

• *Ecoregions – Environmental monitoring – Geostatistics – GIS (geographical information system)*

Winfried Schröder, Gunther Schmidt and Roland Pesch (Vechta)

Mapping Germany's Ecoregions for Environmental Monitoring Purposes

*Kartierung der landschaftsökologischen Raumstruktur Deutschlands
für Zwecke der Umweltbeobachtung*

With 5 Figures and 1 Table

Classification and Regression Trees (CART) are used for mapping Germany's ecoregions. The data used are digital maps on potential natural vegetation, soil texture, climate and altitude. CART is described and then the combined application of the ecoregions, geostatistics and GIS functions for the analysis of environmental monitoring nets is outlined using the example of the SO₂ monitoring network. To this end, we assess whether the number of monitoring sites is proportional to the area the respective ecoregions cover. Based on the geostatistical analysis of the SO₂ monitoring data and on the neighbourhood analysis of the ecoregions, a network adjustment is suggested.

Summary: Mapping Germany's Ecoregions for Environmental Monitoring Purposes

The article starts with the description of traditional landscape classifications in Germany and takes a look at the different use of these regionalisations in ecological research and environmental planning. Against this background a new map of ecoregions is introduced which is provided for environmental monitoring in Germany and its federal states. Classification and Regression Trees (CART) are used for mapping Germany's ecoregions. The data used are digital maps on potential natural vegetation, soil texture, climate and elevation. These both metric and nominal data are described in detail as it is done with CART. The derived map of ecoregions allows to describe the ecological features of each ecoregion both statistically and verbally. The use of this ecoregionalisation in

environmental monitoring is demonstrated exemplarily by examining the spatial representativity of the federal immission monitoring networks in Germany. It is tested whether the number of monitoring sites corresponds to the area that is covered by each ecoregion. Thus, it is possible to identify those ecoregions where the number of monitoring sites is too large or too small according to the criterion of proportionality. The evaluation of SO₂ measurements registered at these locations are used exemplarily to optimise the monitoring network by means of geostatistics. Variogram analysis and kriging estimation are used to map the SO₂ concentrations in Germany. Neighbourhood analysis of the ecoregions reveals the spatial patterns of landscape coverage which helps to identify those monitoring sites that where not typical for the landscape structure. By extrapolating again the SO₂ measurements at the

remaining locations it can be checked statistically whether the two immission maps differ significantly.

Zusammenfassung: Kartierung der landschafts-ökologischen Raumstruktur Deutschlands für Zwecke der Umweltbeobachtung

Der Artikel beschäftigt sich einleitend mit bereits vorliegenden Landschaftsgliederungen in Deutschland und geht der Frage nach, wofür solche Gliederungen in der ökologischen Forschung und in der Umweltplanung Verwendung finden. Vor diesem Hintergrund wird eine neue Raumgliederung für die ökologische Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder vorgestellt. Die dafür verwendeten Flächen-daten über die potenzielle natürliche Vegetation, Bodenarten, Klima und orografische Höhe werden mit Classification and Regression Trees (CART) zu einer landschaftsökologischen Raumgliederung Deutschlands verrechnet. Die sowohl metrischen als auch kategorialen Eingangsdaten werden eingehend beschrieben. Des Weiteren wird das CART-Verfahren eingeführt, mit dessen Hilfe diese ökologischen Daten verrechnet wurden. Die daraus resultierende Raumgliederung ermöglicht es, die Ausprägung der jeweiligen landschaftsökologischen Merkmale jeder Raumklasse statistisch und verbal zu beschreiben. Als Beispiel für die Anwendung der Raumgliederung in der ökologischen Umweltbeobachtung wird gezeigt, inwieweit die Immissionsmessnetze der Bundesländer von einer flächenproportionalen Verteilung in diesen ökologischen Raumklassen abweichen. So werden Landschaften identifiziert, in denen gemäß des Kriteriums der Flächenrepräsentanz zu viele oder zu wenige Messstandorte eingerichtet sind. Am Beispiel der SO_2 -Konzentrationen, die an diesen Messstationen kontinuierlich registriert werden, wird schließlich demonstriert, wie man durch Kombination geostatistischer Verfahren mit dem für die Raumgliederung berechneten Nachbarschaftsrepräsentanzindex Vorschläge zur Messnetzoptimierung ableiten kann. Hierzu werden zunächst aus den lokalen Messungen der SO_2 -Konzentration mit Hilfe von Variogrammanalyse und Kriging-Interpolation die räumlichen Muster der Immissionskonzentrationen in Deutschland kartiert. Dann wird mit der Nachbarschaftsanalyse die räumliche Struk-

tur der Landschaftsgliederung ermittelt. Dadurch können in den Landschaften, die aufgrund der Flächenproportionalität mehr Messeinrichtungen als notwendig enthalten, diejenigen Messstationen herausgefiltert werden, in deren Umgebung die Landschaftsstruktur untypisch ist. Die Auswirkung der Reduzierung des Messnetzes um solche Stationen wird überprüft, indem die Messwerte der verbleibenden Messpunkte wiederum interpoliert werden und die auf diese Weise erzeugte Immissionskarte mit der Ausgangskarte des vollständigen Messnetzes statistisch verglichen wird.

Résumé: Représentation cartographique de la structure géo-écologique spatiale de l'Allemagne pour les fins de l'observation de l'environnement

Cet article traite, en guise d'introduction, de la classification du paysage en Allemagne déjà existante et analyse son utilité dans la recherche écologique et la gestion de l'environnement. Dans ce contexte une nouvelle carte des écorégions pour l'observation écologique de l'environnement de l'état fédéral et des *länder* est présentée. Les données de la surface utilisée dans le calcul de la carte des écorégions en Allemagne à l'aide de la méthode CART (Classification and Regression Trees) sont les suivantes: la végétation naturelle potentielle, la texture du sol, le climat et la configuration orographique. Les données métriques aussi bien que catégorielles seront décrites en détail. De plus la méthode CART, à l'aide de laquelle les données écologiques sont évaluées, est introduite. La carte des écorégions qui en résulte permet de décrire statistiquement et verbalement la dimension des caractéristiques écologiques du paysage de toutes les écorégions. L'application d'une carte des écorégions dans le monitoring de l'environnement est démontrée à l'exemple de la divergence du réseau de mesure des émissions des *länder* d'une répartition proportionnelle dans ces écorégions. Ainsi on peut identifier des paysages qui disposent, selon le critère de la représentation de surface, d'une quantité de stations de mesure trop importante ou insuffisante. L'exemple de la concentration en SO_2 enregistrée en continu dans ces stations de mesure démontrera enfin comment on peut déduire des propositions afin d'optimiser le réseau de

mesurage par la combinaison des méthodes géostatistiques avec l'analyse du voisinage réalisée pour la carte des écorégions. Pour ce faire, on reproduit tout d'abord le modèle spatial de la concentration des émissions en Allemagne à partir de la mesure de la concentration SO_2 locale par l'analyse variogramme et la méthode d'interpolation Krigeage. Ensuite on détermine la structure spatiale de la classification des paysages par l'analyse du voisinage. Ainsi il est possible de filtrer ces stations de mesure dans les paysages, qui comportent plus des stations de mesurages que nécessaire à cause de la répartition proportionnelle, dont le voisinage de la structure du paysage est atypique. Les conséquences de la réduction du réseau de mesure par ces stations seront vérifiées en interpolant les valeurs mesurées

des stations de mesure restantes. La carte des émissions générée de cette manière est ensuite comparée statistiquement avec la carte originale du réseau de mesure complet.

Univ.-Prof. Dr. Winfried Schröder, Dr. Gunther Schmidt, Dr. Roland Pesch, Institut für Umweltwissenschaften, Hochschule Vechta, PF 1553, 49364 Vechta, Germany, wschroeder@iuw.uni-vechta.de, gschmidt@iuw.uni-vechta.de, rpesch@iuw.uni-vechta.de

Manuskripteingang: 10.08.2004
Annahme zum Druck: 08.07.2005