

**Urbaner Wald, urbane Lebensqualität -  
Die vielfältigen Ökosystemleistungen urbaner  
Wälder sichtbar machen**

**– Ein Handlungsleitfaden –**

**Marion Jay, Andy Selter, Matthias Wurster und Ulrich Schraml**

**Arbeitsbericht 01/2016**

**ISSN 1865-3863**



**Im Auftrag des**

Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat III-3

**Unter Mitarbeit**

der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Wald und Gesellschaft

**Bearbeitung und Redaktion**

Dr. Marion Jay<sup>1)</sup>, Dr. Andy Selter<sup>1)</sup>, Matthias Wurster<sup>2)</sup>, Prof. Dr. Ulrich Schraml<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Forst- und Umweltpolitik

<sup>2)</sup> Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Wald und Gesellschaft

Berlin/Freiburg im August 2015

**Zitiervorschlag**

Jay, M., Selter, A., Wurster, M., Schraml, U., (2016): Urbaner Wald, urbane Lebensqualität. Die vielfältigen Ökosystemleistungen urbaner Wälder sichtbar machen – Ein Handlungsleitfaden. Arbeitsbericht 01/2016, Professur für Forst- und Umweltpolitik, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Anmerkung: Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	5
1 Warum Indikatoren für Ökosystemleistungen? .....	6
1.1 Ökosysteme und Ökosystemleistungen .....	6
1.2 Urbane Waldökosysteme .....	8
1.3 Urbane Waldökosystemleistungen sichtbar machen .....	9
1.4 Handlungsleitfaden für urbane Wälder in NRW .....	11
2 Urbaner Wald: Der besondere Wald.....	14
2.1 Luftreinhaltung.....	14
2.2 Temperaturregulierung .....	15
2.3 Klimaschutz: CO <sub>2</sub> -Aufnahme und CO <sub>2</sub> -Speicherung.....	16
2.4 Pufferung von Extremereignissen: Quantitative Regulierung des Wasserhaushalts .	17
2.5 Wasserfilterung: Qualitative Regulierung des Wasserhaushalts .....	18
2.6 Erosions- und Bodenschutz .....	19
2.7 Erholung und Gesundheitsförderung .....	19
2.8 Bildung und Umweltbildung .....	22
2.9 Lebensraum für Pflanzen und Tiere.....	22
3 Leistungen sichtbar machen: Überblick des Moderationsprozesses.....	23
4 Indikatoren für Ökosystemleistungen in urbanen Wäldern .....	26
5 Verwendung im kommunalen Kontext.....	39
5.1 Erkenntnisse aus dem Projekt .....	39
5.2 Umsetzung in Kommunen .....	40
5.3 Fazit: Ökosystemleistungen und zukunftsfähige Gestaltung des urbanen Waldes....	43
6 Weiterführende Literatur .....	44
7 Anhang.....	48

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1. Ökosystemleistungen als Grundlage menschlichen Wohlergehens.....</i>	<i>6</i>
<i>Abbildung 2. Beschreibung der verschiedenen Schritte des Moderationsprozesses.....</i>	<i>24</i>

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1. Berücksichtigte Ökosystemleistungen nach Kategorien.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabelle 2. Berücksichtigte Ökosystemleistungen und die dazu erarbeiteten Indikatoren .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 3. Karten- und Datenquellen .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 4. Verfahren für eine Darstellung von Ökosystemleistungen urbaner Wälder im kommunalen Kontext .</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 5. Beteiligungsmomente verschiedener Organisationen und Akteure .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 6. Liste der an der Studie beteiligten Einrichtungen.....</i>	<i>48</i>

## **Vorwort**

Der vorliegende Handlungsleitfaden wurde im Rahmen der Studie „Weiterentwicklung von Indikatoren für Ökosystemleistungen der urbanen Wälder in Nordrhein-Westfalen anhand der vier Pilotstädte Bochum, Essen, Remscheid und Köln“ erstellt, die zwischen Dezember 2013 und September 2015 im Auftrag des Ministeriums für Klima, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde.

Er ist das Ergebnis eines beteiligungsorientierten, diskursiven Prozesses, auf den in den kommenden Kapiteln näher eingegangen wird. Diesem partizipativen Ansatz entsprechend haben im Laufe der Jahre 2014 und 2015 zahlreiche Akteure, Expertinnen und Experten aktiv an der Studie mitgewirkt. Sie standen als Gesprächspartner zur Verfügung, haben mit ihrem Fachwissen zu den Recherchen beigetragen, waren wichtige Ansprechpartner für Datenerhebung sowie Datenanalyse und nahmen an Arbeitstreffen und –tagungen teil. Für diese Unterstützung sei ihnen an dieser Stelle herzlich gedankt.

Die in diesem Handlungsleitfaden dokumentierte fachübergreifende Diskussion zu Waldökosystemleistungen leitet eine Reflexion der urbanen Waldnutzungen von morgen sowie ihrer Gestaltung in Nordrhein-Westfalens Städten ein. Der intensive Austausch der Beteiligten hierzu kann und sollte fortgeführt werden, um dauerhaft Visionen für urbane Wälder nicht nur in NRW, sondern auch in anderen dicht besiedelten Regionen Deutschlands und Europas zu entwickeln und umzusetzen.

Berlin, Februar 2016

# 1 Warum Indikatoren für Ökosystemleistungen?

## 1.1 Ökosysteme und Ökosystemleistungen

Ökosysteme sind die Grundlage für alle menschlichen Aktivitäten und eine Vielzahl von Nutzen, die Wohlergehen und Lebensqualität der Menschen beeinflussen. Diese Nutzen, die Menschen aus Ökosystemen ziehen, werden Ökosystemleistungen genannt (ÖSL; Synonym: Ökosystemdienstleistungen, im Englischen *ecosystem services*, synonym verwendet auch *ecosystem goods and services*). Im international breit anerkannten Millenium Ecosystem Assessment (MEA) werden sie in 4 Kategorien eingeteilt: Basisleistungen, Versorgungsleistungen, Regulierungsleistungen und Soziokulturelle Leistungen. Wie diese mit dem menschlichen Wohlergehen zusammenhängen, zeigt Abb. 1.



Abbildung 1. Ökosystemleistungen als Grundlage menschlichen Wohlergehens, Auszug aus „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“ (2012)

## Box I. Ökosysteme, Ökosystemleistungen

Ein Ökosystem wird definiert als „dynamischer Komplex von Gemeinschaften aus Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen sowie deren nicht lebender Umwelt, die als funktionelle Einheit in Wechselwirkung stehen“ (Biodiversitätskonvention 1992). Ökosystemleistungen stellen den vielfältigen Nutzen dar, den Menschen aus den Ökosystemen ziehen (MEA, 2005). Der Nutzen von Ökosystemen für die Menschen entsteht durch die Kombination von Naturkapital mit gebautem, sozialem und menschlichem Kapital (Daniel et al., 2012). Ökosystemleistungen stellen dabei den Beitrag des Naturkapitals dar.

Die Ansprüche der Menschen an die Ökosysteme der Erde werden voraussichtlich immer weiter wachsen. Gleichzeitig verzeichnen viele Studien eine zunehmende Degradation der Ökosysteme (MEA, 2005). Während Menschen vielfältige Nutzen aus den Ökosystemen ziehen, verursachen sie gravierende Verschlechterungen des Zustands der Ökosysteme. Umweltverschmutzung, Zerstörung von Wald- oder Moorökosystemen, Artenschwund, abnehmende Fischbestände in den Ozeanen, Veränderung der Kohlenstoff-, Schwefel- oder Stickstoffkreisläufe sind Beispiele dafür.

Fundierte Entscheidungen zur Gestaltung und Nutzung der natürlichen Ressourcen können den Beitrag von Ökosystemen zu menschlichem Wohlergehen unterstützen. Um die dafür notwendige Wissensgrundlage zu liefern, wurden im Rahmen des Millennium Ecosystem Assessment die Ökosysteme der Erde im Hinblick auf Zustand, Gefährdungen und Potentiale evaluiert.

In der Europäischen Union wurde in der Biodiversitätsstrategie 2020 das Ziel der „Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystemen und Ökosystemdienstleistungen“ verankert. Die entsprechende Maßnahme 5 sieht vor, bis 2014 den Zustand der Ökosysteme und die Ökosystemleistungen zu kartieren und zu bewerten. Bislang haben nur wenige Mitgliedsstaaten diese Maßnahme erfolgreich umgesetzt.

2007 riefen Deutschland und die Europäische Union die TEEB-Studie (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*) ins Leben mit dem Ziel, die vielfältigen Werte der Natur besser sichtbar zu machen. Insbesondere sollen dabei der ökonomische Wert der Natur besser eingeschätzt und eine bewusste Einbindung von Ökosystemleistungen in Entscheidungsfindungsprozesse erreicht werden. Der deutsche Beitrag zur internationalen TEEB-Studie, „Naturkapital Deutschland“, fasst auf nationaler Ebene Untersuchungen zum Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft zusammen (TEEB, 2013).

## 1.2 Urbane Waldökosysteme

„Städte sind auf die Natur und ihre Leistungen angewiesen.“, so stellt der TEEB-Bericht für kommunale und regionale Entscheidungsträger fest und rückt damit den urbanen Raum in den Vordergrund (TEEB, 2013). Die deutsche TEEB-Studie nimmt in einem eigenen „Stadtbericht“ die „Naturleistungen in der Stadt“ unter die Lupe und dokumentiert diese. Urbane Wälder, als Wälder in oder im Umfeld von Städten und Räumen, die sich durch Urbanität kennzeichnen (s. Box II und Box III), nehmen dabei einen besonderen Platz ein. Als komplexe Ökosysteme sind sie natürliche Grundlage für vielfältige Ökosystemleistungen, die der Bevölkerung beispielsweise in Form von sauberem Wasser, gesundem Stadtklima, Brennholz oder Freiflächen für ihre Freizeit und Erholung bereitstehen. Sie tragen erheblich zum physiologischen, sozialen und ökonomischen Wohlbefinden der urbanen Bevölkerung bei.

Dieser Bedeutung von Wäldern für die Lebensqualität in urbanen Räumen wird auf europäischer Ebene in verschiedenen politischen Prozessen und Programmen zunehmend Rechnung getragen. Der EU-Forstaktionsplan unterstrich 2006 in der „Schlüsselaktion 12“ die Bedeutung der „Untersuchung des Potentials von Wäldern in und im Umfeld von Städten“ (Europäische Kommission, 2006). Die Kommission und die Mitgliedsstaaten sollen dabei „Methoden zur Bewertung der gesellschaftlichen und sozialen Einflüsse von Wäldern in und in unmittelbarer Nähe von Städten prüfen und anwenden, um geeignete, langfristige Indikatoren und feste Leitlinien für künftige Investitionen und Verwaltungsformen zu erstellen; Strukturen ermitteln, um örtliche Gemeinde und nicht traditionelle Interessengruppen bei der Planung, Anlage, Verwaltung und Nutzung von städtischen und stadtnahen Wäldern zu beteiligen“ (ibid., S. 11).

### Box II. Was ist urban?

Urbane Räume sind durch ihre im Vergleich zum ländlichen Umland höhere Dichte an Einwohnern, Infrastrukturen und Funktionen gekennzeichnet, außerdem durch spezifische historische und soziokulturelle Aspekte sowie urbane Lebensweisen (Bläser et al., 2012, S. 14). Urbane Wälder können entsprechend anhand der Entfernung zu einem Stadtgebiet (administrative Grenzen) oder zum städtischen Verkehrsnetzwerk in Zusammenhang mit der Bevölkerungsdichte und der Dichte an Infrastrukturen und Dienstleistungen identifiziert werden. In Deutschland, wie in Europa, leben über 70% der Menschen in einem urban geprägten Raum. In Nordrhein-Westfalen, wo ca. 18 Millionen Menschen leben, liegen auch 14 Städte über 100.000 Einwohner und einige der größten Städte und Metropolregionen Deutschlands gemessen an der Einwohnerzahl, wie Köln, Düsseldorf oder die Ruhr-Region.



In der europäischen COST-Aktion FP1204 namens „GreenInUrbs“ werden qualitative und quantitative Daten zu Ökosystemleistungen von grünen Infrastrukturen und urbanen Wäldern erhoben, insbesondere in den Bereichen Klima/Klimaanpassung, Wasserregulierung, Energie, sozialen und kulturellen Leistungen sowie sozialer Verteilung von Ökosystemleistungen. Anhand von Vergleichen der Governance-Strukturen und Praktiken in Planung und Management in verschiedenen Ländern werden Handlungsempfehlungen für eine Maximierung der Leistungen entwickelt (GreenInUrbs, 2014).

### Box III. Urbane Wälder: Wald, Bäume oder Grüne Infrastruktur?

Noch werden viele Begriffe nebeneinander verwendet, wenn es darum geht, Grün, Natur und Wald in urbanem Raum zu beschreiben und zu gestalten. Welche Elemente urbane Wälder umfassen, kann unterschiedlich verstanden werden. Eine enge Definition von urbanem Wald betrachtet nur mit Forstpflanzen bestockte Flächen, wie Wald auch im Sinne des deutschen Bundeswaldgesetzes definiert wird, während eine breitere Auffassung auch kleinere Baumgruppen, individuelle Bäume und assoziierte Vegetation und Freiflächen berücksichtigt. Der Begriff der Grünen Infrastruktur unterstreicht, dass eine Grünfläche keine einzelne städtische Dienstleistung darstellt sondern vielmehr ein Element einer gesamten Infrastruktur ist. Um eine grüne Infrastruktur zu schaffen und zu erhalten, die vielfältige Ökosystemleistungen nachhaltig erbringen kann, sind entsprechend langfristige Investitionen nötig.

## 1.3 Urbane Waldökosystemleistungen sichtbar machen

Handlungsempfehlungen sowie die fundierte Berücksichtigung von Ökosystemleistungen in Entscheidungsfindungsprozessen setzen also das Vorhandensein einer Informationsgrundlage voraus.

Für urbane Wälder ist die Versorgungsleistung mit dem Rohstoff Holz, da entsprechend mit Daten und ökonomischen Werten belegt, vergleichsweise gut dokumentiert. Auch im Bereich Artenschutz und Biodiversität existieren bereits eine Vielzahl von Kennzahlen sowie verbindliche Instrumente, die Informationen für Planung und Politik sowie für die Öffentlichkeit geben.

Weitere Leistungen jedoch, die für die Lebensqualität der Menschen in Großstädten von hoher Bedeutung sind, werden noch unzureichend dokumentiert. Dies trifft insbesondere für Regulierungsleistungen und soziokulturelle Leistungen zu, wie zahlreiche Studien unterstreichen. Zwar sind viele Aspekte der Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt

durch regulierende (z.B. Stadtklima) und soziokulturelle Leistungen (z.B. Erholung) qualitativ gut beschrieben. Eine quantitative Beschreibung und räumliche Darstellung in Form von Karten als Grundlagen von Politik und Planung bzw. für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit ist dennoch meist nicht spezifisch für urbane Wälder vorhanden.

Probleme, die sich bei Versuchen einer Dokumentation, quantitativen Bewertung und räumlicher Darstellung solcher Leistungen stellen, sind verschiedener Natur. Zum einen ist die Wissenslage teilweise noch lückenhaft und vorhandene Modellierungen und Fallstudien sind oft nicht übertragbar. Zum anderen ist die Datenbasis nicht immer in geeigneter Form und dem richtigen Maßstab vorhanden oder erhebbbar. Schließlich sind manche Ökosystemleistungen nicht räumlicher Natur, was eine Darstellung erschwert.

#### Box IV. Räumliche Darstellung von Ökosystemleistungen

Zur räumlichen Darstellung von Ökosystemleistungen wird in der Literatur wiederholt betont, dass Karten ein großes Potential insbesondere für die Bewusstseinsförderung und Kommunikation zu ÖSL in der breiten Öffentlichkeit und gegenüber der Politik besitzen. Karten erlauben zudem eine Analyse von Synergien und potentiellen Konflikte zwischen der Bereitstellung verschiedener Leistungen auf einer und derselben Fläche. Bei der räumlichen Planung unterstützen sie die Priorisierung von Flächen und somit die Entwicklung von Handlungspläne und Maßnahmen. Allerdings sind Karten mit Vorsicht zu verwenden und zu interpretieren. Sie werden immer von den an der Entstehung der Karte Beteiligten in Inhalt und Form geprägt und können verzerrte Wahrnehmungen hervorrufen. Was und wie mit der visuellen Darstellung argumentiert wird, sollte berücksichtigt werden.

Für alle Ökosystemleistungen, die nicht direkt gemessen werden können oder sollen, sind Indikatoren entsprechend wichtig. Indikatoren sind Anzeiger für Phänomene, für welche keine umfassenden und ausführlichen Feldmessungen möglich oder notwendig sind. Indikatoren unterstützen die Beschreibung und visuelle Darstellung in Form von Karten. Sie können zeigen, welche Wälder ein hohes Potential für eine Erhaltung und Aufwertung der Qualität des Lebens im Wohnumfeld aufweisen und wo in diesem Sinne investiert werden sollte.

## Box IV. Waldfunktionen und Ökosystemleistungen

Traditionell ist in der Forstwirtschaft und –wissenschaft der Ansatz der Waldfunktionen weit verbreitet, um die verschiedenen gesellschaftlichen Ansprüche an Wald abzubilden. Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen sind in §1 BWaldG verankert und werden im Rahmen der Waldfunktionenkartierung in den Ländern räumlich dokumentiert. Hierbei werden gesetzlich oder fachlich festgelegte Kriterien genutzt (s. Leitfaden zur Waldfunktionenkartierung, 2003).

Waldfunktionen sind der rechtlich verankerte Ausdruck eines allgemeinen Leistungsanspruchs der Gesellschaft. Die tatsächlichen Ansprüche der lokalen Bevölkerung werden nicht abgebildet. Auch die tatsächliche Leistungsfähigkeit des Ökosystems Wald wird dadurch nicht berücksichtigt. Somit sind Waldfunktionen nicht mit Ökosystemleistungen gleichzusetzen: letztere entstehen, wenn ein „ökologisches Leistungsangebot auf gesellschaftliche Leistungsansprüche treffen“ (Bürger-Arndt, 2013:27), also wenn ein Nutzen für die Menschen entsteht (s. Box I). Nichtsdestotrotz zeigen viele Parallelen zwischen Waldfunktionen und Ökosystemleistungen, dass beide Ansätze sich fruchtbar ergänzen können, um auf räumlicher lokaler Ebene die Vielfalt der Mensch-Wald-Beziehungen vom gesetzlichen Anspruch bis hin zur individuellen alltäglichen Nutzung zu dokumentieren und zu steuern.

Daten zu vielen Aspekten der wichtigen Ökosystemleistungen urbaner Wälder sind zum Teil vorhanden: Daten zu Wasserqualität, Temperaturen- oder Windmessungen, Versiegelungs- und Landnutzungsdaten oder auch Daten zu Boden- und Vegetationseigenschaften. Viele dieser Daten, wenn sie miteinander in Zusammenhang gebracht werden, können zur besseren Sichtbarkeit von Ökosystemleistungen beitragen.

Eine Beschreibung der Ökosystemleistungen urbaner Wälder, ob qualitativ oder quantitativ, sowie ihre räumliche Visualisierung in Karten können helfen, den Lebensqualitätsfaktor „urbaner Wald“ sichtbarer zu machen, das Engagement der mit der Pflege und Bewirtschaftung betrauten Fortfachleute zu würdigen und damit Freiräume für eine Waldbewirtschaftung zu schaffen, die den Ansprüchen eines urbanen Raums und seiner Bewohner Rechnung trägt.

### **1.4 Handlungsleitfaden für urbane Wälder in NRW**

Gerade in den urbanen Räumen in Nordrhein-Westfalen, wo viele Menschen wenig Wald zur Verfügung haben, ist einerseits der Nutzungsdruck hoch – für Brennholz oder Erholung beispielsweise –, andererseits steht Wald auch in Konkurrenz mit anderen Flächennutzungen. Angesichts teils sehr knapper Ressourcen in verschuldeten Gemeinden sowie eines oftmals

fehlenden Bewusstseins für die vielfältigen Leistungen urbaner Wälder stehen kommunale Forstverwaltungen vor großen Herausforderungen.

Mit dem Ziel, die vielfältigen Ökosystemleistungen des urbanen Waldes sichtbarer zu machen, haben in den letzten Jahren verschiedene Akteure aus NRW, darunter die Forstfachleute der Kommunen, die in der Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald vertreten sind, Erfahrungen zu den Nutzungen, Konflikten und Handlungsspielräume der urbanen Waldgestaltung ausgetauscht.

Seit 2010 untersuchten verschiedene Studien, vom Ministerium für Klima, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt, welche Bedeutung das Ökosystem Wald für Städte und ihre Bevölkerung besitzt und welche besonderen Ökosystemleistungen im Vergleich zu ländlichen Gebieten im Vordergrund stehen. Darauf aufbauend erarbeiteten zahlreiche Akteure und Experten aus verschiedenen Einrichtungen (Vgl. Tab. 6 im Anhang) konkrete Indikatoren für Ökosystemleistungen im Rahmen eines partizipativen Prozesses, der von Januar 2014 bis Mai 2015 von der Professur für Forst- und Umweltpolitik der Universität Freiburg begleitet, moderiert und dokumentiert wurde.

Der vorliegende Handlungsleitfaden ist das Ergebnis dieses diskursiven Prozesses. Gefördert vom MKULNV und unterstützt durch die Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald, zielte dieser darauf ab, durch die Beteiligung von lokalen Experten, die relevanten Themen der Großstädte herauszuarbeiten, passende Indikatoren auszuwählen und Möglichkeiten ihrer Kommunikation zu erörtern.

Dabei standen die regulierenden und soziokulturellen Leistungen des Waldes, als der besondere Beitrag des urbanen Waldes zur Lebensqualität in der Stadt, im Mittelpunkt der Diskussionen. Die betrachteten Ökosystemleistungen werden in Kapitel II näher beschrieben. Dennoch sind weitere Leistungen, insbesondere der Natur- und Artenschutz, auch in der Stadt von großer Bedeutung. Deshalb werden Indikatoren für diese Ökosystemleistungen im vorliegenden Handlungsleitfaden ebenfalls beschrieben. Diese werden allerdings aus vorhandener Forschung und Praxis übernommen und waren nicht primärer Gegenstand der Diskussionen im Laufe des Vorhabens.

Kapitel III widmet sich der steckbriefartigen Beschreibung der einzelnen Indikatoren, die aus dem Diskussionsprozess hervorgegangen sind. Diese nutzen das Potential vorhandener Datensätze, es wurden keine neuen Daten erhoben. Die vorgestellte Indikatorenliste ist nicht als abgeschlossene Liste zu verstehen, sondern kann und sollte, einhergehend mit aktuellen Diskursen, und Herausforderungen sowie wissenschaftlichen Erkenntnissen, weiterentwickelt

werden. Die aktuelle Version liefert einen ersten Baustein zur besseren Darstellung der vielfältigen Verbindungen zwischen urbanen Wäldern und menschlichem Wohlergehen in Städten in NRW.

Dieser Diskussionsprozess ist heute nicht abgeschlossen, sondern wurde durch die moderierten Arbeitstreffen in neuer Qualität angeregt. Die Erkenntnisse aus den interdisziplinären Diskussionen werden hier den Städten in NRW und anderen Regionen bei ihrer eigenen Dokumentation und Beurteilung der Potentiale urbaner Wälder zugänglich gemacht. Im letzten Kapitel dieses Handlungsleitfadens finden Kommunen eine Hilfestellung und Vorschläge für die Verwendung der Indikatoren im kommunalen Kontext.

## 2 Urbaner Wald: der besondere Wald

Um den Zusammenhang zwischen urbanem Wald und urbaner Lebensqualität besser darzustellen, fokussiert dieser Leitfaden auf die regulierenden und soziokulturellen Leistungen des Ökosystems Wald (Tab. 1). Welche Mechanismen dahinter stehen und welche Wirkung Wald auf Lebensqualität haben kann, wird im Folgenden für die einzelnen Ökosystemleistungen erörtert.

*Tabelle 1. Berücksichtigte Ökosystemleistungen nach Kategorien*

Kategorie nach MEA und TEEB	Ökosystemleistungen
Regulierungsleistung	Luftreinhaltung
Regulierungsleistung	Temperaturregulierung
Regulierungsleistung	Klimaschutz – Kohlenstoffspeicherung
Regulierungsleistung	Pufferung von Extremereignisse – Quantitative Regulierung des Wasserhaushalts
Regulierungsleistung	Wasserfilterung – Qualitative Regulierung des Wasserhaushalts
Regulierungsleistung	Erosionsschutz – Bodenschutz
Soziokulturelle Leistung	Erholung und Gesundheitsförderung
Soziokulturelle Leistung	Bildung und Umweltbildung
Basis- bzw. Habitatleistungen	Lebensraum für Pflanzen und Tiere

### 2.1 Luftreinhaltung

Innerstädtische Bäume, Freiräume und Pflanzen haben eine wichtige lufthygienische Wirkung. Sie nehmen Gase auf, wie Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (CO und CO<sub>2</sub>) und flüchtige organische Komponenten. Außerdem lagern sich Feinstäube, sogenannte Partikel – English: *particulate matters* – kleiner als 10 Mikrometer (PM<sub>10</sub>), die zum Beispiel durch Kraftfahrzeugverkehr oder Industrie in die Luft emittiert werden, auf Blättern oder der Rinde von Ästen und dem Stamm ab (passive

Deposition). Dies gilt allgemein für Wälder (Beitrag zur Reduzierung der sogenannten Hintergrundbelastung) und insbesondere für Bäume und Baumbestände in der Nähe (ca. 200 m) von Emittenten wie Privatkraftfahrzeugen auf stark befahrenen Straßen (Nowak et al., 2013; Matzarakis, 2008).

Allerdings können Bäume auch zur Produktion von Ozon beitragen. Sie leiden zudem teilweise stark unter der Luftverschmutzung. Insgesamt sollte der Beitrag der urbanen Wälder zur Luftreinhaltung nicht überschätzt werden: dieser kann keine gesamtgesellschaftliche, wirkungsvolle Strategie zur Verringerung des Ausstoßes von Luftschadstoffen ersetzen.

In Bezug auf die Deposition von Feinstaubpartikeln sind geschlossene Baumbestände aufgrund ihrer rauen Oberfläche und der entsprechenden Luftströmungen dennoch wesentlich wirkungsvoller als Offenlandstrukturen. Hohe Bäume weisen mit einer größeren Krone eine höhere Depositionsfläche auf als niedrige Bestände und Sträucher. Immergrüne Arten und Nadelbäume bzw. Laubbäume mit großer, rauer oder behaarter Blattoberfläche sind effektiver als Laubbäume bzw. Bäume mit glatter Blattoberfläche (Becket et al, 1998; Matzarakis, 2008).

Für die Aufnahme von Stickoxiden sind wiederum Laubbäume sowie Bäume mit glatten Blättern effektiver. Es ist entsprechend schwierig, für die Luftreinhaltung effektive und allgemeingültige Waldbaualternativen und Waldbilder zu identifizieren (Forum Die Grüne Stadt 2008).

## **2.2 Temperaturregulierung**

Bäume tragen zur Temperaturreduzierung durch Transpiration und Abschattung bei, sie beeinflussen die Luftfeuchtigkeit durch Verdunstung und verringern die Windgeschwindigkeit aufgrund ihrer rauen Oberfläche. Baumbestände urbaner Wälder beeinflussen die Temperaturverhältnisse in der Stadtregion durch Zufuhr von Kaltluft. Sie beeinflussen auch die Mikrozirkulation der Luftmassen zwischen Freiraum und Umgebung und können eine nächtliche temperatursenkende Wirkung im Zusammenhang mit benachbarten bebauten Flächen haben (Reduzierung der Effekte von Wärmeinseln). Der Waldboden, als Puffer im Wasserkreislauf, kann dies unterstützen, indem er Wasser für die erhöhte Transpiration der Gehölze in Insellagen in den Siedlungen bereitstellt.

Die Kühlungsleistung urbaner Wälder ist für Städte insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel und den zu erwartenden höheren Temperaturen von Bedeutung. Erhöhte

Wärmeinseleffekte werden vor allem in den Innenstädten erwartet. Die tatsächliche Kühlungswirkung ist unter anderem abhängig von den makroräumlichen und mikroräumlichen meteorologischen Verhältnissen sowie der Topografie und den Luftleitbahnen. Auch spielen Gebäudeeigenschaften (z.B. Oberflächenmaterial) oder Bodenversiegelung eine wesentliche Rolle (Matzarakis, 2008; Kropp et al., 2009; Mathey et al., 2011).

Genau quantifizierbare Aussagen sind dabei aufgrund der Komplexität der Mechanismen der Stadtklimaregulation ohne lokale empirische Erhebungen kaum zu treffen. Als wirksam gegen Wärmeinseln erscheinen vor allem Wälder ab einer Größe von 1 ha bis 2,5 ha (je nach Literaturquelle). Die Kühlung erfolgt dann meist im nahen Umfeld, je nach Größe des Waldes zwischen 150 m und 300m Entfernung (u.a. Tyrväinen et al., 2005:94).

Eine Dauerbestockung sowie der Aufbau von gestuften, geschlossenen aber noch winddurchlässigen Beständen erscheinen als sinnvolle waldbauliche Orientierung. Dennoch sind lokal neben dem Waldbau vor allem Relief, Windverhältnisse, Versiegelungsgrad des Umfelds und Gebäudeeigenschaften von großer Relevanz für die Temperaturverhältnisse.

### **2.3 Klimaschutz: CO<sub>2</sub>-Aufnahme und CO<sub>2</sub>-Speicherung**

Klimawandel und Klimaschutz sind nicht nur global, sondern auch lokal für Städte ein wichtiges Handlungsfeld. In Nordrhein-Westfalen haben viele Städte eigene Klimaschutzziele formuliert und Strategien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, insbesondere CO<sub>2</sub>, entwickelt. Bäume und Wälder tragen zum Klimaschutz bei, indem sie CO<sub>2</sub> durch Photosynthese und Holzbildung aus der Atmosphäre aufnehmen und Kohlenstoff langfristig einlagern. Dabei speichern große Bäume bis zu 1.000 Mal mehr Kohlenstoff als kleine Bäume, Sträucher speichern nur etwa 4% des Kohlenstoffs, der in Bäumen gespeichert wird. Verschiedene Wälder (Laub-, Nadel- oder Mischwälder) zeigen verschiedene Durchschnittswerte für CO<sub>2</sub>-Speicherung, zwischen ca. 68 (Laubwald) und ca. 98 MgC/ha (Auenwald). Die Übertragbarkeit solcher empirischen Werte aus Fallstudien ist allerdings begrenzt (Strohbach und Haase, 2013; Elsasser, 2008).

Auch im Waldboden sowie in Holzprodukten wird Kohlenstoff langfristig gespeichert. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden zudem durch die stoffliche Substitution anderer Materialien durch Holz (die Produktion von Holzprodukten ist weniger energieaufwendig als die Produktion



anderer Materialien) und durch die energetische Substitution (Nutzung von Holz als klimafreundlichen Energieträger anstatt fossiler Energieträger) reduziert (MKULNV, 2013).

## **2.4 Pufferung von Extremereignissen: Quantitative Regulierung des Wasserhaushalts**

Die Wasserretention im Waldboden spielt für verschiedene Ökosystemleistungen eine entscheidende Rolle:

- Einfluss auf Transpiration und Kühlungspotential (Wasser, das Gehölzen und Pflanzen in Insellagen innerhalb der Wohngebiete bei Trockenzeit zur Verfügung steht und erhöhte Transpiration ermöglicht)
- Einfluss auf Wasserqualität durch Reduzierung der Schadstoffeinträge
- Pufferung von Starkregenereignissen

Durch Abflussreduktion und temporäre Wasserspeicherung wird die Wirkung von Hoch- oder Niedrigwasser sowie von Starkregenereignissen (mehr als 5 Liter Regen innerhalb von 5 Minuten pro Quadratmeter) gepuffert (FAO, 2003). Die Abflussreduktion erfolgt durch Infiltration (Einsickern), Absorption (Aufnahme) und Evaporation (Verdunstung und Transpiration). Auf der Ebene kleiner Einzugsbereiche und für kleine Hochwasserereignisse kann Wald eine wichtige regulierende Rolle spielen. Außerdem bewirkt die Abflussreduktion durch urbane Wälder eine Entlastung der Abwasserkanäle und Entwässerungsinfrastrukturen sowie eine Reduzierung der Kosten des städtischen Entwässerungssystems.

Die Wasserretention wird durch die Wahl der Baumarten beeinflusst. Aufgrund der unterschiedlichen ganzjährigen Interzeptionswerte wird Laubwald als günstiger für ein hohes nutzbares Wasserangebot -im Vergleich zu Nadelwäldern- betrachtet. Die Reduzierung von Beeinträchtigungen -durch Vermeidung von Kahlschlägen sowie den Einsatz bodenschonender Ernteverfahren und entsprechende Verfahren des Forstwegebbaus (Vermeidung der Anlage von Rampen bei Rückegassen, Verwendung unbedenklicher Baumaterialien bei Forstwegen usw.)- sind zudem besonders wichtig.

## **2.5 Wasserfilterung: Qualitative Regulierung des Wasserhaushalts**

Aufgrund seiner Wasserretentionskapazität ist Wald die günstigste Landnutzungsform im Hinblick auf Grundwasserqualität. Dies ist einerseits auf die geschlossenen Stoffkreisläufe im naturnahen Wald (keine Stoffentnahmen und -zugaben durch häufiges Ernten, Düngen oder Bodenbearbeitung) und auf eine höhere Reinigungswirkung eines Waldbodens zurückzuführen. Im naturnahen Wald bildet sich auf Grund der fehlenden Bodenbearbeitung eher ein fein strukturierter und biologisch aktiverer Boden aus. In einem fein strukturierten Boden kann das Sickerwasser enger mit Stoffen adsorbierender Bodenmaterialien - wie Tonmineralien oder Humus - in Kontakt kommen. Zudem können dem Sickerwasser auf Grund der besseren Durchwurzelung mehr Nährstoffe entzogen werden. Durch Abflussreduktion (geringer Oberflächenabfluss durch Interzeption der Niederschläge, Verdunstung und Speicherung im Waldboden) ist das Auswaschen von Schadstoffen - wie Düngemittel und Staubpartikel - reduziert.

Dieser Reinigungsfunktion des Waldbodens wirken jedoch die teilweise erhöhten Schadstoffeinträge durch atmosphärische Deposition entgegen. Die Eintragsmenge wird u.a. von Faktoren wie der Luftbelastung, dem Auskämmeffekt der Baumkronen und den Windverhältnissen bestimmt (Dohlen, 2006).

Die Baumartenzusammensetzung sowie die Intensität und Frequenz der Holznutzung beeinflussen die Qualität und Quantität des Grundwassers. Laubwald und eine geschlossene Bodenbedeckung wirken sich positiv auf den Wasserhaushalt aus. Die Nutzung von Naturverjüngung, Femelhiebe, die Vermeidung von Kahlschlägen sowie Bevorzugung von langen Produktionszeiträumen sind zudem wichtig. Auch sind bei Forstwegebau und Holznutzung bodenschonende Verfahren zu wählen, um die Qualität von Boden und Wasser nicht zu beeinträchtigen. Letztendlich ist aber die Trinkwasserqualität abhängig von geologischen, klimatischen Bedingungen, von den spezifischen Bodenmerkmalen, von den menschlichen Landnutzungen, den Veränderungen von Boden und Vegetation sowie den Schadstoffeinträgen im Umfeld. Quantitativ fällt die Grundwasserneubildung unter Wald meist geringer aus als unter anderen Landnutzungsformen (Heeg et al. 2004).

## **2.6 Erosions- und Bodenschutz**

Der Boden unter Wald ist allgemein weit weniger erosionsgefährdet als unter anderen Landnutzungsformen wie z.B. der Landwirtschaft. Die Wirkung des Waldes hinsichtlich Wassererosion und Rutschungsgefahren steht im Zusammenhang mit der Verwurzelung des Bodens sowie der Wasserentnahme durch Niederschlagsinterzeption in der Baumkrone, Wasserspeicherung und Verdunstung. Erosion durch Wasser wird aber auch durch den Niederschlag und seine Erosivität, die Erosionsanfälligkeit des Bodens, die Topografie sowie durch die Hangneigung und –länge sowie die Bodenbedeckung beeinflusst.

Die Waldbewirtschaftung und das gewählte Holzernteverfahren beeinflussen die Erosionsschutzwirkung: Reinbestände und eine hohe Dichte an Drainage- oder Weginfrastruktur im Wald wirken sich tendenziell negativ darauf aus, kleinflächige Hiebsformen sind wiederum vorteilhaft. In als „gut bewirtschaftet“ oder „natürlich“ bezeichneten Wäldern wird ein besserer Erosionsschutz erwartet als für andere Landnutzungstypen (Bredemeier et al., 2011). Außerdem spielen die unterschiedlichen Baumarten, die Bodenerschließung durch Wurzeln und Windlast beeinflussen, eine Rolle. Eine geschlossene, mehrschichtige Dauerbestockung, mit tief und intensiv wurzelnden Baum- und Straucharten, fördert stabile Bodenstrukturen.

## **2.7 Erholung und Gesundheitsförderung**

Der urbane Wald ist ein wichtiger, zugänglicher Freiraum für Naturerlebnis und Beobachtung, Sport und Bewegung, Begegnung, Rückzug und Schutz vor Lärm. Er trägt wesentlich zur Gesundheitsförderung und Gesundheitsvorsorge der Stadtbevölkerung bei, denn die Gesundheit im weiteren Sinne umfasst viel mehr als nur die Abwesenheit von Krankheit: Gesundheit ist laut der Weltgesundheitsorganisation „das psychische, physische und soziale Wohlbefinden“. Deshalb ist Gesundheit eng mit allen vorher beschriebenen ÖSL des urbanen Waldes verbunden und nicht als eine einzelne Ökosystemleistung abgrenzbar. Gute Luft, sauberes Trinkwasser, Schutz vor Rutschungsgefahren oder Starkregenereignissen, Kühlung bei Hitzewellen, Gesundheitsvorsorge durch Bewegung im Wald, Rückzugsmöglichkeiten in Ruhegebieten sind wichtige Aspekte von Wald und Gesundheit – insbesondere im urbanen Raum (Abraham, 2007). Zwei sogenannte soziokulturelle ÖSL

werden hier genauer betrachtet: die Tageserholung sowie der Schutz vor Lärm im urbanen Raum.

### Tageserholung

Durch das besondere Binnenklima (Ausgleich von Temperatur, Wind oder Sonnenstrahlung), die wahrgenommene Natürlichkeit und Ursprünglichkeit sowie vielfältig erlebbare Sinneseindrücke (optisch, akustisch, olfaktorisch) ist der Wald ein beliebter Ort für Tageserholung (Ensinger et al., 2012). Insbesondere im Stadtbereich, wo viele Menschen wenig natürliche Freiräume zur Verfügung haben, wird er gern aus unterschiedlichen Siedlungsbereichen mit den verschiedensten Verkehrsmitteln besucht. Die Entfernung von ca. 300 m vom Wohn- oder Arbeitsort wird oft als maximale fußläufige Distanz für eine Alltagsnutzung einer Grün- oder Waldfläche betrachtet. Diese ändert sich allerdings je nach Bevölkerungsgruppe (z.B. abhängig von Alter und Mobilität) (Vgl. Koppen et al., 2014; Buchecker et al., 2013; Kabisch et al., 2013).

Bei der Erreichbarkeit von Wäldern für die tägliche Erholung spielen folgende Merkmale eine Rolle:

- Räumliche Aspekte: externer und interner physischer Zugang zu Grünflächen.
- Nichträumliche Aspekte von Erreichbarkeit: Dies sind einerseits rechtliche Bestimmungen über den Zugang zu Grünflächen (Eigentümerverhältnisse und Zugangsberechtigungen), andererseits soziale/kulturelle/sozio-psychologische Faktoren, die den Zugang oder die Beziehung zum Wald beeinflussen und von Alter, Gender, sozioökonomischem Status, kulturellem Hintergrund usw. bestimmt werden.
- Grünraumquantität: Wie viele Flächen von welcher Größe befinden sich in welcher Entfernung zu Siedlungen?
- Grünraumqualität: welche Merkmale zeichnen diese Fläche aus:
  - Vegetationsmerkmale (Baumartenmischung, Bestandesstrukturen, wie Altersmischung, Sträucheranteile usw.),
  - Pflegemerkmale (Pflege der Vegetation, Ordnung/Unordnung z.B. Reisig, Sträucher, am Boden liegende Äste, Spuren von Maschineneinsatz, Sauberkeit/Müll usw.),
  - Geländeeigenschaften (Relief, Wasserläufe und Seen, Ausblicke),
  - innere Erschließung (Wege, Wanderwege, Wege zu einem Ausblick, zu einer Wirtschaft usw. – s. auch räumliche Erreichbarkeit).

Waldbaulich sind vor allem die Vielfalt und der Abwechslungsreichtum der Waldbilder wichtige Merkmale für die Attraktivität von Waldgebieten für Tageserholung (Struktur- und Artenvielfalt, strukturierte Waldinnen- und Außenränder, Erhalt alter Einzelbäume und markanter oder historischer Bäume und Waldstrukturen). Aufforstungen in Siedlungsnähe sowie die besondere Gestaltung der Waldzugänge wirken sich zudem auf die Tageserholungsnutzung aus. Beispielsweise können Waldränder und Zugänge attraktiv für unterschiedliche Altersgruppen (jüngere, ältere Erholungssuchende) oder Nutzergruppen (Spaziergänger mit Hunden, Sportler, Naturbeobachter) gestaltet werden. Die Erschließung der Waldflächen ist zudem von besonderer Bedeutung. Verschiedene Nutzungsarten können dabei berücksichtigt werden (z.B. Rad-, Fuß- oder Reitwege).

### Ruhegebiete

Im urbanen Raum ist Lärm ein bedeutendes Gesundheitsrisiko. Mit zu hohen Schalldruckpegeln kommen Beeinträchtigungen des Wohlbefindens, Konzentrations- und Schlafstörungen bis hin zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen einher. Über 50 dB fängt der Belästigungsbereich an, ab einer Intensität von 80 dB richtet Lärm Schäden an (LANUV, 2015). Der Umgebungslärm ist Lärm, der von Straßen-, Schienen- und Flugverkehr sowie Gewerbe und Industrie verursacht wird. Die Verkehrslärmbelastung ist dabei mit Abstand das größte Lärmproblem in den Städten. Auch ist eine allgemeine „Verlärmung“ aufgrund der Verkehrsnetzdicke und der großflächigen Lärmimmissionen in Ballungsräumen zu beobachten (Grüne Liga, 2009).

Bei entsprechender flächiger Ausdehnung können urbane Wälder eine Lärminderung bewirken, die in Dezibel gemessen werden kann. Sie wirken sich auch auf das subjektive Lärmempfinden positiv aus, wenn sie von der Sicht auf eine Lärmquelle abschirmen, da dadurch die Wahrnehmung von Lärm und das Störepfinden verringert werden (FVA, 2015).

Allerdings ist die Lärminderung stark vom Aufbau des Waldes abhängig. Dichte Wälder in jungem Alter können möglicherweise Lärm besser dämmen als ältere Wälder mit wenig Unterstand, da dann Geräusche sehr weit verhallen und somit weit von der Lärmquelle noch wahrgenommen werden können.

## **2.8 Bildung und Umweltbildung**

Bildung und insbesondere Umweltbildung finden nicht nur in Gebäuden, sondern auch im urbanen Wald statt: das Lernen mit der und über die Natur und die Entwicklung von kognitiven, motorischen, sozialen und emotionalen Kompetenzen werden ganz wesentlich durch bestimmte Angebote sowie durch allgemeine Naturerfahrungen im Wald gefördert. Zahlreiche pädagogische und psychologische Untersuchungen legen eine positive Wirkung von solchen Wald-, Wildnis- und Naturerfahrungen - insbesondere für Kinder und Jugendliche - nahe.

Abgesehen von Naturerfahrungs- oder Erlebnisräumen im engeren Sinne, die eine bestimmte Grünflächenkategorie für das unbeaufsichtigte Toben und Spielen von Kindern und Jugendlichen bezeichnen, bieten urbane Waldflächen meist ähnliche wichtige Merkmale: Im Vergleich zu städtischen Parkanlagen haben sie oft eine deutlich größere Ausdehnung und sind frei von gestaltenden Spielelementen und Infrastrukturen. Gerade Industriewälder wie im Ruhrgebiet werden als lokale Besonderheit mit großem Naturerfahrungspotential betrachtet (Stopka und Rank, 2013).

Aber auch Wald- und Naturschulen, mit ihren gezielten pädagogischen Angeboten wie außerschulischem Unterricht und Führungen, bilden einen von Schuleinrichtungen, Kindergärten, Familien und Einzelpersonen gerne genutzten Schwerpunkt der Bildung und Umweltbildung im urbanen Raum (Heuser, 2007). Wälder um diese Bildungsknotenpunkte sind intensiv genutzte Flächen für Naturerfahrung und Naturbildung, insbesondere in einem engeren Umkreis von ca. 2 km (ausgehend von 1- bis 2-stündigen Spaziergängen, s. Tageserholung).

## **2.9 Lebensraum für Pflanzen und Tiere**

Wälder in und um Städte spielen eine herausragende Rolle für die Erhaltung schützenswerter Lebensräume, Arten und Prozesse. Sowohl groß- als auch kleinräumige Waldflächen können dabei von Bedeutung sein. Die Wirkung von urbanem Wald liegt unter anderem in der potentiellen Standortvielfalt, der Strukturvielfalt und der im Vergleich zu anderen städtischen Grünflächen oder zum landwirtschaftlich genutzten Offenland extensiven Form der Bewirtschaftung begründet. Gesetzlich werden verschiedene Schutzkategorien auf Bundes- und Landesebene festgelegt, die vom gesetzlichen Artenschutz, über Naturdenkmäler, Naturschutzgebiete bis hin zu Natura-2000-Gebieten reichen (s. FVA, 2015).

## **3 Leistungen sichtbar machen: Überblick des Moderationsprozesses**

Für die im vorherigen Kapitel beschriebenen Waldökosystemleistungen werden Indikatoren vorgeschlagen, die sowohl auf lokaler als auch auf regionaler Ebene im Laufe eines interdisziplinären Diskussionsprozesses erarbeitet wurden. Auf lokaler Ebene waren die Städte Bochum, Essen, Remscheid und Köln als Pilotstädte integriert, während auf regionaler Ebene die Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald, einem Zusammenschluss von kommunalen Forstfachleuten aus über 20 nordrhein-westfälischen Städten, als Hauptdiskussionspartner fungierte.

Zusammen mit den genannten Projektpartnern wurden in Arbeitstreffen Ökosystemleistungen identifiziert und mögliche Indikatoren für diese erarbeitet. In den Vor- und Nachbereitungsphasen der Treffen und Tagungen fanden Literaturrecherchen, Dokumentationen, Überarbeitungen der Indikatoren und Darstellungsversuche derselben statt. Diese dienten wiederum als Grundlage für die jeweils nächste Diskussionsrunde mit den Experten.

In der Einstiegsphase wurde das Projektdesign den forstlichen Akteuren der vier Pilotstädte und der Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald vorgestellt. Anschließend wurden in jeder Stadt Gespräche mit Experten der Fachbereiche (Leiter der Forstbezirke, Revierleiter, Grünamtsleiter) sowie weiterer Ämter der städtischen Verwaltungen (Geoinformatik, Umweltamt) durchgeführt. Somit konnten die jeweiligen Erwartungen an das Projekt und seine angestrebten Ergebnisse sowie die Relevanz der verschiedenen Themenbereiche in Erfahrung gebracht werden. Außerdem wurde eine erste Liste von Ökosystemleistungen und Indikatoren, entstanden während einer Vorstudie unter Beteiligung der Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald, anhand der Expertengespräche und unter Einbeziehung weiterer Fachliteratur überarbeitet.

### Lokale Arbeitstreffen. Verschiedene Sichtweisen und Expertisen bündeln

Als zentraler Baustein des Moderationsprozesses fungierten lokale Arbeitstreffen in den vier Pilotstädten: unter Beteiligung von Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Einrichtungen und Fachrichtungen wurden die Indikatoren in einem einheitlichen Bewertungsverfahren in Bochum, Essen, Remscheid und Köln systematisch diskutiert (jeweils einen halben bis ganzen Tag). Es beteiligten sich insgesamt über 40 Akteure aus folgenden Einrichtungen:

- Verwaltung (städtische, regionale, Landesebene)
- Forschungsinstitute, Hochschulen, Landesforschungsanstalt (LANUV)
- Umwelt- und Bildungseinrichtungen (z.B. Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Umweltbildungszentren wie Naturschulen, Biologische Stationen)
- Andere Einrichtungen (z.B. Energie- bzw. Wasserversorger, Wasserverband)

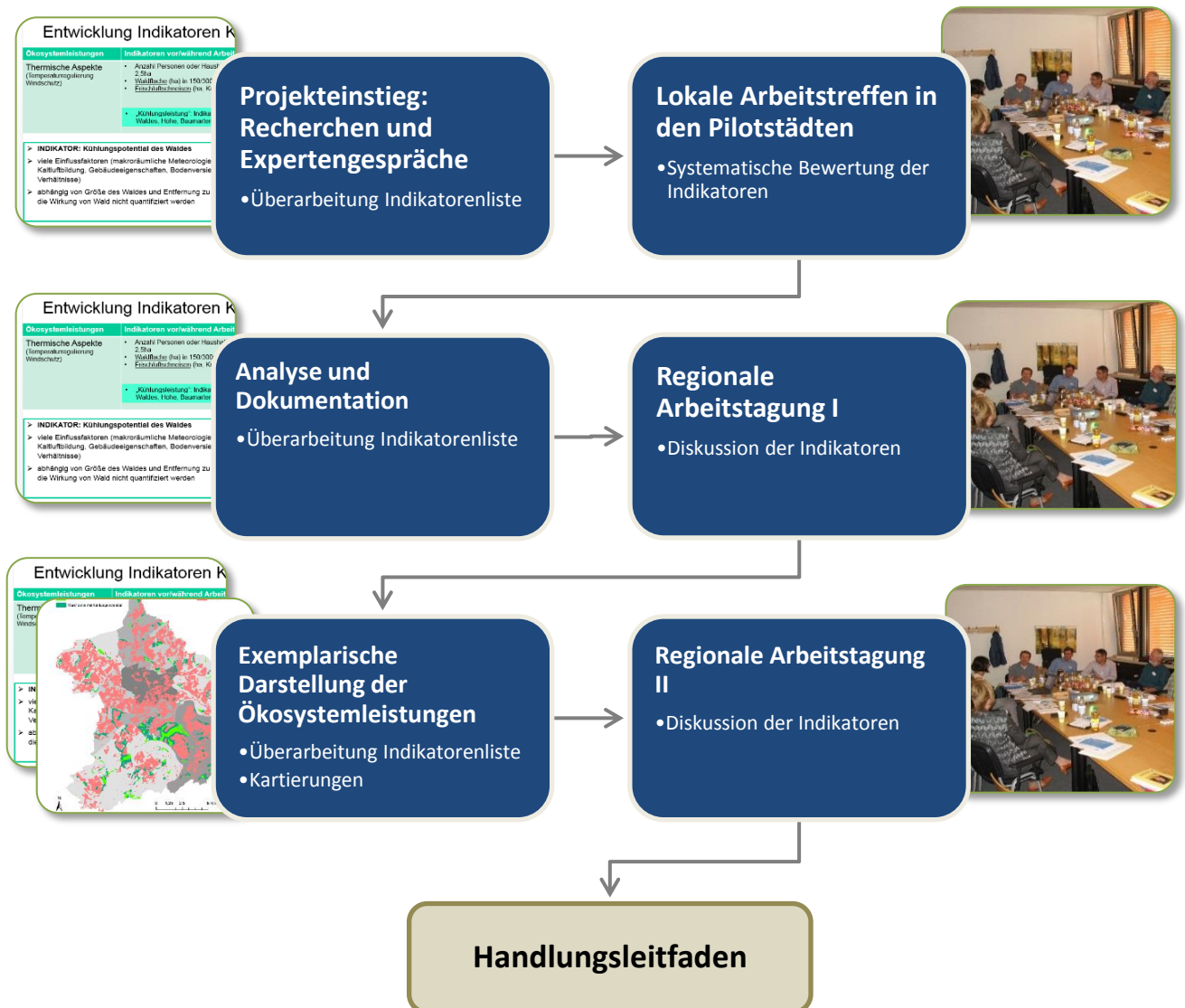


Abbildung 2. Beschreibung der verschiedenen Schritte des Moderationsprozesses

Die Arbeitstreffen lieferten viele Erkenntnisse zu den ÖSL und führten zur Aufnahme neuer Themen und auch entsprechender Indikatoren. Sie wurden in einem gemeinsamen Bericht dokumentiert.



### Regionale Arbeitstagung I. Diskussion der Einschränkungen und Chancen der Indikatoren

Die Arbeitstreffen zeigten aber auch deutlich, welche Schwierigkeiten mit einer räumlichen Darstellung von Ökosystemleistungen einhergehen. Im Rahmen einer ersten Arbeitstagung wurden deshalb die Ergebnisse der lokalen Arbeitstreffen reflektiert und die Herausforderungen und Chancen der jeweiligen Indikatoren diskutiert.

Die so noch weiter ausgearbeiteten Indikatoren wurden, wenn dies möglich war, exemplarisch in Fokusgebieten in einem Geographischen Informationssystem dargestellt ansonsten aber quantitativ oder qualitativ beschrieben. Dies setzte die Beschaffung der entsprechenden Datensätze und Prüfung ihrer Eignung für die Darstellung voraus. Bei diesem Schritt wurden weitere Experten für die konzeptionelle Vorarbeit zur kartographischen Darstellung sowie als zuständige Ansprechpartner für Daten einbezogen (insbesondere der Geologische Dienst NRW, das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW und die Professur für Landespflege der Universität Freiburg).

### Regionale Arbeitstagung II. Diskussion der Darstellungsbeispiele

Die Darstellungsbeispiele wurden während einer zweiten regionalen Arbeitstagung diskutiert. Fördern die Indikatoren die Kommunikation mit der städtischen Bevölkerung und den Entscheidungsträgern und das Bewusstsein für die vielfältigen Leistungen urbaner Wälder? Stärken sie die Position der Forstverwaltungen sowie die Rolle von Ökosystemleistungen in lokalen und regionalen Entscheidungsfindungsprozessen? Können Indikatoren von waldbezogenen Ökosystemleistungen ein nützliches Instrument für die Planung und Priorisierung von Handlungskonzepten und Maßnahmen in einer Stadt sein? Diese Fragen und die Überprüfung der Indikatoren im Einzelnen standen im Mittelpunkt der zweiten Arbeitstagung.

Dabei wurden pragmatische Lösungen zur Darstellung der Ökosystemleistungen urbaner Wälder gefunden, sodass der gesamte Diskussionsprozess wichtige Ergebnisse für die Verbesserung der Sichtbarkeit von Ökosystemleistungen urbaner Wälder lieferte.

## 4 Indikatoren für Ökosystemleistungen in urbanen Wäldern

Nachfolgend werden zehn Indikatoren für regulierende und soziokulturelle Leistungen präsentiert, die in der Zusammenarbeit mit den Akteuren entstanden sind. Weitere drei Indikatoren im Bereich des Naturschutzes werden zusätzlich aufgenommen, um der großen Bedeutung des Themas Naturschutz Rechnung zu tragen und so die Waldökosystemleistungen umfassender darzustellen (s. Tabelle 2). Diese werden im Folgenden einzeln in Form eines Steckbriefs vorgestellt. Sie enthalten jeweils Informationen zu den Schritten der Darstellung, zu den notwendigen Daten und ihrer Quelle, zu den Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten sowie zu den potentiell verknüpften kommunalen Handlungsfeldern, für die sich Synergien und gemeinsame Projekte ergeben können.

*Tabelle 2. Berücksichtigte Ökosystemleistungen und die dazu erarbeiteten Indikatoren*

Ökosystemleistungen	Indikatoren
Luftreinhaltung	○ Waldflächen mit Schadstofffilterpotential
Temperaturregulierung	○ Waldflächen mit Kühlungspotential
Klimaschutz	○ Kohlenstoffspeicherung in der Baubiomasse
Pufferung von Extremereignisse	○ Wasserspeicher Waldboden
Wasserfilterung	○ Grundwasserqualität unter Wald im Bereich von Trinkwassergewinnungsanlagen und Talsperren
Erosionsschutz – Bodenschutz	○ Bewaldete Steilhänge mit Erosionsschutzpotential
Erholung und Gesundheitsförderung	○ Erreichbarkeit von Wald ○ Erschließung von Wald ○ Ruhegebiete im Wald
Bildung und Umweltbildung	○ Umweltbildungsangebote im Wald
Naturschutz	○ Waldflächen unter Naturschutz ○ Vorkommnisse Planungsrelevanter Arten ○ Anteil des Totholzes am gesamten Holzvorrat/Anzahl ökologisch wertvoller Strukturen

Wenn eine Kartendarstellung der Ökosystemleistungen möglich ist, werden die Steckbriefe von Kartenbeispielen begleitet. Die konzeptionelle Vorarbeit zur Kartierung wurde von Frank Philipps und Dr. Thomas Kaphegyi, Professur für Landespflege der Universität Freiburg, unterstützt. Die Kartenbeispiele erstellte Herr Philipps in enger Zusammenarbeit mit der

Professur für Forst- und Umweltpolitik. Die Kartenbeispiele stellen teilweise einen Überblick eines Gesamtstadtgebiets und teilweise eine Detailansicht dar. Für manche Themenbereiche stellen die Kartenbeispiele nur den ersten Schritt der vorgeschlagenen kartographischen Umsetzungen dar, da die Indikatoren parallel zur Kartierung immer wieder in den Diskussionsprozessen weiterentwickelt wurden.

Die im Rahmen des Projekts durchgeführte Kartierung fokussiert auf die Wälder der Stadt Essen. Diese werden von der eigenbetrieblichen Einrichtung „Grün und Gruga“ betreut und können durch Forsteinrichtungsdaten charakterisiert werden (Datenquellen s. Tab. 3). Für die vereinfachte Veranschaulichung der Indikatoren im Steckbriefformat wurden zunächst die Waldflächen größer als 2,5 ha betrachtet, wobei im urbanen Raum auch kleinere Waldgebiete im Hinblick auf Ökosystemleistungen und Lebensqualität durchaus ein sehr hohes Potential aufweisen können.

***Tabelle 3. Karten- und Datenquellen***

Karten- und Datensätze	Quelle
Waldflächen, Waldfunktionenkartierung	Stadt Essen, Grün und Gruga, Forsteinrichtung
Karte der ÖPNV-Haltestellen und Parkplätze	Stadt Essen, Grün und Gruga; Geobasis NRW
Waldwegenetz	Stadt Essen, Grün und Gruga
Karte der Rad- und Fußwege	Stadt Essen, Grün und Gruga
Straßennetz und entsprechende DTV-Werte	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV)
Freizeit- und Erholungskarte	Geobasis NRW; Stadt Essen, Grün und Gruga
Karte mit den Wohnbausiedlungen	Geobasis NRW
Digitalisierte Bodenkarte	Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 075/2015
Erosionsgefährdungskarte mit Daten zur allgemeinen Bodenabtragsgleichung	Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 075/2015
Lärmkartierung	Stadt Essen, Umweltamt
Digitales Geländemodell	Geobasis NRW

## Waldflächen mit Schadstofffilterpotential

Identifizierung und Darstellung von Waldflächen mit besonderem Schadstofffilterpotential, da sie in der Nähe von stark befahrenen Straßen liegen. [Annahme: ab DTV=10.000 wird ein nahes Waldstück interessant im Hinblick auf die Deposition/Filterung von Luftschadstoffen]

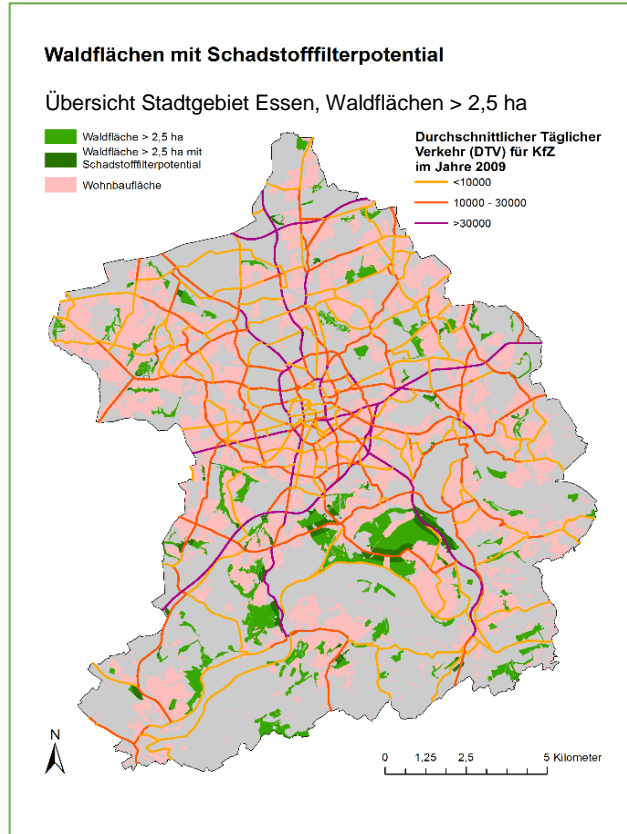
### GIS-Arbeiten

Straßen anhand der Werte des Durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) in Stufen klassifizieren:

geringes Verkehrsaufkommen	DTV ≤ 10.000
mittleres Verkehrsaufkommen	10.000 < DTV < 30.000
hohes Verkehrsaufkommen	DTV ≥ 30.000

Pufferung und Markierung der Waldflächen mit einem Pufferabstand von 200m von den Straßen mit mittlerem und hohem Verkehrsaufkommen (s. Kartenbeispiel)

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde
Straßennetz und entsprechende DTV-Werten	LANUV NRW



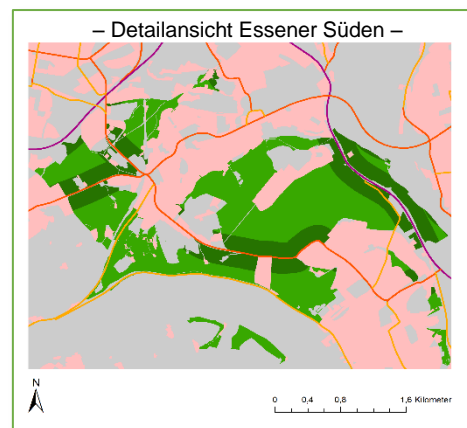
### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Potentialanalyse:

Durch Verschneidung mit insbesondere Windrichtungsdaten und Topografie kann das entsprechende Potential von Wald kleinräumig differenziert werden.

#### Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Anhand einer Verschneidung mit Daten über die Bevölkerung (Dichte, Alter) und Sozialstruktur (räumlich erhobenen Indikatoren zur sozialen Lage) wird eine Einschätzung des Handlungsbedarfs möglich. Diese kann als Grundlage für Maßnahmen, z.B. im Hinblick auf die sozialräumliche Konzentration von gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen, dienen.



### Verknüpfte Handlungsfelder

Luftreinhalteplanung, Lebensqualität, Gesundheit, Umweltgerechtigkeit

## Waldflächen mit Kühlungspotential

Identifizierung und Darstellung der räumlichen Verteilung von Waldflächen, die Potential im Hinblick auf Kühlung von Wohngebieten, Stadtzentren etc. haben.

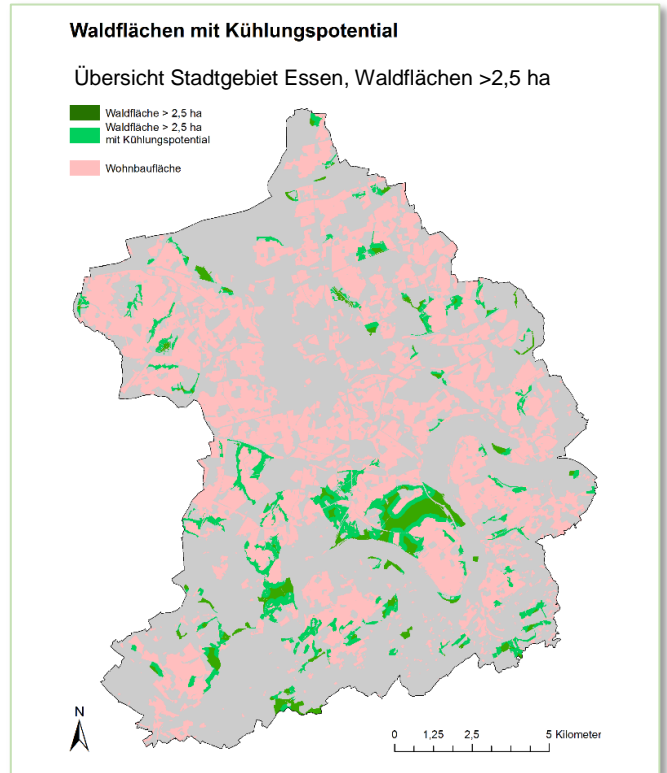
### GIS-Arbeiten

1. Ermittlung der Waldflächen ab 1 ha und entlang eines Größengradienten:

Kleine Waldfläche mit Wirkradius 150m	1 ha – 2,49 ha
Mittlere Waldfläche mit Wirkradius 150m	2,5 ha – 9,99 ha
Große Waldfläche mit Wirkradius 300m	10 ha und größer

2. Verschneidung mit den Siedlungen mit einem Puffer von 150m (s. Kartenbeispiel) resp. 300m Luftlinie um die Waldflächen von 1 bis 9,99 ha resp. ab 10 ha.

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde
Karte mit den Siedlungen	Geobasis NRW, Gemeinde



### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Potentialanalyse:

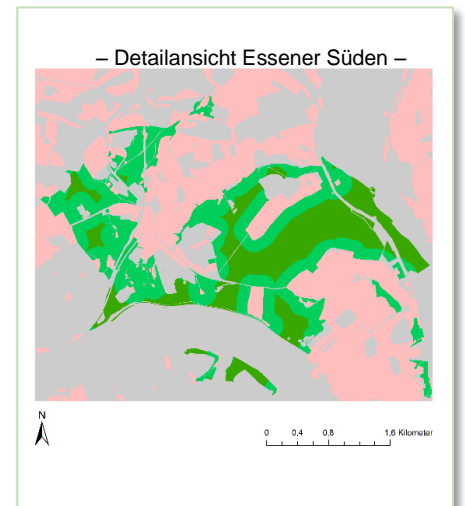
Anhand einer Verschneidung mit der Karte der Wasserspeicherkapazität des Waldbodens können jene Waldflächen ermittelt werden, die ein höheres Transpirations- und somit Kühlungspotential im Hinblick auf Wärmeinseln besitzen.

#### Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Anhand einer Verschneidung mit Daten zur Bevölkerung (z.B. Dichte, Alter) sowie mit Daten aus den Stadtklimamodellen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie auch Kaltluftleitbahnen, Relief, Gebäudeeigenschaften, Bodenversiegelung) und Daten zu sensiblen Einrichtungen (bspw. Altersheime), können Handlungsbedarfe abgeleitet werden.

#### Freiraumplanung und grüne Infrastruktur:

Abwechslung von Wald mit anderen Freiräumen wie Wiesen oder Wasserflächen (Kaltluftentstehung) berücksichtigen.



### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität, Klimawandel und Klimaanpassung, regionale Klimaanalysen/Klimatopkarten, demographischer Wandel (Vulnerabilität von bestimmten Gruppen hinsichtl. Folgen des Klimawandels)

## Kohlenstoffspeicherung in der Baubiomasse im Wald

Gesamte Kohlenstoffspeicherung in der Baubiomasse im Wald in der jeweiligen Stadt in Tonnen CO<sub>2</sub>.

### Berechnung

Langfristiges Mittel des jährlich erzielbaren Zuwachses, als Durchschnitt für die gesamten Waldflächen oder Durchschnitt für verschiedene, jeweils lokal definierte Waldbaualternative/Bestände.

Berechnungsgrundlage: ca. 1,10m<sup>3</sup> Holz waldfrisch gemischt entsprechen 1 Tonne CO<sub>2</sub> (1 Tonne CO<sub>2</sub> = 0,27 Tonnen C) (s. Wald und Klimaschutz NRW)

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Zuwachsdaten des Waldes	Region/ Forstbetrieb

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Differenzierung des Kohlenstoffspeicherpotentials:

Auf der Grundlage bspw. von Umrechnungsfaktoren für Derbholzvolumen (m<sup>3</sup>) verschiedener Baumarten in Baubiomasse (m<sup>3</sup>) können Kohlenstoffspeichervermögen unterschiedlicher Baumarten berechnet werden (s. Elsasser 2008). Nach Konversion der Baubiomasse in C-Masse (t) können die Nutzungen (Holzentnahme) durch Berücksichtigung des gesamten Nutzungspotentials oder des ermittelten Einschlags mit in die Berechnungen einbezogen werden.

Durch Einbezug der Kohlenstoffspeicherung in der Blattmasse, Strauch- und Krautschicht sowie im Boden und durch Berechnung der Substitution durch Kaskadennutzungen kann die Kohlenstoffspeicherung im Wald umfassender dargestellt werden.

#### Inwertsetzung:

Im Hinblick auf eine mögliche politische Entwicklung hin zu CO<sub>2</sub>-Zertifikaten für Wälder, könnten Berechnungen der Kohlenstoffspeicherung langfristig für eine ökonomische Inwertsetzung verwendet werden.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Klimawandel, Klimaschutz, Klimaziele oder Konventionen der einzelnen Städte.

## Wasserspeicher Waldboden

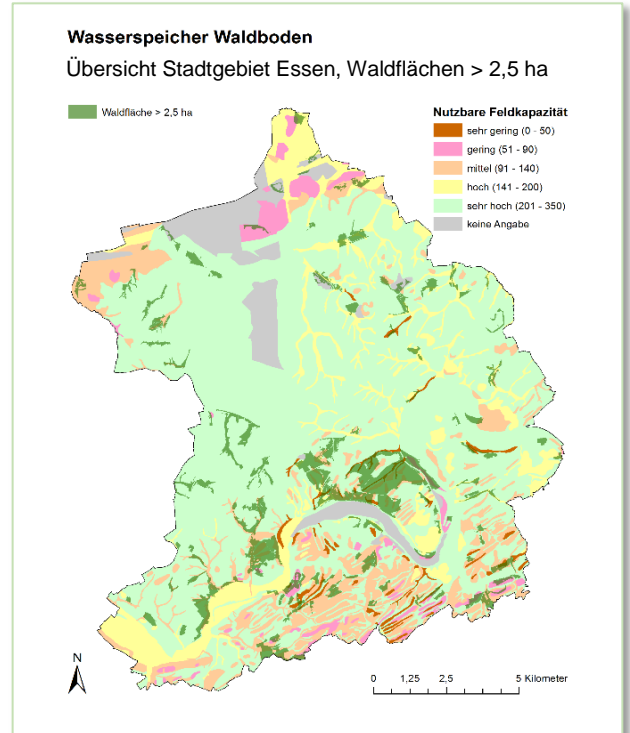
Das Bodenmerkmal nutzbare Feldkapazität, also der Anteil des im Boden gespeicherten Wassers, welches Pflanzen durch die Wurzel aufnehmen können, wird als Indikator für die quantitative Regulierung des Wasserhaushalts verwendet.

### GIS-Arbeiten

1. Verschneidung der nutzbaren Feldkapazitätsdaten mit den Waldflächen größer als 2,5 ha (s. Karttenbeispiel)
2. Einteilung der nutzbaren Feldkapazität: (s. auch Legende)

Sehr gering	0 – 50 mm
Gering	51 – 90 mm
Mittel	91 – 140 mm
Hoch	141 – 200 mm
Sehr hoch	201 – 350 mm

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde
Digitalisierte Bodenkarte	Geologischer Dienst NRW



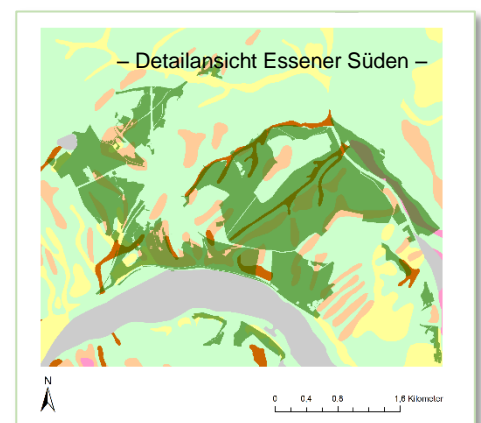
### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Analyse:

Anhand der Daten aus Klimaanpassungsstrategien (Modellierungen und Ermittlungen der Fließwege des Oberflächenwassers und der abflusslosen Senken), wenn vorhanden, können weitere Aussagen zum Wasserhaushalt getroffen werden.

#### Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Durch Verschneiden mit Daten zur Siedlungsstruktur und zur städtischen Infrastruktur werden Gefahrenzonen im Hinblick beispielsweise auf urbane Sturzfluten identifiziert.



### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität und Gesundheit, Klimawandel und -anpassung

## Grundwasserqualität unter Wald im Bereich von Trinkwassergewinnungsanlagen und Talsperren

Grundwasserqualität für bestimmte Gebiete, beispielsweise Wasserschutzgebiete und Flächen in der Nähe von Trinkwasserentnahmestellen.

### Schritte der Beschreibung und Darstellung

1. Beschreibung der Trinkwassergewinnung für die Stadt
2. Lokalisierung von Trinkwassergewinnungsanlagen und/oder Talsperren
3. Lokalisierung der existierenden Wasserschutzgebiete im Wald (Waldfunktionenkartierung)
4. Datenanalysen zur Nitrat- und weiterer Schadstoffbelastung sowie, wenn möglich, räumliche bzw. kleinräumige Darstellung

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbezirk
Waldfunktionenkartierung	Gemeinde/Forstbezirk
Trinkwassergewinnungsanlagen	Gemeinde, private oder öffentliche Wasserversorger
Daten(-Analysen) zur Nitrat- und weiterer Schadstoffbelastung	private oder öffentliche Wasserversorger

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Analyse:

Durch Verknüpfung mit Walddaten aus der Forsteinrichtung könnten - mit gewissen Einschränkungen - Zusammenhänge zwischen Waldzustand und der Qualität des Grundwassers lokal erhoben bzw. hergeleitet werden.

Da die Trinkwasserqualität abhängig von sehr vielen weiteren Faktoren ist, wie geologischen, klimatischen, weiteren Bodenmerkmalen, von der menschlichen Landnutzung im Umfeld, von Veränderungen von Boden und Vegetation sowie Schadstoffeinträgen im Umfeld, ist eine kleinräumige Analyse notwendig, um die Wirkung des Waldes analysieren zu können.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Gesundheit



## Bewaldete Steilhänge mit Erosionsschutzpotential

Kartographische Darstellung der Waldflächen auf Hängen mit unterschiedlichen Neigungen, somit Aufzeigen von Waldflächen mit besonderem Erosionsschutzpotential.

### GIS-Arbeiten

1. Verschneidung der Waldflächen mit einem digitalen Geländemodell und Markieren der Waldflächen in folgenden Hangneigungsklassen:

Mittlere Hangneigung	zwischen 15% und 20%
Große Hangneigung	zwischen 20% und 30%
Steilhang	über 30%

2. Für diese bewaldeten Hänge, Verschneidung mit den Daten zur allgemeinen Bodenabtragsgleichung des Bodens, wenn vorhanden

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbezirk
Digitales Geländemodell	Geobasis NRW
Rasterkarte der Erosionsgefährdung mit Informationen zur Allgemeinen Bodenabtragsgleichung	Geologischer Dienst NRW

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Analyse:

Durch Einbezug der Geologie, der allgemeinen Bodenabtragsgleichung und der Landnutzung im Umfeld der Waldflächen auf Hängen kann das Erosionsschutzpotential differenziert eingeschätzt werden.

#### Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Anhand einer Verschneidung mit den umliegenden Flächennutzungen (sensible Bereiche wie Siedlungen, Gewerbe- und Industriegebiete sowie Verkehrswege) können gefährdete oder besonders zu schützende Bereiche identifiziert werden.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Klima und Klimawandel/Anpassung, Stadtplanung, Wirtschaft und Verkehr

## Erreichbarkeit von Wald

Räumliche Verteilung der für die Tageserholung erreichbaren Waldflächen aus unterschiedlichen Siedlungsbereichen mittels diverser Transportmittel sowie für verschiedene Altersgruppen.

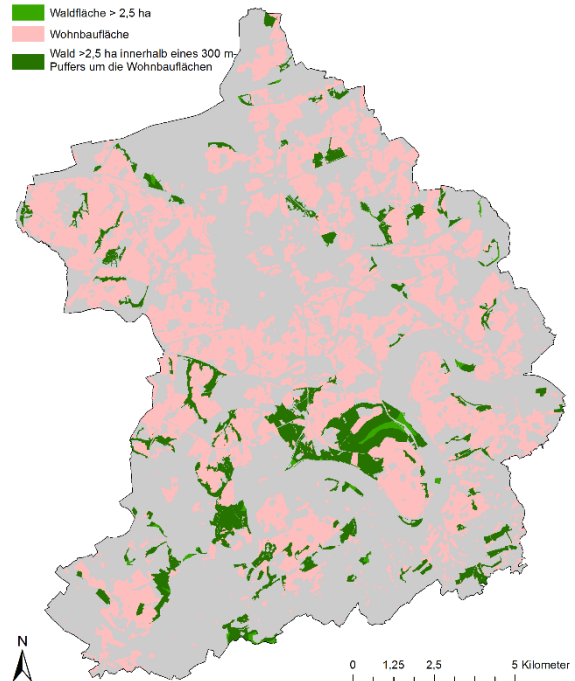
### GIS-Arbeiten

1. Waldflächen ab 2,5 ha Größe markieren, die in Entfernung von 300, 500 und 1000 m Luftlinie von den Siedlungen aus zu erreichen sind (s. Kartenbeispiel).
2. Verschneidung der Waldflächenkarte mit dem ÖPNV-Netz, den Rad- und Fußwegen, der Lage von Parkmöglichkeiten für PKW sowie der Lage informeller Zugänge, sofern bekannt.
3. Verschneidung mit Durchschnittsalter der Bevölkerung umliegender Siedlungen (räumliche Einheit bspw. Stadtteilbereiche). Altersklassen:

< 10 Jahre alt
10 – unter 19 Jahre alt
19 – unter 45 Jahre alt
45 – unter 65 Jahre alt
65 – unter 75 Jahre alt
> 75 Jahre alt

### Erreichbarkeit von Wald

Übersicht Stadtgebiet Essen, Waldflächen > 2,5 ha



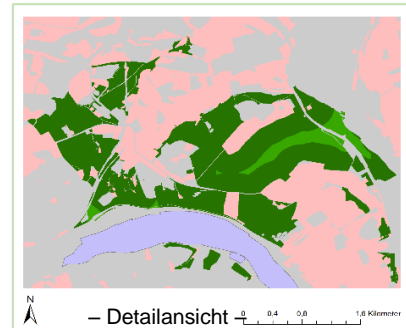
Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbezirk
ÖPNV-Haltestellen, Parkplätzen, Radwege, Fußwege	Gemeinde; Geobasis NRW
Karte der Wohnbausiedlungen	Gemeinde
Bevölkerungsstatistik wie Alter	Gemeinde/Statistikämter

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

Kleinräumige Analyse, Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Durch eine Verschneidung mit der Lage von spezifischen Einrichtungen (Schulen, Altersheime, Gewerbegebiete mit vielen Arbeitnehmern usw.) werden ‚Nutzungshotspots‘ und entsprechende Handlungsbedarfe identifiziert.

Durch die Erfassung nicht-räumlicher Zugangsbarrieren kann die Tageserholung differenzierter betrachtet werden.



### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität, Wohn- und Immobilienwert, Mobilität, demographischer Wandel, Umweltgerechtigkeit, Gesundheit. Zusammenarbeit mit Gesundheits-, Stadtplanungs- und Freiraumplanungsämtern.

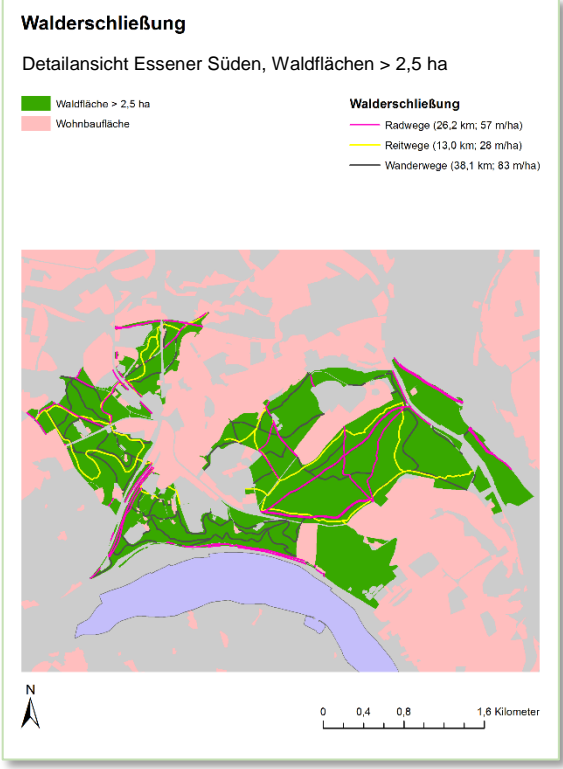
## Walderschließung

Erschließung innerhalb der Waldflächen, differenziert nach Art der Nutzungen (durch Differenzierung nach Wegetypen wie Rad-, Fuß-, Reitwege).

### GIS-Arbeiten

1. Klenräumige Darstellung der Waldwege innerhalb der Waldflächen: Verschiedene Wegetypen (Rad-, Reit-, Fußwege etc.) (s. Kartenbeispiel).
2. Verschneidung mit der Lage von Attraktoren und Quellgebieten (Parkmöglichkeiten, Aussichtspunkte, Ausflugziele wie Spielplätze, Wildgehege, Cafés) und zusätzlichen Restriktionen (Nähe Naturschutzgebiet mit Eingangs- und Erholungsrestriktionen).

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbezirk
Waldwegenetz	Gemeinde/Forstbezirk
Freizeit- und Erholungskarte	Geobasis NRW, Gemeinde
Karte mit der Lage von Waldgebieten mit Eingangsrestriktionen	Gemeinde/Forstbezirk/Landschaftsbehörde
Digitales Geländemodell	Geobasis NRW



### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

Klenräumige Analyse:  
 Die Erschließungsintensität für Tageserholung kann im konkreten Fall auf lokaler Ebene beurteilt werden (Übererschließung ab xx Laufmeter pro Hektar, die Grenzwerte werden jeweils lokal angepasst).  
 Durch Beobachtung/Erforschung/Monitoring/Dokumentation der lokalen Nutzungsmuster und Präferenzen der Bevölkerung sowie durch Verschneidung mit Bestandesstrukturdaten können verschiedene Waldbestände in einem bestimmten Waldgebiet auf ihren ästhetischen Wert für Waldbesuchende hin geprüft werden.

Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:  
 Mit der Darstellung von Schwerpunkten der Walderholungsnutzung wird eine Grundlage geschaffen, die eine geeignete Waldbehandlung und möglicherweise Besucherlenkung durch Forstfachleute unterstützt.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität, Mobilität, Teilhabe, Tourismus, demographischer Wandel, Umweltgerechtigkeit, Gesundheit

## Ruhegebiete im Wald

Darstellung von Waldgebieten, in denen die Lärmbelastung relativ niedrig ist und die als Ruheinseln fungieren können.

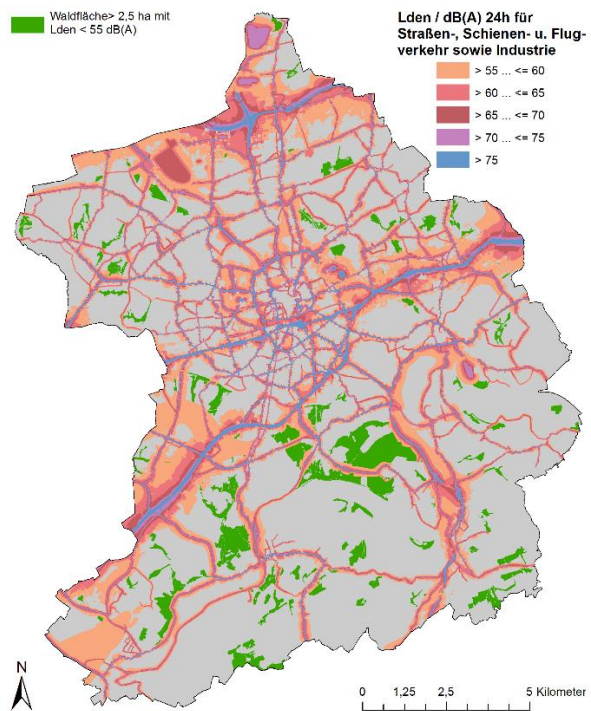
### GIS-Arbeiten

1. Waldflächen ab 2,5 ha Größe identifizieren.
2. Diese Waldflächen mit der Lärmkartierung verschneiden (mit dem Lärm-Durchschnittswert für den Tagesablauf, dem sog. Tag-Abend-Nacht-Lärmindex  $L_{DEN}$ ) und Gebiete mit  $L_{DEN} < 55$  dB als Ruhegebiete markieren (s. Kartenbeispiel).

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde
Lärmkartierung (bei den größeren Städten vorhanden)	Gemeinde/Umweltamt

### Ruhegebiete im Wald

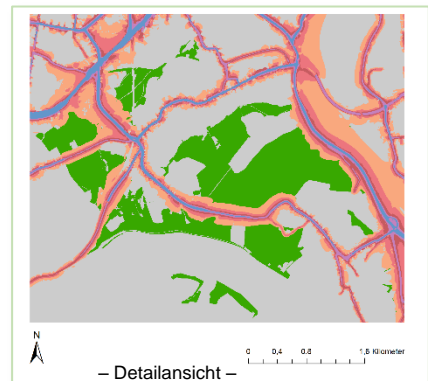
Übersicht Stadtgebiet Essen, Waldflächen > 2,5 ha



### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

#### Kleinräumige Analyse, Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Durch Verschneidung mit den Daten zur Erreichbarkeit und Erschließung der Wälder kann das Potential einer bestimmten Waldfläche als tatsächlich nutzbares Ruhegebiet genauer beurteilt werden. Bei Hinzuziehen von Daten zur Bevölkerung (beispielsweise Dichte, Alter) und Sozialstruktur (anhand räumlich erhobener Indikatoren zur sozialen Lage) in den umliegenden Siedlungen können differenzierte Aussagen zur Belastung von verschiedenen Bevölkerungsgruppen getroffen werden.



### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität, Umweltgerechtigkeit, Gesundheit.

## Umweltbildungsangebote im Wald

Beschreibung des waldpädagogischen Bildungsangebots und räumlicher Darstellungsversuch.

### Mögliche GIS-Arbeiten

1. Lokalisierung und punktuelle Darstellung von Wald- und Naturschulen, Waldkindergärten, Wildgehegen und Lehrpfaden.
2. Im Umkreis von Bildungshotspots, Waldflächen in einem Radius von bis zu 2 km farblich markieren, in Abhängigkeit der geschätzten Intensität der Inanspruchnahme für Bildungszwecke (orientiert sich an Erreichbarkeitskriterien).

Sehr hohe Nutzungsintensität für explizite Bildungszwecke	Waldflächen im Umkreis von weniger als 500 m von Wald-/Naturschule
Hohe Nutzungsintensität für explizite Bildungszwecke	Waldflächen im Umkreis von 500 bis 1000m von Wald-/Naturschule
Mittlere Nutzungsintensität für explizite Bildungszwecke	Waldflächen im Umkreis von 1000 bis 2000m von Wald-/Naturschule
Geringere Nutzungsintensität für explizite Bildungszwecke	Waldflächen weiter als 2000m von Wald-/Naturschule entfernt

3. Intensität der Nutzung eventuell in Abhängigkeit der Teilnehmerzahlen an waldpädagogischen Veranstaltungen differenziert kennzeichnen (wenn Teilnehmerzahlen vorhanden; eventuell Anzahl betreuter Kinder in Waldkindergärten einbeziehen)

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbereich
Karte mit der Lage von Wald- und Naturschulen, Waldkindergärten, Wildgehegen und Lehrpfade	Gemeinde
Daten zu Teilnehmerzahlen an waldpädagogischen Veranstaltungen	Wald- und Naturschulen

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

Durch eine Betrachtung der Einzugsgebiete der Teilnehmenden an waldpädagogischen Veranstaltungen sowie der Art der Veranstaltungen kann ein differenziertes Bild des Umweltbildungsangebots im Wald gegeben werden. Die Vergleichbarkeit der Zahlen zwischen Städten bleibt sehr begrenzt (Teilnehmerzahlen hängen vom Gesamtangebot an Bildung in den Bereichen Wald, Natur, Naturschutz auch in den Nachbarstädten ab sowie von der jeweiligen Förderung und den Kooperationen, außerdem werden die Teilnehmerzahlen nicht einheitlich erfasst (Art und thematischer Schwerpunkt der Veranstaltungen variieren stark)).

Nichtsdestotrotz bietet dieser Indikator die Möglichkeit, ansonsten oft vernachlässigte Aspekte von Bildung und Umweltbildung im Zusammenhang mit Waldökosystemleistungen zu dokumentieren und sichtbar zu machen.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Teilhabe, Bildung, Gesundheit, Natur- und Artenschutz

## Wald als Lebensraum für Pflanzen und Tiere

Verschiedene vorhandene Indikatoren des Natur- und Artenschutzes werden für die Darstellung der Bedeutung von urbanem Wald für den Naturschutz und die Biodiversität verwendet. Folgende Beispiele werden beschrieben, die lokal je nach Datenverfügbarkeit und Relevanz angepasst werden:

- Waldflächen unter Naturschutz
- Vorkommen planungsrelevanter Arten
- Anteil des Totholzes am gesamten Holzvorrat/Anzahl ökologisch wertvoller Strukturen

### Waldflächen unter Naturschutz

Darstellung beispielsweise der planerisch ausgewiesenen Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate und Natura-2000-Flächen.

### Vorkommnisse planungsrelevanter Arten

Darstellung der planerisch zu berücksichtigenden Pflanzen- und Tierarten, wenn vorhanden.

### Anteil des Totholzes am gesamten Holzvorrat/Anzahl ökologisch wertvoller Strukturen/Habitatbäume

Kartierte Habitatbäume, wenn vorhanden, sind wichtige Bäume für den Artenschutz, sie werden meist bis zu ihrem natürlichen Verfall geschützt und nicht entnommen oder beschädigt.

Datenbedarf	Verfügbarkeit
Waldflächenkarten	Gemeinde/Forstbereich
Karte der Waldflächen unter Naturschutz	Gemeinde/Forstbereich, Umweltbereich
Daten zu planungsrelevanten Arten	Gemeinde/Forstbereich, Umweltbereich
Daten zum Totholzvorkommen und zu ökologisch wertvollen Strukturen	Gemeinde/Forstbereich, Umweltbereich

### Aussage- und Vertiefungsmöglichkeiten

Kleinräumige Analyse, Handlungsbedarf identifizieren und Maßnahmen planen:

Durch eine Verschneidung insbesondere mit den Indikatoren der Erreichbarkeit und Erschließung des Waldes für Tageserholung und Gesundheitsvorsorge können mögliche Konfliktgebiete räumlich identifiziert werden.

### Verknüpfte Handlungsfelder

Lebensqualität, Naturschutz, Biodiversität, (Umwelt)Bildung bzw. Bildung für Nachhaltige Entwicklung

## 5 Verwendung im kommunalen Kontext

### 5.1 Erkenntnisse aus dem Projekt

Allgemein lassen sich aus dem Diskussionsprozess in den vier Pilotkommunen Bochum, Essen, Remscheid und Köln sowie auf regionaler Ebene einige Erfahrungen festhalten, die für eine Umsetzung in weiteren Kommunen relevant sein können:

Interdisziplinäre Herangehensweise um Informationen und Daten zu bündeln: Die Vernetzung verschiedener Bereiche der kommunalen Verwaltung sowie weiterer Einrichtungen ermöglicht die Erschließung vieler Informationsquellen und vorhandener Datensätzen sowie die Einbeziehung unterschiedlicher Sichtweisen. Diese sollten im Rahmen dieses Projektes eruiert werden und für das Ziel der Darstellung von Ökosystemleistungen des Waldes nutzbar gemacht werden. Gerade das Konzept von urbaner Waldwirtschaft -Englisch: *Urban Forestry*- lebt von der Pluralität der vertretenen Fachdisziplinen wie Forstwirtschaft, Landschaftsarchitektur, Gartenbau, Planungswissenschaften, Politikwissenschaften usw. Die vielfältigen Sichtweisen stellen für die Diskussion um die Zukunft urbaner Wälder in NRW zweifelsohne einen Gewinn dar.

Wissensgrundlage erweitern: Ökosysteme sind hoch komplex und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen abhängig von lokalen Parametern. Weitergehende Untersuchungen und Fallstudien sowie die Erhebung von Daten in kleinräumigen Gebieten können helfen, ein besseres Verständnis der Wirkungen von urbanem Wald und der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern auf kleinräumigem Maßstab zu erlangen.

Beteiligung und Mitwirkung verschiedener Akteure: Ein Diskussionsprozess ist die Basis für eine bessere Sichtbarmachung von Ökosystemleistungen urbaner Wälder. Dabei ist ein Austausch zwischen den verschiedenen betroffenen Fachbereichen besonders wichtig, um urbane Wälder mit anderen Handlungsfeldern der kommunalen Politik und Planung zu verknüpfen (Ökosystemleistungen urbaner Wälder politisch verankern und planerisch integrieren).

Transparente Dokumentation des Verfahrens: Für die spätere Verwendung und Interpretation der Ergebnisse sowie für einen fundierten Einsatz von Indikatoren und Karten in Entscheidungsfindungsprozessen ist eine gute Dokumentation des gesamten Prozesses von Bedeutung.

## **5.2 Umsetzung in Kommunen**

Im Folgenden wird ein Verfahren beschrieben, um Ökosystemleistungen urbaner Wälder im kommunalen Kontext besser sichtbar zu machen. Es ist adaptiert von dem TEEB-Ansatz für die Berücksichtigung von Ökosystemleistungen in Entscheidungsfindungsprozessen auf kommunaler Ebene (TEEB, 2010). Ziel ist eine qualitative, quantitative und räumliche Darstellung der Ökosystemleistungen speziell ausgerichtet auf die urbanen Wälder Nordrhein-Westfalens. Tabelle 4 erläutert die sechs möglichen Schritte einer Umsetzung in den Kommunen und formuliert damit verknüpfte Fragen, die eine Konkretisierung des Vorgehens von Fall zu Fall unterstützen sollen.

Verschiedene Akteure können zur besseren Sichtbarmachung von Ökosystemleistungen des urbanen Waldes beitragen. Tabelle 5 fasst diese zusammen sowie die Fragen, die durch Einzelinterviews, die Einbindung in der Erstellung eines Fahrplans, Konsultationen oder Workshops sowie gezielte Informations- und Datenabfrage mit ihnen geklärt werden können.



*Tabelle 4. Verfahren für eine Darstellung von Ökosystemleistungen urbaner Wälder im kommunalen Kontext*

	<b>Schritte</b>	<b>Umsetzung in der Kommune</b>	<b>Fragencheckliste</b>
<b>1</b>	<b>Ziel klären</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ziele formulieren</li> <li>→ Vorhaben räumlich eingrenzen</li> <li>→ Federführung abklären</li> <li>→ Identifizierung von Schlüsselakteuren</li> <li>→ Einbezug privater Waldbesitzer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Ist das Ziel eine Berücksichtigung von ÖSL in Gesamtstrategien, in lokalen Planungsprozessen, für bestimmte Beteiligungsverfahren?</li> <li><input type="checkbox"/> Sollen ÖSL für das gesamte Stadtgebiet oder für Fokusgebiete dargestellt werden?</li> <li><input type="checkbox"/> Wo ist das Projekt federführend angesiedelt?</li> </ul>
<b>2</b>	<b>Schwerpunkte identifizieren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Festlegung der zu berücksichtigenden ÖSL</li> <li>→ Entsprechende Fachbereiche identifizieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Sollen Schwerpunkte z.B. je nach Aktualität, Relevanz, Zustand bzw. Gefährdung bestimmter ÖSL gelegt werden?</li> </ul>
<b>3</b>	<b>Information beschaffen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Informationsquellen identifizieren</li> <li>→ Ansprechpersonen identifizieren</li> <li>→ Koordination und Informationsfluss zwischen den Beteiligten sicherstellen</li> <li>→ Daten sichten und Lücken identifizieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Welche Daten liegen in welchem Maßstab vor?</li> <li><input type="checkbox"/> Existieren Synergien mit bestehenden Projekten?</li> <li><input type="checkbox"/> Welche Kooperationen sind bereits vorhanden?</li> </ul>
<b>4</b>	<b>Darstellung anhand der Indikatoren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Qualitative oder quantitative Beschreibung</li> <li>→ Kartierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Welche Darstellungsformen sind mit den vorhandenen Daten und Informationen realisierbar?</li> </ul>
<b>5</b>	<b>Ergebnisverbreitung und -verwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Leitbilder und strategische Ziele formulieren (Politik)</li> <li>→ Planung, Konzepte und Maßnahmen (Verwaltung)</li> <li>→ Verschiedene Formen der Beteiligung (Öffentlichkeit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Welche Zielgruppen sind adressiert?</li> <li><input type="checkbox"/> Welche Verbreitungswege sollen auf welchen Ebenen gewählt werden?</li> <li><input type="checkbox"/> Wer ist für die Verbreitung zuständig?</li> </ul>
<b>6</b>	<b>Weiterführende Analyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kleinräumige Analysen, bspw. im Rahmen von Planungsprozessen</li> <li>→ Analyse der Verteilung von Ökosystemleistungen für verschiedene Bevölkerungsgruppen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Wo liegen Flächen mit Konflikt- bzw. Synergiepotential?</li> <li><input type="checkbox"/> Für welche Bevölkerungsgruppen oder Stadtteile gibt es einen besonderen Handlungsbedarf?</li> <li><input type="checkbox"/> Welche Maßnahmen können konkret erarbeitet werden?</li> </ul>

*Tabelle 5. Beteiligungsmomente verschiedener Organisationen und Akteure*

<b>Organisationen und Akteure</b>	<b>Mögliche Informations- und Datenabfragen</b>
-----------------------------------	---

<b>Kommunale Verwaltung:</b> Forstbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zuständigkeiten klären (z.B. technischer Betrieb, eigenbetriebliche Einrichtung, Grünflächenamt, Forstamt)</li> <li>✓ Relevanz der ÖSL, Priorisierung, Konflikte</li> <li>✓ Datenverfügbarkeit, Aktualität, Genauigkeit (Datum der letzten Aktualisierung oder Digitalisierung, Format der Daten, Maßstab)</li> <li>✓ Relevante Akteure</li> <li>✓ Zielgruppen und bisherige Kommunikationswege über ÖSL, Defizite und Erfolge</li> </ul>
<b>Kommunale Verwaltung:</b> Weitere Ämter wie Landschafts-, Naturschutz- und Wasserbehörde, Grünflächenamt Stadtplanung, Gesundheitsamt	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wie wird Wald berücksichtigt: Thematische Schnittstellen ermitteln</li> <li>✓ Für diese Schnittstellen, vorhandene Datensätze ermitteln (Datum der letzten Aktualisierung oder Digitalisierung, Format der Daten, Maßstab)</li> <li>✓ Datenverarbeitungskompetenz und konkrete Ansprechpartner identifizieren</li> <li>✓ Projekte mit Synergiepotentialen (Klimastrategie o.ä.) identifizieren</li> </ul>
<b>Weitere öffentliche und private Waldbesitzer:</b> Landesbetrieb Wald und Holz NRW, Regional-, Wasserverbände, Energieversorger, Privatwaldbesitzer	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Thematische Schnittstellen ermitteln</li> <li>✓ Vorhandene Datensätze ermitteln</li> <li>✓ Datenverarbeitungskompetenz und konkrete Ansprechpartner identifizieren</li> </ul>
<b>Bildungseinrichtungen:</b> Biologische Stationen, Wald- und Naturschulen, Hochschulen	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Thematische Schnittstellen ermitteln</li> <li>✓ vorhandene Projekte mit Synergiepotentialen, Datensätze, Datenverarbeitungskompetenz und konkrete Ansprechpartner identifizieren</li> </ul>
<b>Regionale Einrichtungen:</b> LANUV, Geologischer Dienst	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Expertise für viele regulierenden Ökosystemleistungen (Luftschadstoffscreening, Lärmkartierung, Grundwasserqualität, Wasserhaushalt, Boden- und Erosionsschutz)</li> <li>✓ Datensätze und Datenverarbeitungskompetenz</li> </ul>

### **5.3 Fazit: Ökosystemleistungen und zukunftsfähige Gestaltung des urbanen Waldes**

Die Ökosystemleistungen und die Pflege urbaner Wälder beruhen auf komplexen dynamischen Zusammenhängen, die durch rein fachlich-technische Begriffe nur schwer einer breiten Öffentlichkeit vermittelbar sind. Die in dem hier vorgestellten diskursiven Prozess entstandene bzw. weitergeführte fachübergreifende Diskussion zu Indikatoren für eine Darstellung der Ökosystemleistungen erweitert den Blick auf viele Themen, die den Alltag der Menschen in der Stadt betreffen. Mit dem Begriff der Ökosystemleistungen rücken die Wald-Mensch-Beziehungen sowie das menschliche Wohlergehen und die Lebensqualität im urbanen Raum in den Vordergrund.

Damit verknüpfen sie urbane Waldwirtschaft sowohl mit individuell relevanten Themenfeldern als auch mit der urbanen Agenda und den aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Städte: Klimawandel, Gesundheit der Stadtbevölkerung und Lebensqualität, Umweltgerechtigkeit, soziale Kohäsion, Mobilität, Bildung etc. Wald wird nicht mehr nur passiv von verschiedenen Sektoren beansprucht, sondern erlangt aktiv eine zentrale Stellung in den kommunalen Leitbildern und Strategien für eine auch in Zukunft lebenswerte Stadt.

Durch die Kommunikation der Ökosystemleistungen werden Freiräume und Akzeptanz für urbane Waldwirtschaft geschaffen. Gleichzeitig entstehen partizipative Strukturen und eine erhöhte Transparenz, die den Akteuren urbaner Waldwirtschaft eine größere gesellschaftspolitische Verantwortung übertragen.

## 6 Weiterführende Literatur

Abraham, A., Sommerhalder, K., Bolliger-Salzman, H., Abel, T. 2007. Landschaft und Gesundheit. Das Potential einer Verbindung zweier Konzepte. Institut für Sozial- und Preventivmedizin, Abteilung Gesundheitsforschung, Universität Bern. 72 S.

Aicher, C., Berghöfer, U. 2013. TEEB-Ansatz in Großstadtwäldern in Nordrhein-Westfalen. In: Ring, I. (Hrsg.), Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop III: Wälder. BfN Skript 334, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, S. 58-64.

Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H., Taylor, G. 1998. Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental Pollution* 99, S. 347-360.

Bläser, K., Danielzyk, R., Fox-Kämper, R., Funke, L., Rawak, M., Sondermann, M. 2012. Urbanes Grün in der integrierten Stadtentwicklung. Strategien, Projekte, Instrumente. Düsseldorf: Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 181 S.

Bredemeier, M., Cohen, S., Godbold, D.L., Lode, E., Pichler, V., Schleppi, P. (Hrsg.) 2011. Forest Management and the Water Cycle. An Ecosystem-Based Approach. *Ecological studies* 212, 531 S.

Buchecker, M., Kienast, F., Degenhardt, B., Widmer, S., Moritzi, M., 2013. Naherholung räumlich erfassen. Merkblatt für die Praxis 51, 8 S.

Bürger-Arndt, R. 2013. Waldfunktionen und Ökosystemleistungen im wissenschaftlichen Diskurs. In: Ring, I. (Hrsg.), Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop III: Wälder. BfN Skript 334, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, S. 24-30.

Dohlen, M. 2006. Stoffbilanzierung in urbanen Waldökosystemen der Stadt Bochum. *Bochumer Geographische Arbeiten* 73. Bochum.

Elsasser, P. 2008. Wirtschaftlicher Wert der Senkenleistung des Waldes unter KP-Artikel 3.4 und Ansätze zu dessen Abgeltung in der ersten Verpflichtungsperiode. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft 2008 / 6, 52 S.

Ensinger, K., Wurster, M., Selter, A., Jenne, M., Bethmann, S., Botsch, K. 2012. „Eintauchen in eine andere Welt“ – Untersuchung über Erholungskonzepte und Erholungsprozesse im Wald. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 184, 3/4, S. 70-83.

Europäische Kommission, 2006. Mitteilung der Kommission an den Rat und das europäische Parlament über einen EU-Forstaktionsplan {SEK(2006) 748}. Brüssel, 15 S.

FAO, 2003. Forests and freshwater – Issues and Options. Committee on forestry, Item 6 of the Provisional Agenda, 16th SESSION, Rome, Italy, 10-14 March 2003. Retrieved 24.4.2014 <http://www.fao.org/docrep/MEETING/005/Y8212e.HTM>

Forum Die Grüne Stadt, 2008. Bäume und Pflanzen lassen Städte atmen. Schwerpunkt – Feinstaub. Düsseldorf, 40 S.

FVA, 2015. Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, in Bearbeitung.

Grüne Liga, 2009. Informationen zur Umgebungslärmrichtlinie. Grüne Liga, Netzwerk ökologischer Bewegungen, Ausgabe 1/2009.

Hegg, C., Jeisy, M., Waldner, P. 2004. Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, 60 S.

Heuser, J. 2007. Wildnis für Kinder in der Stadt. CONTUREC 2, S. 153-157.

Kabisch, N., Larondelle, N., Haase, D. 2013. Ökosystemdienstleistungen in Berlin: Klimaregulations- und Erholungsfunktion auf städtischer Ebene. Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin Brandenburg 3/2013, 6 S.

Koppen, G., Sang, A.O., Tveit, M. S. 2014. Managing the potential for outdoor recreation: Adequate mapping and measuring of accessibility to urban recreational landscapes. Urban Forestry and Urban Greening 13 (1), 71-83.

Kropp, J., A. Holsten, T. Lissner, O. Roithmeier, F. Hattermann, S. Huang, J. Rock, F. Wechsung, A. Lüttger, S. Pompe, I. Kühn, L. Costa, M. Steinhäuser, C. Walther, M. Klaus,

S. Ritchie, M. Metzger, 2009. Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 291 S.

Kuttler, W. 2011. Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen. Environmental Sciences Europe (23), S. 1-12.

Kuttler, W. 2011. Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Maßnahmen. Environmental sciences Europe (23), S. 1-15.

LANUV, 2015. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, <http://www.lanuv.nrw.de/>

Mathey, J., Rößler, S., Lehmann, I., Bräuer, A., Goldberg, V., Kurbjuhn, C., Westbeld, A. 2011. Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. In: Bundesamt für Naturschutz (BfN, Hrsg.): Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 111, 220 S.

Matzarakis, A, 2008. Klimawandel und Städte, Stadtklimatischer Einfluss von Bäumen, [http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/klimawandel\\_stadtklima\\_baueme.pdf](http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/klimawandel_stadtklima_baueme.pdf)

MEA, 2005. Ecosystem and human well-being, Vol 5. Our Human planet: summary for decision-makers. Millenium Ecosystem Assessment: objectives, focus and approaches. Island Press, Washington DC, 109 S.

MKULNV (Hrsg.) 2010. Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Kurzfassung. Regionalverband Ruhr in Zusammenarbeit mit der Abt. Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen, dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW e.V.) und dem Deutschen Institut für Urbanistik. 68 S.

MKULNV (Hrsg.) 2013. Wald und Klimaschutz in NRW. Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz – Kurzfassung der Studie. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 32 S.

MKULNV, 2014. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Retrieved 07.2014 [www.mkulnv.nrw.de](http://www.mkulnv.nrw.de)

Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012. Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München, ifuplan. Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Bonn, Bundesamt für Naturschutz.

Nowak, D.J., Greenfield, E.J., Hoehn, R.E., Lapoint, E. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental pollution* 178, S. 229-236.

Stopka, I. und Rank, S. 2013. Naturerfahrungsräume in Großstädten - Wege zur Etablierung im öffentlichen Freiraum. Abschlussbericht zur Voruntersuchung für das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Naturerfahrungsräume in Großstädten am Beispiel Berlin“. BfN-Skripten, Heft 345, Bonn.

Strohbach, M.W., und Haase, D. 2012. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and urban planning* 104, S. 95-104.

TEEB – Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität für kommunale und regionale Entscheidungsträger (2013). Englisch Original 2010. Herausgegeben von Heidi Wittmer und Haripriya Gundimeda.

Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., de Vries, S. 2005. Benefits and uses of urban forests and trees. Kapitel 4. In: Konijnendijk, C. et al. (Hrsg.): *Urban forests and trees*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 81-114.

## 7 Anhang

Tabelle 6. Liste der an der Studie beteiligten Einrichtungen

<b>Beteiligte Einrichtungen</b>
Bergische Entwicklungsagentur GmbH, Solingen
Biologische Station Mittlere Wupper, Solingen
Biologische Station Westliches Ruhrgebiet e.V, Oberhausen
Biologisches Bildungszentrum "Schule Natur" – Grugapark, Essen
Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Natursport und Ökologie, Köln
Evangelische Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe, Fachbereich Heilpädagogik und Pflege, Bochum
EWR GmbH, Ein Unternehmen im Stadtwerke Remscheid-Verbund, Remscheid
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Wald und Gesellschaft, Freiburg
Geobasis NRW, Köln
Geologischer Dienst NRW, Krefeld
Grün und Gruga, Essen
Hochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement, Hildesheim
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Themenbereich Klima, Recklinghausen
Landesbetrieb Wald und Holz NRW, Regionalforstamt Rhein-Sieg-Erft, Eitorf
Landesbetrieb Wald und Holz NRW, Regionalforstamt Ruhrgebiet, Gelsenkirchen
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Referat III-2, Düsseldorf
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Referat III-3, Düsseldorf
Regionalverband Ruhr – Ruhr Grün, Essen
RheinEnergie AG, Wasser – Zentrale Aufgaben Wasserwirtschaft, Köln
Stadt Aachen, Gemeindeforstamt / Arbeitsgemeinschaft Großstadtwald



Stadt Bochum, Gesundheitsamt, Gesundheits- und Verbraucherschutz
Stadt Bochum, Technischer Betrieb
Stadt Bochum, Umwelt- und Grünflächenamt
Stadt Bochum, Umwelt- und Grünflächenamt, Klimamanager
Stadt Bochum, Umwelt- und Grünflächenamt, Untere Landschaftsbehörde
Stadt Bochum, Umwelt- und Grünflächenamt, Untere Wasserbehörde
Stadt Bonn, Stadtförsterei
Stadt Düsseldorf, Garten-, Friedhofs- und Forstamt
Stadt Essen, Umweltamt, Umweltvorsorge, Umweltplanung
Stadt Essen, Umweltamt, untere Landschaftsbehörde
Stadt Hagen, Wirtschaftsbetrieb Hagen WBH, Fachbereich Grün
Stadt Köln, Amt für Landschaftspflege und Grünflächen
Stadt Köln, Stadtplanungsamt
Stadt Köln, Umwelt und Verbraucherschutzamt
Stadt Remscheid, Fachdienst Umwelt
Stadt Remscheid, Fachdienst Umwelt, Klimaschutz
Stadt Remscheid, Forstamt und Waldgenossenschaft
Stadt Remscheid, Technische Betriebe Remscheid
Stadt Remscheid, Zentraldienst Stadtentwicklung, Wirtschaft und Liegenschaften
Stadt Velbert, Technische Betriebe Velbert
Universität Freiburg, Professur für Forst- und Umweltpolitik
Universität Freiburg, Professur für Landespflege
Walderlebnisschule Bochum
Waldgenossenschaft Remscheid eG, Remscheid
Wupperverband – Wasserwirtschaft im Wupperegebiet, Wuppertal