

9 Erzeugung von landesweiten Übersichtskarten unter Einsatz eines GIS

9.1 Allgemeines

Für die Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans Baden-Württemberg¹ 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 flächendekende 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-

¹ 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 Breckie 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.

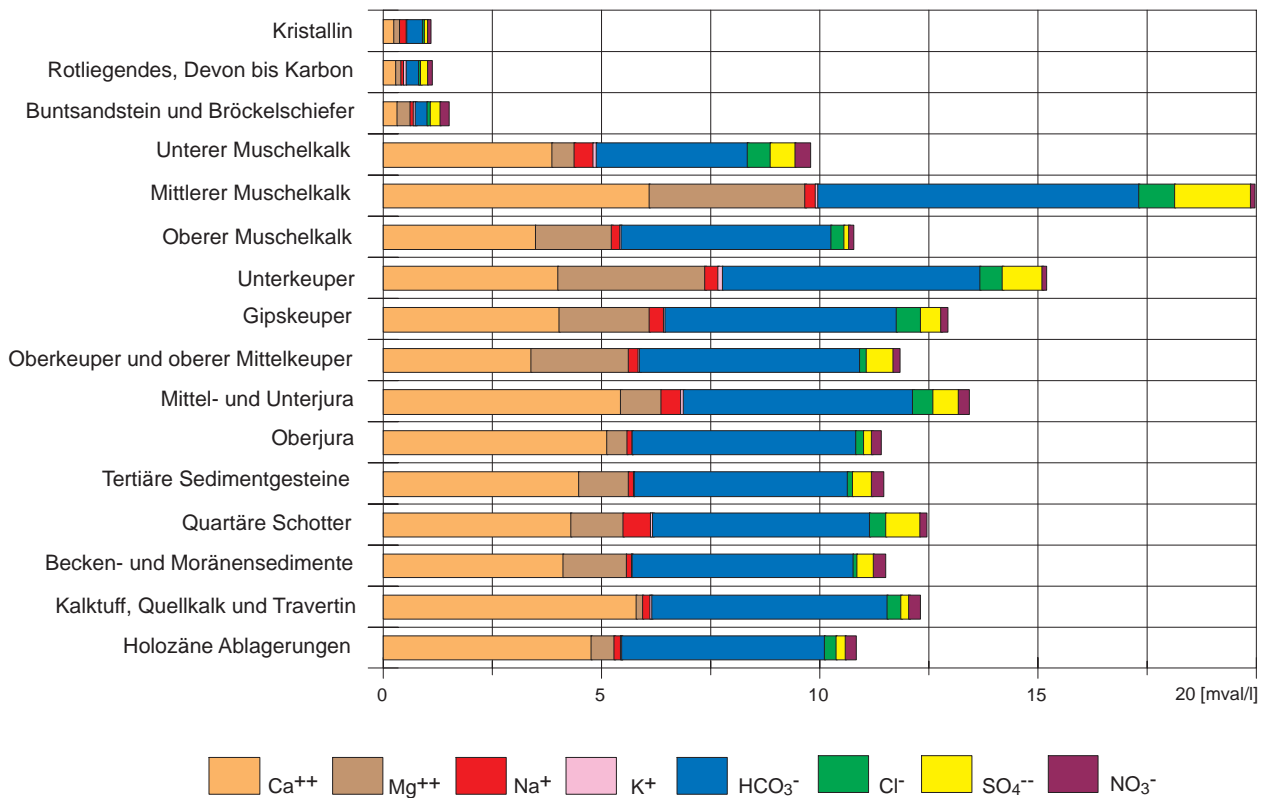


Abb. 34: Repräsentative Grundwasseranalysen für die verschiedenen hydrogeochemischen Einheiten, dargestellt als Säulendiagramme

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-HCO₃-Wasser

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

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

Ca-HCO₃-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-HCO₃-SO₄-Wässer

- Mittlerer Muschelkalk
- Gipskeuper

Wässer mit stark wechselndem Lösungsinhalt

- Holozäne Ablagerungen

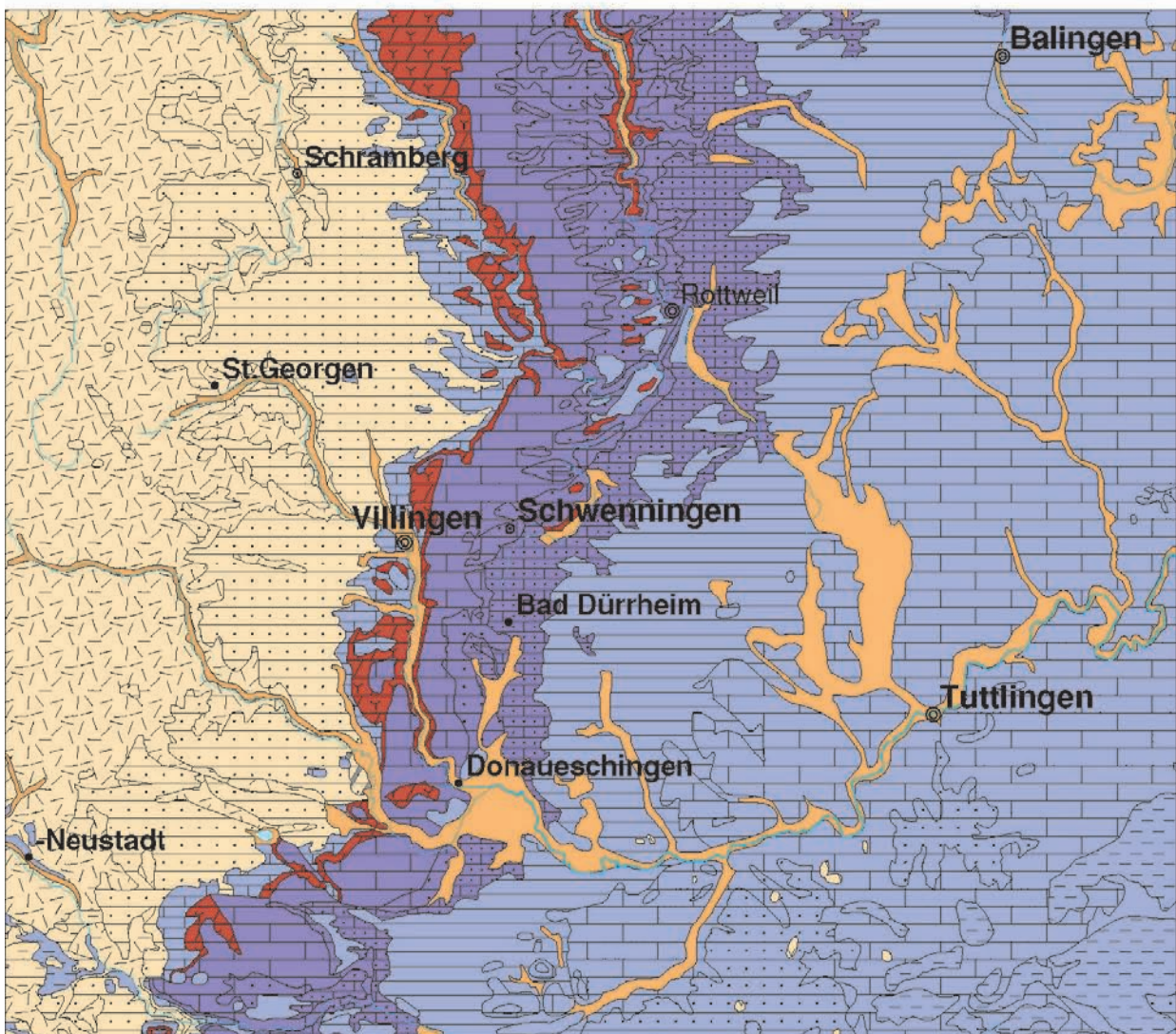


Abb. 35: Legende und Ausschnitt aus der Karte der hydrogeochemischen Einheiten und der zugehörigen gesteinsgebundenen Grundwasserbeschaffenheit

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 (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , 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-

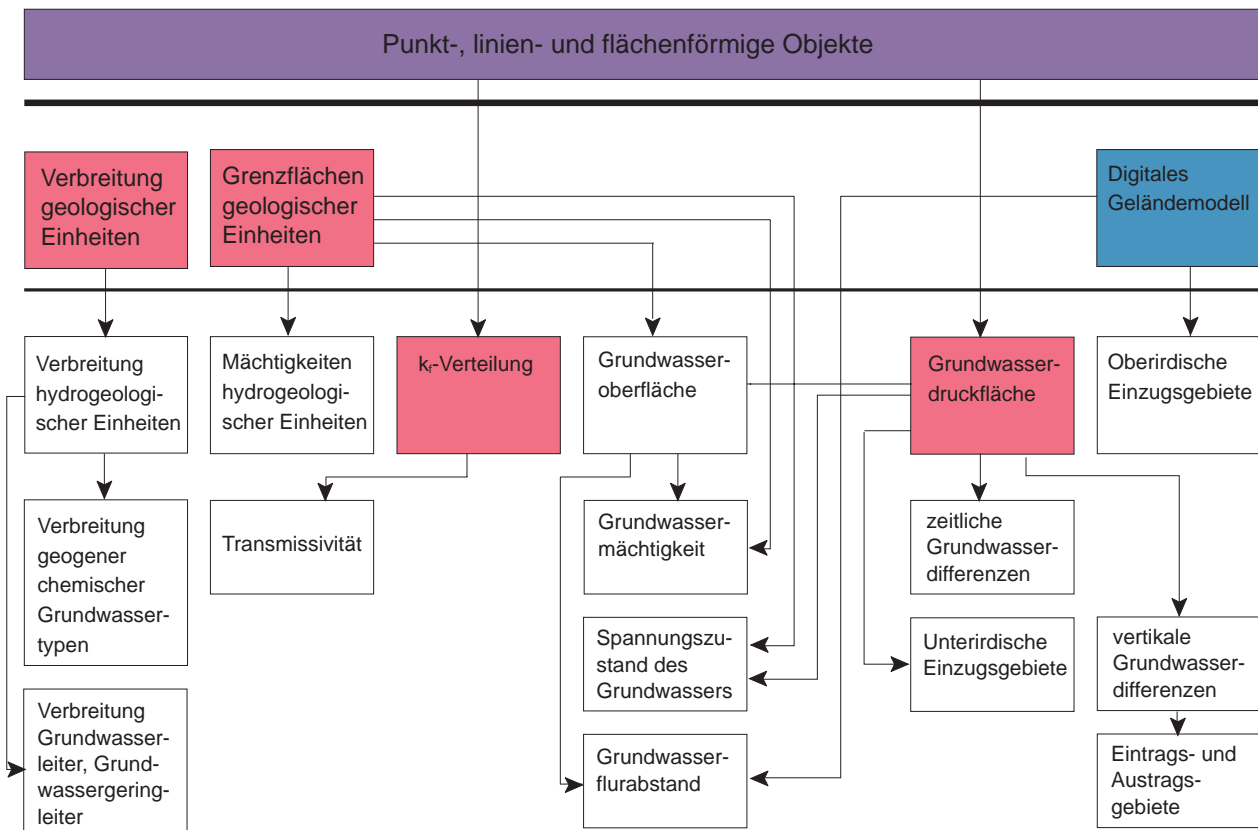


Abb. 36: Hierarchie ausgewählter hydrogeologischer Themen

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 Niederschlags Höhen für Monate und Jahr, Zeitraum 1931–1960. – 24 S., 46 S. Abb. + Tab., 16 Kt. (Beil.); Offenbach a. M. (Dt. Wetterdienst).