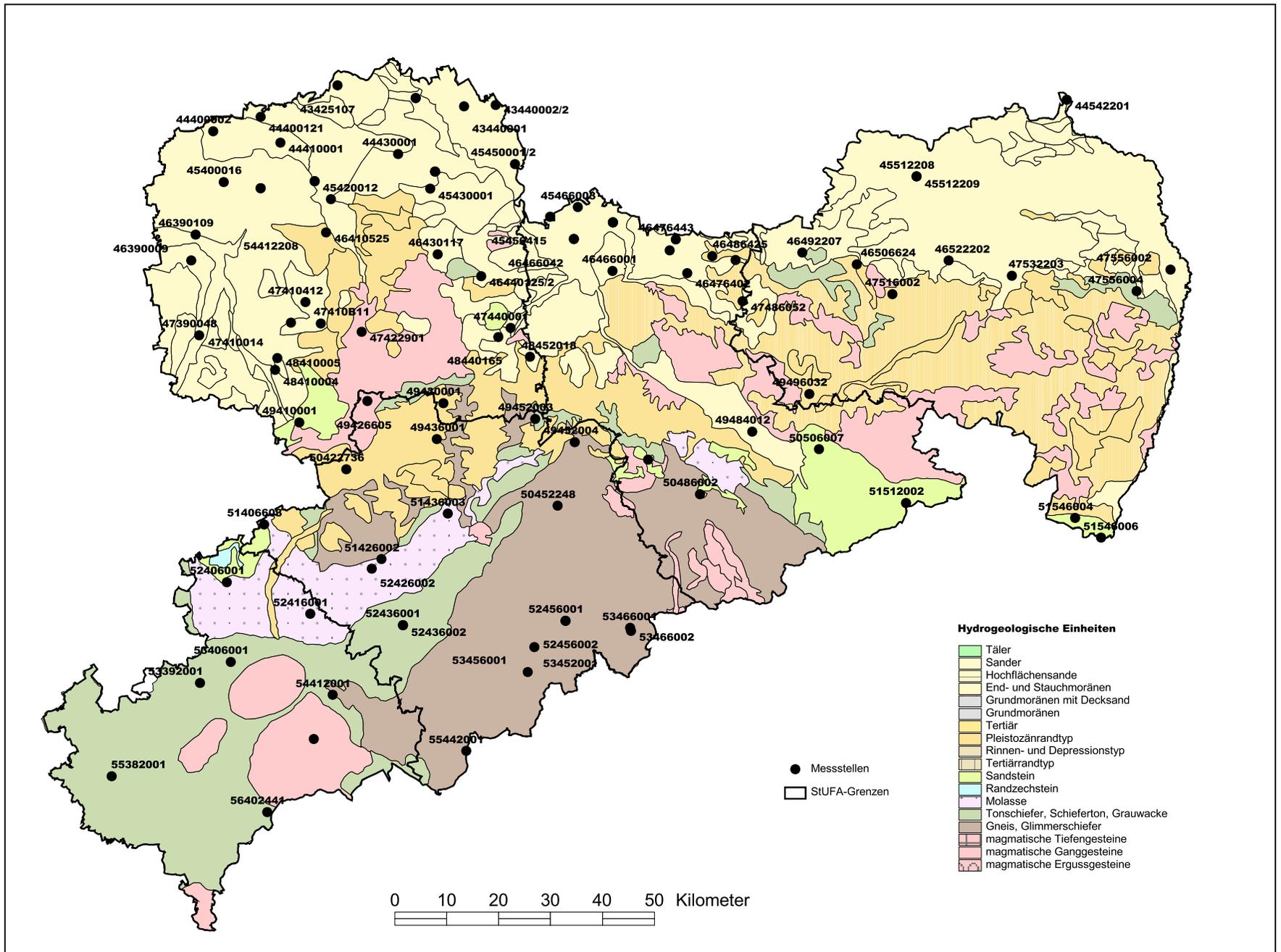
Anlagen



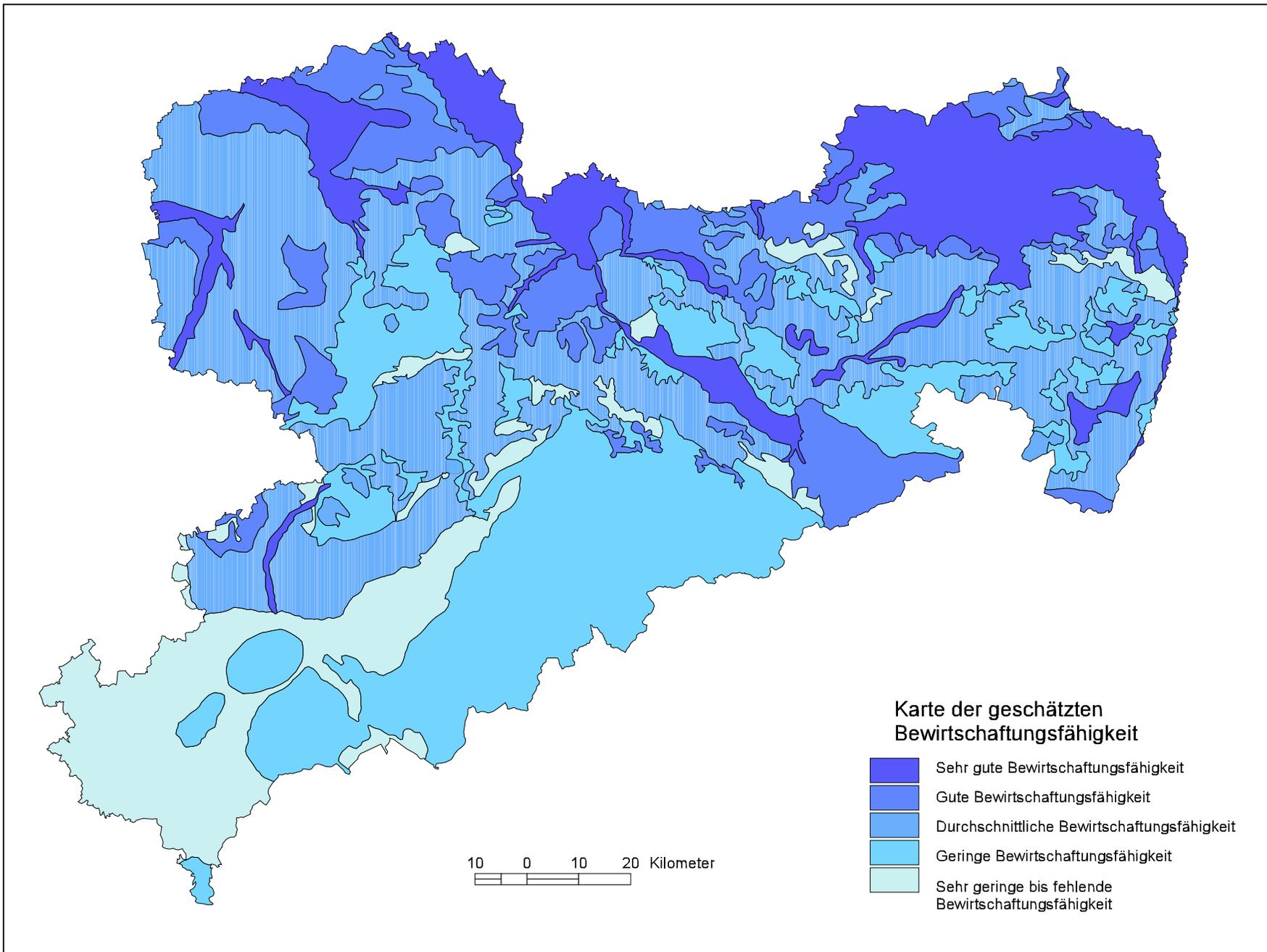
Anlage 1: Struktur des Grundwasserbeobachtungssystems in Sachsen



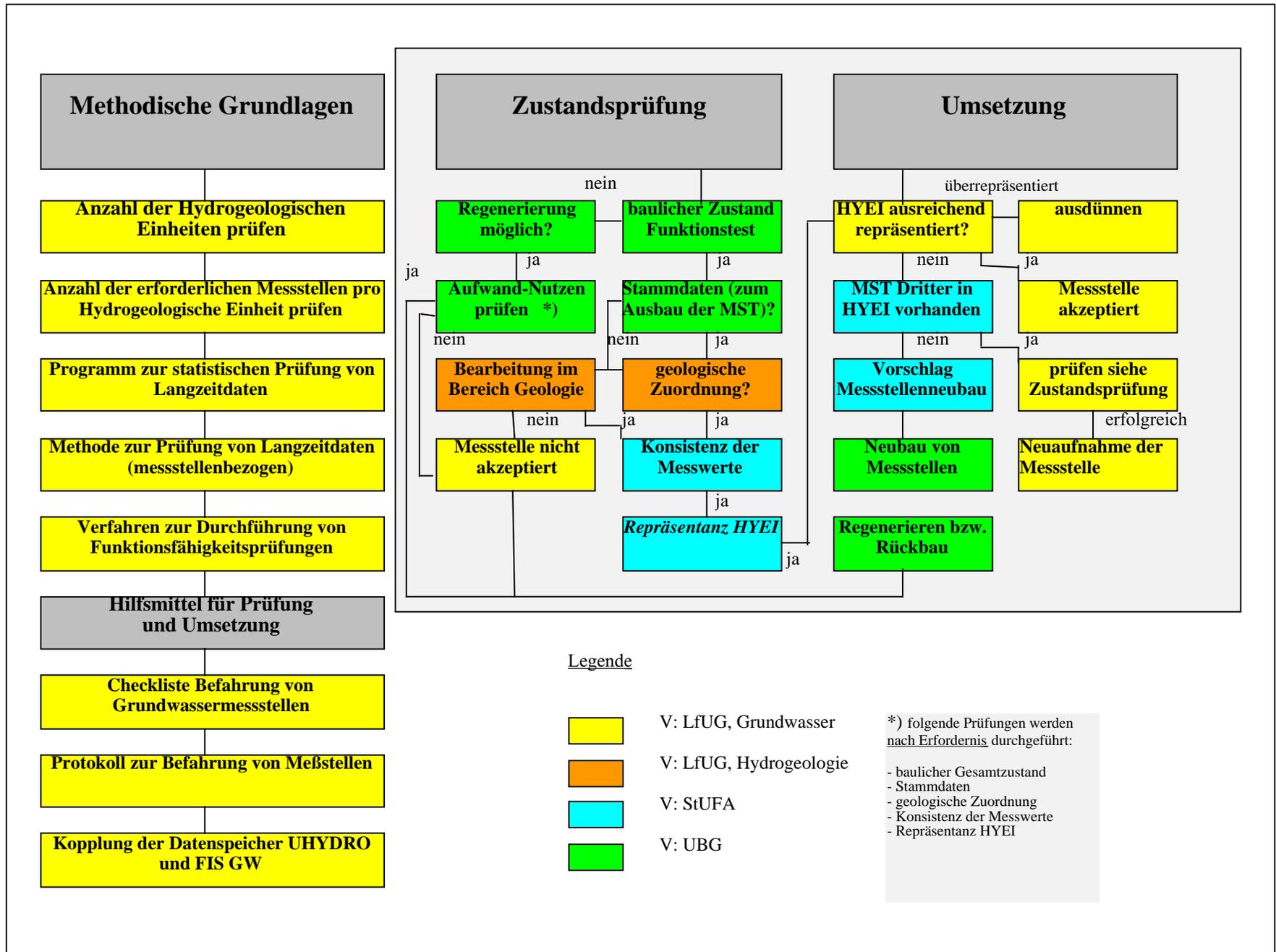
Anlage 2: Grundmessnetz Stand, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hauptflussgebiete



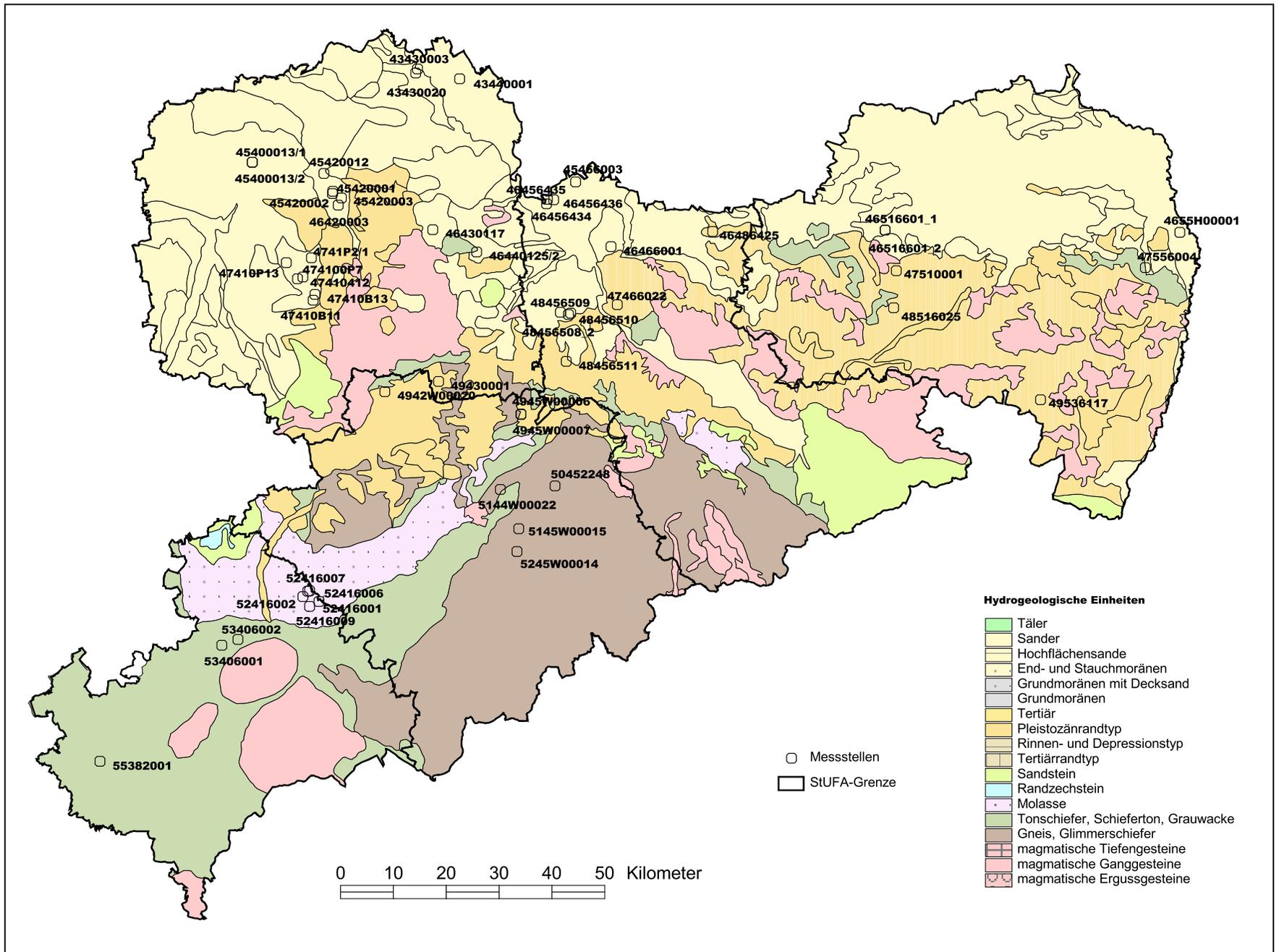
Anlage 3: Grundmessnetz Beschaffenheit, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hydrogeologischen Einheiten VÜK200, Stand 2001, © Landesvermessungsamt Sachsen 2002



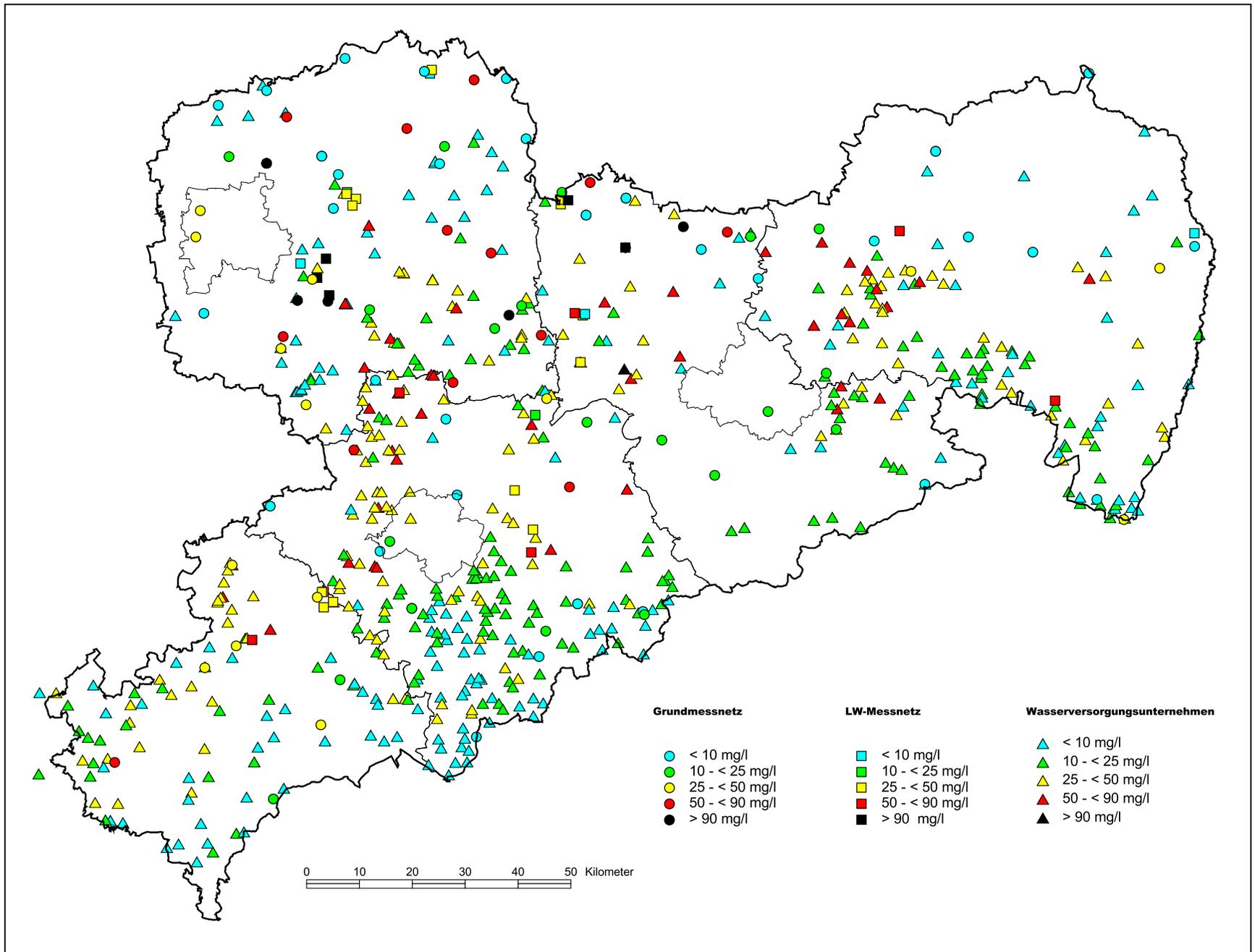
Anlage 4: Karte der Grundwasserbewirtschaftungsfähigkeit



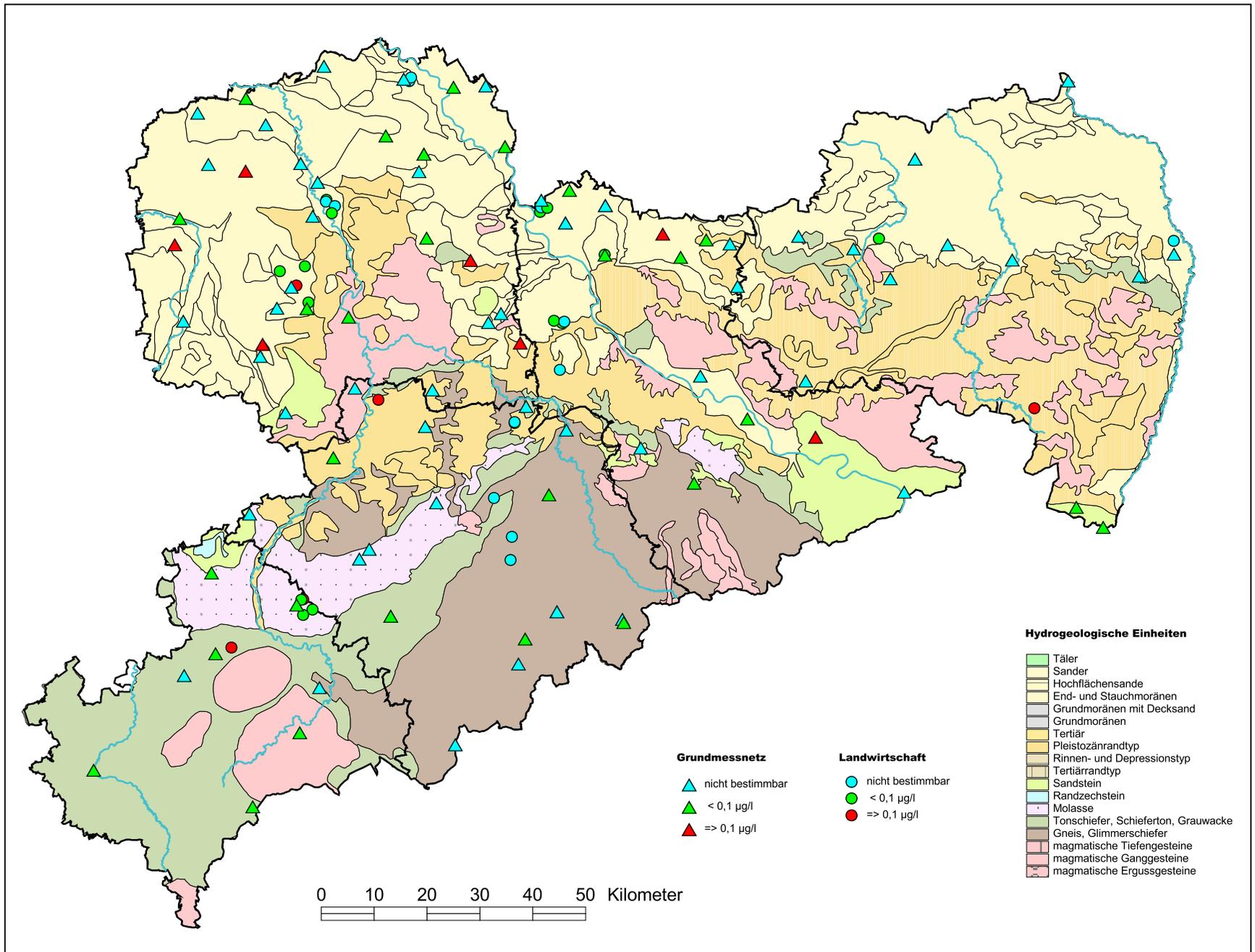
Anlage 5: Maßnahmeplan zur Rekonstruktion des Grundmessnetzes Grundwasserstand



Anlage 6: Sondermessnetz Landwirtschaft, Messstellen (Stand 2000) mit der Darstellung der Hydrogeologischen Einheiten VÜK200, Stand 2001, © Landesvermessungsamt Sachsen 2002



Anlage 7: Nitratbelastung an den Messstellen des Grundmessnetzes, des Sondermessnetzes Landwirtschaft und der Wasserversorgungsunternehmen für das Jahr 2000. VÜK200, Stand 2001, © Landesvermessungsamt Sachsen 2002



Anlage 8: PSM-Belastung an den Messstellen des Grundmessnetzes und des Sondermessnetzes Landwirtschaft für das Jahr 2000
 VÜK200, Stand 2001, © Landesvermessungsamt Sachsen 2002

Anlage 9: PSM-Wirkstoffstatistik für die Messstellen des Grundmessnetzes und des Sondermessnetzes Landwirtschaft für das Jahr 2000

| Wirkstoff/Metabolit | Anzahl der Messstellen | | | | |
|----------------------|------------------------|-----|----------------------|---------------------------|------------|
| | insgesamt untersucht | n.n | > n.n bis < 0,1 µg/l | > 0,1 µg/l bis < 1,0 µg/l | > 1,0 µg/l |
| HCB | 125 | | 125 | | |
| op'DDD | 125 | | 125 | | |
| op'DDE | 125 | | 125 | | |
| op'DDT | 125 | | 125 | | |
| pp'DDD | 125 | | 125 | | |
| pp'DDE | 125 | | 125 | | |
| pp'DDT | 125 | | 125 | | |
| a_HCH | 125 | | 125 | | |
| b_HCH | 125 | | 125 | | |
| Lindan | 125 | | 125 | | |
| d_HCH | 125 | | 125 | | |
| Dichlorprop | 125 | | 125 | | |
| Mecoprop | 125 | | 124 | 1 | |
| Bromacil | 125 | | 125 | | |
| Chlortoluron | 125 | | 125 | | |
| Diuron | 125 | | 125 | | |
| Fenuron | 125 | | 125 | | |
| Isoproturon | 125 | | 124 | 1 | |
| Linuron | 125 | | 125 | | |
| Methabenzthiazuron | 125 | | 125 | | |
| Metoxuron | 125 | | 125 | | |
| Atrazin | 125 | | 124 | 1 | |
| Desethylatrazin | 125 | | 123 | 2 | |
| Desethylterbutylazin | 125 | | 125 | | |
| Desisopropylatrazin | 125 | | 121 | 3 | 1 |
| Hexazinon | 125 | | 123 | 2 | |
| Metribuzin | 125 | | 125 | | |
| Prometryn | 125 | | 125 | | |
| Propazin | 125 | | 125 | 1 | |
| Sebutylazin | 125 | | 125 | | |
| Simazin | 125 | | 118 | 7 | |
| Terbutylazin | 125 | | 125 | | |
| Terbutryn | 125 | | 125 | | |
| Cyanazin | 125 | | 125 | | |
| Bentazon | 125 | | 124 | 1 | |
| Metazachlor | 125 | | 125 | | |
| Metolachlor | 125 | | 125 | | |

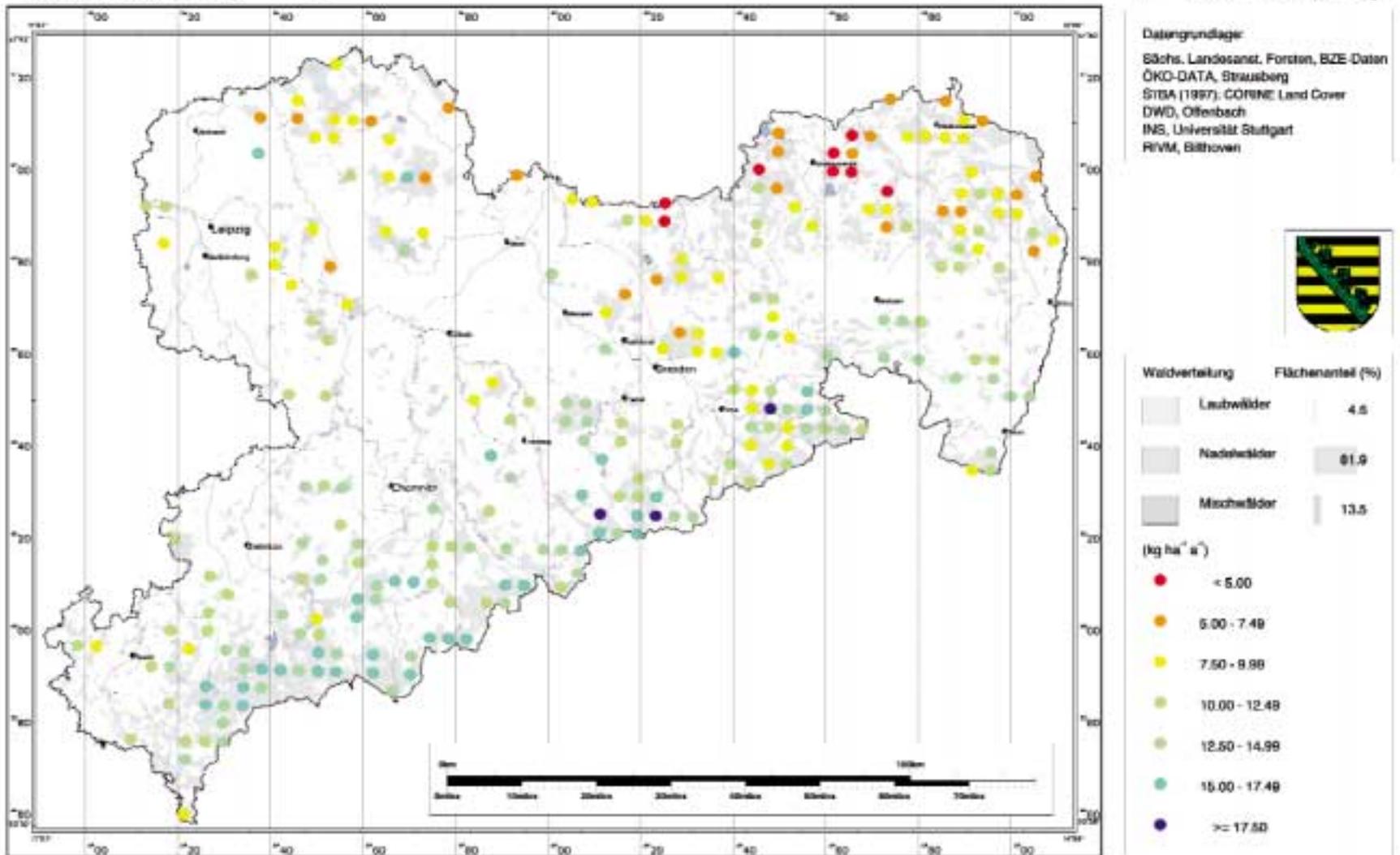
Critical Loads eutrophierenden Stickstoff

Projekt: Erfassung und Kartierung von Ökologischen Belastungsgrenzen
Sächsische Landesanstalt für Forsten, Gruppe

Karte 11
Erfassung und Kartierung
von ökologischen Belastungsgrenzen - Critical Loads
im Freistaat Sachsen



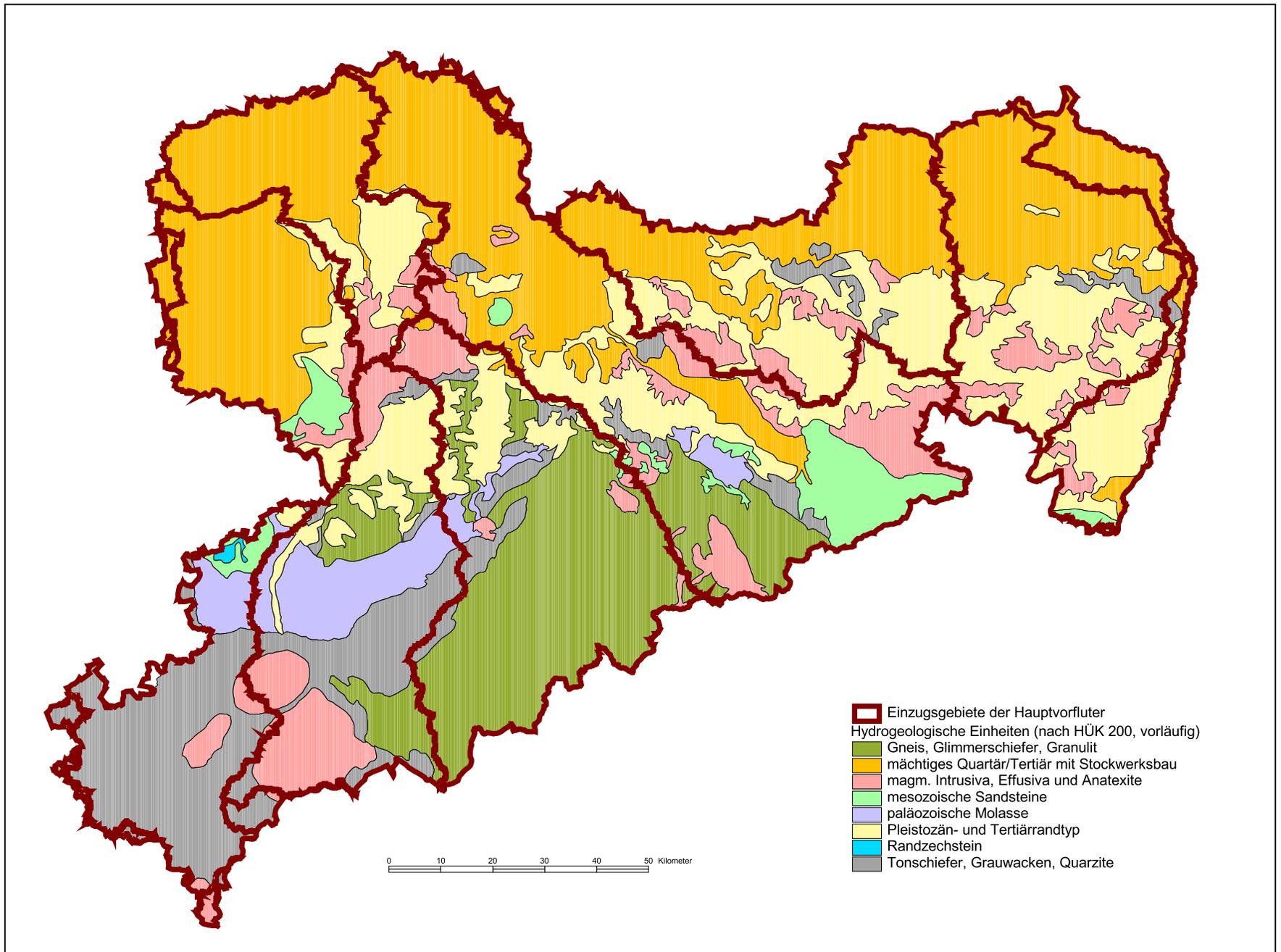
ÖKO-DATA, Gesellschaft für Ökoprofilanalyse und Umweltfolgenmanagement mbH
Am Amalien 10, 15211 Strausberg



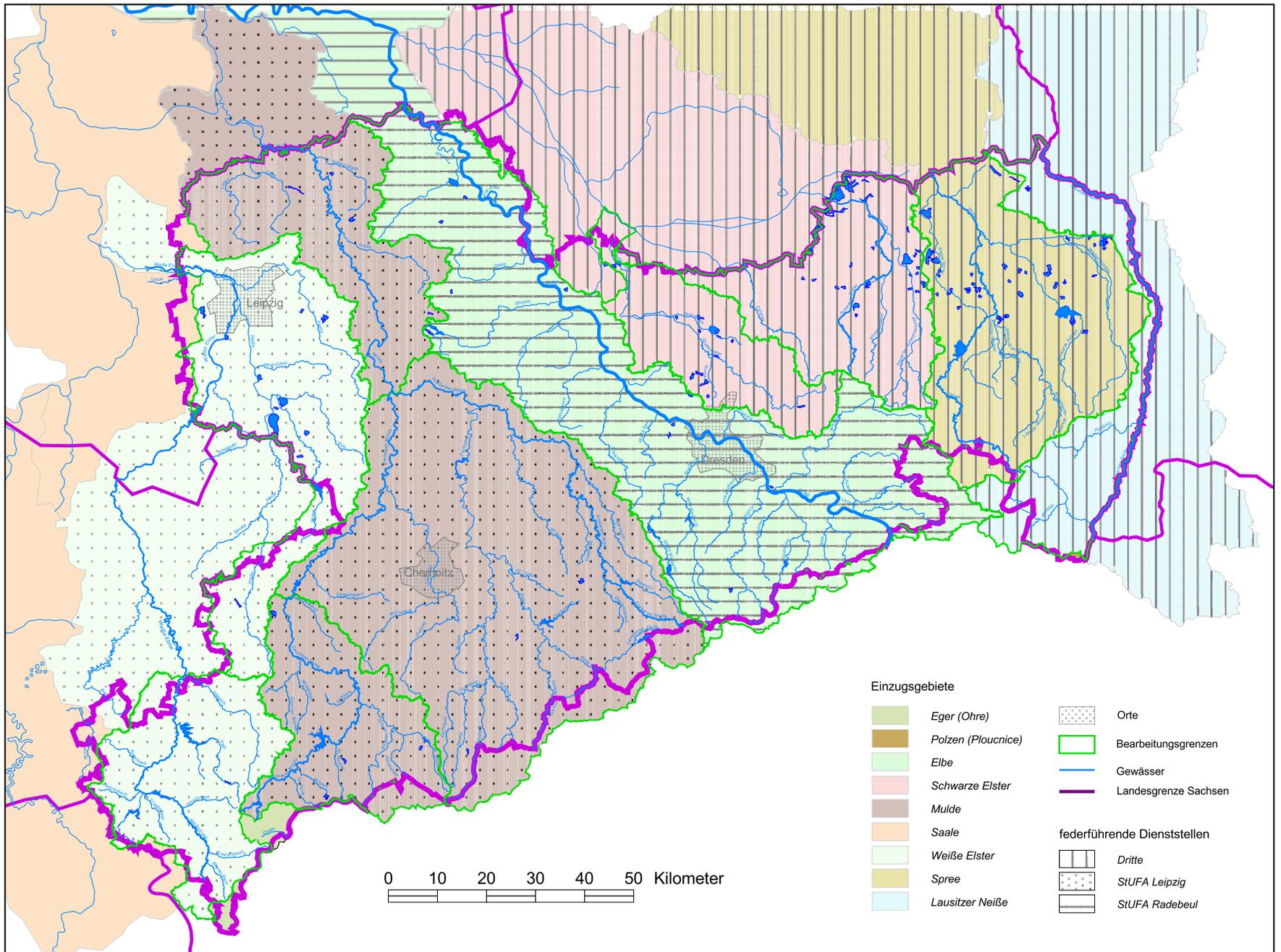
Inhaltliche Bearbeitung: Dr. H. Reuber

GIS-technische Bearbeitung: H. Eßer

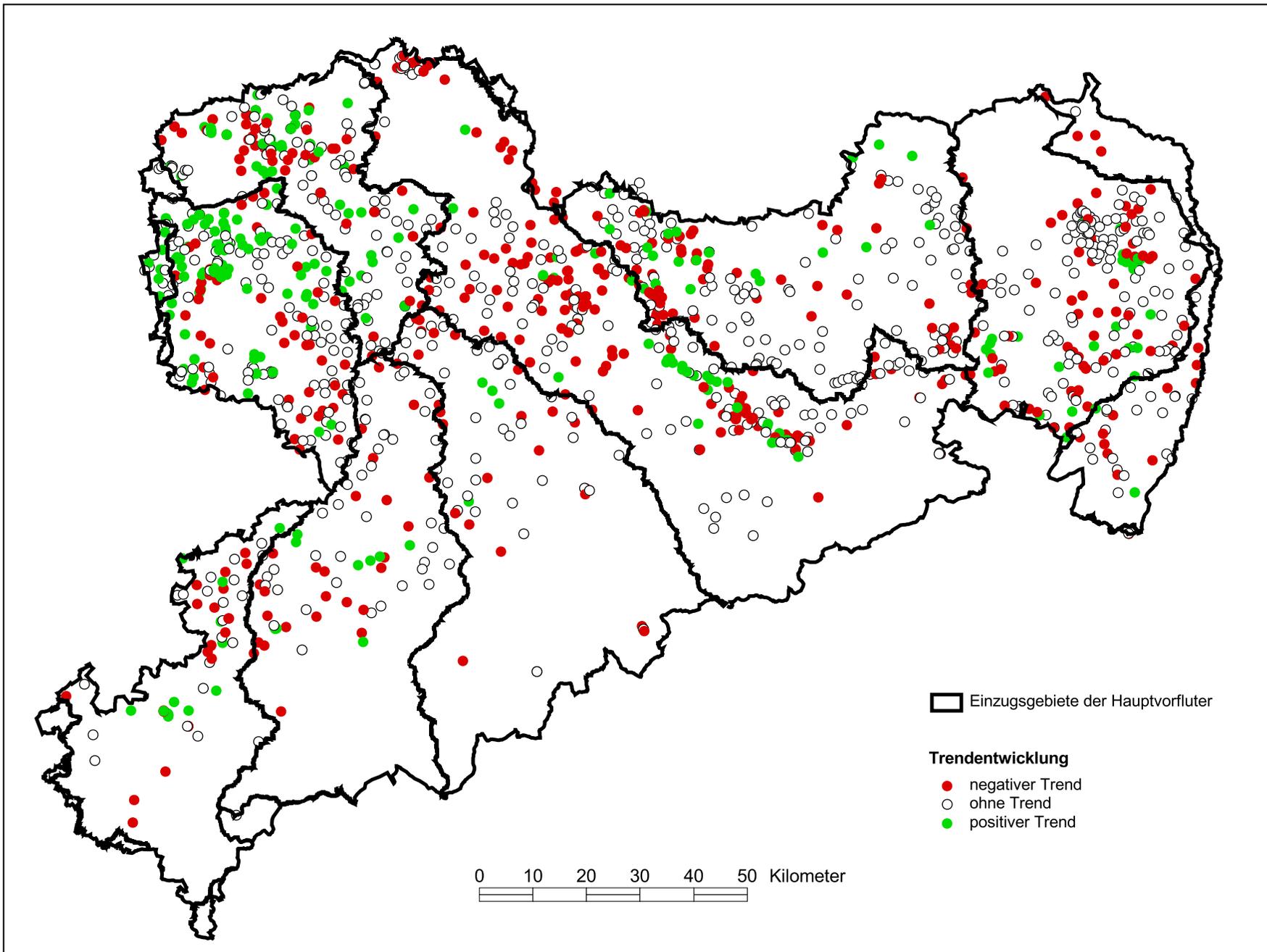
Anlage 10: Critical Loads für den eutrophierenden Stickstoff in Sachsen (aus LAF 2001)



Anlage 11: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Hydrogeologische Einheiten und Hauptflussgebiete



Anlage 12: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – flussgebietsbezogene Bearbeitungsgebiete (Stand 30.08.2001)
 VÜK200, Stand 2001, © Landesvermessungsamt Sachsen 2002



Anlage 13: Trendbetrachtungen an den Messstellen des Grundmessnetzes Grundwasserstand