



Darf's ein bisschen Zeit sein? Die Datenerfassung in 4D öffnet nicht nur Türen zu völlig neuen Informationen, sie stellt uns auch vor neue Herausforderungen. Quelle: © twobee – Fotolia.com.

Wohin mit der Zeit? – GIS in 4D

Die Zeit der planen Karten ist zwar nicht vorbei, doch 3D-Geoinformationssysteme, versehen mit einer zeitlichen Komponente, bieten ganz neue Möglichkeiten. So viel zumindest zur Theorie. Doch inwieweit sind 4D-GIS in der Praxis bereits vertreten? Was sind die eigentlichen Herausforderungen in diesem Bereich? Und warum ist die Umstellung von 3D auf 4D noch viel komplexer als von 2D auf 3D?

Text: Dr. Annemarie Müller

Wenn man von 4D-GIS spricht, dann sind Tools gemeint, die dreidimensionale Geodaten verarbeiten und zusätzlich noch eine zeitliche Komponente haben. Es gibt unzählige interessante und relevante Gebiete, für die man sich vierdimensionale Geoanalysen vorstellen kann, zum Beispiel für die Simulation von Naturereignissen wie Hangrutschungen, Erdbeben und Vulkane oder die Bewegungsüberwachung von Fahrzeugflotten und Flugzeugen.

In Wissenschaft und Praxis gibt es heute viele Bereiche, in denen Monitoringpro-

zesse von Geoobjekten eine große Rolle spielen. Man denke nur an Bewegungsmuster von Tieren, die mit einem GPS-Sensor versehen sind, an die Erfassung von Flächenausdehnungen und die sich verändernden Landnutzungen bei Stadtwachstum oder die Beobachtung von Gletschergrößen. Doch werden in diesen Fällen in der Regel Punkte, Linien oder Flächen zu mehreren bestimmten Zeitabschnitten erfasst und dann in einem zeitlichen Ablauf dargestellt. Die Firma ESRI bietet für solche Anwendungen beispielsweise den Time-Slider an, der eine Visualisierung

von zeitlichen Abfolgen wie in einem Film ermöglicht. Das funktioniert aber noch nicht für dreidimensionale Ausgangsdaten. Natürlich gibt es bereits zahlreiche dreidimensionale Animationen, man denke nur an Blockbuster in 3D. Jedoch sind das keine echten 3D-Daten, sondern 2D-Stereobilder ohne räumlichen Bezug im Sinne georeferenzierter Geodaten.

Bis zur praxistauglichen Entwicklung von 4D-Anwendungen müssen noch einige Hürden genommen werden. Grundsätzlich stellt sich hier, natürlich etwas vereinfacht ausgedrückt, zuerst die Frage,

wie man die Zeit unterbringen kann. Durch die Speicherung dreidimensionaler Daten entsteht ein ohnehin schon großes Datenvolumen, das sich in Abhängigkeit von der Anwendung noch vervielfacht. Richard Bellmann prägte dazu den Begriff vom „Fluch der Dimensionalität“, der besagt, dass das Datenvolumen durch jede neue Dimension exponentiell wächst. Während sich das Datenvolumen von Vektordaten durch die zusätzlichen Höhen- und Zeitkoordinaten lediglich etwa verdoppelt, so wächst die Pixelmenge von Rasterdaten um ein Vielfaches. Klimadaten mit ihren Multi-Terabyte-Datensätzen zeigen uns, worauf wir uns einstellen müssen, so Professor Peter Baumann von der Jacobs University in Bremen.

Werden die Daten dazu noch in sehr kurzen Abständen erfasst, so steigt nicht nur das Datenvolumen, sondern auch die Redundanz in den Daten an, bemerkt Professor Jürgen Döllner vom Hasso-Plattner-Institut in Potsdam. Die Kehrseite von neuen, immer genaueren Methoden zur Datenerfassung ist damit die Datenspeicherung und deren Weiterverarbeitung zu detaillierten Informationen. Viele Daten erfordern viele Speichermedien. Unter anderem können sogenannte Out-Of-Core-Verfahren genutzt werden, um Teile des Datensatzes, die nur sporadisch gebraucht werden, auszulagern. Auch hier müssen jedoch trotzdem ausreichende Speicher für den ausgelagerten Teil zu Verfügung stehen, gibt Professor Döllner zu bedenken. Datenbanken bieten ausgereifte Konzepte zur Suche in großen Datenvolumina; das ist der Ansatz der rasdaman-Technologie,

deren Chefarchitekt Professor Baumann ist. Weiterhin können Datenmengen durch spezielle Algorithmen ausgedünnt werden, zum Beispiel indem man die Datenredundanz dafür nutzt, nur Veränderungen von Daten aufzuheben oder indem man sie aggregiert oder filtert. Als resultierende Herausforderung weist

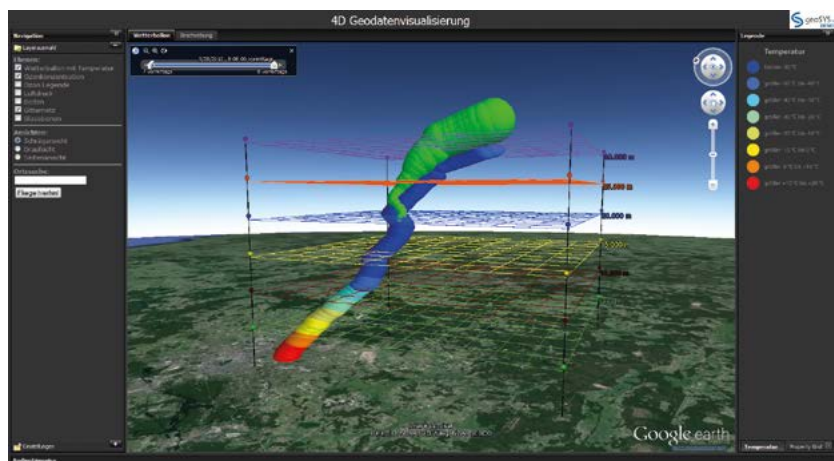
Wetterballon – Animation in 4D

Mit der Bereitstellung des für die gängigen Browser verfügbaren Google Earth Browser Plug-ins steht ein virtueller Globus für 3D-Web-Mapping-Applikationen mit zeitlicher Komponente zur Verfügung. Beispielhaft haben Mitarbeiter der Firma geoSYSnet aus Berlin damit den Flug eines Wetterballons simuliert. Es wird der zeitliche Verlauf des Aufstiegs vom Boden bis in eine Höhe von 30.000 m dargestellt, bei dem der Wetterballon in kurzen Zeitintervallen Messdaten (Ozongehalt, Luftdruck, Temperatur) sowie seine aktuelle Position erfasst. Das Google Earth Plug-in ist in ein ExtJS-Layout eingebettet, das die notwendigen Kontrollelemente zur Steuerung und beschreibende Informationen zur Verfügung stellt. Der Anwender hat die Möglichkeit, die Zeit zu kontrollieren (Start, Stopp, Geschwindigkeit, Zeitintervall) und die Ansicht (Blick- und Neigungswinkel, Zoom) in der aus der Google-Earth-Desktop-Anwendung bekannten Weise frei zu wählen. Zudem lassen sich über die Google-Earth-API eine Vielzahl weiterer Funktionen des Plug-ins steuern (Layerauswahl, vordefinierte Ansichten, Ortssuche usw.). Die erhobenen Daten werden in einer PostgreSQL/PostGIS-Datenbank gespeichert. Über die Google-Earth-API wird eine KML-Datei aufgerufen, die einen Netzwerk-Link zu einem PHP-Skript enthält. Dieses generiert einen KML-Code, indem per SQL-Abfrage Geometrie- und Attributdaten aus der Datenbank abgerufen und in selbigen integriert werden. Räumliche Informationen können dabei sowohl in Spalten einer beliebigen Tabelle vorliegen als auch mittels PostGIS-Funktion aus der die Rauminformationen beinhaltenden Spalte, z. B. eines in die Datenbank geladenen Shapefiles, gelesen werden. Der Wetterballon sowie die Messwerte für Ozon und Luftdruck werden durch 3D-COLLADA-Modelle symbolisiert, welche sich entlang der 3D-Punkte im Raum bewegen, wobei fehlende Zwischenwerte linear interpoliert werden, sodass eine flüssige Animation entsteht. Dieses wird mithilfe der KML-Extension `<gx:track>` erreicht.

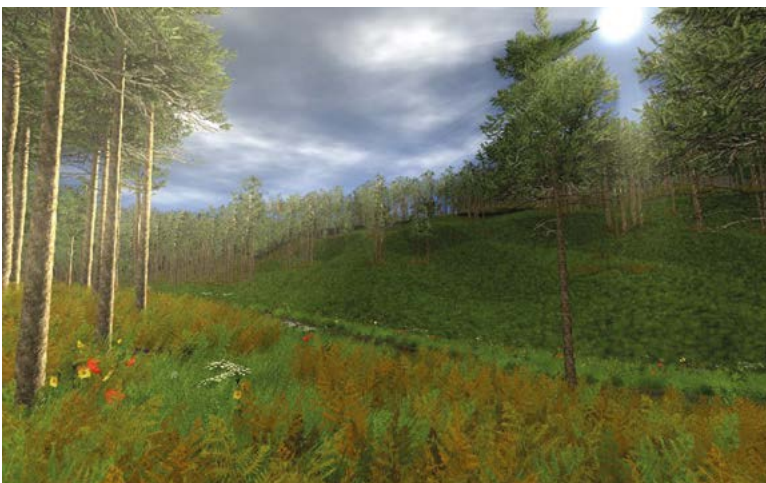
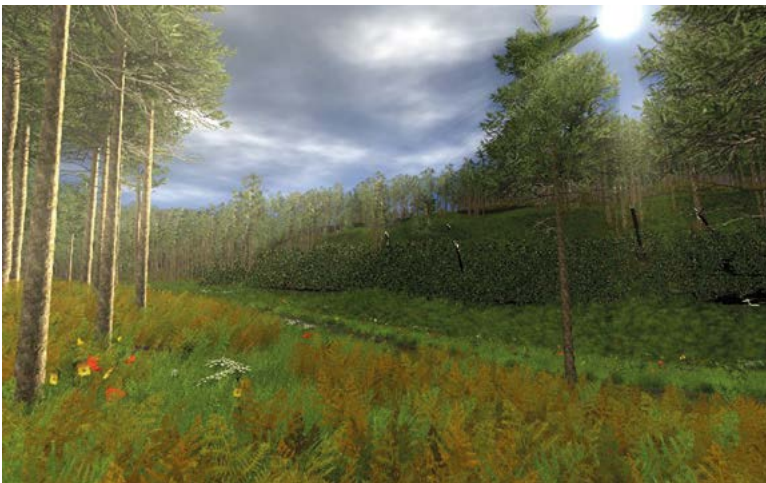
Professor Baumann auf die größeren Datenübertragungszeiten hin. Noch wichtiger als bisher wird also, nur genau die benötigten Daten übers Netz zu transportieren. Hier setzt der OGC Web Coverage Service (WCS) an, indem er sehr viel exakter als bisher bereits im Server eine Datenreduktion erlaubt.

Martin Dresen, Geschäftsführer der Firma geoSYSnet, nennt dazu noch die Kapazitätsgrenzen des Browsers bei der Darstellung der Webdienste als Hindernis für die erfolgreiche Umsetzung einer 4D-Anwendung.

Die Forschungsgruppe um Professor Martin Breunig vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelt seit einigen Jahren die Geodatenbank DB4Geo zur Ablage von Geometrie und Topologie drei- und vierdimensionaler Daten. Gegenstand der Forschung ist dabei besonders die Entwicklung von Algorithmen zum Wiederfinden und effizienten Zugriff sowie Archivierung der Daten. Praktische



Darstellung des Wetterballons in 4D. Quelle: geoSYSnet.



Dreidimensionale Darstellung eines Waldbestandes in VEROSIM: Ausgangssituation (oben), unmittelbar nach dem Sturm Kyrill im Januar 2007 mit umgefallenen Bäumen (Mitte) und mit geräumtem Holz (unten). Quelle: Arno Bücken, RWTH Aachen.

Anwendungen werden aber erst in den nächsten Jahren erwartet.

Einen Prototyp für eine echte 4D-Anwendung hat die Firma geoSYSnet mithilfe des Google-Earth-Plugins erstellt und als Dienst bereitgestellt. Dargestellt ist ein Wetterballon, der bei seinem Aufstieg

Temperatur, Ozon- und Luftdruck erfasst. Die meteorologischen Daten werden dabei in einer PostgreSQL/PostGIS-Datenbank gespeichert und über die Google-Earth-API abgerufen. Da das Datenvolumen auch hier eine beschränkende Komponente war, wurden die Daten manuell ausge-

dünnt und die fehlenden Zeitschnitte interpoliert, sodass eine flüssige Visualisierung möglich ist.

Eine andere Anwendung wurde mit dem Virtuellen Wald von der Arbeitsgruppe um Professor Jürgen Roßmann am Institut für Mensch-Maschine-Interaktion der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit dem Dortmunder Institut für Forschung und Transfer (RIF) e. V., der Firma CPA ReDev GmbH, der TU München und weiteren Projektpartnern entwickelt. Das Projekt ist ein Waldinformations- und -managementsystem, welches die für die Forst- und Holzwirtschaft relevanten Daten für jeden einzelnen Baum zu verschiedenen Zeitschnitten vorhält. Die Datengrundlage bieten dafür Altdaten und manuell erhobene Datensätze (z. B. Stichprobeninventuren und Bestandsbeschreibungen) beziehungsweise automatisch klassifizierte Fernerkundungsdaten (Einzelbaumdaten und Bestandsattribute). Neben den tatsächlich erhobenen Daten aus Vergangenheit und Gegenwart beinhaltet die Anwendung auch einen Waldwachstumssimulator, mit dem der zukünftige Baumbestand abgeschätzt werden kann. Eine sehr praxisrelevante Anwendung, die derzeit bereits von potenziellen Anwendern getestet wird. Die Anwendung verwendet VEROSIM als GIS-Oberfläche und Support-GIS als Datenbank, womit auch über 100 Millionen Datensätze erfolgreich gespeichert und verarbeitet werden konnten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass vor der praktischen Anwendbarkeit die Herausforderung im 4D-Bereich aufgrund von Datenvolumen und Komplexität zunächst bei der Speicherung raumzeitlicher Geodaten liegt. Es wurden und werden Algorithmen und Datenbanken (weiter)entwickelt, mit denen die Daten vorverarbeitet, gespeichert und schnell wiedergefunden werden können. Eine geeignete Struktur für spatiotemporale Datenbanken, die sowohl zeitliche als auch räumliche Attribute eines Objektes gleichzeitig speichern und für Abfragen bereitstellen kann, ist ein zentrales Forschungsfeld. Ein bisher kaum gelöstes Problem bleibt die Erfassung und Verarbeitung von 4D-Geodaten in Echtzeit. Professor Döllner urteilt, dass die vorhandenen Geodateninfrastrukturen bisher kaum auf solche Anforderungen ausgerichtet sind.

Der Virtuelle Wald – Geoinformation in vier Dimensionen

Ziel des Virtuellen Waldes ist es, Geo- und Sachdaten im Rahmen eines Waldinformations- und -planungssystems unter einer Oberfläche für die verschiedenen Benutzergruppen im Cluster Wald und Holz verfügbar zu machen. Für diese Anwendung ist nicht nur ein umfangreiches Rechte- und Sicherheitskonzept, sondern insbesondere auch die Datenhaltung in vier Dimensionen erforderlich, um Veränderungen auf der Waldfläche nachverfolgen zu können.

Den Datensätze wird dabei neben ihrer räumlichen Koordinate mindestens ein Zeitstempel zugeordnet. Datensätze, die nicht nur einen Zeitpunkt betreffen, sondern z. B. wie ein Baum für einen gewissen Zeitraum existieren, sind mit entsprechenden Zeitspannen annotiert. Basierend auf diesen Daten lassen sich umfangreiche Informationen über Flächen im Wald, aber auch für einzelne Bäume zu beliebigen Stichtagen abrufen. Die Visualisierung kann zweidimensional als Aufsicht oder auch als 3D-Landschaftsbild erfolgen. So ist es beispielsweise möglich, durch Angabe verschiedener Stichtage die Auswirkungen des Orkans Kyrill auf den Baumbestand zu visualisieren.

Zusätzliche Prozesse wie ein Waldwachstumssimulator und ein Holzerntekostenrechner ermöglichen es, mit dem System forstliche Strategien für zukünftige Waldentwicklungen durchzuspielen und basierend auf diesen Ergebnissen die aktuell anstehenden Maßnahmen zu planen. Durch diesen Planungsteil an den Datensätzen ragt die Zeitkomponente somit auch in die Zukunft hinein. Neben der grafischen Information am Bildschirm können aus dem 4D-Datenbestand auch weitere Daten wie zum Beispiel eine Forstbetriebskarte zu einem beliebigen Stichtag abgeleitet werden.

Durch das 4D-GIS des Virtuellen Waldes werden viele Vorgänge im Cluster Wald und Holz durch eine zentrale, integrierte Lösung unterstützt. Durch Nutzung einer Software erhält man die benötigten Informationen schneller als früher mit mehreren Softwarekomponenten, die parallel bedient werden mussten. Durch Nutzung der gleichen Software für verschiedene Anwendungen wird der Datenerfassungsaufwand erheblich reduziert. Zeitgleich werden durch automatisierte Prozesse die Aktionen der Benutzer unterstützt, um deren Arbeitskraft effizienter nutzen zu können.

GEOSummit

Messe und Kongress für Geoinformation · Bern, 3. bis 5. Juni 2014
Salon et congrès de la géoinformation · Berne, du 3 au 5 juin 2014



Lösungen für eine Welt im Wandel | Solutions pour un monde en évolution

2014

Erfahren Sie Neues zu den Themen:

3D GIS, GIS für Solarenergie, Geodatenangebote, Amtliche Vermessung, Energiewende, Sicherheit, Crowdsourcing und Infrastrukturmanagement ...

Treffen Sie Anwender und Systemhersteller und lassen Sie sich neue Perspektiven für Ihr tägliches Geschäft eröffnen.

Der GEOSummit 2014 erwartet Sie!

Découvrez des nouveautés concernant les thèmes:

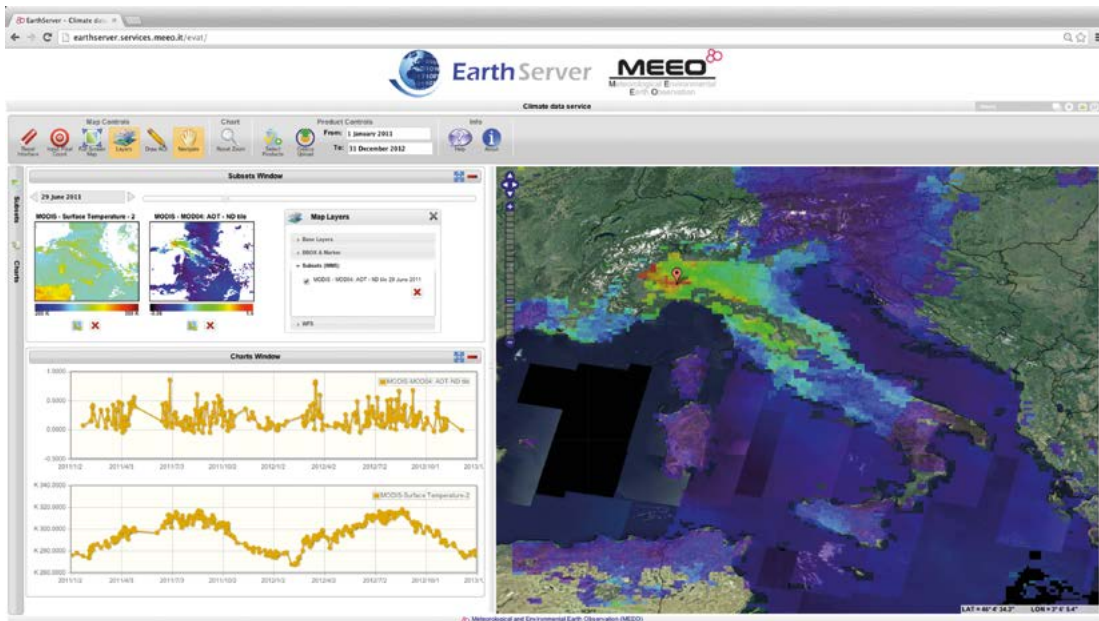
SIG 3D, SIG pour énergie solaire, services de géodonnées, mensuration officielle, transition énergétique, sécurité, crowdsourcing et gestion des infrastructures ...

Pour rencontrer des utilisateurs et des fabricants de logiciels. Pour découvrir de nouvelles perspectives qui enrichissent votre quotidien.

Le GEOSummit 2014 vous attend!

Jetzt anmelden unter | Inscrivez vous dès à présent sous: www.geosummit.ch





Die von der EU unterstützte Earthserver Initiative stellt offenen Zugang und Ad-hoc-Analysen auf extrem großen, interdisziplinären Geodaten bereit. Über die offenen Standards WCS, WCPS und WMS werden insgesamt über 300 TB von verschiedenen Datenzentren angeboten. So entsteht eine hochskalierbare Föderation aus Diensteknoten auf Basis des parallelisierten Array-Datenbanksystems rasdaman.

Ist die Zeit reif für 4D-GIS?

Die Datenerfassung in 4D öffnet nicht nur Türen zu völlig neuen Analyseschritten und Informationen, sie stellt uns auch vor Herausforderungen. Dr. Peter Baumann, Informatikprofessor an der Jacobs University in Bremen und Spezialist im Bereich 4D-GIS, im Interview mit der Fachzeitschrift gis.Business.

gis.Business: Herr Professor Baumann, an welchen Themen arbeiten Sie und ihre Forschergruppe im Bereich 4D-GIS?

Meine Forschungsgruppe fokussiert auf flexible, skalierbare Dienste für multidimensionale Rasterdaten. In unseren Arbeiten erweitern wir die jahrzehntelang bewährte Technologie der SQL-Anfragesprachen um Komponenten für multidimensionale Rasterverarbeitung. In heutiger Terminologie machen wir also NewSQL für Big Data. Die Konzepte haben wir in rasdaman („raster data manager“) implementiert. Damit können wir klar zeigen, dass damit substanziell mehr Flexibilität, Skalierbarkeit und Informationsintegration erreicht werden kann.

Mit welchen Daten arbeiten Sie dabei hauptsächlich?

Obwohl rasdaman für allgemeine n-D-Rasterdaten geeignet ist, arbeiten wir sehr stark mit Geodaten wie 2D-Satellitenkarten, 3D-x/y/t-Satellitenbild-Zeitreihen, x/y/z-Voxelmodellen in der Geologie sowie 4D-x/y/z/t-Klima- und Ozeanmodelle. Solche „Big Data“ können wir nicht mehr einfach herunterladen noch viel mehr als früher sind intelligente Dienste wichtig, mittels derer ein Client dem Server seinen Bedarf mitteilen kann.

Welche Rolle spielen Standardisierungsgremien in Ihrer Arbeit?

Das Augenmerk von Standardisierungsgremien liegt auf folgender Frage: Wie müssen Dienste-Schnittstellen beschaffen sein, um funktionell, flexibel, effizient und skalierbar zu sein? Derzeit betreuen wir im OGC die Web Coverage Service

(WCS) Suite, in ISO erarbeiten wir Array SQL, und in der Research Data Alliance (RDA) leiten wir die Big Data Analytics Interest Group. Besonders spannend ist hier die sehr gut funktionierende Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Industrie und Behörden; aus Deutschland wäre hier der Deutsche Wetterdienst zu nennen.

Erzählen Sie uns noch ein wenig mehr über rasdaman!

Über die Jahre hinweg ist rasdaman vom Forschungsprototypen gereift zum kompletten multi-dimensionalen Rasterserver inklusive OGC-konformer Schnittstellen; so ist rasdaman die WCS-Core-Referenzimplementierung. Heute findet sich rasdaman im operativen Einsatz in Datenzentren und Vermessungsämtern.

Die transatlantische EarthServer-Initiative (www.earthserver.eu), welche von der EU gefördert wird, nutzt die rasdaman-Technologie zur Echtzeit-Analyse von raumzeitlichen Datenwürfeln im großen Maßstab. Sechs Dienste, die zusammen die Geowissenschaften umspannen, werden ab diesem Sommer zusammen etwa 300 TB an Daten online anbieten. Die Anfrage-sprache, verpackt in grafische Web-Clients, erlaubt die direkte Navigation und Auswertung auf verschiedensten Daten.

Welche Herausforderungen ergeben sich denn durch die Hinzunahme der vierten Dimension im GIS außer dem großen Datenvolumen?

Mehr Dimensionen bedeutet neue Koordinatensysteme. Für vertikale Koordinaten sind Erweiterungen stellenweise verfügbar, etwa WGS84-3D. Bei kompletten raumzeitlichen Koordinatensystemen stehen wir noch recht am Anfang, vor allem wegen der Komplexität des Kalenders. Datum und Zeitintervalle sind oft nicht einfach zu bestimmen, Monate haben unterschiedliche Länge, das gleiche gilt für Stunden aufgrund von Schaltsekunden; Sommer ist auf der Nordhalbkugel eine andere Monatsperiode als auf der Südhalbkugel, in der Klimasimulation rechnet man gerne mit 360 Tagen pro Jahr, und so weiter. Im OGC haben wir zur Lösung derartiger Herausforderungen eigens eine Temporal Domain Working Group (Temporal.DWG) gegründet.

Wie verändert sich dann die klassische Kartendarstellung?

Für die Visualisierung müssen neue Paradigmen gefunden werden, die über die gewohnte Kartendarstellung hinausgehen und dennoch übersichtlich sind. Im OGC sind Erweiterungen des Web Map Service (WMS) angedacht, um Höhen- und Zeitselektion vornehmen zu können, und mit HTML5 und X3D stehen uns heute auch sehr mächtige 3D-Visualisierungstechniken direkt im Webbrowser zur Verfügung. Zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Computergrafik in Darmstadt arbeiten wir an flexiblen Visualisierungstechniken.

Wo liegen derzeit die technisch-infrastrukturellen Grenzen für GIS-Anwendungen in 4D?

Interessanterweise nicht so sehr bei der Ablage der Daten, eher in der Dienstqualität. Noch immer ist das klassische FTP, also das Herunterladen von Dateien, viel zu gängig. Im Klartext: Wer Daten sucht, muss sich durch kryptische Namenskonventionen und Verzeichnis-bäume arbeiten, um dann typischerweise eine viel zu große Datei herunterzuladen. Oder eine schwer handhabbare Menge von Einzeldateien.

Was heißt das in der Praxis?

Ein wichtiges Thema ist die Kopplung von Technologien. „No one size fits all“ beobachtet Michael Stonebraker vom MIT. Wenn wir akzeptieren, dass für die diversen Datenstrukturen und Aufgaben auch unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz kommen (etwa rasdaman für Raster, relationale Datenbanken für Metadaten, Hadoop für Schlüsselwortsuche, MongoDB für Dokumente, etc.), dann müssen wir Wege finden, diese Komplexität vor dem Anwender zu verbergen. Nach wie vor stellt der Anwender eine (!) Frage an einen (!) Server, und alles andere muss unter der Motorhaube automatisch orchestriert werden. Hier steht die Technologie sehr am Anfang.

Ebenfalls recht am Anfang stehen wir bei der Verteilung von Aufgaben. Ich spreche hier nicht von Clustern oder Clouds, wo tausend eineiige Zwillinge brav zusammenarbeiten, sondern von einer Föderation, wo Datacenter Teilaufgaben verteilen und annehmen. Beispielsweise beziehen atmosphärische Modelle in der Regel auch ozeanographische Daten mit ein: Mit einer föderierten Architektur könnte der Wetter-Rechner Teilaufgaben an das Ozean-Archiv schicken und somit die Anfrage parallelisieren.

Gibt es solche Aufgabenteilungen schon?

Zusammen mit anderen Universitäten, Datenzentren und mit Industriebeteiligung forschen wir an solchen Szenarien, aber Fragen wie Zugriffsschutz, dynamische Aufgabenzuteilung und Kostenmodelle sind derzeit nicht wirklich einsatzreif geklärt.

Ähnliches gilt für Techniken wie HTML5 und X3D sind noch sehr jung – zwar stabil, aber speziell im Bereich 4D-Geodaten mit noch unzureichender Basis



Dr. Peter Baumann ist neben seiner Tätigkeit als Professor im OGC Editor von zwölf Standards sowie Co-Chair von vier Arbeitsgruppen. Er arbeitet mit seinem Forschungsteam an zahlreichen Big-Data-Projekten, leitet die transatlantische Earthserver Initiative und ist Chefarchitekt der Open-Source-Rasterservertechnologie rasdaman.

an Anwendungsmodulen, vergleichbar etwa mit OpenLayers.

Schließlich ist die Akzeptanz und Aufnahme der neuen Technologien ein wichtiger Punkt. Um Nutzer (und damit letztlich auch die Dienstbetreiber) zu gewinnen, müssen attraktive Anwendungen entwickelt werden, welche die neue Informationsvielfalt für innovative Dienstleistungen nutzen.

Eine letzte Frage: Wie reagiert denn der Markt auf diese neuen Herausforderungen?

Wir beobachten des Öfteren ein gewisses Zögern der Datenanbieter, neue Dienste anzubieten. Des Öfteren wird argumentiert, „unsere Nutzer wollen solche Dienste nicht“. Die eigentliche Befürchtung ist jedoch, dass die hohen Investitionen in die Infrastruktur obsolet werden. Dies ist allerdings nicht mehr Stand der Technik – beispielsweise kann rasdaman auf Datenbanken ebenso wie auf existierenden Archivstrukturen arbeiten. Hier ist noch Überzeugungsarbeit zu leisten.

Herr Professor Baumann, wir bedanken uns ganz herzlich für das Interview.

.....
Das Interview führte Dr. Annemarie Müller