



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

SCHRIFTENREIHE REAKTORSICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ

**MATHEMATISCHE MODELLIERUNG DES TRANSPORTS VON
RADIOAKTIVEN STOFFEN IN DER UNGESÄTTIGTEN UND
GESÄTTIGTEN BODENZONE - INTEGRATION DER MODELLIERUNG
IN EIN OPERATIONELLES INFORMATIONSSYSTEM ZUR
ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERGEFÄHRDUNG DURCH
RADIOAKTIVE STOFFE**

BMU - 2004-645



WIR STEuern UM AUF ERNEUERBARE ENERGIEN.

BMU – 2004-645

**„Mathematische Modellierung des Transports von
radioaktiven Stoffen in der ungesättigten und
gesättigten Bodenzone – Integration der Modellierung
in ein operationelles Informationssystem zur Ermittlung
der Grundwassergefährdung durch radioaktive Stoffe“**

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Koblenz

H.J.Theis

K.Krötz

IMPRESSUM

Dieser Band enthält einen Abschlussbericht über ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Vorhaben. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BMU übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Eigentümer behält sich alle Rechte an der weiteren Nutzung oder Vervielfältigung des Berichts vor.

Der Bericht wurde durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, erstellt.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der Auftragnehmer wieder und muss nicht mit der des BMU übereinstimmen.

Herausgeber:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Arbeitsgruppe RS I 1

Postfach 12 06 29

53048 Bonn

ISSN 1612-6386

Erscheinungsjahr: 2004

Abschlussbericht
zum Vorhaben St.Sch.4257

BfG- 1394

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Abschlussbericht zum Vorhaben St.Sch.4257

Thema des Vorhabens: Mathematische Modellierung des Transports von radioaktiven Stoffen in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone - Integration der Modellierung in ein operationelles Informationssystem zur Ermittlung der Grundwassergefährdung durch radioaktive Stoffe

BfS-Nr.: : St.Sch. 4257
Auftraggeber : Bundesamt für Strahlenschutz
Auftrag vom : 05.03.2001
BfG-JAP-Nr. : 370
Seitenzahl : 22
Zahl der Anlagen: CD-ROM, 10 Ordner

Koblenz, 01. Oktober, 2003

BfG-1394

Inhalt

1 Einführung	1
1.1 Zielsetzung des Vorhabens	1
1.2 Auswahl der Standorte	2
1.3 Methodik	2
2 Verfügbare Daten und Standortcharakterisierung	3
2.1 Standort Emsland	4
2.2 Standort Isar1 und Isar 2	5
2.3 Standort Gundremmingen B,C	7
2.4 Standort Krümmel	9
2.5 Standort Grafenrheinfeld	10
2.6 Standort Unterweser	12
2.7 Standort Brunsbüttel	13
3 Recherchemöglichkeiten in einer Metadatenbank	14
3.1 Recherchenutzung	14
3.2 Nutzung als Dokumentenbetrachter	16
3.3 Nutzung für geo-referenzierte Dokumente	16
4 Fazit	17
Anhang 19	
Installationshinweise	19
Georeferenzierte Karten	22

Abbildungen

<i>Abbildung 1: Schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Isar1 /Isar 2.</i>	
6	
<i>Abbildung 2: Anzunehmende, schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Gundremmingen.</i>	8
<i>Abbildung 3: Schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Grafenrheinfeld.</i>	11
<i>Abbildung 4: Startmaske.</i>	14
<i>Abbildung 6: Kartenübersicht für einen Standort.</i>	15
<i>Abbildung 5: Standortübersicht.</i>	15
<i>Abbildung 7: Zuordnung der Filterprogramme zum Dokumententyp, definiert durch die Dateiendung (z.B. 'txt', 'jpg', usw.).</i>	16
<i>Abbildung 8: Karte im TIF-Format mit IrfanView als Betrachter.</i>	17
<i>Abbildung 9: Maske für die Betrachtung von georeferenzierten Karten.</i>	18
<i>Abbildung 10: Hinzuschalten von Layern und Zoom-Funktion.</i>	18
<i>Abbildung 11: Meldung bei Erststart.</i>	20
<i>Abbildung 12: Datei mit Metadaten auswählen.</i>	20
<i>Abbildung 14: Bezugspfad für Standortdateien eingeben.</i>	21
<i>Abbildung 13: Hauptmaske.</i>	21
<i>Abbildung 16: Aktivieren des MapObjects Verweises.</i>	22
<i>Abbildung 15: Pfade für die Betrachterprogramme. Neue Dateitypen können angehängt werden.</i>	22

1 Einführung

1.1 Zielsetzung des Vorhabens

Standortspezifische Grundwassermodelle sind im Rahmen des Notfallschutzes auch für kerntechnische Anlagen sinnvoll einzusetzen. Im Schadensfall kann ein kalibriertes Modell mit den aktuellen hydrologischen Daten versehen werden. Innerhalb kürzester Zeit können damit Aussagen über den Grad der Gefährdung von z.B. Trinkwasserbrunnen gemacht werden. Sind keine Messstellen in der vermuteten Ausbreitungsrichtung vorhanden, so muss, um ad hoc die Richtung, die dispersive Ausbreitung und die Geschwindigkeit der Schadstofffahne durch zusätzlich Messstellen zu ermitteln, mindestens folgende Datengrundlage vorhanden sein:

1. Transportbeeinflussender Schichtaufbau, Messungen und Annahmen zur Durchlässigkeit, zum Dispersionskoeffizient, zum Speicherkoeffizient und zu den Randbedingungen. Auf dieser Datengrundlage wird ein konzeptionelles hydrogeologisches Modell des Untergrundaufbaues als Vorstufe eines mathematisch-numerischen Modells erstellt.
2. Die aktuellen hydrologischen Bedingungen, da die Ausbreitungsrichtung in Flussnähe stark von den Vorfluterverhältnissen abhängig ist.

Sind die Abhängigkeiten zwischen Geologie, Hydrogeologie und hydrologischen Randbedingungen an einem Standort bekannt (dies leistet ein numerisches Grundwassermodell), können im Schadensfall effektive Gegenmaßnahmen mit dem geringst möglichen finanziellen Aufwand vorgeschlagen werden.

Für ein standortspezifisches Prognosemodell zur Schadstoffausbreitung im Grundwasser sind zwei unterschiedliche Datensätze notwendig. Die Datengrundlage für das konzeptionelle hydrogeologische Modell, das die geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften des Standortes widerspiegelt, ist sehr zeitaufwendig zu erheben, aber zeitlich invariant. Im Gegensatz dazu sind Daten für die hydrologischen Randbedingungen zeitlich variabel, aber aus allgemein zugänglichen Quellen (BfG-Datenbank Hydrologie, Deutscher Wetterdienst, usw.) kurzfristig zu beschaffen. Für eine schnelle Reaktion im Rahmen des Notfallschutzes ist es daher unverzichtbar, zeitlich invariante, aber zeitaufwendig zu beschaffende Parameter und Randbedingungen für den Ereignisfall vorzuhalten.

Es sollen für acht in früheren Untersuchungen nicht erfasste KKW-Standorte, in der Reihenfolge einer Prioritätsliste, die oben unter Punkt 1. aufgeführten Grunddaten erhoben werden. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die geologischen und hydrogeologischen Daten, da diese die Basis für das konzeptionelle hydrogeologische Modell bilden (zeitlich invariante Daten). Diese Informationen stehen zum größten Teil den KKW-Betreibern zur Verfügung, da durch Baugrundgutachten, Beweissicherungen u.ä. eine breite Datengrundlage vorhanden ist.

Hinzu kommen für Kalibrierungszwecke historische Daten der Hydrologie und Grundwasserchemie, für die auch frei zugängliche Quellen (BfG-Datenbanken, BfG-Jahrbücher usw.) ausgewertet werden können.

1.2 Auswahl der Standorte

Die **Datenrecherche** für eine zukünftige Grundwassermodellierung sollte an 8 KKW Standorten, entsprechend einer vorgegebenen Prioritätsliste durchgeführt werden:

- (a)Emsland
- (b)Isar1, Isar2
- (c)Brokdorf
- (d)Gundremmingen B, C
- (e)Krümmel
- (f)Grafenrheinfeld
- (g)Unterweser
- (h)Brunsbüttel

Für den Standort Brokdorf lehnte der Betreiber die Überlassung von jeglichen Unterlagen ab. Die für diesen Standort beigefügten Daten stammen ausschließlich aus frei zugänglichen Quellen.

1.3 Methodik

Die vorgesehene Methodik der Bearbeitung sah dabei wie folgt aus.

1. Möglichst vollständige Beschaffung der modellrelevanten Daten bei KKW Betreibern. Ergänzende Beschaffung aus öffentlich zugänglichen Quellen.
2. Manuelle Erfassung von Zeitreihen, Bohrprofilen. Teilweise Scannen von Kartenmaterial, sonst Erfassen als Metadaten.
3. Prüfen auf Plausibilität, Erkennen von Datenlücken, usw.
4. Einsatz von Variographie-Verfahren zur Erkennung von räumlichen Korrelationen in den hydrogeologischen Daten.
5. Abgrenzung von stratigraphischen Einheiten, die für die Wasserbewegung und Stoffausbreitung von Bedeutung sind.
6. Speichern der Daten in einem Format, das als langfristig kompatibel für Auswertprogramme gelten kann. Hier wurde im Vorfeld vor allem das XML Datenbankformat als geeignet angesehen.
7. Bereitstellung von Visualisierungsmöglichkeiten.

Zu den Punkten **1.** bis **5.** werden im Abschnitt 2 bei der Charakterisierung des jeweiligen Standorts Angaben gemacht. Zum Punkt **6.** ist anzumerken, dass die Daten nicht im XML-Format sondern im Access 97 Format in einer Datenbank bereitgestellt werden. Das XML Format ist derzeit noch immer nicht soweit standardisiert, dass es die Funktion eines langfristigen Speicherformats erfüllen kann. Zudem sind die Handhabungsprobleme noch beträchtlich, so dass auf ein Format zurückgegriffen wurde, das weitgehend kompatibel zu vielen Auswertprogrammen ist. Um eine Recherche in der Datenbank zu ermöglichen wurde eine Anwendung entwickelt, in der die Metadaten des gesamten Datenmaterials zugänglich sind. Liegen die gesuchten Informationen digital vor, kann über Standardsoftware, die auf den meisten

Rechnern verfügbar ist oder kostenlos aus dem Internet beschafft werden kann, eine Visualisierung der Daten vorgenommen werden (Punkt 7.). Eine Beschreibung der Handhabung der Metadatenbank und der Visualisierungsmöglichkeiten erfolgt in Abschnitt 3. Auf weitergehende Darstellungen mit spezieller Software wie z.B. *Visual Groundwater* wurde verzichtet, da hierfür sämtliche Daten in einem einheitlichen Bezugssystem hätten georeferenziert werden müssen, was aber in der Prüfphase einer Modellierung einen nicht zu vertretenden Aufwand bedeutet hätte.

2 Verfügbare Daten und Standortcharakterisierung

Die Datenbeschaffung erstreckte sich auf verschiedene potentielle Quellen. Vorrangig sind hier zu nennen:

1. KKW-Betreiber
2. Hydrologische Datenbanken der BfG
3. Geologische Literatur
4. Internet

Soweit dies möglich war und sinnvoll erschien, wurden die Daten digital erfasst. Dies betrifft vor allem die Zeitreihen der Grundwasserstände und der Messungen der jeweiligen an den Grundwasserleiter angrenzenden Oberflächengewässer. Die Verfügbarkeit der Grunddaten für jeden Standort kann zusammengefasst den Angaben zu den Standorten in den nachfolgenden Abschnitten und im Einzelnen der Metadatenbank auf der beigelegten CD-ROM entnommen werden.

Die Handhabung der Datenbank MEDA-KKW ist in Abschnitt 3 näher erläutert. Im Abschnitt 2 soll zusammengefasst eine Übersicht über den Umfang der verfügbaren Daten gegeben werden und eine kurze Charakterisierung des Standortes bezüglich der Notwendigkeit bzw. den Möglichkeiten einer numerischen Grundwassermodellierung erfolgen.

Die Bewertung der Notwendigkeit einer Grundwassermodellierung orientiert sich in erster Linie an der ermittelten Grundwasserströmung. Wenn diese konstant zum Vorfluter (Fluß) hin gerichtet ist, wird eine Modellierung nicht als notwendig angesehen. Damit ist jedoch noch keine Aussage getroffen, inwieweit der in den Fluß infiltrierende Schadstoff, abhängig von seiner Konzentration, eine Gefährdung des Gewässers darstellen kann. Dieser Ausbreitungspfad muss getrennt untersucht werden.

Besteht die Möglichkeit einer Umkehr der Strömungsrichtung, z.B. infolge eines Hochwassers im Vorfluter, kann ein mit dem Grundwasser transportierter Schadstoff in Hinterland verfrachtet werden und eine potentielle Gefährdung darstellen. In diesem Fall wird eine Modellierung als notwendig angesehen, ebenso wie in den Fällen in denen die Grundwasserströmung auch unter mittleren hydrologischen Bedingungen nicht direkt zum Vorfluter hin ausgerichtet ist.

Die bereits in früheren Vorhaben beschafften Daten für Standorte für die bereits eine Grundwassermodellierung durchgeführt wurde, sind ebenfalls auf der CD-ROM enthalten. Eine Beschreibung dieser Daten erfolgt hier nicht, da dies in den entsprechenden Berichten bereits ausführlich vorgenommen wurde.

2.1 Standort Emsland

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	51 Bohrprofile, 30 Sieblinien. Für einzelne Bohrpunkte liegen Labormessungen von k_f -Werten vor.
Vorfluter:	Ems, ca. 500m Abstand zum östlichen Ufer der Ems. Der Wasserstand der Ems wird durch die Stauhaltung Hanekenfähr auf 21.57 m+NN gehalten.
Hydrogeologie	Der obere quartäre Aquifer besteht aus bis zu 8m mächtigen Feinsanden bis Mittelsanden, gefolgt von 6-8m Geschiebemergel als Trennschicht. Danach folgen quartäre Sande, Kiessande mit einer Mächtigkeit von 20-40m als Hauptaquifer, darunter folgt das Tertiär, als Sohlschicht für den Grundwasserleiter. Der Flurabstand beträgt 2-5m.
Hydrologie	
Datenlage	Wasserstände von 22 Grundwassermessstellen, vom 22.11.1982-28.7.1986 gemessen (darin enthalten ist die Erholungsphase nach der Baugrubenabsenkung). Datenlage für GW-Modellierung ist gut, auch wegen stark instationärem Zustand der GW-Messungen, die eine höhere Qualität der Modellkalibrierung ermöglichen.
Tabellen-Name:	\emsland\daten\GW-staende.xls, Papiaausdrucke in Ordner
Beurteilung für GW-Modellierung:	Hauptaquifer ist durch hangenden Geschiebemergel gut gegen Kontaminationen geschützt. Potentiell gefährdet ist hier der obere Aquifer in den quartären Sanden. Bedingt durch den niedrigen Wasserspiegel der Stauhaltung ist jedoch ein Transport ins Hinterland auch bei extremen Hochwässern nicht zu befürchten. Die GW-Stände im Werksgelände liegen etwa auf dem Niveau eines 10000-jährlichen Ems Hochwassers. Nach derzeitiger Kenntnis ist eine Grundwasser-Modellierung im Schadensfall nicht notwendig.

2.2 Standort Isar1 und Isar 2

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	29 Bohrprofile mit Schichtenverzeichnissen
Vorfluter:	Isar, Lage des KKW im Umströmungsbereich des Wehres Niederaichbach,
Hydrogeologie	<p>Der Standort liegt im nördlichen Molassebecken vor dem Alpennordrand.</p> <p>Es liegen zwei getrennten Grundwasserstockwerke vor. Das obere, potentiell gefährdete Grundwasserstockwerk wird gebildet durch eine bis ca. 18m mächtige Kies-Sand Schicht, (pleistozäne Ablagerungen der Isar). Nach anderen Quellen liegt diese Schicht bei 4-7m u. GOK.</p> <p>Darunter liegt die mächtige Folge der Oberen Süßwassermolasse, wobei lediglich die obere Schotterfolge eine Rolle für die Stoffausbreitung im Werks Gelände spielen kann.</p> <p>Es befinden sich anscheinend keine Paläorinnen (alte, wieder-gefüllte Flussläufe) im Werksbereich.</p> <p>Der GW-Spiegel liegt etwa 5m unter dem Stauziel und etwa 1-2m höher als das Unterwasser das durch die Isar gebildet wird. Der Flurabstand im oberen Aquifer beträgt etwa 2-3m.</p>
Hydrologie	
Datenlage	8 GW-Messstellen im Bereich der Stauseen Niederaichbach und Altheim. Messzeitraum 1985 bis 1999.
Tabellen-Name:	\\isar1u2\daten\grundwasser.xls. Grafiken im Ordner.
Beurteilung für GW-Modellierung:	Konzeptionell einfache GW-Verhältnisse mit quasi stationärer Strömung (s. Abbildung 1). Im Schadensfall ist deshalb die Ausbreitung eines Stoffes auch ohne Modellierung relativ gut abzuschätzen.

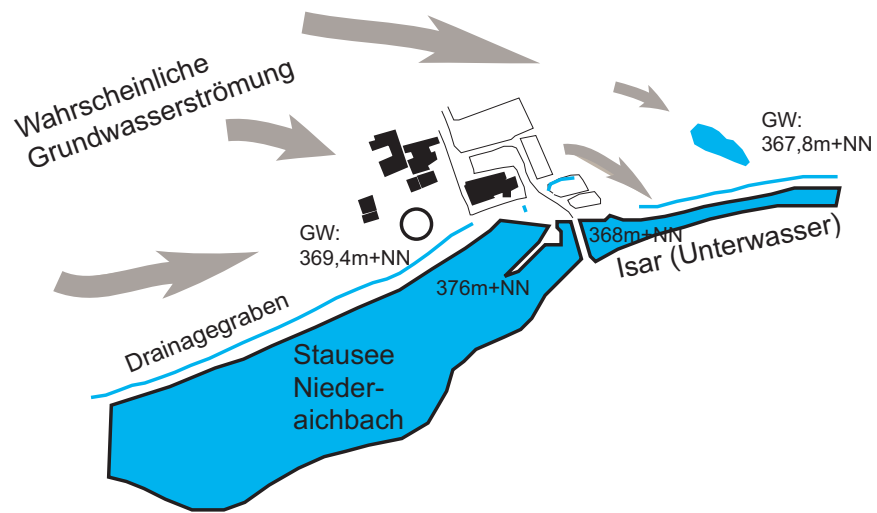


Abbildung 1: Schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Isar1 /Isar 2.

2.3 Standort Gundremmingen B,C

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	27 Bohrungen auf Werksgelände, mit Schichtbeschreibungen. 3 Karten mit Oberflächen der Schichteinheiten.
Vorfluter:	Donau
Hydrogeologie	<p>Deckschichten sind nur partiell vorhanden. Der gut leitende quartäre Kiesaquifer ist ca. 6-8 m mächtig. Tertiär steht in 7-10 m u. GOK an. Im Tertiär sind zwischen 16 bis 46 m dicht gelagerte Flinzsande eingelagert.</p> <p>Eine sicher abzugrenzende Grundwasserbasis wird gebildet durch tertiären Mergelstein in 44-46 m u GOK. Mergel/Ton/Schluff Zwischenhorizonte sind zwar darüber möglich, bilden aber keine hydraulisch wirksame Trennschicht.</p> <p>Der Flurabstand beträgt 1,50 - 3,00m.</p>
Hydrologie	
Datenlage	Messung des GW-Standes bei Erstellung der Bohrungen auf Werksgelände.
Tabellen-Name:	\gundremmingen\daten\grundwasser.xls
Beurteilung für GW-Modellierung:	<p>Relativ großer Abstand des Geländes zum Vorfluter, ca. 800 m. Der Standort liegt im Unterwasser der Staustufe Faimingen im Bereich von Altarmen der Donau. Bevorzugte Fließrichtungen werden durch grobkörnige Paläorinnenfüllungen begründet.</p> <p>Das Grundwassergefälle ist allgemein sehr gering, deshalb ist ein stärkerer Hochwassereinfluss durch Richtungsveränderungen zu erwarten.</p> <p>Bei Schadensfall ist numerische Modellerstellung notwendig, da eine Ausbreitung ins Hinterland nicht ausgeschlossen werden kann (s. Abbildung 2).</p>

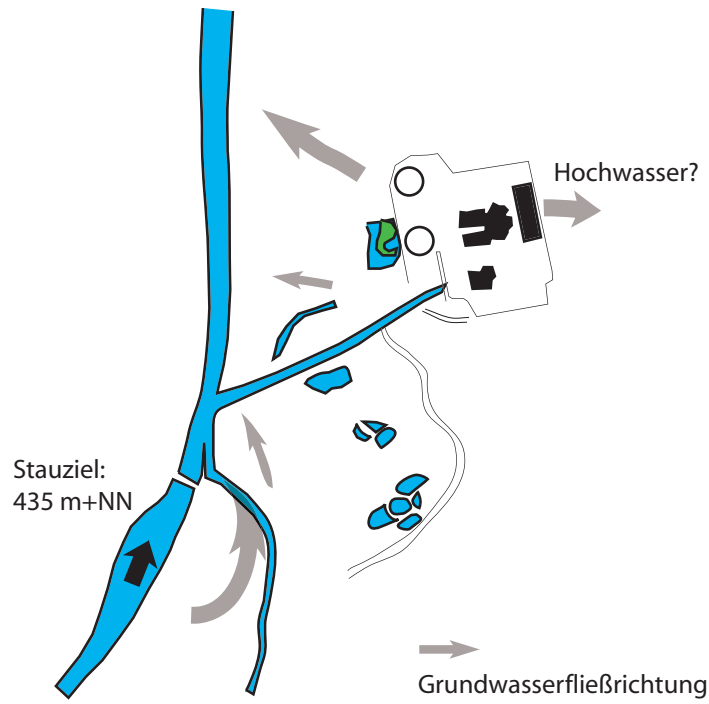


Abbildung 2: Anzunehmende, schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Gundremmingen.

2.4 Standort Krümmel

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	11 Bohrprofile verfügbar.
Vorfluter:	Elbe
Hydrogeologie	<p>Unter geringmächtigen Auffüllungen stehen pleistozäne gemischtkörnige Sande mit kiesigen und steinigen Einlagerungen an, die in ihrem oberen Teil örtlich Schluffschichten enthalten. Ihre Mächtigkeit liegt bei 10m. Das Geländeniveau beträgt etwa 8,50 m+NN.</p> <p>Darunter folgen feinkörnige tertiäre Sande, denen eine Reihe meist geringmächtiger Gyttja- und Schluffschichten eingelagert sind.</p> <p>Die ältesten durch die Bohrungen erfassten Schichten stellen tonige Schluffe, rund 40m u. GOK dar.</p> <p>Mehrere Aquifere sind nachweisbar.</p>
Hydrologie	
Datenlage	Stichtagsmessung des Grundwasserspiegels vom 4.4.2002. Stichtagsplan vom Januar 2002.
Tabellen-Name:	\\krümmel\daten\grundwasser.xls
Beurteilung für GW-Modellierung:	<p>Der Grundwasserstand in der Umgebung des Standortgeländes wird in ufernahen Bereichen vom Wasserstand der Elbe beeinflusst.</p> <p>Die vorhandene Hangdrainage wirkt sich so aus, dass ein dauerhaftes Gefälle (ca. 1.5%) vom Hinterland zum Kraftwerksgelände und ein sehr geringes Gefälle im Gelände hergestellt wird. Zwischen Kraftwerksgelände und Elbe stellt sich nur noch ein geringes Gefälle ein.</p> <p>Eine Schadstoffausbreitung vom Kraftwerksgelände ins Hinterland ist deshalb nicht möglich. Auch ohne Drainage ist eine Ausbreitung nur in Elberichtung denkbar.</p> <p>Eine Grundwassermodellierung im Schadensfall ist demzufolge nicht notwendig.</p>

2.5 Standort Grafenrheinfeld

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	36 Bohrprofile.
Vorfluter:	Main, evtl. Altarm des Mains. Standort liegt im Bereich der Staustufe Garstadt.
Hydrogeologie	<p>Der Standort liegt in der Talaue des Mains. Am Standort können folgende geologische Schichten unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Quartär, bestehend aus holozänen feinkörnigen Deckschichten von ca. 2m, über pleistozänen sandig, kiesigen Ablagerungen in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 3,50m. • Der Keuper, bestehend aus mittelhartem bis hartem Tonmergelstein und Sandsteinschichten in einer Mächtigkeit von mehr als 40m. Oberflächennah ist dieses Festgestein in einer Mächtigkeit von durchschnittlich 1,50m von weichplastischen bis mürben Tonmergeln aufgewittert. Der Keuper bildet die Sohlschicht für den quartären Porengrundwasserleiter des Talgrundes. <p>Der Flurabstand beträgt 1.15 bis 2.70 m.</p>
Hydrologie	
Datenlage:	Grundwasserstände der Jahre 1979 bis 1999 an 15 Messstellen.
Tabellen-Name:	grafenrheinfeld/daten/kkw_Grafenrheinfeld_Pegeldat.xls. Grafiken im Ordner.
Beurteilung für die GW-Modellierung:	<p>Potentiell vorhandene Gefährdung durch Kontaminationen infolge der relativ hohen Durchlässigkeiten im quartären Porengrundwasserleiter.</p> <p>Der Standort liegt im Oberwasser der Staustufe. Da ein ständiges Gefälle vom Main zum Standort besteht, kann eine Kontamination sich in Richtung Unterwasser der Staustufe bewegen. Die tatsächliche Ausbreitung ins Hinterland ist abhängig von den aktuellen hydrologischen Verhältnissen. Es besteht in jedem Falle die Notwendigkeit für eine Modellerstellung im Schadensfall.</p>

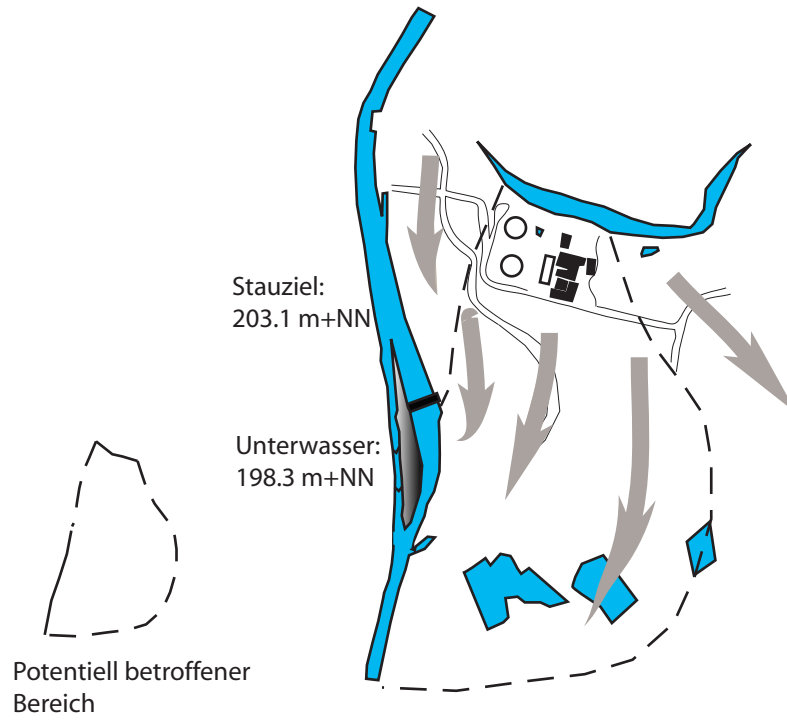


Abbildung 3: Schematisierte Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich von Grafenrheinfeld.

2.6 Standort Unterweser

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	4 Bohrprofile, 7 Sieblinien.
Vorfluter:	Weser, bzw. Graben, der Kraftwerk umschließt.
Hydrogeologie	<p>Es können folgende Schichten unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auffüllung, überwiegend Sande, mit niederschlagsgeprägtem Stauwasserhorizont. Die Mächtigkeit beträgt 0,80 bis 2,30m. • Oberer Klei, ca. 7m mächtig (Holozän). • Sande, kleigebändert, ca. 6m mächtig, gespannter GW-Leiter (Holozän). • Unterer Klei, ca. 5,50m mächtig (Holozän). • Pleistozäne Sande, ca. 1m mächtig. • Lauenburger Schichten, 3-4m mächtige Schluffe und Tone. • Pleistozäne Sande, über 13m mächtig. <p>Der Flurabstand beträgt etwa 1,50m.</p>
Hydrologie	
Datenlage	Es werden keine Grundwasserstandsmessungen durchgeführt.
Tabellen-Name:	-
Beurteilung für GW-Modellierung:	<ul style="list-style-type: none"> • Wegen einem umschließenden Graben in Verbindung mit dem Tideeinfluss (potentielle Ausbreitung nur während auflaufendem Wasser) ist eine Gefährdung des Hinterlandes nicht zu erwarten. • Eine Kontamination im niederschlagsabhängigen Stauwasserhorizont kann wegen der hydraulisch wirksamen Trennschichten unterhalb des Stauwasserhorizontes den tieferen Aquifer nicht erreichen • Eine Grundwassermodellierung ist nach diesem Kenntnisstand auch im Schadensfall nicht notwendig.

2.7 Standort Brunsbüttel

Geologie/Hydrogeologie	
Datenlage:	6 Bohrprofile, Baugrundbeurteilung
Besonderh.:	Pfahlgründung in der Sohle des 2. GW-Stockwerks
Vorfluter:	Elbe
Hydrogeologie	<p>Unter der Geländeoberkante steht die Auffüllung aus aufgespülten Sanden in Schichtdicken von rund 1,7 m bis rund 3,9 m an.</p> <p>Darunter folgen organische Weichschichten aus Klei und Torf, die bis in Tiefen von rund 17,2 m bis rund 17,9 m unter Geländeoberkante anstehen.</p> <p>Unterhalb der organischen Weichschichten folgen holozäne und pleistozäne Sande, die bis in Tiefen um etwa 25 m bis 28 m unter Geländeoberkante überwiegend aus Mittelsanden bestehen und darunter eher grobsandig, z.T. auch kiesig, ausgeprägt sind.</p> <p>Im Sandpolster oberhalb des ursprünglichen Marschgeländes, dessen Oberfläche aus praktisch wasserundurchlässigem Klei besteht, ist mit einem niederschlagsabhängigen Stauwasserstand zu rechnen. Als Wasserstand ist für dieses Stockwerk, das mit dem tideabhängigen Grundwasser nicht in Verbindung steht, von NN +2,0 m auszugehen. Kontaminationen sind nur in diesem Horizont möglich.</p> <p>In den Sanden unterhalb der organischen Weichschichten steht das Grundwasser gespannt an. Die Druckhöhe korrespondiert phasenverschoben und gedämpft mit den Tidewasserständen der Elbe.</p>
Hydrologie	
Datenlage	Keine Grundwasserstandsmessungen verfügbar.
Tabellen:	-
Beurteilung für GW-Modellierung:	<p>Eine Kontamination im oberen Grundwasserstockwerk kann sich wegen der undurchlässigen Trennschicht nicht in das 2. Stockwerk ausbreiten. Im oberen tideunabhängigen Stockwerk bewegt sich eine potentielle Schadstofffahne immer auf kürzestem Wege zum Vorfluter, eine Ausbreitung ins Hinterland ist damit ausgeschlossen.</p> <p>Die Erstellung eines GW-Modells ist nicht notwendig.</p>

3 Recherchemöglichkeiten in einer Metadatenbank

Die Metadatenbank Meda-KKW wurde entwickelt, um sämtliche Daten einer einfachen Recherche zugänglich zu machen. Die Standortinformationen können in Papierform (z.B. Gutachten, Bohrprofile, Messreihen) oder als digitale Daten (z.B. Berichte, Fotos) vorliegen. Hinweise zur Installation sind im Anhang zu finden. Nach Starten des Programms ist die in Abbildung 4 gezeigte Funktionsauswahl verfügbar.

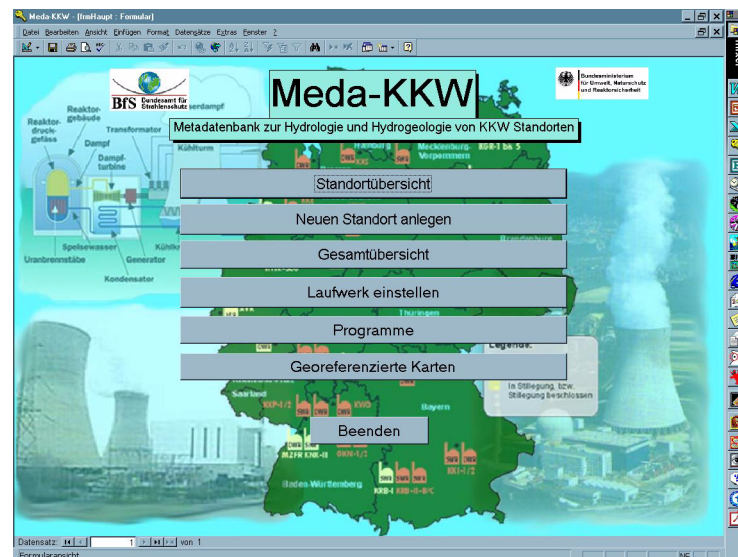


Abbildung 4: Startmaske.

Die Benutzung der Datenbank kann danach in drei Verfahren erfolgen: zur Recherche, als Dokumentenbetrachter und als ArcView kompatibler Betrachter für georeferenzierte Karten.

3.1 Recherchenutzung

Nach Anwahl des Punktes Standortübersicht sind für jeden Standort die Datenbankeinträge nach Auswahl der Datenkategorie zugänglich (Abbildung 5). Die Daten für jeden Standort wurden in 5 Kategorien unterteilt:

- Karten
- Texte (Gutachten, Berichte)
- Daten (Grundwasserstandsmessungen, Bohrprofile)
- Bilder
- Adressen

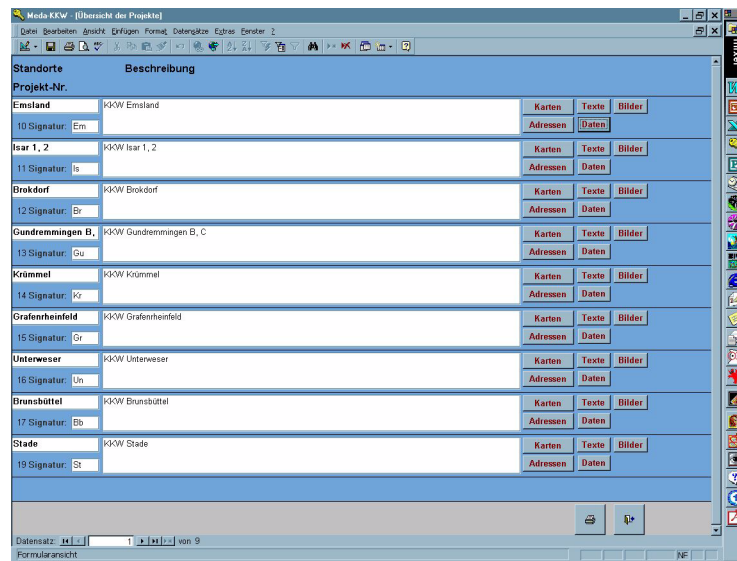


Abbildung 5: Standortübersicht.

Die Datenbank enthält für jedes erfasste Dokument Angaben über die Art des Dokuments, Stichworte zum Inhalt und seinen Standort (s. Abbildung 6 als Beispiel für die Kategorie *Karten*).

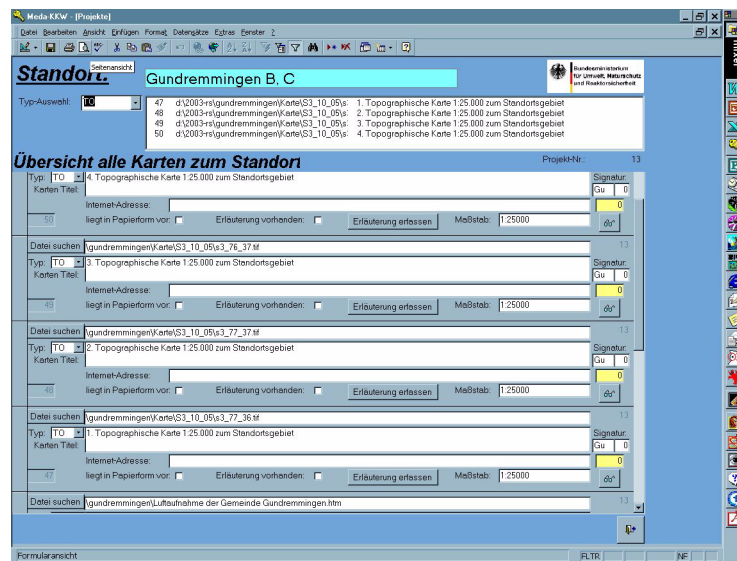


Abbildung 6: Kartenübersicht für einen Standort.

3.2 Nutzung als Dokumentenbetrachter

Alle Dokumente die digital vorliegen, können auch mittels eines geeigneten Betrachters direkt in der Datenbank visualisiert werden. Die Zuordnung von Dokument und Betrachter ist frei einstellbar (s. Abbildung 7)..

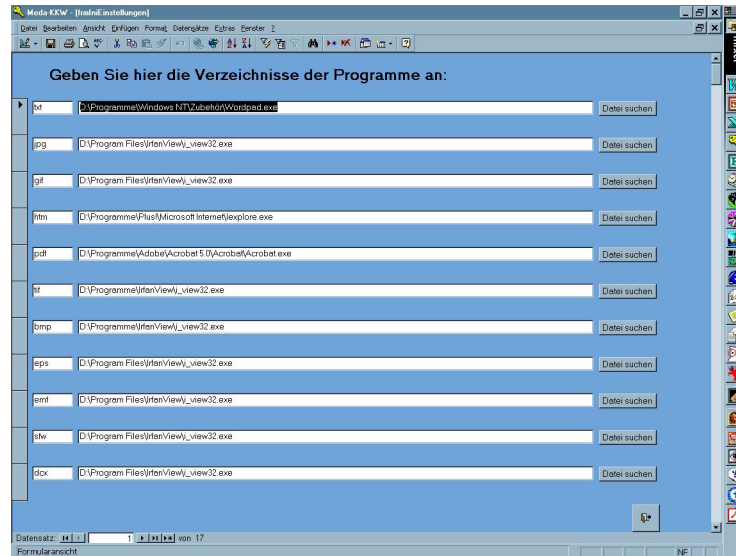


Abbildung 7: Zuordnung der Filterprogramme zum Dokumententyp, definiert durch die Dateierdung (z.B. 'txt', 'jpg', usw.).

Es werden nur Standardprogramme und kostenlos erhältliche *Public Domain* Software benötigt. So hat sich z.B. die kostenlose Software IrfanView als Betrachter für die meisten Grafikformate bewährt (s. Abbildung 8). Auch eine Ausgabe auf einen beliebigen Drucker ist hiermit möglich

3.3 Nutzung für geo-referenzierte Dokumente

Liegen mehrere georeferenzierte Dokumente vor, kann das in der Datenbank integrierte Modul *MapObjects* verwendet werden, um diese Dokumente im Zusammenhang (praktisch als Folien übereinander gelegt) zu betrachten. Dazu ist es notwendig, dass sämtliche Dokumente im gleichen Bezugssystem vorliegen. Für die meisten Standorte ist zumindest eine georeferenzierte Lagekarte im Maßstab 1:50000 beigelegt. Es bietet sich an, z.B. die Lage von Messstellen oder Bohrungen zusammen mit der Kartengrundlage zu betrachten. Dabei tritt jedoch die Schwierigkeit auf, dass der Maßstab der digital verfügbaren Karten hierfür ungeeignet ist. Für Lagepläne im Nahbereich eines Kraftwerks würde sich ein Maßstab von 1:2000 oder 1:5000 anbieten, um eine Zuordnung zu der Lage von Gebäuden usw. zu ermöglichen. Zwar ist ohne Probleme ein Ausschnitt aus einer beliebigen Karte herzustellen, doch zeigt dieser a) nicht die Auflösung bis zu einzelnen Gebäuden und b) muss natürlich dieser Ausschnitt wiederum manuell georeferenziert werden. Diese Funktion

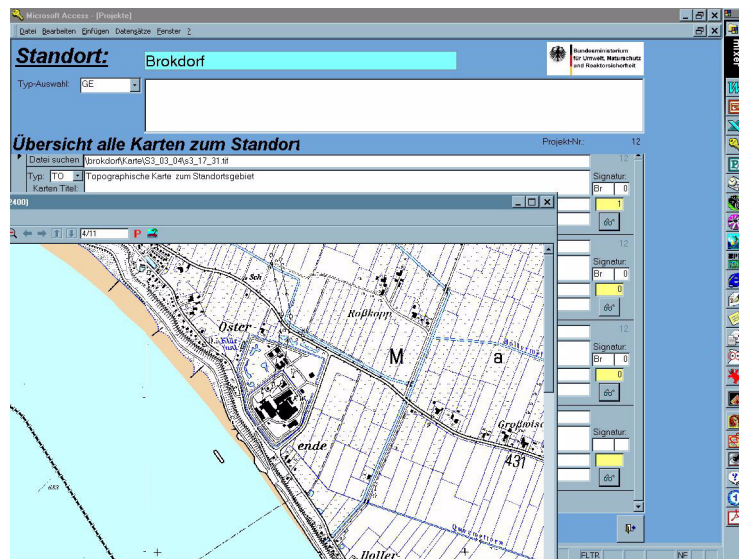


Abbildung 8: Karte im TIF-Format mit IrfanView als Betrachter.

wird also erst dann vorteilhaft eingesetzt werden können, wenn digitale Karten der Standorte in einem Maßstab nicht kleiner als 1:10000 verfügbar sind.

Für die Nutzung stehen einige Funktionalitäten der bekannten Software *ArcView* zur Verfügung. Die entsprechend Karten müssen im Format der ESRI *Shape-files* vorliegen.

Nach Aufruf des Menüpunktes *Georeferenzierte Karten* muss eine entsprechende Datei ausgewählt werden (s. Abbildung 9). Anschließend sind über den Menüpunkt *Layer* die sonstigen vorhandenen thematischen Ebenen, wie z.B. die Lage von Messstellen zur Grundkarte hinzuschaltbar. Ebenso ist ein Verschieben des Kartenausschnittes (*Pan*) und eine Vergrößerung des Ausschnittes (*Zoom*) möglich (s. Abbildung 10).

4 Fazit

Das Ziel der Beschaffung und Vorhaltung von modellrelevanten, zeitlich invarianten Daten zur eventuellen Erstellung eines numerischen Grundwassermodells an 8 Standorten konnte weitgehend erreicht werden. Die EDV gerechte Haltung der ermittelten Daten wurde so konzipiert, dass über eine Metadatenbank Informationen über jedes vorhandene Dokument leicht zugänglich sind

Daten zur Geologie und Hydrogeologie wurden von 7 Betreibern zur Verfügung gestellt, lediglich beim KKW Brokdorf war dies nicht der Fall. An 3 Standorten wurden und werden keine Grundwasserstände gemessen. Der Umfang der zur Verfügung gestellten Daten ist, je nach Standort sehr unterschiedlich, reicht aber in Kombination mit frei erhältlichen Informationen in jedem der 7 potentiellen Modellierungsfälle für den Aufbau eines numerischen Modells aus.

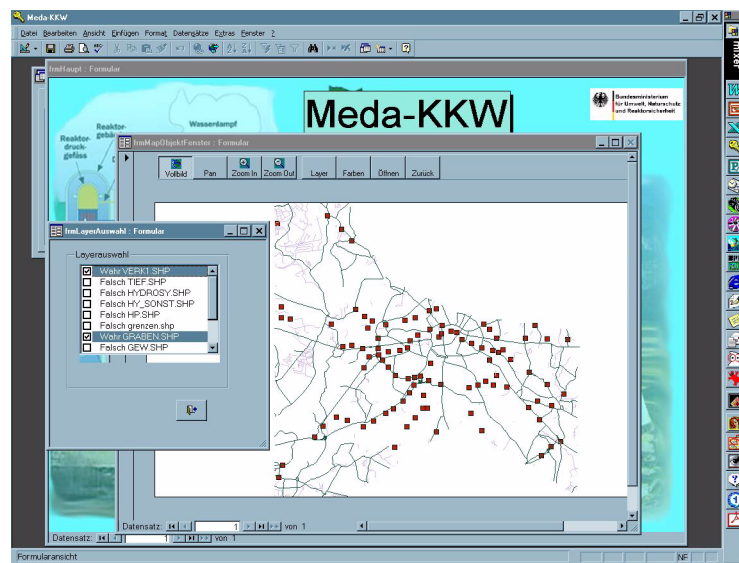


Abbildung 9: Maske für die Betrachtung von georeferenzierten Karten.

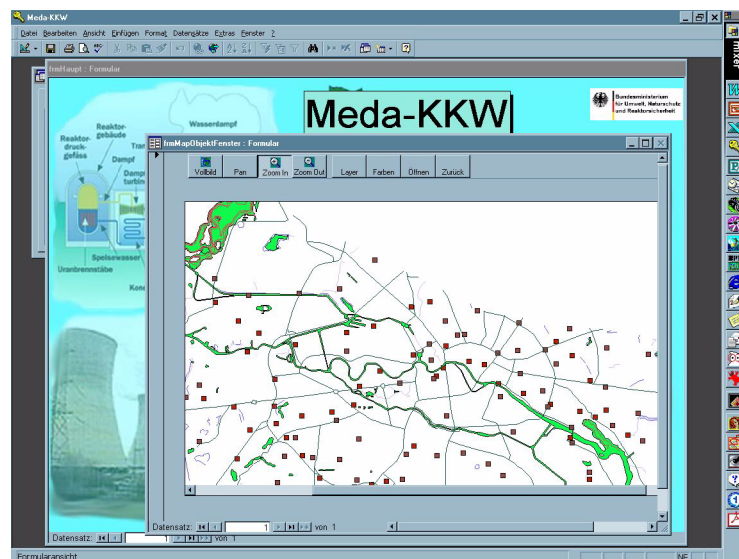


Abbildung 10: Hinzuschalten von Layern und Zoom-Funktion.

Da die eigentlichen Modellparameter, wie hydraulische Durchlässigkeit (k_f -Wert), Speicherkoeffizient (S), usw., nur sehr vereinzelt in den verfügbaren Gutachten und Berichten quantifiziert werden, ist die endgültige Ermittlung dieser Größen erst durch eine Modellkalibrierung möglich. Um Ausgangswerte für die Kalibrierung zu erhalten, müssen fachlich basierte Schätzungen der räumlichen Verteilung der Parameter in Form von relevanten Strukturen für die zu ermittelnde Ausbreitung

von Schadstoffen und v.a. eine quantitative Zuordnung von Parameterwerten und Strukturen erfolgen.

Diese Entscheidungen bleiben dem Modellierer vorbehalten, der letztendlich das numerische Grundwassermodell aufbauen wird und seine Fachkenntnis über die örtlichen Gegebenheiten einbringen wird. Das sog. geologische Modell, das sowohl die Modellparameter, als auch deren Verteilung einschließlich der gewählten Randbedingungen umfasst, kann damit aufgrund dieser Gegebenheiten erst im Zuge einer tatsächlichen Modellierungsanwendung erstellt werden.

Die Prüfung der spezifischen Standortgegebenheiten ergab für 6 Fälle, dass eine Modellierung in einem Schadensfall, der mit der Infiltration von kontaminierten Fluiden verbunden ist, nach derzeitiger Kenntnis nicht notwendig sein wird. Der häufigste Grund hierfür ist das Vorhandensein einer ausreichenden Überdeckung des gefährdeten Grundwasserleiters durch relativ undurchlässige Schichten. In den anderen Fällen liegt die Strömungssituation so, dass eine Gefährdung des Bereiches außerhalb des Werksgeländes ausgeschlossen werden kann.

In einem weiteren Standortfall (Isar 1 und 2) kann eine potentielle Schadstoffausbreitung aufgrund der relativ einfachen Strömungsverhältnisse wahrscheinlich auch ohne Modelleinsatz abgeschätzt werden.

Nur in zwei Fällen (Gundremmingen und Grafenrheinfeld) ist nach derzeitigem Kenntnisstand eine numerische Modellierung zur Ermittlung der Strömungsverhältnisse und der darauf basierenden möglichen Schadstoffausbreitung zwingend notwendig.

Anhang

Installationshinweise

Meda-KKW ist eine MS ACCESS-Datenbankanwendung, die das Programm MS Access 97 zur Ausführung benötigt.

Zur fehlerfreien Maskendarstellung sollte die Monitorauflösung 1024 x 768 nicht unterschreiten.

Die Meda-KKW besteht aus:

- einer Anwendungsdatenbank (mapobj_k.mdb), die alle Masken und Programmteile enthält.
- einer Projektdatenbank (kkw_standortdaten.mdb) in der alle Verweise auf die Standortdokumente enthalten sind.
- CD mit den Dokumenten, die digital vorliegen.

Um mit der Meda-KKW-Datenbank arbeiten zu können, gehen Sie bitte wie folgt vor:

- (1) Kopieren Sie die Dateien mapobj_k.mdb und kkw_standortdaten.mdb auf Ihre Festplatte
- (2) Öffnen Sie die Datei mapobj_k.mdb mit Access 97

- (3) Sie werden mit folgender Meldung (Abbildung 11) darauf hingewiesen, dass der Pfad zur Projektdatei noch eingestellt werden muß. Bestätigen Sie den Hinweis mit OK und wählen Sie im folgenden Dia-



Abbildung 11: Meldung bei Erststart.

logfenster die Datei kkw_standortdaten.mdb auf Ihrer Festplatte aus (Abbildung 12),



Abbildung 12: Datei mit Metadaten auswählen.

- (4) Die Hauptmaske wird jetzt wie folgt dargestellt (Abbildung 13),
(5) wählen Sie den Menüpunkt *Laufwerk einstellen* aus,

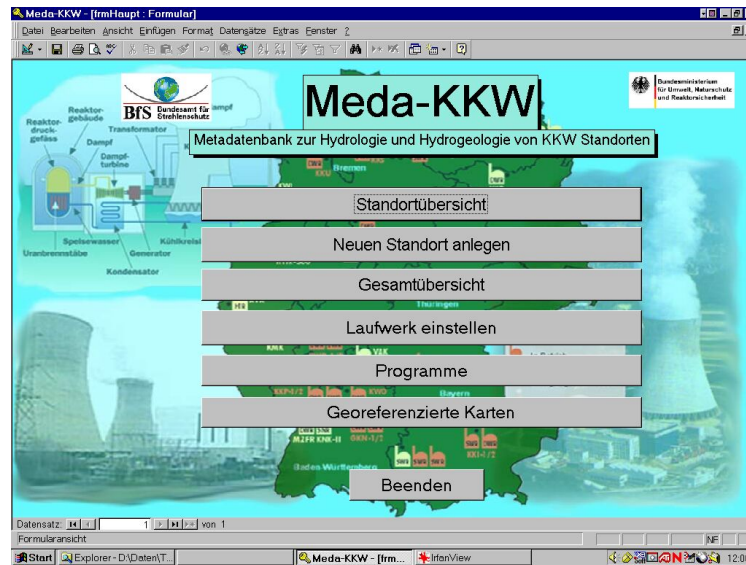


Abbildung 13: Hauptmaske.

- (6) ändern Sie in der folgenden Maske die Pfadeinstellung (Abbildung 14, z.B.: Laufwerksbuchstaben für Ihr CD-Laufwerk + \2003-rs),

Geben Sie hier Laufwerk und Stammverzeichnis an:

Laufwerk

Abbildung 14: Bezugspfad für Standortdateien eingeben.


- (7) Durch den Schalter  gelangen Sie zur vorhergehenden Maske,
- (8) Wählen Sie in der Hauptmaske (Abbildung 13) den Menüpunkt *Programme* und passen Sie die Pfade zu den Programmen für Ihren PC an (Abbildung 15). Hier können auch neue Dateiendungen mit dem zugehörigen Betrachter ergänzt werden.,
- (9) Durch *Beenden* und Neustart der Meda-KKW werden alle Einstellungen übernommen und Sie können sich jetzt einen Überblick über die vorhandenen Daten verschaffen.



Abbildung 15: Pfade für die Betrachterprogramme. Neue Dateitypen können angehängt werden.

Georeferenzierte Karten

Der Menüpunkt *Georeferenzierte Karten* verlangt die Installation von Mapobjects und Anpassung der Verweise für ESRI MapObjects 2.0 (s. Abbildung 16).

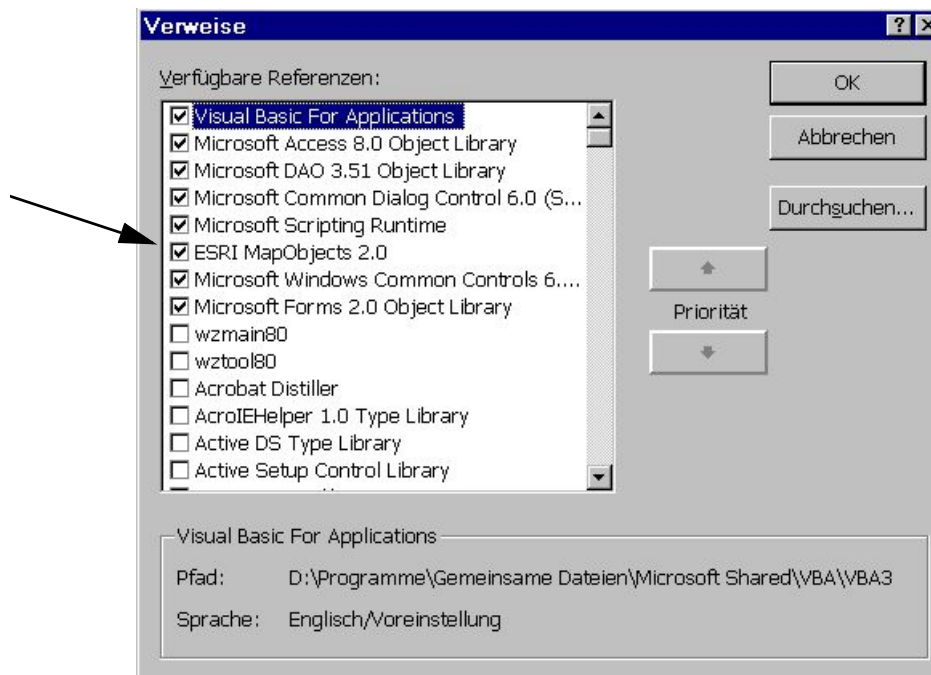
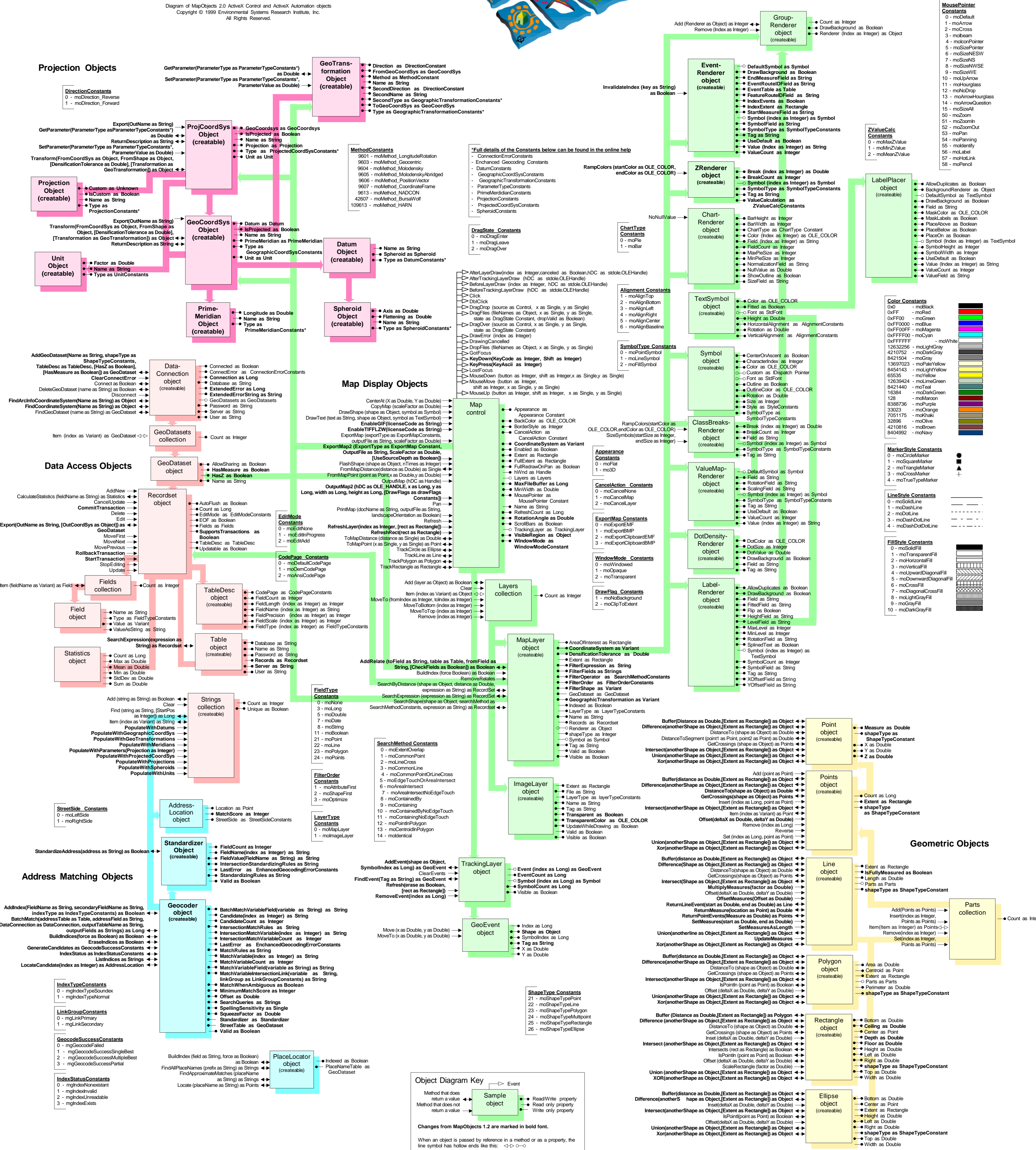


Abbildung 16: Aktivieren des MapObjects Verweises.

MapObjects 2.0

Diagram of MapObjects 2.0 ActiveX Control and ActiveX Automation objects
Copyright © 1999 Environmental Systems Research Institute, Inc.
All Rights Reserved.



Object Diagram Key

- Method that does return a value
- Method that does not return a value
- Event
- Read/Write property
- Read only property
- Write only property

Changes from MapObjects 1.2 are marked in bold font.

When an object is passed by reference in a method or as a property, the line symbol has hollow ends like this: \dashrightarrow or \dashleftarrow