

Bundesweite GIS-basierte Landschaftsbildbewertung als Beitrag zur Umweltprüfung im Zuge des Stromnetzausbaus

GIS and Empirically-based Nation-wide Modelling of Scenic Beauty in Germany

Michael Roth¹, Sina Röhner², Christian Tilk³, Silvio Hildebrandt²

¹Fakultät Landschaftsarchitektur, Umwelt- und Stadtplanung, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen · michael.roth@hfwu.de

²Institut für Landschaft und Umwelt, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

³Fakultät Landschaftsarchitektur, Umwelt- und Stadtplanung, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Zusammenfassung: Für die Bewertung möglicher Eingriffe in das Landschaftsbild im Zuge der Strategischen Umweltprüfung zur nationalen Netzausbauplanung in Deutschland werden bundesweite Daten zur Landschaftsbildqualität benötigt, die auf einer einheitlichen Methodik und Datengrundlage basieren. In diesem Beitrag stellen wir einen Ansatz GIS-basierter Landschaftsbildbewertung auf der Basis empirischer Daten vor. Das Modell, welches auf Bewertungen von 800 Standorten durch über 3.500 Personen basiert, erklärt 64 % der Varianz der wahrgenommenen Landschaftsbildqualität. Durch die flächendeckende Anwendung des Modells wurde eine bundesweite Karte der Landschaftsbildqualität erstellt.

Schlüsselwörter: Landschaftsbildbewertung, Online-Umfrage, GIS-Modellierung, Landschaftsbildqualität

Abstract: *Nation-wide standardized scenic quality data is necessary to allow for the assessment of landscape impacts in the Strategic Environmental Assessment of national grid expansion planning. In this paper, we present an approach of GIS-based scenic quality modelling based on empirical data gathered using online visual landscape assessment surveys. Based on a representative sample of over 800 photographs covering the variety of German landscapes, and using the scenic quality ratings of over 3,500 respondents, a scenic quality model explaining 64 % of the variance in scenic quality ratings could be developed. This model then was applied to the entire territory of Germany, providing the first nation-wide scenic landscape quality dataset.*

Keywords: *Scenic quality assessment, online survey, GIS-based modelling, visual landscape quality*

1 Einführung

Um die ehrgeizigen Vorgaben für die Energiewende in Deutschland (50 % des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energien bis 2030, 65 % bis 2040 und 80 % bis 2050) erfüllen zu können, bedarf es nicht nur des konstanten Zubaus weiterer Anlagen für die Produktion erneuerbarer Energien, wie Windkraft-, Solar- und Biogasanlagen, sondern auch eines massiven Ausbaus des nationalen Hochspannungs-Netzes. Dieses wird benötigt, da im Norden Deutschlands aufgrund der Windverhältnisse eine Überproduktion von Strom aus Windkraft stattfindet, während im dichtbesiedelten und hochindustrialisierten Süden der Energieverbrauch die Produktion deutlich übersteigt. Der Stromnetzausbau bedarf einer Strategischen

Umweltprüfung (SUP), die gemäß der SUP-Richtlinie und deren nationaler Umsetzung im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), Analyse und Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt, wozu auch das Schutzgut Landschaftsbild zählt, enthalten soll (SEA Directive, 2001).

Während zahlreiche veröffentlichte Methoden sich mit der Landschaftsbildbewertung auf lokaler oder regionaler Ebene beschäftigen (z. B. Roth, 2012; Roth & Bruns, 2016), gibt es nur wenige empirisch basierte Ansätze, das Landschaftsbild auf Ebene der Bundesländer zu bewerten (Roth & Gruehn, 2005, 2012; Roser, 2011) und keinen, der das gesamte Bundesgebiet abdeckt.

Folglich existieren bisher keine verlässlichen und validen Daten über die Landschaftsbildqualität auf Bundesebene, die auf anerkannten Methoden und Daten basieren, welche die allgemeinen wissenschaftlichen Standards erfüllen. Daten der Bundesländer oder Daten aus der regionalen Landschaftsplanung können aufgrund der unterschiedlichen angewandten Methoden, unterschiedlichem Alter und verschiedener Bewertungsmaßstäbe ebenfalls nicht verwendet werden. Das Landschaftsbild wird daher in Planungsprozessen oft vernachlässigt. Um diese Lücke zu schließen, hat das Bundesamt für Naturschutz (BfN) ein Projekt zur empirischen, bundesweiten Landschaftsbildbewertung beauftragt, die in nationalen Planungsprozessen verwendet werden kann, um die Landschaftsbildqualität in die Bewertungen im Rahmen der SUP einzubeziehen. Die drei Faktoren Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft, wie sie im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) genannt sind, sollten in diesem Forschungsprojekt separat modelliert und bewertet werden. Der Fokus dieses Papers liegt auf der Bewertung der Schönheit der Landschaft. Schönheit bzw. das Schöne kann nicht allgemeingültig definiert werden (vgl. dazu ausführlich Wöbse, 2002; zitiert nach Roth, 2012, p. 61), wohl kann aber empirisch festgestellt werden, was der auch in der Rechtsprechung als Maßstab angelegte „aufgeschlossene Durchschnittsbetrachter“ als schön empfindet.

2 Daten und Methoden

Die Bewertung von Landschaftsbildqualitäten auf der Basis empirisch erfasster Landschaftsbildbewertungen (unter Nutzung von Landschaftsfotos als Stimuli) und GIS-Daten, die in statistischen Modellen kombiniert werden, welche dann auf ganze Untersuchungsgebiete angewendet werden, wurde bereits mehrfach durchgeführt (z. B. Bishop & Hulse, 1994; Palmer & Lankhorst, 1998; Hunziker & Kienast, 1999; Bishop et al., 2000; Roth & Gruehn, 2005, 2012; Roser 2011). Im Gegensatz zu existierenden Verfahrensansätzen musste im Rahmen des hier beschriebenen Projektes aufgrund des großen Untersuchungsgebietes (> 380.000 km²) ein spezifisches Konzept für das Sampling der photographischen Stimuli entwickelt werden. Um die Vielfalt deutscher Landschaften abzudecken, wurden 30 Referenzgebiete von je 150 km² Größe über eine zweifach geschichtete Stichprobe gezogen. Dabei wurden sowohl die naturräumliche Gliederung (Meynen & Schmithüsen, 1953-1962) als auch die Landschaftstypen nach Gharadjedaghi et al. (2004) als Schichtungskriterien verwendet. Während die naturräumliche Gliederung überwiegend auf geologischen, hydrologischen, vegetationskundlichen und topographischen Faktoren beruht, spiegeln die Landschaftstypen auch den kulturellen Einfluss wider. Dazu zählen z. B. anthropogene Landschaftsbeeinflussungen wie landwirtschaftliche Tätigkeiten oder Siedlungsbau. Dieser Ansatz des Samplings stellt sicher, dass sowohl verschiedene Regionen (von der Nordsee- und Ostseeküste bis zu den Alpen)

als auch verschiedene Grade anthropogenen Einflusses in der Landschaft (von fast natürlichen hochalpinen Landschaften, über halbnatürliche Wälder, landwirtschaftliche Flächen und Siedlungen bis zu Industriegebieten und Bergbaulandschaften) berücksichtigt werden. In diesen 30 Referenzgebieten wurde jeweils eine Fotodokumentation charakteristischer Landschaftsbilder erstellt (Mai bis August 2016), um Stimuli für die empirische Landschaftsbildbewertung zu erhalten. Insgesamt wurden nach einer standardisierten Methode (vgl. dazu ausführlich Roth, 2012, p. 171 ff.) mehr als 10.000 Fotos erstellt, von denen 822 durch ein Expertengremium für die weitere Verwendung ausgewählt wurden. Diese Fotos wurden anschließend in ein Web-Umfragetool zur Landschaftsbildbewertung eingestellt, wobei der Methodologie von Roth (2006) gefolgt wurde. Durch Kooperation mit einem sozialwissenschaftlichen Online-Forschungs-Panel (SoSi Panel) konnte ein Teilnehmerfeld angesprochen werden, das hinsichtlich soziodemographischer Zusammensetzung repräsentativ ist, was eine Voraussetzung dafür ist, die Ergebnisse anschließend vom Sample auf die Gesamtbevölkerung generalisieren zu können.

Alle Fotos wurden direkt im Feld mit Geo-Tags versehen, und zusätzlich zur Kameraposition wurden das Blickfeld (über die Brennweite) und die horizontale Blickrichtung erfasst. Anschließend konnte durch eine GIS-basierte Sichtbarkeitsanalyse auf dem ATKIS-DGM 10 (Geländehöhenmodell mit 10 m Auflösung) der Sichtbereich jedes Fotos bestimmt werden. Innerhalb dieser Sichtbereiche, wurden für unterschiedliche Distanzzonen (vgl. Tabelle 1) Landnutzungen, Landschaftselemente und Landschaftsmetriken erfasst. Diese Faktoren wurden anschließend als potenzielle Regressoren in eine Regressionsanalyse eingestellt, um die von den Teilnehmern bewertete Landschaftsbildqualität auf der Basis der im Sichtbereich vorkommenden Landschaftsmerkmale zu modellieren.

Tabelle 1: Distanzzonen in der Sichtbarkeitsanalyse

Zone	von Distanz	bis Distanz
1	0 m	500 m
2	500 m	2.000 m
3	2.000 m	5.000 m
4	5.000 m	10.000 m
Vordergrund	0 m	2.000 m
Hintergrund	2.000 m	10.000 m
Gesamt	0 m	10.000 m

Nachdem die Modelle für die einzelnen Landschaftsbildqualitäten (Vielfalt, Eigenart, Schönheit) aufgestellt waren, wurden alle relevanten Indikatoren (d. h. die Regressoren im Modell) bundesweit im 1 x 1 km-Raster ermittelt. Diese kleinste räumliche Analyseeinheit entspricht vom Ausmaß her dem unmittelbaren Vordergrund (Zone 1) in Tabelle 1. Über das Tool „Focal Statistics“ in ArcGIS wurden anschließend die Regressoren für alle Zonen entsprechend Tabelle 1 und für alle 387.000 Rasterzellen in Deutschland berechnet. Auf der Basis dieses bundesweiten Datensatzes konnte schließlich das Regressionsmodell auch auf das ganze Bundesgebiet angewendet werden, woraus letztendlich Landschaftsbildbewertungskarten erstellt wurden.

3 Ergebnisse

Während der zweimonatigen Laufzeit nahmen mehr als 3.500 Teilnehmer an der Online-Umfrage teil und es konnten mehr als 44.000 vollständige Bewertungen von Landschaftsfotos (basierend auf den drei oben erwähnten Kriterien) gesammelt werden.

Um trotz Datenschutzbestimmungen die Teilnehmer lokalisieren zu können, wurde nach der Postleitzahl gefragt. Eine Korrelationsanalyse der räumlichen Verteilung der Teilnehmer über die 16 Bundesländer zeigte eine repräsentative Verteilung im Vergleich mit der Verteilung der Gesamtbevölkerung (Pearson's $r = 0,963$, $p < 0,001$).

Insgesamt wurden 17 Regressoren aus den Bereichen Gelände (2), positiv bewertete Landnutzungen (5), negativ beeinträchtigende Landnutzungen (9) und Hemerobie (1) in das Modell einbezogen. Diese Regressoren sind in Tabelle 2 aufgeführt. Außerdem werden die Zonen genannt, für die der jeweilige Regressor berechnet wurde, der nicht-standardisierte Beta-Koeffizient sowie der standardisierte Beta-Koeffizient. Das Modell erklärt insgesamt 64 % der Varianz der Landschaftsbildbewertungen in Bezug auf die Schönheit.

Tabelle 2: Als Regressoren genutzte Variablen des linearen Regressionsmodells zur Landschaftsbildbewertung

Nr.	Regressor-Variable	Zone	Nichtstandardisierter Beta-Koeffizient	Standardisierter Beta-Koeffizient
1	Konstante	/	7,109	
2	Reliefenergie 1	0 bis 2.000 m (Zonen 1 und 2)	+0,002	+0,171
3	Reliefenergie 2	2.000 bis 10.000 (Zonen 3 und 4)	+0,001	+0,185
4	See, Meer, Fluss	0 bis 500 m (Zone 1)	+0,008	+0,152
5	Streuobstwiese	0 bis 10.000 m (Zonen 1 bis 4)	+0,031	+0,096
6	Wald	0 bis 10.000 m (Zonen 1 bis 4)	+0,005	+0,088
7	Natürliches Grünland	500 bis 2.000 m (Zone 2)	+0,025	+0,083
8	Heide	0 bis 500 m (Zone 1)	+0,017	+0,068
9	Hemerobie	0 bis 500 m (Zone 1)	-0,317	-0,200
10	Straßendichte	0 bis 2.000 m (Zonen 1 und 2)	-0,0001	-0,189
11	Acker	0 bis 10.000 m (Zonen 1 bis 4)	-0,010	-0,187
12	Industrie, Gewerbe, Verkehrsinfrastruktur 1	0 bis 500 m (Zone 1)	-0,019	-0,187
13	Industrie, Gewerbe, Verkehrsinfrastruktur 2	500 bis 2.000 m (Zone 2)	-0,018	-0,106

Nr.	Regressor-Variable	Zone	Nichtstandardisierter Beta-Koeffizient	Standardisierter Beta-Koeffizient
14	Industrie, Gewerbe, Verkehrsinfrastruktur 3	2.000 bis 5.000 m (Zone 3)	-0,011	-0,065
15	Hochspannungsleitungsdichte	0 bis 5.00 (Zone 1)	-0,0001	-0,101
16	Sport- und Freizeitflächen	0 bis 5.00 (Zone 1)	-0,019	-0,077
17	Spärliche Vegetation	500 bis 2.000 m (Zone 2)	-0,205	-0,075
18	Windkraftanlagendichte	0 bis 10.000 m (Zonen 1 bis 4)	-0,588	-0,071

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die resultierende Karte der Schönheit des Landschaftsbildes in Deutschland. Je dunkler die Einfärbung, desto höher der Ergebniswert für die Schönheit des Landschaftsbildes.

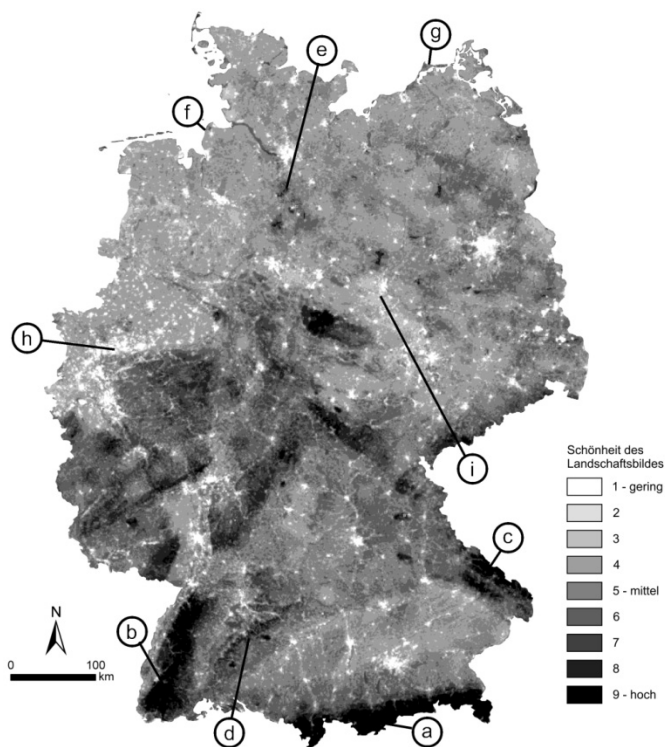


Abb. 1:
Karte landschaftlicher Schönheit, basierend auf der linearen Regressionsanalyse mit 17 Regressoren

Die Karte in Abbildung 1 zeigt den starken positiven Einfluss der Geländeform und des Vorhandenseins von Wasser, sowie den stark negativen Einfluss von Verkehrsinfrastruktur, landwirtschaftlicher Nutzung, und Industrie-/Gewerbegebieten. Die Alpen ganz im Süden (a), der

Schwarzwald im Südwesten (b) und der Bayrische Wald im Südosten (c) sind charakterisiert durch steiles Gelände, (halb-)natürliche Landnutzungen wie Wald und Wiesen sowie traditionelle Architektur mit einer generell niedrigen Präsenz intensiver menschlicher Einflüsse (vgl. Abb. 2 und 3).



Abb. 2: Alpine Landschaft (a in der Karte) **Abb. 3:** Landschaft im Schwarzwald (b in der Karte)

Bestimmte Landschaftselemente wie der Albtrauf (d) oder die Heidelandschaften der Lüneburger Heide (e) fanden sich unter den am besten bewerteten Fotos der Online-Umfrage und erreichten deutlich höhere Bewertungen als Fotos aus ihrer Umgebung.



Abb. 4: Der Albtrauf (d in der Karte) **Abb. 5:** Heidelandschaft in der Lüneburger Heide (e in der Karte)

Von Wasser dominierte Landschaften, wie die Küsten von Nord- (f) und Ostsee (g) erreichten zwar keine Top-Bewertungen in der Online-Umfrage, ließen sich aber im Bereich der Werte 7 bis 8, sowohl in der Online-Umfrage als auch im GIS-Modell, einordnen.



Abb. 6: Nordseeküste (f in der Karte)



Abb. 7: Ostseeküste (g in der Karte)

Es zeigte sich, dass auch Hemerobie als Grad des menschlichen Einflusses und damit als Gegensatz zu Natürlichkeit relevanten Einfluss auf die wahrgenommene Schönheit der Landschaft hat. Die entsprechenden Daten basieren auf dem bundesweiten Hemerobie-Datensatz des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (Walz & Stein, 2014). Es wurden sowohl städtische Landschaften, besonders solche, die von Industrie- und Gewerbebauten dominiert werden, wie etwa im Ruhrgebiet (h), als auch intensiv landwirtschaftlich genutzte Gebiete, besonders solche, die zusätzlich technische Infrastruktur wie Stromleitungen oder Windkraftanlagen enthalten, beispielsweise in der Magdeburger Börde (i), sowohl in der empirischen Studie als auch im resultierenden GIS-Modell eher negativ bewertet.



Abb. 8: Industriegebiet im Ruhrgebiet
(h in der Karte)



Abb. 9: Intensive Landwirtschaft mit geringer Landschaftsstruktur
(i in der Karte)

4 Diskussion

Es könnte argumentiert werden, dass Landschaften mit hohem und sehr niedrigem Schönheits-Wert, wie in den Abbildungen 2 bis 9 gezeigt, auch ohne die Bewertungen aus einer Online-Umfrage und die Ergebnisse von GIS-Analysen identifiziert werden könnten. Dies stimmt zwar teilweise, andererseits wäre eine flächendeckende nachvollziehbare und valide Bewertung der Schönheit der Landschaften gerade im Bereich mittlerer Landschaftsbildqualitäten ohne solide empirische Basis und validierte GIS-Modelle nicht möglich gewesen.

Im Hinblick auf die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse ist festzuhalten, dass sowohl die Stichprobe der Gebiete, deren Fotoaufnahmen für die Online-Umfrage genutzt wurden, als auch die Eigenschaften der Umfrage-Teilnehmer repräsentativ für die Bundesrepublik sind.

Wie oben beschrieben, wurde die Abdeckung der Vielfalt deutscher Landschaften über eine zweifach geschichtete Stichprobenziehung und eine expertenbasierte Fotoauswahl für die Online-Umfrage sichergestellt. Da das Teilnehmersample alle Altersklassen von 11 bis 80 Jahren beinhaltet, hinsichtlich des Geschlechterverhältnisses ausgewogen ist, repräsentativ über das Bundesgebiet verteilt ist und sowohl Laien (ca. 70 %) als auch Experten (ca. 30 %) enthält, können Einschränkungen von Studien, die z. B. von der Befragung von Studenten auf die Gesamtbevölkerung schließen, vermieden werden (vgl. dazu Roth 2006 and 2012).

Ein potenzieller Kritikpunkt wäre, dass ein Modell, das eine so große Spannweite an landschaftlichen Situationen abdeckt, einer Regionalisierung oder Klassifikation verschiedener Landschaftstypen bedürfe. Im Rahmen der diesem Beitrag zugrundeliegenden Untersuchungen wurde überprüft, ob durch eine Regionalisierung des Modells (z. B. hinsichtlich der relativen Reliefenergie im Vergleich zur Reliefenergie in der regionalen Umgebung) eine Verbesserung der globalen Modellgüte erreicht werden konnte, was aber nicht der Fall war. Eine Regionalisierung in Hinblick auf verschiedene Teilmodelle für unterschiedliche geographische Räume war mit Blick auf eine bundesweite Vergleichbarkeit a priori unerwünscht, da im Rahmen der beschriebenen Studie ja gerade eine homogene Methodik und Datengrundlage angewendet werden sollte.

Im Vergleich mit Modellierungsansätzen der Vergangenheit stellen die hier beschriebenen Ergebnisse in mehrfacher Hinsicht eine Weiterentwicklung dar: (1) In Anbetracht des großen Untersuchungsgebietes und der ausschließlichen Verwendung vorhandener, bundesweit standardisierter Geodaten ist die Modellgüte von $r^2 = 0,64$ sehr gut. (2) In Bezug auf die empirische Basis ist die hier vorgestellte Studie die größte Landschaftsbildbefragung, die jemals in Deutschland durchgeführt wurde. (3) Mit der vorgestellten Methodik konnte erstmals eine flächendeckende, auf bundesweit standardisierten Daten beruhende Landschaftsbildbewertung errechnet werden, die sowohl auf einer soliden empirischen Basis gründet, als auch konsistent über Bundesland- und Naturraumgrenzen ist.

5 Fazit und Ausblick

Mithilfe des präsentierten methodischen Ansatzes ist es möglich, bundesweit standardisierte Daten und Karten zu Landschaftsbildqualitäten zu erzeugen, die nicht auf normativen Expertenbewertungen, sondern auf einer repräsentativen empirischen Basis beruhen. Somit wird das Landschaftsbild entsprechend der Definition der Europäischen Landschaftskonvention erfasst und bewertet (Council of Europe, 2000). Unter Verwendung des vorgestellten Ergebnisses wird anschließend eine Methode zur Konfliktanalyse zwischen Landschaftsbild und Netzausbau entwickelt, die für bundesweite Netzausbauplanungen und deren Umweltprüfungen verwendet werden kann.

Weiter anstehende Arbeitsschritte umfassen die Validierung des generierten Datensatzes. Dies kann z. B. durch die Verwendung externer Daten wie existierenden bundeslandesweiten Landschaftsbildbewertungen erfolgen. Weiterhin scheint eine Validierung des entwickelten

Regressionsmodells mithilfe einer Boot-Strapping-Methode sinnvoll, wobei nur ein Teil der empirischen Daten zur Modellgenerierung und der Rest zur Modellvalidierung genutzt wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die Überwindung methodischer Schwierigkeiten und das Schließen von Datenlücken, welche in der Vergangenheit zu einer Nicht- oder Unter-Berücksichtigung des Landschaftsbildes in Umweltprüfungen zum Stromnetzausbau geführt hatten, ein Beitrag zur besseren Einbeziehung des Landschaftsbildes in diese Planungen geleistet werden kann. Schlussendlich bleibt zu hoffen, dass dadurch auch in der Praxisanwendung jenseits des beschriebenen Forschungsprojektes eine bessere Planung und damit höhere gesellschaftliche Akzeptanz der Netzinfrasturktur bewirkt werden kann, da diese kritisch für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende ist.

Literatur

- Bishop, I. D., & Hulse, D. W. (1994). Prediction of scenic beauty using mapped data and geographic information systems. *Landscape and Urban Planning*, 30(1-2), 59–70.
- Bishop, I. D., Wherrett, J. R., & Miller, D. R. (2000). Using image depth variables as predictors of visual quality. *Environment & Planning B: Planning & Design*, 27(6), 865–875.
- Council of Europe (2000): *European Landscape Convention*. Retrieved January 7, 2018, from <https://rm.coe.int/1680080621>.
- Gharadjedaghi, B., Heimann, R., Lenz, K., Martin, C., Pieper, V., Schulz, A., Vahabzadeh, A., Finck, P., & Riecken, U. (2004). Verbreitung und Gefährdung schutzwürdiger Landschaften in Deutschland. *Natur und Landschaft*, 79(2), 71–81.
- Hunziker, M., & Kienast, F. (1999). Potential impacts of changing agricultural activities on scenic beauty – a prototypical technique for automated rapid assessment. *Landscape Ecology*, 14(2), 161–176.
- Meynen, E., & Schmithüsen, J. (Eds.) (1953-1962). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bundesanstalt für Landeskunde und des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde. Remagen.
- Palmer, J. F., & Lankhorst, J. R.-K. (1998). Evaluating visible spatial diversity in the landscape. *Landscape and Urban Planning*, 43(1), 65–78.
- Roser, F. (2011). *Entwicklung einer Methode zur großflächigen rechnergestützten Analyse des landschaftsästhetischen Potenzials*. Weißensee, Berlin.
- Roth, M. (2006). Validating the use of Internet survey techniques in visual landscape assessment – An empirical study from Germany. *Landscape and Urban Planning*, 78(3), 179–192.
- Roth, M. (2012). *Landschaftsbildbewertung in der Landschaftsplanung. Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Validierung von Verfahren zur Bewertung des Landschaftsbildes durch internetgestützte Nutzerbefragungen*. IÖR-Schriften, 59. Berlin: Rhombos.
- Roth, M., & Bruns, E. (2016). *Landschaftsbildbewertung in Deutschland – Stand von Wissenschaft und Praxis*. BfN-Skripten, 439.
- Roth, M., & Gruehn, D. (2005). Scenic Quality Modelling in Real and Virtual Environments. In: E. Buhmann, P. Paar, I. D. Bishop, & E. Lange (Eds.), *Trends in Real-time Visualization and Participation. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2005* (pp. 291–302). Heidelberg: Wichmann.
- Roth, M., & Gruehn, D. (2012). Visual Landscape Assessment for Large Areas – Using GIS, Internet Surveys and Statistical Methodologies in Participatory Landscape Planning for

- the Federal State of Mecklenburg-Western Pomerania, Germany. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section A: Humanities and Social Sciences*, 66(3), 129–142.
- SEA Directive (2001). *Directive 2001/42/EC on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment*. Retrieved November 15, 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0042&from=EN>.
- Walz, U., & Stein, C. (2014). Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22, 279–289.