



Naturbasierte Infrastruktur

Whitepaper

Juni 2026



BAUEN DIGITAL SCHWEIZ
BÂTIR DIGITAL SUISSE
COSTRUZIONE DIGITALE SVIZZERA
CONSTRUIR DIGITAL SVIZRA

Home of





Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
1.1 Ausgangssituation	6
1.2 Vision	7
1.3 Ziel und Zweck	7
1.4 Abgrenzung des Dokuments	7
2 Begriffliche Grundlagen	7
2.1 Versorgungsbedarf und Ressourcenverbrauch	8
2.2 Grundsätze der Kreislaufwirtschaft für Freiraumgestaltung	8
2.3 Definition naturbasierte Infrastruktur	9
2.4 Abgrenzung zu verwandten Konzepten	9
2.4.1 Ökologische Infrastruktur	9
2.4.2 Naturbasierte Lösungen	9
2.4.3 Grüne, blaue, braune, graue und gelbe Infrastruktur	10
2.4.4 Durchlässige Infrastruktur	10
2.5 Beitrag zu kritischen Infrastrukturen	10
3 Ökosystemleistungen im Siedlungsraum	11
3.1 Kategorien von Ökosystemleistungen	12
3.2 Ökosystemkreisläufe	12
3.2.1 Wasserkreislauf	12
3.2.2 Kohlenstoffkreislauf	13
3.2.3 Nährstoffkreislauf	13
3.3 Rahmenbedingungen und Ressourcen	13
3.3.1 Mikroklimatische Regulation	13
3.3.2 Ökologische Faktoren und Habitatbildung	14
3.3.3 Lärm	14
3.3.4 Schadstoffe	14
3.3.5 Licht	15
3.4 Gesellschaftliche und kulturelle Prozesse	15
3.5 Schnittmengen und verwandte Themenfelder	15
4 Leistungsdimensionen von naturbasierter Infrastruktur	16
4.1 Wirkungsorientierter Ordnungsrahmen von NBI	17
4.2 Übergeordnete Ziele	18
4.3 Planungsrelevante Zielkategorien	18
4.4 Wechselwirkungen und planerische Implikationen	19
5 Betrachtungs- und Bearbeitungsebenen	19
5.1 Übersicht über die Ebenen	19



5.2	Betrachtungs-Ebenen	20
5.2.1	Regionale Ebene	20
5.2.2	Quartiersebene	20
5.3	Bearbeitungs-Ebenen	20
5.3.1	Parzellenebene	20
5.3.2	Elementebene	20
5.4	Vernetzung und Konnektivität	21
5.5	Nutzungsauswirkungen	21
6	Elemente mit Wirkung auf Ökosystemleistungen	21
6.1	Elementkategorien	21
6.2	Freiräume	22
6.3	Oberflächen	22
6.4	Vegetation	22
6.5	Boden und Untergrund	23
6.6	Verbindungen und Übergänge	23
6.7	Ausstattungen	23
6.8	Zusammenspiel der Elemente	23
7	Schlüsselindikatoren (KPIs)	24
7.1	Indikatoren nach Ebene	24
7.2	Anforderungen an Kennzahlen (KPI) für naturbasierte Infrastruktur	25
8	Zusammenarbeitsprozesse	25
8.1	Verständigung	25
8.2	Beteiligte Fachdisziplinen und Zusammenarbeitskultur	25
8.3	Argumentation	26
8.4	Informationsbedarfe nach Ebene	27
9	Aktuelle Potenziale und Hürden für naturbasierte Infrastruktur	27
9.1	Von Massnahmen zu Wirkungszielen	28
9.2	Multifunktionale Nutzung und Qualität der Bausteine	28
9.3	Integrale Systeme sowie Pflege und Betrieb	29
9.4	Daten, Digitalisierung und Transformation	29
10	Handlungsfelder	30
10.1	Perspektivenwechsel	30
10.2	Strategische Hebel	30
10.3	Organisatorische und planerische Hebel	31
10.4	Fokusfelder für Weiterentwicklung	31
11	Ausblick: mögliche Werkzeuge und nächste Entwicklungsschritte	33
11.1	Webtool zur Sensibilisierung (Proof of Concept)	33
11.2	Bewertungsmethodik für Ökosystemleistungswirksamkeit	34
11.3	Bewertungsmethodik Ökobilanzierung von Freiraumgestaltungen	35



11.4	Schritte vom Whitepaper zum Standard	35
12	Literaturquellen	36
13	Impressum	38
14	Anhang A – Schlüsselindikatoren (KPIs)	39
15	Anhang B – Element- & Attributliste	39
16	Anhang C – Prozessmatrix	40
17	Anhang D – Lückenanalyse	41
18	Anhang E – Weiterführende Literatur	41
19	Anhang F – Beispiele	42
20	Anhang G – Glossar	49



Zusammenfassung

Klimawandel, Biodiversitätsverlust, demografischer Wandel und Bevölkerungswachstum verschärfen Hitze-, Gesundheitsrisiken und Schadensrisiken im Siedlungsraum. Gleichzeitig verlangen gesetzliche Vorgaben Innenentwicklung sowie Klimaschutz und Ressourcenschonung. Klassische technische Infrastrukturen stossen dabei an Kapazitätsgrenzen und verursachen hohe Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbräuche.

Lösungsansatz

Zirkuläre und regenerative Systeme bieten einen Ansatz, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Sie halten Ressourcen im Kreislauf, stärken natürliche Regenerationsprozesse und adressieren dabei Aspekte von Ökologie, Wirtschaftlichkeit, Gesundheitsförderung und Leistungskapazität gleichzeitig. Eine Schlüsselrolle dabei spielt die naturbasierte Infrastruktur. Sie erbringt Leistungen wie Mikroklimaregulation, Wasserrückhalt und -reinigung, Schadstoffregulierung, Sauerstoffproduktion, Förderung der Biodiversität sowie der menschlichen Gesundheit und Schutz vor Schäden. Aufgrund dieser zentralen Leistungen ist sie als kritische Infrastruktur zu verstehen und entsprechend gleichwertig zu baulichen und technischen Systemen zu behandeln, zu planen, zu entwickeln und zu unterhalten.

Ziele des Whitepapers

Das Whitepaper verankert naturbasierte Infrastruktur als integralen Bestandteil einer zirkulären und regenerativen Siedlungsentwicklung. Es stellt einen leistungsorientierten Ordnungsrahmen bereit, der von gesellschaftlichen Zielsetzungen ausgeht und klare Anforderungen an Planung, Bau und Betrieb formuliert. Der Rahmen dient als gemeinsame Grundlage für Politik, Verwaltung und Praxis.

Wirkungsverständnis

Grundlage bildet ein einheitliches Verständnis von Ökosystemleistungen. Natürliche Ressourcen wie Boden, Wasser und Energie bilden den Ausgangspunkt. Raumstruktur, Vegetation, Konstruktion, Materialisierung und Pflege steuern die Ökosystemleistungsprozesse und bestimmen die Wirkung. In zirkulären Systemen richten Planung und Betrieb diese Faktoren gezielt auf lokale Regeneration aus und senken den Bedarf an externen Ressourcen.

Umsetzung und Handlungsbedarf

Für naturbasierte Infrastruktur müssen verschiedene Ebenen miteinbezogen werden: Region, Quartier, Parzelle und Elemente. Die Parzelle (oder das Areal) ist dabei der wichtigste Wirkraum, weil hier strategische Ziele konkret umgesetzt werden. Das Whitepaper zeigt, dass viele Grundlagen bereits existieren, aber wenig durchgängig miteinander verknüpft sind. Fehlende Leistungsindikatoren, unzureichende und nicht einfach verfügbare Daten, fehlende digitale Standards, ungenügende Zusammenarbeit sowie Lücken bei Pflege und Betrieb mit Fokus auf Erbringung von Ökosystemleistungen erschweren die Integration und Skalierung naturbasierter Lösungen.

Einordnung

Das Whitepaper dient als Verständigungsgrundlage und strategischer Orientierungsrahmen. Es schafft die fachliche Grundlage, um naturbasierte Infrastruktur systematisch, wirksam und gleichwertig in Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse zu integrieren. Damit leistet es einen zentralen Beitrag zu klimaresilienteren, gesunden und zukunftsfähigen Siedlungsräumen.



1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Bevölkerungswachstum, demografischer Wandel, Klimawandel und Biodiversitätsverlust verschärfen die Risiken durch Hitze, Trockenheit und Extremwetterereignisse. Die damit verbundenen Gesundheits-, Sicherheits- und Versorgungssicherheitsfolgen treffen den Siedlungsraum besonders stark: Natürliche Wasserspeicher in Gletschern, Eis und Schnee schrumpfen durch steigende Temperaturen und trockene Winter drastisch [1]. Hitzebedingte Todesfälle sind heute fast doppelt so häufig wie Verkehrstote [2]. Die Arbeitsleistung an Hitzetagen sinkt um rund ein Viertel [3] und bei Temperaturen über 30°C steigt die Zahl der Arbeitsunfälle deutlich [4]. Gleichzeitig nehmen die durch Extremwetter verursachten Schäden stark zu [5].

Rund 85 Prozent der Schweizer Bevölkerung leben bereits in urbanen, also dicht besiedelten Gebieten und die Tendenz ist weiter steigend. Diese Gebiete sind bereits heute stark von Hitze, Trockenheit und Extremwetter betroffen. Gleichzeitig begrenzt das Raumplanungsgesetz die Siedlungsausdehnung und die Netto-Null- und Versorgungssicherheits-Ziele verlangen eine ressourcenschonende und klimaresiliente Siedlungsentwicklung mit Innenverdichtung. Mit dem Kreislauf- und Innovationsgesetz (KIG) und dem Umweltschutzgesetz (USG, Art. 10h und 35j) bestehen dafür unter anderem auch neue rechtliche Grundlagen.

Konventionelle technische Infrastrukturen wie Abwassersysteme oder technische Kühlung stossen dabei an Grenzen. Naturbasierte Lösungen bieten einfache, dezentrale und ökologische Alternativen. Sie mindern Hitze, speichern Wasser, verbessern die Luftqualität, stärken die Biodiversität und schaffen gesunde Freiräume. Die Vernetzung zu einem zusammenhängenden System im Siedlungsraum als naturbasierte Infrastruktur erhöht ihre Leistungsfähigkeit und Resilienz. In der Praxis werden sie jedoch oft zu spät berücksichtigt und nur in Fragmenten umgesetzt, da klare Vorgaben für Planung, Umsetzung und Pflege fehlen.

Besonders bei Hochbauprojekten ist das Verbesserungs- und damit Leistungssteigerungspotenzial noch gross. Fehlendes Wissen über die Wirkung naturbasierter Lösungen sowie der leistungsrelevanten Elemente, unklare Zuständigkeiten, fehlende Standardisierung und dadurch unzureichende Abbildbarkeit in digitalen Planungsprozessen zur frühzeitigen Kommunikation, effizienten Erarbeitung und integralem Monitoring verhindern frühe Integration sowie langfristige Entwicklung und Erhalt zur Erbringung von Ökosystemleistungen. Das führt zu höheren Kosten, unnötig redundanten technischen Lösungen und verpassten Chancen bezüglich Leistungsfähigkeit, Resilienzerhöhung sowie Emissions- und Ressourcenverbrauchsreduktion.

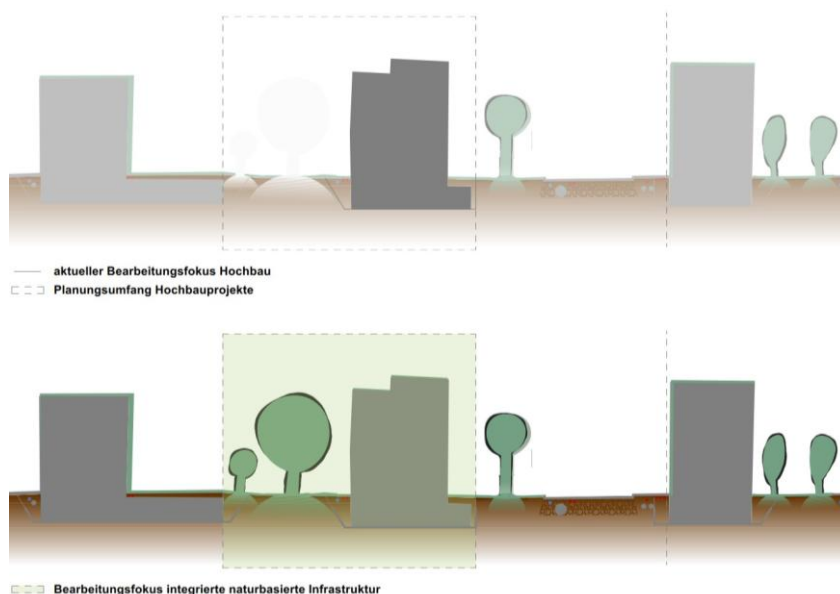


Abbildung 1: aktueller und angestrebter Planungsfokus im Hochbau / Quelle: sysTEAMatik GmbH



1.2 Vision

Siedlungsräume werden so geplant und gebaut, dass sie sicher, gesund, klimaresilient, artenreich und lebenswert sind sowie dabei minimale Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch aufweisen und sich möglichst lokal regenerieren. Freiräume, Hochbauten und Infrastrukturen bilden dazu ein integrales Gesamtsystem zur Erbringung der erforderlichen Ökosystemleistungen. Die Parzelle oder das Areal bildet die kleinste Einheit für Planung und Optimierung. Grenzbereiche zwischen Parzellen werden bewusst als Vernetzungszonen gestaltet, um eine durchgängige und leistungsfähige naturbasierte Infrastruktur zu schaffen. Diese Ziele sind verbindlich festgelegt und konsequent in Planung, Bau, Betrieb und Unterhalt verankert.

1.3 Ziel und Zweck

Ziel ist es, Freiraumgestaltung mit leistungsfähigen naturbasierten Elementen als festen Bestandteil einer resilienten, zukunftsgerichteten Siedlungsentwicklung zu etablieren. Vernetzte naturbasierte Elemente sind als Leistungsträger einer kritischen Infrastruktur [6] für Ökosystemleistungen zu verstehen und nicht als dekorative Ergänzung.

Klimaresiliente, artenreiche und sozial durchmischte Siedlungsräume entstehen durch die Verbindung naturbasierter und technischer Infrastrukturen sowohl im Boden als auch an freiraumbildenden Oberflächen wie Belägen, Fassaden und Dächern. Das Resultat sind multifunktionale Räume mit hoher Aufenthaltsqualität, die Ökologie, Identität und Baukultur stärken und zugleich wirksame Ökosystemleistungen bereitstellen. Naturbasierte Lösungen ergänzen oder ersetzen technische Infrastrukturen und sorgen als ressourcenschonende Low-Tech Systeme für Sicherheit, Gesundheit und Lebensqualität. Biodiversität ist dabei ein zentraler Leistungs- und Resilienzfaktor.

Dieses Whitepaper stellt einen wirkungsorientierten Ordnungsrahmen und eine praxisnahe Methodik vor. Es zeigt, wie naturbasierte Infrastruktur projektbezogen geplant, umgesetzt und betrieben wird.

Das Dokument schafft eine disziplinenübergreifende Verständigungsgrundlage für Immobilienentwicklungs-, Planungs-, Ausführungs- und Betriebsteams. Es schafft eine Grundlage zur durchgängigen Verständigung über alle Lebensphasen von Freiräumen und Immobilien, der Einbindung digitaler Methoden und damit der Integration naturbasierter Infrastruktur (NBI) in bestehende Prozesse. Weiter zeigt es bestehende Lücken und mögliche Handlungsfelder auf und stärkt eine effiziente, wirkungsorientierte Umsetzung zwischen Risikomanagement und qualitativvoller, ökosystemleistungsorientierter Freiraumentwicklung.

1.4 Abgrenzung des Dokuments

Dieses Dokument thematisiert naturbasierte Infrastruktur als übergeordnetes Thema. Es dient als Übersicht und Orientierung für Use-Case-Themen, die zu einem späteren Zeitpunkt vertieft ausgearbeitet werden sollen.

2 Begriffliche Grundlagen

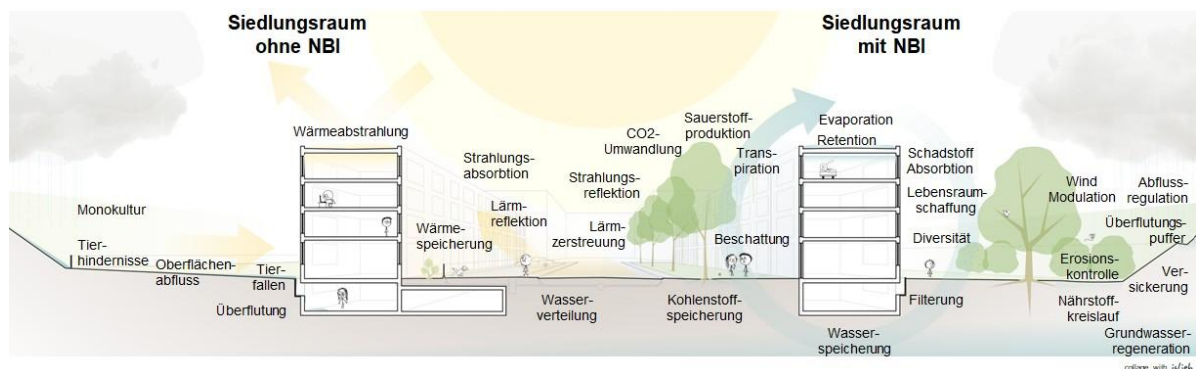


Abbildung 2: Wirkgefüge von Freiräumen und umbauten Räumen / Quelle: Masterthesis Anne Nyffeler [29]



2.1 Versorgungsbedarf und Ressourcenverbrauch

Menschen benötigen geschützte und gut versorgte Siedlungsräume, um gesund und sicher leben zu können. Infrastrukturen sichern diese Grundbedürfnisse und bilden damit das Rückgrat der Prosperität der Gesellschaft. In der Schweiz gehören unter anderem Energie, Gesundheit, Sicherheit, Ernährung, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung [6].

Gebäude und Freiräume wirken dabei direkt zusammen (vgl. Abbildung 2). Mikroklima in und Qualität von Freiräumen beeinflussen den Raumflächen- und auch Technikbedarf von Gebäuden, beispielsweise für Kühlung, Verschattung oder Wasserver- und Entsorgung (vgl. auch Kapitel 11.1). Mit Klimawandel, Bevölkerungswachstum und demografischem Wandel steigt der Bedarf an leistungsfähigen Systemen dafür.

Naturbasierte Lösungen leisten hier einen wichtigen Beitrag durch die Erbringung von Ökosystemleistungen, wenn Freiräume entsprechend gestaltet werden. Sie senken dadurch auch den Bedarf an technischer Gebäudetechnik, reduzieren den erforderlichen Materialeinsatz, Wartungsaufwand und die Umweltbelastung.

2.2 Grundsätze der Kreislaufwirtschaft für Freiraumgestaltung

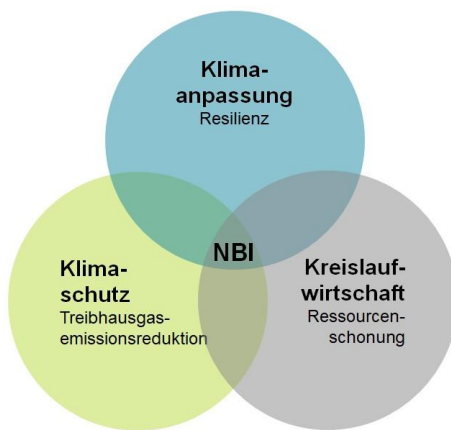


Abbildung 3: Themenschnittmenge NBI / Quelle: basierend auf TAZ Zürich

Lineare Verbrauchslogiken folgen dem Prinzip Entnehmen, Nutzen, Entsorgen. Materialien werden ersetzt statt erhalten, Wasser abgeleitet statt genutzt, Vegetation erneuert statt entwickelt und gepflegt. Dies führt zu hohem Ressourcenverbrauch, hohen Emissionen und hohen Gesamtkosten über den Lebenszyklus eines Gesamtsystems bei geringer Wirkung.

Für eine zukunftsfähige Siedlungsentwicklung ist die Kreislaufwirtschaft deshalb auch im Freiraum zentral. Ziel ist es, Material- und Energieflüsse zu reduzieren, ihre Lebensdauern zu verlängern oder sie im Kreislauf zu führen und als regenerative Systeme zu denken.

Naturbasierte Infrastruktur setzt dieses Prinzip um, indem Freiräume als vernetzte, regenerative Systeme mit möglichst geschlossenen Kreisläufen geplant, umgesetzt und betrieben werden. Ihre naturbasierten und naturnahen Elemente erbringen konkrete Leistungen, zum Beispiel: Bäume kühlen, Böden speichern Wasser, Vegetation filtert Schadstoffe, durchlässige Beläge ermöglichen Versickerung.

Die R-Strategien bilden ein zentrales Ordnungsprinzip der Kreislaufwirtschaft. Sie beschreiben, wie Ressourcen über ihren Lebenszyklus hinweg wirksam, werterhaltend und umweltschonend genutzt werden können.

Nachfolgend eine Auflistung [7] adaptiert für Freiraumgestaltung:

R0	Refuse	Unnötige Eingriffe werden vermieden, indem Bodenverbrauch, Versiegelung und bauliche Elemente möglichst gering gehalten werden. Benötigte Funktionen werden zuerst über den Bestand (besonders auch Bäume), eine kluge Raumorganisation oder natürliche Prozesse erfüllt.
R1	Rethink	Nutzung und Gestaltung werden so angepasst, dass Freiräume mehrere ökologische und soziale Leistungen gleichzeitig erfüllen und technische Einzellösungen ersetzen oder minimieren.
R2	Reduce	Material-, Energie- und Pflegeaufwand sinken durch einfache Konstruktionen, standortgerechte Vegetation und die Förderung natürlicher Kreisläufe statt technischer Lösungen.
R3	Reuse	Materialien, Bauteile und Aushub werden direkt wiederverwendet, sofern sie geeignet sind und ohne aufwändige Aufbereitung eingesetzt werden können.



R4	Repair	Die Funktion von Freiräumen wird durch gezielte Pflege von Vegetation und Reparatur von baulichen Freiraumelementen über den Lebenszyklus erhalten und möglichst verlängert.
R5	Refurbish	Bestehende Freiräume werden angepasst, ergänzt oder erneuert und so funktional und ökologisch verbessert ohne sie vollständig zu ersetzen.
R6	Remanufacture	Bauteile oder Materialien werden aufgefrischt und ertüchtigt und in neuen Freiräumen für denselben Zweck eingesetzt.
R7	Repurpose	Bestehende Materialien oder Strukturen werden für neue Zwecke genutzt, zum Beispiel als ökologische Struktur oder Gestaltungselement.
R8	Recycle	Materialien werden zu neuen Rohstoffen aufbereitet, wenn sie nicht wiederverwendet oder umgenutzt werden können.
R9	Recover	Materialien werden erst kompostiert oder energetisch verwertet, wenn keine bessere Nutzung im Kreislauf mehr möglich ist. Wenn möglich erfolgt dies über Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle, die zur Bodenverbesserung eingesetzt werden kann.

2.3 Definition naturbasierte Infrastruktur

Naturbasierte Infrastruktur (NBI) [8] bezeichnet ein vernetztes System aus naturnahen Flächen und Elementen im Siedlungsraum. Durch natürliche Prozesse erbringt sie zentrale Ökosystemleistungen wie Kühlung, Grundwasserregeneration, Gesundheitsförderung, Habitatbildung und Schutz vor Schäden. Damit trägt NBI wesentlich zu sicheren, gesunden und resilienten Siedlungsräumen bei. Sie baut auf ökologischer Infrastruktur (ÖI) [9], [10] und naturbasierten Lösungen [11] auf und fokussiert auf gezielte Ökosystemleistungen für den dicht besiedelten Raum.

NBI umfasst in menschengepägten Räumen grossflächige ökologische Räume ebenso wie einzelne Elemente wie Bäume, Wasserflächen, Grünflächen, Parks, Trittsteine sowie Dach- und Fassadenbegrünungen. Erst durch Vernetzung entsteht ein resilientes und leistungsstarkes Infrastruktursystem, einzelne naturbasierte Elemente können aber auch bereits wichtige Leistungen erbringen. Boden und Untergrund bilden dabei die fundamentale Ressource [12].

Nicht jede Grünfläche ist naturbasierte Infrastruktur. Intensiv gepflegte Monokulturen und / oder Vegetationsflächen mit hohem Wasser-, Dünger- oder Pestizideinsatz gehören nicht dazu. Gleiches gilt für Lösungen, die überwiegend technisch geprägt sind - z.B. nur aus Leitungen und Schächten bestehen - und mit hohen Umweltbelastungen verbunden sind. Entsprechend können grüne und blaue Infrastrukturen nur dann als naturbasierte Infrastruktur betrachtet werden, wenn sie naturnah gestaltet sind und gepflegt werden und dadurch vielfältige Ökosystemleistungen erbringen.

2.4 Abgrenzung zu verwandten Konzepten

2.4.1 Ökologische Infrastruktur

Sie besteht aus gut verteilten und miteinander verbundenen Lebensräumen. Sie bietet Tieren und Pflanzen ausreichend Raum und ermöglicht deren Mobilität, auch unter veränderten Klimabedingungen. Dabei verbindet sie ökologisch wertvolle Umgebungen in Natur- und Siedlungsräumen, durchdringt also sowohl unbebaute als auch menschlich geprägte Gebiete [9], [10].

2.4.2 Naturbasierte Lösungen

Nature-based Solutions (NBS) auf Englisch, sind Massnahmen, die natürliche oder menschlich geprägte Lebensräume schützen, dafür zentrale Leistungen (Ökosystemleistungen) erbringen und sie regenerieren. Sie helfen, gesellschaftlichen Herausforderungen wirksam zu begegnen und stärken gleichzeitig das menschliche Wohlbefinden und die Biodiversität.



2.4.3 Grüne, blaue, braune, graue und gelbe Infrastruktur

Die Begriffe beschreiben unterschiedliche, sich ergänzende Infrastrukturen im Siedlungsraum, die integral geplant und aufeinander abgestimmt werden müssen. Zu diesen Begriffen gibt es unterschiedliche Definitionen, die von den hier aufgeführten abweichen. In jedem Projekt sollte daher eingehend eine Verständigung zu den projektspezifischen Begriffsdefinitionen gemacht werden (vgl. auch Kapitel 8.1).

- **Grüne Infrastruktur:** vegetationsbasierte Flächen und Strukturen wie Bäume, Hecken, Pflanzflächen, Fassaden- und Dachbegrünungen
- **Blaue Infrastruktur:** natürliche und technische wasserbezogene Systeme wie Wasserver- und Wasserentsorgungsleitungen, Wassernutzungselemente, Verdunstungselemente, Retentionsflächen und Gewässer
- **Braune Infrastruktur:** natürlicher und angelegter Boden (technische Substrate, wie z.B. Dachsubstrate und Wurzelsubstrate) im Siedlungsraum, der das ökologische und physische Fundament bildet, auf dem alle anderen Infrastrukturtypen aufbauen
- **Graue Infrastruktur:** technische Infrastruktur wie Ver- und Entsorgungsleitungen sowie überwiegend versiegelte Mobilitäts-Infrastruktur
- **Gelbe Infrastruktur:** technische Infrastruktur zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von erneuerbarer Energie wie Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen, Fernwärmenetze, Flächen für Wärmepumpen, Energiespeicherung

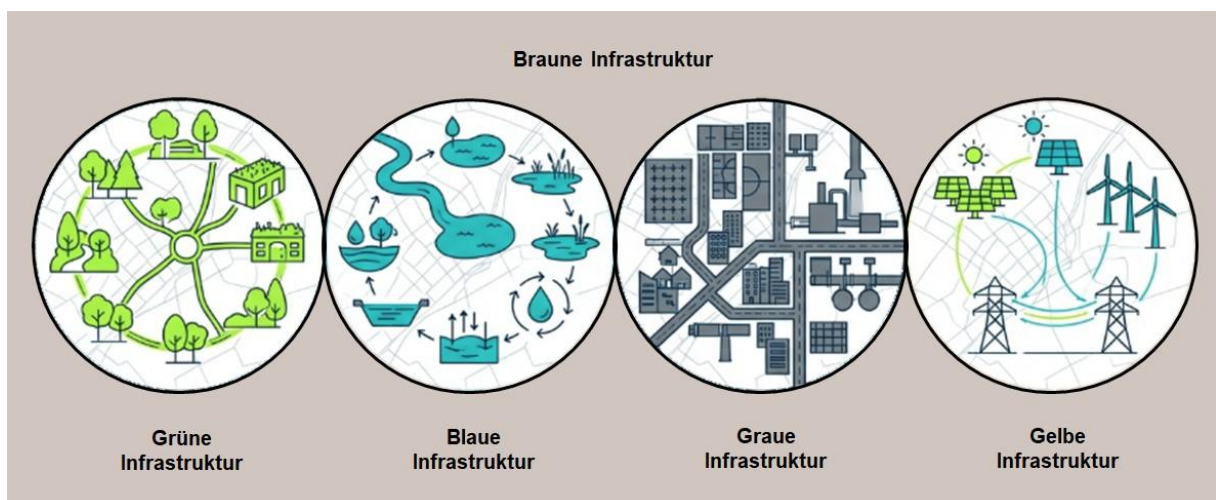


Abbildung 4: Arten von verwandten Infrastrukturen im Siedlungsraum / Quelle: basierend auf Kanton Bern [14]

Naturbasierte Infrastruktur richtet den Fokus darauf, Ökosystemleistungen im Siedlungsraum gezielt bereitzustellen, abzustimmen und zu verbessern und als Teil eines integral resilient und zukunftsfähig konzipierten Siedlungsraums die anderen Infrastruktur-Arten zu unterstützen, zu ergänzen oder, wo möglich, Elemente davon zu ersetzen.

2.4.4 Durchlässige Infrastruktur

Meint Siedlungsmorphologie (Bebauungsstruktur) sowie die Integration bestehender lokaler Ressourcen und Prozesse wie Kaltluftströme oder Gewässer. Nachfolgend wird dieser Aspekt [14] aufgenommen durch die Betonung der Wichtigkeit der Gestaltung von Vernetzung, Konnektivität, von Verbindungen und bewussten Übergängen (vgl. auch Kapitel 5.4 & 6.6).

2.5 Beitrag zu kritischen Infrastrukturen

Die Leistungen (Ökosystemleistungen), die durch naturbasierte Infrastruktur erbracht werden, tragen zu mehreren, vom Bund definierten Sektoren kritischer Infrastruktur bei:



- **Energie:** Reduktion des Energiebedarfs durch Kühlung, Verschattung und mikroklimatische Regulation
- **Öffentliche Gesundheit:** Hitzeminderung, Luftreinigung, Stressreduktion und Erholungsräume
- **Öffentliche Sicherheit:** Wasserrückhalt, Stabilisierung von Böden und Verminderung von Oberflächenabfluss, Schadensprävention bei Starkregenereignissen
- **Ernährung und Wasser:** Wasserfiltration, Versickerung und Grundwasserneubildung, reduzierter Oberflächenabfluss, Schädlingsregulation, Bestäubungsleistung, lokale Nahrungsmittelproduktion
- **Abfallentsorgung:** Entlastung technischer Entwässerungssysteme durch natürliche Regenwasserbewirtschaftung, Filter- oder Schadstoffabbauwirkung (vgl. 3.3.4)

Aufgrund ihrer systemrelevanten Leistungen sollte naturbasierte Infrastruktur daher als kritische Infrastruktur betrachtet und in der Planung gleichwertig zu technischen Systemen berücksichtigt werden. Eine integrale, fachlich fundierte Freiraumplanung inklusive der Integration der Schnittstellen zu Bauwerken und die umfassende Integration derselben in das Gesamtökosystem Siedlungsraum ist entsprechend wichtig für zukunftsfähige Lebensräume.

3 Ökosystemleistungen im Siedlungsraum

Die Leistungen von naturbasierter Infrastruktur basieren auf Ökosystemleistungen [13] und entstehen durch natürliche Prozesse. Ihre Wirkung lässt sich mit einem einfachen Modell beschreiben (Abbildung 5): Ressourcen und Rahmenbedingungen (Inputs) beeinflussen Prozesse im Freiraum. Diese Prozesse – geprägt durch Faktoren wie den Wasserhaushalt von Bäumen und die damit verbundene Transpiration – erzeugen Leistungen (z.B. Verdunstungskühlung, Habitatbildung), die kumuliert konkrete Wirkungen erzielen (z.B. Mikroklimaregulation, Biodiversität).

Zu den Ressourcen zählen zum Beispiel Wasser, Energie oder auch anthropogene Immissionen wie Lärm, Schadstoffe oder Raumfragmentierungen. Die Rahmenbedingungen ergeben sich sowohl aus klimatischen, hydrogeologischen und topografischen Gegebenheiten als auch der Gestaltung des Siedlungsraums, etwa durch Raumstruktur, Bodenaufbau, Vegetation oder Materialien und der Nutzung durch Menschen. Zusammen bestimmen Rahmenbedingungen und Ressourcen, welche Prozesse ablaufen und ob die daraus entstehenden Leistungen positive oder negative Wirkungen haben. Das Grundverständnis für dieses Wirkungsmodell bildet die Grundlage für die Planung, Umsetzung und den Erhalt von Bauwerken und Freiräumen mit wirksamen Ökosystemleistungen.

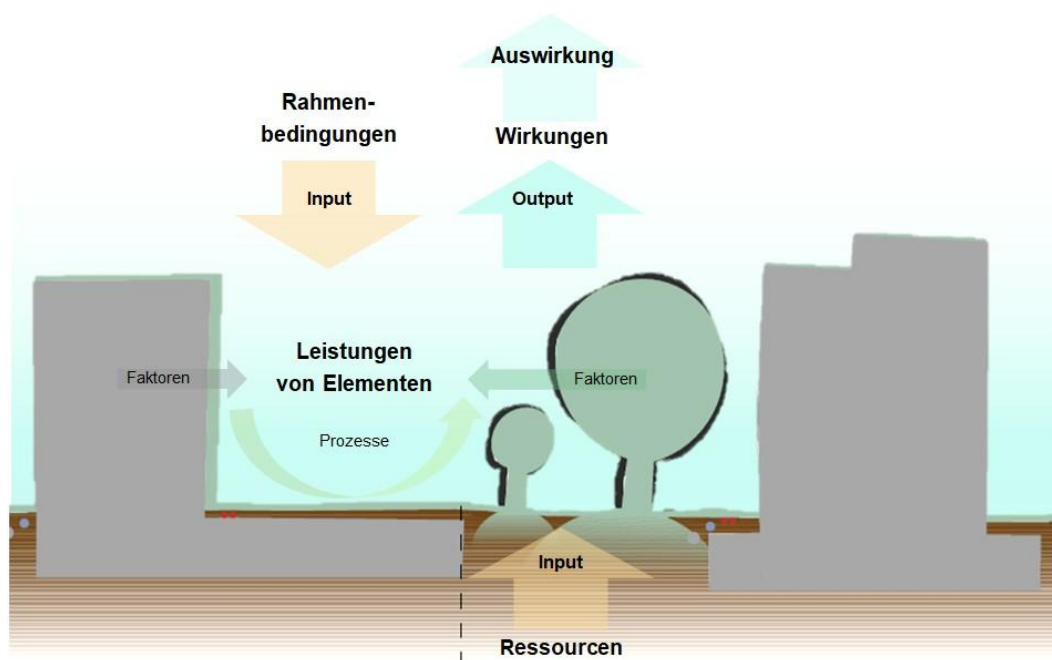


Abbildung 5: Wirkmodell mit naturbasierter Infrastruktur im Freiraum (vgl. auch Kapitel 3.3) / Quelle: Arbeitsgruppe NBI



3.1 Kategorien von Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen [13] bezeichnen die Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlbefinden. Sie bilden die Grundlage für die Funktionen naturbasierter Infrastruktur und lassen sich in vier Kategorien einteilen [13].

- **Regulierungsleistungen:** z.B. Mikroklima, Wassereintrag und -reinigung
- **Versorgungsleistungen:** z.B. Urban Gardening, Naschgärten oder -wälder
- **Kulturelle Leistungen:** z.B. Identitätsbildung, Ästhetik
- **Unterstützungsleistungen:** z.B. Bestäubung, Nährstoff- und Wasserkreislauf

Für resiliente, sichere und gesunde Siedlungsräume sind primär regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen wichtig. Aber auch andere Leistungen spielen eine zentrale Rolle: Versorgungsleistungen wie Nahrungsangebote, Lebensräume für Tiere und Pflanzen, Möglichkeiten zur Bewegung sowie kulturelle Leistungen wie Identitätsbildung fördern Akzeptanz und Nutzung. Sie unterstützen damit die Entwicklung und langfristige Wirkung naturbasierter Infrastruktur und sichern die Qualität und Nachhaltigkeit von Freiraumgestaltung.

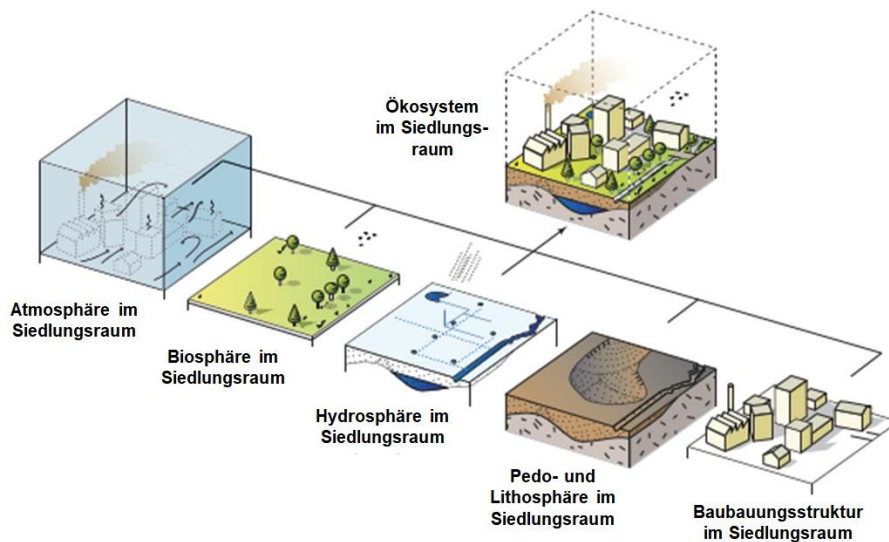


Abbildung 6: Biophysikalische Bestandteile von Ökosystemen im Siedlungsraum / Quelle: Oke et al 2017 [15]

3.2 Ökosystemkreisläufe

Ökosystemleistungen basieren auf Ökosystemkreisläufen. Diese wiederum basieren auf physikalischen, chemischen, biologischen und geologischen Prozessen im Siedlungsraum und lassen sich durch Gestaltung, Materialisierung, Nutzung und Pflege von Freiräumen gezielt beeinflussen.

3.2.1 Wasserkreislauf

Regenwasser wird auf begrünten Flachdächern, Grünflächen und in Mulden zurückgehalten. Es verdunstet, versickert und wird über belebte Oberbodenschichten gereinigt. Gleichzeitig steht es der Vegetation zur Verfügung und trägt zur Neubildung von Grundwasser bei.

Prozesse	Retention, Versickerung, Filtration, Bewässerung, Grundwasserneubildung, Verdunstung, Transpiration, Niederschlag
Faktoren	Vegetationsflächen, begrünte Dächer, Bäume, Retentionsmulden, Pflanzenartenwahl, Diversität von Vegetation, Bodenqualität und -durchlässigkeit, offene Wasserflächen, naturnahe Wasserführungen, Wasserführung an der Oberfläche
Leistungen	Regulierung des Mikroklimas, Kühlung durch Verdunstung, Wasserrückhalt, Reinigung und Versickerung, Reduktion von Oberflächenabfluss



3.2.2 Kohlenstoffkreislauf

Pflanzen nehmen CO₂ aus der Luft auf und bauen Kohlenstoff in Stamm, Blätter und Wurzeln ein. Ein Teil des Kohlenstoffs wird in den Boden abgegeben, wo Mikroorganismen ihn in Humus umwandeln. Wachsende Bäume speichern über Jahrzehnte grosse Mengen Kohlenstoff im Holz und stabilisieren den Kreislauf langfristig. Durch Verrottung und unbedecktes Erdreich wird CO₂ wieder emittiert.

Prozesse	Photosynthese, Kohlenstoffbindung in Biomasse und Boden, Zersetzung, Humusaufbau, langfristige Speicherung in Holz und Humus
Faktoren	Artenwahl, Vegetationsstruktur, Bodenqualität, Standortbedingungen, Pflege, Reifegrad und Gesundheit von Bäumen
Leistungen	Kohlenstoff-Speicherung, Biomasseaufbau, Bodenbildung, Emissionsreduktion aus naturbasierten Elementen, langfristige Klimaschutzwirkung

3.2.3 Nährstoffkreislauf

Pflanzen entnehmen dem Boden Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor oder Kalium und binden sie in ihrer Biomasse. Fällt Laub oder sonstiges Material an, wird es von Bodenorganismen zersetzt und mineralisiert. Dadurch werden Nährstoffe erneut verfügbar.

Prozesse	Aufnahme von Nährstoffen durch Pflanzen, Zersetzung organischer Biomasse durch Pilze und Bakterien, Mineralisierung, Humusbildung
Faktoren	Vegetationsvielfalt, Bodenorganismenvielfalt, Anteil lebendiger Biomasse im Boden, unversiegelte Böden, Bodenchemie, strukturreiche Pflanzengemeinschaften, Diversität von Vegetation, Pilzen und Tieren
Leistungen	Verbesserte Bodenfruchtbarkeit, erhöhter Humusgehalt, stabile Bodenstruktur, reduzierte externe Düngung

3.3 Rahmenbedingungen und Ressourcen

Standortbezogene Rahmenbedingungen und Ressourcen bilden die Ausgangslage für ökologische Prozesse. Sie bestimmen, in welchem Umfang, mit welcher Qualität und mit welcher Wirkung – positiv oder negativ – Ökosystemleistungen im Siedlungsraum entstehen.

3.3.1 Mikroklimatische Regulation

Pflanzen geben über ihre Blätter Wasser ab. Genauso wie das Wasser aus offenen Wasserflächen verdunstet dieses durch Sonneneinstrahlung und kühlt die Umgebungsluft dabei. Baumkronen werfen grossflächigen Schatten und reduzieren damit die Aufheizung von Oberflächen. Weiter schaffen sie zusätzlich durch Transpiration und Verdunstung lokale Kaltluftoasen. Strukturreiche Vegetation bricht Wind und schafft angenehme Strömungsverhältnisse.

Prozesse	Verdunstung, Transpiration, Beschattung, Brechung von Windströmungen, Strahlungsreflexion
Faktoren	Baumbestand, Kronenbedeckung, Blattfläche, Baumartenwahl und -standortangepasstheit, Bodenfeuchte, Wasserversorgung, unversiegelte und wasserdurchlässige Flächen, Anordnung und Vernetzung von Grünstrukturen, Oberflächenmaterialien mit geringem Wärmespeichervermögen
Leistungen	Reduktion der städtischen Wärmeinsel, Temperatenausgleich, erhöhte thermische Behaglichkeit



3.3.2 Ökologische Faktoren und Habitatbildung

Pflanzen liefern Nahrung, Schutz und Fortpflanzungsräume für viele Tierarten. Bestäubende Insekten sorgen dafür, dass sich Pflanzen vermehren und wiederum Nahrung für andere Tiere bieten. Vernetzte Trittsteine und Grünachsen ermöglichen Tieren, zwischen Lebensräumen zu wechseln. Eine vielfältige, also biodiverse, und gut vernetzte Pflanzen- und Tierwelt mit kontinuierlichem Nahrungsangebot reguliert sich weitgehend selbst. Sie macht Ökosysteme widerstandsfähiger gegen Störungen wie Trockenheit und wirkt wie ein natürliches Immunsystem der naturbasierten Infrastruktur. So bleiben Ökosystemleistungen langfristig erhalten und wirkungsvoll für den Siedlungsraum und seine Bewohenden.

Prozesse	Habitat-Bildung, Nahrungskette, Vernetzung, Bestäubung, Reproduktion, genetischer Austausch
Faktoren	Artenvielfalt, standortgerechte Pflanzenwahl, strukturelle Vielfalt Vegetation, zeitliche Kontinuität von Blüh- und Fruchtangeboten, bodennahe Strukturen, unversiegelte und störungsarme Flächen, Vernetzung von Lebensräumen, reduzierte (Kunst-)Licht- und Lärmbelastung, extensive Pflege
Leistungen	Förderung von Artenvielfalt, Stabilisierung ökologischer Prozesse, natürliche Schädlingsregulation, Bestäubung und darüber Ernährungssicherheit

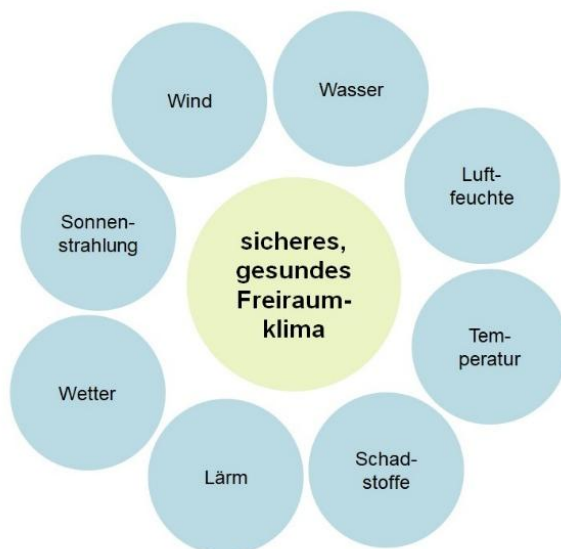


Abbildung 7: Faktoren für sicheres, gesundes Freiraumklima (Freiraumkomfort) / Quelle: basierend auf DWD, 2023 [16]; ecobau, n.d.

3.3.3 Lärm

Vegetation beeinflusst, wie sich Schall im Siedlungsraum ausbreitet. Pflanzen, Sträucher und begrünte Fassaden können Lärm dämpfen, umlenken und die Reflexion störender Geräusche reduzieren. Naturbasierte Infrastruktur trägt so zur Verbesserung der akustischen Umwelt bei. Besonders dichte und gut platzierte Vegetationsstrukturen schwächen Verkehrslärm spürbar ab und verbessern die Ruhe in Freiräumen. Sie reduziert Stress, erhöht das Wohlbefinden und steigert die Ruhequalität.

Prozesse	Schallabsorption, Schallbrechung, Reduktion von Schallreflexion, alternativer Grundgeräuschpegel
Faktoren	Grösse und Dichte der Vegetationsstrukturen, begrünte Fassaden, Hecken, dichte Baureihen
Leistungen	Reduzierte Lärmbelastung, verbesserte Ruhequalität, Stressminderung

3.3.4 Schadstoffe

Pflanzen und Böden können gewisse Schadstoffe aus Luft und Wasser aufnehmen, binden und abbauen. Blattflächen, Wurzelräume und Bodenorganismen wirken als natürliche Filter oder Schadstoffabbauer im Siedlungsraum (Phytoremediation). Naturbasierte Infrastruktur reduziert damit Umweltbelastungen erheblich. Es



gibt aber auch Schadstoffe wie Mikroplastik, PFAS oder grosse Mengen Schwermetall, die nicht abgebaut werden können und sich ansammeln, sodass Bodensanierungen notwendig werden.

Prozesse	Deposition, Filtration über Blattoberflächen, Sorption im Boden und in Pflanzen/-teilen, mikrobieller Abbau
Faktoren	Laub- und Nadelstrukturen, Bodenmikroorganismen, poröse Oberflächen, Blattfläche (Bäume und allgemein Pflanzen)
Leistungen	Reduktion von Feinstaub und Luftschadstoffen, Reduktion von Bodenschadstoffen, verbesserte Wasserqualität

3.3.5 Licht

Vegetation beeinflusst die Lichtverhältnisse im Siedlungsraum. Sie spendet Schatten und streut Sonnenlicht. So schützt sie vor direkter Sonneneinstrahlung und reduziert störende Reflexionen auf Oberflächen. Naturbasierte Infrastruktur verbessert damit den visuellen Komfort und entlastet das Mikroklima. Künstliches Licht kann diese Wirkung jedoch beeinträchtigen. Übermässige künstliche Beleuchtung nachts führt zu Lichtverschmutzung, was die Leistungsfähigkeit und Resilienz naturbasierter Systeme schwächt. Bei Planung und Betrieb von naturbasierter Infrastruktur muss die Beleuchtung entsprechend berücksichtigt werden.

Prozesse	Verschattung, Diffusion, Regulation von Reflexion und Blendung
Faktoren	Baumkronen, Vegetationsdichte, materialabhängige Reflexionsgrade, Kunstlicht
Leistungen	Reduktion von Blendung und Lichtverschmutzung, thermische Entlastung

3.4 Gesellschaftliche und kulturelle Prozesse

Gut gestaltete Freiräume ermöglichen Erholung, Bewegung und Begegnung. Sie wirken stressreduzierend, fördern die körperliche, psychische und soziale Gesundheit und bieten besonders in verdichteten Gebieten einen wichtigen Ausgleich im Alltag (vgl. besonders auch SIA Merkblatt 2066 [17]).

Durch wiederholte Nutzung entstehen vertraute Orte. Sie stärken Zugehörigkeit, Identität und ermöglichen informelles Lernen. So wächst auch das Bewusstsein für Umwelt und Natur [17].

Freiräume, die bewusst mit naturbasierter Infrastruktur gestaltet sind, leisten einen zentralen gesellschaftlichen und kulturellen Beitrag. Sie stärken Sicherheit, Gesundheit (inklusive physischer und kognitiver Entwicklung [18]), Lebensqualität genauso wie wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Resilienz in Siedlungsräumen. Diese Wirkung entsteht sowohl durch regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen als auch durch die tägliche Nutzung von entsprechend gestalteten Freiräumen und den direkten Kontakt mit natürlichen Elementen – etwa durch Erholung im Grünen und den Zugang zu sauberem Trinkwasser [8].

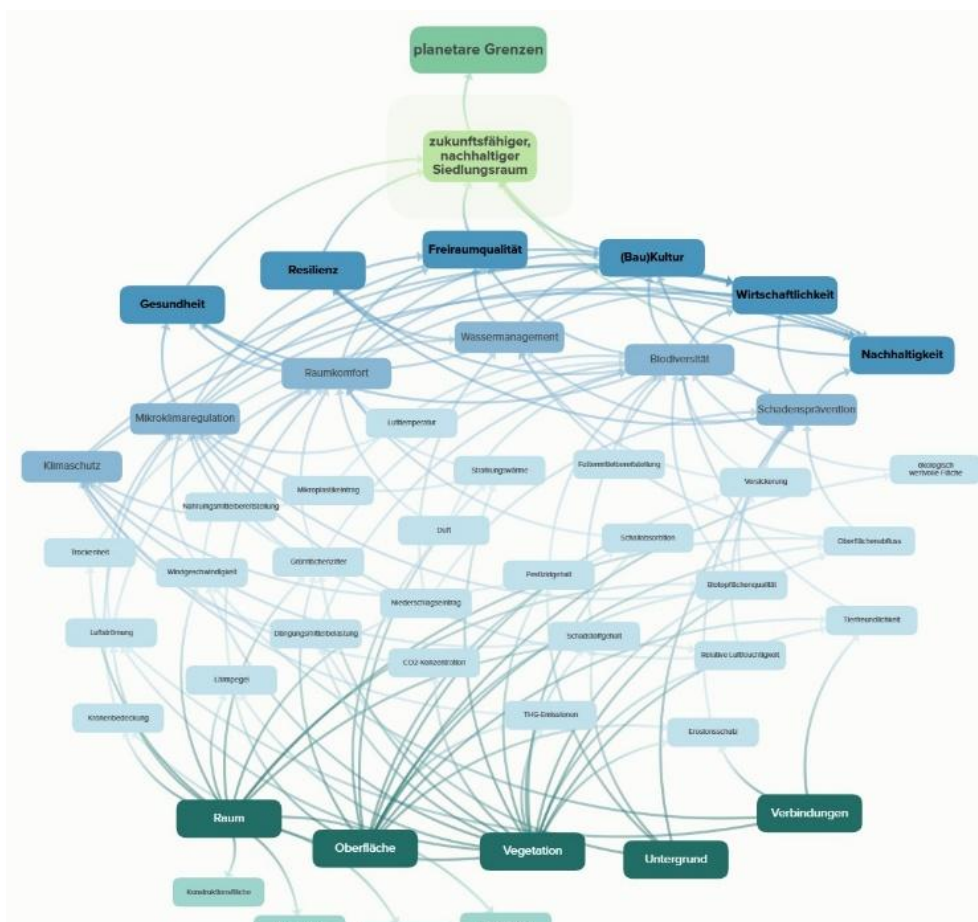
Prozesse	Nutzung und Erholung, Identifikation, Lernen durch Erfahrung, soziale Begegnung, Gärtnern, Pflegehandlungen
Faktoren	Zugänglichkeit zu sowie Vernetzung und Fläche von Freiräumen wie Grünflächen für Spiel und Sport, Gärten, Alleen oder Parks mit naturnahen Strukturen, mit Duft, Haptik, ätherische Öle sowie Versorgung mit regulierenden und bereitstellenden Ökosystemleistungen, Sensibilisierungsmassnahmen wie Infotafeln, Führungen, Kurse
Leistungen	Aktivierung (Animation zu Bewegung), Gesundheitsförderung, Gesundheitsschutz, Stressreduktion, soziale Kohäsion, Bildung und Naturbezug

3.5 Schnittmengen und verwandte Themenfelder

Naturbasierte Infrastruktur interagiert unter anderem mit folgenden strategischen und fachlichen Themenfeldern (vgl. auch SIA Merkblatt 2066 [17]):



- **Nachhaltige Entwicklung [20]:** Klimaschutzziele wie Ressourcenschonung, Netto-Null und Biodiversitätsstrategie
- **Siedlungsökologie:** Wechselwirkungen zwischen baulichen Strukturen und biologischen Systemen
- **Hitzeminderung:** Reduktion städtischer Wärmeinseln, verbesserte thermische Behaglichkeit
- **Schwammstadt:** Naturnaher Umgang mit Wasser als Anpassung an den Klimawandel
- **Urban Forestry:** Bäume im Siedlungsraum systematisch planen und bewirtschaften
- **Biomimicry:** Ansatz, der natürliche Funktionsprinzipien nutzt, um ressourcenschonende und resiliente Leistungen zu erzielen. Er ist ein Grundprinzip naturbasierter Infrastruktur.
- **Permakultur:** Planungsansatz für langfristig selbstregulierende Systeme, nutzt ökologische Kreisläufe und ordnet Elemente so, dass Mehrfachnutzen entsteht.



[Link zur dynamischen Webversion](#)

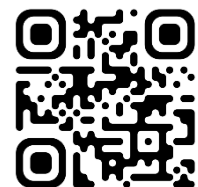


Abbildung 8: Themenlandkarte / Quelle: Arbeitsgruppe NBI

4 Leistungsdimensionen von naturbasierter Infrastruktur

Naturbasierte Infrastruktur kann viele ökologische, soziale und wirtschaftliche Leistungen, sogenannte Ökosystemleistungen, erbringen. Damit sie wirksam geplant, umgesetzt und langfristig erhalten werden kann, braucht es klare Ziele, damit sich passende Massnahmen ableiten und optimal aufeinander abstimmen lassen [21], [22].



Das Whitepaper schlägt deshalb übergeordnete Ziele und daraus abgeleitete Wirkungsziele vor. Diese Ziele orientieren sich an den Grundsätzen von resilienter Siedlungsentwicklung und hochwertiger Innenverdichtung und fungieren als Übersetzungsgrundlage in projektspezifische Massnahmen zur Erzielung der gewünschten Wirkungen mithilfe von Ökosystemleistungen [29].

Sie sollen sicherstellen, dass die eingesetzten Ressourcen möglichst effizient, effektiv und gerecht genutzt werden. So lassen sich Ökosystemleistungen gemäss spezifischem, lokalem Bedarf maximieren und der Ressourcenverbrauch von Bauprojekten für Hochbauten und Freiräume insgesamt reduzieren.

4.1 Wirkungsorientierter Ordnungsrahmen von NBI

Klare, projektspezifische Ziele helfen, naturbasierte Infrastruktur richtig einzuordnen. So lässt sie sich in gesellschaftliche, institutionelle und individuelle Interessen integrieren.

Naturbasierte Infrastruktur erbringt Leistungen für Freiräume – vergleichbar mit baulichen und technischen Massnahmen für Gesundheit und Komfort (Behaglichkeit) in Innenräumen (z.B. Wärmedämmung, Raumakustik, Gebäudetechnik).

Für eine nachhaltige Entwicklung im Bausektor können die möglichen Leistungsdimensionen naturbasierter Infrastruktur als konkrete Zielkategorien verwendet und projektspezifisch priorisiert werden. Sie greifen ineinander und bilden gemeinsam die Grundlage, um Freiräume funktional, resilient und nachhaltig zu gestalten.

Ausgangspunkt sind die Raumanforderungen eines Projektes. Sie ergeben sich aus den Rahmenbedingungen und dem vorgesehenen gesellschaftlichen Nutzen innerhalb des Projektperimeters, also auf der Parzelle oder dem Areal. Wichtige Grundlagen für Akzeptanz und Wertschätzung sind Aufenthaltsqualität, Sicherheit, Gesundheit und soziale Teilhabe. Sie stärken zugleich die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und den langfristigen Wert eines Projekts [24]. Zusätzlich zu visueller, funktionaler, ..., und ökologischer Qualität [17] muss dazu auch das Raumklima sowie die Versorgung (z.B. mit Wasser, Nährstoffen) von Freiräumen gezielt geplant und koordiniert werden.

Um aktuelle Risiken durch Klimawandel und Umweltauswirkungen nicht weiter zu verschärfen, sollten Klimaschutz und Ressourcenschonung als prioritäre Zielkategorie berücksichtigt werden. Dazu zählen der Erhalt bestehender sowie der schonende Umgang mit Ressourcen, die Reduktion von Treibhausgasemissionen, das Binden und Speichern von Kohlenstoff und damit Entfernen von CO₂ als Treibhausgas, über den gezielten Ersatz oder die Reduktion technischer Systeme durch naturbasierte Systeme.

Biodiversität bildet die ökologische Basis der Systemleistung, denn sie bestimmt Resilienz, Funktionsfähigkeit und Stabilität der naturbasierten Prozesse [25].

Das Wassermanagement dient als regulatorisches Rückgrat, indem es Nutzung, Rückhalt, Versickerung, Verdunstung und Reinigung sicherstellt und damit ökologische und technische Resilienz stärkt [26].

Die Mikroklimaregulation als direkte Folge von Vegetationsstrukturen, Materialität und Siedlungsmorphologie ist entscheidend für thermische Behaglichkeit [7].

Schadensprävention [23] resultiert durch die Reduktion von Oberflächenabfluss, Minderung von Überlastungen technischer Infrastruktur, durch Minderung von Hitze, Wind und wasserinduzierten Risiken zum Schutz von Menschen, Gebäuden und Infrastrukturen [7] sowie die Regulation von natürlichen Schädlingen oder Krankheiten und Allergenen.

Aus der kombinierten Anwendung dieser Zielkategorien resultiert schlussendlich nicht nur die lokale Erfüllung der definierten Raumanforderungen, sondern auch gesellschaftlicher Nutzen und Mehrwert über den jeweiligen Projektperimeter hinaus.

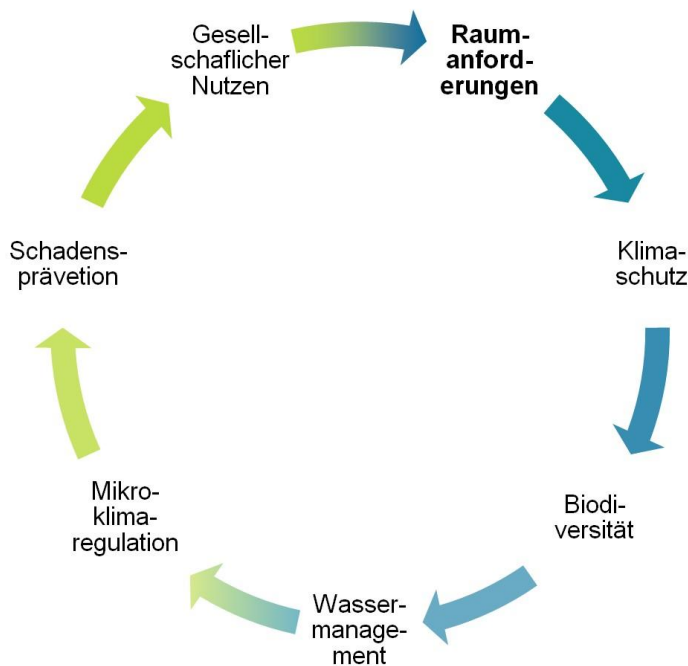


Abbildung 9: Wirklogik als Handlungshierarchie / Quelle: Arbeitsgruppe NBI

Die Reihenfolge folgt den Grundsätzen nachhaltiger Entwicklung [20] und einer davon abgeleiteten Wirklogik [29]. Menschen reagieren vor allem auf unmittelbar spürbaren Nutzen wie Aufenthaltsqualität und Komfort (inkl. Behaglichkeit) [24]. Werden diese Bedürfnisse jedoch nur mit baulichen und technischen Systemen gedeckt, entstehen hohe Treibhausgasemissionen, hohe Umweltauswirkungen sowie hoher Ressourcenverbrauch und machen Klimaschutz notwendig. Ohne Klimaschutz geht Biodiversität verloren, was den Wasserkreislauf und die Mikroklimaregulation im Siedlungsraum schwächt [25] und das Schadensrisiko erhöht. Wird jedoch die Wirklogik von Ökosystemen berücksichtigt und Gestaltungen und Pflege lokal auf Ökosystemleistungseffektivität optimiert und aufeinander abgestimmt, sinkt der Bedarf an baulicher und technischer Infrastruktur. Gleichzeitig sinkt das Risiko für Schäden [16] und die Aufenthaltsqualität nimmt zu. Die vorgeschlagene Reihenfolge sollte

deshalb als Prioritäten- und Handlungs-hierarchie verstanden und angewendet werden.

4.2 Übergeordnete Ziele

Folgende übergeordnete Ziele, auch Formalziele oder strategische Ziele für Auswirkungen genannt, können für naturbasierte Infrastruktur als Verständigungsgrundlage dienen (vgl. auch SIA Merkblatt 2066 [17]).

- Gesundheit
- Resilienz
- Wirtschaftlichkeit
- Nachhaltigkeit
- Freiraumqualität
- (Bau)Kultur

4.3 Planungsrelevante Zielkategorien

Die folgenden Leistungsdimensionen können als quantitative Wirkungsziele [21], [22], also Zielkategorien naturbasierter Infrastruktur dienen, um basierend darauf gezielt Massnahmen zur projekt- und standortspezifisch optimierten Erbringung von Ökosystemleistungen abzuleiten [29]:

Tabelle 1: Beschreibung der Leistungsdimensionen als Zielkategorien

Dimension	Beschreibung
Raumkomfort	Sicherheit, Gesundheit, Aufenthaltsqualität, Aktivierung, Erholung, soziale Teilhabe
Klimaschutz und Ressourcenschonung	Emissionsreduktion, Substitution technischer Systeme, CO ₂ -Sequestrierung & -Speicherung, Erhalt des biologisch aktiven Bodens zur Regulierung von Wasser-, Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufen und damit der ökologischen Grundlage naturbasierter Infrastruktur



Biodiversität	Artenvielfalt, Habitatqualität, ökologische Stabilität, minimierter Schädlingsbefall
Wassermanagement	Nutzung, Rückhalt, Verdunstung, Reinigung, Versickerung
Mikroklimaregulation	Thermische Behaglichkeit, Hitzeminderung, Durchlüftung
Schadensprävention	Übrigbleibende, erforderliche bauliche Massnahmen zum Schutz vor Naturgefahren [23], z.B. Reduktion von Überflutungs- und Erosionsrisiken

4.4 Wechselwirkungen und planerische Implikationen

Die Dimensionen wirken zusammen, nicht einzeln. Mehr Biodiversität verbessert die Wasserspeicherkapazität und die Verdunstung und stabilisiert so das Mikroklima. Ein gutes Wassermanagement beugt Schäden vor und reduziert bauliche Lösungen. Durchdachte Gestaltung, Nutzung und passende Pflege sichern die ökologische Leistung und die langfristige Stabilität des Systems.

5 Betrachtungs- und Bearbeitungsebenen

Die Planung naturbasierter Infrastruktur erfolgt über vier miteinander verknüpfte räumliche Ebenen [15], [16], [36], [29], deren Wirkung und Informationsgrundlagen sich gegenseitig bedingen.

5.1 Übersicht über die Ebenen

Tabella 2: Ebenen-Funktionen



	Ebene	Bezeichnung	Funktion
Bearbeitungs- ebenen = Wirk- einheiten	Nano-Ebene	Element	Vegetationstypen, Bäume, Substrat-schichten, Mikrohabitate, Materialien
	Mikro-Ebene	Parzelle	Operativer Wirkraum und lokale Ressourcen: gestaltbarer Freiraum, Gebäudeform, -setzung, und -erschliessung, Boden, Vegetation, Wasserhaushalt
Betrachtungs- ebenen = Rand- bedingungen	Meso-Ebene	Quartier	Siedlungsstrukturen, Governance, Mobilitätsmuster, Nutzungsprofile
	Makro-Ebene	Region	Klimasysteme, Topografie, hydrologische Regimes, ökologische Infrastruktur

Regionale Klimabedingungen, hydrologische Regimes, ökologische Netzwerke und lokale Risikodispositionen, Belastungen und Potenziale im Quartier bestimmen den übergeordneten Handlungsrahmen. Auf Parzellenebene prägen Governance, Nutzungsmuster und Ressourcenflüsse Bedarf und Umsetzbarkeit von naturbasierter Infrastruktur. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit ebenenübergreifender Integration und partizipativer Planung, um naturbasierte Massnahmen wirksam und dauerhaft zu verankern [17].



5.2 Betrachtungs-Ebenen

Für jedes Projekt wird festgelegt, welche Inhalte und Detailstufen relevant sind. Dazu werden die Rahmenbedingungen, Grundlagen und Einwirkungen auf verschiedenen Ebenen analysiert. Auf dieser Basis lassen sich Anforderungen ableiten und die erforderlichen Massnahmen für Koordination und Umsetzung auf der jeweiligen Bearbeitungsebene bestimmen.

5.2.1 Regionale Ebene

Die regionalen Rahmenbedingungen (national, kantonal, regional, kommunal) bilden die Makro-Ebene: Grossräumige Klimasysteme, topografische Verhältnisse, hydrologische Regime sowie die ökologische Infrastruktur bestimmen die Machbarkeit, Dringlichkeit und Wirkrichtung lokaler Massnahmen. Datenquellen wie nationale und kantonale GIS-Systeme liefern hier entscheidende Informationen zu Klima, Boden, Wasserhaushalt, Habitatnetzen oder Naturgefahren.

5.2.2 Quartiersebene

Auf der Meso-Ebene des Quartiers (Stadtteil, Nachbarschaft) wirken lokale Siedlungsstrukturen, Governance-Mechanismen, Mobilitätsmuster und soziale Nutzungsprofile. Sie bestimmen die Umsetzbarkeit naturbasierter Massnahmen, die Anschlussfähigkeit an bestehende Grün- und Freiraumssysteme sowie die Akzeptanz und Nutzbarkeit durch die Bevölkerung.

5.3 Bearbeitungs-Ebenen

Auf den Bearbeitungs-Ebenen müssen die projektspezifischen Raumnutzungs- und Qualitätsanforderungen erhoben werden und mit den Gegebenheiten von den Betrachtungsebenen koordiniert werden zu einem auf spezifische Anforderungen optimierten Gesamtsystem und resultierenden Ökosystemleistungen.

5.3.1 Parzellenebene

Im Mittelpunkt der Planung naturbasierter Infrastruktur steht die Mikro-Ebene der Parzelle (oder dem Areal) als operativer Wirkraum. Gebäudeorientierung, bauliche Morphologie, Geländeverlauf, Oberflächenmaterialien und vorhandene Vegetation steuern zentrale ökologische Prozesse wie Bodenfunktionen, Oberflächenabfluss, Kalt- und Hangluftbewegungen sowie Feuchtehaushalt und solare Einstrahlung.

Hier müssen übergeordnete Strategien und Zielwerte aus Raumplanung und Siedlungsentwicklung (Datengrundlage GIS) operationalisiert und in effektive, vernetzte und koordinierte Massnahmen übersetzt werden (Datengrundlage BIM).

5.3.2 Elementebene

Auf der Nano-Ebene entscheidet die Qualität einzelner Elemente – Vegetationstypen, Substratschichten, Mikrohabitate, Fassadenbegrünungen, Versickerungsmulden – über Temperaturhaushalt, Wasser- und Luftbewegung, Schadstoffdynamik und damit über die ökologische Leistungsfähigkeit im unmittelbar gestalt- und nutzbaren Freiraum, also dem Wirkraum. Die Ausgestaltung der Elemente bildet also eine zentrale Massnahme zur Erreichung der Zielwerte (KPIs) auf Parzellenebene.



Alle den Freiraum bildenden Elemente sind immer ökosystemleistungswirksam. Für resiliente, zukunftsfähige Siedlungsräume müssen diese Elemente so gestaltet und unterhalten werden, dass sie in der Schnittmenge ihrer Funktionen und damit verbundener Anforderungen maximal positive Ökosystemleistungen erbringen.

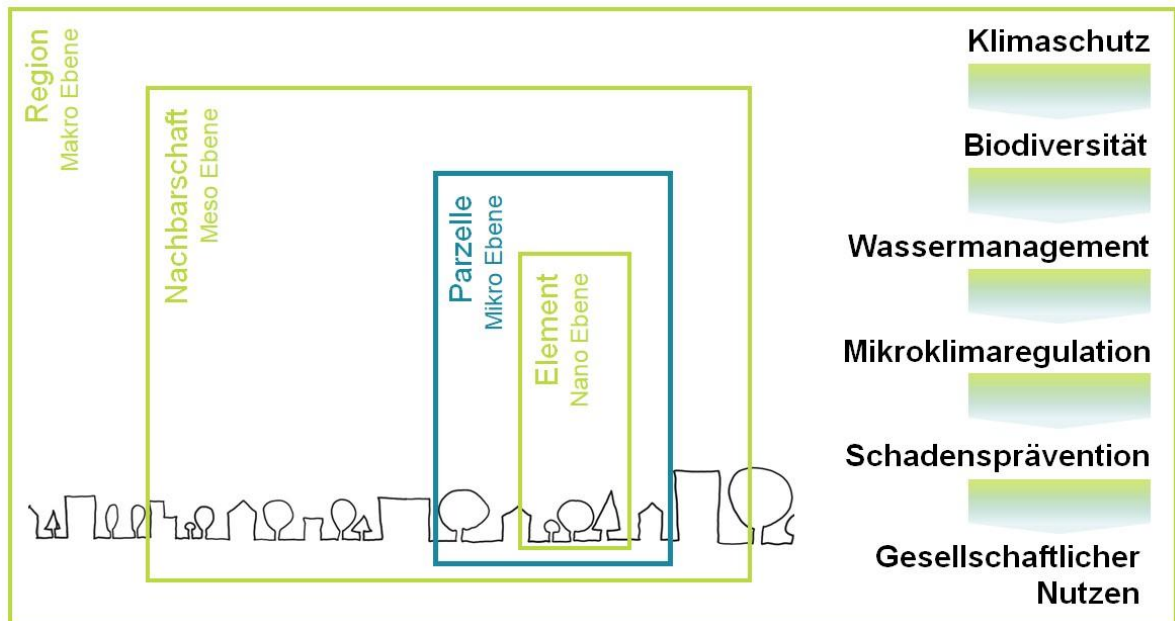


Abbildung 10: Betrachtungs- und Bearbeitungsebenen mit Leistungsdimensionen / Quelle: Arbeitsgruppe NBI

5.4 Vernetzung und Konnektivität

Naturbasierte Infrastruktur wirkt nur, wenn Informationen und Prozesse über alle Ebenen hinweg verbunden werden (vertikale Konnektivität). Für die Funktionsfähigkeit ist diese Durchgängigkeit entscheidend: Wurzelräume, Bodenprozesse, Wasserflüsse und Habitatverbindungen müssen zusammenwirken – vergleichbar mit technischen Infrastruktur-Netzen. Auch die räumliche Vernetzung spielt eine wichtige Rolle. Sie erhöht den ökologischen Wert und verbessert die soziale Nutzbarkeit, weil Orientierung, Komfort und Aneignung von zusammenhängenden Räumen abhängen (horizontale Vernetzung).

5.5 Nutzungsauswirkungen

Menschen und Tiere wirken im Siedlungsraum zusammen: Wie Menschen Freiräume gestalten, nutzen und pflegen bestimmt, wie sie sich entwickeln, wie viel Unterhalt sie brauchen und wie hoch entsprechend die Ökosystemleistungsfähigkeit naturbasierter Infrastruktur ausfällt. Genauso wirken Insekten, Vögel, Tiere und andere Lebewesen auf den Freiraum im Siedlungsraum und können Ökosystemleistungen stabilisieren oder reduzieren. Ausgewogene Tierpopulationen sind daher besonders wichtig. Sie bestäuben Pflanzen, verbreiten Samen und regulieren Schädlinge ähnlich wie ein Immunsystem [25]. Grundlage dafür ist eine biodiverse Gestaltung des Freiraums.

6 Elemente mit Wirkung auf Ökosystemleistungen

Naturbasierte Infrastruktur wirkt durch das Zusammenspiel verschiedener Elemente, die gemeinsam Ökosystemleistungen erbringen.

6.1 Elementkategorien

Zu den wirksamen Elementen zählen Freiräume, Oberflächen, Vegetation, Boden, Verbindungen und Ausstattungen [28].



6.2 Freiräume

Freiräume sind die zentralen Wirkorte von NBI im Siedlungsraum [7]. In Ihnen bündeln sich die Elemente, die Ökosystemleistungen erbringen [7], [17] (vgl. auch 10.4). Ihre Struktur (Morphologie) bestimmt klimatische und ökologische Prozesse massgebende und muss entsprechend gezielt und sorgfältig gestaltet werden.

6.3 Oberflächen

Oberflächen beeinflussen zentrale ökologische Prozesse. Sie speichern und reflektieren Wärme, dämpfen oder verstärken Schall und lassen Wasser versickern oder leiten es ab. Ihre Gestaltung und Materialisierung bestimmen, wie stark Hitzeinseln entstehen, wie schnell Wasser abfließt oder wie angenehm das Mikroklima ist. Sie umfassen Dach- und Fassadenflächen, Oberflächen von Schutz- und Stützbauwerken sowie Beläge und Wasserflächen im Freiraum.

6.4 Vegetation

Vegetation erfüllt mehrere Funktionen zugleich. Sie kühlt durch Beschattung und Verdunstung, reinigt Luft und Wasser, bietet Lebensräume und dämpft Lärm. Gleichzeitig prägt sie den Raum, lenkt Sichtbeziehungen und schafft Aufenthaltsqualität. Wie gut Vegetation wirkt, hängt von ihrer Vielfalt ab. Mischpflanzungen mit unterschiedlichen Wurzeln und Blättern nehmen mehr Wasser auf, verdunsten mehr und sind widerstandsfähiger. Unterpflanzte Gehölze halten Feuchtigkeit besser zurück und verbessern das Mikroklima. Integrales Beispiel in Anhang F – Beispiele.



6.5 Boden und Untergrund

Boden und Untergrund bilden die ökologische Basis [12] naturbasierter Infrastruktur. Bestehende Bodenqualitäten sollten möglichst erhalten oder gezielt verbessert werden. Boden filtert und speichert Wasser, ermöglicht Versickerung und reguliert Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufe. Er bietet Lebensraum für Wurzeln und Mikroorganismen und trägt zur Kühlung und Gesundheit von Freiräumen bei. Gleichzeitig bildet der Boden die Grundlage für Freiräume. Seine Struktur, Durchlässigkeit und biologische Aktivität bestimmen, ob Prozesse wie Grundwasserneubildung, Humusaufbau oder Stoffabbau funktionieren.

6.6 Verbindungen und Übergänge

Unter- und oberirdische Verbindungen ermöglichen ökologische Prozesse und den Wasserfluss. Sie sichern Wurzel- und Kronenräume sowie zusammenhängende Lebensräume. Werden diese Verbindungen unterbrochen – etwa durch versiegelte Flächen, Mauern, Zäune, Strassen oder zu viel Beleuchtung – verliert naturbasierte Infrastruktur deutlich an Wirkung.

Abbildung 11: Element-Kategorien Wirkgefüge Ökosystemleistungen im Siedlungsraum / Quelle: Zukunftsfähige Siedlungsräume durch systemische Freiraumgestaltung [28]

Freiräume



Oberflächen



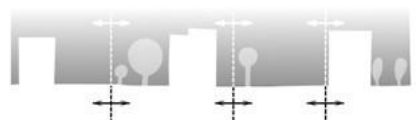
Vegetation



Untergrund



Verbindungen



6.7 Ausstattungen

Ausstattungen wie Beschattungselemente, Brunnen, Sitzgelegenheiten, Spielgeräte oder Nisthilfen ergänzen die ökologische Funktion durch soziale und kulturelle Leistungen. Sie erhöhen Nutzbarkeit, Aufenthaltsqualität und Interaktion. Je nach Ausführung zählen sie zur naturbasierten oder technischen Infrastruktur.

6.8 Zusammenspiel der Elemente

Für die Planung lassen sich vier grundlegende Formen naturbasierter Infrastrukturelemente unterscheiden [40]. Sie haben spezifische Anforderungen und erbringen unterschiedliche Ökosystemleistungen (vgl. auch Kapitel 6):

Tabelle 3: Unterscheidung von Elementformen

Form	Einheit	Elemente	Leistungen	Hinweise
Punktuelle Elemente	Stk.	Bäume, Gehölze, Schächte	Schattenspende, Verdunstungskühlung, Kohlenstoffbindung, Kohlenstoffspeicherung, Habitatbildung	Ausreichender Wurzelraum und geeignete Bodenverhältnisse sicherstellen, standortgerechte Artenwahl, gesicherte Wasserversorgung, langfristige Pflege und Entwicklung berücksichtigen, Tierfallen vermeiden
Lineare Elemente	m ¹	Mauern, Zäune, Randabschlüsse, Leitungen, Strassen, oberflächige Wasserläufe, Treppen	Erschliessung, Schutz, Versorgung, ökologische Vernetzung, Steuerung von Wasserflüssen und Tierbewegungen	Durchlässigkeit für Wasser und Organismen gewährleisten, geometrische Anforderungen berücksichtigen, Barrieren minimieren, Integration naturnaher Elemente fördern, Unterhalt und Zugänglichkeit sicherstellen, Tierfallen vermeiden



Flächige Elemente	m ²	Grünflächen, Wasserflächen, Dachflächen, Fassadenbegrünung	Mikroklimaregulation, Verdunstung, Wasserrückhalt, Biodiversitätsförderung, Aufenthaltsqualität	Strukturelle Vielfalt und standortgerechte Bepflanzung planen, intensive Monokulturen vermeiden, Pflege an ökologische Prozesse anpassen, Nutzungskonflikte berücksichtigen, Tierfallen vermeiden
Volu-metrische Elemente	m ³	Boden, Substrate, Grundwasser, Vegetationstrag-schicht in Dach- und Fassadenaufbauten	Wasserspeicherung, Filtration, Nährstoffbereitstellung, Tragfähigkeit, Grundlage für Vegetation	Natürliche Bodenfunktionen erhalten, Verdichtung vermeiden, Versickerung ermöglichen, Substrate gezielt einsetzen, langfristige Regeneration (Wasser- und Nährstoffeintrag) und Pflege sicherstellen

7 Schlüsselindikatoren (KPIs)

Die Planung und Beurteilung naturbasierter Infrastruktur erfolgten auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichen Faktoren. Jede Ebene nutzt eigene Leistungskategorien und Indikatoren, die bisher nur teilweise aufeinander abgestimmt sind.

Für die Beurteilung braucht es pro Faktor mindestens einen qualitativen Indikator. (vgl. Anhang G - Glossar).

Damit naturbasierte Infrastruktur wirksam umgesetzt und erhalten werden kann, müssen diese Indikatoren über alle Ebenen hinweg sinnvoll zusammengeführt werden. So lassen sich klare Ziele formulieren, überprüfen und für Projektentwicklung, Qualitätssicherung und Monitoring nutzen.

7.1 Indikatoren nach Ebene

Die Indikatoren stützen sich unter anderem auf die Publikation «Richtwerte und Qualitätskriterien für Biodiversität im Siedlungsraum» [27]. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

Rahmenbedingungen: Rahmen, Ausgangslage und Vorgaben, die vor Projektbeginn geklärt werden

Faktoren: konkrete Massnahmen, die gezielt Ökosystemleistungen fördern

Tabelle 4: Übersicht Indikatorarten, detaillierte Indikator-Auflistung siehe Anhang A – Schlüsselindikatoren (KPIs)

Ebene	Funktion	Rahmenbedingungen	Indikatoren zu Faktoren
Region	Strategische Steuerung und Zieldefinition	rechtliche Rahmenbedingungen, übergeordnete Strategien, raumplanerische Steuerung und Koordination	z.B. Anteil biodiverser Flächen, Kronenbedeckung, Entsiegelungsgrad
Quartier (Nachbarschaft)	Abstimmung von Nutzungen, Koordination von Infrastrukturbedarf	Städtebauliche, soziale und wirtschaftliche Anforderungen, Nutzungsmischung	z.B. Räumliche Vernetzung, ökologische Durchgänge, soziale Nutzungen und Wechselwirkungen
Parzelle (Areal)	Operative Umsetzung von Zielen in Massnahmen	Eigentumsverhältnisse, rechtliche Vorgaben, konkrete Projektanforderungen insbesondere Anforderungen an Freiraumqualität und	z.B. Biotopflächenfaktor, Anteil ökologisch wertvoller Flächen, Kronenflächenanteil, Strukturvielfalt, Habitatvernetzung, Versickerungsgrad



		-klima (Sicherheit, Gesundheit, Kultur, Komfort)	
Element	Direkte, standortgerechte Leistungserbringung	Standortbedingungen, technische und ökologische Anforderungen, Materialeigenschaften, Pflanzenherkunft, Pflanzeigenschaften	z.B. Reflexionsgrad von Oberflächen, Verdunstungsleistung und Ökologiebeitrag von Vegetation, Wasserspeicherkapazität von Substraten, Versickerungsfähigkeit von Oberflächen, Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen

7.2 Anforderungen an Kennzahlen (KPI) für naturbasierte Infrastruktur

Für ein funktionierendes KPI-Systematik müssen Indikatoren einheitlich definiert und klar strukturiert sein. Sie sollen sowohl auf der Elementebene einzeln nutzbar als auch über Parzelle, Quartier und Region hinweg zusammenführbar sein.

Dafür müssen die Indikatoren auf gemeinsamen, standardisierten Faktoren aufbauen und logisch miteinander verknüpft sein. Diese durchgängige Struktur fehlt bislang. Sie stellt eine der zentralen Herausforderungen für die Skalierung sowie für eine effiziente, digital unterstützte Umsetzung, Entwicklung und den langfristigen Erhalt naturbasierter Infrastruktur dar.

Eine Übersicht bestehender Indikatoren ist im Anhang A – Schlüsselindikatoren (KPIs) zu finden. Sie dient ausschliesslich als Beispielsammlung. Welche Kennzahlen angewendet werden, ist projektspezifisch anhand der Rahmenbedingungen und Zielsetzungen festzulegen.

8 Zusammenarbeitsprozesse

Die Planung naturbasierter Infrastruktur erfordert eine Betrachtung über mehrere Ebenen (vgl. Kapitel 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) hinweg. Jede Ebene bringt eigene Rahmenbedingungen und Leistungsanforderungen ein. Wirksam wird das System nur, wenn diese durchgängig miteinander verknüpft sind. In Anhang C – Prozessmatrix zeigt eine Prozessmatrix nach SIA-Phasen und Ebenen diesen Zusammenhang. Nachfolgend sind Kernthemen für Erhalt und Entwicklung von NBI kurz beschrieben.

8.1 Verständigung

Oft fehlt grundlegendes Wissen über Leistungsfähigkeit und Wirkung naturbasierte Infrastruktur. Auftraggebende und Beteiligte benötigen Grundwissen zu Ökosystemprozessen, Leistungsdimensionen und geeigneten Massnahmen. Nur so lässt sich naturbasierte Infrastruktur verbindlich in Richtplanungen, Wettbewerben, Projekten und Verträgen verankern und später richtig beurteilen, pflegen und erhalten. Dieses Dokument dient als kompakte gemeinsame Verständigungsgrundlage.

8.2 Beteiligte Fachdisziplinen und Zusammenarbeitskultur

Ein durchgängiger Prozess für naturbasierte Infrastruktur reicht von strategischen Grundlagen über Planung und Umsetzung bis zu Betrieb und Monitoring. Damit er funktioniert, braucht es klare Rollen, standardisierte Schnittstellen, abgestimmte Ziele und einheitliche Daten. Entscheidend ist zudem die enge Zusammenarbeit [21], [22], [31] zwischen Planenden und Behörden sowie die Mitwirkung und Partizipation von Nutzenden und Betreibenden [17].

Die Entwicklung, Umsetzung, Pflege und Erhalt naturbasierter Infrastruktur auf Parzellen erfordert interdisziplinäres Fachwissen aus mehreren Bereichen:



- Architektur und Städtebau
- Landschaftsarchitektur
- Bauingenieurwesen
- Siedlungsökologie
- Natur- und Umweltmanagement
- Entwässerung und Regenwassermanagement
- Hydrogeologie
- Bodenkunde
- Gartenbau & Baumpflege
- Vertikalbegrünung
- Dachbegrünung
- Betrieb und Unterhalt
- Nutzung
- Gebäudeversicherung

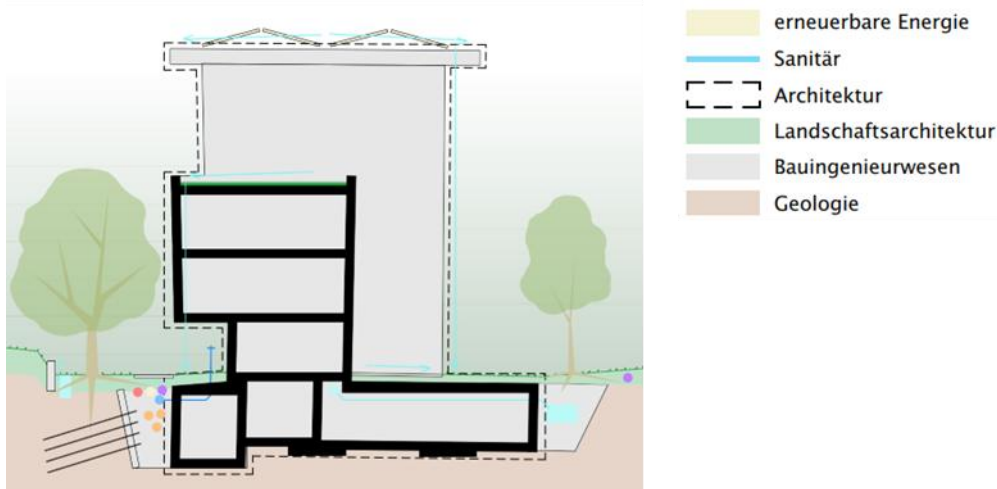


Abbildung 12: Mindestens an der Umsetzung beteiligte Planungsdisziplinen /
Quelle: sysTEAMatik GmbH

Da bei naturbasierter Infrastruktur viele verschiedene Disziplinen zusammenarbeiten und unterschiedliche Begriffe verwenden, ist eine frühe und fortlaufende Verständigung über Ausgangslage, Ziele und Lösungsansätze besonders wichtig. Diese Abstimmung sollte bei jeder neuen Projektkonstellation fest eingeplant und umgesetzt werden. Kooperative Projektentwicklungsmodelle mit gemeinsamen Zielen wie «Best for Project» können den Projekterfolg zusätzlich unterstützen [21], [22], [31].

Für die Planung resilienter Freiräume braucht es eine klar definierte Gesamtleitung und -koordination, beispielsweise durch die Landschaftsarchitektur.

Betrieb, Pflege und ideal Monitoring sind integraler Bestandteil naturbasierter Infrastruktur. Sie steuern die Leistung aktiv und müssen früh definiert, vertraglich geregelt und fachlich begleitet werden, um Wirkung, Resilienz und Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus zu sichern.

8.3 Argumentation

Naturbasierte Infrastruktur wird in der Praxis oft als teuer und wenig klimawirksam im Kontext des Netto-Null-Ziels eingeschätzt, insbesondere im Hinblick auf Pflegeaufwand und Treibhausgasemissionsbilanz. Solche Einschätzungen greifen jedoch zu kurz, weil sie meist einzelne Elemente isoliert betrachten, ohne ihre Leistungen.

Ein Strassenbaum mit einem ausreichend grossem Wurzelraum sowie Wasser- und Nährstoffversorgung in überbaubarem Substrat wird über seine Lebensdauer keine Bilanz von Netto-Null Treibhausgasemissionen aufweisen. Müsste man aber die gleichzeitig durch den Baum erbrachten Leistungen wie beispielsweise Kühlung, Luftreinigung, Wasserrückhalt und -versickerung sowie Prävention von Schäden durch Hitze oder Erosion durch verschiedene bauliche und technische Systeme bereitstellen, würden um ein Vielfaches höhere Emissionen und Kosten resultieren. Sehr ähnlich verhält es sich auch beim Vergleich von rein technischen gegenüber naturbasierten Lösungen für Regenwassermanagement.



Wird die Parzelle als Gesamtsystem aus Gebäude, Freiraum sowie technischer und naturbasierter Infrastruktur verstanden, verändert sich die Leistungskapazität und somit auch die Ressourcenaufwände und Auswirkungen. Entscheidend ist also der Vergleich gleichwertiger Lösungsansätze von baulich-technischer und naturbasierter Infrastruktur anhand klarer Wirkungsziele wie etwa Klimaschutz, Wassermanagement, Mikroklimaregulation oder Schadensprävention über den gesamten Lebenszyklus einer Liegenschaft.

Eine fehlende Abstimmung zwischen baulich-technischen und naturbasierten Systemen führt häufig zu parallelen Systemen, unnötigen Redundanzen sowie unnötigem Ressourcenverbrauch und Betriebs- und Unterhaltsaufwand. Die gezielte Koordination zu integralen Gesamtsystemen der definierten Ziele und Qualitäten kann daher sowohl Kosten senken als auch Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch deutlich reduzieren (Beispiele siehe Abbildung 13).

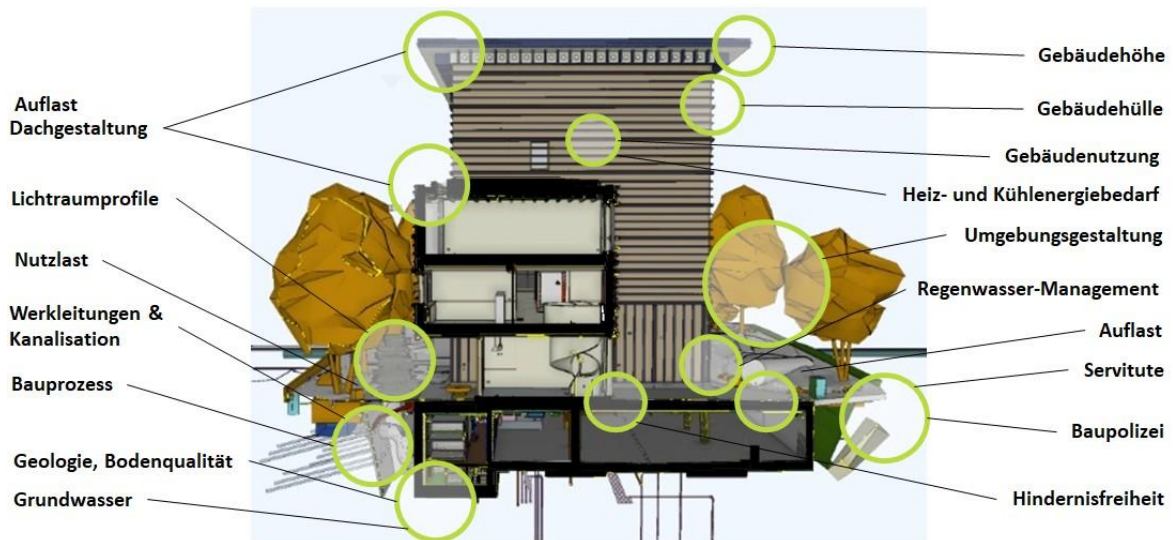


Abbildung 13: wichtige Koordinations-Schnittstellen zwischen umbautem Raum und Freiraum auf Parzellen-Ebene, Details vgl. Anhang F – Beispiele / Quelle: sysTEAMatik GmbH basierend auf Haus des Holzes, PIRMIN JUNG Schweiz AG

8.4 Informationsbedarfe nach Ebene

Die effiziente und langfristig effektive Umsetzung naturbasierter Infrastruktur setzt ein durchgängiges digitales Datenmodell voraus. Rahmenbedingungen, Anforderungen, Wirkungsziele, Massnahmen und Schlüsselindikatoren müssen von Planung bis Betrieb und Monitoring konsistent abbildbar sein.

Naturbasierte Infrastruktur sollte integral modelliert, laufend überprüft und über standardisierte Indikatoren gesteuert werden können. Dafür ist eine enge Verknüpfung aktuellen statischen Grundlagedaten (z. B. GIS) mit dynamischen Planungs- und Betriebsmodellen (BIM) erforderlich.

Die zentrale Lücke liegt heute weniger in fehlenden Daten als in fehlender Standardisierung und Kompatibilität – sie es bezüglich Genauigkeit und Detaillierung oder Logik und Struktur. Anhang B – Element- & Attributliste zeigt hierfür ein Beispiel abgeleitet von den vorgeschlagenen Zielkategorien und zugehörigen Faktoren als Grundlage für weiterführende Use Cases.

9 Aktuelle Potenziale und Hürden für naturbasierte Infrastruktur

Die aktuelle Siedlungsentwicklungspraxis fokussiert häufig auf einzelne Bauprojekte und kurzfristige oder isoliert gewinnorientierte Ziele. Auswirkungen auf Klima, Ressourcen und angrenzende Räume werden unzureichend berücksichtigt. Infrastrukturen sind oft monofunktional ausgelegt, obwohl ihre Leistungsfähigkeit von Einwirkungen vernetzter Systeme abhängt. In Anhang D – Lückenanalyse wurden aktuell bekannte Hürden und Lücken zusammengetragen.

Häufig fehlt eine klare Zieldefinition in Bezug auf die zu erbringenden Leistungen. Vorgaben benennen oft einzelne Massnahmen, ohne festzulegen, welche Wirkung erreicht werden soll. Dies erschwert Priorisierung,



Vergleichbarkeit und eine integrale Planung. Weiter sind Massnahmen meist nur bis an Parzellengrenzen definiert. Dadurch werden vernetzte, situationsangepasste und nachhaltige Lösungsentwicklungen erschwert. Für eine integrale Planung sollten Vorgaben daher Zielsetzungen mit geeigneten Massnahmenbeispielen verknüpfen und gleichzeitig Handlungsspielräume eröffnen. Ergänzend sind minimale und einheitliche Qualitätsdefinitionen erforderlich, damit Elemente wirksam und langfristig als Leistungsträger zur Resilienz beitragen können.

Gleichzeitig sind viele Bausteine bereits vorhanden. Normen, Standards und Instrumente wie SIA 2032, SIA 2066, Minergie-ECO, SNBS, DGNB oder ecoProdukte (vgl. Anhang E – Weiterführende Literatur) enthalten wichtige Ansätze, bilden Freiräume jedoch bislang nicht systemisch ab. Das grösste Potenzial liegt darin, diese Grundlagen gezielt weiterzuentwickeln und konsequent auf die Erbringung von Ökosystemleistungen im Siedlungsraum auszurichten.

9.1 Von Massnahmen zu Wirkungszielen

Oft werden einzelne Massnahmen isoliert geplant, ohne auf klare Wirkungsziele zu fokussieren (z. B. versickerungsfähige Beläge statt definierter Grundwasserneubildung). Ein zentraler Hebel liegt darin, gewünschte Wirkungen wie Hitzeminderung, Wasserrückhalt oder Biodiversitätsförderung frühzeitig festzulegen und zu koordinieren. Dies ermöglicht eine zielgerichtete Planung, Umsetzung und Pflege von Freiräumen für leistungsfähige naturbasierte Infrastruktur. Um die Wirkungen Klimaschutz und Ressourcenschonung zu erzielen, fehlen für die Freiraumplanung konkret Methodik, Werkzeuge und Grundlagedaten für die Beurteilung dieser Ziele. Im Hochbau und Tiefbau sind diese Grundlagen vorhanden und könnten als Basis dienen, um sie auch für die Freiraumplanung zu entwickeln.

Viele Unschärfen entstehen bereits in der Bestellung. Wenn Wirkungsziele, Mindestqualitäten und Nachweise nicht früh definiert werden, werden naturbasierte Lösungen im Wettbewerb und in der Planung zu wenig berücksichtigt. Eine gestärkte Bestellerkompetenz ist daher eine zentrale Voraussetzung um Qualität, Wirkung und langfristige Entwicklung einzufordern. Die Grundlage für die Bestellung und Umsetzung von naturbasierter Infrastruktur im Siedlungsraum ist das Verständnis für die Leistungsfähigkeit und die Wirklogik von naturbasierten Lösungen. Dazu braucht es entsprechend Sensibilisierungs- und Bildungsmassnahmen.

9.2 Multifunktionale Nutzung und Qualität der Bausteine

Im Bestand liegt ein grosses Potenzial. Gärten, Grünflächen, Verkehrsnebenflächen, Dächer und Fassaden können aufgewertet, vernetzt und multifunktional genutzt werden. Bereits einfache Massnahmen wie Entsiegelung, Baumerhalt und die Verbesserung der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit erzielen spürbare Effekte.

Entscheidend ist die Qualität der einzelnen Bausteine. Bewusster Umgang mit Boden, ökologische Durchlässigkeit, Pflanzenwahl und Pflanzengemeinschaften, optimierte Materialwahl sowie angepasste Pflege bestimmen die Leistungsfähigkeit. Die Koordination dieser Faktoren kann grosse Wirkungsunterschiede erzeugen und den Bedarf an technischer Infrastruktur stark reduzieren.

Gleichzeitig fehlt häufig eine systematische Beschreibung der Elemente. Angaben zu Funktion, Leistung, Aufbau und Pflege sind oft fragmentiert und nicht standardisiert. Auf der Elementebene fehlen klare Definitionen zu Material, Dimension, Lebensdauer, Pflegebedarf und ökologischen Wirkungen sowie deren digitale Abbildbarkeit. Dadurch wird die Planung, Vergleichbarkeit und Qualitätssicherung erschwert. Diese Grundlagen müssen entsprechend geschaffen werden.



Abbildung 14: Mögliches Potenzial der Ausbildung von Grundstücksgrenzbereichen als leistungsfähiges Netzwerk naturbasierter Infrastruktur / Quelle: Masterthesis Anne Nyffeler [29]



9.3 Integrale Systeme sowie Pflege und Betrieb

Ein wesentliches Hindernis ist die fehlende Abstimmung zwischen naturbasierten und technischen Systemen. Ohne Koordination von Anforderungen umbauter Räume mit Anforderungen von Freiräumen entstehen parallele Lösungen, die sich gegenseitig schwächen oder unnötig redundant sind. Eine integrale Planung erhöht die Wirkung und reduziert Ressourcenverbrauch und Kosten.

Zudem fehlt häufig eine übergeordnete Systemperspektive. Zusammenhänge wie Wasserflüsse, Kaltluftströme oder ökologische Vernetzung werden unzureichend berücksichtigt, wodurch isolierte Lösungen mit begrenzter Wirkung entstehen. Auch die Verbindung zwischen übergeordneten räumlichen Zusammenhängen und konkreten Massnahmen bleibt oft unklar.

Pflege und Betrieb werden häufig zu spät berücksichtigt, obwohl sie die langfristige Leistungsfähigkeit entscheidend prägen. Ein früh definiertes, auf Wirkungsziele ausgerichtetes Pflege- und Betriebskonzept ist daher ein zentraler Erfolgsfaktor.

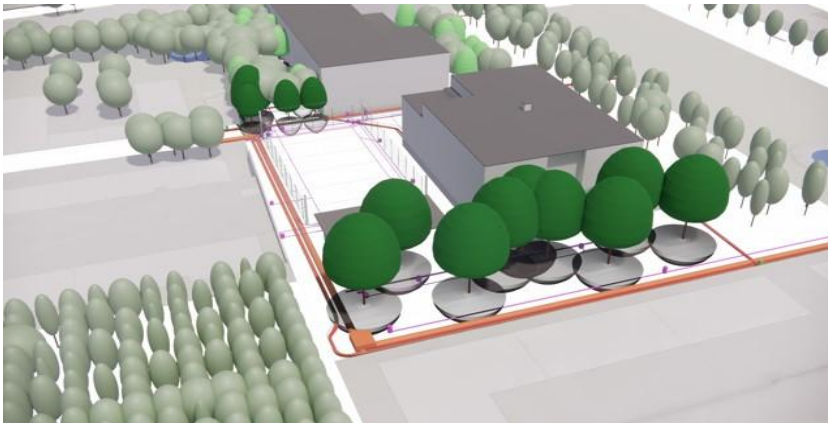


Abbildung 15: Beispiel BIM-Planung basierte Koordination von Freiraum-Elementen / Quelle: Landscale AG, 2024

9.4 Daten, Digitalisierung und Transformation

Viele relevante Grundlagen sind vorhanden, jedoch oft uneinheitlich, teilweise schwer zugänglich und nicht verknüpfbar, da unterschiedlich strukturiert und detailliert. Beispielsweise bestehen auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene Klimadatenkarten, Gefahrenkarten, Boden- und Grundwasserinformationen sowie Inventare zu Schutzgebieten und ökologischer Infrastruktur. GIS-basierte Datensätze bilden Klimaregime, Topografie, Landnutzung, Habitattypen, Flora und Fauna sowie teilweise auch Vernetzungsstrukturen ab. Die zentrale Herausforderung liegt in der fehlenden Durchgängigkeit und der teils schwierigen Auffindbar- und Zugänglichkeit der Informationen.

Zudem bestehen auch deutliche Lücken in den Datengrundlagen und deren Verknüpfung. Informationen zu Klima, Wasserhaushalt, Boden oder ökologischen Strukturen sind häufig unvollständig, unterschiedlich aufbereitet oder nicht miteinander kombinierbar. Einheitliche Kennwerte und Methoden zur Bewertung und zum Vergleich technischer, hybrider und naturbasierter Lösungen fehlen weitgehend. Aussagen zu Kosten, Emissionen und Nutzen über den Lebenszyklus sind insbesondere auf Parzellenebene nur eingeschränkt verfügbar.

Ein durchgängiges Informationsmodell für naturbasierte Infrastruktur, das Wirkungsziele und zugehörige Indikatoren über den gesamten Lebenszyklus integriert, bietet grosses Potenzial. Werden Leistungsparameter als Modellattribute geführt, lassen sich Lösungen vergleichen, koordinieren und optimieren. Voraussetzung dafür ist eine klare Strukturierung und Verknüpfung bestehender Daten sowie die Definition relevanter Attribute auf Elementebene.

Ein solches Modell sollte naturbasierte Elemente eindeutig beschreiben, ihre Attribute Ökosystemprozessen zuordnen und in bestehende Planungssoftware integrierbar machen. Gleichzeitig muss es die Grundlage für automatisierte Prüfungen in der Planung, Monitoring für Pflege und Weiterentwicklung bilden.

Die Transformation zur Integration naturbasierter Infrastruktur erfordert keine grundlegend neuen Instrumente, sondern die konsequente Anwendung und Verknüpfung bestehender Grundlagen. Entscheidend sind die Definition klarer Ziele für Ökosystemleistungen (Wirkungsziele), basierend darauf die Entwicklung koordinierter



Gesamtsysteme sowie die frühzeitige Integration von Pflegeprozessen alles unterstützt durch durchgängige Datenstrukturen und einfache Informationszugänglichkeit.

10 Handlungsfelder



Abbildung 16: Integrale, modellbasierte Planung naturbasierter Infrastruktur / Quelle: Landscale AG, 2026

Aus diesen Potenzialen und Hürden ergeben sich klare Handlungsfelder: Ziele definieren, Informationsflüsse durchgängig machen, Systeme koordinieren, Wirkung messen und Pflege auf Ziele ausrichten.

Querschnittlich zeigt sich, dass die wirksame Verankerung naturbasierter Infrastruktur ein konsequent ebenenübergreifendes Arbeiten erfordert. Strategische Zielsetzungen müssen über räumliche Konzepte in konkrete Vorgaben und schliesslich in elementbezogene Anforderungen übersetzt werden. Fehlende Durchgängigkeit zwischen diesen Ebenen zählt zu den zentralen Umsetzungshemmnissen.

Zugleich erfordert naturbasierte Infrastruktur ein gemeinsames Systemverständnis aller Beteiligten. Ökologische Prozesse, räumliche Wirkzusammenhänge und langfristige Pflegeanforderungen müssen gemeinsam gedacht werden, damit technische und natürliche Systeme sinnvoll kombiniert und robust umgesetzt werden können.

10.1 Perspektivenwechsel

Die wirksame Verankerung naturbasierter Infrastruktur erfordert einen Perspektivwechsel. Statt einzelner Massnahmen müssen klare Wirkungsziele definiert werden, die sich auf Klima, Wasser, Biodiversität, Schadensprävention und Freiraumqualität beziehen. Diese Ziele müssen räumlich verortet, möglichst quantifizierbar und digital abbildbar sein.

Entscheidend ist die Durchgängigkeit dieser Zielsetzungen über Planung, Umsetzung bis in Betrieb und Pflege. Fehlende Durchgängigkeit zählt zu den zentralen Umsetzungshemmnissen. Gleichzeitig sind minimale und einheitliche Qualitätsdefinitionen erforderlich, damit Elemente langfristig wirksam als Leistungsträger zur Resilienz beitragen können.

10.2 Strategische Hebel

Ein wesentlicher Hebel liegt in der frühzeitigen Sichtbarmachung von Klimarisiken, Verwundbarkeiten und Folgekosten im Siedlungsraum. Transparente Kosten-Nutzen-Betrachtungen über den Lebenszyklus, inklusive Klima-, Gesundheits- und Schadenskosten, schaffen Entscheidungsgrundlagen und Akzeptanz.

Zugleich braucht es verbindliche Zielbilder und die räumliche und zeitliche Sicherung von Flächen für naturbasierte Infrastruktur in Richt- und Nutzungsplanungen.

Die Entwicklung naturbasierter Infrastruktur erfordert zudem gesellschaftliche und institutionelle Veränderungen. Vorbilder, Referenzprojekte und verbindliche Zielvorgaben auf kommunaler und kantonaler Ebene unterstützen den erforderlichen Wandel. Ebenso zentral sind der Aufbau von Fachkompetenz zu Ökosystemprozessen und die Sensibilisierung von Bevölkerung und Nutzenden. Die Vermittlung von Wirkungen und Nutzen naturbasierter Infrastruktur gegenüber Bevölkerung und Nutzenden stärkt die Akzeptanz, Wertschätzung und freiwillige Umsetzung und Unterstützung der Pflege. Weiter ist die Integration naturbasierter Infrastruktur in Aus-, Weiter- und Hochschulbildung relevanter Disziplinen erforderlich, um langfristig die notwendigen Kompetenzen in Planung, Verwaltung, Betrieb, Pflege und Entwicklung sicherzustellen.



Bestellerkompetenz ist ebenso zentral. Auftraggebende müssen Wirkungsziele, Mindestanforderungen und Nachweise früh festlegen und verbindlich bestellen. Dazu gehören Zielwerte, Variantenvergleiche und Pflege- und Betriebskonzepte. So wird naturbasierte Infrastruktur planbar, prüfbar und über den Lebenszyklus steuerbar. Klare Zielbilder, standardisierte Planungsinstrumente und einfache Entscheidungsgrundlagen vereinfachen die Kommunikation und ermöglichen zudem eine stärkere Selbstregulation bei Auftraggebenden und fördern die konsequente Umsetzung leistungsorientierter Lösungen.

Bestehende Best-Practice-Beispiele, etwa aus Publikationen des BAFU [38] oder Plattformen wie der Schwammstadt-Infoplattform [39] zeigen die Umsetzbarkeit konkreter Massnahmen. Für eine nachhaltige Wirkung müssen diese Ansätze jedoch von Einzelmassnahmen zu vernetzten Infrastruktursystemen weiterentwickelt werden.

10.3 Organisatorische und planerische Hebel

Naturbasierte Infrastruktur muss als Teil eines funktionalen Gesamtsystems aus Gebäude, Freiraum und Technik geplant werden. Dazu braucht es: standort- und projektspezifisch Zielsetzungen, klare Verantwortlichkeiten über den gesamten Lebenszyklus, eine definierte Gesamtkoordination für Freiraum und naturbasierte Infrastruktur, integrale Variantenprüfungen in Bezug auf die Zielschnittmengen (vgl. Kapitel 4) ab frühen Planungsphasen. Dazu gehört auch die Definition und Beauftragung einer übergeordneten Koordinations- und Gesamtleitungsverantwortung für Freiraum und naturbasierte Infrastruktur.

Zudem ist eine klare Definition von Systemgrenzen erforderlich. Die Parzelle oder das Areal sollte als minimale verbindliche Bearbeitungsebene dienen, sodass Gebäude und Freiraum gemeinsam als funktionales Gesamtsystem bewertet werden.

Standardisierte Vergleichsmethodiken sind notwendig, um technische, hybride und naturbasierte Systeme objektiv gegenüberzustellen. Leistungsbezogene Kosten-Nutzen-Analysen sowie belastbare Kennwerte zu Wirtschaftlichkeit und Emissionen unterstützen fundierte Entscheidungen. Belastbare Kennwerte zu Wirtschaftlichkeit, Lebenszykluskosten und Treibhausgasemissionen auf der Systemgrenze Parzelle sind dabei eine zentrale Voraussetzung für fundierte Entscheidungen. Ergänzend sind transparente Bewertungsinstrumente erforderlich, mit denen das Leistungspotenzial naturbasierter Infrastruktur im Vergleich zu rein baulich-technischen Lösungen nachvollziehbar dargestellt werden kann.

Betrieb, Pflege und Monitoring sind früh mitzudenken und vertraglich zu verankern. Sie steuern die Leistung aktiv und sichern die langfristige Wirkung. Alle Elemente naturbasierter Infrastruktur, auch einzelne Massnahmen, müssen integral gestaltet, umgesetzt und gepflegt werden (Beispiel in Anhang F – Beispiele). Die frühzeitige Festlegung geeigneter Monitoring-Indikatoren je Zielkategorie (z.B. Klima, Biodiversität und Wasser) ist dabei zentral, um Zielerreichung überprüfbar zu machen.

10.4 Fokusfelder für Weiterentwicklung

Bestehende Best-Practice-Sammlungen zeigen, was möglich ist:

In der Publikation «Naturbasierte Lösungen: Chancen für Gemeinden, Regionen und Unternehmen - Ein Überblick beispielhafter Massnahmen für Biodiversität, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel» [38] stellt das BAFU einen Beispielkatalog zu naturbasierten Lösungen zur Verfügung. Für Siedlungen und Verkehrsflächen sind darin gute Beispiele dokumentiert zu Schaffung und Aufwertung urbaner Grünflächen, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, Entsiegelung, Schaffung und Aufwertung urbaner Gewässer, Schwammstadtlösungen.

Auf der Infoplattform Schwammstadt des VSA [39] werden ebenfalls gute Beispiele zu Schwammstadtlösungen sowie Werkzeuge zu deren Verankerung, Entwicklung, Umsetzung und Pflege bereitgestellt.

Für eine nachhaltige Wirkung müssen diese Ansätze jedoch systematisch weiterentwickelt werden, weg von Einzelmassnahmen, hin zu vernetzten Infrastruktursystemen.

Zentrale Ansatzpunkte sind:

- leistungsorientierte Use Cases je Leistungsdimension
- standardisierte Leistungsbeschreibungen und davon abgeleitete Elementkategorien und -eigenschaften



- durchgängige und einfach zugängliche digitale Datengrundlagen für Planung und Betrieb

Für die vertiefte Bearbeitung werden spezifische Use Cases entlang der Leistungsdimensionen empfohlen zu:

- Freiraumklima und -komfort (Grundlagen vom Hochbau mit SIA 416 und SIA 2024)
- Klimaschutz (Grundlagen vorhanden über Grobökobilanz von Freiraumelementen, Stadt Zürich) [41]
- Mikroklimaregulation
- Wassermanagement
- Biodiversität
- Schadensprävention (Grundlagen vorhanden vom Forschungsprojekt «Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM», VKG, 2019-2021) [32]

Diese Use Cases müssen konkrete Planungsprozesse, Datenflüsse und Verantwortlichkeiten definieren und die Integration in digitale Planungsumgebungen ermöglichen. Essenzielle Grundlage für alle diese spezialisierten Use Cases bilden LOIN und Elementplan Landschaftsarchitektur und die Modellierungsrichtlinie für Modellbasierte Kostenermittlung (Mengenermittlung) Landschaftsarchitektur. Das Thema Bodenmanagement müsste ebenso als separater Use Case ausgearbeitet werden.

Eine weitere zentrale Voraussetzung ist die Standardisierung von Elementinformationen (vgl. auch Kapitel 6).

Freiräume müssen analog zu Gebäuden in klar definierte Raumkategorien und Funktionsbereiche gegliedert werden. Darauf aufbauend können Anforderungen systematisch nach Nutzung, Leistung und Material strukturiert und in digitale Modelle überführt werden.

SIA 416 Flächen und Volumen von Gebäuden [30] unterscheidet verschiedenen Raumkategorien, welche die Grundlage für die Verortung von Kategorie-typischen Anforderungsinformationen bildet. Dies sind Haupt- und Nebennutzflächen, Verkehrsflächen und Funktionsflächen (z.B. Technikräume, Schächte). Für Aussenflächen von Gebäuden sind auch Aussennutzflächen definiert (z.B. Balkone, Terrassen). Im Aussenraum wird aktuell nur bearbeitete und unbearbeitete Umgebungfläche unterschieden. Zur detaillierteren Unterscheidung von Raumfunktionen und dazugehöriger Anforderungen könnten auch Unterkategorien von Umgebungflächen für die Freiraumplanung adaptiert definiert werden:

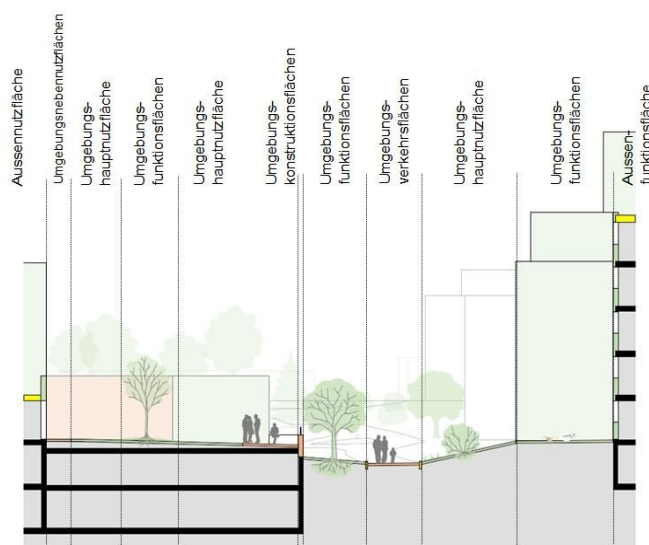


Abbildung 17: Mögliche ergänzende Flächenunterkategorien im Freiraum, Anwendungsbeispiel vgl. Anhang F – Beispiele / Quelle: Arbeitsgruppe

- **Umgebungshauptnutzflächen:** Flächen welche der primären Zweckbestimmung und Nutzung des Freiraums dienen inklusive Kleinbauten wie Pavillons und Pergolas.
- **Umgebungsnebennutzflächen:** Flächen welche die primäre Nutzung unterstützen wie Feuerwehrrstellflächen, Fahrradstellflächen und -unterstände, Parkplätze, Gartenhäuser oder Tierställe.
- **Umgebungsverkehrsflächen:** Flächen wie Strassen, Erschliessungswege, Treppen und Rampen.
- **Umgebungsfunktionsflächen:** Flächen zur primären Erbringung von Ökosystemleistungen
- **Umgebungskonstruktionsflächen:** Fläche von Konstruktionsbauteilen wie Stützmauern
- **Aussenfunktionsflächen:** Dachflächen mit Funktionen wie Ökologie, Wasserretention



oder Produktion von elektrischem Strom oder Wärme

Analog könnten auch die Anforderungen an Ökosystemwirksame Elemente im Kontext definierter Leistungsdimensionen logisch gegliedert und strukturiert werden nach nutzungsbezogenen Anforderungen (inkl. Verkehrsflächen), leistungsbezogenen Anforderungen (Funktionen) und resultierenden Materialanforderungen.

Im Anhang B – Element- & Attributliste wurden erste relevante Element-Kategorien und -eigenschaften zu Faktoren mit Relevanz für die in diesem Dokument beschriebenen Wirkungsziele (Zielkategorien) zusammengetragen (vgl. Kapitel 4).

Darauf aufbauend kann ein einheitliches, leistungsbezogenes Informationsmodell für Freiräume erstellt werden, welches, die Grundlage bildet, um naturbasierte Elemente eindeutig zu beschreiben, mit Ökosystemprozessen zu verknüpfen und in bestehende Systeme integrierbar und damit koordinierbar zu machen. Es ermöglicht automatisierte Prüfungen, Monitoring und eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Systeme.

Eine konsistente Dokumentation in Form eines digitalen Freiraumlogbuchs analog zum digitalen Gebäudelogbuch, das den Freiraum als Anlage sowie zugehörige Zielsetzungen, Pflegeanforderungen und Anpassungen abbildet.

11 Ausblick: mögliche Werkzeuge und nächste Entwicklungsschritte

Dieses Whitepaper zeigt Grundlagen, Potenziale, Hürden und Handlungsfelder für naturbasierte Infrastruktur auf. Der nächste Schritt besteht darin, das gemeinsame Verständnis zu stärken und Entscheidungsgrundlagen zu schaffen sowie die Faktoren, Wirkung und Kosten transparent machen. Dafür werden nachfolgend erste Werkzeuge als Konzeptideen beschrieben und Entwicklungsrichtungen für die Integration von naturbasierter Infrastruktur in Planungs-, Bau- und Pflegeprozesse skizziert.

11.1 Webtool zur Sensibilisierung (Proof of Concept)

Zur Sensibilisierung und zur Verständigung über Wirklogiken und Ökosystemleistungen wurde ein Webtool als Testversion (Proof of Concept) umgesetzt. Das Tool zeigt anhand einfacher Eingaben zu Flächen und Qualitäten freiraumbildender Elemente, wie sich Entscheidungen auf Freiraumkomfort, Sicherheit, Gesundheit sowie auf Folgewirkungen für Bauwerke und Ressourcenverbrauch auswirken können.



Als nächster Entwicklungsschritt bietet sich an, aus den Eingaben automatisiert einen kurzen, verständlichen Bericht zu generieren. Dieser sollte zentrale Abhängigkeiten, Optimierungshebel und passende Massnahmenhinweise zusammenfassen. So entsteht ein niederschwelliger Einstieg für Bestellende, Behörden und Planungsteams – als Ergänzung zu detaillierten Fachmethoden.

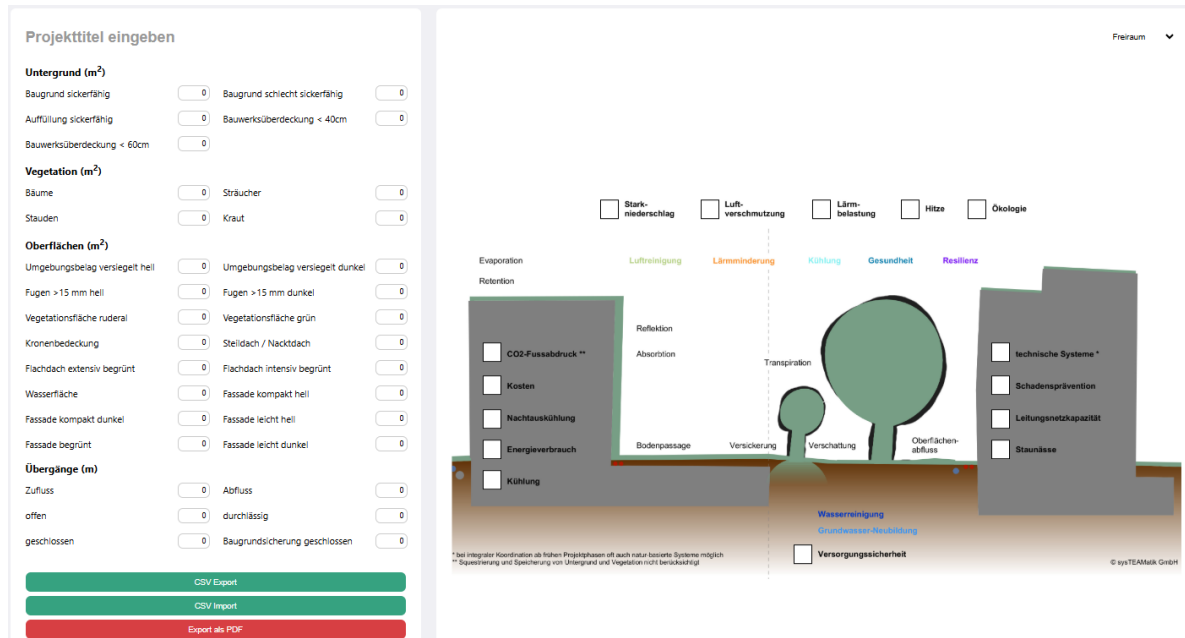


Abbildung 18: [PoC Webtool zur Sensibilisierung](#)

11.2 Bewertungsmethodik für Ökosystemleistungswirksamkeit

Für die systematische Bewertung von Projekten auf Parzellen- oder Arealebene braucht es eine standardisierte Methodik, die relevante Faktoren in Bezug auf definierte Wirkungsziele abdeckt und Gestaltungsvarianten mit verschiedenen Elementen (vgl. Kapitel 5.3.2) vergleichbar macht. Der Fokus liegt nicht auf einzelnen Massnahmen, sondern auf der Frage, ob definierte Leistungen erreicht werden können oder wie die optimale Variante in Bezug auf die projektspezifischen Zielschnittmengen gefunden werden kann.

Eine solche Methodik sollte mit einem schlanken, konsistenten Satz an Indikatoren arbeiten, die über die wesentlichen Faktoren je Leistungsdimensionen abbildbar sind. Grundlage dafür bilden standardisierte Indikatoren (Anhang A – Schlüsselindikatoren (KPIs)) sowie standardisierte Element- und Attributdefinitionen (Anhang B – Element- & Attributliste). Entscheidend ist eine Integrationslogik, die unterschiedliche Bewertungsansätze in einem einfachen System zusammenführt und damit als gemeinsame Entscheidungsgrundlage für Behörden, Bestellende, Planung und Betrieb dienen kann.

Nachfolgend ein erster Vorschlag an Faktoren, die je Leistungsdimension auf Element-Ebene berücksichtigt werden könnten [29]:

- **Raumkomfort:** Räumliche Erreichbarkeit, Vernetzung, Lärmbelastung, sozialer Wert
- **Klimaschutz und Ressourcenschonung:** Erhaltene Ressourcen, vermiedene Treibhausgasemissionen, Kohlenstoffbindung und -speicherung
- **Biodiversität:** Biotopflächenfaktor, Artenzusammensetzung, Strukturvielfalt
- **Mikroklimaregulation:** Beschattung, Wärmereflexion (Albedo), Strahlungstemperatur, Evapotranspiration
- **Wassermanagement:** Abflusskoeffizient, Infiltration, Filterleistung, Oberflächenstruktur



- **Schadensprävention:** Abflusskoeffizient, Hangneigung, Regenabsorption, Vegetationsbedeckung, Erosionsschutz



Abbildung 19: Visualisierungs-Möglichkeiten basierend auf einer standardisierten Bewertungsmethodik /
Quelle: Masterthesis Anne Nyffeler · o · [29]

11.3 Bewertungsmethodik Ökobilanzierung von Freiraumgestaltungen

Ergänzend zur Wirkungsbewertung braucht es eine praxistaugliche Ökobilanzmethodik für Freiraumgestaltungen. Sie soll Treibhausgasemissionen und Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus erfassen und auf der Systemgrenze Parzelle oder Areal vergleichbar machen. Dafür sind funktionelle Einheit und Systemgrenze und Detaillierungsgrade je Phase zu definieren analog zu etablierten Standards im Hochbau und bestehenden Grundlagen im Tiefbau. Die Methodik soll Varianten von Freiraumgestaltungen quantitativ gegenüberstellbar machen. So entstehen belastbare Grundlagen für Netto-Null-Strategien und für fundierte Variantenentscheide.

11.4 Schritte vom Whitepaper zum Standard

Die nächsten Schritte sollten iterativ erfolgen. Zuerst sollen die hier vorgeschlagenen Tools und Methodiken in Pilotprojekten getestet und mit realen Daten überprüft werden und basierend darauf weiterentwickelt werden. Auf dieser Basis können Use Cases je Leistungsdimension weiter ausgearbeitet werden. Danach folgen Vereinheitlichung der Indikatoren, Standardisierung der Elementattribute und die Integration in digitale Workflows, womit eine robuste, skalierbare Grundlage für Planung, Bau und Betrieb bereitgestellt werden kann.



12 Literaturquellen

- [1] Blanc & Schädler, P. &. (2014). Water in Switzerland – an Overview . Swiss Hydrological Commission c/o Hydrology Group.
- [2] BAG. (2023). Der Bund erfasst hitzebedingte Todesfälle. Retrieved from Bundesamt für Gesundheit BAG: <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/das-bag/aktuell/news/news-10-07-2023.html>
- [3] WHO (2025). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240099814>
- [4] SUVA (2023). <https://www.suva.ch/de-ch/ueber-uns/magazin-und-medien/medien/hitze-erhoeht-das-unfallrisiko-bei-der-arbeit>
- [5] SwissRe (2021). <https://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/versicherer/versicherung-swiss-re-wetterbedingte-versicherungsschaeden-steigen-stark-bis-2040/27585204.html>
- [6] BABS (2023). <https://www.babs.admin.ch/de/die-kritischen-infrastrukturen>
- [7] Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular Economy: Measuring innovation in the product chain. Policy report*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
- [8] UNEP (2023). <https://nbi.iisd.org/what-is-nbi/>, https://content.unops.org/publications/Nature-based-Infrastructure_EN.pdf
- [9] BAFU (2024). Ökologische Infrastruktur. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/oekologische-infrastruktur.html>
- [10] BAFU (2023). Biodiversität und Landschaftsqualität im Siedlungsraum. <https://www.bafu.admin.ch/de/publication?id=JaAOArKkL9-f>
- [11] IUCN (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
- [12] Bodennetz Schweiz (n.d.). Bildungsplattform Boden. <https://www.bodennetz.ch/de>
- [13] BAFU (2024). Ökosystemleistungen. <https://www.bafu.admin.ch/de/biodiversitaetsverlust>
- [14] Kanton Bern (2025). Arbeitshilfe Klimaanpassung. https://www.raumplanung.dij.be.ch/content/dam/raumplanung_dij/dokumente/de/Arbeitshilfen/arbeitshilfe%20klimaanpassung-de.pdf
- [15] Oke et al (2017). <https://www.cambridge.org/core/books/urban-climates/urban-climates/0690FCE57A4E8E234524C2EE1A20C2BE>
- [16] DWD (2023). Stadtklima im Wandel. Promet Heft 106. https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_promet/pdf_promethefte/106_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=4
- [17] SIA (2025). SIA Merkblatt 2066 – Freiräume nachhaltig planen, bauen und pflegen
- [18] Yin, Shengchen, Dena Kasraian, and Pieter Van Wesemael. (2025): "Children's perception of urban green infrastructure and nature-related digital tools." <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102565>
- [19] BAFU (2025). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/publikationen-studien/publikationen/vielfaeltige-werte-der-natur.html>, <https://www.bafu.admin.ch/de/publication?id=NUCpKZpS30DI>
- [20] EDA/UVEK (2024). <https://www.agenda-2030.eda.admin.ch/de/agenda-2030-fuer-nachhaltige-entwicklung>
- [21] Fischer, M., Ashcraft, H.W., Reed, D. & Khanzode, A. (2017). Integrating project delivery. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- [22] Lenherr, I., Nesensohn, C., Scherer, P., Schock, B., Suter, P. 2023. Integrated Project Delivery - der Weg zur High Performanc, Vdf Hochschulverlag
- [23] VKG (n.d.). <https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/bauherr.html>
- [24] eawag (2023). RANAS-Modell. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Resources/SAN_Mooc_resources/Week_4/ranas_model.pdf
- [25] Perrelet et al (2024). <https://www.nature.com/articles/s42949-024-00163-y>
- [26] VSA (2019). Richtlinie: Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter – Basispaket. <https://vsa.ch/Mediathek/richtlinie-abwasserbewirtschaftung-bei-regenwetter-basispaket/>
- [27] SCNAT (2025). Richtwerte und Qualitätskriterien für Biodiversität im Siedlungsraum



- [28] Nyffeler, Anne. (2025). Zukunftsfähige Siedlungsräume durch systemische Freiraumgestaltung: Von Begrünung zur naturbasierten Infrastruktur. <https://phase0.pubpub.org/pub/mwm4yfds/release/1?readingCollection=22e49ecb>
- [29] Nyffeler, Anne. (2025). Advancing Urban Sustainability with Nature-Based Infrastructure: A Framework for Implementation on Private Property - A Case Study in Zurich, Switzerland. Masterthesis. Master of Science in Circular Innovation and Sustainability. Berner Fachhochschule. Bern CH. unveröffentlicht
- [30] SIA (2003). SIA Norm 416 - Flächen und Volumen von Gebäuden
- [31] SIA (2024). SIA Merkblatt 2065, Planen und Bauen mit Projektallianzen
- [32] VKG (2021). <https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/architekt/blog/30-naturgefahren-praevention-mit-der-bim-methode.html>
- [33] Bauen digital Schweiz (2022). Positionspapier Landschaftsarchitektur V2022.11_DE
- [34] Bauen digital Schweiz (2024). LOIN Landschaftsarchitektur
- [35] Bauen digital Schweiz (2025). Modellierungsrichtlinie für Modellbasierte Kostenermittlung Landschaftsarchitektur
- [36] Wu, C., Wang, J., Wang, M., Biljecki, F., & Kraak, M.-J. (2025). Formalising the urban pattern language: A morphological paradigm towards understanding the multi-scalar spatial structure of cities. Cities, 161, Article 105854. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105854>
- [37] ZHAW & Grün Stadt Zürich. (2019). Mehr als Grün - Profilkatalog naturnahe Pflege. <https://www.zhaw.ch/storage/lsvm/institute-zentren/iunr/gruenraumentwicklung/mehr-als-gruen-profilkatalog-naturnahe-pflege.pdf>
- [38] BAFU (2025). Naturbasierte Lösungen: Chancen für Gemeinden, Regionen und Unternehmen - Ein Überblick beispielhafter Massnahmen für Biodiversität, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. <https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/ImJAD5pNUbxy/%5B831610298%5D%20Best-Practice-Booklet%20DE.pdf>
- [39] VSA (n.d.). Infoplattform Schwammstadt. <https://sponge-city.info/>
- [40] Bauen digital Schweiz (2024). LOIN Level of Information Need Grundlagen
- [41] Stadt Zürich. (2022). Grobökobilanz von Freiraumelementen. <https://www.stadt-zuerich.ch/de/aktuell/publikationen/2022/groboekobilanz-freiraumelementen-studie.html>



13 Impressum

Projektleitung

Nyffeler Anne; sysTEAMatik GmbH

Kernteam

Baumann Nathalie, ZHAW IUNR

Schmid Lukas, Landscale AG

Expert:innen-Gruppe

Défago Aurélie, BAFU Landschaftspolitik	Löw Michael, nateco AG
Frey Manuel, Penzel Valier	Mannes Sabine, Stadtgrün Bern
Glättli Thomas, Bauen digital Schweiz	Mayer Maria, Intep
Heller Andreas, SBB Infrastruktur	Moser Kristijan, Moser's Büro
Honetschläger Nils, AHB Stadt Zürich	Oppliger Silvia, VSA sponge-city.info
Jordi Martin, Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen	Schmid Mathias, BimParts GmbH
	Stähler Marianne, ecobau

Fachlicher Review

Brunken Thies, Uniola AG

Finger Stich, Andréa, écologie & communauté Sàrl

Mosimann Flurin, Stadt Biel/Bienne

Nauroth Dominik, planikum ag

Sponsoring

CBI Circular Building Innovation Booster Innosuisse

Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen

Version V1.0

Copyright Dieses Dokument ist als Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Lizenz als Namensnennung – nichtkommerziell Weitergabe – unter gleichen Bedingungen lizenziert

Weitere Informationen unter: [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Einschränkung und Handhabung

Dieses Dokument erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es ist auch keine aus rechtlicher Sicht allgemeingültige Empfehlung oder Leitlinie, sondern soll alle Beteiligten in der Bau- und Immobilienbranche dabei unterstützen, die Abhängigkeit der einzelnen notwendigen Steuerungsinstrumente untereinander zu verstehen und richtig zuzuordnen.

Herausgeber

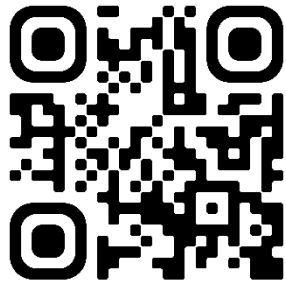
Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland

Zürich, Juni 2026



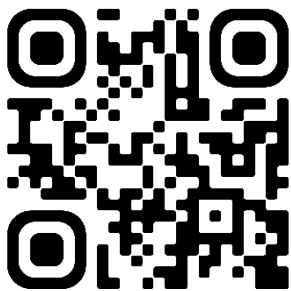
14 Anhang A – Schlüsselindikatoren (KPIs)

[Link zur dynamischen Webversion](#)



15 Anhang B – Element- & Attributliste

[Link zur dynamischen Webversion](#)



16 Anhang C – Prozessmatrix

[Link zur dynamischen Webversion](#)

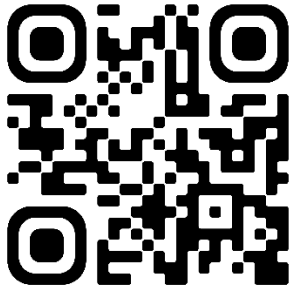


Dimension	Makro Ebene Region	Meso Ebene Quartier	Micro Ebene Parzelle	Nano Ebene Elemente und Akteure	Werkzeuge
Raumanforderungen - gesellschaftlicher Nutzen	Regionale Kultur, Demografie, Identität	Soziale Ressourcen, kulturelle Infrastruktur, Governance Netzwerke	Soziale Räume, lokale kulturelle Praktiken, Beteiligung der Gemeinschaft	Individuelle menschliche Akteure, Verhalten, Wahrnehmungen, Präferenzen	GIS Analysen, partizipative Kartierungen, Nutzerbefragungen, Value Proposition Design
Klimaschutz	Klimawandeltrends, regionale Minderungsziele	Emissionen aus der Quartiernutzung wie Mobilität und Energiesysteme	Emissionen aus gebäudenahen Dienstleistungen wie Heizung, Wasser und Abfall	Graue Emissionen in Materialien, Produkten und Bauteilen	GIS Analysen, Ökobilanzierungswerkzeuge, EN und ISO Normen
Biodiversität	Ökologische Infrastruktur, Lebensraumvernetzung, Wanderkorridore für Arten	Lebensraumnetzwerke, Biodiversitäts-schwerpunkte, ökologische Trittsteine	Standortbezogene Vegetations- zusammensetzung, strukturelle Komplexität	Merkmale von Pflanzen und Tierarten, funktionale Diversität, ökologische Interaktionen	GIS Analysen, Biodiversitätsindizes, Modelle zur Wirksamkeit von Ökosystemleistungen
Wasser- management	Grundwasserstände, Oberflächengewässer, Niederschlagsmuster	Kapazität der Regenwasserinfrastruktur, Überflutungsflächen, hydrologische Vernetzung	Versickerungsfähigkeit, Retentionsstrukturen, Bewässerungssysteme	Hydraulische Leitfähigkeit von Böden, Sickerfähigkeit von Oberflächen, Evapotranspiration, Wasserspeicherfähigkeit von Substraten	GIS Analysen, Klimamodelle, hydrologische Modelle, Bodenfeuchtesensoren
Mikroklima- regulation	Regionales Klima, Klimazonenklassifikation	Hitzeanfällige Gebiete, Ventilationskorridore, Wärmeinseln	Verschattung, Albedo, Wärmespeicherung, Vegetationsverteilung	Blattflächenindex, stomatäre Leitfähigkeit, Bodenfeuchte	GIS Analysen, BIM Simulationen, thermische Komfortmodelle, Feldsensoren
Schadens- prävention	Extremwetterrisiken, Waldbrandanfälligkeit	Hochwasserrisiken, Boden- und Hangstabilität, Gefahrenzonierung	Entwässerung, Windschutz, feuerresistente Vegetationssysteme, sichere Zugänge	Windwiderstand, Flammenausbreitungsresistenz, Materialbeständigkeit	GIS Risikokarten, BIM Koordination, Ökosystemleistungsprofile



17 Anhang D – Lückenanalyse

[Link zur dynamischen Webversion](#)



18 Anhang E – Weiterführende Literatur

[Link zur dynamischen Webversion](#)

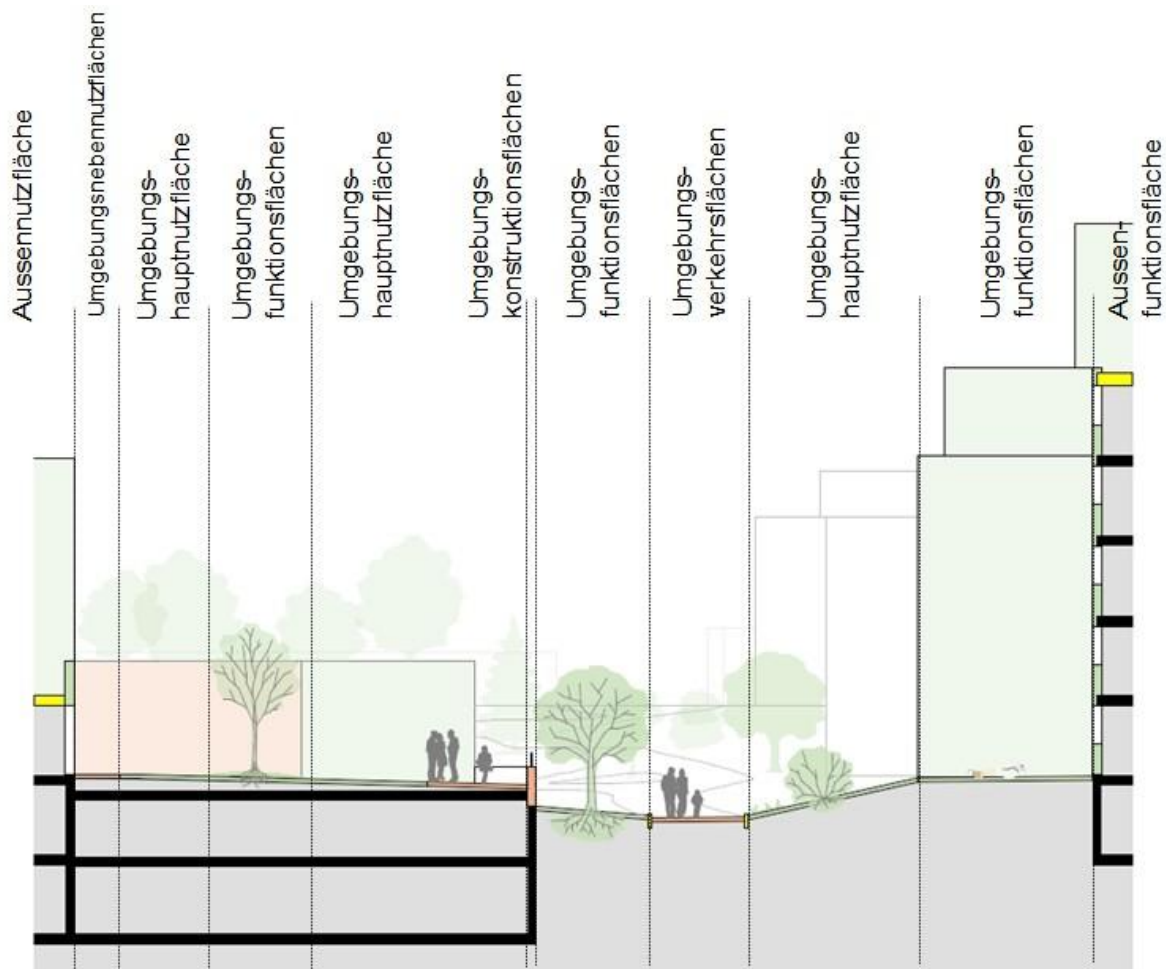




19 Anhang F – Beispiele

Beispiele von Schwerpunkten und Anforderungen pro Flächenkategorie im Freiraum

Raumnutzungen können in verschiedene Kategorien mit typischen Anforderungen gruppiert werden (Flächenkategorien). Von diesen typischen Raumbezogenen Anforderungen können typische Anforderungen an Elemente, die diese Räume bilden, abgeleitet und somit fix einzuhaltende Vorgaben aber auch Gestaltungsfreiheiten abzuleiten. Nachfolgend sind mögliche Gestaltungsschwerpunkte, Funktionen und Anforderungen zu den vorgeschlagenen Flächenkategorien aufgelistet (nicht abschliessend).



Umgebungshauptnutzflächen:

Flächen welche der primären Zweckbestimmung und Nutzung des Freiraums dienen inklusive Kleinbauten wie Pavillons und Pergolas.

Fokus: Optimierung positiver Auswirkungen auf Ökosystemleistungen

Gestaltung als soziale Interaktionsräume, Unterscheidung verschiedener Funktionen wie z.B. Aufenthaltsflächen, Spielflächen, Sportflächen, Garten (Lebensmittelproduktion) und Nutzergruppen sowie damit verbundener Anforderungen wie Beschattung, Zugänglichkeit (Distanzen), Hindernisfreiheit, Wasser (zur Interaktion), nutzungsangepasste Ausstattung

**Umgebungsnebennutzflächen:**

Flächen welche die primäre Nutzung unterstützen wie Feuerwehrstellflächen, Fahrrad-abstellflächen und -unterstände, Parkplätze, Gartenhäuser oder Tierställe.

Fokus: Optimierung positiver Auswirkungen auf Ökosystemleistungen

Unterscheidung verschiedener Anforderungen in Abhängigkeit der jeweiligen Funktionen.

Umgebungsverkehrsflächen:

Flächen wie Strassen, Erschliessungswege, Treppen und Rampen.

Fokus: Minimierung negativer Auswirkungen auf Ökosystemleistungen

Unterscheidung verschiedener Funktionen wie z.B. Fahrbahn, Rettungszufahrt, Fussgängerweg, Lieferdienste (Umzug), Post-zufahrt, Wegrecht (Servitut), Einfahrten und Eingänge sowie damit verbundener Anforderungen wie Nutzlast, Sichtwinkel, Belag, Entwässerung, Randabschlüsse, Lichtraumprofil (Breite, Höhe), Radien Abzweiger, Kurven und Wendeflächen, Hindernisfreiheit, gleich-zeitige Funktion als Spielfläche, Unterhaltspflicht (u.a. Gewährleistung Sicherheit, z.B. Winterdienst).

Umgebungsfunktionsflächen:

Flächen zur primären Erbringung von Ökosystemleistungen

Fokus: Optimierung positiver Auswirkungen auf Ökosystemleistungen

Flächen mit primärer Funktion zur Erbringung von Ökosystemleistungen (inkl. gestalterischer Elemente wie Rabatten) nicht zur primären Nutzung durch Menschen. Gestaltung als arten-optimierte Pflanzengemeinschaften, z.B. durch gezielte Unterpflanzung bei Bäumen (Erhöhung Robustheit und Resilienz), Unterhalt für minimierten Wasserverlust (Mulch), Sicherstellung Wasser-versorgung und Vermeidung Nässestau, wo notwendig minimales und zeitgestaffeltes Mähen (Lebensraum), regelmässige Neophytenkontrollen. Sicherstellung der ökologischen Vernetzung (Minimierung von Hindernissen).

Umgebungskonstruktionsflächen:

Fläche von Konstruktionsbauteilen wie Stützmauern

Fokus: Minimierung negativer Auswirkungen auf Ökosystemleistungen und Optimierung der Multifunktionalität

z.B. Vertikalbegrünung

Aussenfunktionsflächen:

Dachflächen mit Funktionen wie Ökologie, Wasserretention oder Produktion von elektrischem Strom oder Wärme

Fokus: Optimierung positiver Auswirkungen auf Ökosystemleistungen

Ergänzend zu klassischen Aussenutzflächen wie Terrassen, Loggien und Balkone.

Gestaltungsprinzipien ähnlich Umgebungsfunktionsflächen, regelmässige Neophytenkontrollen besonders wichtig.



Beispiele einiger Koordinations-Schnittstellen auf Parzellen-Ebene



Grundwasser Das Vorhandensein von Grundwasser hat einen grossen Einfluss auf die Grundbaumassnahmen, seien es Baugrubensicherungen, Fundationen, Bauteilstärken und allenfalls Grundwasserabsenkmassnahmen während des Bauprozesses. Es bedeutet daher meist eine deutlich grössere Eingriffstiefe in den natürlichen Boden und damit eine Störung der natürlichen Prozesse. Ebenso nehmen die Bauwerke und Bauwerksteile im Untergrund mehr Platz in Anspruch und es bleibt weniger Platz für naturbasierte Infrastruktur. Daher muss zur Ermöglichung einer effektiven naturbasierten Infrastruktur möglichst frühzeitig koordiniert werden.

Geologie, Bodenqualität Lokale geologische und hydrologische Gegebenheiten sowie die Bodenbeschaffenheit und -qualität haben nicht nur einen Einfluss auf die möglichen Ökosystemleistungen und die möglichen Bepflanzungen, sondern sind auch zentrale Faktoren für beispielsweise die erforderlichen Baugrubensicherungen, Fundationsmassnahmen und Bauteilstärken im Untergrund. Sie haben damit einen Einfluss auf die erforderliche Eingriffstiefe im Untergrund und müssen daher frühzeitig geklärt, koordiniert und integriert werden.

Bauprozess Die bearbeitete Umgebungsfläche sollte möglichst minimal gehalten und natürliche Bedingungen so weit als möglich erhalten werden. Baugrubensicherungen sollten, wo immer möglich, als unbefestigte Böschungen vorgesehen werden. Wenn befestigte vorgesehen werden, sollten diese wo immer möglich rückgebaut werden, um die natürlichen Bodenprozesse möglichst weitgehend wieder herzustellen. Bleiben sie im Boden, bilden sie beispielsweise unterirdische Blockaden für den Wasserkreislauf und dem Abfluss von Wasser im Untergrund oder haben Auswirkungen auf beispielsweise die Bodenchemie durch die Karbonatisierung von Beton oder Rosten von Bewehrungsstahl, was die Bedingungen für Pflanzen und die natürliche Leistungsfähigkeit des Bodens stark verändert.

Werkleitungen & Kanalisation Leitungen und Installationen im Untergrund können viel Platz im Untergrund in Anspruch nehmen und sollten daher auf ein Minimum reduziert und so koordiniert werden, dass möglichst viel Platz für natürliche Prozesse und Wurzelbereiche von Pflanzen, insbesondere Bäume. Wurzeln dringen nicht gezielt in Leitungen ein und zerstören diese, sondern werden von undichten Leitungen und daraus austretendem Wasser angezogen. Zudem können Kunststoff-Installationen im Untergrund beim



Zersetzen Mikroplastik in den Boden bringen und teilweise auch Schadstoffe wie PFAS eintragen. Der Einbau von Kunststoffbasierten Elementen sollte daher wo immer möglich auf ein Minimum reduziert werden. Gemäss Versuchen kann zum Wurzelschutz beispielsweise von Leitungen auch Feinsand verwendet werden.

Nutzlast kN/m². Definiert, auf wieviel Last durch die Nutzung die Tragkonstruktion einer Decke oder eines Daches ausgelegt ist. Also beispielsweise, ob die Decke über einem Untergeschoss befahrbar ist oder beispielsweise Tröge mit Bäumen bepflanzt darauf platziert werden können. Dies hat einen Einfluss auf Bauteilstärken und damit auch bewilligungsrelevante Kosten und die Bauwerkserstellungskosten und muss frühzeitig mit den zuständigen Tragwerksplanenden geklärt werden.

Lichtraum-profile Dies sind Freihaltebereiche von Erschliessungsräumen, also Zonen, die beispielsweise nicht durch Äste und weitere Pflanzenteile beeinträchtigt werden. Besonders wichtig ist dies bei Strassen, Rettungszufahrten und Trottoirs zur Sicherstellung von Sichtwinkeln und -felder zur Sicherheit im Verkehr und der Gewährleistung der uneingeschränkten Zugänglichkeit. Auch bei Parzellen-interner Erschliessung und Fusswegen ist dies in reduzierter Form relevant. Aus diesem Grund muss dies sowohl bei der Bepflanzungsplanung als auch bei Pflege und Unterhalt eingeplant werden.

Dach-gestaltung Haftungsschnittstellen sind zu beachten bei unterschiedlichen ausführenden Parteien für Flachdachabdichtung und Dachbegrünung. Um Schäden und Kostenfolgen zu vermeiden, ist es zentral, sicherzustellen, dass die geplanten Funktionen und Aufbauten allen Beteiligten von Planung bis Ausführung klar ist und für die Ausführung qualifiziertes Fachpersonal eingesetzt wird. Weiter besteht das Risiko von Schäden an der Dachabdichtung bei Unterhaltsarbeiten durch Personal, welches sich nicht an Arbeiten über Abdichtungen mit verhältnismässig geringen Substrataufbaustärken gewohnt ist. Umgekehrt Gefahr von schlechter Entwicklung von Dachbepflanzung oder Ausbreitung von Neophyten bei Dachunterhalt durch nicht im Gartenbau qualifiziertes Personal. Daher ist auch hier die Sicherstellung des Einsatzes von qualifiziertem Personal und die frühzeitige Definition und Kommunikation von Funktionen und Zielen zentral.

Auflast kN/m². Definiert, auf wieviel Last die Tragkonstruktion durch die Schichten einer Decke oder eines Daches, die noch auf sie aufgebracht werden (Bekleidungsschichten; Bodenaufbauten, Dachbekleidungen) ausgelegt ist. Also beispielsweise, ob die Decke über einem Untergeschoss mit Bäumen bepflanzt und damit verbundenen höheren Substrataufbauten belastet werden kann oder der Rückstau von Regenwasser auf eine bestimmte Höhe auf einem Flachdach möglich ist. Dies hat einen Einfluss auf Bauteilstärken und damit auch Bauwerkserstellungskosten und muss frühzeitig mit den zuständigen Tragwerksplanenden geklärt werden.

Gebäudehöhe Maximale Gebäudehöhen sind in Bau- und Zonenordnungen oder Areal- oder Bebauungsplänen vorgegeben meist zusammen mit einer maximal möglichen Anzahl Geschossen in Gebäuden. Gleichzeitig gibt es auch Vorgaben für minimale Höhen von Innenräumen. Dachaufbauten für extensive Dachbegrünungen, biodiverse Dachbegrünungen oder Dachretentionen weisen höhere Aufbaustärken und damit verbundene höhere Dachrandaufbauten auf. Dies kann zu insgesamt höheren Gebäudehöhen führen. Wird dadurch die vorgegebene Gebäudehöhe überschritten, wird meist versucht, die Raumhöhe zu minimieren wo möglich. Würden die minimalen Raumhöhen unterschritten, wird oft gegen die Umsetzung von extensiven Dachaufbauten oder grossen Dachretentionen entschieden, weil diese zum Verlust von realisierbarem Innenraum und damit Verlust von Rendite führen würden. Kosten und Höhenmasse im Innen- und Aussenraum hängen also eng mit der Ausgestaltung von Dachaufbauten zusammen und sind bewilligungs-relevant. Daher müssen sie zwingend vor der Baueingabe geplant und koordiniert werden.



Gebäudehülle	<p>Gebäudehüllen sind zentrale freiraumbildende und -prägende Elemente. Deren Gestaltung hat daher einen grossen Einfluss auf das entstehende Mikroklima im Freiraum und auch auf die Entwicklungs- und Leistungsfähigkeit von naturbasierten Elementen. Dunkle Materialien führen beispielsweise zum Aufheizen des angrenzenden Freiraums. Schwere, dichte Materialien speichern Wärme während des Tages und geben sie während der Nacht wieder ab, was das Aufheizen des Siedlungsraums weiter verstärkt. Stark reflektierende Oberflächen bilden Tierfallen und das reflektierte Sonnenlicht kann wie ein Brennglas auf die Bepflanzung im Freiraum wirken und diese so stark in der Entwicklung beeinträchtigen oder Schäden verursachen. Biozide wie Insektizide, Herbizide, Algizide oder Fungizide, die in Materialien oder Oberflächenbehandlungen enthalten sind, können ausgespült werden, auf naturbasierte Elemente wirken und diese beeinträchtigen sowie schlussendlich ins Grundwasser gelangen und Auswirkungen auf die Trinkwasserqualität haben. Dasselbe gilt für grosse Metallflächen oder PFAS-haltige Materialien und Oberflächenbehandlungen (z.B. Hydrophobierungen, Imprägnierungen). Vorgaben zu Brandschutz, Unterhaltbarkeit, Zugänglichkeit für Schutz und Rettung müssen generell berücksichtigt werden, insbesondere wenn Fassaden-begrünungen umgesetzt werden. Bei Fassadengebundenen Begrünungen sind zudem Bewässerung, Wasserverbrauch, Nährstoffzufuhr (Düngung) sowie Entwässerung zu beachten. Entwässerung in die Umgebung bei intensiver Düngung kann im starken Widerspruch zu naturnaher Freiraumgestaltung stehen und muss daher gut koordiniert werden. Weiter ist die Prüfung und Optimierung von fassadengebundenen Systemen bezüglich grauen Treibhausgasemissionen (Klimaschutz) zentral.</p>
Gebäude-nutzung	<p>Die Gebäudenutzung hat neben den allgemeinen Anforderungen auch Auswirkungen auf Anforderungen durch Schutz und Rettung (Brandschutz und Feuerwehr, Not- und Rettungsdienste). Diese Anforderungen sind abhängig von Gebäudehöhe, Gebäudenutzung, Personenbelegung, Personenvulnerabilität, möglichem sensiblem Lagergut sowie technischer Brandschutzausstattung. Im Kontext von naturbasierter Infrastruktur hat dies beispielsweise Auswirkungen auf Zufahrten sowie deren Lichtraumprofil und mögliche Radien, Anzahl Stellplätze sowie Zugänglichkeit von Fassadenöffnungen für Lösch- und Rettungsarbeiten.</p>
Heiz- und Kühlbedarf	<p>Pflanzen und bepflanzte Flächen haben eine Temperatur-puffernde und kühlende Wirkung im Freiraum und reduzieren dadurch den Heiz- und vor allem den zunehmenden Kühlbedarf von Innenräumen. Weiter erhöhen sie durch die tieferen Temperaturen im Freiraum die Effektivität der wichtigen Nachtauskühlung von Innenräumen (durch Lüften), die zentral ist für kühle und damit gesunde Schlafbedingungen im Sommer beziehungsweise bei längeren Hitzeperioden. Erstellungskosten und Unterhaltskosten von Bauwerken und Freiraumgestaltung mit naturbasierter Infrastruktur zur optimierten Erbringung von Ökosystemleistungen sollten daher über die gesamte Nutzungsdauer und der dazu erforderlichen Leistungen betrachtet werden.</p>
Umgebungs-gestaltung	<p>Umgebungsgestaltungen von Hochbauprojekten sind immer Teil von Freiräumen im Siedlungsraum und der Siedlungslandschaft. Baukultur, integrale Gestaltung, früher Beizug von qualifizierten Planenden wie Landschaftsarchitekturschaffenden und für Umsetzung, Entwicklung und Unterhalt auch Fachpersonen zu Pflege, Betrieb und Unterhalt. Bei der Materialwahl für die Beläge sind dieselben Faktoren wie bei Gebäudehülle zu beachten. Zentrale Leistungsträger in naturbasierter Infrastruktur sind Bäume. Damit sich diese langfristig etablieren können, brauchen sie unter anderem genügend Wurzelraum. Dieser muss frühzeitig mit Leitungen und Bauwerks-/teilen im Untergrund koordiniert werden. Neben den räumlichen Nutzungsanforderungen (vgl. Beispiele Freiraumkategorien weiter oben) und gestalterischen Faktoren sind Normen und Vorgaben zu Erschliessung und Zugänglichkeit für Schutz und Rettung besonders wichtig für die frühzeitige Koordination für naturbasierte Infrastruktur. Tierische Bewohner und Nutzer sind</p>



zentral, damit naturbasierte Infrastruktur gesund und leistungsfähig wird und bleibt. Zusammen mit Mikroorganismen und Pilzen bilden sie den natürlichen Unterhaltstrupp und wirken wie ein Immunsystem, indem sie «aufräumen» und Schädlingsbefall regulieren. Dazu muss die Umgebungsgestaltung ihnen einerseits Unterschlupfe und Nahrung bieten, andererseits muss darauf geachtet werden, dass Hindernisse und Fallen vermieden werden, die für Tiere fatal sein können. Dies betrifft beispielsweise die passierbare Gestaltung von Parzellengrenzen (z.B. Öffnungen in/unter Zäunen/Einfriedungen, überwindbare Höhen von Schwellen) oder auch die Vermeidung von Fallen besonders auch an Schnittstellen zu Gebäuden (z.B. Lichtschachtgitter engmaschig, Schächte und Treppen mit Ausstiegs- und Überwindungshilfen, Massnahmen bei Glasflächen).

Regenwasser- Management

Regenwasser ist eine zentrale Wasser-Ressource für Siedlungsräume beispielsweise für Grundwasserneubildung zur Sicherstellung der Frischwasserversorgung für Menschen, Flora und Fauna, als Kühlmedium durch Verdunstung ab Rückstauvolumen und offenen Wasserflächen. Wassermanagement im Siedlungsraum ist ein Wirkungsziel von naturbasierter Infrastruktur und Regenwassermanagement damit integraler Bestandteil, welcher ebenso zum Wirkungsziel Schadensprävention beiträgt. Zentral im Kontext Schadensprävention sind auch die Schnittstellen zwischen Innen- und Aussenräumen wie beispielsweise Schwellen von Türen und Fenstertüren, Lichtschächte, Rampen und Kellertreppen. Diese müssen so gestaltet werden, dass im Fall von Starkregen und hohen Oberflächenabfluss möglichst kein Wasser ins Gebäudeinnere gelangen kann. Dazu können beispielsweise entsprechend dimensionierte Rinnen, erhöhte Schwellen, erhöhte Koten oder mobile Wassersperren vorgesehen werden, die alle frühzeitiger Koordination bedürfen.

Servitute

Diese werden auch Dienstbarkeiten genannt und sind über das Grundbuch vereinbarte, also verkaufte oder abgetretene Rechte von beispielsweise Nachbarn oder der Öffentlichkeit wie vergrösserte Grenzabstände oder Wegrechte. Sie sind meist mit Regelungen zu Unterhaltspflichten und -zuständigkeiten verbunden. Die darin genannten Verantwortlichen und Beteiligten müssen daher in die Entwicklung von naturbasierter Infrastruktur einbezogen und zusammenhängende Anforderungen bei Planung, Koordination und Pflege berücksichtigt werden (z.B. Lichtraumprofile, Winterdienst mit Streusalzeinsatz, Umgang mit Laub und Schnittgut).

Baupolizei und Zivilrecht

Baugesetze sind kommunal geregelt und weisen teilweise grosse Unterschiede auf. Strassengesetze bestehen kantonal, teilweise auch kommunal. Das Zivilrecht ist kantonal geregelt. Viele weitere Gesetzesgrundlagen müssen projektspezifisch geklärt werden. Besonders relevant im Zusammenhang mit naturbasierter Infrastruktur sind beispielsweise Grenzbaurechte oder Grenzabstände im Untergrund, Pflicht von Grenzabständen für Bäume und Hecken, teilweise gar artenspezifisch formuliert und Unterhaltspflichten und Kapprecht zu Bäumen und Gehölzen an Parzellen-Grenzen. Diese gesetzlichen Rahmenbedingungen müssen jeweils frühzeitig geklärt und als Anforderungen in der Projektentwicklung berücksichtigt werden. Grundlagen zu zivilrechtlichen Vorgaben pro Kanton sind hier zu finden: <https://rechtswissen.ch/tools/baumabstand/>

Hindernis- freiheit

Für hindernisfrei Gestaltung im Freiraum bestehen Vorgaben zu Wegbreiten, Gefällen, Randabschlussgestaltungen, Manövriertflächen, Niveauunterschieden, Bodenbelägen, Signaletik und Tastbarkeit. Naturnahe Beläge weisen oft einen höheren Rollwiderstand auf und müssen daher frühzeitig mit Anforderungen zu Hindernisfreiheit koordiniert werden. Weiter relevant für Hindernisfreiheit im Sinne einer sozialen Gleichberechtigung ist die Sicherstellung der Zugänglichkeit von verschiedenen Raumnutzungen (z.B. Interaktion, Erholung, Gärten, Spielen) und Gesundheitsvorteilen über die Sicherstellung von entsprechender Erschliessung. Zur Integration von Bewegungseingeschränkten und betagten Menschen muss zudem der reduzierte Bewegungsradius berücksichtigt und geeignete Sitzgelegenheiten mit



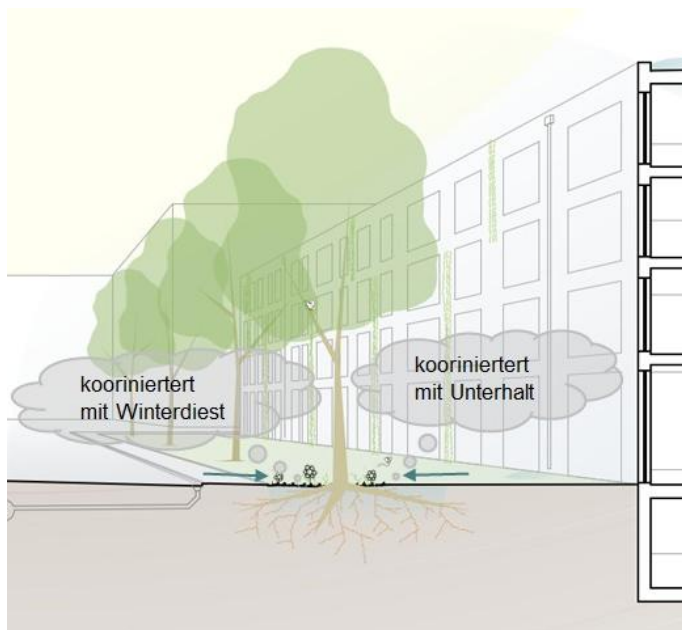
Schatten in der Verbindung zwischen den verschiedenen Raumnutzungen vorgesehen werden. An der Schnittstelle zwischen Innen- und Aussenräumen sind die Schwellenhöhen von Türen und Fenstertüren die zentralen Faktoren, um die Hindernisfreiheit sicherzustellen. Die Schwellen müssen aber auch verschiedenen anderen Anforderungen gerecht werden wie beispielsweise bezüglich Abdichtung funktionieren sowie bei Starkregen und hohem Oberflächenabfluss vor Wassereintritt ins Gebäude schützen.

Beispiel eines integral gestalteten Moduls naturbasierter Infrastruktur



Fragmentierte Gestaltung von Elementen im Freiraum entsteht, wenn verschiedene Funktionskomponenten und Infrastrukturen wie beispielsweise Strassen, Gebäudesetzung, Gebäudehüllen, Entwässerung, Fusswege, Bäume und Grünflächen isoliert geplant, umgesetzt und bewirtschaftet werden.

Abbildung 20: Beispiel fragmentierter Gestaltung im Freiraum



Wenn übergeordnet Funktionen (vgl. Beispiele Flächenkategorien weiter oben), Qualitäten (vgl. SIA 2066 [17]) und Wirkziele (vgl. Kapitel 4) für Freiräume festgelegt und erforderliche Massnahmen (vgl. Kapitel 5ff) zur Erreichung derselben koordiniert und naturbasierte Lösungen als naturbasierte Infrastruktur zur gezielten Erbringung von Ökosystemleistungen konzipiert und vernetzt werden. So entstehen integrale, regenerative Gesamtsysteme von Bauwerken und Freiräumen, was die Grundlage für sichere, gesunde, resiliente Siedlungsräume und eine prosperierende und zukunftsfähige Gesellschaft bilden kann.

Abbildung 21: Beispiel integraler Gestaltung im Freiraum



20 Anhang G – Glossar

Begriff	Definition
BIM	Building Information Modelling
Binärer Indikator	Kriterium, dass mit ja/nein, erfüllt/nicht erfüllt beurteilt werden kann
Biotopflächenfaktor (BFF)	Kennwert zur Bewertung der ökologischen Wertigkeit von Flächen
Freiraum, Aussenraum und Umgebungsgestaltung	Diese Begriffe werden oft von verschiedenen Fachdisziplinen verwendet und können dasselbe bedeuten. Freiraum betont am meisten, dass sich um «unbegrenzten» Raum», um Landschaft im Siedlungsraum handelt im Gegensatz zum umbauten Innenraum. Daher wird in diesem Dokument dieser Begriff primär verwendet ausser wo direkt Bezug genommen wird zu bestehenden Begriffen aus Normen (z.B. SIA 416).
GIS	Geoinformationssystem
KIG	Kreislauf- und Innovationsgesetz (Bundesgesetz)
Konnektivität	Funktionale Verbindung zwischen Lebensräumen, Wurzelräumen und hydrologischen Systemen
KPI (Key Performance Indicator)	Schlüsselindikator zur Bewertung von Leistungen
Leistungsdimension	Planungsrelevante Zielkategorie für NBI (Raumkomfort, Klimaschutz, Biodiversität, Wasser-management, Mikroklimaregulation, Schadensprävention)
Level of Information Need (LOIN)	Baubezogenen Informationsbedarfstiefe. Beschreibt erforderlichen Umfang und Detaillierung.
Naturbasierte Infrastruktur (NBI)	Siedlungsraumweites, kohärentes Netzwerk aus naturnahen Flächen und Elementen, die durch natürliche Prozesse Ökosystemleistungen erbringen
Ökologische Infrastruktur (ÖI)	Vernetzung von Biodiversitätsreservoirien sowie biologischen Korridoren oder Verbindungen. Die ökologische Infrastruktur ergibt sich aus einer Bewertung der ökologischen Qualität der Lebensräume, Arten und einer Auswahl von Ökosystemleistungen. In die ökologische Infrastruktur werden ausschliesslich Lebensräume mit hoher ökologischer Qualität integriert, bewertet anhand von Qualitätsmetriken. Die ökologische Infrastruktur muss daher hinsichtlich dieser Qualitätskriterien kontinuierlich überwacht und weiterentwickelt werden.
Ökosystemleistungen (ÖSL)	Beiträge von Ökosystemen und ihren Prozessen zu menschlichem Wohlbefinden und Wohlstand
Qualitativer Indikator	Eine Bewertungsgrösse, welche die Erfüllung definierter Qualitätsanforderungen oder Eigenschaften messbar macht und auf festgelegten Kriterien, Qualitätsdefinitionen oder Spezifikationen basiert.
Quantitativer Indikator	Eine Messgrösse mit einem definierten Zielwert, die anhand numerischer Werte erfasst werden kann, beispielsweise als Prozentwert, Intensitätswert oder absolute Anzahl.



resilient, Resilienz	Widerstandsfähig, Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines (sozialen / ökologischen / infrastrukturellen...) Systems, auf Störungen zu reagieren und dabei seine Struktur und Funktionsweise, die Fähigkeit zur Selbstorganisation und die Anpassungsfähigkeit gegenüber Belastungen und Veränderungen zu erhalten und seine Funktion weiter zu erfüllen. Das schliesst auch die Fähigkeit zur langfristigen Transformation durch Anpassung und Lernprozesse ein. Klimaresilienz bedeutet in diesem Sinne: Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel.
Schwammstadt	Ein naturbasierter Ansatz des Regenwassermanagements, der als Strategie zur Schadensprävention und zur Anpassung an den Klimawandel dient. Ziel ist es, Niederschlagswasser möglichst nahe am Ort seines Anfalls zurückzuhalten, versickern zu lassen, zu speichern, zu verdunsten und wiederzuverwenden.
Sequestrierung	Abtrennen und Sichern eines Stoffs wie z.B. CO ₂ aus der Luft
Treibhausgas-Fussabdruck, Treibhausgasemissionen	Verursachte Emissionen an CO ₂ -eq mit Klimaerwärmungswirkung (GWP)
Urban Forest	Definition gemäss UN FAO: Urban Forests können als Netzwerke oder Systeme definiert werden, die sämtliche Wälder, Baumgruppen und Einzelbäume in urbanen und periurbanen Räumen umfassen. Dazu gehören Wälder, Strassenbäume, Bäume in Parks und Gärten sowie Bäume auf Brachflächen und Restflächen. Sie bilden das Rückgrat der [naturbasierten] Infrastruktur. Sie verbinden ländliche und urbane Räume miteinander und tragen dazu bei, den ökologischen Fussabdruck von Siedlungsräumen zu verringern.
Urban Forestry	Strategische Planung und Bewirtschaftung von baumbasierten Vegetations- und Waldstrukturen im Siedlungsraum
Use Case	Hier: Anwendungsfall für baubezogenen Informationsaustausch, z.B. pro Projektziel oder Projektmeilenstein, vgl. https://ucm.buildingsmart.org/
USG	Umweltschutzgesetz (Bundesgesetz)