

Analyse von Wegedistanzen in Städten zur Verifizierung des Ökosystemleistungsindikators „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“

Benjamin Richter¹, Karsten Grunewald¹, Gotthard Meinel¹

¹Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden · b.richter@ioer.de

Zusammenfassung: Die Erfassung der fußläufigen Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen basiert zu meist auf einer Luftliniendistanz zwischen potenziellen Nutzern und Grünfläche. Dabei wird beispielweise für die Approximation der tatsächlichen fußläufigen Wegstrecke von 500 m eine Luftliniendistanz von 300 m angesetzt. Auf großer Maßstabsebene und bei entsprechender Datenverfügbarkeit kann mittels Netzwerkanalyse eine realitätsnähere Modellierung von tatsächlichen Wegelängen erfolgen. Ziel dieses Beitrags ist darum die Zusammenhangsanalyse zwischen Luftlinienentfernung und tatsächlicher Wegelänge, welche in der Literatur kaum durch quantitative Untersuchungen belegt ist, mithilfe einer Netzwerkanalyse. In der Abhandlung werden beide Ansätze mit ihren Vor- und Nachteilen bei der Bestimmung der Grünerreichbarkeit diskutiert und für acht deutsche Großstädte angewendet. Die auf den Ergebniswerten basierende Verifizierung deutet an, dass die in der Literatur angegebene Luftlinie (300 m) gegenüber einer 500 m Wegstrecke im Mittel zu vergleichbaren und im Einzelfall zu abweichenden Ergebnissen führt. Dies sollte Anlass für eine weitere kritische Auseinandersetzung mit dem Luftlinienansatz oder die Umsetzung einer bundesweiten Netzwerkanalyse sein.

Schlüsselwörter: Durchgrünung, Erholung, Fußläufigkeit, Grünerreichbarkeit, Netzwerkanalyse

Abstract: *The measurement of “accessibility of public green spaces” within walking distance is usually based on a linear distance between green space and potential users. Thus, e.g. a linear distance of 300 m is used to approximate an actual walking distance of 500 m. On a large scale, a more realistic modelling of actual path distance can be achieved using a network analysis if suitable data are available. The aim of our study is thus to analyze correlations between linear distance and actual path distance, which is given in the literature without much scientific evidence, using a network analysis. The paper discusses advantages and disadvantages of both methods for measuring accessibility of public green spaces and applies them to eight large German cities. The verification is performed on the basis of a comparison of calculated results. We found that results based on the linear distance given in the literature (300 m) sometimes deviate very much from results for walking distance. This should be occasion to carry out a further critical analysis of the linear distance approach or to implement a nationwide network analysis.*

Keywords: *Green access, recreation, walking distance, urban greening, network analysis*

1 Einleitung

Die stattfindenden klimatischen Veränderungen und das stetige Bestreben nach Verbesserung urbaner Lebensqualität lassen multifunktionale Grünflächen im Siedlungsraum zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit rücken. Hierbei werden alle vorwiegend unversiegelten und durch Vegetation geprägte sowie öffentlich zugängliche Flächen als Grünflächen verstanden (RITTEL et al. 2014). Eine Vielzahl an Umweltfunktionen und Ökosystemleistungen (ÖSL) sowie die Konzentration der Nachfrage in Städten an Grünflächen bestärken Politik und Planung in ihrem Streben, urbane Freiräume zu erhalten und zu entwickeln. In Deutschland zeigt sich eine Sensibilisierung für das Thema Grün in der Stadt u. a. im Rahmen des Grün- und Weißbuchprozesses (BMUB 2015a). Vor dem Hintergrund von Reurbansierung

und internationaler Migrationsbewegungen besteht in den meisten Großstädten ein starker Nutzungsdruck auf vorhandene Freiflächen. Daher gilt es, für die zukünftige städtische Entwicklung einen Kompromiss zwischen der Lückenschließung durch Ergänzungsbebauung auf innerstädtischen Brachen sowie Baulücken und dem Angebot einer flächendeckenden Versorgung der Bevölkerung mit qualitativen Grün zu finden (doppelte Innenentwicklung). Dazu benötigen die jeweiligen Entscheidungsträger zunächst einen Überblick zur bestehenden Grünversorgung in Großstädten, insbesondere zur räumlichen Grünflächenverteilung und Einwohnererreichbarkeit. In diesem Zusammenhang fordert beispielsweise das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) eine Forschung und Auseinandersetzung zu Fragen von Gründefiziten in Städten (BBSR 2015).

Eine quantitative Annäherung an das Thema Versorgung mit Grünflächen und der Erreichbarkeit von öffentlichen Grünflächen kann auf unterschiedlicher Art und Weise erfolgen. Traditionell dient die Angabe einer absoluten Größe, z. B. Grünfläche pro Einwohner auf gesamtstädtischer Ebene, als ein grober Orientierungs-, Ziel- und Vergleichswert (HAASE et al. 2012, DOBBS et al. 2014). Dieser Indikator sagt aber nichts aus zur Verteilung und Erreichbarkeit der Grünflächen. Die Verknüpfung von der Größe einzelner Grünflächen mit einer Wegelänge, welche dem Nutzer für das Aufsuchen dieser Grünfläche zugemutet werden kann, ist vergleichbar mit Erreichbarkeitsindikatoren z. B. aus der Verkehrsplanung (SCHWARZE 2005). Eine Wegstrecke, die nicht weit über das Wohnumfeld hinausreicht und für jedermann zu bewältigen ist, wird in verschiedenen Planungsdisziplinen als „fußläufig erreichbar“ eingestuft (BMVBS 2013, NEUMEIER 2013). Dazu gehören Strecken von ca. 500 m Länge bzw. die innerhalb von max. 15 min durch alle Bevölkerungsgruppen zurückgelegt werden können. Auf Basis von Erreichbarkeitsindikatoren, welche potenzielle Nachfrager einbeziehen, lässt sich ein Erreichbarkeits- bzw. Versorgungsgrad der Bevölkerung mit öffentlichen Grünflächen in fußläufiger Entfernung ableiten.

Das Ziel dieses Beitrags ist eine Überprüfung von Luftlinienapproximationen (primär 300 m) für eine fußläufige Entfernung von 500 m mithilfe einer Netzwerkanalyse. Dazu werden beide Ansätze vorgestellt und für ausgewählte deutsche Großstädte angewendet. Beim luftlinienbasierten Verfahren wird eine geringere Distanz als die fußläufig zurücklegbare Wegstrecke verwendet, um den tatsächlich nicht geradlinigen Wegeverlauf im urbanen Raum zu berücksichtigen. Diese Herangehensweise wird in zentralen Quellen zu dieser Thematik vorgeschlagen (z. B. EUROPEAN COMMISSION 2001, SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2013), jedoch kaum durch quantitative Untersuchungen belegt. Bisherige Studien (z. B. HANDLEY et al. 2003, MOSELEY et al. 2013) deuten auf eine Überschätzung des Versorgungsgrads durch luftlinienbasierte Ansätze hin, allerdings beziehen sie sich nur auf kleinräumige Untersuchungsgebiete. Weiterhin weichen die angegebenen Luftlinien (300 m – 450 m) voneinander ab. Mit der Anwendung des netzwerkanalysebasierten Ansatzes werden zurückzulegende Wegstrecken berücksichtigt und realitätsnähere Ergebnisse erzielt (MOSELEY 2013, LA ROSA 2014). Eine Gegenüberstellung von den Berechnungsergebnissen für beide Ansätze ermöglicht eine Verifizierung, welche Luftliniendistanz einer fußläufigen Wegstrecke von 500 m am besten nähert.

2 Abbildung der ÖSL „Erholung in der Stadt“

2.1 Beschreibung der ÖSL

Im Rahmen eines Projekts zur bundesweiten Erfassung und Bewertung von ÖSL werden Indikatoren für 21 ÖSL-Klassen für Deutschland erarbeitet GRUNEWALD et al. (2016a). Dazu gehört die kulturelle ÖSL „Erholung in der Stadt“, die im engeren Sinn die Erholung im Wohnumfeld beschreibt. Urbane Ökosysteme wie z. B. Grünanlagen, Parks, Wälder sowie Gewässer mit angrenzenden Uferbereichen dienen im Kontext der ÖSL dem Naturerleben, allgemeinen Erholungs- sowie Freizeitaktivitäten und der ästhetischen Wahrnehmung. Für die Möglichkeit der physischen und psychischen Regeneration der Stadtbewohner ist die Erreichbarkeit erholungsrelevanter, öffentlich zugänglicher Grünflächen eine wichtige Größe. Diese wird über die Wegedistanz zwischen Grünfläche und Nutzer erfasst. Auf weitere Aspekte der ÖSL, wie Art und Qualität der Grünflächen, wird im Rahmen dieser Abhandlung nicht weiter eingegangen.

2.2 Indikatorvorstellung „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“

Ein von den Autoren entwickelter und sich gegenwärtig in politischer Abstimmung befindlicher Indikatorvorschlag für die ÖSL „Erholung in der Stadt“ ist die „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“ (GRUNEWALD et al. 2016b). Der Indikator ist für ein Monitoring geeignet, deutschlandweit einfach umsetzbar und beinhaltet Flächengrößen, Distanzen, potenzielle Nachfrage (verortete Einwohner) sowie erste qualitative Bewertungsansätze durch eine Betrachtung von Feierabend- und Naherholung im Alltag. Das vorgeschlagene Indikatorset besteht aus einem Hauptindikator mit zwei Teileindikatoren und einem Nebenindikator zur Untersetzung. Im vorliegenden Beitrag liegt der Fokus auf dem Indikator „Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen“, der im Folgenden verkürzt „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“ genannt wird. Dieser Indikator ermittelt den Bevölkerungsanteil, welcher innerhalb von 300 m Luftlinie öffentliche Grünflächen größer 1 ha für die Feierabend- bzw. Tageserholung vorfindet (GRUNEWALD et al. 2016b). Die Luftliniendistanz von 300 m wird dabei zur Abbildung einer fußläufigen Wegstrecke von 500 m verwendet.

3 Methode

3.1 Berechnungsansätze und Datengrundlage

Für die GIS-basierte Berechnung der Erreichbarkeit von öffentlichen Grünflächen zur Abbildung der ÖSL „Erholung in der Stadt“ gibt es im Wesentlichen zwei Ansätze. Ein komplexeres Verfahren, welches auf einer Netzwerkanalyse beruht (COMBER et al. 2008, LA ROSA 2014, MORAR et al. 2014) und ein einfacher, auf Flächenpufferung basierender Ansatz (HANDLEY et al. 2003, ALBERT et al. 2015).

Als Grundlage für die Indikatorenberechnung dienen Flächennutzungsdaten aus dem ATKIS Basis-DLM. Diese Daten liegen bundesweit flächenhaft ab 1 ha und zyklisch aktualisiert alle 3-5 Jahre vor. Das ATKIS Basis-DLM erfüllt die Anforderungen an eine hohe thematische und räumliche Auflösung zur Berücksichtigung von Angebot und potenzieller Nachfrage im Indikator. Leicht abweichend von RITTEL et al. (2014) beziehen GRUNEWALD et al. (2016b)

die Objekt- bzw. Wertearten „Grün-“, „Parkanlage“, „Friedhof“, „Grünland“, „Streuobstwiese“, „Wald“, „Gehölz“, „Fließ-“ und „stehendes Gewässer“ als ÖSL anbietende Grünräume ein. Potenzielle Nachfrager sind über vornehmlich bewohnte ATKIS-Objektarten „Wohnbaufläche“ und „Fläche gemischter Nutzung“ oder über verortete Einwohnerdichten abbildbar. Der im Beitrag untersuchte Indikator bezieht die Einwohnerverteilung über ein Bevölkerungsraaster des Zensus 2011 mit einer Rasterzellgröße von 100 m (veröffentlicht vom statistischen Bundesamt) sowie Vektorgeometrien zu Gemeindegrenzen (Verwaltungsgebiete 1: 25.000 – VG25 des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie) und aus dem INSPIRE-Grid 100 m abgeleitet (eigene Berechnung) ein.

Darüber hinaus werden für die Netzwerkanalyse Informationen zu Wegen benötigt. Objektarten aus dem Basis-DLM, die für das Erreichen von Grünflächen durch potenzielle Nachfrager genutzt werden können, sind „Fahrwegachse“ (z. B. „Wirtschaftswege“, „Wanderwege“), „WegPfadSteig“ (z. B. „Fußweg“, „Radweg“) und „Strasse“ (alle Wertearten außer „Bundesautobahnen“). Die Wertearart „Bundesstraße“ wird mit einbezogen, da im innerstädtischen Bereich zumeist ein Gehweg angrenzt, welcher zur Erschließung von Grünflächen genutzt werden kann. Für die Genauigkeit der Ergebnisse einer Netzwerkanalyse ist eine vollständige Wege- und Barrierenerfassung von zentraler Bedeutung. Als Barrieren zählen bspw. nicht überquerbare Straßen. Das Basis-DLM stellt Objektarten zum Thema Verkehr mit einer Spitzenaktualität von 3-12 Monaten zur Verfügung (STAATSBETRIEB GEOBASISINFORMATION UND VERMESSUNG SACHSEN 2007).

3.2 Umsetzung im GIS

Flächenpufferung (FP)

Die unter 3.1 als ÖSL-Anbieter genannten Objekt- und Wertearten werden in einem Datensatz „erholungsrelevante Flächen“ gespeichert und aneinandergrenzende Flächen zusammengefasst. Für alle erholungsrelevanten Flächen mit einer Mindestgröße von 1 ha wird eine Pufferung mit einer 300 m Distanz vorgenommen (entspricht Luftlinienentfernung). Die im jeweiligen Untersuchungsgebiet befindlichen Rasterzellen des 100-m-INSPIRE-Grids werden als Polygone gespeichert und erhalten Informationen zur Einwohnerzahl je Hektar. Die verbleibende Polygonfläche aus Verschneidung von Polygonen mit Einwohnerinformationen und gepufferten erholungsrelevanten Flächen bildet die Grundlage für die Ableitung der Einwohnerzahl. Dazu wird die Größe der verbliebenen Fläche mit dem Größenwert der ursprünglichen Zellenfläche ins Verhältnis gesetzt. Der daraus resultierende Wert wird mit der Einwohnerzahl des Polygons multipliziert (Flächengewichtung). Das Ergebnis beschreibt die Einwohnerzahl mit Zugang zu einer erholungsrelevanten Fläche. Die beschriebenen Schritte sind in einem ArcGIS-Modell realisiert worden.

Netzwerkanalyse (NWA)

Vor Durchführung der NWA wird basierend auf den in 3.1 genannten Objektarten zum Thema Verkehr ein Wegenetz (Network-Dataset in ArcGIS) erstellt. Die bei der FP erstellten erholungsrelevanten Flächen fließen als sogenannter Standort in die NWA ein. Bei der Modellierung des Einzugsgebiets der Standorte findet die für den Indikator vorgegebene fußläufige Wegstrecke von 500 m Verwendung (vgl. 2.2). In der weiteren GIS-Analyse wird das modellierte Einzugsgebiet wie die gepufferten erholungsrelevanten Flächen in der FP behandelt, d. h. das Vorgehen ist ab diesem Bearbeitungsschritt identisch. Die Umsetzung der

NWA im Rahmen dieses Beitrags erfolgt halbautomatisiert mit aufeinanderfolgenden Modellen, da das Erstellen eines Network-Datasets manuell oder über ArcObjects erfolgen muss. Letzteres ist aus Gründen der Aufwandsminimierung zurzeit noch nicht umgesetzt worden.

3.3 Verifizierung der Luftliniendistanz

Für die Verifizierung des Indikators „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“ werden beide Ansätze, wie zuvor beschrieben, umgesetzt. Als Fallbeispiele wurden acht Großstädte gewichtet nach ihrer Einwohnerzahl ausgewählt, d. h. aufgrund einer höheren Anzahl kleinerer Großstädte in Deutschland wurden mehr Städte mit einer Einwohnerzahl kleiner 500.000 als Millionenstädte ausgewählt. Die Indikatorberechnung auf Basis der Flächenpufferung wurde mit unterschiedlichen Distanzwerten bei der Pufferung durchgeführt. Als Richtwert der Luftliniendistanz wurde 300 m festgelegt (EUROPEAN COMMISSION 2001, GRUNEWALD et al. 2016b). Zusätzlich wurden Pufferungsdistanzen von 350 m, 400 m und 450 m berechnet, die einer Reduzierung der 500 m Wegstrecke um 30 %, 20 % bzw. 10 % entsprechen. Die Indikatorergebnisse auf Basis der Netzwerkanalyse wurden mit denen aus der Flächenpufferung subtrahiert und die Differenz für Prozentwerte gemittelt.

4 Ergebnisse

4.1 Berechnungsergebnisse beider Ansätze

Für die untersuchten acht deutschen Städte zeigt sich, dass der Anteil der Bevölkerung, welcher innerhalb einer 300 m Luftlinienentfernung eine Grünfläche von größer 1 ha erreicht, durchschnittlich bei 81,4 % liegt (Tabelle 1). Bei einer Netzwerkanalyse mit einer 500 m Wegstrecke wird im Mittel ein Versorgungsgrad erreicht, der nur geringfügig darunterliegt (80,3 %). Der Unterschied zwischen Netzwerkanalyse und Flächenpufferung beträgt hierbei in absoluten Werten ausgedrückt ca. 110.000 Einwohner. Die Spannweite der Differenzen innerhalb der untersuchten Stichprobe reicht von +7,4 % (Potsdam) bis -7,0 % (München).

Tabelle 1: Fußläufige Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen in ausgewählten Städten Deutschlands – absolute und relative Berechnungsergebnisse

Gemeinden	Erreichbarkeit von Grünflächen für die Bevölkerung									
	Netzwerkanalyse		Flächenpufferung (Luftlinie)							
	500 m Wegdist.		300 m		350 m		400 m		450 m	
	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]
Hamburg	1.337.978	78,4	1.325.036	77,6	1.434.966	84,1	1.516.896	88,9	1.579.412	92,5
München	1.082.225	80,3	988.920	73,3	1.087.567	80,7	1.165.007	86,4	1.221.294	90,6
Essen	510.406	90,1	499.260	88,1	522.589	92,3	537.744	94,9	548.757	96,9
Dresden	3 93.693	76,7	364.918	71,1	401.721	78,3	431.615	84,1	454.082	88,5
Braunschweig	176.435	72,7	184.722	76,1	201.777	83,2	215.704	88,9	226.459	93,3
Saarbrücken	156.541	89,0	164.985	93,9	169.902	96,6	172.512	98,1	173.925	98,9
Potsdam	129.925	83,3	141.414	90,7	147.702	94,7	151.597	97,2	154.313	99,0
Heidelberg	110.294	75,1	117.797	80,3	125.761	85,7	132.100	90,0	137.177	93,5
Ges. Mittelw.	3.897.497	80,3	3.787.052	81,4	4.091.986	87,0	4.323.175	91,1	4.495.419	94,1

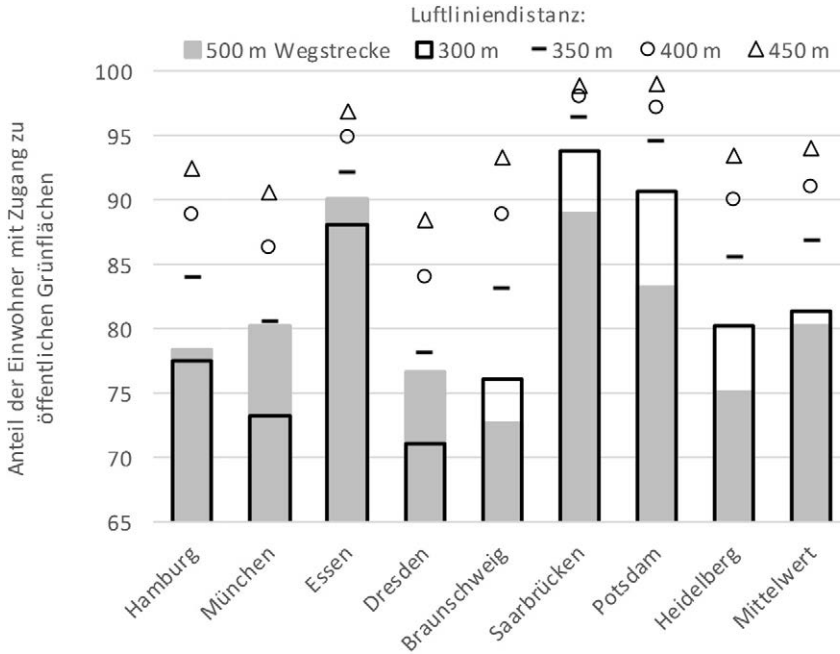


Abb. 1: Fußläufige Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen in ausgewählten Städten Deutschlands – Vergleich der Ergebnisse auf Basis von Netzwerkanalyse und Flächenpufferung

In Hamburg sind die Ergebniswerte bei 300 m Luftlinie und 500 m Wegstrecke nahezu gleichauf (Abb. 1). Dagegen stimmen die Resultate beider Verfahren für München bei einer Distanz von 350 m fast überein. In allen untersuchten Städten liegt der auf der realen Wegstrecke basierende Indikatorwert innerhalb der Wertespanne der Flächenpufferung (300-350 m). Die untersuchten Großstädte mit einer Einwohnerzahl kleiner 250.000 erreichen einen Wert unterhalb der 300 m Luftliniendistanz. Für die Ableitung statistischer Zusammenhänge ist der Stichprobenumfang allerdings noch zu gering.

Die Unterschiede zwischen beiden Ansätzen können großmaßstäbig auf Quartiersebene gut nachvollzogen werden. Ein Ausschnitt für den Münchener Stadtteil Laim (Abb. 2) zeigt, wie über eine Einbeziehung realer Wegstrecken von 500 m die Erreichbarkeit von Grünflächen im Vergleich zur 300 m Luftlinie erhöht wird. Weiterhin ist der höhere Detailgrad einer Netzwerkanalyse durch die Modellierung des Einzugsgebiets entlang einbezogener Wege ersichtlich, sodass z. B. an Gebäudekomplexe angrenzende Bahngleise als Barriere und eine Brücke erschließend wirken.



Abb. 2: Einzugsgebiete von Grünflächen basierend auf Netzwerkanalyse und Flächenpufferung

4.2 Verifizierung der Luftliniendistanz für eine fußläufige Wegstrecke

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass die auf Verwendung pauschaler Luftliniendistanzen basierenden Ergebnisse sich denen realer Wegstrecken annähern, im Einzelfall aber auch deutlich abweichen können. Ausgehend vom Mittelwert zeigt sich, dass der Unterschied in der Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen zwischen beiden Ansätzen sowohl absolut als auch relativ bei einer Luftliniendistanz von 300 m am geringsten ist. Es ist jedoch anzunehmen, dass es bei einer für deutsche Großstädte repräsentativen Stichprobe zur Verschiebung von Indikatorausprägungen kommen kann. Für eine Modellierung von realen Wegen mittels Luftlinie werden die verwendete Wegstrecke in HANDLEY et al. (2003) um 25 % und in SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (2013) um 10 % reduziert. Die Ergebnisse auf Basis der im Beitrag untersuchten Fallstädte können diese Größen nicht bestätigen. Divergente Abweichungen im Einzelfall deuten auf naturräumlich und siedlungsstrukturell bedingte Unterschiede in den Ergebnissen beider Ansätze hin. Auf die Empfehlung einer Luftliniendistanz, die für den betrachteten Indikator im Ergebnis auf gesamtstädtischer Ebene einer Wegedistanz von 500 m möglichst nahekommt, wird daher verzichtet.

4.3 Vergleich der Ansätze Netzwerkanalyse und Flächenpufferung

Die Netzwerkanalyse bildet die realen Wegstrecken zur Erreichbarkeit der Grünflächen ab und ist damit per se einer pauschalen Annäherung durch Luftliniendistanzen vorzuziehen. Allerdings ist einzuschränken, dass das in der Netzwerkanalyse ermittelte Einzugsgebiet in Einzelfällen nicht vollständig modelliert wird (modellierungsbedingte Lücken in Randbereichen des Einzugsgebiets, keine garantierte vollständige Erfassung aller Fußwege, speziell von Trampelpfaden sowie Nichtberücksichtigung von Bundesstraßenquerungen mittels Lichtsignalanlagen (LSA), da im Basis-DLM nicht vorhanden). Dies haben wir unter Hinzunahme von digitalen Orthophotos des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie festgestellt. Auch die Zeitverzögerung beim queren von Straßen (Umlaufzeit von LSA) und Wegepräferenzen werden mit dem verwendeten Wegedistanzansatz nicht berücksichtigt.

Beide Verfahren werden mit ihren spezifischen Eigenschaften in der Tabelle 2 vor dem Hintergrund einer Anwendung für den Indikator „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“ zusammenfassend gegenübergestellt. Die Einstufungen und Aussagen leiten sich aus unseren Erfahrungen der Anwendung ab. Auf zentrale Inhalte des Kriteriums „Anforderungen an Datengrundlage“ wird zum besseren Verständnis kurz erläuternd eingegangen. Die NWA stellt höhere Ansprüche an die thematische Auflösung der Daten als die FP, da zusätzlich zu den Grünflächen auch Wege- und Straßeninformationen enthalten sein müssen. Weiterhin ist eine lagegenaue und vollständige Wege- und Straßenerfassung von Nöten. Lageungenauigkeiten wirken sich beispielsweise durch ausbleibende Wegverknüpfungen in der NWA stärker auf das Indikatorergebnis aus, als ein minimaler Versatz von Grünflächen in der FP. Demnach ist eine sehr hohe räumliche Auflösung für die Daten der NWA erforderlich.

Tabelle 2: Gegenüberstellung ausgewählter Kriterien der Ansätze Netzwerkanalyse und Flächenpufferung

Kriterium	Flächenpufferung (FP)	Netzwerkanalyse (NWA)
Anforderungen an Datengrundlage	hoch mittlere thematische und hohe räumliche Auflösung	sehr hoch hohe thematische und sehr hohe räumliche Auflösung
Aufwand für Berechnung	mittel Pufferung von Grünflächen und Erfassung potenzieller Nachfrage in Pufferflächen	sehr hoch Berechnung von Einzugsgebieten für Grünflächen mittels Netzwerkanalyse und Erfassung potenzieller Nachfrage innerhalb von Einzugsgebieten
Berücksichtigung von Barrieren	gering indirekte Berücksichtigung über verringerte Pufferdistanz (Luftlinie) im Vergleich zur realen Wegelänge	mittel – hoch direkte Berücksichtigung von Barrieren und realen Wegelängen ist nur bei vollständiger Wegeerfassung gegeben
Fallanzahl für Untersuchung (bei vertretbarem Aufwand)	sehr hoch Berechnung von Fallzahl <1.000 ist problemlos möglich	gering Berechnung von Fallzahl >20 ist mit hohem Aufwand verbunden (Entwicklung automatisierter Lösung sinnvoll)

5 Resümee

Im Rahmen des Grün- und Weißbuchprozesses (BMUB 2015a) sowie in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (BMUB 2015b) werden von Politik und Naturschutz Forderungen nach einer quantitativ und qualitativ ausreichenden Grünausstattung in den Städten formuliert. Zur Umsetzung dieser Bestrebungen sind belastbare Indikatoren von zentraler Bedeutung. Ein erster Schritt ist die Formulierung von Zielgrößen zur Grünausstattung pro Einwohner auf gesamtstädtischer Ebene (HAASE et al. 2012, DOBBS et al. 2014). Die Kombination von Grünflächengrößen mit fußläufigen Wegedistanzen ermöglicht eine detailliertere Interpretation der Grünausstattung in Städten. Auf Basis bundesweit anwendbarer Indi-

katoren lassen sich mittels Luftliniendistanzen fußläufige Wegstrecken relativ einfach modellieren und die Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen ermitteln (GRUNEWALD et al. 2016b). Diese Vorgehensweise stellt für eine bundesweite Anwendung auf Gemeindeebene (alle Großstädte) eine effektive Methodik dar. Hierbei können ohne größeren Aufwand, unabhängig von aufwendig zu erhebenden Straßen- und Wegedaten und vorbehaltlich bestehender Unsicherheiten Aussagen zur Grünerreichbarkeit getroffen werden.

Die Anwendung der Netzwerkanalyse zur Abbildung realer Wegedistanzen erlaubt es, die „fußläufige Erreichbarkeit“ von öffentlichen Grünflächen als eine Maßzahl zur Berechnung des spezifischen ÖSL-Indikators ortsgenauer zu berechnen und darzustellen. Erste eigene Auswertungen für acht deutsche Großstädte können als eine Prototyp-Anwendung verstanden werden. Die vorgestellte Methodik lässt sich mit hochauflösenden Daten wie z. B. OpenStreetMap grundsätzlich auch für internationale Großstädte anwenden.

Der Vergleich mit pauschalen Luftliniendistanzen ergab moderate Abweichungen. Bei einer Verkürzung der Wegstrecke auf 300 m Luftlinie, um Barrieren pauschal zu berücksichtigen, fällt der Indikatorwert im Vergleich zur NWA im Mittel kaum abweichend aus. Demzufolge ist die Verwendung der 300 m Luftliniendistanz zu Abschätzungszwecken der fußläufigen Grünerreichbarkeit auf gesamtstädtischer Ebene eine gute Annäherung.

Nichtsdestotrotz sollte zukünftig ein Indikator zur Erreichbarkeit städtischer Grünflächen tatsächliche Wegstrecken berücksichtigen, da realitätsnähere Ergebnisse erzielt werden, wenn das städtische Wegenetz vollständig erfasst ist. Ein weiterer Vorteil im Vergleich zum luftlinienbasierten Ansatz ist die Beachtung von Wegeoptimierungen, d. h. das Einzugsgebiet von Grünflächen kann z. B. mit dem Bau von Wegen bzw. Zugängen zu Grünflächen oder der Beseitigung von Barrieren erweitert werden. Damit können Gemeinden mit geringen innerstädtischen Freiflächenpotenzial die Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen positiv durch eine verbesserte Erschließung von Grünflächen beeinflussen.

Literatur

- ALBERT, C., BURKHARD, B., DAUBE S. et al. (2015), Empfehlungen zur Entwicklung eines ersten nationalen Indikatorsets zur Erfassung von Ökosystemleistungen. Diskussionspapier, BfN-Skripten 410, Bonn.
- BBSR (2015), Forschung im Blick 2015|2016 – Jahresbericht des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/Forschung-im-Blick-15-16_DL.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (27.01.2015).
- BMUB (2015a), Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün, Berlin.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf (17.12.2015).
- BMUB (2015b), Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 4. Auflage, Berlin.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf (07.01.2016).
- BMVBS (2013), Nahversorgung in ländlichen Räumen. BMVBS-Online-Publikation 02/2013.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON022013.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (07.01.2016).

- COMBER, A., BRUNSDON, C. & GREEN, E. (2008), Using a GIS-based Network Analysis to Determine Urban Greenspace Accessibility for Different Ethnic and Religious Groups. *Landscape and Urban Planning*, 86, 103-114.
- DOBBS, C., KENDAL, D. & NITSCHKE, C. R. (2014), Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and socio-demographics. *Ecological Indicators*, 43, 44-55.
- EUROPEAN COMMISSION (2001), Towards a Local Sustainability Profile – European Common Indicators. Report. Belgium, 43 S.
- GRUNEWALD, K., HEROLD, H., MARZELLI, S., MEINEL, G., RICHTER, B., SYRBE, R.-U. & WALZ, U. (2016a), Konzept nationale Ökosystemleistungs-Indikatoren Deutschland – Weiterentwicklung, Klassertypen und Indikatorenkennblatt. *Naturschutz und Landschaftsplanung* (im Druck).
- GRUNEWALD, K., RICHTER, B., HEROLD, H., MEINEL, G. & SYRBE, R.-U. (2016b), Entwicklung nationaler Indikatoren zur „Erreichbarkeit von öffentlichen Grünflächen“ für die Bewertung der Ökosystemleistung „Erholung in der Stadt“. *Naturschutz und Landschaftsplanung* (im Druck).
- HAASE, D., SCHWARZ, N., STROHBACH, M., KROLL, F. & SEPPELT, R. (2012), Synergies, Trade-offs, and Losses of Ecosystem Services in Urban Regions: an Integrated Multiscale Framework Applied to the Leipzig-Halle Region, Germany. *Ecology & Society*, 17, 102-123.
- HANDLEY, J., PAULEIT, S., SLINN, P., LINDLEY, S., BAKER, M., BARBER, A. & JONES, C. (2003), Providing accessible natural greenspace in towns and cities: a practical guide to assessing the resource and implementing local standards for provision.
- LA ROSA, D. (2014), Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context. *Ecological Indicators*, 42, 122-134.
- MORAR, T., RADOSLAV, R., SPIRIDON, L., PĂCURAR, L. (2014), Assessing Pedestrian Accessibility to Green Space Using GIS. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, 10 (42), 116-139. <http://www.rtsa.ro/tras/index.php/tras/article/view/94> (16.11.2015).
- MOSELEY, D., MARZANO, M., CHETCUTI, J. & WATTS, K. (2013), Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace. *Landscape and Urban Planning*, 116, 1-12.
- NEUMEIER, S. (2013), Modellierung der Erreichbarkeit öffentlicher Apotheken – Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung. Thünen Working Paper 14, Braunschweig.
- RITTEL, K., BREDOW, L., WANKA, E. R., HOKEMA, D., SCHUPPE, G., WILKE, T., NOWAK, D. & HEILAND S. (2014), Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume. BfN-Skripten 371, Bonn.
- SCHWARZE, B. (2005), Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung. Arbeitspapier 184, Dortmund. <https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript371.pdf> (05.01.2016).
- SENATSWERKSTÄTTE FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (2013), Versorgung mit öffentlichen, wohnungsnahen Grünanlagen, Umweltatlas Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/ka605.pdf (14.05.2015).
- STAATSBETRIEB GEOBASISINFORMATION UND VERMESSUNG SACHSEN (2007), Objekte und Attribute der Spitzenaktualität im NDM (entsprechend ADV-Beschluss). http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/dlm/download/AAA_Spitzenaktualitaet.pdf (28.01.2016).