

Indikatorbasierte GIS-operationalisierte Landschaftsbildbewertung für den Freistaat Thüringen

Indicator-based GIS-operationalized Assessment of Visual Landscape Quality for the Federal State of Thuringia

Michael Roth, Caroline Fischer

Institut für Landschaft und Umwelt, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen · michael.roth@hfwu.de

Zusammenfassung: Besonders das Landschaftsbild wird durch den Bau von Vertikalstrukturen im Rahmen der Energiewende, z. B. in Form von Windkraftanlagen und Freileitungen, erheblich beeinträchtigt. Eine landesweite Bewertungsgrundlage der Landschaftsbildqualität, die zur Bemessung der Ersatzgelder in der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung nötig ist, fehlt allerdings oft, nicht zuletzt aus Gründen von Zeit und Aufwand. In diesem Beitrag wird eine Bewertungsmethode für das Landschaftsbild auf Bundeslandebene vorgestellt, welche selektierte Landschaftsindikatoren mithilfe von GIS quantifiziert und einen Landschaftsbildgesamtwert generiert. Es wurde dabei ein rasterbasierter Ansatz gewählt, und die Landesfläche Thüringens in 1 km Auflösung bearbeitet. Das Ergebnis wurde, nach einer Validierung durch Vergleich mit einer empirischen Untersuchung, zur Abgrenzung von Landschaftsbildräumen verwendet.

Schlüsselwörter: Landschaftsbild, Bewertung, Vertikalbauwerke, Eingriffsregelung, GIS-basierte Landschaftsbildbewertung

Abstract: *The transformation towards renewable energy in Germany leads to the installation of new wind power plants and power transmission lines, which both affect the scenic landscape quality significantly because of their vertical structure and technological appearance. A fundamental assessment of scenic landscape quality is often missing because of the amount of effort and time needed, but is crucial to determine compensation payments in the environmental impact mitigation regulation. This article presents a methodology to assess the scenic landscape quality on the federal state level. Selected landscape indicators were used and quantified using GIS software to assess overall scenic landscape quality. A raster-based approach, with 1 km resolution has been used for the federal state of Thuringia (Germany). The result was validated with empirical data and has been used to delimit scenic landscape units.*

Keywords: *Scenic landscape quality, landscape assessment, vertical structures, environmental impact mitigation regulation, landscape visual impact assessment (LVIA)*

1 Anlass und Problemstellung

Der weitere Ausbau erneuerbarer Energiequellen ist essenziell für die Umsetzung der Energiewende in Deutschland. Ein besonders hohes Potenzial für einen Leistungszubau bietet die Windenergie (BMWi 2018). Der Neubau von Windenergieanlagen führt allerdings zu erheblichen Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft, vor allem hinsichtlich des Landschaftsbildes. Die Eingriffsregelung (§§ 13-18 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)) sieht vor, erhebliche Eingriffe in Natur und Landschaft grundsätzlich zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, müssen Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen durchgeführt werden. Allerdings können Eingriffe in das Landschaftsbild durch mastenartige Objekte nicht hinreichend kompensiert

werden, weswegen hier als letzter Schritt der Kompensationskaskade der Eingriffsregelung vor allem Ersatzgeldzahlungen zur Kompensation der Störung erhoben werden (Roth & Bruns, 2016).

Um eine differenzierte und einzelfallbezogene Festsetzung des Ersatzgeldes nach dem Vorbild des Entwurfs der Bundeskompensationsverordnung (BKompV-E, 2013) (Festsetzen des Ersatzgeldes für Mast- und Turmbauten basierend auf der Wertstufe des Landschaftsbildes und der Bauwerkshöhe) für die Errichtung von neuen Vertikalbauwerken wie Windkraftanlagen zu ermöglichen, beauftragte die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) im Frühjahr eine Abgrenzung von Landschaftsbildeinheiten für den gesamten Freistaat Thüringen, die sechs Wertstufen unterscheiden. Der Bildung von Einheiten musste eine Bewertung des Landschaftsbildes vorgelagert werden. Aufgrund der knapp bemessenen Projektlaufzeit war es nicht möglich, eine nutzerabhängige Bewertung des Landschaftsbildes durch eine Umfrage innerhalb der Bevölkerung durchzuführen. Daher sollte die Bewertung anhand von selektierten Landschaftsindikatoren durchgeführt werden, die auf der Basis vorhandener digitaler Landschaftsdaten durch Verwendung eines Geographischen Informationssystems (GIS) quantifiziert werden konnten. Zwar war die Bewertung des Landschaftsbildes primär darauf ausgelegt, Flächen zu ermitteln, die aufgrund ihrer naturräumlichen Ausstattung durch Vertikalbauwerke besonders beeinträchtigt werden, nichtsdestotrotz kann durch die vorliegende Studie auch die allgemeine Landschaftsbildqualität abgeleitet werden.

Die Indikatorwerte sollten aus Gründen der Nachvollziehbarkeit durch einen Entscheidungsbaum aggregiert werden. Die sechs resultierenden Wertstufen sollten, bezogen auf ihre abgedeckte Landesfläche, annähernd normal verteilt werden. Das heißt, die geringsten und höchsten Bewertungsklassen sollten jeweils etwa 10 % der Landesfläche einnehmen, Klasse 2 und 4 etwa 15 % sowie die mittleren Klassen jeweils etwa 25 % der Fläche, was in Abbildung 1 grafisch dargestellt wird.

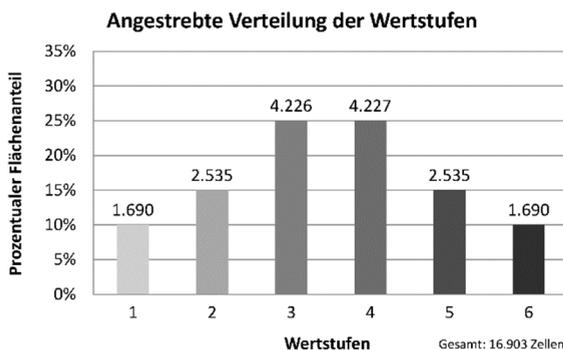


Abb. 1: Angestrebte Flächenverteilung der Wertstufen

2 Methodischer Ansatz und Datengrundlagen

Das Landschaftsbild wird, nach dem von Nohl (2001) formulierten psychologisch-phänomenologische Landschaftsbildverständnis, als subjektiv interpretierte Wahrnehmung der Landschaft charakterisiert. Dabei spielen die Objektebene, also die vorhandenen physischen Landschaftselemente, und die Subjektebene des Betrachters (inkl. individueller Werte und Erfahrungen) gleichsam eine Rolle.

Aufgrund der beinhalteten Subjektivität existiert kein allgemein gültiges Verfahren, um das Landschaftsbild zu bewerten. Generell umfassen Bewertungsmethoden entweder empirische Untersuchungen oder Expertengutachten. Erstere Methode besitzt ein hohes Maß an wissenschaftlicher Validität, Objektivität und Reliabilität und basiert auf Umfragen. Hier wird ein Schnitt der Bevölkerung zum ästhetischen Wert der Landschaft mithilfe von Fotoaufnahmen befragt. Mittels einer statistischen Analyse des Zusammenhangs zwischen den vorhandenen Landschaftselementen auf dem Foto und den Landschaftsbildbewertungen können Modelle erstellt werden, die dann auf den kompletten Untersuchungsraum extrapoliert werden. Allerdings ist dies mit einem großen Arbeits- und Zeitaufwand verbunden. Expertenverfahren sind höchst subjektiv und abhängig vom Bearbeiter, was die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse einschränkt (Roth & Bruns, 2016, pp. 22 ff.).

Ein empirischer Ansatz war aus Zeitgründen für das hier vorgestellte Projekt nicht möglich. Es liegen aber mittlerweile umfangreiche empirische Untersuchungen von Roth et al. (2018b) und Roth et al. (2018c) für die gesamte Bundesrepublik Deutschland vor, in der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie ein Gesamtwert modelliert wurden. Eine eigenständige Bewertung des Landschaftsbildes für den Freistaat Thüringen macht dennoch Sinn, da in der deutschlandweiten Untersuchung nur mit bundesweit verfügbaren Datensätzen gearbeitet werden konnte, um die Homogenität der Bewertung zu gewährleisten. In Thüringen können spezifische, nur landesweit verfügbare Daten verwendet werden. Diese sind räumlich hochauflösender, inhaltlich exakter und liegen z. T. auch detaillierter bzw. aktueller vor. Weiterhin wird die Bewertung landesspezifisch konkretisiert. Zur Überprüfung der Validität der indikatorbasierten Bewertung können die Ergebnisse der Untersuchung von Roth et al. (2018b, 2018c) genutzt werden.

Das wahrgenommene Landschaftsbild wird maßgeblich von der physischen Gestalt der Landschaft bestimmt (Roth et al., 2018b, 2018c; Gerhards, 2003). Daher nutzen auch empirische Untersuchungen Landschaftsindikatoren, um die Ergebnisse der Umfrage auf das gesamte Untersuchungsgebiet zu übertragen. Folglich ist die Verwendung von Indikatoren, die die physische Landschaft beschreiben, ein zielführender Ansatz für das vorliegende Projekt. Die Indikatoren wurden auf Basis einer Auswertung der vorhandenen Literatur selektiert und mussten sowohl theoretisch begründet, als auch empirisch in ihrem Einfluss auf die Landschaftsbildqualität bewiesen worden sein. Durch diese Objektivierung wird die Subjektivität einer Expertenbewertung innerhalb des Bewertungsprozesses stark beschränkt. Swetnam et al. (2017) gingen analog vor, um das Landschaftsbild von ländlichen Gebieten in Wales für 1 km² Kacheln mithilfe von 19 Landschaftskomponenten auf einer Wales-spezifische Ordinalskala zu bewerten.

In dem vorzustellenden Projekt wurde ein Rasternetz mit 1 km² großen Kacheln für die Indikatorquantifizierung und Bewertung verwendet. Splitterflächen wurden durch den rasterbasierten Ansatz vermieden. Ein rasterbasierter Ansatz mit dieser Auflösung ist zwar im Ver-

gleich zu einem rein vektorbasierten Ansatz räumlich etwas ungenauer, dafür ergeben sich große Vorteile bei der Rechendauer. Insgesamt resultierten 16.903 Kacheln, um die gesamte Freistaatfläche abzudecken. Da jedes Landschaftselement eine bestimmte visuelle Fernwirkung besitzt, wurden unterschiedliche Analyseradien als Wirkraum verwendet, um den jeweils spezifischen Wirkradius einzubeziehen. Anlehnend an die Klassifizierung von Roth et al. (2018b, 2018c) wurde entweder die Einzelzelle betrachtet oder die Wertsumme bzw. der Durchschnitt über alle Zellen im Umkreis von 2, 5 oder 10 km um jede Zelle. Eine räumliche Darstellung der Wirkzonen ist in Abbildung 2 zu sehen. Sie zeigt die Wirkräume um einen fiktiven Beobachter und den visuell beeinflussten Bereich eines fiktiven Windparks.

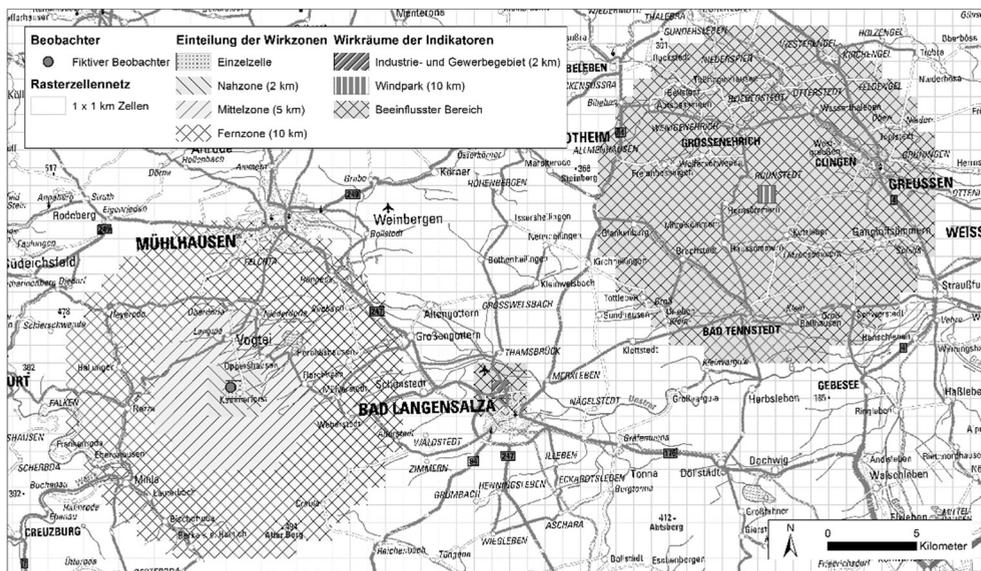


Abb. 2: Visuelle Veranschaulichung der Wirkräume (UEK250, GDI-Th, Stand: 2017)

Die Erweiterung des Untersuchungsradius führte in den Randbereichen des Freistaates dazu, dass Analysebereiche Anteile außerhalb des Freistaates haben, wo die landesweiten Daten nicht vorliegen. Um den Randeffekt und daraus resultierende Bewertungsfehler auszuschließen, wurde bei den Indikatoren mit relativen Maßen bezogen auf den Anteil der (kreisförmigen) Analysebereiche im Freistaat gearbeitet.

Operationalisiert wurde der Flächenanteil der ausgesuchten Indikatoren bzw. dessen Länge innerhalb des zugewiesenen Zellenbereichs. Als Daten standen das ATKIS Basis-DLM (© GDI-Th, Stand: 05.02.2018), Digitales Gelände- und Oberflächenmodell mit einer Auflösung von 2 m (© GDI-Th, Stand: 2010-2013) sowie weitere Daten zur Verfügung. Sie können in Tabelle 1 eingesehen werden, ebenso wie die ausgewählten Indikatoren, um das wahrgenommene Landschaftsbild abzubilden. Neben der Einteilung der Indikatoren in die unterschiedlichen Bereiche, die zur Gesamtbewertung beitragen, sind der Wirkraum, in welchem der Indikator ermittelt wurde und der Herstellungsprozess vermerkt. Jeder quantifizierte Indikator wurde in sechs Stufen eingeteilt, die, wenn möglich, der angestrebten Quasi-Normalverteilung (vgl. Abb. 1) entsprechen sollten.

Tabelle 1: Zusammenstellung der verwendeten Indikatoren und ihre Bildung

Grundbewertung			
Indikator	Wirkraum	Datengrundlage	Bildung des Indikators
Reliefenergie	10 km	Roth et al., 2018b, 2018c	Differenz von maximaler und minimaler Geländehöhe
Gewässerrandlänge	Zelle	Fließgewässernetz, Gewässer aus ATKIS	Summe der Lauflänge der Fließgewässer und der Uferlänge der flächigen Fließ- und Stillgewässer
Walderlebnis	Zelle	Walddaten (Thüringen-ForstAöR, 2016)	gleichgewichtetes Aggregat aus Waldflächenanteil und Waldrandlänge
Landnutzungsvielfalt	2 km	Landnutzung aus ATKIS, Walddaten	Anzahl der vorkommenden Landnutzungen
Kleinräumigkeit der landwirtschaftlichen Nutzung	Zelle	Feldblöcke (Landwirtschaftsverw./Zahlstelle im TLVwA, 2017)	durchschnittliche Flächengröße landwirtschaftlich genutzter Flächen
Abwertung			
dichte störender vertikaler Objekte	10 km (WKA) bzw. 5 km (andere)	raumbedeutsame Windkraftanlagen (WKA), Freileitungsmasten, Schornsteine, Sendetürme, Funkmasten aus ATKIS	gleichgewichtetes Aggregat aus Dichte der Vertikalobjekte für Windkraftanlagen in 10 km Umkreis und für Masten in 5 km Umkreis mit Entfernungsgewichtung
Anteil an Industrie und Gewerbegebieten	2 km	Landnutzung aus ATKIS	Flächenanteil
gewichtete Straßenlänge	2 km	Straßennetz aus ATKIS	Straßenlänge (Gewichtung erfolgt durch Verwendung von Straßen- sowie Fahrbahnachsen, folglich werden Bundesautobahnen dreifach gewertet)
Aufwertung			
absolute Störungsarmut	5 km	unzerschnittene verkehrsarme Räume (TLUG, 2010)	Flächenanteil
Kulturerbestandorte	Zelle, Sichtentfernung 10 km	landesweit bedeutsame Kulturerbestandorte (LEP, 2025)	Sichtbarkeitsanalyse, Basis DOM2, Löschen sichtverschatteter Siedlung und Wald
Naturnähe	Zelle	Hemerobie (IÖR, 2012)	Hemerobiewert ≤ 3
Dichte von Strukturelementen	Zelle	Offenlandbiotopkartierung (TLUG, 2015), Landschaftselemente aus Feldblöcken (Landwirtschaftsverw./Zahlstelle im TLVwA, 2017)	gleichgewichtetes Aggregat aus der Dichte der Offenlandbiotope und des Flächenanteils von Landschaftselementen

Bei den Indikatoren der Grundbewertung handelt es sich um die physische Landschaft grundsätzlich prägende Komponenten., wobei das Walderlebnis als Aggregation aus zwei Teilwerten eine Besonderheit in diesem Kontext darstellt.

Empirische Untersuchungen von Roth & Gruehn (2006) und Roth et al. (2018b, 2018c) zeigen, dass der Waldanteil die wahrgenommene Landschaftsbildqualität positiv beeinflusst. Zusätzlich konnte Roser (2011) bestätigen, dass die zunehmende Länge von Waldrändern ebenfalls positiv wirkt. Waldgebiete besitzen eine hohe Erholungsfunktion, die vor allem durch die wahrgenommene Natürlichkeit und Vielfalt bestärkt wird (Stölb, 2005, pp. 222 f.) und mit der steigenden Flächengröße zunimmt (Wöbse, 2002, pp. 219 f.). Allerdings kann Wald ab einer bestimmten Walddichte beklemmend wirken (Wöbse, 2002, pp. 219 f.). Durch die unregelmäßige Form des Waldrands wird die Vielfalt der Landschaft weiterhin bestärkt (Nohl, 2001). Da zum Überleben in früherer Zeit ein Wechsel von Offenland und Wald von Nutzen war, da Schutz und Übersicht gleichzeitig gegeben waren, wurden evolutionsbiologisch begründete Ansätze wie die Prospect-Refuge-Theory von Appleton (1975) oder die Savannen-Theorie von Orians (1980) zur Erklärung der Waldpräferenz genutzt.

Auf den theoretischen und empirischen Erkenntnissen aufbauend, wurde der Indikator Walderlebnis aus dem Waldflächenanteil und der Waldrandlänge pro Kachel gebildet. Beide Werte wurden separat für jede Kachel erhoben. Zur Bestimmung der Waldrandlänge wurden etwaige Wege innerhalb der geschlossenen Flächen exkludiert, da sie nicht als Ränder bzw. Übergänge zwischen Wald und Offenland wahrgenommen werden. Durch die Division beider Teilwerte durch ihr Maximum konnten dimensionslos Spannweiten von 0 bis 1 erzielt werden (Normalisierung), sodass eine gleichgewichtete Aggregation durch Addition möglich war. So erhalten nicht die Kacheln mit dem höchsten Waldanteil die beste Bewertung, sondern die Kacheln, in denen neben einem hohen Waldanteil auch Randstrukturen vorkommen. Beide Teilindikatoren können nicht gleichzeitig in höchster Ausprägung vorkommen, was in Abbildung 3 gezeigt wird. Ab einem Waldflächenanteil von etwa 60 % in Abbildung 4 wird eine hohe Gesamtwertstufe für das Walderlebnis vergeben. Der angesprochene Sättigungseffekt ist bei etwa 80 % zu sehen. Das Erlebnis wird trotz einer möglichen weiteren Flächenzunahme nicht erhöht.

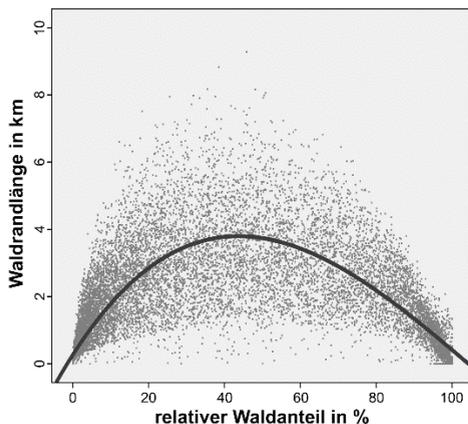


Abb. 3: Waldanteil und Randlänge der Zellen

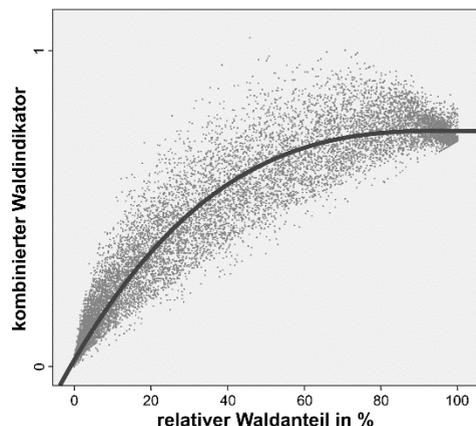


Abb. 4: Waldanteil und kombinierter Waldindikator der Zellen

Unter störenden, vertikalen Objekten werden anthropogen geschaffene, technische Anlagen verstanden, die aufgrund ihrer Höhenmaße und ihres technischen Charakters nicht zur Umgebungslandschaft passen. Hierdurch wird die wahrgenommene Landschaftsbildqualität in

bis zu 10 km Entfernung beeinträchtigt (Nohl, 2001, p. 121). Freileitungen wurden als Störfaktoren von Roser (2011) und Roth et al. (2018b, 2018c) empirisch identifiziert. Darüber hinaus konnte Roth (2014) empirisch beweisen, dass sich die zunehmende Anzahl und Nahenhöhe von Windkraftanlagen verstärkt negativ auf die wahrgenommene Landschaftsbildqualität auswirken.

Innerhalb des Projekts wurden die entfernungsgewichtete Dichte von Windkraftanlagen und die entfernungsgewichtete Dichte von anderen Mastobjekten, die beide als Punktdatensatzvorlagen, separat bewertet, um die visuelle Vorbelastung im Umfeld jeder Kachel zu erfassen. Aufgrund der großen Höhendimension von Windkraftanlagen wurde ihnen ein visueller Wirkraum von 10 km (gängiger Untersuchungsradius für Sichtbarkeitsanalysen) zugewiesen. Im GIS wurde um jeden Punkt ein Raster angelegt, welches die Entfernungs weighting im Wirkraum (lineare Abnahme der Wirkung mit zunehmender Entfernung) enthält. So wird die Stärke der Beeinträchtigung abhängig von der Entfernung zum Objekt abgebildet. Durch Addition aller Teilraster konnte die gewichtete Dichte der visuell wirksamen Objekte pro Kachel ermittelt werden. Das Vorgehen wurde analog für Masten der Freileitungen, Schornsteine, Sendetürme und Funkmasten durchgeführt. Da diese Strukturen allerdings kleiner sind, wurde ein Wirkraum von 5 km verwendet. Die beiden Teilwerte wurden gleichgewichtet aggregiert, indem analog zum Walderlebnis vorgegangen wurde. Abbildung 5 zeigt die

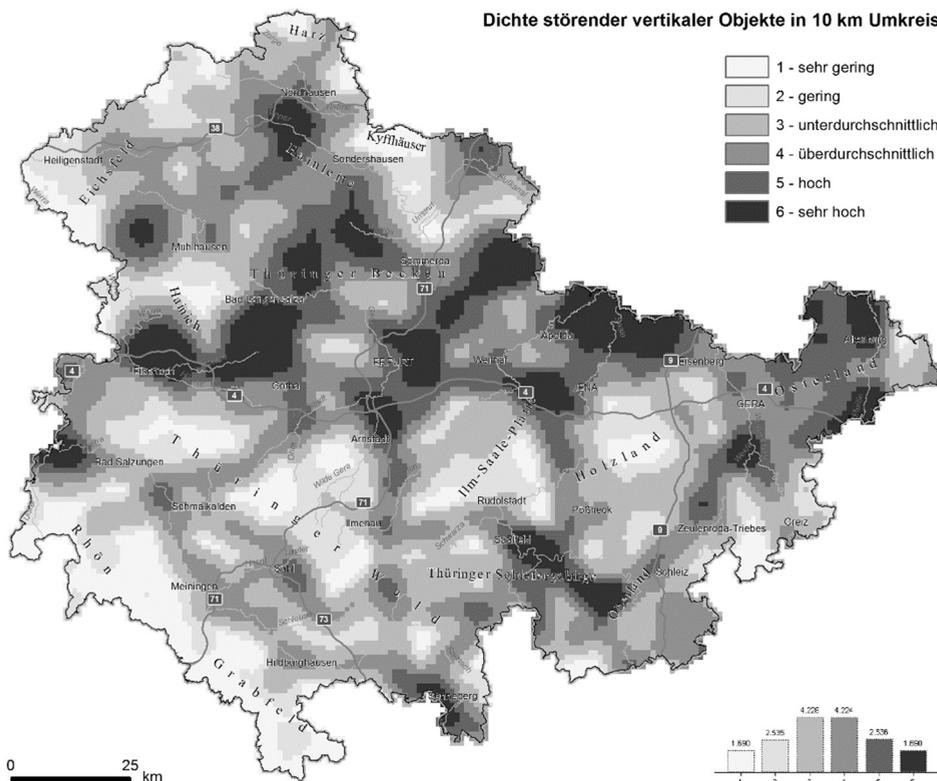


Abb. 5: Bewertung der Dichte störender vertikaler Objekte im 10-km-Umkreis

Ergebniskarte für die Vorbelastung mit technischen Vertikalstrukturen. Entsprechende Analysen/Karten wurden für jeden Indikator erstellt.

Ein Indikator der Aufwertung war die Sichtbarkeit von Kulturerbestandorten. Dieser Indikator floss bis jetzt nicht in die Landschaftsbildbewertung in Deutschland ein, wurde jedoch von anderen Autoren verwendet (vgl. Martín et al., 2016; Swetnam et al., 2017). Kulturelle Objekte wirken sich positiv auf das Landschaftsbild aus, da ihnen Geschichte inne liegt (Nohl, 2001, p. 104). Sie sind eine lokale und einmalige Besonderheit des betrachteten Raums (Wöbse, 2002, p. 256).

Insgesamt werden 36 Kulturerbestandorte im Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025 (TMBLV, 2014) benannt, die kulturhistorisch besonders bedeutend und zudem raumwirksam sind. Der höchste Punkt jedes Objekts wurde zunächst im GIS identifiziert. Hiervon ausgehend erfolgte eine Sichtbarkeitsanalyse auf Basis des Digitalen Oberflächenmodells mit einer Auflösung von 2 m. Falls mindestens von einer 2×2 m Zelle des Geländemodells innerhalb der 1×1 km Zelle des Bewertungsrasters der Kulturerbestandort sichtbar ist, wurde die gesamte 1×1 km Zelle als das Objekt sehend attribuiert. Dabei wurden Zellen, die sich innerhalb von Wald- oder Siedlungsflächen befanden, ausgeschlossen, da von einer Sichtverschattung ausgegangen wird.

Ein weiterer positiver Faktor für das Landschaftserleben ist die Störungsarmut. In entsprechenden Bereichen fehlen störende Elemente wie Straßen oder Schienenwege (Nohl, 2001, pp. 140 f.). Daher wurde auf der Grundlage der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume untersucht, wie groß der durchschnittliche Flächenanteil an störungsarmen Raum im 5 km Umkreis ist. Im Ergebnis wurden Bereiche der Landschaft identifiziert, in denen ein längerer Aufenthalt inklusive Bewegung möglich ist, ohne akustische oder visuelle Störstrukturen wahrzunehmen.

Die Aggregation der einzelnen Landschaftsindikatoren der Grundbewertung wurde mittels eines Bewertungsbaums durchgeführt. Hierdurch wurde ein Grundwert für jede Kachel ermittelt. Die Bewertungsvorschriften wurden iterativ mit dem Auftraggeber abgestimmt, um das hinsichtlich Akzeptanz und Vermittelbarkeit bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Der Bewertungsbaum, zu sehen in Abbildung 6, besitzt unterschiedliche Grundsätze hinsichtlich des über- und unterdurchschnittlichen Bereichs. Um in eine der drei obersten Stufen zu kommen, muss eine Mindestanzahl von Wertstufe 4, 5 oder 6 erbracht werden. Im unterdurchschnittlichen Bereich hingegen wird die Anzahl an Einzelbewertungen der untersten Stufen 1 und 2 mit einem Maximum beschränkt.

Der berechnete Grundwert wurde durch Auf- und Abwertungen modifiziert. Die jeweiligen Indikatoren können Tabelle 1 entnommen werden. Visuell beeinträchtigende Strukturen bewirkten eine Abwertung um eine Stufe, wenn Stufe sechs der Beeinträchtigung vorlag, die entsprechende Zelle also zu den 10 % aller Zellen gehörte, die die höchste Dichte dieses Objekts im landesweiten Vergleich besaß. Aufgewertet wurde eine Zelle, wenn zwei der Kriterien Stufe 6 der Störungsarmut, Sichtbarkeit eines Kulturerbestandortes oder Hemerobieindex ≤ 3 zutrafen, da die visuell positive Wirkung schwächer ist als die negative bei den Beeinträchtigungen. Außerdem wurde der Zellenwert um eine Stufe verbessert, wenn die Zelle zu den 10 % der Zellen mit der höchsten Dichte an Strukturelementen gehörte, da diese das Landschaftsbild feinräumig gliedern und bereichern.

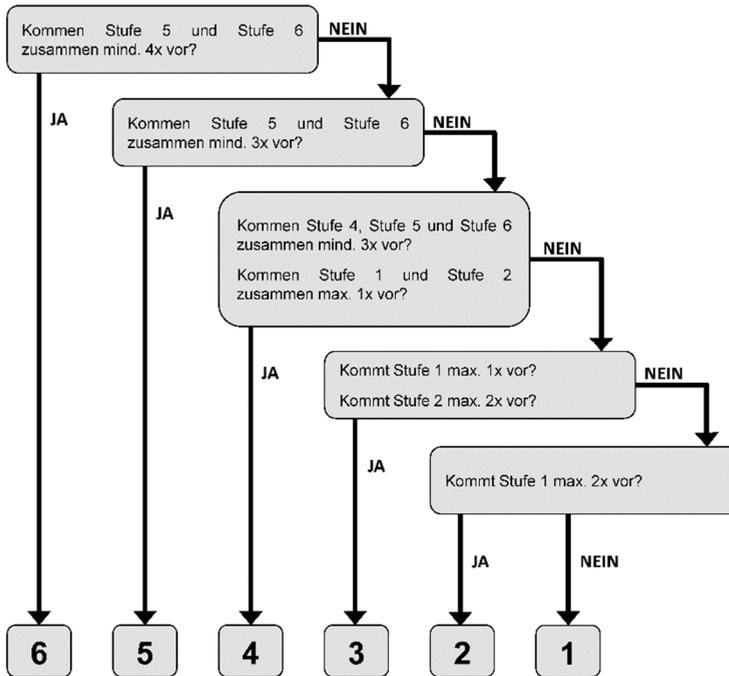


Abb. 6: Bewertungsbaum zur Durchführung der Grundbewertung

Der gesamte Bewertungsprozess wurde rasterbasiert im ModelBuilder von ArcMap umgesetzt, woraus eine Gesamtbewertung resultierte, die die Landschaftsbildqualität jeder Zelle im landesweiten Vergleich über ganz Thüringen indiziert. Durch das Modell konnte effizient auf Anpassungen, die sich aus dem iterativen Abstimmungsprozess ergaben reagiert werden. Auch schnelle Tests anderer Bedingungen der Grund- und Zusatzbewertung waren möglich.

Im Projektablauf war die Bewertung allerdings nur ein notwendiger Zwischenschritt, um Landschaftsbildeinheiten bilden zu können. Anders als bei gängigen Expertenverfahren, in denen direkt Bereiche der Landschaft abgegrenzt werden, war hier das Ziel, aufbauend auf einer detaillierten Bewertung, einheitliche Wertebereiche zu identifizieren. Dafür wurde zunächst eine Glättung des Ergebnisrasters durch eine Moving-Window-Analyse über 3×3 Zellen angewandt. Der Median-Tiefpassfilter bildete für jede Zelle den Median des Eigenwertes und der Werte der acht umliegenden Zellen.

Ausgehend von der Glättung konnten Bereiche erkannt werden, die weitestgehend eine homogene Bewertung besaßen. Die Abgrenzung der Landschaftsbildeinheiten musste aber manuell mit landschaftsplanerischer Expertise erfolgen, um vom Luftbild ausgehend Raumkanten an Reliefkanten oder Übergängen zwischen Wald und Offenland zu bilden. Dies ist notwendig um raumspezifische Einheiten für die Ersatzgeldbemessung festzulegen, die realen Raumkanten (z. B. durch Nutzung, Relief) folgen. Gleichzeitig wurden die Einzelrasterbewertung, Naturräume und Fließgewässerläufe einbezogen. Abbildung 7 zeigt die Bildung von Einheiten für einen beispielhaften Ausschnitt.

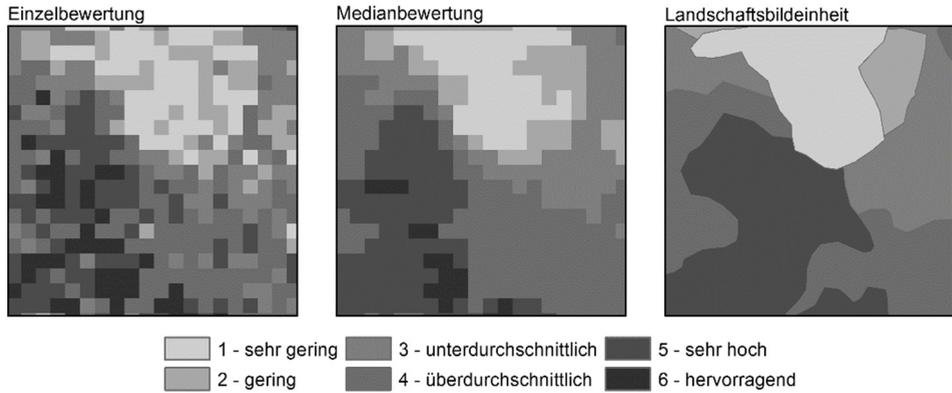


Abb. 7: Umsetzung der Abgrenzung von Landschaftsbildeinheiten auf Basis der Gesamtbewertung

3 Ergebnisse

Im Ergebnis wurde die Landschaftsbildqualität des Freistaats Thüringen in 16.903 Zellen mit den Maßen 1×1 km indikatorbasiert bewertet, wobei sechs Wertstufen vergeben wurden.

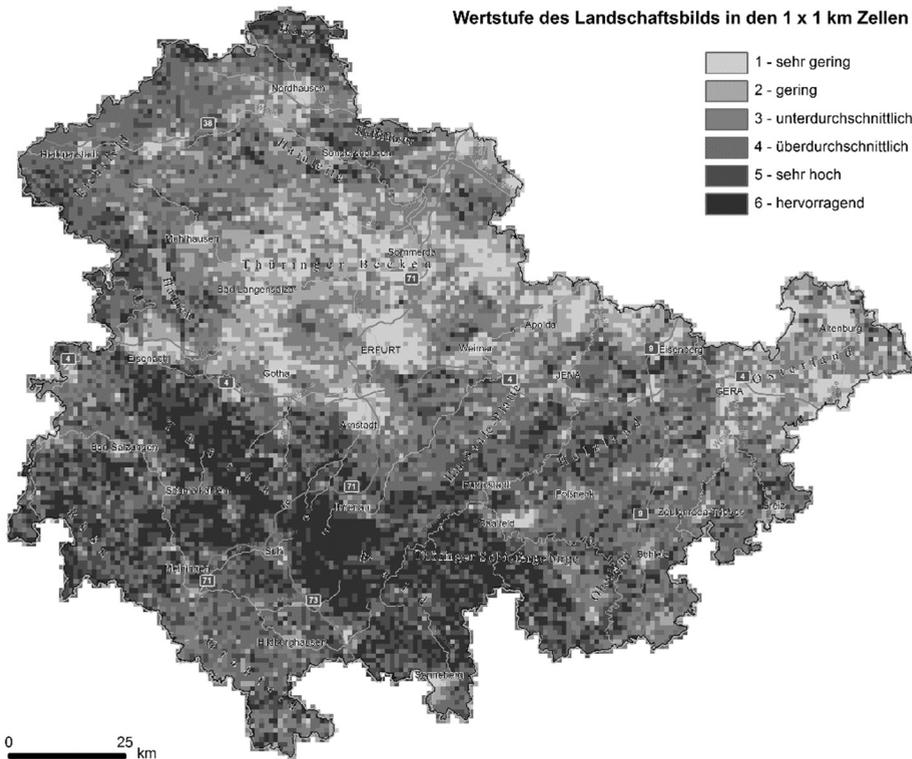


Abb. 8: Bewertung der 1×1 km Zellen

Die kartografische Darstellung ist in Abbildung 8 zu sehen. Zwar sind bereits Räume zu erkennen, in denen dieselbe Wertstufe aggregiert ist. Allerdings stellt sich die Landschaftsbildqualität im landesweiten Vergleich und auch kleinräumig sehr heterogen dar. Nichtsdestotrotz kann abgelesen werden, dass im Thüringer Becken und im Osten viele Zellen einen sehr geringen oder geringen Wert des Landschaftsbildes besitzen, was durch die starke landwirtschaftliche Nutzung und visuelle Vorbelastung bedingt wird. Thüringer Wald und Schiefergebirge sowie Harz weisen dagegen hohe Wertstufen auf. Dort herrschen große Reliefunterschiede und ein hoher Waldanteil vor. Nur wenige Störelemente sind vorzufinden.

Die abgegrenzten Vektorräume können in Abbildung 9 eingesehen werden. Es resultierten 148 Landschaftsbildeinheiten. Deutlich positiv stehen Thüringer Wald und Schiefergebirge sowie der Harz hervor. Bereiche mit einem geringen Wert des Landschaftsbildes liegen vor allem im Thüringer Becken und im Osterland. Die angestrebte Quasi-Normalverteilung konnte in etwa erreicht werden.

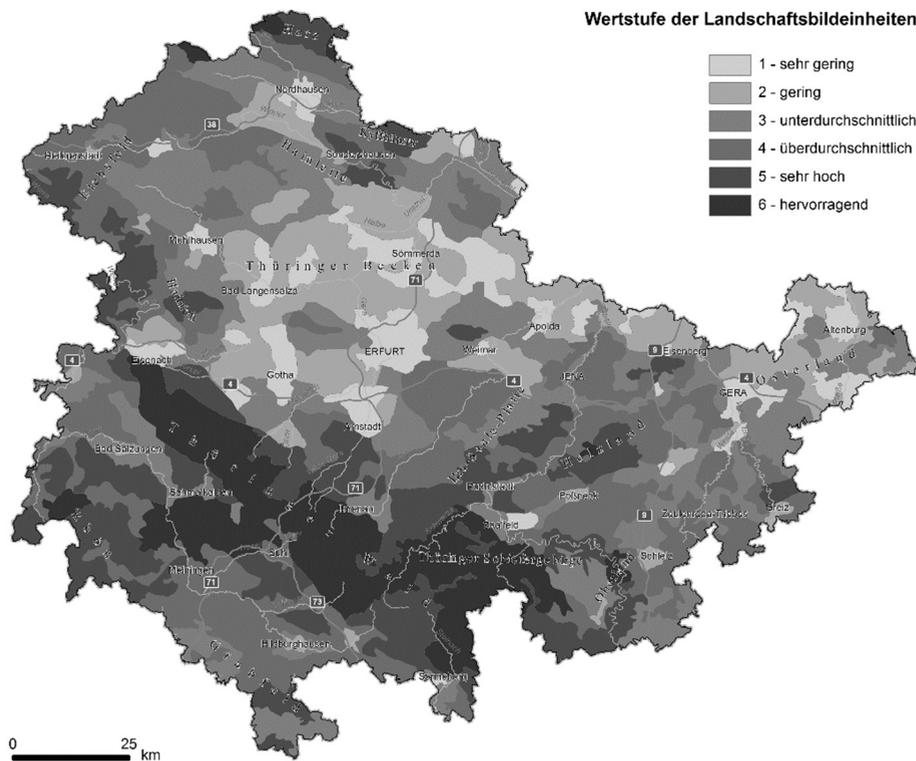


Abb. 9: Vektorisierte Landschaftsbildeinheiten

4 Diskussion

Da es sich um eine (zwar empirisch und theoretisch fundierte) normativ gesetzte indikatorbasierte Bewertung handelt, kann kein statistisches Maß über den angenommenen Erklärungsgehalt des präsentierten Ergebnisses ermittelt werden, wie dies z. B. bei Regressionsmodellen

der Fall ist. Allerdings konnte die Bewertung der Einzelzellen durch eine Korrelationsberechnung mit der empirischen und bundesweiten Landschaftsbildbewertung von Roth et al. (2018b, 2018c) validiert werden. Es ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,71. Folglich kann die Landschaftsbildqualität ohne eigenständige empirische Untersuchungen angenähert werden, wenn theoretisch und empirisch begründete Indikatoren verwendet werden.

Zur weiteren Validierung und zusätzlichen Prüfung der Plausibilität wurden außerdem Fotoaufnahmen (im Rahmen einer Geländebegehung aufgenommen) mit der Bewertung der entsprechenden Kachel verglichen, wobei plausible Zusammenhänge festgestellt werden konnten. Die Bewertung des Landschaftsbildes erfolgte objektiv, da sie anhand messbarer Strukturausprägungen erfolgte. Durch Eingabe derselben Daten in das GIS-Modell kann die Einzelzellenbewertung reproduziert werden. Auch im Hinblick auf eine spätere Aktualisierung der Bewertung mit neueren Daten bietet die automatisierte Bewertung eine gute Grundlage. Die Abgrenzung der Landschaftsbildeinheiten muss allerdings stets manuell mit landschaftsplanerischer Expertise erfolgen. Da hierbei kein Algorithmus verwendet werden kann, sind Ermessensentscheidungen enthalten.

Außerdem wurden die Landschaftsbildeinheiten mit den Schutzgebietsgrenzen überlagert, um eventuelle Übereinstimmungen festzustellen. Ohne dass geschützte Bereiche der Landschaft in den Abgrenzungsprozess einbezogen worden waren, befinden sich Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate und der Nationalpark in Bereichen mit einem mindestens überdurchschnittlichen Landschaftsbild. Meist sind sogar Wertstufe 5 und 6 vorherrschend. Dies bestätigt die erzielten Ergebnisse, da Schutzgebiete auch aufgrund des Landschaftsbildes ihre Widmung erhalten können.

Durch die Bewertung auf Einzelzellenebene kann ein hoher Grad an Detaillierung und eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten bezüglich der Indikatoreausprägung erreicht werden. So konnten kleine, das Landschaftsbild lokal bereichernde Strukturelemente abgebildet werden wie Tümpel, Hecken oder Gehölze, die zur Vielfalt der Landschaft beitragen. Nichtsdestotrotz sind gewisse Beschränkungen zu vermerken. So projizieren die Rasterzellen künstliche Grenzen auf die zu bewertende Landschaft, sodass eine Verschiebung des Kachelnetzes zu schwach divergierenden Ergebnissen führen würde. Allerdings würde dies die generelle Verteilung der Landschaftsbildwertstufen nicht maßgeblich verändern. Darüber hinaus war es das Ziel dieser Arbeit, einen Bewertungshorizont zum Bemessen von Ersatzgeldern im Maßstab 1:200.000 zu generieren. Diese Voraussetzung sorgte a priori dafür, dass mit Bereichsschärfe gearbeitet wurde, welche vergleichbar mit den naturräumlichen Grenzen ist. Eine Bearbeitung in einem größeren Zielmaßstab wäre mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden.

Anhand der gewonnenen Ergebnisse kann die Landschaftsbildqualität im gesamten Freistaat Thüringen verglichen werden, auch wenn keine absoluten Aussagen über den ästhetischen Wert der Landschaft getroffen werden können. Es wurde überdies eine geeignete Datengrundlage zur politischen Entscheidungsfindung im Abwägungsprozess der Projektplanung und Standortfindung geschaffen.

5 Schlussfolgerungen

Das hier vorgestellte Projekt zeigt, dass eine valide Landschaftsbildbewertung flächendeckend und hochauflösend erfolgen kann, auch wenn keine eigenständigen empirischen Untersuchungen durchgeführt werden. Voraussetzung um plausible Ergebnisse zu erhalten, ist eine Selektion von angemessenen Indikatoren, die sowohl in der Theorie der Landschaftsbildbewertung als auch in durchgeführten empirischen Untersuchungen in vergleichbaren Landschaftsräumen hinsichtlich ihrer Wirkrichtung begründet worden sind. Zur Validierung von rein indikatorbasierten Ansätzen sind empirische Studien unerlässlich, da sie die Landschaftsbildbewertung des „aufgeschlossenen Durchschnittsbetrachters“, der auch in der Rechtsprechung als Bewertungsmaßstab angesetzt wird (vgl. Fischer-Hüftle, 1997), widerspiegeln und hinsichtlich wissenschaftlicher Gütekriterien überprüft werden können.

Eine enge Abstimmung mit der auftraggebenden Behörde ist unerlässlich, um auch politisch verwendbare Ergebnisse zu erstellen. So können wichtige Impulse gegeben werden, welche die Qualität des Ergebnisses verbessern. Dabei sollte darauf geachtet werden, nicht nur eine Liste mit zwingenden Kriterien und normativen Festsetzungen zu bearbeiten, sondern die Auswahl der Kriterien ausgehend von Literatur, Praxis und Datengrundlage abstimmen zu können. Von planerisch-rechtlichen Festsetzungen, wie Schutzgebieten, als Kriterien zur Bewertung des Landschaftsbildes sollte Abstand genommen werden, da hierdurch keine Aussagen über die Qualität getroffen werden, wenn nicht detailliert auf der Ebene der Schutzgebietsverordnungen argumentiert wird.

Eine ausführlichere Beschreibung des Vorgehens ist im Projektbericht (Roth & Fischer, 2018) sowie bei Roth et al. (2018a) zu finden.

Literatur

- Appleton, J. (1975). *The experience of landscape*. London: Wiley.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Ed.) (2018). *Erneuerbare Energien*. Retrieved Dec 05, 2018, from <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>.
- Fischer-Hüftle, P. (1997). Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft aus der Sicht eines Juristen. *Natur und Landschaft*, 72(5), 239–244.
- Gerhards, I. (2003). Die Bedeutung der landschaftlichen Eigenart für die Landschaftsbildbewertung. *Culterra*, 33. Freiburg im Breisgau: Universität Freiburg, Institut für Landespflege.
- Martín, B., Ortega, E., Otero, I., & Arce, R. (2016). Landscape character assessment with GIS using map-based indicators and photographs in the relationship between landscape and roads. *Journal of environmental management*, 180, 324–334. Retrieved Nov 22, 2018, from doi: 10.1016/j.jenvman.2016.05.044.
- Nohl, W. (2001). *Landschaftsplanung: Ästhetische und rekreative Aspekte. Konzepte, Begründungen und Verfahrensweisen auf der Ebene des Landschaftsplans*. Berlin/Hannover: Patzer.
- Orians, G. (1980). Habitat selection: General theory and applications to human behavior. In: S. Lockard (Ed.), *The Evolution of Human Social Behavior* (pp. 49–66).

- Roser, F. (2011). *Entwicklung einer Methode zur großflächigen rechnergestützten Analyse des landschaftsästhetischen Potenzials*. Berlin: Weißensee.
- Roth, M., & Bruns, E. (2016). Landschaftsbildbewertung in Deutschland – Stand von Wissenschaft und Praxis. *BfN-Skripten*, 439.
- Roth, M., & Fischer, C. (2018). *Abgrenzung von Landschaftsbildeinheiten als Basis für die Bemessung der Höhe von Ersatzgeldzahlungen in Thüringen: Erläuterungsbericht zu dem Projekt im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG)*. Nürtingen: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Institut für Landschaft und Umwelt (ILU).
- Roth, M. (2014). GIS-basierte und partizipatorische Landschaftsbildbewertung als Beitrag zur Demokratisierung der Energiewende – dargestellt am Beispiel einer regionalen Planung von Standorten für Windkraftanlagen. *UVP-report*, 28(2), 55–63.
- Roth, M., Fischer, C., & Knebel, R. (2018a). Abgrenzung von Landschaftsbildeinheiten als Basis für die Bemessung der Höhe von Ersatzgeldzahlungen in Thüringen. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen*, 55(3), 99–105.
- Roth, M., Hildebrandt, S., Röhner, S., Tilk, C., Schwarz-von Raumer, H.-G., Roser, F., & Borsdorff, M. (2018b). Landscape as an Area as Perceived by People: Empirically-based Nationwide Modelling of Scenic Landscape Quality in Germany. *Journal of Digital Landscape Architecture*, (3), 129–137. Retrieved Nov 28, 2018, from doi: 10.14627/537642014.
- Roth, M., Röhner, S., Tilk, C., & Hildebrandt, S. (2018c). Bundesweite GIS-basierte Landschaftsbildbewertung als Beitrag zur Umweltprüfung im Zuge des Stromnetzausbaus. *AGIT – Journal für angewandte Geoinformatik*, (4), 415–424. Retrieved Nov 27, 2018 from doi:10.14627/537647052.
- Stölb, W. (2005). *Waldästhetik – über Forstwirtschaft, Naturschutz und die Menschenseele*. Remagen- Oberwinter: Kessel.
- Swetnam, R., Harrison-Curran, S., & Smith, G. (2017). Quantifying visual landscape quality in rural Wales: A GIS-enabled method for extensive monitoring of a valued cultural ecosystem service. *Ecosystem Services*, 26, 451–464.
- TMBLV – Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr ((Ed.) (2014). *Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025: Thüringen im Wandel. Herausforderungen annehmen – Vielfalt bewahren – Veränderungen gestalten*. Erfurt.
- Wöbse, H. H. (2002). *Landschaftsästhetik*. Stuttgart: Ulmer.