



# Die EnhancES Toolbox

## Modellieren, kartieren, bewerten und stärken Ökosystemleistungen in der Planung von Grüner Infrastruktur

### IMECOGIP

Implementierung des Ökosystemleistungs-Konzepts in die Planung Grüner Infrastruktur zur  
Stärkung der Resilienz der Metropolregion Rhein-Ruhr und chinesischer Megacities

IMECOGIP wird gefördert durch das BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung, im Rahmen des anwendungsorientierten Förderschwerpunkts SURE – Sustainable Development in Urban Regions.

Weitere Informationen unter: <https://sustainable-urban-regions.org/imecogip>



**EnhancES**  
The IMECOGIP Toolbox

**SURE** **FONA iLS**  
Research for Sustainability





<b>Box 1 Ökosystem- leistungen</b>	<b>in der Toolbox</b>		
		Zahlencodes am jeweiligen Spaltenendes, z. B. (2.1.12), beziehen sich auf die CICES-Klassifikation der ÖSL	
<b>Regulations- leistungen</b>	Kohlenstoffbindung und	... (Nettoprimärproduktion) modelliert, wie viel C aus CO <sub>2</sub> (g C m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> ) die Biotope aus der Atmosphäre aufnehmen (2.1.1.2)	Toolbox α
	Kohlenstoffspeicherung	... gibt Aufschluss darüber, wie viel Kohlenstoff (g C m <sup>-2</sup> ) in der Biomasse der Biotope gespeichert ist	Toolbox α
	Temperaturregulation	... modelliert die Kühlungsintensität (Kelvin oder kWh) von urbanen Grünflächen (Boden-Biotop-Einheiten) während einer nutzerdefinierten Hitzewelle im Vergleich zu versiegelten Oberflächen (2.2.6.2)	Toolbox α
	Feinstaubfilterung - PM <sub>10</sub>	... berechnet, wie viel Feinstaub mit einem Durchmesser von bis zu 10 µm durch die Vegetationsoberfläche aufgenommen wird (kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) (2.1.1.2)	Toolbox α
	Oberflächenabflussregulation	... (Abflusskoeffizient) gibt die Fähigkeit räumlicher Einheiten an, den Abfluss eines einzelnen Starkereignisses aufzufangen (2.2.2.1)	Toolbox α
	Visuelle Abschirmung	... berechnet den Prozentsatz eines Pufferbereichs, in dem ein oder mehrere unansehnliche Objekte die durch höhere Vegetation verdeckt werden (2.1.2.3)	Toolbox α
	Erhaltung von Populationen und Lebensräumen	... schätzt die Fähigkeit von Biototypen ein, die Brutpopulation von Vögeln als Indikatorarten zu erhalten (Wertigkeit nach der Reihenfolge geordnet)	Toolbox γ
	Bestäubung	... modelliert die Fähigkeit von Biotopen, Bestäuber zu unterstützen (nach der Reihenfolge geordnet)	Toolbox γ
	Niedrigwasserabfluss	... ermittelt die jährliche Grundwasserneubildungsmenge (mm a <sup>-1</sup> ) von Boden-Biotop-Einheiten, die zum Basisabfluss von Fließgewässern beiträgt (2.2.1.3; äquivalent zu 4.2.2.1 und 4.2.2.3)	Toolbox γ
<b>Kulturelle Leistungen</b>	Erholung durch aktive Interaktion mit der Natur	... bewertet abgegrenzte Gebiete wie Parks, die Eigenschaften von Biotopen und technischer Infrastruktur so vereinen, dass sie durch aktive oder immersive Interaktion mit der Natur Erholung ermöglichen und so die Gesundheit fördern (Wertigkeit in Relation zur regional am besten bewerteten Fläche) (3.1.1.1)	Toolbox β
	Erholung durch passive Interaktion mit der Natur	... bewertet abgegrenzte Gebiete wie Parks, die Eigenschaften von Biotopen und technischer Infrastruktur so vereinen, dass sie durch passive und beobachtende Interaktion mit der Natur Erholung ermöglichen und so die Gesundheit fördern (Wertigkeit in Relation zur regional am besten bewerteten Fläche) (3.1.1.2)	Toolbox β
	Ästhetische Erfahrungen	... bewertet abgegrenzte Gebiete wie Parks, die Eigenschaften von Biotopen und technischer Infrastruktur so vereinen, dass sie ästhetische Erfahrungen ermöglichen (Wertigkeit in Relation zur regional am besten bewerteten Fläche) (3.1.1.4)	Toolbox β
<b>Versorgungs- leistungen</b>	Grundwasser	... bewertet die Menge der jährlichen Grundwasserneubildung (mm a <sup>-1</sup> ) von Boden-Biotop-Einheiten, die als Trinkwasser oder für andere Zwecke genutzt werden kann (4.2.2.1 und 4.2.2.3)	Toolbox γ
	Kulturpflanzen für Ernährungszwecke	... bewertet den Standort (Landschaft, Boden, Klima, Naturgefahren), wiederholt und nachhaltig essbare Pflanzen hervorzubringen (Wertigkeit in Relation zur regional am besten bewerteten Fläche) (1.1.1.1)	Toolbox γ



## Wie funktioniert die Toolbox?

**Eingabe:** Die Toolbox modelliert Ökosystemleistungen mithilfe von Geodaten, die zuvor vom Benutzer in einem Geodatenformat bereitgestellt wurden. Sie decken wichtige Bereiche städtischer Ökosysteme ab (Abb. 2). Um die Bewertungsmodelle (=Tools) auszuführen, benötigt die Toolbox zusätzliche nicht-räumliche Parameter, die entweder in der Toolbox verfügbar sind oder von den Benutzern eingegeben werden müssen (= Input). Die Modellausgabe (= Output) erfolgt in Karten und Tabellen. In Abb. 2 gelb schattiert sind die internen Funktionsabläufe in der Toolbox dargestellt. Bevor Sie die Tools ausführen, sollten Sie sich jedoch ein allgemeines Verständnis der Bewertungstools verschafft haben (z. B. durch das IMECOGIP-Handbuch), um abschätzen zu können, ob sie zu Ihrer eigenen Fragestellung passen.

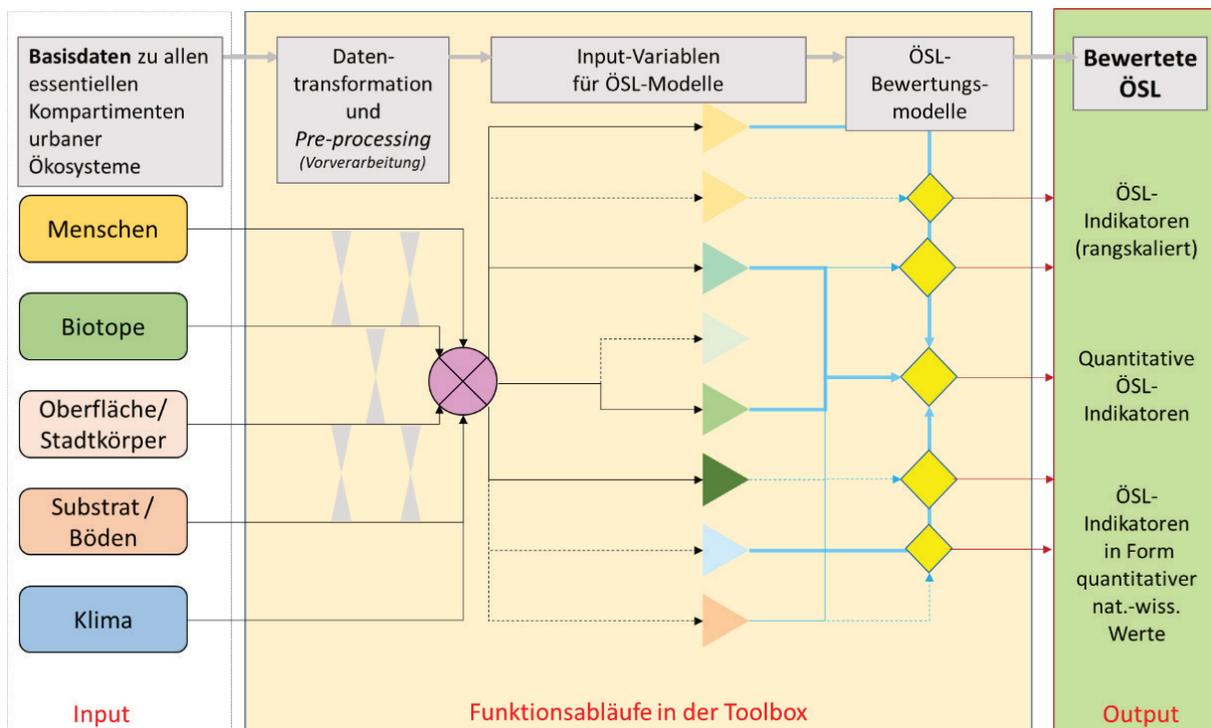


Abb. 2: Wie die Toolbox funktioniert



Die Ergebnisse für die Versorgungs- und Regulationsleistungen stellen wir überwiegend in biophysikalischen Werten dar, z.B. in  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  (Tab. 1). Die kulturellen Ökosystemleistungen sind in Rängen skaliert. Als Ergebnis erhalten Sie eine Karte, die angibt, wo in Ihrem Gebiet eine bestimmte Ökosystemleistung bereitgestellt wird und wo nicht (Abb. 4 und 5). Gleichzeitig gibt ein integrierter, relativer Wert Auskunft über die Gesamtleistung jeder Ökosystemleistung (Abb. 5) im gesamten Gebiet.

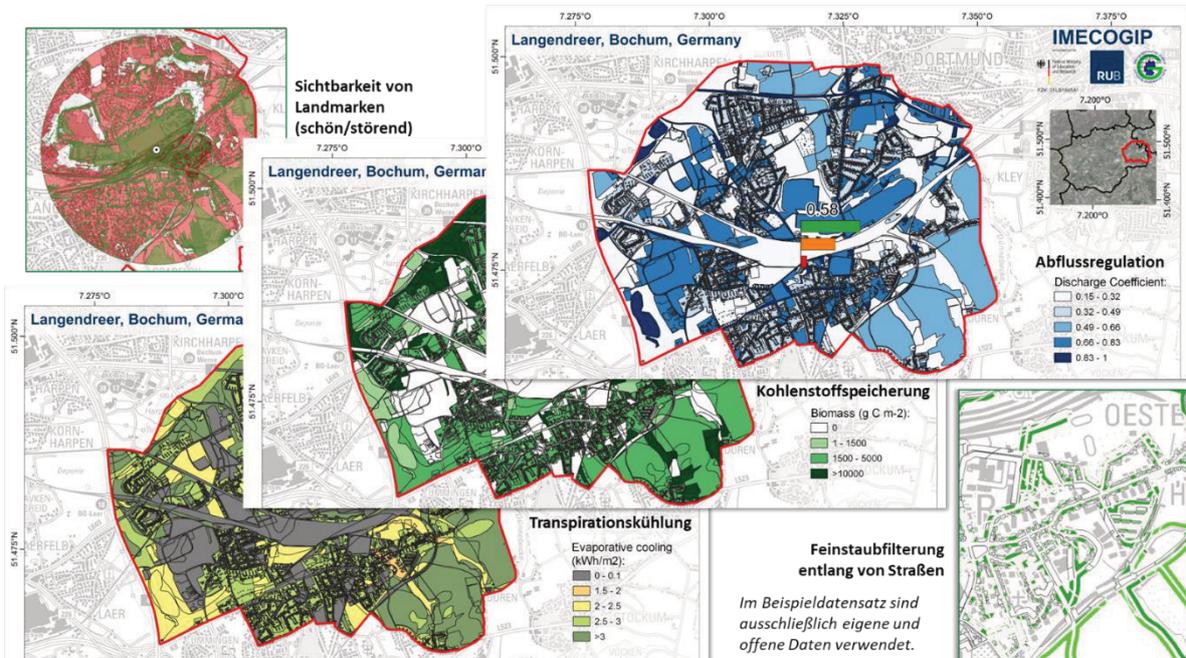


Abb. 3: Ausgabekarten (Beispiele)

Tab. 1: Ausgabetable (Beispiel)

<b>ÖSL: Kohlenstoffbindung (<math>\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math>)</b>	
Anzahl an Polygonen	7244
Minimalwert	0.0
Maximalwert	2915.0
Wertespanne	2915.0
Arithmetisches Mittel	72.0
Median	0.0



**Maps** → **Standardization** → **Diagrams**

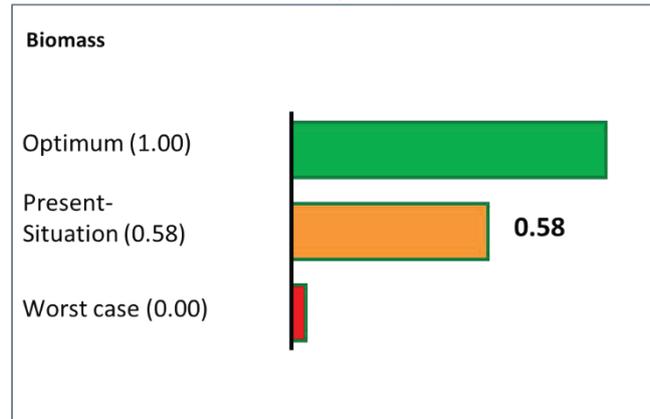
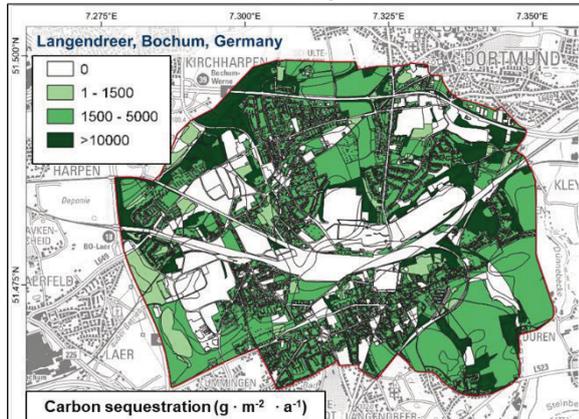


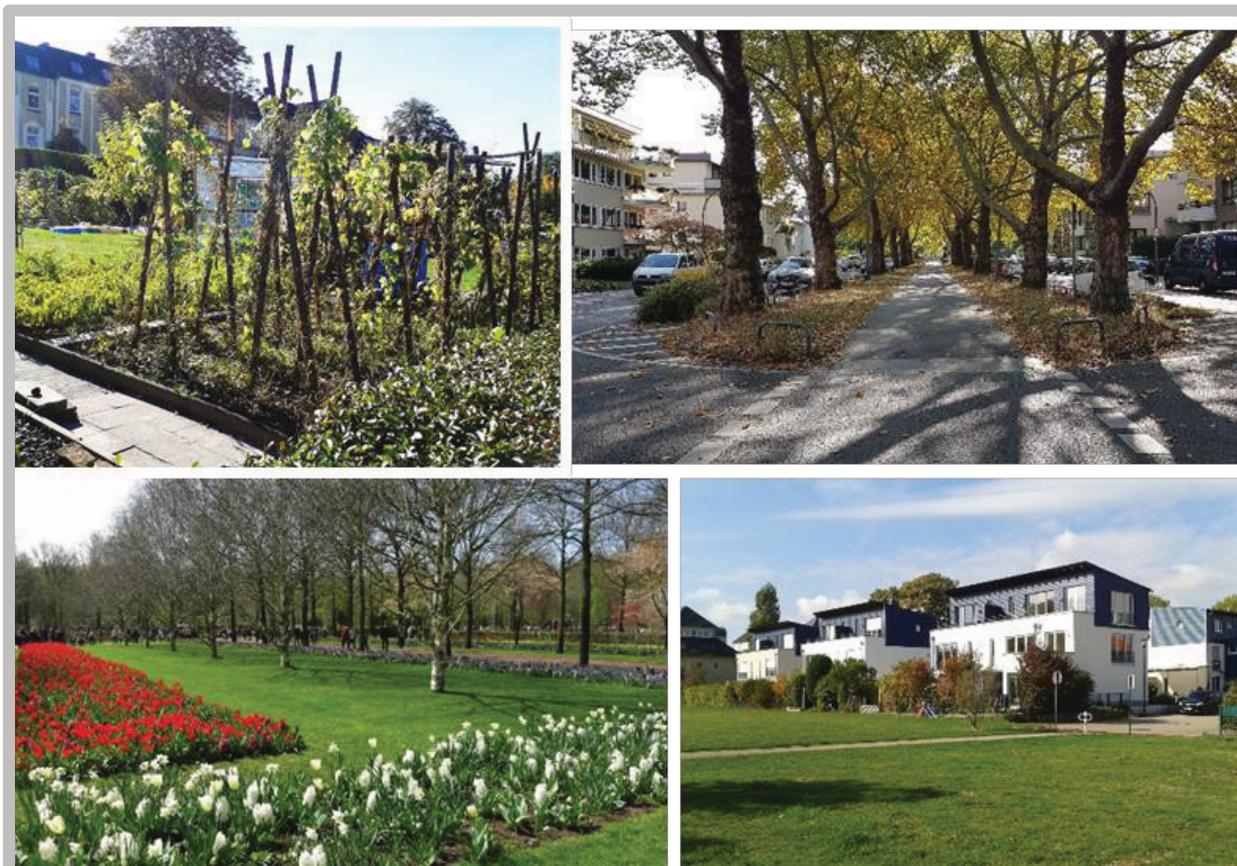
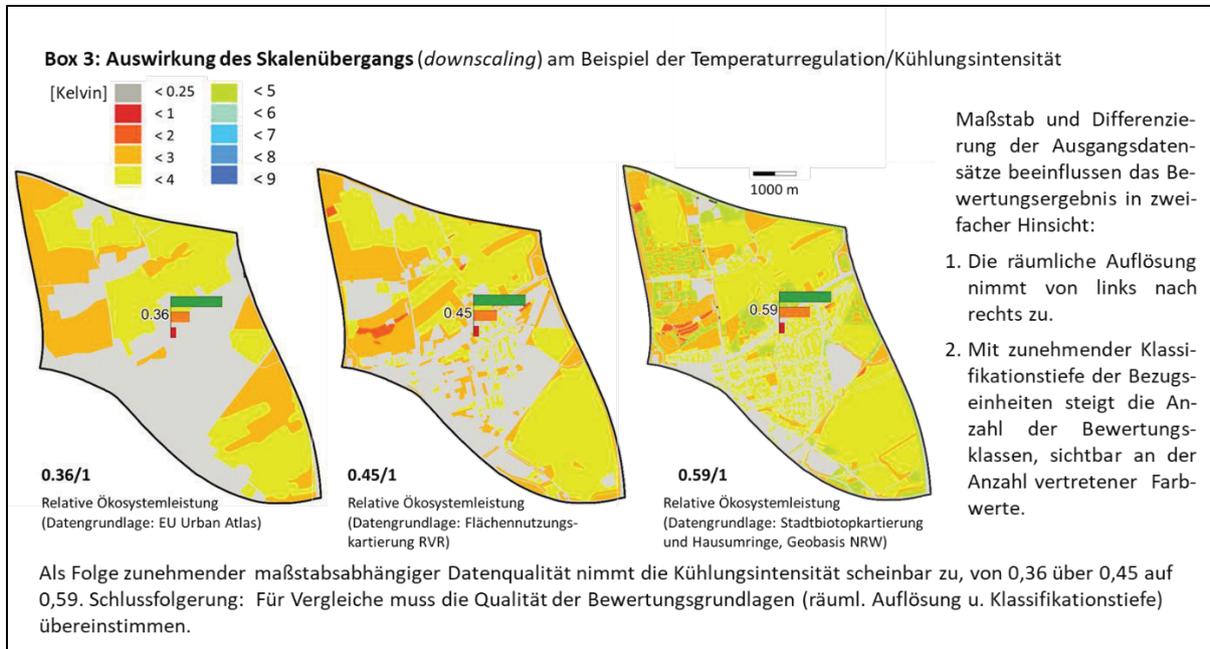
Abb. 4: Von der Karte zur standardisierten Bewertung der Ökosystemleistung des gesamten Gebiets.

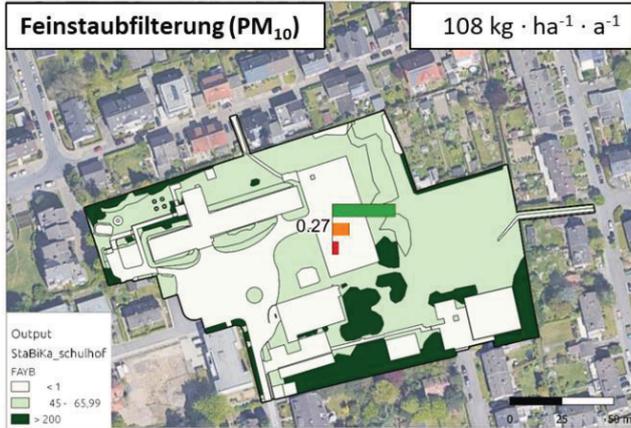
Tab. 2: Wichtige Eingabevariablen für die IMECOIP-Toolbox – erforderliche und optionale

Primäre (voreingestellt; können angepasst werden)	Sekundäre (erforderlich; intern zugewiesen, berechnet, oder optional einzugeben; ausschließlich intern berechnet)	Feinstaubfil- terung PM <sub>10</sub>	Kühlungs- intensität	Kohlenstoff- bindung	Kohlenstoff- speicherung	Abfluss- regulation	Visuelle Abschirm.	Natur-Erhol. – (aktiv)	Natur-Erhol. – (passiv)	Ästhetische Erfahrungen
<b>Vegetation/Landnutzung</b>										
Landnutzungs-/Landbedeckung oder Biotoptypen		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vegetationshöhe (< 2 m/> 2 m)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Depositionsgeschwindigkeit (Vd)	x								
	Blattflächenindex (m/m)	x		x	x					
Hausumringe		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Pflanzenfaktor (-)		x							
	Abflusskoeffizient (-)					x				
	Parkgrenzen							x	x	x
	Umgrenzungslinie von Parkanlagen									
	Landschaftsstrukturnaße von Parkanlagen und angrenzenden Pufferzonen							x	x	x
Digitales Gelände- u. Oberflächenmodell							x			
<b>Boden</b>										
Bodeneinheiten		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe; mm)		x							
	Relativer Wassergehalt (% of nFKWe)		x							
	Grundwasser im Wurzelraum (dm)		x							
<b>Klima</b>										
Durchschnittliche maximale Lufttemperaturen während einer Hitzewelle (°C)			x							
Grasreferenzverdunstung (FAO; mittlere Tageswerte während einer Hitzewelle (ET <sub>o</sub> ; mm)			x							
Länge der Hitzewelle (Anzahl der Tage)			x							
Niederschläge (Tagessummen (mm) für Zeitraum der PM <sub>10</sub> -Berechnung)		x								
Tageswerte der PM <sub>10</sub> -Konzentration (µg/m <sup>3</sup> ) für den o. a. Zeitraum		x								

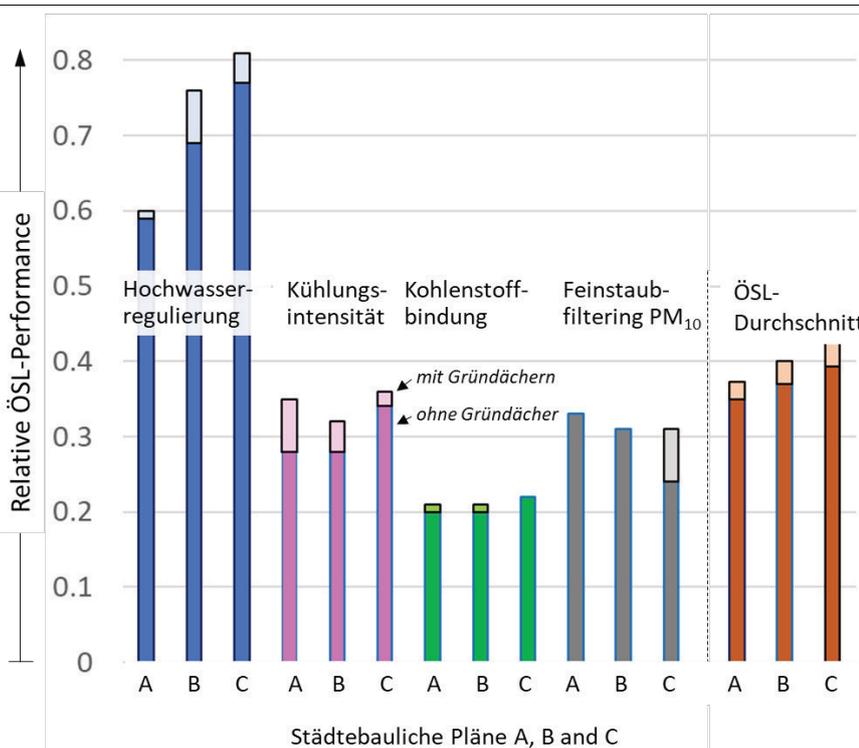
Im Allgemeinen hängt die Genauigkeit der Ergebnisse von den Eingabevariablen, dem gewählten Bewertungsmodell und der räumlichen Differenzierung der Eingabe ab. Für viele Gebiete stehen standardisierte Landnutzungs-/Landbedeckungsklassen (LULC) oder Biotoptypen zur Verfügung. Als Standarddatensatz bietet die Toolbox den EU Urban Atlas, die Flächennutzungskartierung des RVR (Regionalverband Ruhr) und Stadtbioptypen auf der Detailebene für kleinräumige Analysen an. Da es sich bei der Toolbox um ein offenes System handelt, können die Benutzer ihre eigenen Datensätze an ihr Untersuchungsgebiet anpassen, indem sie entweder ihre eigenen LULC/Biotope in die vorbereiteten Klassen übersetzen oder eine eigene Datenbank entwickeln. Im letzteren Fall müssen sie die Parameter bereitstellen, die zur Modellierung bestimmter Ökosystemleistungen erforderlich sind, z. B. Blattflächenindizes und Abflusskoeffizienten, die in der Tabelle 2 unter den sekundären Variablen abgebildet

sind. Bei den sekundären Variablen handelt es sich zum einen um solche, die die Toolbox automatisch den vorgehaltenen LULC- Klassen oder Biotopen zuordnet, und solche, die die Toolbox intern auf Basis der primären Variablen berechnet. Zum anderen sind es regionalspezifische Angaben zu Klima und Böden.



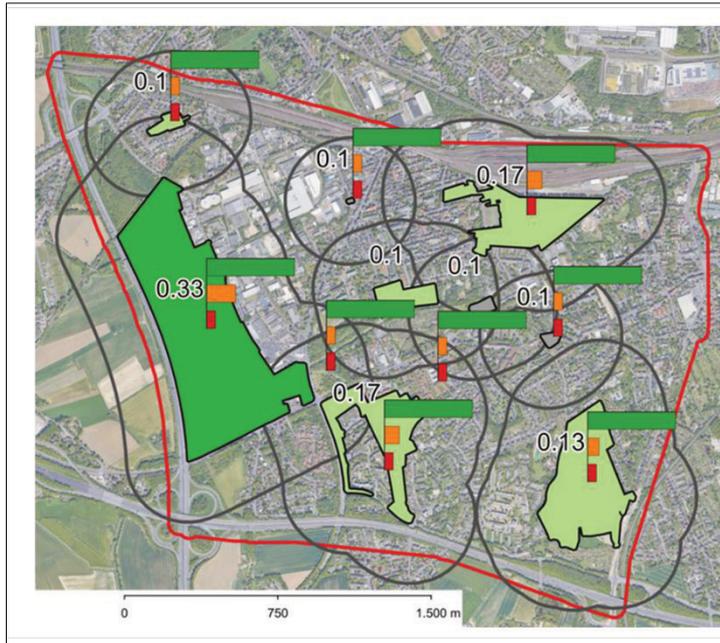


**Box 3: Die Schulhof-Umgestaltung:** Eine Stadtverwaltung bat uns, die Wirkung einer Schulhof-Umgestaltung auf die Bereitstellung von ÖSL zu prüfen. Die Abbildung links zeigt die Feinstaubfilterung unter der gegenwärtigen Situation. Die dunkelgrünen Flächen repräsentieren i. W. die Strauch- und Baumvegetation. Die zukünftige Anreicherung mit zusätzlicher Vegetation auf der Abbildung rechts lässt eine Steigerung der PM<sub>10</sub>-Filterung von vormals 108 kg/ha und Jahr auf 150 kg/ha und Jahr erwarten. Darüber hinaus ermöglicht die Toolbox ebenso quantitative Aussagen über weitere ÖSL-Veränderungen. So kann der Schulhof unter ökologischen Aspekten optimiert werden.



**Box 4: Ökosystemleistungen konkurrierender städtebaulicher Pläne**

Vor dem Hintergrund eines städtebaulichen Wettbewerbs für ein neues Wohnquartier haben wir die drei verschiedenen Pläne A, B und C verglichen. Welcher Plan verspricht die beste *Performance* der Ökosystemleistungen? Die Balken zeigen die standardisierten Werte für die vier Leistungen Abflussregulation, Kühlungsintensität, Kohlenstoffbindung und Feinstaubfilterung sowie die jeweiligen Mittelwerte der Pläne. Optionale Gründächer verbessern die Ökosystemleistungen meist in unterschiedlichem Maße. Offensichtlich sind die Unterschiede zwischen den Plänen nicht allzu groß, dennoch weist Plan C den höchsten Durchschnittswert auf. Er bildete auch die Grundlage für die weitere Ausarbeitung im Bebauungsplanverfahren.



### Box 5: Kulturelle Ökosystemleistungen in Parks.

Die Parks unterscheiden sich hinsichtlich der Grünraumausstattung und der technischen Infrastruktur sowie der Anzahl potenzieller Parknutzer.

Hier bewerten wir die relative Leistung der Parks, durch aktive Interaktion mit der Natur zur Erholung beizutragen. Die orange-farbenen Balken und Zahlen stellen das Verhältnis zum Park dar, der in den deutschen Städten Bochum und Gelsenkirchen die höchste Punktzahl erzielte.

## Anwendungsfelder der Toolbox

Sie profitieren von der Toolbox in zahlreichen Anwendungsfeldern (vgl. Boxen 3-5).

- Führen Sie eine Bestandsaufnahme Ihres Betrachtungsraums durch und die Toolbox bewertet für Sie die Bereitstellung von ÖSL. Analysieren Sie Stärken und Schwächen. Bewerten Sie räumliche Ungleichheiten. Auf dieser Grundlage entwerfen Sie Aktionspläne für Verbesserungen, für die Stärkung der ÖSL.
- Erfassen und dokumentieren Sie zeitliche Änderungen bei der Bereitstellung von ÖSL.
- Vergleichen Sie Planungsvarianten und entscheiden Sie, wo und durch welche Maßnahmen Sie die ÖSL Ihres Vorhabens optimieren können, um das Wohlbefinden der Bevölkerung zu steigern.
- Entwickeln Sie eigene Standards für ÖSL, die spezifisch für Ihre Stadt oder Region sind.
- Ergänzen Sie bisherige Anforderungen des Naturschutzes um die weiteren Nachhaltigkeitsindikatoren, die Ihnen die Toolbox liefert.
- Verbessern und erweitern Sie Beteiligungsprozesse, indem für informierte Bürger ÖSL transparent gemacht werden.
- Analysieren Sie, was Zugewinne oder Verluste an Schutzgütern der Landschaft für die Bereitstellung ÖSL bedeuten.
- Planen Sie naturbasierte Lösungen auf der Grundlage von ÖSL.
- Begründen und unterstützen Sie Förderanträge, indem Sie die Vorteile der geplanten Maßnahmen für die Stärkung der ÖSL in Ihrem Planungsraum hervorheben.



## Die Toolbox im Vergleich zu anderen Bewertungstools für Ökosystemdienstleistungen

- Alle Bewertungen finden in einer Open-Source GIS-Umgebung statt.
- Die Ein- und Ausgabe geschieht ohne Systembrüche über Geodaten.
- Etliche Tools modellieren ökosystemare Wirkungszusammenhänge von Boden-Wasser-Vegetationskomplexen. Dies vermeidet vereinfachende Kurzschlüsse von Landnutzung auf ÖSL.
- Vorinstallierte Landnutzungs-/Biotop- und Bodenklassifizierungen für Deutschland u. China.
- Offen für eigene Änderungen
  - Sie können eigene Biotoptypen oder Landnutzungsklassen modellieren.
  - Sie können Ihre eigenen Böden angeben
- Weltweit in humiden oder semihumiden Regionen anwendbar.
- Skalierbar, d. h. anpassbar an verschiedene räumliche Maßstäbe
- Die kurzen Modelllaufzeiten sind anwenderfreundlich.
- Ein Handbuch zur Toolbox steht zur Verfügung.



### Kontakt

Prof. Dr. Harald Zepp

Angewandte Physische Geographie  
Geographisches Institut  
Ruhr-University Bochum  
Universitätsstr. 150  
44780 Bochum

[imecogip@rub.de](mailto:imecogip@rub.de)

