

# INFORMATIONEN

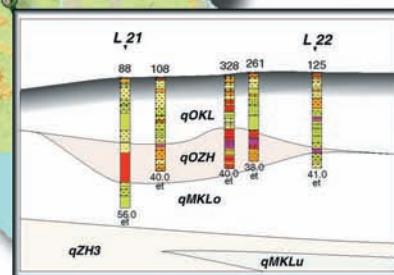
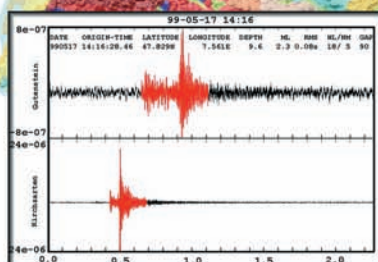
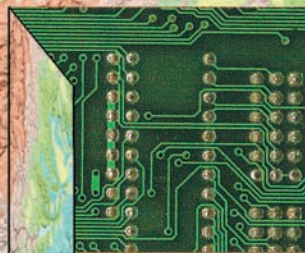
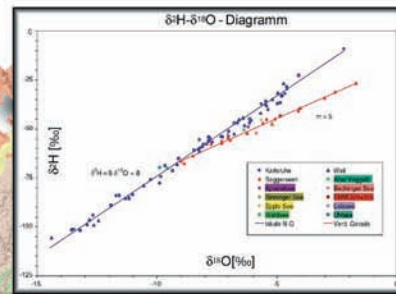


# 11

Landesamt für Geologie, Rohstoffe  
und Bergbau Baden-Württemberg



BWV-Nr.	NAME	RECHTS	HÖCH	ET
274	Versuchsbohrung IV Tunberg bei	3403021,000	5321631,000	12,000
275	WV Eichstetten/Seemissen GWN	3407469,000	5320914,000	25,500
276	Forschungsbohrung Eichstettental	3403096,000	5329433,000	102,000
277	Forschungsbohrung Steinville Ost	3400963,000	5329565,000	400,000
278	Brunnenbohrung	3408380,000	5322540,000	32,500
279	Grundwasserschließung Merdlin	3400950,000	5321945,000	25,000
280	Teilbunnen Gottenheim 1949	3404440,000	5325400,000	12,600
281	Versuchsbohrung 1/11953 Wasser	3402090,000	5323780,000	16,000
282	Teilbunnen Wasserleier	3401940,000	5324300,000	12,000
283	Pegel 1 Lärmschutzwall BAB 5Vg	3411090,000	5327400,000	10,500
284	Pegel 2 Lärmschutzwall BAB 5Vg	3410050,000	5327900,000	10,500
285	VB Wasserleier	3400958,000	5322705,000	30,600
288	Baugrund Kebsenbächle-Brücke	3409632,000	5327184,000	11,500
289	Baugrund Kebsenbächle-Brücke	3409626,600	5327171,300	17,000
290	Krebsenbächle-Brücke Bötzingen	3405718,000	5327180,000	11,500
291	Mühlbach-Brücke Bötzingen	3405441,000	5327325,000	11,500



Titelbild: Visualisierungsspeispiele der geowissenschaftlichen Datenbankinhalte in Verbindung mit der Rückseite einer elektronischen Schaltkarte

links oben – Auszug aus der Aufschlußdatenbank für Blatt Kenzingen (TK 25: 7912); Photo – Steinbruch im Oberjura bei Tuttlingen. Die Detaildaten zu Schichtenfolge und Abbau sind in der Gewinnungsstellendatenbank abgespeichert; links unten – Aufzeichnung der Bodenbewegungen am 17. Mai 1999 in 30 km und in 120 km Entfernung vom Erdbebenherd bei Neuenburg (Lage an der NW-Ecke der Graphik); rechts oben –  $\delta^2\text{H}$ - $^{18}\text{O}$ -Diagramm der Baggerseewässer und der Niederschläge in Karlsruhe und Weil im Zeitraum 1997/98; rechts unten – Hydrogeologischer Schnitt im Oberrheingraben, erstellt unter Nutzung digitaler Bohrbeschreibungen und mit Hilfe von Graphiksoftware

# für Baden-Württemberg

8	9	10	11	12	Zeitskala ma vor heute
Alter (Stufe)	Subalter (Substufe)	Teilalter (Teilstufen)			
Maastrichtium					65,0
Campanium					71,3
Santonium					83,5
Coniacium					85,8
Turonium					89,0
Cenomanium					93,5
Albium					98,9
Aptium					112
Barremium					121
Hauterivium					127
Valanginium					132
Berriasium					137
					144
Tithonium	Ober-				151
	Mittel-				
	Unter-				
Kimmeridgium	Ober-				154
	Mittel-				
	Unter-				
Oxfordium	Ober-				159
	Mittel-				
	Unter-				
Callovium	Ober-				164
	Mittel-				
	Unter-				
Bathonium	Ober-				169
	Mittel-				
	Unter-				
Bajocium	Ober-				176
	Unter-				
Aalenium	Ober-				180
	Unter-				
Toarcium	Ober-				190
	Unter-				
Pliensbachium	Ober-				195
	Unter-				
Sinemurium	Ober-				202
	Unter-				
Hettangium	Ober-				208
	Unter-				
Rhätium					212
Norium					222
Karnium					229
Ladinium					234
Anisium					241
Olenekium					245
Induanium					251

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Zeitskala ma vor heute	
Äon (Aeonothem)	Ära (Arathem)	Subära (Subarathem)	Periode (System)	Subperiode (Subsystem)	Epoche (Serie)	Subepoche (Subserie)	Alter (Stufe)	Subalter (Substufe)	Teilalter (Teilstufen)				
<b>P H A N E R O Z O I K U M</b>													251
<b>Jungpaläozoikum</b>													253
<b>P e r m</b>													264
<b>K a r b o n</b>													274
<b>O b e r k a r b o n</b>													277
<b>U n t e r k a r b o n</b>													283
<b>D e v o n</b>													290
<b>S i l u r</b>													296
<b>O r d o v i z i u m</b>													300
<b>K a m b r i u m</b>													303
<b>U n t e r k a m b r i u m</b>													305
<b>M i t t e l k a m b r i u m</b>													311
<b>O b e r k a m b r i u m</b>													317
<b>A l t p a l ä o z o i k u m</b>													323
<b>P r o t e r o z o i k u m</b>													327
<b>M e s o p r o t e r o z o i k u m</b>													343
<b>N e o p r o t e r o z o i k u m</b>													354
<b>R i p h ä i k u m</b>													364
<b>C r y o g e n i u m</b>													370
<b>T o n i u m</b>													380
<b>S t e n i u m</b>													391
<b>E c t a s i u m</b>													400
<b>C a l y m m i u m</b>													412
<b>S t a t h e r i u m</b>													417
<b>O r o s i r i u m</b>													419
<b>R h y a c i u m</b>													423
<b>S i d e r i u m</b>													428
<b>N e o a r c h a i k u m</b>													443
<b>M e s o a r c h a i k u m</b>													458
<b>P a l ä o a r c h a i k u m</b>													464
<b>E o a r c h a i k u m</b>													470
<b>H a d e u m</b>													495
<b>251</b>													505
<b>850</b>													518
<b>1000</b>													545
<b>1200</b>													650
<b>1400</b>													850
<b>1600</b>													1000
<b>1800</b>													1200
<b>2050</b>													1400
<b>2300</b>													1600
<b>2500</b>													1800
<b>2800</b>													2050
<b>3200</b>													2300
<b>3600</b>													2500
<b>4000</b>													2800
<b>4600</b>													3200

Zeitskala (ka vor heute)	Menschen	Geologische Zeiten
0,5		Jüngeres
0,75		Subatlantikum
1,0		Älteres
1,5		Holozän
2,0		
2,5		
2,85	Homo sapiens sapiens	Subboreal
4		Atlantikum
6,5		Boreal
7,5		Präboreal
9		Oberwürm
11,6		Mittel- und Jungpleistozän
15		
30		Unterwürm
40		Eem
70	Homo sapiens neanderthalensis	
130(200)		Riß/Holstein
	Homo sapiens steinheimensis (300—500 ka) Homo erectus heidelbergensis (570—710 ka)	Cromer
	Homo erectus (1000 ka) (Homo habilis) (Homo rudolfensis)	Altpleistozän
2600	(Australopithecus)	Eopleistozän
		Pliozän

Stand: Mai 1999, Bearbeiter: E. VILLINGER, Freiburg i. Br. 

## Bemerkungen:

1 - In der Kopfleiste sind mit Zahlen die Hierarchiestufen sowie die geochronologischen und (in Klammern) chronostratigraphischen Rangbezeichnungen angegeben. 2 - Die Zeitskala ist nicht maßstäblich, ma = Millionen Jahre, ka = tausend Jahre. 3 - Gliederung und Rangfolge i. w. nach IUGS (REMANE et al. 1998, STEININGER & PILLER 1999), ergänzt im Quartär nach EHLERS (1994) und anderen, im Tertiär der Paratethys nach FAHLBUSCH (1981), BERGER (1996) und Erläuterungen zur GU 500 Bayern (1996). Altersdaten i. w. nach GRADSTEIN & OGG (1996), ergänzt im Quartär nach EHLERS (1994), LANG (1994) und anderen Autoren, im Tertiär nach BERGER (1996) und Erläuterungen zur GU 500 Bayern (1996), in Trias und Perm nach MENNING (1995), im Karbon nach MENNING et al. (1997), im Proterozoikum nach COWIE & BASSETT (1989) und REMANE et al. (1998). 4 - Von der IUGS formell mittels GSSP bzw. GSSA (im Proterozoikum) festgelegte Grenzen sind durch einen aufgesetzten Kreis gekennzeichnet (⊖). 5 - Chronologie der vorchristlichen Kulturentwicklung nach MÜLLER-BECK (1983, 1995, 1998) und SCHLICHTHERLE (1986).

Diese Tabelle kann als Original-Farbplot in der Größe von ca. 81 x 68 cm plano erworben werden (Preis 12,- DM). Bestellung schriftlich beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Albertstr. 5, D-79104 Freiburg i. Br. (Fax 0761/204-4438; E-Mail vertrieb@lgrb.uni-freiburg.de)

# Geologische Zeittafel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																																																					
Äon (Aeonothem)	Ära (Ära them)	Subära (Subärahem)	Periode (System)	Subperiode (Subsystem)	Epoche (Serie)	Subepoche (Subserie)	Alter (Stufe)	Subalter (Substufe)	Teillalter (Teillstufen)			Zeitskala ma bzw. ka vor heute																																																					
<b>P R Ä K Ä N E R O Z O I K U M</b>													0																																																				
													J. Ä.																																																				
													Holozän	Jung-holozän	Subatlantikum	J. Ä.	1,0																																																
														Mittel-holozän	Subboreal	J. Ä.	2,75																																																
														Alt-holozän	Atlantikum	J. Ä.	5,75																																																
													<b>Q u a r t ä r</b>													6,85																																							
																										Boreal	9,0																																						
																										<b>U n d e r i k u m</b>													9,8																										
																																							Präboreal	11,6																									
																																							Jüngere Dryas	12,7																									
																																							Spätwürm	Alleröd	13,4																								
																																							Oberwürm	Ältere Dryas	13,8																								
																																								Bölling	14,5																								
																																								Älteste Dryas	16																								
																																								Hauptwürm	25																								
																																								Mittelwürm	70																								
																																								Unterswürm	115																								
																																							<b>K e i t z e n i k u m</b>													130													
																																																				Eem	130												
																											Riß	Frühriß	450																																				
																										<b>I k k u m</b>																										500													
																																																					Holstein	500											
																																																					Jüngeres Cromer	790											
																																																				<b>U n d e r i k u m</b>													790
														Älteres Cromer	900																																																		
														Mindel	1,77																																																		
	Jüngere Deckenschotterzeit	Günz	1,77																																																														
	Ältere Deckenschotterzeit	Donau	2,6																																																														
	Gelasium	Biber	2,6																																																														
<b>Z e n t r a l i k u m</b>													3,6																																																				
													<b>Pliozän</b>				Oberpliozän	Piacenzium		3,6																																													
													<b>Miozän</b>				Unterpliozän	Zandium		5,3																																													
													<b>Oligozän</b>				Obermiozän	Messinium		7,1																																													
																	Tortonium		11,2																																														
																	Seravallium		14,8																																														
																	Langhium		16,4																																														
																	Burdigalium		20,5																																														
																	Aquitanium		23,8																																														
																	Chattium		28,5																																														
																	Rupelium	Ober-	32																																														
																	Rupelium	Unter-	32																																														
<b>R o z o i k u m</b>													33,7																																																				
																	Priabonium		33,7																																														
																	Bartonium		37,0																																														
																	Lutetium		41,3																																														
																	Ypresium		49,0																																														
																	Thanetium		54,8																																														
																	Selandium		57,9																																														
																	Danium		61,0																																														
													<b>Ä n e r o z o i k u m</b>													65,0																																							
																														Oberpliozän	Romanium		2,6																																
				Unterpliozän	Dazium		3,8																																																										
				Obermiozän	Pontium		5,3																																																										
				Pannonium		7,5																																																											
				Sarmatium		11,2																																																											
				Badenium	Ober-	12,8																																																											
				Badenium	Mittel-	14,1																																																											
				Badenium	Unter-	15,3																																																											
				Karpatium		16,4																																																											
<b>N e r o z o i k u m</b>													17,2																																																				
																	Otnangium		17,2																																														
																	Eggenburgium		18,1																																														
																	Egerium	Ober-	22,0																																														
																	Egerium	Unter-	23,8																																														
																	Kiscellium		28,5																																														
													<b>P a r a t e t h y s</b>													33,7																																							
																														Pliozän der Paratethys		2,6																																	
																														Miozän der Paratethys		3,8																																	
																														Miozän der Paratethys		5,3																																	
				Miozän der Paratethys		7,5																																																											
				Miozän der Paratethys		11,2																																																											
				Miozän der Paratethys		12,8																																																											
				Miozän der Paratethys		14,1																																																											
				Miozän der Paratethys		15,3																																																											
				Miozän der Paratethys		16,4																																																											
<b>Ä n e r o z o i k u m</b>													17,2																																																				
																	Oligozän der Paratethys		17,2																																														
																	Oligozän der Paratethys		18,1																																														
																	Oligozän der Paratethys		22,0																																														
																	Oligozän der Paratethys		23,8																																														
																	Oligozän der Paratethys		28,5																																														
																	Oligozän der Paratethys		33,7																																														

Gültigkeitsbereich Alpen und Alpenvorland

1	2	3	4	5	6	7								
Äon (Aeonothem)	Ära (Ära them)	Subära (Subärahem)	Periode (System)	Subperiode (Subsystem)	Epoche (Serie)	Subepoche (Subserie)								
<b>P H A N E R O Z O I K U M</b>														
							<b>M E S O Z O I K U M</b>							
														<b>J u r a</b>
<b>K r e i d e</b>														
							<b>T r i a s</b>							
														<b>O b e r j u r a</b>
<b>M i t t e l j u r a</b>														
							<b>U n t e r j u r a</b>							
														<b>O b e r t r i a s</b>
<b>M i t t e l t r i a s</b>														
							<b>U n t e r t r i a s</b>							
														<b>S k y t h i u m</b>

## Chronologie der Kulturentwicklung

Periode	Subperiode	Epoche	Stufe	
<b>Christliche Zeit</b>	Neuzeit			
		Spätmittelalter		
	Mittelalter	Hochmittelalter		
		Frühmittelalter		
	Römerzeit			
<b>Eisenzeit</b>	Jüngere Eisenzeit		Latènezeit	
	Ältere Eisenzeit		Hallstattzeit	
<b>Bronzezeit</b>				
<b>Steinzeit</b>	Neolithikum (Jungsteinzeit)		Chalkolithikum	
	Mesolithikum (Mittelsteinzeit)			Beuronien
		Jungpaläolithikum	Magdalenien	
			Gravettien	
	Paläolithikum (Altsteinzeit)	Mittelpaläolithikum	Aurignacien	
			Moustérien	
	Micoquien			
Altpaläolithikum			Acheuléen	

# **Anwendung geowissenschaftlicher Informationssysteme**

am Landesamt für Geologie,  
Rohstoffe und Bergbau  
Baden-Württemberg

Freiburg im Breisgau 1999

- Herausgeber: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg  
Albertstraße 5, D-79104 Freiburg  
Telefon: (0761) 204-4375, Fax: (0761) 204-4438  
E-Mail: [schriftleitung@lgrb.uni-freiburg.de](mailto:schriftleitung@lgrb.uni-freiburg.de)  
Internet: <http://www.lgrb.uni-freiburg.de>
- Redaktion: Priv.-Doz. Dr. DIETHARD H. STORCH
- Bearbeiter: Kap. 1: Dr. RAINER SCHWEIZER  
Kap. 2: Dipl.-Geol. FRIEDRICH KUPSCH  
Kap. 3: Dr. GABRIELE DIETZE & Dr. HANS PLUM  
Kap. 4: Dr. ANDREAS GREVE, Dr. STEFAN STANGE & Dr. WOLFGANG BRÜSTLE  
Kap. 5: Dr. WOLFGANG WERNER & Dipl.-Geol. STEFAN GIESE  
Kap. 6: Dr. ECKHARD VILLINGER  
Kap. 7: Dr. ECKART BAUER, Dr. CLEMENS RUCH & Dr. EUGEN WALLRAUCH  
Kap. 8: Dr. CHRISTIAN FRITZ, Dr. FRANK WALDMANN & Dr. WERNER WEINZIERL  
Kap. 9: Dipl.-Geol. ANDREAS BÖLKE, Dr. HANS PLUM, Dipl.-Geogr. GÜNTER SOKOL & Dr. GUNTER WIRSING  
Kap. 10: Dipl.-Geol. JOHANNES OHNEMUS, Dipl.-Geogr. GÜNTER SOKOL & Dr. RALPH WATZEL  
Kap. 11: Dr. RALPH WATZEL
- Satz: HEIKE MERKT
- Graphik: Dipl.-Ing. (FH) JOACHIM SCHUFF
- Druck: Poppen & Ortmann KG, Unterwerkstr. 5, D-79115 Freiburg
- Juni 1999

## Vorwort

Die elektronische Datenverarbeitung wurde 1979 beim damaligen Geologischen Landesamt Baden-Württemberg eingeführt. Begonnen wurde mit Berechnungsprogrammen für hydraulische Auswertungen in der Hydrogeologie, durchgeführt mit Hilfe von Lochkarten über eine Datenfernverbindung zu einem Großrechner der Landesverwaltung. In den 80er Jahren wurde die Datenflut so groß, daß für den ersten Dienststellenrechner das Datenbanksystem ORACLE beschafft wurde. Gleichzeitig wurde auch die Textverarbeitung eingeführt. Der zunehmend übergreifende Aspekt der Datenverarbeitung (heute IuK: Information und Kommunikation) führte zu Beginn der 90er Jahre zur Konzeption des bundesweiten Bodeninformationssystems, für dessen geowissenschaftlichen Anteil bundesweit die Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) zuständig sind. Gleichzeitig ist es Amtsaufgabe, Informationssysteme für alle geowissenschaftlichen Fachbereiche aufzubauen.

Die Erstellung von Konzepten und die Realisierung von Informationssystemen erfordern so große Anstrengungen, daß eine bundesweite Zusammenarbeit unabdingbar ist. Ziele beim Aufbau der Informationssysteme sind die amtsinterne Unterstützung der fachspezifischen und fachübergreifenden Arbeiten in Kartierung, Beratung und Dokumentation sowie die Entwicklung hin zu einem geowissenschaftlichen Informationsdienst für externe Nutzer.

Mit dem vorliegenden Informationsheft soll der derzeitige Stand beim Aufbau des Bodeninformationssystems Baden-Württemberg durch Anwendungsbeispiele beschrieben werden. Den Bürgern und Fachleuten aus anderen Disziplinen sollen einerseits die Probleme und andererseits auch die Möglichkeiten beispielhaft aufgezeigt werden, die heute Informationssysteme für geowissenschaftliche Fragestellungen bieten.

A handwritten signature in blue ink that reads 'Horst Schneider'.

Prof. Dr. Horst Schneider

Präsident des Landesamts für Geologie,  
Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

## Abkürzungen

ADB	Aufschlußdatenbank	JDBC	Java Data Base Connectivity
AG	Arbeitsgruppe	KAKpot	potentielle Kationenaustausch- kapazität
ALK/ALB	Automatisierte Liegenschaftskarte/ Automatisiertes Liegenschaftsbuch	LABO	Länderarbeitskreis Bodenschutz
AML	Arc Macro Language	LABDÜS	Labordaten-Übertragungssystem
ASCII	American Standard Code of Informa- tion Interchange	LED	Erdbebendienst des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
ATKIS	Amtliches topographisch-kartogra- phisches Informationssystem	LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
AutoDRM	Automatic Data Request Manager	LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	LK	Luftkapazität
BIS	Bodeninformationssystem	LVN	Landesverwaltungsnetz
BK 25	Bodenkarte von Baden-Württemberg 1 : 25 000	MB	Mega Bytes
BÜK 200	Bodenübersichtskarte von Baden- Württemberg 1 : 200 000	NC	Network Computer
CASE	Computer Aided Software Engineer- ing	nFK	nutzbare Feldkapazität
DASCH	Datenaufnahme von Schichtprofilen	NFS	Network-File-System
DB	Datenbank	NLFB	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
DBMS	Datenbankmanagementsystem	ODBC	Open Database Connectivity
DHM	Digitales Höhenmodell	OS	Operating System
DKA	Digitales Kartenarchiv	PC	Personal Computer
DV	Datenverarbeitung	PCM	Pulse-Code-Modulation
EDV	Elektronische Datenverarbeitung	RAM	Random Access Memory
E/R	Entity-Relationship	RDBMS	relationales Datenbankmanagement- system
FIS	Fachinformationssystem	RDGB	Datenbank der Rohstoffgewinnungs- stellen
FK	Feldkapazität	SGD	Staatliche Geologische Dienste in der Bundesrepublik Deutschland
GIS	Geoinformationssystem	SQL	Structured Query Language
GK 25	Geologische Karte 1 : 25 000	TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
GK 25v	Geologische Karte 1 : 25 000, vorläu- fige Ausgabe	TK	Topographische Karte
GLA	Geologisches Landesamt Baden- Württemberg	TK 25	Topographische Karte 1 : 25 000
GÜ 500	Geologische Übersichtskarte 1 : 500 000	UIS	Umweltinformationssystem
HF	Hochfrequenz	VRML	Virtual Reality Modelling Language
HGK	Hydrogeologische Karte	WEB	s. WWW
HÜK 200	Hydrogeologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200 000	WWW	World Wide Web
ISDN	Integrated Services Digital Network	2 D	Zweidimensionalität
IuK	Information und Kommunikation	2 1/2 D	Zweieinhalbdimensionalität
		3 D	Dreidimensionalität



## Inhalt

		Seite
1	Informationssysteme und IuK-Infrastruktur .....	8
1.1	Einleitung .....	8
1.2	Geowissenschaftliches Informationssystem .....	8
1.2.1	Allgemeines .....	8
1.2.2	Bestandteile des geowissenschaftlichen Informationssystems .....	8
1.2.3	Aufbau der Datenbanken .....	9
1.3	IuK-Infrastruktur .....	10
1.3.1	Grundstruktur .....	10
1.3.2	Erweiterte Struktur .....	11
1.4	Ausblick .....	12
1.4.1	Weiterentwicklung der IuK-Infrastruktur .....	12
1.4.2	Datenfluß zum Nutzer .....	12
	Literatur .....	13
2	Aufschlußbeschreibungen in der Aufschlußdatenbank .....	14
2.1	Vorbemerkungen .....	14
2.2	Struktur der Aufschlußdatenbank .....	14
2.2.1	Übersicht .....	14
2.2.2	Stammdaten .....	14
2.2.3	Technische Bohrungsdaten .....	16
2.2.4	Schichtbeschreibung .....	16
2.3	Datenbestand .....	17
2.3.1	Datenerfassung .....	17
2.3.2	Datenqualität .....	17
2.4	Nutzungsmöglichkeiten .....	18
2.5	Erfahrungen und Ausblick .....	18
	Literatur .....	18
3	Integriertes System zur Speicherung von Meß- und Ergebnisdaten am Beispiel für Labordaten .....	19
3.1	Allgemeines .....	19
3.2	Datenmodell für Labordaten .....	19
3.3	Datenbankmodell .....	21
3.3.1	Tabellen für die Datenspeicherung .....	21
3.3.2	Basistabellen .....	21
3.4	Datenerfassung .....	22
3.5	Datenausgabe und -verarbeitung .....	23
	Literatur .....	24
4	Datenerfassung und -verarbeitung im Erdbebendienst .....	25
4.1	Aufgaben .....	25
4.2	Sicherheit durch redundante Meßnetze .....	25
4.3	Anforderungen an die EDV .....	25
4.4	Meß- und Warnsystem .....	27
4.4.1	Netzwerkarchitektur .....	27
4.4.2	Telemetrie .....	27
4.4.3	Mars-ISDN .....	29
4.4.4	PCM .....	29
4.4.5	Zentrale Komponenten .....	29
4.5	Maßgeschneiderte Software .....	30
4.6	Vom Erdbeben zur Meldung .....	31

5	Datenbank der Gewinnungsstellen mineralischer Rohstoffe .....	33
5.1	FIS Rohstoffe .....	33
5.2	Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen .....	35
5.2.1	Übersicht .....	35
5.2.2	Datenmodell .....	36
5.2.3	Objekte .....	36
5.2.4	Nutzung .....	39
6	Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 .....	40
6.1	Geologische Landesaufnahme .....	40
6.2	Klassische GK 25 .....	40
6.3	Digitale GK 25 .....	42
6.3.1	Allgemeines .....	42
6.3.2	Vorläufige Ausgabe der GK 25 (GK 25v) .....	46
6.4	Ausblick – zukünftige geologische Landesaufnahme .....	50
	Literatur .....	50
7	GIS-Anwendungen in der ingenieurgeologischen Landesaufnahme .....	52
7.1	Vorbemerkungen .....	52
7.2	Thematische Baugrundkarten .....	52
7.2.1	Aufschlußkarte .....	52
7.2.2	Geologische Übersicht .....	52
7.2.3	Hangneigungskarte .....	56
7.2.4	Baugrund-Risikokarten .....	56
8	Fachinformationssystem Bodenkunde Baden-Württemberg – Datenbasis und Einsatzmöglichkeiten .....	58
8.1	Einführung .....	58
8.2	Struktur und Inhalt der Bodenkarten .....	58
8.3	Einsatzmöglichkeiten der Datenbasis .....	59
8.3.1	Böden als Filter und Puffer für Schadstoffe .....	59
8.3.2	Versickerung von Niederschlagswasser in Bodenmulden .....	62
8.4	Ausblick .....	62
	Literatur .....	62
9	Erzeugung von landesweiten Übersichtskarten unter Einsatz eines GIS .....	64
9.1	Allgemeines .....	64
9.2	Datengrundlage .....	64
9.3	Vorgehen bei der Bearbeitung der hydrogeochemischen Übersichtskarte .....	64
9.3.1	Kartenthema .....	64
9.3.2	Klassifikationsschema .....	64
9.3.3	Klassifikation .....	65
9.3.4	Erstellung des Kartenthemas .....	67
9.4	Erstellung der übrigen Kartenthemen .....	67
9.5	Schlußfolgerungen .....	67
	Literatur .....	68
10	Räumliche Modellierung hydrogeologischer Strukturen im nördlichen Oberrheingraben ....	69
10.1	Vorbemerkungen .....	69
10.2	Methodik der Kartierung .....	69
10.3	Integration des Kartierprozesses in die luK-Infrastruktur des LGRB .....	70
10.4	Datenmodell zur Dokumentation der Kartiererergebnisse .....	70
10.5	Anwendungsbeispiel Oberrheingraben .....	71
10.6	Schlußfolgerungen und Ausblick .....	75
	Literatur .....	75

11	Geodatenverarbeitung mit GIS bei der Grundwassermodellierung .....	76
11.1	Allgemeines .....	76
11.2	Hydrogeologisches Konzeptmodell .....	76
11.3	GIS-Einsatz – warum? .....	76
11.4	Datentypen .....	77
11.5	Datenfluß bei der Grundwassermodellierung mit FEFLOW .....	77
11.6	Ausblick .....	80
	Literatur .....	81
	Glossar .....	82
	Übersicht über digitale Produkte des LGRB .....	83
	Geologische Zeittafel für Baden-Württemberg .....	84

# 1 Informationssysteme und IuK-Infrastruktur

## 1.1 Einleitung

Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) hat u. a. die Aufgabe, für alle Fachbereiche Informationssysteme aufzubauen. Ein Fachinformationssystem (FIS) ist ein auf IuK-Techniken gestütztes Werkzeug mit den Hauptkomponenten Datenhaltung (Datenbereich) und Datenverarbeitung (Methodenbereich) für einen bestimmten Fachbereich. Mit anderen Fachinformationssystemen ist es über ein Kernsystem zum geowissenschaftlichen Informationssystem verknüpft. Daneben existieren am LGRB noch andere Informationssysteme, wie das Informationssystem des Erdbebendienstes, das im Sinne des geowissenschaftlichen Informationssystems auch dem Fachinformationssystem Geophysik zugeordnet werden kann. Außerhalb des geowissenschaftlichen Bereichs gibt es noch die IuK-Anwendungen im Bergwesen sowie die Systeme zur Haushaltsmittelbewirtschaftung und Kosten- und Leistungsrechnung in der Verwaltung des Landesamts. Auf diese Systeme wird hier jedoch nicht eingegangen.

## 1.2 Geowissenschaftliches Informationssystem

### 1.2.1 Allgemeines

Das LGRB hat nach der Verwaltungsvorschrift des Wirtschaftsministeriums über die Aufgaben des Geologischen Landesamts vom 28. Juli 1993 u. a. die Aufgabe, Informationssysteme zu folgenden Bereichen anzulegen und zu führen:

1. Geowissenschaftliche Landesaufnahme, insbesondere auf den Gebieten der regionalen Geologie, der Hydro-, Ingenieur- und Rohstoffgeologie, der Geophysik, der Geochemie und der Bodenkunde;
2. landesbezogene Forschungen und Untersuchungen auf den vorgenannten Gebieten;
3. Wahrnehmung des Erdbebendienstes;
4. Veröffentlichung von geowissenschaftlichen Karten, Berichten und Aufsätzen auf den vorgenannten Gebieten.

Aufgrund des enormen fachlichen Umfangs wird der gesamte Bereich in folgende Fachinformationssysteme (FIS) aufgeteilt:

- FIS Bodenkunde (s. Kap. 8)
- FIS Geologie (s. Kap. 2 und 6)

- FIS Geochemie (s. Kap. 3)
- FIS Geophysik (s. Kap. 4)
- FIS Hydrogeologie (s. Kap. 9–11)
- FIS Rohstoffe (s. Kap. 5)
- FIS Ingenieurgeologie (s. Kap. 7)

Wegen der Rolle des LGRB als Träger öffentlicher Belange ergibt sich ein geowissenschaftlich übergreifendes Fachinformationssystem:

- Geowissenschaftliche Bearbeitung von Raumordnungs- und Landesplanungsverfahren

Die Gliederung der geowissenschaftlichen Informationssysteme des LGRB entspricht weitgehend der Konzeption des geowissenschaftlichen Anteils des länderübergreifenden Bodeninformationssystems. Bis auf organisatorische Aufgaben sind damit alle geowissenschaftlichen Gebiete des Amtes abgedeckt. Die Aufteilung ist lediglich fachlich und nicht in der IuK-Struktur abgebildet.

Zusätzlich soll für das geowissenschaftliche Informationssystem ein Kernsystem (AD-HOC-AG Kernsysteme und Methodenbanken 1994) aufgebaut werden. Neben der fachübergreifenden Führung der Thesauri hat es u. a. das Ziel, den Zugang zu den Fachinformationssystemen erheblich zu verbessern.

Der Aufbau des geowissenschaftlichen Informationssystems mit den einzelnen FISen erfordert sowohl eine tiefgreifende Koordination und Entwicklungsarbeit als auch eine konzeptionelle Abstimmung mit den anderen SGD. Dies ist intern durch die FIS-Beauftragten und das Referat IuK und länderübergreifend durch Arbeitsgruppen des Direktorenkreises der staatlichen geologischen Dienste und den Bund-Länder-Ausschuß Bodenforschung geregelt (SCHWEIZER 1995).

### 1.2.2 Bestandteile des geowissenschaftlichen Informationssystems

Beim geowissenschaftlichen Informationssystem spielen Daten mit Raumbezug eine entscheidende Rolle, so daß der Einsatz von Geoinformationssystemen (GIS; Kap. 1.3.2) notwendig wird (VINKEN 1992). Die derzeitige Beschränkung der GISen auf zwei Dimensionen bzw. zwei Dimensionen und die Möglichkeit der Angabe einer Höhe wird als Übergangslösung angesehen. Ziel sind Systeme, die vollständig dreidimensional arbeiten können, da es sich bei den abzubildenden Geobjekten meist um Kör-

per handelt (SCHWEIZER 1996). Erste Schritte zur räumlichen Modellierung hydrogeologischer Strukturen sind in Kap. 10 beschrieben.

Die Hauptkomponenten des geowissenschaftlichen Informationssystems sind die Datenbankebene, die Methodenbankebene, die Kommunikationsebene und die Benutzerschnittstelle (Abb. 1).

**Datenbankebene:** Aufgrund der verbesserten Möglichkeiten gegenüber einem Dateisystem kommen vermehrt Datenbankmanagementsysteme (DBMS) für die digitale Datenhaltung zum Einsatz. Das LGRB hat sich hierbei für den Einsatz des relationalen DBMS (RDBMS) der Firma ORACLE entschieden, wobei darin zunächst nur die Sachdatenhaltung erfolgt. Die Geometriedaten werden derzeit noch in einem Dateisystem gespeichert, orientiert an dem eingesetzten GIS ARC/INFO.

**Methodenbankebene:** Eine Spezialität des geowissenschaftlichen Informationssystems ist bisher das im NLFb entwickelte Konzept für eine Methodenbank. Die streng modularisierten Methoden werden damit verwaltet, dokumentiert und ohne Formalismus mit den Daten verknüpft. Auswertepfade und Regeln

sollen dem Benutzer helfen, unsinnige Auswertestrategien zu vermeiden. Dieses Konzept soll auch am LGRB eingesetzt werden.

**Kommunikationsebene:** Die Kommunikationsebene sorgt für die nötigen Verbindungen zwischen den beteiligten Rechnersystemen (Kap. 1.3.1). Dies gilt zunächst intern, gewinnt aber durch den Einsatz der Internet-Technologie mit externen Systemen an Bedeutung.

**Benutzerschnittstelle:** Mit Benutzerschnittstelle wird der Teil des Informationssystems bezeichnet, der sich dem Benutzer zeigt (Benutzeroberfläche). Nach heutigem Stand gehören dazu Elemente wie Fenstertechnik, graphisch orientierte Benutzung des Systems und Hyperlinks (wie in der Internet-Technologie), in Zukunft auch multimediale Komponenten wie Audio und Video.

### 1.2.3 Aufbau der Datenbanken

Die Entwicklungsschritte beim Aufbau der Datenbanken führen von der Informationsanalyse über das

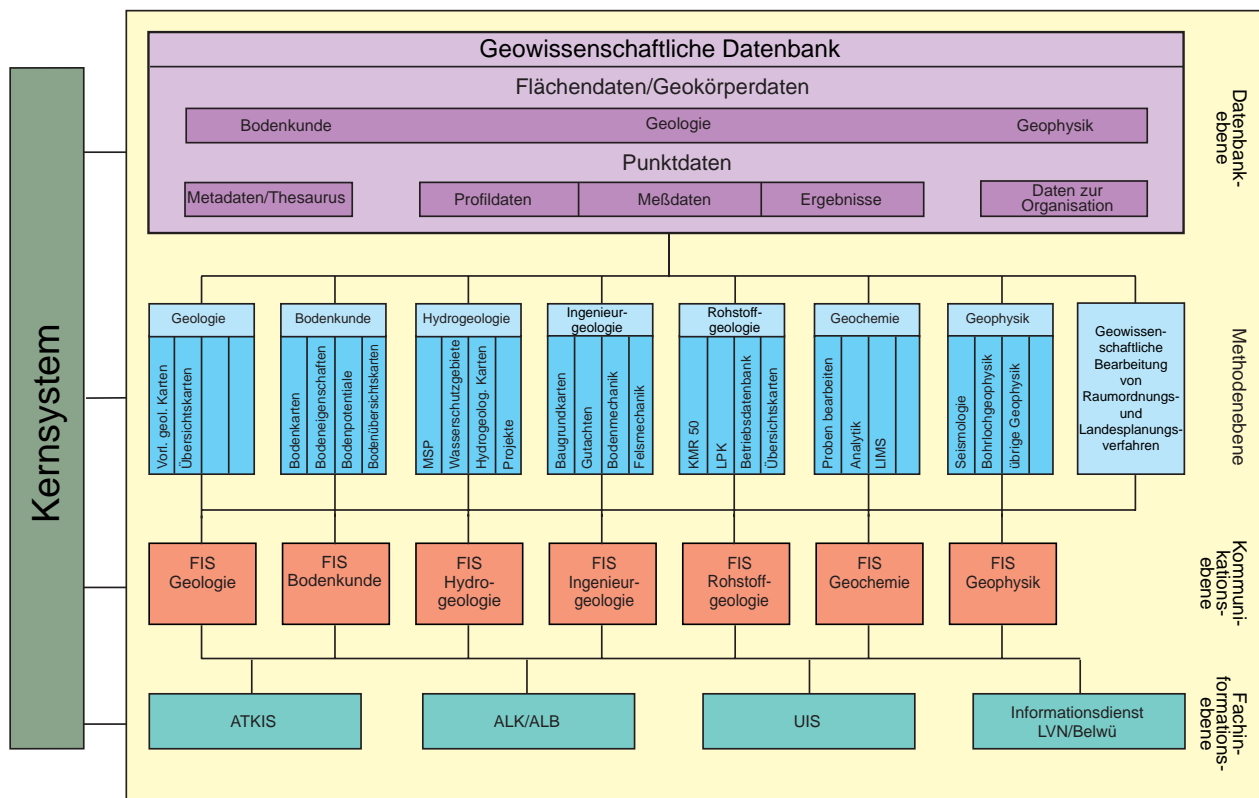


Abb. 1: Hauptkomponenten des geowissenschaftlichen Informationssystems des LGRB

Grobkonzept zum Feinkonzept. Letzteres wird im Rahmen der Datenmodellierung auf das jeweilige DBMS abgebildet. Nach einer anschließenden Testphase, mit der Möglichkeit nachzubessern, wird die Datenbankanwendung zur Nutzung freigegeben.

Die Feinkonzeptentwicklung und Datenmodellierung erfolgt nach der Entity-Relationship-Methode (CHEN 1976). Das dabei erstellte E/R-Modell zeigt in graphischer Form das Datenmodell, d. h. die Struktur der Datenbanktabellen und deren Beziehungen. Es dient als Grundlage für die Abbildung des Datenmodells im RDBMS. Die Dokumentation der Inhalte der einzelnen Tabellen geschieht mit Hilfe des Datenfeldkatalogs. In diesem Katalog werden für jedes Datenfeld (Tabellenspalte) Angaben zur Bezeichnung, Definition, Typ, Feldlänge, Maßeinheit, Verbindlichkeit und zum Feldinhalt geführt. Bei den Tabellen werden die Kategorien Datentabellen, Basistabellen und Prüftabellen unterschieden. Die Datentabellen enthalten die Daten, die im Rahmen der Datenbankanwendung anfallen. Mit Basistabellen sind Schlüssel Listen, Begriffslisten und Thesauri gemeint, die einen eher statischen Charakter haben. Prüftabellen dienen der Überprüfung von Angaben in den Datentabellen, in vielen Fällen sind sie gleichzeitig auch

Basistabellen. Sind E/R-Modell, Datenfeldkatalog und Vorgaben für die Benutzeroberfläche erstellt, kann die Datenbankanwendung programmiert werden. Dieses geschieht meist durch den Einsatz eines Programmgenerators, der die genannten Konzepte als Vorgabe nutzen kann. Am LGRB wird dafür der ORACLE-Designer eingesetzt. Der Aufbau der Datenbanken wird hauptsächlich in den Kap. 3, 5 und 8 beschrieben.

### 1.3 IuK-Infrastruktur

#### 1.3.1 Grundstruktur

**Netzwerk:** Die IuK-Infrastruktur im LGRB ist eine durch die technische Entwicklung gewachsene Struktur. Mit Hilfe von Migrationsstrategien hat man in der Vergangenheit versucht, weitgehend Brüche zwischen den eingesetzten Technologien zu vermeiden. Ein sehr wesentliches Element bildet seit Mitte der 80er Jahre das LGRB-interne Netzwerk (Abb. 2). Es schafft durch den frühzeitigen und durchgängigen Einsatz des TCP/IP-Protokolls eine Verbindung zwischen den älteren VAX-Rechnern, den

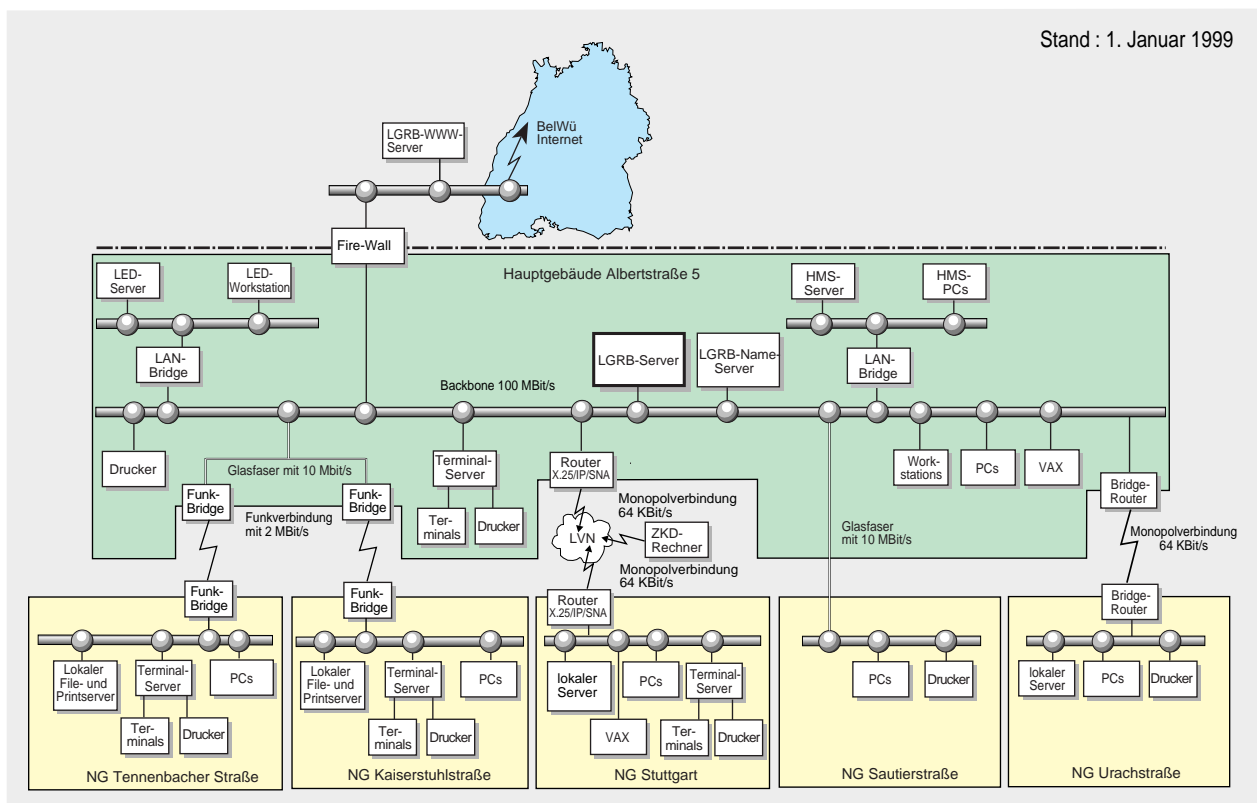


Abb. 2: Netzstruktur des LGRB (Stand 1. Januar 1999)

aktuellen UNIX-Serversystemen und den Workstation- und PC-Arbeitsplatzsystemen (Clients). Die sehr enge Verbindung zwischen VAX-Rechnern und UNIX-Servern ist Grundlage für die Migration von Terminalanwendungen zum Client/Server-Betrieb.

Die räumliche Aufteilung des Landesamts auf insgesamt sechs Gebäude (fünf Gebäude in Freiburg und ein Gebäude in Stuttgart) erfordert leistungsfähige Netzverbindungen, deren Geschwindigkeiten zwischen den Gebäuden in Freiburg bis auf eine Ausnahme 2 bzw. 10 Mbit/s betragen. Die Verbindung zum Gebäude in Stuttgart erfolgt über die Netzstruktur des Landesverwaltungnetzes (LVN) unter Einsatz der Protokolle X.25 und TCP/IP. Bis auf wenige Laborgeräte sind sämtliche IuK-Arbeitsplätze an das Netzwerk angeschlossen.

**Hardware:** Die derzeitige Hardware umfaßt im wesentlichen Geräte, die sich am Client/Server-Prinzip orientieren. Auf der Serverseite bildet ein SGI-UNIX-Mehrprozessorsystem mit dem Datenbanksystem ORACLE den Schwerpunkt. Als lokale Server in den Gebäuden werden derzeit wegen der geringen Kosten und der hohen Zuverlässigkeit zunehmend Systeme mit dem Betriebssystem LINUX eingesetzt. Viele Arbeitsplatzsysteme bestehen mit Ausnahme von einzelnen Terminals (mit stark rückläufiger Tendenz) aus Pentium-PCs mit dem Betriebssystem Windows 95. Daneben sind in den Bereichen Kartographie und numerische Modellierung wegen der hohen Anforderung an Graphik- und Rechenleistung SGI-Workstations unter IRIX (SGI-UNIX) im Einsatz. Bedingt durch die verfügbare Software mußten für den Erdbebendienst SUN-Workstations unter Solaris (SUN-UNIX) beschafft werden. Für die Zukunft wird angestrebt, vermehrt das Betriebssystem LINUX wegen seiner Zuverlässigkeit und Herstellerunabhängigkeit auch als Arbeitsplatzsystem einzusetzen.

**Software:** Die PCs unter Windows 95 nutzen das Produkt OnNet für die Verbindung zum TCP/IP-Netzwerk. Grundsätzlich werden mit Hilfe von OnNet die Dienste E-Mail (intern und zu LVN und Internet), Telnet (Terminalemulation für VAX und Server) und NFS (Network-File-System) genutzt. Als Bürosoftware wird Corel Office Version 8 mit den Hauptkomponenten Word Perfect (Textverarbeitung), Quattro Pro (Tabellenkalkulation) und Presentations (Präsentationsgraphik) eingesetzt. Als WWW-Browser für den LGRB-Infoservice (Intranet) und den Internetzugang ist Netscape installiert. Die Anbindung zur Datenbank auf der Clientseite erfolgt durch die Produkte ORACLE-Databrowser und ORACLE SQL\*Forms4,

wobei künftige Anwendungen über den WWW-Browser vorgesehen sind. Als GIS-Auskunftssystem wird mit zunehmender Tendenz ArcView eingesetzt. Weitere Software ist im Einzelfall zusätzlich für spezielle Auswertungen, wie Statistik und hydraulische Berechnungen, vorhanden.

### 1.3.2 Erweiterte Struktur

**Datenbanken:** Bereits realisiert sind die Anwendungen Aufschlußdatenbank (Kap. 2), bodenkundliche Punkt- und Flächendatenbank (Kap. 8) sowie Rohstoffgewinnungsstellen (Kap.5). Die ersten beiden sind noch Anwendungen unter ORACLE SQL\*Forms 3, d. h. für ASCII-Terminals zugeschnitten, aber auch auf PCs über Terminalemulation lauffähig. Die Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen ist dagegen unter SQL\*Forms 4.5 auf die windows- und grafikorientierten Benutzeroberflächen abgestimmt und mit dem ORACLE Designer/2000, einem CASE-Entwicklungswerkzeug, erstellt worden. Die derzeit in der Entwicklung befindliche Labor-, Meß- und Ergebnisdatenbank soll die Ablage jeglicher, im Landesamt vorkommender Meßdaten erlauben, einschließlich der Labordaten. Als erste Datenbankanwendung wird die für Wasseranalysen des geochemischen Zentrallabors derzeit in Betrieb genommen.

**Geoinformationssysteme:** Geoinformationssysteme (GIS) sind Programme zur Erfassung, Modellierung, Verwaltung, Auswertung und Visualisierung von Geodaten. Die Geodaten des Landesamts sind geowissenschaftliche Objekte der Natur, die zur Erledigung der Amtsaufgaben mit Raumbezug in der Datenbank abgebildet werden. Als Geoinformationssysteme werden ARC/INFO und ArcView eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten der Software werden derzeit die Geometriedaten im Info-Teil des Systems ARC/INFO gehalten (Digitales Kartenarchiv), während die zugehörigen Sachdaten (Fachdaten) grundsätzlich im RDBMS ORACLE gespeichert und verwaltet werden.

Geoinformationssysteme haben durch die integrierte Verarbeitung von Geometrie- und Sachdaten gegenüber der konventionellen kartographischen Bearbeitung große Vorteile:

- Es können durch Auswertung rasch neue Kartenthemen entwickelt werden.
- Die Kartenthemen können mit unterschiedlichen und nachvollziehbaren Methoden aus verschiedenen Datenquellen erzeugt werden.
- Die Daten sind mit wenig Aufwand aktualisierbar.

- Die Daten werden anhand eines Datenmodells gespeichert und sind damit flexibel nutzbar.

Die Visualisierung und kartographische Umsetzung erfolgt jeweils mit dem aktuellen Datensatz. Der Einsatz von Geoinformationssystemen wird in den Kap. 6–11 beschrieben.

ARC/INFO wird vor allem von der Kartographie zum Aufbau der Geodatensätze und zur kartographischen Ausgestaltung von Geodaten für die Ausgabe auf Papier und teilweise für Vorbereitungsarbeiten zum Kartendruck eingesetzt.

**Digitales Kartenarchiv:** Im digitalen Kartenarchiv werden die Geodaten derzeit in einer Dateistruktur auf dem LGRB-Server abgelegt. Diese an den Möglichkeiten von ARC/INFO orientierte Ablagestruktur ist weitgehend einheitlich hinsichtlich der Nutzung über ArcView und ARC/INFO. Die Beschreibung der gespeicherten Themen erfolgt über den LGRB-Infoservice (Intranet). Eine Weiterentwicklung ist im Zusammenhang mit dem Aufbau einer gemeinsamen Datenhaltung von Geometrie- und Sachdaten in einem DBMS geplant. Seit Sommer 1997 vertreibt das LGRB hinsichtlich der Geodaten nicht nur Papiererzeugnisse, sondern bietet auch in GIS-Systemen abgelegte Geodaten an. Im Juli 1998 wurde außerdem eine CD-ROM mit dem Titel „Geowissenschaftliche Übersichtskarten von Baden-Württemberg“ herausgebracht. Eine entsprechende Produktübersicht befindet sich auf S. 83.

**LGRB-Infoservice (Intranet):** Für die Verbreitung von Informationen innerhalb des Hauses wird vom LGRB die WWW-Technologie eingesetzt. Nach der Installation im Jahr 1995 wuchs die Anzahl der Hyperlinks und eingebrachten Dokumente sehr rasch an, so daß im Sommer 1997 ein Redesign erforderlich war. Einen verbesserten Zugriff erlaubt die feste Gliederung der obersten drei Hierarchiestufen. Inzwischen steht der Infoservice an allen IuK-Arbeitsplätzen, mit Ausnahme der einzelnen, noch im Einsatz befindlichen Terminals standardmäßig im WEB-Browser zur Verfügung.

Der Infoservice beinhaltet derzeit noch weitgehend statische WEB-Seiten. Die wesentlichen Kapitel sind

- Aktuelles – Mitteilungen – Rundschreiben – Abwesenheitsliste
- IuK (Information und Kommunikation)
- Fachübergreifende Angelegenheiten – Projekte – Bibliothek – Veranstaltungen – Vertrieb

- Abteilungen
- Nachschlagewerke, Auskunftssysteme, Pressemitteilungen, Internet-Verweise.

Wichtige Links zu externen Systemen wie externe WEB-Seiten der SGD, der Landesverwaltung, der Bibliotheken und sonstiger Auskunftssysteme (wie z. B. Verkehr, Telekommunikation) sind in den Infoservice aufgenommen.

**Internet-Homepage:** Da bisher der Schwerpunkt beim Aufbau des LGRB-Infoservice lag, konnte die Internet-Homepage des LGRB (<http://www.lgrb.uni-freiburg.de>) erst am 1. Februar 1999 in Betrieb genommen werden.

## 1.4 Ausblick

### 1.4.1 Weiterentwicklung der IuK-Infrastruktur

Grundsätzlich muß die gesamte IuK-Infrastruktur ständig neuen Entwicklungen angepaßt werden, möglichst durch Migration und ohne Bruch. Da das Betriebssystem Windows 95 eine erhebliche Mehrbelastung des Personals im System- und Betreuungsbereich verursacht, wird hier im Betriebssystem LINUX oder in dem Network-Computer (NC) die Zukunft gesehen. Weiterhin wird die Nutzung der Internet-Technologie wegen des hohen Komforts und der Verfügbarkeit offener Systeme intensiv angestrebt.

Der derzeit zu beobachtende Trend zu vermehrten Anwendungen, die unter dem WEB-Browser laufen, wird positiv bewertet. Insbesondere hinsichtlich der ORACLE-Datenbank werden im LGRB künftig zunehmend WEB-fähige Anwendungen entwickelt werden. Mit der Einführung von ORACLE Version 8 wird zusätzlich eine objektorientierte Sicht auf die gespeicherten Daten möglich sein. Soweit diese noch in die Konzepte integriert werden kann, werden diese Möglichkeiten genutzt werden.

### 1.4.2 Datenfluß zum Nutzer

Das geowissenschaftliche Informationssystem bietet nicht nur eine IuK-Unterstützung zur Bewältigung der Dienstaufgaben, sondern schafft auch die Möglichkeit, digitale Geodaten für Nutzer anzubieten.



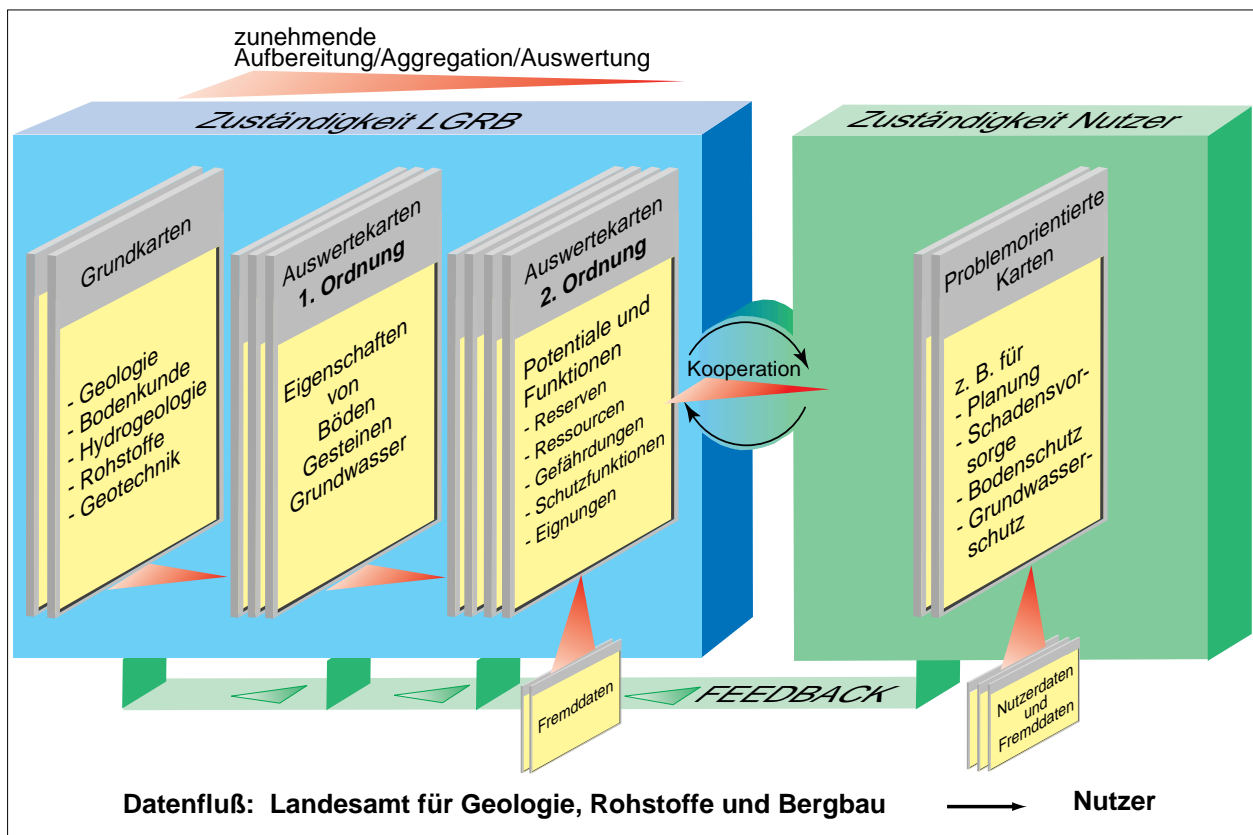


Abb. 3: Datenfluß vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau zum Nutzer

Derzeit beschränkt sich das Angebot auf Geodaten, die in Karten visualisiert und teilweise auch gedruckt werden. Mittelfristig sollen jedoch alle Auswertergebnisse, soweit mit dem Datenschutz vereinbar, gegen Entgelt angeboten werden. Da digitale Geodaten gegenüber den konventionellen Karten sehr viel mehr Möglichkeiten für die Weiterverarbeitung bieten, wird die Nachfrage danach mit verstärktem Einsatz von Geoinformationssystemen bei den Nutzern anwachsen. Auch intern können die vorhandenen geowissenschaftlichen Kenntnisse genutzt werden, um abgeleitete Themen, wie z. B. Eigenschafts-, Funktions- und Potentialkarten zu erstellen (Abb. 3). Dadurch wird es in Zukunft möglich sein, in Kooperation mit den Nutzern problemorientierte Themen projektbezogen zu entwickeln. Entscheidend ist dabei, daß der Datenfluß unter interdisziplinären Aspekten gesehen wird.

## Literatur

- Ad-hoc-AG Kernsysteme und Methodenbanken (1994): Aufgaben und Funktionen von Kernsystemen des Bodeninformationssystems als Teil von Umweltinformationssystemen. – Bodenschutz, 1: 49 S.; Karlsruhe.
- CHEN, P. P. (1976): The entity-relationship model: towards a unified view of data. – In: ACM Trans. Database Systems, 1 (1): 9–36, 23 Abb.; Boston.
- SCHWEIZER, R. (1995): Überblick zum Bodeninformationssystem Baden-Württemberg. Bereich geowissenschaftliche Grundlagen. – Festschr. HEINZ DRAHEIM, EUGEN KUNTZ & HERMANN MÄLZER: 247–257, 3 Abb.; Karlsruhe (Geodät. Inst. Univ. Karlsruhe).
- (1996): Räumliche Modellierung beim Aufbau des Bodeninformationssystems. – Arb.-H. Geol., 1: 11–17, 2 Abb.; Hannover (BGR).
- VINKEN, R. [Hrsg.] (1992): From digital map series in geosciences to geo-information systems. – Geol. Jb., A 122: 241 S., 33 Tab., 1 Taf., 4 Kt.; Hannover (BGR usw.).

## 2 Aufschlußbeschreibungen in der Aufschlußdatenbank

### 2.1 Vorbemerkungen

Für nahezu alle geowissenschaftlichen Fragestellungen, die vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) bearbeitet werden, sind die aus geologischen Aufschlüssen gewonnenen Daten unverzichtbare Basisinformationen. Unter dem Sammelbegriff Aufschlüsse sind in diesem Zusammenhang alle Lokationen zu verstehen, an denen durch Beobachtungen oder Messungen geowissenschaftliche Informationen ermittelt werden. Überwiegend handelt es sich hier um Bohrungen und um sonstige künstliche oder natürliche Gesteinsanschnitte an der Erdoberfläche oder in natürlichen Hohlräumen und untertägigen Bauwerken. Weiterhin gehören dazu Quellen, Meß- und Probenahmestellen an oberirdischen Gewässern sowie geophysikalische und geotechnische Sondierungspunkte.

Die Beschreibungen solcher Aufschlüsse aus dem gesamten Landesgebiet und unmittelbar angrenzenden Bereichen werden im Aufschlußarchiv des Amtes gesammelt. Für den Nutzer waren diese Aufschlußbeschreibungen bis 1986 ausschließlich als analoge Texte oder Graphiken verfügbar. Der Zugang erfolgte über das Ordnungssystem (Ablage nach TK 25) und über die handgeführten Aufschlußkarten. Seit der Einrichtung der Aufschlußdatenbank (ADB) können allen Nutzern zusätzlich strukturierte, automatisch auswertbare Beschreibungen der Aufschlüsse zur Verfügung gestellt werden, womit eine erheblich verbesserte Nutzung des Aufschlußarchivs möglich wurde.

In der ADB sind bisher die Stammdatensätze von ca. 110 000 Bohrungen und von sonstigen künstlichen und natürlichen Gesteinsanschnitten erfaßt. Von ca. 70 000 dieser Aufschlüsse sind zudem die Schichtbeschreibungen, meist in vereinfachter Form, gespeichert. Durch die aktuelle Aufschlußtätigkeit, besonders auch durch systematische Erhebungen von Altdaten innerhalb des Amtes sowie in externen Archiven von Kommunen und anderen Landesbehörden, nimmt der Datenbestand ständig zu, nicht zuletzt als Folge der inzwischen durch die elektronische Datenverarbeitung verbesserten Nutzungsmöglichkeiten.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich vor allem auf Bohrungen und sonstige Gesteinsanschnitte, für die Erfassungs- und Weiterverarbeitungsprogramme am weitesten fortgeschritten sind und die derzeit den umfangreichsten Datenbestand ausmachen. Quellen werden derzeit erst in vorläufigen Mas-

ken erfaßt. Für die anderen Aufschlußtypen wurden bisher noch keine entsprechenden Programme entwickelt.

### 2.2 Struktur der Aufschlußdatenbank

#### 2.2.1 Übersicht

Unabhängig von ihrer wirklichen Größe werden alle Aufschlüsse in der Datenbank als punktbezogene Objekte beschrieben. Für große Aufschlüsse wie Steinbruchwände oder Straßenanschnitte muß ein repräsentativer Lagepunkt bestimmt werden, oder sie müssen in mehrere Teilaufschlüsse aufgeteilt werden. Ein Konzept zur Beschreibung flächiger Aufschlüsse in strukturierter Form existiert bisher noch nicht.

Eine vollständige Aufschlußbeschreibung besteht aus Stammdaten und Schichtdaten. Zu Bohrungen gehören noch die technischen Bohrungsdaten, s. Abb. 4. Unter Stammdaten versteht man alle einmaligen, unveränderlichen Merkmale eines Aufschlusses. Die technischen Bohrungsdaten beinhalten Informationen zum Bohrvorgang, bei ausgebauten Bohrungen zusätzlich Angaben zum Ausbau und zur Ringraumverfüllung. Die Schichtdaten enthalten die geologische Beschreibung der aufgeschlossenen Gesteinseinheiten.

Im Rahmen der bundesweiten Entwicklung eines Bodeninformationssystems wurden für Stammdaten und technische Bohrungsdaten einheitliche Datenfeldkataloge entwickelt, die bei der Einrichtung der ADB berücksichtigt wurden. Zur Umsetzung der Schichtbeschreibungen in eine strukturierte, automatisch auswertbare Form fehlt jedoch bisher ein einheitliches, bundesweit abgestimmtes Regelwerk.

Die Datenhaltung erfolgt im RDBMS ORACLE, wobei SQL\*Forms-Masken für Datenerfassung und Recherche eingesetzt werden.

#### 2.2.2 Stammdaten

Die Stammdaten umfassen die Angaben zur Identifizierung eines Aufschlusses, zur Festlegung des Raumbezugs, für seine Klassierung und zu seiner Herstellung.

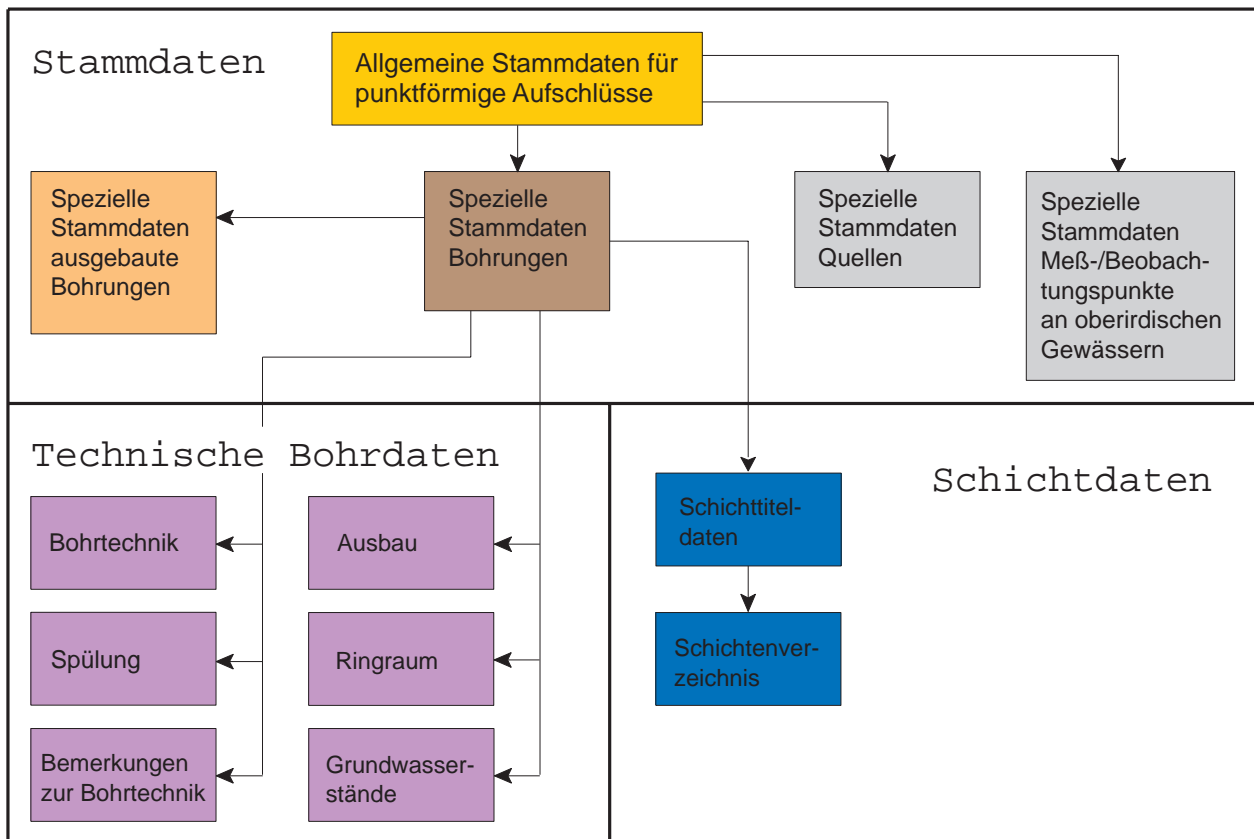


Abb. 4: Datenmodell der Aufschlußdatenbank

Zur eindeutigen Identifizierung wird bei der Erfassung jedes Aufschlusses eine fortlaufende DV-Identifikationsnummer automatisch generiert, die als Primärschlüssel in der Datenbank benutzt wird. In textlichen und graphischen Darstellungen werden dagegen Aufschlüsse durch eine zusammengesetzte Archivkennung eindeutig gekennzeichnet, in der das traditionelle Ordnungssystem der fortlaufenden Nummerierung innerhalb eines Kartenblatts fortgeführt wird.

Die Archivkennung besteht aus dem Symbol für den Archivfachbereich, der Nummer der TK 25 und einer fortlaufenden, bei der Erfassung ebenfalls automatisch generierten Nummer im Kartenblatt. Ein ausführlicher Aufschlußname, der neben der unverändert zu übernehmenden projektbezogenen Bezeichnung auch Angaben zur Lokalität und zum Untersuchungsprojekt enthalten sollte, ergänzt die Identifizierung.

Für Brunnen, Grundwassermeßstellen und Quellen, die in der Meßstellendatenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes erfaßt sind, wird in einem eigenen Datenfeld die Identifizierungsnummer

dieser Datenbank (Grundwassernummer) als Sekundärschlüssel mitgeführt.

Der Raumbezug wird in der ADB durch GAUSS-KRÜGER-Koordinaten sowie Angaben zur Höhenlage hergestellt. Die Ansatzhöhe in m NN dient als Bezugshöhe für alle weiteren tiefenbezogenen Angaben der Aufschlußbeschreibung und ist meistens mit der Höhe der Geländeoberfläche identisch. Zusammen mit der Endteufe in m unter der Ansatzhöhe kann der gesamte aufgeschlossene Bereich räumlich dargestellt werden. Die Lage- und Höhenangaben werden in der ADB mit einem Genauigkeitsvermerk versehen, anhand dessen die Zuverlässigkeit des Lagebezugs beurteilt werden kann. Zusätzliche Lageinformationen, wie z. B. die Lage innerhalb von Verwaltungsgrenzen (Flurstück, Gemeinde, Landkreis), sind zwar redundant, aber für die Recherche ohne GIS vielfach nützlich.

Die verschiedenen Aufschlußtypen (z. B. Bohrung, Schurf, Kiesgrube, natürlicher Aufschluß, Lesestein) können über das Merkmal „Aufschlußart“ gekennzeichnet werden.

Weiterhin enthalten die Stammdaten von künstlich hergestellten Aufschlüssen noch allgemeine Informationen über die Begleitumstände ihrer Herstellung, wie Herstellungszeit, Herstellungsfirma, Aufschlußzweck, Projektbezeichnung und Auftraggeber. Alle diese Angaben dienen zur Identifizierung des Aufschlusses und zur Beurteilung der Aufschlußqualität.

### 2.2.3 Technische Bohrungsdaten

Der Bohrvorgang ist mitentscheidend für die Qualität der Bohrproben und damit für die Aussagekraft einer Bohrbeschreibung. Deshalb ist die teufenbezogene Dokumentation des Bohrvorgangs ein wichtiger Bestandteil der ADB. Sie umfaßt neben den Angaben zum Bohrverfahren und Bohrdurchmesser auch Angaben zur eingesetzten Spülung und zu den Wasserständen während des Bohrens oder nach Bohrende. Bei ausgebauten Bohrungen (Brunnen, Grundwassermeßstellen) sind zusätzlich Informationen zum Ausbau und zur Verfüllung des Ringraums für die Zuordnung des jeweils erschlossenen Grundwasserleiters und damit für die Beurteilung zugehöriger Meßdaten (u. a. Grundwasserstände, chemische und isopenphysikalische Analysendaten) erforderlich.

### 2.2.4 Schichtbeschreibung

Um möglichst schnell und ohne größere eigene Entwicklungsarbeit ein Programm zur Erfassung und Bearbeitung von Schichtdaten zur Verfügung zu haben, wurde 1986 das am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung entwickelte Programmsystem DASP übernommen. Mit diesem Programm können Schichtbeschreibungen verarbeitet werden, die nach den Regeln der DASCH-Syntax strukturiert und verschlüsselt worden sind. Für die Beschreibung der einzelnen Schichten sind dabei folgende Datenfelder vorgesehen:

- Tiefe
- Stratigraphie
- Petrographie-Hauptgemengteil
- Petrographie-Nebengemengteil
- Genese
- Farbe
- Zusatzzeichen.

Die Inhalte der Felder bestehen aus einer beliebigen Anzahl von Symbolen, die durch Sonderzeichen mit festgelegter Bedeutung voneinander getrennt wer-

den. Begriffe und Symbole enthält der Symbolschlüssel Geologie (PREUSS et al. 1991).

Obwohl sich zwischenzeitlich einige Mängel der DASCH-Syntax gezeigt haben, wird sie im Amt nach wie vor angewendet, allerdings in leicht modifizierter Version. Dies ist u. a. darin begründet, daß eine praxismgerechte, erprobte Alternative bisher nicht existiert.

Vor allem zwei Nachteile machten sich bei der Benutzung negativ bemerkbar:

- Die große Freiheit, die die DASCH-Syntax dem Benutzer läßt (viele Informationen können wahlweise in unterschiedlichen Datenfeldern eingetragen werden), erschwert die Recherche und Auswertung der digital archivierten Schichtdaten erheblich.
- Die verwendeten Begriffslisten, welche die für die Beschreibung zugelassene Nomenklatur enthalten, sind mit alphanumerischen Schlüsselwörtern versehen, die Informationen über die jeweiligen Begriffe und die hierarchischen Beziehungen der Begriffe untereinander enthalten (Kürzel mit geologischer Bedeutung). Da die Anzahl der Hierarchiestufen durch die Feldlänge des Schlüssels begrenzt ist, waren fachlich notwendige Änderungen z. T. nicht mehr abbildbar. Änderungen der Kürzel erforderten zudem umfangreiche Umsetzungen im gesamten Datenbestand.

Um diese Nachteile der DASCH-Syntax zu beheben, wurden zwischenzeitlich Regeln festgesetzt, die auf eine strengere Normung der Schichtbeschreibung abzielen und die Vielfalt der Möglichkeiten durch Selbstbeschränkung verringern. Für nicht zu verschlüsselnde Inhalte wurde ein zusätzliches Datenfeld eingerichtet.

Als zweiter wesentlicher Schritt wurden die Begriffslisten einer grundlegenden Revision unterzogen, eine Arbeit, die bis jetzt noch nicht abgeschlossen ist. Dabei zeigte sich, daß nicht nur formale Aspekte korrekturbedürftig sind, sondern die gesamte Nomenklatur überarbeitet werden mußte, vor allem die Begriffslisten für die Datenfelder Stratigraphie, Petrographie und Genese. So wurde für die Anwendung in Baden-Württemberg der Teil Stratigraphie vollständig neu bearbeitet. Die in Baden-Württemberg abgrenzbaren Gesteinseinheiten (geologische Einheiten) sind im Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg veröffentlicht (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1995). Bei einer weiteren Überarbeitung erhielten alle geologischen Einheiten eine Identifizierung.

tifikationsnummer als Primärschlüssel, und die stratigraphischen Kürzel wurden z. T. vereinfacht bzw. ergänzt (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1997), um eine einheitliche, unverwechselbare Kennzeichnung der Einheiten in der ADB, auf Karten und in Texten sicherzustellen. Die hierarchischen Beziehungen der Einheiten untereinander sind unabhängig vom Kürzel in der ADB dokumentiert (Kapitel 6). Neue Begriffslisten für die Petrographie und Genese sind in Arbeit.

## 2.3 Datenbestand

### 2.3.1 Datenerfassung

Das Amt verfügt über einen sehr großen Bestand an analogen Aufschlußbeschreibungen. Die Gesamtmenge beträgt grob geschätzt mindestens 150 000.

Die Übernahme dieser Altdaten in die ADB erfolgt stufenweise:

- Stammdatenerfassung durch Archivpersonal
- Erfassung von Schichtdaten und bohrtechnischen Daten durch die geowissenschaftlichen Sachbearbeiter und Projektmitarbeiter.

In die erste Stufe fallen die Ermittlung der Koordinaten, wenn diese, wie das vielfach der Fall ist, nicht in der Beschreibung enthalten sind, und der Abgleich mit dem bereits erfaßten Datenbestand, um Doppelingaben zu vermeiden. Beides sind zeitaufwendige Arbeiten, die mit äußerster Sorgfalt durchgeführt werden müssen und häufig Rücksprachen bei den geowissenschaftlichen Bearbeitern erfordern. Als Ergebnis kann allen Mitarbeitern eine Übersicht über die vorhandenen Aufschlüsse zur Verfügung gestellt werden, die bereits gute Recherche- und Visualisierungsmöglichkeiten nach Lage und Art der Aufschlüsse bietet und die Informationssicherheit bei der Erledigung der Amtsaufgaben verbessert.

In der Verantwortung der geowissenschaftlichen Bearbeiter liegt die Erfassung und Pflege der Schichtbeschreibungen und der bohrtechnischen Angaben. Die Aufbereitung und Eingabe dieser Daten erfolgt überwiegend projektbezogen. So sind vor allem bei der Bearbeitung geowissenschaftlicher Kartenwerke in den letzten Jahren umfangreiche Datenbestände in die Datenbank eingegeben worden.

### 2.3.2 Datenqualität

Ein wesentlicher Aspekt beim Aufbau der ADB ist die Datenqualität. Nur wenn für die Aufschlußdaten ein hohes Maß an Zuverlässigkeit gewährleistet werden kann, erfüllt die ADB ihren vorgesehenen Zweck.

Um die Datenqualität zu sichern, werden verschiedene Möglichkeiten genutzt, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Qualität der eingehenden Informationen häufig nur zu einem geringen Anteil durch das Amt beeinflußt werden kann:

- Koordinatenerfassung und Abgleich erfolgen an zentraler Stelle durch geschultes Archivpersonal. Die Schreib- und Änderungsrechte für die ADB sind auf wenige Mitarbeiter beschränkt.
- Erfassungsfehler und unplausible Eingaben können oft durch Maskentrigger erkannt und verhindert werden.
- Alle wesentlichen, zur Beurteilung der Qualität der Bohrbeschreibung erforderlichen Informationen werden mitgespeichert.
- Für besonders wichtige Informationen (Koordinaten, Höhenangaben) werden Vertrauensgrenzen angegeben.

Besondere Probleme gibt es u. a. bei der Gewährleistung einer einheitlichen Bohrbeschreibung. Wegen der sehr heterogenen Originalbohraufnahmen ist bei der Übernahme in die ADB eine Generalisierung und eine Homogenisierung erforderlich. Dies sind wesentliche Voraussetzungen, um die Schichtbeschreibungen digital weiterverarbeiten zu können. Verbindliche Richtlinien für die Abfassung digitaler Schichtbeschreibungen sind bisher jedoch erst für Teilbereiche ausgearbeitet.

Vor allem die Datenbestände aus der Anfangsphase des Datenbankaufbaus genügen noch nicht den erforderlichen Qualitätsmaßstäben, da seinerzeit weniger strenge Regelungen für die Datenerfassung galten und weniger komfortable Erfassungsprogramme zur Verfügung standen. Sie weisen in vielen Fällen noch Lücken und Fehler in den Stammdatensätzen und auch in den Schichtdaten auf. Besonders problematisch sind Aufschlüsse mit fehlendem Raumbezug, weil dieser nachträglich oft nur mit großem Aufwand ermittelt werden kann.

## 2.4 Nutzungsmöglichkeiten

Die Datenbestände der ADB sind mittlerweile zumindest in einzelnen Gebieten so zuverlässig und vollständig, daß eine Nutzung, beispielsweise für die Beratungstätigkeit des LGRB, große Vorteile bringt. So reduziert sich einerseits der Zeitaufwand für die Datenrecherche durch den Zugriff auf die ADB erheblich, andererseits kann die Qualität der Bearbeitung verbessert werden, da die Datenbank zunehmend mehr Ausschlüsse für ein Gebiet liefert als die manuelle Recherche im Archiv.

Für den Zugriff auf die ADB stehen im LGRB folgende Werkzeuge zur Verfügung:

- Mit Hilfe des Programms ArcView kann auf die Inhalte der ADB zugegriffen werden. Die Aufschlüsse können direkt am Bildschirm visualisiert sowie räumlich und inhaltlich selektiert werden.
- Für inhaltliche Recherchen steht der ORACLE-Daten-Browser zur Verfügung. Als Ergebnis erhält man Tabellen mit den recherchierten Datensätzen. Diese können ausgedruckt oder als Eingangsdaten für weiterführende Auswerteprogramme verwendet werden.
- Neben dem Browser sind verschiedenen Eingabemasken für einfache Recherchen verwendbar.
- Stamm- und Schichtdaten können als genormte Textprotokolle ausgegeben werden.
- Nach Einlagern der Daten in das DASP-Programmpaket können alle Funktionen dieses Programms genutzt werden. Dies ist derzeit vor allem noch für die graphische Darstellung von Schichtdaten als Säulenprofile erforderlich.

## 2.5 Erfahrungen und Ausblick

Die Aufschlußdatenbank wird ihren Zweck als zuverlässige Datengrundlage für die Arbeit externer wie interner Nutzer am ehesten erfüllen, wenn sie einen geprüften und möglichst auch mit anderen Institutionen (z. B. der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes) abgeglichenen Datenbestand enthält. Aufbau und Pflege der Datenbestände werden in Zukunft einen wesentlich größeren Stellenwert einnehmen und mehr Aufwand erfordern als bisher.

Die bisherigen Erfahrungen mit der Datenbank haben gezeigt, daß vor allem eine weitergehende Normung der Schichtbeschreibungen unbedingt notwendig ist. Wichtige Aspekte sind Weiterentwicklung und Zusammenführung der Begriffslisten aus unterschied-

lichen Fachbereichen (z. B. Schichtbeschreibung Geologie, Ingenieurgeologie und Bodenkunde) und der Datenmodelle für die Archivierung.

Bei der Übernahme von Altdaten ist zu prüfen, ob der Aufwand für eine vollständige Übersetzung der Originalprofilaufnahme in ein strukturiertes Schichtenprofil besonders bei sehr detaillierter Bohraufnahme gerechtfertigt ist. Sinnvoller dürfte es sein, nur wichtige, ausgewählte Gesteinsmerkmale zu erfassen, ansonsten das Originalprofil als Text- oder Bilddatei vorzuhalten.

Im Hinblick auf die weitere Verwendung der Profilbeschreibungen, insbesondere auch die Weitergabe an externe Nutzer, wird es erforderlich werden, die Bohrungen nach ihrer Bearbeitungsqualität zu klassifizieren. Landesweit müssen für die Beurteilung und Korrelation von neuen Aufschlüssen Referenzprofile zur Verfügung stehen.

Ein Verbesserung dürfte sich in Zukunft durch die digitale Datenerfassung im Gelände ergeben. Durch den Einsatz von GPS-Geräten wird die Bestimmung der Lage und Höhe von Aufschlüssen wesentlich genauer und zuverlässiger erfolgen können. Die Erfassung der Attribute und die Qualität der gewonnenen Daten können durch ein digitales Eingabesystem, installiert auf tragbaren Feldcomputern, beschleunigt und verbessert werden. Dadurch wird gewährleistet, daß die Aufschlußbeschreibung vollständig und mit der vorgegebenen Nomenklatur erfolgt. Außerdem können bereits im Gelände Plausibilitätstests und Nachprüfungen durchgeführt werden. Schließlich entfallen fehlerträchtige manuelle Datenübertragungen.

## Literatur

- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – Geol. Landesamt Baden-Württ., Informationen, 5: 67 S., 1 Tab.; Freiburg i. Br.
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1997): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) Baden-Württemberg. Aktualisierte Ausgabe. – 39 S.; Freiburg i. Br. [unveröff.]
- PREUSS, H., VINKEN, R. & VOSS, H.-H. (1991), unter Mitarbeit von BARCKHAUSEN, J., BECKMANN, A., HENNIG, E.-W., HINZE, C., HOMANN, H.-H. & REUTER, G.: Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation und Automatische Datenverarbeitung geologischer Feld- und Aufschlußdaten. – 328 S., 1 Abb., 21 Tab.; Hannover (NLfB, BGR).

## 3 Integriertes System zur Speicherung von Meß- und Ergebnisdaten am Beispiel für Labordaten

### 3.1 Allgemeines

Für die geowissenschaftliche Beschreibung des Landes sind die Ergebnisse von Gesteins-, Boden- und Wasseranalysen wertvolle Grundlageninformationen, die dauerhaft gespeichert werden müssen (Abb. 5). An eine bedarfsgerechte Archivierung sind verschiedene Anforderungen zu stellen: So müssen die Daten einfach und schnell recherchierbar sein, für eine Auswertung mit DV-Programmen in digitaler Form vorliegen und problemlos austauschbar sein. Um dieses zu gewährleisten, werden seit einigen Jahren am LGRB im Rahmen des BIS zentrale Datenbanken aufgebaut. Ein wesentlicher Baustein ist der Bereich zur Speicherung von Labordaten.

Das Datenmodell für Labordaten ist in ein allgemeines Modell zur Ablage von Meßdaten integriert. Dieses umfaßt u. a. noch die Speicherung von Pump- und Markierungsversuchen, von Gefügemessungen, hydrologischen Messungen und geophysikalischen Bohrlochmessungen (Abb. 6); es soll in Zukunft für Ergebnisdaten (z. B. von Pumpversuchsauswertungen) erweitert werden. Für den Laborbereich beinhaltet das Modell einheitliche Laborstandards und Nomenklatorsysteme, ferner Festlegungen, welche Informationen zu den Begleitumständen einer Probenahme und Messung archiviert werden.

Das Datenmodell, das im folgenden vorgestellt wird, wurde sowohl in internen Arbeitsgruppen als auch in bundesweit tätigen Arbeitskreisen der Staatlichen Geologischen Dienste entwickelt (AG FIS Hydrogeologie 1994).

### 3.2 Datenmodell für Labordaten

Das integrierte Datenmodell zur Speicherung von geowissenschaftlichen Meß- und Beobachtungsdaten besteht aus 14 Datenbanktabellen (Abb. 6), deren Funktionen sich, soweit sie den Laborbereich betreffen, wie folgt beschreiben lassen:

**Untersuchungsprogramm:** Ein Untersuchungsprogramm ist eine organisatorische Bearbeitungseinheit. Beispiele dafür sind eine Probenahmekampagne für mineralogische, petrographische, chemische oder isotonenphysikalische Untersuchungen oder ein Markierungsversuch. Angaben dazu werden in der Datenbanktabelle "Untersuchungsprogramm" gespeichert. Übergeordnete Organisationseinheit ist das Projekt, mit dem das Untersuchungsprogramm verknüpft ist.

Meß- und Beobachtungsdaten können entweder vor Ort oder durch Messung im Labor gewonnen wer-

Gestein	Boden	Wasser
<ul style="list-style-type: none"> <li>* geochemische Elementdaten</li> <li>* Mineralzusammensetzung</li> <li>* petrographische Analyse</li> <li>* Korngrößenverteilung</li> <li>* geotechnische und hydraulische Kenngrößen</li> <li>* paläontologische Befunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* bodenchemische Daten (Elementdaten und Bindungsformen)</li> <li>* bodenphysikalische Daten</li> <li>* Korngrößenverteilung</li> <li>* Porengrößenverteilung</li> <li>* Lagerungsdichte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* physikalische Daten</li> <li>* Physikochemische Daten</li> <li>* Hydrochemische Daten (Elementdaten und Bindungsformen)</li> </ul>

Abb. 5: Übersicht über die Labordaten des LGRB

den. Die Daten zur Beschreibung von Probenahme und Analytik werden in den Datenbanktabellen „Probe“, „Teilprobe“, „Präparat“ und „Analyse“ gespeichert.

**Probe:** Informationen über die Probenahmebedingungen, die wichtige Hintergrundinformationen für die Beurteilung der Analyseergebnisse darstellen, werden in der Tabelle „Probe“ verwaltet. Werden hydrologische Parameter bei der Probenahme gemessen, werden die Resultate, soweit sie auch unabhängig von der Probenahme von Bedeutung sind (Ruhewasserstand in einer Grundwassermeßstelle, Schüttung einer Quelle usw.), nicht in der Tabelle „Probe“, sondern als eigenständige Meßergebnisse gespeichert. Sie sind jedoch weiterhin mit der Probe verknüpft. In der Tabelle „Probe“ wird außerdem die Probenahmestelle mit den allgemeinen Stammdaten der punktförmigen Aufschlüsse und, falls es sich um ausgebaute Bohrungen handelt, zusätzlich noch mit den Stammdaten der ausgebauten Bohrungen verknüpft. Zu der Probenahmestelle wird weiterhin der Bohr- und Ausbaustatus zum Zeitpunkt der Probenahme vermerkt.

**Teilprobe:** Eine Probe kann durch Fraktionierung in Teilproben zerlegt werden. Alle damit in Zusammenhang stehenden Daten werden in der Tabelle „Teilprobe“ abgelegt.

**Präparat:** Aus einer Probe oder Teilprobe können Präparate hergestellt werden. Ist nicht nur die Präparationsart von Interesse, sondern das individuelle Präparat (z. B. bei Dünnschliffen), so können alle erforderlichen Angaben dazu in der Tabelle „Präparat“ gespeichert werden. Die Verknüpfung erfolgt über die Tabelle „Meßbedingungen“ direkt mit dem Parameter (s. u.).

**Analyse:** Die Tabelle „Analyse“ enthält allgemeine Angaben zur Analyse, u. a. die Labornummer und den Namen des Labors. Analysiert werden können sowohl Proben wie auch Teilproben. Zu einer Probe kann es mehrere Analysen geben, wenn z. B. chemische und isotopephysikalische Untersuchungen in unterschiedlichen Labors durchgeführt wurden.

Für die Ablage der Meß- und Beobachtungswerte sind die Datenbanktabellen „Verknüpfung“, „Para-

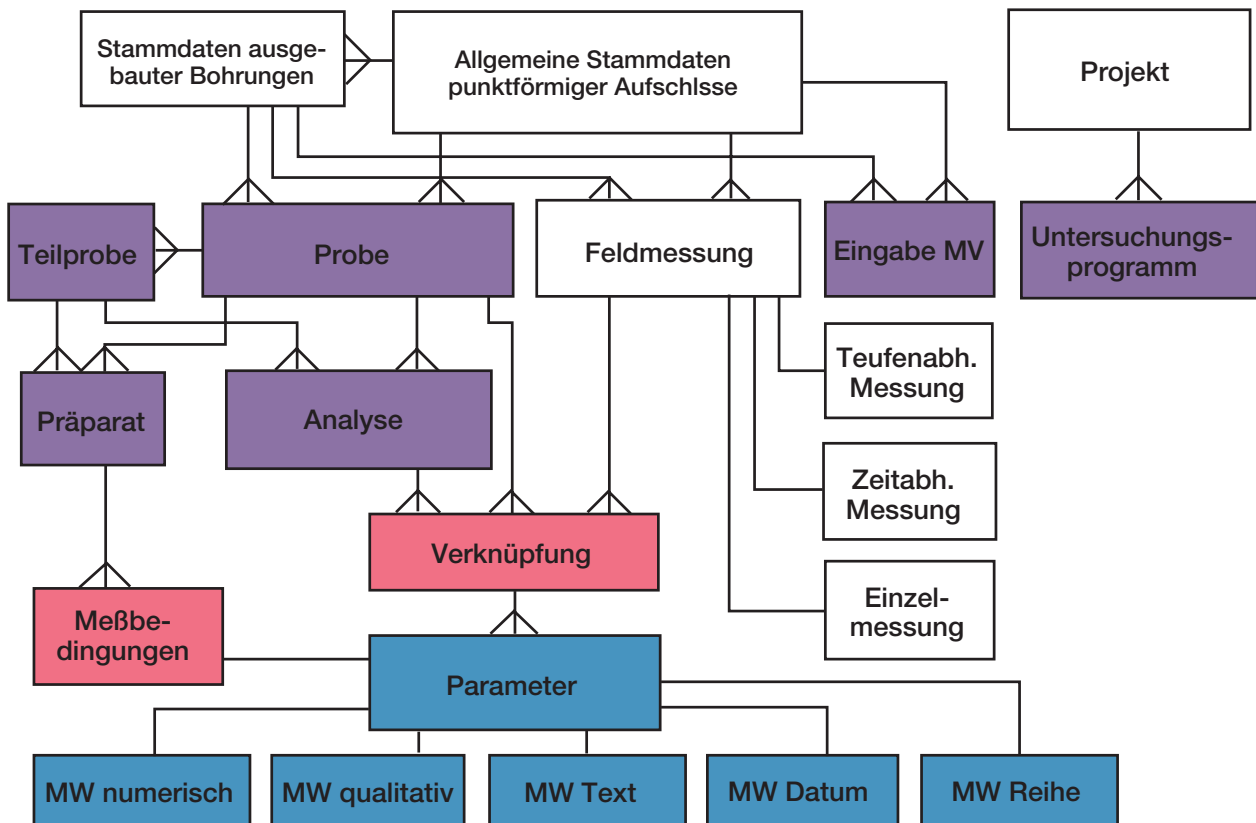


Abb. 6: Datenmodell für Labordaten

Die Datenbanktabellen, die den Laborbereich betreffen, sind farbig dargestellt. Die 1 : n-Verknüpfungen des Untersuchungsprogramms mit Eingabe MV (Markierungsversuche), Feldmessung, Probe, Teilprobe, Präparat und Analyse sind aus Platzgründen nicht gezeichnet.



meter”, “MW numerisch”, “MW qualitativ”, “MW Text”, “MW Datum”, “MW Reihe” und “Meßbedingungen” vorgesehen.

**Verknüpfung:** In der Tabelle “Verknüpfung” wird die Zusammengehörigkeit zwischen der Analyse bzw. der Feldmessung einerseits und den Parametern andererseits festgelegt. Außerdem besteht die Möglichkeit, Parameter z. B. einer Analyse zu gruppieren.

**Parameter:** Parameter werden in der Tabelle “Parameter” durch Verknüpfung mit der allgemeinen Parameterliste über eine Kennung identifiziert. Meßzeiten und Meßsteufen werden ebenfalls als Parameter behandelt. Alle Parameter können in dieser Tabelle zentral recherchiert werden. Über die Tabelle “Verknüpfung” ist es möglich, Parameterkombinationen abzubilden. Des Weiteren gibt es in dieser Tabelle einen Verweis auf die Meßbedingungen bei der Bestimmung des Parameters, und es kann eine hierarchische Beziehung zwischen Parametern abgebildet werden (z. B. pH-Wert und zugehörige Wassertemperatur oder Isotopenmeßwert und zugehörige Standardabweichung).

**MW numerisch, MW qualitativ, MW Text, MW Datum, MW Reihe:** Bei der Ablage der eigentlichen Beobachtungen und Meßergebnisse wird zwischen numerischen Meßergebnissen (z. B. Konzentrationsangaben), qualitativen Angaben aus einer Begriffsliste (petrographische Begriffe, Farben etc.), Datumsangaben (z. B. Probenahmezeitpunkt) und freiem Text (z. B. Erläuterungen) unterschieden. Sie werden getrennt in Tabellen abgelegt. Schließlich können Meßwerte einer Meßreihe, deren Einzelwerte nicht recherchierbar sein müssen (z. B. Temperaturmeßwerte bei Pumpversuchen, Leitfähigkeitswerte bei Logs), in einem Feld vom Typ LONG (MW Reihe) erfaßt werden. In der Tabelle “Parameter” wird die Meßreihe dann als ein Parameter behandelt, ebenso wie die Datenreihen der zugehörigen Meßzeiten oder Meßsteufen. Für Recherchezwecke wird der erste und letzte sowie der größte und kleinste Wert der Meßreihe archiviert. Soll darüber hinaus ein direkter Zugriff auf einzelne Werte der Meßreihe möglich sein, müssen die Einzelwerte abgespeichert werden.

**Meßbedingungen:** In dieser Tabelle sind Angaben zu Meßgeräten und Meßverfahren abgespeichert. Sie werden für jeden Parameter individuell abgelegt. Hier kann alternativ auf eine Präparationsart oder ein Präparat verwiesen werden.

Dieses Datenmodell erfüllt verschiedene Anforderungen, die für eine effektive Nutzung der Datenbank notwendig sind:

Beobachtungs- und Meßwerte können sowohl als Einzelwerte als auch in zeitlicher und räumlicher (vertikaler) Auflösung (Zeitreihen, Logs) erfaßt werden.

Alle Parameter sind einheitlich in einer Datenbank-tabelle recherchierbar.

Das Datenmodell ist relational. Es baut auf den bereits vorhandenen Datenbankstrukturen auf.

Das Datenmodell ist allgemein und umfassend sowie leicht erweiterbar für die Aufnahme bisher nicht berücksichtigter Meß- und Beobachtungsdaten.

Der Aufwand für die DV-technische Umsetzung des Konzepts in der Datenbank ist gering, für die Programmierung einer komfortablen Benutzeroberfläche jedoch vergleichsweise groß.

## 3.3 Datenbankmodell

### 3.3.1 Tabellen für die Datenspeicherung

Bevor das Datenmodell in der Datenbank installiert werden kann, sind weitere Vorgaben zu machen. Ein wesentlicher Punkt ist die Festlegung der Datenfelder der Datenbanktabellen, in die die jeweiligen Informationen abgespeichert werden sollen. Dabei sind sowohl inhaltliche als auch DV-technische Festlegungen zu treffen.

In Abb. 7 ist als Beispiel ein Teil des Feinkonzepts für die Tabelle “Probe” dargestellt. Wichtigste Festlegung aus fachlicher Sicht ist die Definition des Datenfeldinhalts. Für die DV-technische Umsetzung müssen die Feldbezeichnung, der Feldname, der Feldtyp, die Feldlänge und gegebenenfalls die Maßeinheit definiert werden.

### 3.3.2 Basistabellen

Die Nomenklatur, die bei der qualitativen Beschreibung von Attributen in der Datenbank einheitlich Verwendung finden soll, wird in Schlüssellisten oder

Feldbezeichnung	Feldname	Feldtyp	Feldlänge	Maßeinheit	Verbindlichkeit	Feldinhalt
Probenummer	PNUM	I	7		obligatorisch	Primärschlüssel
DVID Meßstelle	IDMES	I	10		obligatorisch	Schlüssel
Probebezeichnung	PBEZ	C	255		fakultativ	
Probenart	PART	I	1		obligatorisch	Schlüssel
Probematerial	PMAT	I	6		obligatorisch	Schlüssel
Probenehmer (Inst.)	PINSTN	I	6		fakultativ	Schlüssel
Probemenge	PMASSE	R	10	g	fakultativ	
Probenvolumen	PVOLUMEN	R	10	cm <sup>3</sup>	fakultativ	
Probenahmebedingungen	PBEDING	C	255		fakultativ	
Entnahmeart	PENTART	I	6		fakultativ	Schlüssel
Entnahmegesetz	PGERÄT	I	6		fakultativ	Schlüssel
Entnahmerate	PRATEWERT	R	10	m <sup>3</sup> /s	fakultativ	
Verbleib der Probe	PREST	C	50		fakultativ	
Bemerkungen	BEMERK	C	255		fakultativ	

Abb. 7: Ausschnitt aus dem Feinkonzept für die Datenbanktabelle "Probe"

Basistabellen hinterlegt. Für den Laborbereich gibt es Basistabellen für die chemischen Parameter, Grenzwertlisten für die Beurteilung von Wasseranalysen, Listen für petrographische Begriffe, Zusammenstellungen von Standardanalyseverfahren u. a. Die Problematik solcher Listen wird am Beispiel der Basistabelle der chemischen Parameter (Abb. 8) näher erläutert. Deren charakteristische Eigenschaften lassen sich wie folgt beschreiben:

Alle chemischen Parameter sind aufgeführt, zu denen in der Datenbank Meßwerte abgespeichert werden sollen. Bei Bedarf können neue Einträge vorgenommen werden.

Jeder einzelne Parameter ist durch eine fortlaufende Nummer eindeutig gekennzeichnet. Weiterhin hat jeder Parameter eine Kurzbezeichnung und einen Namen.

Zu jedem Parameter können Synonymbegriffe vermerkt werden.

Zusätzlich sind die Maßeinheiten, mit denen die Meßwerte archiviert werden sollen, für jeden Parameter, gegebenenfalls getrennt für Wasser, Boden und Gestein, gespeichert.

Für eine Recherche sind übergeordnete, hierarchisch gegliederte Suchbegriffe archiviert, die unterschiedliche Themenbereiche abdecken. So gehört Gamma-Hexachlorcyclohexan (Gamma-HCH)

chemisch den schwerflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen, den halogenierten Kohlenwasserstoffen, den organischen Substanzen und den chemischen Parametern an. Weiterhin ist es der Wirkstoffgruppe der Insektizide und der Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel zuzuordnen. Außerdem handelt es sich um einen Einzelparame- ter (Abb. 8).

In der Parameterbasistabelle gibt es zu jedem Parameter Hinweise auf Grenzwertlisten und Grenzwerte.

### 3.4 Datenerfassung

Wesentliches Kriterium für eine sinnvolle Nutzung einer Datenbank ist die Qualität der gespeicherten Daten. Nur bei einem hohen Qualitätsstandard ist der erhebliche Aufwand der digitalen Datenerfassung gerechtfertigt.

Um Eingabe- und Übertragungsfehler ausschließen zu können, wird angestrebt, die Meßwerte möglichst "online" von den Meßgeräten in die Datenbank zu übertragen. Dies erfolgt bereits routinemäßig bei den Meßdaten der fluorimetrischen Untersuchungen im Rahmen von Markierungsversuchen. Die Erfassung der übrigen Labordaten erfolgt über Masken, in die mehrere Plausibilitätsprüfungen integriert sind. Einzelne Informationen werden unmittelbar nach ihrer

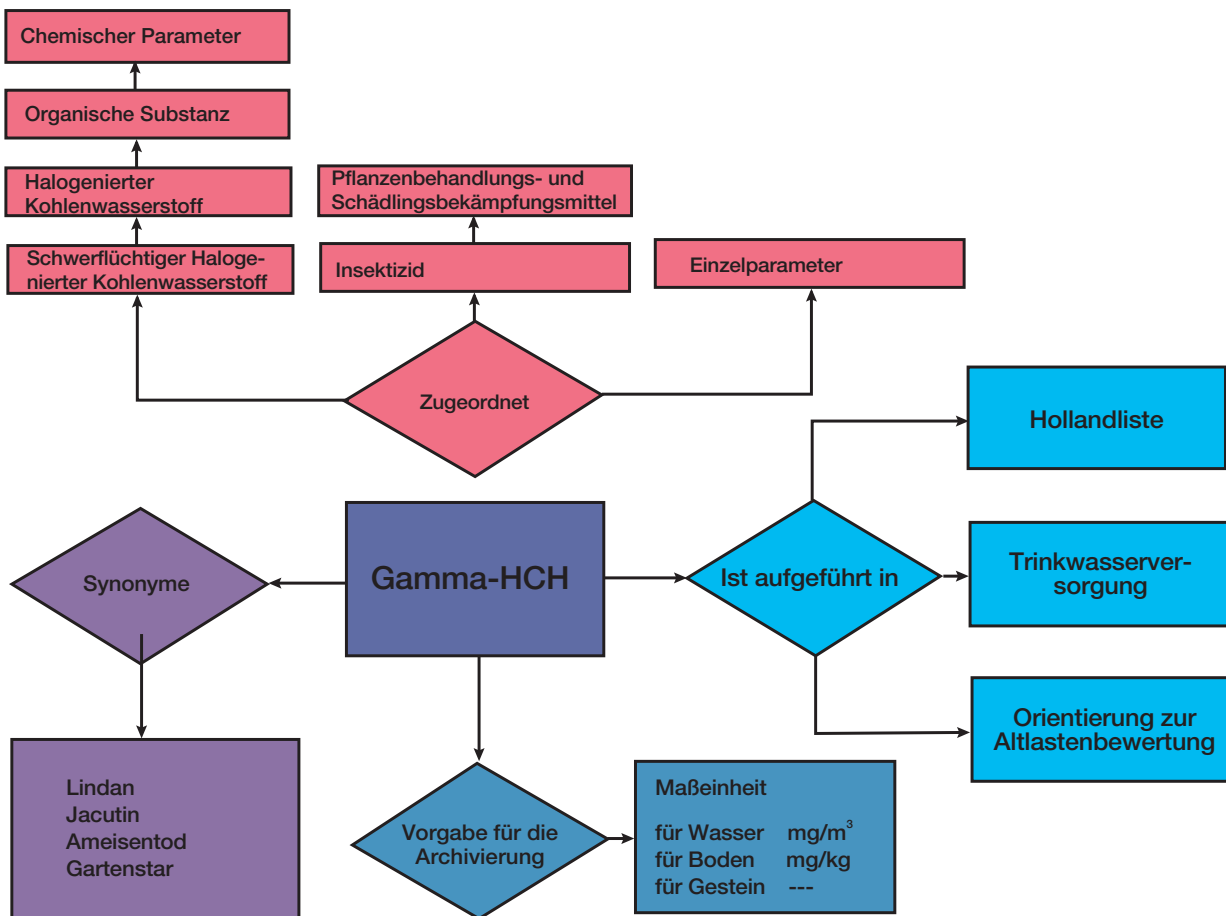


Abb. 8: Aufbau der Basistabelle "Chemische Parameter" am Beispiel von Gamma-HCH. Nach einem Entwurf von F. DAFFNER, Bayerisches Geologisches Landesamt.

Eingabe durch Maskentrigger auf Plausibilität geprüft. Eine Fehlermeldung erfolgt z. B., wenn der eingegebene pH-Wert oder der Sauerstoffgehalt außerhalb des definierten Wertebereichs liegt.

Daneben gibt es andere Plausibilitätstests, die sich auf Parameterkombinationen oder die gesamte Analyse beziehen. Diese werden nach Eingabe der vollständigen Analyse durchgeführt. Geplant ist die Installation eines Programms, das routinemäßig folgende Tests durchführt (FEUERSTEIN & GRIMM-STRELE 1989, DVWK 1994):

- Berechnung des Ionenbilanzfehlers
- Vergleich zwischen Summenparametern und der Summe der Konzentrationen der Einzelsubstanzen
- Vergleich zwischen der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit und der aus den Analysewerten berechneten elektrischen Leitfähigkeit
- Vergleich der Meßwerte mit empirisch ermittelten

Stabilitätsbereichen

- Vergleich mit älteren Analysen des gleichen Probenahmepunkts.

Für die Übernahme von Fremddaten steht im Umweltressort das von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg entwickelte Format zur Übertragung von Labordaten, LABDÜS, zur Verfügung, das von den meisten kommerziellen Labors des Landes verwendet wird. Um Daten im LABDÜS-Format rationell in die Datenbank des LGRB einlesen zu können, ist eine entsprechende Schnittstelle geplant.

### 3.5 Datenausgabe und -verarbeitung

Geplant ist zunächst eine Benutzeroberfläche für die Datenausgabe und -verarbeitung. Die folgenden Tä-

tigkeiten sollen unterstützt werden:

- routinemäßige Recherchen
- Standardausgabe von Analysedaten in Tabellen
- standardisierte Darstellungen von Analysedaten in Diagrammen
- Darstellung von Ganglinien und vertikalen Profilen
- Regionalisierung von Analysedaten
- Anwendung von Speicher-Durchflußmodellen
- Anwendung von chemischen Bilanzmodellen.

Die Datenausgabe und -verarbeitung soll im wesentlichen mit kommerzieller Software erfolgen. Voraussetzung für eine einfache Nutzung ist der Datentransfer zwischen Datenbank und den verschiedenen Programmen über komfortable Schnittstellen wie ODBC und JDBC.

## Literatur

- AG FIS Hydrogeologie (1994): Datenfeldkatalog für Punktdaten. – Ergebnisbericht der FIS Arbeitsgruppe Hydrogeologie der Ad-hoc-AG Hydrogeologie der Geologischen Landesämter: 11 S., 7 Anl.; Wiesbaden (unveröff.).
- FEUERSTEIN, W. & GRIMM-STRELE, J. (1989): Plausibilitätstests für eine routinemäßige Erfassung von Grundwasserbeschaffungsdaten. – Vom Wasser, **73**: 375–398, 15 Abb., 8 Tab.; Weinheim (Chemie).
- DVWK (1994): Bewertung und Auswertung hydrochemischer Grundwasser-Untersuchungen - Bedeutung von natürlichen Unterschieden und Fehlern für die Beurteilung von Beschaffungsdaten. – DVWK-Materialien, **1/94**: 70 S., 10 Abb.; Bonn.

## 4 Datenerfassung und -verarbeitung im Erdbebendienst

### 4.1 Aufgaben

Der Erdbebendienst des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LED) betreibt gegenwärtig 30 permanente Erdbebenmeßstationen für die seismische Überwachung des Landes. Erdbebenereignisse werden mit geringer zeitlicher Verzögerung registriert, lokalisiert und analysiert. Das Detektionssystem ist das derzeit einzige in Deutschland, das Erdbeben kurz nach ihrer Entstehung automatisch ortet. Beben in Baden-Württemberg werden ab der Magnitude 2 (Richter-Skala) lokalisiert. Für das übrige Deutschland und die angrenzenden Länder Frankreich, Österreich und Schweiz liegt die Erfassungsschwelle bei Magnitude 3. Der Mittelmeerraum wird ab Magnitude 4 erfaßt, während weltweit Erdbeben ab Magnitude 5 registriert werden. Die Lokalisierung eines Bebens findet innerhalb einer Zeitspanne von 10 Minuten nach Eintreffen der Erdbebenwellen an den Meßstationen des LED statt.

Im europäischen Kommunikationsverbund der seismologischen Dienste nimmt der LED durch die rasche Verfügbarkeit und die Zuverlässigkeit seiner Daten einen wichtigen Platz ein. Zudem findet durch die gemeinsame Nutzung von Meßstationen eine besonders enge Zusammenarbeit mit den „seismologischen Nachbarn“, dem französischen Erdbebendienst Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) in Strasbourg und dem Schweizerischen Erdbebendienst (SED) in Zürich, statt.

Aufgabe eines modernen Erdbebendienstes ist die zuverlässige kontinuierliche Registrierung sowie die effiziente und schnelle Auswertung der Daten. Um dieses Ziel zu erreichen, ist der Einsatz automatischer Systeme, verbunden mit modernster Datenverarbeitungstechnik, unabdingbar.

### 4.2 Sicherheit durch redundante Meßnetze

Aus dem Anspruch einer zeitlich lückenlosen Überwachung und einer schnellen Reaktion im Falle eines Erdbebens ergeben sich ganz besondere Anforderungen an die technische Realisierung. Als Schlagworte sind in diesem Zusammenhang die Betriebssicherheit „rund um die Uhr“ und die Echtzeitdatenverarbeitung zu nennen. Aus Gründen der Betriebssicherheit unterhält der LED drei voneinander unabhängige Meßnetze (Abb. 9). Auf diese Weise ist gewährleistet, daß selbst bei Ausfall eines Einzelsystems eine kontinuierliche Überwachung stattfindet.

Die drei Meßnetze unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art des Datentransfers von den Seismometern in die Freiburger Zentrale und die daraus resultierende Aktualität der Daten:

Mit der zeitlich geringsten Verzögerung arbeitet das Telemetrie-System. Es überträgt die am Seismometer registrierten Daten ununterbrochen und online via Richtfunk.

Beim Mars-ISDN-System besitzen die Außenstationen jeweils einen lokalen Speicher, in dem ereignisorientiert Erdbeben Daten zwischengespeichert werden. Der eigentliche Datentransfer findet mittels Telefonverbindung in normalerweise zweistündlichen Abständen statt.

Im PCM-System werden ebenfalls nur ereignisbezogen die Meßdaten auf lokale Magnetbänder geschrieben, die im sechs- bis achtwöchentlichen Turnus gewechselt werden.

Von größter Bedeutung für den routinemäßigen Betrieb des LED sind dabei das Telemetrie- und das Mars-ISDN-System, da nur diese Techniken eine schnelle und automatisierte Auswertung zulassen. Das PCM-Netz dient während des Normalbetriebs im wesentlichen durch seine zusätzlichen Daten der manuellen Nachbearbeitung von Erdbeben in seismisch besonders aktiven Gebieten. Bei einem Totalausfall der Datenzentrale übernimmt es zusätzlich die Aufgabe eines Notsystems.

### 4.3 Anforderungen an die EDV

Integriert in die IuK-Infrastruktur des LGRB betreibt der LED ein relativ eigenständiges Rechnernetzwerk. Aufgabe dieses Netzwerks ist die automatische Detektion von Erdbeben und deren Archivierung. Ferner bietet es den Seismologen die Arbeitsumgebung sowohl zur manuellen Nachbearbeitung der automatischen Lösungen als auch zur Recherche von Erdbeben Daten beispielsweise für die Verfassung von Bulletins oder die Bearbeitung von Risikokarten oder Gutachten. Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit des weltweiten Datenaustauschs mit anderen Erdbebendiensten via Internet.

Aus der Notwendigkeit des Echtzeit-Processings bei der Datenerfassung ergeben sich auch hinsichtlich der in Frage kommenden Computertechnik besondere Anforderungen. Standardsysteme, wie sie unter anderem in Bereichen der Verwaltung und der

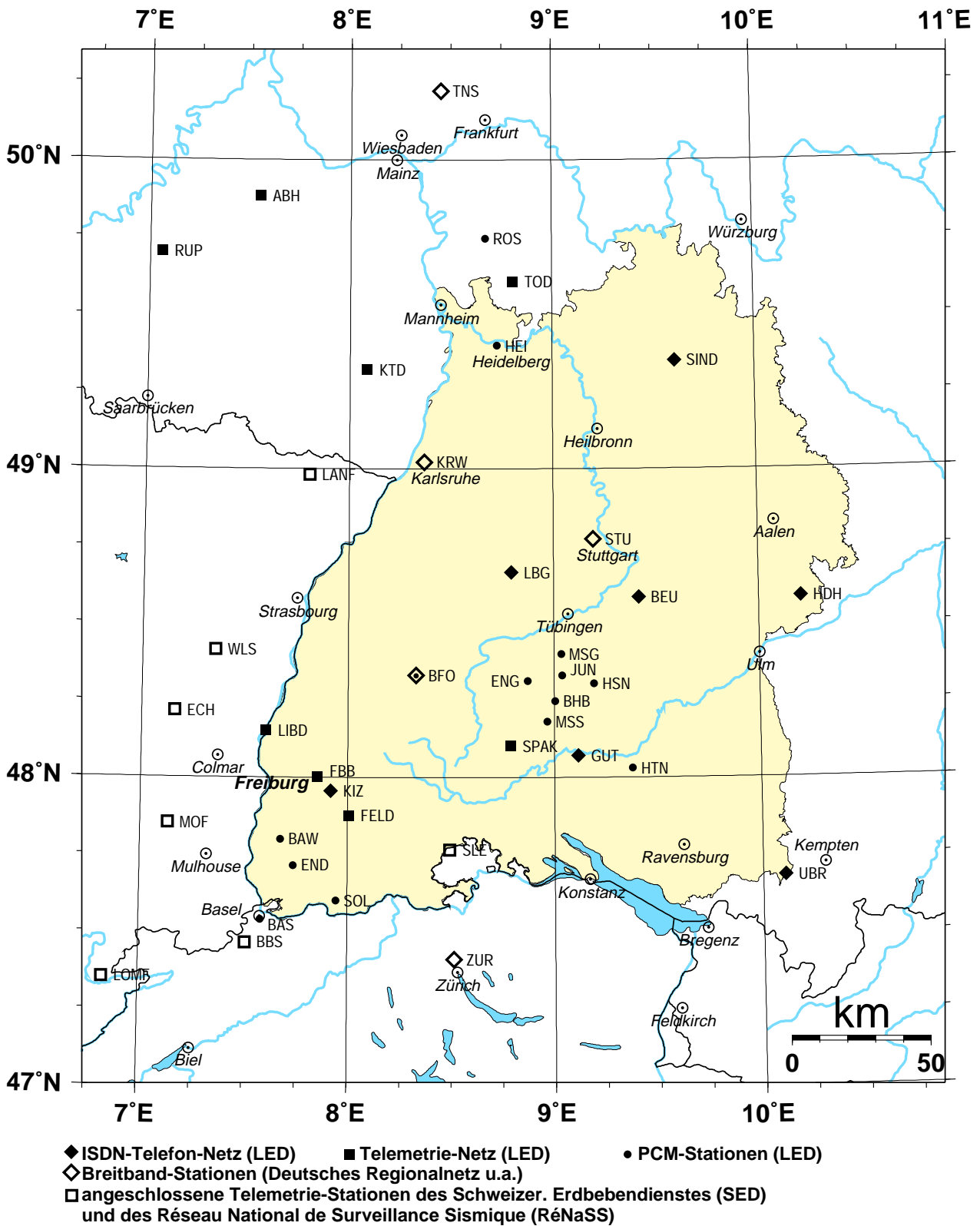


Abb. 9: Karte der Erdbebenmeßstationen des LED

Offline-Datenverarbeitung Verwendung finden, sind für derartige Aufgaben nicht geeignet.

Ein Rechner zur Online-Datenerfassung sollte beispielsweise nicht im Multitaskingmodus betrieben werden. Ist der Datenerfassungsprozeß nur noch einer unter vielen, die auf diesem Rechner ablaufen, kann eine kontinuierliche Datenerfassung nicht mehr gesichert werden. Des weiteren sollte das verwendete Betriebssystem in erster Linie robust sein und für seinen thematisch eingeschränkten Arbeitsbereich zuverlässig funktionieren. Auf komplexe, benutzerfreundliche und zum Teil störanfällige Funktionen, wie Windows-Oberflächen, kann hingegen verzichtet werden. MS-DOS PCs erfüllen diese Anforderungen, weil sie mit relativ geringem Aufwand mit der notwendigen Zusatzhardware (Analog/Digital-Wandler) ausgerüstet werden können.

Gänzlich anders gestaltet sich die Situation hingegen an Arbeitsplatzrechnern und Servern. Diese Rechner werden von verschiedenen Personen im wesentlichen zur manuellen Nachbearbeitung von Erdbeben, aber auch von einigen automatischen Prozessen im Offline-Datenprocessing, eingesetzt. Hier stehen Funktionen wie Benutzerfreundlichkeit, Betriebssicherheit, Leistungs- und Netzwerkfähigkeit im Vordergrund. UNIX-Workstations und -Server bieten insbesondere im Bereich des Multiuser/Multitasking und der Netzwerktechnologie erhebliche Vorteile. Durch eine effektive Verwaltung mehrerer Benutzer auf einem Rechner ist beispielsweise die Möglichkeit eines benutzerbezogenen Dateischutzes gegeben. Insbesondere Systemdateien, die für den Betrieb des Rechners notwendig sind, stehen nur dem Systemadministrator zur Verfügung. Der Normalanwender kann auf diese Weise mit dem Rechner arbeiten, ohne daß die Gefahr besteht, daß er dessen grundsätzlichen Betrieb stört. Entsprechendes gilt für andere komplexe Programmpakete, wie beispielsweise Datenbanksysteme, die ähnlich dem Betriebssystem von geschultem Personal administriert werden müssen, jedoch von einer Vielzahl von Benutzern angewendet werden. Das Betriebssystem UNIX bietet weiterhin standardmäßig mit dem Internetprotokoll verschiedene Netzwerkdienste (Kap. 1).

## 4.4 Meß- und Warnsystem

### 4.4.1 Netzwerkarchitektur

Resultierend aus den zuvor angeführten Überlegungen entstand für die Registrierung der Erdbeben in

Baden-Württemberg ein Rechnernetz, bestehend aus SUN-UNIX-Workstations und -Servern, PCs und einigen Spezialrechnern (Abb. 10). Die Topologie dieses Netzes ist nicht – wie bei vielen anderen Netzwerken üblich – mitarbeiterbezogen. Vielmehr orientiert sich die Struktur analog zu Produktionssystemen in der Prozeßtechnik an den Aufgaben. Das Produkt bilden in diesem Fall die ausgewerteten seismischen Daten, und die Anwender verteilen ihre Aktivitäten auf die unterschiedlichen Systeme, je nach Funktion der Anwendung. Zu diesen Anwendern zählen übrigens auch die vielen automatischen Prozesse der Erdbebenüberwachung. Sehr deutlich sind in dieser prozeßorientierten Struktur die drei verschiedenen Meßnetze (Telemetrie, Mars-ISDN und PCM) wiederzuerkennen. Sie bilden drei Einzelsysteme, die im Normalbetrieb ergänzend zusammenarbeiten, jedoch im Störfall als autarke Komponenten betrieben werden können.

### 4.4.2 Telemetrie

Das Telemetrie-System basiert auf der Datenübertragung via Richtfunk in die Freiburger Zentrale. Dabei wird von den Außenstationen das niederfrequente Meßsignal des Seismometers über Zwischenträger auf HF-Trägerfrequenzen im 420 MHz-Bereich aufmoduliert und kontinuierlich über Richtfunkstrecken in die Freiburger Zentrale gesendet (Abb. 11). Beim Telemetrie-System gelangen die Daten also ohne zeitverzögernde Zwischenpufferung zur Auswertung.

Das System wird auf datentechnischer Seite im wesentlichen durch drei PCs (in der Graphik mit PC1 bis PC3 bezeichnet) repräsentiert. Sowohl die Funkanlagen als auch die Rechner sind mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung ausgestattet und somit über einen Zeitraum von mehreren Stunden unabhängig von externer Stromzufuhr. Neben dem Anschluß an das LED-Netz besitzen die drei PCs jeweils eine zweite Netzwerkkarte, mit deren Hilfe sie eine eigenständige, separate Einheit im Netzwerk des LED bilden. Als Protokoll auf diesem Subnetz wurde ein Produkt gewählt, daß sich durch eine relativ einfache, aber sichere Funktionalität auszeichnet. Mit seiner Hilfe ist es den MS-DOS-Rechnern möglich, die Festplatten der jeweils anderen Rechner direkt via Netzwerk anzusprechen. So können Dateien beispielsweise durch einen simplen Kopierbefehl zwischen zwei Rechnern transferiert werden. PC1 und PC2 sind zusätzlich mit Mehrkanal-Analog-/Digitalwandlern zur Meßwertaufnahme

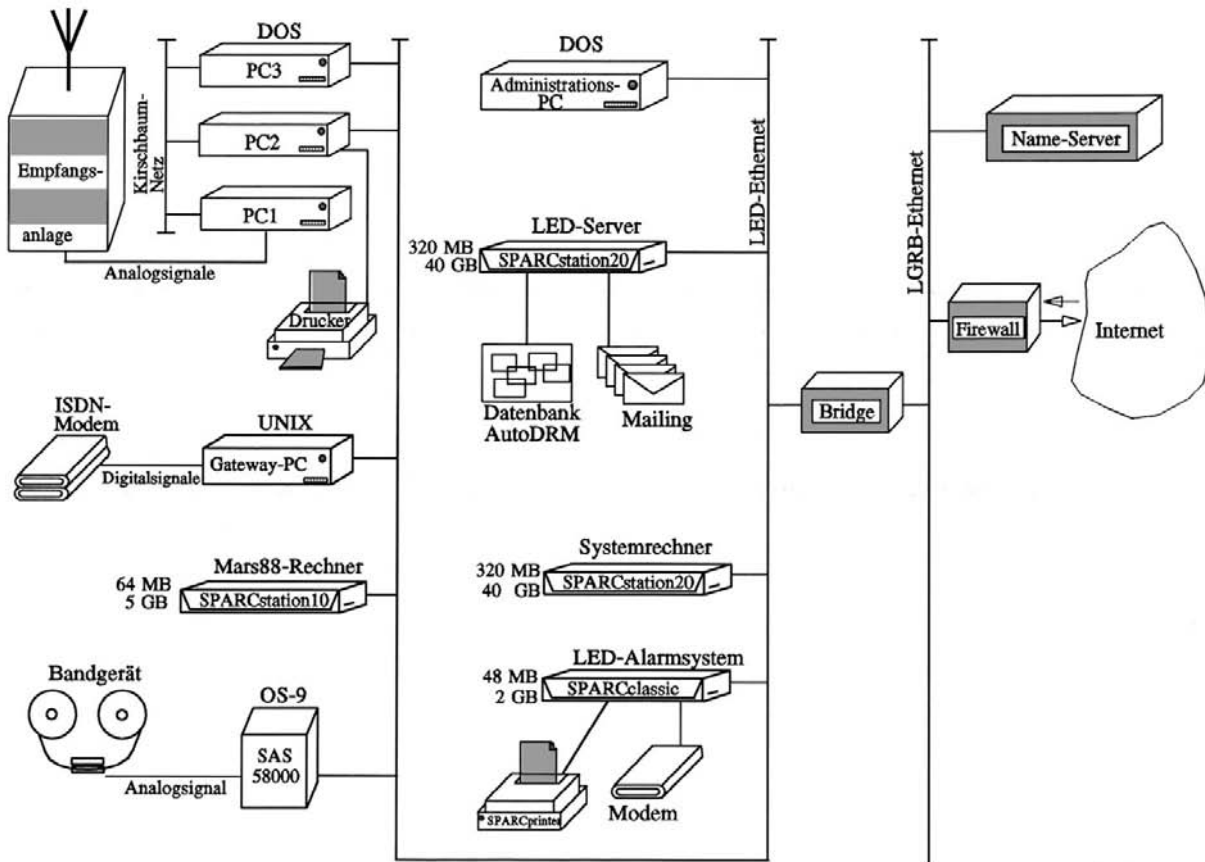


Abb. 10: Rechnernetzwerk des LED



Abb. 11: Einrichtung einer Richtfunkstrecke für die telemetrische Übertragung von Erdbebendaten auf dem Totenkopf, Kaiserstuhl



ausgestattet, wobei jedoch nur jeweils einer dieser Rechner mit den Funkempfangsanlagen verbunden ist. Die zweite Anschlußmöglichkeit ist für den Austausch im Störfall vorgesehen. PC3 dient zur Administration des Telemetrie-Systems. Mit seiner Hilfe können manuelle Auswertungen und Eingriffe am laufenden System durchgeführt werden, ohne das Echtzeitprocessing an den PCs 1 und 2 zu unterbrechen.

Im Normalbetrieb werden die von den Empfangsanlagen demodulierten Signale vom PC1 auf den einzelnen Kanälen kontinuierlich erfaßt, in Intervallen von 90 Sekunden Dauer abgespeichert und mittels Kopierbefehl auf den PC2 übertragen. Dort werden die Daten von einem automatischen Detektionsprogramm analysiert und – falls dieses Programm ein Erdbeben erkennt – weitere Informationen vom Mars-ISDN-System angefordert. Mit dem dann zur Verfügung stehenden Datensatz werden anschließend ebenfalls automatisch die Lokation und die Stärke des Bebens berechnet und an einen zentralen Server zum E-Mail-Versand und zur Datenspeicherung weitergeleitet.

#### 4.4.3 Mars-ISDN

Im Hinblick auf die hohen Kosten einer Telefonstandleitung wird beim Mars-ISDN-System auf eine kontinuierliche Datenübertragung verzichtet. Vielmehr sind hier die Außenstationen mit einem Triggerprogramm ausgestattet, das nur im Falle von Erderschütterungen die signifikanten Daten in einen Zwischenspeicher schreibt. Diese Daten werden dann in zweistündlichen Intervallen oder bei außergewöhnlichem Bedarf, wenn beispielsweise das Telemetrie-System ein Beben detektiert hat, via Telefon-ISDN-Verbindung von einem Rechnertandem in der Zentrale abgefragt. Das Rechnertandem besteht aus einem Gateway-PC und einer Workstation vom Typ SUN SPARCstation 10. Der PC bildet in dieser Paarung für die Workstation lediglich ein relativ komplexes Netzwerkinterface zum direkten Verbindungsaufbau und dem Anfordern der Daten mit Hilfe von Modems oder ISDN-Terminaladaptern. Die Daten selbst werden jedoch nicht noch einmal im PC zwischengespeichert, sondern über einen entsprechenden Netzwerkprozeß zwischen den beiden Rechnern direkt an die Workstation weitergeleitet. Eine derartige Strategie der Anforderung von Daten und der gleichzeitigen Weiterleitung durch einen Netzwerkprozeß erfordert auch auf dem PC ein multitaskingfähiges Betriebssystem, was prinzipiell

einer Echtzeitdatenverarbeitung widerspricht. Da jedoch eine Zwischenpufferung der Daten an den Außenstationen stattfindet und die paketorientierte Offline-Übertragung keine Echtzeitfähigkeit des abrufenden Rechners voraussetzt, konnte im Mars-ISDN-System auch der Gateway-PC mit einem UNIX-Betriebssystem ausgestattet werden.

Die Entscheidung, ob die Meßwerte eines getriggerten Ereignisses einer einzelnen Station Meßwerte eines Bebens oder eines rein lokalen Vorgangs, wie beispielsweise einer Störung am Ort der Meßstation sind, kann natürlich erst in der Zentrale getroffen werden, wo die Daten aller Stationen zusammenlaufen. Diese Aufgabe übernimmt die Workstation. Sie ermittelt mit Hilfe eines Koinzidenztriggerprogramms ebenfalls automatisch, ob innerhalb eines Zeitintervalls mehrere Stationen Erschütterungen detektiert haben und somit ein rein lokales Ereignis ausgeschlossen werden kann. Im Falle einer Anforderung durch das Telemetrie-System werden die entsprechenden Informationen weitergegeben. Die Erdbebendaten werden in einer lokalen Datenbank an der Workstation zwischengespeichert.

#### 4.4.4 PCM

Das PCM-System ist ein typisches Offline-Meßnetz. Die an den Außenstationen auf Magnet-Tonbänder aufgezeichneten Daten werden in der Zentrale von einem Spezialrechner „abgespielt“. Eine solche Abspielung und anschließende Auswertung ist notfalls auch bei anderen Institutionen möglich. Obwohl nicht mehr neuester Stand der Technik, liefert dieses Netz wichtige zusätzliche Informationen, beispielsweise zur nachträglichen genaueren Lokalisierung. Des weiteren wird es genutzt, um besonders aktive Regionen, wie die Schwäbische Alb, mit einem dichteren und unabhängigen Stationsnetz zu versehen. Dort sind auch sogenannte Strong-Motion-Sensoren zur vollständigen Registrierung von Starkbeben angeschlossen.

#### 4.4.5 Zentrale Komponenten

Neben den speziellen Rechnern für die drei Meßnetze beinhaltet das Netzwerk des LED einige wesentliche Komponenten für zentrale Aufgaben. Das Fundament bildet hier der LED-Server. Realisiert in Form eines leistungsstarken Arbeitsgruppenrechners vom Typ SUN SPARCstation 20 mit zwei Prozessoren

ren, 320 MB Hauptspeicher und 40 GB Magnetplattenspeicher, laufen hier die einzelnen Datenströme aus den verschiedenen Meßnetzen in eine zentrale Datenbank zusammen. Weitere Aufgaben des Servers sind, verbunden mit der Datenbank, die Durchführung von Recherchen und Auswertungen, der externe Datenaustausch und der Versand von Alarmmeldungen.

Der Server ist somit nicht nur voll in den Routinebetrieb des LED eingebunden, sondern stellt auch eine seiner wesentlichen Komponenten dar. Um hier ebenfalls einen weitgehend störungsfreien Betrieb zu sichern, werden Neu- und Weiterentwicklungen von Programmen oder Modifikationen am System erst an einem anderen, baugleichen Systemrechner durchgeführt und erst nach erfolgreichem Test auf den Server übertragen. Außerdem steht dieser Systemrechner im Defektfall als Ersatzserver zur Verfügung.

Weitere zentrale Aufgaben, die der Überwachung des Rechnernetzwerks dienen und den Zugang via Telefonmodem für die Wochenendbereitschaft sichern, übernimmt der sogenannte Alarmrechner. Hierbei handelt es sich um ein relativ einfaches System einer SUN SPARCclassic, denn Rechengeschwindigkeit ist für die Bewältigung dieser Aufgaben nicht von Bedeutung. Vielmehr steht hier die Betriebssicherheit im Vordergrund, was durch die Installation eines eigenständigen, nicht von anderen Netzwerkdiensten abhängigen Betriebssystems erreicht wurde.

Die Verbindung des LED-Netzwerks an das weltweite Internet erfolgt über das Netzwerk des LGRB. Damit die LED-interne Datenkommunikation nicht über das Gesamtnetz verbreitet wird, ist diese Ankopplung mittels einer Bridge (Netzwerk-Brücke) realisiert. Auf diese Weise wird die Belastung des Gesamtnetzes enorm reduziert.

## 4.5 Maßgeschneiderte Software

Die Aufgaben und Anforderungen eines Erdbebendienstes an seine EDV verlangen nicht nur im Hardware-, sondern auch im Softwarebereich spezielle Lösungen. Zwar konnte in den Basisfunktionen, wie Betriebssystemen, Datenbanksystemen sowie einigen seismologischen Anwendungsprogrammen auf Standardsoftware zurückgegriffen werden, die eigentlichen komplexen Betriebsprogramme sind jedoch in wesentlichen Bereichen Eigenentwicklungen.

Im Hinblick auf den enormen Zeit- und Kostenaufwand solcher Softwareprojekte arbeitet der LED auch im Bereich der EDV eng mit anderen Erbebendienstes insbesondere in Deutschland und dem benachbarten Ausland zusammen. Diese Zusammenarbeit beginnt schon mit der Auswahl gemeinsamer Basissoftware und erstreckt sich bis zur Konzeption einer Erdbebendatenbank. Einzelne Programmkomponenten und Konzepte werden den Partnern gegenseitig zur Verfügung gestellt. Eine Übernahme von ganzen Programmsystemen ist jedoch in der Regel nicht möglich. Aufgaben, Ausstattung und Arbeitsweise der einzelnen Dienste sind hierzu zu unterschiedlich.

Die Entwicklung einer eigenen Software ist somit ein Schwerpunkt der LED-Tätigkeit. So bildet ein ursprünglich an der BGR entwickeltes Konzept zwar die Basis für die zentrale Datenbank. Eine vollständige Übernahme erwies sich jedoch, mit Ausnahme von einigen Hilfs- und Verwaltungsprogrammen, als nicht sinnvoll. Das überregional ausgerichtete Schema der BGR-Datenbank entspricht nämlich in wesentlichen Bereichen nicht den lokalen/regionalen Anforderungen des LED. Außerdem ist die Weiterentwicklung der Speichertechnik in dem Konzept der BGR noch nicht berücksichtigt. Mit der Verfügbarkeit von Speicherplatten mit einer Kapazität von mehreren Gigabyte konnte im LED die Archivdatenbank, die neben den abgeleiteten Metadaten der registrierten Erdbeben nur Verweise auf die umfangreichen Originaldaten in einem externen Archiv enthält, in ein umfassendes Informationssystem überführt werden, das in vollintegrierter Datenbasis auch die Originaldaten enthält (Abb. 12). Die Vorzüge eines solchen Systems liegen zum einen in dem wesentlich schnelleren Zugriff auf die Datenbasis. Zum anderen bringt es entscheidende Vorteile für die Datensicherheit, denn Daten auf externen Medien, wie Magnetbändern, können auch extern manipuliert bzw. gelöscht werden, während integrierte Daten nur kontrolliert mittels des Datenbanksystems modifiziert werden können. Auf diese Weise wird die Konsistenz der Datenbasis mit Schutzmechanismen des RDBMS sichergestellt.

Eine weitere wichtige Funktion ist neben der Datenverarbeitung der externe Datenaustausch. Hier hat sich mit dem Automatic Data Request Manager (AutoDRM) mittlerweile weltweit ein Programmsystem durchgesetzt, das ursprünglich vom Schweizer Erbebendienst an der ETH Zürich entwickelt wurde. Für überregionale und internationale Datenzentren, wie das „European Mediterranean Seismological Center“ in Paris, wird dieses Programm be-

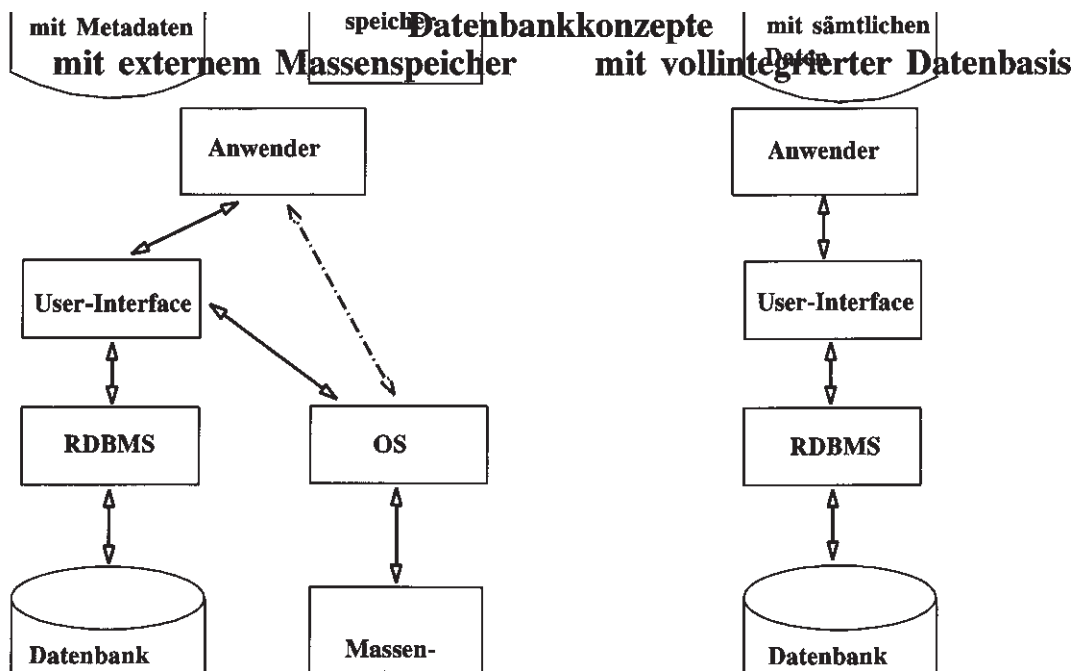


Abb. 12: Datenbankkonzepte des LED

nutzt, um schnell die Daten regionaler Netze abzurufen. Der AutoDRM besitzt den Vorteil, daß externe Datenanfragen ohne Arbeitsbelastung der lokalen Mitarbeiter automatisch beantwortet werden. Zusätzlich sichert er ein hohes Maß an Sicherheit, denn ein direkter Zugriff auf den Server durch den externen Benutzer ist nicht notwendig. Vielmehr werden die Datenabfragen in einer vorgegebenen Syntax wie bei einer Programmiersprache formuliert und via E-Mail an den AutoDRM versandt. Dieser automatische Prozeß bildet dann den eigentlichen Benutzer auf der lokalen Maschine, analysiert die Anfrage und beantwortet sie ebenfalls via E-Mail. Im Falle einer massiven Datenanforderung, wie sie beispielsweise nach einem Starkbeben auftritt, können die Anfragen sequentiell ohne besondere Mehrbelastung und damit ohne Störung des eigenen Systems abgearbeitet werden.

#### 4.6 Vom Erdbeben zur Meldung

Nehmen wir an, ein Erdbeben ereignete sich irgendwo in Baden-Württemberg. Die Chancen, daß dies nachts oder am Wochenende geschieht, d. h. außerhalb der Dienstzeiten, stehen 2 : 1. Das automatische System muß also rd. 2/3 der Überwachungszeit ohne einen Seismologen zurechtkommen. Vom Erdbebenherd breiten sich Erdbebenwellen in alle

Richtungen aus. Mit einer Geschwindigkeit von einigen Kilometern pro Sekunde erreichen diese Wellen die im Land verteilten Meßstationen und werden dort digital als Seismogramme aufgezeichnet. Von den Telemetriestationen werden diese Daten in Echtzeit nach Freiburg gefunkt, an den Mars-ISDN-Stationen lokal in ein RAM mit 4 MB Kapazität abgelegt. Die PCM-Stationen zeichnen die Seismogramme auf Magnetband auf.

Die Funksignale werden in der Freiburger Zentrale von den Erfassungs-PCs nach Analog/Digital-Wandlung in 90-Sekunden-Stücke zusammengefaßt und automatisch analysiert. Als erstes läuft ein sogenannter Detektor über die Daten, der erkennen soll, ob stärkere Signale enthalten sind. Der Detektor erkennt charakteristische Änderungen in der Amplitude und untersucht, ob mehrere (mindestens vier) Stationen innerhalb eines Zeitfensters von 40 Sekunden solche Signale empfangen haben. Entscheidet er positiv, wird sofort das Mars-ISDN-Netz „angestoßen“. Das bedeutet, daß eine eigenentwickelte Software den Mars-ISDN-Server dazu veranlaßt, Daten in einem passenden Zeitfenster bei den Außenstationen anzufordern. Die Stationen werden automatisch angerufen und die entsprechenden Seismogramme aus den lokalen Speichern ausgelesen und nach Freiburg übertragen. Nach zwei bis drei Minuten liegen dann die Daten auf dem Server vor.

Die jetzt folgende Prozedur läuft parallel auf dem Mars-ISDN-Server und dem Telemetry-PC für den jeweiligen Datensatz: das „phase picking“. So heißt die genaue (immer noch automatische) Bestimmung der Einsatzzeiten der Bebenwellen an den einzelnen Stationen. Des weiteren wird aus den Mars-ISDN-Daten die Stärke des Erdbebens aus den Amplituden berechnet. Die ganze Abfolge ist mit intensiver digitaler Datenmanipulation (Filtern, Entzerren, Verstärken usw.) verbunden. Zum Schluß werden die abgeleiteten Informationen auf dem PC zusammengefaßt und das Beben lokalisiert; das ist die Berechnung der genauen Zeit-, Orts- und Stärkeangaben für das Beben.

Ist die Qualität der automatisch erstellten Ergebnisse hoch genug, wird eine Erdbebenmeldung aus den wichtigsten Informationen erstellt und sofort per E-Mail an Adressaten im Internet verschickt. Empfänger dieser Meldungen sind beispielsweise die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, das Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg (SZGRF) in Erlangen, die Deutsche Task Force Erdbeben am GeoForschungszentrum (GFZ) in Potsdam, der Schweizerische Erdbebendienst (SED), der Österreichische Erdbeben-

dienst (ZAMG) in Wien, das Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) und das European-Mediterranean Seismological Center (EMSC). Seit dem Beben sind jetzt ca. zehn Minuten vergangen.

Ein wesentlicher Teil der Software in diesem Ablauf dient der Überwachung auf mögliche Störungen oder Unregelmäßigkeiten im System. Der Ausfall einer Station oder einzelner Komponenten (Funk- oder Telefonübertragungswege, ftp- oder E-Mail-Verbindungen) darf auf keinen Fall zu einem Versagen des automatischen Überwachungssystems führen. Die Software muß auf Ausnahmefälle flexibel reagieren können, damit die Redundanz der Hardware auch ausgeschöpft werden kann.

Bei stärkeren Beben, insbesondere wenn diese Gebäudeschäden verursacht haben, tritt im weiteren Verlauf der Computer etwas in den Hintergrund. Die Daten müssen vom Seismologen „manuell“ (trotzdem computerunterstützt) nachbearbeitet werden, um höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die Erdbebenmeldung/Schadensmeldung wird dann umgehend per Fax an Ministerien, Polizei, Katastrophenschutz und die Medien herausgegeben (Abb. 13).

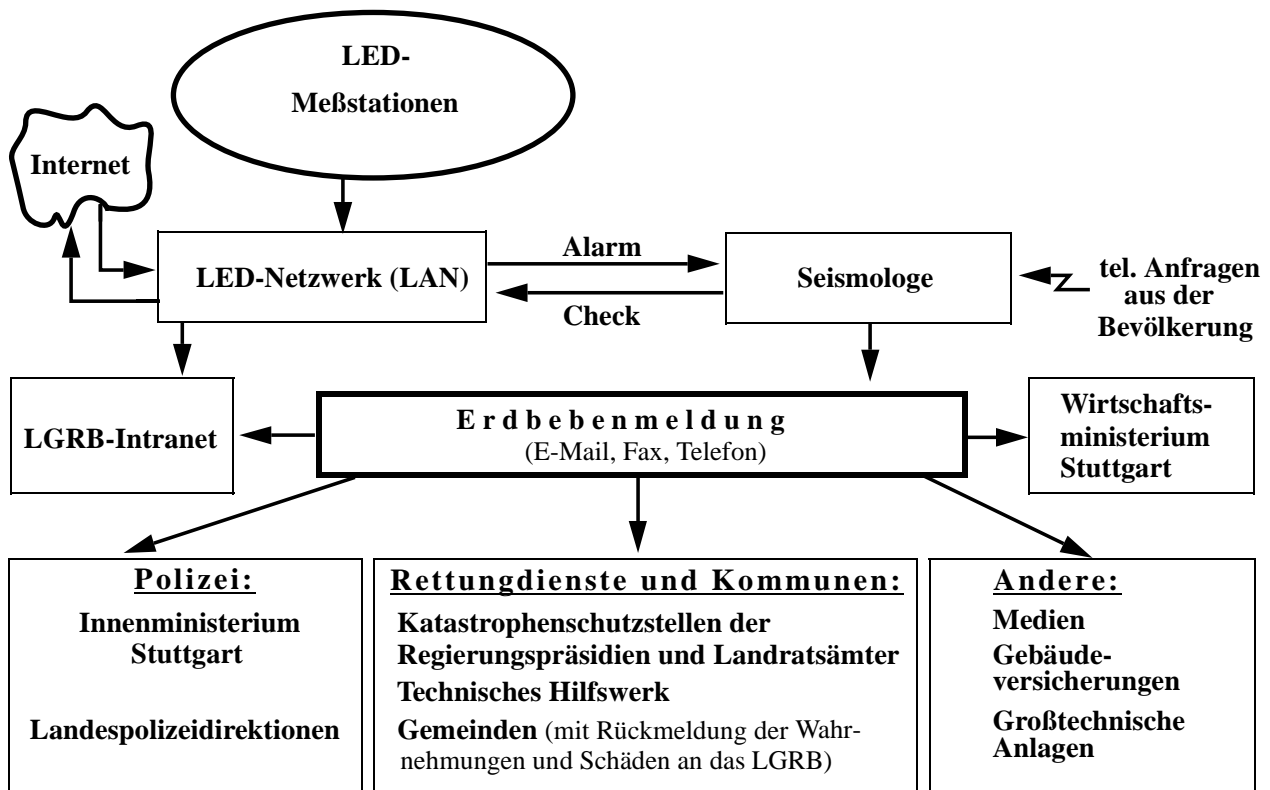


Abb. 13: Erdbebenmeldeschema des LED

# 5 Datenbank der Gewinnungsstellen mineralischer Rohstoffe

## 5.1 FIS Rohstoffe

Derzeit werden in Baden-Württemberg in 610 Betrieben folgende mineralische Rohstoffe gewonnen: Kies und Sand, Quarzsand, Tonstein, Ton und Lehm, Kalkstein, Kalkmergelstein, Sinterkalk (Travertin) und Dolomitstein, Gneis, Granit und Diorit, Quarzporphyr, Phonolith, Metagrauwacke, Sandstein und Mürlsandstein, Gips, Anhydrit, Steinsalz und Sole, Schwerspat, Flußspat, Ölschiefer und Torf. Die Jahresförderung beträgt rd. 100 Mio t. Die meisten Gewinnungsbetriebe bauen Kiese und Sande (41 %) oder Karbonatgesteine (24 %) ab.

Die große volkswirtschaftliche Bedeutung der im Land geförderten mineralischen Rohstoffe macht es notwendig, von staatlicher Seite für eine langfristige Rohstoffsicherung zu sorgen und dabei gleichzeitig die Belange der Raumplanung und des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Das LGRB ist in diesem Zusammenhang in vier Bereichen tätig:

- als Träger öffentlicher Belange bei der Beurteilung geplanter Rohstoffgewinnungen (Erweiterung oder Neuanlage von Abbaustätten),

- bei der fachlichen Beratung der Abbaubetriebe,
- bei der Kartierung und Erkundung der oberflächennahen Rohstoffvorkommen zur fachlichen Unterstützung der regionalen Raumplanung sowie
- bei der Veröffentlichung von Rohstoffkarten und lagerstättenkundlichen Fachaufsätzen.

Der große Umfang der raumbezogenen geologischen und topographischen Daten kann nur mit Hilfe von Informationssystemen bewältigt werden. Abb. 14 zeigt die Datenbanken, die bei der Bearbeitung rohstoffgeologischer Fragestellungen derzeit bzw. künftig genutzt werden, und die Tätigkeitsfelder, aus denen laufend Daten anfallen. Für standardisierte Auswertungen ist eine systematische Ablage notwendig. Die im Zuge der Rohstoffkartierung und -erkundung oder im Rahmen der behördlichen Tätigkeiten ermittelten und gesammelten Daten (grüne Felder in Abb. 14) werden unterschiedlichen Datenbanken zugeführt (rote Felder in Abb. 14). Einige Basistabellen (hellrote Felder in Abb. 14) dienen der systematischen und nomenklatorischen Vereinheitlichung oder liefern fachliche Hintergrundinforma-

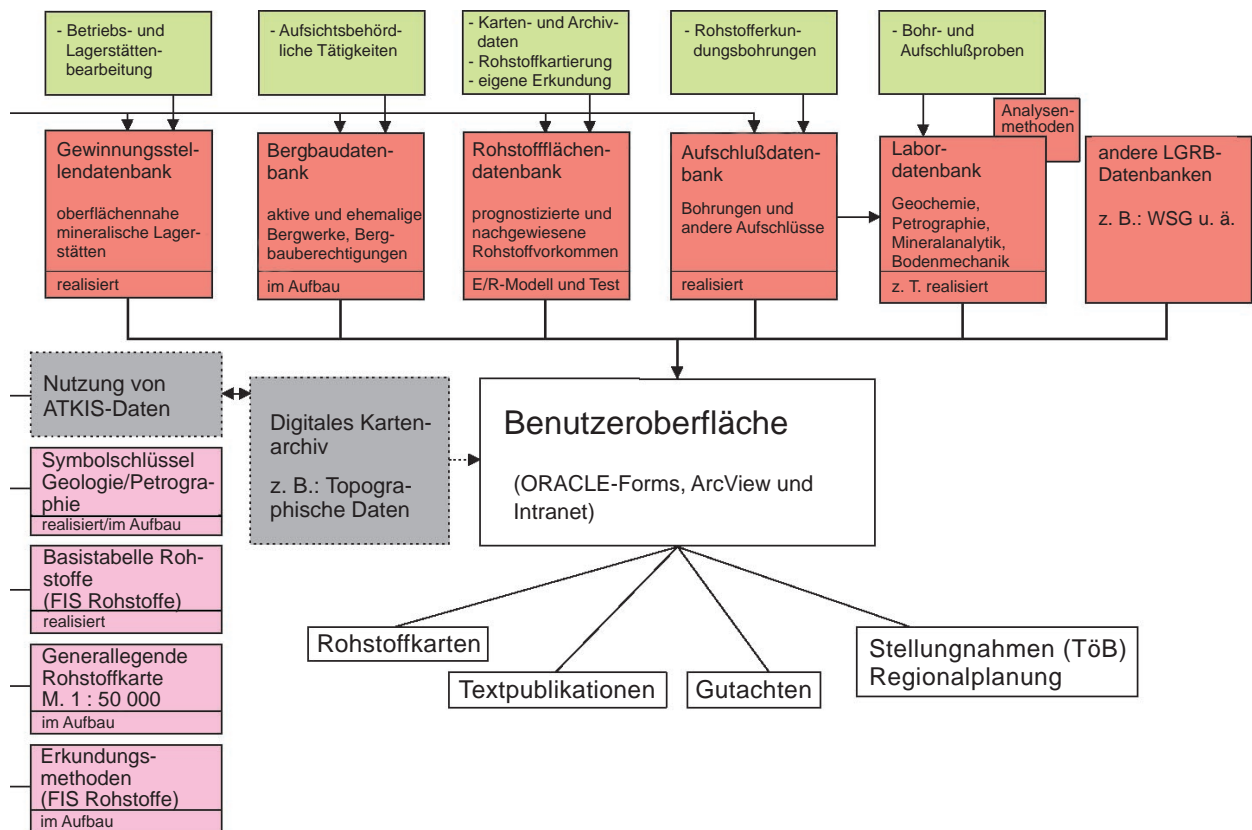
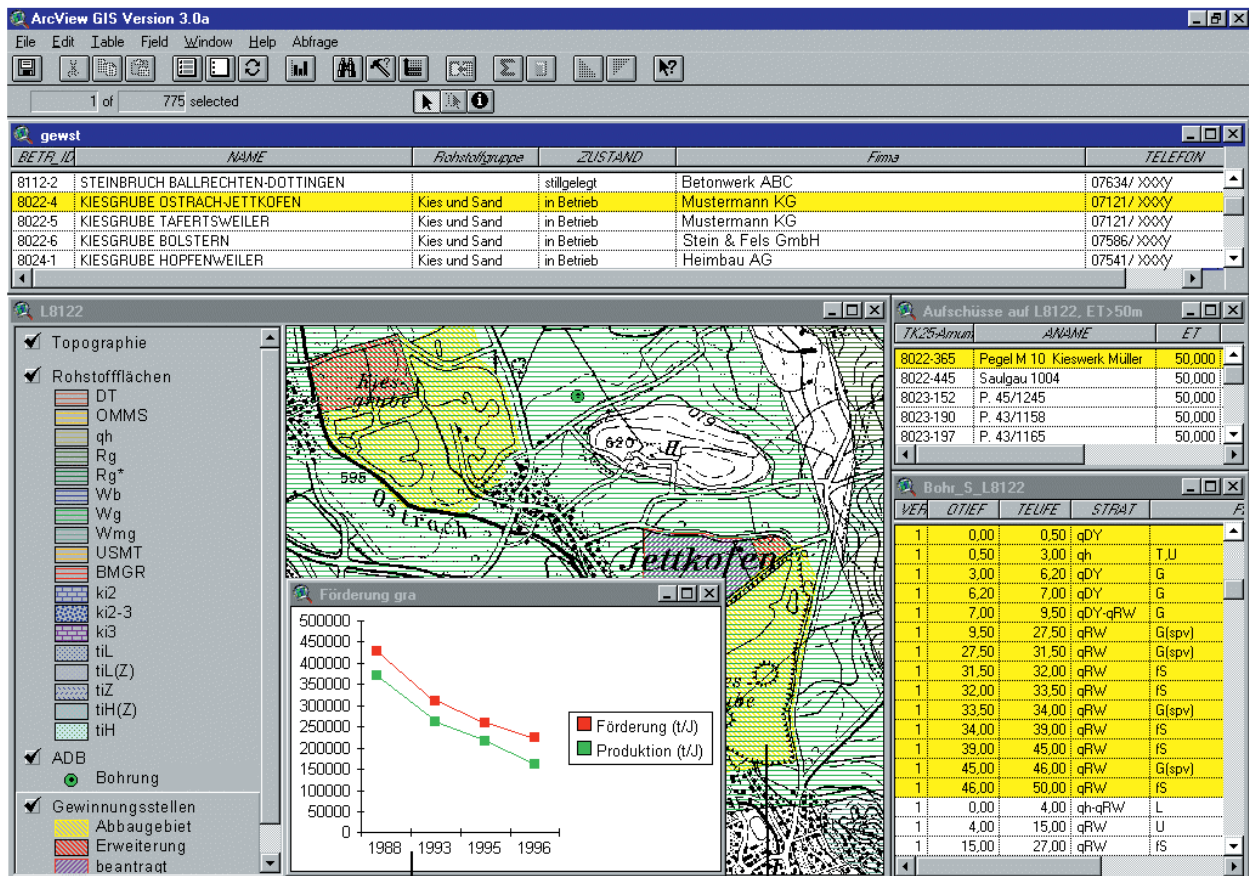


Abb. 14: FIS Rohstoffe als Grundlage für die Bearbeitung von Karten, Gutachten, Stellungnahmen und Publikationen in der Rohstoffgeologie am LGRB

tionen. Diese werden unter Nutzung der umfangreichen Fachliteratur und des Fachwissens der SGD von den FIS-Arbeitsgruppen auf Landes- und Bundesebene erarbeitet. Digitale topographische Daten (graue Felder in Abb. 14) sind eine weitere wichtige Grundlage für die Bearbeitung rohstoffgeologischer Fragestellungen. Über eine Benutzeroberfläche werden die räumlichen Daten und die Sachdaten zusammengeführt und visualisiert.

Das nachfolgende Beispiel soll die gemeinsame Nutzung der in Abb. 14 dargestellten Komponenten des Datenbanksystems verdeutlichen. Im Zusammenhang mit dem Erweiterungsantrag einer Firma wird das LGRB als Träger öffentlicher Belange um Stellungnahme gebeten. In Abb. 15 ist ein Bildschirmausdruck dargestellt, der zeigt, wie Geodaten auf der Benutzeroberfläche zusammengeführt wer-

den. Gewinnungsstellen werden mit ihren Umrissen auf der topographischen Grundlage dargestellt und mit der digitalen geologischen Karte überlagert. Links neben dem Kartenausschnitt ist die zugehörige Legende eingeblendet. Aus der Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen können Daten zur Lage des Abbau- und des Erweiterungsgebiets geliefert sowie beispielsweise eine Zusammenstellung zur Entwicklung der Förderung in diesem Betrieb (Diagramm, hier mit fiktiven Förderzahlen) abgerufen werden. Eine Recherche in der ADB erbringt, daß im östlich anschließenden Gebiet eine 50 m tiefe Bohrung mit der Nr. 8022-365 vorliegt. Die zugehörigen Schichtdaten sind im Fenster rechts unten eingeblendet. Im digitalen Kartenarchiv kann ferner nach geologischen Schnitten recherchiert werden. Eine Benutzeroberfläche mit diesen Komponenten wird unter ArcView ständig erweitert.



Entwicklung der Fördermengen

Lage der Bohrungen, Betriebe und Rohstoffsicherungsflächen

Abb. 15: Beispiel für die Verknüpfung von digitalen Informationen aus der Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen, der Aufschlußdatenbank und dem digitalen Kartenarchiv. Daten teilweise abgeändert bzw. fiktiv. Weitere Erläuterungen im Text.

## 5.2 Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen

### 5.2.1 Übersicht

Die Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen (RGDB) stellt ein zentrales Erfassungs- und Auswertesystem für alle Daten dar, die zur Beschreibung der Rohstoffgewinnung fester mineralischer Rohstoffe notwendig sind. Sie liefert wesentliche Informationen zur jeweils genutzten Lagerstätte, zum Rohstoffabbau, zur Verarbeitung, zu den erzeugten Produkten und ihren Verwendungen, zur Genehmigungssituation usw. Die Erfassung und fortlaufende

Aktualisierung der wirtschaftsgeologischen Parameter und der aktuellen industriellen Anforderungen an Material und Rohstoffkörper (Zusammensetzung, Vorräte, Abraum, beibrechende Gesteine/Minerale usw.) erfolgt durch das LGRB mit dem vorrangigen Ziel, die unterschiedlichen rohstoffgeologischen Bearbeitungen für alle Anwender gemäß den sich verändernden wirtschaftlichen, technischen und genehmigungsrechtlichen Anforderungen aktuell zu halten.

Die Informationen für die Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen werden im Rahmen einer rohstoffgeologischen Bearbeitung der Abbaustelle erhoben. Daten zur Fördertechnik, Produktion und Ver-

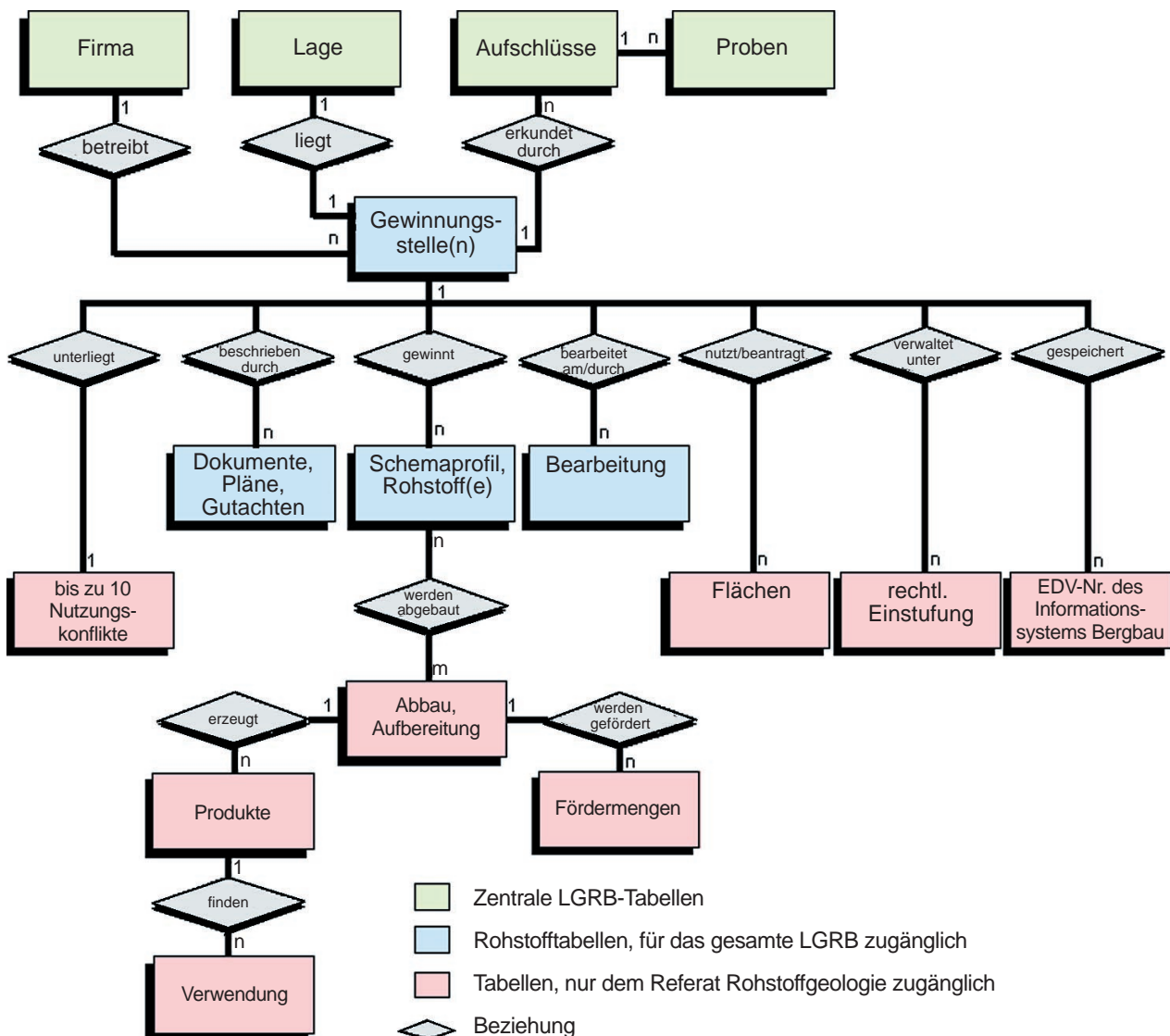


Abb. 16: E/R-Modell für die Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen mit Verknüpfungspfaden

Die Daten werden in zentralen (grün) oder in fachbereichsspezifischen Dateien abgelegt, die nach ihrem Vertraulichkeitsgrad entweder allen Mitarbeitern im LGRB (blau) oder nur den Fachreferaten (hellrot) zugänglich sind.

wendung der Produkte werden dabei von den Firmen geliefert. Punktinformationen mit Bezug zu den Abbauflächen (z. B. Bohrungen mit Angaben zum Schichtaufbau) werden in der Aufschlußdatenbank gehalten. Künftig werden vom Landesvermessungsamt durch regelmäßige Befliegung und photogrammetrische Auswertung die topographischen Karten aktualisiert und die Umriss der vom LGRB abgegrenzten Abbauflächen digital erfaßt. Diesen werden vom LGRB die für die Vermessungsverwaltung nötigen rohstoffgeologischen Attribute zugewiesen.

Die Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen enthält folgende Informationen:

- Firmenspezifische Daten (Verwaltungsanschrift, Ansprechpartner usw.)
- Daten zur Gewinnungsstelle (Lage, Betreiber usw.)
- Daten zum Rohstoff (Art, Mächtigkeit usw.)
- Förderdaten (Menge, Bezugsjahr usw.)
- Produktionsdaten (Menge, Verarbeitung, Verwendung)
- Vorratsdaten (Menge der genehmigten Vorräte, genutzte und genehmigte Mächtigkeit usw.)
- Verknüpfungsdaten zu Aktenzeichen und EDV-Nummer des Informationssystems Bergbau
- Daten über beantragte und projektierte Erweiterungen
- Daten zu Planunterlagen, Gutachten, Anlagen
- Daten zum Bearbeitungsvorgang (Datum, Bearbeiter).

Einige Daten, z. B. Angaben zur Förderung und Produktion, sind vertraulich und nur für die Mitarbeiter der zuständigen Fachreferate zugänglich. Hingegen können Informationen wie Name und Anschrift der Firma, Lage des Betriebs, Geometrie des Abbaus und des Erweiterungsgebiets, zum Rohstoff und zur Geologie (Schemaprofil) von allen Mitarbeitern des LGRB eingesehen werden.

## 5.2.2 Datenmodell

Wie in Abb. 16 dargestellt, ist das Ergebnis der semantischen Datenmodellierung eine Gliederung in verschiedenen Ebenen. Die einzelnen Ebenen stehen meist durch 1 : n-Beziehungen miteinander in Verbindung.

In der ersten Ebene findet sich als Entität die **Firma**. Jede Firma betreibt eine oder mehrere Gewinnungsstellen.

Jede **Gewinnungsstelle** (zweite Ebene) ist durch eine eindeutige Lage gekennzeichnet, und ihr ist ein Aufschluß oder sind mehrere Aufschlüsse zugeordnet. An einem Aufschluß können wiederum ein oder mehrere Proben für Gesteinsuntersuchungen entnommen werden. Für jede einzelne Gewinnungsstelle (gekennzeichnet mit einer Identifikations-Nummer, z. B. 7821-3) werden ein Schemaprofil und Daten zu den genutzten Rohstoffen gespeichert. Archiviert werden außerdem Hinweise auf Dokumente, Pläne und Gutachten zu der Gewinnungsstelle und zur Bearbeitung. Eine Gewinnungsstelle kann verschiedenen Nutzungskonflikten unterliegen, es werden Flächen genutzt bzw. für eine zukünftige Nutzung beantragt, sie unterliegt einer bestimmten rechtlichen Einstufung. Außerdem sind die zugehörigen behördlichen Vorgänge im Informationssystem Bergbau der Abt. 5 Landesbergdirektion unter einer speziellen EDV-Nummer gespeichert.

Jeder **Rohstoff** (dritte Ebene) kann auf eine oder verschiedene Arten abgebaut und aufbereitet werden. Zu den einzelnen **Rohstoffarten** (vierte Ebene) gehören z. B. jahresbezogene Förder- und Produktionsmengen, und es können daraus verschiedene **Produkte** (fünfte Ebene) hergestellt werden. Letztere lassen sich wiederum in unterschiedlichen industriellen Einsatzbereichen verwenden (sechste Ebene).

## 5.2.3 Objekte

Im folgenden wird kurz auf die einzelnen Datenbankobjekte eingegangen:

„**Firma**“: Hier werden alle Daten, die sich auf die Betreiberfirma beziehen, abgelegt (Namen, Anschrift, Ansprechpartner, Telefon und Fax). Diese Tabelle ist Teil einer zentralen LGRB-Adressenverwaltung. Die Tabelle steht in einer 1 : n-Beziehung zu den Gewinnungsstellen, da eine Firma meist mehrere Gewinnungsstellen betreibt.

„**Gewinnungsstelle(n)**“: Diese Tabelle enthält alle Daten, die der Gewinnungsstelle direkt zuzuordnen sind. Zur Festlegung des Raumbezugs für die Gewinnungsstelle wird in der Datenbank ein Rechts- und Hochwert als Punktdatum geführt. Weitere wichtige Attribute sind: Objektname, Lage (Gemeindschlüssel), Abbausituation (in Betrieb, stillgelegt usw.), Art der Gewinnung (z. B. Trocken- oder Naßabbau), Werksanschrift, Genehmigungssituation, bergrechtliche Einstufung. Als Primärschlüssel wer-

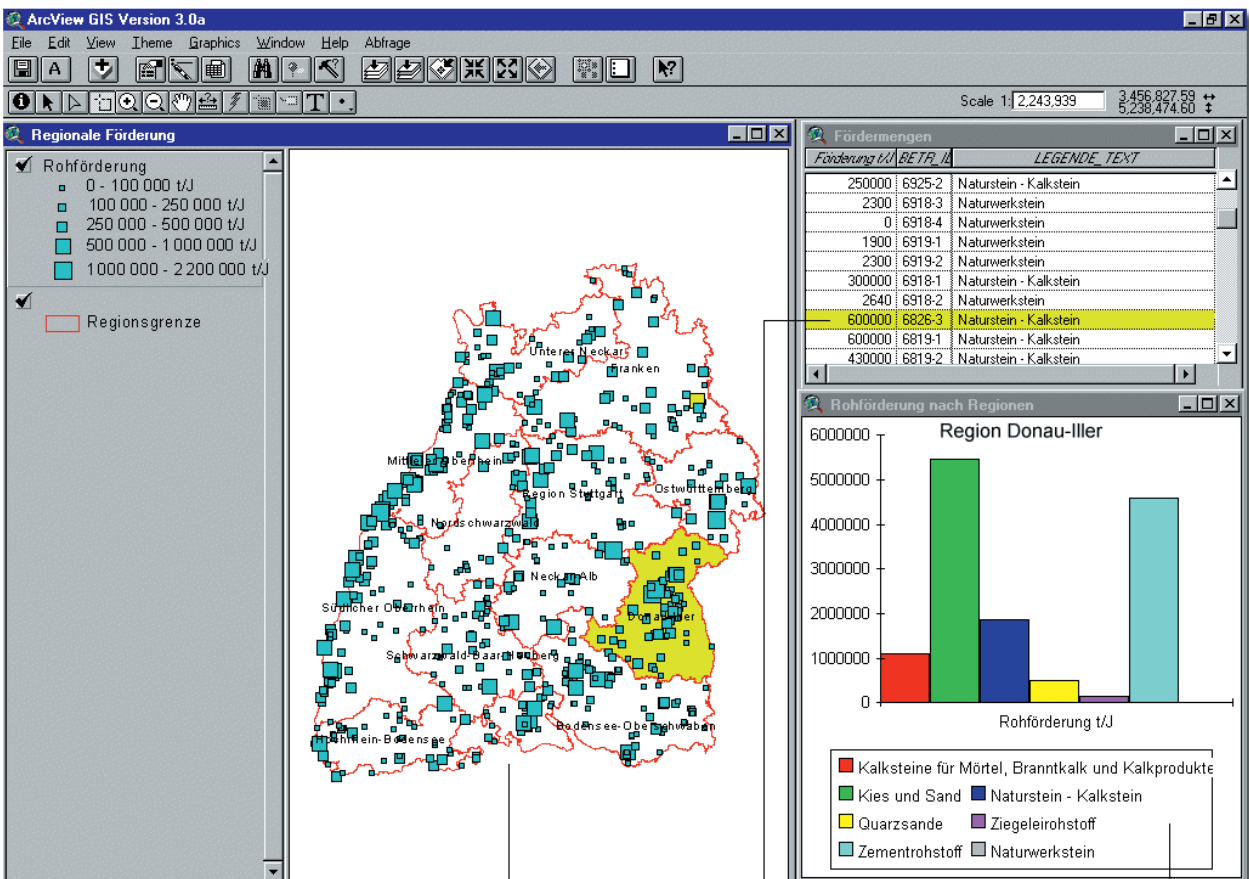


den das Archivfach („Ro-G“ := Rohstoff-Gewinnungsstelle), die Nummer der TK 25 und eine laufende Nummer pro TK 25 verwendet.

„**Schemaprofil und Rohstoff(e)**“: Diese Tabelle enthält Angaben zu Art der abgebauten Rohstoffe, zu Art und Mächtigkeit der Überdeckung sowie zu den Basisschichten. Nicht nutzbare Zwischenschichten können ebenfalls hier beschrieben werden. Jedem aufgeführten Gesteinskörper wird über eine Basistabelle eine rohstoffgeologische Bedeutung zugeordnet (z. B. Abraum, Hauptrohstoff, beibrechender Rohstoff, Unterlager). Weitere Attribute sind minimale und maximale Mächtigkeit, stratigraphische Einstufung, Dichte, Homogenität und Verbandsverhältnisse. Das Objekt „Schemaprofil und Rohstoffe“ steht in einer n : 1-Beziehung zum Objekt „Gewinnungsstel-

le“, da in einer Gewinnungsstelle mehrere Rohstoffe abgebaut werden können (Beispiel: Kies über Ton). Die Rohstoffe werden pro Gewinnungsstelle fortlaufend durchnummeriert. Der Primärschlüssel der Tabelle „Gewinnungsstelle“ und diese laufende Nummer dienen als Primärschlüssel für die Datensätze in der Tabelle „Schemaprofil und Rohstoffe“.

„**Abbau, Aufbereitung**“: Diese Tabelle steht mit der Relation „Schemaprofil und Rohstoffe“ in einer m : n-Beziehung. So können einerseits jedem abgebautem Rohstoff eine oder mehrere Abbau- und Aufbereitungstechniken zugeordnet werden (z. B. überlagernder Kies wird abgebaggert, gewaschen und klassiert, der unterlagernde Kalkstein wird gesprengt, gebrochen und klassiert). Andererseits kann eine Abbau- und Aufbereitungstechnik bei verschiedenen



Lage der Gewinnungsstellen (klassiert nach Abbaumengen)

Informationen zu den Betrieben

Rohförderung für die aktivierte Region nach Rohstoffgruppen gegliedert

Abb. 17: Beispiel für eine statistische Auswertung

Im linken Fenster ist die Lage aller Gewinnungsstellen in Baden-Württemberg dargestellt, wobei hier nach Umfang der Rohförderung klassifiziert wurde. Der am Bildschirm per „Maus-Klick“ aktivierte Betrieb fördert 600 000 t/a Kalkstein (Fenster rechts oben). Gleichzeitig ist für die (hier gelb hinterlegte) Region Donau-Iller eine Förderstatistik eingblendet, die durch simultane Auswertung der Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen erstellt wurde (Fenster rechts unten).

Rohstoffen eingesetzt werden (sowohl Kies als auch Sand können abgebagert und gewaschen werden).

„**Fördermengen**“: In dieser Tabelle werden die jährliche Rohförderung und Produktion (Menge des vor Ort aufbereiteten Materials), bezogen auf einen Rohstoff, erfasst. Das Bezugsjahr ist gleichzeitig Teil des Primärschlüssels.

„**Produkte**“: Mit einer bestimmten Aufbereitungstechnologie, die von der Rohstoffart abhängig ist, lassen sich aus einem Rohstoff unterschiedliche Produkte erzeugen. Diese sind in der Tabelle „Produkte“ aufgelistet.

„**Verwendungen**“: Die aus einem Rohstoff erzeugten Produkte können für verschiedene Zwecke verwendet werden. Die unterschiedlichen industriellen Einsatzbereiche werden in dieser Tabelle abgelegt.

„**Flächen**“: In dieser Tabelle werden Daten, die die konzessionierte, beantragte oder projektierte Fläche

betreffen, abgelegt. Das sind insbesondere Daten, die die Vorratssituation beschreiben (genehmigte und genutzte Abbaumächtigkeit, Restvorräte in der Fläche und Tiefe, Böschungswinkel, Wasserhaltung). Diese Daten werden jahresbezogen geführt, so daß eine Entwicklungshistorie der Abbaustelle sichtbar wird. Hier können auch Daten, die von dritter Seite zur Verfügung gestellt werden (Landratsämter, Verbände usw.), verwaltet werden.

„**EDV-Nummer des Informationssystems Bergbau**“: Da im allgemeinen einem unter Bergaufsicht stehenden Abbaubetrieb mehrere Aktenzeichen zugeordnet werden (abhängig von der Anzahl der Betriebspläne), wurde eine eigene Relation eingeführt, in der einer Gewinnungsstelle mehrere Aktenzeichen zugeordnet werden können. In dem in der Abteilung Landesbergdirektion installierten Informationssystem Bergbau (Raumbezogenes Informationssystem der Landesbergdirektion, RISL) werden ebenfalls Daten über Bergbaubetriebe verwaltet. Da die Datenhal-

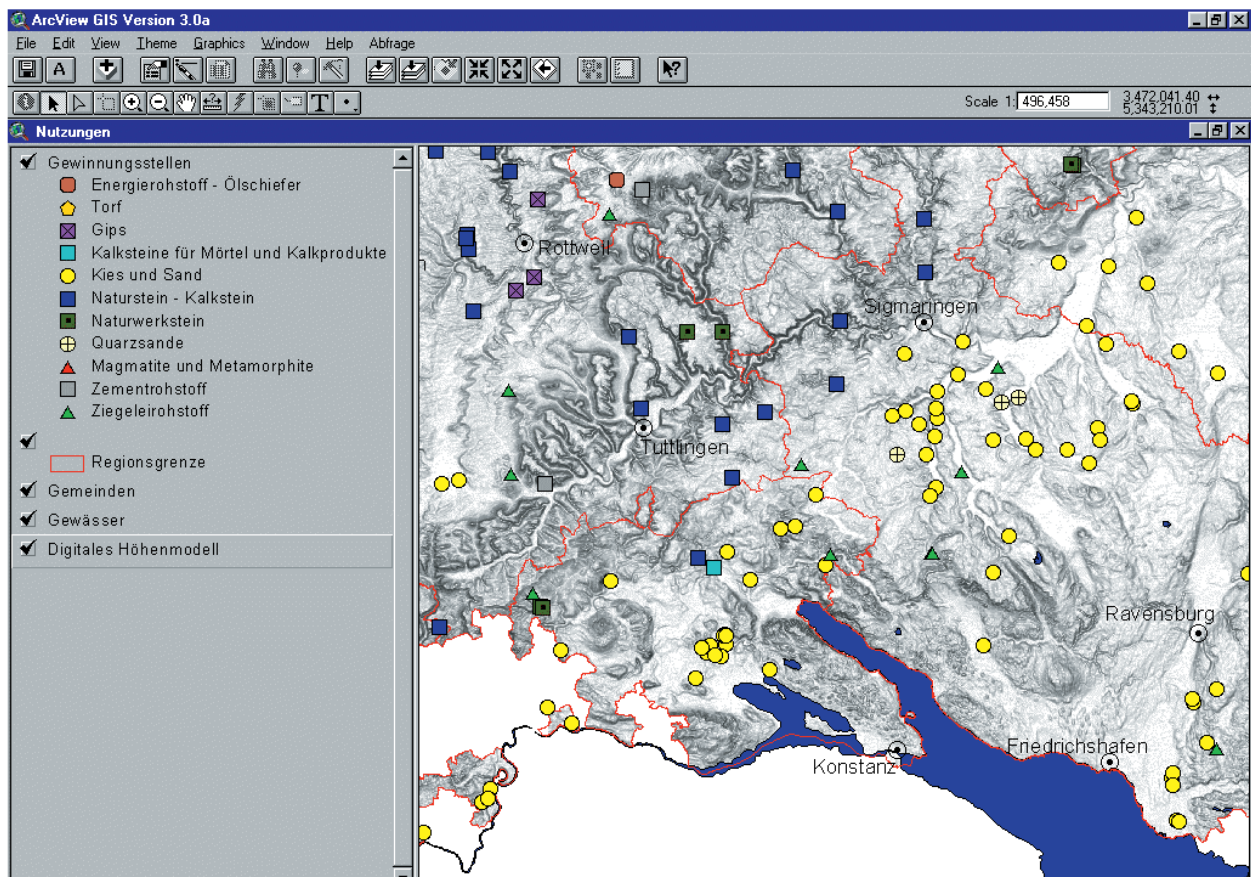


Abb. 18: Beispiel für eine mit ArcView erzeugte Übersichtskarte Gewinnungsstellen, nach Rohstoffgruppen untergliedert als Ergebnis einer aktuellen Recherche in der Datenbank der Rohstoffgewinnungsstellen

tung bezüglich eines Bergbaubetriebs dort durch einen Vorgang (mit Aktenzeichen) definiert ist (also nicht geoobjektbezogen), können einer in der RGDB erfaßten Gewinnungsstelle mehrere Objekte im RISL entsprechen. Diese Relationen sind in der vorliegenden Struktur abgebildet.

**„Dokumente, Pläne, Gutachten“:** Die als Anlagen bei der Betriebserhebung gesammelten Unterlagen wie Lagepläne, Güteschutzzeugnisse, geologische und lagerstättenkundliche Gutachten, Antrags- und Genehmigungsunterlagen usw. werden hier erfaßt. Damit besteht die Möglichkeit, nach bestimmten Unterlagen zu recherchieren.

**„Bearbeitung“:** Hier werden Bearbeiter und Bearbeitungsdatum angegeben.

## 5.2.4 Nutzung

Die RGDB enthält neben umfangreichen objektbezogenen Informationen auch landesweite Übersichten zum Rohstoffabbau. Abb. 17 zeigt beispielhaft eine Abfrage unter der Benutzeroberfläche ArcView, wobei sowohl für den Einzelbetrieb als auch für eine Region (oder andere zu definierende Gebiete) Förderzahlen oder nach Rohstoffgruppen gegliederte Statistiken angezeigt werden können. Abb. 18 zeigt einen Ausschnitt für das Gebiet nördlich des Bodensees. Hier sind die Abbaustellen nach der Rohstoffart unterschieden und auf topographischer Grundlage dargestellt. Ebenso können die geologische Übersichtskarte oder andere Karten aus dem digitalen Kartenarchiv (Abb. 14) als Hintergrund gewählt werden.

## 6 Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000

### 6.1 Geologische Landesaufnahme

Die geologische Landesaufnahme umfaßt die systematische Erkundung und Beschreibung der geologischen Verhältnisse in Baden-Württemberg. Landesaufnahme bedeutet Erhebung von Daten im Gelände und Labor, Sammlung von Informationen in Archiven und Bibliotheken, umfassende Datenauswertung sowie Dokumentation und Darstellung der Ergebnisse. Hauptziel der amtlichen geologischen Landesaufnahme ist bis heute die Darstellung der geologischen Situation in Form von geologischen Karten im Maßstab 1:25 000 mit Erläuterungen (GK 25). Regionale Arbeitsschwerpunkte sind die bisher noch nicht durch solche Karten abgedeckten Gebiete<sup>1</sup>. Damit wertvolle Informationen nicht verloren gehen, werden außerdem landesweit Bohrungen und andere, häufig nur vorübergehend zugängliche Aufschlüsse, wie sie z. B. im Zuge von Baumaßnahmen entstehen, geologisch aufgenommen und bearbeitet.

Bei der geologischen Kartierung werden in erster Linie die in einem bestimmten Gebiet (in der Regel einem Blatt der TK 25) an der Erdoberfläche anstehenden Gesteine und Schichten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Beschaffenheit, Entstehung und Altersbeziehungen aufgenommen und untersucht. Zudem werden die Lagerungsverhältnisse der Gesteine, die Fortsetzung der Schichten in den tieferen Untergrund und die tektonischen Strukturen, d. h. der geologische Bau erforscht. Der Aufnahmemaßstab ist grundsätzlich 1:10 000, um Gesteinsvorkommen und Strukturen mit der erforderlichen Genauigkeit erfassen und darstellen zu können.

Die dabei aufzunehmenden und zu verarbeitenden Daten aus Beobachtungen und Messungen sind außerordentlich vielfältig und fallen in sehr großer Zahl an. Beispielhaft seien einige Bereiche genannt: Beschreibung und Bestimmung aller Schichten und Gesteine (mit Erfassung der wesentlichen Merkmale wie Gesteinsart mit Haupt- und Nebengemengteilen, Korngröße, Mineralbestand, Bindemittel, Farbe, Beimengungen, Fossilgehalt, Intern-, Hohlraum-, Bankungs- und Kluffgefüge, Konsistenz, Lagerungs-

dichte, Verwitterungsgrad, Lagerung usw.), Bestimmung des Verlaufs von Schichtgrenzen und Verwerfungen, Beobachtungen zu Wasseraustritten und zur Geomorphologie (z. B. Terrassenkanten, Dolinen, Rutschgebiete, anthropogene Veränderungen), Befunde aus Bohrungen, geophysikalischen Untersuchungen, Luft- und Satellitenbildern und anderes mehr.

Ziel der geologischen Kartierung ist es, durch widerspruchsfreie Verknüpfung sämtlicher Informationen ein flächendeckendes, logisch aufgebautes, mit Sachdaten untermauertes Gesamtbild der bei der Kartierung abgegrenzten geologischen Einheiten<sup>2</sup> und ihrer Abfolge sowie des tektonischen Baus des Aufnahmegebiets zu gewinnen, d. h. ein räumliches Modell des Untergrunds zu erarbeiten.

### 6.2 Klassische GK 25

Das Vorgehen bei der geologischen Kartierung, wie es sich in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt hat, läßt sich folgendermaßen charakterisieren:

- Erhebung und Erfassung wie auch Auswertung der kartierrelevanten Grunddaten (Kap. 6.1) werden durch die jeweiligen Bearbeiter mit wissenschaftlich definierten und üblichen, jedoch z. T. uneinheitlichen Nomenklaturen vorgenommen. Eine standardisierte Begriffswelt mit einheitlicher Verwendung gibt es auch innerhalb des LGRB nur in Teilbereichen.
- Die Archivierung der Daten und Auswertungsergebnisse erfolgt analog, d. h. auf Papier. Diese Unterlagen gehen zwar in das Archiv des LGRB ein, doch sind sie nicht immer leicht verfügbar für andere Nutzer. Ein Teil bleibt Spezialwissen der Bearbeiter, das besonders bei externen Mitarbeitern dem Amt nur sehr eingeschränkt zur Verfügung steht.
- Die gedruckte geologische Karte (mit einem oder mehreren Schnitten auf dem Blattrand) dient sowohl der Darstellung der Kartierungsergebnisse wie auch deren Dokumentation. Mehrere thematische Ebenen sind darin miteinander verbunden.
- In den zugehörigen Erläuterungen (Textband mit Beilagen, z. B. Aufschlußkarten, Strukturkarten,

<sup>1</sup> Baden-Württemberg erstreckt sich über 310 Blätter der bundesweiten Topographischen Karte 1 : 25 000 (TK 25). Gemäß Übereinkunft mit den benachbarten Bundesländern ist das Land für die Herausgabe geologischer Karten im Maßstab 1 : 25 000 für 285 Blätter zuständig. Die restlichen 25 Blätter obliegen den Geologischen Diensten von Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz.

<sup>2</sup> Geologische Einheiten sind lithostratigraphisch definierte geologische Körper, d. h., sie sind aufgrund ihrer Gesteinsbeschaffenheit, Genese und Stellung in der Schichten- bzw. Gesteinsfolge voneinander abgrenzbar. Als Beispiele (mit unterschiedlichen Hierarchiestufen) seien genannt: Niederterrassenschotter im Quartär, Ostreerkalk im Mitteljura, Bleiglanzbank im Gips-keuper, Albtalgranit im Kristallinen Grundgebirge.

Photolineationskarten, abgedeckte Karten, meist in kleinerem Maßstab) werden die geologischen Verhältnisse des Blattgebiets ausführlich beschrieben, verbunden mit knappen Darlegungen zu Rohstoffvorkommen, hydrogeologischen und ingenieur-geologischen Verhältnissen sowie Böden. Außerdem ist neben einer Literaturübersicht eine Auswahl wichtiger Schichtenverzeichnisse enthalten.

- Die Bearbeitung erfolgt blattschnittsbezogen für die Blätter der TK 25 und methodisch nach den Regeln der Kartieranleitung (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1996).
- Als Folge der hohen inhaltlichen Ansprüche an eine heutige geologische Kartierung für die GK 25 dauert die Bearbeitung eines Blattes bis zur druckfertigen Reinzeichnung der Manuskriptkarte und der entsprechenden Fertigstellung der Erläuterungen meist mindestens drei, z. T. bis über fünf Jahre (nach SCHMID 1995 im Durchschnitt 1000 Tage).

Als Ergebnis der Kartierung entstehen Karten im Maßstab 1 : 25 000, die mit hohem Detaillierungsgrad und großer Informationsdichte flächenhaft die Modellvorstellung des geologischen Baus für das Blattgebiet abbilden (Abb.19). Sie werden traditionell, wie in fast allen Bundesländern üblich, als Echt- oder Vierfarbendrucke mit einem zugehörigen Erläuterungsheft veröffentlicht.

Vor dem Hintergrund der Entwicklung der IuK-Techniken und der dadurch entstandenen Möglichkeiten der digitalen Verarbeitung von Daten weist die klassische GK 25 eine Reihe von Schwächen auf:

- Die Inhalte können nicht unmittelbar mit Geoinformationssystemen (GIS) für andere Zwecke weiterverarbeitet werden. Vielmehr ist eine aufwendige Aufbereitung nötig.
- Die Menge der Informationen, die dargestellt werden können, ist begrenzt. Viele der bei der Kartierung gewonnenen Informationen können nicht wiedergegeben werden.
- Die auf der Karte bzw. in den Erläuterungen wiedergegebenen Informationen sind häufig bereits mit dem Ziel der Darstellbarkeit aufbereitet und bewertet.
- Fachliche Auswertungen wie die Ableitung thematischer Karten (z. B. Verbreitung eines bestimmten Gesteinstyps) müssen manuell und mit hohem Zeitaufwand vorgenommen werden.
- Die Ausgangsdaten werden in analoger Form und meist an mehreren unterschiedlichen Stellen archiviert. Sie sind daher oft schwer zugänglich.
- Die Möglichkeit einer Aktualisierung von Karte und Erläuterungen bietet sich gewöhnlich erst nach Jahrzehnten, wenn die aus Kostengründen hohe Auflage (meist 400–800 Exemplare pro Blatt) verkauft ist und eine Neuauflage herausgegeben wird.

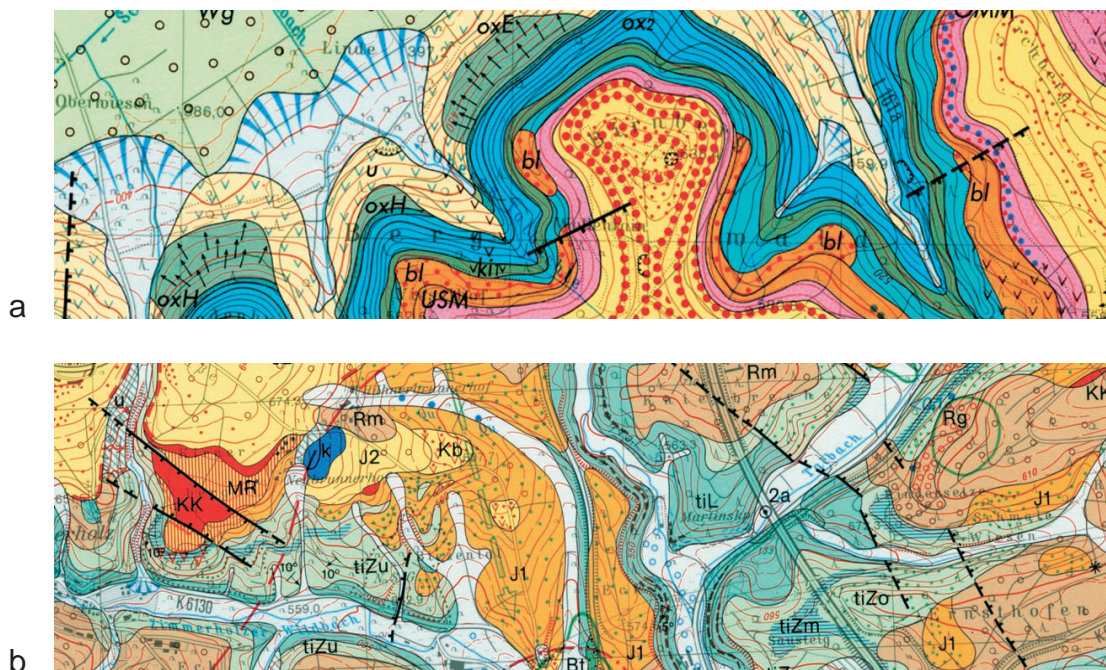


Abb. 19: Ausschnitte aus zwei 1997/98 erschienenen Blättern der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (klassische GK 25)

a – 8316/8416 Klettgau/Hohentengen am Hochrhein; b – 8118 Engen (2., ergänzte Auflage)

Ein weiteres Problem bilden häufig terminologische und inhaltliche Differenzen selbst zwischen benachbarten Blättern. Sie sind meist bedingt durch zeitlich weit auseinander liegende geologische Aufnahmen, zwischen denen sich der Stand der Wissenschaft weiter entwickelt hat und Kartiermethodik, Nomenklatur, stratigraphische Gliederung oder geologische Interpretation geändert werden mußten.

## 6.3 Digitale GK 25

### 6.3.1 Allgemeines

Die genannten Schwächen der klassischen GK 25 sind weitgehend zu vermeiden, wenn die bei der geologischen Kartierung im Gelände, im Labor und bei der Auswertung gewonnenen vielfältigen Daten und Informationen (Kap. 6.1) digital erfaßt und nach einheitlichen Kriterien strukturiert in der Datenbank gespeichert werden. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist eine standardisierte Nomenklatur. Als erster Teil eines entsprechenden Regelwerks wurde ein hierarchisch aufgebauter Katalog der in Baden-Württemberg abgrenzbaren geologischen Einheiten erarbeitet (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1995). Seine aktualisierte Fassung von 1999 (Abb. 20), die bei Bedarf fortgeschrieben wird, enthält derzeit rd. 1200 meist lithostratigraphisch definierte Einheiten, die durch eine fortlaufende Nummerierung (Primärschlüssel) und individuelle Kürzel eindeutig gekennzeichnet sowie jeweils zeitlich eingeordnet sind (Abb. 21). Die hierarchische Struktur der geologischen Einheiten wird über numerische Schlüssel abgebildet. Dieser Katalog ist nicht nur verbindlich für die Darstellung bzw. Beschreibung geologischer Einheiten in allen Karten und Texten des LGRB, sondern dient zudem für jegliche geologische Referenzierung in der Datenbank. Er wird zu einer Basistabelle ausgebaut (vergleichbar den im Kap. 3.3.2 beschriebenen Basistabellen), in der den geologischen Einheiten weitere Informationen zugeordnet sind (regionale Gültigkeit, petrographische Charakterisierung, geochronologische Einstufung usw.).

Folgende Punkte charakterisieren die digitale GK 25, wie sie nach dem derzeitigen Konzept angestrebt wird:

- Die Archivierung der Grundlagendaten und Kartiererergebnisse in der Datenbank erfolgt unter einheitlichen Vorgaben, wobei eine widerspruchsfreie Ablage gewährleistet sein muß.

- Die geologischen Inhalte werden dazu in einzelne Themen getrennt, die fachlich zusammengehörige Informationen enthalten. Unterschieden werden z. B. die Themen Ausstrich geologischer Einheiten (Grundflächen, Überlagerungs- und Unterlagerungsflächen), Tektonik, Geomorphologie, Schichtlagerung, hydrogeologische Angaben, rohstoffgeologische Angaben und geologische Schnitte. Die Themen werden ihrerseits für die digitale Archivierung in mehrere Informationsebenen untergliedert, wobei diese überwiegend durch die Geometrie der enthaltenen Objekte definiert sind. Das Thema Ausstrich geologischer Einheiten (Grundflächen) enthält z. B. folgende Informationsebenen: Gesteinsaufschlüsse, geologische Linien, Verbreitungsflächen geologischer Einheiten an der Erdoberfläche sowie Beschriftung.
- Zur Darstellung der Ergebnisse wird ein standardisierter Satz von Verbreitungskarten geologischer Einheiten, Isolinienpläne wichtiger Schichtflächen, eine Reihe geologischer Schnitte usw. konstruiert und im Digitalen Kartenarchiv (Kap. 1) dokumentiert. Eine Vereinfachung ließe sich möglicherweise erzielen, wenn in der Datenbank geologische Körper mit Geometrie und Sachdaten abgebildet werden könnten. Entsprechende Systeme stehen dafür jedoch noch nicht zur Verfügung.

Das Konzept der digitalen GK 25 bietet drei wesentliche Vorteile:

- Es erlaubt breitgefächerte Nutzungen durch GIS-Einsatz wie digitale Visualisierungen, Recherchen und Verschneidungen, digitale kartographische Bearbeitungen sowie Konvertierung in andere Maßstäbe bis hin zur Erzeugung abgeleiteter Auswertungskarten. Andererseits gestattet es weiterhin den Druck geologischer Karten in hoher Darstellungsqualität, die wie bisher mit Erläuterungen herausgegeben werden können und von vielen Nutzern in dieser Kombination verlangt werden.
- Die Aktualisierung der Kartiererergebnisse ist in vergleichsweise kurzen Abständen möglich, da alle Grundlagendaten digital gespeichert vorliegen. Nach Abschluß der Auswertung neu hinzu kommende Daten und Informationen sind schnell abrufbar und können bei Bedarf relativ einfach eingearbeitet werden.
- Es eröffnet die Möglichkeit, eine digitale Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:50 000 zu entwickeln und herauszugeben, wofür auch die digitale Aufbereitung der bisherigen klassischen GK 25-Blätter vorgesehen ist.

Nr.	Oberbegriff	Kürzel	Geologische Einheit	Synonyme und Bemerkungen (Lokalnamen kursiv)
355	213	tSM	. . Streifige Mergel	im Elsaß: Mittlere Salzfolge; Unteroligozän
356	355	OB	. . . Obere Bituminöse Zone	
357	356	KAL	. . . . Kalilager	
358	355	VZ	. . . Versteinerungsreiche Zone	(Plattiger Steinmergel), [Mittlere Pechelbronner Schichten]; Unteroligozän
359	355	UB	. . . Untere Bituminöse Zone	[≈ Untere Pechelbronner Schichten]; Unteroligozän
348	355	RL	. . . . Rote Leitschicht	[Konglomeratische Zone]; Obereozän
364	213	tLM	. . Lymnäenmergel	(Grüne Mergel); im Elsaß: Untere Salzfolge; Eozän
366	364	DMZ	. . . Dolomitmergelzone	
367	364	KMZ	. . . Kalkmergelzone	
272	213	tBO	. . Bohnerz-Formation	[Siderolithikum]; Alttertiär, z. T. älter?
273	272	BOL	. . . Boluston	
275	272	HUS	. . . Huppersande	
<hr/>				
1049	1046	GZ	. Zweiglimmergranite	
1050	1049	GBA	. . Bärhaldegranit	Südschwarzwald
1051	1050	GUR	. . . Urseegranit	
1052	1050	GEI	. . . Eisenbacher Granit	
1053	1050	GNE	. . . Neustädter Granit	Mittlerer Schwarzwald und Nord-schwarzwald
1054	1049	GSK	. . Säckinger Granit	
1055	1049	GFO	. . Forbachgranit	
1056	1055	GRZ	. . . Raumünzachgranit	
1057	1049	GSE	. . Seebachgranit	
1058	1049	GBU	. . Bühlertalgranit	westlicher Südschwarzwald
1059	1049	GNO	. . Nordrachgranit	
1060	1046	GB	. Biotitgranite	
1061	1060	GSS	. . Schluchseegranit	
1062	1060	GAL	. . Albtalgranit	Mittlerer Schwarzwald und Nord-schwarzwald
1063	1062	GWE	. . . Wellendinger Granit	
1064	1060	GBL	. . St. Blasier Granit	
1065	1064	GLS	. . . Lenzkirch-Steina-Granit	Odenwald
1066	1060	GMA	. . Malsburggranit	
1067	1060	GBN	. . Blauengranit	Mittlerer Schwarzwald und Nord-schwarzwald
1068	1060	GMB	. . Mambacher Granit	
1069	1060	GOB	. . Oberkirchgranit	Mittlerer Schwarzwald und Nord-schwarzwald
1070	1069	GMO	. . . Mollenkopfgranit	
1071	1060	GFR	. . Friesenberggranit	Odenwald
1072	1060	GTR	. . Triberger Granit	
1073	1060	GHE	. . Heidelberger Granit	Odenwald
1074	1060	GTM	. . Trommgranit	

Abb. 20: Ausschnitte aus dem Katalog der geologischen Einheiten im Symbolschlüssel Geologie (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg 1999). Die Punkte vor den Namen kennzeichnen den Rang der Einheit. Synonyme in runden Klammern sind zulässig, solche in eckigen Klammern sind nicht mehr zu verwenden.

oben – Tertiär des südlichen Oberrheingrabens; unten – Kristallines Grundgebirge (Variszische Plutonitmassive)

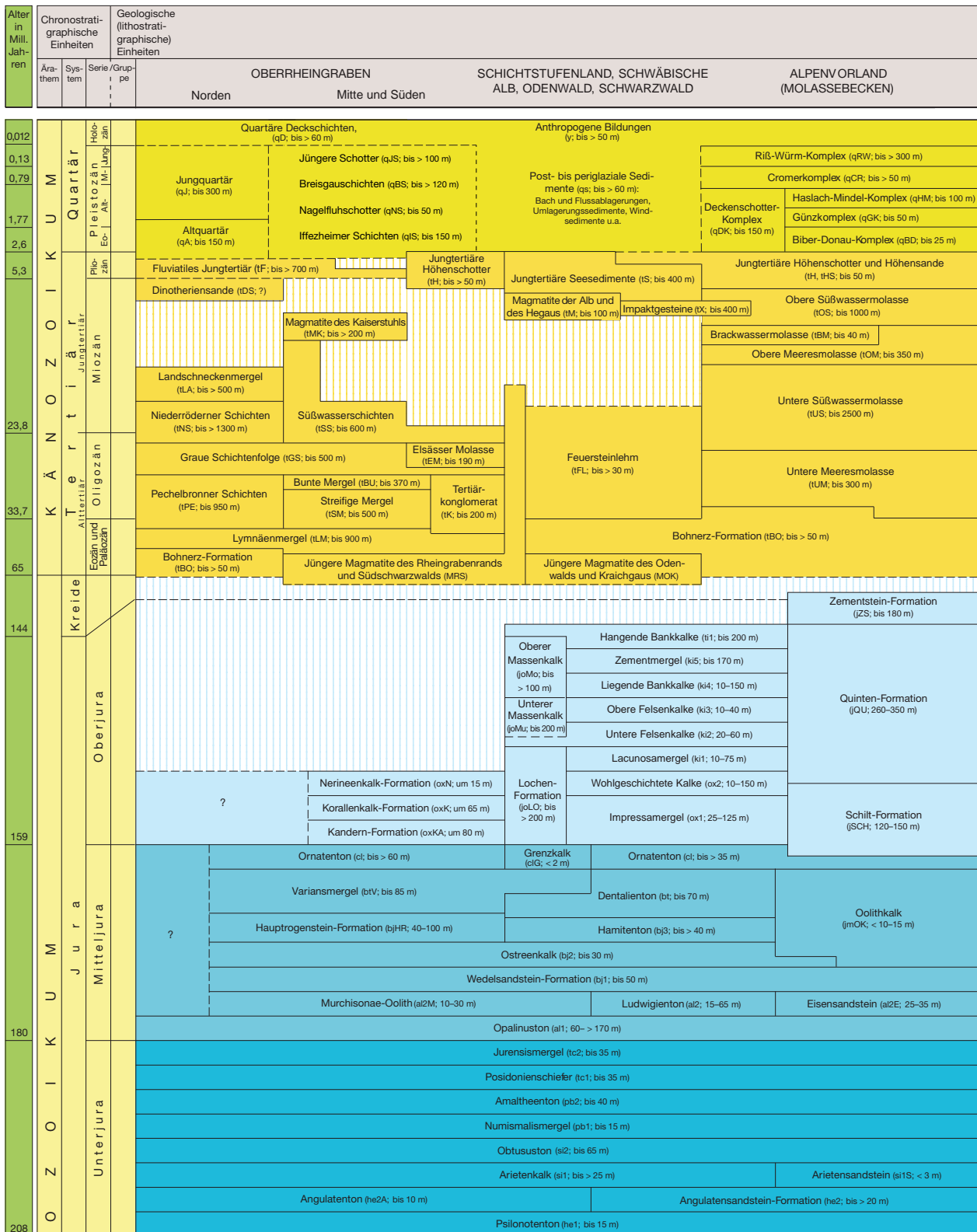
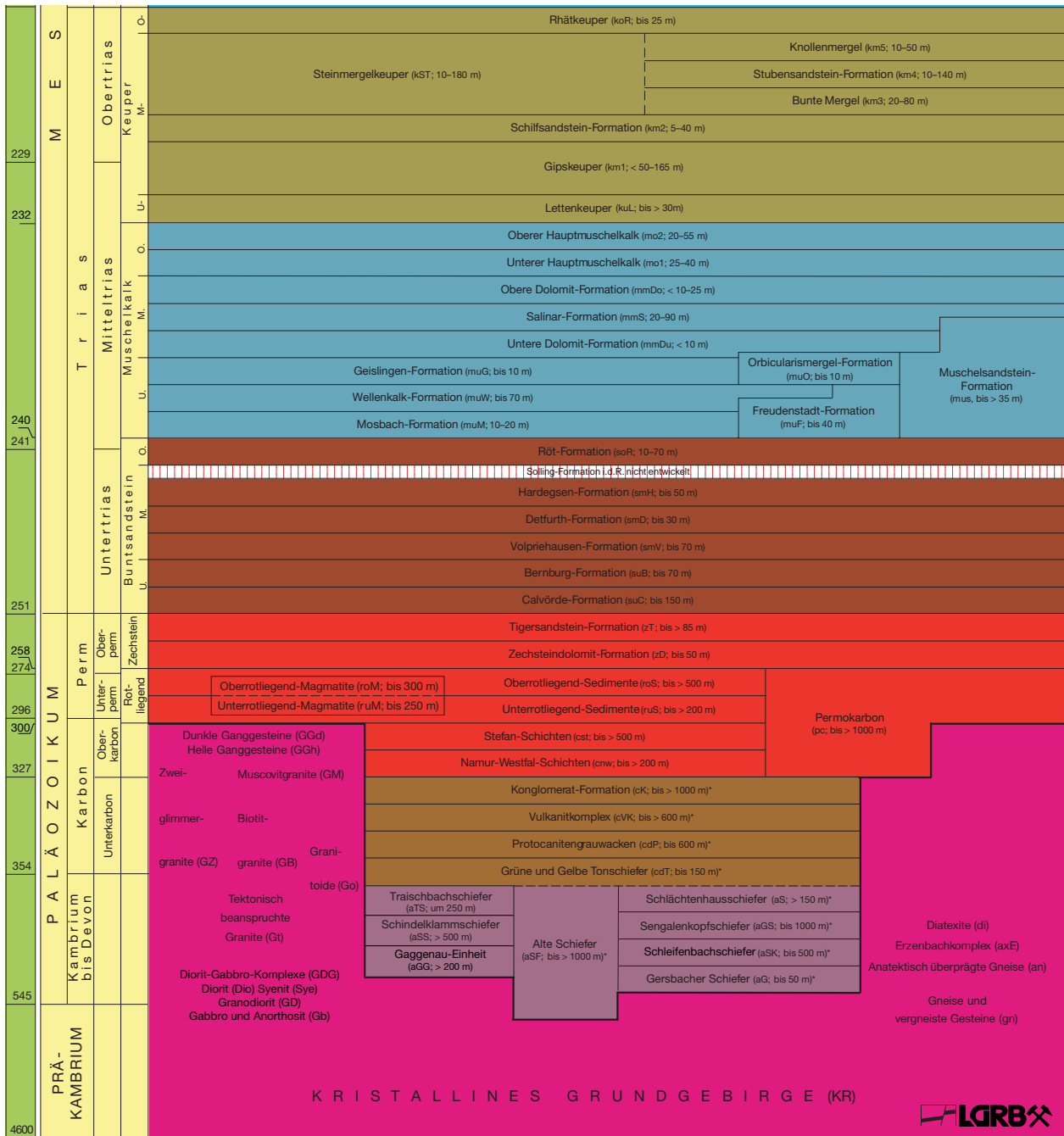


Abb. 21: Geologische Übersicht der Schichtenfolge in Baden-Württemberg (Stand Mai 1999)





Stand: Mai 1999, Bearbeiter: E. VILLINGER, Freiburg i. Br. 1999

**Bemerkungen:**

1 – Zeitskala und Schichtenfolge sind nicht maßstäblich gezeichnet! Altersangaben i. w. nach GRADSTEIN & OGG (1996), jedoch Quartär i. w. nach SHACKLETON et al. (1990) in EHLERS (1994: Abb. 88 u. Tab. 10), Trias und Perm nach MENNING (1995). Zur geochronologischen Gliederung der Erdgeschichte siehe "Geologische Zeittafel Baden-Württemberg" (LGRB 1999), s. S. 84; 2 – Die regionale Anordnung der lithostratigraphischen Einheiten folgt in groben Zügen deren Verbreitung von Nordwesten (links) nach Südosten (rechts). Die Gebietsangaben in der Kopfleiste gelten vor allem für die Schichten des Quartärs bis Perms. Die älteren Schichten und Gesteine sind vor allem aus dem Schwarzwald und Odenwald bekannt; 3 – Die Korrelationen zwischen den regionalen lithostratigraphischen Einheiten sind z. T. unsicher (vor allem im Känozoikum); 4 – Die Mächtigtkeitsangabe "bis ..." bedeutet: regional variierende Mächtigkeit zwischen wenigen Metern, z. T. 0 m, und ... m; 5 – Schraffuren bedeuten: Es sind keine Sedimente bekannt; 6 – Im Kristallinen Grundgebirge sind die zahlreichen Untereinheiten der Gneise und vergneisten Gesteine aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt; 7 – Bei den mit \* gekennzeichneten Einheiten können infolge Faltung und Verschuppung nur scheinbare Mächtigkeiten angegeben werden.

Diese Tafel kann als Original-Farbplot plano in der Größe 100 x 42 cm (Preis 12,- DM) erworben werden. Bestellung schriftlich beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Albertstr. 5, D-79104 Freiburg i. Br. (Fax 0761/204-4438; E-Mail [vertrieb@lgrb.uni-freiburg.de](mailto:vertrieb@lgrb.uni-freiburg.de)).

### 6.3.2 Vorläufige Ausgabe der GK 25 (GK 25v)

Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu der im Kap. 6.3.1 skizzierten digitalen GK 25 wurde in den letzten Jahren mit dem Projekt DIGGI (Digitale geologische Grunddaten und Informationen) getan. Das Ende 1997 ausgelaufene, knapp fünf Jahre dauernde Projekt wurde konzipiert, um die großen Lücken im amtlichen Kartenwerk der GK 25 des Landes wenigstens provisorisch zu schließen. In diesem Rahmen erfolgte die Bearbeitung von insgesamt 113

Blättern, die unter der Bezeichnung "Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, vorläufige Ausgabe" (GK 25v; anfangs "Vorläufige geologische Karte", GKV) herausgegeben wurden (Abb. 22). Für diese Blätter lagen bei Projektbeginn keine geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 vor oder waren – in 12 Fällen – seit Jahren vergriffen (nicht mehr nachgedruckt, weil unvollständig bearbeitet oder völlig veraltet). Von den 113 Blättern (80 Vollblätter und 33 Teilblätter entlang der Landesgrenze) gehören 105 zum offiziellen GK 25-Herausgabebereich des LGRB (s. Fußnote 1). Der Rest besteht

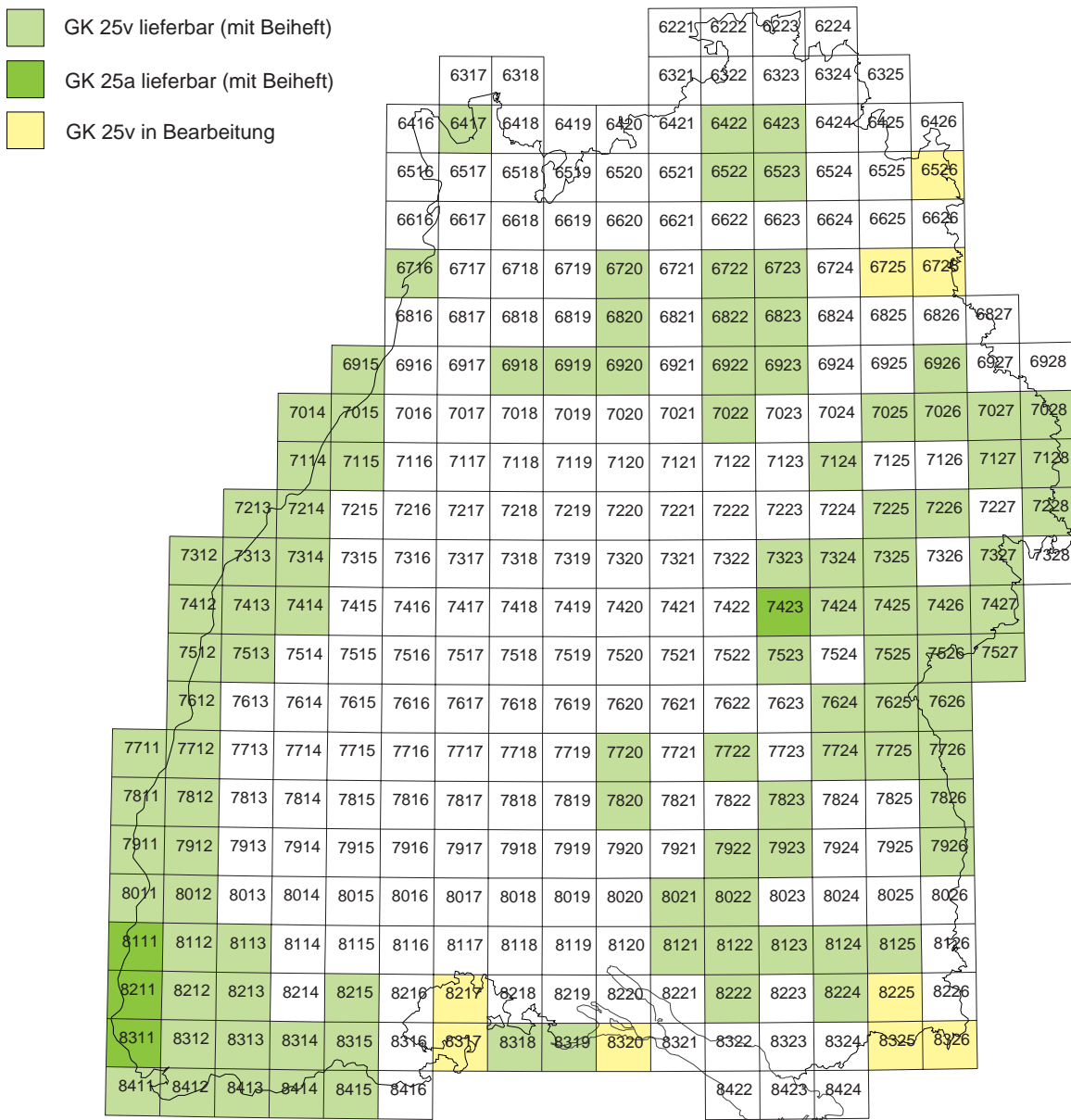


Abb. 22: Übersicht über die bisher verfügbaren digitalen Geologischen Karten von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (GK 25v und GK 25a, Stand März 1999)

aus Randblättern im Grenzbereich zu den offiziell zuständigen Nachbarländern Rheinland-Pfalz und Bayern, wobei im Projekt nur die baden-württembergischen Flächenanteile bearbeitet wurden.

Zu jedem Blatt der GK 25v gehört ein Beiheft (Format DIN A4). Es umfaßt außer einer kurzen Beschreibung der auf der Karte dargestellten geologischen Einheiten eine Liste der verwendeten Unterlagen einschließlich Literatur sowie meist 50 bis 100 ausgewählte Schichtenverzeichnisse und eine Aufschluß-/Bohrpunktkarte. Bei vielen Blättern sind auch eine Normalprofilsäule sowie graphische Darstellungen von Bohrprofilen, geologische Schnitte usw. enthalten (SAWATZKI & GEYER 1994, SAWATZKI et al. 1995).

Für die Erstellung der GK 25v-Blätter im Rahmen des Projekts DIGGI wurde erstmals von dem bisherigen klassischen Kartierkonzept abgewichen. Die Neuerungen betreffen sowohl fachliche Aspekte wie auch die Art der Datenverarbeitung und -archivierung:

- Die geologische Bearbeitung der Blätter stützte sich ausschließlich auf vorhandene, in der Regel bisher unveröffentlichte oder nicht zugängliche Archivunterlagen des LGRB und anderer Institutionen, auf Dissertations- und Diplomkartierungen von Universitäten sowie Literaturangaben. Damit wurde das vorhandene geologische Wissen für diese Blätter zusammengetragen. Zusätzliche zeitaufwendige Geländearbeiten erfolgten nicht; es wurden lediglich Plausibilitätsprüfungen und meist nur stichpunktartige Kontrollen im Gelände vorgenommen.
- Für die GK 25v wurde erstmals eine einheitliche Generallegende festgelegt, bei der den geologischen Einheiten standardisierte Legendentexte und eine Farbcodierung zugeordnet sind. Dadurch ist ein einheitliches Kartenwerk gewährleistet.
- Die Geometrien der Karteninhalte sind thematisch strukturiert und digital abgelegt.
- Für jedes Blatt wurden die vorhandenen Bohrungen gesichtet, ihre Stammdaten kontrolliert und in die Datenbank eingegeben sowie möglichst viele Schichtenverzeichnisse verschlüsselt und ebenfalls in der Datenbank abgelegt.

Nachteilig ist, daß die meisten GK 25v-Blätter eine geringere Informationsdichte aufweisen als die klassische GK 25. Dies ist eine Folge der kurzen Bearbeitungszeit (pro Blatt standen im Schnitt nur vier

Monate bis zur Herausgabe zur Verfügung), der häufig sehr inhomogenen geologischen Unterlagen und des Verzichts auf zusätzliche Geländeaufnahmen. Außerdem konnten, vor allem aus DV-technischen Gründen, die geologischen Verhältnisse auf der GK 25v meist weniger detailliert dargestellt werden. Um diese Blätter dem Standard einer modernen GK 25 anzugleichen, sind geologische Nachbearbeitungen einschließlich Geländearbeiten notwendig.

In der ersten Hälfte des Projektzeitraums wurde zur kartographischen Bearbeitung des manuell gezeichneten Kartenentwurfs das System GIROS (Graphisches Interaktives Rasterorientiertes System; PREUSS 1992) des Niedersächsischen Landesamts für Bodenforschung verwendet. Die Reproduktion der Karten erfolgte mittels Farbkopien eines mit der Topographiefolie kombinierten Rasterausdrucks (Zusammendruck der geologischen Ebenen). Die spätere Einführung des Systems ARC/INFO gestattete wesentliche Verbesserungen u. a. beim Layout, bei der Legendengestaltung usw. Außerdem konnten nun die digitalen Rasterdaten des Landesvermessungsamts Baden-Württemberg als topographische Grundlage verwendet werden. Der gemeinsame Ausdruck beider Themenbereiche erfolgt seither im Vierfarben-Offsetdruck auf Landkartenpapier (Auflage 50 Exemplare). Abb. 23 zeigt die kartographischen und drucktechnischen Arbeitsschritte bei der Herstellung der GK 25v, Abb. 24 einige Beispiele neuer Blätter in Ausschnitten. Nach der Umsetzung der älteren Blätter der GK 25v von GIROS auf ARC/INFO im Laufe des Jahres 1999 wird die Herausgabe auch dieser Blätter im Vierfarben-Offsetdruck erfolgen.

Nach dem gleichen Bearbeitungsprinzip wie bei der GK 25v wurden vorerst vier weitere Blätter (ein ganzes Blatt, drei Teilblätter) als "Aktualisierte Ausgabe" (GK 25a) außerhalb des Projekts herausgegeben (Abb. 22). Zugrunde liegen hier gedruckte klassische GK 25-Blätter, die digitalisiert und anhand neuerer Unterlagen aktualisiert wurden.

Nach dem Abschluß des Projekts DIGGI stehen der Öffentlichkeit für mehr als 95 % der gesamten Landesfläche von Baden-Württemberg geologische Karten im Maßstab 1 : 25 000 zur Verfügung. Es fehlen derzeit nur noch einige kleine Randbereiche an der nördlichen Landesgrenze auf Blättern in der Zuständigkeit von Rheinland-Pfalz (z. T. dort in Bearbeitung) und Hessen und acht Blätter innerhalb des Landes, auf denen zur Zeit geologisch neu kartiert wird (vgl. VILLINGER 2000).

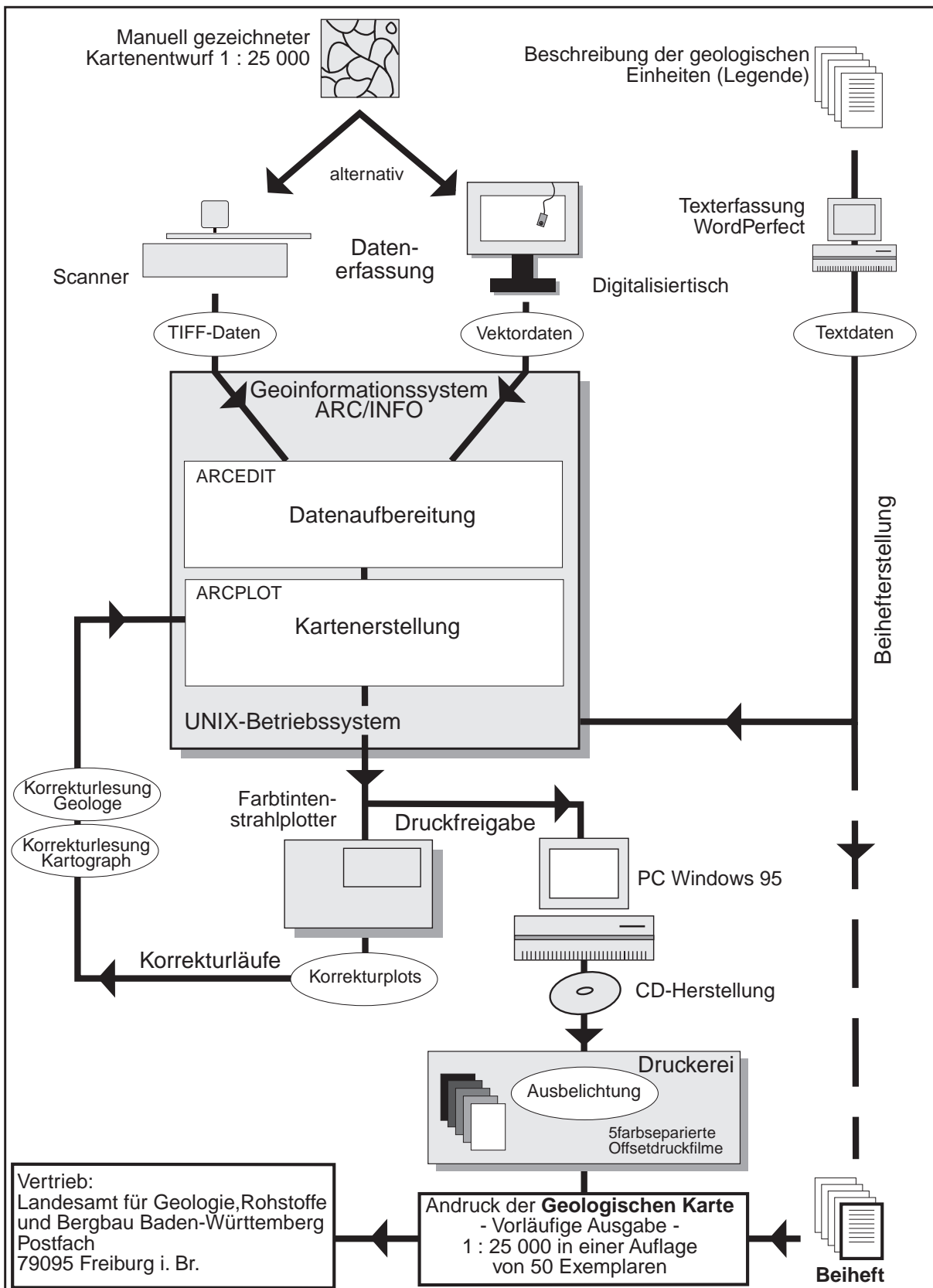


Abb. 23: Organisation der digitalen kartographischen Bearbeitung der GK 25v-Blätter, aus SAWATZKI et al. (1998)

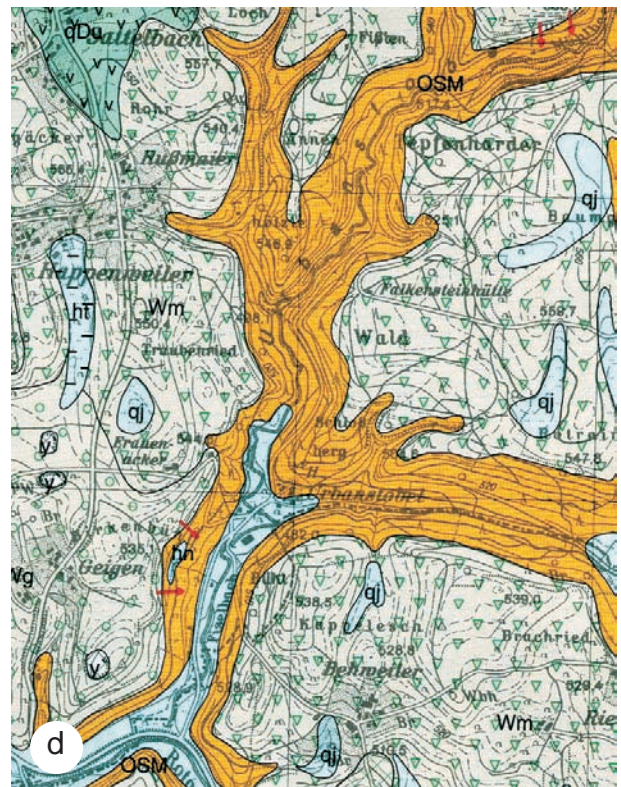
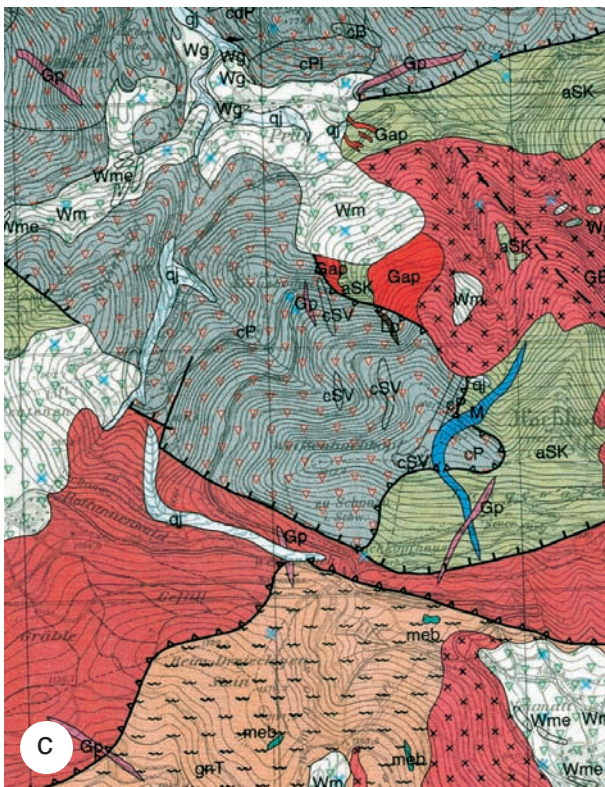
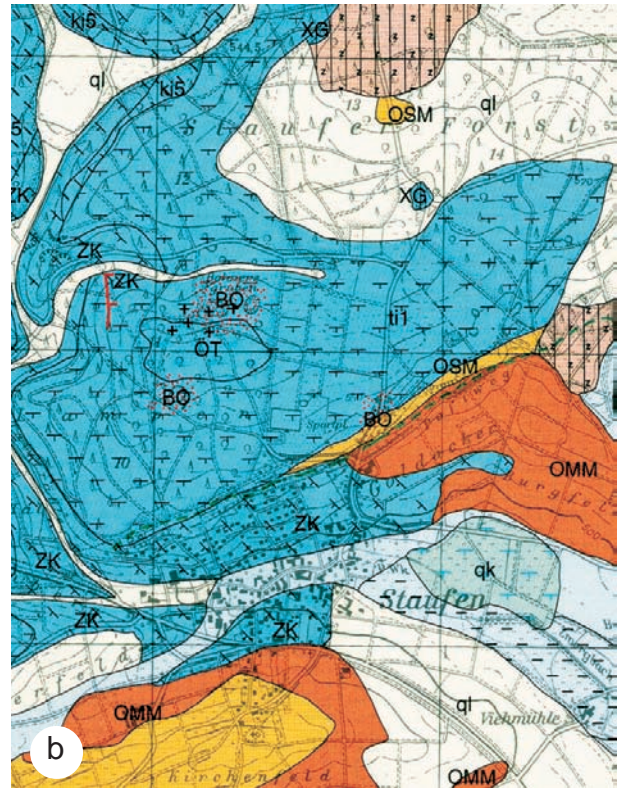
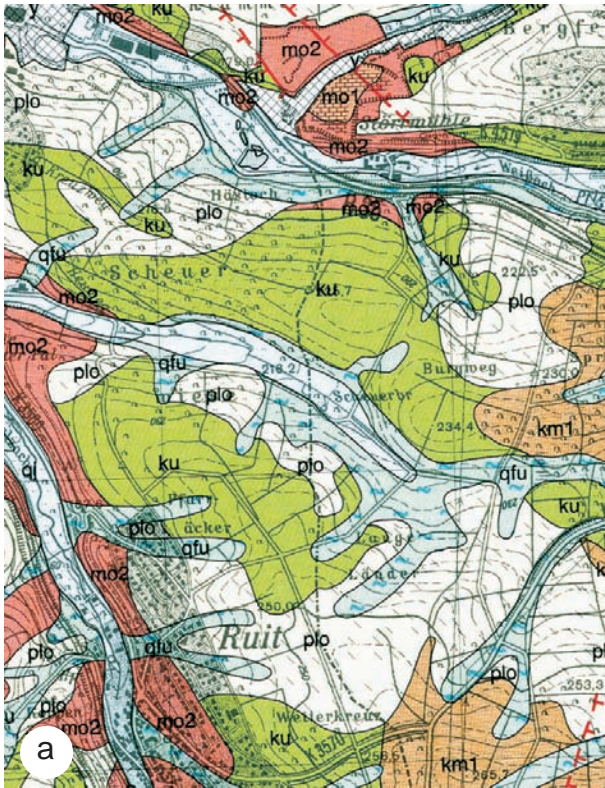


Abb. 24: Ausschnitte aus 1997/98 erschienenen Blättern der GK 25v  
 a – 6918 Bretten; b – 7327 Giengen an der Brenz; c – 8213 Zell im Wiesental (2. Auflage); d – 8222 Markdorf

## 6.4 Ausblick – zukünftige geologische Landesaufnahme

Die GK 25v ist ein Zwischenschritt auf dem Weg zu einer geologischen Karte, die vollständig in ein Bodeninformationssystem eingebettet ist. Ein entsprechendes Kartierkonzept hat zum Ziel, den geologischen Bau und die Eigenschaften der Gesteine auf der Basis geologischer Prozesse räumlich zu erfassen und widerspruchsfrei in digitaler Form zu archivieren. Dabei wird Folgendes wichtig sein:

- Die Datenerhebung bei der Aufnahme erfolgt mit einheitlicher Nomenklatur und standardisiert (Kap. 2), denn je mehr Merkmale bei der Beschreibung z. B. eines Aufschlusses nach einheitlichen Kriterien erhoben werden, desto größer sind die Möglichkeiten einer digitalen Verarbeitung der Daten. Möglicherweise bringt dafür die Datenerfassung im Gelände mit einem tragbaren Computer und GPS (Satellitengestütztes System zur Positionsbestimmung) Vorteile.
- Auch die Laboruntersuchungen zur systematischen Erkundung und Erfassung der geochemischen Beschaffenheit der Gesteine im jeweiligen Kartiergebiet werden einem Standardprogramm folgen, das je nach Gesteinstyp variieren kann. Erst wenn Untersuchungsumfang und -verfahren einheitlich sind, lassen sich auch deren Ergebnisse großräumig auswerten.
- Die Eigenschaften der geologischen Einheiten (Petrographie, Mineralogie, Geochemie usw.) werden ermittelt und mit den Geometrien verknüpft. Bei der geowissenschaftlichen Landesaufnahme in den angewandten Fachbereichen werden den geologischen Einheiten zusätzlich geotechnische, hydrogeologische und rohstoffgeologische Eigenschaften zugewiesen.
- Angesichts der geringen Personalressourcen für die Kartierung wird sich die Datenerhebung auf die wichtigen Aufschlüsse konzentrieren müssen, darunter vor allem auf die nur vorübergehend zugänglichen (z. B. aussagekräftige Bohrungen, größere Aufschlüsse bei Baumaßnahmen).
- Bei der Kartierung ist eine für Baden-Württemberg einheitliche, im Prinzip blattschnittunabhängige Bearbeitung das Ziel. Durch GIS-Einsatz ergibt sich dann die Möglichkeit, blattübergreifend beliebige Karten z. B. für Projektgebiete zu erstellen, ohne daß Divergenzen zwischen den Blättern dies erschweren.
- Der Aufwand für die Gewinnung von Daten im Gelände und Labor ist beträchtlich. Die Resultate sind wertvolle Grundlagen nicht nur für die

geologische Landesaufnahme. Sie müssen langfristig und möglichst vollständig in der Datenbank gespeichert werden. Besondere Bedeutung für die weitere Datenauswertung besitzen neben den eigentlichen Beobachtungs- und Meßdaten der Lagebezug und die Angaben zur Qualität der Daten.

- Die Auswertungsergebnisse werden mit Metadaten versehen, so daß sie für externe und interne Nachfragen recherchierbar sind.

Der wichtigste Unterschied des oben skizzierten Konzepts zum seitherigen Vorgehen bei der geologischen Landesaufnahme besteht somit in der standardisierten und einheitlichen Datenerfassung und -auswertung sowie in der strukturierten digitalen Speicherung aller wichtigen Grundlagendaten und der Kartiererergebnisse. Eine Beschleunigung der Kartierung wird damit zwar nicht erreicht, aber die gewonnenen Daten und Ergebnisse werden künftig für Darstellungen und Weiterverarbeitungen mittels GIS bis hin zu interaktiven Verknüpfungen mit einem multimedialen Umfeld zur Verfügung stehen. Vor allem durch die Nutzung von GIS ergeben sich vielfältige Möglichkeiten zur Erzeugung abgeleiteter thematischer Karten, speziell auch für den Bereich der angewandten Geowissenschaften, wodurch das Konzept in hohem Maße flexibel sein wird. Die Ausgabe der Kartiererergebnisse in Form geologischer Karten ist eine der Möglichkeiten zur Visualisierung unter anderen, sie wird jedoch auch künftig eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus wird es in Zukunft möglich sein, den Interessenten die gewünschten Kenntnisse und Daten über den geologischen Aufbau des Landes auch in digitaler Form zur Verfügung zu stellen.

### Literatur

- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – Geol. Landesamt Baden-Württ., Informationen 5: 68 S., 1 Taf.; Freiburg i. Br.
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1996): Richtlinien für die Aufnahme und Bearbeitung der Geologischen Karte 1:25 000 (Kartieranleitung GK 25). – 3., überarb. Aufl.: 51 S.; Freiburg i. Br. (GLA Baden-Württ.). – [unveröff.]
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1999): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) Baden-Württemberg. Aktualisierte Ausgabe. – 38 S.; Freiburg i. Br. (LGRB Baden-Württ.). – [unveröff.]
- PREUSS, H. (1992): Mapping using Integrated Raster and Vector Data. – Geol. Jb., A 122: 167–176, 6 Abb.; Hannover.

- SAWATZKI, G., FELDHOFF, R. A., GEYER, M. & SCHLITT, U. (1998), unter Mitwirkung von HERRGESELL, G., JONISCHKEIT, A. u. SZENKLER, C.: Neue Wege in der Geologischen Landesaufnahme: Vorläufige Ausgaben der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000. – Jh. LGRB **38**: 26 S., 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Freiburg i. Br. – [im Druck]
- SAWATZKI, G. & GEYER, M. (1994): Die digitale Vorläufige Geologische Karte 1:25 000 im Fachinformationssystem Geologie von Baden-Württemberg. – Z. dt. geol. Ges., **145**: 106–115, 6 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- SAWATZKI, G., GEYER, M. & VILLINGER, E. (1995): Die Vorläufige Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000 – ein neues Kartenwerk der geologischen Landesaufnahme. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **77**: 271–285, 4 Abb.; Stuttgart.
- SCHMID, H. (1995): Geologische Landesaufnahme – aktuelle Notwendigkeit und Möglichkeiten der Beschleunigung. – Z. angew. Geol., **41** (2): 106–111; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (2000): Geologische Landesaufnahme Baden-Württemberg, quo vadis. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **82**; Stuttgart. – [in Vorb.]

## 7 GIS-Anwendungen in der ingenieurgeologischen Landesaufnahme

### 7.1 Vorbemerkungen

Das LGRB stellt für mehrere Städte die mit hohem finanziellem Aufwand über Jahrzehnte hinweg gewonnenen, in Akten und Archiven verteilten geowissenschaftlichen Daten systematisch zusammen. Die daraus entwickelten Baugrundkarten beinhalten neben verschiedenen, auf die jeweilige Situation abgestimmten thematischen Karten auch einen kurzen Erläuterungstext. Sie liefern kommunalen und privaten Planern, Bauherren und Interessierten eine erste Grundlage über die Baugrundverhältnisse im jeweiligen Planungsgebiet. Baugrundkarten können allerdings keine objektbezogene Baugrunderkundung ersetzen.

Die zeitgemäße Archivierung der in aller Regel umfangreichen und vielschichtigen Fachinformationen setzt den Aufbau und die ständige Pflege bzw. Aktualisierung einer optimal strukturierten Datenbank voraus. Für alle Fachrichtungen des LGRB wird derzeit eine übergreifende Datenbank aufgebaut. Gestützt auf den Informationsinhalt der Datenbank können mit Geoinformationssystemen (GIS) thematische Karten erstellt bzw. bearbeitet werden. Sie stehen Benutzern sowohl als "klassische" Karte, blattschnittfrei in beliebigen Ausschnitten und Maßstäben oder auch in digitaler Form auf Datenträgern (z. B. CD-ROM) zur Verfügung.

Für die Erstellung digitaler Baugrundkarten werden im LGRB die GIS-Programme ARC/INFO und ArcView eingesetzt, welche auf die Datenbank zurückgreifen. Am Beispiel der Baugrundkarten für die Stadtgebiete Reutlingen, Pfullingen und Stuttgart wird nachfolgend die Vorgehensweise bei der Entwicklung digitaler thematischer Karten kurz erläutert. Die Arbeiten zu diesen Baugrundkarten dauern noch an.

### 7.2 Thematische Baugrundkarten

#### 7.2.1 Aufschlußkarte

In der Aufschlußkarte sind alle bekannten punktförmigen Aufschlüsse im jeweiligen Stadtgebiet eingetragen. Es handelt sich hierbei um Kernbohrungen, Sondierbohrungen (Nutstangenbohrungen), Rammsondierungen, gegebenenfalls um geophysikalische Meßpunkte und Schürfe (bzw. Bauaufschlüsse). Die Aufschlußpunkte wurden in die vorliegen-

den Stadtkarten (Höhenflurkarte 1:5 000) eingetragen, höhenmäßig überprüft und ihre Lage, falls sie nicht bereits geodätisch bestimmt war, durch Digitalisierung ermittelt. Für viele, vor allem ältere Aufschlußpunkte liegen keine Ansatzhöhen vor. Sofern diese nicht aus den Höhenlinien der Höhenflurkarte abgegriffen werden können, werden sie über das Digitale Höhenmodell (s. u.) ermittelt. Lage und Höhe älterer Aufschlüsse können künftig beim LGRB mit einer GPS-Meßeinrichtung überprüft werden.

Für jeden Aufschlußpunkt wird ein Stammdatensatz angelegt. In weitere Tabellen werden geologische Kurzprofile der Bohr- und Schurfaufnahmen unter Benutzung des Symbolschlüssels Geologie (s. Kap. 6) und zusätzliche, ingenieurgeologisch relevante Informationen eingegeben. Zu letzteren zählt u. a. die Lage der Locker-/Festgesteinsgrenze, die nicht mit der Grenze zwischen dem Quartär und den liegenden Schichten identisch sein muß. Als Lockergestein wird hier die quartäre Deckschicht zuzüglich des plastischen Abschnitts des unterlagernden verwitterten Festgesteins definiert. Nach Vervollständigung der Arbeitsdatei und der Beseitigung möglicher redundanter Daten (Abgleich mit alten Archivdaten) wird dieser Arbeitsbereich der Aufschlußdatenbank zur allgemeinen Nutzung freigegeben.

Die Darstellung der Aufschlüsse erfolgt zweckmäßigerweise in den im jeweiligen Stadtgebiet vorhandenen Höhenflurkarten des Stadtmessungsamts im Maßstab 1:5 000 (Abb. 25a, 26). In den dargestellten Beispielen können am Bildschirm interaktiv zu jedem Aufschlußpunkt die jeweiligen Fachdaten abgefragt werden. Darüber hinaus ist beabsichtigt, auch gescannte Rammdiagramme, repräsentative Kornverteilungskurven, ausgewählte digitale Aufschlußphotos u. a. in der Datenbank zu hinterlegen. Analog zu punktförmigen Aufschlüssen werden flächenförmige Objekte (Stammdatensätze, Sachattribute) in einer Flächendatenbank abgelegt (s. u.). Die in ARC/INFO oder ArcView erzeugten Aufschlußkarten entsprechen unmittelbar dem aktuellen Datenbankbestand.

#### 7.2.2 Geologische Übersicht

Die Stadtgebiete von Reutlingen und Stuttgart liegen jeweils im Bereich von vier Geologischen Karten (GK 25). Für die Baugrundkarte Reutlingen und die in Ausschnitten vorliegende Baugrundkarte Stuttgart wurden die bereits kartierten geologischen Flächen digitalisiert und anhand neuerer Erkenntnisse



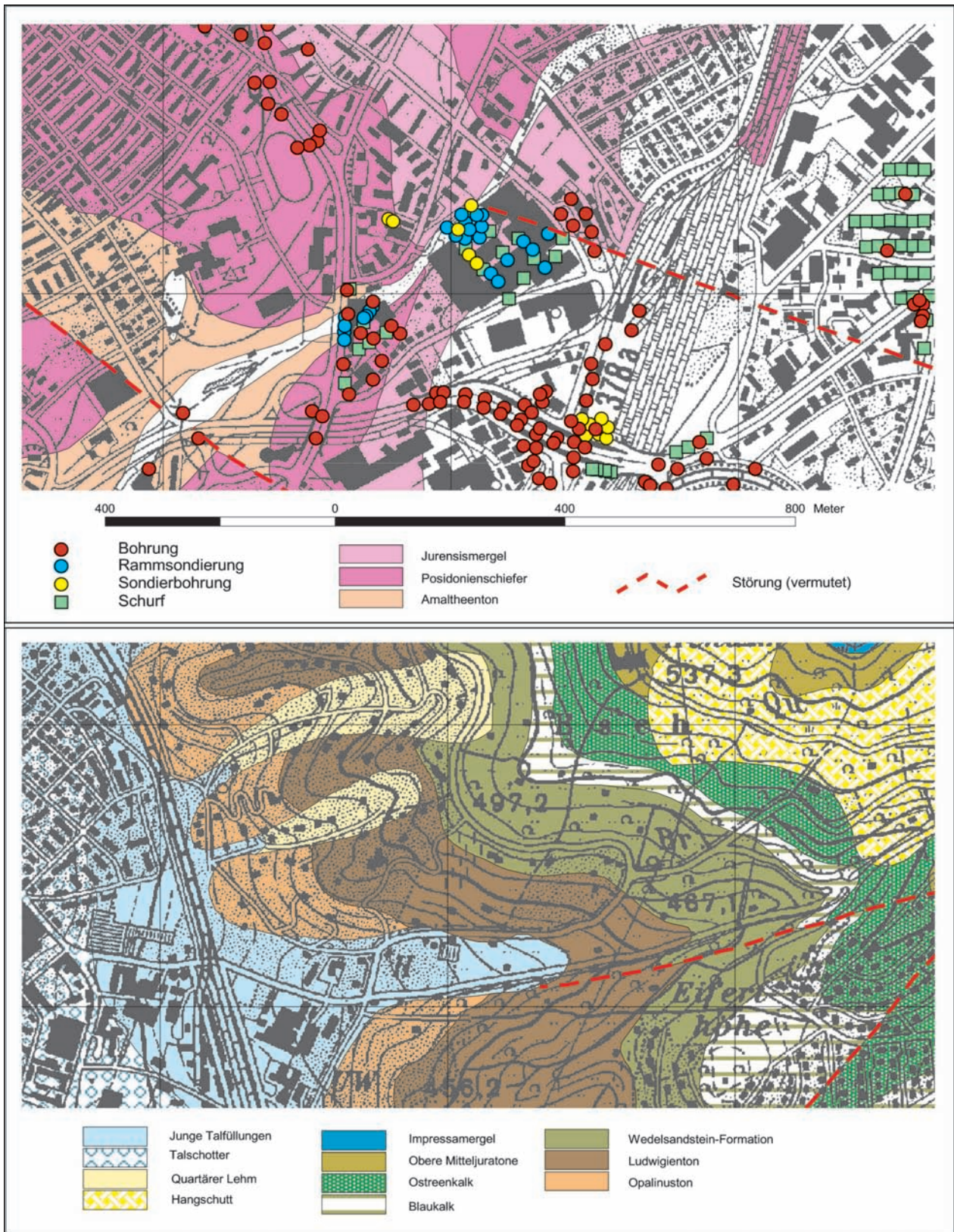


Abb. 25: Ausschnitte aus der Baugrundkarte Reutlingen 1 : 10 000 (Entwurf)

a – Ausstrichkarte selektierter Flächen und Aufschlußpunkte; b – Geologische Übersichtskarte

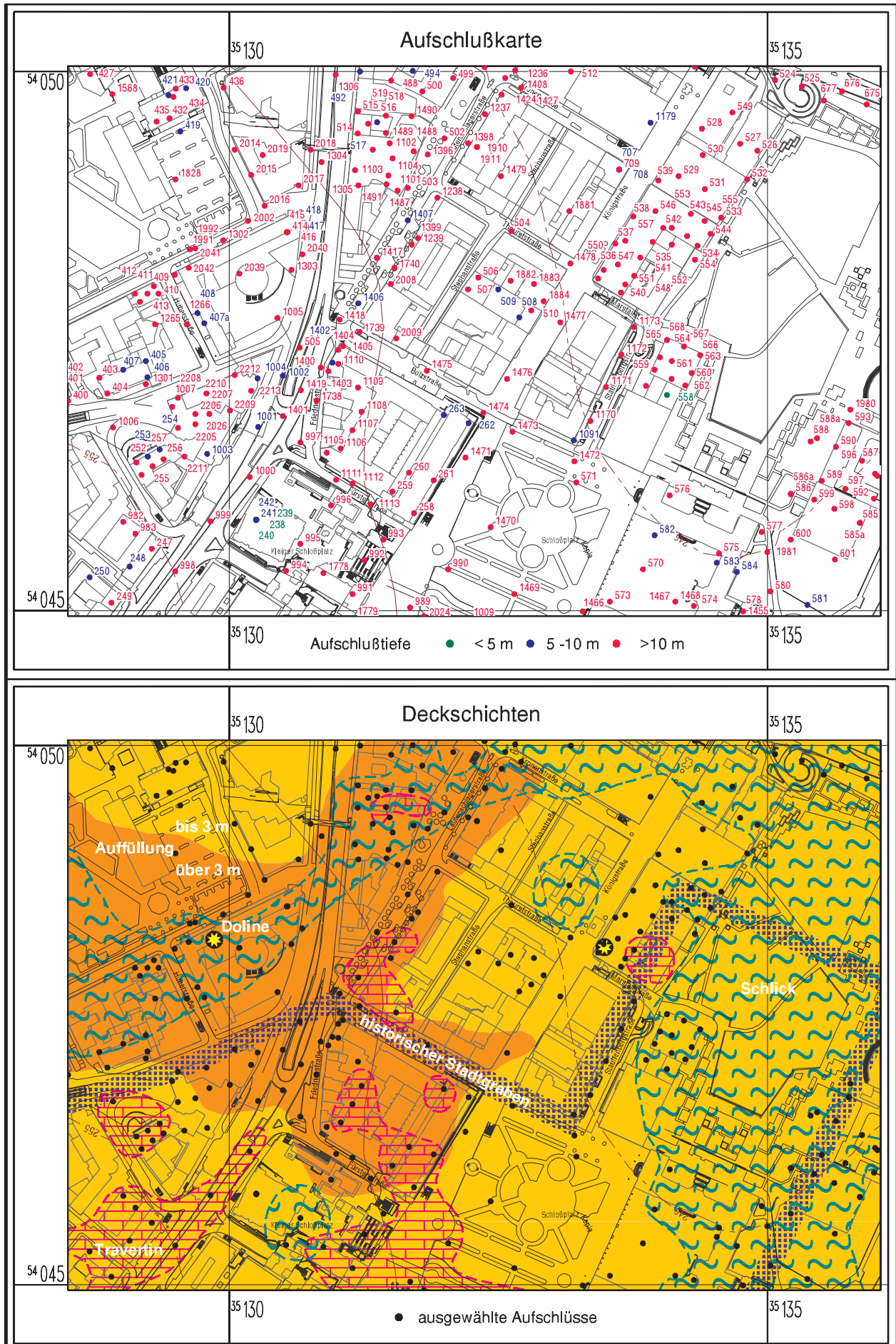


Abb. 26: Aufschlußkarte (oben) und Deckschichten (unten); Ausschnitte aus der Baugrunderkarte Stuttgart (Entwurf)

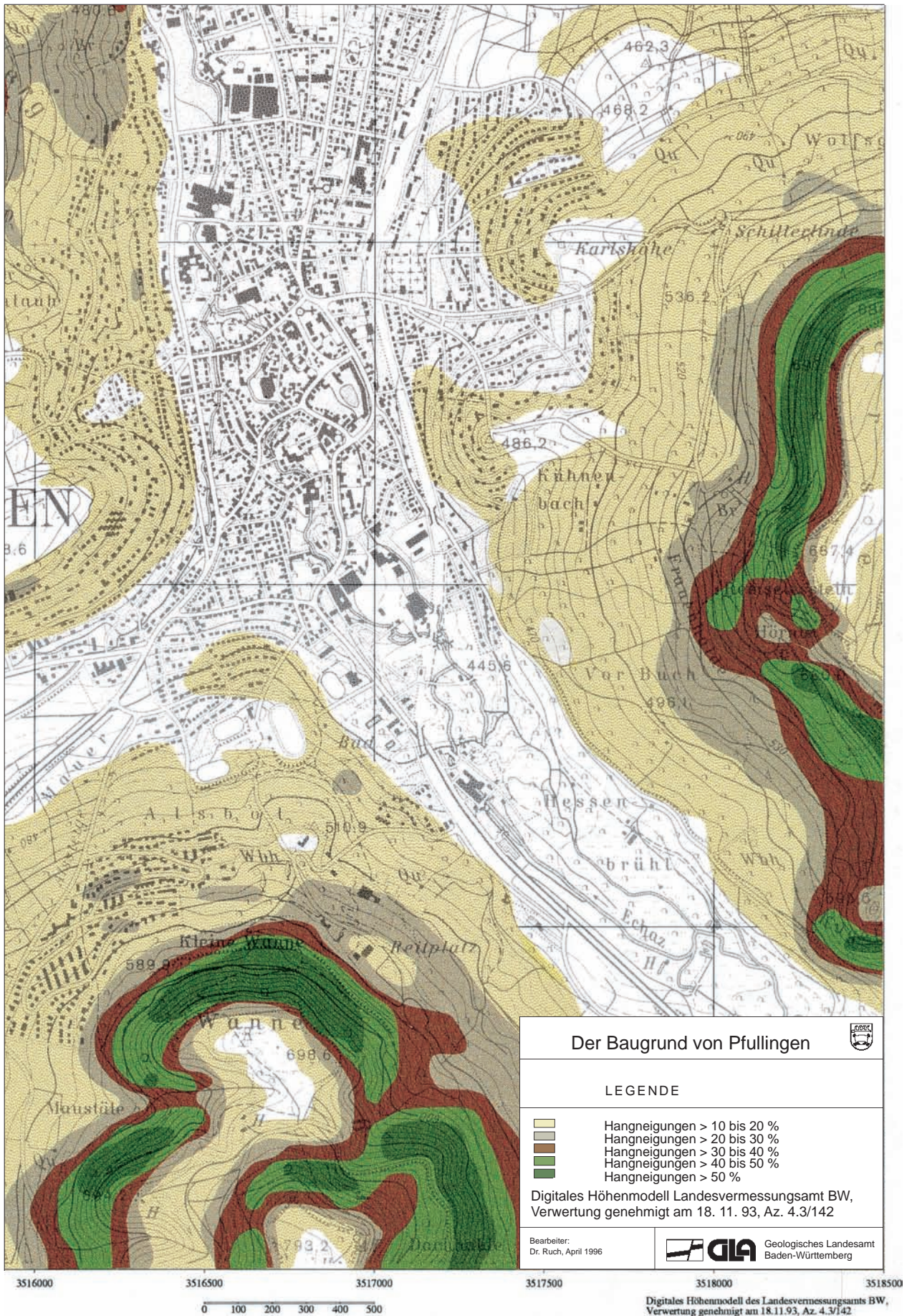


Abb. 27: Hangneigungskarte; verkleinerter Ausschnitt aus der Baugrundkarte Pfullingen 1 : 10000

(z. B. aufgrund zahlreicher Baugrundgutachten) ergänzt bzw. aktualisiert.

Die digitalisierten geologischen Ausstrichflächen können blattschnittfrei für jeden Ausschnitt des Plangebiets visualisiert werden. Als topographischer Hintergrund bietet sich die TK 25 an, vergrößert auf den Maßstab 1:10 000, ohne eine übertriebene Genauigkeit der geologischen Ausstrichflächen zu suggerieren. Im Gegensatz zur Aufschlußkarte (s. o.) muß die Nachbearbeitung jedes veränderten Schichtgrenzen- oder Störungsverlaufs durch Geologen erfolgen; eine automatische Generierung ist nicht möglich. Wie bei den Aufschlußpunkten können die Datenbankinhalte (Stammdaten, Sachattribute) jeder dargestellten Linie (hier: tektonische Störungen) oder Fläche interaktiv am Bildschirm abgefragt werden.

In Abb. 25b sind für einen Ausschnitt des Stadtgebiets Reutlingen die geologischen Ausstrichflächen dargestellt. Abb. 26 zeigt einen Ausschnitt der Baugrundkarte Stuttgart mit ingenieurgeologisch relevanten Schichten. Dazu gehören Angaben zum Verlauf des historischen Stadtgrabens sowie zur Verbreitung von Schlick und Travertin.

### 7.2.3 Hangneigungskarte

Für die Erstellung thematischer Baugrundkarten bildet die Auswertung des Digitalen Höhenmodells (DHM) eine wichtige Grundlage. Das vorliegende DHM des Landesvermessungsamts basiert auf der Auswertung von Orthophotos und wird in einem 50 m x 50 m-Raster geliefert. Obgleich bei der eher groben Auflösung kleinere Verebnungsflächen oder Hangkanten nicht ausgeschieden werden und in Teilbereichen Korrekturen notwendig sind, bildet das DHM in Verknüpfung mit der Geologischen Übersichtskarte oder sonstiger Karten eine wertvolle Grundlage zur Ableitung großräumiger Risikoflächen, z. B. Rutschgefährdungsflächen.

Abb. 27 zeigt als Beispiel einen Ausschnitt für das Pfullinger Stadtgebiet mit seinen ausgedehnten Hangflächen. Die Karte wurde aus dem DHM mit Hilfe des Grid-Moduls von ARC/INFO berechnet.

### 7.2.4 Baugrund-Risikokarten

Besondere geologische Verhältnisse können zu Beeinflussungen, Beeinträchtigungen oder Gefährdungen von Bauwerken, Verkehrswegen und Versorgungseinrichtungen führen (z. B. Gesteine mit überwiegend verwitterungs-, setzungs-, schrumpfung-, quellungs-, sackungs- und umlagerungsempfindlichen Eigenschaften, tektonische Schwächezonen, kritische Hangneigungsbereiche, Flußniederungen). Für die Darstellung werden ingenieurgeologische Einheiten definiert, die sich in ihren boden- und felsmechanischen Eigenschaften oder in den Grundwasserverhältnissen unterscheiden. Im einfachsten Fall entspricht eine ingenieurgeologische Einheit einer kartierten geologischen Einheit.

Der Einsatz eines Geoinformationssystems ermöglicht die DV-gestützte Erzeugung von Baugrund-Risikokarten. Eine ingenieurgeologische Risikofläche kann z. B. durch Selektion aus der digitalen Geologischen Karte ermittelt werden. Für eine ingenieurgeologische Einheit, die nicht unmittelbar mit einer einzigen geologischen Einheit identisch ist (z. B. Gebiete mit hohem Grundwasserstand), muß eine zusätzliche Abgrenzung vorgenommen werden (z. B. Verschneidung mit Flurabstandskarten).

Als Beispiel ist in Abb. 25a die Ausstrichfläche des Posidonienschiefers (Unterjura) dargestellt, der im Stadtgebiet Reutlingen ausstreicht und der nach Austrocknung schwellen und dabei ungleichmäßige, oft gravierende Baugrundhebungen hervorrufen kann. Der Posidonienschiefer wird im Reutlinger Raum von geringmächtigen Jurensismergeln (Unterjura) und quartären Deckschichten überlagert. Da bei einer herkömmlichen Kellertiefe von ca. 2,5 m u. G. diese Überlagerung durchstoßen werden kann, sind auch die Ausstrichflächen des Jurensismergels als Risikoflächen dargestellt.

Aus der Zusammenschau verschiedener ingenieurgeologischer Risikoflächen entsteht schließlich eine Baugrund-Risikokarte, wie sie bereits für das Stadtgebiet Pfullingen entwickelt und veröffentlicht wurde (Abb. 28).

Der Baugrund von Pfullingen



Abb. 28: Baugrund-Risikokarte Pfullingen; verkleinerter Ausschnitt aus der Baugrundkarte Pfullingen 1 : 10000

# 8 Fachinformationssystem Bodenkunde Baden-Württemberg – Datenbasis und Einsatzmöglichkeiten

## 8.1 Einführung

Eine wesentliche Aufgabe des Fachbereichs Bodenkunde des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) ist die flächendeckende Bodenbestandsaufnahme in den Maßstäben 1 : 25 000 und 1 : 200 000. Erfolgte bisher die Darstellung der Ergebnisse traditionsgemäß in gedruckten bodenkundlichen Kartenwerken, so finden diese zunehmend – die Vorteile der elektronischen Datenverarbeitung nutzend – Eingang in das Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN). Dieses ist neben weiteren Fachinformationssystemen ein Baustein im geowissenschaftlichen Informationssystem Baden-Württemberg (s. Kap. 1).

Wie die gegenwärtige Datenbasis unter Einbeziehung externer Informationsgrundlagen zu Gestein, Relief, Klima und Vegetation für aktuelle Fragestellungen genutzt werden kann, wird exemplarisch an zwei Anwendungsbeispielen verdeutlicht.

## 8.2 Struktur und Inhalt der Bodenkarten

Die genaue Lage und das Verbreitungsmuster von kleinräumig wechselnden Bodenformen im Gelände ist in mittel- und kleinmaßstäbigen Bodenkarten oft nicht darstellbar. Aus diesem Grunde erfolgt in Anlehnung an die naturräumlichen Gegebenheiten eine maßstabsabhängige Generalisierung und Aggregation einzelner Bodenformen zu Bodengesellschaften.

Bei der Bodenkarte von Baden-Württemberg (BK 25) 1 : 25 000 sowie bei der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200 000 (BÜK 200) werden Bodengesellschaften höherer Kategorie (Bodenregion, Bodenlandschaft) und niederer Kategorie (Kartiereinheit, Bodenformgruppe) unterschieden. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, daß die kleinste auf der Karte räumlich abgrenzbare Bodengesellschaft die Kartiereinheit ist.

Das Prinzip der Strukturierung der Bodendecke in hierarchisch angeordnete Bodengesellschaften findet seine systemtechnische Umsetzung auf der Datenbankebene mit dem heute in den unterschiedlichsten Bereichen angewandten Entity-Relationship-Modell von CHEN (1976). Dem liegt eine relationale Datenstruktur zugrunde, die sowohl bei der BÜK 200 als auch bei der BK 25 eine 1 : n-Beziehung der einzelnen Entitäten zum Ausdruck bringt (Abb. 29).

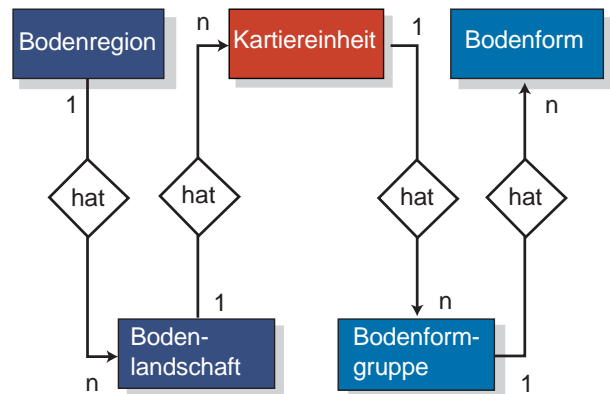


Abb. 29: Entity-Relationship-Modell für die BÜK 200 und die BK 25

Die inhaltliche Beschreibung der ausgewiesenen Entitäten erfolgt mit Hilfe von alphanumerisch kodierten Attributen nach streng definierter Syntax (Abb. 30). Regelwerk hierfür ist der Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1995).

Im FIS BODEN werden derzeit Geländemerkmale von ca. 75 000 Bohrstocksondierungen und Laboranalysen, inklusive Profilbeschreibungen und Profilphotos von ca. 250 Musterprofilen, vorgehalten. Des weiteren umfaßt die Datenbasis landesweite Flächeninformationen zur BÜK 200 sowie zu 56 Blättern der BK 25. Letztere decken etwa ein Fünftel der Landesfläche ab.

Ein wesentlicher Vorteil der Standardisierung bodenkundlicher Informationen ist die formale Datenintegrität und die daraus resultierende Möglichkeit der rechnergestützten Ableitung von physikalischen und chemischen Bodenkennwerten. Beispiele hier-

Entität	B O D E N F O R M		
Attribut	BODENTYP	BODENART	GESTEIN
Code	Blt'	5. (G9)	qW,,Lol/qp,,f
Semantik	mäßig tief entwickelte, schwach lessivierte Braunerde	lehmgiger, schwach kiesiger Schluff; ab 6 bis 10 dm u. Fl. unterlagert von tonigem Kies	würmzeitlicher Lößlehm; ab 6 bis 10 dm u. Fl. unterlagert von pleistozänem Flußabsatz

Abb. 30: Beispiele der Attributierung und Kodierung für die Entität „Bodenform“

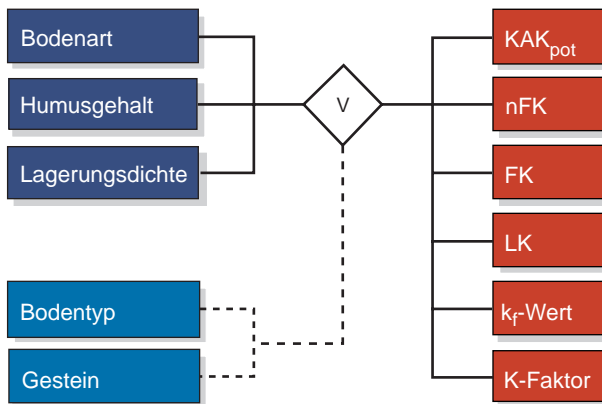


Abb. 31: Ermittlung von Bodenkennwerten mit Hilfe einfacher Verknüpfungsregeln

für sind die Wasser- (nFK, FK) und Luftkapazität (LK), die Wasserdurchlässigkeit im gesättigten Zustand ( $k_f$ -Wert), die Erodierbarkeit des Oberbodens (K-Faktor) sowie die potentielle Kationenaustauschkapazität ( $KAK_{pot}$ ).

Als Eingangsparameter für die Kennwertberechnung dienen im wesentlichen, neben dem Bodentyp und dem Ausgangsgestein, die im Gelände bei der Profilaufnahme ermittelten Schätzgrößen Bodenart, Humusgehalt und effektive Lagerungsdichte (Abb. 31). Die dabei angewandten Verknüpfungsregeln (V) basieren einerseits auf den Vorgaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung der Staatlichen Geologischen Dienste in der Bundesrepublik Deutschland (AG BODENKUNDE 1982). Sie sind andererseits abgestimmt auf baden-württembergische Verhältnisse unter Einbeziehung der laboranalytisch untersuchten Musterprofile, welche die wichtigsten Bodenformen im Land repräsentieren.

## 8.3 Anwendungsbeispiele

### 8.3.1 Böden als Filter und Puffer für Schadstoffe

Im Rahmen der Erstellung geowissenschaftlicher Übersichtskarten zur Fortschreibung des Landschaftsrahmenprogramms Baden-Württemberg (s. Kap. 9) wurde u. a. eine Gesamtbewertung der Bodenfunktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“ vorgenommen. Methodische Grundlage hierfür war der Leitfaden zur Bewertung der im Bodenschutzgesetz von Baden-Württemberg verankerten Bodenfunktionen (Umweltministerium Baden-Württemberg 1995).

Dem Bewertungsverfahren liegt zugrunde, daß die Sorptionskapazität des Bodens mit der Ton- und Humusmenge korreliert. Ton und Humus wirken zusätzlich über das Porensystem auf Bewegung und Verweildauer des Wassers im Boden und beeinflussen dadurch, neben der mechanischen Filterwirkung, die Reaktionszeit gelöster Stoffe mit Bodensubstanzen. Ferner nimmt mit steigendem pH-Wert die Mobilität von Schwermetallen ab, hingegen die Basensättigung und damit die Pufferwirkung gegen Säuren zu.

Die für die Funktionsbewertung erforderlichen Eingangsparameter wurden im wesentlichen dem Flächendatensatz der BÜK 200 entnommen. Sie beinhalten Angaben zum Bodensubstrat, dem Humusgehalt und der Humusform sowie zur Basensättigung und der Hydromorphie. Die Abgrenzung von land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen erfolgte über die Objektebene „Vegetation“ der Topographischen Übersichtskarte 1 : 200 000 (TÜK 200).

Der in Abb. 32a wiedergegebene Ausschnitt der BÜK 200, Blatt CC 7918 Stuttgart-Süd (RILLING et al. 1993) zeigt auf der Albhochfläche aus Wohlgeschichteten Kalken des Oberjuras flach- bis mittelgründige Rendzinen, Braunerden und Terra fusca-Rendzinen aus schutthaltigem, schluffig-tonigem Lehm über Kalksteinersatz (Kartiereinheit 76). An den steilen Hängen des Albtraufs schließen sich Rendzinen und Braunerde-Rendzinen aus schuttreichem, schluffig-tonigem Lehm über Kalkstein und Kalksteinschutt an (Kartiereinheit 100). Die mit nur geringen Ton- (Abb. 32b) und bis zu mittleren Humusmengen (Abb. 32c) ausgestatteten Böden besitzen dennoch aufgrund ihrer hohen Basensättigung eine mittlere Filter- und Pufferkapazität (Abb. 32d).

Für die ton- und humusarmen Pararendzinen aus grusig-toniger Fließerde über Mergelstein sowie für die Rendzinen aus tonig-steinigem Hangschutt an den Unterhängen des Albtraufs und an den Hängen der Vorberge (Kartiereinheiten 102, 103) ist aufgrund der hohen Basensättigung ein hohes bis sehr hohes Filter- und Puffervermögen charakteristisch. Ebenfalls hoch zu bewerten sind im Albvorland auf den Stufenflächen des Unteren Mitteljuras die mit hohen Ton- und geringen bis mittleren Humusmengen ausgestatteten Pelosole, Pelosol-Braunerden und Pseudogley-Pelosole aus grusigem Lehm über Ton (Kartiereinheiten 50, 53, 54).

Dagegen besitzen die ton- und humusreichen Braunerden Auenböden aus kiesig-schluffigem Lehm in den Tälern des Albvorlands (Kartiereinheit 69) sowie die

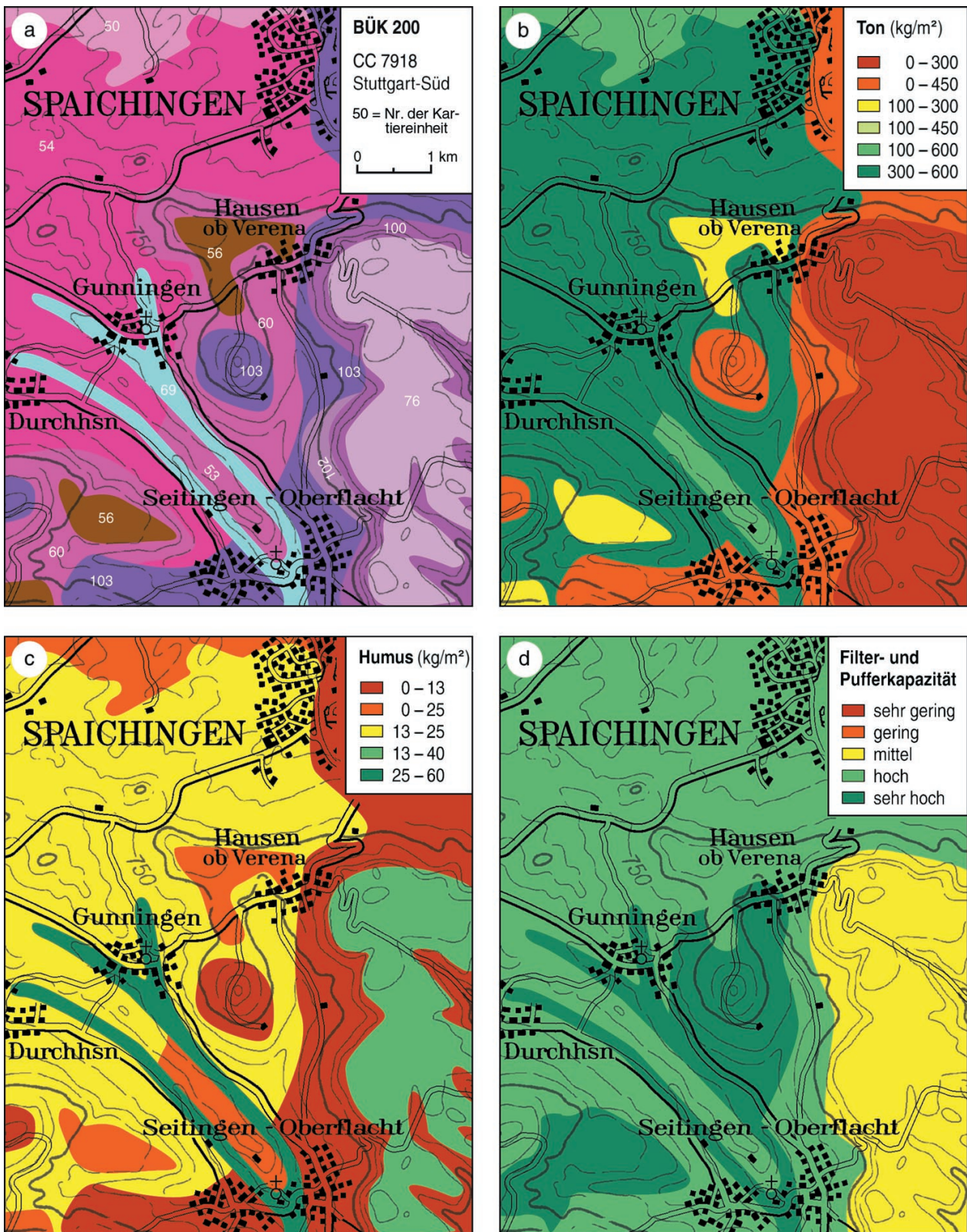


Abb. 32: Ermittlung des Filter- und Puffervermögens für Schadstoffe und Säuren auf Basis der BÜK 200  
a – Kartenausschnitt (vergrößert) der BÜK 200, Blatt CC 7918 Stuttgart-Süd; b – Tonmengen der Böden; c – Humusmengen der Böden; d – Bewertung des Filter- und Puffervermögens



### Dimensionierung von Versickerungsmulden

Berechnete Muldenfläche bezogen auf die abflußwirksame Fläche bei 24stündigem Niederschlag

- ≤ 10 %
- 10 – 12 %
- 12 – 14 %
- 14 – 16 %
- 16 – 18 %
- 18 – 20 %
- ≥ 20 %
- Gewässer
- Siedlungen >8 km<sup>2</sup>, unbewertet

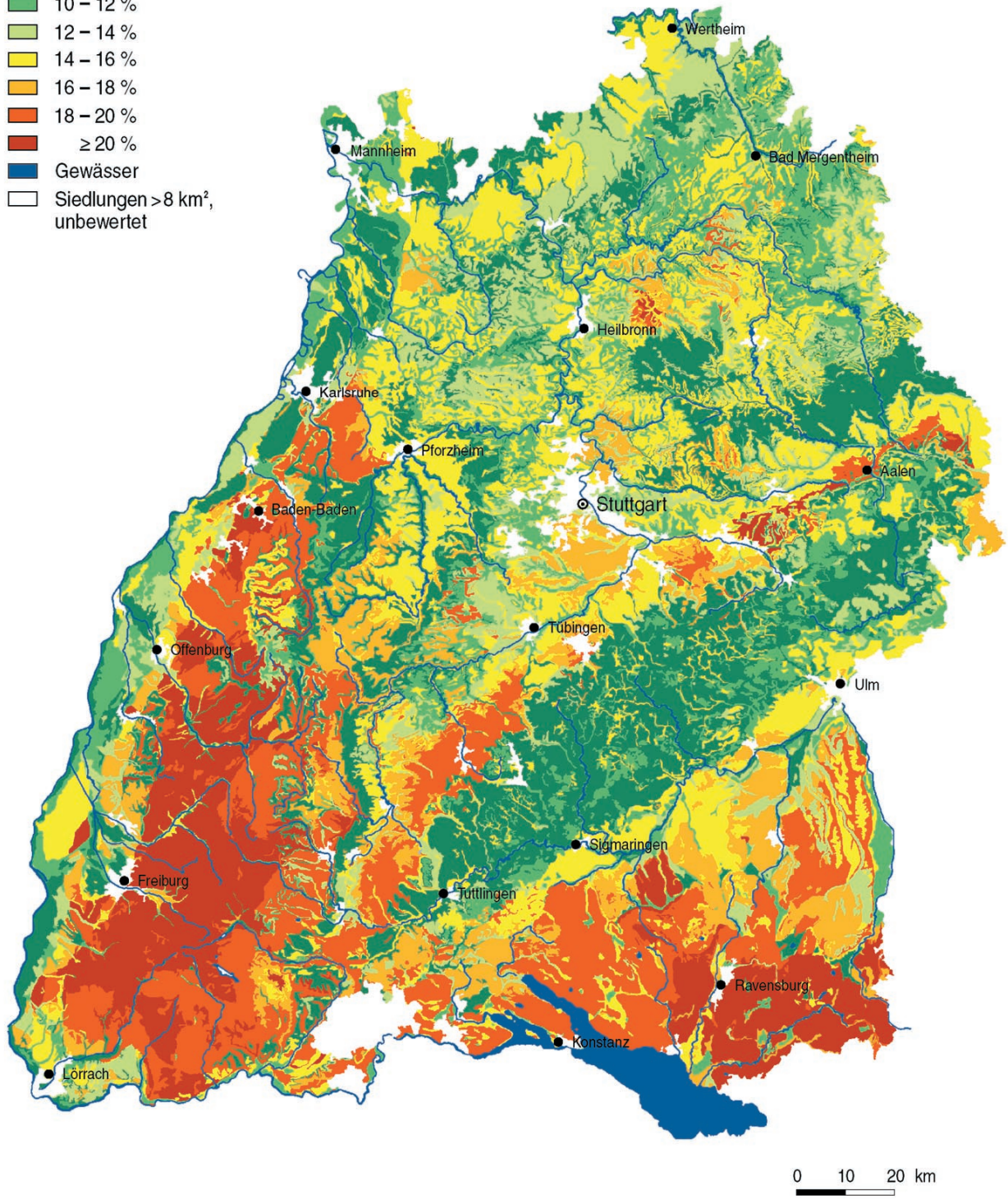


Abb. 33: Übersichtskarte der Dimensionierung von Versickerungsmulden bei 24stündigem Niederschlagsereignis (verkleinerte Darstellung)

basenreichen Braunerden und Braunerde-Pelosole aus grusigem schluffig-tonigem Lehm auf Karbonatgesteinen des oberen Mitteljuras (Kartiereinheiten 56, 60) ein hohes bis sehr hohes Filter- und Pufferpotential.

### 8.3.2 Versickerung von Niederschlagswasser in Bodenmulden

Um den Auswirkungen der zunehmenden Versiegelung freier Flächen auf den Wasser- und Stoffkreislauf entgegenzutreten, kommen in den letzten Jahren vermehrt alternative Methoden der Siedlungsentwässerung zur Anwendung (GEIGER & DREISEITL 1995). Unverschmutztes Niederschlagswasser wird nicht mehr in die Kanalisation eingeleitet, sondern direkt über künstlich angelegte Grasmulden dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt.

Regelwerk für die Eignungsprüfung von Böden zur Regenwasserversickerung über Mulden ist das Arbeitsblatt A138 der Abwassertechnischen Vereinigung e. V. (1990). Die hierfür erforderlichen Eingangsparameter Luftkapazität, mechanische Gründigkeit und Wasserleitfähigkeit im gesättigten Zustand wurden der BÜK 200 entnommen. Die hydrologische Leitfähigkeit des geologischen Untergrunds sowie der Grundwasserflurabstand wurden aus der Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 200 000 (HÜK 200) abgeleitet. Das Digitale Höhenmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) lieferte die Geländeneigung und -höhe, der Starkregenatlas des Deutschen Wetterdienstes (BARTELS 1997) die Niederschlagsdauer und -intensität.

Die als Verhältnis von versickerungswirksamer zu versiegelter Fläche dargestellte Muldendimensionierung ist der Übersichtskarte zu entnehmen (Abb. 33). Dabei wurden eine Muldentiefe von 3 dm sowie ein 24stündiges Niederschlagsereignis vorausgesetzt. Während in Lagen mit einer Geländeneigung >30 % eine Muldenversickerung aus bautechnischen Gründen ausscheidet, ist bei Böden mit einer Gründigkeit <3 dm eine nachhaltige Filterfunktion nicht mehr gewährleistet (in der verkleinerten Ausgabe der Übersichtskarte von Abb. 33 nicht dargestellt).

Bei einer landesweiten Betrachtung der naturräumlichen Gegebenheiten in Baden-Württemberg ist generell von einer großzügigen Dimensionierung der Versickerungsmulden auszugehen. Dies gilt insbe-

sondere für den Grundgebirgs-Schwarzwald und das Allgäu mit hohen Regenintensitäten sowie für den Nordrand der Schwäbischen Alb mit geringen hydraulischen Leitfähigkeiten.

Die Übersichtskarte ersetzt keine Einzelfallprüfung der standörtlichen Gegebenheiten. Infolge kleinräumiger, nicht darstellbarer Wechsel der lokalen Gegebenheiten kann auch eine andere, von der Karte abweichende Muldendimensionierung zweckmäßig sein.

## 8.4 Ausblick

Die Datenbasis im FIS BODEN beschränkt sich gegenwärtig auf Punkt- und Flächendaten der BK 25 und BÜK 200. Allerdings ist im Hinblick auf eine bedarfsgerechte, blattschnittfreie Auswertung und Bereitstellung der Daten die Überarbeitung der auf Meßtischblätter bezogenen Sach- und Geometriedaten unumgänglich.

Neben den Datengrundlagen gilt es gleichermaßen, die Auswertungsmethoden fortzuschreiben. Sie beschränken sich bislang auf die automatisierte Ableitung von physikalischen und chemischen Kennwerten für einzelne Bodenformen einer Kartiereinheit. Dabei wird weder dem Aspekt der naturräumlichen Vergesellschaftung von Bodenformen in einer Kartiereinheit noch dem der Vergesellschaftung von Kartiereinheiten in übergeordneten Bodenlandschaften Rechnung getragen.

Die Entwicklung von GIS- und Datenbank-gestützten Auswertungsmodulen zur Erstellung komplexer Auswertungskarten steht noch aus. Grundsätzlich ist anzumerken, daß die derzeit eingesetzten empirischen Auswertungsmethoden im wesentlichen auf der Verknüpfung bzw. Verschneidung von Bodenmerkmalen basieren und oft nur qualitative Aussagen erlauben. Inwiefern sich die Struktur und die Inhaltsbeschreibung herkömmlicher Bodenkarten für numerische, prozessorientierte Simulationsmodelle eignen, ist noch zu prüfen.

## Literatur

Abwassertechnische Vereinigung e. V. (1990): Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. – Arbeitsbl., **A138**: 16 S.; St. Augustin (ATV).

- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl., 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover (BGR).
- BARTELS, H. (1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland. – KOSTRA Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie: 29 S., 53 Kt. + Kt.-Beil. + Disk.; Offenbach am Main (Dt. Wetterdienst).
- CHEN, P. P.-S. (1976): The entity-relationship model – towards a unified view of data. – In: ACM Trans. Database Systems, **1** (1): 9 – 36, 23 Abb.; Boston.
- GEIGER, W. & DREISEITL, H. (1995): Neue Wege für das Regenwasser – Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten: 293 S., 160 Abb., 22 Tab.; München (Oldenbourg).
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – Geol. Landesamt Baden-Württ., Informationen, **5**: 68 S., 1 Abb., 1 Tab.; Freiburg i. Br.
- RILLING, K. & WALDMANN, F., mit Beitr. von FLECK, W. & KÖSEL, M. (1993): Blatt CC 7918 Stuttgart-Süd, Karte und Tabellarische Erläuterung. – Bodenübersichtskt. Baden-Württ. 1 : 200 000: 73 S., 1 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (Geol. Landesamt Baden-Württ.).
- Umweltministerium Baden-Württemberg (1995): Bewertung der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. – Luft, Boden, Abfall, **31**: 56 S., 17 Tab., 6 Anl.; Stuttgart.

## 9 Erzeugung von landesweiten Übersichtskarten unter Einsatz eines GIS

### 9.1 Allgemeines

Für die Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans Baden-Württemberg<sup>1</sup> waren in einem Zeitraum von 15 Monaten 13 Kartenthemen im Maßstab 1 : 200 000 durch das GLA zu bearbeiten. Am Beispiel dieses Projekts läßt sich zeigen, wie mit Hilfe eines GIS in vergleichsweise kurzer Bearbeitungszeit thematische Übersichtskarten erstellt werden können.

Folgende Themen wurden bearbeitet:

#### Hydrogeologie

- Hydrogeologische Einheiten und zugehörige gesteinsgebundene Grundwasserbeschaffenheit
- Durchlässigkeiten der oberen grundwasserführenden hydrogeologischen Einheiten
- Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
- Genutzte Heilwässer, Thermalwässer und Säuerlinge
- Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete

#### Bodenkunde

- Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf
- Gesamtbewertung des Filter- und Pufferpotentials der Böden
- Filter- und Pufferpotential der Böden für anorganische Schadstoffe
- Filter- und Pufferpotential der Böden für organische Schadstoffe
- Filter- und Pufferpotential der Böden für Säuren

#### Rohstoffgeologie

- Potentielle Abbaufächen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe
- Abbaustellen und Fördermengen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe
- Jährliche Fördermengen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe.

Einsatz und Nutzen von Geoinformationssystemen werden im folgenden am Beispiel der Karte "Hydrogeologische Einheiten und zugehörige gesteinsgebundene Grundwasserbeschaffenheit" gezeigt (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1996).

### 9.2 Datengrundlage

Zu Projektbeginn existierte im Bereich Hydrogeologie mit Ausnahme der Übersichtskarte „Grundwasserlandschaften“ (KÖHLER 1985) keine flächendeckende Darstellung für Baden-Württemberg, die für die Erzeugung der hydrogeologischen Übersichtskarten hätte verwendet werden können. Für die Bearbeitung des Kartenthemas wurde deshalb auf die folgenden digitalen Punkt- und Flächendaten zurückgegriffen:

- Chemische Daten von Grundwasseranalysen aus Baden-Württemberg; GLA-eigene Datei, ca. 10 000 Datensätze
- Ergebnisse der chemischen Analysen des Basismeßstellennetzes der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) aus dem Jahr 1995; ca. 120 Datensätze;
- Geologische Übersichtskarte 1 : 500 000 (GÜ 500, Bearbeitungsmaßstab 1 : 200 000) mit Attributierung der Ausstrichflächen der geologischen Einheiten

Weitere Informationen lagen analog im Archiv und in der Bibliothek des GLA vor.

### 9.3 Vorgehen bei der Bearbeitung der hydrogeochemischen Übersichtskarte

#### 9.3.1 Kartenthema

Kartenthema ist die Verbreitung der Grundwassertypen, die in den verschiedenen Gesteinen in Baden-Württemberg oberflächennah bei geringer bis fehlender anthropogener Belastung und einer Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag auftreten. Der Grundwassertyp wird in diesen Fällen, mit Ausnahme der gering mineralisierten Wässer (s. u.), überwiegend durch die mineralogische Zusammensetzung des Kontaktgesteins bestimmt. Chemische Entwicklungen infolge erhöhter Temperaturen oder langer Verweilzeiten sowie Veränderungen durch Mischungsprozesse sind nicht berücksichtigt.

#### 9.3.2 Klassifikationsschema

Das für die Typisierung der Grundwässer verwendete Klassifikationsschema stützt sich auf den Ge-

<sup>1</sup> Im Auftrag des Wirtschaftsministeriums, Umweltministeriums und Ministeriums für ländlichen Raum und Umwelt Baden-Württemberg

samtlösungsinhalt und die überwiegenden Kationen und Anionen. Nach dem Gesamtlösungsinhalt wurden vier Klassen gebildet:

- Grundwässer mit geringem Gesamtlösungsinhalt (etwa 50–200 mg/kg)
- Grundwässer mit mittlerem Lösungsinhalt (etwa 200–700 mg/kg)
- Grundwässer mit mittlerem bis vereinzelt höherem Lösungsinhalt (etwa 500–2500 mg/kg)
- Grundwässer mit stark schwankendem Lösungsinhalt.

Die Kationen und Anionen werden getrennt gemäß ihren relativen Anteilen [in mol(eq)%] berücksichtigt, allerdings nur dann, wenn ihr Anteil > 20 % beträgt. Dieses Klassifikationsschema wurde zwar für Mineralwässer entwickelt (HÖLTING 1996), kann jedoch auch für Süßwässer benutzt werden.

### 9.3.3 Klassifikation

Für die hydrochemische Typisierung wurden in einem ersten Auswertungsschritt die geologischen

Einheiten der GÜ 500, die als geringdurchlässige Deckschichten auftreten (z. B. Löß und Lößlehm, Bunte Breckzie und Feuersteinlehm sowie Molasse-schichten nördlich der Donau), abgedeckt und die Geologie der abgedeckten Karte von Hand ergänzt. Anschließend wurden die verbliebenen geologischen Einheiten auf 18 hydrogeochemische Einheiten reduziert. Zusammengefaßt wurden solche Einheiten, die eine vergleichbare mineralogische Zusammensetzung aufweisen und deshalb einen einheitlichen geogenen Grundwassertyp erwarten lassen (Abb. 34).

Um diesen Einheiten Grundwassertypen zuordnen zu können, wurden die amtseigenen Grundwasserbeschaffenheitsdaten, ergänzt um hydrochemische Analysen des Basismeßstellennetzes der LfU, ausgewertet. In dem digitalen Datensatz wurde mit folgendem Filter recherchiert: Chloridgehalt < 20 mg/kg und Nitratgehalt < 20 mg/kg und Entnahmetiefe < 100 m. Dadurch konnten anthropogen stärker beeinflusste Wässer und Analysen tiefer Grundwässer weitgehend ausgeschlossen werden. Die Recherche ergab rund 800 Analysen.

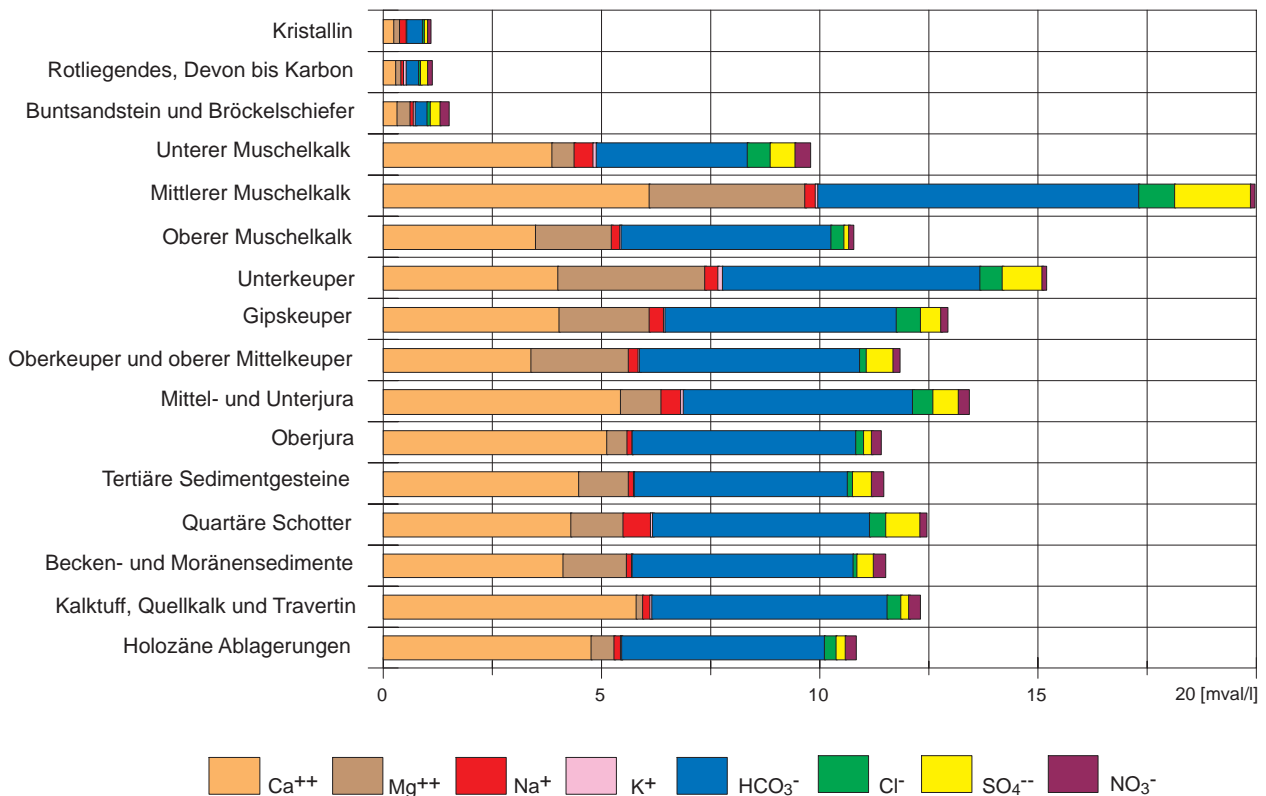


Abb. 34: Repräsentative Grundwasseranalysen für die verschiedenen hydrogeochemischen Einheiten, dargestellt als Säulendiagramme

Wasser mit geringem Lösungsinhalt (ca. 50–200mg/l)

- Tertiäre Magmatite und Impaktbildungen
- Buntsandstein und Bröckelschiefer
- Rotliegendes, Devon bis Karbon
- Kristallin
- Aufhängung von Wässern mit geringem Lösungsinhalt durch Lößauflage

Unterer Muschelkalk

Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Wasser

- Oberkeuper und oberer Mittelkeuper
- Unterkeuper
- Oberer Muschelkalk
- Trias ungegliedert

Wässer mit mittlerem Lösungsinhalt (ca. 200–700 ng/l)

Ca-HCO<sub>3</sub>-Wässer

- Kalktuff, Quellkalk und Travertin
- Becken- und Moränensedimente
- Quartäre Schotter
- Tertiäre Sedimentgesteine
- Oberjura
- Mittel- und Unterjura

Wässer mit mittl. bis vereinzelt höh. Lösungsinhalt

Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Wässer

- Mittlerer Muschelkalk
- Gipskeuper

Wässer mit stark wechselndem Lösungsinhalt

- Holozäne Ablagerungen

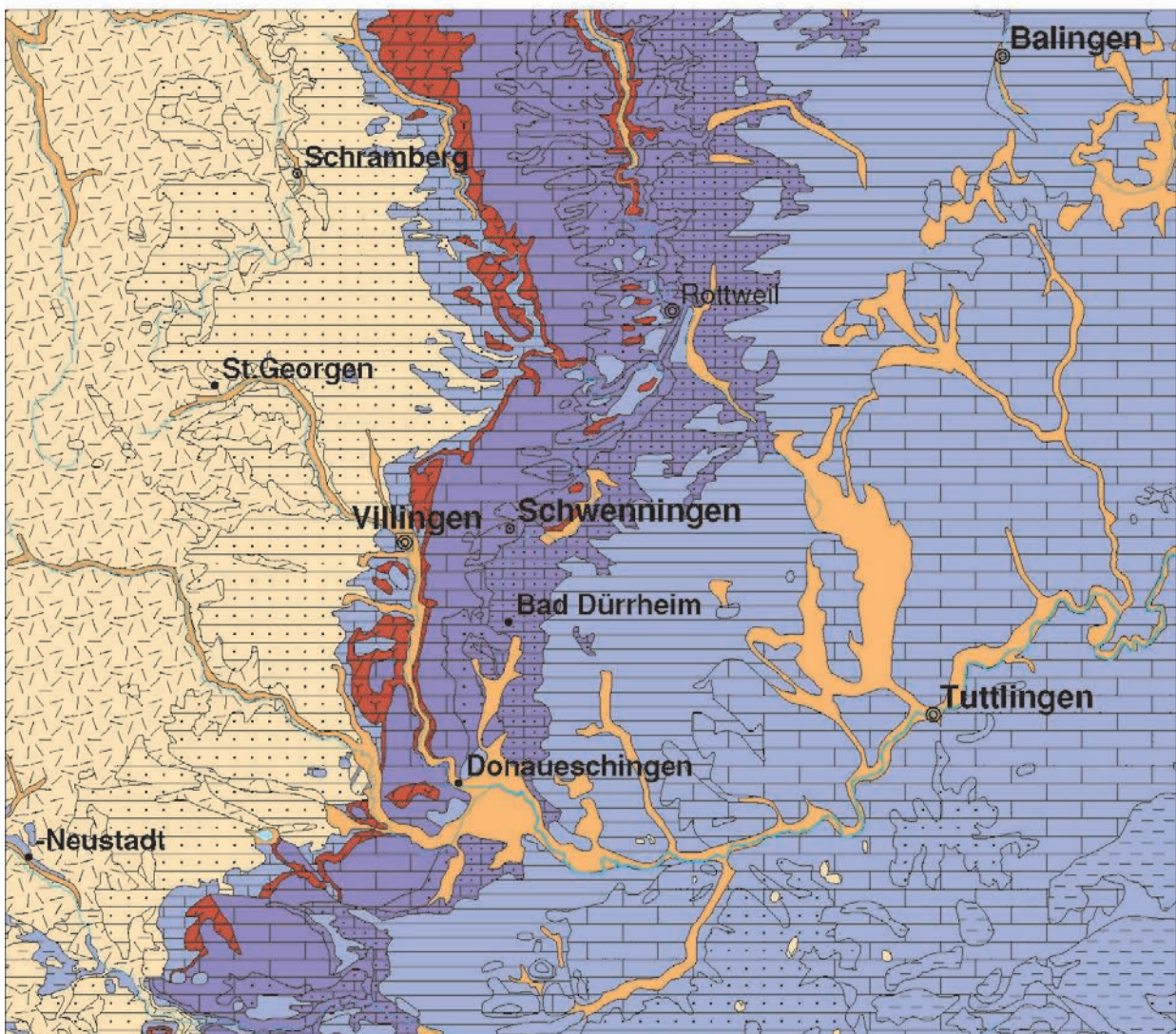


Abb. 35: Legende und Ausschnitt aus der Karte der hydrogeochemischen Einheiten und der zugehörigen gesteinsgebundenen Grundwasserbeschaffenheit

Grundwässer mit geogen bedingten hohen Chloridgehalten treten in Baden-Württemberg oberflächennah nur ganz vereinzelt auf und sind nicht typisch für bestimmte hydrogeologische Einheiten. Dies zeigte eine zweite Recherche, bei der nur die Entnahmetiefe und der Nitratgehalt Auswahlkriterien waren.

Anhand der bei den Labordaten mitgeführten geologischen Kennung war es möglich, die Analysen den 18 hydrogeochemischen Einheiten zuzuordnen. Die Belegdichte der einzelnen Einheiten mit Analysen war dabei sehr unterschiedlich. Dies ist u. a. dadurch bedingt, daß in einigen hydrogeochemischen Einheiten anthropogen gering oder nicht belastete Wässer praktisch nicht mehr vorkommen.

Für die hydrogeochemischen Einheiten wurden anhand der selektierten Datensätze für die wichtigsten Ionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ) sowie für den Gesamtlösungsinhalt die Medianwerte bestimmt. Im Vergleich zu den arithmetischen Mittelwerten sind diese unempfindlicher gegenüber Ausreißern. Für jede Einheit wurde dann mit Hilfe der euklidischen Abstände die Analyse gesucht, die der medianen Zusammensetzung am ähnlichsten ist (Abb. 34). Diese Analyse wurde für die Einstufung der jeweiligen hydrogeochemischen Einheit nach dem Klassifikationsschema verwendet.

### 9.3.4 Erstellung des Kartenthemas

Mit Hilfe der Beziehungen zwischen den geologischen und hydrogeochemischen Einheiten konnte die abgedeckte geologische Karte durch Aggregation von Flächen gleichen chemischen Grundwassertyps in eine Karte der geogenen gesteinsgebundenen Grundwasserbeschaffenheit umgesetzt werden. Durch Übersignatur sind zusätzlich die Bereiche ausgewiesen, in denen Grundwässer mit geringem Lösungsinhalt durch eine Überlagerung des Grundwasserleiters mit Löß aufgehärtet sein können. Die einzelnen hydrogeochemischen Einheiten sind schließlich als drittes Thema ebenfalls durch Übersignaturen in der Karte dargestellt (Abb. 35).

## 9.4 Erstellung der übrigen Kartenthemen

Für die rohstoffgeologischen und bodenkundlichen Übersichtskarten konnte z. T. auf umfangreiche digitale Datenbestände zurückgegriffen werden (z. B.

Prognostische Rohstoffkarte, Datenbank der Abbaubetriebe und Bodenübersichtskarte BÜK 200). Die verwendeten GIS-Methoden werden z. T. im Rahmen des BIS standardmäßig zur Erzeugung von Karten im Maßstab 1 : 25 000 oder 1 : 50 000 eingesetzt (Kap. 5 und 8), so daß vielfach nur eine Generalisierung auf den Zielmaßstab erforderlich war. Die erstellten Ergebniskarten basieren in diesen Fällen auf einer geprüften und gesicherten Datenbasis und sind entsprechend zuverlässig.

Demgegenüber können die Ergebnisse im Bereich Hydrogeologie nur als vorläufig betrachtet werden, die erneut bearbeitet und verbessert werden müssen, sobald entsprechende Basisdaten vorliegen. Die dafür erforderliche Systematik, die Methodik und Art der Darstellung kann jedoch übernommen werden. Datenbanktabellen, AML-Programme und ARC/INFO-Legenden liegen vor.

## 9.5 Schlußfolgerungen

Als Schlußfolgerung der durchgeführten Auswertungen lassen sich die folgenden allgemeinen Erkenntnisse ableiten:

Der Einsatz eines GIS hat sich bei der gegebenen Fragestellung als wirkungsvolles Werkzeug zur Erzeugung von Kartenthemen erwiesen.

Die verwendeten Ausgangsdaten und Algorithmen bedürfen einer sorgfältigen und fachkundigen Prüfung. Besondere Beachtung erfordern die Bearbeitungs- und Darstellungsmaßstäbe.

Je ausgereifter ein Algorithmus ist, desto weniger manuelle Korrekturen sind abschließend erforderlich. Der Aufbau solcher Algorithmen und ihre Organisation in einer Methodenbank lohnt sich vor allem bei wiederholter Anwendung, z. B. für Kartenwerke.

Die Verwendung eines GIS ist besonders effektiv, wenn die Hierarchie der Kartenthemen berücksichtigt wird. So gibt es primäre Kartenthemen, die überwiegend manuell erstellt werden müssen und direkt auf Datenbankinhalte zugreifen, und sekundäre, die von den primären abgeleitet werden können. Primäre Themen sind z. B. der Grundwassergleichenplan und der Isolinienplan einer geologischen Grenzfläche, während die Mächtigkeit einer Gesteinseinheit oder die Grundwassermächtigkeit sekundäre Themen sind. In Abb. 36 ist die Hierarchie für ausgewählte hydrogeologische Kartenthemen dargestellt. Ein ra-

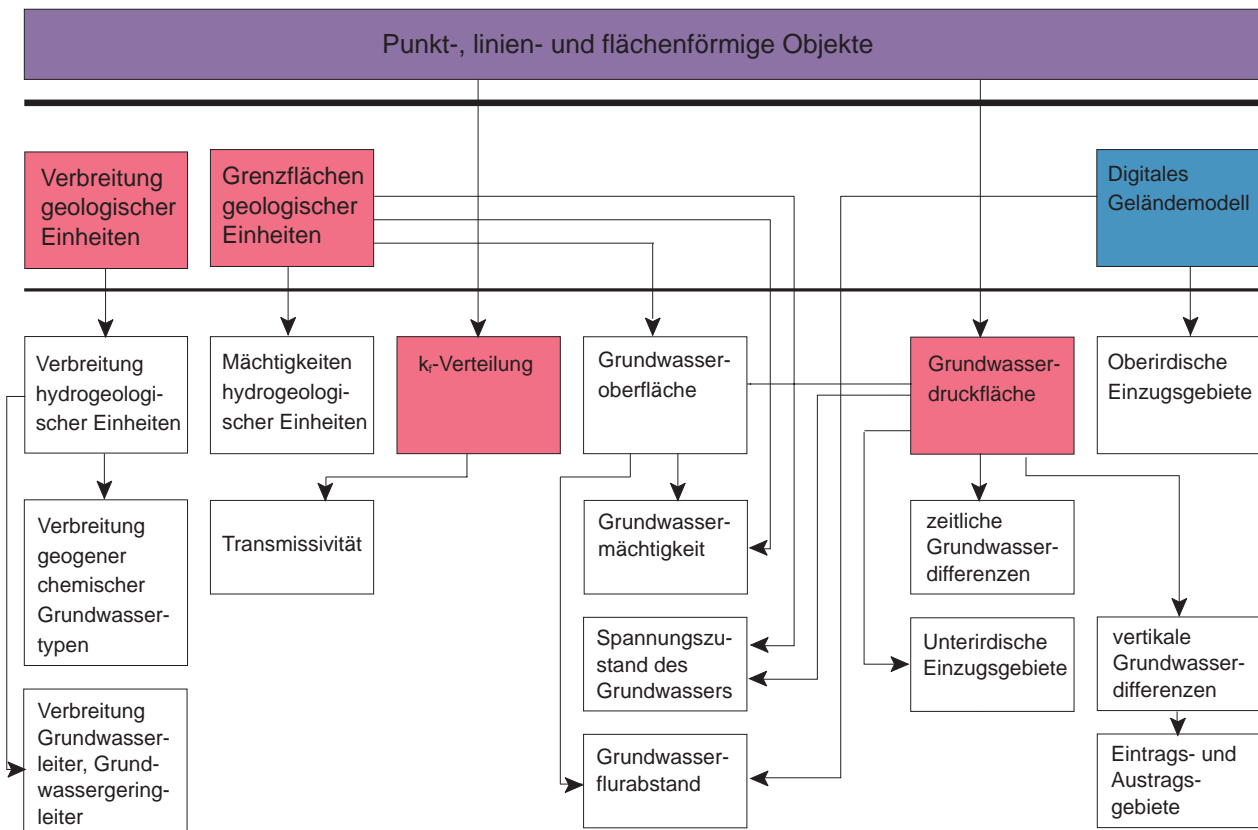


Abb. 36: Hierarchie ausgewählter hydrogeologischer Themen

Blau – punkt-, linien- und flächenförmige Objekte in der Datenbank; rot – primäre Themen; weiß – sekundäre Themen

tionelles Vorgehen erfordert, daß zuerst die primären und anschließend die sekundären Themen bearbeitet werden.

Eine einheitliche und möglichst umfassende Archivierung der Kartenthemen ist unabdingbare Voraussetzung für eine einfache Fortschreibung und weitere Nutzung der Themen.

## Literatur

- BILL, R. (1996): Grundlagen der Geoinformationssysteme. Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. Bd. 2. – 463 S., viele Abb.; Karlsruhe (Wichmann).
- DOMMERMUTH, H. & TRAMPF, W. (1990): Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951–1980, Teil I. – 10 S., 11 Kt.; Offenbach (Dt. Wetterdienst).

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1996): Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans Baden-Württemberg; Erstellung landesweiter Grundlagenkarten. – Abschlußbericht zum Teilprojekt Hydrogeologie, Az. 4458.01/95-4763: 14 S., 5 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br. [unveröff.]

HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie. – 5. überarb. u. erw. Aufl.: 441 S., 114 Abb., 46 Tab.; Stuttgart (Enke).

KÖHLER, W.-R., unter Mitarbeit von VILLINGER, E. & WERNER, J. (1985): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg. Grundwasserlandschaften. – 2 Kt. 1 : 600 000, Erl.: 12 S., 6 Beil.; Freiburg i. Br.

SCHIRMER, H. & VENT-SCHMIDT, V. (1979): Das Klima der Bundesrepublik Deutschland, Mittlere Niederschlagshöhen für Monate und Jahr, Zeitraum 1931–1960. – 24 S., 46 S. Abb. + Tab., 16 Kt. (Beil.); Offenbach a. M. (Dt. Wetterdienst).



# 10 Räumliche Modellierung hydrogeologischer Strukturen im nördlichen Oberrheingraben

## 10.1 Vorbemerkungen

Erster Schritt bei der hydrogeologischen Kartierung ist die räumliche Modellierung des hydrogeologischen Baus, d. h. die Verbreitung von Grundwasserleitern und -geringleitern im Kartiergebiet. Dazu werden hydrogeologische Einheiten definiert und deren Grenzen in vertikaler und horizontaler Richtung erfaßt. Dies geschieht in der Regel auf der Grundlage von Bohrdaten.

Nahezu alle übrigen Kartiererergebnisse stehen direkt oder indirekt mit dem hydrogeologischen Bau in Verbindung bzw. lassen sich aus den kartierten Grenzflächen ableiten. So werden die Mächtigkeiten einzelner hydrogeologischer Einheiten durch Differenzbildung aus den Basisgeometrien der Grenzflächen erzeugt, die Grundwassermächtigkeit aus der Differenz zwischen den Höhen der Aquiferbasis und der Grundwasseroberfläche. Die Verteilung oder Verbreitung von hydrogeologischen, hydrologischen oder hydrochemischen Parametern (z. B. Durchlässigkeiten, Transmissivitäten, Speicherkoeffizienten, Druckhöhen, Nitratkonzentrationen, Tritiumgehalte) bezieht sich nahezu immer auf einzelne definierte hydrogeologische Einheiten. Dies erfordert, daß jeder Grundwasseraufschluß (Quelle, Brunnen, Grundwassermeßstelle), an dem Parameter gemessen wurden, eindeutig einer hydrogeologischen Einheit oder mehreren hydrogeologischen Einheiten zugeordnet wird. Dies ist wiederum nur möglich, wenn deren räumliche Geometrie bekannt ist.

Da bei der hydrogeologischen Kartierung viele Daten anfallen und miteinander verknüpft werden müssen, kommen zunehmend Fachinformationssysteme zum Einsatz. Die unterschiedlichen Datentypen und spezifischen Anforderungen an die Datenverarbeitung bedingen den Einsatz verschiedenster Softwarekomponenten. Hierzu gehören relationale Datenbankmanagementsysteme (RDBMS), Geoinformationssysteme (GIS), spezifische graphische Auswertesoftware, statistische und geostatistische Programme und 3D-Visualisierungswerkzeuge. Da alle Daten, die mit diesen Komponenten bearbeitet werden, über ihren Raumbezug miteinander verknüpft sind, hat das GIS eine zentrale Bedeutung in dieser Softwareumgebung. Die GIS-Nutzung bietet einige Möglichkeiten und Vorteile:

- Bezug der Kartiererergebnisse zu den Grundlagendaten in den Datenbanken des LGRB
- Raumbezogene Recherche von Grundlagendaten und Auswertergebnissen
- Möglichkeit der Online-Visualisierung und der maßstabsfreien Überlagerung der Kartiererergeb-

nisse mit anderen thematischen Karten bzw. Informationsebenen

- Vereinfachte Erzeugung von Auswertungskarten (Differenzen- und Mächtigkeitskarten)
- Einfache Übergabe der Geodaten an weiterführende Nutzungen (z. B. Grundwassermodelle)
- Konsistente, fortschreibungsfähige Geodatenhaltung.

Hydrogeologische Karten existieren bereits in analoger Form für die wichtigsten Porengrundwasserleiter in Baden-Württemberg. Die einzelnen Kartenwerke sind sehr individuell und auf die spezifischen hydrogeologischen Verhältnisse der jeweiligen Untersuchungsgebiete ausgerichtet. Für die zukünftige Kartierung und die Fortführung bestehender Kartenwerke soll der Kartierprozeß unter Nutzung von Informationssystemen harmonisiert und rationalisiert werden.

Die Vorgehensweise bei der Kartierung, die Einbettung des Kartierprozesses in die IuK-Infrastruktur des LGRB und die digitale Dokumentation der Kartiererergebnisse werden im folgenden vorgestellt und diskutiert. Ein Schwerpunkt dabei ist die Beschreibung eines konzeptionellen Datenmodells für die Ablage von Kartiererergebnissen.

## 10.2 Methodik der Kartierung

Grundlage der geometrischen und parametrischen Information sind in der Regel punktförmige Aufschlüsse. Sie sind in der Aufschlußdatenbank des LGRB (ADB) abgelegt. Der Weg dieser Informationsgrundlagen (s. Kap. 1) zum fertigen Kartiererergebnis kann in mehrere Schritte eingeteilt werden:

- Aktualisierung der Aufschlußdatenbank
- Erarbeitung des hydrogeologischen Modells, Interpretation von Schichtenverzeichnissen
- Konstruktion von Längs- und Querprofilen
- Konstruktion von Schichtlagerungskarten
- Konstruktion hydrogeologischer Körper, Zuordnung von Kennwerten
- Dokumentation und Ablage von Kartiererergebnissen
- Auswertungen, Kartographie, Visualisierung.

Zunächst werden die in der ADB vorhandenen Aufschlüsse gesichtet, die Stammdaten überprüft und ergänzt sowie gegebenenfalls mit den Daten der Wasserwirtschaft abgeglichen. Besondere Bedeutung haben dabei die eindeutige Identifizierung der Aufschlüsse und die Klärung des Raumbezugs.

Danach erfolgt die Interpretation der Schichtenverzeichnisse, soweit möglich unter Zuhilfenahme von geophysikalischen, sedimentologischen und paläontologischen Daten. Für das Kartiergebiet wird ein geologisches Normalprofil erstellt, in dem die zu kartierenden hydrogeologischen Einheiten definiert und abgegrenzt sind.

Über das Kartiergebiet wird ein Netz von Längs- und Querschnitten gelegt. In den Schnittflächen wird die Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten in Vertikalprojektion dargestellt. Die Konstruktion, d. h. die Interpolation zwischen den einzelnen punktförmigen Aufschlüssen, erfordert detaillierte Kenntnisse über die geologische Geschichte des untersuchten Gebiets.

Anschließend erfolgt die Konstruktion der Grenzflächen der verschiedenen hydrogeologischen Einheiten in einer Grundrißprojektion in Form von Schichtlagerungskarten. Dafür werden einerseits die in den Schnitten festgelegten Grenzen verwendet, andererseits die zwischen den Schnittlinien gelegenen Belegpunkte. Auch für diese Auswertung ist geologisches Expertenwissen unerlässlich.

Eine hydrogeologische Einheit besteht aus einem oder mehreren Gesteinskörpern. Diese werden durch die sie begrenzenden Flächen gebildet. Die Zuordnung der Grenzflächen zu den verschiedenen

Körpern ist in einer Datenbanktabelle dokumentiert. Die Ergebnisse werden als digitale Datensätze gespeichert und können danach für weitere Auswertungen, Visualisierungen oder für die kartographische Ausgestaltung genutzt werden.

### 10.3 Integration des Kartierprozesses in die IuK-Infrastruktur des LGRB

Die einzelnen Bearbeitungsschritte im Kartierprozeß werden durch verschiedene Softwarekomponenten im LGRB-Rechnernetz unterstützt. Dazu zählen die ADB und das Digitale Kartenarchiv (DKA) als Datenspeicher, das LGRB-Intranet als Zugriffssystem sowie verschiedene Spezialanwendungen zur Auswertung und Visualisierung der hydrogeologischen Daten. Die Einbettung des Kartierprozesses in die DV-Umgebung des LGRB zeigt Abb. 37.

### 10.4 Datenmodell zur Dokumentation der Kartiererergebnisse

Die Kartiererergebnisse werden nach einheitlichen Kriterien im Digitalen Kartenarchiv archiviert. Dies

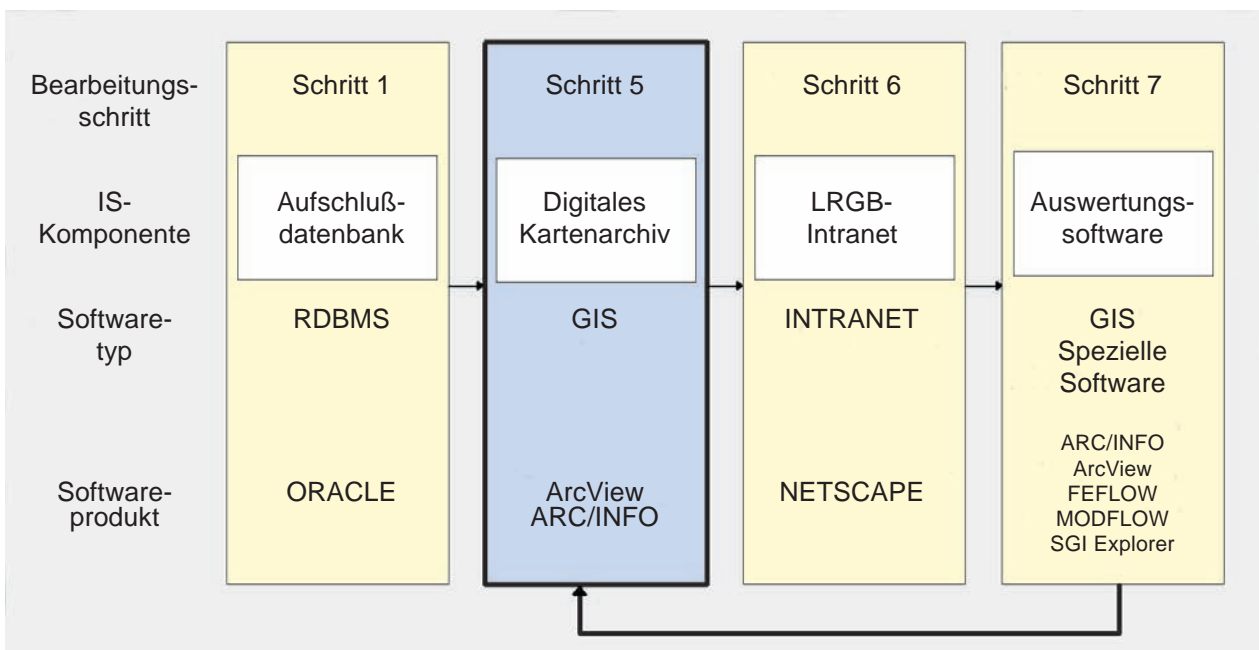


Abb. 37: Nutzung der Komponenten des Informationssystems für die hydrogeologische Kartierung

gilt sowohl für die Geometrien der Grenzflächen der hydrogeologischen Einheiten als auch für alle daraus abgeleiteten Ergebnisse. Die digitale Dokumentation erfolgt in Form von Geodatenätzen in den Datenformaten des Geoinformationssystems ARC/INFO. Das topologisch-relationale Datenmodell von ARC/INFO ermöglicht die Ablage der Kartiergeometrien und der zugehörigen Sachattribute.

Wesentliches Strukturierungsmerkmal des DKA ist die hierarchische Gliederung in **Kartenwerke, Karten, Themen, Informationsebenen** und **Objekte**. Ein Kartenwerk besteht aus zwei oder mehreren Karten gleichen Typs, eine Karte aus einem oder mehreren Themen. Ein Thema ist das Ergebnis einer Auswertung, meist einer Regionalisierung und umfaßt alle Geodaten, die fachlich zu diesem Thema gehören. Jedes Thema ist wiederum in mehrere Informationsebenen untergliedert, häufig nach der Art des Lagebezugs der Objekte (Punkt, Linie, Fläche). Im Fall von ARC/INFO entsprechen die Informationsebenen technisch den ARC/INFO-Datenformaten Coverage, GRID, TIN und IMAGE. Die Beschreibung der einzelnen Objekte mit Sachattributen erfolgt in den zu den Informationsebenen gehörigen INFO-Tabellen. Dieses Organisationsprinzip für die Verwaltung von Kartiererergebnissen ist in Abb. 38 schematisch dargestellt.

Aufbauend auf den einzelnen Grenzflächen werden in einem weiteren Bearbeitungsschritt hydrogeologische Gesteinskörper definiert. Der hydrogeologische Gesteinskörper ist ein weiteres Thema im DKA und ist durch die ihn begrenzenden Schichtflächen bestimmt. Der Gesteinskörper „Oberer Zwischenhorizont“ (OZH) beispielsweise wird definiert durch alle Grenzflächen, die seine Oberfläche und Basis bilden.

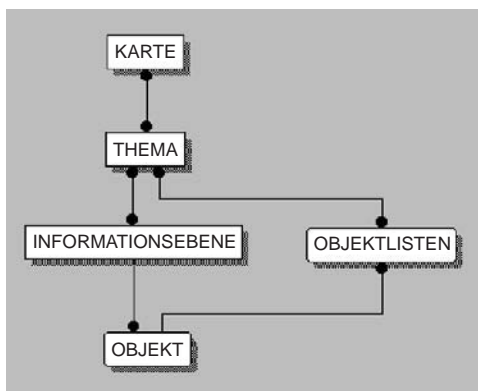


Abb. 38: Prinzip der Organisation von Geodaten im Digitalen Kartenarchiv (DKA)

Schichtflächen gehören immer beiden aneinandergrenzenden Gesteinskörpern an. Um die Konsistenz und Plausibilität des dreidimensionalen geologischen Modells zu gewährleisten, werden Schichtflächen im DKA nur einmal archiviert. Sie werden dann sowohl dem überlagernden wie dem unterlagernden Gesteinskörper zugeordnet. Dies setzt wiederum voraus, daß die Grenzflächen für die unterschiedlichen Kombinationen von aneinandergrenzenden Gesteinskörpern getrennt archiviert werden. Die gesamte Schichtfläche einer Einheit setzt sich dann aus allen Grenzflächen zusammen, die dieser Einheit zugeordnet sind.

Dieses Archivierungsschema bildet alle zur Beschreibung eines Themas notwendigen Geodaten mit der zugehörigen Topologie ab, gewährleistet eine effektive und widerspruchsfreie Verwaltung der Themen und ermöglicht die automatisierte Erzeugung weiterer Themen. Es beschränkt sich auf die grundlegenden Elemente eines hybriden GIS, nämlich Punkte, Linien, Flächen und Raster und die dazugehörigen Attributetabellen.

## 10.5 Anwendungsbeispiel Oberrheingraben

In den Jahren 1995 und 1996 wurden die Grundlagen der Hydrogeologischen Kartierung Rhein–Neckar-Raum im baden-württembergischen Teil fortgeschrieben (Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein–Neckar-Raum 1980, 1987, 1999). Gegenstand der Kartierung ist die quartäre Sedimentfüllung des Oberrheingrabens. Sie besteht aus einer mächtigen Kiesfolge, die durch feinklastische Horizonte, die sogenannten Zwischenhorizonte, in einzelne Kieslager unterteilt ist. Diese bilden ergiebige Grundwasserleiter.

Das Kartiergebiet erstreckt sich zwischen der Grenze Baden-Württemberg/Hessen im Norden bis zu einer Linie Altlußheim/St. Leon-Rot im Süden und überdeckt eine Fläche von rd. 1200 km<sup>2</sup>.

Nach der Aktualisierung der Grundlagendaten in der Aufschlußdatenbank standen in diesem Gebiet rd. 4500 Bohrungen zur Verfügung, von denen etwa 1100 Bohrungen für die Kartierung genutzt werden konnten. Für alle Bohrungen liegt ein Schichtenverzeichnis vor, das unter Verwendung der DASCH-Syntax codiert wurde (s. Kap. 2).

Ausgehend von Bohrungen und anderen Daten (Logs, Korngrößenanalysen) und auf der Basis der früheren

Auswertungen wurde eine prinzipielle vertikale hydrogeologische Gliederung für die Lockergesteinsfüllung des Oberrheingrabens im Kartiergebiet erstellt. Dieses Prinzipmodell war Grundlage für die Interpretation der Schichtenverzeichnisse. Das hydrogeologische Modell und ein interpretiertes Schichtenverzeichnis sind in den Abb. 39 u. 40 dargestellt.

Durch das Kartiergebiet wurden insgesamt fünf Längs- und zehn Querschnitte gelegt. Der Abstand der Schnittlinien beträgt etwa 3 km und ist damit aus-

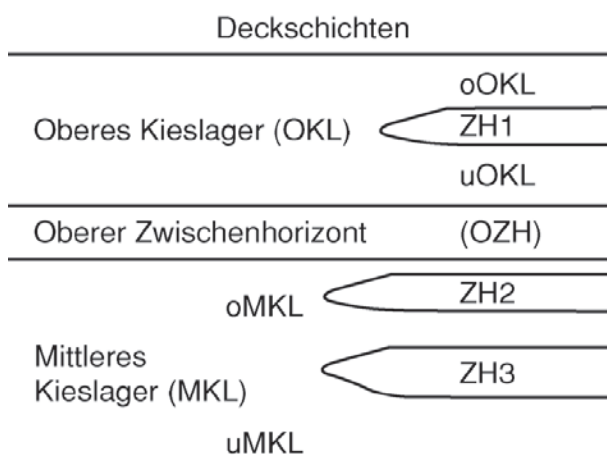


Abb. 39: Hydrogeologisches Modell für die vertikale Gliederung der Lockergesteine im nördlichen Oberrheingraben

reichend klein bemessen, um hier alle hydrogeologisch relevanten Strukturen aufzulösen (Abb. 41A).

Als Grundlage für die hydrogeologische Interpretation wurden die Bohrungen auf den Schnitten in Form von Säulenprofilen montiert (Abb. 41B). Dies geschieht derzeit noch mit Hilfe von Modulen des DASP-Programmpakets. Hierzu müssen die Schichtdaten aus der ADB in dieses System eingelagert werden (s. Kap. 2). Bei der graphischen Umsetzung der Petrographie wurden Haupt- und Nebengemengteile der Lockergesteine getrennt mit Farben und Punkt-Strich-Symbolen dargestellt. Feinkörnige Gesteine (ab Feinsand), die für die hydrogeologische Gliederung der Kiesfolge im Oberrheingraben bedeutsam sind, wurden dabei farblich besonders hervorgehoben.

Für die Abgrenzung der unterschiedlichen hydrogeologischen Einheiten wurden die Schichtbeschreibungen, zusätzlich auch Logs sowie sedimentologische und paläontologische Untersuchungsergebnisse berücksichtigt. Eine wesentliche Aufgabe ist dabei die Bewertung der teilweise sehr heterogenen Profilbeschreibungen. Abb. 41C zeigt das Ergebnis der hydrogeologischen Interpretation.

Auf der Grundlage der interpretierten Schnitte wurden für die kartierten Grenzflächen Verbreitung und Schichtlagerungskarten konstruiert. Dabei fließen

Arnum	Teufe	Stratigraphie	Petrographie
83	34.10	qOKL	U
83	35.00	qOKL	G
83	39.10	qOKL	U, t2
83	40.80	qOKL	U
83	55.00	qOKL	G, s
83	55.40	qOKL	mS-gS
83	59.40	qOKL	G, u
83	72.10	qOZH	U, t
83	74.10	qMKL	G, s
83	76.10	qMKL	fG, s
83	78.10	qMKL	G, s
83	80.10	qMKL	mS, fg2
83	82.40	qMKL	mS-gS
83	84.00	qpzTun?	U

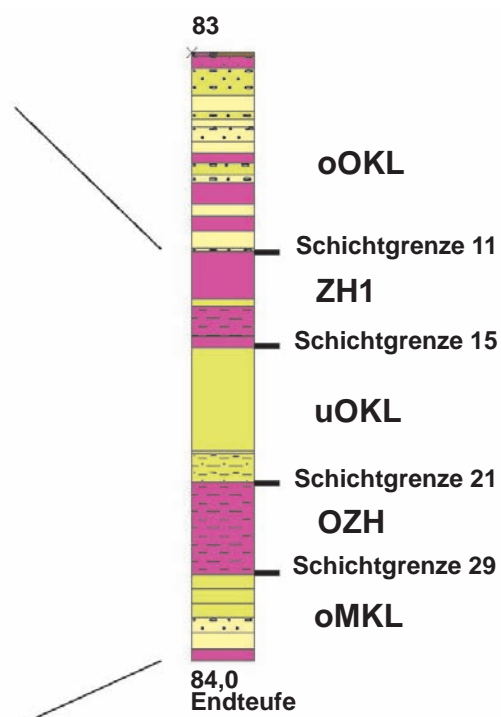


Abb. 40: Auszug aus einem Schichtenverzeichnis und zugehöriges interpretiertes Säulenprofil

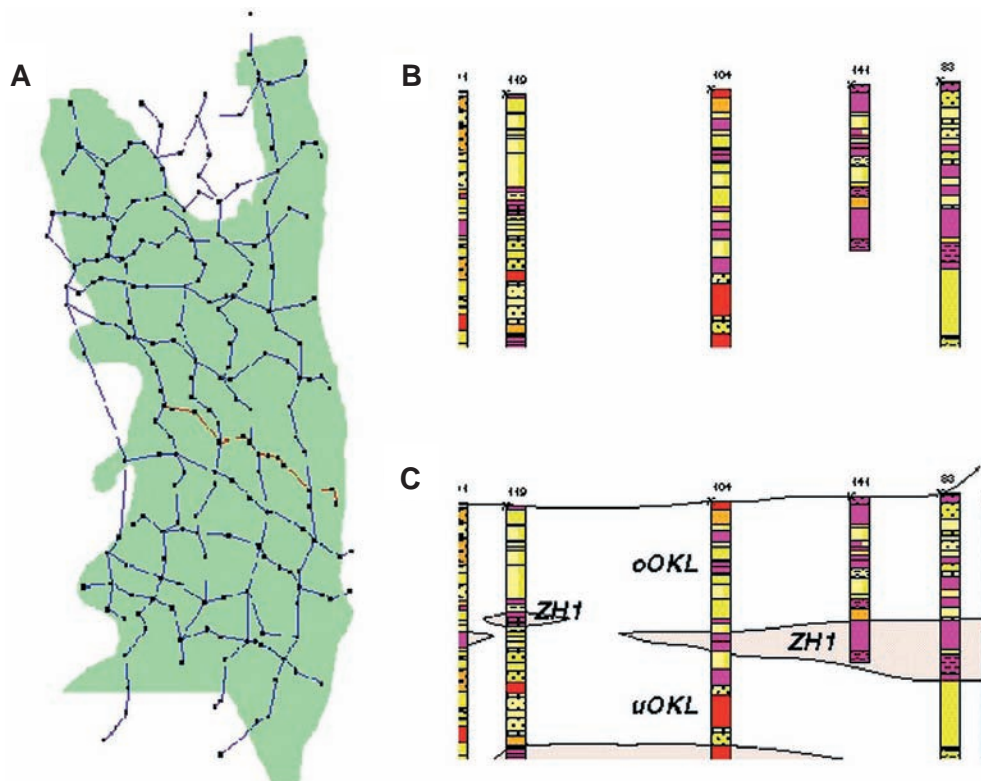


Abb. 41: Konstruktion von Längs- und Querschnitten und Schichtparallelisierung

A – Verlauf der Schnittlinien; B – Säulenprofile als Konstruktionsgrundlage; C – Ergebnis der Parallelisierung (entspricht teilweise der roten Linie in A)

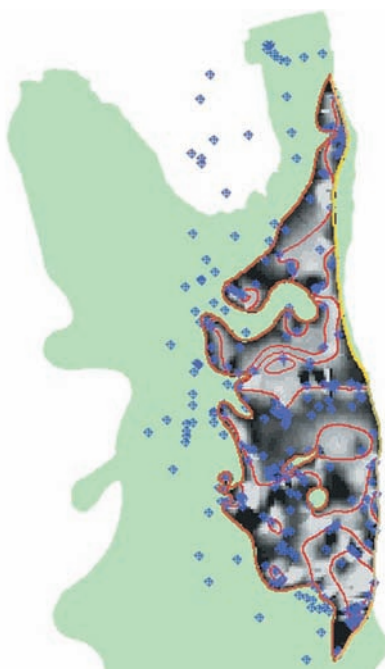


Abb. 42: Schichtlagerungskarte des Zwischenhorizonts 1 (ZH1) im nördlichen Oberrheingraben  
Oberfläche des ZH1: rot – Isolinie; grau – Schummerung; blau – Belegpunkt

auch die Informationen von Bohrungen ein, die nicht auf den Schnitten liegen. Als Beispiel ist die Verbreitung der Oberfläche des Zwischenhorizonts 1 im Kartiergebiet dargestellt (Abb. 42).

Aus der Verbreitung und Höhenlage der einzelnen Grenzflächen wurden weitere Themen abgeleitet. So lassen sich die Mächtigkeiten der verschiedenen Grundwasserleiter als Differenz der Höhenlagen der Aquiferdeckflächen und -sohlflächen berechnen. Die Verbreitung von Fenstern in den Zwischenhorizonten ergibt sich aus der Verbreitung der Zwischenhorizonte.

Für derartige Umrechnungen werden in der Regel Raster verwendet. Die vorliegenden Isolinienpläne wurden dazu mit GIS-Funktionen in Rasterdaten umgesetzt. Die Raster, die man als Ergebnisse der Auswertung erhält, lassen sich entsprechend wieder in Isoliniendarstellungen transformieren.

Um sicherzustellen, daß die Themen untereinander widerspruchsfrei sind, bedarf es einer umfassenden Plausibilitätskontrolle. Beispielsweise darf die untere Grenzfläche einer Gesteinseinheit deren Oberfläche an keiner Stelle durchdringen. Andere Tests

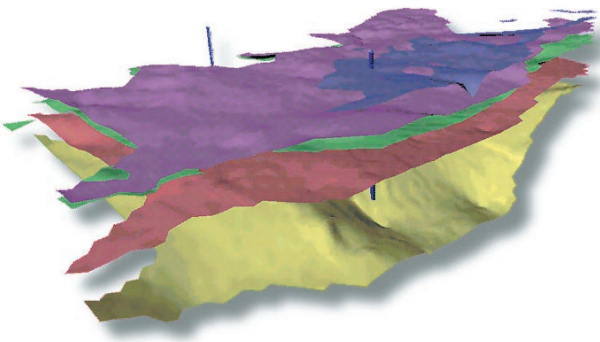


Abb. 43: 3D-Visualisierung der kartierten Grenzflächen im nördlichen Oberrheingraben

betreffen die Konsistenz zwischen den Ergebnissen und der geologischen Modellvorstellung. So müssen u. a. sedimentologische Strukturen und tektonische Phänomene durch entsprechende Prozesse plausibel erklärbar sein. Bei der Kontrolle der Ergebnisse sind Differenzendarstellungen und 3D-Visualisierungen (Abb. 43) wertvolle Hilfen.

Die Auswertergebnisse wurden nach dem in Kap. 10.4 beschriebenen Modell im DKA archiviert. Für

die Karte der „Oberfläche des Zwischenhorizonts 1“ wurden z. B. die Themen „Oberfläche Zwischenhorizont 1“ und „Topographie“ abgelegt (Abb. 44). Das erste Thema wird durch die vier Informationsebenen „Belegpunkte“, „Isolinien“, „sonstige Linien und Flächen“ und „Raster“ beschrieben. Jede dieser Informationsebenen besitzt wiederum ein oder mehrere Objekte. Die Informationsebene „Belegpunkte“ beinhaltet beispielsweise alle punktförmigen Aufschlüsse, die für die Konstruktion der Grenzflächen verwendet wurden. Dabei handelt es sich hier ausschließlich um Bohrungen, die diese Grenzfläche erreichen und die als Referenzpunkte für die Konstruktion herangezogen wurden. Jeder einzelne Belegpunkt ist, wie die Objekte in den anderen Informationsebenen auch, in der zugehörigen Datenbanktafel mit Attributen näher erläutert (bei den Belegpunkten: u. a. Datenbankverweis, Höhenlage der Oberfläche des Zwischenhorizonts). Zur Informationsebene „Isolinien“ gehören die Objekte „Isolinie“ und „Isolinie unsicher“. Die Informationsebene „sonstige Linien und Flächen“ beinhaltet die Objekte „tektonische Linie“ (an denen die Isolinien versetzt sind) und „Verbreitungsgrenze der Schicht im Kartiergebiet“. Als weitere Informationsebene ist im DKA ein Raster mit interpolierten Höhenangaben der Oberflä-

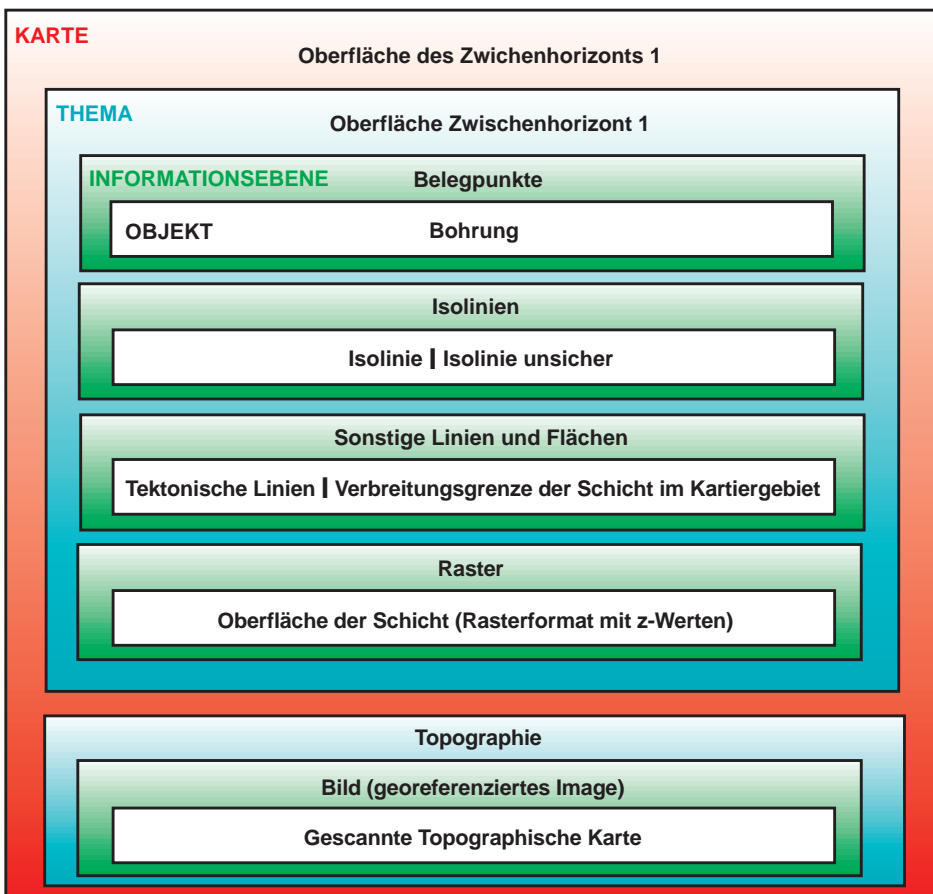


Abb. 44: Gliederungselemente einer Grenzfläche bei der hydrogeologischen Kartierung im nördlichen Oberrheingraben

che des Zwischenhorizonts 1 archiviert. Dieses Raster wurde mit GIS-Funktionen aus dem Isolinenplan erzeugt. Das Thema „Topographie“ schließlich besteht im vorliegenden Fall aus der gescannten TK 25, einem Rasterdatensatz, der als Hintergrund für die Darstellung geowissenschaftlicher Themen im DKA verfügbar ist.

Nach der Archivierung können die Karten und Themen im amtsinternen Rechnernetz recherchiert, visualisiert und zu weiteren Abfragen und Auswertungen genutzt werden. Die Abgabe an Dritte kann digital über ARC/INFO-Standardschnittstellen erfolgen. Eine analoge Dokumentation existiert in Form von Karten im Maßstab 1:50 000 mit einfacher kartographischer Ausgestaltung.

## 10.6 Schlußfolgerungen und Ausblick

Die hier vorgestellte Vorgehensweise erlaubt keine automatische Erzeugung hydrogeologischer Karten. Vielmehr werden mit den eingesetzten Software-Werkzeugen die Standardaufgaben der Kartierung wirkungsvoll unterstützt. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Recherchen in der Datenbank, Visualisieren des vorhandenen Datenbestands, graphische Umsetzungen, Konstruktion von Verbrei-

tungsgrenzen und Isolinenplänen, Konsistenzprüfungen bei der räumlichen Modellierung sowie die Erzeugung von Auswertungskarten.

Das GIS ist dabei der zentrale Baustein des Informationssystems, das den Kartierprozeß sowie die fortschreibungsfähige Dokumentation und weiterführende Nutzung der Kartiererergebnisse unterstützt. Der dreidimensionale Charakter der Aquifergeometrien und der Parameterverteilungen kann derzeit darin allerdings nur mit zweidimensionaler Topologie und Attributierung abgebildet werden. Die entwickelten Lösungen sind praktikabel, aber nicht völlig befriedigend. 3D-GIS-Systeme existieren bisher nur als Prototypen oder für Spezialanwendungen.

### Literatur

- Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein–Neckar-Raum (1980): Analyse des Ist-Zustands. – 12 Abb., 10 Tab., 14 Anl.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz
- Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein–Neckar-Raum (1987): Situation heute. Möglichkeiten und Grenzen zukünftiger Entwicklungen. – 107 S., 42 Abb., 16 Tab., 12 Kt.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz.
- Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein–Neckar-Raum (1999): in Vorbereitung.

# 11 Geodatenverarbeitung mit GIS bei der Grundwassermodellierung

## 11.1 Allgemeines

Regionale numerische Grundwasserströmungs- und Transportmodelle haben einen großen Geodatenbedarf beim Modellaufbau und bei der Kalibrierung. Nahezu alle Eingangs- und Ergebnisdaten solcher Modellierungen sind georeferenziert, das heißt, sie haben einen Raumbezug.

Diese Daten werden in der Regel im GAUß-KRÜGER-Koordinatensystem erhoben und auch kartographisch dargestellt. Sie kommen von den unterschiedlichsten Datenerzeugern und liegen in vielfältigen Datenformaten vor. Typische Datenerzeuger sind beispielsweise Vermessungsämter, geowissenschaftliche und wasserwirtschaftliche Verwaltungen, Umweltverwaltungen, Wasserwerksbetreiber und Ingenieurbüros. Typische Datenformate sind Vektordaten aus GIS- und CAD-Systemen, georeferenzierte Rasterdaten, Rasterbilddaten, Tabellen und analoge Kartengrundlagen. Die letztgenannten liegen in der Regel in unterschiedlichen Maßstäben vor.

Zeitabhängige Eingangs- und Ergebnisdaten (z. B. Druckhöhen, Entnahmeraten und Konzentrationen) werden zum Vergleich mit anderen Daten mit Datum und Uhrzeit erhoben und dargestellt. Grundwassermodelle verarbeiten die Modelldaten in der Regel in einem eigenen, lokalen Koordinaten- und Zeitsystem, das von dem der Eingangs- und Ergebnisdaten abweicht. Bei der Interpretation der Grundlagendaten und der Übergabe an die Rechenprogramme bestehen somit ein großer Harmonisierungsbedarf und die Notwendigkeit von Transformationen in unterschiedliche Referenzsysteme. Die Rechenergebnisse müssen wiederum mit topographischen und geowissenschaftlichen Ausgangsdaten verknüpft, beurteilt und dargestellt werden.

## 11.2 Hydrogeologisches Konzeptmodell

Regionale Grundwasserströmungs- und Transportmodelle sollen auf einem hydrogeologischen Konzeptmodell beruhen. Dieses beschreibt die hydrogeologischen Grundlagen des zu modellierenden Aquifers bzw. Aquifersystems. Im einzelnen handelt es sich dabei um:

- horizontale und vertikale Aquifergeometrien (laterale Begrenzung und Stockwerksbau von Grundwasserleitern und -geringleitern)
- geohydraulische Kennwerte der hydrogeologischen Einheiten

- Grundwasserzirkulation in den hydrogeologischen Einheiten, beschrieben durch Druckhöhenverteilungen (Grundwassermeßstellen und Gleichpläne)
- hydraulische Randbedingungen (Entnahme- und Schluckbrunnen, Aquiferbegrenzungen mit Grundwasserzustrom und -abstrom, ex- und infiltrierende Oberflächengewässer, flächendifferenzierte Grundwasserneubildung, Aus- und Zusickeung über Leakage)
- Grundwasserhaushaltsgrößen
- Stoffquellen und -senken
- Stoffverteilungen in den hydrogeologischen Einheiten (Grundwassermeßstellen und Isokonzentrationen)
- zeitliche Variationen der genannten Parameter.

Die Geometrien der genannten Größen werden in Karten, ihre Attribute und deren zeitliche Variation in Tabellen dokumentiert. Erfolgt die Dokumentation in analoger Form, entspricht dies einer konventionellen hydrogeologischen Karte. Die Beschreibung in digitaler Form entspricht typischerweise einem Datensatz in einem Geoinformationssystem.

## 11.3 GIS-Einsatz – warum ?

Bei einem Großteil der anfangs genannten Aufgabenstellungen vor und nach einer Grundwassermodellierung (Pre- und Postprocessing) handelt es sich um klassische GIS-Aufgaben:

- Fortschreibungsfähige Dokumentation von georeferenzierten Grundlagen- und Ergebnisdaten
- Maßstabsfreie Verwaltung und Integration von Geodaten unterschiedlichster Herkunft
- Konvertierung von Vektor-, Raster- und Bilddaten
- Transformation von Grundlagen- und Modelldaten in unterschiedliche Koordinaten- und Zeitsysteme sowie Maßeinheiten
- Verknüpfung von Eingangs-, Modell- und Ergebnisdaten mit topographischen Grunddaten
- Kartographische Ausgestaltung aller georeferenzierter Daten.

Für alle diese Anforderungen steht mit den heutigen GIS-Systemen eine leistungsfähige Technologie zur Verfügung. Die bekanntesten und verbreitetsten Modellierungsprogramme haben bereits Software-Umgebungen zum Pre- und Postprocessing, die standardisierte GIS-Schnittstellen aufweisen (DIERSCH 1993). Es gibt auch Lösungen, bei denen das gesamte Pre- und Postprocessing unter einem GIS integriert ist (NACHTNEBEL et al. 1993, SEBHAT et al. 1995). Häufig verfügen die Werkzeuge für das Pre-



und Postprocessing auch über CAD-Schnittstellen, über die Eingangs- und Ergebnisdaten mit GIS-Systemen ausgetauscht werden können (CHIANG et al. 1997). Darüber hinaus sind die internen Formate von GIS- und Modelldatensätzen in der Regel bekannt, so daß einer Eigenentwicklung von Schnittstellen nichts im Wege steht.

Geoinformationssysteme dienen als Geodatenspeicher und Datenmanager und werden seit Anfang der 90er Jahre weltweit routinemäßig zu diesem Zweck eingesetzt.

## 11.4 Datentypen

Die einzelnen Komponenten eines hydrogeologischen Konzeptmodells lassen sich mit den Daten-

typen eines topologisch-relationalen Vektor-GIS vollständig abbilden. Ein sogenanntes hybrides GIS, das Vektor- und Rasterdatentypen behandeln kann, ermöglicht auch die Konversion in Rasterdaten. Tab. 1 gibt eine Übersicht über Komponenten eines hydrogeologischen Konzeptmodells, der möglichen Repräsentation durch unterschiedliche Datentypen im GIS und Beispiele.

## 11.5 Datenfluß bei der Grundwassermodellierung mit FEFLOW

Derzeit kommen beim LGRB die Geoinformationssysteme ARC/INFO und ArcView zum Einsatz. Zu den am häufigsten verwendeten Simulatoren

Tab. 1: GIS-Datentypen, Komponenten eines Konzeptmodells und Beispiele

GIS-Datentyp	Komponente des Konzeptmodells	Beispiel
Punkt-Geometrien	Randbedingungen Parametererhebungen	Entnahme- und Schluckbrunnen, Druckhöhen in Meßstellen, hydraulische Kennwerte und Stoffgehalte in Meßstellen
Linien-Geometrien	Randbedingungen  Isolinien von Parameterverteilungen Isolinien von Geometrien	Lateraler Zustromrand Druckhöhen im Oberflächen- gewässer Leakage-Koeffizienten des Gewässers Isolinie T-Wertverteilung Isolinie Aquiferbasis
Flächen-Geometrien	Randbedingungen  diskrete Parameterverteilung  Modellgeometrien	Grundwasseraustausch an der Aquifersohle und Aquiferdeckfläche Grundwasserneubildung $k_f$ -Wertverteilung Modellgebiet im Grundriß Modellnetz
Tabellen	Attribute zu allen Geometrien  Attribute in verschiedenen Dimensionen Zeitreihen	Brunnenentnahmeraten Druckhöhen in Meßstellen Zahlenwerte von Isolinien Neubildungsrate pro Teilfläche Entnahmeraten in [ $m^3/s$ ] und [ $l/s$ ] Druckhöhen, Entnahmeraten
Raster	Rasterwerte stetiger Verteilungen Rasterwerte diskreter Verteilungen georeferenzierte Bilder  Modellgeometrien	Raster Aquiferbasis, T-Werte Raster Neubildung Topographische Karte Luftbild Modellraster

gehören FEFLOW, MODFLOW und ASM. Am Beispiel einer Grundwassermodellierung mit FEFLOW wird die Datenintegration und -haltung im GIS, die Übergabe der Geometrien und Attribute an den Simulator und die weitere Nutzung von Modellierungsergebnissen exemplarisch dargestellt (Abb. 45). Die Grundwasserströmungsmodellierung war Teil eines Untersuchungsprogramms zur Grundwasserbewirtschaftung im Singener Becken (Lkr. Konstanz). Dabei wurde das dreidimensionale Grundwasserfließ-

system in der quartären Lockergesteinsfolge stationär und instationär modelliert. Die geologischen Ausgangsdaten werden in der ADB verwaltet.

Aus den Rohdaten der Aufschlußdatenbank wurde ein hydrogeologisches Konzeptmodell erarbeitet. Die Geometrien und Parameter dieses Modells werden als Projektdaten im DKA gehalten. Die Geometrien (horizontale und vertikale Grenzen der Grundwasserleiter, Zwischenhorizonte und hydraulische Fen-

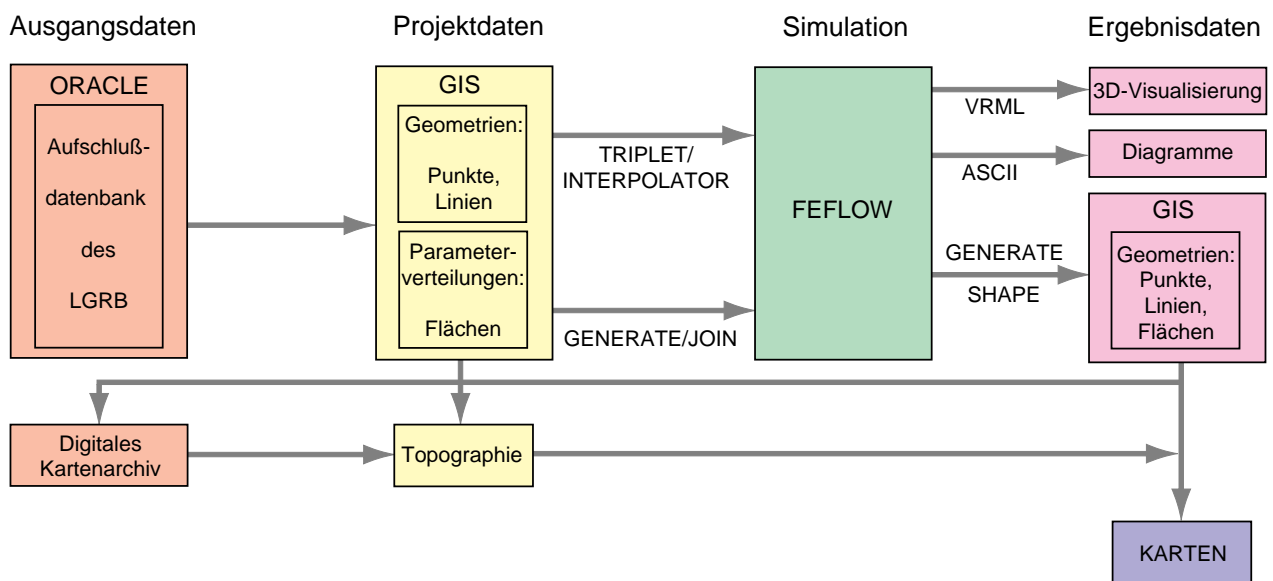


Abb. 45: Datenfluß bei der Grundwassermodellierung für das Singener Becken

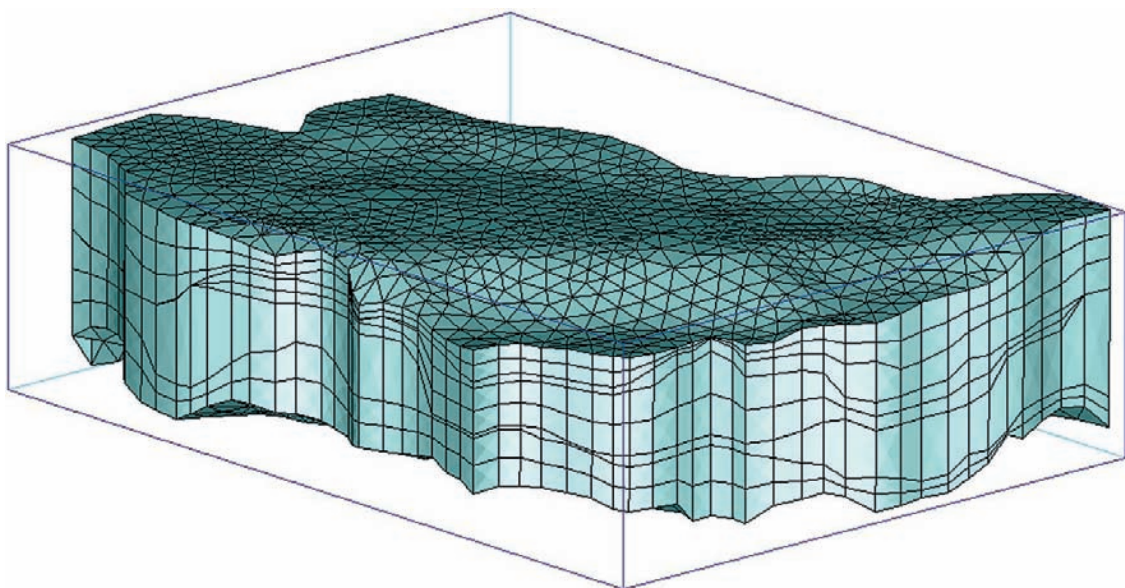


Abb. 46: Dreidimensionales Finite-Elemente-Netz mit neun Knotenebenen und acht Elementlagen. Die acht Elementlagen beschreiben die Mächtigkeit und Verbreitung der übereinanderliegenden Grundwasserleiter und Zwischenschichten, die teilweise lateral auskeilen. Die Kanten der Blockdarstellung sind an den Himmelsrichtungen ausgerichtet. Der Blick auf die dreidimensionale Blockdarstellung erfolgt von oben aus südöstlicher Richtung.

ster) liegen als Coverages mit Linien- und Flächen-topologie vor. Sie dienen dem Aufbau des dreidimensionalen Finite-Elemente-Netzes entweder in FE-FLOW selbst oder mittels externer Werkzeuge (Abb. 46). Wird das Netz in FEFLOW erzeugt, erfolgt der Geometriedatenimport über Standardschnittstellen.

Bei den Parametern handelt es sich um hydraulische Kennwerte, die in den einzelnen hydrogeologischen Einheiten eine diskrete Verbreitung aufweisen. Diese ist im Raum Singen an sogenannte lithofazielle Einheiten gebunden (Abb. 47). Aufgrund von Pumpversuchsergebnissen konnte jeder lithofaziellen Einheit ein bestimmter Durchlässigkeitsbeiwert und Speicherkoeffizient zugewiesen werden. Grundwassergleichen für unterschiedliche Stichtage (Abb.

48) sind in Coverages mit Linientopologie abgelegt, die zugehörigen Druckhöhen, gemessen an Grundwassermeßstellen, in Coverages mit Punkttopologie. Zu den Attributen dieser Coverages gehören nicht nur die Zahlenwerte der Stichtagsmessungen, sondern alle Aufzeichnungen einer Ganglinie.

Geometrien und Zahlenwerte von Randbedingungen liegen ebenfalls in Coverages aller drei Topologietypen vor. Brunnenentnahmen werden punktförmig, Druckhöhen und Leakagekoeffizienten von Oberflächengewässern sowie laterale Zu- und Abflüsse linienförmig verwaltet. Die Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag und die Leakagekoeffizienten der Sohlschicht der untersten hydrogeologischen Einheit sind als Flächen abgelegt.

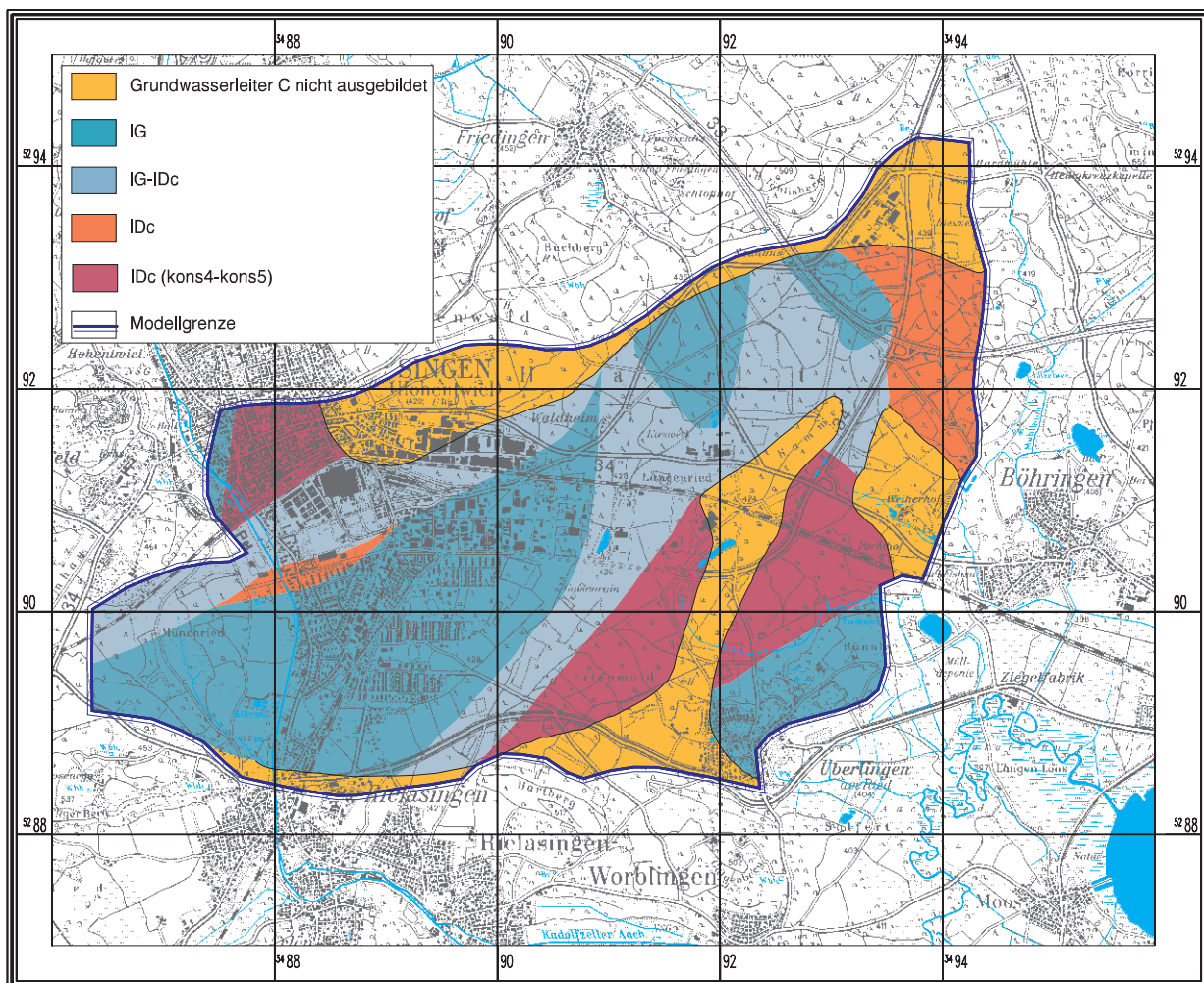


Abb. 47: Lithofazieseinheiten des Grundwasserleiters C im Singener Becken

Die Karte zeigt die Verbreitung der Lithofazieseinheiten im Grundwasserleiter C. Jeder Einheit kann ein repräsentativer  $k_f$ -Wert zugeordnet werden [ $IG - 2,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $IG-IDc - 1,6 \cdot 10^{-3}$ ;  $IDc - 1,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $IDc (kons4-kons5) - 1,2 \cdot 10^{-6}$ ]. Die Verbreitung des Grundwasserleiters C und die Verteilung der  $k_f$ -Werte werden aus dem GIS-Datensatz in das Modellnetz übertragen.

Die Modellergebnisse können auf verschiedene Arten dargestellt werden. Die geometrischen Ergebnisse der Modellierung (Grundwassergleichen, Bahnlinien und Isochronen in Grundrißprojektion) werden über eine Schnittstelle an ARC/INFO übergeben und im DKA dokumentiert. Zusammen mit den Geodaten des hydrogeologischen Konzeptmodells und Topographiedaten können Kartenausdrucke erzeugt werden. Eingangs- wie Ergebnisdaten der Modellierung können aber auch online mit ArcView visualisiert und analysiert werden. Daneben wird über eine ASCII-Schnittstelle eine Graphikumgebung unterstützt, die Crossplots, Ganglinien und andere Diagramme erzeugt. Weiterhin wurde am LGRB eine Schnittstelle zu einem 3 D-Visualisierungswerkzeug auf der Grundlage der Explorer-Software von Silicon Graphics entwickelt.

### 11.6 Ausblick

In den Bereichen GIS und Modelle haben sich seit Anfang der 90er Jahre verschiedene Entwicklungen vollzogen. Einerseits wurden in Geoinformationssystemen einige hydrologische und hydraulische Modelltechniken integriert, ohne jedoch die vielfältige Funktionalität der reinen Modellprogramme zu erreichen. Andererseits sind die Werkzeuge für das Pre- und Postprocessing der meisten Simulationsprogramme hinsichtlich der Verarbeitung von Geometriedaten immer leistungsfähiger geworden. Die Ergebnisse sind jedoch nur teilweise befriedigend. So beschränkt sich das Postprocessing von Geometrien häufig auf die Funktionalität von Graphikprogrammen.

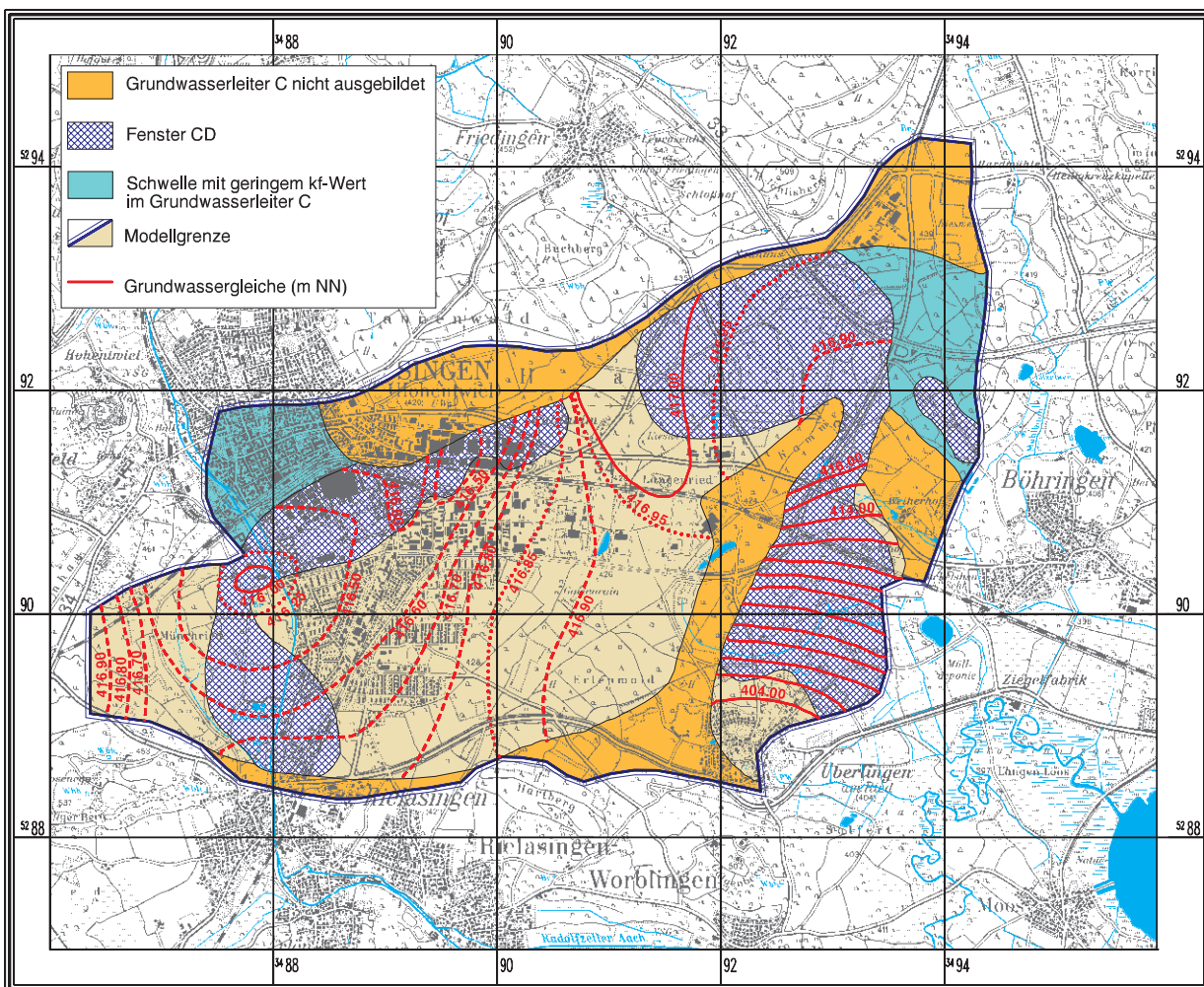


Abb. 48: Grundwassergleichen für das Grundwasserstockwerk CD im Singener Becken  
 Die Grundwasserleiter C und D sind in großen Teilbereichen ihrer Verbreitung über hydraulische Fenster miteinander verbunden. Dadurch stellt sich in beiden Grundwasserleitern das gleiche Potential ein, und man spricht vom Grundwasserstockwerk CD. Der Isolinenplan zeigt einen großen Absenktrichter im Westen des Modellgebiets.

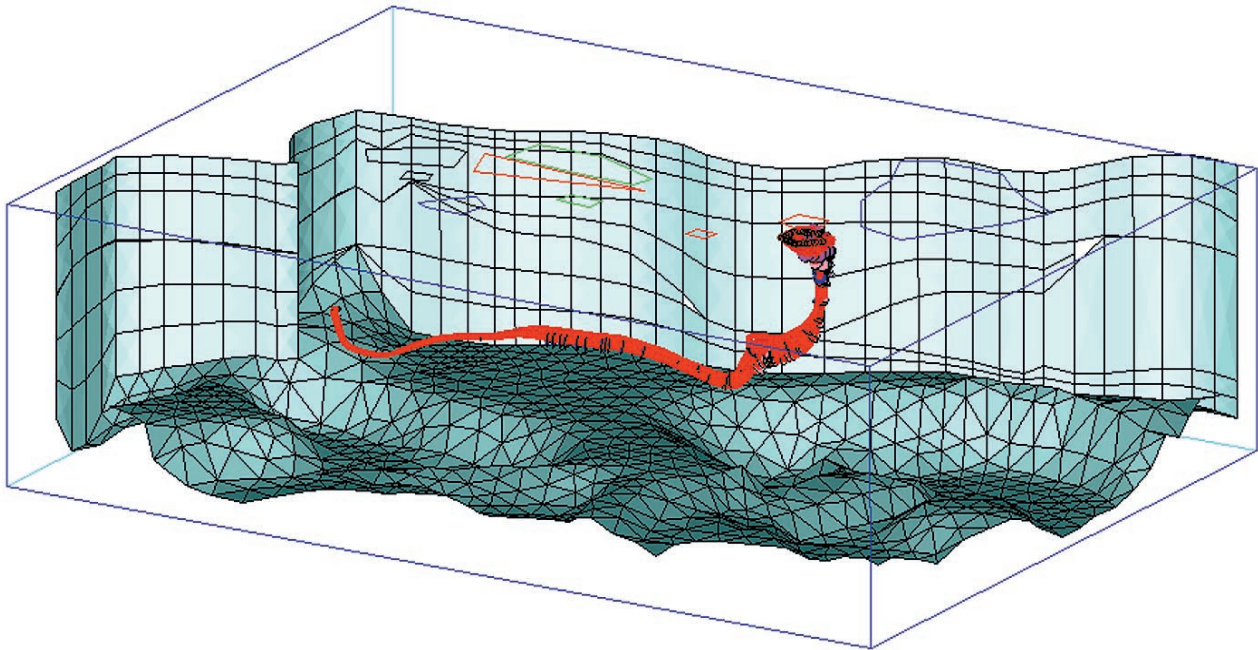


Abb. 49: Bildschirmdarstellung von gerechneten Bahnlinien im dreidimensionalen Strömungsfeld

Die Bahnlinien beschreiben den Grundwasserabstrom von einer Deponie bei einem berechneten Entnahmeszenario. Die Bahnlinien starten im oberen Grundwasserleiter E. Über ein hydraulisches Fenster kommt es zunächst zu einem vertikalen Abstrom in die tieferen Grundwasserleiter D und C. Im tiefsten Grundwasserleiter C erfolgt schließlich ein horizontaler Abstrom nach Westen in Richtung der Entnahmebrunnen. Die dreidimensionalen Bahnlinien wurden in FEFLOW errechnet und über die graphische Schnittstelle des Programms zusammen mit den Rändern des Modellnetzes dargestellt. Der Blick auf die dreidimensionale Darstellung erfolgt von oben aus südöstlicher Richtung.

Um die Stärken beider Technologien auszunutzen, ist es zweckmäßig, beide zusammen einzusetzen. Die Integration, Aufbereitung und Dokumentation von Geodaten ist eine klassische GIS-Aufgabe. Andererseits wird man bei der Beantwortung der vielfältigen geowissenschaftlichen Fragestellungen immer auf unterschiedliche Simulationstechniken und Rechenprogramme mit individuellen In- und Output-Formaten angewiesen sein. Bei einem zunehmend modularen Einsatz von Software rückt daher die Schnittstellenproblematik in den Vordergrund. Für die Übergabe von zweidimensionalen Geometrien existieren verschiedene GIS- und CAD-Standard-schnittstellen. Bei dreidimensionalen Geometrien haben sich bisher noch keine Standards etabliert. Derartige Anforderungen tauchen auf, wenn beispielsweise gerechnete Bahnlinien in einem dreidimensionalen Strömungsfeld (Abb. 49) oder berechnete Flächen gleicher Stoffkonzentration in einem dreidimensionalen Transportmodell vom Simulator an ein kommerzielles 3 D-Visualisierungsprogramm übergeben werden sollen, um sie dort mit dreidimensionalen Aquifergeometrien zu visualisieren.

## Literatur

- CHIANG, W.-H., KINZELBACH, W. & RAUSCH, R. (1997): ASM for Windows. An integrated system for modelling groundwater flow and transport. – 140 S., 1 CD-ROM; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- DIERSCH, H.-J. G. (1993): GIS-based groundwater flow and contaminant transport modelling – the simulation system FEFLOW. – In OSSING, F. [Hrsg.]: Praxis der Umweltinformatik, Bd. 4 (Rechnergestützte Ermittlung, Bewertung und Bearbeitung von Altlasten): 187–208; Marburg (Metropolis).
- NACHTNEBEL, H.-P., FURST, J. & HOLZMANN, H. (1993): Application of geographical information systems to support groundwater modelling. – In KOVAR, K. & NACHTNEBEL, H.-P. [Hrsg.]: HydroGIS 93: Application of geographic information systems in hydrology and water resources management, Proc. Vienna Conf., April 1993. – IAHS Publ., **211**: 653–664, 6 Abb.; Wallingford (IAHS Press).
- SEBHAT, M., HEINZER, T., GREER, W. & HANSEN, D. (1995): The development of an ARC/INFO GRID based interface to the USGS finite difference MODFLOW package. – Abstr. 15th ann. ESRI User Conf., May 1995, Palm Springs: 251 S.; Redlands, CA (ESRI).

## Glossar

### ASCII

American Standard Code of Information Interchange. Kodierung von 256 verschiedenen Zeichen in binärer Form (ehemals 128 Zeichen). Die Kodierung der Standard-Zeichen wird auf unterschiedlichsten Rechnern genutzt und dient zum Datenaustausch auf relativ einfacher Ebene, ohne daß Formatierungen mit übergeben werden.

### AML

Arc Macro Language. Programmiersprache von ARC/INFO zur Erstellung von Prozeduren für immer wiederkehrende Arbeitsabläufe.

### CASE

Computer Aided Software Engineering stellt die Implementierung von Methoden und Werkzeugen (CASE-Tools) im Bereich der Software-Steuerung dar. Es beinhaltet graphische Benutzeroberflächen, Programm- und Maskengeneratoren, Werkzeuge zum Projektmanagement sowie die Integration von Datenbank und Thesaurus.

### DASCH

Datenaufnahme von Schichtprofilen. Spezielle Syntax zur geologischen Beschreibung von Schichtdaten, entwickelt vom NfB/BGR.

### DASP

Programmsystem vom NfB/BGR zur Verwaltung und Auswertung von Daten, speziell auch von Schichtdaten in DASCH-Notation.

### E/R-Modell

Das Entity-Relationship-Modell ist ein formales (graphisches) Verfahren zur Beschreibung von Konzepten (statischen Strukturen) der Anwendungswelt. Es dient zu meist als Grundlage des Datenbankentwurfs.

### ISDN

Integrated Services Digital Network. Digitaler Telefondienst mit der Möglichkeit, über einen Telefonanschluß gleichzeitig telefonieren, faxen und Daten übertragen zu können.

### JAVA

Programmiersprache der Internettechnologie. JAVA-Programme sind grundsätzlich auf verschiedenen Betriebssystemen lauffähig.

### JDBC

JDBC definiert eine einheitliche Schnittstelle zur Datenbankbindung von JAVA-Anwendungen.

### NFS

Network-File-System. Dienst der Internettechnologie für verteilte Computersysteme. Es wird ein verteiltes Datei-

system bereitgestellt, so daß das Führen mehrerer Dateikopien auf verschiedenen Computern entfällt.

### ODBC

Open Database Connectivity: ist ein von der X/OPEN-Untergruppe SAG (SQL Access Group) definierter und von Microsoft für Windows-3.x, -95, -98 und -NT adaptierter „Quasi-Standard“ zur Unterstützung von Client/Server-Datenbankanwendungen.

### PCM

Pulse-Code-Modulation. Codierungstechnik der Telekommunikationstechnik. Ziel war die Mehrfachausnutzung vorhandener Kabel.

### SQL

Structured Query Language. Eine strukturierte Datenmanipulationssprache für relationale Datenbanken, die von IBM entwickelt wurde. Sie ist mittlerweile zu einem Standard geworden, ist weit verbreitet und wird auf nahezu allen Rechnersystemen eingesetzt.

### TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Datenübertragungsprotokoll des Internets und von Intranets.

### UNIX

Herstellerunabhängiger offener Betriebssystemstandard.

### VAX

Rechnertyp der Firma Digital Equipment.

### WWW

World-wide-web. Hypertextorientierter Internetdienst. Mit Hilfe des WWW ist es möglich, beliebige Informationen in Form von multimedialen Dokumenten darzustellen. Es sind Querverweise (Hyperlinks) zwischen den HTML-Dokumenten möglich. Damit wird beim Aktivieren eines solchen Links ein anderes Dokument geladen, das auch auf einem anderen Rechner abgelegt sein kann. In den Dokumenten können multimediale Elemente, wie Text, Graphik und Sound enthalten sein. Mit Hilfe eines Browsers (z. B. Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer) kann man sich über das Internet per Mausklick von Hyperlink zu Hyperlink bewegen. Durch die Einführung dieser Technologie wurde das Internet zum weltweit akzeptierten Informations- und Kommunikationsnetz.

### WWW-Browser

Steuer-Programm im WWW-Bereich des Internets zum Aufruf von Homepages der Informationsangebote. Per Mausklick gelangt man über Hyperlinks zu weiteren Informationsquellen (s. WWW).

### X.25

Paketorientiertes Datenübertragungsprotokoll. Findet am meisten Verwendung im DATEX-P-Datendienst der Telekom. Wird auch im Landesverwaltungsnetz Baden-Württemberg als Standardprotokoll verwendet.

# Übersicht über digitale Produkte des LGRB

## Geologische Karten

- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, vorläufige bzw. aktualisierte Ausgabe
- Geowissenschaftliche Übersichtskarten von Baden-Württemberg 1 : 350 000

## Bodenkundliche Karten

- Bodenkarte von Baden-Württemberg 1 : 25 000
- Bodenkennwertskarten 1 : 25 000
- Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200 000
- Bodenkundliche Einheiten in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Filter- und Pufferkapazität der Böden in Baden-Württemberg 1 : 350 000 (Stoffgruppe: anorganische Schadstoffe)
- Filter- und Pufferkapazität der Böden in Baden-Württemberg 1 : 350 000 (Stoffgruppe: organische Schadstoffe)
- Filter- und Pufferkapazität der Böden in Baden-Württemberg 1 : 350 000 (Stoffgruppe: Säuren)
- Filter- und Pufferkapazität der Böden in Baden-Württemberg 1 : 350 000 (Geamtbewertung)

## Hydrogeologische Karten

- Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000
- Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Durchlässigkeiten der oberen grundwasserführenden hydrogeologischen Einheiten in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Geogene Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Ausgewählte genutzte Heilwässer, Thermalwässer und Sauerlinge in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Hydrogeologische Rahmenbedingungen für die Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg 1 : 350 000

## Rohstoffkarten

- Rohstoffkarte von Baden-Württemberg 1 : 50 000
- Potentielle Abbauf Flächen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Abbaustellen und Fördermengen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe in Baden-Württemberg 1 : 350 000
- Jährliche Fördermengen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe in Baden-Württemberg 1 : 350 000

## Erdbebenkarten

- Erdbebenzonen für Baden-Württemberg 1 : 350 000

Nähere Details zu den digitalen Produkten finden Sie im Internet unter: [www.lgrb.uni-freiburg.de](http://www.lgrb.uni-freiburg.de)

Eine Zusammenstellung der digitalen Geodaten, Karten und Schriften finden Sie auch im Verzeichnis „Geowissenschaftliche Karten und Schriften“, das Sie kostenlos bei dem LGRB oder bei dem Landesvermessungsamt bekommen bzw. im Buchhandel einsehen können.

**Die Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50)  
Blatt L 7718 Balingen**

48 S., 4 Abb., 11 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (LGRB) 1999

Zu den Grundaufgaben des am 1. Juli 1998 errichteten Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) gehört die rohstoffgeologische Landesaufnahme, deren Ergebnisse u. a. in Berichten und Karten dargestellt werden.

Das LGRB legt jetzt das Blatt L 7718 Balingen als erstes eines neuen Kartenwerks vor: Die digital erstellte Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) mit den zugehörigen textlichen Erläuterungen ist eine übersichtliche Datenzusammenstellung und eine fachliche Grundlage für die Raumplanung, für die Betriebe der rohstoffgewinnenden und -verarbeitenden Industrie sowie für die beratenden Büros. Auf der Karte sind oberflächennahe Vorkommen mineralischer Rohstoffe dargestellt, deren wirtschaftliche Gewinnbarkeit angenommen wird. Die Rohstoffvorkommen sind nach ihrem vorrangigen Verwendungszweck farblich unterschieden. Eingetragen sind auch die Flächen, in denen gegenwärtig Rohstoffe abgebaut werden, ferner alle aktuellen Bergbauberechtigungen und die Umrisse von Bergwerken. Jedes der in der Karte dargestellten Rohstoffvorkommen wird an Hand der dem LGRB vorliegenden Daten textlich und tabellarisch hinsichtlich seiner Beschaffenheit, der nutzbaren Rohstoffmächtigkeiten und der wichtigsten Nutzungsmöglichkeiten beschrieben.

Die KMR 50 beruht auf der Erfassung von wirtschaftlich bedeutsamen Rohstoffvorkommen, der Untersuchung und fachlichen Bewertung von Gesteinen und Mineralen der genutzten oder potentiell nutzbaren Vorkommen sowie der Dokumentation und fortlaufenden Aktualisierung der rohstoffgeologischen Parameter und der aktuellen Anforderungen der Industrie an Rohstoff und Lagerstätte in Datenbanken. Die KMR 50 bietet als digitales rohstoffgeologisches Kartenwerk die Möglichkeit der flexiblen Aktualisierung: Da die Geometrie- und Sachdaten in Datenbanken vorgehalten werden, ist die Erstellung überarbeiteter Neuauflagen somit relativ rasch möglich. Dabei können Veränderungen der wirtschaftlichen und technischen Anforderungen sowie der raumplanerischen und politischen Vorgaben bei der Abgrenzung der Rohstoffvorkommen ebenso berücksichtigt werden wie neue Erkenntnisse über den geologischen Bau eines Gebiets.

Mit der KMR 50 werden vom LGRB umfassende Kenntnisse über regionale Verbreitung, Qualität und Verwendungsmöglichkeiten von oberflächennahen mineralischen Rohstoffen bereitgestellt. Landes- und Kreisbehörden, Regionalverbände, Kommunen, Interessenverbände, Firmen der Rohstoffindustrie, beratende Büros, Hochschulen und andere Forschungseinrichtungen können die KMR 50 für ihre jeweiligen Planungs- oder Forschungsaufgaben nutzen. Mit dieser praxisorientierten Grundlageninformation erfüllt das LGRB seinen Auftrag zur Daseinsvorsorge und zur Wirtschaftsentwicklung im Lande.

Nach diesem ersten Blatt der KMR 50 sollen im Jahre 1999 noch drei Blätter für den oberschwäbischen Raum erscheinen (L 7720 Albstadt, L 7920 Sigmaringen und L 7922 Saulgau). Weitere acht Blätter sind in Bearbeitung, sie werden ab dem Jahre 2000 ausgeliefert.

Der Preis pro Blatt mit Erläuterungen beträgt (bei Einzelbestellung) 70,- DM / 36,- Euro (zzgl. Versand). Abonnenten erhalten jede neu erscheinende Karte mit Erläuterungen, zusammen mit aktuellen Informationen über in Vorbereitung befindliche Karten zum Subskriptionspreis (15 % Ermäßigung). Abonnements sind für folgende räumliche Einheiten möglich: Land, Regierungsbezirk(e) und Region(en).

**Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (HGK 50) Folge 12: Heilbronner Mulde**

121 S., 54 Abb., 21 Tab., 14 Kt./Beil.; Freiburg i. Br. (GLA), Karlsruhe (LfU) 1995. DM 135,-

Eine umfassende Dokumentation über die seit mehr als 100 Jahren intensiv genutzten Grundwasservorkommen in der Heilbronner Mulde wird mit dieser „Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg. Heilbronner Mulde“ vorgelegt. Das Geologische Landesamt und die Landesanstalt für Umweltschutz haben diese Karte im Auftrag des Umwelt- und des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg erstellt, unter Mitarbeit der ehemaligen Ämter für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Heilbronn und Besigheim sowie der Stadtwerke Heilbronn.

Das Inhaltsverzeichnis im Erläuterungsband dokumentiert die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Kapitelüberschriften lauten: Hydrologie, Geologie, Hydrogeologie, Grundwasserbilanz, Isotopenhydrologie, Grundwasserbeschaffenheit, Mineralwassernutzung und Solegewinnung, Grundwasserschadensfälle sowie Trinkwasserschutzgebiete.

Diese Hydrogeologische Karte umfaßt den zentralen Teil des Landkreises Heilbronn und nördliche Teile des Landkreises Ludwigsburg. Das Untersuchungsgebiet reicht von Bad Rappenau im Norden bis Besigheim im Süden, von Gemmingen im Westen bis Eberstadt im Osten. Geologisch gehört das Gebiet im wesentlichen zur Heilbronner Mulde (einer großräumigen Einmuldung des Festgesteinsuntergrunds im Raum Heilbronn – daher der Kartename). Die morphologisch wichtigsten Einheiten sind das Neckartal mit dem Heilbronner Becken, das Heilbronner Bergland, der Strom- und der Heuchelberg sowie die Gäuflächen.

Das Grundwasserfließsystem in der Heilbronner Mulde ist auf den Neckar (im Kartengebiet etwa 43 Flußkilometer lang) ausgerichtet. Der Neckar als Vorfluter bestimmt gemeinsam mit der tektonisch angelegten Muldenstruktur die Grundwasser-Fließverhältnisse: Zu ihm und zum Muldenzentrum fließt praktisch das gesamte, durch Niederschlag neu gebildete Grundwasser, wobei es teils in tiefere Grundwasserstockwerke absinkt.

Infolge des geologischen Aufbaus der Heilbronner Mulde haben die geklüfteten und z. T. verkarsteten Gesteine des Mittleren und des Oberen Muschelkalks, des Unterkeupers und des Gipskeupers wasserwirtschaftlich große Bedeutung. Diese Festgesteins-Grundwasserleiter sind zwar hydraulisch miteinander verbunden, weisen aber doch unterschiedliche hydrogeologische und hydrochemische Eigenschaften auf. Speziell im Muldenzentrum sind aus diesen Festgesteins-Grundwasserstockwerken große Wasserentnahmen möglich.

Die ebenfalls intensiv genutzten quartären Talkiese und die Hochterrassenschotter des Neckars stehen mit den Festgesteins-Grundwasserstockwerken in hydraulischer Verbindung, was sich besonders bei stärkerer Förderung durch einen veränderten Grundwasserchemismus (erhöhte Mineralisation) bemerkbar macht. Die Wassergewinnung aus den Talkiesen des Neckars kann dazu führen, daß der Uferfiltratanteil des geförderten Wassers nahezu 100 % erreicht. Neben dem natürlichen Einfluß auf die Grundwasserbeschaffenheit sind auch die möglichen Belastungen durch die dichte Bebauung mit Industrieansiedlungen im Stadtgebiet Heilbronn zu berücksichtigen. Der relativ geringmächtige, den Kies überlagernde Auelehm kann das Grundwasser vor größeren Schadstoffeinträgen nicht wirksam schützen.

Auf den Karten und in den Erläuterungen sind wichtige Erkenntnisse für die zukünftige Bewirtschaftung und den Schutz der Grundwasservorkommen der Heilbronner Mulde dokumentiert, die z. B. bei Abgrenzungen von Wasserschutzgebieten, Planungen von Wasserhaltungen oder Beurteilungen von Schadensfällen bedeutsam sind.