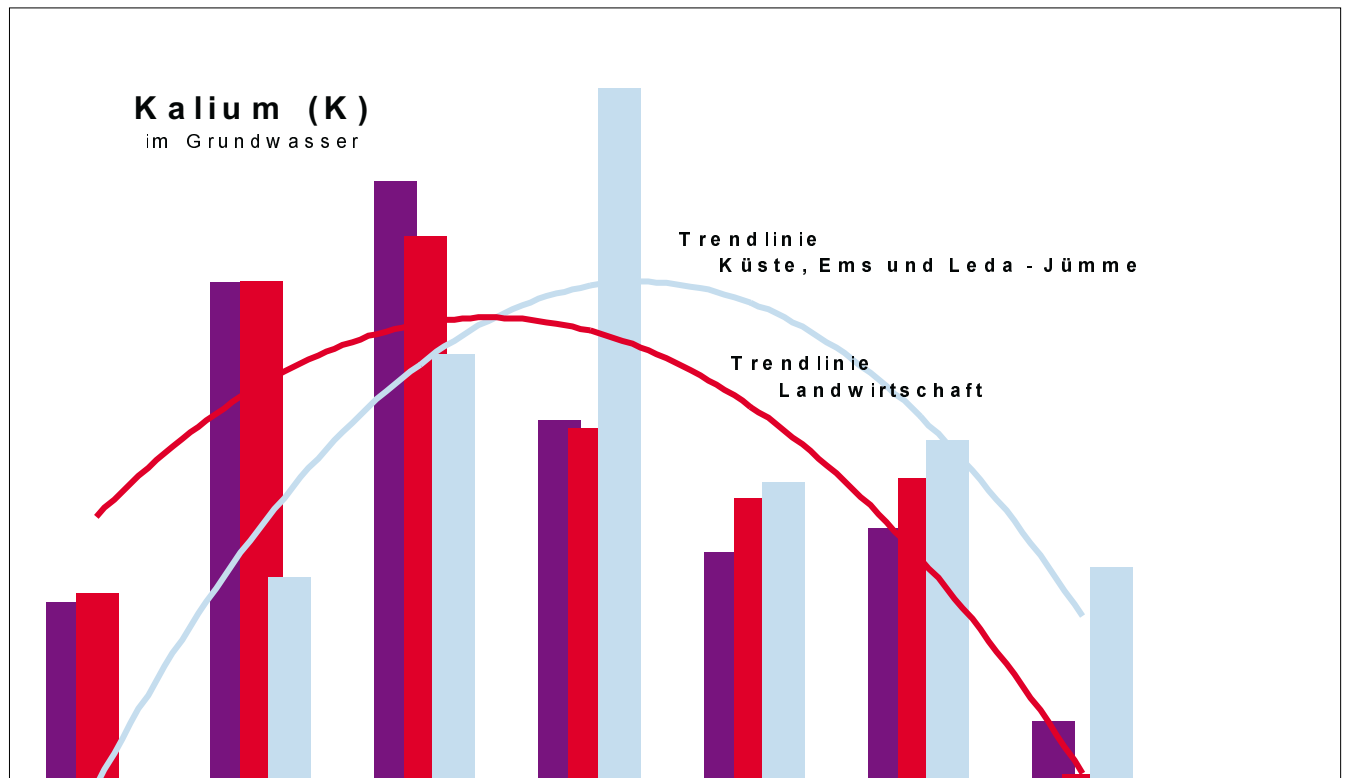


Gewässerkunde

Staatliches Amt
für Wasser und Abfall
Aurich



Grundwassergütebericht für Ostfriesland 1997

Nährstoffe
Versauerung
Versalzung

Staatliches Amt für Wasser und Abfall
Aurich

Grundwassergütebericht
1997
für Ostfriesland

Nährstoffe
-
Versauerung
-
Versalzung

Aurich, im Juni 1997

Aufgestellt:

(Thies)
Baudirektor

Bearbeitet:

(Roskam)
Dipl.-Ingenieur

Dipl.-Ing. Agrar E. Reinke (GIS Bearbeitung), Dipl.-Geologe D. de Vries (Geologie),
Dipl.-Ing. H. Tienken (Altablagerungen), Dipl.-Ing. A. Fokken (Datenerhebung WVU),
Dipl.-Ing. H. Paulsen (Datenerhebung WVU)

	Seite
1	Einleitung
2	Grundwassergütemeßstellen
2.1	Grundwassergütemeßstellen des Landes Niedersachsen
2.2	Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen
2.3	Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen
2.4	Ergänzungsmeßstellen in Wasserschutzgebieten
2.5	Sondermeßstellen
3	Meßnetz und Meßprogramme
3.1	Intervalle
3.2	Parameter
3.3	Vorliegende Zeitreihen / Untersuchungszeitraum
4	Geologie
4.1	Grundwasserregionen
4.2	Aufbau der Aquifersysteme
4.3	Typisierung und Einordnung der Meßstellen
5	Einflußfaktoren
5.1	Klima
5.2	Wald und Moor
5.3	Küste, Ems und Leda-Jümme
5.4	Salzstock
5.5	Landwirtschaft
5.6	Bodenabbau
5.7	Altablagerung
5.8	Siedlung
6	Dynamik der Grundwasserqualität
6.1	Nährstoffe
6.2	Versauerung
6.3	Versalzung
7	Nutzung der Grundwasservorkommen
7.1	Trinkwassergewinnung
7.2	Löschwasser
7.3	Beregnung
8	Zusammenfassung
9	Verzeichnis der Karten, Tabellen und Diagramme
10	Literaturverzeichnis
	Anlage
1	Geologischer Schnitt A - A'
2	Karte zur Chloridkonzentration 1995
3	Karte zur Nitratkonzentration 1995

1 Einleitung

Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel! In Niedersachsen wird die Trinkwasserversorgung zu 83 % aus dem Grundwasservorkommen sichergestellt. Es ist daher von größter Bedeutung das Grundwasser zu schützen.

Der Grundwassergütebericht 1997 soll insbesondere zwei Kriterien berücksichtigen, die für den praktischen Grundwasserschutz in der Vergangenheit an Bedeutung gewonnen haben.

Flächendeckender Grundwasserschutz. Um vorsorgenden Grundwasserschutz betreiben zu können, reicht es nicht aus nur in den Wasserschutzgebieten eine Qualitätsüberwachung durchzuführen und konstruktive Schutzmaßnahmen einzuleiten. Zum Beispiel muß die großflächige Versauerung des oberflächennahen Grundwassers oder die Versalzung durch Nordsee und Salzstöcke übergreifend betrachtet werden.

Meßnetzoptimierung. Bestehende Grundwassergüte-Meßnetze müssen nach ihrer Aussagekraft durchleuchtet werden, um einen möglichst effektiven Nutzen der vorhandenen Meßstellen zu erreichen. Der Planung von Meßnetzen und dem Neubau von Meßstellen muß eine sinnvolle Integration der bestehenden Meßstellen und Analysen vorausgehen.

Die beiden genannten Kriterien sind gegenläufig - umfangreicherer Grundwasserschutz mit immer weniger zur Verfügung stehenden Finanzmitteln. Der vorliegende Grundwassergütebericht soll dazu beitragen im praktischen Grundwasserschutz effektiv arbeiten zu können. Dies soll auf zwei Wegen erreicht werden. Zum einen werden erstmals aus der großen Zahl der insgesamt in Ostfriesland vorhanden Grundwassergütemeßstellen eine umfangreiche Auswahl von Meßstellen zusammengefaßt und bewertet, so daß ein praktikabler Überblick geschaffen wird. Zum anderen wird durch die Neubewertung von vorhandenen Meßnetzen anhand einer einflußorientierten Betrachtung der Meßstellen ein neues Bild der Gesamtsituation mit größerer Aussagekraft erreicht und die Nutzung Gütedaten optimiert.

Die Einordnung der betrachteten Grundwassergütemeßstellen erfolgt nach verschiedenen Kriterien (Tabelle 1). Neben den Einflußfaktoren auf das Grundwasser wird auch die Geologie des Standortes und die Typisierung des Grundwassers für die Einordnung der Meßstelle und die Bewertung der Gütedaten berücksichtigt.

Abschließend werden die vorgefundenen Grundwasserqualitäten unter Berücksichtigung der Dynamik und der Nutzung der Grundwasservorkommen betrachtet. Verschiedene Nutzer haben unterschiedliche Anforderungen an Qualität und Quantität des dargebotenen Grundwassers. Den Nutzern der Grundwasservorkommen soll dieser Bericht eine Unterstützung sein für Anlagenbetrieb und -planung.

Zur Erläuterung sind die Klassifizierungsmerkmale im folgenden Schaubild dargestellt:

REGION	GEEST	MARSCH	INSELN
LAGE	STOCKWERK - TYPISIERUNG		
EINFLUSS-FAKTOR	WALD - MOOR - LANDWIRTSCHAFT - BODENABBAU - ALTABLAGERUNGEN - ATLASTEN - ALTSTANDORTE - SIEDLUNG	KÜSTE - EMS - LEDA - JÜMME - SALZSTÖCKE - LANDWIRTSCHAFT - ALTABLAGERUNGEN - ATLASTEN - ALTSTANDORTE	KÜSTE - LANDWIRTSCHAFT - ALTABLAGERUNGEN - ATLASTEN - ALTSTANDORTE - SIEDLUNG
DYNAMIK	VERSAUERUNG NÄHRSTOFFE	VERSALZUNG NÄHRSTOFFE	VERSALZUNG
NUTZUNG	TRINKWASSERGEWINNUNG - LÖSCHWASSER - BEREGNUNG		

(Tabelle 1) Klassifizierungsmerkmale für Grundwassergütemeßstellen

Die Einordnung von Meßstellen ist nicht statisch und muß bei neueren Erkenntnissen wie z.B. durch aktuelle Analyseergebnisse oder Änderung der Flächennutzung im Einzugsgebiet angepaßt werden.

Die Grundwassergütesituation auf den Inseln ist auf jeder einzelnen Insel sehr individuell und zudem abweichend von den Verhältnissen auf dem Festland. Die Datengrundlage für Güteparameter auf den Inseln ist sehr eingeschränkt, für den vorliegenden Bericht finden keine Meßstellen auf den Inseln Verwendung. Im Rahmen der geologischen Beschreibung und der Trinkwassergewinnung wird allgemein auf die Situation der Inseln eingegangen.

Zusammenfassend gelten folgende Zielvorgaben für die zukünftige regionale Betrachtung der Grundwassergüte in Ostfriesland:

- effektivere Nutzung / bessere Übersicht vorhandener Analysen
- Bewertung der Analyseergebnisse von vergleichbaren Meßstellen
- bei Neubau von Meßstellen bessere Integration vorhandener Daten
- gezielte Untersuchung von ausgewählten Meßstellen bei vorgegebener Fragestellung
 - z.B. Erfolgsparameter im landwirtschaftlichen Grundwasserschutz
 - Kriterien zur Aufforstung / Waldnutzung in WSG
 - Genehmigung von Bodenabbauvorhaben
 - u.a.
- Vorbereitung auf zukünftige Fragestellungen oder „neue“ Einflußfaktoren, die heute z.T. noch nicht abzusehen sind
 - z.B. Belastung mit Hormonen (aus Tierhaltung und/oder Medizin)
 - Belastung mit Arzneimitteln (aus Tierhaltung und/oder Medizin)
 - Belastung mit endokrinen Stoffen (wirken auf den Hormonhaushalt)
 - Tiefenverlagerung von Metallionen (z.B. Aluminium)
 - Verwertung von gering kontaminierten Böden, Schlämmen oder Baggergut
 - Altersbestimmungen des Grundwassers
 - u.a.

Durch die Vielfältigkeit der Einflußfaktoren und zunehmend differenzierte Einwirkungen, aber z.B. auch durch neue umwelttechnische oder medizinische Erkenntnisse bleibt die Daseinsvorsorge zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung eine wichtige Aufgabe der staatlichen Wasserwirtschaft.

2 Grundwassergütemeßstellen

Die in Ostfriesland vorhandenen Grundwassergütemeßstellen werden im folgenden entsprechend den Eigentümern bzw. Betreibern und Errichtungszwecken unterteilt und kurz beschrieben. Berücksichtigt wurden Meßstellen von denen sowohl Ausbaudaten als auch Analysen vorliegen.

2.1 Grundwassergütemeßstellen des Landes Niedersachsen (GW-GÜN)

Zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit werden vom Land Niedersachsen Grundwassergütemeßstellen betrieben. Diese Meßstellen befinden sich in der Regel außerhalb der Wasserschutzgebiete, in denen eine Güteüberwachung durch das jeweilige Wasserversorgungsunternehmen sichergestellt ist. In Ostfriesland werden vom StAWA Aurich an 19 Standorten 55 Grundwassergütemeßstellen betreut. Entsprechend den vorgefundenen Grundwasserstockwerken sind die Standorte mit 2 bis 4 einzelnen Meßstellen ausgerüstet, so daß eine differenzierte Beprobung der Stockwerke möglich ist.

Auf den ostfriesischen Inseln im Dienstbezirk befinden sich keine GW-GÜN-Meßstellen

Die GW-GÜN-Meßstellen sind zwischen 1978 und 1993 errichtet worden. Es werden regelmäßig Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie Funktionsprüfungen durchgeführt. Die Filterstrecke beträgt bei den Meßstellen vor Baujahr 1992 (4 Standorte) 2 Meter, bei den Meßstellen ab Baujahr 1992 (15 Standorte) in der Regel 20 bis 25 Meter.

In der folgenden Tabelle 2.1 sind die GW-GÜN-Meßstellen in Ostfriesland aufgelistet :

lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m) *	Filter-länge (m)	Eigentümer
1	Ardorf I	3412871	5931817	9	6	Land Niedersachsen
2	Ardorf II	3412872	5931815	60	18	Land Niedersachsen
3	Ardorf III	3412871	5931818	105	20	Land Niedersachsen
4	Bentstreek I	3423515	5915619	11	7	Land Niedersachsen
5	Bentstreek II	3423517	5915620	55	25	Land Niedersachsen
6	Bentstreek III	3423519	5915621	102	25	Land Niedersachsen
7	Bentstreek IV	3423521	5915623	128	25	Land Niedersachsen
8	Ditzumerverlaat I	2584160	5903600	14	2	Land Niedersachsen
9	Ditzumerverlaat II	2584160	5903600	87	2	Land Niedersachsen
10	Greetsiel I	2573240	5929900	20	2	Land Niedersachsen
11	Greetsiel II	2573240	5929900	50	2	Land Niedersachsen
12	Greetsiel III	2573240	5929900	128	2	Land Niedersachsen
13	Greetsiel IV	2573240	5929900	154	2	Land Niedersachsen
14	Hopels I	3421203	5922034	42	24	Land Niedersachsen
15	Hopels II	3421200	5922033	84	25	Land Niedersachsen
16	Kleinsande I	2583312	5922321	20	5	Land Niedersachsen
17	Kleinsande II	2583314	5922320	55	20	Land Niedersachsen
18	Kleinsande III	2583310	5922321	110	15	Land Niedersachsen
19	Ludwigsdorf I	2597628	5922392	39	20	Land Niedersachsen
20	Ludwigsdorf II	2597630	5922392	100	25	Land Niedersachsen
21	Ludwigsdorf III	2597632	5922392	132	16	Land Niedersachsen

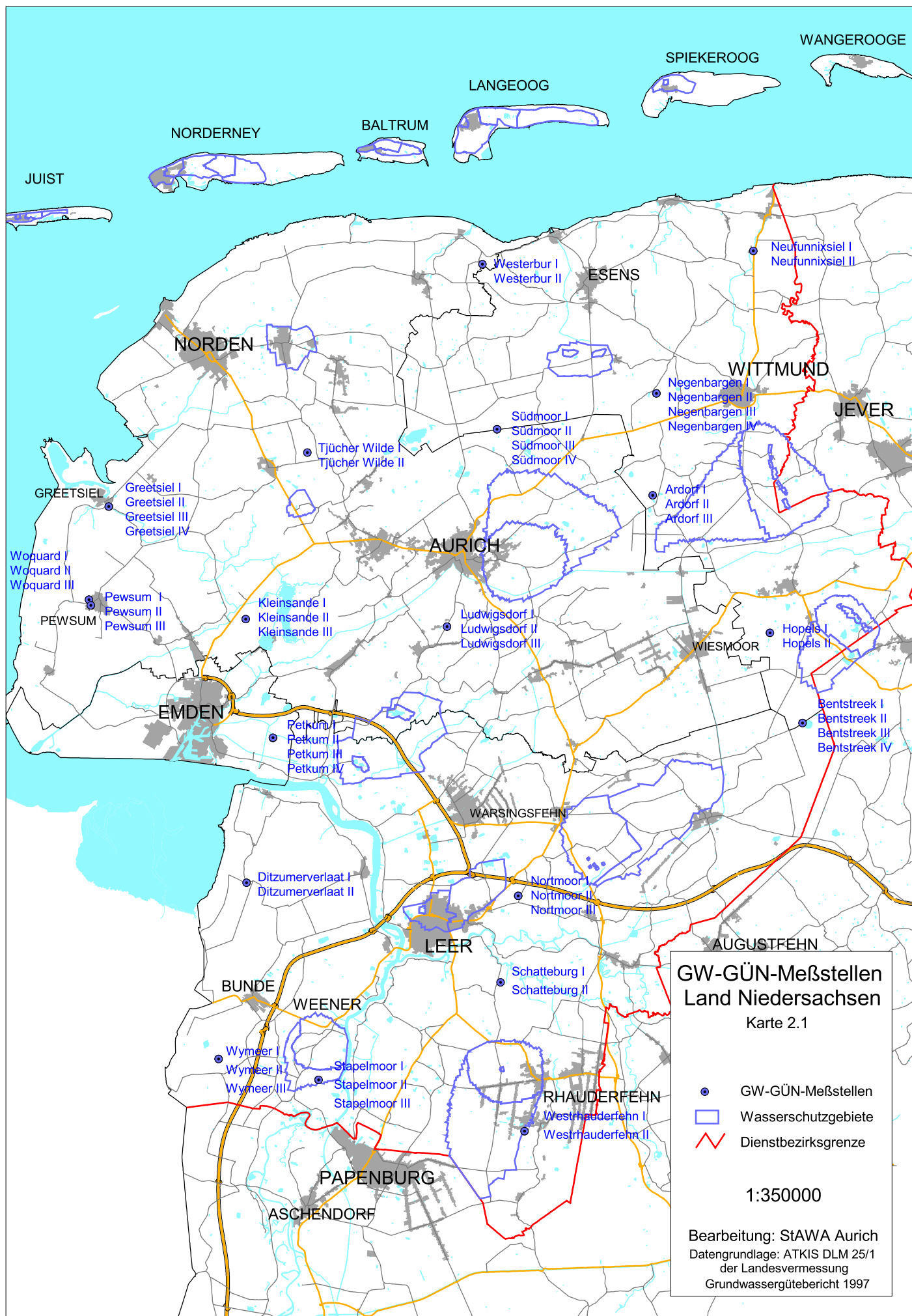
* UK Filter uGOK → Unterkante des Filters unter der Geländeoberfläche

lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filterlänge (m)	Eigentümer
22	Negenbargen I	3413122	5939056	9	3	Land Niedersachsen
23	Negenbargen II	3413131	5939063	33	12	Land Niedersachsen
24	Negenbargen III	3413129	5939062	91	20	Land Niedersachsen
25	Negenbargen IV	3413126	5939059	128	27	Land Niedersachsen
26	Neufunnixsiel I	3420020	5949180	26	2	Land Niedersachsen
27	Neufunnixsiel II	3420020	5949190	62	2	Land Niedersachsen
28	Nortmoor I	3403300	5903335	13	5	Land Niedersachsen
29	Nortmoor II	3403301	5903334	27	10	Land Niedersachsen
30	Nortmoor III	3403299	5903337	70	25	Land Niedersachsen
31	Petkum I	2585595	5913959	10	2	Land Niedersachsen
32	Petkum II	2585596	5913964	42	29	Land Niedersachsen
33	Petkum III	2585598	5913975	89	6	Land Niedersachsen
34	Petkum IV	2585597	5913970	121	20	Land Niedersachsen
35	Pewsum I	2572270	5922830	18	2	Land Niedersachsen
36	Pewsum II	2572270	5922830	48	2	Land Niedersachsen
37	Pewsum III	2572270	5922830	99	2	Land Niedersachsen
38	Schatteburg I	3402043	5897183	32	24	Land Niedersachsen
39	Schatteburg II	3402045	5897183	57	25	Land Niedersachsen
40	Stapelmoor I	2589852	5889799	7	2	Land Niedersachsen
41	Stapelmoor II	2589862	5889799	43	30	Land Niedersachsen
42	Stapelmoor III	2589857	5889799	71	18	Land Niedersachsen
43	Südmoor I	3401798	5936503	20	8	Land Niedersachsen
44	Südmoor II	3401798	5936505	61	25	Land Niedersachsen
45	Südmoor III	3401798	5936507	138	25	Land Niedersachsen
46	Südmoor IV	3401797	5936509	180	20	Land Niedersachsen
47	Tjücher Wilde I	2587196	5934337	26	6	Land Niedersachsen
48	Tjücher Wilde II	2587194	5934337	70	25	Land Niedersachsen
49	Westerbur I	2599070	5948240	32	2	Land Niedersachsen
50	Westerbur II	2599070	5948242	110	2	Land Niedersachsen
51	Westrhauderfehn I	3403753	5886591	38	23	Land Niedersachsen
52	Westrhauderfehn II	3403754	5886593	75	25	Land Niedersachsen
53	Wymeer I	2582693	5890991	23	16	Land Niedersachsen
54	Wymeer II	2582693	5890993	47	20	Land Niedersachsen
55	Wymeer III	2582692	5890995	67	15	Land Niedersachsen
56	Woquard I	2572124	5923213	20	6	Land Niedersachsen
57	Woquard II	2572124	5923227	54	10	Land Niedersachsen
58	Woquard III	2572123	5923239	100	15	Land Niedersachsen

(Tabelle 2.1) GW-GÜN Meßstellen des Landes Niedersachsen

lfd. NR 56-58 sind Ersatzbauten für Pewsum I bis III ab 01/97

Auf der folgenden Karte 2.1 sind die Standorte der o.g. GW-GÜN Meßstellen des Landes Niedersachsen dargestellt.



2.2 Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen

Die Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) dienen der Gewinnung von Rohwasser, das nach einer Aufbereitung als Trinkwasser in das Netz gespeist wird. Das Rohwasser bzw. das Rohmischwasser (aus mehreren Förderbrunnen) wird regelmäßig von den Wasserwerksbetreibern analysiert. Grundlage hierfür ist § 147 Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) „Verpflichtung zur Eigenüberwachung“. Zu Inhalt und Ausführung der Eigenüberwachung gibt das DVGW Regelwerk W 254 die Handlungsweise vor.

Damit ein Förderbrunnen gleichsam als Grundwassergütemeßstelle Verwendung finden kann, sollen nur Rohwasseranalysen einzelner Brunnen Berücksichtigung finden. Diese Einzelanalyse findet nach § 147 NWG nur bei der Erstuntersuchung statt. Weitere Einzeluntersuchungen sind freiwillige Analyseleistungen des jeweiligen Wasserversorgungsunternehmers oder geschehen auf besondere Anordnung (bei Gefährdungspotential).

Ausbaudaten der Brunnen sind in der Regel vorhanden. Da die Förderbrunnen der einzelnen Wasserwerke auf einen relativ kleinen Raum begrenzt sind und nicht immer Einzelanalysen vorliegen, werden für den Grundwassergütebericht nur eine begrenzte Auswahl von Förderbrunnen berücksichtigt. Die Auswahl soll ausreichen, um das Gesamtbild der Grundwasserqualität in Ostfriesland sinnvoll zu ergänzen. Die große Entnahmemenge aus dem jeweiligen Grundwasserstockwerk verursacht einen im Vergleich zu den anderen Gütemeßstellen starken Grundwasserzustrom, die Gütedaten repräsentieren einen größeren Einzugsbereich und geben einen guten Aufschluß über die Gütesituation des Grundwasservorkommens.

Die Förderbrunnen der WVU auf dem Festland sind in einer Tiefe von 16 bis 140 Metern ausgebaut. Die Wasserwerke auf den Inseln besitzen Brunnen zur Trinkwassergewinnung in einer Tiefe von 5 bis 48 Metern.

In der folgenden Tabelle 2.2 sind die Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen aufgeführt, die für den Bericht als Grundwassergütemeßstellen Verwendung finden:

lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filterlänge (m)	Eigentümer
59	(Au) FB 1	3402565	5926010	138	50	OOWV Brake
60	(Au) FB 6	3404700	5927480	118	50	OOWV Brake
61	(Te) X 64	2591720	5912460	18	6	SW Emden GmbH
62	(Te) F 62	2592230	5912040	85	15	SW Emden GmbH
63	(SL) VB 1	2596736	5902276	58	30	SW Leer GmbH
64	(SL) VB 2	2596596	5902093	71	30	SW Leer GmbH
65	(SB) FB 1	3401720	5896780	20,5	8	WVB Schatteburg
66	(Co) FB 1	3402220	5891075	71	12	WVV Overledingen
67	(Co) FB 6	3402410	5891070	107	20	WVV Overledingen
68	(Ma) FB 1	2586470	5930210	58	16	OOWV Brake
69	(Ma) FB 4	2586200	5930270	64	23	OOWV Brake.
70	(He) FB 6	3408308	5905984	62	40	WVV Moormerland-Upl. Hesel
71	(Hg) FB 1	2584940	5942370	62	n.b.	SW Norden GmbH
72	(We) FB 3	2589625	5892545	44,4	28,4	WVV Rheiderland

(Tabelle 2.2) Auswahl der Förderbrunnen von WVU genutzt als Grundwassergütemeßstellen

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich in der Tabelle 2.2 nur um eine Auswahl handelt; die jeweiligen Wasserversorgungsunternehmen betreiben noch weit mehr Förderbrunnen.

2.3 Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen

Ebenso wie beim Rohwasser (Förderbrunnen) gilt § 147 NWG auch für die Überwachung der Grundwasserqualität durch das jeweilige Wasserversorgungsunternehmen im Vorfeld der Grundwasserentnahmestelle zur Trinkwassergewinnung. Auf Grundlage der 12. Ausführungsbestimmung zum NWG (Runderlaß des Umweltministeriums vom 25.01.1989 - 203-311602) kann durch die zuständige Wasserbehörde eine Zahl von Meßstellen festgelegt werden, die sich sowohl im Entnahmestockwerk als auch im oberflächennahen Bereich befinden und regelmäßig analysiert werden müssen.

Die Vorfeldmeßstellen sind eine qualitativ hochwertige Ergänzung für die Betrachtung der Grundwassergüte in Ostfriesland, da regelmäßigen Untersuchungen für längere Zeitreihen vorliegen und eine relativ umfangreiche Parameterliste untersucht wird.

lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filter-länge (m)	Eigentümer
73	(Au) 104 a	3401680	5925420	30	4	OOWV Brake
74	(Au) 54	3407200	5929700	21	2	OOWV Brake
75	(Au) 59	3403798	5925650	30	2	OOWV Brake
76	(Au) 69	3404205	5927730	101,5	2	OOWV Brake
77	(Au) 94	3405090	5929250	10	2	OOWV Brake
78	(Au) 95	3407720	5928730	10	2	OOWV Brake
79	(Ha) 209	3406930	5940075	14	2	OOWV Brake
80	(Ha) 210	3408312	5940559	62	2	OOWV Brake
81	(Ha) 211	3408313	5940560	27	2	OOWV Brake
82	(Ha) 212	3409295	5939733	38	2	OOWV Brake
83	(Ha) 213	3407642	5941274	9	2	OOWV Brake
84	(Ha) 214	3409285	5941877	10	2	OOWV Brake
85	(Sa) 167	3415534	5928585	6	1	OOWV Brake
86	(Sa) 169	3417536	5930060	6	1	OOWV Brake
87	(Sa) 172	3418800	5931295	7	1	OOWV Brake
88	(Sa) 173	3417600	5932800	6	1	OOWV Brake
89	(Sa) 177	3419010	5934780	6	1	OOWV Brake
90	(Sa) 181	3421716	5933641	6	1	OOWV Brake
91	(Sa) 186	3424185	5933442	6	1	OOWV Brake
92	(Sa) 188	3421002	5932469	6	1	OOWV Brake
93	(Sa) 192	3421906	5931898	46	2	OOWV Brake
94	(Si) 11	2593510	5916060	8,5	2	SW Emden GmbH
95	(Si) 7	2595070	5917910	9,5	2	SW Emden GmbH
96	(Si) 7 tief	2595070	5917910	82,5	2	SW Emden GmbH
97	(Si) 8	2593130	5917430	8,5	2	SW Emden GmbH
98	(Si) 8 tief	2593130	5917430	77,5	2	SW Emden GmbH
99	(Si) 9	2592680	5914420	6,5	2	SW Emden GmbH
100	(Si) 9 tief	2592680	5914420	132,4	5	SW Emden GmbH
101	(Te) 2	2591010	5911780	5,5	2	SW Emden GmbH
102	(Te) 2 tief	2591010	5911780	118,2	5	SW Emden GmbH
103	(Te) 3	2592060	5912890	30,3	2	SW Emden GmbH
104	(Te) 3 tief	2592060	5912890	120,3	5	SW Emden GmbH

Ifd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filter-länge (m)	Eigentümer
105	(SL) 24 / 51	2596985	5901385	51	3	SW Leer GmbH
106	(SL) 6 / 44	2596265	5902205	44	3	SW Leer GmbH
107	(SL) 9 / 44	2597550	5902395	44	3	SW Leer GmbH
108	(Hg) PB e	2585908	5942390	39	4	SW Norden GmbH
109	(Hg) PB f	2585315	5941966	52	4	SW Norden GmbH
110	(Kh) 101	3426450	5920780	34	2	SW Wilhelmshaven GmbH
111	(Kh) 104	3424820	5921840	53	2	SW Wilhelmshaven GmbH
112	(Kh) 105	3424720	5923400	50	2	SW Wilhelmshaven GmbH
113	(Kh) 39	3427200	5920740	5	2	SW Wilhelmshaven GmbH
114	(Kh) 42	3425710	5920980	8	1	SW Wilhelmshaven GmbH
115	(Kh) 43	3425640	5923540	11	2	SW Wilhelmshaven GmbH
116	(Kh) 44	3425390	5922360	11	2	SW Wilhelmshaven GmbH
117	(SB) 2	3402250	5894530	15	2	WVB Schatteburg
118	(SB) 3	3402220	5894500	14	2	WVB Schatteburg
119	(He) LBH 1	3408346	5906560	2,6	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
120	(He) LBH 13	3409073	5905120	3,5	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
121	(He) Pb 15	3408148	5907360	26	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
122	(He) Pb 16a	3407784	5906614	21	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
123	(He) Pb 25	3408972	5906196	16	1	WVV Moormerland-Upl. Hesel
124	(He) Pb 38	3407088	5907324	32	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
125	(He) Pb 9	3408806	5906980	25	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
126	(We) 26 a	2590580	5892420	13	2	WVV Rheiderland
127	(We) P 11 a	2590277	5892828	60	1	WVV Rheiderland
128	(We) P 12 c	2589302	5892918	4	1	WVV Rheiderland
129	(We) P 25 c	2590392	5892326	5	1	WVV Rheiderland
130	(We) P 28 b	2590414	5892575	4,3	1	WVV Rheiderland
131	(We) P 62	2590889	5892180	3,5	2,5	WVV Rheiderland
132	(We) P 63	2590908	5892192	3,5	2,5	WVV Rheiderland

(Tabelle 2.3) Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen n. § 147 NWG

Anmerkung : Den Grundwassermeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen ist vor der Meßstellenbezeichnung ein Kürzel des Wasserschutzgebietes in Klammern vorangestellt worden, um eine eindeutige Bezeichnung zu erhalten. Sofern vom WVU eine solche Nomenklatur bereits gewählt wurde, ist diese beibehalten worden.

Die folgende Karte 2.3 zeigt die Auswahl der Förderbrunnen aus Kapitel 2.2 und die Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen.

2.4 Ergänzungsmeßstellen in Wasserschutzgebieten

Neben den Vorfeldmeßstellen betreiben die Wasserversorgungsunternehmen noch weitere Meßstellen. Sofern umfangreichere Analysen und Ausbaudaten vorliegen und vom WVU zur Verfügung gestellt wurden, sind ein Teil dieser Meßstellen für den vorliegenden Bericht herangezogen worden und werden als „Ergänzungsmeßstellen WVU“ geführt.

Ergänzungsmeßstellen der WVU sind insbesondere hinzugezogen worden, deren Klassifizierungsmerkmale Informationen zu entsprechenden Einflußfaktoren liefern können und die Ergebnisse dazu beitragen diesen Einflußfaktor besser zu ergründen.

Lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filter-länge (m)	Eigentümer
133	(Au) 76	3403212	5927740	8,4	1	OOWV Brake
134	(Sa) 184	3419050	5930475	9,5	1	OOWV Brake
135	(Sa) 33	3419950	5931100	47	2	OOWV Brake
136	(Sa) 36	3425450	5933010	47	2	OOWV Brake
137	(SL) 28 / 6,5	2596899	5902806	6,5	3	SW Leer GmbH
138	(SL) 8 / 44	2596010	5903290	44	3	SW Leer GmbH
139	(He) Pb 3	3408497	5908775	10	0,5	WVV Moormerland-Upl. Hesel
140	(He) Pb 4	3408234	5908642	35	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
141	(He) Pb 5 a	3407941	5908186	10	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
142	(He) Pb 5 b	3407964	5908189	58	2	WVV Moormerland-Upl. Hesel
143	(Co) Pb 7	3401000	5883490	4,5	1	WVV Overledingen
144	(Co) Pb 8	3399200	5883990	4,5	1	WVV Overledingen

(Tabelle 2.4) „Ergänzungsmeßstellen WVU“ in Wasserschutzgebieten

Des weiteren sind 1993/94 in ausgewählten Wasserschutzgebieten von den Wasserversorgungsunternehmen 33 oberflächennahe Meßstellen in Zusammenarbeit mit dem StAWA Aurich eingerichtet worden, die jährlich im Frühjahr und Herbst beprobt werden.

Die Meßstellen befinden sich in landwirtschaftlich geprägten Bereichen und sind in einer Tiefe von 4 bis 10 Metern verfiltert, um insbesondere Nährstoffeinträge in das oberflächennahe Grundwasser zu erfassen. Zudem werden vom StAWA Aurich konstruktive Maßnahmen zum Grundwasserschutz zusammen mit der Landwirtschaft erarbeitet, die mit diesen Meßstellen begleitet werden.

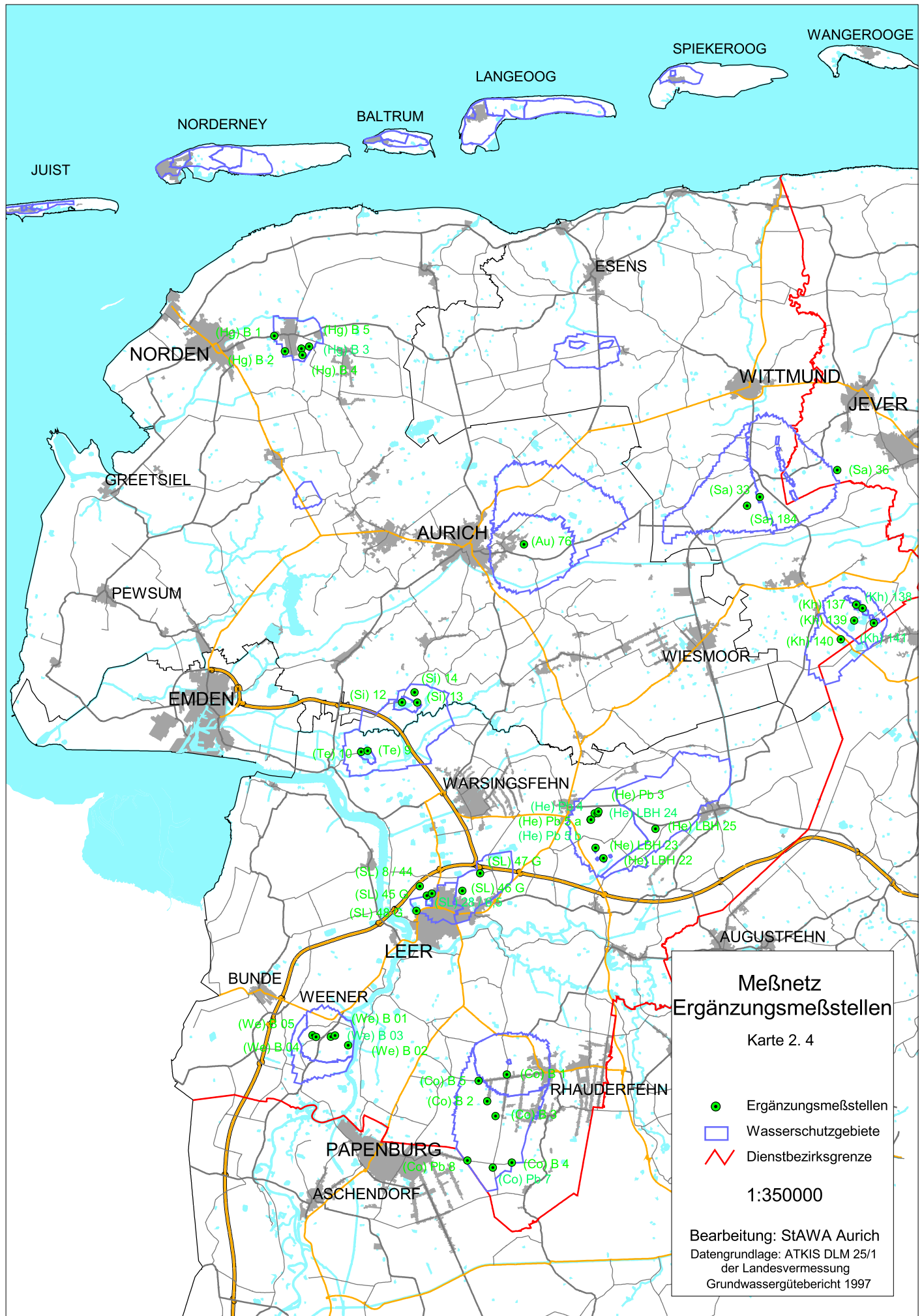
Bezeichnet werden diese Meßstellen als „Ergänzungsmeßstellen StAWA“, da es sich um ein gesondertes Meßprogramm handelt und die Analysen vom StAWA Aurich durchgeführt werden. Eine Unterscheidung zu anderen Ergänzungsmeßstellen ist notwendig.

In der folgenden Tabelle sind die o.g. Ergänzungsmeßstellen aus dem Bereich „Grundwasserschutz und Landwirtschaft“ des StAWA Aurich aufgeführt.

Lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGÖK (m)	Filterlänge (m)	Eigentümer
145	(Si) 12	2594200	5916280	10	3	SW Emden GmbH
146	(Si) 13	2595280	5916310	10	3	SW Emden GmbH
147	(Si) 14	2595060	5917030	8	3	SW Emden GmbH
148	(Te) 10	2591450	5912650	10	3	SW Emden GmbH
149	(Te) 9	2591900	5912740	10	2	SW Emden GmbH
150	(SL) 45 G	2596540	5902640	7	3	SW Leer GmbH
151	(SL) 46 G	2599050	5903100	10	3	SW Leer GmbH
152	(SL) 47 G	3400100	5904380	7	3	SW Leer GmbH
153	(SL) 48 G	2595850	5901540	9	3	SW Leer GmbH
154	(Hg) B 1	2584050	5941900	10	2	SW Norden GmbH
155	(Hg) B 2	2584850	5940840	10	3	SW Norden GmbH
156	(Hg) B 3	2586010	5941080	10	3	SW Norden GmbH
157	(Hg) B 4	2586100	5940620	10	3	SW Norden GmbH
158	(Hg) B 5	2586550	5941250	10	3	SW Norden GmbH
159	(Kh) 137	3426800	5923450	10	3	SW Wilhelmshaven GmbH
160	(Kh) 138	3427250	5923200	10	3	SW Wilhelmshaven GmbH
161	(Kh) 139	3426650	5922330	10	3	SW Wilhelmshaven GmbH
162	(Kh) 140	3425700	5921000	9	3	SW Wilhelmshaven GmbH
163	(Kh) 141	3428050	5922150	5	2	SW Wilhelmshaven GmbH
164	(He) LBH 22	3408850	5905450	10	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
165	(He) LBH 23	3408290	5906190	10	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
166	(He) LBH 24	3408450	5908650	10	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
167	(He) LBH 25	3412540	5907540	10	3	WVV Moormerland-Upl. Hesel
168	(Co) B 1	3402000	5890100	10	3	WVV Overledingen
169	(Co) B 2	3400600	5888200	10	3	WVV Overledingen
170	(Co) B 3	3401200	5887150	10	3	WVV Overledingen
171	(Co) B 4	3402350	5883850	10	3	WVV Overledingen
172	(Co) B 5	3400000	5889650	7	3	WVV Overledingen
173	(We) B 01	2590450	5892450	9	3	WVV Rheiderland
174	(We) B 02	2591400	5891800	7	3	WVV Rheiderland
175	(We) B 03	2590150	5892350	7	3	WVV Rheiderland
176	(We) B 04	2589100	5892300	5	3	WVV Rheiderland
177	(We) B 05	2588850	5892400	5	3	WVV Rheiderland

(Tabelle 2.4.1) „Ergänzungsmeßstellen StAWA“ in Wasserschutzgebieten

Die Karte 2.4 gibt Auskunft über die Lage von Ergänzungsmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen und des StAWA Aurich in den Wasserschutzgebieten Ostfrieslands.



2.5 Sondermeßstellen

Meßstellen, mit deren Hilfe punktuelle Schadstoffeinträge in das Grundwasser oder Veränderungen des Grundwassers überwacht werden. Dazu zählen z.B. Meßstellen zur Überwachung von Altablagerungen oder Deponien. Besondere Problematik ist hier, daß jede Altablagerung, Altstandort oder Deponie ihren individuellen Einfluß ausübt (z.B. Schadstoffzusammensetzung oder Lage im Grundwasserleiter u.a.).

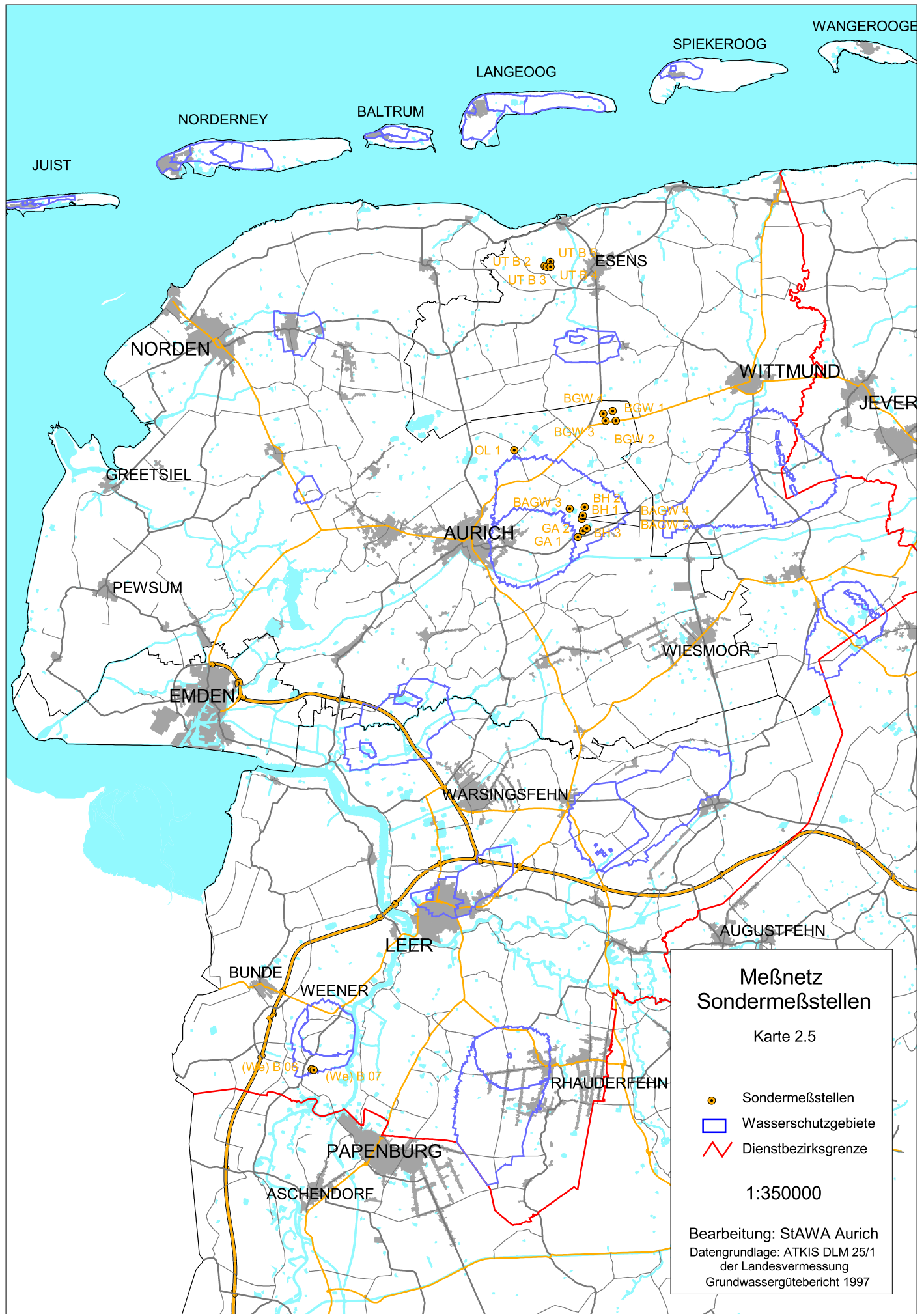
Insgesamt befinden sich an den bisher erkundeten Altablagerungen in Ostfriesland rund 300 Meßstellen, die jeweils mindestens dreimal beprobt wurden. Dies ergibt etwa 900 Analysen, die Rückschlüsse auf die Grundwasserqualität im Bereich der Altablagerungen erlauben. Da die Vielzahl der Analysen und Meßstellen den Rahmen des Grundwassergüteberichtes übersteigen, bleibt die Auswertung einem gesonderten Bericht vorbehalten.

Meßstellen, die zur Beobachtung der GW-Gütesituation im Bereich von Bodenabbaustätten installiert wurden, werden hier ebenfalls als Sondermeßstellen aufgeführt. Eigentümer sind die Bodenabbauunternehmer. Meßstellenbau und Beprobung erfolgt in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde (Landkreis) und dem StAWA Aurich. Es besteht noch ein Ausbaubedarf an Meßstellen zu Fragestellungen des Bodenabbaus im Raum Neermoor bei Leer

lfd. Nr.	Name	Rechtswert	Hochwert	UK_Filter uGOK (m)	Filterlänge (m)
178	BAGW 3	3406440	5929880	10	3
179	BAGW 4	3407305	5929165	7	3
180	BAGW 5	3407300	5929165	26	3
181	BH 1	3407369	5929388	10	4
182	BH 2	3407505	5929995	10	4
183	BH 3	3407650	5928475	10	4
184	BGW 1	3409710	5936140	10	4
185	BGW 2	3408995	5936140	7	3
186	BGW 3	3408825	5936640	17	4
187	BGW 4	3409490	5936830	17	4
188	UT B 2	3404670	5947150	5,8	1
189	UT B 3	3404810	5947090	5,3	1
190	UT B 4	3405085	5947080	20,2	5
191	UT B 5	3405070	5947450	19,8	5
192	GA 1	3407015	5927870	12	4
194	GA 2	3407388	5928315	10	4
195	OL 1	3402500	5934050	13	5
196	(We) B 06	2588860	5889550	4	2
197	(We) B 07	2589010	5889500	8	3

(Tabelle 2.5) Sondermeßstellen

Im Bericht berücksichtigte Sondermeßstellen sind auf der folgenden Karte 2.5 in ihrer Lage gekennzeichnet. Die Meßstellen (We) B 06, (We) B 07 sind zur Beobachtung einer Altablagerung eingerichtet worden. Die Meßstelle OL 1 ist zur Beobachtung einer Altablagerung in Zusammenhang mit Bodenabbau eingerichtet worden. Alle anderen Meßstellen sind im Rahmen von Bodenabbauvorhaben installiert worden.



3 Meßnetz und Meßprogramme

Die in Kapitel 2 beschriebenen Grundwassergütemeßstellen sind nach den vorhandenen Meßnetzen gruppiert worden. Dadurch wird Auskunft über die Intension der Errichtung bzw. des Betriebes gegeben. Durch die i.d.R. externe Vorgabe des Meßstellenbetriebes und der Datenerfassung liegt dementsprechend auch ein Untersuchungsprogramm je nach Fragestellung zugrunde, nach dessen Regeln die Meßstellen untersucht werden. In dem vorliegenden Kapitel werden die spezifischen Meßprogramme beschrieben.

Die folgende Tabelle 3.1 gibt einen Überblick zu den bestehenden Meßnetzen, deren Meßstellen in dem vorangegangenen Kapitel 2 beschrieben wurden.

Meßnetz	Betreiber
GW - GÜN Land Niedersachsen	StAWA Aurich Abt. 2 Gewässerkundlicher Landesdienst
Vorfeldmeßstellen n. § 147 NWG	Wasserversorgungsunternehmen
Förderbrunnen (z.T. n. § 147 NWG)	Wasserversorgungsunternehmen
Ergänzungsmeßstellen Wasserversorgung Landwirtschaft	Wasserversorgungsunternehmen StAWA Aurich Abt. 3 Gewässerschutz
Sondermeßstellen (an z.B. Altstandorten, Deponien, Altablagerungen, Bodenabbaustätten o.a.)	StAWA Aurich Abt. 4 Abfallwirtschaft, Altlasten StAWA Aurich Abt. 3 Gewässerschutz Landkreise / Wasserversorgungsunternehmen

(Tabelle 3.1) Übersicht - GW-Gütemeßnetz und deren Betreiber

3.1 Intervalle

Grundwassergütemeßstellen des Landes Niedersachsen. Die GW-GÜN-Meßstellen werden einmal im Jahr beprobt (Frühjahr) und nach dem sog. „*Laufenden Programm*“ untersucht. Zusätzlich wird alle 5 Jahre der Parameterumfang erweitert und das sog. „*Grundprogramm*“ durchgeführt.

Der Parameterumfang für „*laufendes Programm*“ und „*Grundprogramm*“ ist in der ersten Spalte der Tabelle 3.2 aufgelistet. Parameter des „*Grundprogramm*“ sind dunkel hinterlegt.

Ergänzend dazu werden flache Meßstellen auf Boden-Dauer-Beobachtungsflächen (BDF) Flächen ein weiteres Mal (Herbst) nach dem „*laufenden Programm*“ untersucht. Diese BDF-Meßstellen befinden sich an den Standorten

- | | | |
|-----------------|------------------|------------------------|
| • Negenbargen I | (UK Filter 9 m) | Geest, Grünland |
| • Petkum I | (UK Filter 10 m) | Küstenmarsch, Grünland |
| • Stapelmoor I | (UK Filter 7 m) | Emsmarsch, Grünland |

Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen. Im Rahmen des Bewilligungsverfahrens zur Wasserentnahme kann den Wasserversorgungsunternehmen der Untersuchungsumfang (s. Tabelle 3.2) und die Untersuchungshäufigkeit vorgegeben werden.

Aktuelle Vorgaben der Bezirksregierung Weser-Ems sehen für Förderbrunnen (Einzelanalysen) als Routineuntersuchung eine Erstuntersuchung vor. Jährlich ist das Rohmischwasser zu untersuchen, das aber wie in Kapitel 2.2 erläutert hier nicht betrachtet werden soll. Wenn für Förderbrunnen weitere Einzelanalysen vorliegen, sind diese mit dem Parameterumfang der Rohmischwasseranalysen vorgenommen worden. Die Häufigkeit bzw. der Intervall ist dann ebenfalls jährlich wie bei den Rohmischwasseranalysen.

Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen. Wie bei den Förderbrunnen bzw. dem Rohmischwasser kann auch hier im Rahmen des Bewilligungsverfahrens zur Wasserentnahme den Wasserversorgungsunternehmen der Untersuchungsumfang (s. Tabelle 3.2) und die -häufigkeit vorgegeben werden. Auf Anordnung kann bei einem Gefährdungspotential ein weitergehender Umfang festgelegt werden.

Ergänzungsmeßstellen in Wasserschutzgebieten:

Die 33 oberflächennahen „Ergänzungsmeßstellen StAWA“, die insbesondere zur Erkundung der Nährstoffeinträge errichtet wurden, werden im Auftrag des StAWA Aurich zweimal im Jahr beprobt. Die Probenahme erfolgt im Frühjahr und im Herbst.

Ergänzende Meßstellen der WVU weisen keine einheitlichen Intervalle auf und zeigen einen heterogenen Parameterumfang.

3.2 Parameter

In der folgenden Tabelle 3.2 wird der zu untersuchende Parameterumfang den unterschiedlichen Meßnetzen zugeordnet.

Zum Teil liegen Analysen von längeren Zeitreihen vor. Der Parameterumfang der Untersuchungen ist aber über die Jahre nicht konstant gewesen, sondern wurde an neue Problemstellungen, Erkenntnisse oder auch finanzielle Möglichkeiten angepaßt. Deshalb wird in der Tabelle 3.2 nicht der vorhandene Datenbestand beschrieben. Vielmehr wird der Gesamtumfang der möglichen Analysen dargestellt. Hierbei ist es möglich, daß dort z.B. den Meßnetzen Parameter zugeordnet werden, die erst kurzfristig zum Untersuchungsumfang gehören.

Die Übersicht soll die Planung und Strukturierung zukünftiger Untersuchungsreihen zu speziellen Fragestellungen erleichtern.

Parameter	GW-GÜN Meßstellen	Förderbrunnen n. § 147 NWG *	Vorfeldmeßstellen n. § 147 NWG	Ergänzungsmeßstellen StAWA
Geruch				
Trübung				
Farbe				
Temperatur				
SAK 436 nm				
SAK 254 nm				
pH-Wert				
Leitfähigkeit				
ks 4,3				
kb 8,2				
O2 (Elektr.)				
Sauerstoff				
Redoxpotential				
KMnO4				
Cyanid (Feldmeth.)				
gel. Phosphat				
Gesamtposphat				
Ammonium				
Nitrit				
Nitrat				
Chlorid				
Sulfat				
Fluorid, gel.				
Kieselsäure				
Borat				
Ges. Härte				
Hydrogencarbonat				
Calcium				
Magnesium				
Natrium				
Kalium				
Fe, ges.				
Mangan				
DOC				
TOC				
Aluminium				
Cadmium				
Chrom				
Kupfer				
Blei				
Nickel				
Zink				
Quecksilber				
Arsen				
Gesamt - Cyanid				
Selen				
AOX				
Gasförmige CKW				
Leichtflüchtige HKW				
PBSM	Sonderprogramm			

(Tabelle 3.2) Untersuchte Parameter der Meßnetze, Übersicht

* Einschränkung wie in Kap. 2.2 beschrieben

3.3 Vorliegende Zeitreihen / Untersuchungszeitraum -

Grundwassergütemeßstellen des Landes Niedersachsen

Das „laufende Programm“ an den landeseigenen Meßstellen ist seit 1988 installiert. Ab 1990 wurde auch das erweiterte „Grundprogramm“ eingeführt. Je nach Baujahr der Meßstelle liegen also für bis zu 9 Jahre Analysedaten vor.

Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen

Je Förderbrunnen liegen nur wenige Einzel-Analysen vor, lediglich für die Brunnen (Au) FB 6 des OOWV, (He) FB 6 des WVV Moormerland-Uplengen und (We) FB 3 des WVV Rheiderlandliegen mehrere Analysenreihen vor, die bis 1978 (1963) zurück reichen. Bei den übrigen Förderbrunnen liegen Einzelanalysen für den Zeitraum von 1991 bis 1996 vor.

Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen

Die Zeitreihen der Untersuchungen von Vorfeldmeßstellen variieren je nach Ausweisung des Wasserschutzgebietes bzw. Festsetzung n. § 147 NWG. Zur Übersicht sind im folgenden die vorliegenden Zeitreihen für die einzelnen Wasserschutzgebiete dargestellt:

Aurich / Egels	1989	bis	1996
Sandelermöns	1989	bis	1996
Harlingerland	1995	bis	1996
Hesel / Hasselt	1988/89	bis	1996
Klein Horsten	1989/92	bis	1995/1996
Tergast / Simonswolde	1991	bis	1995/1996
Weener / Ems	1986/87	bis	1996
Norden / Hage	1994	bis	1996

Innerhalb der Zeitreihe liegt i.d.R. für jede Meßstelle und jedes Jahr ein Analyseergebnis vor, bei einigen Meßstellen auch zwei Analysen für ein Jahr.

Ergänzungsmeßstellen in Wasserschutzgebieten.

Die oberflächennahen Meßstellen zur Erkundung der landwirtschaftlichen Nährstoffeinträge (33 Standorte) wurden nach ihrer Errichtung 1993 erstmals im Frühjahr 1994 beprobt. Anschließend fand durchgehend eine zweimalige Probenahme pro Jahr statt, so daß für diesen Bericht eine Reihe von insgesamt 6 Probenahmeterminen (bis Herbst 1996) ausgewertet wurden.

Für die Ergänzungsmeßstellen der WVU liegen meist ähnliche Zeitreihen vor wie bei den Vorfeldmeßstellen des jeweiligen Wasserschutzgebietes. An ausgewählten Meßstellen z.B. mit auffälligen Befunden sind auch häufigere Untersuchungen durchgeführt worden, dann aber oft nur für wenige ausgesuchte Parameter (z.B. Nitrat).

4 Geologie

In der Praxis ist es sinnvoll, die Einflußfaktoren auf die Grundwasserbeschaffenheit anhand der Grundwasservorkommen zu gliedern und zu regionalen Einheiten zusammenzufassen.

Es sind die geologischen Verhältnisse, die neben den Erscheinungsformen und Nutzungen der Erdoberfläche auch die Grundwasserqualität bestimmen (geogene Hintergrundgehalte). Zudem bestimmen sie die Dynamik der Wässer (Grundwasserneubildung, Fließgeschwindigkeit) und die natürlichen Schutzbedingungen der Grundwasserleiter.

Die Grundwasserleiter in Ostfriesland werden von Lockergesteinen gebildet. Nach landschaftlichen und oberflächennah dominierenden geologischen Einheiten, läßt sich Ostfriesland in die Regionen Geest(rücken), Marsch und Inseln gliedern.

4.1 Grundwasserregionen

Geest

Der Oldenburgisch-Ostfriesische Geestrücken verläuft von Westerstede und Remels (Südosten) über Wiesmoor und Aurich bis nach Norden/Stadt (Nordwesten); die Höhen des Gebietes liegen bei +5 m bis +15 m NN.

In den Bohrungen der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung und zum Gütemeßnetz Niedersachsen wurden unterhalb von etwa 100 bis 180 m unter NN geringdurchlässige schluffige Feinsande, untergeordnet auch Schluffe und Tone angetroffen (Miozän/Tertiär).

Über diesen Ablagerungen folgen hauptsächlich z.T. kiesige Grob- und Mittelsande des Pliozän (Tertiär). Eingeschaltete, meist geringmächtige Schluff- und Tonlagen sowie mächtigere Feinsandlagen sind von untergeordneter Bedeutung. Die Mächtigkeit der pliozänen Sande nimmt in Ostfriesland generell von Süden (etwa 50 m bis 100 m) nach Norden und Nordwesten (etwa 100 m bis 150 m) zu.

Die pliozäne Schichtenfolge wird oft von schluffig-tonigen, geringdurchlässigen Sedimenten abgeschlossen. Diese Sedimente sind z.B. im Wasserschutzgebiet Aurich besonders mächtig ausgebildet. Im Bereich der Wasserwerksbrunnen treten diese geringdurchlässigen Schichten bei etwa -30 m NN bis etwa -60 m NN auf.

Über dem Pliozän befinden sich die vorwiegend mittel- bis grobsandigen, in höheren Lagen auch feinsandigen quartären Ablagerungen, die in der Regel 30 m bis 60 m mächtig sind. In weiten Senken oder langgestreckten Rinnen, in denen die pliozänen Sedimente teilweise erodiert wurden, finden sich z.T. erheblich größere quartäre und reduzierte pliozäne Mächtigkeiten. In der Elster-Eiszeit entstanden als Ergebnis subglaziärer Erosion nord-süd verlaufende Rinnen. In diesem Zuge wurden z.T. auch die tertiären Sedimente bis zu einer Tiefe von -200 m NN erodiert. Nachfolgend sind die unteren Rinnen-Bereiche mit gröberen eiszeitlichen (pleistozänen) Sanden und Kiesen und die oberen Bereiche durch den spätelsterzeitlichen "Lauenburger Ton" aufgefüllt worden. Der "Lauenburger Ton" ist ein Komplex aus dunklen Tönen und teils tonigen, teils schluffig-sandigen Sedimenten, der manche Rinnen fast vollkommen füllt und dort über 100 m mächtig sein kann.

Zum größten Teil wird der elsterzeitliche "Lauenburger Ton" von jüngeren pleistozänen Ablagerungen bedeckt, zum Teil steht er aber auch flächenhaft an der Oberfläche an. Während der Saale-Eiszeit lagerten sich mittel- bis feinsandige Schmelzwassersande sowie eine in der Regel bis 5 m, selten bis 10 m mächtige, sandige Geschiebelehm-Schicht ab, die in großen Teilen des Gebietes die pleistozäne Schichtenfolge abschließt (Profil A-A'). Die eiszeitlichen Sedimente kommen in weiten Bereichen Ostfrieslands bis an die Erdoberfläche. In manchen Gebieten folgen noch geringmächtige weichselzeitliche bis holozäne Flugsande.

Im Holozän entstanden über den geringdurchlässigen pleistozänen Sedimenten (Geschiebelehm, "Lauenburger Ton") die Hochmoore, die die Landschaft zentraler Gebiete der ostfriesischen Geest prägen.

Marsch

Bei den Marschablagerungen handelt es sich um holozäne feinkörnige (tonig-schluffige), brackisch-marine Sedimente, die bis in die früheren Meeresbuchten der ostfriesischen Geest abgelagert wurden, und sich dort mit Geestrandmooren verzahnen. Die Marschsedimente finden sich in der Regel bis +5 m NN (Flachlandschaft) und liegen dort mit einer Mächtigkeit von durchschnittlich 5 m, örtlich bis 10 m auf den eiszeitlichen Ablagerungen. Unter den Marschsedimenten befinden sich i.d.R. Niedermoortorfe.

Weite Bereiche der Flachlandregion sind durch den Küstenschutz (Deichbau) gegenüber Meeresüberflutung geschützt. So liegen einige Marsch-Gebiete unterhalb NN und müssen künstlich entwässert werden, mit der Folge, dass Setzungen auftreten, da die z.T. unterhalb der Marsch liegenden Niedermoortorfe entwässert werden und die Profile schrumpfen.

Die oberflächennahen, feinkörnigen Marschsedimente bilden zwar schützende Deckschichten für das Grundwasser und ergänzen den in weiten Bereichen vorhandenen saalezeitlichen Geschiebelehm; aufgrund der geringen Durchlässigkeit der Marschsedimente, der geringen Grundwasser-Flurabstände und der künstlichen Entwässerung ist die Grundwasserneubildung in diesen Gebieten jedoch deutlich geringer als auf der Geest.

Inseln

Im Untergrund der ostfriesischen Inseln werden z.T. in geringer Tiefe (-5 bis -10 m NN) die eiszeitlichen Sedimente erbohrt. Bei den ostfriesischen Inseln handelt es sich somit um ehemalige Geestkerninseln, die durch den nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstieg (Tab.4.1) überflutet und von marinen holozänen Sedimenten überschüttet wurden. Heute werden die Inseln als Barriere-Inseln bezeichnet, die durch aktuelle marine morphodynamische Prozesse gestaltet werden (STREIF 1990).

Holozäne Rinnen sind z.T. tief in die eiszeitlichen Sedimente im Untergrund der Inseln eingeschnitten und mit jüngeren feinsandigen bis schluffigen Wattsedimenten aufgefüllt worden. So sind im Bereich der Norderneyer-Hilgenrieder Rinne die eiszeitlichen Sedimente vollständig erodiert worden, so daß holozäne Wattsedimente auf pliozäne Sande vorkommen. In manchen Bereichen sind vielfach organische Sedimente (Torfe) entstanden oder auch Schlick bzw. Marschsedimente abgelagert und den feinsandigen See- und Wattsanden eingeschaltet.

An der Oberfläche der Inseln prägen in weiten Bereichen durchlässige Dünen- bzw. Flugsande das Landschaftsbild. Die Dünengebiete sind von besonderer Bedeutung für die Bildung von Süßwasservorkommen (Grundwasserneubildung) und für den Küstenschutz. Manche Dünen bzw. Dünenketten erreichen Höhen bis +20 m NN.

4.2 Aufbau der Aquifersysteme

Festland

In Ostfriesland sind im allgemeinen zwei Haupt-Grundwasserstockwerke ausgebildet. Die Basis des Aquifersystems liegt im südlichen Ostfriesland etwa -100 m NN und im nördlichen Ostfriesland bei -200 m NN.

Die pliozänen Mittel- und Grobsande, die z.B. für die Grundwasserentnahme des Wasserwerkes Aurich genutzt werden, stellen überwiegend den Unteren Grundwasserleiter dar. In den tieferen Rinnenbereichen wird der untere Aquifer durch pleistozäne Sande (Rinnenfüllung) gebildet. Die durchlässigen pleistozänen elster- und saalezeitlichen Schmelzwassersedimente bilden den Oberen Grundwasserleiter.

In weiten Bereichen erfolgt eine hydraulisch wirksame und schützende Trennung dieser Grundwasserkörper durch geringdurchlässige Schluff- und Tonlagen; so im oberen Teil des Pliozäns und im oberen Teil der Elster- und Saale-Eiszeit (Geschiebelehm und Beckenton). In einigen Bereichen sind jedoch hydraulisch wirksame Zwischenschichten nicht ausgebildet bzw. durch Erosion ausgeräumt, so daß örtlich nur ein Grundwasserleiter vorliegt bzw. Grundwasserstockwerke hydraulisch miteinander in Kontakt stehen ("Geologische Fenster").

Örtlich ist über den bindigen Deckschichten des Oberen Grundwasserstockwerkes ("Lauenburger Ton", Geschiebelehm) ein geringmächtiger Oberster Grundwasserleiter vorhanden.

Im Untergrund Ostfrieslands befinden sich zahlreiche Salzstöcke. Hierbei handelt es sich um ältere Salzablagerungen (Zechstein), die aufgrund des überlagernden Deckgebirges an Schwächezonen aufgestiegen sind. Die Salzstöcke befinden sich größer 130 m unterhalb der Erdoberfläche und beeinflussen durch Ablaugung das Aquifersystem. So wird das Grundwasser z.B. durch den Salzstock bei Bunde, den Salzstock bei Timmel und den Salzstock Leer-Stickhausen beeinflusst.

Inseln

Im Bereich der Dünengebiete auf den ostfriesischen Inseln haben sich durch versickernde Niederschläge vorzugsweise in den holozänen Dünen- und Wattsedimenten Süßwasserlinsen ausgebildet, die an der Basis und am Rande von Salzwasser begrenzt sind. Infolge der geringeren Dichte des Süßwassers schwimmt es auf dem Salzwasser und führt vorwiegend in den Dünenbereichen zu einem höheren hydrostatischen Druck.

Von der Insel erfolgt ein ständiger Süßwasserabstrom zur See und zum Watt hin, der mit der Grundwasserneubildung im Gleichgewicht steht und im Randbereich zu Süßwasseraustritten führt. Ebenso kann die Oberfläche der Süßwasserlinsen so hoch liegen, daß tiefliegende Areale auf der Insel vernässen (feuchte Dünentäler).

Das gewinnbare Grundwasser der Inseln ist an die Dünengebiete gebunden. Die Grundwasserneubildung erfolgt im wesentlichen in den Dünengebieten; der sandige Boden und die weniger üppige Vegetation lassen einen großen Teil des Niederschlages versickern. Nach geoelektrischen Untersuchungen sind die Süßwasserlinsen bis zu 80 m mächtig. Die Ausbildung der Linsen ist abhängig von der Gestalt der Dünenareale bzw. der Insel und dem geologischen Schichtaufbau. So verhindert eine bindige Zwischenschicht (Klei, Geschiebelehm) die Versickerung von Niederschlagswasser in tieferen Untergrund und begrenzt damit die Mächtigkeit der Süßwasservorkommen. Eingeschaltete organische Schichten (z.B. Torfe) beeinflussen wesentlich die Grundwasserqualität und führen zu Problemen bei der Trinkwassergewinnung.

(Tabelle 4.1) Gliederung und Bedeutung wichtiger geologischer Sedimente in Ostfriesland

Zeit Chr. Geburt	Formation / Abteilung	Allgemeine Gliederung	Nordsee spiegel (m NN)	Ablagerungen / Sedimente	Bedeutung für das Grundwasser	Bedeutung für die Rohstoffgewinnung
+1000	Quartär (Holozän/ Nacheiszeit)	Subatlantikum (Nachwärmezeit)	±0	Auelehm Jüngerer Sphagnumtorf (Weißtorf)	Grundwasservorkommen/ Süßwasserlinsen auf den Inseln (Trinkwassergewinnung)	Kleigewinnung Deichbau u. Ziegelherstellung Torfabbau
-800		Subboreal (Späte Wärmezeit)	-0,8	Dünensande Wattsedimente		
-3000		Atlantikum (Mittlere Wärmezeit)	-5	Beginn Marschen- ,u. Hochmoorbildung Älterer Sphagnumtorf (Schwarztorf) Beginn Niedermoorbildung		
-6000		Boreal (Frühe Wärmezeit)	-50	Süßwassersedimente, Flugsand		
		Präboreal (Vorwärmezeit)				
-8000	Quartär (Pleistozän/ Eiszeitalter)	Weichsel - Eiszeit Spätglazial	-100	Flugsand (Dünen) Torf, Süßwassersedimente, Talsand und Flußkies der Niederterrasse	Oberster Grundwasserleiter (Hausbrunnen)	Gewinnung von Füllsanden
		Eem - Wärmezeit		Torf, Kalkmudde,		
		Saale - Eiszeit (Drenthe Stadium)		Geschiebelehm, Beckenton Flußkies der Mittelterrasse Schmelzwassersand und -kies	örtlich trennende u. schützende Deckschicht Oberer Grundwasserleiter (Trinkwassergewinnung)	Gewinnung von Bausanden u. -kiesen; (Kalksandsteinwerk)
		Holstein - Wärmezeit		Torf, Meereston, Mudde		
		Elster - Eiszeit		"Lauenburger Ton", Geschiebelehm Schmelzwassersand und -kies	örtlich trennende u. schützende Schichten (z.T. sehr mächtig/Rinnen) Unterer Grundwasserleiter (Trinkwassergewinnung)	Gewinnung von Lehm für die Ziegelherstellung Gewinnung von Bausanden u. -kiesen
ca. -350.000						
ca. -2,4 Mio.	Tertiär Pliozän			Ton, Sand , Kies,	örtlich trennende Schicht Unterer Grundwasserleiter (Trinkwassergewinnung)	
	Miozän			Schluff, Ton	Aquiferbasis	

4.3 Typisierung und Einordnung der Meßstellen

Die geologischen Gegebenheiten und die daraus resultierenden hydraulischen Bedingungen bestimmen natürlicherweise die Grundwasserbeschaffenheit (geogene Hintergrundwerte). So sind die erhöhten Gehalte an Eisen und Mangan der reduzierten Grundwässer in Ostfriesland auf die abgelagerten Sedimente zurückzuführen. Auch zeigen sich in manchen Regionen erhöhte Hydrogenkarbonatgehalte, organische Substanzen und Methan im Grundwasser.

Ausgehend von der ostfriesischen Geest nimmt das Grundwasser-Gefälle Richtung Ems und Küste ab und es treten hydraulische Verhältnisse auf, die das Aufsteigen (z.B. Salzstöcke) und Eindringen (Küste) von versalzten Wässern in die genutzten Aquifere verursachen. Diese Verhältnisse werden durch die Siel- und Schöpfwerkseutwässerung und der Grundwassergewinnung durch Wasserwerke begünstigt.

Das Grundwasser wird ausschließlich durch den Niederschlag neu gebildet. Der Niederschlag dringt in den Erdboden ein und gelangt über eine wasserungesättigte Bodenzone zum Grundwasser. Auf diesem Wege unterliegt es, abhängig von der Gestaltung und Nutzung der Erdoberfläche, vielfältigen Einflüssen.

Um eine möglichst umfassende Kontrolle der Einflußfaktoren auf die Grundwasserbeschaffenheit zu erreichen, sind eine Vielzahl von Grund- und Oberflächenwassermeßstellen erforderlich. Diese Meßstellen müssen einer Typisierung unterzogen werden, um bei der Interpretation der oberflächennahen und anthropogenen Einflüsse den geogenen Hintergrund zu berücksichtigen.

Die Auswertung der tiefen und mehrfach verfilterten Grundwassergütemeßstellen zeigen folgende Grundwassertypen für Ostfriesland:

erdalkal. Wässer -überwiegend hydrogenkarbon.-sulfatisch reduziert, hart (alte Emsmarsch)	Stapelmoor 7m
alkalisch Wässer -überwiegend sulfatisch-chloridisch reduziert, hart - sehr hart (Küste / Marsch)	Greetsiel 50m u. 154m, Neufunnixsiel 62m, Pewsum 100m, Westerbur 110m, Negenbargen 33m, Ardorf 105m, Bentstreek 11m, Südmoor 138m , Westrhauderfehn 38m, Nortmoor 70m, Ditzumerverlaat 87m, Stapelmoor 71m
erdalkal. bis alkalische Wässer überwiegend hydrogenkarbonatisch reduziert, weich - sehr weich (Geest)	Ludwigsdorf 132m, Negenbargen 128m, Kleinsande 110m, Hopels 84m, Bentstreek 128m, Südmoor 61m u. 180m, Tjücher Wilde 70m, Greetsiel 128m , Westrhauderfehn 75m, Schatteburg 57m, Wymeer 47m

Auffällig die Meßstellen Südmoor 138m und Greetsiel 128m. In Südmoor zeigt sich vermutlich der Küsteneinfluß bis weit in das Binnenland. In Greetsiel ist der Süßwasserabstrom von der Geest bis weit an die Küste heran zu erkennen (vergl. dazu Diagramm 6.3.3).

5 Einflußfaktoren

Das Grundwasser ist Teil eines dynamischen Systems wie alle Bereiche der Natur. Vielfältige Einflußfaktoren bestimmen den physikochemischen und biologischen Charakter des Grundwassers. Je nach Ort und Lage des Grundwasservorkommens (Standort, Geologie) und Intensität der Einflußfaktoren kann das örtliche Grundwasser in unterschiedlicher Weise besondere Auffälligkeiten zeigen.

Meßstellen, die dem vorliegenden Bericht zugrunde liegen, wird mindestens ein Einflußfaktor zugeordnet, um eine Zusammenfassung in Gruppen zu ermöglichen. Die Zuordnung erfolgt nach folgenden Kriterien:

- topographische Lage der Meßstelle
- Filterlage im Grundwasserstockwerk
- Geologie der Deckschichten
- spezifische Merkmale der Analyseergebnisse
- Naturraum im Einzugsgebiet der Meßstelle
- Flächennutzung im Einzugsgebiet der Meßstelle

Der natürliche und / oder anthropogene Einfluß auf das Grundwasser setzt sich aus einer Summe verschiedener Einflußfaktoren zusammen. Die Zuordnung einer Meßstelle in einen Einflußbereich erfolgt nach den vor Ort bekannten Sachverhalten und kennzeichnet mindestens ein und maximal zwei Einflußfaktoren, die offensichtlich den stärksten Einfluß ausüben. Der „primäre Einfluß“ überwiegt in seiner Intensität gegenüber dem „sekundären Einfluß“. Die Einordnung ist nicht statisch und ist regelmäßig zu überprüfen, um wechselnde Einflüsse, neue Erkenntnisse und aktuelle Analysedaten zu berücksichtigen.

Einige Meßstellen spiegeln den Zustand des natürlichen Grundwassers auf der Geest wieder (→ Trinkwasserversorgung) bzw. eine Zuordnung der folgenden Einflußfaktoren ist nicht möglich aufgrund der tiefen Filterlage und / oder der ausgeprägten Deckschichten. Diese Meßstellen wurden als „ohne Einfluß“ eingestuft, sinngemäß der unten aufgeführten Einflußfaktoren. Die Analysen dieser Meßstellen gehen in die Auswertung der Gesamtsituation ein.

Einflußfaktoren nach denen differenziert wurde:

Klima (übergreifender Einfluß)
Wald und Moor
Küste, Ems und Leda-Jümme
Salzstöcke
Landwirtschaft
Bodenabbau
Altablagerungen
Siedlung

In den folgenden Kapiteln werden die Einflußfaktoren allgemein in Ihrer Art beschrieben und jeweils eine Tabelle mit den zugeordneten Meßstellen aufgeführt. Durch die teilweise Unterscheidung in zwei Faktoren kommt es entsprechend zu Mehrfachnennungen einiger Meßstellen

Die Zuordnung und Auflistung der entsprechend beeinflussten Meßstellen soll dazu dienen, schnell und umfassend eine gezielte Auswahl zur Verfügung zu haben, um auf vorgegebene Fragestellungen reagieren zu können.

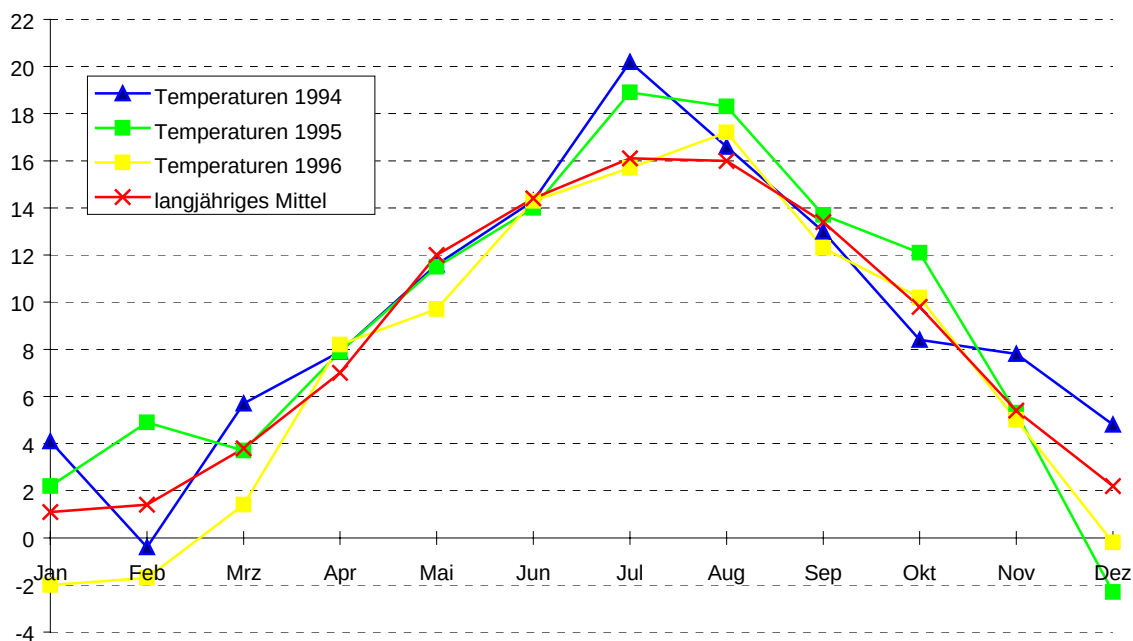
5.1 Klima

Ein Einflußfaktor, der alle anderen Einflußfaktoren überdeckt ist das Klima.

- Temperaturen, und damit Bodentemperaturen, haben einen starken Einfluß auf biologische Stoffumsetzungen und damit auf das Potential der Stoffe, die ausgewaschen werden können.
- Die gesamte Witterungslage hat Einfluß auf die Vegetation und damit sowohl auf die Grundwasserneubildung, als auch auf die verfügbaren Nährstoffgehalte im Teilsystem Boden.
- Die Menge und die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge bestimmt letztendlich die Grundwasserneubildung und damit auch die Grundwasserqualität.
- Mittelbar hat die gesamte Witterungslage Einfluß auf Nährstoffausträge z.B. in dem sie auf die Bearbeitungszeiten in der Landwirtschaft wirkt. Witterungsbedingt günstige Zeiten für Nährstoffausbringungen gehen nicht immer einher mit günstigen Zeiten für die Nährstoffaufnahme der Pflanzen.

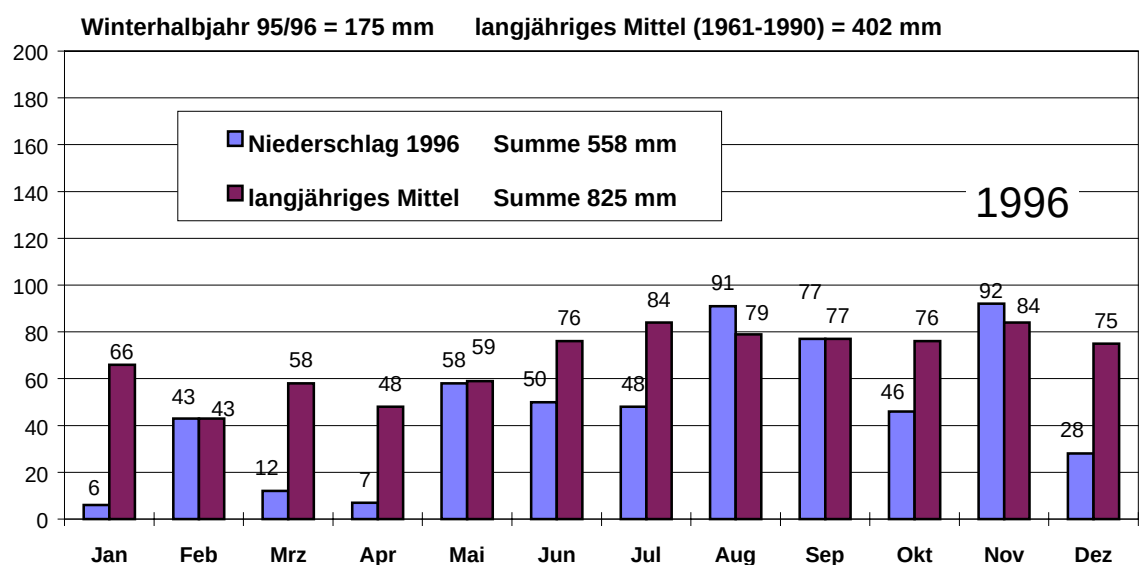
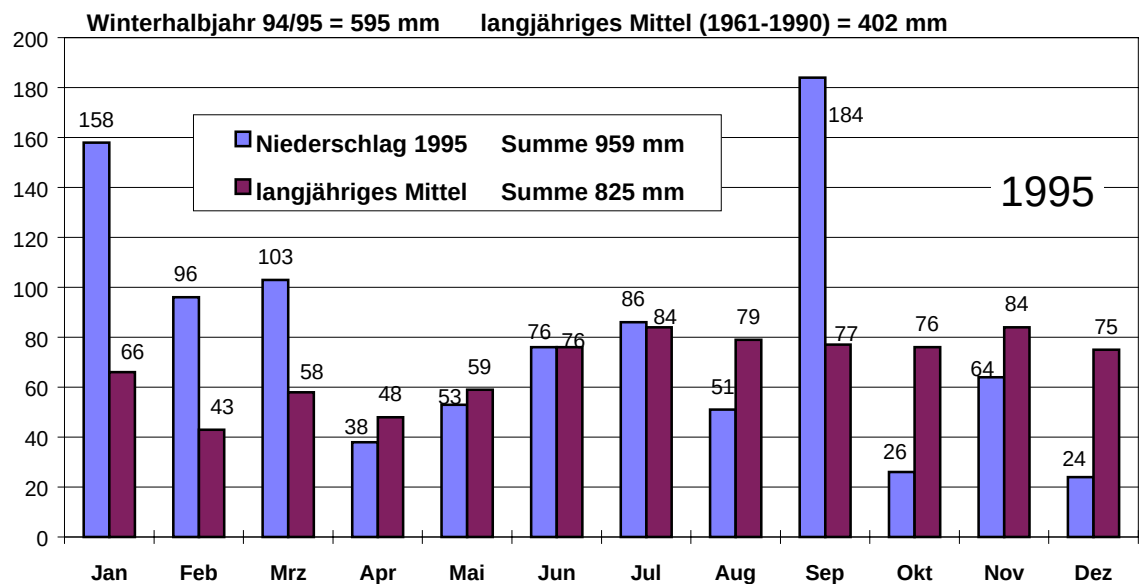
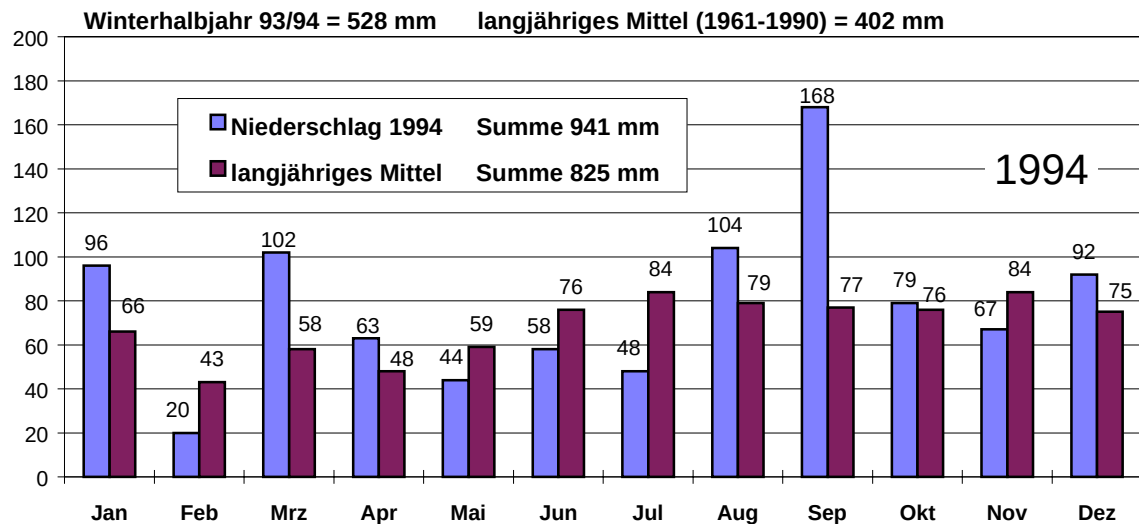
Die meisten der vorhandenen Grundwasseranalysen stammen aus der Zeit nach 1993, so daß zur weiteren Betrachtung an dieser Stelle einige wichtige Eckdaten zum Klima der letzten Jahre dargestellt sind.

Das folgende Diagramm 5.1.1 zeigt den Temperaturverlauf im Monatsmittel für die letzten drei Jahre sowie das langjährige Monatsmittel.



(Diagramm 5.1.1) Temperaturkurven für die Jahre 1994 / 95 / 96 , Deutscher Wetterdienst - Station Aurich

Das Diagramm 5.1.2 der nächsten Seite zeigt die Verteilung der Niederschläge der letzten drei Jahre.

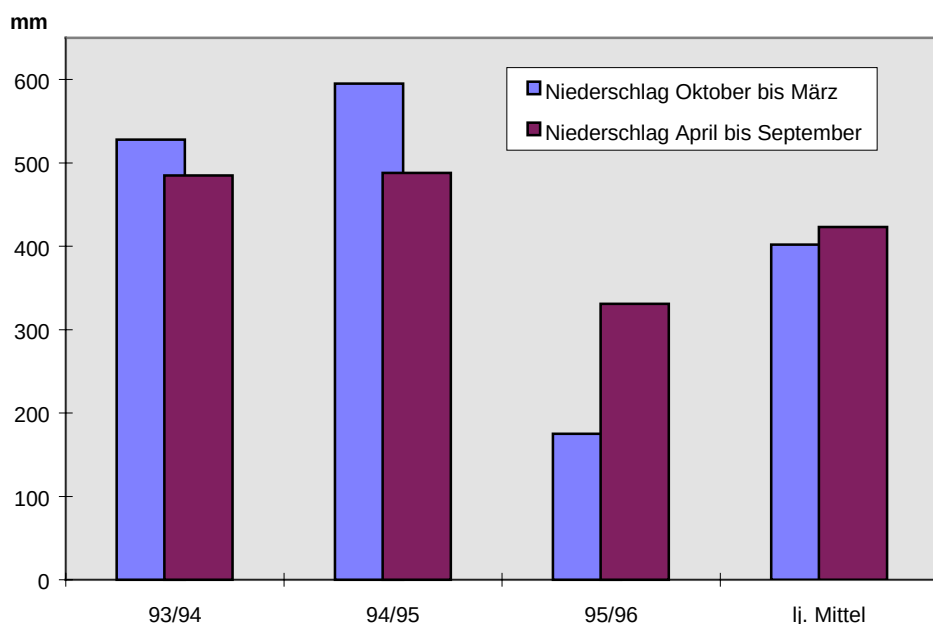


(Diagramm 5.1.2) Niederschlagsverteilung 1994 / 95 / 96 , Deutscher Wetterdienst, Station Aurich

Die Niederschlagsverteilung und -menge macht deutlich, daß es sich bei diesen drei Jahren um „Extremjahre“ handelt. Insgesamt niederschlagsreiche Jahre (93) 94/95 mit überwiegendem Niederschlag im Winter und das sehr niederschlagsarme Jahr 1996 mit extrem wenigen Niederschlägen im Winter 95/96 (!).

Zur Veranschaulichung sind im folgenden Diagramm 5.1.3 die Winter- und Sommerniederschläge zusammengefaßt. Hier ist die Schwankung zwischen zwei Extremen gut zu erkennen.

Bei der Bewertung der Grundwasserqualität ist dieser Aspekt im Hinblick auf die Grundwasserneubildung und die Auswaschung, insbesondere im oberflächennahen Bereich von besonderer Bedeutung.



(Diagramm 5.1.3) Winter- / Sommerniederschlag 1993 bis 1996 im Vergleich

An späterer Stelle wird auf die landwirtschaftlichen $N_{\min}$ -Ergebnisse eingegangen, deshalb ist in dem Diagramm 5.1.3 nicht die Aufteilung nach Wasserhaushaltsjahr (01.November bis 31.Oktober) vorgenommen worden, sondern an die landwirtschaftliche Wirtschaftsweise angepaßt. Im Oktober endet die landwirtschaftliche Flächennutzung in Ostfriesland mit der Maisernte und im März / April beginnt die Bestellung der Ackerflächen, die organische Düngung auf dem Grünland zur ersten Nutzung ist bis dahin abgeschlossen.

Das „System Grundwasser“ reagiert relativ träge, so daß Auswirkungen des Klimas nur durch die Beobachtungen über einen langen Zeitraum festgestellt werden können. Durch Pufferwirkungen kommt es insbesondere im tieferen Grundwasser zu einer „Glättung“ der Auswirkungen.

5.2 Wald und Moor

Die Luftverschmutzung in Zusammenhang mit einer ca. 4 fach höheren Deposition der Luftschadstoffe im Wald als auf Wiese oder Acker machen den Standort Wald zu einem zunehmend wichtigen Einflußfaktor für das Grundwasser.

Durch die Versauerung des Waldstandortes kann es durch die ablaufenden bodenchemischen Reaktionen zu einer Freisetzung von Aluminium oder Schwermetallen kommen. Durch den Eintrag von Nährstoffen über den Luftpfad (Laubholz-Altbestand mit ca. 50 kg N / ha • a) und die sehr begrenzte Nährstoffaufnahme der Bäume (Entzug etwa 10 - 15 kg N / ha • a) kann auch der Austrag von Nitrat oder Ammonium ein Problem bereiten.

Der Wald hat somit eine besondere Bedeutung für den Grundwasserschutz. Deshalb werden Grundwassermeßstellen, die sich im Einfluß größerer Forste befinden unter dem Einflußfaktor „Wald“ zusammenfassend bewertet.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Au) 76	8,4	Wald		Aurich / Egels
(Ha) 214	10	Landwirtschaft	Wald	Harlingerland
(He) FB 6	62		Wald	Hesel / Hasselt
(He) LBH 22	10	Wald		Hesel / Hasselt
(He) LBH 24	10	Wald		Hesel / Hasselt
(He) Pb 15	26	Landwirtschaft	Wald	Hesel / Hasselt
(He) Pb 3	10	?	Wald	Hesel / Hasselt
(He) Pb 4	35	Wald		Hesel / Hasselt
(He) Pb 5 a	10	Wald		Hesel / Hasselt
(He) Pb 5 b	58	Wald		Hesel / Hasselt
(Hg) B 3	10	Wald		Norden / Hage
(Hg) PB e	39	Wald		Norden / Hage
(Kh) 101	34	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(Kh) 137	10	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(Kh) 138	10	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(Kh) 139	10	Teich	Wald	Klein Horsten
(Sa) 172	7	Wald		Sandelermöns
(Sa) 184	9,5	Wald		Sandelermöns
(Sa) 192	46	Wald		Sandelermöns
(Sa) 33	47	Wald		Sandelermöns
(Sa) 36	47	Wald		Sandelermöns
(SL) 47 G	7	Wald	Landwirtschaft	Leer / Heisfelde
(We) P 12 c	4	Baumschule	Wald	Weener / Ems
Ardorf II	60	Wald		nein
Hopels I	42	Wald	Landwirtschaft	nein
Negenbargen I	9	Landwirtschaft	Wald	nein
Negenbargen II	33	Wald		nein
Negenbargen III	91	Wald		nein

(Tabelle 5.2.1) Meßstellen im Einfluß von Wald

Größere zusammenhängende Forste in Ostfriesland, in denen sich Grundwassergütemeßstellen befinden sind :

Fürstenwald (WSG Hage)
Juliusgehölz (WSG Hage)
Knyphauser Wald (WSG Sandelermöns)
Karl - Georgs - Forst (südwestlich Friedeburg)
Wittmunder Wald (westlich Wittmund)
Staatsforst Aurich (WSG Aurich)
Heseler Wald (WSG Hesel)
Logabirumerfeld (nordöstlich Leer)

Einige dieser Wälder haben aufgrund ihrer flächigen Ausdehnung und Lage eine besondere Bedeutung für die Wasserschutzgebiete. In Zusammenarbeit mit den Eigentümern sollten vorrangig in solchen Waldgebieten Maßnahmen zur Nutzung und Pflege abgestimmt werden, um Aspekte des Grundwasserschutzes ausreichend zu berücksichtigen.

Insgesamt, d.h. innerhalb und außerhalb der Wasserschutzgebiete, gibt es in Ostfriesland ca. 8.000 ha Wald (3,6 % der Fläche) davon sind 5.300 ha Staatswald und 2.700 ha Privatwald. Das Verhältnis von Nadelbaumbestand zu Laubbaumbestand lag vor 10 Jahren bei ca. 70 / 30 und heute etwa bei 60 / 40 wobei eine anhaltend zunehmende Tendenz zu den Laubbäumen zu verzeichnen ist.

Zur Kompensation des i.d.R. sehr sauren pH-Wertes im obersten Bodenhorizont (3,0 - 3,5 pH-Einheiten) sind von den 5.300 ha Staatswald seit 1985 etwa 4800 ha gekalkt worden. Eine Kompensationskalkung wird alle 6-8 Jahre durchgeführt, dabei werden ca. 3 Tonnen Kalk pro Hektar ausgebracht. (Quelle: Staatliches Forstamt Aurich)

Eine Tendenz zur Aufforstung in Wasserschutzgebieten durch die Wasserversorgungsunternehmen ist vorhanden. Hier gilt es besonderes Augenmerk auch auf evtl. negative Auswirkungen während und nach der Aufforstung zu halten. Eine Ausmagerung des Standortes ist anzustreben und die Pflanzung sollte mit einem Minimum an Bodenbearbeitung durchgeführt werden, z.B. Tiefenumbruch ist auf jeden Fall abzulehnen. Eine Pflanzung von Laubbäumen wirkt sich gegenüber Nadelgehölzen positiv auf die Grundwasserneubildung aus und bietet in der vegetationslosen Zeit weniger Fläche zur Auskämmung von Luftschadstoffen.

Grundwasser, das vom Moor beeinflusst wird zeigt ähnlich prägnante Merkmale wie unter Wald: wenig oder keine landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet, noch ausgeprägtere Versauerungserscheinungen und oftmals hohe Ammoniumkonzentrationen. Die ostfriesische Landschaft ist geprägt von Hoch- und Niedermooren, deren Einfluß auf die Grundwasserqualität bedeutend ist. Faktoren wie z.B. Entwässerung von Mooren (Reduzierung der Denitrifikation) oder landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen (hohes Mineralisierungspotential bei Bodenbearbeitung) wirken auf das Grundwasser.

In den nährstoffreichen Niedermooren sind z.B. sehr große organische Stickstoffvorräte gebunden (ca. 30.000 kg N / ha · 20cm), die durch Entwässerung und Belüftung im Niedermoor als Nitratstickstoff freigesetzt werden können. In den nährstoffarmen Hochmooren ist das Mineralisierungspotential sehr viel geringer, dort kommt es eher zur Freisetzung von Ammoniumstickstoff. Die landwirtschaftliche Nutzung der Moorböden ist schwierig; konstruktiver Grundwasserschutz auf solchen Flächen bedarf einer besonderen Betrachtung.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Au) 94	10	Moor		Aurich / Egels
(Co) B 3	10	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) B 4	10	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) B 5	7	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) Pb 7	4,5	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) Pb 8	4,5	Moor	Altstandort	Collinghorst
(Sa) 169	6	Landwirtschaft	Moor	Sandelermöns
Ardorf I	9	Landwirtschaft	Moor	nein
Bentstreek I	11	Moor		nein
Bentstreek II	55	Moor		nein
Nortmoor I	13	Landwirtschaft	Moor	nein
Südmoor I	20	Moor	Landwirtschaft	nein
Westrhauderfehn II	75		Moor	Collinghorst
Wymeer II	47		Moor	nein
Wymeer III	67		Moor	nein

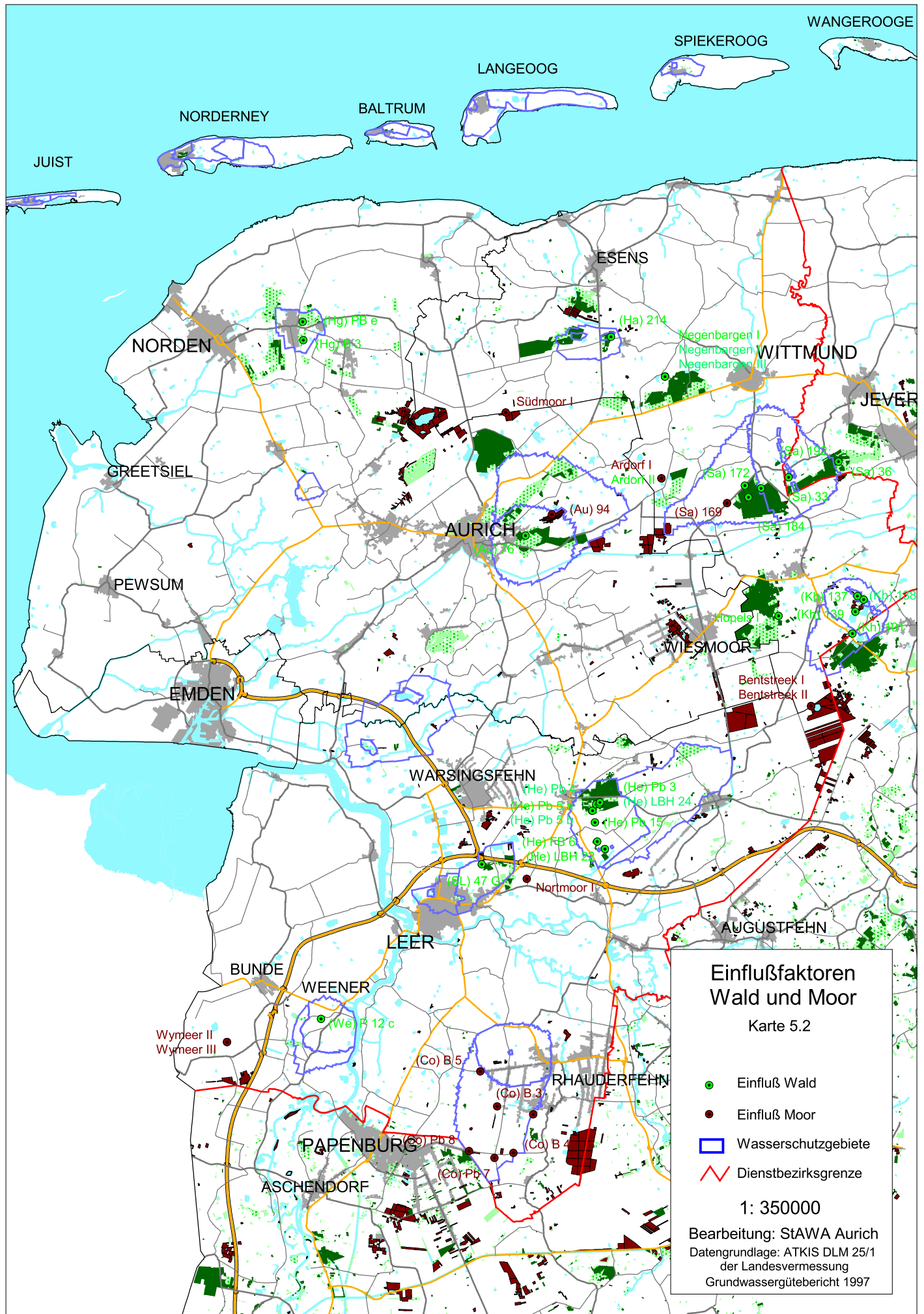
(Tabelle 5.2.2) Meßstellen im Einfluß von Moor

Größere zusammenhängende Moore in Ostfriesland, in denen sich die Grundwassergütemeßstellen aus Tabelle 5.2.2 befinden sind :

Meerhusener Moor (nördlich Aurich)
 Egelser Moor (östlich Aurich)
 Lengener Moor (südlich Friedeburg)
 Klostermoor (östlich Papenburg)
 Brualer Moor (Emsland, südlich Wymeer)

Für den Einflußfaktor Wald und Moor sind auch tiefere Meßstellen im Abstrom ausgewählt worden, um z.B. die Tiefenverlagerung von Aluminium bzw. die Versauerungserscheinungen zu beobachten.

Auf der folgenden Karte 5.2 sind die Meßstellen im Einfluß von Wald und Moor zusammenfassend dargestellt. Zur Beurteilung der Einflußintensität sind weiterhin die Naturräume Wald und Moor in ihrer flächigen Ausdehnung eingetragen.



5.3 Küste, Ems und Leda-Jümme

Das Grundwasser in Ostfriesland als ausgeprägte Küstenlandschaft wird von der Nordsee und den Tidegewässern im Binnenland stark beeinflusst. Entsprechend dem örtlichen landwärts gerichteten Druckgefälle von der Küste zum Geestrand, begünstigt durch die künstliche Entwässerung, kommt es in solchen Gebieten zu einer Versalzung des Grundwasserleiters. Der binnenwärts eingeschobene Salzwasserkeil bildet eine sog. Salz-Süßwassergrenze aus. (Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Ostfriesland 1987).

Die Nutzung des Grundwassers in den beeinflussten Gebieten ist stark eingeschränkt durch die hohen Gehalte an Härtebildnern. An Hand der Salz- Süßwassergrenze und den vorliegenden Analyseergebnissen wurden die Meßstellen der folgenden Tabelle 5.3 als von Küste, Ems und/oder Leda-Jümme beeinflusst eingestuft.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(SL) 6 / 44	44	Ems	Landwirtschaft	Leer / Heisfelde
(Te) 3	30,3	Ems	Landwirtschaft	Tergast / Simonswolde
(We) B 01	9	Ems	Landwirtschaft	Weener / Ems
(We) B 02	7	Ems	Landwirtschaft	Weener / Ems
Ditzumerverlaat I	14	Landwirtschaft	Ems	nein
Ditzumerverlaat II	87	Ems		nein
Greetsiel I	20	Küste	Landwirtschaft	nein
Greetsiel II	50	Küste		nein
Greetsiel III	128	Küste		nein
Greetsiel IV	154	Küste		nein
Kleinsande I	20	Landwirtschaft	Küste*	nein
Kleinsande II	55		Küste*	nein
Kleinsande III	110		Küste*	nein
Neufunnixsiel I	26	Küste		nein
Neufunnixsiel II	62	Küste		nein
Nortmoor II	27	Leda-Jümme*		nein
Nortmoor III	70	Leda-Jümme*		nein
Petkum I	10	Landwirtschaft	Ems*	nein
Petkum II	42	Ems*		nein
Petkum III	89	Ems*		nein
Petkum IV	121	Ems*		nein
Pewsum I	18	Küste		nein
Pewsum II	48	Küste		nein
Pewsum III	99	Küste		nein
Schatteburg II	57	Leda-Jümme*		nein
Stapelmoor I	7	Landwirtschaft	Ems	Weener / Ems
Stapelmoor II	43	Salzstock	Ems	Weener / Ems
Stapelmoor III	71	Salzstock	Ems	Weener / Ems
Westerbur I	32	Küste		nein
Westerbur II	110	Küste		nein
Woquard I	20	Landwirtschaft	Küste	nein
Woquard II	54	Küste		nein
Woquard III	100	Küste		nein

(Tabelle 5.3) Meßstellen im Einfluß von Küste, Ems und Leda-Jümme

*Grenzbereich

Die Linie der Grundwasserversalzung (Quelle : Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen, NLFB 1991) sowie die Meßstellen aus Tabelle 5.3 sind auf der folgenden Karte 5.3 dargestellt.

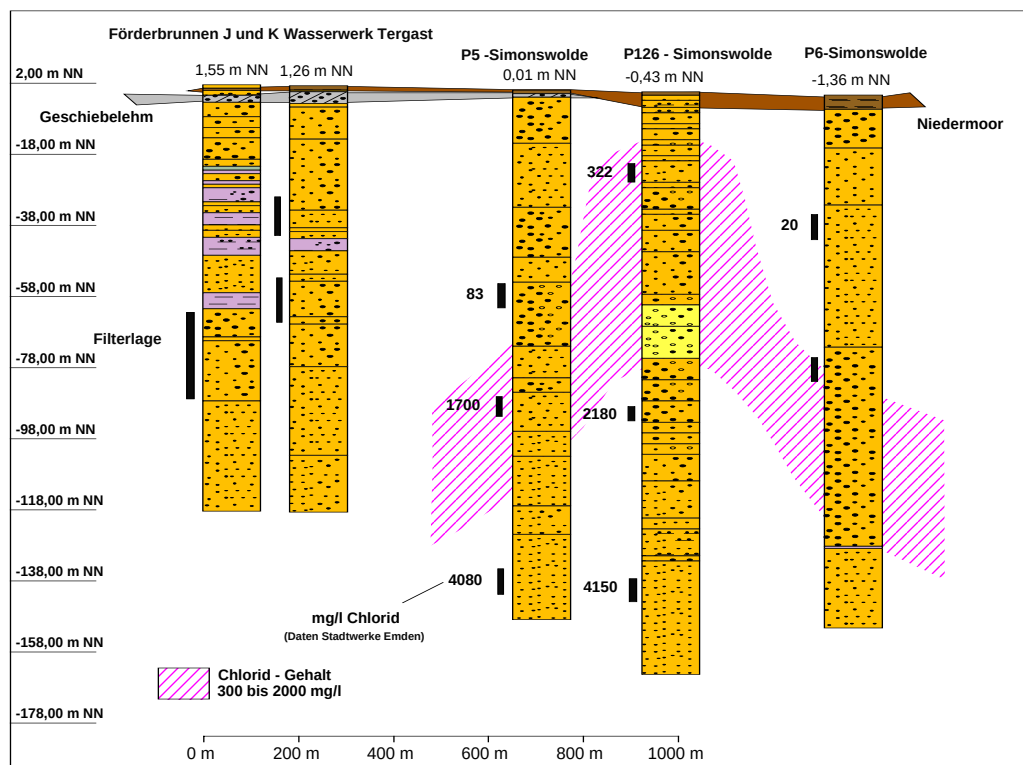


5.4 Salzstöcke

Die „Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe“ hat im *Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Ostfriesland* die Lage von Salzstöcken bestimmt. Die hier vorhandenen Salzstöcke oder Salzmauern befinden sich in einer Höhenlage von 300 bis 500 m (Salzstock Bunde ca. 130 m) unter Gelände. Durch den Kontakt mit mehr oder weniger fließendem (süßen) Grundwasser unterliegen sie dadurch in unterschiedlichem Maße einer ständigen Ablaugung und verursachen dadurch eine lokale Versalzung des Grundwassers.

Solche Ablaugungen mit Versalzungserscheinungen können im Raum Simonswolde (auf Karte 5.3 Hinweis Nr. 1) und im Raum Weener (auf Karte 5.3 Hinweis Nr. 2) beobachtet werden. In beiden Gebieten befinden sich Grundwasserfassungen zur Trinkwassergewinnung. Durch die Entnahme von Grundwasser wird ein hydraulischer Gradient erzeugt, der zu einem „Aufstieg“ der Versalzungsfront führt.

Exemplarisch wird in dem folgenden geologischen Schnitt für die Meßstellen P5, P126 und P6 in Simonswolde ein Schichtenverzeichnis mit Isokonzentrationslinien für 300 und 2.000 mg/l Chlorid gezeigt.



(Diagramm 5.4) Geologischer Schnitt - Teil der Fassung Simonswolde mit Versalzungsfront

Zu erkennen ist die Ausbildung eines „Salzdoms“ mit einem Aufstieg der Versalzungsfront bis etwa 18 m unter Gelände. Die eingezeichneten nahegelegenen Förderbrunnen J und K der Fassung Simonswolde zur Trinkwassergewinnung für das Wasserwerk Tergast machen die Problematik deutlich. Eine Versalzung des geförderten Rohwassers ist zu befürchten. Direkt in Simonswolde befindet sich kein Salzstock, die festzustellenden Versalzungserscheinungen sind wahrscheinlich Ablaugungen des Salzstockes „Timmel“, der sich in ca. 3 km östlicher Richtung befindet.

5.5 Landwirtschaft

Die Nutzung des oberen Bodenhorizontes von der pflanzlichen Erzeugung bis hin zum Tiefenumbruch hat immer auch einen Einfluß auf die Menge und Qualität des Grundwassers. Die Untersuchung von Grundwassergütemeßstellen auf Parameter wie Nährstoffe und Pflanzenbehandlungsmittel soll Auskunft geben über den Austrag dieser Stoffe aus dem obersten Bodenhorizont in das oberflächennahe oder tiefere Grundwasser.

Die Beobachtung der Grundwassergüte im landwirtschaftlichen Einfluß muß dazu dienen, den Erfolg bzw. die Effektivität der durchgeführten Maßnahmen zu begleiten (Erfolgskontrolle). Viele Faktoren innerhalb der landwirtschaftlichen Bodennutzung wirken auf die Grundwasserqualität und die Grundwasserneubildung :

Standort / Bodentyp
Düngungszeitpunkt / Düngungsintensität / langjähriges Düngungsverhalten
Bearbeitungstiefe / Bearbeitungsintensität
Ackernutzung / Grünlandnutzung
angebauter Fruchtart / Fruchtfolge u.a.

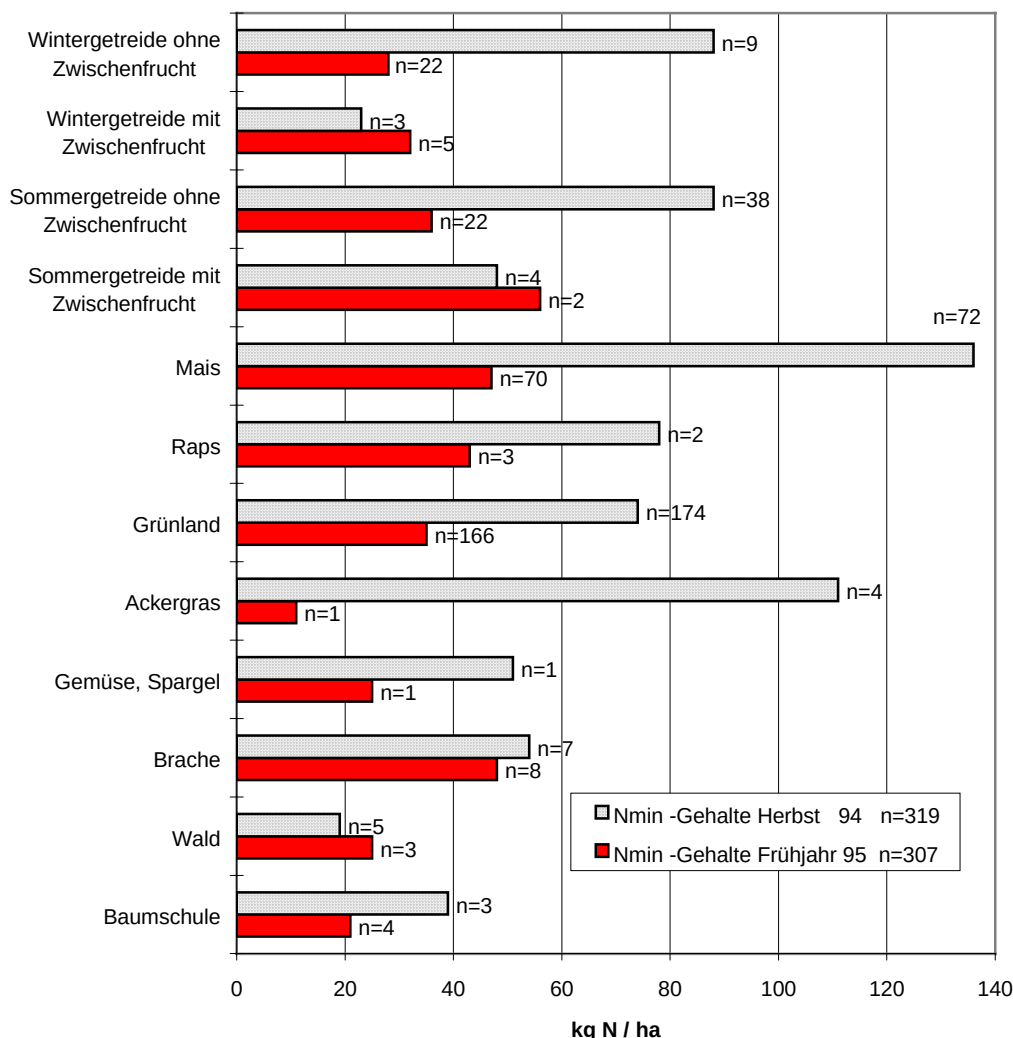
Aufgrund der Vielfältigkeit der Systemkomponenten muß es das mittelfristige Ziel sein, entsprechend den Standortgegebenheiten (z.B. Austragsgefährdung) und den landwirtschaftlichen Strukturen geeignete individuelle Konzepte für die spezifischen Regionen und einzelnen Wasserschutzgebiete zu erarbeiten und umzusetzen.

Ein wichtiger Schritt in diese Richtung wird zur Zeit durch den Aufbau eines Geo-Informationssystems (GIS) geleistet. Durch die Verknüpfung von Flächeninformationen wie Nutzung, Bodenuntersuchungsergebnisse, durchgeführte Maßnahmen mit Informationen zur Grundwassergüte und den geologischen Standortgegebenheiten können langjährige Ergebnisse und Daten zusammengeführt, visualisiert und ausgewertet werden (→ zusammenführen von geographischen Lagedaten und Sachdaten). Nutzen und Kosten von grundwasserschützenden Maßnahmen müssen mit den daraus resultierenden zielgerichteten Konzepten optimiert werden.

Ein Handlungsbedarf zur Verbesserung der Grundwasserqualität in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten wird von allen Seiten gesehen und ist seit 1992 mit der Novelle des NWG und der Einführung der Wasserentnahmegebühr stark vorangetrieben worden. Auf Ortsebene sind sog. Kooperationen zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft gegründet worden und Maßnahmen wie „freiwillige Vereinbarungen“ und „Zusatzberatung“ sollen dazu beitragen den Austrag von Nährstoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln zu reduzieren.

Das StAWA Aurich arbeitet seit 1993 im Bereich „Grundwasserschutz und Landwirtschaft“, so daß auf den folgenden Seiten zur umfangreicheren Beschreibung des Einflußfaktors Landwirtschaft Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen dargestellt werden können.

Als begleitende Maßnahmen zum Grundwasserschutz werden seit einigen Jahren landwirtschaftliche Flächen regelmäßig auf mineralischen Stickstoff untersucht ($N_{\min}$ -Untersuchungen). Die folgenden Diagramme 5.5.1 und 5.5.2 zeigen den Verlauf der $N_{\min}$ -Ergebnisse über die Jahre 1994 / 95 / 96 der untersuchten Flächen in Ostfriesland in Abhängigkeit von der Nutzung. Dargestellt sind jeweils die zusammengehörenden Herbst- und Frühjahrswerte eines Winterhalbjahres.



(Diagramm 5.5.1) $N_{\min}$ -Ergebnisse in Wasserschutzgebieten 1994/1995 nach Nutzung

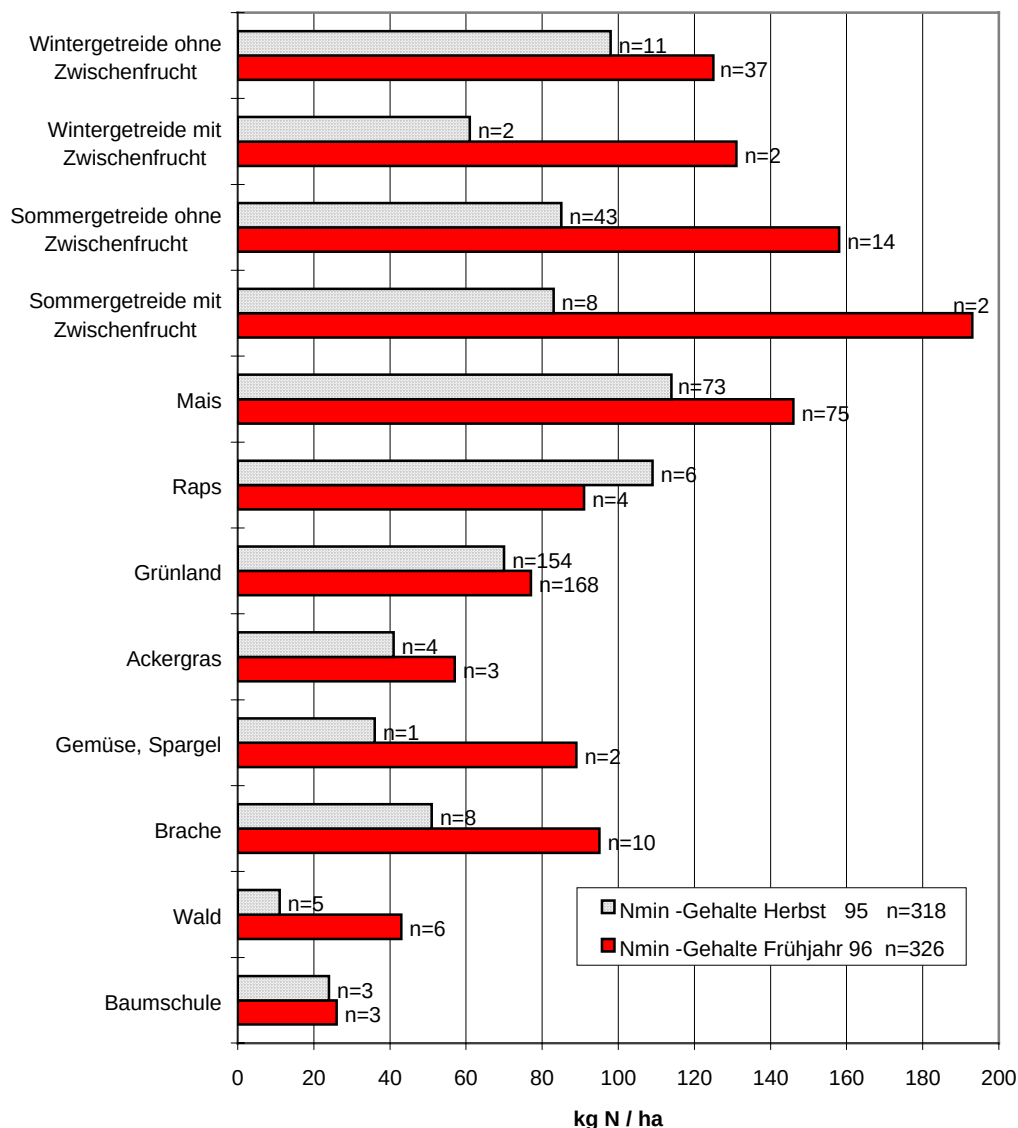
Ø Herbst 1994 = 67,4 kg N / ha

Ø Frühjahr 1995 = 34,0 kg N / ha

Anhand der Ergebnisse ist deutlich die Reduzierung bzw. der Austrag von Stickstoff aus dem oberen Bodenhorizont über Winter zu erkennen (weitgehende Vegetationsruhe, Grundwasserneubildung). Erkennbar ist auch der positive Einfluß einer Begrünung der Flächen über Winter mit einer Zwischenfrucht.

Die Differenz von Rest $N_{\min}$ im Herbst und $N_{\min}$ im Frühjahr kann ein Hinweis sein auf das Auswaschungspotential, muß aber nicht zwangsläufig der ausgewaschenen Stickstofffracht entsprechen. Hier spielen Faktoren wie z.B. Bodentemperatur, Niederschläge oder auch bereits vor Probenahmezeitpunkt durchgeführte Bodenbearbeitung und Düngung eine sehr wichtige Rolle.

Das Winterhalbjahr 95/96 (folgendes Diagramm 5.5.2) zeigt in dieser Hinsicht einen interessanten Gegensatz zu dem Winterhalbjahr 94/95.



(Diagramm 5.5.2) N_{min} -Ergebnisse in Wasserschutzgebieten 1995/1996 nach Nutzung

Ø Herbst 1995 = 65,3 kg N / ha

Ø Frühjahr 1996 = 102,0 kg N / ha

Es wurden durchweg bei den verschiedenen Nutzungen im Frühjahr höhere N_{min} -Werte festgestellt als im Herbst. Hier sind die ausgebliebenen Niederschläge im Winter 95/96 mit verantwortlich (vergl. dazu Diagramm 5.1.3).

Es darf jedoch nicht davon ausgegangen werden, daß im Winter 95/96 keine Auswaschung stattgefunden hat. Vielmehr zeigt ein solches Extremjahr das hohe Mineralisierungspotential landwirtschaftlich genutzter Böden. Dieser Sachverhalt macht auch sehr deutlich, wie wichtig es ist Bodenuntersuchungen durchzuführen, damit im folgenden Wirtschaftsjahr die noch im Boden vorhandenen Stickstoffreserven bei der Düngung Berücksichtigung finden können.

Für den Grundwasserschutz im Bereich der Landwirtschaft muß es ein Teilziel sein, Aufklärungsarbeit zu leisten, damit die $N_{\min}$ -Gehalte im Frühjahr bei der anstehenden Düngung ausreichend berücksichtigt werden, das gilt insbesondere, wenn z.B. durch den Anbau von Zwischenfrüchten Nährstoffe über Winter festgelegt wurden.

Der Bewertung einzelner $N_{\min}$ -Analysen muß eine Betrachtung der Einflußfaktoren wie langjähriges Düngungsverhalten, Fruchtfolge oder z.B. Witterung für die Einzelfläche vorausgehen. Biologische Prozesse im Boden sind stark temperaturabhängig - so auch die Mineralisation von organisch gebundenem Stickstoff in wasserlöslichen, pflanzenverfügbaren Stickstoff.

Starker Einfluß geht auch von den Niederschläge aus. Der Gehalt an Bodenwasser wirkt auf den Ablauf der biologischen Prozesse; die Grundwasserneubildung auf die Verlagerung von wasserlöslichen Nährstoffen in tiefere Schichten.

Die Niederschlagsereignisse (Diagramm 5.1.2) zeigen in Zusammenhang mit den $N_{\min}$ -Werten eine deutliche Korrelation:

- extrem hohe Niederschläge im Frühjahr 1995
 - hohe Grundwasserneubildung
 - potentiell hoher N-Austrag
 - vorgefundene $N_{\min}$ Werte im Frühjahr auf niedrigem Niveau
- extrem trockenes Winterhalbjahr 1995/96
 - geringe Grundwasserneubildung
 - potentiell geringer N-Austrag
 - vorgefundene $N_{\min}$ Werte im Frühjahr auf hohem Niveau

Zur Orientierung über die landwirtschaftlichen Flächennutzungen in den Wasserschutzgebieten des Festlandes sind in der folgenden Tabelle die Verhältnisse zur Acker-/Grünlandnutzung und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche aufgeführt.

WSG	Ackerland ha	Grünland ha	LF- Gesamt ha	Ackerland %	Grünland %
Harlingerland	313	313	626	50	50
Sandermöns	1483	3460	4944	30	70
Klein Horsten	569	1328	1898	30	70
Aurich / Egels	1548	2874	4423	35	65
Marienhaf	73	172	246	30	70
Norden / Hage	128	128	257	50	50
Tergast / Simonswolde	176	2770	2947	6	94
Leer	92	521	614	15	85
Weener	108	1098	1207	9	91
Collinghorst	342	1558	1901	18	82
Hesel / Hasselt	1153	3459	4613	25	75
Summe	5.989 ha	17.687 ha	23.677 ha	27 %	83 %

(Tabelle 5.5.1) Landwirtschaftliche Flächennutzung in den Wasserschutzgebieten

Aufgrund der überwiegend landwirtschaftlichen Flächennutzung und der Bedeutung des landwirtschaftlichen Einflusses sind relativ viele Grundwassermeßstellen bewußt in entsprechenden Einzugsbereichen eingerichtet worden bzw. lassen sich dem Einflußfaktor zuordnen. Zur Übersichtlichkeit sind die folgenden Auflistungen von Meßstellen nach Filterlagen geordnet.

Meßstellen der Tabelle 5.5.2 liegen im Einflußbereich landwirtschaftlicher Nutzung und weisen eine Filterlage kleiner 9 Meter unter Geländeoberkante auf. Diese Meßstellen sind als sehr flach verfiltert zu bezeichnen und erfassen das oberflächennahe Grundwasser.

Die Analysen dieser Meßstellen zeigen oft ein zyklisches Verhalten, da sich im oberflächennahen Bereich die wechselnden Intensitäten der Nährstoffauswaschung am deutlichsten auswirken. Einzelproben in einer Zeitreihe können untereinander ein abweichendes Ergebnis aufweisen (Dynamik).

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Co) B 5	7	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) Pb 7	4,5	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(He) LBH 1	2,6	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(He) LBH 13	3,5	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(Kh) 141	5	Landwirtschaft		Klein Horsten
(Kh) 42	8	Landwirtschaft		Klein Horsten
(Sa) 167	6	Landwirtschaft	Siedlung	Sandelermöns
(Sa) 169	6	Landwirtschaft	Moor	Sandelermöns
(Sa) 173	6	Landwirtschaft		Sandelermöns
(Sa) 177	6	Landwirtschaft		Sandelermöns
(Sa) 181	6	Landwirtschaft		Sandelermöns
(Sa) 186	6	Landwirtschaft		Sandelermöns
(Sa) 188	6	Landwirtschaft	Teich	Sandelermöns
(Si) 14	8	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(Si) 8	8,5	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(Si) 9	6,5	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(SL) 28 / 6,5	6,5	Landwirtschaft		Leer / Heisfelde
(SL) 45 G	7	Landwirtschaft		Leer / Heisfelde
(SL) 47 G	7	Wald	Landwirtschaft	Leer / Heisfelde
(Te) 2	5,5	Landwirtschaft	(Bundesbahn)	Tergast / Simonswolde
(We) B 02	7	Ems	Landwirtschaft	Weener / Ems
(We) B 03	7	Landwirtschaft	Siedlung	Weener / Ems
(We) B 04	5	Landwirtschaft		Weener / Ems
(We) B 05	5	Landwirtschaft	(Baumschule)	Weener / Ems
(We) B 06	4	Altablagerung	Landwirtschaft	Weener / Ems
(We) B 07	8	Altablagerung	Landwirtschaft	Weener / Ems
(We) P 25 c	5	Landwirtschaft		Weener / Ems
(We) P 28 b	4,3	Landwirtschaft		Weener / Ems
(We) P 62	3,5	Landwirtschaft		Weener / Ems
(We) P 63	3,5	Landwirtschaft		Weener / Ems
Stapelmoor I	7	Landwirtschaft	Ems	Weener / Ems

(Tabelle 5.5.2) 31 Meßstellen im landwirtschaftlichen Einfluß
Unterkante Filter < 9 m uGOK

Die Meßstellen der Tabelle 5.5.3 weisen eine Filterlage von Unterkante Filter zwischen 9 und 20 Meter unter Geländeoberkante auf und erfassen den oberen Aquifer. Auch in dieser Meßstellengruppe ist durch den oberflächennahen Ausbau eine ausgeprägte Dynamik zu erwarten.

Name	UK_Filter GOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Au) 95	10	Landwirtschaft	Bodenabbau	Aurich / Egels
(Co) B 1	10	Landwirtschaft	Siedlung	Collinghorst
(Co) B 2	10	Landwirtschaft		Collinghorst
(Co) B 3	10	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Co) B 4	10	Moor	Landwirtschaft	Collinghorst
(Ha) 209	14	Landwirtschaft		Harlingerland
(Ha) 213	9	Landwirtschaft		Harlingerland
(Ha) 214	10	Landwirtschaft	Teich	Harlingerland
(He) LBH 23	10	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(He) LBH 25	10	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(He) Pb 25	16		Landwirtschaft	Hesel / Hasselt
(Hg) B 1	10	Landwirtschaft	Siedlung	Norden / Hage
(Hg) B 2	10	Landwirtschaft		Norden / Hage
(Hg) B 4	10	Landwirtschaft	Siedlung	Norden / Hage
(Hg) B 5	10	Landwirtschaft	Teich	Norden / Hage
(Kh) 137	10	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(Kh) 138	10	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(Kh) 140	9	Landwirtschaft		Klein Horsten
(Kh) 43	11	Landwirtschaft		Klein Horsten
(Kh) 44	11	Landwirtschaft		Klein Horsten
(SB) 2	15	Landwirtschaft		Einzugsgebiet Schatteburg
(SB) 3	14	Landwirtschaft		Einzugsgebiet Schatteburg
(Si) 12	10	Landwirtschaft	Teich	Tergast / Simonswolde
(Si) 13	10	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(Si) 7	9,5	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(SL) 46 G	10	Landwirtschaft	Siedlung	Leer / Heisfelde
(Te) 10	10	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(Te) 9	10	Landwirtschaft		Tergast / Simonswolde
(We) 26 a	13	Landwirtschaft		Weener / Ems
(We) B 01	9	Ems	Landwirtschaft	Weener / Ems
Ardorf I	9	Landwirtschaft	Moor	nein
Ditzumerverlaat I	14	Landwirtschaft	Ems	nein
Negenbargen I	9	Landwirtschaft	Wald	nein
Nortmoor I	13	Landwirtschaft	Moor	nein
Petkum I	10	Landwirtschaft	Ems	nein

(Tabelle 5.5.3) 35 Meßstellen im landwirtschaftlichen Einfluß
Unterkante Filter ≥ 9 m und < 20 m uGOK

Bei den Meßstellen der dritten Gruppe befindet sich die Filterunterkante tiefer als 20 Meter unter der Geländeoberfläche. Ähnlich wie beim Einflußfaktor Wald und Moor sind diese Meßstellen dazu geeignet bzw. mit aufgenommen worden, um die Tiefenverlagerung von Nährstoffen zu erfassen.

Das Einzugsgebiet ist von der Meßstelle weiter entlegen. Eine Zuordnung zum Einflußfaktor Landwirtschaft wird damit schwieriger. Die Filterstrecke befindet sich bereits im tieferen Aquifer.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Au) 54	21	Landwirtschaft	Bodenabbau	Aurich / Egels
(Au) 59	30	Landwirtschaft		Aurich / Egels
(Ha) 211	27		Landwirtschaft	Harlingerland
(Ha) 212	38		Landwirtschaft	Harlingerland
(He) Pb 15	26	Landwirtschaft	Wald	Hesel / Hasselt
(He) Pb 16a	21		Landwirtschaft	Hesel / Hasselt
(He) Pb 9	25	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(He) Pb 38	32	Landwirtschaft		Hesel / Hasselt
(Kh) 101	34	Wald	Landwirtschaft	Klein Horsten
(SB) FB 1	20,5	Landwirtschaft		Einzugsgebiet Schatteburg
(SL) 6 / 44	44	Landwirtschaft	Ems	Leer / Heisfelde
(SL) 8 / 44	44		Landwirtschaft	Leer / Heisfelde
(Te) 3	30,3	Ems	Landwirtschaft	Tergast / Simonswolde
Hopels I	42	Wald	Landwirtschaft	nein
Ludwigsdorf I	39	Landwirtschaft		nein
Schatteburg I	32	Landwirtschaft		nein
Stapelmoor II	43	Ems	Landwirtschaft	Weener
Südmoor II	61		Landwirtschaft	nein
Tjücher Wilde I	26	Landwirtschaft	Siedlung / Garten	nein
Westrhauderfehn I	38	Gartenbau	Landwirtschaft	Collinghorst
Greetsiel I	20	Küste	Landwirtschaft	nein
Kleinsande I	20	Landwirtschaft	Küste	nein
Südmoor I	20	Moor	Landwirtschaft	nein
Woquard I	20	Landwirtschaft	Küste	nein
Wymeer I	23	Landwirtschaft		nein

(Tabelle 5.5.4) 25 Meßstellen im landwirtschaftlichen Einfluß
Unterseite Filter ≥ 20 m uGOK

Die Karte 5.5 zeigt die Grundwassergütemeßstellen im landwirtschaftlichen Einflußbereich nach Filterlage geordnet.

5.6 Bodenabbau

Unter dem Oberbegriff „Bodenabbau“ wird die Gewinnung von Sand, Kies oder Ton bezeichnet. Zwischen dem Bodenabbau und der Trinkwassergewinnung besteht ein Interessenkonflikt. Aus Sicht des Grundwasserschutzes können in Zusammenhang mit dem Bodenabbau folgende Kriterien einen negativen Einfluß auf die Grundwasserqualität haben:

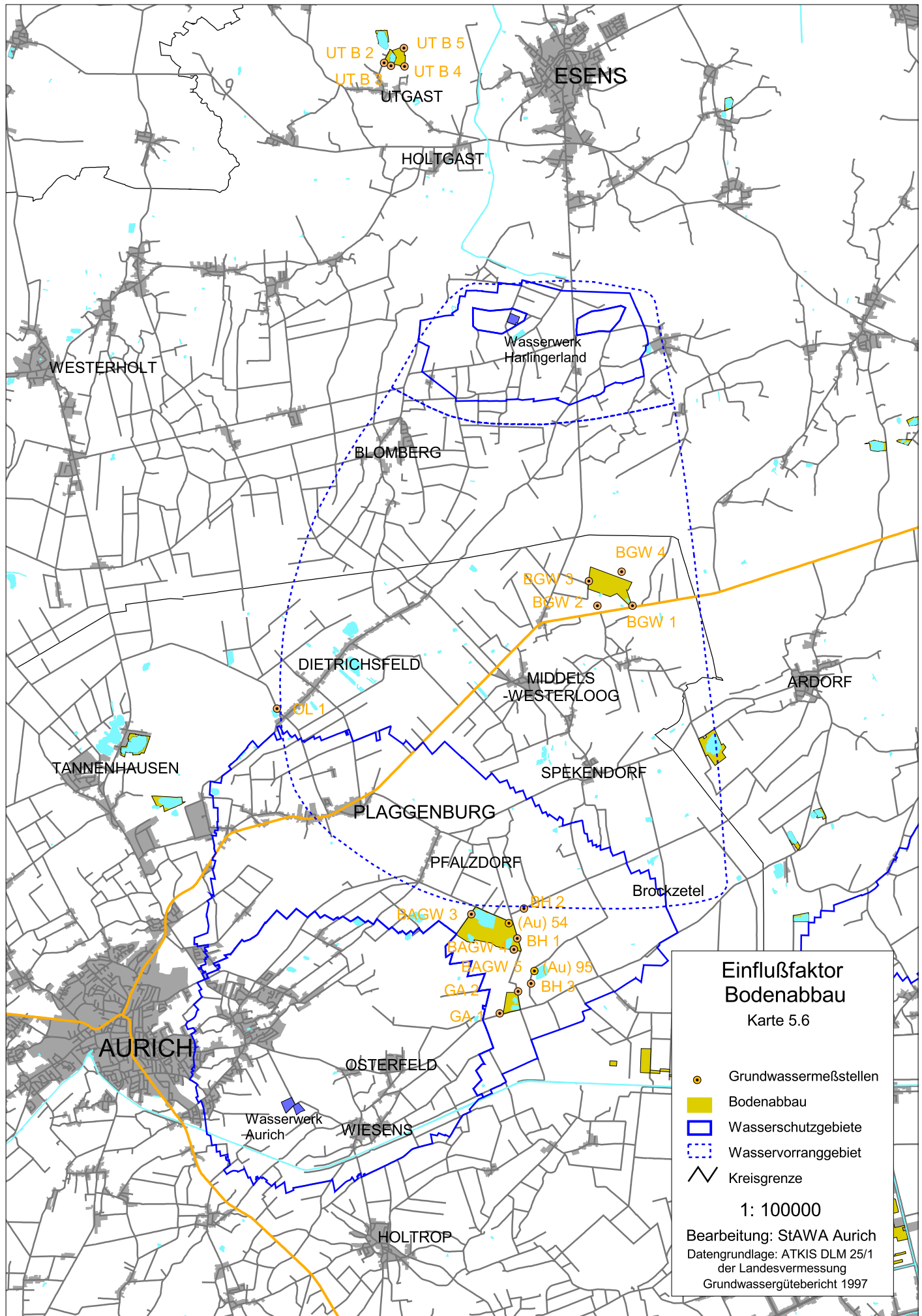
- Entfernung von schützenden Deckschichten
- Freilegung des Grundwassers, dadurch
 - Milieuveränderung aufgrund physikochemischer und biologische Prozesse
z.B. Sauerstoffeintrag, Temperaturveränderungen, pH-Verschiebung
 - höhere potentielle Gefährdung durch Schadstoffeinträge (Unfälle)
 - hygienische Gefährdung bei Nutzung als Badensee oder Fischzuchtgewässer
- Wiederverfüllung mit standortuntypischem oder gar kontaminiertem Bodenmaterial
- Veränderungen der Grundwasserströmung

Die Nutzungskonkurrenz verschärft sich dadurch, daß sich aufgrund der geologischen Gegebenheiten die Lagerstätten häufig gerade in den ohnehin sensiblen Bereichen der Wasserschutz- oder Vorranggebieten befinden. Die Einrichtung von Grundwassermeßstellen und die kontinuierliche Qualitätsüberwachung ist ein wichtiges Kriterium im Rahmen der wasserrechtlichen Genehmigung von Bodenabbauvorhaben.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Au) 54	21	Landwirtschaft	Bodenabbau	Aurich / Egels
(Au) 95	10	Landwirtschaft	Bodenabbau	Aurich / Egels
(Kh) 39	5	Teich	Bodenabbau	Klein Horsten
BAGW 3	10	Bodenabbau		Aurich / Egels
BAGW 4	7	Bodenabbau		Aurich / Egels
BAGW 5	26	Bodenabbau		Aurich / Egels
BGW 1	10	Bodenabbau		Vorranggebiet Harlingerland
BGW 2	7	Bodenabbau		Vorranggebiet Harlingerland
BGW 3	17	Bodenabbau		Vorranggebiet Harlingerland
BGW 4	17	Bodenabbau		Vorranggebiet Harlingerland
BH 1	10	Bodenabbau		Aurich / Egels
BH 2	10	Bodenabbau		Aurich / Egels
BH 3	10	Bodenabbau		Aurich / Egels
GA 1	12	Bodenabbau		Aurich / Egels
GA 2	10	Bodenabbau		Aurich / Egels
OL 1	13	Bodenabbau	Altablagerung	nein
UT B 2	5,8	Bodenabbau		nein
UT B 3	5,3	Bodenabbau		nein
UT B 4	20,2	Bodenabbau		nein
UT B 5	19,8	Bodenabbau		nein

(Tabelle 5.6) Meßstellen im Einfluß von Bodenabbau

Die Karte 5.6 zeigt eine Auswahl zusammen liegender Meßstellen in anderem Maßstab (1:100.000) um die Problematik des Bodenabbaus zur Lage in den Wasserschutzgebieten (hier z.B. Aurich / Egels und Harlingerland) zu verdeutlichen. Insbesondere im Raum Pfalzdorf / Brockzetel des Wasserschutzgebietes Aurich handelt es sich um sehr austragsgefährdete Areale, mit geringer Pufferkapazitäten und ohne ausgeprägte Deckschichten.



5.7 Altablagerungen

Das Problem des Entstehens altlastverdächtiger Flächen ist eng mit der Entwicklung der modernen Industrie- und Konsumgesellschaft, der betrieblichen Praxis und der Praxis der Abfallbeseitigung in früheren Jahren verbunden. Neben den genehmigten und geduldeten Abfallablagerungsplätzen gab es bis 1972 eine große Zahl "wilder" Müllkippen. Erst mit dem Inkrafttreten des Abfallbeseitigungsgesetzes im Jahre 1972 ist es gelungen, eine umfassende Neuordnung der Abfallbeseitigung einzuleiten.

Zur Beurteilung von Gefährdungen für Mensch und Umwelt sind altlastverdächtige Flächen einer Gefährdungsabschätzung zu unterziehen, damit über ihre Einstufung als **Altlasten** entschieden werden kann. Zur landeseinheitlichen Erkundung und Bewertung von Altablagerungen wird nach dem „**Altlastenprogramm des Landes Niedersachsen - Altablagerungen**“ (Kurzform: Altlastenprogramm) verfahren.

Es dient der fachlichen Unterstützung der zuständigen (NABfG § 42) Bezirksregierungen, Landkreise und abfallentsorgungspflichtigen Städte in Niedersachsen bei allen Problemen im Zusammenhang mit der Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung von altlastverdächtigen Flächen. Neben **Altstandorten** (Grundstücke stillgelegter Anlagen der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlicher Einrichtungen) sind hierunter **Altablagerungen** (verlassene und stillgelegte Ablagerungsplätze von Gewerbe- und Siedlungsabfällen) zu verstehen.

Die Bearbeitung nach dem Altlastenprogramm erfolgt schrittweise, unterschieden nach den Hauptphasen:

Erfassung	Phase I	
Erstbewertung	Phase II	Beweisniveau 1
Orientierungsuntersuchung	Phase III A	Beweisniveau 2
Detailuntersuchung	Phase III B	Beweisniveau 3
Sanierungsuntersuchung	Phase IV	Beweisniveau 4

Jede Phase schließt mit einem Bewertungsschritt ab. Die Regionale Bewertungskommission (RBK), unter Vorsitz des StAWA, ermittelt in Abhängigkeit vom jeweils erreichten Beweisniveau Handlungsempfehlungen für die zuständige Behörde.

In der Phase IIIA, der Orientierungsuntersuchung, sind Erkundungsmaßnahmen durchzuführen, damit vorliegende Gefahrenverdachtspunkte aus der Erstbewertung geklärt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, auf welchem Emissionspfad (Wasser, Boden, Luft) umweltbelastende Stoffe von der Altablagerung zu den Schutzgütern gelangen. Eine Gefährdungsabschätzung ist erst dann abgeschlossen, wenn alle Emissionspfade untersucht und bewertet sind.

Nicht jede Ablagerung von Abfallstoffen birgt Gefahren. Sie sind abhängig von den geologischen und hydrologischen Standortverhältnissen, den abgelagerten Abfallarten und der Lage zu schützenswerten Gütern und Nutzungen. Die Erfahrung der Altlastenbearbeitung zeigt, dass zahlreiche Verfüllungen und Aufschüttungen der Vergangenheit ohne Risiko für Mensch und Umwelt sind, sofern keine direkte Nutzung des kontaminierten Areals erfolgt.

In der Regel sind in der Vergangenheit natürliche Niederungsgebiete, offengelassene Bodenabbaustätten oder Gräben (auch Burggräben) als Abfallablagerungsplätze genutzt bzw. von den zuständigen Gemeinden zugewiesen worden. Diese Areale befanden sich seinerzeit am Ortsrand, d.h. unweit des Anfallortes; heute stellen diese Areale, die z.T. beträchtliche Ausmaße annehmen, die kommunalen Planer vor große Probleme, so daß Bebauungspläne nicht oder nur mit erheblich höheren Kosten realisiert werden können.

Zudem schränken diese Gebiete den Wohnwert ein und führen zu Einschränkungen; so ist z.B. oft der Betrieb von Hausbrunnen abzuraten.

Ein besonderes Problem stellt die häufig beobachtete Belastung des Grundwassers durch Altablagerungen dar. Hier besteht die Möglichkeit der Schadstoffaufnahme bei der Verwendung als Trinkwasser und zwar nicht nur aus privaten Brunnen. Denn hinsichtlich der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist zu beachten, daß nicht alle altlastspezifischen Stoffe durch die Routineanalysen nach der Trinkwasserverordnung (TVO) erfaßt werden. Deshalb muß gezielt nach den jeweiligen altlastspezifischen Stoffen gesucht werden.

Voraussetzung für die Untersuchung der Grundwasserströmungsverhältnisse und der Grundwasserbeschaffenheit sind geeignete Meßstellen. Diese müssen sich an der jeweiligen spezifischen Problemstellung orientieren, denn Anzahl und Anordnung, Tiefe und Ausbau der Meßstellen sind von entscheidender Bedeutung für die Aussagekraft der an ihnen gewonnenen Untersuchungsergebnisse.

Ideal ist die Einrichtung solcher Meßstellen, die sowohl die Erfassung der für die Gefahrenbeurteilung wichtigen hydrologischen als auch hydrochemischen Informationen ermöglichen. Dies setzt aber Grundkenntnisse der hydrogeologischen Verhältnisse voraus, z.B. der Grundwasserfließrichtung, die vielfach erst mit Hilfe von eingerichteten Meßstellen gewonnen werden können.

Zur vertikalen Erfassung des Grundwasserleiters werden Meßstellen an einer Örtlichkeit in unterschiedlichen Tiefen verfiltert. Je nach Vorkennntnis und Kompliziertheit der hydrogeologischen Gegebenheiten, nach Größe der Altablagerung und ihrer Lage zur Grundwasserfließrichtung sowie orientiert an der Art der gewünschten Informationen werden daher unterschiedlich viele, verschieden angeordnete und ausgebaute Meßstellen benötigt.

So werden je Altablagerung mindestens drei Grundwassermeßstellen, als sogenanntes hydrologisches Dreieck, zur Beprobung des Grundwassers niedergebracht; eine zur Nullmessung im Anstrombereich und zwei zur Belastungsmessung im Abstrombereich der Altablagerung.

Zur Orientierungsuntersuchung wird zunächst ein feststehendes chemisches Untersuchungsprogramm angewandt. Im Falle auffälliger Ergebnisse (z.B. Erhöhung von Summenparametern) sind weitere Grundwasseranalysen mit ergänzenden Parametern zur Gefahrenbeurteilung anzuschließen.

Insgesamt befinden sich an den bisher erkundeten Altablagerungen in Ostfriesland rund 300 Meßstellen, die jeweils mindestens dreimal beprobt wurden. Dies ergibt etwa 900 Analysen, die Rückschlüsse auf die Grundwasserqualität im Bereich der Altablagerungen erlauben. Da die Vielzahl der Analysen den Rahmen des Grundwassergüteberichtes sprengen, bleibt die Auswertung einem gesonderten Bericht vorbehalten. Die Lage der Altablagerungen sind der Karte 5.7 zu entnehmen.

Region	Altablagerungen	Geologie
Insel	16	Dünensande, Wattsedimente
Marsch	212	Klei, Niedermoortorf
Geest	102	Schmelzwassersande, Geschiebelehm, "Lauenburger Ton"
Summe	330	

(Tabelle 5.7) Zahl der Altablagerungen im Dienstbezirk des StAWA Aurich

Die Anzahl der Altablagerungen in Ostfriesland und die regionale Zuordnung ist der o.a. Tabelle 5.7 zu entnehmen. Von den insgesamt 330 Standorten wird voraussichtlich die Bearbeitung bei etwa 220 Standorten (70 %) mit der Erstbewertung und ggf. einer weiteren Kontrolle der Grundwasserqualität, bei etwa 90 Standorten (27 %) mit der Gefahrenbeurteilung und der weiteren Kontrolle von Emissionspfaden und bei etwa 10 Standorten (3 %) mit einer Sicherung und Sanierung abschließen.

5.8 Siedlung

Meßstellen, deren Einzugsgebiete sich in urbanisierten Gebieten befinden sind unter dem Einflußfaktor „Siedlung“ zusammengefaßt worden. Dazu zählen z.B. sowohl die Förderbrunnen (SL) VB 1 und (SL) VB 2 des Wasserwerkes Leer, die sich am Stadtrand von Leer befinden, als auch die Meßstelle (Hg) B 1 am Ortsrand von Hage, deren Analysen auf einen Salzeintrag aus dem Straßenunterbau hindeuten.

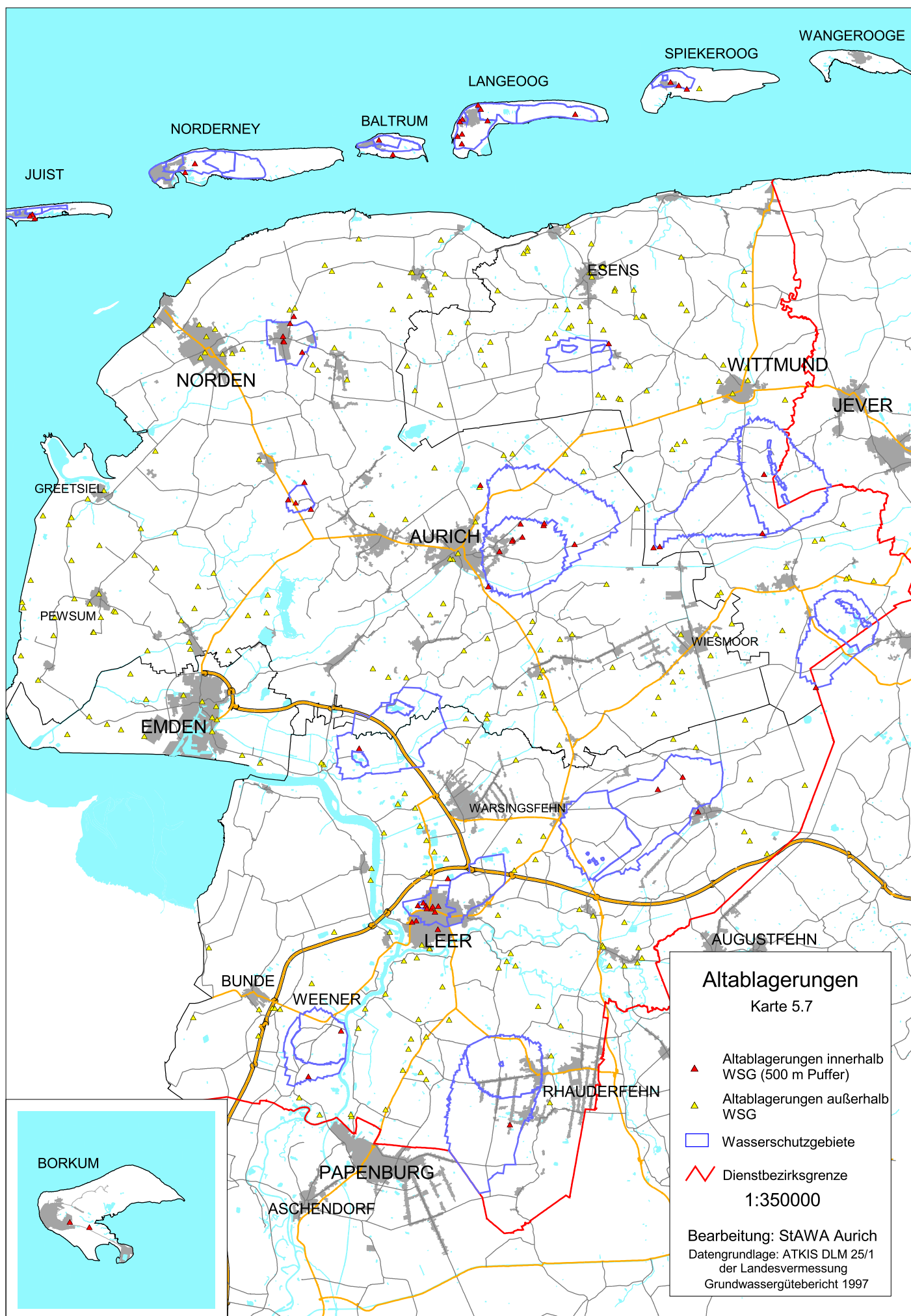
Viele z.T. noch zu wenig beachtete Faktoren machen die menschliche Ansiedlung in unserem Zeitalter zu einem Problem für die Grundwasserqualität, insbesondere für die Trinkwassergewinnung. Dazu zählen z.B.:

- potentielle Gefährdung durch Tankstellen und Heizöltanks
- Industrie- und Gewerbebetriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- ehemalige Industrie- und Gewerbebetriebe, sog. Altstandorte
- Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln in Hausgärten
- Austritt von Abwasser aus defekten Kanalleitungen
- Versickerung von verschmutztem Oberflächenwasser von Verkehrswegen

Die vorhandene Meßstellendichte, die diesen Einfluß erfassen könnte ist im Verhältnis zur potentiellen Gefährdung nicht groß, so daß hier durchaus noch mehr Informationsbedarf besteht bzw. zukünftige Güteuntersuchungen in diese Richtung noch intensiviert werden sollten.

Name	UK_Filter uGOK (m)	Einfluß primär	Einfluß sekundär	Wasserschutzgebiet
(Co) B 1	10	Landwirtschaft	Siedlung	Collinghorst
(Hg) B 1	10	Siedlung	Landwirtschaft	Norden / Hage
(Hg) B 4	10	Landwirtschaft	Siedlung	Norden / Hage
(Hg) FB 1	62		Siedlung	Norden / Hage
(Hg) PB f	52	Siedlung		Norden / Hage
(Sa) 167	6	Landwirtschaft	Siedlung	Sandelermöns
(Si) 11	8,5	Siedlung	Teich	Tergast / Simonswolde
(SL) 24 / 51	51		Siedlung	Leer / Heisfelde
(SL) 46 G	10	Landwirtschaft	Siedlung	Leer / Heisfelde
(SL) 9 / 44	44		Siedlung	Leer / Heisfelde
(SL) VB 1	58		Siedlung	Leer / Heisfelde
(SL) VB 2	71		Siedlung	Leer / Heisfelde
(We) B 03	7	Landwirtschaft	Siedlung	Weener / Ems

(Tabelle 5.8) Meßstellen im Einfluß von Siedlungen



6. Dynamik

Das Grundwasser unterliegt vielfältigen Einflußfaktoren. Die unterschiedliche Intensität der Einflüsse und die damit verbundenen physikochemischen und biologischen Wechselwirkungen verleihen der Grundwasserqualität eine Dynamik.

Das Ziel des vorbeugenden Grundwasserschutzes muß es sein, diese Dynamik zu erkennen, um bei einer negativen Veränderung (z.B. im Sinne der Trinkwassernutzung) rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

In diesem Kapitel werden die für die Trinkwassernutzung in Ostfriesland vorrangigen dynamischen Prozesse der Anreicherung mit Nährstoffen, der Versauerung des Grundwassers verbunden mit Auswaschung von Metallionen und der Versalzung des küstennahen Grundwassers beschrieben.

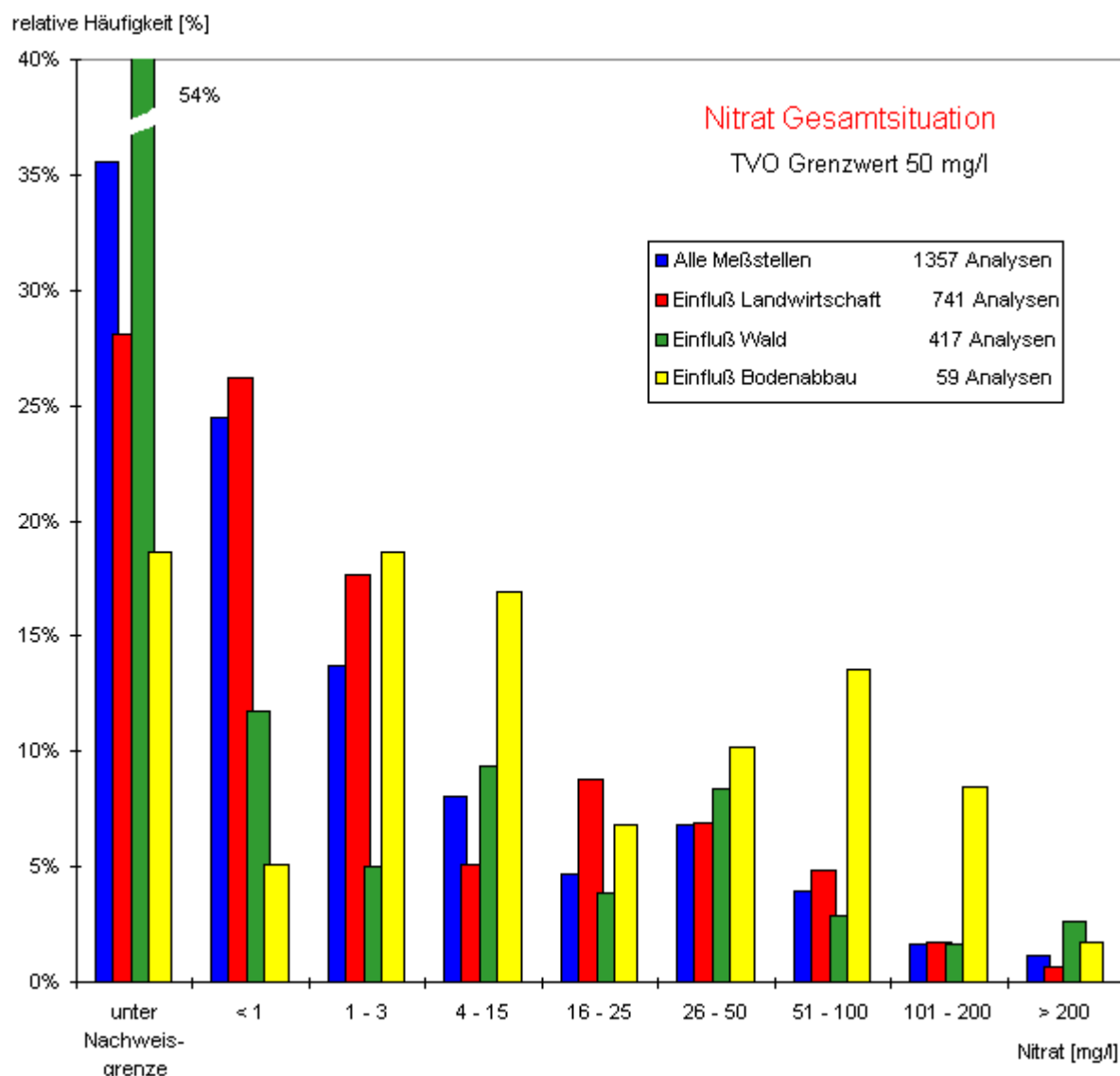
Für die Beschreibung der dynamischen Prozesse stehen von den z.Zt. der Berichtverfassung vorliegenden und in Kapitel 2 aufgeführten **197 Meßstellen** insgesamt **1.405 Analysen** zur Verfügung. Auf die Dynamik von Einzelmeßstellen wird dabei bewußt nur beispielhaft eingegangen, da sonst in jedem Einzelfall das gesamte Spektrum der Parameter und Analysen sowie die Standortgegebenheiten berücksichtigt werden muß. Die folgenden Auswertungen geben einen Überblick über die Gesamtsituation der Grundwassergüte und deren Veränderungen.

6.1 Nährstoffe

Als Standardparameter für die Nährstoffbelastung sind die wichtigen Pflanzennährstoffe Nitrat und Ammonium (Stickstoffverbindungen) sowie Kalium ausgewertet worden. Die folgenden graphischen Darstellungen eines Parameters sind wie nachstehend strukturiert:

1. Histogramm über alle vorliegenden Analysen und Meßstellen von einem Parameter
→ **Gesamtsituation**

Histogramm über alle vorliegenden Analysen der Meßstellen im Einflußbereich **A**
Histogramm über alle vorliegenden Analysen der Meßstellen im Einflußbereich **B**
→ **Intensität der Einflußfaktoren**
2. Histogramm über vorliegende Analysen für **1993** der Meßstellen im Einflußbereich **A**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1994** der Meßstellen im Einflußbereich **A**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1995** der Meßstellen im Einflußbereich **A**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1996** der Meßstellen im Einflußbereich **A**
→ **Tendenz unter Einfluß A**
3. Histogramm über vorliegende Analysen für **1993** der Meßstellen im Einflußbereich **B**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1994** der Meßstellen im Einflußbereich **B**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1995** der Meßstellen im Einflußbereich **B**
Histogramm über vorliegende Analysen für **1996** der Meßstellen im Einflußbereich **B**
→ **Tendenz unter Einfluß B**
4. Parameter in Abhängigkeit zur Unterkante des Filters und Jahr
→ **Tiefenverlagerung**



(Diagramm 6.1.1) Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde (**gesamter Datenbestand**)

→ Gesamtsituation

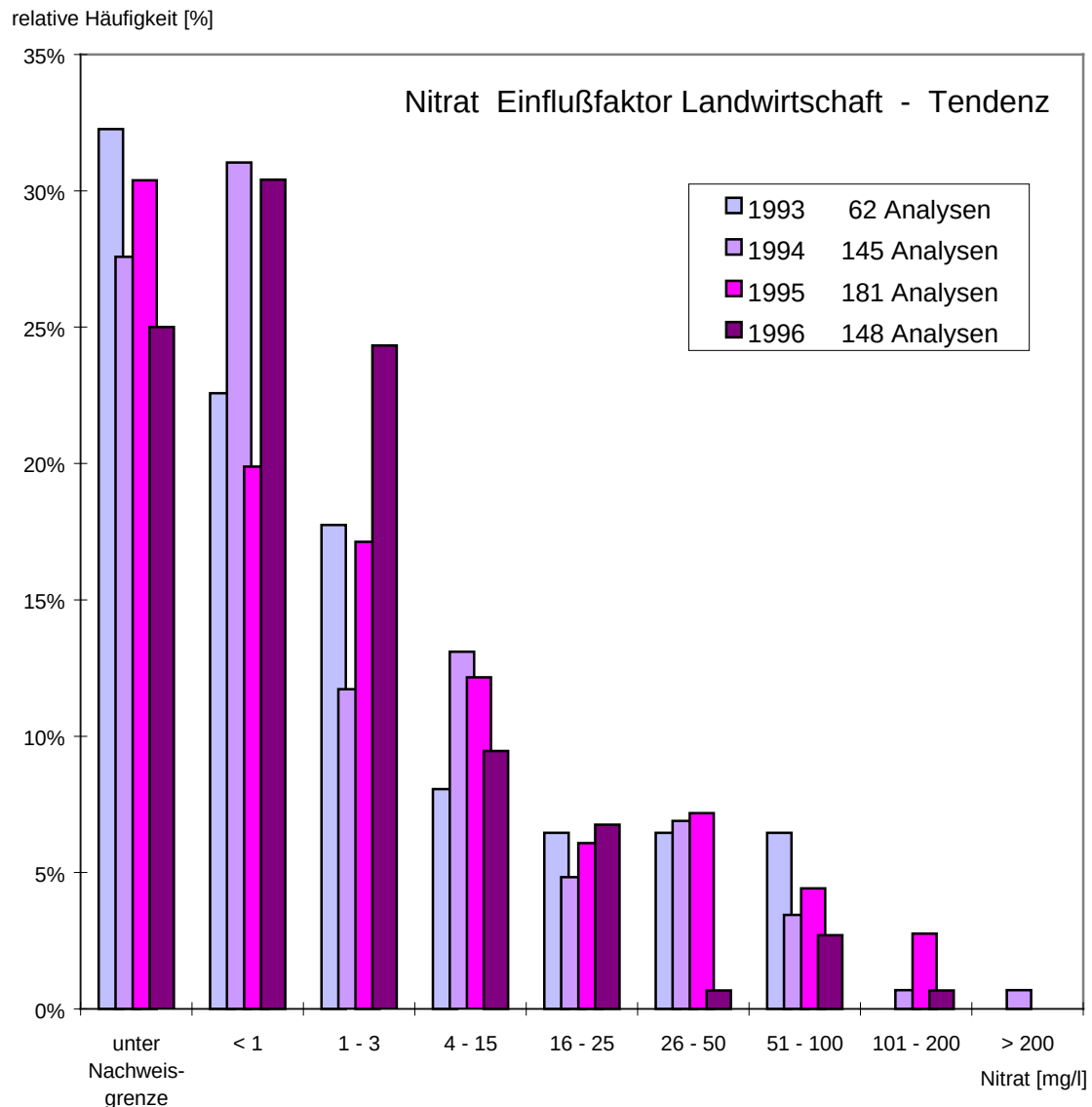
Es konnte kein Nitrat nachgewiesen werden in
EU-Richtwert von 25 mg Nitrat / l wird bei
TVO Grenzwert * von 50 mg Nitrat / l wird bei
*(Grenzwert für Trinkwasser!)

36 % aller Analysen.
14 % aller Analysen überschritten.
7 % aller Analysen überschritten.

→ Intensität der Einflußfaktoren

Einfluß Landwirtschaft	15 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Wald	16 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Bodenabbau	34 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l

Viele Meßstellen auf den leichten Standorten an Bodenabbaustätten weisen extrem hohe Nitratkonzentrationen über 50 mg/l auf. Nitratkonzentrationen unter 3 mg/l werden verstärkt in landwirtschaftlich beeinflussten Meßstellen gefunden. Obwohl bei Meßstellen im Wald die meisten Analysen ohne Nitratbefund geblieben sind, ergeben sich dort an vielen Meßstellen auffallend hohe Konzentrationen und sogar 8% der Analysen liegen im Wald über dem TVO Grenzwert von 50 mg/l.



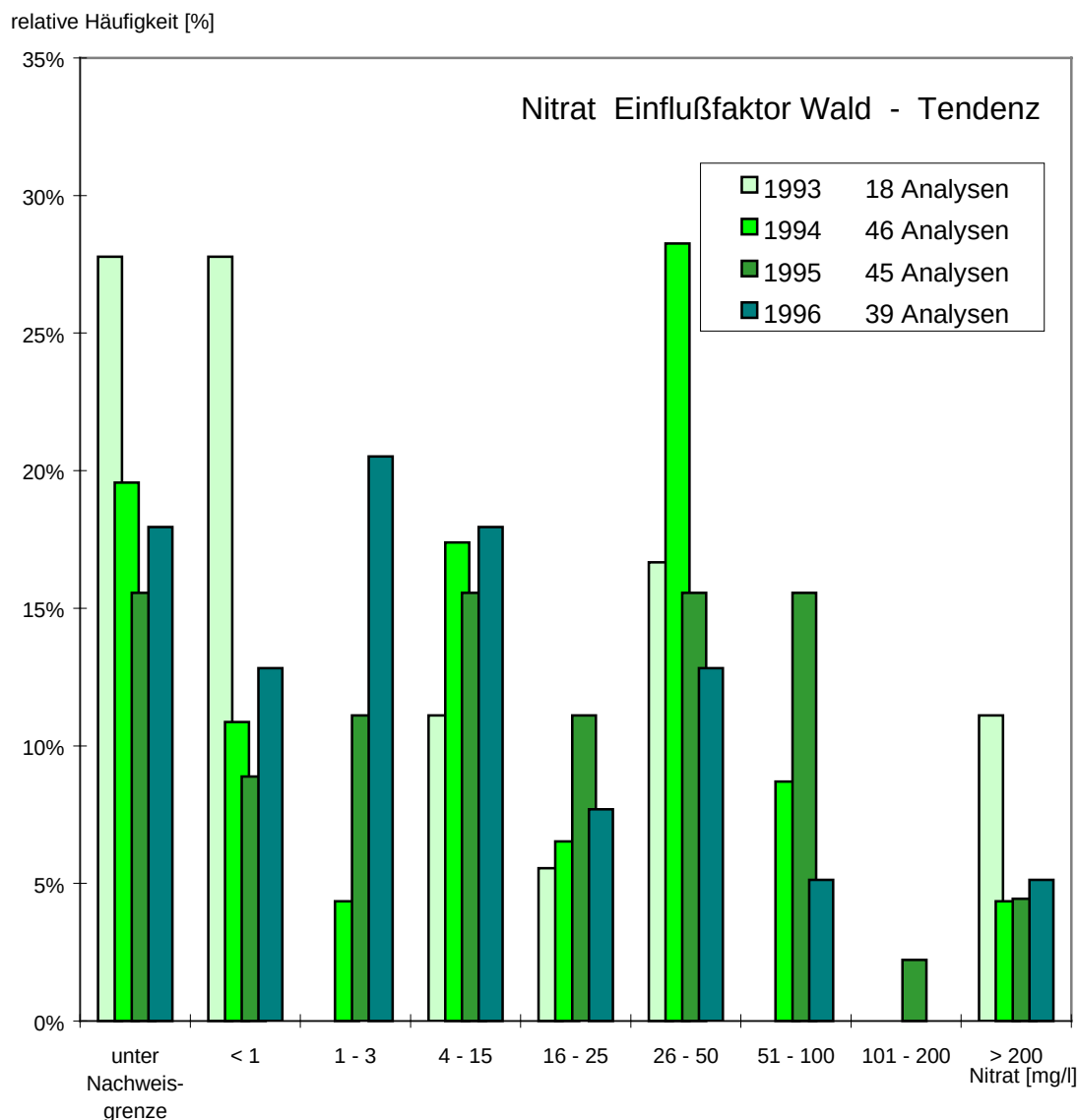
(Diagramm 6.1.2) Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Landwirtschaft

→ Tendenz unter Einfluß Landwirtschaft

Einfluß Landwirtschaft 1993	12 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Landwirtschaft 1994	12 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Landwirtschaft 1995	14 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Landwirtschaft 1996	5 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l

Im Untersuchungsjahr 1996 sind deutlich weniger Nitratkonzentrationen über 25 mg/l gemessen worden. Das Spektrum der Meßstellen ist in etwa gleich geblieben - viele Meßstellen, die 1995 noch hohe Nitratgehalte aufwiesen, sind 1996 deutlich geringer belastet. Ursache könnten die sehr geringen Niederschläge im Winterhalbjahr 95/96 sein, welche die Verlagerung bzw. Auswaschung der Nitrationen verringert haben (vergl. Diagramm 5.1.3 - Winterniederschläge und Diagramm 5.5.2 - N_{min} - Ergebnisse)

Gegenüber 1993 und den Vorjahren ist eine Zunahme von extrem belasteten Meßstellen von über 100 mg Nitrat / l zu verzeichnen. Dabei sind insbesondere die Meßstellen (Au) 95, (Sa) 169 und (Sa) 186 zu nennen.



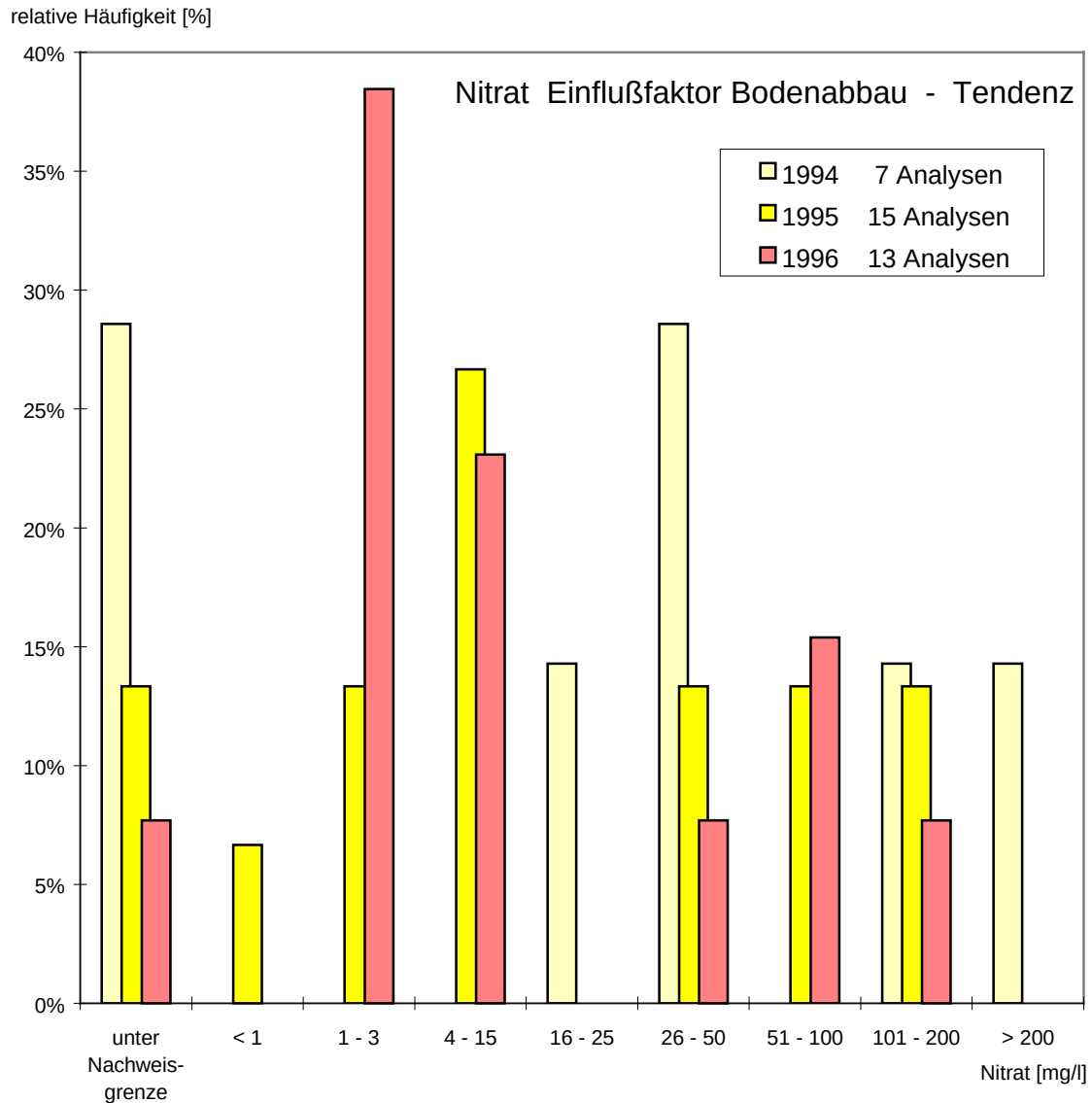
(Diagramm 6.1.3) Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Wald

→ **Tendenz unter Einfluß Wald**

Einfluß Wald 1993	28 %	(19%)*	der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Wald 1994	41 %	(39%)*	der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Wald 1995	38 %	(34%)*	der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Wald 1996	23 %	(19%)*	der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l

Das Niveau der Nitratkonzentrationen im Wald ist insgesamt relativ hoch - viele Analysen weisen über mehrere Jahre Nitratgehalte über 4 mg/l auf (Ø 56%). Auch im Einfluß von Wald ist 1996 wie im Einfluß von Landwirtschaft eine Verschiebung der hohen Nitratkonzentrationen hin zu den Konzentrationen von 1 bis 15 mg/l festzustellen. Hier ist ebenfalls der verringerte Austrag bzw. geringere Eintrag von Luftschadstoffen aufgrund der ausgebliebenen Niederschläge im Winterhalbjahr 95/96 vermutlich die Ursache.

* Die gemessenen Konzentrationen von über 200 mg Nitrat/l sind der Meßstelle (He) Pb 3 zuzuordnen, die offensichtlich nicht allein durch den Forst beeinflusst wird. Hier laufen noch Untersuchungen, um die Quelle des Nährstoffeintrages zu lokalisieren; die Werte in Klammern sind ohne die Meßstelle (He) Pb 3 berechnet!



(Diagramm 6.1.4) Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Bodenabbau

→ **Tendenz unter Einfluß Bodenabbau**

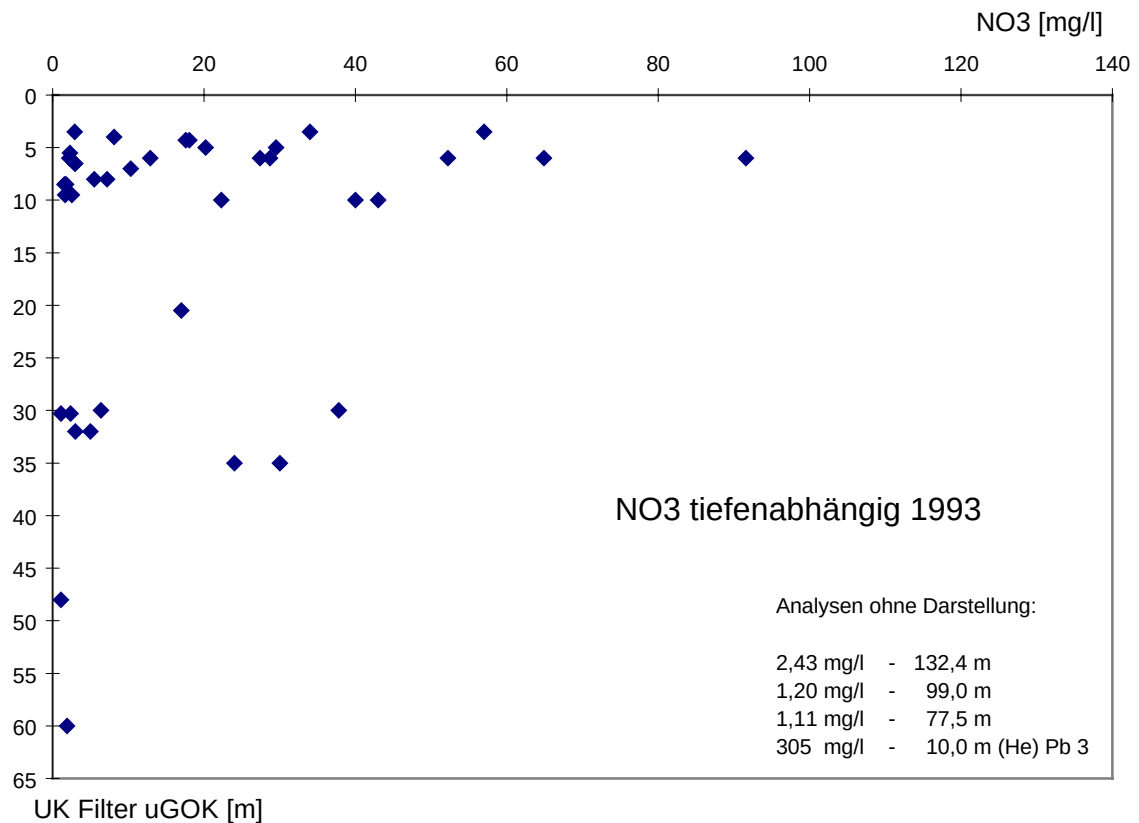
Einfluß Bodenabbau 1994	57 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Bodenabbau 1995	39 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l
Einfluß Bodenabbau 1996	31 % der Analysen über EU-Richtwert 25 mg Nitrat / l

Auch beim Bodenabbau ist eine Verschiebung der sehr hohen Nitratkonzentrationen hin zu den Konzentrationen unter 15 mg/l zu erkennen. Die Meßstellen mit der Zuordnung „Einfluß Bodenabbau“ befinden sich sowohl im An- als auch im Abstrom von Bodenabbaustätten, so daß hohe Nitratkonzentrationen ihre Ursache z.B. auch in der umgebenden landwirtschaftlichen Beeinflussung haben können. Auffällig ist jedoch, daß gerade Meßstellen im Abstrom die hohen Nitratkonzentrationen verursachen. Im Untersuchungsjahr 1995 sind dies GA 1 (96,8 mg/l) und BH 3 (138 mg/l) und im Jahr 1996 wiederum GA 1 (64,3 mg/l) und BGW 4 (11,3 mg/l).

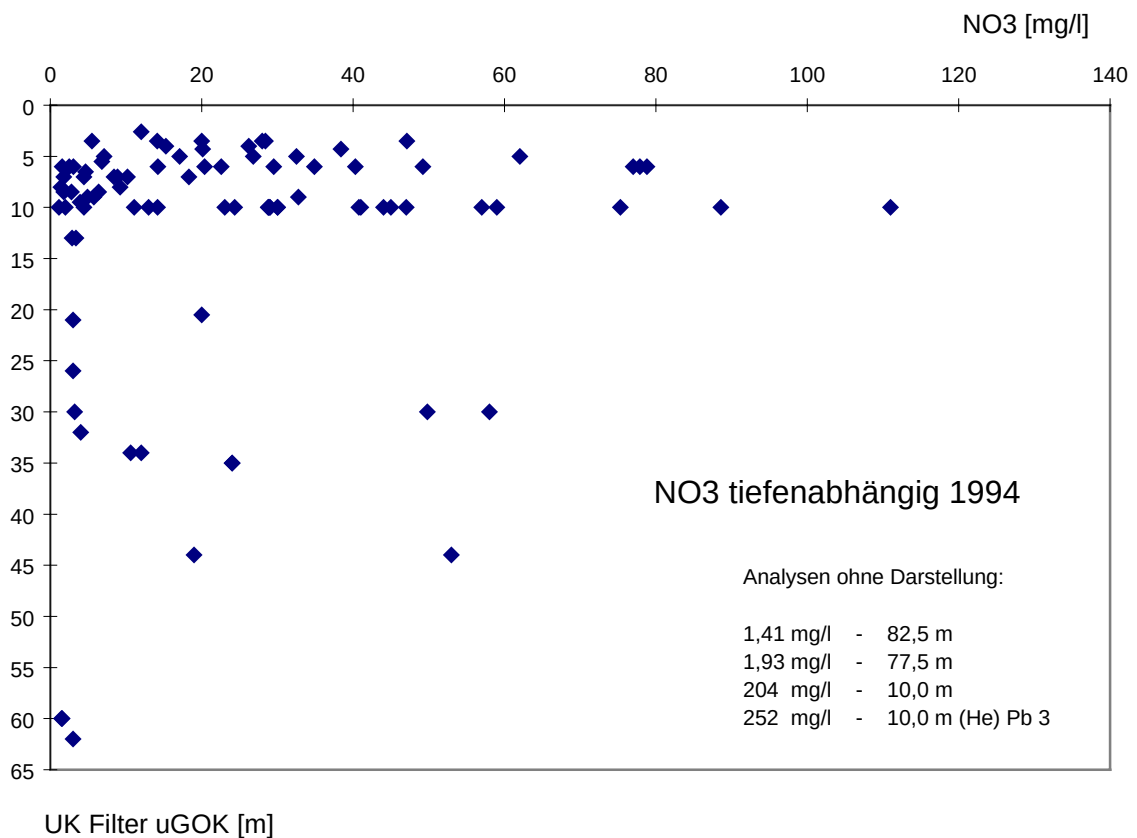
→ vergl. Karte 5.6

Die meisten Meßstellen an Bodenabbaustätten sind erst 1995 eingerichtet worden, so daß keine längeren Analysereihen vorliegen. Die Meßwerte von 1994 stammen von länger betriebenen Meßstellen, deren Beeinflussung bzw. hohe Nitratbelastung zu dem Zeitpunkt eher der landwirtschaftlichen Nutzung zuzuordnen sind, z.B. (Au) 95.

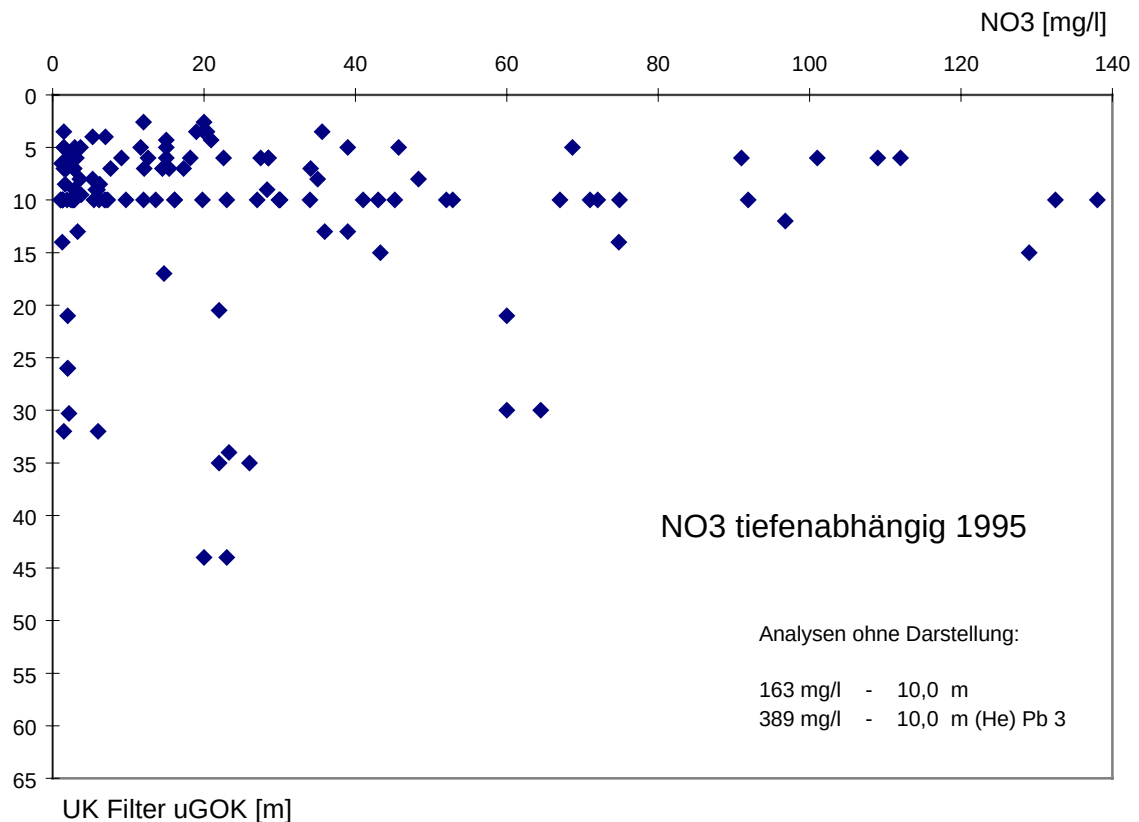
Bei den folgenden Diagrammen zur Tiefenverlagerung von Nitrat wurden zur besseren Übersichtlichkeit nur Befunde **über 1 mg Nitrat/l** dargestellt.



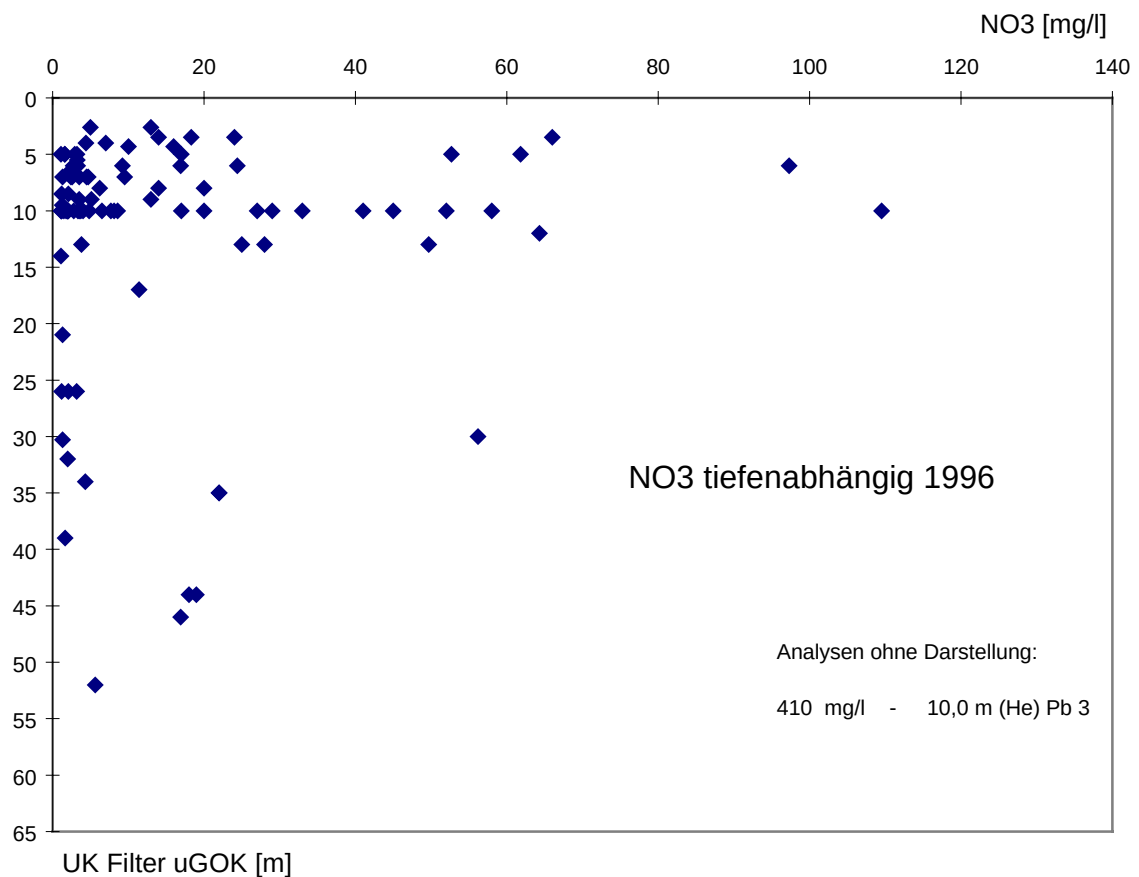
(Diagramm 6.1.5) Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1993



(Diagramm 6.1.6) Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1994



(Diagramm 6.1.7) Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1995



(Diagramm 6.1.8) Tiefenverlagerung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1996

Um eine optische Vergleichbarkeit der Diagramme 6.1.5 bis 6.1.8 zu ermöglichen ist eine einheitliche Skalierung der Achsen vorgenommen worden. Dadurch konnten einige Meßwerte nicht dargestellt werden, diese sind in dem jeweiligen Diagramm als Zahlenwerte beschrieben.

→ Tiefenverlagerung Nitrat

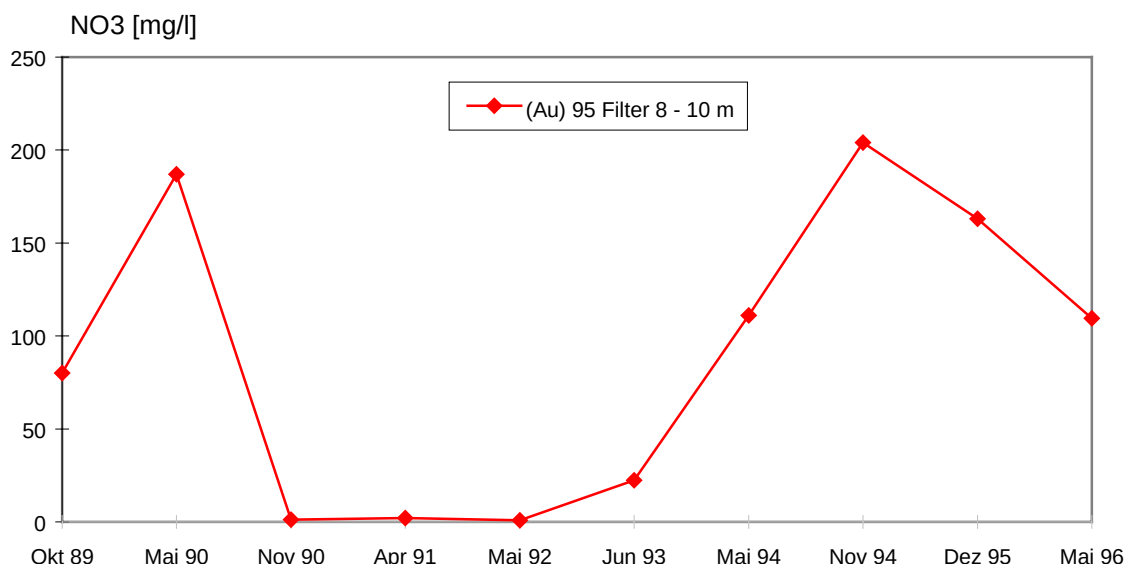
1993	>=10 m UK Filter	40 % der Analysen	davon >= 30 m UK Filter	30 % der Analysen
1994	>=10 m UK Filter	40 % der Analysen	davon >= 30 m UK Filter	14 % der Analysen
1995	>=10 m UK Filter	43 % der Analysen	davon >= 30 m UK Filter	8 % der Analysen
1996	>=10 m UK Filter	43 % der Analysen	davon >= 30 m UK Filter	11 % der Analysen

Aufgrund der geringeren Anzahl von Meßstellen bzw. Analysen 1993 ist ein Vergleich mit den Jahren 94/95/96 nur bedingt möglich.

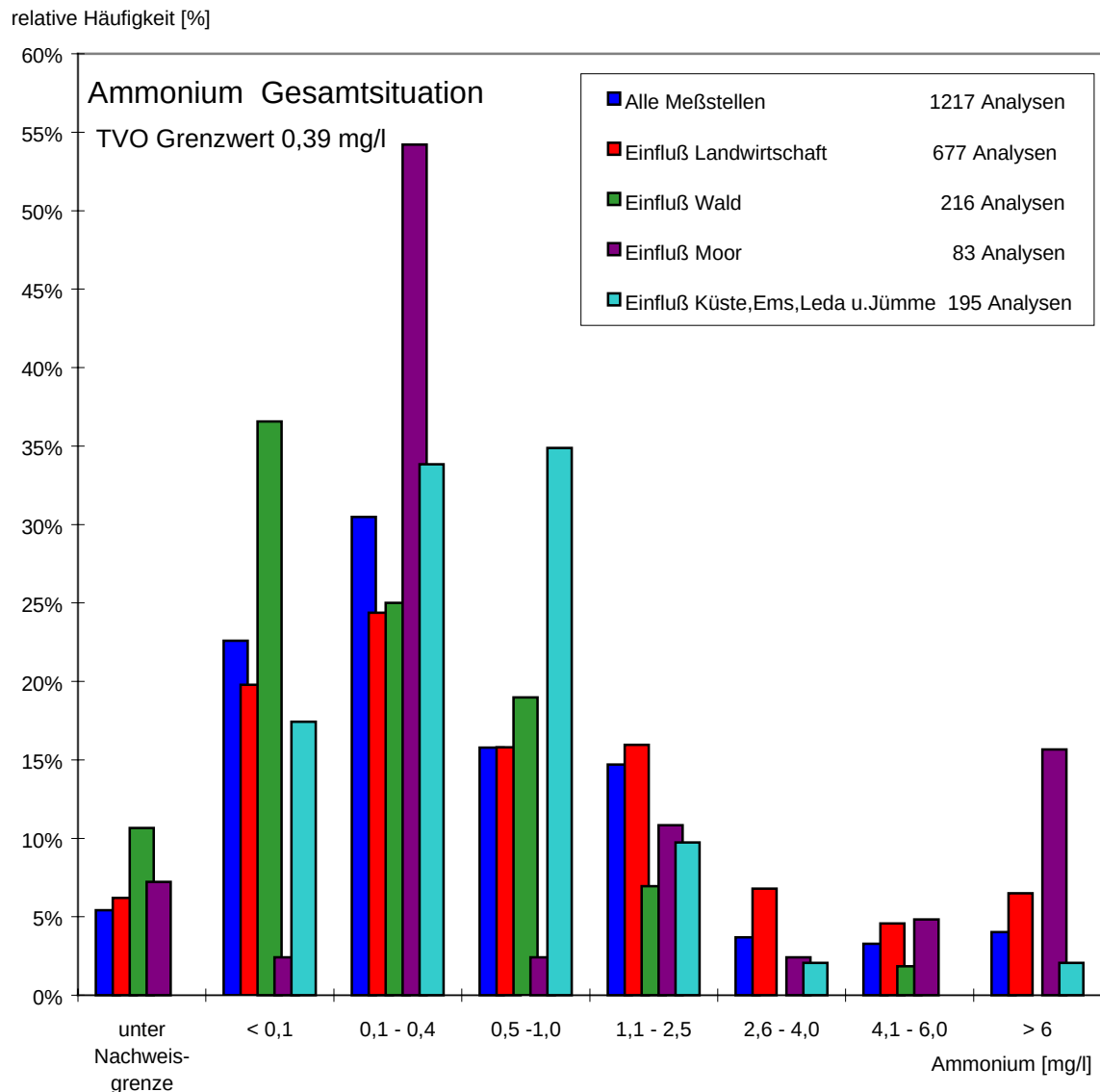
Eine signifikante Zunahme der Nitratkonzentrationen in größerer Tiefe ist bislang nicht zu erkennen. Höhere Nitratkonzentrationen in flachen Meßstellen finden sich 1996 deutlich weniger als 1995. Dieses Phänomen korreliert mit den Ergebnissen aus den vorangegangenen Histogrammen zur Intensität der Einflußfaktoren. Es hat offensichtlich weniger Austrag von Nitraten aus den obersten Bodenschichten stattgefunden. Eine gleichzeitige Tiefenverlagerung der Nitratfracht der Vorjahre kann nicht an der gleichen Meßstelle beobachtet werden, da die meisten Meßstellen an einem Standort nur in einem Aquifer verfiltert sind. Die Meßstellen in tieferen Grundwasserstockwerken an anderen Standorten weisen jedoch keine Zunahme der Nitratkonzentration auf.

Gruppen von Einzelwerten der Nitratkonzentration können für das Untersuchungsjahr 1995 der Karte ANLAGE 3 entnommen werden (M 1:225.000).

Im folgenden Diagramm ist beispielhaft der Verlauf der Nitratkonzentration von Meßstelle (Au) 95 aufgezeichnet. Die Meßstelle ist oberflächennah verfiltert, im Umfeld befindet sich sog. Wechselgrünland (einige Wirtschaftsjahre Maisanbau wechseln mit einigen Jahren Grünland- bzw. Ackergrasnutzung) und der Standort ist sehr durchlässig (austragsgefährdet). Die Nitratkonzentration zeigt ein entsprechend zyklisches Verhalten (Dynamik).



(Diagramm 6.1.9) Verlauf der Nitratkonzentration von 1989 bis 1996 in (Au) 95 unter landwirtschaftlichem Einfluß



(Diagramm 6.1.10) Häufigkeitsverteilung der Ammoniumbefunde (gesamter Datenbestand)

→ Gesamtsituation

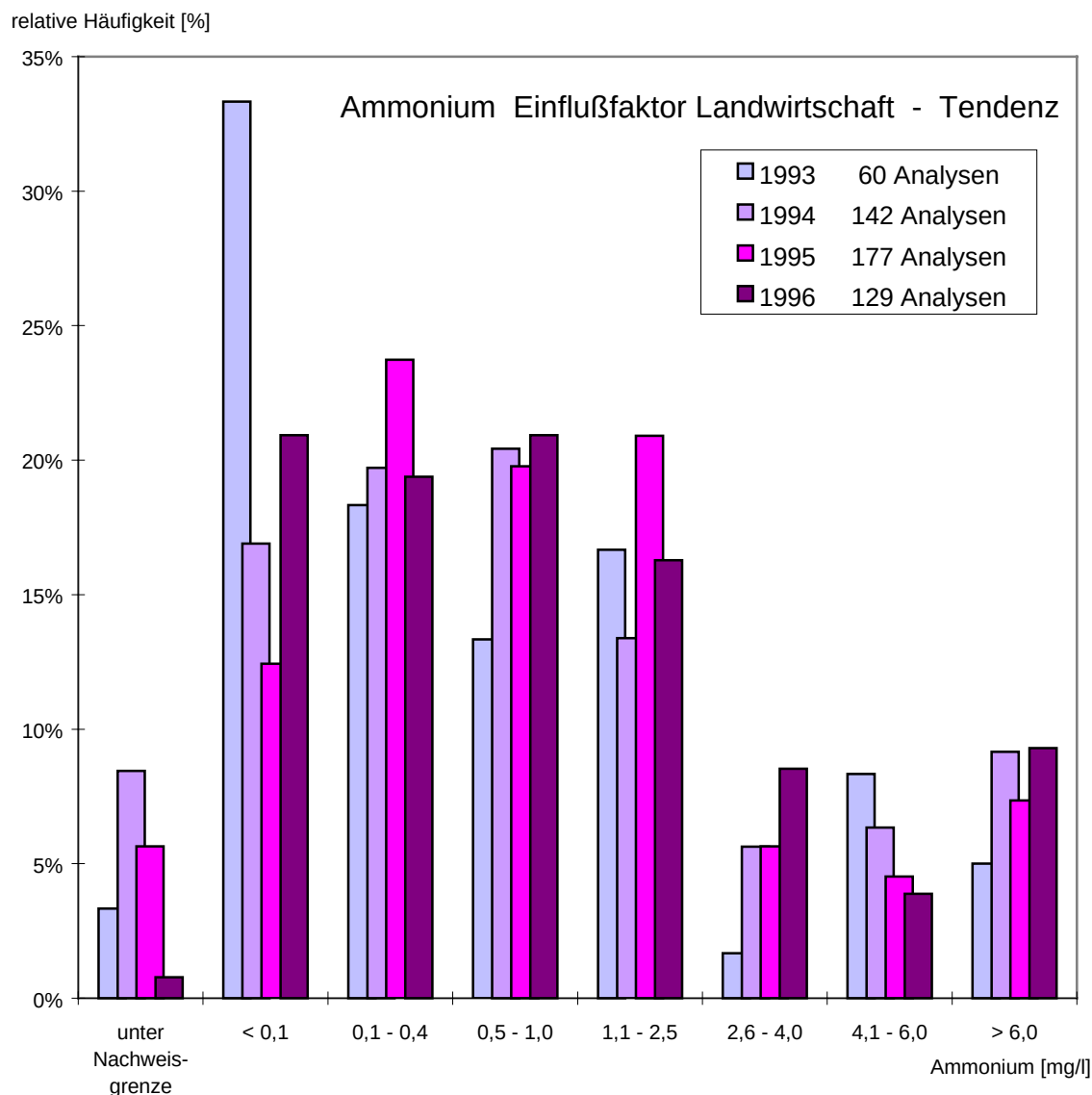
Es konnte kein Ammonium nachgewiesen werden in
Der TVO Grenzwert * von 0,39 mg Ammonium / l wird bei
Ammoniumkonzentrationen über 2,5 mg/l werden in
*(Grenzwert für Trinkwasser!)

5 % aller Analysen.
42 % aller Analysen überschritten.
11 % aller Analysen nachgewiesen.

→ Intensität der Einflußfaktoren

Einfluß Landwirtschaft	50% über 0,4 mg/l	18% über 2,5 mg/l
Einfluß Wald	28% über 0,4 mg/l	2% über 2,5 mg/l
Einfluß Moor	36% über 0,4 mg/l	23% über 2,5 mg/l
Einfluß Küste, Ems, Leda u. Jümme	49% über 0,4 mg/l	4% über 2,5 mg/l

Ammoniumkonzentrationen über 0,4 mg/l lassen auf einen anthropogenen Einfluß schließen. Dies gilt nicht für Meßstellen im Bereich von Küste, Ems und Leda-Jümme, hier sind die gemessenen Ammoniumkonzentrationen i.d.R. geogen bedingt. Im Einfluß von Moor können Ammoniumkonzentrationen bis 2,5 mg/l geogen bedingt sein.



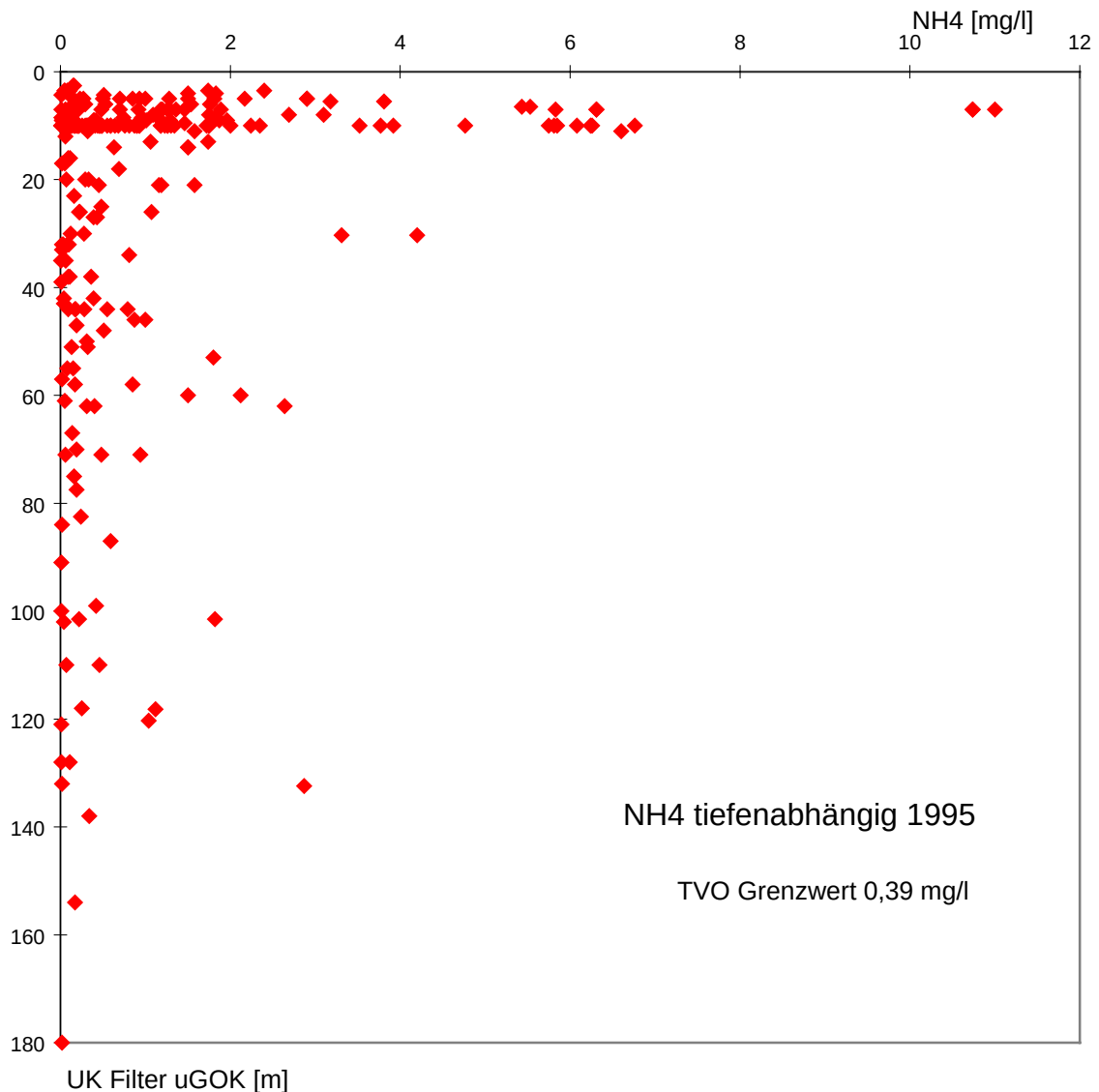
(Diagramm 6.1.11) Häufigkeitsverteilung der Ammoniumbefunde im Einfluß Landwirtschaft

→ Tendenz unter Einfluß Landwirtschaft

Einfluß Landwirtschaft 1993	45 % der Analysen über 0,40 mg Ammonium / l
Einfluß Landwirtschaft 1994	54 % der Analysen über 0,40 mg Ammonium / l
Einfluß Landwirtschaft 1995	58 % der Analysen über 0,40 mg Ammonium / l
Einfluß Landwirtschaft 1996	59 % der Analysen über 0,40 mg Ammonium / l

Über den Zeitraum der 4 Untersuchungsjahre ist deutlich eine Abnahme der wenig belasteten Meßstellen unter 0,1 mg NH₄/l und eine Zunahme der stärker belasteten Meßstellen über 0,1 mg NH₄/l zu erkennen. Ein davon abweichendes Verhalten bzw. eine Verschiebung weisen die beiden Gruppen der sehr stark belasteten Meßstellen über 4,0 mg NH₄/l auf.

Ammonium wird bei der Belüftung im Wasserwerk zu Nitrat oxidiert. Durch z.T. geogen bedingte hohe Ammoniumgehalte im Rohwasser wie z.B. im Wasserwerk Collinghorst (ca. 5 mg/l NH₄) können so indirekt Nitratkonzentrationen im Reinwasser entstehen (ca. 10 mg/l NO₃).



(Diagramm 6.1.12) Tiefendarstellung der Ammoniumbefunde im Untersuchungsjahr 1995

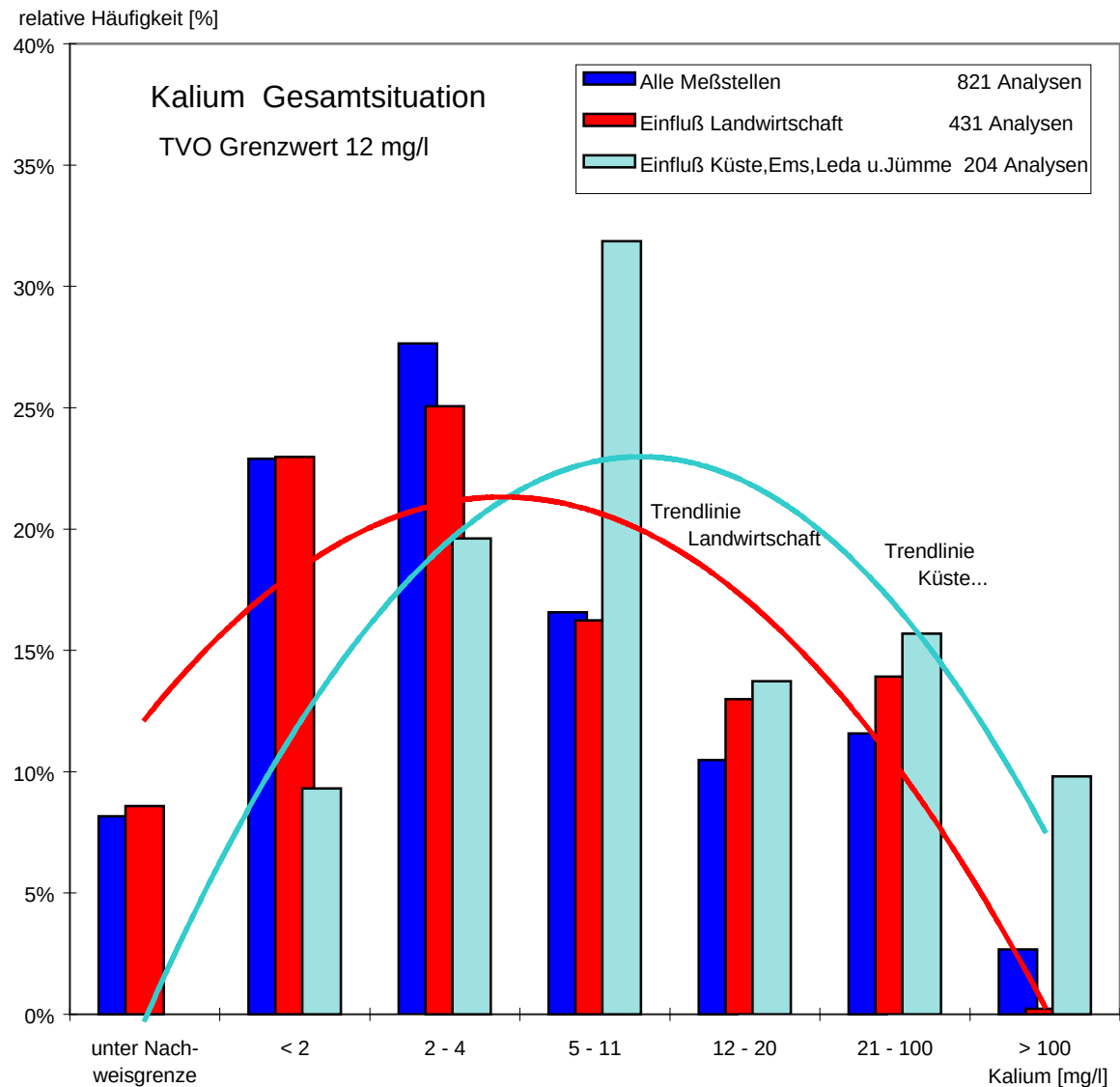
Bei reduzierenden Verhältnissen im Grundwasser liegen Stickstoffverbindungen in Form von Ammonium vor. Reduzierende Verhältnisse stehen zumindest im tieferen Grundwasser flächendeckend in Ostfriesland an. Im Gegensatz zu Nitrat ist deshalb Ammonium hier auch in tieferen Grundwasserleitern anzutreffen

→ Tiefenverlagerung Ammonium

36,9 % der Analysen über 0,4 mg/l sind in Meßstellen ≤ 10 m Filterunterkante anzutreffen

7,9 % der Analysen über 0,4 mg/l sind in Meßstellen ≥ 30 m Filterunterkante anzutreffen

Meßstellen, die 100 m oder tiefer verfiltert sind und über 0,4 mg NH₄/l enthalten, finden sich an der Küste - Pewsum III 0,42 mg/l und Westerbur II 0,46 mg/l oder Ems (Te) 2 tief 1,12 mg/l und (Te) 3 tief 1,04 mg/l oder Niedermoor (Si) 9 tief 2,87 mg/l.



(Diagramm 6.1.13) Häufigkeitsverteilung der Kaliumbefunde (**gesamter Datenbestand**)

→ **Gesamtsituation**

Es konnte kein Kalium nachgewiesen werden in
Der TVO Grenzwert * von 12 mg Kalium / l wird bei
*(Grenzwert für Trinkwasser!)

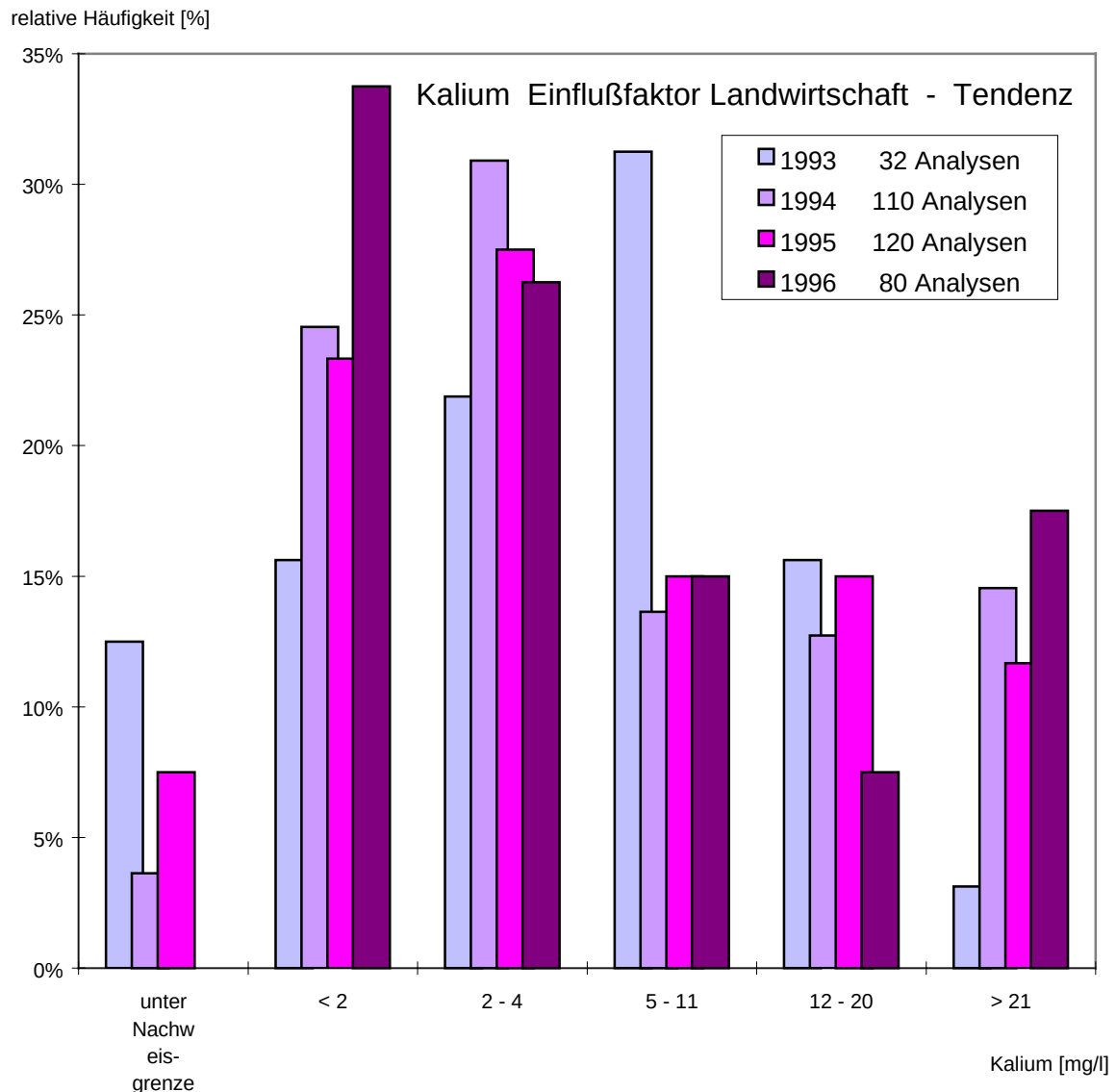
8 % aller Analysen.
25 % aller Analysen überschritten.

→ **Intensität der Einflußfaktoren**

Einfluß Landwirtschaft 27% der Analysen über 12 mg/l
Einfluß Küste, Ems, Leda u. Jümme 40% der Analysen über 12 mg/l

Die landwirtschaftliche Beeinflussung ist deutlich erkennbar. Insbesondere Meßstellen mit Konzentrationen über 12 mg/l lassen sich verstärkt diesem Einfluß zuordnen.

Hohe Kaliumgehalte des Meerwassers finden sich im Grundwasser im Einfluß von Küste, Ems und Leda-Jümme wieder. Hier wird in jeder Meßstelle Kalium nachgewiesen. Die höchsten gemessenen Konzentrationen sind Neufunnixiel II (340 mg/l), Neufunnixiel I (170 mg/l) und Westerbur II (46 mg/l).



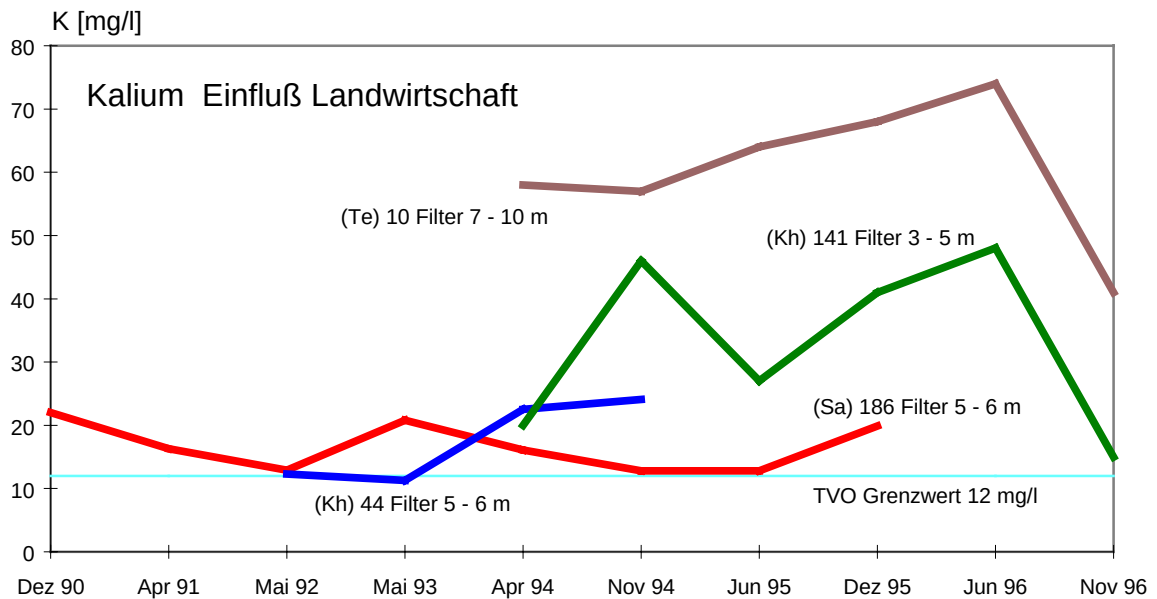
(Diagramm 6.1.14) Häufigkeitsverteilung der Kaliumbefunde im Einfluß Landwirtschaft

→ **Tendenz unter Einfluß Landwirtschaft**

Einfluß Landwirtschaft 1993	19 % der Analysen über 12 mg Kalium / l
Einfluß Landwirtschaft 1994	18 % der Analysen über 12 mg Kalium / l
Einfluß Landwirtschaft 1995	17 % der Analysen über 12 mg Kalium / l
Einfluß Landwirtschaft 1996	26 % der Analysen über 12 mg Kalium / l

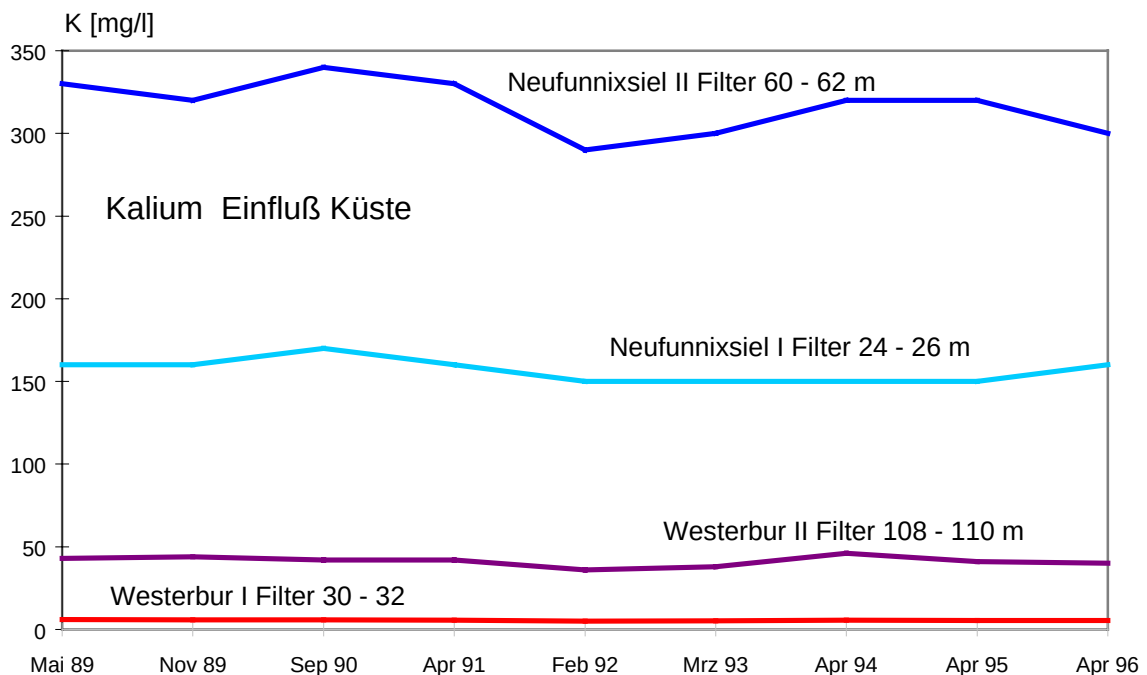
Maximalwerte der Kaliumbelastung im landwirtschaftlichen Einfluß liegen in der Größenordnung um 50 mg/l. Die höchste Konzentration findet sich in der Meßstelle (Te) 10 mit 74 mg/l. Einige Meßstellen zeigen eine steigende Tendenz, die sich auch im o.a. Diagramm widerspiegelt.

Exemplarisch hierfür ist im folgenden Diagramm 6.1.15 der Verlauf der Kaliumkonzentration für die oberflächennahen Meßstellen (Te) 10, (Kh) 141, (Kh) 44 und (Sa) 186 dargestellt. Hierbei handelt es sich um landwirtschaftlich beeinflusste Meßstellen in Wasserschutzgebieten. Leider ist der Umfang der Analysen nicht identisch, so daß nur unterschiedlich lange Zeitreihen dargestellt werden können. Die Kaliumkonzentration in landwirtschaftlich beeinflussten Meßstellen zeigt eine größere Dynamik als in Meßstellen, die von der Küste beeinflusst werden.



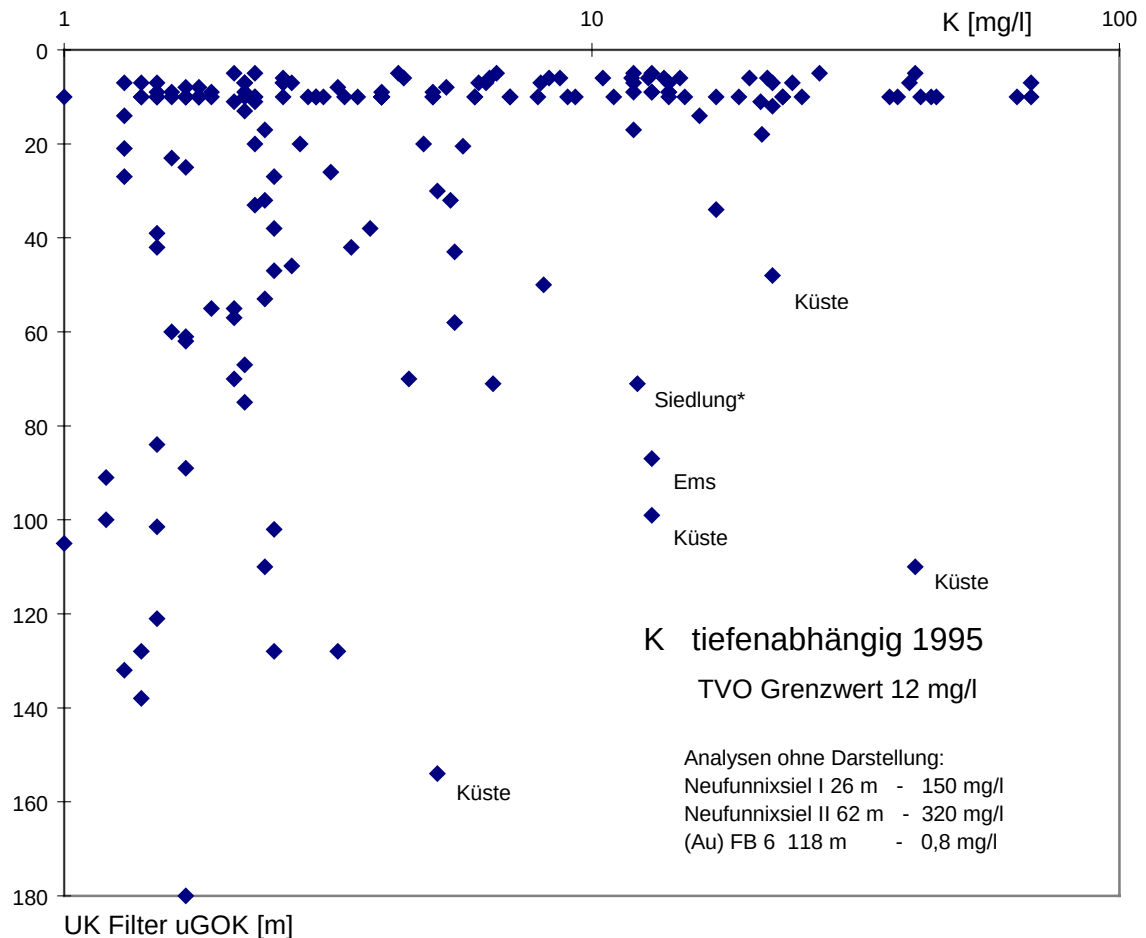
(Diagramm 6.1.15) Kaliumkonzentration 1994 bis 1996 in (Te) 10, (Kh) 141, (Kh) 44 und (Sa) 186 unter landwirtschaftlichem Einfluß

Im Einfluß der Küste, Ems oder Leda-Jümme sind die Kaliumkonzentrationen konstant, so daß hier keine Tendenz aufgezeigt werden kann. Die folgenden Kurven der küstenbeeinflussten Meßstellen in Neufunnixsiel und Westerbur geben ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf und das Konzentrationsniveau der Kaliumgehalte.



(Diagramm 6.1.16) Kaliumkonzentration 1989 bis 1996 in Neufunnixsiel und Westerbur

An den Meßstellen Neufunnixsiel I und II fällt das auch für die Küstenregion sehr hohe Niveau der Kaliumkonzentration auf. Sehr hohe Gehalte finden sich dort auch für die anderen Mineralien und Salze. Ursache ist der sehr unmittelbare Küsteneinfluß. Die Meßstelle befindet sich am „Harle Einbruch“; der *Enno-Ludwigs-Groden* nahe des Meßstellenstandortes wurde erst um 1650 eingedeicht.



(Diagramm 6.1.17) Tiefendarstellung der Kaliumbefunde im Untersuchungsjahr 1995

→ Tiefenverlagerung Kalium

Eine wesentliche Tiefenverlagerung des anthropogen eingetragenen Kalium ist nicht zu erkennen. Hohe Kaliumgehalte ($> 10 \text{ mg/l}$) in größerer Tiefe sind der Küstenregion zuzuordnen, hohe Kaliumgehalte, die nicht dem geogenen Einfluß zuzuordnen sind, finden sich ausschließlich in den oberflächennahen Meßstellen.

* Ein hoher Kaliumgehalt von $12,2 \text{ mg/l}$ bei Filterlage von 41 - 71 m ist auffällig. Bei dieser Meßstelle handelt es sich um den Förderbrunnen (SL) VB 2 der Stadtwerke Leer GmbH. Hier kann von einer Beeinflussung durch die Urbanisierung ausgegangen werden. Hohe Kaliumgehalte können dort z.B. durch undichte Kanalleitungen verursacht worden sein, dafür spricht auch der hier gemessene leicht erhöhte Natriumgehalt (31 mg/l).

6.2 Versauerung

Als Parameter für den Grad der Versauerung wird in den folgenden Darstellungen der pH-Wert des Grundwassers ausgewertet. Die Vorgehensweise :

1. Histogramm zum **pH-Wert** über alle vorliegenden Analysen und Meßstellen

→ **Gesamtsituation**

Histogramm zum **pH-Wert** über Meßstellen unter dem Einfluß von **Landwirtschaft**

Histogramm zum **pH-Wert** über Meßstellen unter dem Einfluß von **Wald**

Histogramm zum **pH-Wert** über Meßstellen unter dem Einfluß von **Bodenabbau**

Histogramm zum **pH-Wert** über Meßstellen unter dem Einfluß von **Moor**

→ **Intensität der Einflußfaktoren**

2. Parameter **pH-Wert** in Abhängigkeit zur Unterkante des Filters und Jahr

→ **Tiefenverlagerung**

Durch den Eintrag saurer Niederschläge verschiebt sich der Silikat-Pufferbereich des Bodens (pH 6,2 bis 5,0) in den Aluminium-Pufferbereich (pH 4,2 bis 3,8). Das Kation Aluminium geht in Lösung. Die vorgefundenen Aluminiumkonzentrationen als Zeiger für den anthropogenen Einfluß werden in folgender Weise ausgewertet:

3. Histogramm für **Aluminium** über alle vorliegenden Analysen und Meßstellen

→ **Gesamtsituation**

Histogramm für Aluminium über Meßstellen unter dem Einfluß von **Wald**

Histogramm für Aluminium über Meßstellen unter dem Einfluß von **Moor**

Histogramm für Aluminium über Meßstellen unter dem Einfluß von **Bodenabbau**

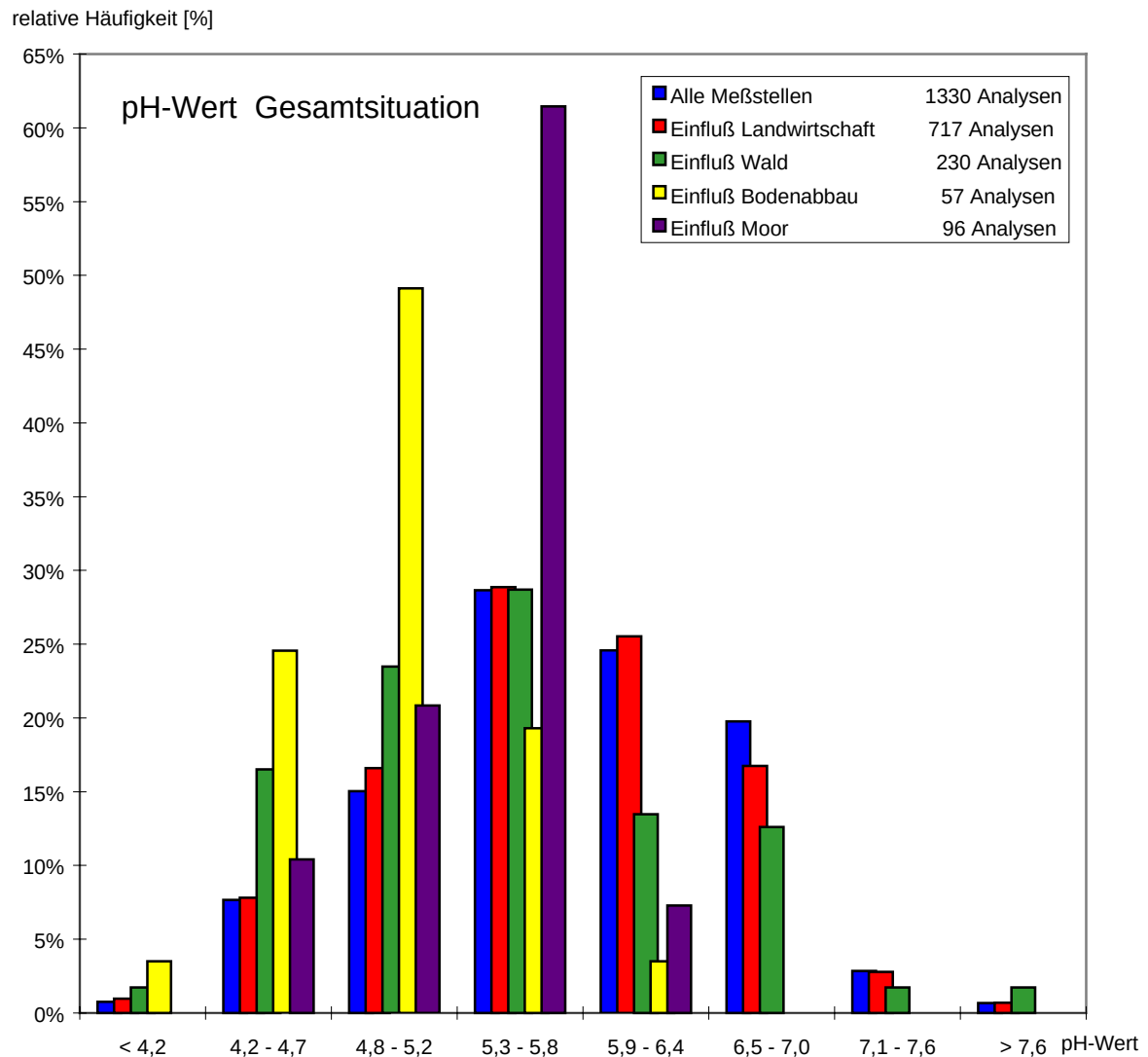
→ **Intensität der Einflußfaktoren**

4. Aluminium in Abhängigkeit vom pH-Wert über alle vorliegenden Analysen

→ **Korrelation**

5. Parameter Aluminium in Abhängigkeit zur Unterkante des Filters

→ **Tiefenverlagerung**



(Diagramm 6.2.1) Häufigkeitsverteilung gemessener pH-Werte (**gesamter Datenbestand**)

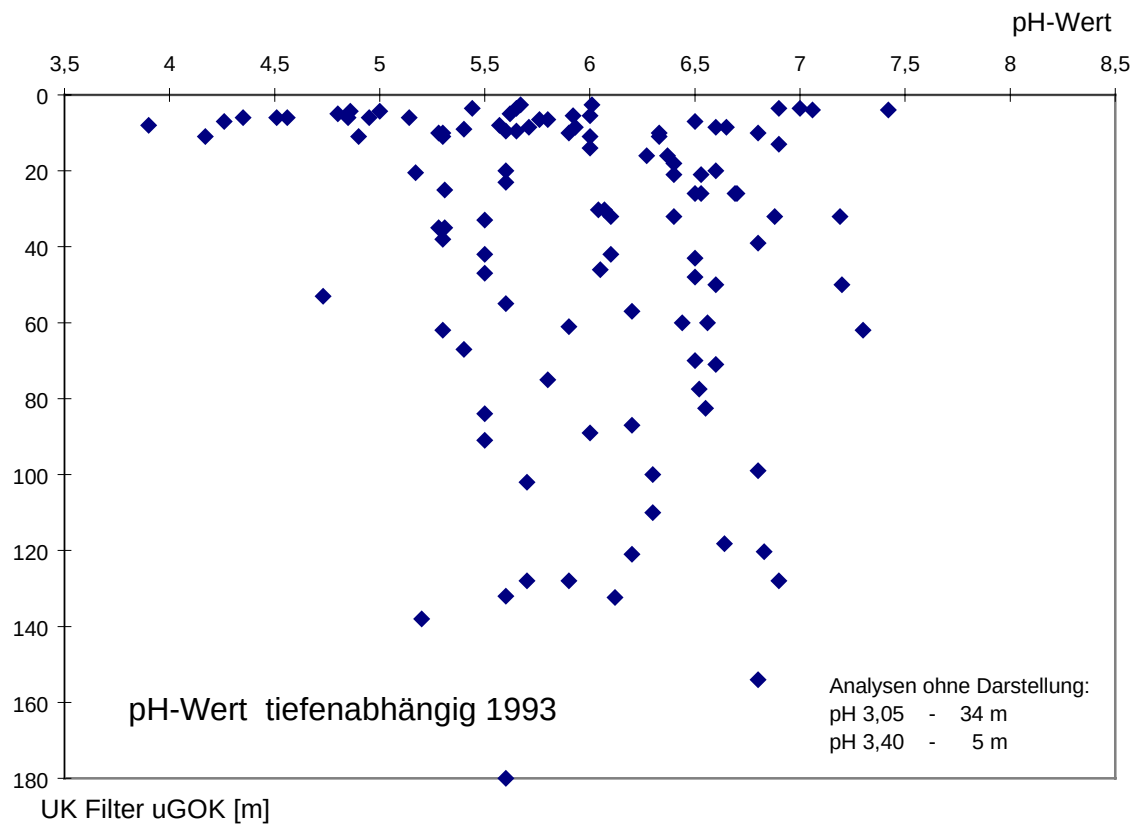
→ **Gesamtsituation**

Einen pH-Wert < 5,9 pH-Einheiten zeigen 53 % aller Analysen
 Einen pH-Wert > 7,0 pH-Einheiten zeigen 4 % aller Analysen

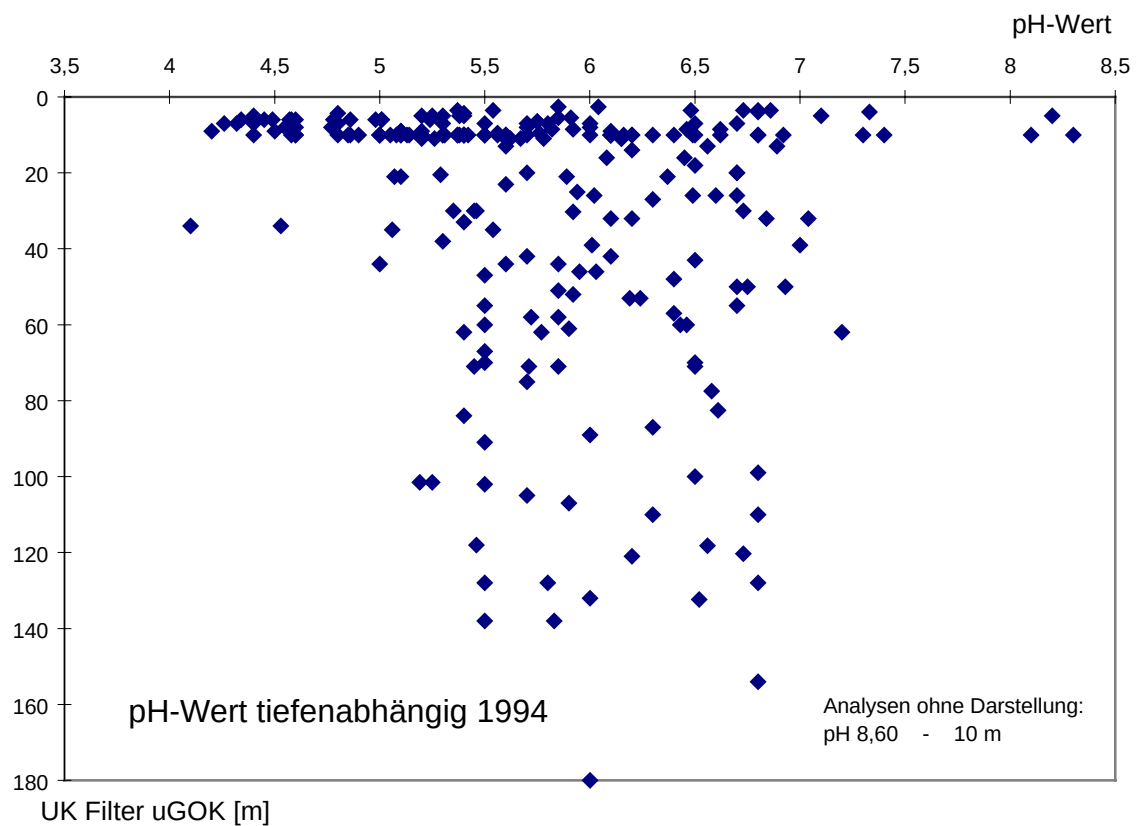
→ **Intensität der Einflußfaktoren**

Einfluß Landwirtschaft 53 % der Analysen < pH 5,9
 Einfluß Wald 73 % der Analysen < pH 5,9
 Einfluß Bodenabbau 97 % der Analysen < pH 5,9
 Einfluß Moor 92 % der Analysen < pH 5,9

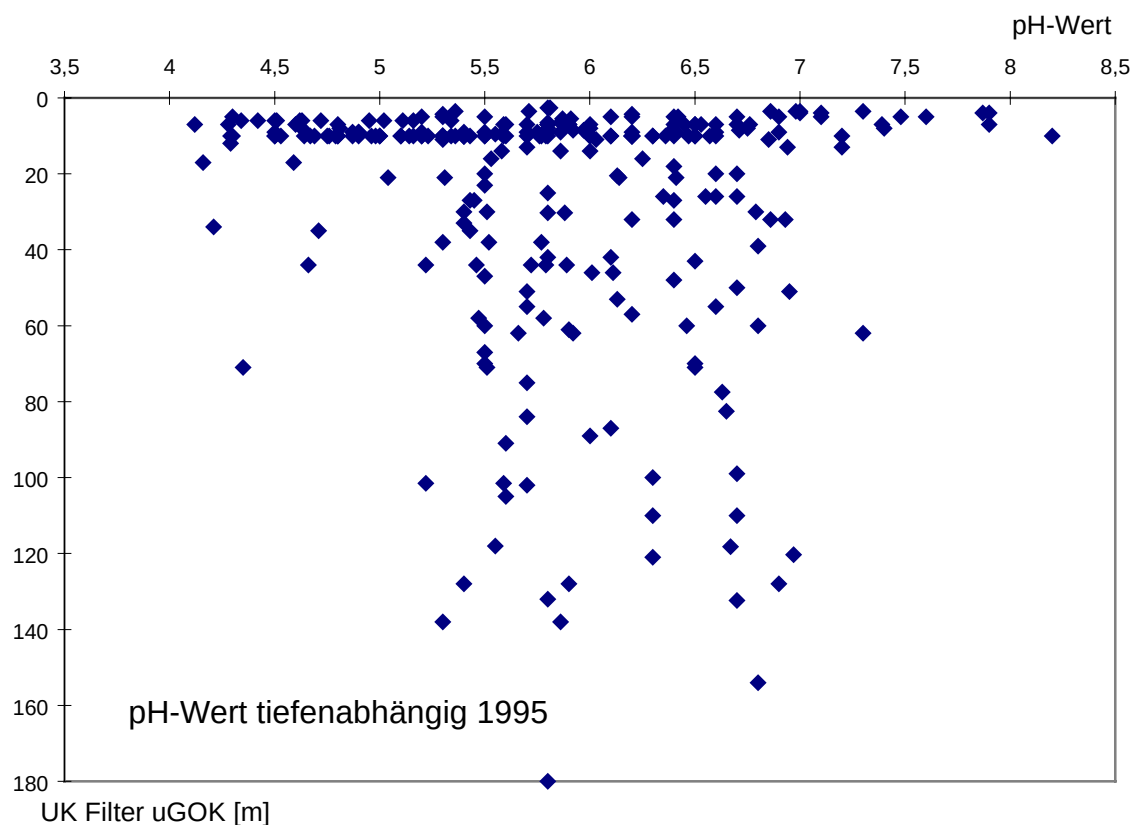
Deutlich sichtbar wird hier der positive Einfluß der Landwirtschaft - durch die Nutzung der Flächen. Z.B. mit Meliorationskalkungen wird der Versauerungstendenz entgegen gewirkt. Im Einfluß von Wald und Moor herrscht erwartungsgemäß ein relativ saures Milieu im Grundwasser. Meßstellen im Einfluß von Bodenabbau weisen mit Abstand das sauerste Milieu auf - Ursache ist hier wahrscheinlich die Entfernung von Deckschichten mit Pufferwirkung, die ohnehin schwach gepufferten Standorte sowie biologische und chemische Wechselwirkungen (z.B. Sauerstoffeintrag). Die Extremwerte befinden sich im Abstrom von Bodenabbaustätten z.B. BGW 4 (pH 4,16) oder GA 1 (pH 4,29) → vergl. dazu Karte 5.6.



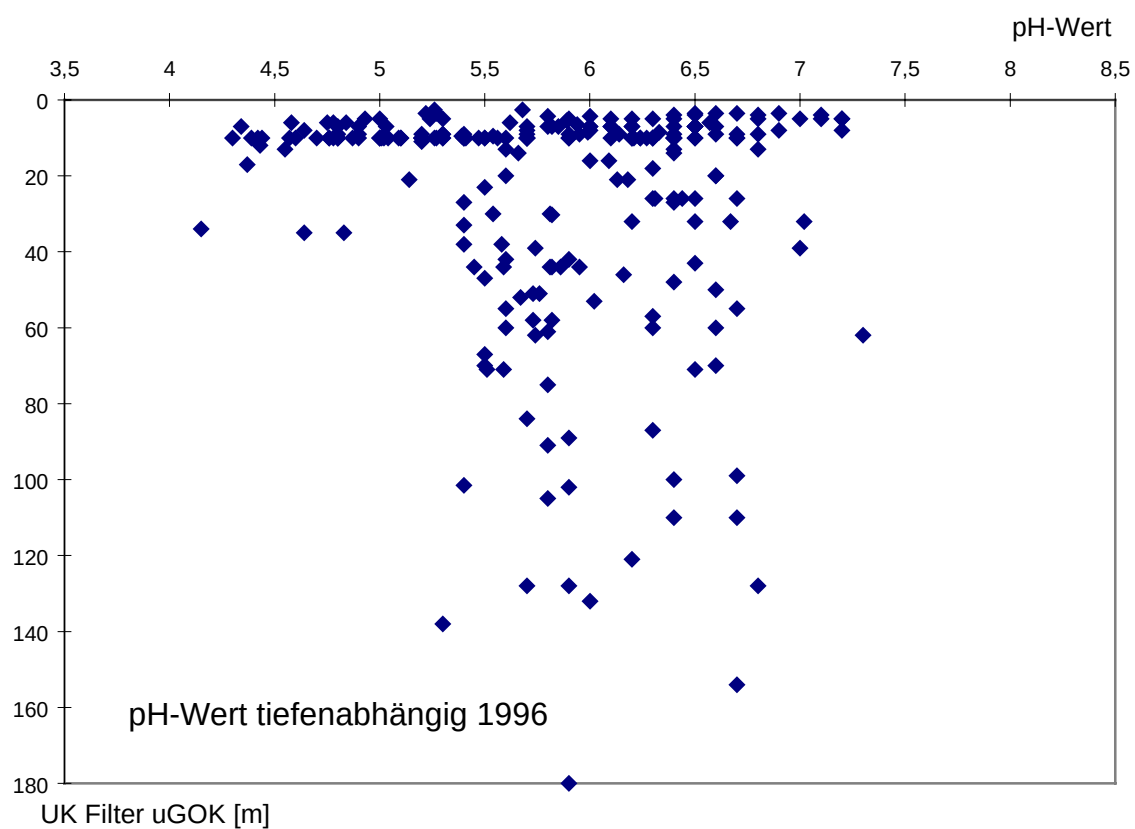
(Diagramm 6.2.2) Tiefendarstellung der pH-Werte 1993



(Diagramm 6.2.3) Tiefendarstellung der pH-Werte 1994



(Diagramm 6.2.4) Tiefendarstellung der pH-Werte 1995



(Diagramm 6.2.5) Tiefendarstellung der pH-Werte 1996

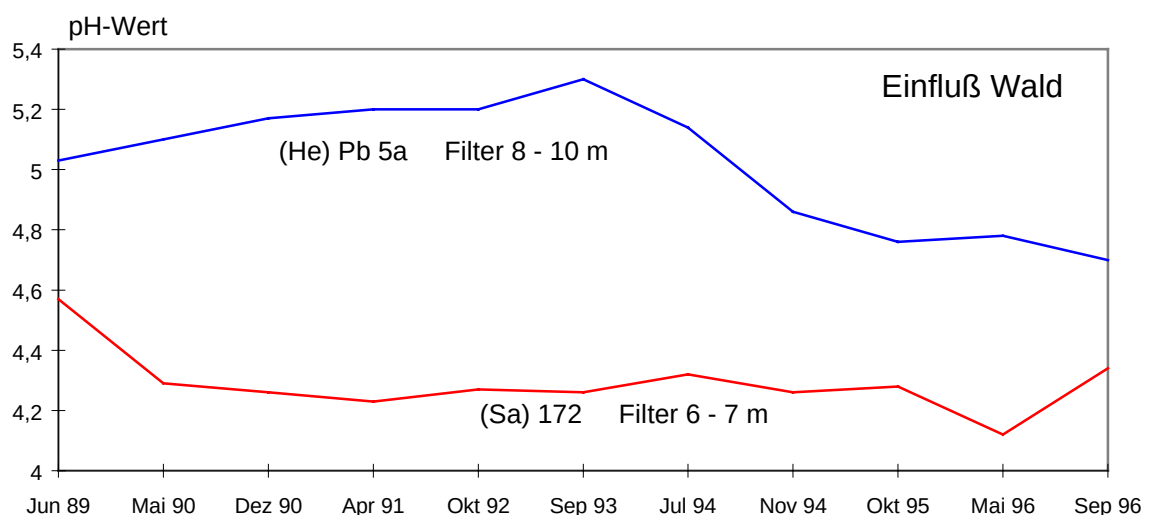
Um eine optische Vergleichbarkeit der Diagramme 6.2.2 bis 6.2.5 zu ermöglichen ist eine einheitliche Skalierung der Achsen vorgenommen worden. Dadurch konnten einige Meßwerte nicht dargestellt werden, diese sind in dem jeweiligen Diagramm als Zahlenwerte beschrieben.

Zur folgenden Betrachtung sind die Analysen in Gruppen mit pH-Wert < 6 und Gruppen mit pH < 6 und Filterlage > 20m eingeteilt.

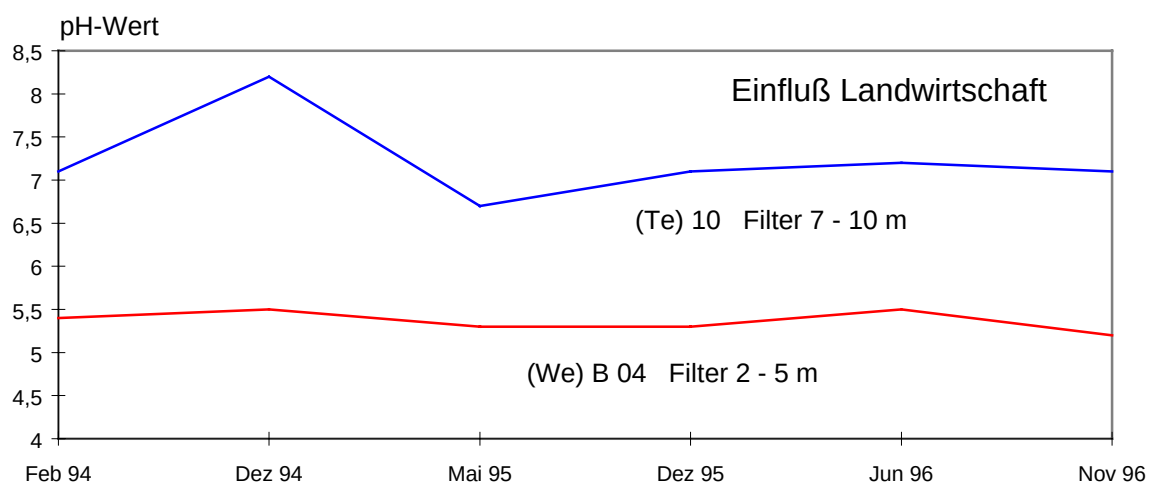
→ Tiefenverlagerung pH-Wert

1993	< pH 6	49,6 % der Analysen	davon > 20 m UK Filter	21,2 % der Analysen
1994	< pH 6	61,1 % der Analysen	davon > 20 m UK Filter	20,5 % der Analysen
1995	< pH 6	59,6 % der Analysen	davon > 20 m UK Filter	18,2 % der Analysen
1996	< pH 6	57,6 % der Analysen	davon > 20 m UK Filter	18,9 % der Analysen

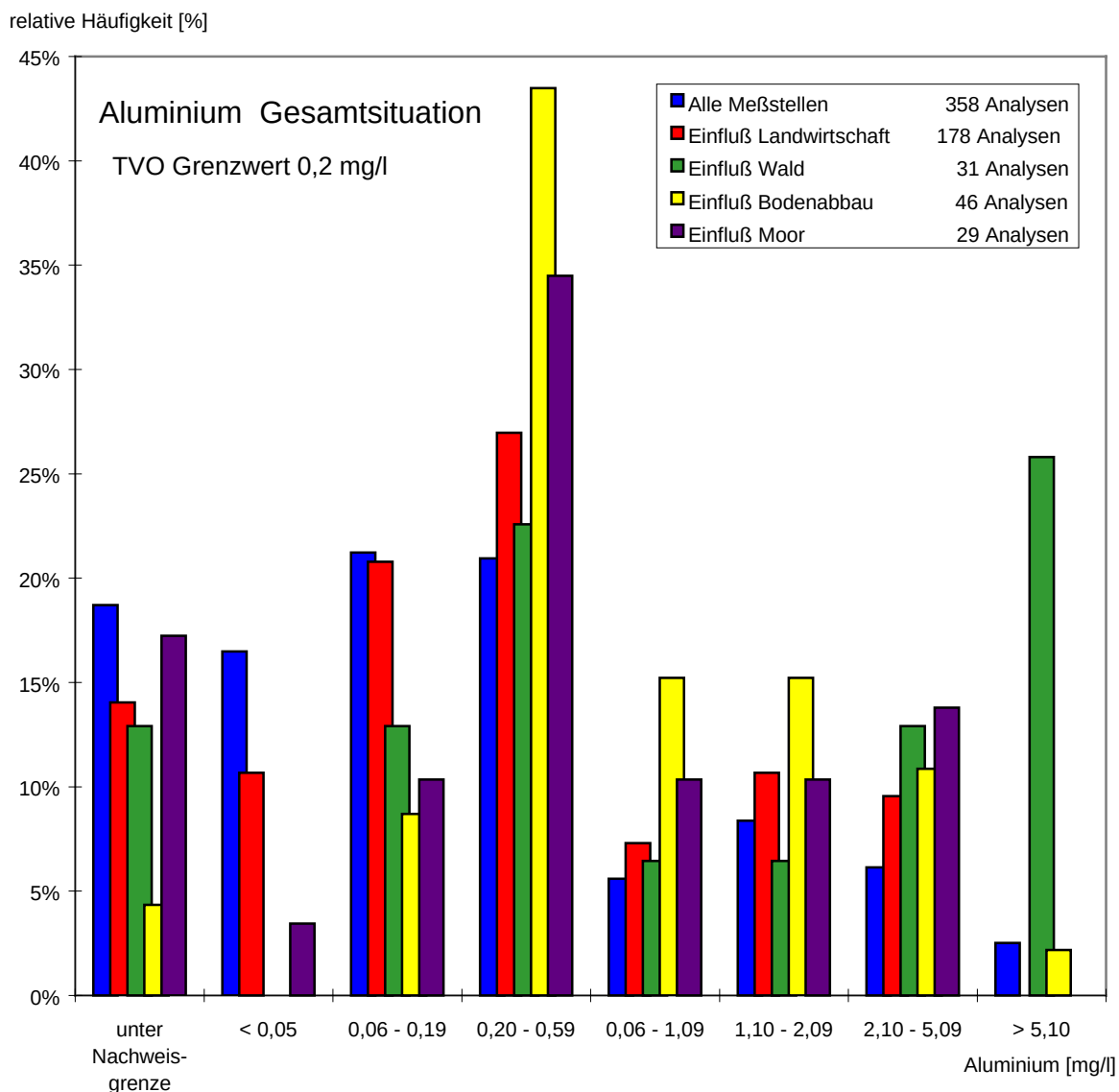
Eine Veränderung der Versauerungstendenz ist nicht zu erkennen. Weder steigt die Zahl der stark versauerten Meßstellen, noch ist eine ausgeprägte Tiefenverlagerung zu erkennen. Extreme pH-Werte sowohl in dem sauren als auch in dem basischen Bereich finden sich ausschließlich in den oberflächennahen Meßstellen. Bei Meßstellen mit Filterlage tiefer 40 m unter Geländeoberkante tritt eine gewisse Konstanz ein und die Schwankungsbreite der Meßwerte wird geringer (zwischen pH 5,5 und pH 6,5).



(Diagramm 6.2.6) Verlauf der pH-Werte in (He) Pb 5 a und (Sa) 172 von 1989 - 1996



(Diagramm 6.2.7) Verlauf der pH-Werte in (Te) 10 und (We) B 04 von 1994 - 1996



(Diagramm 6.2.8) Häufigkeitsverteilung der Aluminiumbefunde (**gesamter Datenbestand**)

→ Gesamtsituation

Eine Aluminiumkonzentration über 0,2 mg/l* weisen
*(TVO Grenzwert für Trinkwasser!)

44 % aller Analysen auf.

Extrem mit Aluminium belastet (über 1,10 mg/l) sind

17 % aller Analysen.

→ Intensität der Einflußfaktoren

Einfluß Landwirtschaft

55 % der Analysen enthalten mehr als 0,2 mg Aluminium / l

Einfluß Wald

74 % der Analysen enthalten mehr als 0,2 mg Aluminium / l

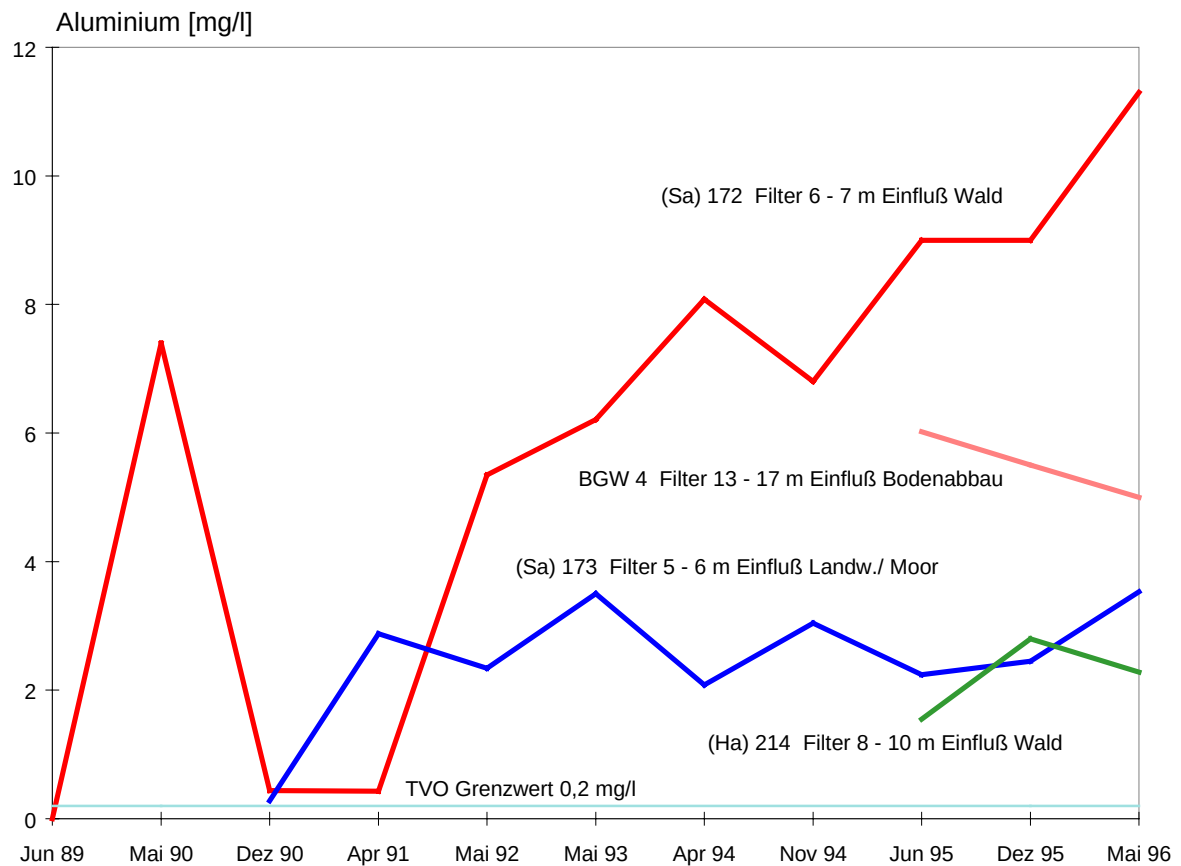
Einfluß Bodenabbau

86 % der Analysen enthalten mehr als 0,2 mg Aluminium / l

Einfluß Moor

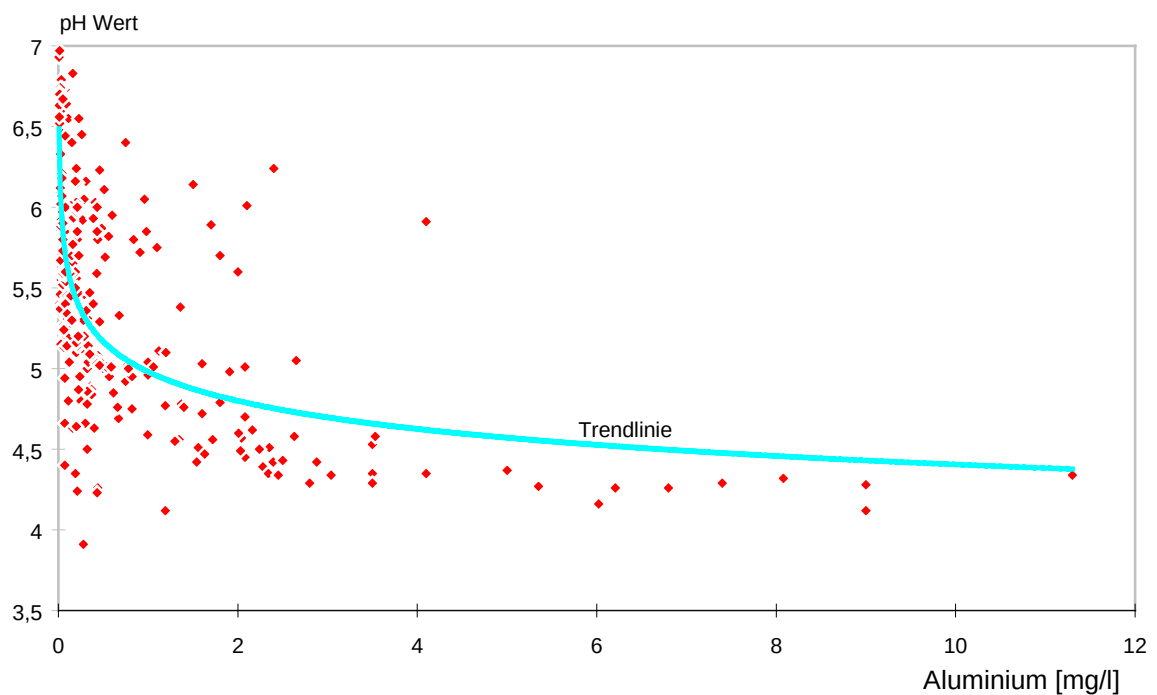
68 % der Analysen enthalten mehr als 0,2 mg Aluminium / l

Insgesamt weisen sehr viele Meßstellen erschreckend hohe Aluminiumkonzentrationen auf. Die Versauerungserscheinungen im Einfluß von Wald und Bodenabbau spiegeln sich deutlich in den gefundenen Aluminiumgehalten wieder. Die gemessenen Extremkonzentrationen finden sich fast immer in den gleichen Meßstellen mit steigender Tendenz. Als Beispiel sind im folgenden Diagramm einige Analysereihen dieser Meßstellen abgebildet.



(Diagramm 6.2.9) Verlauf der Aluminiumkonzentrationen in (Sa) 172, (Sa) 173, (Ha) 214 und BGW 4 mit unterschiedlichem Einfluß

Die Abhängigkeit der gemessenen Aluminiumkonzentration vom vorgefundenen pH-Wert des Grundwassers ist deutlich im folgenden Diagramm 6.2.10 erkennbar.



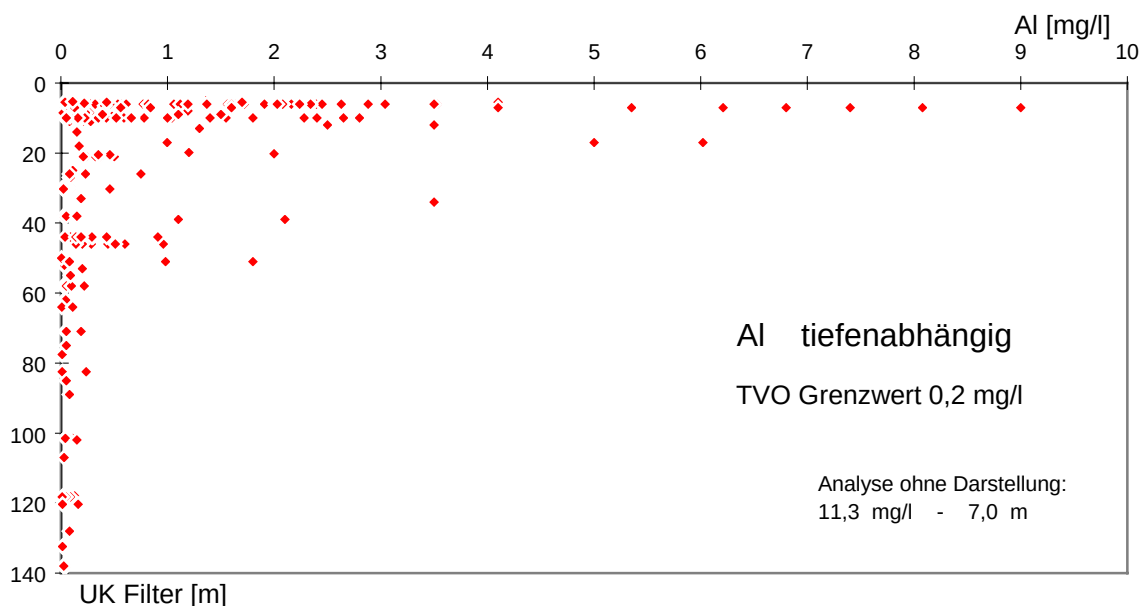
(Diagramm 6.2.10) Abhängigkeit der Aluminiumkonzentrationen vom pH-Wert

Extrem hohe Aluminiumkonzentrationen finden sich bei pH-Werten unter 4,5. Es werden an überdurchschnittlich vielen Meßstellen (53 von 134 untersuchten Meßstellen) Konzentrationen über dem TVO Grenzwert von 0,2 mg/l festgestellt. Extremwerte bis zu 11,3 mg/l finden sich an den typischen versauerungsgefährdeten Standorten.

Einige Aluminiumkonzentrationen in der Größenordnung um 2,0 mg/l sind bei pH um 6,0 analysiert worden. Es wird vermutet, daß hier kein echt gelöstes Aluminium sondern sog. „Aluminium-Gel“ gemessen worden ist. Hier besteht noch Untersuchungsbedarf.

Gelöstes Aluminium im Bodenwasser oder Oberflächengewässer wirkt auf Pflanzen und Wasserlebewesen toxisch. Aluminium im Trinkwasser wirkt vermutlich schädigend auf das Gehirn bzw. das Nervensystem des Menschen, z.B. eine Beteiligung bei der Pathogenese von *Alzheimer* ist wahrscheinlich. Bei der Aufbereitung von Rohwasser zu Trinkwasser kommt es zur Anhebung des pH-Wertes und einer Fällung der Aluminiumionen, dennoch sind die vorgefundenen hohen Aluminiumkonzentration aus zwei Gründen sehr bedenklich. Zum einen zeigen sie die schwere anthropogene Beeinflussung des Grundwassers durch die menschlichen Aktivitäten und die vorausgehende Schädigung des Bodensystems. Zum anderen sind die Nutzer der vielfach vorhandenen Privatbrunnen gefährdet, bei deren Hauswasserversorgung keine Aufbereitung des geförderten Grundwassers vorgenommen wird.

Die erste Überschreitung des TVO Grenzwertes von 0,2 mg/l in einem Förderbrunnen wurde bereits gemessen. Der Förderbrunnen (SB) FB 1 (Filter 12,5 bis 20,5 m unter GOK) des Wasserbeschaffungsverbandes Schattensburg wies 1991 0,35 mg/l und 1994 0,46 mg/l Aluminium im Rohwasser auf. Eine Analyse des Reinwassers auf Aluminium liegt nicht vor.



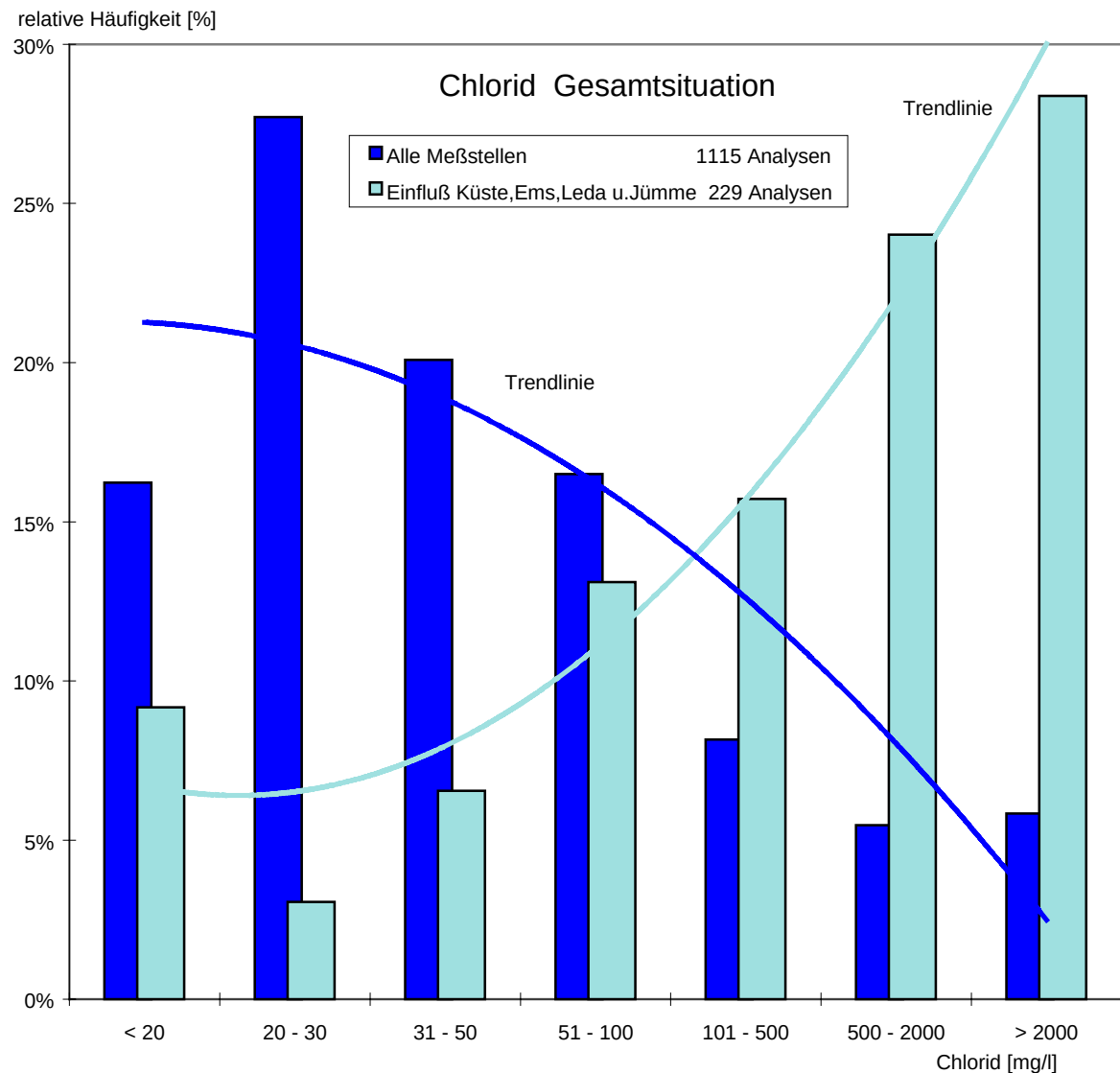
(Diagramm 6.2.11) Tiefenverlagerung der Aluminiumkonzentrationen

→ Tiefenverlagerung Aluminium

Wie auch bei den vorgefundenen pH-Werten häufen sich die hohen Aluminiumkonzentration in den flacher ausgebauten Meßstellen. Der Trend zeigt eine Abnahme der Konzentrationen mit zunehmender Tiefe. Jedoch sind Grenzwertüberschreitungen auch schon bei einer Filtertiefe von 30 bis 50 m zu messen. Ab ca. 60 m Tiefe sind fast nur noch Konzentrationen unter dem TVO Grenzwert von 0,2 mg/l zu finden

6.3 Versalzung

Als Leitparameter für den Grad der Versalzung wird für die folgenden Betrachtungen der Chloridgehalt des Grundwassers herangezogen.



(Diagramm 6.3.1) Häufigkeitsverteilung der Chloridbefunde (**gesamter Datenbestand**)

→ Gesamtsituation

Eine Chloridkonzentration von über 50 mg/l weisen 36 % aller Analysen auf.

Eine Chloridkonzentration von über 250 mg/l * weisen 14 % aller Analysen auf.

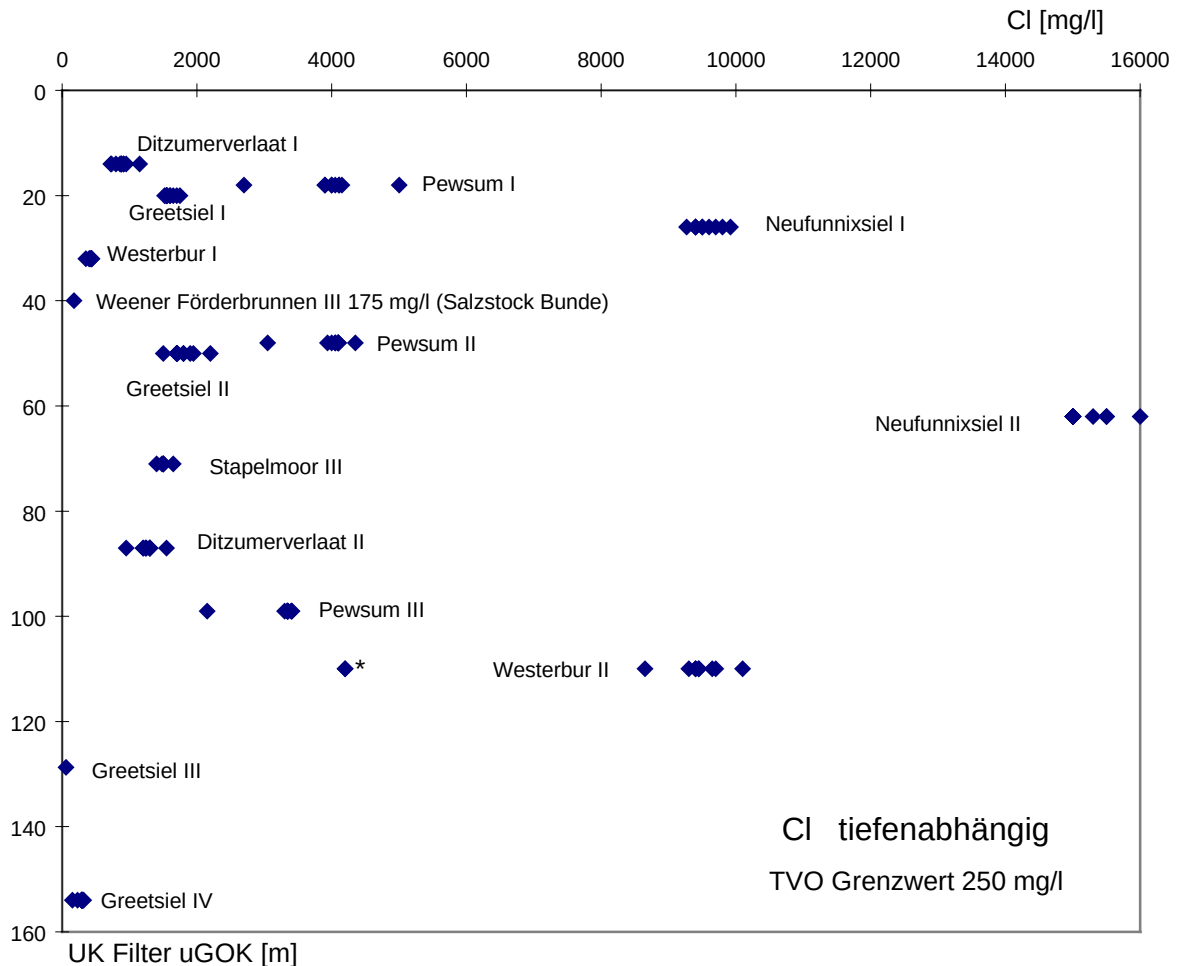
*(TVO Grenzwert für Trinkwasser!)

→ Intensität der Einflußfaktoren

Einfluß Küste,Ems,Leda u. Jümme 81% der Analysen über 50 mg Chlorid/l

Die Intensität des Einflußfaktors Küste, Ems, Leda und Jümme auf das Grundwasser nahe der tidebeeinflussten Gewässer und der Nordseeküste wird sehr deutlich.

Niedrige bis mittlere Chloridkonzentrationen finden sich im Einfluß von Leda-Jümme und Ems. Die hohen und extremen Konzentrationen finden sich in der Marsch im direkten Einfluß der Nordsee. Besonders hohe Chloridkonzentrationen finden sich in den Meßstellen Neufunnixsiel II (Filter 60 - 62 m) mit ca. 15.500 mg/l (!), Neufunnixsiel I (Filter 24 - 26 m) mit ca. 9.500 mg/l und Westerbur II (Filter 108 - 110 m) mit ca. 9.000 mg/l. (→ vergl. zu Neufunnixsiel auch Diagramm 6.1.16 Kaliumkonzentration).

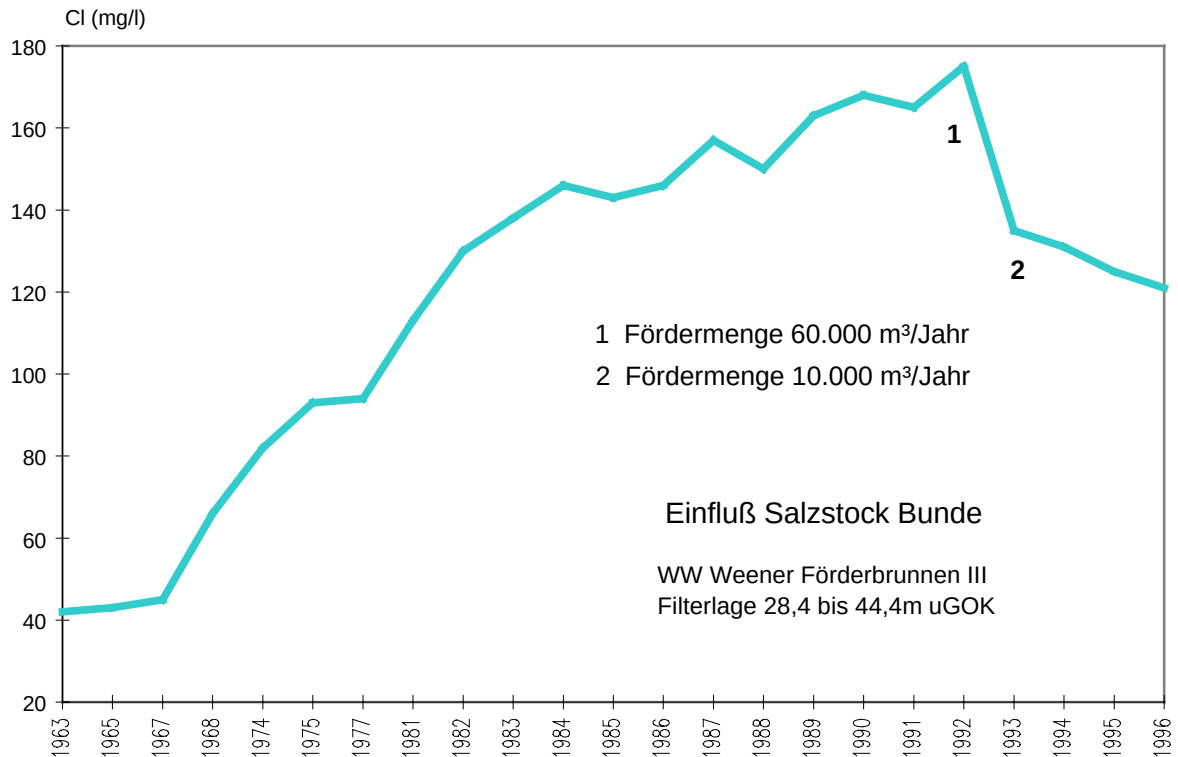


(Diagramm 6.3.2) Chloridkonzentration im Einfluß von Küste, Ems, Leda-Jümme

Die vorgefundenen Chloridkonzentrationen sind seit Untersuchungsbeginn (1988) relativ konstant. Tendenzen oder jahreszeitliche Abhängigkeiten sind nicht zu erkennen. Das Diagramm 6.3.2 zeigt die Chloridgehalte der gesamten Zeitreihe in Abhängigkeit zur Unterkante des Filters. Bis auf eine Chloridmessung bei der Meßstelle Westerbur II (*) sind die spezifischen Konzentrationen gleichbleibend. Meßstellen im Grenzbereich der Versalzungslinie (Karte 5.3) wie z.B. Kleinsande, Petkum, Nortmoor und Schatteburg zeigen keine auffälligen oder gar steigenden Chloridkonzentrationen, so daß von einer Verschiebung der Versalzungserrscheinungen nach binnenwärts nicht ausgegangen werden kann.

In Kapitel 5.4 wird der Einfluß der Salzstöcke „Timmel“ und „Bunde“ auf die Grundwasserqualität beschrieben. Im o.a. Diagramm ist als Beispiel hierfür die Chloridkonzentration des Förderbrunnen III des Wasserwerkes Weener / Ems aufgeführt (Cl - Gehalt 1992 = 175 mg/l).

Die Chloridkonzentration des Rohwassers wird im Wasserwerk Weener seit 1963 beobachtet und zeigt eine steigende Tendenz. An diesem Beispiel läßt sich gut die Dynamik im Grundwasser erläutern, die sich durch Ablaugung und Grundwasserentnahme einstellt. Diese Dynamik ist im folgenden Diagramm über einen langen (!) Zeitraum sehr eindrucksvoll zu erkennen.

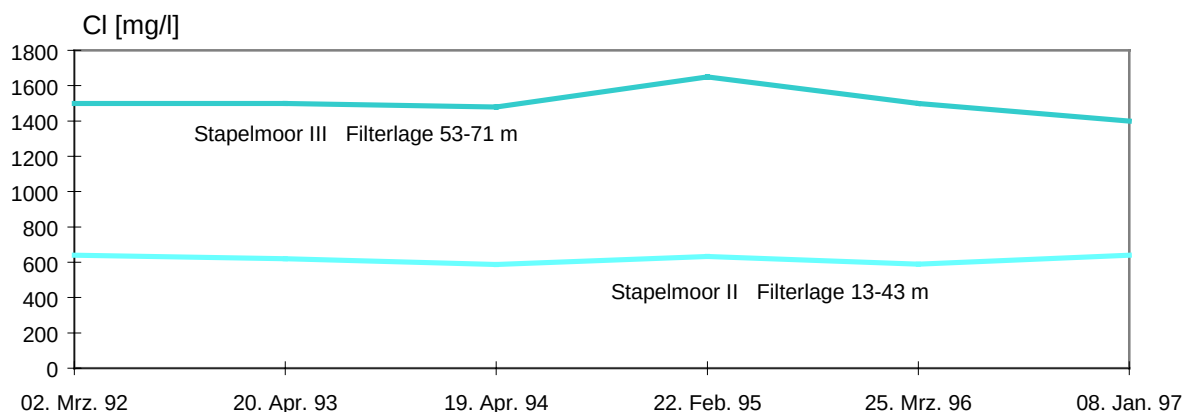


(Diagramm 6.3.3) Verlauf der Chloridkonzentration im Förderbrunnen III des WW Weener

Der Förderbrunnen III [(We) FB 3] befindet sich im Einfluß des Salzstockes „Bunde“. Deutlich zu erkennen ist die Abhängigkeit der Chloridkonzentration bzw. der Salzablaugung von der entnommenen Grundwassermenge. Nach der Reduzierung der Fördermenge zwischen 1992 und 1993 um 50.000 m³ p.a. gehen die Chloridkonzentrationen zurück.

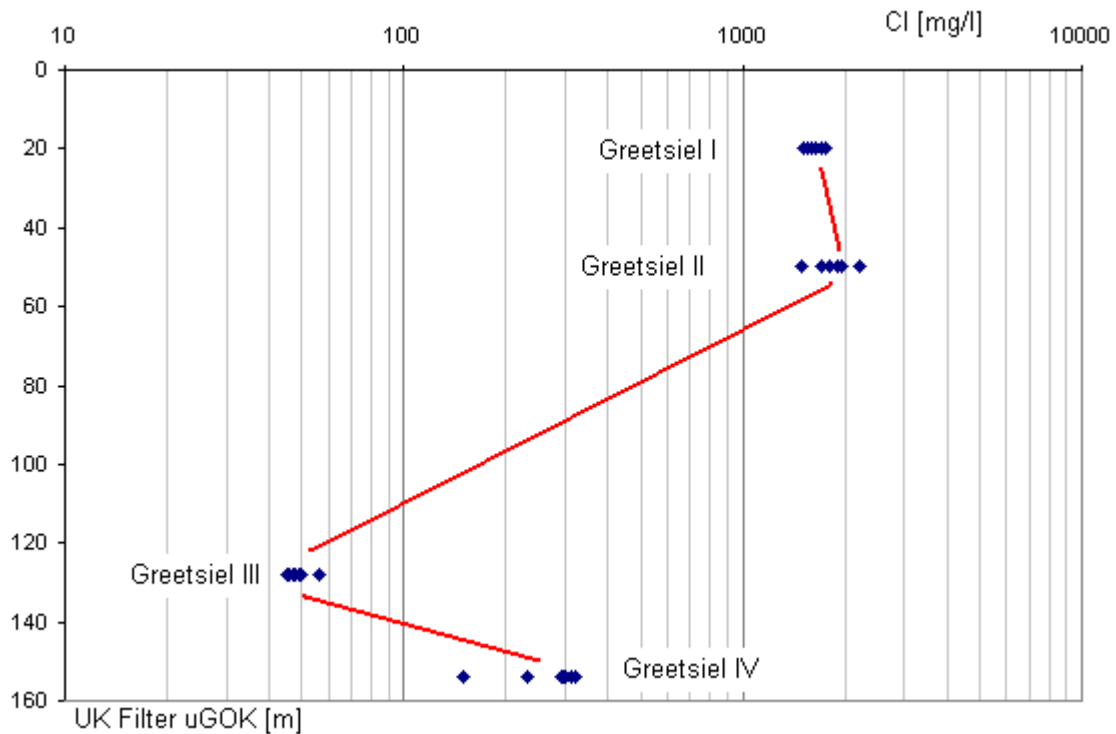
→ Standort des Brunnen und Lage des Salzstock vergl. Karte 5.3

Der Einfluß des Salzstock „Bunde“ läßt sich auch an den Meßstellen Stapelmoor II und Stapelmoor III feststellen, die sich an der südlichen Grenze des Wasserschutzgebietes Weener/Ems und zwischen Ostgrenze des Salzstockes und der Ems befinden.



(Diagramm 6.3.4) Verlauf der Chloridkonzentration in Stapelmoor II und III

Eine Besonderheit zeigen die Meßstellen Greetsiel I bis IV. Die Meßstelle liegt in direkter Küstennähe nahe der Leybucht und weist auch in den flachen Verfilterungen einen typischen Chloridgehalt in der Größenordnung 1.500 bis 2.000 mg/l auf. Im tieferen Filter bei ca. 128 m werden jedoch nur noch Chloridkonzentrationen um 50 mg/l gemessen. Hier schiebt sich eine „Süßwasserzunge“ vom Binnenland bis unter die versalzten Schichten. Der tiefste Filter bei ca. 154 m zeigt wieder eine steigende Chloridkonzentration. Das Diagramm 6.3.5 verdeutlicht dieses Phänomen, die eingezeichnete Linie soll den stark vereinfachten Verlauf des „Versalzungshorizontes“ darstellen.



(Diagramm 6.3.5) Versalzung an den Meßstellen Greetsiel I bis IV (Süßwasserzunge)

Dieses Verhalten mit dem weit seewärts gerichteten Süßwassereinschub macht die unterschiedlichen Verhältnisse der einzelnen Aquifere deutlich. Zwischen den oberen und unteren Filterlagen ist eine ausgeprägte Stockwerkstrennung durch Ton- und Schluffablagerungen vorhanden. Der untere Aquifer ab ca. 125 m uGOK hat offensichtlich einen hydraulischen Kontakt zur Geest, so daß von dort Süßwasser vordringt und die Ergebnisse der Meßstellen Greetsiel III und IV beeinflusst.

Vereinzelt weisen auch Meßstellen auf der Geest Chloridkonzentrationen in der Größenordnung um 100 mg/l auf. Bei einigen dieser Meßstellen kann von einer Beeinflussung durch Verkehrswege ausgegangen werden. Z.B. durch Straßenunterbau mit salzhaltigem Sand:

wie bei (Hg) B 1 - 183 mg Cl / l oder (Si) 11 - 122 mg Cl / l

oder durch Streusalzeinsatz:

wie bei (Co) B 1 - 84 mg Cl / l (Mai 95) 210 mg Cl / l (Dezember 95)

kann es zu einem Salzeintrag in das Grundwasser kommen.

Die Chloridkonzentrationen aller Güte-Meßstellen für das Untersuchungsjahr 1995 sind in Form einer GIS - Auswertung auf der Karte M 1:225.000 dargestellt (ANLAGE 2).

Die Versalzung durch Küsteneinfluß und Ablaugungen von Salzstöcken hat in Ostfriesland eine große Bedeutung zur Sicherung der Trinkwassergewinnung und muß weiter beobachtet werden.

7 Nutzung der Grundwasservorkommen

7.1 Trinkwassergewinnung

Die Nutzung der Grundwasservorkommen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung ist von größter Bedeutung. Zur Daseinsvorsorge ist es dabei unerlässlich neben der Menge auch die Qualität des geförderten Grundwassers und die Qualität des Grundwassers im Vorfeld der Förderbrunnen zu beobachten. Verschiedene anthropogene und geogene Einflüsse wirken auf das Grundwasser - negative Veränderungen der Grundwasserqualität in Bezug auf die Trinkwassergewinnung müssen frühzeitig erkannt werden, damit politische und fachliche Maßnahmen zur Ursachenbehebung getroffen werden können.

Die in Kapitel 6 zur Dynamik der Grundwasserqualität dargestellten Ergebnisse liefern ein relativ breites Spektrum an Zahlen und Tendenzen. Dennoch ist es unerlässlich vor Ort in den einzelnen Wasserschutzgebieten weitergehende Untersuchungen anzustellen und mit einem dichteren Meßnetz die Qualität zu überwachen. Diese Aufgabe liegt in der Verantwortung der einzelnen Wasserversorgungsunternehmen in Zusammenarbeit mit den örtlichen Wasserbehörden.

Wasserwerke auf dem Festland

Die im Vorfeld des Grundwassergüteberichtes 1997 erhobenen Grundwassergütedaten und die bei der Auswertung gewonnenen Erkenntnisse spiegeln ein Bild von der Gesamtsituation in Ostfriesland und in den einzelnen Wasserschutzgebieten wider. In zusammengefaßter Form werden für jedes Wasserschutzgebiet / Wasserwerk einige Kriterien aufgeführt, insbesondere zur Gütesituation, zur Datenlage und zu evtl. vorhandenen Gefährdungspotentialen, aber auch zu Besonderheiten oder zur geförderten Wassermenge. Die aufgeführten Merkmale sind auch als konstruktive Hinweise zu verstehen, um evtl. vorhandene Defizite aufzuzeigen und das weitere Vorgehen zu planen.

Wasserwerk	Norden / Hage
Fördermenge 1996	1,48 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend, keine längeren Zeitreihen
Bemerkungen Meßnetz	Bedarf an Güteuntersuchungen von flachen Meßstellen im Stadtbereich Filterlänge Förderbrunnen (Hg) FB 1 nicht bekannt
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Aluminium in (Hg) PB e max. 2,1 mg/l Kalium in (Hg) B 5 max. 44 mg/l Chlorid in (Hg) B 1 max. 250 mg/l
Bemerkungen	Untersuchungsbedarf Einfluß Siedlung Beobachtung der Küstenversalzung, hoher Waldanteil

Wasserwerk	Harlingerland
Fördermenge 1996	9,22 Mio. m ³
Datengrundlage	nicht ausreichend, nur kurze Zeitreihe (ab 1995)
Bemerkungen Meßnetz	ausschließlich Vorfeldmeßstellen n. NWG §147 Ergänzungsbedarf im südlichen Einzugsgebiet
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (Ha) 214 max. 91,9 mg/l Aluminium in (Ha) 214 max. 2,8 mg/l (pH 4,29) Chlorid in (Ha) 213 max. 174 mg/l
Bemerkungen	landwirtschaftliche Zusatzberatung seit 1996 Beobachtung der Küstenversalzung

Wasserwerk	Marienhafte /Siegelsum
Fördermenge 1996	3,76 Mio. m ³
Datengrundlage	nicht ausreichend, nur Analysen von Förderbrunnen
Bemerkungen Meßnetz	keine Vorfeldmeßstellen n. NWG §147, ausschließlich Förderbrunnen
Auffälligkeiten Grundwassergüte	keine (unzureichende Daten)
Bemerkungen	intensive landwirtschaftliche Nutzung im Nahbereich Beobachtung der Küstenversalzung

Wasserwerk	Aurich / Egels
Fördermenge 1996	3,46 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend
Bemerkungen Meßnetz	ausschließlich Vorfeldmeßstellen n. NWG §147 und Förderbrunnen zusätzlich Meßstellen bei Bodenabbaustätten keine Gütedaten aus nördlichem Einzugsgebiet
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (Au) 95 max. 204 mg/l (zyklisch) Nitrat in (Au) 59 max. 64,5 mg/l Nitrat in GA 1 max. 96,8 mg/l Nitrat in BH 3 max. 138 mg/l Aluminium in (Au) 95 max. 2,65 mg/l Aluminium in GA 1 max. 3,5 mg/l (pH 4,29) Aluminium in GA 2 max. 1,8 mg/l Aluminium in BAGW 4 max. 1,6 mg/l Kalium in (Au) 95 max. 57,6 mg/l
Bemerkungen	Gefährdung im Nordosten des WSG durch Bodenabbau und intensiver Landwirtschaft auf durchlässigen Standorten / hoher Waldanteil

Wasserwerk	Sandelermöns
Fördermenge 1996	5,61 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend
Bemerkungen Meßnetz	ausschließlich Vorfeldmeßstellen n. NWG §147
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (Sa) 181 max. 78,8 mg/l Nitrat in (Sa) 186 max. 112 mg/l (zyklisch) Nitrat in (Sa) 169 max. 101 mg/l Aluminium in (Sa) 167 max. 1,91 mg/l Aluminium in (Sa) 169 max. 2,63 mg/l Aluminium in (Sa) 172 max. 11,3 mg/l (!!) pH 4,34 Aluminium in (Sa) 173 max. 3,35 mg/l Aluminium in (Sa) 188 max. 2,03 mg/l Chlorid in (Sa) 172 max. 148 mg/l fast alle Meßstellen zeigen mittlere bis hohe Aluminiumkonzentrationen (TVO Grenzwert 0,2 mg/l)
Bemerkungen	hoher Waldanteil - starke Versauerungstendenz, intensive Landwirtschaft / Maisanbau in Brunnennähe, landwirtschaftliche Zusatzberatung seit 1995

Wasserwerk	Klein Horsten
Fördermenge 1996	2,66 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend
Meßnetz	gut ausgebaut
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (Kh) 39 max. 61,8 mg/l (steigende Tendenz) Nitrat in (Kh) 139 max. 75,3 mg/l (zyklisch) Nitrat in (Kh) 141 max. 68,7 mg/l (zyklisch) Aluminium in (Kh) 39 max. 1,36 mg/l Aluminium in (Kh) 42 max. 1,19 mg/l Aluminium in (Kh) 101 max. 3,5 mg/l
Bemerkungen	großflächiger Bodenabbau u. Wasserflächen in Wasserwerksnähe, landwirtschaftliche Zusatzberatung seit 1993, lfd. Untersuchungen zur Rüstungsalzlast Marx

Wasserwerk	Tergast / Simonswolde
Fördermenge 1996	4,02 Mio. m ³
Datengrundlage	sehr gut, großer Parameterumfang
Meßnetz	gut ausgebaut
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (Te) 10 max. 14,18 mg/l Aluminium in (Te) 2 max. 4,1 mg/l Chlorid in (Te) 3 max. 582 mg/l (Ems) Chlorid in (Si) 9 tief max. 170 mg/l
Bemerkungen	große landwirtschaftliche Grünlandbetriebe, Beeinflussung durch Ems und Schöpfwerke, Beobachtung Salzstock Timmel/Fassung Simonswolde

Wasserwerk	Hesel / Hasselt
Fördermenge 1996	3,06 Mio. m ³
Datengrundlage	sehr gut , lange Zeitreihen, großer Parameterumfang
Meßnetz	gut ausgebaut, Bedarf an Gütemeßstellen im nordöstlichen Bereich des WSG (Raum Großoldendorf)
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (He) LBH 13 max. 110 mg/l (zyklisch) Nitrat in (He) LBH 1 max. 36 mg/l (zyklisch) Nitrat in (He) LBH 22 max. 72 mg/l (zyklisch) Nitrat in (He) LBH 24 max. 132 mg/l (zyklisch) Nitrat in (He) Pb 5 a max. 47 mg/l Nitrat in (He) Pb 3 max. 410 mg/l (steigende Tendenz) Nitrat in (He) Pb 4 max. 30 mg/l fast keine Aluminiumanalysen, hier besteht Bedarf z.B. bei (He) LBH 22, (He) LBH 24, (He) Pb 5 a und (He) Pb 4
Bemerkungen	z.Z. Untersuchungen wegen Belastung (He) Pb 3, Nitratprobleme an vielen Meßstellen, hoher Waldanteil / relativ hoher Mais- u. Getreideanteil

Wasserwerk	Leer / Heisfelde
Fördermenge 1996	2,23 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend
Meßnetz	befriedigend, Bedarf an flach ausgebauten Gütemeßstellen im Stadtbereich
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (SL) 9/44 max. 53 mg/l Nitrat in (SL) 46 G max. 45 mg/l Aluminium in (SL) 46 G max. 0,78 mg/l Aluminium in (SL) 24/51 max. 1,8 mg/l Aluminium in 45 G max. 0,81 mg/l Aluminium in (SL) 6/44 max. 0,43 mg/l Aluminium in (SL) 48 G max. 1,5 mg/l Aluminium in (SL) 8/44 max. 0,91 mg/l Chlorid in (SL) 48 G max. 112 mg/l (Ems) Aluminium in (SL) VB 1 max. 0,22 mg/l (Förderbrunnen) Kalium in (SL) VB 2 max. 12,5 mg/l (Förderbrunnen) Aluminium in (SL) VB 2 max. 0,19 mg/l (Förderbrunnen)
Bemerkungen	Beeinflussung durch die Ems, negative Beeinflussung durch die städtische Ansiedlung und Altablagerungen/Altstandorte ist zu befürchten (Untersuchungsbedarf), TVO Grenzwertüberschreitung Kalium (12 mg/l), Beobachtung/Meßstellenaufnahme Bodenabbau

Wasserwerk	Weener / Ems
Fördermenge 1996	1,78 Mio. m ³
Datengrundlage	gut, Parameterumfang könnte ausgedehnt werden
Meßnetz	gut ausgebaut, Bedarf an Gütemeßstellen im südlichen Bereich des WSG
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (We) P 28 b max. 387 mg/l (10/1987) Nitrat in (We) P 28 b 10 mg/l (11/1996) Nitrat in (We) P 63 max. 47 mg/l Nitrat in (We) 26 a max. 36 mg/l Nitrat in (We) B 03 max. 34 mg/l (zyklisch) Nitrat in (We) B 05 max. 11 mg/l (zyklisch) Nitrat in (We) B 07 max. 48 mg/l (zyklisch)
Bemerkungen	Untersuchungsbedarf Einfluß durch städtische Ansiedlung, Beobachtungen zum Einfluß Salzstock Bunde

Wasserwerk	Schatteburg
Fördermenge 1996	0,018 Mio. m ³
Datengrundlage	befriedigend, lange Zeitreihe für den Förderbrunnen
Meßnetz	Förderbrunnen und zwei Meßstellen
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Nitrat in (SB) 2 max. 129 mg/l Nitrat in (SB) 3 max. 74,8 mg/l Nitrat in (SB) FB 1 max. 22 mg/l (Förderbrunnen) Aluminium in (SB) FB 1 max. 0,46 mg/l (Förderbrunnen) Nickel in (SB) FB 1 max. 35 µg/l (Förderbrunnen)
Bemerkungen	Nitratproblem im Förderbrunnen, TVO Grenzwertüberschreitung Aluminium im Rohwasser, Überwachung Reinwasser ist notwendig Nickelauswaschung sollte weiter beobachtet werden (TVO Grenzwert 50 µg/l)

Wasserwerk	Collinghorst
Fördermenge 1996	2,26 Mio. m ³
Datengrundlage	nicht ausreichend, keine längeren Zeitreihen, regelmäßige Güteanalysen von eigenen Meßstellen liegen nicht vor
Meßnetz	nicht ausreichend, Bedarf an Meßstellen mit Güteuntersuchungen im Entnahmestockwerk
Auffälligkeiten Grundwassergüte	Aluminium in (Co) B 2 max. 0,2 mg/l Aluminium in Westrhauderfehn I max. 0,15 mg/l Ammonium in (Co) B 5 max. 10,7 mg/l Ammonium in (Co) B1 max. 20,6 mg/l Chlorid in (Co) B1 max. 210 mg/l
Bemerkungen	Einfluß Hochmoor (Ammoniumproblem), Beobachtung von Metallaustrag (stark reduzierende und saure Verhältnisse), Untersuchung / Beobachtung von Ammoniumaustrag evtl. unter Berücksichtigung des Entwässerungsverhaltens (Grundwasserabsenkungen im Einzugsgebiet)

Das geförderte Rohwasser der Wasserwerke auf dem Festland wurde in diesem Bericht nur insoweit berücksichtigt, als das einige Förderbrunnen als Gütemeßstellen Verwendung finden. Anhand der übrigen vorliegenden Güteanalysen des Roh- und Reinwasser kann jedoch abschließend gesagt werden, daß weder Nährstoffe noch Versauerungserscheinungen bis heute soweit in den Entnahmeaquifer vorgedrungen sind, daß sie flächendeckend Probleme bereiten würden.

Die hohen Eisen- und Mangankonzentrationen im Rohwasser und der sich daraus ergebende Aufbereitungsaufwand wurden bereits im Grundwassergütebericht 1994 erläutert.

Defizite an GW-Gütemeßstellen und Analysen in gefährdeten Regionen sollten kurzfristig in Zusammenarbeit vor Ort abgebaut werden, um das Bild von der Gesamtsituation zu vervollständigen und den Aufbau von zielgerichteten Konzepten unterstützen

Wasserwerke auf den Inseln

Aufgrund der Empfindlichkeit der Süßwasserlinsen gegenüber Stoffeinträgen, ist zur Sicherung der Wasserqualität eine umfassende Ausweisung als Wasserschutzgebiete erfolgt.

Das Süßwasservorkommen einer Insel ist bevorzugt durch folgende Faktoren gefährdet:

- Unfälle
- Altlasten
- Verringerung der Grundwasserneubildung (z.B. Versiegelung)
- Übermäßige Grundwasserförderung
- Salzwassereinbrüche (z.B. durch Sturmfluten/Landverluste)

Aufgrund dieser Gefährdungen kann eine Verlagerung bzw. Dezentralisierung der Grundwassergewinnung erforderlich werden. Zudem stellen naturschutzrechtliche Belange zunehmend Anforderungen an die Bewirtschaftung der Süßwasserlinsen.

Zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung auf der Insel ist es somit erforderlich, alle Gebiete der Linse mit förderwürdigem Grundwasser zu schützen, da es notwendig sein kann auf andere Vorkommen auszuweichen.

Hinsichtlich der Grundwassernutzung sind die oberflächennahen, verschmutzungsempfindlichen Grundwasservorkommen von besonderer Bedeutung. Voraussetzung für die Nutzung des oberflächennahen Grundwassers einer Süßwasserlinse ist ein wirksamer flächendeckender Grundwasserschutz und eine standortangepaßte Stabilisierung der Linse durch entsprechende Bewirtschaftungs-, Küstenschutz- oder ggf. Anreicherungs-Maßnahmen.

So sind z.B. bei einer Gesamtfläche der Insel Borkum von 32 km² lediglich 5-6.5 km² (15-20%) der Insel für die öffentliche Trinkwassergewinnung geeignet.

Die folgende Tabelle 7.1 gibt einen Überblick zur Nutzung der Grundwasservorkommen in den Süßwasserlinsen.

Insel Wasserwerk	Förder- brunnen (Anzahl)	Förder- tiefe (m)	Insel- größe (km ²)	Wasser- schutz- gebiet (km ²)	Mögliche Gewinnungs- fläche (km ²)	Fördermenge 1996 (Tsd. m ³ /a)	Wasserrecht (Tsd.m ³ /a)
Borkum	42	5 - 40	32	22	6,5	862.430	1.300.000
Juist	25	5 - 15	13	4,5	3,0	322.585	400.000
Baltrum	5	10	6	2,9	-	nur Notversorgung	40.000
Norderney	36	6 - 48	25	11	4,5	982.210	1.400.000
Langeoog	15	14 - 39	20	14	4,0	401.851	500.000
Spiekeroog	6	10 - 15	21	2,5	2,5	142.810	170.000
Wangerooge	3	6,2 - 9,6	8,5	1,6	-	nur Notversorgung	60.000

(Tabelle 7.1). : Grundwassergewinnung auf den ostfriesischen Inseln

7.2 Löschwasser

Für die Gewinnung von Grundwasser zu Löschzwecken (Feuerlöschbrunnen) spielt die Grundwasserqualität keine Rolle. Ziel der Löschwassergewinnung ist es vielmehr Grundwasser in kurzer Zeit und ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen. Aus folgenden Gründen findet dennoch die Löschwassergewinnung an dieser Stelle Berücksichtigung:

Bei der Errichtung von Feuerlöschbrunnen werden zur Sicherstellung entsprechender Wassermengen oft in einem Brunnen mehrere Aquifere erschlossen. Dadurch, daß sich über die verschiedenen Filter einer Meßstelle eine Vermischung des Grundwassers verschiedener Aquifere einstellt, besteht die Gefahr, daß sich Schadstoffe verlagern können, die ansonsten durch die geologischen Trennschichten zurück gehalten worden wären. Diese Gefährdung wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, daß im Brandfalle (z.B. bei Gewerbe- oder Industriebetrieben) kontaminiertes Löschwasser anfallen und zumindest teilweise in der Nähe des benötigten Feuerlöschbrunnens versickert. Dies kann verhindert werden, wenn ein guter Brunnenabschluß zur Oberfläche z.B. mit einer 5m mächtigen Tonsperre und eine Abdichtung zwischen den Aquifereen vorgenommen wird.

Des weiteren ist das StAWA Aurich in der Lage, die Verantwortlichen bei der Neuerrichtung von Feuerlöschbrunnen fachlich zu unterstützen. Z.B. liegen relativ flächendeckend Schichtenverzeichnisse vor, die eine Aussage über die zu erwartenden Untergrundverhältnisse ermöglichen. Bei der nach § 138 NWG erforderlichen Anzeige eines Bohrvorhabens und der anschließenden Benachrichtigung über die vorgefunden geologischen Schichten liegt dann wiederum ein Ergebnis vor, das dazu beiträgt die Informationsdichte über die Aquifere und Trennschichten zu erhöhen.

Im speziellen Einzelfall und bei genauer Kenntnis des ausgebauten Brunnens können Feuerlöschbrunnen unter Umständen auch als Grundwassergütemeßstelle Verwendung finden, z.B. um lokale Probleme näher zu ergründen und das Gesamtbild zu vervollständigen.

7.3 Beregnung

Die landwirtschaftliche Beregnung z.B. von Sonderkulturen aus dem Grundwasser spielt in Ostfriesland nur eine sehr untergeordnete Rolle. Für den Einzelfall gelten hier ähnliche Punkte wie bei den Feuerlöschbrunnen:

- negativer Aspekt der Verfilterung über mehrere Aquifere
- notwendige Anzeige des Bohrvorhabens n. § 138 NWG
- bei Bedarf geologische Beratung und Informationsaustausch
- evtl. wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich

Für den Grundwasserschutz viel interessanter sind die in der Vergangenheit an erschreckender Zahl zunehmenden Grundwasserbrunnen in privaten Haushalten, die meistens der Beregnung bzw. Bewässerung von Gärten dienen. Diese Brunnen stellen eine große Gefährdung dar, wenn wie oben beschrieben mehrere Aquifere und Trennschichten durchteuft werden und keine Ringraumabdichtung zwischen den Aquifere und vor allem unterhalb der Geländeoberfläche mit Ton erfolgt - ein direktes Eindringen von verschmutztem Oberflächenwasser ist möglich. Auch hier ist ein gut ausgeführter Brunnenabschluß mittels Tonsperre von größter Wichtigkeit. Weitere Eintrittsmöglichkeit für Schadstoffe in tiefere Grundwasserleiter ist der Brunnen selbst. Durch unzureichend oder gar nicht verschlossene Brunnenköpfe können schädliche Substanzen eindringen (z.B. Öl bei maschinentechnischen Arbeiten an Pumpen u.ä.).

Werden diese privaten Brunnen zur Trinkwassernutzung verwendet, setzen sich die Verbraucher zusätzlich noch einer Gesundheitsgefährdung aus. Das Wasser wird i.d.R. nicht untersucht und gerade im oberflächennahen Bereich ist mit problematischen Inhaltsstoffen wie Nitrat und Aluminium zu rechnen (vergl. dazu auch Kapitel 6.2 - Aluminium im oberflächennahen Grundwasser).

8 Zusammenfassung

Ostfriesland ist eine bedeutende Region für die Nutzung von Grundwasservorkommen zur Gewinnung von Trinkwasser. Zur Sicherstellung einer langfristig guten Grundwasserqualität ist es wichtig, negative Beeinflussungen des Grundwassers frühzeitig zu erkennen, um Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

In dem vorliegenden Bericht sind 1.405 Grundwasseranalysen von 197 Meßstellen ausgewertet worden. Der Schwerpunkt des Berichtes ist die Untersuchung der Belastungen mit Nährstoffen, der Auswirkungen der Versauerung und der Ausdehnung der Versalzung. Die geogen bedingt hohen Gehalte an Eisen und Mangan im Grundwasser Ostfrieslands sowie die nur sehr vereinzelt Pflanzenschutzmittelfunde sind bereits in den vorherigen Auswertungen beschrieben worden (Grundwassergütebericht 1994).

Wesentliche Neuerung zu vorherigen Auswertungen ist die Einordnung jeder Einzelmeßstelle in Gruppen, die von gleichen Faktoren beeinflusst werden. Damit ist eine Aussage zu den Auswirkungen der verschiedenen Einflußfaktoren und deren Intensität möglich. Für die Grundwasserqualität wichtige anthropogene Einflußfaktoren wie die Landwirtschaft und der Bodenabbau werden genauso berücksichtigt wie Einflüsse durch die Naturräume Wald und Moor als auch regionstypische Faktoren wie die Nordsee und die Salzstöcke.

Für die zukünftige Zusammenarbeit von Wasserversorgungsunternehmen und wasserwirtschaftlichen Behörden ist es unerlässlich den digitalen Datenaustausch zu intensivieren, damit auch die einzelnen Wasserversorgungsunternehmen von den überregionalen Auswertungen profitieren und mit modernen technischen Hilfsmitteln unter Berücksichtigung ortsspezifischer Gegebenheiten für jedes Wasserschutzgebiet problemorientierte Konzepte erarbeiten können.

Ein unverzichtbares Hilfsmittel ist die Nutzung eines Geo-Information-Systems (GIS). Durch die Verknüpfung von Flächeninformationen wie Nutzungen, Bodenuntersuchungsergebnissen und für das Grundwasser bedeutsamen Eingriffen mit Informationen zu den geologischen Standortgegebenheiten und zur Grundwassergüte können langjährige Ergebnisse zusammengeführt, ausgewertet und visualisiert werden (→ zusammenführen von geographischen Lagedaten und veränderlichen Sachdaten). Anhand dieser Ergebnisse können Nutzen und Kosten von grundwasserschützenden Konzepten bzw. Fördermaßnahmen optimiert werden (prioritärer Grundwasserschutz).

Insbesondere ist zu prüfen, ob zur Verfügung stehende Finanzmittel pauschal und flächendeckend in Maßnahmen fließen (z.B. Landwirtschaft), oder entsprechend der Gefährdung auch städtebauliche Maßnahmen (Kanalsanierung), Küstenschutzmaßnahmen (Sicherung von Süßwasserlinsen auf den ostfriesischen Inseln) oder z.B. Überarbeitung von Fassungsanlagen (Salzstockablaugungen) vordringlich unterstützt werden müssen.

Gütesituation

Im oberflächennahen Grundwasser ist eine deutliche Einwirkung durch menschliche Aktivitäten zu erkennen. Jede fünfte Analyse in landwirtschaftlich beeinflussten Meßstellen zeigt höhere Gehalte der Nährstoffe Nitrat (über EU-Richtwert 25 mg/l) und Kalium (über TVO-Grenzwert 12 mg/l). Bei Ammonium ist jede zweite Analyse als bedenklich einzustufen (über TVO-Grenzwert 0,39 mg/l).

Die Nitratgehalte an Meßstellen im Einfluß von Bodenabbaustätten sind ausgesprochen hoch. Hier kommt zur Landwirtschaft auf durchlässigen Standorten der Bodenabbau hinzu, der durch den Eintrag von Sauerstoff Oxidationsprozesse bewirkt (Ammonium wird zu Nitrat) und zusätzlich durch den Abtrag und die Belüftung des Oberbodens zur Mineralisierung von Stickstoffverbindungen führt.

Extremwerte an Nitrat finden sich an vielen Meßstellen im Einfluß von Wald. Die relativ geringe Nährstoffaufnahme der Bäume und sorptionsschwache Böden führen zu einer Verlagerung von Nitrat und Ammonium ins Grundwasser. Die Stickstoffverbindungen werden aus der Luft (landwirtschaftliche Ammoniakemissionen, Industrieabgase, Straßenverkehr) bevorzugt durch den Wald ausgekämmt.

Sehr interessant sind die Auswirkungen der Versauerung. Die Grundwasservorkommen im Einzugsgebiet schwach gepufferter Geestsedimente der Trinkwasserschutzgebiete weisen sehr niedrige pH-Werte auf. Als Leitparameter kann Aluminium herangezogen werden, der diesen bedeutsamen Einfluß dokumentiert. Es liegen aber erst für einen kurzen Zeitraum und nicht für alle Meßstellen Aluminiumanalysen vor. Dennoch kann ausgesagt werden, daß die Auswaschung von Aluminium ins oberflächennahe Grundwasser ein Problem darstellt. Es werden an 53 Meßstellen von 134 untersuchten Meßstellen Konzentrationen über dem TVO Grenzwert für Trinkwasser von 0,2 mg/l festgestellt. Extremwerte bis zu 11,3 mg/l finden sich an den versauerten bzw. versauerungsgefährdeten Standorten. Hierzu gehören insbesondere die schwach gepufferten, sorptionsschwachen Böden im Zusammenspiel mit Wald oder Bodenabbau. Ein positiver Einfluß kann von der landwirtschaftlichen Flächennutzung ausgehen, die durch Meliorationskalkungen der Versauerung entgegen wirkt.

Ostfriesland als Küstenregion zeigt an den Meßstellen im Einfluß von Küste, Ems und Leda-Jümme gleichbleibend hohe bis sehr hohe Salzgehalte im Grundwasser. Für die heutige Trinkwassergewinnung stellt dieser Salzeintrag aus der Nordsee bislang kein Problem dar, muß jedoch beobachtet werden, da z.B. durch Veränderungen der Druckverhältnisse durch Grundwasserentnahme insbesondere im Einzugsbereich der Wasserwerke Marienhaf/Siegelsum, Norden/Hage, Harlingerland und Tergast ein weiteres Vordringen der Küstenversalzung nicht ausgeschlossen werden kann.

Ein weiterer wichtiger Einflußfaktor für die Nutzung von Grundwasservorkommen und die Trinkwassergewinnung in Ostfriesland ist die Versalzung durch Salzstöcke. Der Salzstock „Timmel“ beeinflusst die Wasserfassung Simonswolde des Wasserwerkes Tergast und die Ablaugungen des Salzstockes „Bunde“ beeinflussen die Wasserfassung des Wasserwerkes Weener/Ems.

Die sensible Trinkwassergewinnung aus den Süßwasserlinsen der Inseln ist besonders gefährdet durch Salzwassereinbrüche (Sturmfluten/Landverluste) und durch fehlendes Schutzpotential der Deckschichten. Übermäßige Grundwasserentnahme vorwiegend während der Saison, zunehmende Versiegelung und punktuelle Schadstoffeinträge (z.B. durch Altlasten) bedrohen die Menge und Qualität des Grundwassers, das zur Trinkwassergewinnung genutzt werden kann.

In Ostfriesland werden durch 17 Wasserwerke jährlich ca. 36,3 Mio. m³ Grundwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen (11 Wasserwerke auf dem Festland mit 34 Mio. m³ und 6 Wasserwerke auf den Inseln mit 2,3 Mio. m³). Die Trinkwasserversorgung in Ostfriesland wird ausschließlich aus den Grundwasservorkommen sichergestellt. Vielfältige Einflußfaktoren wirken auf das Grundwasser, diese gilt es zu erfassen, um mit abgestimmten Konzepten eine langfristige Qualitätssicherung zu betreiben.

9. Verzeichnis der Karten, Tabellen und Diagramme

Karten	Seite
Karte 2.1	GW-GÜN-Meßstellen Land Niedersachsen 6
Karte 2.3	Meßnetz Förderbrunnen, Vorfeldmeßstellen..... 10
Karte 2.4	Meßnetz Ergänzungsmeßstellen..... 13
Karte 2.5	Meßnetz Sondermeßstellen 15
Karte 5.2	Einflußfaktoren Wald und Moor..... 32
Karte 5.3	Einfluß Küste, Ems, Leda-Jümme..... 34
Karte 5.5	Einflußfaktor Landwirtschaft..... 43
Karte 5.6	Einflußfaktor Bodenabbau..... 46
Karte 5.7	Altablagerungen 49
	Geologisches Profil, Schnitt A - A' Anlage 1
	Auswertungskarte zur Chloridkonzentration 1995..... Anlage 2
	Auswertungskarte zur Nitratkonzentration 1995 Anlage 3
Tabellen	
Tabelle 1	Klassifizierungsmerkmale für Grundwassergütemeßstellen 2
Tabelle 2.1	GW-GÜN Meßstellen des Landes Niedersachsen..... 5
Tabelle 2.2	Förderbrunnen der WVU in Funktion als Grundwassergütemeßstellen..... 7
Tabelle 2.3	Vorfeldmeßstellen der Wasserversorgungsunternehmen n. § 147 NWG..... 9
Tabelle 2.4	„Ergänzungsmeßstellen WVU“ in Wasserschutzgebieten 11
Tabelle 2.4.1	„Ergänzungsmeßstellen StAWA“ in Wasserschutzgebieten 12
Tabelle 2.5	Sondermeßstellen 14
Tabelle 3.1	Übersicht - GW-Gütemeßnetz und deren Betreiber 16
Tabelle 3.2	Untersuchte Parameter der Meßnetze, Übersicht..... 18
Tabelle 4.1	Gliederung und Bedeutung wichtiger geologischer Sedimente in Ostfriesland 23
Tabelle 5.2.1	Meßstellen im Einfluß von Wald..... 29
Tabelle 5.2.2	Meßstellen im Einfluß von Moor..... 31
Tabelle 5.3	Meßstellen im Einfluß von Küste, Ems und Leda-Jümme..... 33
Tabelle 5.5.1	Landwirtschaftliche Flächennutzung in den Wasserschutzgebieten..... 39
Tabelle 5.5.2	31 Meßstellen im landwirtschaftlichen. Einfluß UK Filter < 9 m uGOK 40
Tabelle 5.5.3	35 Meßstellen im landwirtschaftlichen. Einfluß UK Filter >= 9 m und < 20 m uGOK 41
Tabelle 5.5.4	25 Meßstellen im landwirtschaftlichen Einfluß UK Filter >= 20 m uGOK 42
Tabelle 5.6	Meßstellen im Einfluß von Bodenabbau..... 44
Tabelle 5.7	Zahl der Altablagerungen im Dienstbezirk des StAWA Aurich..... 47
Tabelle 5.8	Meßstellen im Einfluß von Siedlungen 48
Tabelle 7.1	Grundwassergewinnung auf den ostfriesischen Inseln..... 82

Diagramme	Seite
Diagramm 5.1.1	Temperaturkurven für die Jahre 1994/95/96, Deutscher Wetterdienst - Station Aurich 26
Diagramm 5.1.2	Niederschlagsverteilung 1994/95/96, Deutscher Wetterdienst - Station Aurich 27
Diagramm 5.1.3	Winter- / Sommerniederschläge 1993 bis 1996 im Vergleich 28
Diagramm 5.5.1	Nmin Ergebnisse in Wasserschutzgebieten 1994/1995 nach Nutzung 37
Diagramm 5.5.2	Nmin Ergebnisse in Wasserschutzgebieten 1995/1996 nach Nutzung 38
Nährstoffe	
Diagramm 6.1.1	Häufigkeitsverteilung der Nitrat befunde (gesamter Datenbestand)..... 51
Diagramm 6.1.2	Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Landwirtschaft..... 52
Diagramm 6.1.3	Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Wald..... 53
Diagramm 6.1.4	Häufigkeitsverteilung der Nitratbefunde im Einfluß Bodenabbau..... 54
Diagramm 6.1.5	Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1993..... 55
Diagramm 6.1.6	Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1994..... 55
Diagramm 6.1.7	Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1995..... 56
Diagramm 6.1.8	Tiefendarstellung der Nitratbefunde über 1 mg/l Untersuchungsjahr 1996..... 56
Diagramm 6.1.9	Verlauf der Nitratkonzentration von 1989 bis 1996 in (Au) 95 unter landw. Einfluß 57
Diagramm 6.1.10	Häufigkeitsverteilung der Ammonium befunde (gesamter Datenbestand) 58
Diagramm 6.1.11	Häufigkeitsverteilung der Ammoniumbefunde im Einfluß Landwirtschaft 59
Diagramm 6.1.12	Tiefendarstellung der Ammoniumbefunde im Untersuchungsjahr 1995 60
Diagramm 6.1.13	Häufigkeitsverteilung der Kalium befunde (gesamter Datenbestand) 61
Diagramm 6.1.14	Häufigkeitsverteilung der Kaliumbefunde im Einfluß Landwirtschaft 62
Diagramm 6.1.15	Kaliumkonzentration 1994 bis 1996 in (Te) 10, (Kh) 141, (Kh) 44 und (Sa) 186 63
Diagramm 6.1.16	Kaliumkonzentration 1989 bis 1996 in Neufunnixiel und Westerbur 63
Diagramm 6.1.17	Tiefendarstellung der Kaliumbefunde im Untersuchungsjahr 1995 64
Versauerung	
Diagramm 6.2.1	Häufigkeitsverteilung gemessener pH-Werte (gesamter Datenbestand) 66
Diagramm 6.2.2	Tiefendarstellung der pH-Werte 1993..... 67
Diagramm 6.2.3	Tiefendarstellung der pH-Werte 1994..... 67
Diagramm 6.2.4	Tiefendarstellung der pH-Werte 1995..... 68
Diagramm 6.2.5	Tiefendarstellung der pH-Werte 1996..... 68
Diagramm 6.2.6	Verlauf der pH-Werte in (He) Pb 5 und (Sa) 172 von 1989 - 1996 69
Diagramm 6.2.7	Verlauf der pH-Werte in (Te) 10 und (We) B 04 von 1994 - 1996 69
Diagramm 6.2.8	Häufigkeitsverteilung der Aluminium befunde (gesamter Datenbestand) 70
Diagramm 6.2.9	Verlauf der Aluminiumkonzentrationen in (Sa) 172, (Sa) 173, (Ha) 214 und BGW 4 71
Diagramm 6.2.10	Abhängigkeit der Aluminiumkonzentrationen vom pH-Wert..... 71
Diagramm 6.2.11	Tiefenverlagerung der Aluminiumkonzentrationen..... 72
Versalzung	
Diagramm 6.3.1	Häufigkeitsverteilung der Chlorid befunde (gesamter Datenbestand) 73
Diagramm 6.3.2	Chloridkonzentration im Einfluß von Küste, Ems, Leda-Jümme 74
Diagramm 6.3.3	Verlauf der Chloridkonzentration im Förderbrunnen III des WW Weener 75
Diagramm 6.3.4	Verlauf der Chloridkonzentration in Stapelmoor II un III 75
Diagramm 6.3.5	Versalzung an den Meßstellen Greetsiel I bis IV (Süßwasserzunge) 76

10. Literaturverzeichnis

„Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden“

Hrsg. H. Kuntze

NLFB Bremen 1984

„Nitratrestgehalte von Böden unter verschiedenen Nutzungsbedingungen...“

TZW Kolloquium 12/96

Dr.-Ing. U.Rohmann

„Salz in Niedersachsen“

Hrsg. Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften

Heft 8

Hannover 1992

„Das Wasserbuch“

Trinkwasser und Gesundheit

Hrsg. KATALYSE e.V.

1990

„Taschenbuch der Wasserversorgung“

J. Mutschmann und F. Stimmelmayer

10. Auflage 1991

„Grundwasserleiter in Niedersachsen“

J. Hahn

Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Heft 48, TU Braunschweig 1990

„Über hohe Aluminiumkonzentrationen in Brunnenwässern...“

W. Mühlberg

Staatliches Medizinaluntersuchungsamt Hannover

Öff. Gesundh.-Wes. 52 (1990)

„Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN)“

Grundwasserbericht 1991 / 1992

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Hildesheim

„Gewässerkundliche Untersuchungen“

Grundwasserbeschaffenheit in den Wassereinzugsgebieten

Wasserwirtschaftsamt Aurich

1988

„Grundwassergütebericht 1994“

Staatliches Amt für Wasser und Abfall Aurich

1994

