

Ökologisch orientierte Planung in der Wasserwirtschaft

Ökologisch orientierte Planung hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem festen Bestandteil integrativer Planungsprozesse entwickelt, nicht zuletzt durch die entsprechenden umweltbezogenen Genehmigungsverfahren und Prüfinstrumente sowie das Kontrollinstrument der ökologischen Baubegleitung. Trotz dieser notwendigen Maßnahmen in der Raum- und Gesamtplanung nimmt der Biodiversitätsverlust in Deutschland und der Europäischen Union weiter zu, was zur Erkenntnis geführt hat, dass Planungsinhalte insgesamt ökologischer werden müssen. Die verschiedenen Werkzeuge der ökologisch orientierten Planung in der Wasserwirtschaft und ihr Stand in Lehre und Praxis werden vorgestellt.

Petra Schneider und Jochen Hack

Gemäß Jessel & Tobias (2002) [1] umreißt ökologisch orientierte Planung (ÖoP) ein komplexes Geschehen, für das fundiertes (natur)wissenschaftliches Grundverständnis, Kreativität und die Fähigkeit, Planung als Kommunikationsprozess zu gestalten, gleichermaßen notwendig sind. Die Definition bezieht sich insbesondere auf die Erfassung, Analyse, Prognose und Bewertung des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes sowie für die Darstellung der Auswirkungen von Raumnutzungen bis hin zur Nachkontrolle. Die hierfür in Deutschland zu berücksichtigenden Schutzgüter sind sowohl im Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG, 2021) [2] als auch im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG, 2009) [3] festgeschrieben.

Der noch immer nicht gestoppte Verlust der biologischen Vielfalt in der Europäischen Union war die Veranlassung, das Thema Biodiversität als Herausforderung noch stärker auf die politische Agenda zu setzen. Dies kommt maßgeblich im sogenannten „Euro-

pean Green Deal“ der Europäischen Union (2019) [4] und den darauf basierenden Strategien für Forstbewirtschaftung, Biodiversität und Agrarwirtschaft sowie der Chemie-Strategie für eine „giftfreie Umwelt“ zum Ausdruck. Das übergeordnete Ziel des European Green Deal ist ein klimaneutrales Europa, d. h. die EU setzt sich zum Ziel, bis 2050 Netto-Null-Treibhausgasemissionen zu erreichen. Hierfür wurden strategische Ziele zusammengestellt, um die Nachhaltigkeitspolitik für die nächste Dekade mit einem Ökosystemfokus für die Europäische Union zur Umsetzung zu bringen. Politische Entscheidungsträger auf allen Ebenen haben die dringende Notwendigkeit erkannt, Ökosysteme und ökologische Funktionen in die Landnutzungsplanung und das Ingenieurdesign zu integrieren, was in Leitkonzepten wie Grüne Infrastrukturen [5] und naturbasierten Lösungen zum Ausdruck kommt [6, 7].

Die neue EU-Biodiversitätsstrategie bis 2030: „Mehr Raum für die Natur in unserem Leben“ vom 20. Mai 2020 [8] beinhaltet ambitionierte Ziele, die folgendermaßen zusammengefasst werden können (wasserwirtschaftlich besonders relevante Punkte wurden hervorgehoben):

/ Kompakt /

- Ökologisch orientierte Planung zielt auf das Einbeziehen von Umweltbelangen in die örtliche und überörtliche Planung ab. Deren interdisziplinäre Erweiterung ist eine Folge des Bedeutungszuwachses der naturbasierten Lösungen, insbesondere Ingenieurökologie und Grüner Infrastruktur.
- Die relativ neue Ingenieurökologie integriert verschiedene Ingenieur-, Umwelt- und ökologische Disziplinen. Der Fokus von Ingenieurökologie und Grüner Infrastruktur liegt auf den detailplanerischen Elementen zur Umsetzung holistisch geplanter, ökologisch robuster, kreislauffähiger Systeme.
- Die Ingenieurökologie bindet einen integrierten Systemansatz zur Problemlösung und Einbeziehung ökologischer Prinzipien in das Ingenieurdesign ein und behebt so viele der bisherigen Einschränkungen der Ökologie und des Ingenieurwesens.

- Stärkung der Widerstandsfähigkeit und Verhinderung des Auftretens und der Ausbreitung künftiger Krankheiten,
- **Umwandlung von mindestens 30 % der europäischen Land- und Meeresgebiete in wirksam bewirtschaftete Schutzgebiete (davon 10 % EU-Landflächen und 10 % EU-Meeresgebiete mit strengen Schutzzvorgaben) sowie Einrichtung eines kohärenten Netzes der Schutzgebiete und ökologischer Korridore,**
- Bestimmung, Erfassung, Überwachung und strenger Schutz aller verbleibenden Primär- und Urwälder der EU,
- Ableitung rechtsverbindlicher EU-Ziele zur Wiederherstellung der Natur sowie Festlegung einer EU-Forststrategie bis 2021,
- **Wiederherstellung der Natur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie sichere, nachhaltig erzeugte, nahrhafte und erschwingliche Lebensmittel unter dem Dach der Agrarstrategie „Vom Hof auf den Tisch“ von 2020,**
- **Gestaltung von mindestens 10 % der landwirtschaftlichen Fläche wieder mit Landschaftselementen mit großer Vielfalt,**

- **Eindämmung des Flächenverbrauchs und Wiederherstellung von Bodenökosystemen,**
- **Schutz der Bodenfruchtbarkeit zur Verringerung der Boden-erosion und Erhöhung der organischen Substanz des Bodens,**
- Aktualisierung der thematischen Strategie für den Bodenschutz der EU (geplant im Jahr 2021) sowie Null-Schadstoff-Aktions-plans für Luft, Wasser und Boden (bereits aktualisiert im Jahr 2021),
- **Vergrößerung des Waldbestands und Verbesserung seiner Gesundheit und Widerstandsfähigkeit,**
- **Anpflanzung von mind. 3 Mrd. neuen Bäumen in der EU bis 2030 und Einrichtung eines Waldinformationssystems für Europa,**
- **Begrünung städtischer und stadtnaher Gebiete sowie Schaf-fung einer neuen Europäischen Plattform für die Begrünung der Städte,**
- nach einer Folgenabschätzung sollen 2021 außerdem rechtlich verbindliche Ziele der EU für die Wiederherstellung der Natur vorgeschlagen werden.

Die Ziele zeigen sowohl die große Herausforderung als auch die Chancen, vor denen die ökologisch orientierte Planung in der nächsten Dekade steht. Hierfür gilt es, die klassischen Werkzeuge der ökologisch orientierten Planung konsequent anzuwenden und um inno-vative zielführende Werkzeuge zu ergänzen.

Werkzeuge der ökologisch orientierten Planung

Die ÖoP-Gegenstände sind prinzipiell Landschaft, Naturhaushalt und Landschaftsbild, und betreffen somit alle planerischen Ebenen, vom Landschaftsrahmenplan über die Bauleitplanung bis zur Objektplanung. Die klassischen ÖoP-Werkzeuge umfassen die Raumordnungs- und Landschaftsplanung, die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung und landschaftspflegerische Begleitplanung, die Pflege und Entwicklungsplanung, die verschiedenen Arten der Verträglichkeitsprüfung (Umweltverträglichkeitsprüfung, FFH-Verträglichkeitsprüfung, Strategische Umweltprüfung) sowie weitere Fachplanungen in den Themenfeldern Agrarwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft. Zu diesen weiteren Planungen gehören Agrarstrukturplanung und Flurbereinigung, forstliche Planungen, wasserwirtschaftliche Planungen, Abbau- und Rekultivierungsplanungen [1]. Gegenstand einer jeden ökologisch orientierten Planung ist die Wirkungsermittlung, Prognose und Konfliktdiagnose, Erheblichkeitsbeurteilung des Eingriffes in das Naturkapital sowie im Fall erheblicher Eingriffe die Ableitung von Minderungsmaßnahmen.

Seit Inkrafttreten der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG [9] und der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG [10] wurden eine Reihe neuer Instrumente für die Bewertung ökologisch relevanter Sachverhalte entwickelt, insbesondere auch im Themenfeld Wasserwirtschaft. Diese umfassen den Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege (als Grundlage für den Regionalplan als Landschaftsrahmenplan und für die örtliche Landschaftsplanung), den artenschutzrechtlichen Fachbeitrag, den Landschaftspflegerischen Fachbeitrag, den Fachbeitrag Bodenschutz und den Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie.

In diesem Zusammenhang wurden auch die Werkzeuge der Integration ökologischer Belange in der wasserwirtschaftlichen Planung erheblich erweitert. Die Deutsche Vereinigung für Abwasser und Abfall e. V. (DWA) hat sich im Mai 2021 mit der Veröffentlichung des Positionspapiers „Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte“ [11] zukunftsweisend zum Themenfeld blau-grüne Infrastruktur und der multifunktionalen Nutzung von Flächen positioniert. Die DWA bezieht sich damit maßgeblich auf die Eckpunkte des „Bundeskonzepts Grüne Infrastruktur“ (BKGI) von 2017 [12], welches das Bundesamt für Naturschutz im Auftrag der Bundesregierung basierend auf den oben genannten Europäischen Rahmendokumenten für Deutschland erarbeitet hat. Das BKGI hat die Funktion eines räumlich übergreifenden Gesamtkonzeptes, um Leitbilder des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie Aspekte der Ökosystemleistungen in bundesrelevante Planungsprozesse einfließen zu lassen. Diese ökologischen Planungsaspekte sind in eine Reihe DWA-Merkblätter eingeflossen, und zwar in folgenden Themenfeldern:

Abwasser

- DWA-M 179 Dezentrale Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung (in Erarbeitung, grundlegende Überarbeitung)
- DWA-M 262 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers (11/2017)

Gewässerrenaturierung/Gewässerentwicklung

- DWA-M 606 Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie (12/2006)
- DWA-M 607 Altgewässer – Ökologie, Sanierung und Neuanlage (06/2010)
- DWA-M 608-1 Bisam, Biber, Nutria – Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen (08/2017)
- DWA-M 609-1 Entwicklung urbaner Fließgewässer, Teil 1: Grundlagen, Planung, Umsetzung (04/2021)
- DWA-M 609-2 Entwicklung urbaner Fließgewässer, Teil 2: Maßnahmen und Beispiele (09/2018)
- DWA-M 611 Fluss und Landschaft – Ökologische Entwicklungskonzepte (02/2013, fachlich auf Aktualität geprüft 2017)
- DWA-M 612 Gewässerrandstreifen – Uferstreifen – Gewässerentwicklungskorridore: Grundlagen und Funktionen, Hinweise zur Gestaltung, Beispiele (05/2020)
- DWA-M 614 Planungsmanagement für Maßnahmen an Fließgewässern – zielorientiert, integriert, strukturiert (02/2018)
- DWA-M 616 Verkehrssicherung an Fließgewässern (06/2017)
- DWA-M 617 Naturschutz bei Planung und Genehmigung von Fließgewässerrenaturierungen (08/2020)
- DWA-M 620-1 Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern – Teil 1: Grundlagen und Bauweisenauswahl (06/2020)
- DWA-M 620-2 Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern – Teil 2: Planung, Umsetzung und Erfolgskontrolle (Entwurf 02/2020)
- DWA-M 620-3 Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern – Teil 3: Bauweisenbemessung und Anwendungsbeispiele (in Erarbeitung)
- DWA-M 626-1 Neobiota – Auswirkungen und Umgang mit wasserwirtschaftlich bedeutsamen gebietsfremden Tier- und Pflanzenarten – Teil 1: Grundlagen (02/2019)

- DWA-M 626-2 Neobiota – Auswirkungen und Umgang mit wasserwirtschaftlich bedeutsamen gebietsfremden Tier- und Pflanzenarten – Teil 2: Artensteckbriefe (02/2019)
- DWA-M 628 Unterhaltung, Pflege und Entwicklung von Fließgewässern im Wald (Entwurf 03/2021)

Gewässerunterhaltung

- DWA-M 600 Begriffe aus Gewässerunterhaltung und Gewässerentwicklung (06/2018)
- DWA-M 610 Neue Wege der Gewässerunterhaltung – Pflege und Entwicklung von Fließgewässern (06/2010)
- DWA-M 619 Ökologische Baubegleitung bei Gewässerunterhaltung und -ausbau (06/2015)
- DWA-M 622-1 Marschengraben – Ökologie und Unterhaltung – Teil 1: Ökologische Grundlagen (03/2018)

Integriertes Einzugsgebietsmanagement

- DWA-M 910 Berücksichtigung der Bodenerosion durch Wasser bei der Maßnahmenplanung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (12/2012)
- DWA-M 921 Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen (04/2021).

Insgesamt ist eine zunehmende Entwicklung in Richtung der Integration ökologischer und naturbasierter Lösungen in das Portfolio der Werkzeuge zu verzeichnen, welche auch auf der internationalen Ebene seit einigen Jahren einen Bedeutungszuwachs erfahren.

Naturbasierte Lösungen

Die Weltnaturschutzunion (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN) [13] definierte 2016 naturbasierte Lösungen als „Maßnahmen zum Schutz, zur nachhaltigen Bewirtschaftung und Wiederherstellung natürlicher oder veränderter Ökosysteme, die die gesellschaftlichen Herausforderungen effektiv und anpassungsfähig angehen und gleichzeitig Vorteile für das Wohlbefinden des Menschen und die biologische Vielfalt bieten“. Gemäß Cohen-Shacham et al. (2016) [7] sind in diesem Zusammenhang folgende Handlungsfelder als die gesellschaftlichen Herausforderungen anzusehen: Klimawandel, Ernährungs-

sicherheit, Wassersicherheit, Katastrophenrisiken, menschliche Gesundheit sowie ökonomische und soziale Entwicklung. **Bild 1** gibt eine Übersicht der naturbasierten Lösungen mit Zuordnung der Methoden als Handlungsfelder und dem angestrebten Nutzen.

Das Welt-Wasser-Programm der Vereinten Nationen [14] unterstrich im Zusammenhang mit naturbasierten Lösungen, dass diese mit der Natur arbeiten statt dagegen und damit ein wesentliches Mittel bieten, um über übliche Vorgehensweisen hinauszugehen und die sozialen, wirtschaftlichen und hydrologischen Effizienzgewinne beim Wasserressourcenmanagement zu steigern. Eine zentrale Rolle spielen im Rahmen der naturbasierten Lösungen die Ingenieurökologie und die Grüne Infrastruktur. Ingenieurökologie wurde als ein Bereich konzipiert, der die Gestaltung, die Schaffung und das Management nachhaltiger Ökosysteme umfasst, welche die Bedürfnisse der Gesellschaft zum Nutzen beider in die natürliche Umwelt integrieren [15]. Schönborn & Junge (2021) [16] haben vorgeschlagen, die Definition der Ingenieurökologie zu erweitern, um die Integration ökologischer Prinzipien, Prozesse und Organismen in die bestehende Ingenieurpraxis in einen ganzheitlichen Ansatz zur Problemlösung einzubeziehen.

Die IUCN (2014) [17] bezeichnet die Grüne Infrastruktur als einen innovativen Weg, um die biologische Vielfalt zu schützen und gleichzeitig zu einem nachhaltigen und intelligenten Wachstum beizutragen. Sie ist definiert als ein strategisch geplantes Netzwerk von natürlichen und naturnahen Gebieten, die eine breite Palette von Ökosystemleistungen in terrestrischen und marinen Gebieten erbringen. Diese Definition wurde ursprünglich von der Europäischen Kommission (2013) [5] geprägt und unterscheidet sich vom anglo-amerikanischen Verständnis Grüner Infrastruktur. Die United States Environmental Protection Agency (US EPA) [18] bezeichnete 2019 Grüne Infrastruktur als einen kostengünstigen belastbaren Ansatz zur Bewältigung der Auswirkungen von Regenwetter, der viele Vorteile für Gemeinden bietet. Während graue unifunktionale Regenwasserinfrastruktur dazu dient, städtisches Regenwasser von der gebauten Umwelt wegzuleiten, reduziert und behandelt Grüne Infrastruktur das Regenwasser an der Quelle und bietet gleichzeitig ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile [16]. Dies steht nicht in Gegensatz zum europäischen Verständnis, jedoch geht das europäische Verständnis mit dem Bezug zu Multifunktionalität und Biodiversität bezüglich der Nutzenbewer-

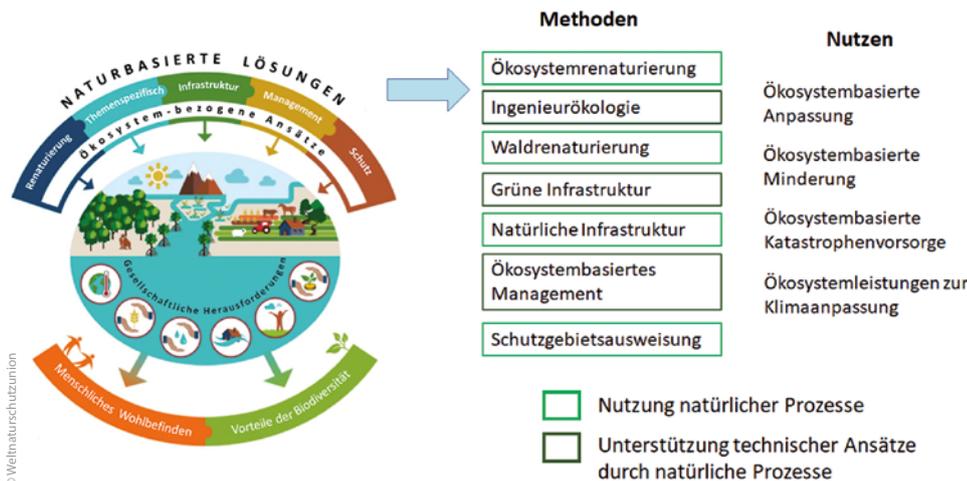


Bild 1: Übersicht über die naturbasierten Lösungen, Übersetzung aus dem Englischen und Zuordnung von Methoden und Nutzen zu den Werkzeugen der naturbasierten Lösungen, basierend auf [13]

tung von Grüner Infrastruktur noch deutlich über das anglo-amerikanischen Verständnis hinaus. Im Zusammenhang mit den Ökosystemleistungen, die Grüne Infrastruktur bzgl. Boden und Wasser bereitstellt, wird hier immer der zusätzliche Biodiversitätseffekt gesehen. Generell lassen sich die ökosystemaren Vorteile der Grünen Infrastruktur wie folgt verorten:

Im urbanen Raum

- Multifunktionale Strukturelemente, wie Dach- und Vertikalbegrünungen
- Sensible Infrastrukturplanungen, wie Grüngleisnetzwerke, Straßenbegleitgrün, Gründämme
- Nachhaltiges Regenwassermanagement (Sustainable urban Drainage, SuDS) und Gewässerrenaturierung
- Hochwasserschutz und Katastrophenvorsorge, Temperaturregulation
- Naturbasierte Wasser- und Luftreinhaltung sowie Lärmschutz, z. B. durch Pflanzenkläranlagen und Straßenbäume
- Förderung von Naherholung und Biodiversität in Gärten (urbanes Gärtnern, urbane Landwirtschaft), Parks und Stadtwälder etc.

In der Fläche

- Biotopverbundnetze, und Schutzgebiete mit Kern- und Pufferzonen
- Waldschutz und Waldumbau
- Naturschutzmaßnahmen im ländlichen Raum, wie Ackerrandstreifen und Gewässerschonstreifen
- Renaturierung von Ökosystemen, wie Brach- und Sukzessionsflächen, Gewässeraltarme, Gewässerrenaturierung, naturnaher Wasserbau etc.

Mittlerweile gibt es auf allen Ebenen zahlreiche Projekte und Initiativen, die Grüne Infrastruktur in der Praxis implementieren und dafür auch ingenieurökologische Methoden nutzen.

Umsetzung in Lehre und Praxis

Die ÖoP erlebt seit geraumer Zeit eine interdisziplinäre Erweiterung des Tätigkeitsfeldes, auch durch die Integration ökologischer Sachverhalte in die klassische bautechnische Planung. In Lehre und Praxis fand dies in den letzten Jahren zwar vor allem in umweltwissenschaftlichen Disziplinen Wiederhall, jedoch stellen beispielsweise naturbasierte Lösungen einen Ansatz dar, der durch das ganzheitliche kreislaufbasierte Verständnis noch deutlich systemischer angelegt ist.

Die Ingenieurökologie stellt hier die disziplinübergreifende Klammer dar, welche Grundlagen- und angewandte Wissenschaften aus den Bereichen Ingenieurwesen, Ökologie, Wirtschafts-, Natur- und Sozialwissenschaften zu einer konsistenten Mischung aus Ökologie und Technologie kombiniert, die durch adaptives Design auf die Wiederherstellung, die Schaffung und das Management terrestrischer und aquatischer, aber auch urbaner Ökosysteme angewendet werden kann. Auf diese Weise bietet die Ingenieurökologie ein Dach für eine Reihe etablierter und aufstrebender Konzepte bzw. Technologien, darunter: naturbasierte Lösungen, Pflanzenkläranlagen und begrünte Bodenfilter, Gebäudebegrünung (einschließlich Dächer, Fassaden, Kühlsysteme, Raumklima, Energieversorgung), Biosphäre,

kreislaufbasierte Systeme und Wasserwiederverwendungsmechanismen usw. Den Fokus auf den Einbezug ökologischer Prinzipien und Funktionen in das adaptive Ingenieurdesign zur Förderung der Entwicklung robuster, nachhaltiger Systeme zu legen, unterscheidet die Ingenieurökologie von anderen Disziplinen.

Der zunehmende Druck auf das Ökosystem Erde erfordert neue Kenntnisse, Methoden und Lösungen. Bereits im Jahr 2004 erkannte die US National Academy of Engineering die Notwendigkeit und die Möglichkeit des Ingenieurwesens, sich anzupassen, neue Werkzeuge einzusetzen, immer mehr Wissen in die Erweiterung der Ingenieurdisziplinen einzubringen und zunehmend auf eine Weise anzuwenden, die Synergien zwischen technischen und sozialen Systemen erzielt [19]. Die integrierende Disziplin der Ingenieurökologie bietet solche Innovationen und neue Werkzeuge im Ingenieurwesen, indem sie die Notwendigkeit anerkennt, sowohl der Gesellschaft als auch der Umwelt Vorteile zu bieten.

Ein wichtiges Prinzip der ÖoP ist die Selbstgestaltung von Ökosystemen und ihrer biologischen Komponenten. Daher sind einige Werkzeuge und Komponenten der Ingenieurökologie (Ökosysteme und lebende Arten) dynamischer Natur. Diese Komponenten reagieren auf eine Vielzahl von Randbedingungen und können sich daher ohne die Präzision technischer Disziplinen verhalten, die auf Materialien mit genau festgelegten Eigenschaften beruhen. Dies kann Fragen nach der Leistungszuverlässigkeit von ökologisch basierten Konstruktionen aufwerfen. Wenn sich natürliche oder künstliche Ökosysteme jedoch dynamisch verhalten und sich selbst organisieren, verhalten sie sich letztlich statistisch vorhersehbar als Reaktion auf physikalische, chemische und biologische Bedingungen. Dies ermöglicht daher eher probabilistische als deterministische Grenzen, die für ein konventionelleres Design typisch sind. Dennoch weisen viele ökologische Konstruktionsentwürfe deterministische Elemente mit vorhersagbaren Leistungsmerkmalen auf.

Während einige Autoren und traditionelle Ingenieure argumentieren, dass ökologisch konstruierte Systeme nicht die Stabilität von Systemkomponenten aufweisen, die typischerweise mit dem Ingenieurwesen verbunden sind [20], ist die Realität, dass konstruierte Systeme unter definierten Bedingungen funktionieren und das Auftreten von Kontrolle zu einer Illusion werden kann, wenn diese Bedingungen nicht ausreichend repräsentativ für die tatsächlichen Betriebsbedingungen im Zeitverlauf sind. Im Gegensatz dazu ist es von Natur aus erforderlich, möglichst breite Betriebsbedingungen für naturbasierte Lösungen zu berücksichtigen, damit diese Systeme durch Leitparameter geführt werden können und möglicherweise zuverlässiger funktionieren als konventionelle Systeme. Letztere sind in manchen Fällen möglicherweise nicht entsprechend konstruiert, um den anspruchsvollen und komplexen Bedingungen der Natur standzuhalten.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Ökologisch orientierte Planung erlebt eine interdisziplinäre Erweiterung des Tätigkeitsfeldes, auch durch den starken Bedeutungszuwachs der naturbasierten Lösungen, insbesondere Ingenieurökologie und Grüner Infrastruktur. Die Ingenieurökologie ist transdisziplinär [21], stützt sich auf verschiedene Ingenieur-, Umwelt- und

ökologische Disziplinen und integriert diese. Während die ÖoP einen maßgeblichen Fokus auf den organisatorischen Einbezug von Umweltbelangen in die örtliche und überörtliche Planung hat, liegt der Fokus von Ingenieurökologie und Grüner Infrastruktur auf den detailplanerischen Elementen zur Umsetzung holistisch geplanter, ökologisch robuster, kreislauffähiger Systeme und geht damit über die klassischen Umweltwissenschaften hinaus.

Während einige traditionelle technische Schulen möglicherweise nicht bereit sind, neue Lösungen im Lehrplan zu berücksichtigen, gewinnt die relativ neue Wissenschaft der Ingenieurökologie weltweit zunehmend an Akzeptanz, selbst wenn sie Lösungen bietet, die aus deterministischer Sicht gute, aber nicht präzise Lösungen bietet. In etablierten Industrieländern wie insbesondere den skandinavischen Staaten wurden die anfängliche Skepsis und regulatorischen Hürden abgebaut und führten bereits zu zunehmenden Investitionen von Unternehmen und Kommunen sowie zu verstärkter Forschungstätigkeit und öffentlichem Interesse [22].

Durch die Bereitstellung eines integrierenden Systemansatzes zur Problemlösung und Einbeziehung ökologischer Prinzipien in das Ingenieurdesign behebt die Ingenieurökologie viele der bisherigen Einschränkungen der Ökologie und des Ingenieurwesens, um die Voraussetzung für ein vorteilhaftes Zusammenleben von Mensch und Natur zu schaffen. Dies erfordert wiederum ein neues Paradigma in der Ingenieurausbildung. In Deutschland gibt es Ausbildungsangebote in der Ingenieurökologie an zwei akademischen Einrichtungen als Masterstudiengang, der TU München (mit Ökosystemfokus) und der Hochschule Magdeburg-Stendal (mit Ingenieurfokus). Weitere Hochschulen ergänzen die Studiengänge des Bauingenieurwesens, Umweltingenieur- und Angewandten Geowissenschaften um ingenieurökologische Komponenten, wie beispielsweise die TU Darmstadt durch das Fachgebiet Ingenieurökologie. Als Dachorganisation engagiert sich die Ingenieurökologische Vereinigung IÖV e. V. in Deutschland in den genannten Themenfeldern [23]. Die dargestellte Entwicklung liegt auch international im Trend und wird im Rahmen der Notwendigkeit zur Anpassung an den Klimawandel in den nächsten Jahren zu innovativen Entwicklungen im Ingenieursektor führen.

Literatur

- [1] Jessel, B.; Tobias, K. (2002). Ökologisch orientierte Planung. Eine Einführung: in Theorien, Daten und Methoden, UTB GmbH, ISBN-13: 978-3825222802
- [2] UVPG - Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540)
- [3] BNatSchG - Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist
- [4] Europäische Kommission (2019). A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, Abruf 20.05.2021
- [5] Europäische Kommission (2013). Building a Green Infrastructure for Europe European Union: Brussels, Belgium, 2013; ISBN 978-92-79-33428-3, Abruf 20.05.2021
- [6] Europäische Kommission (2015). Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & ReNaturing Cities. Brussels, Belgium: European Commission and Directorate-General for Research and Innovation. doi:10.2777/765301, Abruf 20.05.2021
- [7] Cohen-Shacham, E.; Janzen, C.; Maginnis, S.; Walters, G. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges, IUCN Commission on Ecosystem Management (CEM), IUCN World Commission on

Protected Areas (WCPA), ISBN: 978-2-8317-1812-5, DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>, Abruf 20.05.2021

- [8] Europäische Kommission (2020). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 Mehr Raum für die Natur in unserem Leben, COM/2020/380 final, verfügbar online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX%3A52020DC0380>, Abruf 20.05.2021
- [9] Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG - Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, verfügbar online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31992L0043>, Abruf 20.05.2021
- [10] EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG - Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, verfügbar online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>, Abruf 20.05.2021
- [11] Deutsche Vereinigung für Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2021). „Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte“, verfügbar online: <https://www.gebaeudegruen.info/service/downloads/sonstiges>, Abruf 29.05.2021
- [12] Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2017. Bundeskonzept Grüne Infrastruktur, verfügbar online: <https://www.bfn.de/themen/planung/bundeskonzept-gruene-infrastruktur/das-bkqi.html>, Abruf 29.05.2021
- [13] Weltnaturschutzunion / International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges, verfügbar online: <https://portals.iucn.org/library/node/46191>
- [14] Vereinte Nationen (2018). UN-Weltwasserbericht 2018, verfügbar online: <https://www.unesco.de/presse/pressematerial/un-weltwasserbericht-2018>, Abruf 20.05.2021
- [15] Mitsch, W. and Jørgensen, S.E. (2003). Ecological Engineering: A field whose time has come. Ecological Engineering 20 (2003) 363–377.
- [16] Schönborn, A.; Junge, R. (2021). Redefining Ecological Engineering in the Context of Circular Economy and Sustainable Development. Circ. Econ. Sust. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00023-2>, Abruf 20.05.2021
- [17] Weltnaturschutzunion / International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN (2014). Green infrastructure guide for water management, verfügbar online: <https://portals.iucn.org/library/node/44769>, Abruf 20.05.2021
- [18] United States Environmental Protection Agency (US EPA, 2019). Green Infrastructure, verfügbar online: <https://www.epa.gov/green-infrastructure>, Abruf 20.05.2021
- [19] NAE (National Academy of Engineering) (2004). The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century (2004). 118pp. ISBN 978-0-309-09162-6 | DOI 10.17226/10999.
- [20] Allen, T.F.H., Giampietro, M. and Little, A.M. (2003). Distinguishing ecological engineering from environmental engineering. Ecological Engineering 20 (2003) 389–407.
- [21] Mitsch, W. (1998). Ecological Engineering—the 7-year itch. Ecological Engineering. 10(2):119-130.
- [22] Etnier, C. and Guterstam, B. (1997). Ecological Engineering for Wastewater Treatment. Second Edition. CRC Press. 47pp.
- [23] Ingenieurökologische Vereinigung IÖV e.V., www.ioev.de, Abruf am 11.09.2021

Autoren

Prof. Dr. Petra Schneider

Hochschule Magdeburg-Stendal
 Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit, FG Ingenieurökologie
 Breitscheidstraße 2, 39114 Magdeburg
 E-Mail: petra.schneider@h2.de

Prof. Dr.-Ing. Jochen Hack

Technische Universität Darmstadt
 Institut für Angewandte Geowissenschaften, FG Ingenieurökologie
 Schnittpahnstraße 9, 64287 Darmstadt
 E-Mail: hack@geo.tu-darmstadt.de