

Monitoring von Freiflächeninanspruchnahme und -versiegelung für eine nachhaltige
Raumentwicklung in Bayern

Monitoring of land consumption and soil sealing as a contribution to sustainable spatial
development in Bavaria

Constantin Meyer, Jan Christoph Peters, Michael Thiel, Joachim Rathmann, Hubert Job

Online Supplementary Material: Erläuterungen zur Methode des Indikators Freiraumstruktur

1 Einleitung

Um eine bessere Nachvollziehbarkeit des Freiraumindikators zu gewährleisten, sollen nachfolgend die Berechnungsmethoden für die Teilindikatoren *Diversitätsindizes* (Shannon Diversity-Index, Shannon Evenness-Index), die *Randdichten*, die *Verkehrslinienlänge* sowie die Methode zur Zusammenführung der Teilindikatoren erläutert werden. Alle Berechnungen wurden mit ArcGIS 10.5 (ArcMap) durchgeführt. Für komplexere Berechnungen wurden Daten aus ArcGIS exportiert, in Excel 2018 bearbeitet und anschließend in ArcGIS reimportiert. Die Untersuchung fand anhand des gleichen 500-m-Gitters statt, welches auch bei der *gewichteten Zersiedelung* verwendet wurde.

2 Erläuterung der Berechnung der Teilindikatoren

Im Folgenden wird die Methodik zur Berechnung der Teilindikatoren *Diversitätsindizes*, *Randdichten* und *Verkehrslinienlänge* erläutert. Es wurde jeweils eine Auswahl passender

GIS-Layer aus dem ATKIS Basis-DLM getroffen, die das zu beschreibende Phänomen ausreichend abbilden, und diese entsprechend der dargestellten Methodik aufbereitet.

2.1 Diversitätsindizes

Grundlage der Diversitätsindizes waren die nach Objektarten des ATKIS Basis-DLM erweiterten Flächenanteile des IÖR-Monitors. Für die Berechnung der Landnutzungen wurden die Layer Veg01 bis Veg04 mit der Ausprägung „f“ für flächenmäßige Darstellung, Veg04 mit der Ausprägung „l“ für linienförmige Darstellung sowie Gew01 mit „f“ herangezogen. Die Layer wurden nach folgender Auflistung aufgeschlüsselt:

Veg01_f (Landwirtschaft):

Ackerland, Baumschule, Gartenbauland, Grünfläche, Obst- und Nussplantage, Streuobstacker, Streuobstwiese

Veg02_f (Wald):

Wurde nicht ausdifferenziert in die Arten Laubholz, Nadelholz, Laub- und Nadelholz, da die Landnutzungen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Veg03_f:

Gehölz, Heide, Moor, Sumpf, Unland und vegetationslose Flächen

Veg04_f:

Leichte Bewaldung wurde zu Veg02_f gezählt, da nicht klar definiert ist, ab wann eine Bewaldung ‚leicht‘ oder die Bewaldung überhaupt als solche gezählt werden kann.

Veg04_l:

Feldhecke; die Objekte sind linienförmig dargestellt. Da die Untersuchung nur mit Polygonen möglich ist und Feldhecken als ein wesentlicher Bestandteil einer vielfältigen Landschaft angesehen werden, wurden die Objekte gepuffert. Hierbei wurden stichprobenweise die Breite der Hecken im realen Luftbild gemessen sowie Empfehlungen zur Anlage von Feldhecken gesichtet (LfUBW 1999).¹ Es wurde eine Pufferung von beidseitig 2,5 Metern gewählt, um

¹ Vgl. http://www.naturtipps.com/hecken_feldgehoeelze.html (19.02.2021).

eine Breite von 5 Metern herzustellen. Um Überschneidungen zu vermeiden, wurden die von den gepufferten Feldhecken eingenommenen Flächen anderer Landnutzungen gänzlich den Feldhecken zugeordnet.

Gew01_f (Wasserflächen):

Es wurde analog zum IÖR-Indikator „Anteil Wasserfläche an Gebietsfläche“ nicht weiter zwischen stehenden Gewässern und Fließgewässern unterschieden.²

Die einzelnen Layer wurden per „Intersect“ mit dem 500-m-Gitter verschnitten. Die Attributtabelle des Gitters wurde exportiert und zur Berechnung der Diversitätsindizes in Excel importiert. Dort wurden die Indizes entsprechend der in Kapitel 4.3 vorgestellten Formel berechnet.

Für diese Berechnung wurden Flächenanteile unabhängig ihrer Größe berücksichtigt, sodass auch Gitterzellen mit kleinen und kleinsten Freiraumflächen Ergebnisse für die Shannon Diversitätsindizes besitzen. Um dem Umstand der betrachteten Flächengröße Rechnung zu tragen, wurden die Indizes anhand des Anteils der Freiraumflächen an der Gesamtfläche gewichtet. Wenn die komplette Gitterzelle im Freiraum liegt, so wurde der Originalwert beibehalten; wenn zum Beispiel nur 30 % der Gitterzelle durch Freiraum abgedeckt sind, dann wurde der Originalwert mit 0,3 multipliziert. Das Ziel dieser Methode war, sehr gute Werte in Gitterzellen mit sehr geringen Freiraumanteilen zu vernachlässigen. Der Großteil der errechneten Werte blieb unberührt.

2.2 Randdichten

Die Randdichten wurden ebenfalls mit dem 500m-Gitter aus Kapitel 5.3.1 berechnet. Neben Informationen zur Größe der Fläche, die eine Landnutzung einnimmt, liegen nach „Intersect“ auch Werte für die Länge der Randlinien von Wald, Gehölz und Wasserflächen vor, die als „Shape length“ bezeichnet werden. Neben den Wasserflächen gibt es noch weitere Darstellungen des Gewässernetzes in linienartiger Form, in der auch kleinere Fließgewässer erfasst werden. Diese finden sich insbesondere im Layer Gew01_1, der sich aus Wasserläufen, Kanälen und Gewässerachsen zusammensetzt. Die Berechnungen wurden anhand der

² http://www.ioer-monitor.de/?id=44&ID_IND=F11RG (19.02.2021).

Methodik des IÖR-Monitors³ durchgeführt (Walz 2015: 95). Die linienförmigen Gewässer wurden entsprechend ihrer angegebenen Breite gepuffert. War die Breite kleiner als 3 Meter, so wurde das Gewässer nicht gepuffert, da die geringe Uferausdehnung eine entsprechend geringe Bedeutung für die Landschaftsvielfalt hat.

Die ermittelten Randdichten wurden addiert und für jede Gitterzelle des 500-m-Gitters berechnet.

2.3 Verkehrslinienlänge

Die Landschaftszerschneidung wurde durch die Verkehrslinienlänge ermittelt. Entscheidend für das Ergebnis ist die Definition zerschneidender Elemente. Wie bereits in Kapitel 4.3 erwähnt, kann eine Straße in zweierlei Hinsicht zerschneidend wirken: zum einen durch die Barriere in Form vorbeifahrender Fahrzeuge, zum anderen durch die Störwirkung vom Verkehrslärm. Für beide Kriterien ist die Verkehrsauslastung ausschlaggebend. Darüber hinaus können jenseits der Verkehrsinfrastruktur auch flächenhafte Zerschneidungen vorliegen, wie zum Beispiel Gewässer oder Siedlungen (Clausing 2006: 51 f.). Diese sind jedoch durch die Auswahl der Verkehrslinienlänge als Zerschneidungsmaß nicht weiter von Bedeutung. Es geht also um die Frage, ab welcher Verkehrsauslastung eine Straße zerschneidend wirkt. Im ATKIS Basis-DLM werden Verkehrswege linienförmig mit den Layern Ver01 bis Ver03 und Ver06 dargestellt. Bei den ausgelassenen Layern handelt es sich um Anlagen des Flugverkehrs (Ver04), des Schiffsverkehrs (Ver05) sowie Angaben zum Straßennetz (Ver07). Ver01 stellt alle Straßen breiter als zwei Meter dar. Dies betrifft auch die einzige Autobahn im Landkreis, die A71. Ver02 umfasst alle Wege, Pfade und Steige, was hauptsächlich Feldwegen und Forstwirtschaftswegen entspricht.

Ver01:

Alle Straßen, die eine Fahrbahnbreite größer 2 Meter besitzen. Dies schließt auch die einzige Autobahn im Landkreis, die A71, mit ein.

Ver02:

³ http://www.ioer-monitor.de/?id=44&ID_IND=U31DG (19.02.2021).

Umfasst alle Wege, Pfade und Steige, was hauptsächlich land- und forstwirtschaftlichen Wegen entspricht.

Ver03:

Alle Bahnstrecken sowie Liftanlagen, im Untersuchungsgebiet die Skilifte Arnsberg und Kreuzberg.

Ver06:

Brücken und Unterführungen im Verkehrs- und Gewässerbereich. Da die Straßenachsen aus Ver01 hier durchgehend dargestellt werden, wurde Ver06 nicht berücksichtigt.

Jaeger (2003: 11) empfiehlt die Auswahl aller außerörtlichen Verkehrsstrecken sowie aller innerörtlichen Durchgangsstraßen. Esswein, Jaeger, Schwarz-von Raumer et al. (2002: 18 ff.) berücksichtigen in ihrer Analyse Straßen mit einer täglichen Verkehrsstärke von mehr als 10.000 Kraftfahrzeugen. Die Daten zur Verkehrsauslastung, die für die vorliegende Untersuchung nicht vorlagen, wurden aus Verkehrsstärkekarten bezogen. Daher musste abgeschätzt werden, ab welcher Fahrbahnbreite eine solche Verkehrsauslastung zu erwarten ist.

In der „Richtlinie zur Anlage von Stadtstraßen“ werden Empfehlungen zum Straßenbau gegeben, abhängig von der Verkehrsauslastung sowie der zu erwartenden Zusammensetzung des Verkehrs (Pkw, Lkw, Bus). Die Angaben werden in Kfz/Std gemacht, was bei einem Richtwert von 10.000 Kfz am Tag circa 416 Kfz/Std entspricht. Dies entspricht nach Straßenklassifikation einer innerörtlichen Sammelstraße, die zwischen 400 und 800 Kfz/Std aufnehmen kann. Diese Straße sammelt Verkehr aus Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten, übernimmt jedoch auch eine Erschließungsfunktion von den Hauptverkehrswegen ausgehend. Sammelstraßen mit einer solchen Erschließungsfunktion sind in der Regel zwischen 4,5 und 5,5 Meter breit (FGSV 2009: 40). Hauptverkehrsstraßen, wie sie Jaeger (2003) beschreibt: mit einem innerörtlichen Durchfahrtscharakter, besitzen in der Regel eine Fahrbahnbreite von 5,5 bis 7,5 Metern (FGSV 2009: 40). Um einen Kompromiss zwischen den Autoren zu erreichen, wurde die maximal empfohlene Sammelstraßenbreite und minimal empfohlene Hauptverkehrsstraßenbreite 5,5 Meter gewählt. Das Straßennetz aus Layer Ver01 wurde selektiert und nur jene Straßen beibehalten, die mindestens diese Fahrbahnbreite aufwiesen. Die Fahrbahnbreite bezieht sich dabei auf die Merkmalsausprägung BRF („Breite der

Fahrbahn“) des Layers. Für Ver02 ergaben sich keine Wege, die breiter 5,5 Meter waren, weshalb der Layer nicht weiterverwendet wurde. Ver01 und Ver03 wurden anschließend verschnitten, um das zu berücksichtigende Infrastrukturnetz des Landkreises zu erhalten. Per „Intersect“ wurde die Verkehrslinienlänge je Gitterzelle berechnet.

3 Zusammenführung der Teilindikatoren

Als Orientierung dienten die Arbeiten von Walz und Stein (2017) sowie Stein und Walz (2018). Das einfachste Verfahren zur Zusammenfassung von Variablen ist die Bildung eines arithmetischen Mittels. Dies setzt allerdings voraus, dass die Variablen vergleichbar sind. Das ist im Fall der Freiraumstruktur nicht gegeben. Abhilfe schafft eine Standardisierung der Variablen, zum Beispiel in Form einer z-Standardisierung. Bei dieser werden die Variablen so transformiert, dass sie einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 besitzen. Die Umformung erfolgt anhand dieser Formel:

$$z = \frac{x - m_x}{s_x}$$

Z: Standardisierte Variable

x: Ursprüngliche Variable

m_x : Arithmetisches Mittel der Variablen x

s_x : Standardabweichung der Variablen x

Die Standardisierung wurde mit IBM SPSS Statistics 26 durchgeführt. Da nur eine Vergleichbarkeit der Variablen hergestellt werden soll und keine weiteren statistischen Tests mit den transformierten Variablen durchgeführt werden, ist keine Normalverteilung notwendig. Dementsprechend machen die transformierten Variablen auch keine Aussage im Sinne einer Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Um das Verständnis zu unterstützen, dass eine hohe Verkehrslinienlänge negativ für die Freiraumstruktur ist, wurden die Werte vor der Standardisierung mit -1 multipliziert. Somit waren die höchsten Werte nun die schlechtesten und sind so auch in den Indikator Freiraumstruktur eingegangen. Freiraumstruktur nimmt bei einem hohen Strukturreichtum hohe Werte an.

Literatur

Clausing, T. (2006): Landschaftszerschneidung. Anwendung und Vergleich verschiedener methodischer Varianten am Beispiel des Landkreises Havelland (Brandenburg). Masterarbeit an der Universität Potsdam.

Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Müller, M. (2002): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite. Stuttgart. =Arbeitsberichte der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg 214.

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2009): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. Ausgabe 2006. Stand: Dezember 2008. Köln.

Jaeger, J. (2003): Landschaftszerschneidung. In: Konold, W.; Böcker, R.; Hampicke, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Landsberg, 1-30.

LfUBW – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1999): Anlage von Hecken und Feldgehölzen. Karlsruhe.

Stein, C.; Walz, U. (2018): Indikator für ein Monitoring der landschaftlichen Attraktivität Deutschlands. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Berlin, 155-169. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_9

Walz, U. (2015): Indicators to monitor the structural diversity of landscapes. In: Ecological Modelling 295, 88-106. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.011>

Walz, U.; Stein, C. (2017): Indikatoren für ein räumliches Monitoring des Landschaftswandels. In: Wende, W.; Walz, U. (Hrsg.): Die räumliche Wirkung der Landschaftsplanung. Wiesbaden, 57-75. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13556-0_5