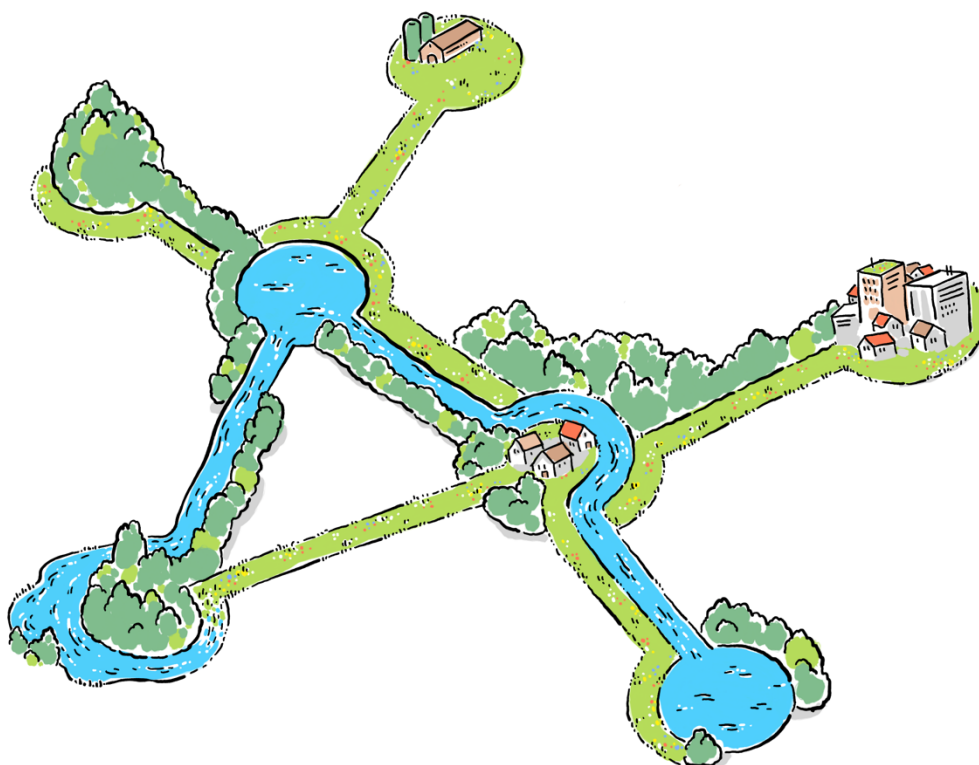


Arbeitspapier

Operationalisierung funktionierende Ökologische Infrastruktur

Adrienne Grêt-Regamey
Sven-Erik Rabe
Roger Keller
Marina Cracco
Jodok Guntern
Johann Dupuis



Impressum

Herausgeber

Herausgeber dieses Arbeitspapier ist das Forschungsprojekt ValPar.CH – ein Forschungsprojekt der Universität Zürich, der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, der Université de Lausanne, der ETH Zürich und der Université de Genève, finanziert im Rahmen eines Pilotprojekts des «Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz (AP SBS)» des Bundesamts für Umwelt (BAFU).

Mitwirkung

Folgende Personen haben am Arbeitspapier mitgewirkt:

Adrienne Grêt-Regamey (ETHZ): Hauptautorin, Entwurf der ersten Version, Bearbeitung aller Versionen.

Sven-Erik Rabe (ETHZ): Entwurf der ersten Version, Kommentierung aller Versionen

Roger Keller (UZH): Konzeptualisierung der ersten Version, Kommentierung/Bearbeitung aller Versionen.

Marina Cracco (UNIL): Konzeptualisierung der ersten Version, Kommentierung aller Versionen.

Jodok Guntern (BAFU-Begleitgruppe, Forum Biodiversität): Ausführliche Kommentierung/Bearbeitung von zwei Versionen.

Johann Dupuis (BAFU): Ausführliche Kommentierung/Bearbeitung von zwei Versionen.

Gretchen Walters (UNIL): Kommentierung aller Versionen.

Astrid Zabel von Felten (ZHAW), Anthony Lehmann (UNIGE), Antoine Guisan (UNIL): Unterstützung der Konzeptualisierung und Kommentierung der ersten Version.

Matthias StremLOW (BAFU), Basil Oberholzer (BAFU), André Stapfer (BAFU-Begleitgruppe), Glenn Litsios (BAFU), Simone Remund (BAFU), Bernard Lehmann (BAFU-Begleitgruppe), Sophie Rudolf (BAFU): Kommentierung von zwei Versionen.

Anna Schweiger (UZH), Annina Michel (UZH), Martin Schlaepfer (UNIGE), Raushan Bokusheva (ZHAW), Norman Backhaus (UZH): Kommentierung einer Version.

Urs Steiger: Unterstützung bei der Bearbeitung aller Versionen und Lektorat.

Iago Otero (UNIL): Aufbereitung für Publikation auf Website.

Ralph Sonderegger (www.ralphsonderegger.ch): Graphik Titelblatt.

Zitiervorschlag

Grêt-Regamey A., Rabe S.-E., Keller R., Cracco M., Guntern J., Dupuis J. (2021): Arbeitspapier «Operationalisierung funktionierende Ökologische Infrastruktur». ValPar.CH Working Paper Series, 1. ValPar.CH: Werte der Ökologischen Infrastruktur in Schweizer Parks. www.valpar.ch.

<https://doi.org/10.5167/uzh-204025>

ValPar.CH Working Paper Series

ISSN: 2674-0087

Abstract

Die Ökologische Infrastruktur (ÖI) ist für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität unerlässlich und stellt lebenswichtige Leistungen für den Menschen bereit. ÖI basieren auf natürlichen und halb-natürlichen Lebensräumen. Die Entwicklung und der Schutz solcher ÖI wurden als zentrale Schritte für den Erfolg der Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) identifiziert. Konzepte wie «Grüne Infrastruktur» oder «Naturbasierte Lösungen (Nature-based Solutions)», die sich auf ÖI beziehen, haben sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend etabliert. Ihre teils unterschiedlichen Sichtweisen erschweren jedoch eine klare Anwendung in der Praxis.

Dieses Arbeitspapier ist eine literaturbasierte Auslegeordnung und stellt verschiedene Zugänge zur Operationalisierung einer «funktionierenden» ÖI vor. Für das Projekt ValPar.CH ist das Arbeitspapier eine wichtige Grundlage für ein gemeinsames Begriffsverständnis im Projektteam. Das Forschungsteam wird das Funktionieren einer ÖI sowohl aufgrund ökologischer Aspekte (Module A), wie auch basierend auf den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen der ÖI (Module B) und deren langfristige Sicherung durch verschiedene «policy»-Mechanismen (Module D) beurteilen. Darauf aufbauen wird das Team Empfehlungen für die Sicherstellung einer funktionierenden ÖI erarbeiten.

Inhalt

1	Ökologische Infrastruktur und verwandte Konzepte	5
2	Zwischenfazit.....	7
3	Operationalisierung einer «funktionierenden» ÖI.....	8
4	«Funktionierende» ÖI im Projekt ValPar.CH.....	8
5	Schlussfolgerungen für das Projekt ValPar.CH	9
	Bibliographie.....	10

1 Ökologische Infrastruktur und verwandte Konzepte

Begriffe wie «Grüne», «Blaue», «Natürliche» und «Ökologische Infrastruktur» oder «Naturbasierte Lösungen (Nature-based Solutions)» sind eher neu, die zugrunde liegenden Konzepte sind jedoch alt. Sie wurzeln in den Planungs- und Schutzbemühungen der Naturschutzbewegung, die vor rund 150 Jahren ihren Anfang nahmen. Sie sind eingebettet in den Kontext der Schaffung und Wiederherstellung von Lebensräumen (Perrow und Davy, 2002) und ökologischer Netzwerke (Lindenmayer und Fischer, 2006). Diese Konzepte folgen einem Paradigmenwechsel im Naturschutz, vom Fokus auf den Schutz der Natur hin zum Beitrag der Natur für den Menschen [Nature's Contributions to People, NCP (Diaz et al., 2018)]. Entsprechend betonen sie den Rollenwandel des Menschen vom passiven Nutzniesser zum aktiven Schützer, Verwalter und Gestalter der Natur und ihrer Lebensräume. Mit dem Begriff «Infrastruktur» unterstreichen Politiker*innen, Wissenschaftler*innen und Naturschützer*innen die volkswirtschaftliche Bedeutung von Ökosystemen. Die Verwendung des Begriffs «Infrastruktur» zielt aber auch darauf, die Natur als langfristige Leistungsträgerin der Gesellschaft zu etablieren – analog technischer Infrastruktursysteme wie «Verkehr», «Kommunikation», «Wasserversorgung» oder «Abwasser».

Der Begriff «**Ökologische Infrastruktur**» wurde erstmals 1984 im Rahmen einer Fachtagung des Programms «Man and the Biosphere» über Stadtplanung verwendet (UNESCO, 1984). Damals konzentrierte sich das Konzept auf ökologische Netzwerke und Schutzkorridore für die Schutzgebietsplanung auf Landschaftsebene (Ahern, 1995). Mit dem Ziel, die Bedeutung ökologischer Netzwerke für die Sicherung von Ökosystemleistungen hervorzuheben, wurde das Konzept in jüngerer Zeit erweitert. Dieser Gedanke findet seinen Niederschlag in der **BAFU-Definition** der ÖI (siehe Box 1), die sich auf die Anforderungen des strategischen Plans der Biodiversitätskonvention, des europäischen Smaragd-Netzwerks der Berner Konvention und der Ramsar-Konvention stützt. Sie betont die Rolle von Kern- und Vernetzungsgebieten zur Unterstützung funktionaler und regenerativer Lebensräume als Grundlage für die Biodiversität und die Ökosystemleistungen. In ähnlicher Weise betont die **IPBES-Definition** der ÖI die Bedeutung natürlicher oder halbnatürlicher Strukturelemente von Ökosystemen und Landschaften (IPBES, 2020). Sie stellt aber nicht die Sicherung der Biodiversität in den Vordergrund, sondern die Erbringung von Ökosystemleistungen.

Box 1: Definitionen für «Ökologische Infrastruktur»

BAFU-Definition: «Die Ökologische Infrastruktur stellt der Natur ein Netzwerk aus natürlichen und naturnahen Lebensräumen mit hoher Qualität und Funktionalität zur Verfügung. Sie besteht aus Kern- und Vernetzungsgebieten, welche in ausreichender Qualität, Quantität und geeigneter Anordnung im Raum verteilt sowie untereinander und mit den wertvollen Flächen des grenznahen Auslands verbunden sind. Dieses natürliche Netzwerk trägt den Entwicklungs- und Mobilitätsansprüchen der Arten in ihren Verbreitungsgebieten Rechnung, auch unter sich verändernden Rahmenbedingungen wie dem Klimawandel. Die Ökologische Infrastruktur sichert langfristig funktions- und regenerationsfähige Lebensräume. Sie ergänzt eine schonende Nutzung der natürlichen Ressourcen auf der ganzen Landesfläche, womit die Basis für eine reichhaltige, gegenüber Veränderungen reaktionsfähige Biodiversität sichergestellt wird. Damit trägt die Ökologische Infrastruktur als «Lebensnetz der Schweiz» auch massgeblich zur Sicherung der zentralen Leistungen der Natur für Gesellschaft und Wirtschaft bei» (BAFU, 2021: 8).

IPBES-Definition: «Ökologische Infrastruktur bezieht sich auf die natürlichen oder halbnatürlichen Strukturelemente von Ökosystemen und Landschaften, die für die Erbringung von Ökosystemleistungen wichtig sind.» (IPBES, 2020).

Das Konzept der «**Grünen Infrastruktur**», das eine Kommission von Nichtregierungsorganisationen, Praxis und Wissenschaft (Florida Greenway Commission) in den USA 1994 einführte, geht einen Schritt weiter und postuliert die Planung multifunktionaler grüner Netzwerke, insbesondere in städtischen Gebieten (Benedict und McMahon, 2006; Koc et al., 2017). Es hat zum Ziel, den Zustand der Ökosysteme und die Biodiversität zu schützen, die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme zu verbessern, Ökosystemleistungen, gesellschaftliches Wohlergehen und Gesundheit zu fördern sowie die Entwicklung einer grünen Wirtschaft und ein nachhaltiges Land- und Wassermanagement zu unterstützen (Europäische

Kommission, 2012). Das Konzept ist zwar dem ökologischen Netzwerkgedanken verhaftet, konzentriert sich jedoch stark auf den gesellschaftlichen Nutzen von Ökosystemleistungen (Box 2).

Box 2: Definition «Grüne Infrastruktur»

EU-Definition: Grüne Infrastruktur (GI) kann allgemein definiert werden als ein strategisch geplantes Netzwerk von qualitativ hochwertigen natürlichen sowie halbnatürlichen Räumen mit weiteren Umweltelementen, das derart angelegt und bewirtschaftet wird, dass es sowohl im ländlichen als auch im städtischen Raum ein breites Spektrum an Ökosystemleistungen gewährleistet und die Biodiversität schützt. Konkreter hat die Grüne Infrastruktur das Ziel, die Fähigkeit der Natur zu steigern, die Vielzahl wertvoller Ökosystemgüter und -leistungen wie saubere Luft oder sauberes Wasser bereitzustellen (Europäische Kommission, 2013).

Die BAFU- und IPBES-Definitionen der ÖI sind somit eingebettet in die international verwendete, breiter gefasste europäische Definition von «Grüner Infrastruktur». Letztere umfasst verschiedenartige Infrastrukturen von Grünräumen und Bauten, die zur Unterstützung vielfältiger Ökosystemleistungen geplant und gestaltet sind (Europäische Kommission, 2013). Insofern betont diese Definition die Rolle Grüner Infrastrukturen mit dem Ziel, sowohl im ländlichen als auch städtischen Raum eine breite Palette von Ökosystemleistungen bereitzustellen und die Biodiversität zu schützen. Abbildung 1 veranschaulicht die Positionen der Definitionen von BAFU zur ÖI und der EU zur Grünen Infrastruktur. Die Konzepte überschneiden sich, wobei das Konzept der Grünen Infrastruktur ergänzend zu verstehen ist. Beide Konzepte unterstreichen die Bedeutung funktionaler und regenerativer Lebensräume als Grundlage für Biodiversität und Ökosystemleistungen. Jedoch fokussiert das Konzept der Grünen Infrastruktur eher auf die zu erwartenden Ökosystemleistungen/NCP, während jenes der ÖI sich eher auf natürliche und halbnatürliche Lebensräume zum Schutz und Förderung der Biodiversität als Basis für die Erbringung der Ökosystemleistungen/NCP konzentriert.

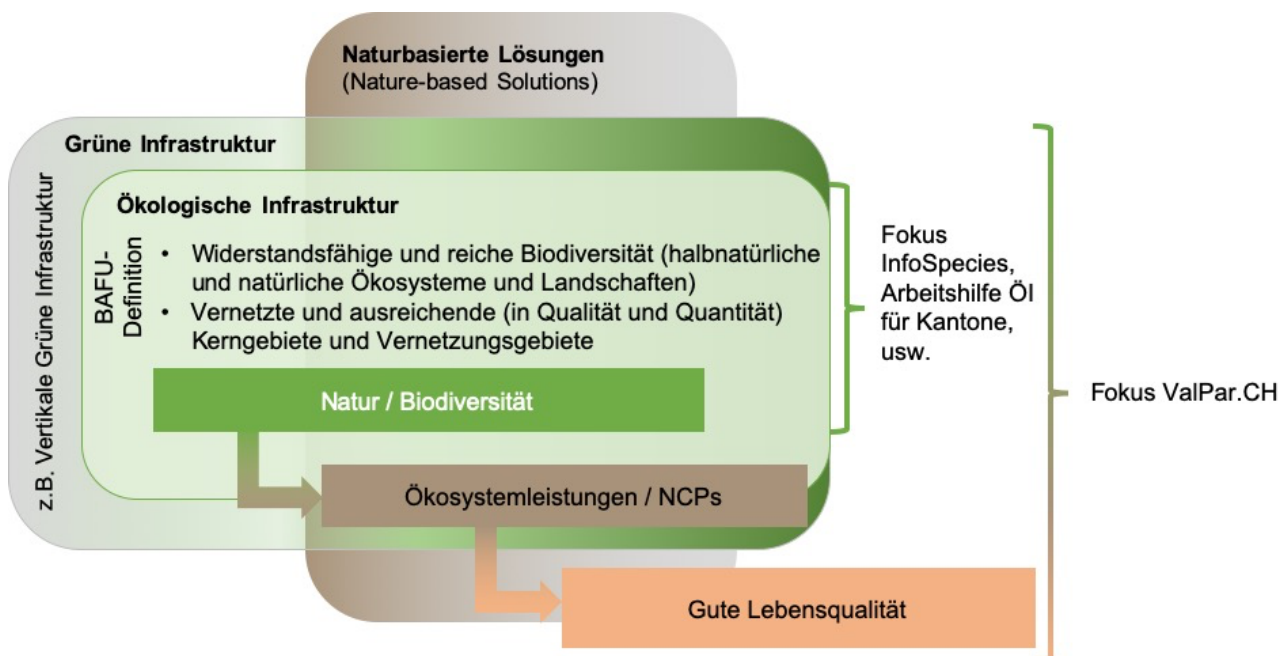


Abbildung 1: Konzepte, die sich auf die ÖI beziehen, und Beispiele für ihre Beziehungen zu den Leistungen der Natur für die Menschen (Nature's Contribution to People, NCP). Grau: vom Menschen geschaffene Lebensräume (Vertikale Grüne Infrastruktur steht z.B. für grüne Fassaden und andere vertikale Begrünungen); grün: halbnatürliche und natürliche Lebensräume. Die eckigen Klammern geben an, welchen Fokus einzelne Projekte setzen.

Sowohl das Konzept der ÖI als auch jenes der Grünen Infrastruktur leisten einen Beitrag zu den «**Naturbasierten Lösungen** (Nature-based Solutions; Box 3)» der International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Nature Editorial, 2017). Die Naturbasierten Lösungen gründen auf dem Ökosystem-Ansatz, der die Erhaltung der Biodiversität und des menschlichen Wohlergehens als abhängig von funktionierenden und widerstandsfähigen natürlichen Ökosystemen betrachtet (CBD, 2004). Der international anerkannte Oberbegriff der «Nature-based Solutions» ist im Hinblick auf die sozialen und

wirtschaftlichen Ambitionen jedoch expliziter als die beiden Infrastrukturkonzepte und betont die positiven Auswirkungen der Natur für die Gesellschaft («Lösungen»). Darüber hinaus betont er eine Vielzahl von Aktivitäten – von der Planung bis zur grünen Wirtschaft –, die das menschliche Wohlergehen und die Biodiversität unterstützen (Cohen-Shacham et al., 2016 und 2019). Während sich das Konzept der ÖI explizit der Erhaltung und dem Schutz der Biodiversität verschreibt, qualifiziert sich im Nature-based Solution-Konzept nicht jede Naturschutzaktion notwendigerweise als eine «Nature-based Solution». Im Allgemeinen scheinen sich «Nature-based Solutions» eher auf die Bewirtschaftung und die Bereitstellung einer Vielzahl von Ökosystemleistungen auf eine durchschnittliche menschliche Nutzungsintensität zu konzentrieren als auf Massnahmen, die ausschliesslich auf den Schutz der Biodiversität ausgerichtet sind. Im Vergleich zu den Konzepten der «schwachen¹ und starken Nachhaltigkeit» unterstützen «Nature-based Solutions» auch die Substituierbarkeit verschiedener Kapitalformen (schwache Nachhaltigkeit) entsprechend der Position der «schwachen Nachhaltigkeit plus» der Schweiz (SDC/ARE, 2004). Die ÖI stellt natürliches Kapital hingegen als nicht vollständig substituierbar dar (Nesshöver et al., 2017). «Nature-based solutions» betonen also den Gesamtnutzen.

Box 3: Naturbasierte Lösungen (Nature-based Solutions)

Naturbasierte Lösungen sind definiert als Massnahmen zum Schutz, zur nachhaltigen Bewirtschaftung und zur Wiederherstellung natürlicher oder veränderter Ökosysteme, mit denen gesellschaftliche Herausforderungen effektiv und anpassungsfähig angegangen werden und die gleichzeitig dem menschlichen Wohlbefinden und der Biodiversität zugutekommen (Cohen-Shacham et al., 2016).

2 Zwischenfazit

Die Begriffe und Konzepte der ÖI, Grünen Infrastruktur oder Nature-based Solutions sind zwar je nach Interessengruppe unterschiedlich interpretierbar, sie sind aber robust genug, um eine gegenseitige Kommunikation zu ermöglichen (Garmendia et al., 2016). Alle drei Konzepte bilden eine verlässliche Brücke zwischen Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen. Sie fördern die Fähigkeit, Wissen in Aktionen umzusetzen, die in eine nachhaltigere Zukunft führen (Childers et al., 2015; Pickett et al., 2016). Die umfassenderen Definitionen der «Grüne Infrastruktur» und der «Nature-based Solutions», die sowohl von Menschen geschaffene als auch natürliche Infrastrukturen integrieren, betonen sowohl die Verbindung zwischen Natur und Mensch als auch das Potenzial der Menschen ökologische Netzwerke wiederherzustellen oder neu zu schaffen. Diesen weiter gefassten Konzepten wird manchmal vorgeworfen, durch ihre anthropozentrische, nutzenorientierte Sichtweisen die existentielle Sichtweise zu untergraben (Pauleit et al., 2011). Ihr Vorteil liegt allerdings darin, dass sie die gemeinsame Entwicklung von Nachhaltigkeitslösungen in gestalteten und bewirtschafteten Landschaften entscheidend fördern und sie so zu resilienten Landschaften verhelfen (Childers et al., 2019).

¹ Die schwache Nachhaltigkeit ist eine relativ «tolerante» Forderung nach Nachhaltigkeit. Dabei geht man zumindest partiell von einer Substituierbarkeit verschiedener Ressourcen bzw. Kapitalien aus. Im Unterschied zur schwachen Nachhaltigkeit fordert das Paradigma der starken Nachhaltigkeit die Konstanz des Wertes des Naturkapitals. Dabei wird die Bedeutung eines intakten Naturkapitalstocks betont.

3 Operationalisierung einer «funktionierenden» ÖI

Das «Funktionieren» ist zwar ein wichtiges Konzept in der Ökologie, in Bezug auf seine Operationalisierung wirft es in der Praxis jedoch erhebliche Probleme auf (Jax, 2005). Die Semantik des Wortes ist nuanciert und reicht von einem mechanistischen Verständnis eines einzelnen Prozesses bis zum Funktionieren eines komplexen Systems. Mehrere Autor*innen haben versucht, das Wort «Funktionieren» zu entwirren, indem sie die Hauptdeterminanten einer **funktionierenden ÖI** identifiziert haben (Angelstam et al., 2017). Dazu gehören *strukturelle Elemente* wie die Menge und Anordnung der Landnutzungsflächen, zu der (a) die Qualität, (b) die Grösse und (c) die Anzahl der Flächen oder ihre räumliche Konfiguration gehören (z.B. Fahrig, 2001, 2002, 2003), aber auch *funktionelle Elemente*, die in Bezug auf die Konnektivität bewertet werden. Funktionelle Bewertungen beschreiben zum Beispiel, inwieweit Flächen miteinander vernetzt sind und wie sich das Netzwerk der Flächen auf eine bestimmte Art oder einem bestimmten Ökosystemprozess auswirkt (Saura et al., 2011). Die Determinanten einer funktionierenden ÖI umfassen auch *Gouvernanz-Elemente* wie den Einbezug oder die Mitwirkung von Akteur*innen des öffentlichen, privaten und zivilen Sektors auf verschiedenen Ebenen (Elbakidze et al., 2018). Ist von einer **funktionierenden Grünen Infrastruktur** die Rede, wird das Konzept des «Funktionieren» eines ökologischen Systems um das Konzept der «Leistungen» des Systems für verschiedene Arten einschliesslich des Menschen erweitert. Diese Erweiterung macht es notwendig, die Wechselbeziehungen zwischen dem sozialen und dem ökologischen System zu untersuchen, wobei das «Funktionieren für was und wen» zu definieren ist.

4 «Funktionierende» ÖI im Projekt ValPar.CH

Das Forschungsteam wird zunächst das Funktionieren einer ÖI mit Hilfe von Pflanzen- und Tierartenmodellen (Modul A) beurteilen, indem *strukturelle* und *funktionale Elemente* wie oben beschrieben bewertet werden (McGill et al., 2010; Balvanera et al., 2014). Eine funktionierende ÖI zu erreichen, erfordert aber auch, dass die verschiedenen Interessengruppen die Probleme wahrnehmen, verstehen und zum Handeln bereit sind (Bennett, 2016). Das Forschungsteam untersucht deshalb einerseits, was «Funktionieren» für die verschiedenen Interessengruppen bedeutet (Modul C), aber auch, was aus sozioökonomischer Sicht (Module B) und aus Sicht der Politikgestaltung (Modul D) notwendig ist, damit die ÖI funktioniert – beispielsweise Partizipation, Gesetzgebung, Vollzug, usw. –, und wie beziehungsweise mit welchen Indikatoren sich das «Funktionieren» messen lässt. Die Ökosystemleistungen/NCP helfen dabei, den Wert einer funktionierenden ÖI nach den oben beschriebenen funktionellen und strukturellen Elementen aufzuzeigen (Module A). Arbeitspaket C.1 des ValPar.CH-Projekts schlägt deshalb vor, eine «funktionierende» ÖI aufgrund der oben definierten Analyse von strukturellen und funktionellen Elementen zu erfassen (**ökologischer Ansatz**). Des Weiteren untersuchen wir, ob sich ökologische Ziele in gleicher Weise oder leichter erreichen lassen, wenn das Ökosystemmanagement auf die Bereitstellung von NCP abgestützt wird (**NCP-Ansatz**). Beim ökologischen Ansatz orientieren wir uns an bestehenden Zielwerten, beispielsweise dem Schutz von 30 Prozent der gesamten Fläche der Schweiz bis 2020 (Guntern et al, 2013). Hier ist aber zu bemerken, dass es nicht nur um Fläche geht, sondern auch um die ökologische Qualität der Landschaft. Je tiefer die ökologische Qualität der Landschaft, desto höher ist der Flächenbedarf an hochwertigen, gut vernetzten und räumlich festgelegten Gebieten. Die Rolle der ÖI ist somit je nach Landschaftstyp und Ausgangslage unterschiedlich. So ist in vielen alpinen Regionen der Schweiz die ökologische Durchlässigkeit noch wenig beeinträchtigt; daher kann sich die ÖI insbesondere auf die Sicherung und Aufwertung bestehender Arten-Hotspots sowie der grossräumigen Vernetzung fokussieren. In einer intensiv genutzten Mittellandlandschaft bestehen dagegen nur noch Restflächen mit einem gewissen ökologischen Wert; die ÖI soll hier einen Minimalanteil an Fläche und Qualität wiederherstellen und wichtige Lebensraumkorridore stärken. Beim NCP-Ansatz sehen wir vor allem eine partizipative Bestimmung der Referenzbedingungen vor. Dabei verfolgen wir drei Ansätze: (1) Formulierung gemeinsamer Visionen einer funktionierenden ÖI mit Akteur*innen in den Pärken, (2) Klärung von Kompromissen und Synergien zwischen den einzelnen NCP auf Grundlage der gesellschaftlichen Werte von Modul B, und (3) Berücksichtigung normativer Ziele, die in den Chartas, in der Gesetzgebung generell und spezifisch in der Pärkepolitik festgelegt sind. Zudem werden die im ökologischen Ansatz definierten Zielwerte und die oben beschriebenen Referenzzustände explizit mit den im Modul D

formulierten Gouvernanz-Möglichkeiten verknüpft. Dies dient dazu sicherzustellen, dass die Entwicklungspfade der ÖI zu den definierten Zielen führen.

ValPar.CH hat somit einen breiteren Fokus zu analysieren als das «Funktionieren» ökologischer Systeme. Wir zeigen den Mehrwert und Nutzen einer funktionierenden ÖI für Ökologie, Gesellschaft und Wirtschaft auf. Dies ist für die Schweiz besonders relevant, weil hier viele Flächen gleichzeitig unterschiedlichen Nutzungen dienen.

5 Schlussfolgerungen für das Projekt ValPar.CH

Eingebettet in den Aktionsplan der Strategie Biodiversität Schweiz (AP SBS) baut das Projekt ValPar.CH auf der BAFU-Definition der ÖI auf. Ausgehend von den Konzepten «Grüne Infrastruktur» und «Natur-based Solutions» konzentriert sich das Forschungsteam nicht nur auf ökologische Aspekte, sondern auch auf den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen der ÖI und deren langfristige Sicherung durch verschiedene «policy»-Mechanismen. Es wird die Funktionalität sowohl basierend auf ökologischen Aspekten operationalisieren als auch in partizipativer Weise zusätzliche Aspekte im Sinne einer ganzheitlichen NCP-Sicht einbeziehen. Basierend auf den von da Silva und Wheeler (2017), Nesshöver et al. (2017) und dem IUCN (2020) beschriebenen Prinzipien wird das Team Empfehlungen erarbeiten, um (1) eine funktionierende ÖI mit Hilfe von Indikatoren zu erfassen und das Funktionieren der ÖI zu evaluieren, (2) die ÖI auf integrierte und anpassungsfähige Weise zu sichern und zu bewirtschaften, (3) ihre Multifunktionalität zu gewährleisten, (4) ihre Resilienz zu fördern, (5) ihren inhärenten, nicht-monetären Wert und ihre Biodiversität zu entwickeln, zu sichern und zu bewirtschaften, (6) Entscheidungsprozesse zu entwickeln, die die Entwicklung, Sicherung und Bewirtschaftung einer funktionierenden ÖI aufzeigen, und (7) mit Unsicherheit, Komplexität, Mehrdeutigkeit und Konflikten umzugehen, damit sich gerechte Kompromisse erzielen und Synergien nutzen lassen.

Bibliographie

- Ahern, J. 1995. Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, 33: 131-155. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
- Angelstam, P., Barnes, G., Elbakidze, M., Marais, C., Marsh, A., Polonsky, S., Richardson, D. M., Rivers, N., Shackleton, R. T., Stafford, W. 2017. Collaborative learning to unlock investments for functional Ecological Infrastructure: Bridging barriers in social-ecological systems in South Africa. *Ecosystem Services*, 27: 291-304. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.012>
- BAFU (Hrsg.) (2021). *Ökologische Infrastruktur. Arbeitshilfe für die kantonale Planung im Rahmen der Programmvereinbarungsperiode 2020–2024. Version 1.0.*
- Balvanera, P., Siddique, I., Dee, L., Paquette, A., Isbell, F., Gonzalez, A., Byrnes, J., O'Connor, M. I., Hungate, B. A., Griffin, J. N. 2014. Linking biodiversity and ecosystem services: Current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience*, 64: 49-57. <https://doi.org/10.1093/biosci/bit003>
- Benedict, M., McMahon, E. 2006. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities.* Island Press.
- Bennett NJ. 2016. Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30: 582-92. <https://doi.org/10.1111/cobi.12681>
- CBD (Convention on Biological Diversity) (2004). *The Ecosystem Approach, CBD Guidelines.* Montreal. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 50 p
- Childers, D., Bois, P., Hartnett, H. 2019. Urban Ecological Infrastructure: An inclusive concept for the non-built urban environment. *Science of the Anthropocene*, 7: 46. <https://doi.org/10.1525/elementa.385>
- Childers, D., Cadenasso, M., Grove, J., Marshall, V., McGrath, B., Pickett, S. 2015. An ecology for cities: A transformational nexus of design and ecology to advance climate change resilience and urban sustainability. *Sustainability*, 7: 3774-3791. <https://doi.org/10.3390/su7043774>.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (Hrsg.) 2016. *Nature-based Solutions to address global societal challenges.* Gland: IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C.R., Renaud, F.G. et al. 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 98: 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>
- Da Silva, J., Wheeler, E. 2017. Ecosystems as infrastructure. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15: 32-35. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2016.11.005>
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A. et al. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359: 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Elbakidze, M., Angelstam, P., Dawson, L., Shushkova, A., Naumov, V., Rendenieks, Z., Liepa, L., Trasūne, L., Ustsin, U., Yurhenson, N. et al. 2018. Towards functional Green Infrastructure in the Baltic Sea Region: Knowledge production and learning across borders. In: Perera, A. H., Peterson, U., Pastur, G. M., Iverson, L. R. (eds.) *Ecosystem Services from Forest Landscapes: Broad-scale Considerations.* Springer, pp. 57-87. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_4
- Europäische Kommission 2012. *The Multifunctionality of Green Infrastructure.* Brussels. https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf
- Europäische Kommission 2013. *Building a Green Infrastructure for Europe.* Luxembourg. Publications Office of the European Union.
- Fahrig, L. 2001. How much habitat is enough? *Biological Conservation*, 100: 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00208-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00208-1)

- Fahrig, L. 2002. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications*, 12: 346-353. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0346:EOHFOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0346:EOHFOT]2.0.CO;2)
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Garmendia, E., Apostolopoulou, E., Adams, W., Bormpoudakis, D. 2016. Biodiversity and Green Infrastructure in Europe: Boundary object or ecological trap? *Land Use Policy*, 56: 315-319. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.003>
- Guntern J., Lachat T., Pauli D., Fischer M. 2013. Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz. Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, Bern.
- IPBES 2020. Glossary 'Ecological Infrastructure'. <https://ipbes.net/glossary/ecological-infrastructure> (accessed 27.11.2020).
- IUCN 2020. Standard mondial de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature. Cadre accessible pour la vérification, la conception et la mise à l'échelle des SfN. Première édition. Gland, Suisse: IUCN.
- Jax, K. 2005. Function and functioning in ecology: what does it mean? *OIKOS*, 111: 641-648. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2005.13851.x>
- Koc, C., Osmond, P., Peters, A. 2017. Towards a comprehensive green infrastructure topology: A systematic review of approaches, methods, and typologies. *Urban Ecosystems* 20: 15-35. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5>
- Lindenmayer, D., Fischer, J. 2006. *Habitat Fragmentation and Landscape Change: an Ecological and Conservation Synthesis*. Island Press, Washington.
- McGill, B.M., Sutton-Grier, A.E., Wright, J.P. 2010. Plant trait diversity buffers variability in denitrification potential over changes in season and soil conditions. *PLOS ONE*, 5: e11618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011618>
- Nature Editorial 2017. 'Nature-based solutions' is the latest green jargon that means more than you might think, 541, 133-134, <https://doi.org/10.1038/541133b>
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., et al. 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Pauleit, S., Liu, L., Ahern, J., Kazmierczak, A. 2011. Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City. In: Niemela, J., Breuste, J., Guntenspergen, G., McIntyre, N. (Hrsg.) *Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications*. Oxford: Oxford University Press, pp. 272-285. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563562.003.0033>
- Perrow, M., Davy, A. 2002. *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511549984>
- Pickett, S., Cadenasso, M., Childers, D., McDonnell, M., Zhou, W. 2016. Evolution and future of urban ecological science: ecology *in, of, and for* the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2: e01229. <https://doi.org/10.1002/ehs2.1229>
- Saura, S., Estreguil, C., Mouton, C., Rodriguez-Freire, M., 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: application to European forests (1990-2000). *Ecological Indicators*, 11: 407-416. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.011>
- SDC/ARE 2004. *Sustainable development in Switzerland: Methodological foundations*.
- UNESCO 1984. Final report, Programme on Man and the Biosphere (MAP). International Experts Meeting on Ecological Approaches to Urban Planning. MAB Report Series 57, pp. 1-63.