

# Geo-Informationssysteme zur Bewertung von Geo-Potenzialen in der Peripherie von Ballungsräumen

Andreas Hoppe, Monika Hofmann, Teresa Lamelas Gracia, Stefan Lang, Christian Lerch & Oswald Marinoni

Fachgebiet Geo-Ressourcen und Geo-Risiken, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität, Schnittspahnstr. 9, 64287 Darmstadt, E-Mail: [ahoppe@geo.tu-darmstadt.de](mailto:ahoppe@geo.tu-darmstadt.de)

## Zusammenfassung

Aufgrund von wachsendem Siedlungsdruck und damit einhergehender Flächenknappheit sind konkurrierende Landnutzungsinteressen in urbanen Gebieten besonders häufig. Im Rahmen solcher Nutzungskonflikte muss eine Betrachtung von Geo-Ressourcen (Grundwasser, Sand und Kies, Böden) und Geo-Risiken (z.B. Erdfälle infolge von Subrosion, Schwermetalle in Gesteinen und Böden) eine Sonderrolle spielen, handelt es sich doch bei ihnen um standortgebundene Geo-Potenziale. Schon allein im Sinne einer nachhaltigen Betrachtung verdienen sie deshalb besondere Aufmerksamkeit. Erst wenn die geologischen Verhältnisse verständlich und transparent dargestellt sind, kann die Geologie die ihr gebührende Rolle bei Entscheidungsprozessen um Landnutzungen einnehmen. In diesem Beitrag wird dazu ein mehrstufiger Arbeitsablauf vorgestellt. Er geht von der Generierung eines dreidimensionalen geologischen Modells aus, das die Grundlage für die Ableitung thematischer geowissenschaftlicher Karten liefert. Diese Karten sind GIS-basierten Bewertungsansätzen zugänglich. Innerhalb des GIS können nun auch andere, nicht-geologische Informationen, die z.B. ökologische, ökonomische, sozialen o.a. Gesichtspunkten berücksichtigen, zugeführt und mit den geologischen Parametern einer planungsrelevanten Bewertung unterzogen werden. Diese Bewertung erfolgt im Rahmen eines GIS-integrierten Systems zur Unterstützung von Entscheidungen unter Einbeziehung multi-kriterieller Verfahren.

## Abstract

Land use conflicts intensify in areas around growing cities where space becomes increasingly valuable. To favour a sustainable land-use decision making, the consideration of geo-resources (e.g. groundwater, sand and gravel, soils) or geo-hazards (sinkholes due to subrosion, heavy metals in rocks and soils) must be given more attention, since geo-resources or geo-hazards are related to geological structures and are therefore immovable. However, geological structures are usually very complex in shape which makes them hard to understand for non-experts. A key to their integration to decision processes is a comprehensible and transparent visualisation of the subsurface. In this contribution, we present a multi-stage method where one- and two-dimensional geological information is used to create a three-dimensional model of the geology. This 3D model serves as a base for further two-dimensional thematic maps which can be integrated in a GIS-based evaluation framework. Within this framework, other information from economy, ecology or sociology can also be integrated and evaluated together with geological data. This evaluation is performed with a spatial decision support system using multi-criteria techniques.

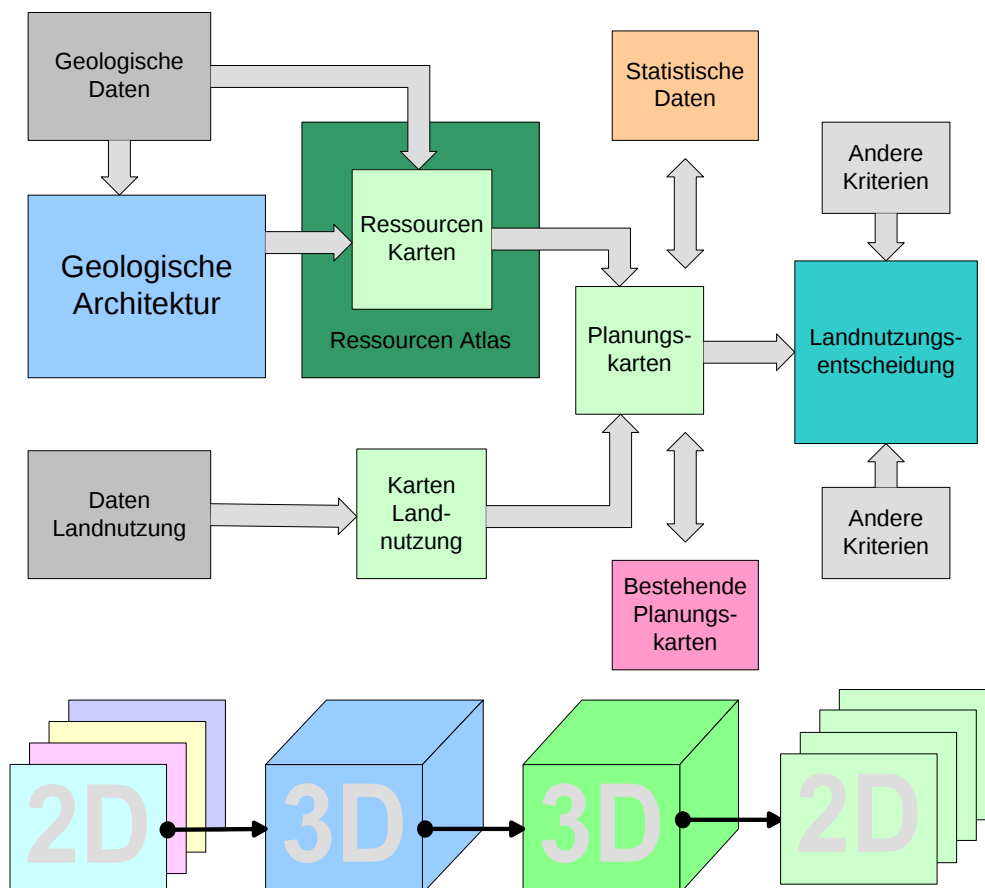
## 1 Einführung

Jede Art der Landnutzung greift in die Geosphäre ein, sei es nur direkt an der Oberfläche, oberflächennah oder auch tiefer gehend, wie beispielsweise bei der Nutzung von Lagerstätten. Die Wechselwirkung mit der Geosphäre bedingt, dass geowissenschaftliche Aspekte bei Nutzungsentscheidungen eine Schlüsselrolle spielen müssen, denn Eingriffe in die Geosphäre führen häufig zu irreversiblen Veränderungen der betroffenen Bereiche und berühren daher auch immer die Interessen künftiger Ge-

nerationen. Außerdem sollten gerade in Ballungsräumen geogene Risiken wie Subrosionsvorgänge mit der Gefahr von Erdfällen oder hohe Schwermetallgehalte in Böden und Gesteinen gut bekannt sein. Unter dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung sind mit einer Nutzungsentscheidung verbundene, irreversible Eingriffe in die Geosphäre und etwaige Nutzungskonsequenzen bestmöglich zu ermitteln und im Entscheidungsprozess einzubetten. Aufgrund bestehender Nutzungskonflikte müssen konkurrierende Interessen ebenfalls berücksichtigt werden, was Entscheidungsprozesse weiter verkompliziert. Im vorliegenden Beitrag wird ein geowissenschaftlich fokussierter, aber auch für andere Disziplinen offener Arbeitsprozess beschrieben, der die Transparenz von raumplanerischen Entscheidungsprozessen deutlich erhöht. Die Anwendung dieses Verfahrens wird zurzeit in Projekten in Deutschland, Spanien und Brasilien getestet.

## 2 Beschreibung der Arbeitsschritte

Abb. 1 zeigt im oberen Teil den Arbeitsablauf. Er beginnt mit der Sichtung und Plausibilitätsprüfung der geologischen Daten, aus denen der geologische Bau rekonstruiert wird. Daraus lassen sich Karten der Geo-Potenziale ableiten (etwa Mächtigkeiten von Sand und Kies, Bereiche der Gefährdung einer Grundwasserverschmutzung, Erdfallrisiken u.a.m.; vgl. auch HOPPE & MITTELBACH 1999, LERCH 2005, HOPPE et al. 2006 a, b). Die so gewonnenen Thematischen Karten werden mit weiteren Daten und Kriterien anderer Disziplinen (z.B. Ökologie, Ökonomie; siehe Abb. rechts) kombiniert und können dann als Grundlage einer Landnutzungsentscheidung verwendet werden.



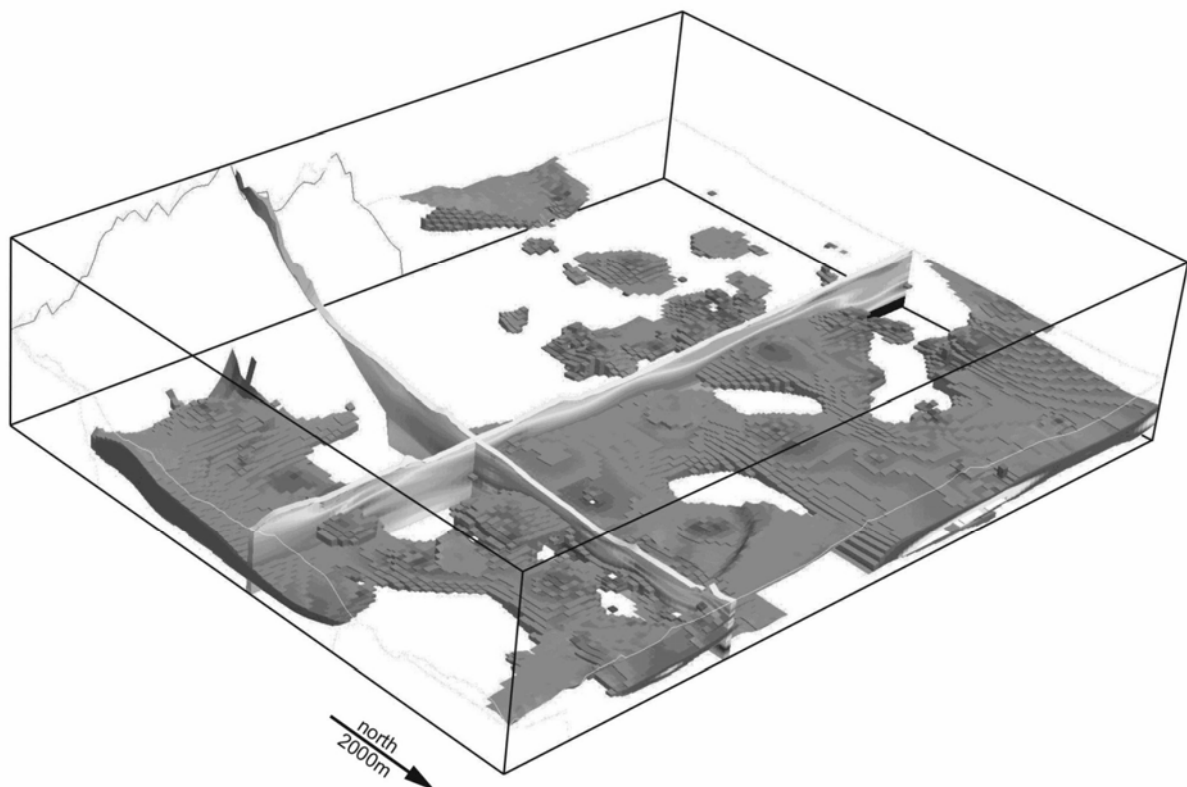
*Abb. 1: Arbeitsschritte von der Datenerhebung bis zur Landnutzungsentscheidung (oben) einschließlich des Weges von Punkt- und Flächeninformationen zum Raummodell und wieder zur Thematischen Karte (unten; aus LERCH 2005).*

Der untere Teil von Abb. 2 zeigt die Dimensionen der verwendeten Daten. Ausgehend von ein- und zweidimensionalen Daten erfolgt die Rekonstruktion eines dreidimensionalen geologischen Modells, aus dem z.B. Geo-Ressourcenmodelle abgeleitet werden. Zur weiteren GIS-gestützten Auswertung ist es notwendig, diese Information auf zweidimensionale Karten zu übertragen.

### 3 Testgebiet Hanau-Seligenstädter Senke

Erprobt wurde dieses Verfahren zunächst in der Hanau-Seligenstädter Senke, einem känozoischen Senkungsraum zwischen Odenwald und Spessart. Hier führen der Reichtum an Massenrohstoffen, die ergiebigen Grundwasserleiter, die ertragreichen Böden sowie der hohe Flächenbedarf im Ballungsraum des Rhein-Main-Gebiets zu Nutzungskonflikten.

Als Voraussetzung für die Regionalisierung der Geo-Ressourcen wurden mit Hilfe von 1500 Bohrungen die Beckenentwicklung rekonstruiert sowie die Architektur in einem 3D-Modell visualisiert (LANG ET AL. 2005, LANG in Vorb.). Über die Interpolation von Parametern aus den Bohrdaten wurde ein Modell der räumlichen Verteilung von Eigenschaften wie Korngröße oder Karbonatgehalt entwickelt, aus dem anschließend Ressourcenkarten und Potenzialkarten abgeleitet werden konnten (LERCH, 2005; HOPPE ET AL., 2006a). Abb. 2 zeigt eine räumliche Darstellung der Sand- und Kiesvorkommen in einem Teilgebiet des untersuchten Raums.



*Abb. 2: Räumliche Darstellung der Sand- und Kieslagerstätten im Raum Babenhausen (LERCH 2005, HOPPE ET AL. 2006a).*

Mit dem gleichen Ansatz wird in Brasilien versucht, die geogenen Ressourcen und Risiken der nördlichen Peripherie der Millionenstadt Belo Horizonte (Bundesstaat Minas Gerais) in einer integrierten Datenbank zu vereinen und ihre Relevanz für die Landnutzungsplanung dieses unter starkem Urbani-

sierungsdruck stehenden Gebiets darzustellen. Dazu werden bestehende Informationen zunächst auf ihre Plausibilität geprüft und anschließend unter Verwendung aktueller Verfahren verschiedene Karten zur Bewertung des Standorts bezüglich planungsrelevanter Faktoren wie Erosion, Grundwassergefährdung, Sand- und Kiesvorkommen und Hangstabilität generiert.

Ein drittes Projekt betrachtet das Umfeld der nordspanischen Stadt Zaragoza, die gegenwärtig ein immenses Wachstum verzeichnet, aber auch aufgrund der geologischen Verhältnisse und intensiver Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen eine Reihe von Geo-Risiken (z.B. Erdfallbildung über Sulfatkarst) aufweist. Hier sollen die vorgeschlagenen Arbeitsschritte unter Einbeziehung der geologischen Potenziale zu einer nachhaltigeren und risikoärmeren Landnutzung führen (LAMELAS ET AL. 2006).

#### 4 GIS-integrierte Bewertung

Gezeigt wird hier das Ergebnis der Anwendung des Analytical Hierarchy Process (AHP, SAATY 1977) im Rahmen einer Suche nach günstigen Flächen für Sand- und Kiesabbau im Rhein-Main-Gebiet, südöstlich von Frankfurt am Main.

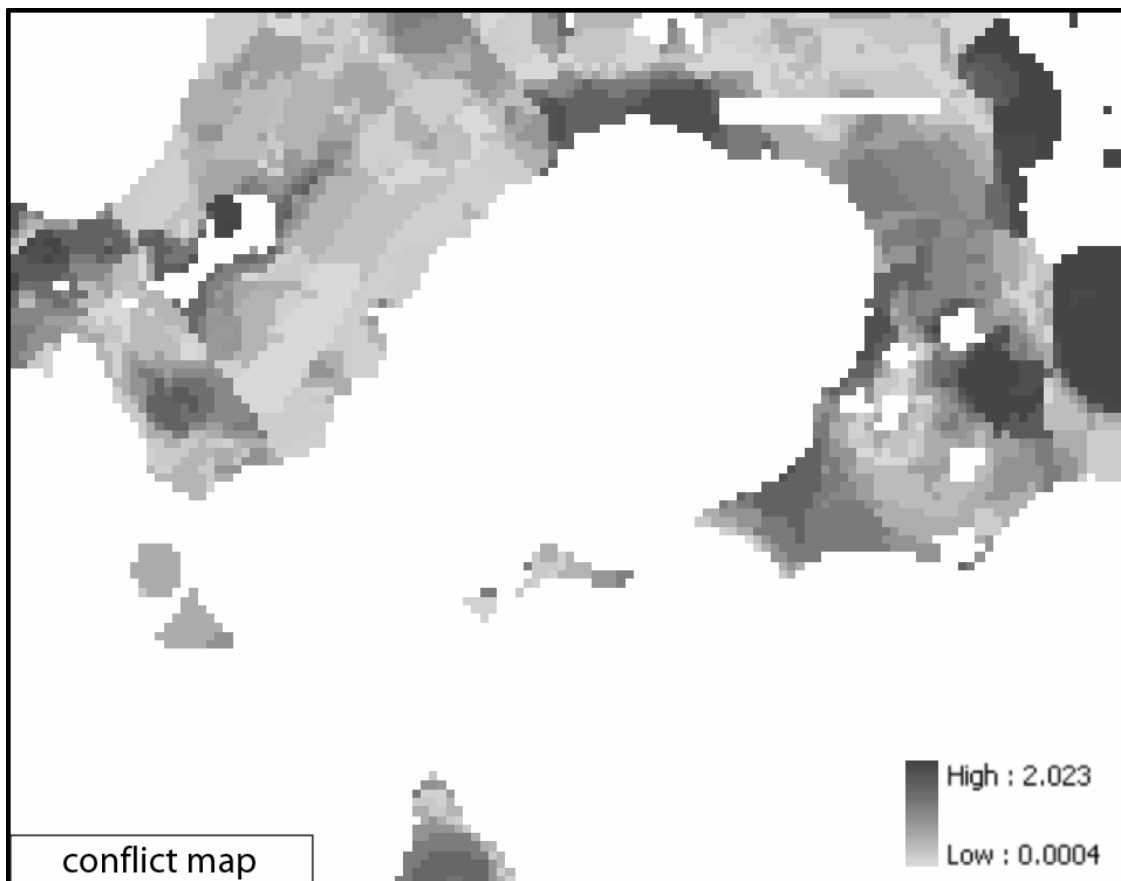


Abb. 3: Unter Anwendung des Analytical Hierarchy Process generierte Konfliktkarte (nach HOPPE ET AL. 2006a).

Die Schlüsseleigenschaft des AHP liegt in der Berechnung von Wichtungsfaktoren der für den Entscheidungsprozess relevanten Kriterien. Hierzu sind zunächst alle relevanten Kriterien festzulegen und, da eine GIS gestützte Auswertung erfolgt, als regionalisierte Raster-Ebenen in einem GIS abzuliegen. Anschließend ist eine quadratische Präferenzmatrix zu definieren, welche die numerische Präferenzinformation aller möglichen Kriterienpaarkonstellationen umfasst. Zur Identifizierung der für

eine Landnutzung besonders geeigneten Bereiche werden die zuvor klassifizierten Kriterienraster anschließend gewichtet aufsummiert. Verschiedene Interessengruppen können so ihre spezifischen Präferenzen setzen. Eine abschließende integrale Betrachtung aller Präferenzvorstellungen kann schließlich zu Konfliktkarten zusammengefasst werden (vgl. MARINONI 2004, 2005, HOPPE ET AL. 2006a).

Im vorliegenden Beispiel steht der Konflikt zwischen (a) Rohstoffabbau und (b) Grundwassernutzung im Vordergrund, wobei Kriterien wie Bodenqualität und Lärmbelästigung durch Rohstoffabbau ebenfalls integriert wurden. Entsprechend wurden zwei Präferenzszenarien – mit erhöhter Wichtung wirtschaftlicher Kriterien (a) und erhöhter Wichtung Grundwasser schützender Kriterien (b) – gerechnet und die im oben gezeigte Konfliktkarte generiert. Diese Karte kann als Grundlage weiterer Detailuntersuchungen oder auch als Grundlage einer konkreten Nutzungsentscheidung verwendet werden.

## 5 Fazit

Mit den beschriebenen Arbeitsschritten lassen sich geologisch komplexe Zusammenhänge verständlich und konsistent herleiten und transparent darstellen. Die Nutzung einer 3D Software-Technologie eröffnet darüber hinaus die Möglichkeit, sich näher an der geometrischen Realität zu bewegen. Der Vorteil einer abschließenden GIS-Integration und der Anwendung multi-kriterieller Verfahren liegt darin, dass ein Entscheidungsprozess zur Landnutzung nachvollziehbar gestaltet werden kann. Die im GIS auf regionalisierten Ebenen abgelegten Daten können ausgelesen und miteinander kombiniert werden. Neben den für eine Nutzungsentscheidung notwendigen Eignungskarten („suitability maps“) ist auch die Generierung von Nutzungskonfliktkarten sowie die Evaluierung verschiedener Standorte möglich.

## 6 Danksagung

An dieser Stelle sei den Geologischen Diensten Hessens und Bayerns für ihre Unterstützung gedankt. Die Forschungen des Fachgebietes im Bereich Nordspanien werden im Rahmen eines DFG-Projektes gefördert und erfolgen in Zusammenarbeit mit der Universität Zaragoza. Gedankt sei auch dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), der die Forschungen in Brasilien mit einem Auslandsstipendium unterstützt.

## 7 Literaturhinweise

- HOPPE, A. & MITTELBACH, G. (1999): Geowissenschaftlicher Atlas von Hessen. - Geologie in Hessen, 4: 61 S., Wiesbaden (Hess. L.-Amt für Bodenforsch.) / cf. <http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/>
- HOPPE, A., LANG, S., LERCH, C. & MARINONI, O. (2006a): Geology and a spatial decision support system for the surroundings of urban areas: An example from southern Hesse (Germany). – Z. Dt. Ges. Geowiss., 157: 135-146, Stuttgart.
- HOPPE, A., LERCH, C. & LANG, S. (2006b): Detailed estimates of groundwater vulnerability using three dimensional geological models. - Proc. 5. Int. Congr. Reg. Geosc. Cartogr. Inform. Syst., June 13-15, Barcelona.
- LAMELAS, M.T., MARINONI, O., HOPPE, A. & DE LA RIVA, J. (2006): The use of spatial decision support systems for sand and gravel extraction suitability in the context of a sustainable development in the surroundings of Zaragoza (Spain). – Proc. 5. Int. Congr. Reg. Geosc. Cartogr. Inform. Syst., June 13-15, Barcelona.
- LANG, S. (in Vorb.): Sedimentologie der Hanau-Seligenstädter Senke (Südhessen). – Dissertation, Technische Universität Darmstadt.
- LANG, S., HINDERER, M. & HOPPE, A. (2005): Accommodation/supply ratio as control for the fluvial architecture in a low-subsidence rift basin (Hanau-Seligenstadt Basin, Germany). – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 38: 96 (Abstr. Sediment 2005, July 18-20, Gwatt/Thun, Switzerland), Hannover.

- LERCH, C. (2005): Methoden zur GIS-gestützten Erzeugung von Geo-Ressourcen- und Geo-Risikokarten für eine nachhaltige Landnutzungsplanung am Beispiel der Hanau-Seligenstädter Senke, südliches Rhein-Main-Gebiet. – Dissertation, Technische Universität Darmstadt.
- MARINONI, O. (2004): Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. - Computers and Geosciences, 30: 637-646.
- MARINONI, O. (2005): A stochastic spatial decision support system based on PROMETHEE. - Int. J. Geogr. Inform. Sci., 19: 51-68.
- SAATY, T.L. (1977): A scaling method for priorities in hierarchical structures. – J. Mathem. Psychol., 15: 231-281.