

# **Online-Visualisierung aktueller Umweltdaten innerhalb des WWW-basierten Informationssystems MARS**

Klaus M. Bauer, Christian Freytag und Luc Neumann<sup>1</sup>

## **Abstract**

MARS is a WWW-based platform for presenting information on the environment. It integrates data from different sources to give the user the opportunity to retrieve and visualise actual measurements of environmental parameters. Information and data are presented using up-to-date multimedia techniques such as Java access on relational data bases and 3D animation. Various software and visualisation tools have been developed for MARS which can be applied to different measurement parameters from all kinds of sources. This paper provides an overview of MARS and its components as well as an in-depth description of the central parts. The database concepts and the visualisation tools for measurements are discussed in detail. Furthermore, a visualisation pipeline for the presentation of area related data calculated by using a model approach is introduced.

## **1. Einleitung**

Seit einigen Jahren hat sich das Internet und darauf aufsetzend das WWW als Informationsmedium durchgesetzt, wobei seine Bedeutung in Zukunft noch zunehmen wird. Im Bereich der Wirtschaft hat man bereits darauf reagiert, indem Firmen ihre Produkte samt Bestellmöglichkeit auf Internetseiten anbieten. Doch auch auf staatlicher Seite hat man erkannt, daß sich durch die Nutzung des Internets neue Möglichkeiten bieten, angebotene Dienstleistungen einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. So hat sich das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (HMUEJFG) in Zusammenarbeit mit der Hessischen Landesanstalt für Umwelt (HLfU) und dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLfB) entschlossen, neben verschiedenen Druckerzeugnissen, Videotextseiten und BTX den Zugang zu Umweltdaten um das WWW-basierte Umweltinformationssystem MARS (Multimediales Auskunfts- und Recherche System) zu erweitern.

---

<sup>1</sup> Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e.V. (ZGDV), Rundeturmstr. 6, D-64283 Darmstadt, Tel.: +49-6151-155 120, Fax.: +49-6151-155 450,  
Email: {bauer, freytag, neumann}@zgdv.de, <http://www.zgdv.de>

Ziel dieses Systems ist es, eine Plattform zu realisieren, die innovative Technologien nutzt, um dem interessierten Bürger Umweltinformationen in einem einheitlichen, themenorientierten Rahmen zu präsentieren. Hierfür wird vom System eine Infrastruktur zur Verfügung gestellt, die es erlaubt, verschiedene Informationsquellen zu integrieren und vorhandene generische Visualisierungswerkzeuge zu nutzen.

In diesem Beitrag werden gezielt Visualisierungswerkzeuge vorgestellt, die im Zusammenhang mit MARS entwickelt wurden und die zur Veröffentlichung aktueller Meßwerte im Internet dienen. Dabei wird auf die Visualisierung von Meßwerten in Form von Graphen und in Form von flächenhaften Darstellungen, die durch Modellrechnung aus den Meßwerten hervorgehen, eingegangen. Anhand der Ergebnisse einer durchgeführten Anforderungsanalyse wird erläutert, welche Motivation sich hinter der Entwicklung der Visualisierungswerkzeuge verbirgt. Ferner wird ein Überblick über die Architektur von MARS gegeben und die Einbettung der Visualisierungswerkzeuge in das Gesamtsystem beschrieben.

MARS ist seit der Freigabe am 5. Juni 1998 im Internet unter der Adresse <http://www.herasum.de> erreichbar.

## 2. Anforderungsanalyse

Vor der Realisierung von MARS, wurde eine Anforderungsanalyse [ZGDV, 1997] durchgeführt. Sie basiert auf der Befragung potentieller Benutzer des Systems und zielte auf die Beantwortungen folgender Fragen ab:

- Welche Endgeräte nutzt der Anwender? Welche Internetanbindung steht ihm zur Verfügung?
- Welche Inhalte sollte ein Umweltinformationssystem anbieten ? Wie sollen sie dem Benutzer präsentiert werden?

Folgende Ergebnisse sind dabei für diesen Beitrag von Relevanz:

- Ein Informationssystem ist für den Benutzer besonders attraktiv, wenn es aktuelle Themen aufgreift oder aktuelle Daten und Meßwerte, bereitstellt.
- Die überwiegende Mehrheit der Befragten bevorzugte eine Visualisierung von Meßwerten in Form einer 2D-Graphendarstellung. Alternativen in Form von Tabellen-, Balken- oder 3D-Diagrammen fanden im Vergleich dazu kaum Anklang.
- Meßdaten sollten nicht nur auf eine Meßstation bezogen präsentiert werden, sondern sollten auch in eine flächenhafte Darstellung in Form einer Karte umgesetzt werden, wobei Karten generell Orientierungshilfen in Form von größeren Städten oder Flußverläufen enthalten sollten.

Aufgrund dessen wurde bei der Konzeption von MARS ein besonderer Schwerpunkt auf die Integration aktueller Meßdaten gelegt. Ein Meßnetz, das einerseits attraktive Daten liefert und andererseits über die nötige Infrastruktur verfügt, um auch hoch aktuelle Werte zu liefern, ist das Hessische Meßnetz zur Überwachung der

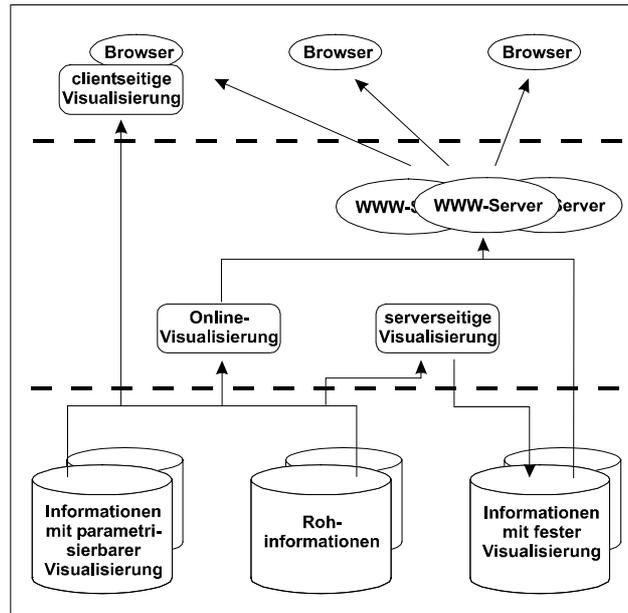


Abbildung 1 Architektur von MARS

Luftqualität. Es erfasst z.B. Meßwerte zur aktuell herrschenden Ozonkonzentration, für die besonders in den Sommermonaten ein gesteigertes öffentliches Interesse vorhanden ist. Die aus der Analyse gewonnen Erkenntnisse führten zur Entwicklung eines Visualisierungswerkzeuges für aktuelle Meßwerte (Kapitel 4) und zum Aufbau einer Visualisierungspipeline zur Erzeugung flächenhafter Darstellungen (Kapitel 5).

### 3. Architektur von MARS

Die Architektur von MARS basiert auf zwei Studien (Mayer-Föll/Jeschke 1995; ZGDV 1996), die von den Umweltministerien von Baden-Württemberg und Hessen in Auftrag gegeben wurden. Abbildung 1 zeigt ihre Grobstruktur und verdeutlicht, wo die verschiedenen Visualisierungswerkzeuge zum Einsatz kommen.

Die Architektur weist drei Ebenen auf. Die oberste Ebene enthält die WWW-Browser, die die Schnittstelle zwischen MARS und dem Benutzer bilden und den Zugang zum System ermöglichen. In der mittleren Ebene sind die WWW-Server angesiedelt, die entweder auf eine statische Visualisierung (z.B. HTML-Seiten, VRML-Welten) zurückgreifen oder eine Online-Visualisierung initiieren, die durch Zugriff auf die unterste Ebene, in der Rohinformationen oder Informationen mit parametrisierbarer Visualisierung abgelegt sind, für eine benutzergerechte Aufbereitung der Informationen sorgen. Rohinformationen können z.B. innerhalb von GIS-

Datenbanken oder Dateisystemen abgelegt sein. Bei Informationen mit parametrisierbarer Visualisierung handelt es sich um Daten, für die ein Informationsanbieter bestimmte Darstellungsoperationen anbietet.

Von besonderer Bedeutung sind clientseitige Visualisierungswerkzeuge, die es gestatten, direkt Information aus der untersten Ebene abzufragen. Damit kann das zu übertragende Datenvolumen reduziert und jedem Benutzer ein individuelles Spektrum von Interaktionsmöglichkeiten mit den Daten angeboten werden.

Daneben existieren serverseitige Visualisierungswerkzeuge, die Rohinformationen bzw. Informationen mit parametrisierbarer Visualisierung in Informationen mit fester Visualisierung überführen. Diese Werkzeuge bestehen aus Modulen, die zu Visualisierungspipelines zusammengesetzt werden können. So kann der Informationsanbieter vorhandene Funktionalität nutzen, um durch den Aufbau entsprechender Pipelines Daten automatisch zu visualisieren. Daten mit hoher Aktualität lassen sich somit integrieren, ohne daß eine teure Infrastruktur wie im Fall einer alternativen Online-Visualisierung nötig wäre, um einen hohen Datendurchsatz zu garantieren.

#### 4. Visualisierung aktueller Meßwerte

Ein zentrales Merkmal der hier beschriebenen ersten Projektphase von MARS ist die Möglichkeit, jederzeit hochaktuelle Meßwerte über das Internet abzufragen und sie graphisch zu visualisieren. Derzeit sind zwei Meßnetze in MARS zugänglich:

- Das *Meßnetz für Luftschadstoffe* mit ca. 40 Meßstationen, die insgesamt etwa 20 verschiedene Parameter (z.B. Ozon, Schwefeldioxid, Stickoxide) messen. Die Messungen erfolgen halbstündlich, die Datenübertragung zu MARS stündlich.
- Das *Radioaktivitätsmeßnetz* mit zwei Meßstationen und ca. 15 gemessenen Parametern. Dabei erfolgt die Ermittlung der Meßwerte alle zwei Stunden, auf Basis von Einzelwerten, die im Abstand von 10 Minuten gewonnen werden. Die Daten werden einmal täglich an MARS übermittelt.

Die von Anfang an geplante Integration weiterer Meßnetze (z.B. Grundwasserstände oder Flußpegel) soll nun in weiteren Projektphasen realisiert werden. Die technische Konzeption zur Speicherung und Darstellung dieser Meßwerte ist entsprechend der Aufgabenstellung für höchste Leistungsfähigkeit und gleichzeitig größtmögliche Flexibilität ausgelegt. Folgende Anforderungen wurden dabei berücksichtigt:

- vollautomatischer Dauerbetrieb von MARS in Bezug auf Entgegennahme, Speicherung und Veröffentlichung aller Daten
- Aufbau eines langfristig nutzbaren Archivs von Meßwerten
- einfache Erweiterung um zusätzliche Meßparameter, Meßstationen und ganze Meßnetze
- gutes Antwortzeitverhalten im Internet

- attraktive, leicht verständliche Präsentation der Meßwerte
- möglichst geringer organisatorischer und technischer Aufwand seitens der Datenlieferanten (HLfU, HMUEJFG)

Am Beispiel des Meßnetzes für Luftschadstoffe werden die hierzu entwickelten Konzepte und Lösungen dargestellt. Entsprechend ihrer geographischen Lage sind die Stationen in verschiedenen Kategorien eingeteilt. Neben Stadt- bzw. Stadtrandstationen (Abbildung 2 rechts) gibt es verkehrsnahen Stationen (Abbildung 2 links) in unmittelbarer Nähe von Straßen sowie Waldstationen.



Abbildung 2 links: Meßstation Darmstadt-Hügelstraße (verkehrsnahen Station),  
rechts: Meßstation Darmstadt Rudolf-Müller-Anlage (Stadtstation)

Das Meßnetz zeichnet sich durch ein hohes Maß an Änderungsdynamik aus. Neue Stationen werden in Betrieb genommen, andere stillgelegt, zusätzliche Meßgeräte bei den Stationen installiert bzw. vorhandene deaktiviert. Außerdem kommt es durch technische Defekte, Wartungsarbeiten und andere Ursachen immer wieder zu temporären Ausfällen einzelner Meßparameter oder ganzer Stationen, wobei die Dauer der Meßunterbrechung von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein kann. Das Konzept und die technische Realisierung von MARS sind so ausgelegt, daß derartige Probleme bzw. Veränderungen automatisch berücksichtigt werden und keine Verzögerungen oder gar Störungen des Betriebslaufs auftreten können.

Bereits vor der Realisierung von MARS wurden hessische Umweltdaten in unterschiedlichen Medien veröffentlicht:

- BTX
- Ozonwerte im Videotext des Hessischen Rundfunks (hr 3, Tafeln 178/179)
- ausgewählte bzw. aggregierte Werte in einschlägigen Umweltberichten
- aktuelle Meßwerte per Fax an einzelne Interessenten

Alle diese Veröffentlichungen weisen jedoch prinzipbedingte Nachteile auf. Hierzu gehören hoher Personal- bzw. Sachaufwand mit entsprechend hohen Kosten, mangelnde Aktualität und damit nur sehr begrenzter Nutzen der Daten. Die nahezu unvermeidliche Unvollständigkeit der Daten reduziert ihre Aussagekraft für wissen-

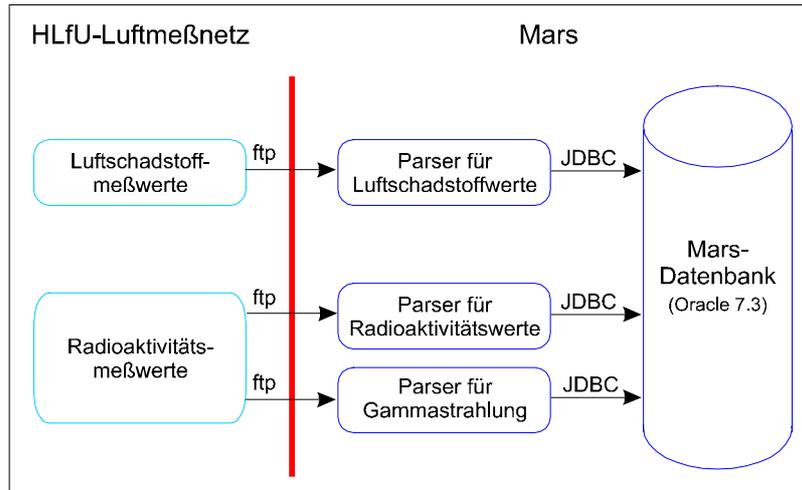


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Datenübertragung zu MARS

schaftliche Anwendungen, und die Beschaffung alter Daten ist mit extrem hohem Aufwand für Interessenten und Behörden verbunden.

Diese Schwierigkeiten werden von MARS behoben, da durch den Einsatz der WWW-Technik preisgünstige, vollautomatische Verfahren zur Datenaufbereitung und Übertragung verfügbar werden und die praktisch sofortige Aktualisierung und bequeme Archivierung auch sehr großer Datenbestände möglich ist. Da MARS die Meßwerte langfristig zugänglich hält und auch Werte aus der Vergangenheit übernommen werden, entsteht ein umfangreicher Fundus an äußerst detaillierten Daten, die auch eine Grundlage für wissenschaftliche Arbeiten sein können. Durch Ausgabe einiger Meßwerte in Form von Wertetabellen wird auch die Auswertung und Weiterverarbeitung der Daten durch Dritte erleichtert.

## 4.1 Technische Konzeption

Zur Speicherung aller Daten (Meßwerte, Meßnetzbeschreibungen, Zusatzinformationen, etc.) dient eine Oracle Datenbank, die auf dem MARS-Server installiert ist (Abbildung 3). Damit ist eine langfristig sichere Datenarchivierung sowie ein optimaler Zugriff gewährleistet.

### 4.1.1 Meßwertübertragung

Die Übertragung der Meßwerte orientiert sich an den bei HLFU bereits vorhandenen Datensätzen und Arbeitsverfahren. Die Daten werden von allen Meßstationen in gewissen Abständen (z.Z. 30 min) erfaßt und an eine Zentrale übermittelt. Dort erfolgt die Aufbereitung (Kontrolle auf Richtigkeit, Aussonderung fehlerhafter Werte, etc.). Anschließend werden Dateien in einem speziell hierfür definierten Format erzeugt und per ftp (File Transfer Protocol) zum MARS-Server übertragen. Dort stehen Parser (z.Z. drei unterschiedliche für Luftmeßwerte bzw. Radioaktivität) zur Verfügung, die diese Dateien lesen und die relevanten Inhalte in die DB schreiben (Abbildung 3, rechts). Eventuell auftretende technische oder formale Fehler (unvollständige Daten, Syntaxabweichungen) werden per Email an die zuständigen Stellen geleitet und dort behoben. Die Parser sind auch in der Lage, die Datenbank bei Bedarf dynamisch zu erweitern, wenn beispielsweise neue Meßparameter bei einer Station gewonnen werden.

#### 4.1.2 Datenbankgestaltung

MARS ist so gestaltet, daß sämtliche Informationen über jedes Meßnetz vollständig in der Datenbank gespeichert werden. Damit wird es möglich, die Visualisierungskomponenten (Kapitel 4.1.3) vollkommen unabhängig von einem konkret vorgegebenen Meßnetz zu entwickeln und sie ohne Änderung der Implementierung auch für nachträglich hinzugefügte Meßnetze zu nutzen, um ein Höchstmaß an Flexibilität zu erreichen. Es ist sogar möglich, andere Sprachen bzw. auch mehrsprachige Ausgaben zu unterstützen. Gerade im Hinblick auf die grenzüberschreitende Bedeutung von Umweltdaten ist dies eine wertvolle Eigenschaft, die beim weiteren Ausbau von MARS genutzt werden soll. Andererseits können selbstverständlich auch jederzeit weitere Abfrage-, Visualisierungs- und Auswertungswerkzeuge entwickelt und integriert werden, um die bestehenden Inhalte zu nutzen, sofern diese Werkzeuge an die vorgegebenen Datenstrukturen angepaßt sind. Erreicht wird diese Flexibilität durch eine Dreiteilung der datentechnischen Beschreibung:

- Die *Stationsbeschreibung* enthält alle relevanten Parameter, wie darzustellender Name (evtl. mehrsprachig), interne Kennung, Kennung des Meßnetzes, Liste der gemessenen Parameter, Referenz auf die zugehörige Meßwerttabelle sowie weitere Verwaltungsinformationen.
- Die *Parameterbeschreibung* umfaßt den Namen (evtl. mehrsprachig), die Maßeinheit, den zu repräsentierenden Meßbereich, die Kennung des Meßnetzes, die Frequenz der Messungen und weitere Verwaltungsinformationen.
- Die *Meßwerttabellen* enthalten die eigentlichen Werte, den genauen Meßzeitpunkt (Auflösung bis 1 Millisekunde möglich), Informationen über den Status jedes einzelnen Wertes (z.B. vorläufig, geprüft, etc.), Freigabeinformation, etc.

Die Verwaltung von Stations- und Parameterbeschreibung kann über die üblichen SQL-Eingabeschnittstellen der Datenbank oder aber interaktiv mit Hilfe entsprechender Eingabemasken erfolgen.

Erste praktische Erfahrungen beim Betrieb von MARS zeigen, daß die Meßwerte ca. 30 Minuten bis 2 Stunden nach der Messung im Internet verfügbar sind. Derzeit wird untersucht, wie die Aktualisierung weiter beschleunigt werden kann, um möglichst aktuelle Daten anbieten zu können. Allerdings ist der bereits erreichte Grad an Aktualität für die allermeisten denkbaren Anwendungen von MARS vollkommen ausreichend. Für Spezialaufgaben, etwa im Katastrophenschutz, die kürzere und vor allem garantierte Aktualisierungszeiten erfordern, müßten ggf. anders ausgelegte Systeme realisiert werden, wobei die Komponenten von MARS genutzt werden könnten.

#### 4.1.4 Meßwertabfrage und -darstellung

Mit Hilfe eines Java-Applets (Abbildung 4) können die in der Datenbank gespeicherten Meßreihen graphisch dargestellt werden. Die Benutzungsoberfläche ermöglicht auch Laien einen intuitiven Zugang zu den Daten. Entsprechend der Zielgruppe von MARS, der breiten Öffentlichkeit, wurde besonderer Wert auf eine klare und übersichtliche Darstellung gelegt. Auf umfangreiche Abfrage- und Darstellungsmöglichkeiten (z.B. zur gleichzeitigen Darstellung mehrerer Parameter, zur Auswertung, etc.) wurde bewußt verzichtet. Für die Weiterentwicklung von MARS ist geplant, umfangreichere Funktionen sowie zusätzliche Darstellungswerkzeuge zu realisieren.

Der Benutzer wählt zunächst ein Meßnetz (z.B. Luftschadstoffe oder Radioaktivität) aus. Die Datenauswahl steuert er durch Angabe von vier Kriterien:

- Die *Meßstation* wird aus den Stationen des jeweiligen Meßnetzes ausgewählt. Durch die datenbankgestützte Verwaltung der Meßstationsliste (Kapitel 4.1.2) ist hier ein Höchstmaß an Aktualität garantiert.
- Der *Meßparameter* (z. B. Ozon oder SO<sub>2</sub>) wird aus der Liste der zum jeweiligen Meßnetz gehörigen Parameter ausgewählt. Dabei sind natürlich nur diejenigen Parameter auswählbar, die an der Station tatsächlich gemessen werden.
- Die *zeitliche Auflösung* legt fest, welchen Zeitraum der jeweils dargestellte Ausschnitt umfaßt. Derzeit sind folgende Zeiträume realisiert:
  - Ein Tag (24 h)
  - Ein Monat (zwischen 28 und 31 Tagen)
  - Ein Jahr (365 bzw. 366 Tage)
  - Ein Jahrzehnt (10 Jahre)

Größere Zeiträume erfordern dabei eine geeignete Aufbereitung bzw. Verdichtung der Daten. Dies geschieht in der Monatsdarstellung durch Anzeige des Tagesmittelwertes (arithmetischer Mittelwert aller vorliegenden gültigen Meß-

werte) und/oder der Extrema (Tagesminimum und -maximum). Andere Zeiträume (z.B. Stunden, Wochen oder Quartale) sind bei Bedarf mit geringem Aufwand integrierbar, sofern entsprechende Daten vorliegen.

- Der *Darstellungszeitraum* kann in Abhängigkeit von der zeitlichen Auflösung bestimmt werden. Der dargestellte Ausschnitt ist dabei nicht notwendigerweise mit einem Kalendertag, -monat oder -jahr gleichzusetzen. Es ist z.B. möglich, den Zeitraum von 18 Uhr eines Tages bis 18 Uhr des folgenden Tages oder vom 21. Dezember 1997 bis zum 20. Januar 1998 zu betrachten. Die Einstellung kann über entsprechende Buttons vorgenommen werden. Zur Vereinfachung der Bedienung ist derzeit der Sprung um eine volle Einheit (z.B. ein Tag bei Tagesdarstellung) oder ungefähr ein Viertel einer Einheit (6 Stunden bei Tagesdarstellung, eine Woche bei Monatsdarstellung) realisiert. Der Übergang zu einer feineren zeitlichen Auflösung erfolgt durch Anklicken des interessierenden Bereichs der Graphik (z.B. des Tages in der Monatsdarstellung).

Probleme bei der Darstellung entstehen, weil die Schwankungsbreite der Meßwerte nicht einmal annähernd vorhergesagt werden kann. Zwar existieren Erfahrungswerte, diese können aber durchaus deutlich über- oder unterschritten werden. Bei Anzeige

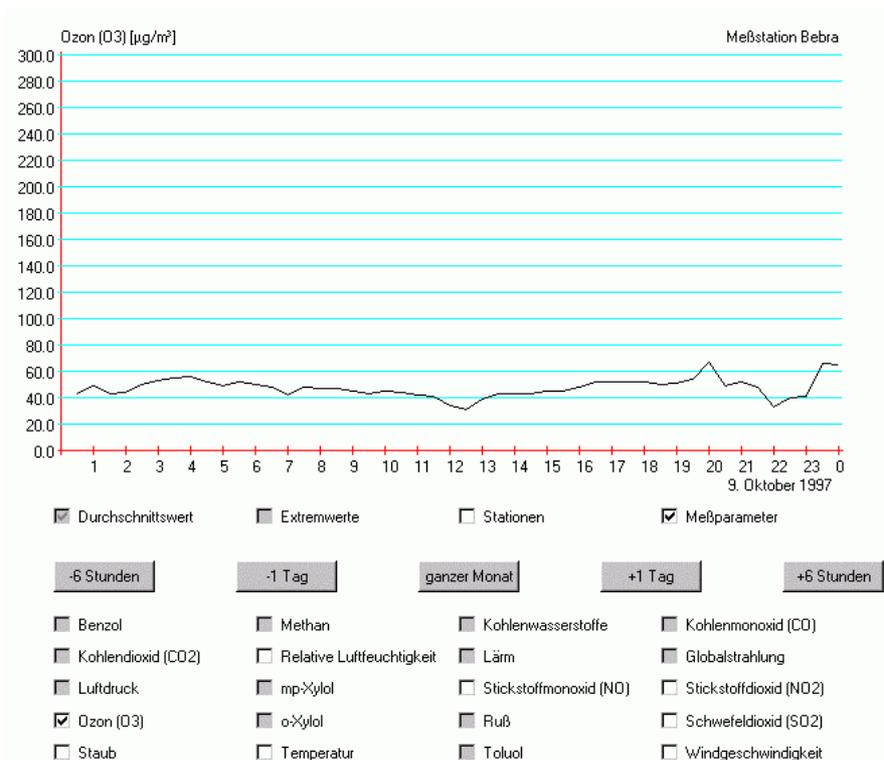


Abbildung 4: Java-Applet zur Meßwertdarstellung

eines großen Wertebereichs, der zuverlässig nahezu alle vorkommenden Werte umfaßt, ist die Auflösung der tatsächlich gemessenen Werte so gering, daß der Informationswert leidet, z.B. bei  $\text{SO}_2$ - und die  $\text{NO}_x$ -Werten. Die Meßkurve liegt hier meist nur knapp über der waagerechten Achse.

Als Abhilfe könnte die senkrechte Achse jeweils entsprechend den aktuellen Werten skaliert werden, um den Meßbereich vollständig zu erfassen und gleichzeitig eine möglichst große Auflösung zu erreichen. Dagegen sprechen allerdings zwei wichtige Gründe:

- Bei jeder Verschiebung des Darstellungszeitraum müßte die Skalierung evtl. angepaßt werden, da im allgemeinen jeweils andere Extrema zu berücksichtigen sein dürften. Das würde zu einer sehr unruhigen Darstellung führen und kann dem Benutzer keinesfalls zugemutet werden.
- Die Vergleichbarkeit der Darstellungen ginge unweigerlich verloren, insbesondere der häufige Benutzer des Systems hätte Probleme, Meßwerte in ihrer Größenordnung rasch zu erfassen, da eine Kurve, die z.B. zwischen 0 und 10 Einheiten schwankt, bei einer Y-Achsenkalierung nur durch die Skala von einer zwischen 0 und 100 schwankenden zu unterscheiden wäre.

Für MARS wurde zunächst ein Konzept realisiert, das neben dem Meßbereich für Normalbetrieb einen weiteren für Extremsituationen beinhaltet. Damit kann in den meisten Situationen eine angemessene und brauchbare Darstellung erreicht werden.

## 5. Visualisierung flächenbezogener Daten

Neben der oben beschriebenen Darstellung aktueller Meßwerte bietet MARS entsprechend der Anforderungsanalyse auch flächenhafte Darstellungen an. Für Luftschadstoffe werden mit Hilfe von Interpolationsverfahren Verbreitungskarten erzeugt, deren Flächen gemäß den dort auftretenden Schadstoffkonzentrationen eingefärbt sind (Abbildung 5). So können auch angenäherte Informationen über Gegenden ohne Meßstationen vermittelt werden.

Abbildung 6 gibt eine Übersicht über die Visualisierungspipeline zur Erzeugung flächenhafter Darstellungen und deren Prozeßschritte von der Meßwerterfassung über die Berechnung der flächenhaften Daten bis hin zur Visualisierung auf dem MARS-Rechner.

### 5.1 Erzeugung der flächenbezogener Daten

Grundlage für die Verbreitungskarten sind flächenbezogene Daten, durch eine Modellrechnung aus den aktuellen Meßwerten gewonnen werden. Das Modell ermöglicht unter Einbeziehung von meteorologischen und orografischen Parametern die Interpolation von Meßwerten zwischen den Meßstationen. Ein solches Modell (HLfU 1996) wurde von der Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umwelt-

planung für die HLFU entwickelt und bildet die Grundlage des Programms FLADIS (Flächenhafte Darstellung der Immissionsituation).

Zur Zeit werden durch das Modul FLADIS Flächendaten für Hessen mit einer Auflösung von einem Quadratkilometer erzeugt. Nach einer Berechnung liegt daher ein eindeutiger Meßwert für jeden Quadratkilometer Hessens vor. Die von FLADIS erzeugten Daten werden stündlich an MARS übertragen. Dort findet anschließend in zwei Schritten die Visualisierung der Daten statt.

## 5.2 Erzeugung einer Verbreitungskarte

Im ersten Visualisierungsschritt auf dem MARS-Rechner wird die reine Verbreitungskarte erzeugt. Hierzu wird neben dem Rohdatensatz mit den flächenbezogenen Meßwerten als weiterer Parameter (Abbildung 6) angegeben, welcher Meßwert welchem Quadratkilometer zuzuordnen ist, und festgelegt, welcher Wertebereich in welcher Farbe angezeigt werden soll. Auf diese Weise erzeugt das Modul Verbreitungskarten für Ozon, Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid. Es kann aber auch mit entsprechenden Parametern zur Kartenerzeugung anderer flächenhafter Daten verwendet werden. Sein Einsatz ist daher auch für eine Visualisierung von Daten, die von außerhalb des Landes Hessen stammen, möglich.

## 5.3 Erzeugung von Zusatzinformationen

Nach Erzeugung der Verbreitungskarte werden in einem zweiten Schritt Zusatzinformationen in die bestehende Karte eingebettet:

- eine Legende, welche Farbe welches Werteintervall repräsentiert
- ein Titel, um den Inhalt der Karte zu erklären
- ein Datum, von wann die dargestellten Daten stammen
- Städte und Flüsse zur Orientierungshilfe

Hierbei fließen spezielle Parameter ein, um die genannten Informationen einzublenden (Abbildung 6). Diese Parametrisierung gewährt größtmögliche Flexibilität, um das Modul auch in einem anderen Zusammenhang einsetzen zu können. Koordinaten von Städten und Flüssen werden in normierter Form definiert, damit deren Einblenden unabhängig von der Größe der vorliegenden Karte erfolgen kann. Das Modul wird daher auch verwendet, um bestehende Karten - z.B. geologische Karten - um diese Orientierungshilfen zu erweitern.

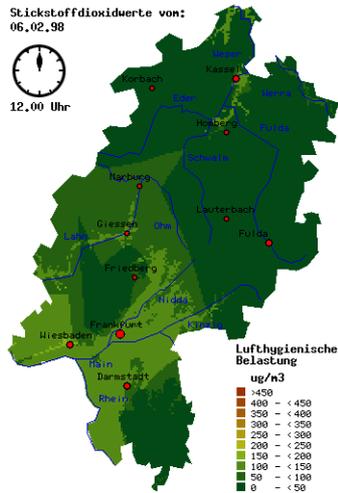


Abbildung 5: Verbreitungskarte für Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$

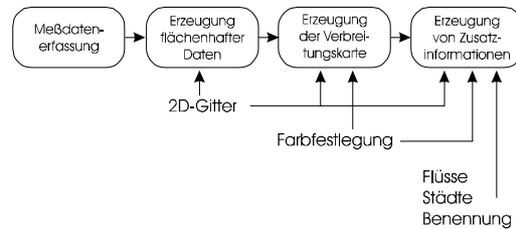


Abbildung 6: Visualisierungspipeline für flächenbezogene Daten

## 5.4 Kombination flächenhafter Darstellungen mit einem Höhenmodell

Die Verbreitungskarten werden in HTML-Seiten eingebettet und angezeigt. Sie werden ferner benutzt, um in einer Bildanimation den kompletten Tagesablauf der Schadstoffentwicklung zu verdeutlichen und um in Kombination mit einem Höhenmodell (Abbildung 8) die Beziehung zwischen der Ozonkonzentration und der Höhe über NN zu veranschaulichen. Der Benutzer erkennt an der Darstellung, daß in den Höhenlagen deutlich höhere Ozonwerte gemessen werden als in den Niederungen.

Das Höhenmodell besteht aus zwei Komponenten: einer VRML-Szene und einem Java-Applet. Die VRML-Szene enthält ein VRML-2.0 Modell von Hessen (Abbildung 8). Hierfür wurde der im VRML-Standard (Silicon Graphics 1997) spezifizierte Knoten *Elevationgrid* eingesetzt, der in einen 3D-Szenengraph eingefügt werden kann. Mit Hilfe dieses Knotens lassen sich Landschaften mittels eines Gitters definieren, dessen Gitterpunkten Höhenwerte zugeordnet werden.

Da die Darstellung der VRML-Szene auf Clientseite erfolgt, wurde das zugrundegelegte Digitale Höhenmodell des Landesvermessungsamtes Hessen (400 m Raster) so überarbeitet, daß ein deutlich gröberes, äquidistantes Gitter mit einem Gitterab-

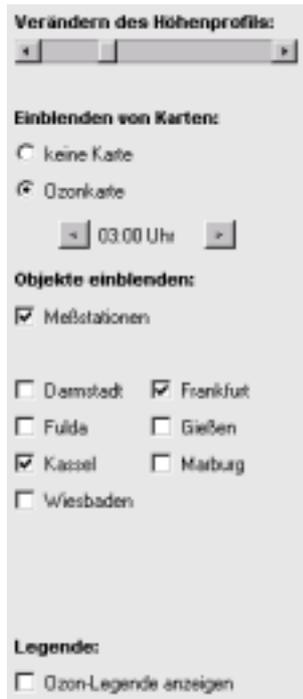


Abbildung 7: Zum Höhenmodell gehöriges Java-Applet

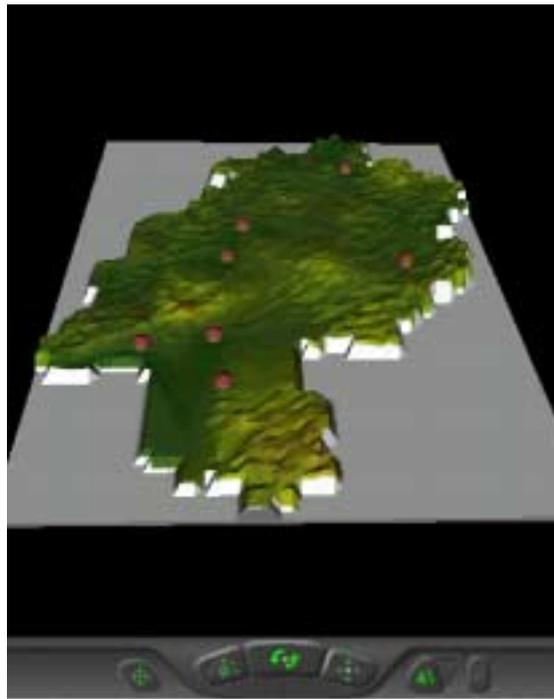


Abbildung 8: Höhenmodell kombiniert mit einer Ozonverbreitungskarte

stand von 3.2 Kilometern entstand, um das zu übertragende Datenvolumen und die Berechnungszeit auf Clientseite möglichst gering zu halten.

Mit dem Java-Applet kann der Benutzer das Erscheinungsbild der 3D-Szene seinen Wünschen anpassen (Abbildung 7). Es bietet die Möglichkeit die Überhöhung der Erhebungen individuell einzustellen oder eine Legende wahlweise ein- oder auszublenden. Als Orientierungshilfen können Städte und Meßstationen in symbolischer Form im Modell angezeigt werden. Das Zusammenwirken zwischen der Applet-Komponente und der VRML-Szene basiert auf dem externen Java-Interface des VRML-Standards (Silicon Graphics 1998).

Das Höhenmodell ist eine universell einsetzbare Komponente, die auch mit anderen Karten als der Ozonverbreitungskarte kombiniert werden kann. Zum Beispiel findet das Höhenmodell in Kombination mit der geologischen Übersichtskarte von Hessen einen weiteren Einsatz, um dem Betrachter die Beziehungen zwischen Erhebungen und jeweiliger Geologie besser zu verdeutlichen.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

In unserem Beitrag stellten wir zwei Visualisierungswerkzeuge vor, die zum Visualisieren von aktuellen Meßwerten und zum Aufbau einer Visualisierungspipeline zur Erzeugung flächenhafter Darstellungen dienen. Dabei wurde gezeigt, wie Ergebnisse der Anforderungsanalyse in die Entwicklung einfließen. Eingebettet sind die Visualisierungswerkzeuge in das WWW-basierte Umweltinformationssystem MARS, über dessen Architektur wir kurz berichteten.

Ein besonderes Merkmal der Visualisierungswerkzeuge sind deren generische Verwendbarkeit als universelle Werkzeuge. Damit bildet MARS eine Plattform, die Informationsanbietern aus dem Umweltbereich die Möglichkeit bietet, ihre Inhalte rasch und kostengünstig in das System zu integrieren. Indem MARS nicht nur staatlichen Stellen offen steht, die ihre Dienste der Öffentlichkeit näher bringen wollen, sondern auch eine Kooperation mit Partnern aus der freien Wirtschaft angestrebt wird, die ihre Präsenz im Umweltinformationssystem zur Imagepflege und Selbstdarstellung nutzen können, wird sich das Informationsangebot von MARS in den kommenden Jahren rasch erweitern und seine Bedeutung wachsen.

Die erste Phase von MARS ist mittlerweile beendet. Für die zukünftigen Projektphasen sind Arbeiten geplant, die unterschiedliche Bereiche adressieren:

- Optimierung bestehender Systemkomponenten
- Entwicklung von Werkzeugen zur Integration von GIS-Daten
- Integration von Inhalten weiterer Informationsanbieter sowie weiterer Meßnetze

Auf Anfrage können weitere Partner an MARS partizipieren.

## 7. Referenzen

- R. Mayer-Föll, A. Jaeschke (1995): Projekt Globus - Konzeption und prototypische Realisierung einer aktiven Auskunftskomponente für globale Umwelt-Sachdaten im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg, Phase II 1995; Wissenschaftliche Berichte FZKA 5700; Umweltministerium Baden-Württemberg, Forschungszentrum Karlsruhe
- Zentrum für Graphische Datenverarbeitung (ZGDV) (1996): Analyse und Spezifikation einer aktiven, dynamischen telematikbasierten Auskunftskomponente für Umweltdaten für das HMUEJFG; Zentrum für Graphische Datenverarbeitung
- Zentrum für Graphische Datenverarbeitung (ZGDV) (1997): Analyse und Festlegung der Benutzeranforderungen, Projektbericht MARS
- Hessische Landesanstalt für Umweltschutz (HLfU) (1996): Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt: Flächenhafte Darstellung der Immissionssituation; Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 201
- Silicon Graphics (1997): The Virtual Reality Modeling Language ISO/IEC DIS 14772-1, <http://cosmosoftware.com/developer/moving-worlds/>
- Silicon Graphics (1998): External Authoring Interface, <http://cosmosoftware.com/developer/eai.html>, 1998