

Im Auftrag des Bundesamt für Umwelt BAFU

Ökosysteme und ihre Leistungen erfassen und räumlich darstellen

Schlussbericht
31. Juli 2013

Arbeitsgemeinschaft

econcept
Forschung / Beratung / Evaluation

Gerechtigkeitsgasse 20
8002 Zürich

Tel. +41 44 286 75 75



Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL

Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf

Tel. +41 44 739 21 11

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung AÖL, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 8903 Birmensdorf

Autoren/innen

Stefan von Grünigen, MA UZH in Wirtschaftswissenschaften

Felix Kienast, Titularprof. WSL/ETHZ

Walter Ott, lic. oec. publ., dipl. El. Ing. ETH, Raumplaner ETH/NDS

Noëmi Cerny, BA in Sozialanthropologie

Begleitung BAFU

Roger Keller (Projektleitung BAFU)

Andreas Hauser

Hannah Scheuthle

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Freigabe BAFU: 19.8.2013/SCF

Dateiname: 1342_be_oesl_erfassen_darstellen_20130731_final.docx Speicherdatum: 16. September 2013

Inhalt

Management Summary	i
Résumé	vi
Management Summary	xii
1 Ausgangslage, Zielsetzung und Methodik	1
1.1 Ausgangslage Gesamtprojekt	1
1.2 Zielsetzungen	1
1.3 Methodik	2
1.3.1 Gespräche mit Experten/innen	2
1.3.2 Teilnehmende am Workshop	2
2 Teilbericht Indikatoren für Ökosystemleistungen	4
2.1 Indikatoren für Ökosystemleistungen: Stand der Entwicklung	4
2.1.1 Stand der Entwicklung in der Schweiz	4
2.1.2 Stand der Entwicklung im internationalen Umfeld	6
2.2 Evaluation bestehender Indikatoren	15
2.2.1 Kommunikation auf der Webseite des BAFU	15
2.2.2 Wirkungsketten und quantitative Vernetzung zwischen den Indikatoren	16
2.2.3 Sensibilisierung und Entscheidungsfindung	17
2.2.4 Kernfragen bezüglich der Indikatoren	18
2.3 Empfehlungen	20
3 Teilbericht Räumliche Darstellung (Mapping)	22
3.1 Einleitung	22
3.2 Kartierungs-Instrumente für Ökosystemleistungen	23
3.2.1 Beispiele	25
3.2.2 Ausgewählte Anwendungen für die Schweiz	27
3.3 Kartierung von Ökosystemleistungen im Urteil von Experten/innen	29
3.3.1 Anwendungsfeld «Nachhaltige Energie»	30
3.3.2 Anwendungsfeld «Neue landwirtschaftliche Zahlungen, ökologischer Ausgleich, Naherholung»	31
3.3.3 Anwendungsfeld «Raumplanung und Siedlungsentwicklung»	32
3.3.4 Anwendungsfeld «Schutzgebiete (z.B. BLN) oder Pärke»	33
3.4 Synopsis aus den Aussagen «Mapping»	34
3.5 Fazit	36
3.6 Empfehlungen	37
4 Teilbericht Indikatoren für das Naturkapital	41

4.1	Messen und Bewerten des Beitrages der Ökosphäre an die Wohlfahrt	41
4.1.1	Berücksichtigung von Ökosystemen in der Wohlfahrtsmessung	42
4.2	Indikatoren für das Naturkapital	43
4.2.1	Flächen als Grundlage des Naturkapitals	43
4.2.2	Natural Capital Index Framework	44
4.2.3	Natural Capital Asset Index	46
4.2.4	Einzelindikatoren	50
4.2.5	Umsetzbarkeit in der Schweiz	51
4.3	Einschätzungen aus dem Workshop	52
4.3.1	Nützlichkeit und Bedarf	52
4.3.2	Machbarkeit eines Indikators für das Naturkapital	53
4.3.3	Weitere Kernaussagen aus dem Workshop	53
4.4	Empfehlungen	54
	Literatur	56

Management Summary

Ausgangslage

Im Rahmen der vom Bundesrat im April 2012 verabschiedeten Strategie «Biodiversität Schweiz» (SBS) hat das BAFU den Auftrag erhalten, bis ins Frühjahr 2014 einen Aktionsplan zu erarbeiten, in dessen Rahmen auch Ökosystemleistungen erfasst werden sollen: Gemäss Ziel 6 der SBS sollen Ökosystemleistungen (ÖSL) bis 2020 quantitativ erfasst werden. Dies soll auch erlauben, sie in der Wohlfahrtsmessung als ergänzende Indikatoren zum Bruttoinlandprodukt und bei Regulierungsfolgenabschätzungen berücksichtigen zu können. Auch die Biodiversitätsstrategie 2020 der EU enthält Ziele zur Quantifizierung der Ökosystemleistungen.

Die Umwelt und Ökosysteme erbringen zahlreiche Güter und Dienstleistungen, auf welche Gesellschaft und Wirtschaft angewiesen sind – vom Schutz vor Hochwasser über die Ermöglichung von Erholung, bis hin zur Bestäubung von Kulturpflanzen oder zur Speicherung von CO₂.

Um die Umweltpolitik des Bundes in den Dienst der volkswirtschaftlichen Wohlfahrt zu stellen, müssen diese Leistungen in die politischen Entscheide einfließen können. Aus diesem Grund erarbeitet das Bundesamt für Umwelt seit einiger Zeit Grundlagen für wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren, also Indikatoren für Ökosystemleistungen. Diese sollen die bisherigen wirtschaftlichen und umweltbezogenen Indikatoren ergänzen.

Einige dieser Indikatoren wurden mittlerweile produziert und auf der Internetseite des BAFU sichtbar gemacht. Die Forschungsgemeinschaft econcept/WSL wurde im Rahmen der Erarbeitung des Aktionsplans zur Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) beauftragt, in folgenden drei Teilbereichen die Arbeiten des BAFU mit einer externen Studie zu unterstützen, um die Erreichung des Ziels 6¹ der SBS zu unterstützen:

- Weiterentwicklung des Schweizer Indikatoren-Sets für Ökosystemleistungen
- Räumliche Darstellung von Ökosystemleistungen in der Schweiz
- Prüfung der Frage eines Kapitalstock-Indikators für Ökosysteme der Schweiz

Der vorliegende Bericht richtet sich an Fachleute inner- und ausserhalb des BAFU, welche an den Schnittstellen zwischen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft tätig sind.

¹ Ziel 6 der SBS: «Ökosystemleistungen werden bis 2020 quantitativ erfasst. Dies erlaubt es, sie in der Wohlfahrtsmessung als ergänzende Indikatoren zum Bruttoinlandprodukt und bei Regulierungsfolgenabschätzungen zu berücksichtigen.»

Teilbericht Indikatoren für Ökosystemleistungen

Im Teilbericht «Indikatoren für Ökosystemleistungen» wird der aktuelle Stand der Entwicklung des schweizerischen Indikatorensets aufbereitet und mit dem Stand der Entwicklung und den Erfahrungen im internationalen Kontext verglichen.

Die im Rahmen der Studie durchgeföhrten Recherchearbeiten im internationalen Umfeld haben zusammenfassend ergeben, dass die Schweiz im Bereich Operationalisierung von ÖSL nach wie vor fürend ist und dadurch zurzeit noch kein wesentlicher Erkenntnisgewinn aus den Erfahrungen anderer Länder zu erwarten ist, weil diese noch nicht vorliegen. Die durchgeföhrten Literaturrecherchen und Gespräche zeigen aber auch, dass in naher Zukunft etliche Weiterentwicklungen zu erwarten sind, da das Thema, zumindest im europäischen Kontext, sehr wichtig ist.

Basierend auf den durchgeföhrten Arbeiten wurden neun Empfehlungen ausgearbeitet und ausformuliert. Die wichtigsten Punkte dieser Empfehlungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1 *Die Produktion von Indikatoren für Ökosystemleistungen soll weiter vorangetrieben werden.* Dabei liefern das bestehende Inventar resp. die bestehenden Empfehlungen genügend Anhaltspunkte zur Vervollständigung. Zurzeit liegen keine Hinweise vor, die darauf hindeuten, dass die bestehenden resp. vorgeschlagenen Indikatoren generell überarbeitet werden müssen.
- 2 *Die Entscheidung des BAFU, etliche ÖSL-Indikatoren nicht zu produzieren, weil sie bestehenden Indikatoren zu ähnlich seien, ist zu hinterfragen.* Für die Darstellung und Kommunikation der Leistungen der Ökosphäre ist es entscheidend, dass nicht die Belastung der Umwelt, sondern die Leistung mit einem Indikator gemessen wird. Eine breitere Abstützung des Ökosystemleistungsansatzes innerhalb des BAFU könnte diesem Ziel nützlich sein.
- 3 *Nur bei Indikatoren, die nach einer eingehenden Prüfung als tatsächlich zu wenig aussagekräftig eingeschätzt werden, sind neue Indikatoren zu definieren.* Dabei können beispielsweise bestehende Kartengrundlagen als mögliche Informationsquelle dienen.
- 4 *Die Kommunikation des Ökosystemleistungsansatzes und der Ökosystemleistungen ist zu verbessern resp. zu intensivieren.* Dabei ist stärker auf die Ressourcenperspektive hinzuweisen. Die Darstellung (Gruppierung) der Indikatoren auf der Webseite des BAFU ist zu überarbeiten. Insbesondere sind die Indikatoren für ÖSL von anderen Indikatoren klar zu trennen, um so den Unterschied zwischen «wie geht es der Umwelt?» und «was leistet die Ökosphäre für uns?» pointierter aufzuzeigen.
- 5 *Die Beschreibung und Einschätzung der einzelnen Indikatoren ist zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.* Dabei ist darauf zu achten, dass die Informationsdichte tendenziell reduziert wird und dass eine über alle Indikatoren einheitliche Darstellung gewählt wird.

- 6 *Die Beteiligung am europäischen Diskurs zum Thema Ökosystemleistungen ist weiter zu pflegen und gegebenenfalls zu intensivieren, da wesentliche Entwicklungen in nächster Zeit zu erwarten sind.*

Teilbericht Räumliche Darstellung (Mapping)

Weltweit werden Kartierungsinstrumente vor allem zur räumlichen Darstellung von versorgenden und unterstützenden Leistungen gebraucht. Bereits regulierende Leistungen sind weniger häufig vertreten, und nur selten werden kulturelle Leistungen kartiert. In der Schweiz wird die Kartierung von Ökosystemleistungen in vielen Projekten vorangetrieben, auch für kulturelle Leistungen. Die räumlichen Grundlagendaten sind in der Regel gut, so dass in vielen Fällen prozessorientierte Instrumente² und gut kalibrierte «look-up» Tables³ entwickelt werden können. Durch die lange Tradition partizipativer Planung ist die Chance hoch, die Kartierung-Instrumente in «bottom-up»⁴ Planungen anzuwenden, also z.B. bei konkreten Planungen in Stakeholder-Workshops.

Aufgrund der in diesem Bericht analysierten Grundlagen kommen wir zum Schluss, dass Ökosystemleistungen ein kohärentes System der multifunktionalen Betrachtung der Umwelt (Landschaft) liefern. Ohne die Kartierung der Ökosystemleistungen ist die Planung und Erhaltung dieser Multifunktionalität unmöglich. Wir empfehlen deshalb folgendes:

- 1 *Erarbeiten eines nationalen Berichts über Zustand, gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklung von Ökosystemleistungen, entsprechend den nationalen «The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)»-Studien⁵:* Die Indikatoren nach econcept/BAFU (2011) sind gut brauchbar. Nach Sichtung aller uns vorhandenen Unterlagen schätzen wir, dass mit LABES, den Arbeiten am WSL (Energie, Wald) und den Arbeiten am PLUS ETHZ für mindestens 50% der in econcept/BAFU (2011) aufgelisteten ÖSL mit relativ geringem Zeitaufwand schweizweite Karten hergestellt werden können.
- 2 *Entwicklung eines gut ausgetesteten Instrumentes für nationale und regionale Analysen und Empfehlung als Standard. Eckpfeiler des Instruments:*
 - Das Instrument soll Stakeholder-gesteuerte Analysen der Trade-offs zwischen Ökosystemleistungen erlauben (inkl. räumliche Trade-offs).

² Prozessorientierte Instrumente sind komplexe Ökosystemmodelle, die sich für Ökosystemleistungen mit hohem Kenntnisstand eignen.

³ «Look-up tables» und digitale Kartenüberlagerungen verknüpfen verfügbare digitale Standorteigenschaften (Topographie, Klima etc.) oder Landnutzungsdaten mit den Ökosystemleistungen. Sie eignen sich dann, wenn der Kenntnisstand mittel bis tief ist, die Daten eine tiefe räumliche Auflösung haben oder wenn die Grundlagendaten mehr oder weniger selbst die Ökosystemleistung darstellen.

⁴ «bottom-up» Instrumente erzeugen Karten der Ökosystemleistungen partizipativ, d.h. unter Mithilfe von Stakeholdern oder Betroffenen

⁵ <http://www.teebweb.org>

- Das Instrument soll nur wo nötig prozessorientiert sein, sonst reichen look-up Tables. Wo genaue Kartierungen vorhanden sind (z.B. Gefahrenkartierung) reichen diese, sind aber in das Instrument zu integrieren.
- Kartierung kultureller Leistungen⁶: Eines der drängendsten Probleme in der Kartierung der Ökosystemleistungen ist der Mangel an räumlich expliziten, schweizweit Abschätzungen zu den kulturellen Leistungen. Das Landschaftsprogramm LABES hat diesbezüglich einen neuen Standard geschaffen, indem es räumlich explizite Daten zu sozialen und kulturellen Aspekten von Landschaft oder Karten zur Naherholungsqualität der Landschaft anbieten kann.
- Erstellung eines szenariengetriebenen, nationalen Assessments, welches Grundlagen liefern kann, um die Auswirkungen der neuen Steuerungsinstrumente auf die Ökosystemleistungen abzuschätzen (z.B. neue Agrarpolitik, Gewässerschutzgesetz, neues Raumplanungsgesetz oder Zweitwohnungsinitiative, Europäische Biodiversitätsstrategie).

Teilbericht Indikatoren für das Naturkapital

Ökosystemleistungen sind Flussgrößen und werden daher in der Regel als Flussgrößen operationalisiert und erfasst. Flussgrößen sind ein Mass für die momentane Leistungsfähigkeit und zeigen weder an, ob diese Leistungen nachhaltig geliefert werden können, noch wie gross das Potenzial des Naturkapitals ist, welches die Ökosystemleistungen generiert. Für die Umweltpolitik und die umweltökonomische Berichterstattung ist es daher wichtig, auch Angaben zum zugrundeliegenden Umwelt- oder Naturkapitalstock und dessen Veränderungen im Lauf der Zeit zu erhalten.

Eine zurzeit vieldiskutierte Möglichkeit zur Repräsentierung des Naturkapitals geht davon aus, dass das Potenzial Ökosystemleistungen zu liefern, hauptsächlich vom physischen Ausmass der zugehörigen Landnutzungsfläche und seiner Qualität beziehungswiese seinem Zustand abhängt. Basierend auf dieser Grundidee wird vorgeschlagen, das Naturkapital eines Landes oder eines Gebietes über die unterschiedlichen Landbedeckungsarten und ihren Beitrag zu den Ökosystemleistungen zu approximieren. Dieser Ansatz wird bereits heute, beispielsweise in Schottland, erfolgreich eingesetzt.

Parallel zur Bestimmung eines umfassenden Indikators für das Naturkapital ist es auch denkbar, für einzelne Ökosystemleistungen resp. für einzelne Aspekte des Naturkapitals Indikatoren zu schaffen. Solche Indikatoren würden das bestehende Indikatorenset des BAFU zum Umweltzustand um Aspekte des Naturkapitals ergänzen. Einzelindikatoren können besonders zweckmäßig sein, wenn bestimmte Problemfelder detailliert analysiert und überwacht werden sollen. Generell gesagt, betrifft dies Ökosystemleistungen

⁶ Als Beispiele der Kartierung kultureller Leistungen können genannt werden: Naherholungskartierung sowie die sozialwissenschaftlichen Indikatoren von LABES «Faszination», «Authentizität» und «Schönheit der Landschaft im Urteil der Bewohnerinnen und Bewohner».

mit möglicherweise unausgeschöpftem Potenzial resp. bei möglicherweise übernutzen Potenzialen.

Aufgrund der durchgeführten Arbeiten kann generell empfohlen werden, die Erfassung des Naturkapitals der Schweiz möglichst umfassend voranzutreiben, um die Kapazität der Ökosphäre in Bezug auf die Erbringung von Ökosystemleistungen langfristig zu überwachen. Um dieses, auch international abgestütztes Ziel zu erreichen, werden im Bericht Empfehlungen formuliert. Diese lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- 1 *In einem ersten Schritt sind klare Ziele hinsichtlich Zweck und Anspruchsgruppen von allenfalls neu zu schaffenden Indikatoren zu definieren. Je nach Zieldefinition sind unterschiedliche Vorgehensweisen zweckmässig.*
- 2 *Die Möglichkeit der Produktion eines «Swiss Natural Capital Asset Index» sollte weiterverfolgt und konkretisiert werden. Gemäss Aussagen von Experten/innen ist die Datenlage in der Schweiz in Bezug auf Umweltindikatoren überdurchschnittlich gut. Ausserdem liegen sehr detaillierte Angaben zu den Landnutzungen und zu den Landbedeckungsarten bis auf Ebene der Gemeinden vor. Aus diesen Gründen ist anzunehmen, dass die Bildung eines Indikators nach Vorbild des schottischen NCA Index in der Schweiz möglich wäre. Wir erachten einen solchen Index als ein zweckmässiges, einfaches und gut zu kommunizierendes Mittel um das Naturkapital darzustellen.*
- 3 *Die Produktion weiterer Einzelindikatoren für bestimmte Naturkapitalien drängt sich aus unserer Sicht zurzeit nicht auf. Der Mehrwert gegenüber dem bestehenden Indikatorenset scheint eher klein zu sein, da die Breite des Beitrages der Ökosphäre an die Wohlfahrt durch Einzelindikatoren nur ungenügend abgebildet wird. Besteht jedoch in gewissen Bereichen, z.B. bei den ökologischen Ausgleichsflächen ein Bedarf für eine vertiefte Problemanalyse und spezifischen Berichterstattung kann die Produktion von einzelnen zusätzlichen Indikatoren durchaus anvisiert werden.*

Résumé

Contexte

L'environnement et les écosystèmes fournissent de nombreux bien et services indispensables à la société et à l'économie. Cela va de la protection contre les crues aux possibilités de détente en passant par la pollinisation des fleurs et le stockage de CO₂.

Pour que la politique environnementale de la Confédération serve à la prospérité économique, ces prestations doivent pouvoir être relayées par les décisions politiques. C'est pour cette raison que l'Office fédéral de l'environnement élabore depuis un certain temps les bases d'indicateurs de l'environnement liés au bien-être, autrement dit des indicateurs pour des services environnementaux. Il est prévu que ces indicateurs viennent compléter les indicateurs économiques et environnementaux utilisés jusqu'ici.

Certains de ces indicateurs ont déjà été établis et peuvent être consultés sur le site Internet de l'OFEV. Dans le cadre de l'élaboration du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse (SBS), le groupe de recherche econcept/WSL a été mandaté pour réaliser parallèlement aux travaux de l'OFEV une étude externe dans les trois domaines partiels suivants pour faciliter la réalisation de l'objectif n° 6⁷ SBS :

- Poursuite du développement de l'ensemble d'indicateurs suisses pour les services écosystémiques
- Représentation spatiale des services écosystémiques en Suisse
- Examen de la question d'un indicateur de capital pour les écosystèmes de Suisse

Ce rapport s'adresse à tous les professionnels, collaborateurs ou non de l'OFEV, qui œuvrent aux points de jonction entre l'environnement, la société et l'économie.

Rapport partiel consacré aux indicateurs pour les services écosystémiques

Le rapport partiel «Indicateurs pour les services écosystémiques» présente la situation actuelle de l'ensemble des indicateurs suisses et la compare avec les indicateurs correspondants et l'expérience en la matière au niveau international.

Les travaux de recherche effectués au niveau international dans le cadre de l'étude ont montré, au final, que la Suisse conserve une longueur d'avance en ce qui concerne l'opérationnalisation de services écosystémiques et que, de ce fait, on ne peut espérer tirer un véritable profit de l'expérience d'autres pays vu que celle-ci manque encore. Les recherches de littérature et les entretiens effectués indiquent cependant que de

⁷ Objectif n° 6 SBS: «D'ici à 2020, les services rendus par les écosystèmes sont recensés et quantifiés. Ils peuvent ainsi être intégrés dans la mesure du bien-être sous la forme d'indicateurs complétant le produit intérieur brut ainsi que dans l'analyse de l'impact des réglementations.»

nouveaux développements devraient avoir lieu dans un proche avenir puisque ce sujet revêt une très grande importance, tout au moins au niveau européen.

Neuf recommandations, dont les principaux éléments peuvent être résumés comme suit, ont été formulées sur la base des travaux effectués :

- 1 *La production d'indicateurs pour les services écosystémiques doit se poursuivre.* L'inventaire existant et les recommandations en vigueur fournissent suffisamment d'éléments pour compléter le travail déjà effectué. Pour l'heure, rien ne permet de penser que les indicateurs existants ou proposés devraient être entièrement revus.
- 2 *La décision de l'OFEV de ne pas produire certains indicateurs de services écosystémiques au motif qu'ils sont trop proches d'indicateurs existants doit être remise en question.* Pour représenter les services de l'écosphère et informer à ce sujet, il est déterminant de mesurer non pas l'atteinte à l'environnement mais le service rendu au moyen d'un indicateur. Une approche des systèmes écosystémiques plus conséquente au sein de l'OFEV pourrait servir cet objectif.
- 3 *De nouveaux indicateurs doivent être définis uniquement pour ceux qui, après examen approfondi, ne paraissent pas suffisamment pertinents.* Les documents cartographiques existants pourraient, par exemple, servir de source d'information.
- 4 *L'information relative à l'approche des services écosystémiques et aux services proprement dits doit être améliorée et renforcée.* Il faut insister davantage sur les perspectives de ressources. La présentation (regroupement) des indicateurs sur le site Internet de l'OFEV doit être remaniée. En particulier, il y a lieu de séparer clairement les indicateurs pour les services écosystémiques des autres indicateurs ce qui permettra de mieux marquer la différence entre des questions comme « comment se porte l'environnement ? » et « que nous apporte l'écosphère ? ».
- 5 *La description et l'évaluation des indicateurs doivent être réexaminées et adaptées le cas échéant.* Il faut veiller à diminuer la densité d'information et s'efforcer de présenter les indicateurs de manière uniforme.
- 6 *La participation au débat européen sur les services écosystémiques doit se poursuivre et s'intensifier le cas échéant puisque l'on s'attend à des nouveautés importantes dans un futur proche.*

Rapport partiel consacré à la représentation spatiale (cartographie)

Des instruments de cartographie sont utilisés dans le monde entier, principalement dans le domaine de la représentation spatiale de services d'approvisionnement et de support. Les services de régulation déjà existants sont moins souvent cartographiés et les services culturels ne le sont que rarement. En Suisse, de nombreux projets s'efforcent de cartographier les services écosystémiques, services culturels inclus. Dans l'ensemble, les données de base des représentations spatiales sont bonnes, de sorte qu'il est

souvent possible de développer des instruments orientés processus⁸ et des « look-up tables» bien calibrées⁹. Grâce à une longue tradition de planification participative, il y a de réelles possibilités d'utiliser les instruments cartographiques pour des planifications de type « bottom-up »¹⁰, par exemple, lors de planifications concrètes réalisées dans des séminaires de travail réunissant les parties intéressées.

Sur la base des données analysées dans le cadre de ce rapport, nous arrivons à la conclusion que les services écosystémiques fournissent un système cohérent permettant d'appréhender les multiples fonctions de l'environnement (paysage). En l'absence de services écosystémiques cartographiés, il est impossible de planifier et de préserver cette multifonctionnalité. Pour cette raison, nous formulons les recommandations suivantes :

- 1 *Elaboration d'un rapport national sur l'état, l'importance ainsi que le développement des services écosystémiques sous l'angle sociétal et économique, selon les études nationales « The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) »¹¹.* Les indicateurs selon econcept/BAFU (2011) peuvent facilement être utilisés. Après avoir considéré tous les documents à notre disposition, nous estimons que le programme OPS, les travaux réalisés par WSL (énergie et eau) et ceux du programme PLUS de l'EPF Zurich permettent de cartographier pour l'ensemble de la Suisse, en un temps relativement court, au moins 50 % des services écosystémiques prévus par econcept/BAFU (2011).
- 2 *Elaboration, en tant que norme standard, d'un instrument fiable destiné à des analyses nationales et régionales et servant de recommandation. Les caractéristiques de cet instrument :*
 - Il doit permettre d'analyser les trade-offs entre les différents services écosystémiques (y compris trade-offs spatiaux) dans l'optique des parties prenantes.
 - Il doit être orienté processus uniquement si cela s'avère nécessaire ; pour le reste, les look-up tables suffisent. Les cartographies précises (p. ex. cartographie des risques) suffisent, mais elles doivent être intégrées à l'instrument.
 - Cartographie de services culturels : l'un des grands problèmes qui se posent dans la cartographie des services écosystémiques pour l'ensemble de la Suisse est le manque d'estimations précises au niveau spatial des services culturels. Le programme d'observation du paysage OPS a créé une nouvelle norme dans ce

⁸ Les instruments orientés processus représentent des modèles écosystémiques complexes ; ils sont conçus pour des services écosystémiques bien documentés.

⁹ Les «look-up tables» et les recouplements digitalisés de cartes associent les caractéristiques digitales d'un lieu (topographie, climat, etc.) ou des données d'utilisation du sol et des services écosystémiques. Ces instruments conviennent pour des situations peu ou mal documentées, lorsque la résolution spatiale des données est faible ou lorsque les données de base sont plus ou moins équivalentes à celles du service écosystémique.

¹⁰ Les instruments conçus de haut en bas (bottom-up) génèrent des cartes de services écosystémiques selon un modèle participatif, c.-à-d. avec l'aide des parties prenantes et des personnes concernées.

¹¹ <http://www.teebweb.org>

domaine puisqu'il est à même de proposer des données spatiales explicites sur des aspects sociétaux et culturels de paysages ou des cartes de la qualité du paysage sous l'angle des loisirs de proximité.

- Elaboration d'une étude nationale, avec scénarios, fournissant des bases permettant d'évaluer l'impact des nouveaux instruments de contrôle sur les systèmes écosystémiques (p. ex. nouvelle politique agraire, loi sur la protection des eaux, nouvelle loi sur l'aménagement du territoire ou initiative sur les résidences secondaires, stratégie européenne en matière de biodiversité).

Rapport partiel consacré aux indicateurs pour le capital naturel

Les systèmes écosystémiques sont des valeurs de fluctuation; de ce fait, ils sont généralement opérationnalisés et recensés comme tels. Les valeurs de fluctuation indiquent une capacité à un moment donné; elles ne permettent ni de savoir si cette capacité est durable ni de connaître le potentiel du capital environnemental généré par les systèmes écosystémiques. Pour les besoins de la politique environnementale et des rapports sur l'économie environnementale, il est important de disposer également de données relatives au capital environnemental et naturel et aux modifications correspondantes au fil du temps.

La manière de représenter le capital environnemental dont il est beaucoup question actuellement part du principe que la fourniture de services écosystémiques est principalement fonction de l'étendue de la surface de sol concernée et de sa qualité, c.-à-d. de son état. A partir de cette idée de base, il est proposé d'évaluer le capital naturel d'un pays ou d'une région d'après les différentes catégories de couverture du sol et leur contribution aux systèmes écosystémiques. Cette approche est actuellement déjà pratiquée avec succès en Ecosse.

Parallèlement à un indicateur global de capital environnemental, on peut aussi envisager de créer des indicateurs pour des systèmes écosystémiques choisis ou pour certains aspects du capital naturel. Ces indicateurs viendraient compléter l'ensemble des indicateurs de l'OFEV sur l'état de l'environnement. Des indicateurs spécifiques peuvent être très utiles lorsqu'il s'agit d'analyser et de surveiller des problèmes précis. Généralement, cela concerne des systèmes écosystémiques dont le potentiel n'est pas entièrement exploité ou dont le potentiel est, au contraire, surexploité.

A l'appui des travaux effectués, nous recommandons de faire progresser de la manière la plus exhaustive possible le recensement du capital naturel de la Suisse pour pouvoir surveiller durablement la capacité de l'écosphère par rapport à la fourniture de services écosystémiques. Le rapport énonce plusieurs recommandations pour atteindre cet objectif partagé au niveau international, dont :

- 1 *Dans une première phase, il y a lieu de définir des objectifs précis en ce qui concerne le but et les interlocuteurs des indicateurs à créer le cas échéant. Des manières de procéder différentes sont indiquées selon l'objectif visé.*
- 2 *L'idée de produire un «Swiss Natural Capital Asset Index» devrait être poursuivie et concrétisée. D'après les experts, les données existant en Suisse en matière d'indicateurs environnementaux sont bonnes et dépassent la moyenne. Par ailleurs, nous disposons de données très détaillées sur l'utilisation des sols et les types de couverture du sol jusque sur un plan communal. Pour ces raisons, il devrait être possible de créer en Suisse un indicateur selon le modèle écossais NCA. Nous estimons que ce type d'index constitue un instrument adéquat, simple et facile à présenter pour illustrer le capital environnemental.*
- 3 *En l'état actuel, nous considérons qu'il n'y a aucune urgence à élaborer des indicateurs supplémentaires pour tel ou tel capital environnemental. Par rapport à l'ensemble d'indicateurs existant, il apparaît qu'il n'en résulterait qu'une faible valeur ajoutée. En effet, les indicateurs spécifiques ne montrent qu'imparfaitement la contribution de l'écosphère au bien-être. En revanche, si certains domaines, p. ex. les surfaces de compensation écologiques, requièrent l'analyse approfondie d'un problème ou l'élaboration d'un rapport spécifique, la création d'indicateurs supplémentaires est parfaitement envisageable.*

Management Summary

Background

From flood protection to recreation and leisure, the pollination of crops, and CO₂ storage, the environment and ecosystems provide numerous goods and services, on which society and the economy depends.

To ensure that Swiss federal environmental policy serves the interests of economic welfare, it must be possible to take these services into account in policy decision-making. For this reason, for some time now, the Federal Office for the Environment (FOEN) has been developing foundations for welfare-related environmental indicators, that is indicators for ecosystem services. These shall complement the existing economic and environment-related indicators.

Some of these indicators have now been formulated and presented on the FOEN website. As part of the development of the action plan for the Swiss Biodiversity Strategy (SBS), to support the attainment of goal 6¹² of the SBS, the econcept/WSL research alliance was commissioned to support the FOEN by carrying out an external research study in the following three areas:

- further development of the Swiss set of indicators for ecosystem services;
- spatial representation of ecosystem services in Switzerland;
- investigation of a capital stock indicator for Switzerland's ecosystems.

This report is aimed at experts within and outside the FOEN who are active on the interfaces between the environment, society and the economy.

Substudy Report: Indicators for Ecosystem Services

In the subsudy report «Indicators for Ecosystem Services», the current status of the development of the Swiss set of indicators is established and compared with developments and experience in the international context.

Overall, the research carried out in the international context as part of the study prompted the conclusion that Switzerland remains in a leading position in relation to the operationalisation of ecosystem services. Hence, no great knowledge gain may be expected from the experience of other countries as such experience is not yet available. The literature research and interviews carried out also indicate, however, that numerous developments may be expected in the near future as the topic of ecosystem services is very important, in the European context at least.

¹² Goal 6 of the SBS: «By 2020, ecosystem services are recorded quantitatively. This enables their consideration in the measurement of welfare as complementary indicators to gross domestic product and in regulator impact assessments.»

Based on the work carried out, nine recommendations have been developed and formulated. The main points of these recommendations may be summarised as follows:

- 1 *The production of indicators for ecosystem services shall be advanced further.* The existing inventory and recommendations provide a sufficient basis for their completion. There is nothing to indicate at present that the existing or proposed indicators are generally in need of revision.
- 2 *The FOEN's decision not to produce certain indicators because they would be too similar to existing indicators shall be examined.* It is crucial for the representation and communication of the services provided by the ecosphere that an indicator quantifies the services in question and not their environmental impacts. Broader support for the ecosystem-services approach within the FOEN could be useful in attaining this goal.
- 3 *New indicators shall only be defined in the case of indicators that are assessed as not being sufficiently meaningful following detailed evaluation.* For example, existing cartographic material could provide a possible source of information.
- 4 *Communication about the ecosystem service approach and ecosystem services shall be improved or intensified.* Greater priority shall be given to the resource perspective. The presentation (grouping) of the indicators on the FOEN website shall be updated. In particular, the indicators for ecosystem services shall be clearly distinguished from other indicators so that the questions «how is the environment doing?» and «what is the ecosphere doing for us?» can be differentiated more clearly.
- 5 *The description and assessment of the individual indicators shall be assessed and adapted where necessary.* Care shall be taken here to ensure that the information is generally reduced and that a uniform mode of presentation is selected for all indicators.
- 6 *Participation in the European discourse* on the topic of ecosystem services shall be further fostered and intensified, if necessary, as important developments may be expected in the near future.

Substudy report: Spatial Representation (Mapping)

Mapping tools are used throughout the world for the spatial representation of supply and support services. Existing regulating services are less likely to be represented and cultural services are rarely mapped. The mapping of ecosystem services is being advanced in many projects in Switzerland, for cultural services also. The spatial base data are generally good and it will be possible to develop process-oriented tools¹³ and well calibrated look-up tables¹⁴ in many cases. In view of the long-established tradition of participatory

¹³ Process-oriented tools are complex ecosystem models suitable for ecosystem services, about which a lot of information is available.

¹⁴ Look-up tables and digital map overlays link available digital location characteristics (topography, climate, etc.) and land-use data with the ecosystem services. They are suitable for use when the level of information available is average to de-

planning, it is very likely that the mapping tools can be used in bottom-up¹⁵ planning processes, that is, for example, in stakeholder workshops on concrete planning cases.

Based on the data analysed in this report, we conclude that ecosystem services provide a coherent system for the multifunctional consideration of the environment (landscape). It is impossible to plan and sustain this multifunctionality without the mapping of ecosystem services. Hence, we make the following recommendations:

- 1 *Compilation of a national report on the state, societal and economic significance and development of ecosystem services based on the national «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (TEEB) studies:*¹⁶ the indicators specified in econcept/BAFU (2011) are suitable for use. Having reviewed all of the available documentation, we estimate that, with the LABES landscape observation programme and the studies carried out at the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL (energy, forest) and PLUS ETHZ (Planning of Landscape and Urban Systems) (2011), maps can be produced for all of Switzerland for at least 50% of the ecosystem services listed in econcept/BAFU (2011).
- 2 *Development of a well-tested instrument for national and regional analyses and its recommendation as standard. Cornerstones of this instrument:*
 - The instrument shall enable stakeholder-controlled analyses of the trade-offs between ecosystem services (including spatial trade-offs).
 - Where necessary, the instrument shall be process-oriented, otherwise look-up tables shall suffice. Where detailed maps are available (e.g. hazard maps), these shall suffice but they must be incorporated into the instrument.
 - Mapping of cultural services: one of the most urgent problems in relation to the mapping of ecosystem services is the lack of spatially explicit assessments of cultural services. The LABES landscape programme has established a new standard in this regard by being able to provide spatially explicit data on social and cultural aspects of the landscape and maps on the quality of recreational services provided by the landscape in the vicinity of urban areas.
 - Compilation of a scenario-based national assessment which can provide the foundations for the evaluation of the impacts of the new steering instruments on ecosystem services (e.g. new Agricultural Policy, Waters Protection Act, new Spatial Planning Act and *Zweitwohnungsinitiative* (secondary residences initiative), European Biodiversity Strategy).

tailed, the data have a deep spatial resolution or when the base data alone more or less represent the ecosystem service.

¹⁵ Bottom-up instruments generate maps of the ecosystem services on a participatory basis, i.e. with the help of stakeholders or affected actors.

¹⁶ <http://www.teebweb.org>

Substudy report: Indicators for the Natural Capital

Ecosystem services are flows and are, therefore, usually operationalised and recorded as flow variables. Flow variables enable the measurement of current performance and do not indicate whether these services can be provided continuously, or the extent of the potential of the environmental capital generated by the ecosystem services. Hence, it is important for environmental policy and environmental economics reporting that information is also provided about the underlying environmental or natural capital stock and its variations over time.

A currently widely-debated option for the representation of natural capital assumes that the potential to supply ecosystem services depends mainly on the physical size of the associated land-use area and its quality or state. In accordance with this basic idea, it is suggested that the natural capital of a country or region shall be approximated using the different land cover types and their contribution to ecosystem services. This approach is already being implemented successfully today, for example in Scotland.

In parallel to the definition of a comprehensive indicator for natural capital, it is also conceivable that indicators could be created for individual ecosystem services or individual aspects of the natural capital. Such indicators would complement the FOEN's existing set of indicators on the environmental state of aspects of the environmental capital. Individual indicators can prove particularly suitable when the detailed analysis and monitoring of certain problems is necessary. In general, this concerns ecosystem services with possibly unexploited or over-exploited potential.

Based on the research carried out, it may generally be recommended that the comprehensive recording of Switzerland's natural capital be advanced so that the capacity of the ecosphere in relation to the provision of ecosystem services can be monitored in the long-term. Recommendations for attaining this goal, which is also supported internationally, are made in the report. These may be summarised as follows:

- 1 *First, clear objectives in relation to the purpose and stakeholders* of eventual new indicators shall be defined. Different approaches will be suitable depending on the goal defined.
- 2 *The possibility of producing a «Swiss Natural Capital Asset Index» should be pursued and substantiated.* According to experts, the data situation in Switzerland in relation to environmental indicators is above average. In addition, very detailed information is available about land use and land cover types down to communal level. For these reasons, it may be assumed that it would be possible to create an indicator in Switzerland based on the Scottish NCA Index. In our view such an index is an appropriate, simple and easily communicated means of representing natural capital.
- 3 *In our view, the production of additional individual indicators for certain types of environmental capital is not a matter of urgency at present.* The added value as compared to the existing set of indicators would appear to be minor as the scope of the contribution made by the ecosphere to welfare is insufficiently conveyed by individual indica-

tors. However, if there is a need for an in-depth problem analysis and specific reporting in certain areas, e.g. ecological compensation areas, the production of individual additional indicators may, of course, be planned.

1 Ausgangslage, Zielsetzung und Methodik

1.1 Ausgangslage Gesamtprojekt

Um die Ressourcenpolitik des Bundes in den Dienst der volkswirtschaftlichen Wohlfahrt zu stellen, müssen auch die Leistungen erfasst werden, welche Umwelt und Ökosysteme erbringen. Aus diesem Grund erarbeitet das Bundesamt für Umwelt seit einiger Zeit die Grundlagen für wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren, welche die bisherigen wirtschaftlichen und umweltbezogenen Indikatoren ergänzen sollen (vgl. econcept/BAFU 2011 sowie econcept/BAFU 2009). Einige dieser wohlfahrtsbezogenen Indikatoren wurden mittlerweile produziert und auf der Internetseite des BAFU sichtbar gemacht.¹⁷

Im Rahmen der vom Bundesrat im April 2012 verabschiedeten Strategie «Biodiversität Schweiz» (SBS) hat das BAFU den Auftrag erhalten, bis ins Frühjahr 2014 einen Aktionsplan zu erarbeiten, in dessen Rahmen auch Ökosystemleistungen erfasst werden sollen: Gemäss Ziel 6 der SBS sollen Ökosystemleistungen (ÖSL) bis 2020 quantitativ erfasst werden. Dies soll auch erlauben, sie in der Wohlfahrtsmessung als ergänzende Indikatoren zum Bruttoinlandprodukt und bei Regulierungsfolgenabschätzungen berücksichtigen zu können. Auch die Biodiversitätsstrategie 2020 der EU enthält Ziele zur Quantifizierung der Ökosystemleistungen.

Mit seinem Beschluss zur grünen Wirtschaft hat der Bundesrat Ende 2010 das Department des Innern beauftragt, das Bruttoinlandprodukt mit geeigneten Indikatoren über soziale, wirtschaftliche und ökologische Entwicklungen zu ergänzen. Die vom BAFU erarbeiteten Grundlagen zu den Ökosystemleistungen werden in diese Arbeiten einbezogen, wobei die Anforderungen an die amtliche Statistik und die von internationalen Organisationen vorgegebenen Methoden zu berücksichtigen sind. Der entsprechende Standard der UNO, das «System of Environmental-Economic Accounting» (SEEA), wird bezüglich Ökosystemen und Ökosystemleistungen überarbeitet. Die Schweiz nimmt an diesem Prozess aktiv teil und orientiert sich in der Umsetzung an internationalen Standards.

Im Bereich der Ökosysteme gehen einige Vorschläge, beispielsweise der SEEA oder der Australischen Statistikbehörde («Australian Bureau of Statistic»), in die Richtung, das Naturkapital in seiner quantitativen Dimension (Flächenausdehnung bestimmter Landbedeckungen) und seinem Zustand zu erfassen, um davon die grundsätzliche Kapazität von Ökosystemen abzuschätzen, langfristig Ökosystemleistungen zu erbringen.

1.2 Zielsetzungen

Die vom BAFU in Auftrag gegebene Studie wurde von der Forschungsgemeinschaft econcept/WSL bearbeitet und umfasst Teilaufträge in den folgenden Bereichen:

¹⁷ <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/index.html>

- 1 Weiterentwicklung des Schweizer Indikatoren-Sets für Ökosystemleistungen
- 2 Räumliche Darstellung von Ökosystemleistungen in der Schweiz
- 3 Kapitalstock-Indikatoren für Ökosysteme für die Schweiz

Dabei sollen die neueste internationale Literatur und das Wissen nationaler und internationaler Fachexperten/innen einbezogen werden. Die vorliegende Berichterstattung ist in drei weitgehend unabhängige Teilberichte gegliedert und umfasst zusätzlich eine ausführliche Zusammenfassung. Die angestrebte Unabhängigkeit der Teilberichte erklärt die teilweise Mehrfachnennung von Grundlagenthemen.

1.3 Methodik

Bei der Bearbeitung der drei Teilberichte wurde einerseits eine umfassende Literatur- und Internetrecherche zu den drei Teilaufträgen durchgeführt, andererseits ein Workshop mit nationalen Fachexperten/innen zu den Themen «Mapping» und «Kapitalstock-Indikatoren» abgehalten. Des Weiteren folgten Expertengespräche mit internationalen Fachexperten/innen zu allen drei Teilbereichen.

1.3.1 Gespräche mit Experten/innen

Mit folgenden Experten/innen wurden Interviews geführt:

Name	Vorname	Funktion
Erhard	Markus	Europäische Umweltagentur (EEA), Projektleiter im Programm «Ecosystems Assessment»
Grêt-Regamey	Adrienne	Prof. an der ETH Zürich, Stellvertretende Leiterin des Instituts für Raum- und Landschaftsentwicklung
Haines-Young	Roy	Prof. an der Universität Nottingham, Experte für Ökosystemleistungen und Co-Autor des CICES Berichts
Potschin	Marion	Senior Scientist an der Universität Nottingham: Autorin verschiedenster Berichte und Artikel zu Ökosystemleistungen, Co-Autorin CICES Bericht
Schwaiger	Elisabeth	Österreichisches Umweltbundesamt, Abteilung Landnutzung und Biologische Sicherheit
Schweppé-Kraft	Burkhard	Deutsches Bundesamt für Naturschutz, Fachgebiet Recht, Ökonomie und naturverträgliche regionale Entwicklung

Tabelle 1: Fachexperten/innen mit denen Interviews geführt wurden.

Zusätzlich zu den Fachexperten/innen wurden für den Teilauftrag «Indikatoren» kurze Gespräche mit einigen weiteren Personen geführt, welche ihre Einschätzungen zur Kommunizierbarkeit und zur Aussagekraft der bereits produzierten Indikatoren abgaben.

1.3.2 Teilnehmende am Workshop

Im Frühling 2013 wurde an der WSL in Zürich ein Workshop zu den Themen «räumliche Darstellung von Ökosystemleistungen» sowie «Kapitalstock für Ökosystemleistungen»

durchgeführt. Folgende Experten/innen aus der Verwaltung, der Praxis und der Wissenschaft haben am Workshop teilgenommen:

Name	Vorname	Funktion
Buser	Hans	Biologe, Geschäftsführer bei nateco
Grêt-Regamey	Adrienne	Professorin am Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich
Guntern	Jodok	Forum Biodiversität, Projektleiter Studie «Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz»
Hauser	Andreas	Leiter des Aktionsbereichs «Ökonomische Werte» des Aktionsplans zur Strategie Biodiversität Schweiz, Sektion Ökonomie, BAFU
Huhmann	Mirko	Geograph, Raumplaner FSU, Mitarbeiter bei emac
Keller	Roger	Leiter des Handlungsfelds «Ökosystemleistungen erfassen» des Aktionsplans zur Strategie Biodiversität Schweiz, Sektion Landschaftsqualität und Ökosystemleistung, BAFU
Stremlow	Matthias	Chef Sektion Landschaftsqualität und Ökosystemleistungen, Abt. AÖL, BAFU
Weibel	Bettina	Spezialistin Modellierung von Ökosystemleistungen, ETH Zürich

Tabelle 2: Liste der Teilnehmenden Personen am Workshop

Der Workshop wurde durch das Autoren/innen-Team geleitet und umfasste sowohl Diskussionen im Plenum als auch Arbeiten in kleinen Gruppen.

2 Teilbericht Indikatoren für Ökosystemleistungen

Der Teilbericht «Indikatoren für Ökosystemleistungen» zeigt den aktuellen Stand der Entwicklung des schweizerischen Indikatorensets auf und vergleicht diesen mit dem Stand der Entwicklung und den Erfahrungen im internationalen Kontext. Zudem zeigt er auf, wie die Aussagekraft und die Kommunizierbarkeit der Indikatoren verbessert werden könnte, damit diese als Sensibilisierungsinstrument für Politik und Gesellschaft sowie als ergänzende Informationen in die Wohlfahrtsmessung und bei Regulierungsfolgenabschätzungen zweckmäßig berücksichtigt werden können.

2.1 Indikatoren für Ökosystemleistungen: Stand der Entwicklung

Im Jahr 2011 liess das BAFU in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Bundesamt für Naturschutz (BfN) und dem österreichischen Umweltbundesamt (UBA) ein Inventar von für die Schweiz relevanten Ökosystemleistungen (ÖSL) erarbeiten und diese anschliessend mit Indikatoren ausstatten (vgl. econcept 2011). Dieses Kapitel liefert eine Übersicht über den nationalen und internationalen Entwicklungsstand im Bereich der ÖSL-Indikatoren seit der Veröffentlichung der econcept/BAFU-Studie. Ziel dieser Auslegeordnung ist einerseits aufzuzeigen, welche Herausforderungen sich bei der Implementierung von ÖSL-Indikatoren stellen und andererseits jene Lösungsansätze im internationalen Kontext zu identifizieren, welche sich möglicherweise auch für die Schweiz eignen würden.

2.1.1 Stand der Entwicklung in der Schweiz

Die Studie «Indikatoren für Ökosystemleistungen» (econcept/BAFU 2011) schlägt 46 Indikatoren für Ökosystemleistungen vor. Die Produktion dieser Indikatoren wurde seit dem Erscheinen der Studie vorangetrieben. Gemäss den Angaben des BAFU liegen bis heute (Stand: Mai 2013) zehn Indikatoren vor und acht weitere sind in Produktion. 23 Indikatoren werden aufgrund der Einschätzungen der Fachabteilungen vorerst nicht produziert und bei acht Indikatoren ist der Entscheid noch offen (vgl. Tabelle 3). Einige der vorgeschlagenen Indikatoren wurden mittlerweile BAFU-intern weiterentwickelt und entsprechen nicht mehr dem Vorschlag aus econcept/BAFU 2011.

Viele Indikatoren sind deshalb nicht produziert worden, weil sie gemäss den Aussagen der Fachabteilungen des BAFU bereits bestehenden Indikatoren zu ähnlich sind. Dies betreffe beispielsweise Indikatoren im Bereich Luft, wo bereits heute Indikatoren für Belastungen bestehen. Der vorgeschlagene Indikator für die Ökosystemleistung Luftqualität wird als zu ähnlich empfunden, da er nur das «Gegenstück» zum Belastungsindikator darstelle. Überdies soll auf die Produktion einzelner Indikatoren verzichtet werden, da sich diese zu wenig voneinander unterscheiden würden (Beispiel: «Durchschnittliche Bienendichte» und «Anzahl und Qualität von Pollen und Nektar liefernden Pflanzenarten»). Nebst diesen allgemeinen Gründen, gibt es für einzelne Indikatoren spezifische Gründe, wieso sie nicht produziert wer-

den können/sollen (mangelnde Datenqualität, Überarbeitung Energiestrategie, fehlende politische oder fachliche Akzeptanz).

Zurzeit werden die produzierten Indikatoren für Ökosystemleistungen auf der Webseite des BAFU¹⁸, im Themenbereich «Umweltzustand» zusammen mit weiteren Umweltindikatoren veröffentlicht. Auf diesen Seiten können die einzelnen Indikatoren angewählt werden, worauf der Zustand respektive die Entwicklung des Indikators grafisch dargestellt wird. Zusätzlich ist eine einfache grafische Bewertung des Zustands und der Entwicklung mit einem grünen, gelben oder roten «Smiley» sichtbar, sofern eine Bewertung möglich ist.

Gegen Ende 2012 wurden innerhalb der für die Biodiversitäts- und Landschaftspolitik zuständigen Abteilung «Arten, Ökosysteme, Landschaften» des BAFU Potenziale und Grenzen des Ökosystemleistungsansatzes analysiert. Es zeigte sich, dass der Ökosystemleistungsansatz unterschiedlich bewertet wird. Als Chancen/Stärken des Ansatzes wurden die Stärkung von Schnittstellen zu anderen Sektoralpolitiken, die Chance für die Regionalpolitik und das gute «Verkaufsargument» für Biodiversitäts- und Landschaftspolitik genannt. Des Weiteren wurden ÖSL als Instrument zur Optimierung der Biodiversitäts- und Landschaftspolitik, sowie als attraktives Instrument für das Monitoring gesehen. Dabei wird betont, dass konkrete Anwendungen denkbar sind. Als Risiken/Schwächen des ÖSL-Ansatzes wurde die Gefahr der Vereinfachung genannt sowie festgestellt, dass die Operationalisierung von ÖSL, d.h. die Produktion von Indikatoren, anspruchsvoll ist. Zudem sei die Begrifflichkeit unklar und «abstrakt» und Ökosystemleistungen als finanzielle Argumentation nur bedingt zweckmäßig. Weiter wird in folgenden Bereichen Klärungsbedarf geortet:

- Was soll mit dem ÖSL-Ansatz grundsätzlich erreicht werden?
- Wird von einer anthropozentrischen oder ökozentrischen Position argumentiert?
- Wie soll die Kommunikation von Ökosystemleistungen ausgestaltet werden?
- Gibt es Abgrenzungsprobleme zu anderen ökonomischen Instrumenten?

Weiter seien die Begrifflichkeiten verständlich und einheitlich zu gebrauchen, die rechtlichen Grundlagen anzupassen und die Zuständigkeiten innerhalb des BAFU zu klären. Es werden überdies weniger, dafür aussagekräftigere Indikatoren gewünscht.

Landschaftsbeobachtungs-Programms Schweiz (LABES)

Ein wesentlicher Fortschritt seit der Veröffentlichung von econcept/BAFU 2011 bezüglich Indikatoren wurde im Rahmen des Landschaftsbeobachtungs-Programms Schweiz (LABES) erzielt. Seit dem Zwischenbericht der Resultate im Jahr 2010 (BAFU 2010) wurden weitere Arbeiten durchgeführt und zusätzliche Indikatoren ausgewertet. Für den vorliegenden Bericht lag der noch nicht veröffentlichte aktuelle Stand der Auswertungsprotokolle der neuen Indikatoren vor. Es kann davon ausgegangen werden, dass die LABES-Indikatoren zum Teil als Indikatoren für Ökosystemleistungen verwendet werden können.

¹⁸ <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/index.html>

Da LABES ein sehr grosses Gewicht auf die Kartierung der Indikatoren legt, sind die Beiträge von LABES zur Schätzung der Ökosystemleistungs-Indikatoren im Kapitel 3 nochmals erwähnt.

Exkurs: Ökosystemleistungen und die Wohlfahrtsperspektive

Es ist wichtig anzumerken, dass das Konzept der Ökosystemleistungen einer anthropozentrischen Perspektive entspricht (vgl. Erläuterungen in BAFU/econcept 2011 und BAFU/econcept 2009). Das heisst, es konzentriert sich auf jene Aspekte von Ökosystemen, die einen Wohlfahrtsbezug haben, also in irgendeiner Form von Menschen genutzt oder wertgeschätzt werden. Dies entspricht der klassischen volkswirtschaftlichen Perspektive, welche die Wohlfahrt in den Mittelpunkt der Betrachtungen stellt.

Die Indikatoren für Ökosystemleistungen entsprechen derselben Logik und wurden so ausgewählt, dass sie einen eindeutigen Bezug zur Wohlfahrt aufweisen. Somit unterscheiden sie sich wesentlich von Umweltindikatoren, die beispielsweise den Zustand eines Ökosystems, die Belastung durch Schadstoffe oder die Bemühungen um den Schutz bestimmter Arten dokumentieren. Indikatoren für Ökosystemleistungen ergänzen dadurch bestehende Umweltindikatoren, ersetzen diese jedoch nicht.

2.1.2 Stand der Entwicklung im internationalen Umfeld

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde ein umfassender Vergleich der Indikatoren für ÖSL in der Schweiz mit anderen Ländern (beispielsweise Grossbritannien, Australien, USA, Deutschland und Österreich) sowie mit internationalen Organisationen und Arbeitsgruppen (beispielsweise europäische Umweltagentur, «Common International Classification of Ecosystem Services» (CICES)¹⁹, «System of Environmental-Economic Accounting» (SEEA)²⁰, MAES Working Group²¹) durchgeführt. Ziel dieser Literaturrecherche war es, Fortschritte auf dem Gebiet der Indikatoren für Ökosystemleistungen ausserhalb der Schweiz zu identifizieren, zu verstehen und gegebenenfalls im Sinn von Verbesserungsvorschlägen in das schweizerische System zu integrieren. Die Literaturrecherche wurde durch Experten/innen-Gespräche ergänzt und validiert.

Die im Rahmen der Studie durchgeföhrten Recherchearbeiten haben zusammenfassend ergeben, dass die Schweiz im Bereich Operationalisierung von ÖSL nach wie vor fürend ist und dass dadurch der zusätzliche Erkenntnisgewinn aus den international verfügbaren Informationen für die Schweiz eher bescheiden ist. Treffend lässt sich dies mit einer Aussage eines Interview-Partners illustrieren: «Sie stellen die richtigen Fragen, auf die wir im Moment auch keine Antwort wissen». Andererseits zeigten die durchgeföhrten Recherchen und Gespräche auch, dass das Thema Ökosystemleistung an sich, zumindest im

¹⁹ <http://cices.eu/>

²⁰ <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>

²¹ «Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services», <http://biodiversity.europa.eu/ecosystem-assessments/european-level>

europäischen Kontext, fest auf der Agenda steht und eine grosse Bedeutung hat. Es ist aus diesem Grund zu erwarten, dass in den nächsten Jahren konkretere Arbeiten im Bereich der Operationalisierung durchgeführt und verfügbar gemacht werden²². Es scheint, als sei die Schweiz im Moment noch einen kleinen Schritt weiter als die umliegenden Länder.

Die untersuchten Länder und Organisationen stützen sich jeweils auf die Studie «Indikatoren für Ökosystemleistungen» (econcept/BAFU 2011) sowie auf jene des «Millennium Ecosystem Assessments» (MA) (MA 2005) und auf die Arbeiten von «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (TEEB) resp. CICES. Die Ergebnisse von MA, TEEB und CICES sind bereits in die Studie von econcept/BAFU (2011) eingeflossen, weshalb die Indikatoren des BAFU international weitgehend kompatibel sind, auch wenn die Gruppierung der Ökosystemleistungen in der Schweiz eher den Produkten des BAFU folgt und somit Unterschiede zu den international angewendeten Klassifizierungen aufweist. In Bezug auf die hier zu untersuchenden Indikatoren scheinen diese Unterschiede jedoch nicht von grosser Relevanz zu sein. Die seit 2011 erfolgten Entwicklungen der Standards, beispielsweise CICES 4.3, verändern die in econcept/BAFU (2011) gemachten Aussagen zu diesem Thema nicht wesentlich.

Detaillierter Vergleich ausgewählter Bereiche

Das österreichische ÖSL-Inventar für den Bereich Landwirtschaft (Schwaiger et al. 2011) basiert weitgehend auf der Studie von econcept/BAFU (2011), enthält teilweise identische Indikatoren und wurde gemäss den Aussagen der Autoren seither nicht wesentlich weiterentwickelt²³. Es gibt in Österreich Bestrebungen, das vorhandene Inventar besser zu nutzen und gegebenenfalls auf andere Bereiche zu erweitern. Detailliertere Informationen hierzu liegen im Moment jedoch noch nicht vor.

In Deutschland läuft ein Forschungsprojekt mit dem Ziel, ein relativ umfassendes Indikatorenset zu erarbeiten. Zurzeit wurde jedoch erst ein provisorisches Indikatorenset ausgearbeitet, welches zu einem späteren Zeitpunkt weiterentwickelt werden soll²⁴. Ein wichtiger Teil der Bemühungen ist die Prüfung einer Kartendarstellung der einzelnen Indikatoren. Es wird zudem für jeden Indikator beurteilt, ob ein nationaler Indikatorenwert zweckmäßig ist oder nicht. Überdies weist das Bundesamt für Naturschutz (BfN) auf weitere Indikatoren zum Thema Umwelt und Landwirtschaft hin²⁵. Dabei handelt es sich jedoch um Umweltindikatoren, die nicht primär dem ÖSL-Ansatz folgen und somit für die Weiterentwicklung der Schweizer ÖSL-Indikatoren keine wesentlichen neuen Erkenntnisse bieten. Deutschland verwendet im Moment den ÖSL-Ansatz und somit auch bereits bestehende Indikatoren vor allem in der Regionalplanung, d.h. auf lokaler und regionaler Ebene. Es wird seitens der Experten/innen auch betont, dass der ÖSL-Ansatz zurzeit vorwiegend herangezogen wird, um exemplarisch oder in einem räumlich explizit definierten Gebiet zu zeigen, welche Leistungen die Ökosphäre für die Wohlfahrt erbringt. Der

²² Als Beispiel kann das Ende 2012 gestartete EU Projekt openNESS (<http://www.openness-project.eu>) genannt werden.

²³ Telefoninterview mit Elisabeth Schwaiger, Umweltbundesamt Österreich, 26.4.2013

²⁴ Telefoninterview mit Burkhard Schweppe-Kraft, Bundesamt für Naturschutz Deutschland, 19.4.2013

²⁵ http://www.bfn.de/0315_indikatoren.html

ÖSL-Ansatz wird hingehen noch nicht im Sinn eines umfassenden Monitorings verwendet, dies kann sich im Licht der erwähnten Bestrebungen jedoch bald ändern.

Die Struktur von CICES wurde unter der Federführung von Haines-Young und Potschin weiterentwickelt und jeder Indikator mit Beispielen versehen (CICES 4.3). CICES basiert nach wie vor auf dem MA und wurde nur überarbeitet. Die in der neuen CICES Version 4.3 genannten Indikatoren, sind eher beispielhaft und bieten somit für die Weiterentwicklung des Schweizer ÖSL-Indikatorenssets keinen wesentlichen Mehrwert (das Ziel von CICES war es nicht, neue Indikatoren zu erarbeiten). Die Klassifizierung der Schweizer Ökosystemleistungen weichen punktuell von denjenigen der CICES-Klassifikation ab, insbesondere bei den kulturellen Leistungen. Allenfalls könnte die Einteilung der ÖSL diesbezüglich weiter an die Klassifikation von CICES angepasst werden, damit die Zusammenarbeit und Vergleichbarkeit auf internationaler Ebene einfacher möglich ist. Dies wirkt sich jedoch kaum auf die Indikatoren aus (vgl. Tabelle 3). Überdies ist zu bemerken, dass die gewählte Klassifizierung nicht zufällig ist, sondern im Wesentlichen den Produkten des BAFU folgt. Die Gründe, weshalb im Jahr 2011 die Ökosystemleistungen der Schweiz in die Nutzenkategorien «Gesundheit», «Sicherheit», «Wirtschaftliche Leistungen» und «Natürliche Vielfalt» unterteilt wurden, sind nach wie vor gültig. Wichtig scheint, dass auch in Zukunft die beiden Kategorisierungen kompatibel sein sollten, auch wenn sie nicht identisch sind. Eine Anpassung der Klassifizierung wird zum heutigen Zeitpunkt als nicht prioritär betrachtet. Das schweizerische System sollte jedoch trotzdem gegenüber Entwicklungen auf europäischer resp. internationaler Ebene offen bleiben.

Der von der MAES-Working Group erarbeitete technische Bericht (Europäischen Union 2013) bietet hinsichtlich der Weiterentwicklung des Schweizer ÖSL-Indikatorenssets keinen wesentlichen Erkenntnisgewinn, zeigt aber für den Mapping Bereich (Kapitel 3) sehr spannende Entwicklungen auf und untermauert die mannigfaltigen Bestrebungen der EU in diesem Bereich. Auch hier stellt sich die Frage, inwiefern sich die Schweiz in Zukunft an internationale Standards anpassen soll, sobald diese entsprechend entwickelt sind. Da die Schweiz offensichtlich noch einen gewissen Vorsprung aufweist, kann umgekehrt gefragt werden, inwiefern internationale Initiativen von den Erfahrungen aus der Schweiz profitieren können.

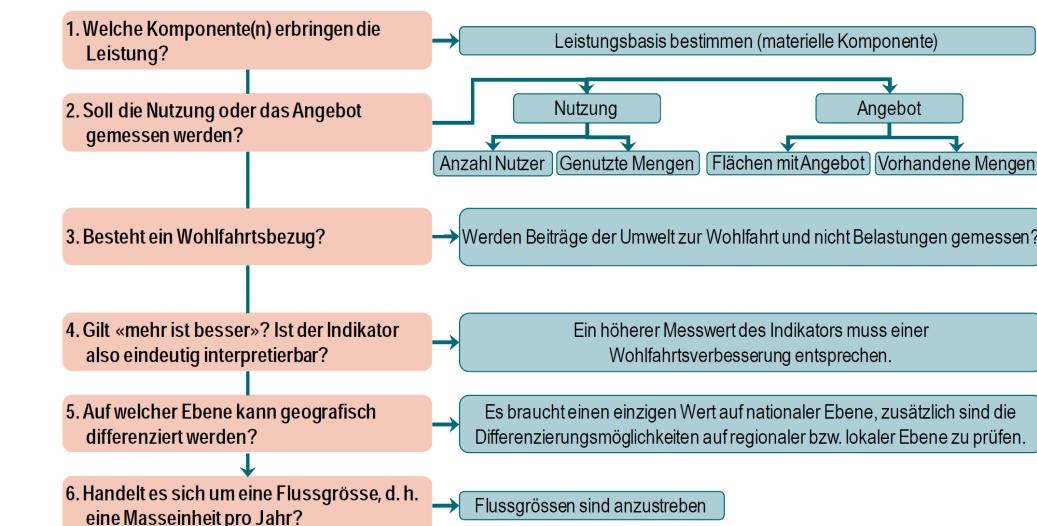
Vergleich Indikatorensset Schweiz / Deutschland

Die Tabelle 3 enthält ÖSL und deren Indikatoren aus der Schweiz, welche mit den ÖSL und den vorläufigen Indikatoren aus Deutschland (Schweppe-Kraft 2012, Stand der Arbeit April 2013) verglichen werden. Während für die Schweiz 23 ÖSL unterschieden werden, sind es in Deutschland lediglich deren 19. Zudem unterscheiden sich die Klassierungen der ÖSL teilweise. Abweichende ÖSL wurden thematisch passend zugeordnet. Während econcept/BAFU (2011) die ÖSL nach den BAFU-Produkten in die Kategorien «Gesundheit/Wohlbefinden», «Sicherheit», «natürliche Vielfalt» und «wirtschaftliche Leistungen» einteilt, folgt Deutschland strikter der Einteilung des MA in Versorgungs-, Regulierungs-, Kulturelle- und Basisleistungen. Es fällt auf, dass die ÖSL und deren Indikatoren in Deutschland weniger zahlreich sind, was aufgrund des fortgeschrittenen Entwicklungsstandes des Indikatorenssets jedoch nicht überbewertet werden sollte. Bei der

Schweizer ÖSL-Kategorie «Sicherheit» enthält das deutsche System zusätzlich die ÖSL «Sturmschutz» sowie «Regulierung der Winderosion», wobei erstere gegebenenfalls zurückgestellt werden soll, da es sich lediglich um eine regionale ÖSL handelt (in der Schweiz scheint diese ÖSL weniger wichtig zu sein). Bei der ÖSL-Kategorie «wirtschaftliche Leistungen» kommen im deutschen System zusätzlich die ÖSL «pflanzliche Agrarprodukte» und sowohl «qualitative» als auch «quantitative Regulierung des Wasserhaushaltes» sowie die «Selbstreinigung der Oberflächengewässer» vor.

Van Oudenhoven et al. (2012) haben in ihrer Studie zu Land-Management in den Niederlanden für jede ÖSL Eigenschafts-, Funktions- und Leistungsindikatoren ausgewählt und qualitative Beziehungen dazwischen festgelegt (vgl. auch folgendes Kapitel). Sie empfehlen mindestens einen Zustands- und einen Leistungs-Indikator pro ÖSL auszuwählen. Da sich ihre Studie auf Land-Management fokussiert, müsste die Übertragbarkeit auf andere Bereiche zuerst geprüft werden. Die Arbeiten von Van Oudenhoven et al. werden zurzeit weiterentwickelt²⁶ und sind sicher in Zukunft zu verfolgen.

Nach Möglichkeit misst ein Indikator für ÖSL den Fluss der Leistung. Wo dies nicht möglich war, wurden Bestandesgrößen als Proxi verwendet. Die nachfolgende Figur zeigt schematisch die Leitfragen bei der Erstellung der schweizerischen Indikatoren.



Figur 1: Leitfragen bei der Erstellung der schweizerischen Indikatoren (econcept/BAFU 2011)

In der Tabelle 3 sind die in der Schweiz bereits produzierten oder in Produktion stehenden Indikatoren grün markiert (Spalte «liegt vor oder in Produktion»). Gelb eingefärbte Indikatoren wurden im Vergleich zur Version von econcept/BAFU (2011) durch das BAFU neu erstellt oder überarbeitet. Es fällt auf, dass die Indikatoren zu «Gesundheit/Wohlbefinden (G)» und «Sicherheit (S)» noch grosse Lücken aufweisen. Das Landschaftsmonitoringprogramm LABES wäre in der Lage, im Bereich der Leistungen G2-G4 Indikatoren beizutragen (siehe auch Teilbericht «Mapping»). Wo Kartengrundlagen vorhanden sind, ist dies in Tabelle 3 ebenfalls grün markiert.

²⁶ ESP, Task Force Workshop in Kiel im Mai 2013 (<http://www.es-partnership.org/esp/80013/5/0/50>)

ÖSL Schweiz	Indikator Schweiz	liegt vor oder in Produktion	Karten Grundlagen vorhanden	ÖSL Deutschland	Indikator Deutschland (vorläufig, Arbeiten noch nicht abgeschlossen)
G1: Erholungsleistung durch Jagen, Sammeln und Beobachten wild lebender Arten	I1: Anzahl Personen, die in der Freizeit zur Jagd gehen			Erholung im öffentlichen Siedlungsraum und Erholung in der freien Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> – Anteil Erholungsfläche an Gesamtsiedlungsfläche, jeweils in Bezug auf Siedlungsräume >50.000 EW [ha Erholungsfläche/Siedlungsfläche]
	I2: Anzahl Personen, die in der Freizeit zum Fischen gehen				
	I3: Index zur Entwicklung essbarer Fischpopulationen abgeleitet aus den Erträgen der Angelischerei				
G2: Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume	I1: Verfügbarkeit von Grünflächen und Wasserläufen im Umkreis von 4 km um Wohnhäuser in der Schweiz				<ul style="list-style-type: none"> – Anteil der im Einzugsbereich von Erholungsflächen (Badegewässer, Schutzgebiete) liegenden Siedlungsfläche je Landkreis. [$\text{«Einzugsbereich der Erholungsfläche» ha} / \text{Siedlungsfläche}$]
	I2: Erreichbarkeit von Naherholungsgebieten für die Schweizer Wohnbevölkerung				
	I3: Erreichbarkeit anlagefreier Gebiete für die Schweizer Wohnbevölkerung				
	I4: Erreichbarkeit von stillen Gebieten für die Schweizer Wohnbevölkerung				
	I5: Effektive Erholungsnutzung von Waldfächern: Anteil Flächen mit einer Frequenz von mindestens 100 Personen pro Tag auf der Probefläche (Kreis mit Radius 100 m)				
	I6: Anlagearme Gebiete für Erholung (ersetzt I3)				
	I7: Gewässerabschnitte frei begehbar				
G3: Erholungsleistung durch Erholungsräume im Wohnumfeld (Gärten u.a.)	I1: Fläche, die potenziell zum privaten Gartenbau oder zum Sitzen, Spielen und Geniessen genutzt werden kann			Erholung im privaten Raum	<ul style="list-style-type: none"> – Anteil private Grünflächen/Gesamtsiedlungsfläche bezogen auf exemplarische Ballungsräume [ha Erholungsfläche/Siedlungsfläche]
G4: Identifikationermöglichung durch schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe)	I1: Wahrgenommene Schönheit der Landschaft				
	I2: Landschaftsqualität im Wohnumfeld				

ÖSL Schweiz	Indikator Schweiz	liegt vor oder in Produktion	Karten Grundlagen vorhanden	ÖSL Deutschland	Indikator Deutschland (vorläufig, Arbeiten noch nicht abgeschlossen)
G5: Lokale Mikroklimaregulationsleistung durch Ökosysteme	Es wird zum jetzigen Zeitpunkt auf die Bildung eines Indikators verzichtet			Mikroklimaregulation und Luftreinhaltung durch Vegetation	– Luftreinhaltung durch Vegetation Flächenanteil in städtischen Bereichen, der durch Grünflächen bedeckt ist [ha Grünfläche/ha Stadtfläche]
G6: Eine für den Menschen gesunde Luftqualität	I1: Anzahl Personen, die an ihrem Wohnort in Bezug auf die Belastung durch Feinstaub «guter Luft» (unter dem Immissionsgrenzwert) und «schlechter Luft» (über dem Immissionsgrenzwert) ausgesetzt sind I2-I4: Analog I1, bezüglich – Stickstoffdioxid – Ozon – Russ		teilweise		
G7: Ruhe	I1: Anzahl Personen, die tagsüber in einer ruhigen Umgebung wohnen (Tages-Lärmbelastung [Strassen-, Bahn- und Fluglärm] L _r ≤ 55 dB) I2: Anzahl Personen, die nachts in einer ruhigen Umgebung wohnen (Nach-Lärmbelastung [Strassen-, Bahn- und Fluglärm] L _r ≤ 45 dB)		teilweise		
G8: Ein für den Menschen gesundheitsverträgliches Niveau an nicht-ionisierender Strahlung	I1: Aufgrund der Datenlage wird zum jetzigen Zeitpunkt auf die Bildung eines Indikators verzichtet.		teilweise		
S1: Schutzleistung vor Lawinen, Steinschlag und Murgängen durch Vegetation an Steilhängen	Zusammengezogener Indikator 1: Schutzwaldfläche für den Schutz vor Naturgefahrenen in km ² oder als Karte		teilweise	Sturmschutz	Regionale Ökosystemleistung, ggf. zurückstellen
	Zusammengezogener Indikator 2: Geschützte Werte durch Schutzwald in CHF		teilweise		
S2: Schutzleistung durch Gebiete, die überflutet werden oder Wasser zurückhalten können	I1: Es wird zum jetzigen Zeitpunkt auf die Bildung eines Indikators verzichtet.			Hochwasserschutz	– Hochwasserrückhaltung durch Relief und Auen Vegetationsbedeckter Retentionsraum [ha Retentionsraum vegetationsbedeckt/ha Über-

ÖSL Schweiz	Indikator Schweiz	liegt vor oder in Produktion	Karten Grundlagen vorhanden	ÖSL Deutschland	Indikator Deutschland (vorläufig, Arbeiten noch nicht abgeschlossen)
					[schwemmungsfläche HQ100]
				Regulierung von Wassererosion	<ul style="list-style-type: none"> – Fläche von Wald und anderen durchgehend vegetationsbedeckten Flächen in potenziell wassererosionsgefährdeten Gebieten – [ha/Landkreis]
				Regulierung von Winderosion	<ul style="list-style-type: none"> – Fläche von Wald und anderen durchgehend vegetationsbedeckten Flächen in potenziell winderosionsgefährdeten Gebieten – [ha/Landkreis]
S3: Speicherung von CO ₂	I1: Jährliche Veränderung des Kohlenstoffspeichers des Waldes in Tonnen CO ₂ -aeq		teilweise	CO ₂ -Speicherung	<ul style="list-style-type: none"> – CO₂-Speicherleistung nach IPCC – CO₂-Speicherung durch den CRF-Sektor 5 auf Grundlage der Landnutzung und Landnutzungsänderung in CO₂-Äquivalenten [kg/ha]
	I2: Jährliche Veränderung des Kohlenstoffspeichers der Landschaft durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen in Tonnen CO ₂ -aeq				
	I3: Index des CO ₂ -Vorrats für die einzelnen Landnutzungsformen (Wald, Kulturland, Grünland, Feuchtgebiete)				
V1: Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaften	I1;3: BDM Indikatoren Z3 (Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen) , Z7 (Artenvielfalt in Landschaften) und Z9 (Artenvielfalt in Lebensräumen)		teilweise		
	I4: Indikator zu den Landschaftstypen (basierend auf einer Typologie der Landschaften der Schweiz / Schutzgebietsstatistik)				
W1: Natürliches Angebot an Trink-	I1: Wasserversorgung aus unbehandeltem			Quantitative Regulierung des Wasserhaushaltes – Grundwasserneu-	Mittlere Sickerwasserrate aus dem Boden nach dem

²⁷ <http://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?page=Texte&projectid=28877>

ÖSL Schweiz	Indikator Schweiz	liegt vor oder in Produktion	Karten Grundlagen vorhanden	ÖSL Deutschland	Indikator Deutschland (vorläufig, Arbeiten noch nicht abgeschlossen)
und Brauchwasser aus nutzbarem Grund- und Oberflächenwasser	Quell- und Grundwasser in Mio. m ³ Wasser pro Jahr			bildung	TUBBGR (TU Berlin & Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)-Verfahren [mm/a]
	I2: Prozentualer Anteil des unbehandelten Quell- und Grundwasser an der gesamten Wasserversorgung			Qualitative Regulierung des Wasserhaushaltes durch Grundwasserüberdeckung	– Schutz des Grundwassers durch die Überdeckung Einstufung des Grundwasserschutzes durch die Deckschichten
				Selbstreinigung der Oberflächen Gewässer	– Naturnähegrad der Sohlstruktur [7-stufige Ordinalskala]
W2: Natürliches Angebot an Produktionsunterstützungsleistungen: Bestäubung	I1: Anzahl und Qualität von Pollen und Nektar liefernden Pflanzenarten pro Messfläche			Bestäubung	– Anteilige Menge landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Produkte, die im Wesentlichen von einer Insektenbestäubung abhängig sind; bezogen auf Landkreise oder Regierungsbezirksebene [t landwirtschaftlicher bzw. gartenbaulicher Produkte/Landkreis/a]
	I2: Durchschnittliche Bienendichte in der Schweiz (Völker pro km ²)				
W3: Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung	I1: Landwirtschaftlich genutzte Bodenfläche in Hektaren			Bodenbildung, Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit/des guten Bodenzustandes	
	I2: Waldwirtschaftlich genutzte Bodenfläche in Hektaren				
W4: Futterpflanzen und organische Dünger für die landwirtschaftliche Nutzung	I1: Verwendetes CH Futtergetreide (in 1000 Tonnen pro Jahr).			Pflanzliche Agrarprodukte	– Landwirtschaftlicher Ertrag – [t/ha/a] pro Landkreis – Landwirtschaftliche Agrarproduktion ohne tierische Produkte, welche als Folgeleistung aufgefasst werden.
	I2: Schätzung der Menge (in Tonnen) des aus Wiesen und Weiden stammenden Futters für die Landwirtschaft				
	I3: Schätzung der Menge (in Tonnen) des in der Landwirtschaft verwendeten organischen Düngemittels				
W5: Holzzuwachs für die forstwirtschaftliche Nutzung	I1: Holzzuwachs in 1000 m ³ pro Jahr			Holzprodukte	– Holzzuwachs [m ³ pro ha und Jahr]
	I2: Nettoholzzuwachs in 1000 m ³ pro Jahr (Holzzuwachs minus Nutzung und Mortalität)				

ÖSL Schweiz	Indikator Schweiz	liegt vor oder in Produktion	Karten Grundlagen vorhanden	ÖSL Deutschland	Indikator Deutschland (vorläufig, Arbeiten noch nicht abgeschlossen)
	I3: Menge des genutzten Holzes in 1000 m ³ pro Jahr (jährliche Nutzung).				
W6: Wildtiere und Fische für die kommerzielle Nutzung	I1-I4: Jahresertrag der Berufsfischerei bzw. der Jagd in Tonnen und als Anteil des Schweizer Konsums			Wild	– Jagdstrecke (Jagdstrecke pro Revier, aggregiert nach Jagdbehörde=Landkreis) [Wildart in Stück/Landkreis]
W7: Angebot an wertvollen Natur- und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus	I1: Anzahl Personentransporte von Schweizer Bergbahnen I2: Anzahl Personentransporte von Postautos (in touristischen Regionen) und Schiffen				
W8: Erneuerbare Energien: Wasserkraft, Windkraft, Biomasse, Solarenergie, Umweltwärme, Geothermie	I1: Absolute Menge und Anteile der erneuerbaren Energien am Endverbrauch Elektrizität I2: Absolute Menge und Anteile der erneuerbaren Energien am Endverbrauch Energie ohne Elektrizität			Energierohstoffe (Biomasse für Biogasproduktion, Öle etc.)	noch in Bearbeitung
W9: Natürliche Produktionsunterstützungsleistung: Kühlleistung	Kühlwasserbedarf der AKW in Mio. m ³ pro Jahr				
W10: Genetische Ressourcen und biochemische Wirkstoffe	I1: Anzahl Bakterienisolate für Milchproduktion, Käseproduktion und Fleischproduktion Indikator zur Vielfalt an Pflanzensorten oder Tierrassen in der Landwirtschaft				
W11: Produktionsunterstützungsleistung: Abbau beziehungsweise Speicherung von Reststoffen	I1: Es wird zurzeit auf die Bildung eines Indikators verzichtet.				

Tabelle 3: Ökosystemleistungen und deren Indikatoren in der Schweiz und in Deutschland (vorläufig). Die in der Schweiz bereits produzierten oder in Produktion stehenden Indikatoren sind grün markiert (Spalte «liegt vor oder in Produktion»). Gelb eingefärbte Indikatoren wurden im Vergleich zur Version von econcept/BAFU (2011) durch das BAFU neu erstellt oder überarbeitet. Wo Kartengrundlagen vorhanden sind, ist dies ebenfalls grün markiert.

2.2 Evaluation bestehender Indikatoren

Im vorliegenden Kapitel werden die bestehenden Indikatoren für Ökosystemleistungen hinsichtlich ihrer Kommunizierbarkeit, Aussagekraft und Eignung diskutiert. Gemäss Auftrag fokussiert sich die folgende Analyse auf die Indikatoren für Ökosystemleistungen und umfasst somit nur einen kleinen Teil der vom BAFU produzierten und publizierten Indikatoren im Umweltbereich.

2.2.1 Kommunikation auf der Webseite des BAFU

Die BAFU-Webseite zum Thema «Umweltzustand»²⁸ weist eine umfassende Auflistung der produzierten Indikatoren auf und kann somit als die wichtigste Kommunikationsplattform für Indikatoren im Umweltbereich bezeichnet werden. Die Indikatoren sind nach Themen resp. nach der DPSIR-Klassifikation²⁹ aufgelistet.

Auffallend ist, dass verschiedenste Typen von Indikatoren gemeinsam dargestellt werden, beispielsweise zu Emissionen, technischen Eigenschaften von Anlagen, Umweltschäden, ökonomischen Kennwerten, Zuständen von Ökosystemen usw. Unter diesen Indikatoren befinden sich auch die bereits produzierten und publizierten Indikatoren für Ökosystemleistungen. Eine Erläuterung des ÖSL-Konzepts fehlt im Moment auf der Umweltzustands-Webseite gänzlich. Dadurch ist die Bedeutung resp. die Interpretation der einzelnen ÖSL-Indikatoren für Aussenstehende schwierig zu verstehen. Auch wenn der ÖSL-Ansatz in der Fachwelt und zum Teil darüber hinaus mittlerweile einen gewissen Bekanntheitsgrad erlangt hat, muss davon ausgegangen werden, dass selbst einem interessierten Publikum der Ansatz erst näher erläutert werden muss. Ansonsten ist die Gefahr gross, dass die ÖSL-Indikatoren in der Menge der gezeigten Indikatoren untergehen und unter Umständen auch falsch interpretiert werden, beispielsweise Waldbesuche als Belastung für die Umwelt und nicht als Leistung des Waldes für die Menschen.

Aus der Psychologie ist bekannt, dass Menschen für Bilder sehr empfänglich sind und leicht verständliche grafische Darstellungen der Beschreibung in Textform vorziehen respektive eher wahrnehmen (Myers 2008). Die Grafiken auf der Webseite des BAFU zum Zustand und zur Entwicklung der Indikatoren sind zumindest für Laien teilweise anspruchsvoll zu verstehen, gerade die Beispiele «Kohlenstoffspeicherung durch Waldbewirtschaftung» sowie «Kohlenstoffspeicherung durch Landnutzung» müssen genau gelesen werden, damit klar wird, was die Balken in der Grafik bedeuten.

Im Prinzip eignen sich die grünen, gelben oder roten «Smiley» der Bewertung des Zustands oder der Entwicklung viel besser als umfangreiche Texte, um einen schnellen Eindruck zu erhalten, wie es um diesen Indikator steht. Was bei Indikatoren zu Belastungen oder Zuständen relativ gut funktioniert, kann bei ÖSL-Indikatoren problematisch sein. So können «Smileys», falls ÖSL-Indikatoren einzeln betrachtet werden, ein unklares Bild

²⁸ <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/>

²⁹ Drivers: Aktivitäten / Pressures: Druck auf die Umwelt / State: Umweltqualität / Impact: Auswirkungen auf die Umwelt / Responses: Korrekturmassnahmen

vermitteln, wie folgendes Beispiel illustriert: Besuchen weniger Menschen den Schweizer Wald, so führt dies im bestehenden Konzept zu einer negativen Bewertung des Indikators «Erholung im Wald». Dies ist im Prinzip völlig richtig, da tatsächlich weniger von dieser Leistung produziert wird. Der Wald produziert jedoch auch andere Leistungen, welche zum Teil in einem Konflikt mit der Erholungsleistung stehen (z.B. Jagd, Pilzsammeln, Kohlenstoffspeicherung, Artenvielfalt). Ob der Rückgang des Indikators «Erholung im Wald» einen positiven oder negativen Effekt auf die Wohlfahrt ausübt, kann somit höchstens in einem Gesamtbild aller ÖSL beurteilt werden, welche durch den Wald produziert werden. Insofern ist es insbesondere für ÖSL-Indikatoren wichtig, dass sie entweder aggregiert oder in einem funktionalen Zusammenhang dargestellt werden. Da zurzeit in der Schweiz noch keine Methodik entwickelt wurde, einzelne Indikatoren für Ökosystemleistungen zu aggregieren, ist es umso wichtiger, dass ÖSL-Indikatoren, die in einem funktionalen Zusammenhang stehen, auch gemeinsam dargestellt werden. Die Betrachtung mehrerer Indikatoren überwindet den «Tunnelblick» und ermöglicht so eine umfassendere Beurteilung der Leistung der Umwelt.

2.2.2 Wirkungsketten und quantitative Vernetzung zwischen den Indikatoren

Äußerst hilfreich für die Nachvollziehbarkeit der Bedeutung von Indikatoren sowie deren Veränderung für die Zielgruppen könnten Wirkungsketten sein, welche grafisch und somit leicht verständlich aufzeigen, welche Auswirkungen sowohl die Abnahme, Stagnation als auch die Zunahme eines Indikators auf die Wohlfahrt haben können. Dabei gilt es abzuschätzen, auf welche Indikatoren besonderes Augenmerk gelegt werden soll, da eine übersichtliche Anzahl Indikatoren einfacher erfassbar und damit besser kommunizierbar ist als eine Vielzahl von Indikatoren. Die Kriterien von Van Oudenhoven et al. (2012) können für die Auswahl und Evaluierung von Indikatoren verwendet werden. Diese empfehlen, bei zukünftigen Bewertungen von ÖSL eine ähnlich strukturierte Vorgehensweise anzuwenden wie sie in ihrer Studie zu Land-Management in den Niederlanden verfolgt haben und mindestens einen Zustands- und Leistungs-Indikator pro ÖSL auszuwählen.

Ein sehr spannendes Konzept zur quantitativen Vernetzung (Gruppierung, Aggregation) von Indikatoren wird zurzeit in Norwegen ausgearbeitet resp. bereits in der Praxis umgesetzt. Unter dem Begriff «Norwegian Nature Index» wurde ein vielseitiges und umfassendes Framework entwickelt, um den Zustand und die Entwicklung der Ökosysteme in Norwegen synthetisieren und kommunizieren zu können (vgl. Skarpaas et al 2012, Alsaksen et al. 2012 sowie Nybø und Certain 2013). Der «Nature Index» zeigt eine Möglichkeit auf, wie Indikatoren für Ökosystemleistungen mit anderen Umweltindikatoren kombiniert und dargestellt werden können. Eine Anwendung des norwegischen Ansatzes auf die Schweiz scheint möglich, eine vertiefte Abklärung war im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch noch nicht möglich. Vor einer allfälligen Umsetzung resp. vertieften Abklärung muss seitens des BAFU klarer definiert werden, welche Aussagen anvisiert werden: Soll der Zustand der Ökosphäre resp. einzelner Ökosysteme beschrieben werden oder soll der Beitrag der Ökosphäre an der Wohlfahrt sichtbar gemacht werden? Im Sinn der Ressourcenpolitik wäre beides wünschenswert; im Moment scheint die Frage aber noch nicht geklärt zu sein.

2.2.3 Sensibilisierung und Entscheidungsfindung

Gemäss den Aussagen der interviewten Fachexperten sowie basierend auf weiteren Gesprächen und Recherchearbeiten, müssen Indikatoren für die Sensibilisierung der Zielgruppen verständlich und plausibel sein, d.h. es muss offensichtlich sein, weshalb ein Indikator für die Operationalisierung einer bestimmten ÖSL gewählt wurde. Überdies muss auch der Zusammenhang zwischen dem Indikator und der Wohlfahrt klar ersichtlich sein. Van Oudenhoven et al. (2012) weisen darauf hin, dass der Auswahlprozess von Indikatoren flexibel, aber dennoch konsistent sein sollte und Indikatoren intuitiv verständlich sein müssen. Seitens einiger Experten/innen wird betont, dass die Kommunikation der Indikatoren von der Produktion klar zu trennen sei. Auch wenn ein Indikator hoch komplex in der Erstellung sei, könne dies bei der Kommunikation ausgeblendet werden, was intuitiv verständliche Aussagen ermögliche. Der Auswahlprozess zu den von econcept/BAFU (2011) vorgeschlagenen Indikatoren folgte einem konsistenten und klar strukturierten Prozess (vgl. Figur 1).

Auch Anders (2012) greift das Thema Kommunikation auf und postuliert, dass «*ohne Kommunikation eine gesellschaftliche Geltung ökologischer Fragen undenkbar [ist]*». Im Bereich der Regulations-, Versorgungs- und kulturellen ÖSL seien vor allem klare Aussagen und eine allgemein verständliche Sprache notwendig. Der Autor weist auf einen wichtigen Punkt hin: Lokale, regionale Diskurse lassen sich nur schwer mit gesamtgesellschaftlichen Diskursen verknüpfen. Sie behandeln zum Teil unterschiedliche Themen und weisen einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad auf. Lokale und regionale Diskurse (z.B. Raumplanung in der Wohngemeinde) betreffen die praktischen und ökonomischen Realitäten der Menschen viel konkreter als gesellschaftliche Diskurse über den Wert der Leistungen der Natur (z.B. raumplanerische Grundsatzentscheide auf Bundesebene).

Der Unterschied zwischen den Zielen «Sensibilisierung» und «Verbesserung der Entscheidungsfindung» besteht darin, dass für die Sensibilisierung zwar klar und intuitiv verständlich hervorgehen muss, was ein bestimmter Indikator für die Wohlfahrt der Gesellschaft beiträgt, diese Information aber nicht unbedingt in einem grösseren Zusammenhang quantitativ erfasst werden muss. Mit anderen Worten: Für die Sensibilisierung der Gesellschaft und der Politik müssen die Tradeoffs zwischen einzelnen Ökosystemleistungen nicht unbedingt detailliert sichtbargemacht und quantifiziert werden. Wird plausibel und intuitiv verständlich gezeigt, dass ein bestimmtes System oder die Ökosphäre als Ganzes (je nach Granularität der gewünschten Sensibilisierung) einen wesentlichen Beitrag leistet, kann dies für die Sensibilisierung bereits genügend sein. So zeigen die bereits publizierten Indikatoren beispielsweise für das Ökosystem Wald auf, dass dieses in verschiedenen Bereichen für den Menschen wertvolle Dienstleistungen erbringt (Erholungsleistung, CO₂-Speicherung usw.).

Sollen basierend auf dem ÖSL-Ansatz konkrete Entscheidungen getroffen werden, beispielsweise im Rahmen von Regulierungsfolgeabschätzungen oder Evaluationen von Einzelprojekten, erfordert dies oft eine wesentlich aufwändigere Aufarbeitung der Indikatoren, da Tradeoffs sichtbar gemacht und nach Möglichkeit quantifiziert werden müssen. Dies kann und soll nicht im Rahmen einer allgemeinen Kommunikations- und Sensibili-

sierungsstrategie (z.B. BAFU-Homepage) erfolgen. Für die Verbesserung der Entscheidungsfindung müssen im Einzelfall in der Regel mehrere Indikatoren bzw. ÖSL berücksichtigt werden, was eine Gewichtung der Indikatoren erfordert. Diese Gewichtung geschieht im einfachsten Fall anhand monetärer Werte, falls diese verfügbar sind. Sind die ÖSL nicht monetarisiert, muss die Abwägung durch die Entscheidungsträger/innen aufgrund der verfügbaren Einheiten (i.d.R. physikalische Einheiten) resp. basierend auf den Empfehlungen von Fachexperten erfolgen. Das Konzept der ÖSL liefert aber auch in diesem Fall wertvolle Dienste, in dem die Leistungen der Ökosphäre im Entscheidungsprozess zumindest sichtbar gemacht werden. Ob diese Funktion der ÖSL-Indikatoren letztlich unter dem Begriff «Sensibilisierung» oder «Entscheidungsfindung» subsumiert wird, scheint zweitrangig zu sein.

Es muss betont werden, dass Ökosystemleistungen in der Regel räumlich explizit sind. Für konkrete Entscheidungen müssen die Indikatoren also eine räumliche Auflösung bieten, welche für die anstehende Entscheidung adäquat ist.

Wie Maxim (2012) in ihrer Studie zu gemeinsam erarbeiteten sozioökonomischen Indikatoren zu Biodiversität in einer Region Frankreichs vorschlägt, können auch bereits bei der Auswahl der entscheidungsrelevanten Indikatoren (potentielle) Stakeholder einbezogen werden. Einen ähnlichen Ansatz vertreten Hernández-Morcillo et al. (2013) in ihrer Studie zur empirischen Überprüfung von kulturellen ÖSL-Indikatoren, in welcher sie postulieren, dass die Qualität von Indikatoren stark verbessert werden könnte, wenn mehr relevante Stakeholder in die Konzeptualisierungs- und Kommunikationsphase eingebunden und dabei partizipative Mapping-Tools für die Verbesserung der Sichtbarkeit verwendet werden (vgl. Kapitel 3).

2.2.4 Kernfragen bezüglich der Indikatoren

Im Folgenden werden drei, im Prozess der vorliegenden Studie formulierte Kernfragen bezüglich Indikatoren beantwortet.

Werden Zustand und Entwicklung der Ökosysteme und ihrer Leistungen deutlich?

Während durch die ÖSL-Indikatoren der Zustand und die Entwicklung der einzelnen **Ökosystemleistungen** durchaus sichtbar wird und dies für die Sensibilisierung genutzt werden kann, ist die Frage in Bezug auf den Zustand und die Entwicklung der Ökosysteme eher zu verneinen. Das Konzept der Ökosystemleistungen und somit auch die Indikatoren zielen in erster Linie auf das Sichtbarmachen des Beitrags der Ökosysteme zur Wohlfahrt. Daher kann ein ÖSL-Indikator grundsätzlich im besten Fall nur indirekt Hinweise zum Zustand und zur Entwicklung des Ökosystems liefern. Im Gegenteil, eine besonders intensive Nutzung der Ökosysteme führt kurzfristig zu einer Erhöhung der Leistungsindikatoren, auch wenn dabei das Ökosystem zerstört wird. Aufgrund der unterschiedlichen Konzepte scheint es zweckmäßig, die Frage der Leistung und der Ökosysteme getrennt zu bearbeiten resp. mit unterschiedlichen Indikatoren darzustellen. Dies geschieht teilweise bereits heute, aus Sicht der Autoren insbesondere in der Kommunikation jedoch noch zu wenig.

Geben Indikatoren für Ökosystemleistungen klare Hilfestellungen in Bezug auf Handlungssentscheidungen (z.B. für Politiker/innen, Entscheidungsträger/innen)?

Aus den Experten/innen-Gesprächen, sowie aufgrund der durchgeführten Recherchearbeiten scheint es wichtig, dass bei Veränderungen einzelner Indikatoren (z.B. rückläufige Frequenz des Indikators «Erholung im Wald») keine voreiligen Schlüsse gezogen werden. Die negative Veränderung eines Indikators wirkt sich unter Umständen positiv auf die Entwicklung anderer ÖSL im selben Ökosystem aus. Aus der Veränderung der Einzelindikatoren lässt sich nicht schliessen, ob sich die Leistungsfähigkeit eines Ökosystems vom Optimum weg bewegt oder sich in Richtung des Optimums bewegt. Dies bedeutet in der Praxis, dass einzelne Indikatoren Hilfestellungen bei Handlungssentscheiden liefern können, dass in der Regel jedoch ein Indikator alleine kaum Entscheid bestim mend sein dürfte. Mit einer zweckmässigen Gruppierung der Indikatoren, beispielsweise nach Ökosystemen resp. nach dem Entscheidungsgegenstand für den/die Entscheidungsträger/innen könnten eher Informationen bereitgestellt werden, welche Handlungssentscheidungen bestimmen können. So kann eine gemeinsame Betrachtung aller Indikatoren der Leistungen, welche im Bereich des Waldes produziert werden, für Handlungssentscheidungen in Bezug auf den Wald wesentlich mehr beitragen als die Betrachtung einzelner Indikatoren (z.B. «Erholung im Wald»).

Dabei ist die Gruppierung in erster Line von der konkreten Fragestellung (Bauprojekt, Schutzprojekt, Veränderung von Gesetzen und Verordnungen usw.) abhängig. Trotzdem stellt sich die Frage, ob die Aussagekraft der Bewertung der Einzel-Indikatoren wie sie zurzeit auf der Webseite des BAFU mit einem grünen, gelben oder roten «Smiley» vorgenommen wird, für ÖSL-Indikatoren durch eine Gruppierung der Indikatoren nicht wesentlich verbessert werden könnte.

Des Weiteren könnte das Konzept der Kapitalstock-Indikatoren (vgl. Kapitel 4) oder die Schaffung von Meta-Indikatoren (vgl. «Nature Index») weitere Hilfeleistungen für Entscheidungsträger/innen bereitstellen.

Was lässt sich aus den Indikatoren ableiten und was nicht?

Aus den Indikatoren für eine bestimmte Ökosystemleistung lässt sich, zumindest approximativ, der Beitrag der durch die Indikatoren operationalisierten Ökosystemleistung zur Wohlfahrt ableiten, nicht mehr und nicht weniger. Inwiefern ein einzelner Indikator allenfalls Auswirkungen auf andere Indikatoren hat, z.B. der Indikator «wahrgenommene Schönheit der Landschaft» auf den Indikator «Landschaftsqualität im Wohnumfeld» (gleiche ÖSL, G4) oder der Indikator «Kohlenstoffspeicherung durch Waldbewirtschaftung» auf den Indikator «Erholung im Wald» (Unterschiedliche ÖSL, G2 resp. S3) wird jedoch nicht per se ersichtlich. Hierfür braucht es eine weitere Verarbeitung resp. Interpretation der Indikatoren beziehungsweise eine Kombination mehrerer Indikatoren.

2.3 Empfehlungen

Generell empfehlen wir, den Ökosystemleistungsansatz weiterhin zu verfolgen, da er einen wichtigen Beitrag zur Messung und Kommunikation der Ressourcenpolitik des Bundes darstellt und auch im internationalen Kontext an Bedeutung gewinnt. Damit der Ansatz in Praxis und Verwaltung konkret eingesetzt werden kann und dadurch einen Beitrag zur Wahrnehmung der Leistungen von Ökosystemen leistet, sind jedoch noch umfassende Anstrengungen nötig. Aus den durchgeführten Arbeiten lassen sich folgende konkrete Empfehlungen in Bezug auf das Schweizer Indikatorenset für Ökosystemleistungen ableiten:

- 1 Wir empfehlen, dass die Produktion von Indikatoren für Ökosystemleistungen weiter vorangetrieben werden soll. Dabei liefern das bestehende Inventar resp. die bestehenden Empfehlungen genügend Anhaltspunkte zur Vervollständigung. Zurzeit liegen keine Hinweise vor, die darauf hindeuten, dass die bestehenden resp. vorgeschlagenen Indikatoren generell überarbeitet werden müssen. Die internationalen Entwicklungen sind jedoch weiterhin zu verfolgen.
- 2 Wir empfehlen, die Entscheidung des BAFU, etliche ÖSL-Indikatoren nicht zu produzieren, weil sie bestehenden Indikatoren zu ähnlich seien, kritisch zu hinterfragen. Für die Darstellung und Kommunikation der Leistungen der Ökosphäre ist es aus unserer Sicht eben gerade entscheidend, dass nicht die Belastung der Umwelt (z.B. Luft-Immissionen) sondern die Leistung (z.B. gesunde Luft) mit einem Indikator gemessen wird. Hierfür ist eine breitere Abstützung des ÖSL-Ansatzes innerhalb des BAFU anzustreben.
- 3 Nur bei Indikatoren, die nach einer eingehenden Prüfung als tatsächlich zu wenig aussagekräftig eingeschätzt werden, sind neue Indikatoren zu definieren. Dabei können beispielsweise bestehende Kartengrundlagen (vgl. Kapitel 4) als mögliche Informationsquelle dienen. Die Grundsätze, nach denen Indikatoren für Ökosystemleistungen definiert werden sollten finden sich u.a. in econcept/BAFU 2011 und sollten weiterhin berücksichtigt werden.
- 4 Wir empfehlen, die Kommunikation des Ökosystemleistungsansatzes und der Ökosystemleistungen zu verbessern resp. zu intensivieren. Dies gilt gegenüber der breiten Öffentlichkeit (z.B. auf der Homepage des BAFU, im Umwelt-Aktuell, aber auch durch Anregung und Unterstützung von Beiträgen in Zeitungen und Zeitschriften), der Politik und auch innerhalb der Verwaltung. Wir empfehlen dabei stets auf das Kernelement des ÖSL-Ansatzes (leistungsbezogene Sichtweise, Ressourcenperspektive) hinzuweisen und die Komplementarität zu anderen Ansätzen herauszuarbeiten. Aus unserer Sicht lässt sich die Kernbotschaft der Natur als wertvolle Erbringerin von Leistungen für die allgemeine Wohlfahrt relativ gut «verkaufen», gerade auch bei Personen die sonst weniger Affinität zu Umweltthemen aufweisen. Wir empfehlen deshalb ganz generell, bei der BAFU-Kommunikation zu Umwelt, Landschaft und Ökosystemen neben Aussagen zu Umweltzustand und Umweltqualität immer auch Aussagen zu Umweltleistungen und deren Veränderungen zu prüfen.

- 5 Wir empfehlen die Kommunikation auf der Indikatoren-Webseite des BAFU zu überarbeiten. Insbesondere empfehlen wir die Indikatoren für ÖSL von anderen Indikatoren klarer zu trennen und so den Unterschied zwischen «wie geht es der Umwelt?» (Umweltindikatoren, ökozentrische Perspektive) und «was leistet die Ökosphäre» (ÖSL-Indikatoren, anthropozentrische Perspektive) pointierter aufzuzeigen. Unter dem beispielhaften Titel «Was leistet die Umwelt für unsere Wohlfahrt» könnten die Leistungen der Umwelt für unsere Wohlfahrt zusammengefasst dargestellt werden, z.B. mit Rubriken wie «...für die Gesundheit/das Wohlbefinden», «...für die Sicherheit», «...für die natürliche Vielfalt» sowie «...für die wirtschaftlichen Leistungen» analog zu den BAFU-Produkten. Nebst dieser Einteilung nach Nutzenkategorie empfehlen wir, die Möglichkeit zu schaffen, die ÖSL-Indikatoren auch pro Ökosystem darzustellen (vgl. nächste Empfehlung). Beides lässt sich im Rahmen der vorgegebene Struktur der BAFU-Webseiten umsetzen, es wäre jedoch vermutlich eine neue Unterseite zum Thema «Ökosystemleistungen» zu schaffen. Um die Kommunizierbarkeit zu verbessern, ist zu prüfen, ob diese neue Seite über einen Direktlink (z.B. www.umweltleistung.ch) erreichbar gemacht werden kann, so wie dies bei anderen Themen üblich ist. Die hier beschriebene Überarbeitung der Kommunikation kann bereits erfolgen, bevor für jede Ökosystemleistung ein Indikator produziert worden ist, da bereits die Beschreibung der Ökosystemleistung einen wertvollen Beitrag zur Sensibilisierung leistet.
- 6 Wir empfehlen, die Beschreibung der einzelnen Indikatoren zu überprüfen und ggf. anzupassen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Informationsdichte tendenziell reduziert wird und dass über alle Indikatoren einheitliche Darstellungen gewählt werden. Zudem sollte sichergestellt werden, dass die wichtigsten Informationen möglichst sofort erkennbar sind. Wir empfehlen, das bestehende System der «Smileys» für ÖSL-Indikatoren kommunikativ besser einzubetten, beispielsweise durch die oben beschriebene Gruppierung der Einzelindikatoren nach Ökosystemen, um «falsche» Interpretationen der Einzelindikatoren zu verhindern.
- 7 Für die Verbesserung der Entscheidungsfindung, insbesondere für Entscheidungsträger/innen auf lokaler Ebene, könnten die Darstellung von räumlich expliziten Analysen zielführend sein (vgl. Kapitel 3).
- 8 Wir empfehlen, den internationalen Austausch weiter zu pflegen und gegebenenfalls zu intensivieren. Einerseits, um von den internationalen Entwicklungen zu lernen, andererseits auch weil die Schweiz durch ihre Erfahrungen einen wesentlichen und erwünschten Beitrag zum internationalen Diskurs leisten kann.

Zusätzlich empfehlen wir die Bildung von Indices nach dem Vorbild des norwegischen «Nature Index» vertieft zu prüfen, insbesondere auch im Hinblick auf den Nutzen für die Kommunikation der Umweltleistungen und des Umweltzustandes (diese Empfehlung geht über den Fokus der Studie hinaus, da in einen solchen Index weitere Umweltindikatoren integriert werden).

3 Teilbericht Räumliche Darstellung (Mapping)

3.1 Einleitung

Die Kartierung von Ökosystemleistungen (ÖSL) wird gemäss der Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)³⁰ oft als zentraler Aspekt in der Debatte um Ökosystemleistungen angesehen. Dies ist nicht erstaunlich, da a) über die räumliche Verortung von Leistungen der Besitzstatus der Parzelle an Relevanz gewinnt und b) Trade-offs bei den Ökosystemleistungen oft über räumliche Beziehungen entschieden werden, z.B. über die Ab- oder Aufwertung der Leistungen von Nachbarflächen (Von der Dunk et al. 2011). International haben sich einige Kartierungs-Instrumente durchgesetzt, welche in diesem Teilbericht diskutiert werden. Für sie alle gelten die im PEER Report No 3, 2011 gemachten Aussagen (Maes et al. 2011):

- Maps are useful in problem identification and framing: they help to identify conflicts and synergies and indicate areas where particular Ecosystem Services (ESS) or biodiversity aspects are threatened (e.g. aquatic ecosystem endangered to lose its good ecological status).
- Maps are heuristically useful for initiating discussions about solutions and as visualisation for alternatives (simulations).
- Maps can be used as a scientific basis for decision-makers for identifying potential policy measures, improving the targeting of measures, and demonstrating/evaluating benefits of policy measures in relation to the costs.
- Maps are already used extensively and represent indispensable instruments in sub-national planning activities e.g. for biodiversity protection areas and showing relationships, especially for potential conflicts between different land uses. Maps could be extended to show the potential of a spatially explicit landscape to provide services not yet covered.
- Maps have a pedagogic value by explaining the relevance of biodiversity and ESS to the public.

Probleme bei der Kartierung von Ökosystemleistungen werden wie folgt geortet (IPBES):

- Some ESS (cultural and regulating ESS) cannot be easily presented on maps.
- The spatial and temporal scales of maps of ESS and the scales of decision-making are not necessarily identical, e.g. seasonal events are difficult to visualise on maps.
- The production of maps with a high resolution is costly, and even maps with high spatial details are often contested from the local level as inaccurate.

³⁰ <http://www.ipbes.net>

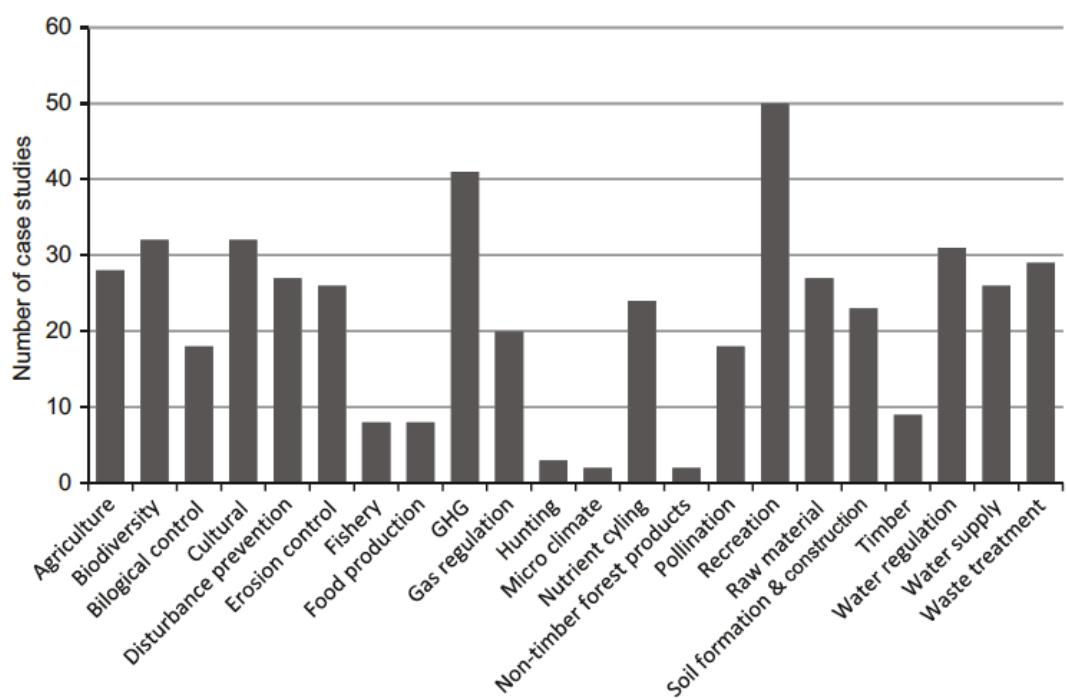
- Existing databases for maps, scientific expertise, and modelling work might be too scattered and heterogeneous to serve currently as a base for EU-level decision-making.
- Identifying problematic areas on a map can result in stigmatisation of the regions which appear to provide only few ESS or can indicate high potential areas where exploitation can be increased.

3.2 Kartierungs-Instrumente für Ökosystemleistungen

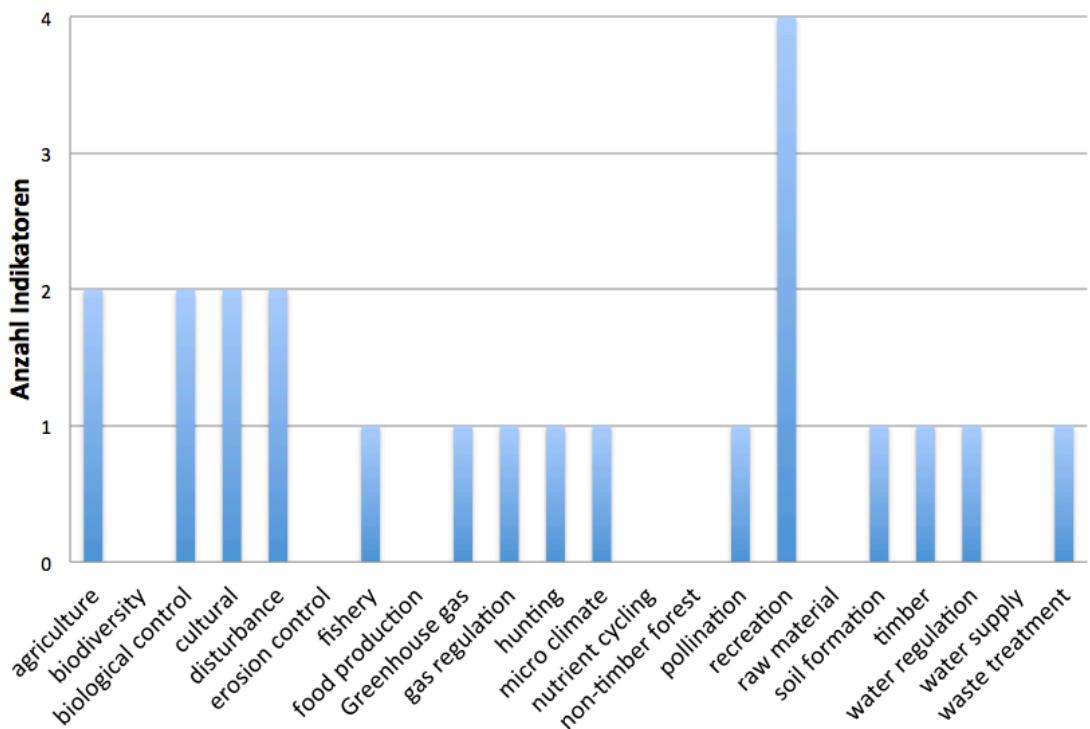
Die Kartierungs-Instrumente, die in den letzten Jahren entwickelt und angewendet wurden, lassen sich in verschiedene Gruppen einteilen, je nach Art der zu Grunde liegenden Modelle und Anwendungsumgebungen. Aufgrund der Anwendungsumgebung unterscheiden wir «top-down»- bzw. «bottom-up»-Instrumente und drücken damit aus, ob die erzeugten Karten partizipativ unter Mithilfe von Stakeholdern oder Betroffenen entstanden sind (bottom-up), oder ob sie geschlossene, in einem engen Expertenkreis hergestellte Produkte sind (top-down). «Top-down»-Instrumente sind sehr gefragt, wenn komplexe Zusammenhänge vermittelt werden sollen, welche von Nichtexperten kaum erfasst oder berechnet werden können, oder bei sehr generellen Karten ohne direkte Folgen für die Betroffenen. Bewertungen, Szenarien und Daten sind bei den «top-down»-Instrumenten von Experten oder aus der Literatur vorgegeben und können vom Benutzer nicht verändert werden. «Bottom-up»-Instrumente werden für die Kartierung jener Ökosystemleistungen verwendet, bei denen Nutzer/innen entweder grosse Sachkenntnisse haben oder direkt betroffen sind, weshalb die Bewertungen partizipativ erarbeitet werden müssen. «Bottom-up»-Instrumente erlauben es, eigene Informationen bzw. Bewertungen (z.B. Landnutzung oder Gewichtungen) ins Kartierungs-Instrument einzugeben und daraus Karten zu berechnen. Ihr Vorteil für die partizipative Planung ist unbestritten, weil die Auswirkungen von Bewertungsänderungen unmittelbar beobachtet werden können.

Aufgrund der zu Grunde liegenden Modelle lassen sich Kartierungs-Instrumente in prozessorientierte Instrumente und einfache «look-up tables» einteilen. Prozessorientierte Instrumente sind oft sehr komplex, eignen sich für Ökosystemleistungen mit hohem Kenntnisstand und setzen qualitativ hochstehende räumliche Detaildaten voraus. Schägner et al. (2013) klassieren diese Ansätze als «implicit modeling». Beispiele sind Kohlenstoffspeicher-Berechnungen oder Wasserhaushaltsmodelle. «Look-up tables» und digitale Kartenüberlagerungen verknüpfen verfügbare digitale Standorteigenschaften (Topographie, Klima etc.) oder Landnutzungsdaten mit den Ökosystemleistungen. Sie eignen sich dann, wenn der Kenntnisstand mittel bis tief ist, die Daten eine tiefe räumliche Auflösung haben oder wenn die Grundlagendaten mehr oder weniger selbst die Ökosystemleistung darstellen (z.B. Landwirtschaftsfläche → Nahrungsmittelproduktion). Schägner et al. (2013) sprechen bei der Kategorie «look-up tables» von Proxi-Modellen. Sie schätzen, dass 70% der Ökosystemleistungs-Kartierungen vom Typ «look-up tables» sind.

Weltweit werden Kartierungs-Instrumente vor allem zur räumlichen Darstellung von versorgenden und unterstützenden Leistungen gebraucht. Bereits regulierende Leistungen sind weniger häufig vertreten und nur selten werden kulturelle Leistungen kartiert (Kienast et al. 2009, Grêt-Regamey et al., 2012a). Eine Ausnahme bildet dabei die kulturelle Leistung «Erholung und Tourismus». Sie wird oft über GIS-gestützte Analysen kartiert, z.B. mittels Auftretenshäufigkeiten von Touristen oder Attraktivität von Landschaftselementen (Kienast et al. 2012), oder mittels Übernachtungsdaten in Hotels oder anderen Gästeunterkünften. Einen guten Überblick darüber, welche Leistungen in den letzten zehn Jahren weltweit kartiert wurden (bis 2012) geben Schägner et al. (2013) in der Figur 2. Ein Vergleich mit den vom BAFU vorgeschlagenen Ökosystemleistungen zeigt (vgl. Figur 3), dass die Machbarkeit, Kartengrundlagen herzustellen mit Ausnahme der Leistungen «natürliche Produktionsunterstützungsleistung», «Kühlleistung», «lokale Mikroklimaregulationsleistung durch Ökosysteme», «Fischen/Jagd» für die meisten Leistungen gegeben bis hoch ist.



Figur 2: Anzahl Studien (weltweit erhoben), in denen die auf der horizontalen Achse wiedergegebenen Ökosystemleistungen kartiert wurden (Stand ca. 2012). Die Säulen geben die Anzahl Studien an (Schägner et al. 2013) und wiederspiegeln somit die Machbarkeit, Kartengrundlagen zu erstellen.



Figur 3: Anzahl der vom BAFU vorgeschlagenen Ökosystemleistungen eingeteilt nach den Kategorien der Figur 2 oben (econcept/BAFU 2011). Die vom BAFU vorgeschlagenen Ökosystemleistungen «erneuerbare Energie» und «ein für den Menschen gesundheitsverträgliches Niveau an nichtionisierender Strahlung» konnten keiner der in Figur 2 vorgeschlagenen Ökosystemleistungskategorien zugeordnet werden.

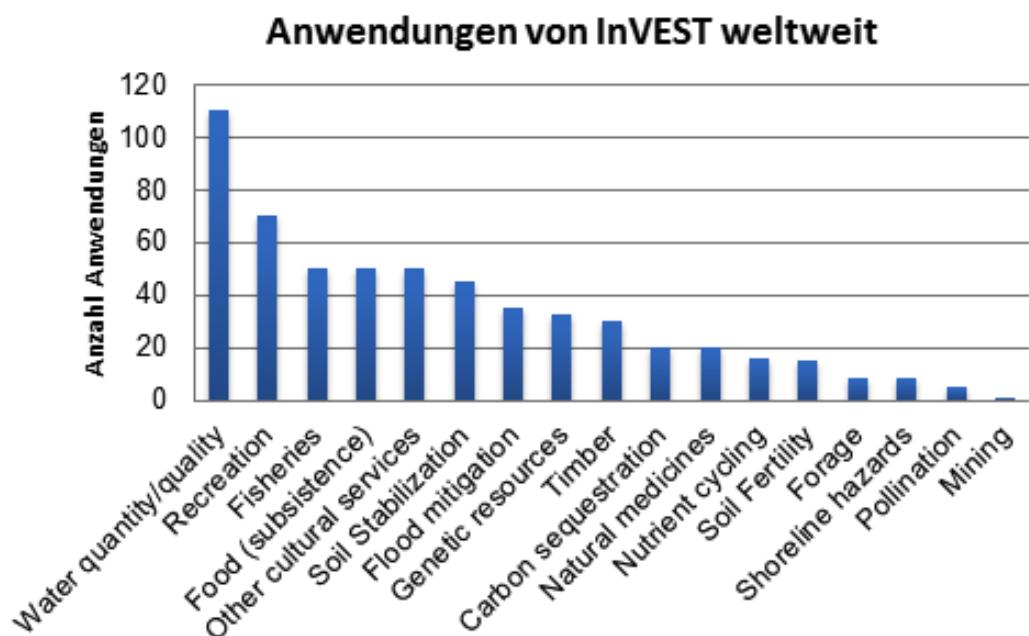
3.2.1 Beispiele

Eine Suche über Internet und «Web of Knowledge» zeigt, dass der grösste Teil der Kartierungen mit Hilfe von Eigenentwicklungen (z.B. mit Makroprogrammierungen wie «Model Builder» oder «python») auf kommerziellen geografischen Informationssystemen durchgeführt werden. «Top-down»-Anwendungen sind klar in der Überzahl. Je kleiner die betrachtete Region, desto eher kommen partizipative Instrumente zum Zug (siehe Beispiele des Instituts PLUS, ETHZ). Folgende Anwendungen werden als fertig programmierte Kartierungswerzeuge angeboten, selbstverständlich anpassbar an die lokalen Verhältnisse:

- *Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs (InVEST)*³¹: Dieses Programm wird von Natural Capital Project vertrieben. Es ist ein technisch gut unterhaltenes Produkt, welches Modelle für ca. neun marine und ca. sieben terrestrische Ökosystemleistungen enthält. Die Leistungen sind primär aus den Bereichen «versorgende» und «regulierende» ÖSL. Kulturelle Leistungen sind wenig vertreten. InVEST ist bei gutem Kenntnisstand über die Ökosystemleistung prozessorientiert (z.B. Kohlenstoffspeicherung). Viele Leistungen werden aber mit einfachen «look-up tables» generiert, die z.B. die Landnutzung mit der Artenzahl oder Leistung ver-

³¹ <http://naturalcapitalproject.org/InVEST.html>

knüpfen (z.B. Bestäubung). INVEST wurde weltweit in über 100 Pilotstudien dokumentiert und vermutlich noch weit mehr ohne Dokumentation angewendet. Das Natural Capital Projekt verzeichnetet in seiner Datenbank über 120 Einträge mit Anwendungen, die gemäss Figur 4 auf die verschiedenen Ökosystemleistungen verteilt sind. Für die Schweiz kann InVEST problemlos angewendet werden (Müller et al. 2011), liefert aber angesichts des hohen Kenntnisstandes über Ökosystemleistungen oft Ergebnisse, welche nicht über den heutigen Kenntnisstand der Raumplanung hinausgehen (z.B. für versorgende ÖSL), da keine Trade-offs berechnet werden.



Figur 4: Anwendung von InVEST für Kartierungen der Ökosystemleistungen. Die Anzahl Nennungen gibt an, wie oft bei einem Total von ca. 120 Projekten eine bestimmte Ökosystemleistung kartiert wurde.³²

- *Social Values for Ecosystem Services (SoVES)*³³: Dies ist eine vom U.S. Geological Survey (USGS) angebotene Software. SoVES verspricht interessante Anwendungen bezüglich der Kartierung von sozialen Werten von Ökosystemen wie Ästhetik, Präferenzen etc. Die Software läuft leider nur auf ArcGIS 9 und wird nicht mehr gewartet. Sie wird also aus technischen Gründen nicht mehr gebraucht werden können.
- *Artificial Intelligence for Ecosystem Services (ARIES)*³⁴: Verspricht, eine lernfähige Software-Umgebung für die Kartierung von Ökosystemleistungen zu sein. Angewendet wurde sie weltweit in rund sechs Regionen. ARIES erlaubt es, existierende regionale Modelle mit einer lernfähigen Plattform (ebenfalls ARIES) zu verknüpfen. Es verspricht also eine grosse «bottom-up»-Komponente, in welcher Benutzer/innen

³² <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>

³³ <http://solves.cr.usgs.gov>

³⁴ <http://www.ariesonline.org>

eigene Bewertungen und Modelle einbringen können. Eine Machbarkeitsstudie für die Schweiz (Nagel et al. 2011) zeigte ein relativ kleines Potenzial, da die meisten Ökosystemleistungen, die ARIES sehr grob simuliert, in der Schweiz bereits mit prozessorientierten Modellen relativ genau erfasst werden können. ARIES ist interessant, weil Eigenentwicklungen aus verschiedenen Regionen in die ARIES Umgebung eingebaut werden können und so zur Lernfähigkeit des Programms beitragen.

Spezialentwicklungen: Nebst diesen als Software angebotenen Tools gibt es unzählige Spezialentwicklungen auf ArcGIS³⁵ und anderen Plattformen, die nicht den Anspruch haben, weltweit einsetzbar zu sein. Beispiele für solche Anwendungen sind die von der Gruppe Burkhardt in Kiel durchgeführten Kartierungen in Regionen von Deutschland, das «UK National Ecosystem Assessment» oder Kartierungen von ganzen Kontinenten (Kienast et al. 2009, Haines-Young et al. 2012).

3.2.2 Ausgewählte Anwendungen für die Schweiz

Schweizweites räumliches Assessment mit Indikatoren

Für ein nationales Assessment liefert die Studie von econcept/BAFU (2011) ein ausgewogenes Set von Indikatoren für viele Ökosystemleistungen. In Kombination mit dem Landschaftsbeobachtungs-Programm Schweiz (LABES) und anderen Beobachtungsprogrammen können viele Indikatoren räumlich explizit als Karten wiedergegeben werden (siehe Tabelle 3 und Tabelle 5). Viele Kartierungs-Instrumente sind als «look-up tables» und digitale Kartenüberlagerungen zu klassieren und sind klassische «top-down»-Ansätze. *Beispielhaft* erwähnen wir an dieser Stelle das LABES Landschaftsbeobachtungsprogramm, das stark auf die Kartierung von Indikatoren und kulturelle Leistungen fokussiert. Für folgende in econcept/BAFU (2011) aufgelisteten Ökosystemleistungen kann LABES z.B. räumlich explizite Aussagen machen:

- G2 (Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume), regressionsanalytisches Modell der Bevölkerungspräferenzen, Auflösung 25m
- G3 (Erholungsleistung durch Erholungsräume im Wohnumfeld (Gärten u.a.)), ein expertenbasiertes, räumlich explizites Modell wurde im Rahmen von LABES entwickelt, aber nicht mehr weiterverfolgt, da es – als Expertenmodell - einer statistischen Grundlage entbehrt, Auflösung wäre 25m
- G4 (Identifikationsermöglichung durch vielfältige, schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe)), Bevölkerungsbefragung auf Gemeindeebene, räumliche Auflösung Bezirk
- G7 (Ruhe), digitale Kartenüberlagerung mit Vector25 (TLM) zu anlagefreien Gebieten, Auflösung 25m.

³⁵ <http://www.arcgis.com>

- V1 (Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaften), Biodiversitätsmonitoring, Stichproben in 1km/5km Auflösung
- W5 (Holzzuwachs und waldwirtschaftliche Nutzung), Landesforstinventar, Stichproben 1.5 km
- W7 (Wertvolle Natur- und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus). Im Rahmen eines WSL-Projektes zu Landschaftskonflikten durch die Produktion nachhaltiger Energie³⁶ wurde eine Potenzialkarte für Tourismus³⁷ entworfen.

In Kürze (Informationsstand 2013) wird das Projekt «Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz» der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL) fertig sein³⁸. Dies wird es ermöglichen, die Ökosystemleistung V1 & W7 (vgl. Tabelle 3) räumlich explizit wiederzugeben.

Zum Indikator W8 (Erneuerbare Energien: Wasserkraft, Windkraft, Biomasse, Solarenergie) liegen räumlich explizite Analysen (Auflösung 25m bis Gemeindeebene) für die ganze Schweiz aus dem Projekt Energie und Landschaftsleistungen der WSL vor³⁹. Der Ausbau der Energieerzeugung wird eine starke Auswirkung auf die konkurrierenden Landschaftsleistungen wie die landwirtschaftliche Produktion, die Erholung, den Tourismus, die Erhaltung der Biodiversität und die Ästhetik haben. Dieses Projekt hat zum Ziel, die Kapazität der Landschaft zur Erzeugung erneuerbarer Energien auf nationaler Ebene zu kartieren und die erwarteten Konflikte mit anderen Landschaftsleistungen für verschiedene Szenarien der Energieproduktion aufzuzeigen.

Regionale Assessments

Es gibt für die Schweiz eine ansehnliche Anzahl von regionalen Ökosystem-Assessments. Hier sind zwei Arbeiten erwähnt, die uns wegweisend scheinen. Das regionale Assessment für Wasserkraft (Hemund 2012) zeigt für die Einzugsgebiete der Lütschine, Emme, Kander und Simme schön auf, wie die Ökosystemleistungen Wasseraushalt, Erlebnisraum und Energienutzung räumlich explizit analysiert und Trade-offs zwischen den Leistungen berechnet werden können. Der Ansatz ist «top-down» und wenig prozessorientiert.

Das regionale Assessment TWW Aargau⁴⁰ soll den Beitrag der von Trockenwiesen und -weiden (TWW) sowie weiteren agrarischen und forstlichen Landnutzungstypen erbrachten Ökosystemleistungen im Kanton Aargau räumlich explizit aufzeigen (Grêt-Regamey

³⁶ http://www.wsl.ch/fe/landschaftsdynamik/projekte/renewable_energy/index_DE

³⁷ In die Karte fliessen folgende Informationen ein: Potenzial für Naherholung (Kienast et al. 2012), Attraktoren wie Hütten, Wandergebiete, Seilbahnen, Velo- und Paddelgebiete sowie Hotelübernachtungen und Anzahl Suchanfragen für Schweizer Ortsnamen im Internet.

³⁸ <http://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?page=Texte&projectid=28877>

³⁹ http://www.wsl.ch/fe/landschaftsdynamik/projekte/renewable_energy/index_DE

⁴⁰ http://www.irl.ethz.ch/plus/research/decision_support/TWW. «Trockenwiesen und -weiden sind artenreiche Lebensräume einer traditionellen landwirtschaftlichen Kulturlandschaft und prägen noch heute viele Gegenden der Schweiz. Ihre bunte Vielfalt wird in breiten Bevölkerungskreisen wahrgenommen und geschätzt. Neben ihrer Bedeutung für die Artenvielfalt bieten TWW vor allem auch Erholungsräume, Erosionsschutz, Kohlenstoffspeicherung, Bestäubungsmöglichkeiten, «Rohstoff» für die Pharmawirtschaft, Wasserreinigung, und landwirtschaftlichen Ertrag»

et al. 2012b). Die Studie ist eine räumlich explizite monetäre Bewertung («top-down», statistische Modelle).

Bei den regionalen (und natürlich auch den nationalen) Assessments dürfen die Daten (Karten) der kantonalen GIS-Server und der kantonalen Richtpläne nicht vergessen werden. Sie sind häufig die Voraussetzung, um komplexere Kartierungs-Instrumente benutzen zu können und bilden eine wichtige Datengrundlage für die räumlichen Assessments. Im Workshop (siehe Kapitel 3.3) hat sich gezeigt, dass Experten/innen aus der Wissenschaft und Praxis die Datenverfügbarkeit bei weitem nicht gleich positiv einschätzen. Viele Praktiker/innen denken, dass die Daten schlecht verfügbar sind, während die Wissenschaftler/innen deren Verfügbarkeit als gut einschätzen. Dies hat vermutlich mit der für die Datensuche verfügbaren Zeit zu tun, die für die Praxis geringer ist als bei wissenschaftlichen Projekten.

Lokale Assessments

Auch auf lokaler Stufe liegen einige, zum Teil räumlich explizite Assessments vor. Beispielhaft erwähnen wir die für eine holländische Gemeinde hergestellten Ökosystemleistungskarten von Willemen et al. (2010), welche viele kulturelle Leistungen enthält. Sehr ähnlich ist die Studie von Thalmann (2012) für die Gemeinde Schlieren. Sie umfasst allerdings nicht so viele Leistungen wie Willemen et al. (2010). Die Studie von Kühne (2010) erfasst die Ökosystemleistungen in einem Wildnispark der Schweiz (nicht räumlich explizit). All diesen Studien ist gemeinsam, dass sie kulturelle Leistungen bewusst ansprechen und – wegen der limitierten räumlichen Ausdehnung der Arbeiten – auch recht gut berücksichtigen können. Sie sind alle vom Typus «top-down» und mehrheitlich Überlagerungen von digitalen Kartengrundlagen, also keine Prozessmodellierungen.

Ganz anders die vermutlich für die Schweiz am weitesten fortgeschrittenen «bottom-up»-Ansätze des Instituts PLUS der ETHZ⁴¹. Sie bieten eine einmalige Kombination zwischen Management-Tool und Ökosystemleistungskartierung. Die Benutzer/innen können Bewertungen interaktiv verändern und sehen unmittelbar, welche Folgen dies für die Ökosystemleistungen hat. Die Instrumente sind auf lokaler bis regionaler Ebene ausgetestet. Die Modelle reichen von prozessorientierten Ansätzen bis zu einfachen look-up Tabellen oder digitalen Kartenüberlagerungen. Beispiele sind auf der Homepage des Instituts PLUS der ETHZ⁴² zu finden.

3.3 Kartierung von Ökosystemleistungen im Urteil von Experten/innen

Einige der in den Kapiteln 3.1 und 3.2 erläuterten Kartierungs-Instrumente wurden in einem Workshop (7. März 2013) von verschiedenen Experten/innen sowie Praktiker/innen im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit für die Schweiz diskutiert. Im Vordergrund standen dabei nicht die technischen Aspekte der Instrumente, sondern vier von den

⁴¹ <http://www.irl.ethz.ch/plus>

⁴² <http://www.irl.ethz.ch/plus/research/forserv> oder http://www.irl.ethz.ch/plus/research/decision_support/PALM/

Workshop-Teilnehmenden als prioritär eingeschätzte Anwendungsfelder, für welche der Mehrwert von Kartengrundlagen für die Entscheidungsfindung diskutiert wurde.

Es handelte sich um die folgenden vier Anwendungsfelder:

- Raumplanung, Siedlungsentwicklung
- Schutzgebiete (z.B. BLN) und Pärke
- Nachhaltige Energie
- Neue landwirtschaftliche Zahlungen, ökologischer Ausgleich

Themen wie Naherholung oder Kompensationszahlungen wurden in allen Feldern mitdiskutiert. Weitere, nicht diskutierte Felder waren: Flussrevitalisierung, Umweltverträglichkeitsprüfung (teilweise in Energie enthalten).

Der in der Tabelle 4 wiedergegebene Fragenkatalog wurde für jedes Anwendungsfeld diskutiert.

- Welches wäre der Mehrwert von Kartengrundlagen für dieses Anwendungsfeld?
- Welche Wissenslücken/Datenlücken bestehen in der räumlichen Darstellung der Ökosystemleistung?
- Sind Trade-offs zwischen Ökosystemleistungen im entsprechenden Anwendungsfeld bekannt und werden sie bei der Entscheidungsfindung bewusst berücksichtigt?
- Wenn Kartengrundlagen gewünscht, welches kartographische Tool ist erwünscht resp. wird als zweckmäßig beurteilt?
 - Nur top-down in nationaler/regionaler/lokaler Auflösung ohne Partizipation der Nutzenden.
 - Nur «bottom-up»
 - Sowohl «top-down» als auch «bottom-up» (selber Daten eingeben, eigene Bewertungen und Szenarien bereitstellen)
- Welche ÖSL sind für die Entscheidungsfindung relevant?
- Weitere Bemerkungen

Tabelle 4: Fragenkatalog der Expertenworkshops. Für jedes Anwendungsgebiet wurden die in der Tabelle wiedergegebenen Fragen diskutiert.

3.3.1 Anwendungsfeld «Nachhaltige Energie»

Mehrwert von Kartengrundlagen: Die Teilnehmenden sind sich einig, dass Ökosystemleistungs-Karten in diesem Anwendungsfeld einen grossen Mehrwert haben und zur Konfliktverminderung bei der Neuinstallation von Energieanlagen beitragen. Die Innovation der Ökosystemleistungs-Karten liegt gemäss den Teilnehmenden darin, die klassische Schutzgüterstrategie (z.B. aus den Inventaren) durch Güterabwägungen mittels Ökosystemleistungen zu ergänzen.

Datenverfügbarkeiten: Die Datenverfügbarkeit wird positiv eingeschätzt für a) Potenzialkarten der verschiedenen Energieträger und b) nationale Inventare der schützenswerten Landschaften und Naturgüter. Eine gute Datenverfügbarkeit wird von den Teilnehmenden auch auf lokaler Ebene zu den kulturellen Leistungen a) Landschaftscharakter, b) Identifikation der Bevölkerung mit der Landschaft, c) Ästhetik oder d) Naherholung vermutet. Diese Daten sind auf nationaler Ebene oft nur rudimentär vorhanden oder räumlich zu wenig gut aufgelöst. Das Landschaftsbeobachtungs-Programm Schweiz (LABES) hat zwar viele Datensätze erschlossen (Naherholung, sozialwissenschaftliche Indikatoren),

und deren Auflösung genügt für nationale Übersichten, aber nicht für die Projektplanung. Es wird von den Diskussionsteilnehmenden vorgeschlagen, dass umweltverträglichkeitsprüfungspflichtige Anlagen diese landschaftlichen Daten in Zukunft erbringen sollten.

Einzusetzende Instrumente (top-down/bottom-up): Bezuglich des Einsatzes von «top-down»- oder «bottom-up»-Tools sind sich die Teilnehmenden einig, dass von den Kantonen und vom Bund bis zur Stufe Richtplan ein klares, breit abgestütztes Ausschlussverfahren durchgezogen werden sollte. Das Resultat wären mehr oder weniger «top-down» bestimmte Gebiete, die grundsätzlich für Energieproduktion in Frage kämen. Diese Gebiete sollen dann mit partizipativen Instrumenten, Visualisierungen, aber auch mit Einsprachen in ihrer Nutzung verfeinert werden, um die geeigneten definitiven Standorte für nachhaltige Energieproduktion zu finden. Hier orten die Teilnehmenden ein wichtiges Anwendungsgebiet für «bottom-up»-Tools zur Kartierung von Ökosystemleistungen, bei denen dann auch Bewertungen mit den Betroffenen verändert und in Workshops diskutiert werden können. Diese Tools werden von den Teilnehmenden als Aushandlungshilfe angesehen.

Weitere Bemerkungen: Gefährlich finden einige Teilnehmende, dass vereinfachte ÖSL-Karten zu falschen Entscheidungen führen könnte, in dem Entscheidungsträger/innen im Voraus stark beeinflusst werden könnten. Zudem wird betont, dass mit einer räumlichen Darstellung nie alle Aspekte dargestellt werden können und ÖSL-Karten somit immer ein selektives Instrument darstellen.

3.3.2 Anwendungsfeld «Neue landwirtschaftliche Zahlungen, ökologischer Ausgleich, Naherholung»

Mehrwert von Kartengrundlagen: Die Teilnehmenden waren sich einig, dass Ökosystemleistungs-Karten in diesem Anwendungsfeld v.a. zur räumlichen Optimierung der gemeinschaftlichen landwirtschaftlichen Leistungen benötigt werden. Im Vordergrund steht dabei, wo welche Ökosystemleistungen produziert werden. Ökologische Ausgleichsflächen, Pollination bzw. das Angebot von Naherholungsmöglichkeiten in Landwirtschaftsgebieten werden dabei als klassische Beispiele von Ökosystemleistungen und Trade-offs angesehen, für die man gerne Kartengrundlagen hätte. Den Landschaftsbeiträgen sowie den Naherholungsbeiträgen in der neuen Landwirtschafts-Gesetzgebung wird eine grosse Bedeutung beigemessen.

Datenverfügbarkeiten: Die Datenverfügbarkeit wird positiv eingeschätzt für a) Bodenkarten und b) Standorteigenschaften (Topographie, Klima etc.) oder Landnutzungsdaten. Eine gute Datenverfügbarkeit wird von den Teilnehmenden auch auf lokaler Ebene zu den kulturellen Leistungen a) Identifikation der Bevölkerung mit der Landschaft und b) Naherholung vermutet. Diese Daten sind auf nationaler Ebene oft nur rudimentär vorhanden oder räumlich zu wenig gut aufgelöst. Das Landschaftsbeobachtungs-Programm Schweiz (LABES) hat zwar viele Datensätze erschlossen (Naherholung, sozialwissenschaftliche Indikatoren), und deren Auflösung genügt für nationale Übersichten, aber nicht für die Projektplanung.

Einzusetzende Instrumente (top-down/bottom-up): Bezuglich des Einsatzes von «top-down»- oder «bottom-up»-Tools sind sich die Teilnehmenden einig, dass von den Kantonen und vom Bund klare, breit abgestützte Vorstellungen kommuniziert werden sollen, wo welche gemeinwirtschaftlichen Leistungen von der Landwirtschaft erwartet werden. Diese Vorstellungen sollten von Experten/innen ausgearbeitet werden. Für diese Expertenpanels sollten die Bewertungen für Ökosystemleistungen flexibel verändert werden können. Die Teilnehmenden sehen bei «bottom-up»-Instrumenten auf der räumlichen Ebene des Betriebs dann Anwendungsmöglichkeiten, wenn die Ökosystemleistungen bis auf die betriebliche Ebene kommuniziert werden können (z.B. Bestäubung).

Weitere Bemerkungen: Die grösste Innovation bezüglich Kartierung von ÖSL sehen die Teilnehmenden im Einsatz von Kartierungsinstrumenten auf betrieblicher Ebene. Mit solchen Instrumenten könnten ÖSL bis zum Bewirtschaftenden kommuniziert werden.

3.3.3 Anwendungsfeld «Raumplanung und Siedlungsentwicklung»

Mehrwert von Kartengrundlagen: Im Anwendungsfeld «Raumplanung und Siedlungsentwicklung» identifizieren die Teilnehmenden relativ viele unterschiedliche Bereiche, wo Kartengrundlagen für ÖSL einen Mehrwert bieten resp. bieten würden. Diese Bereiche lassen sich wie folgt zusammenfassen: a) Kommunikation und Information (beispielsweise der Stimmbürger/innen im Vorfeld von Abstimmungen), b) Analyse von Varianten durch Experten/innen, c) Visualisierung von Synergien und Konflikten. Zusätzlich wird betont, dass durch den Einsatz von Karten Partikularinteressen explizit sichtbar gemacht werden können, was in Kombination mit geeigneten partizipativen Prozessen zur Konfliktlösung beitragen kann. Im Anwendungsfeld «Raumplanung und Siedlungsentwicklung» ist die sektorübergreifende Nutzung von Informationen besonders relevant. Karten von ÖSL ergänzen bestehende Karten, ersetzen diese jedoch nicht. Gemäss den Teilnehmenden liegt ein grosser Vorteil von ÖSL-Karten in der Möglichkeit, die Nachfrage nach ÖSL sichtbar zu machen und mit den vorhandenen ÖSL zu überlagern.

Datenverfügbarkeiten: Die Datenverfügbarkeit wird unterschiedlich eingeschätzt: Seitens der Forschung wird betont, dass die Grundlagen vorhanden sind, seitens der Praxis wird eher auf Lücken bei der Datenverfügbarkeit hingewiesen. Offensichtlich gibt es bereits viele Daten; diese sind aber teilweise nicht oder nur schwer auffindbar. Die beschriebene Diskrepanz deutet darauf hin, dass bei der Koordination und beim Verfügarmachen von Daten ein Verbesserungspotenzial besteht. Die Teilnehmenden betonen überdies, dass eine konstante Aktualisierung der Daten («Monitoring») betrieben werden muss, um brauchbare Datengrundlagen zu erhalten. Die Datenverfügbarkeit ist in jedem Fall stark von der Skala abhängig: Je näher am Objekt, desto schlechter tendenziell die Datenverfügbarkeit.

Einzusetzende Instrumente (top-down/bottom-up): Bezuglich des Einsatzes von «top-down»- oder «bottom-up»-Instrumenten wurden in der Gruppe unterschiedliche Erfahrungen gemacht. Die Teilnehmenden gehen davon aus, dass die Grundlagendaten «top-down» verfügbar gemacht werden müssen. Diese Grundlagendaten können anschlies-

send durch einzelne Detaildaten «bottom-up» ergänzt werden, die «top-down» nicht verfügbar sind (z.B. Nutzungsarten von Parzellen). Einzelne Teilnehmende haben bereits gute Erfahrungen mit «bottom-up»-Tools gemacht: Insbesondere lasse sich beispielsweise die Bewertung der Ziele eines raumplanerischen Projektes relativ gut partizipativ und «bottom-up» festlegen und mit entsprechenden Tools anschliessend visualisieren.

Weitere Bemerkungen: Die gewünschte/gewählte Skala der räumlichen Darstellung ist entscheidend für die Beantwortung der genannten Fragen. Überdies muss zwischen Kartierung und 3D-Visualisierung unterschieden werden.

3.3.4 Anwendungsfeld «Schutzgebiete (z.B. BLN) oder Pärke»

Mehrwert von Kartengrundlagen: Im Anwendungsfeld «Schutzgebiete (z.B. BLN) oder Pärke» identifizieren die Teilnehmenden die folgenden Bereiche, in denen Kartengrundlagen für ÖSL einen Mehrwert bieten resp. bieten würden: a) Leistung und somit Mehrwert der «besonderen» Landschaft kommunizierbar und damit sichtbar machen (dies gilt innerhalb des Schutzgebietes, für die Bewohner/innen sowie ausserhalb des Schutzgebietes für potenzielle Besucher/innen), b) Sensibilisierung und Kommunikation, c) Schwerpunktsetzung innerhalb BLN/Pärke, indem Hotspots und Nutzungen räumlich explizit definiert werden können, was zu einem optimaleren Management des BLN/Pärke führen kann.

Datenverfügbarkeiten: Auch im Anwendungsfeld «Schutzgebiete oder Pärke» orten die Teilnehmenden das Problem bei der Datenverfügbarkeit vor allem darin, dass die bestehenden Daten zu wenig einfach verfügbar sind und dadurch zu wenig genutzt werden. Es besteht offensichtlich ein Problem bei der Datenharmonisierung und folgende Fragen stehen im Raum: Wer übernimmt diese Aufgabe (Bund, Kantone)? Zu welchen Kosten und zu welchen Konditionen werden die Daten zur Verfügung gestellt?

Einzusetzende Instrumente (top-down/bottom-up): Die Instrumente werden durch die Teilnehmenden ähnlich eingeschätzt wie im Anwendungsfeld «Raumplanung und Siedlungsentwicklung». Die Informationen sollen in einem ersten Schritt «top-down» bereitgestellt werden, im Rahmen eines partizipativen Prozesses können jedoch «bottom-up»-Tools eingesetzt werden, um die Betroffenen besser einzubinden. Partizipative Prozesse und somit «bottom-up»-Tools sind gemäss den Teilnehmenden insbesondere im Zusammenhang mit Pärken wichtig, da die lokale Bevölkerung eingebunden werden muss.

Weitere Bemerkungen: Kartengrundlagen (aber auch die Nutzung des ÖSL-Ansatzes im Generellen) können zu einer Versachlichung der Diskussion im Spannungsfeld zwischen Schutz und Nutzung führen, indem sie die Interdisziplinarität und die Systematisierung fördern. Dies ist im Sinne einer Abwägung zwischen unterschiedlichen staatlichen Aufgaben (Sektoralpolitiken) besonders relevant.

3.4 Synopsis aus den Aussagen «Mapping»

Eine Gesamtbetrachtung der in Kapitel 3.1 bis 3.3 gemachten Aussagen und Ergebnisse der Expertengespräche ist in der Tabelle 5 wiedergegeben. Wir unterscheiden dabei fünf für die Schweiz im Moment wichtige Entscheidungssituationen, wo der Mehrwert von Ökosystemleistungs-Kartierungen zur Diskussion steht. Die Tabelle gibt ferner die für die Entscheidungssituationen wichtigen Ökosystemleistungen wieder und versucht den Mehrwert der Kartierung bzw. die mögliche technische Umsetzung stichwortartig darzulegen.

Entscheidungssituation	Ökosystemleistungen, die miteinander in Konkurrenz stehen	Mehrwert der Kartierung von Ökosystemleistungen	Technische Umsetzung (Stand, Tools)
1. Nachhaltige Energie	G2: Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume G3: Erholungsleistung durch Erholungsräume im Wohnumfeld (Gärten u.a.) G4: Identifikationsermöglichung durch schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe) G7: Ruhe V1: Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaften W1: Natürliches Angebot an Trink- und Brauchwasser aus nutzbarem Grund- und Oberflächenwasser W3: Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung W5: Holzuwachs für die forstwirtschaftliche Nutzung W7: Angebot an wertvollen Natur- und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus	– Konfliktverminderung – klassische Schutzzüchterstrategie (z.B. aus den Inventaren) durch Güterabwägungen mittels Ökosystemleistungen ablösen – Trade-offs räumlich explizit auf regionaler Ebene berechnen und nicht nur qualitativ mit Kartengrundlagen sichtbar machen	– «top-down»-Karten-Tools, anzuwenden von den Kantonen und vom Bund (Abschlussverfahren bis zur Stufe Richtplan); einfache «look-up tables» und GIS Überlagerungen – partizipative Instrumente, Visualisierungen auf lokaler bis regionaler Ebene – prozessorientierte Tools (PALM, InVEST) für die Berechnung der Trade-offs auf lokaler bis regionaler Ebene
2. Neue Landwirtschaftliche Zahlungen, ökologischer Ausgleich, Naherholung	Synergien zwischen Ökosystemleistungen stehen im Vordergrund insbesondere die Leistungen: G2: Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume G4: Identifikationsermöglichung durch schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe) W1: Natürliches Angebot an Trink- und Brauchwasser aus nutzbarem Grund- und Oberflächenwasser W2: Natürliches Angebot an Produktionsunterstützungsleistungen: Bestäubung W3: Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche und forst-	– Kartengrundlagen für räumliche Optimierung der gemeinwirtschaftlichen landwirtschaftlichen Leistungen (z.B. Ausgleichsflächen, Bestäubung bzw. das Angebot von Naherholungsmöglichkeiten) – räumlich explizite Berechnungen, wo welche gemeinwirtschaftlichen Leistungen von der Landwirtschaft erwartet und abgegolten werden sollen.	– wirtschaftliche Berechnungen (indirekte Marktevaluation) über gemeinwirtschaftliche Leistungen der Landwirtschaft auf nationaler Ebene (nicht räumlich) – Implementation dieser Berechnungen in partizipative, räumlich explizite Instrumente auf lokaler bis regionaler Ebene zur Optimierung der Landschaftsleistungen (z.B. Erholung gemäss neuen LW-Zahlungen) – prozessorientierte

Entscheidungssituation	Ökosystemleistungen, die mit-einander in Konkurrenz stehen	Mehrwert der Kartierung von Ökosystemleistungen	Technische Umsetzung (Stand, Tools)
	wirtschaftliche Nutzung W4: Futterpflanzen und organische Dünger für die landwirtschaftliche Nutzung W7: Angebot an wertvollen Natur- und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus W10: Genetische Ressourcen und biochemische Wirkstoffe		Tools (<i>PALM, InVEST, aber auch ARIES-ähnliche Instrumente</i>) auf der Ebene Landwirtschaftsbetrieb
3. Raumplanung, Siedlungsentwicklung	Hier stehen prinzipiell alle Ökosystemleistungen im Vordergrund	<ul style="list-style-type: none"> – Konfliktverminderung – monofunktionale Sicht klassischer Kartengrundlagen aufbrechen (z.B. 1 Kartierungsklasse = 1 Nutzung!) Multifunktionalität mit der Berechnung oder auch nur Visualisierung von ÖSL sichtbar machen – Kommunikation und Information (beispielsweise der Stimmbürger/innen im Vorfeld von Abstimmungen) – Analyse von Varianten durch Experten/innen – Visualisierung von Synergien und Konflikten 	<ul style="list-style-type: none"> – nationale Ebene relativ gut abgedeckt mit «top-down»-Tools aus der Raumplanung, aber wenig verfügbar – Einsatz von <i>InVEST</i> und <i>PALM</i> gut denkbar – räumliche Auflösung und Detailgrad für Visualisierungen, aber nicht für ganze Schweiz verfügbar. – Projektbezogene Aufarbeitung der Datenbasis
4. Schutzgebiete (z.B. BLN) oder Pärke	G4: Identifikationsermöglichung durch schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe) G7: Ruhe V1: Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaften und nachgelagert alle anderen Ökosystemleistungen	<ul style="list-style-type: none"> – Kartengrundlagen für räumliche Optimierung der gemeinwirtschaftlichen Leistungen «besonderer» Landschaft – Sensibilisierung und Kommunikation – Schwerpunktsetzung innerhalb BLN/Pärke, indem Hotspots und Nutzungen räumlich explizit definiert werden können, was zu einem optimaleren Management des BLN/Pärke führen kann 	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz von <i>InVEST</i> und <i>PALM</i> gut denkbar – räumliche Auflösung und Detailgrad für Visualisierungen variiert von Park zu Park
5. Flussrevitalisierung	Synergien und Trade-offs zwischen: G1: Erholungsleistung durch Jagen, Sammeln und Beobachten wild lebender Arten G2: Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume G3: Erholungsleistung durch Erholungsräume im Wohnumfeld (Gärten u.a.) S2: Schutzleistung durch Gebiete, die überflutet werden oder Wasser zurückhalten können V1: Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaften W1: Natürliches Angebot an Trink- und Brauchwasser aus nutzbarem Grund- und Oberflächenwasser	<ul style="list-style-type: none"> – Konfliktverminderung auf lokaler Ebene – räumliche Berechnungen zu ökologischen, flussbaulichen und ökonomischen Auswirkungen hauptsächlich auf lokaler bis regionaler Stufe – nationale Hotspotanalysen mit einfachen Kartenüberlagerungen (BAFU Wegleitung räumlich umsetzen) 	<ul style="list-style-type: none"> – «top-down»-Karten-Tools anzuwenden von den Kantonen und vom Bund (Ausschlussverfahren bis zur Stufe Richtplan) – einfache «look-up tables» und GIS-Überlagerungen zur Umsetzung der BAFU-Richtlinien zur Flussrevitalisierung – partizipative Instrumente, Visualisierungen auf lokaler bis regionaler Ebene – prozessorientierte Instrumente (<i>PALM, InVEST, aber auch ARIES-ähnliche Instrumente</i>) für die Be-

Entscheidungssituation	Ökosystemleistungen, die miteinander in Konkurrenz stehen	Mehrwert der Kartierung von Ökosystemleistungen	Technische Umsetzung (Stand, Tools)
	W2: Natürliches Angebot an Produktionsunterstützungsleistungen: Bestäubung W3: Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung		rechnung der Trade-offs auf lokaler bis regionaler Ebene

Tabelle 5: Synoptische Darstellung der Kapitel 3.1-3.3.

3.5 Fazit

Die Frage, welchen Mehrwert die Kartierung von Ökosystemleistungen bringt, lässt sich wie folgt beantworten:

- 1 Ökosystemleistungen und ihre Kartierung bilden ein kohärentes System der multifunktionalen Betrachtung der Umwelt (Landschaft). Auch wenn die Bewertungen nicht bei allen Ökosystemleistungen monetären Charakter haben, ist ein besserer Vergleich der Landschafts-(Umwelt-)Funktionen gewährleistet.
- 2 Eine multifunktionale Gesamtanalyse von Landschaft (Umwelt) ist nicht mehr denkbar ohne Trade-off-Analysen auf der Fläche (Parzelle, Gemeinde) selbst und zwischen Nachbarsflächen. Diese Anforderung an eine multifunktionale Gesamtanalyse ist ohne die Kartierung der Ökosystemleistungen unmöglich.
- 3 Die bestehenden Kartengrundlagen (Richtpläne, Umweltverträglichkeitsprüfung etc.) sind bezüglich angewandter Methodik sehr heterogen, stark auf monofunktionale Landnutzung pro Kartierungseinheit ausgerichtet und eignen sich nur bedingt für eine nationale Gesamtanalyse im Sinne der nationalen «The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)»-Studien⁴³. Für umweltverträglichkeitsprüfungspflichtige Anlagen ist zu prüfen, ob die Umweltverträglichkeitsprüfungen eine Abschätzung der Ökosystemleistungen erbringen müssen (z.B. Trade-off-Analyse).
- 4 Im Moment beschränken sich die bestehenden Kartierungsansätze für Ökosystemleistungen auf wenige Instrumente (PALM, ARIES, InVEST und wenige Eigenentwicklungen). Dieser Zeitpunkt mit wenig divergierenden Instrumenten sollte genutzt werden, um vom Bund her ein gut ausgetestetes Instrument für nationale und regionale Analysen zu entwickeln und als Standard zu empfehlen.
- 5 Die Gefahr eines solchen Instrumentes ist, dass es sich in der föderalen Schweiz nicht als Standard durchsetzt und deshalb aus finanziellen Gründen nicht gewartet werden kann. Ein konzertiertes Vorgehen verschiedener Bundesbehörden (BAFU, ARE, BFS) ist deshalb unabdingbar.

⁴³ <http://www.teebweb.org>

- 6 Angesichts des hohen Kenntnisstandes und der guten Datenlage über Landnutzung und ökosystemare Prozessketten ist es für die Kartierung von Ökosystemleistungen in der Schweiz von zweitrangiger Bedeutung, welche Software zur Abschätzung gebraucht wird. Wichtig ist, dass sich «top-down»- und «bottom-up»-Instrumente sinnvoll ergänzen (siehe letzter Punkt).
- 7 Eines der drängendsten Probleme in der Kartierung der Ökosystemleistungen ist der Mangel an räumlich expliziten, schweizweiten Abschätzungen zu den *kulturellen Leistungen*. LABES hat diesbezüglich einen neuen Standard geschaffen, indem es räumlich explizite Daten zu sozialen und kulturellen Aspekten von Landschaft oder Karten zur Naherholungsqualität der Landschaft anbieten kann. Anspruchsvoll ist bei Stichproben von kulturellen Leistungen (meistens Umfragen) die wissenschaftlich einwandfreie Hochrechnung von räumlichen Datensätzen, also das Hochrechnen vom Punkt zur Fläche und von lokalen Aussagen auf nationale Aussagen.
- 8 Für regionale und lokale Ökosystemleistungs-Assessments ist die Kartenproduktion ebenfalls sehr wichtig. Aus den hier präsentierten Arbeiten und den Resultaten des Workshops kommt klar hervor, dass sich auch auf dieser Skala «top-down»- und «bottom-up»-Instrumente ergänzen müssen. Für die allgemeinen Rahmenbedingungen (z.B. bei der Energienutzung) sind «top-down»-Instrumente mit der Konsultation von Stakeholdern unerlässlich, bei der konkreten Projektbeurteilung spielen «bottom-up»-Instrumente eine absolut zentrale Rolle. Hier hat das Institut PLUS der ETHZ vermutlich eine der grössten Erfahrungen in der Stakeholder-gesteuerten und szenariengetriebenen Evaluationen von Ökosystemleistungskarten.

3.6 Empfehlungen

Aufgrund der durchgeführten Analysen werden folgende Empfehlungen formuliert:

- 1 Wir empfehlen ein *nationales* Ökosystemleistungs-Assessment und einen umfassenden nationalen Bericht über Zustand, gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklung von Ökosystemleistungen, entsprechend den nationalen «The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)»-Studien⁴⁴. Die Indikatoren nach econcept/BAFU (2011) sind gut brauchbar. Nach Sichtung aller uns vorhandenen Unterlagen schätzen wir, dass mit LABES, den Arbeiten am WSL (Energie, Wald) und den Arbeiten am PLUS ETHZ für mindestens 50% der in econcept/BAFU (2011) aufgelisteten und in Tabelle 6 wiedergegebenen ÖSL mit relativ geringem Zeitaufwand schweizweite Karten hergestellt werden können. *Die Einschätzung in Tabelle 6 entspricht der Einschätzung des Projektteams und ist nicht breit durch Experteninterviews abgesichert*. Diese sollten «top-down» mit Konsultation von Experten/innen erstellt werden. Damit können allerdings noch keine Trade-offs zwischen den ÖSL berücksichtigt werden. Dies wäre mit zusätzlichem Aufwand verbunden.

⁴⁴ <http://www.teebweb.org>

Ökosystemleistung (Reihenfolge nach Priorität)	Zweck / Relevanz / Entscheidungssituat- ion	Mehrwert der Kartierung	Beispiele für be- stehende Grundla- gen	Priorität der Kartie- rung, Karten vor- handen *
G2 u. G3 (Erholungs- leistung im Wohnumfeld u. durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fer- nerholungsräume)	<i>Lokale bis regionale Steuerung der Erho- lungsnutzung. National:</i> Bedeutend für ein Reporting. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 1-5.</i>	Lokal bis regio- nal sehr hoch, viele Gemein- den haben wenig räumi- liche Grundla- gen zur Erho- lungsplanung. National für ein Reporting	LABES Regressi- onsmodell räumlich explizit	Hoch, einfache Mo- delle vorhanden
W3 (Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche undforstwirtschaftliche Nutzung)	<i>Regional und lokal wichtig für Versorgung der Bevölkerung. Wichtig für Entschei- dungssituation 2,3.</i>	Mehrwert in Planung und Landwirtschaft		Hoch, teilweise vor- handene Bodenkarte- rungen, NFP68 macht grösseren Effort in Kartierung
G7 (Ruhe)	Wichtig für Gesundheit. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 1, 4, 5.</i>	Mehrwert für Planung auf allen räumi- chen Ebenen	LABES «look-up table» anlagefreie Gebiete, Lärmkarten vorhanden	Hoch, Karten vorhan- den
W5 (Holzzuwachs und waldwirtschaftliche Nutzung)	Wald und Holznutzung wichtig für Energie, Landschaftsbild, Bio- diversität. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 1,3,4.</i>	Mehrwert für Planung auf allen räumi- chen Ebenen	Landesforstinventar, Stichproben 1.5 km	Hoch, Karten vorhan- den
G6 (Gesunde Luftquali- tät)	Wichtig für Gesundheit. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 1, 3.</i>	Mehrwert in Planung, Schutz der Bevölkerung	Schadstoffkarten	Hoch, Karten vorhan- den
S1, S2 (Schutzeistung vor Lawinen, Steinschlag und Murgängen durch Vegetation an Steilhän- gen u. Schutzeistung durch Gebiete, die über- flutet werden oder Was- ser zurückhalten können)	<i>Regional und lokal wichtig für Bevölke- rungsschutz. Wichtig für Entschei- dungssituation 3-5.</i>	Mehrwert in Planung, Schutz der Bevölkerung	Gefahrenkarten	Hoch, Karten vorhan- den
S3 (Speicherung von CO2)	National wichtig für GHC-Reporting.	Mehrwert für GHC-Reporting	GHC-Reporting	Hoch, Karten vorhan- den
W1 (Natürliches Angebot an Trink- und Brauch- wasser aus nutzbarem Grund- und Oberflächenwasser)	<i>Regional und lokal wichtig für Versorgung der Bevölkerung. Wichtig für Entschei- dungssituation 3-5.</i>	Mehrwert in Planung	Gemeinden, Was- serversorgung	Hoch, Karten vorhan- den
V1 (Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Öko- systeme und Land- schaften)	Biodiversitätsstrategie verlangt räumliche Differenzierung. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 2,3,5.</i>	Mehrwert für Planung auf allen räumi- chen Ebenen	Biodiversitätsmonito- ring, Stichproben in 1km-/5km-Auflösung, vorhanden	Hoch, Karten vorhan- den als Stichproben

Ökosystemleistung (Reihenfolge nach Priorität)	Zweck / Relevanz / Entscheidungssitu- ation	Mehrwert der Kartierung	Beispiele für be- stehende Grundla- gen	Priorität der Kartie- rung, Karten vor- handen *
W8 (Erneuerbare Ener- gien: Wasserkraft, Wind- kraft, Biomasse, Solar- energie und Geothermie)	<i>Regional und lokal wichtig für Planung Energiewende. Wichtig für Entschei- dungssituation 1.</i>	Mehrwert in Planung	Meteotest, WSL: Fülle von Kartenma- terial und Szenarien	Hoch, WSL macht grossen Effort in räumlich expliziter Analyse der Konflikte von Energieprodukti- on mit anderen Land- schaftsleistungen
G4 (Identifikationser- möglichung durch viel- fältige, schöne und charakteristische Land- schaften (Natur- und Kulturerbe))	Identifikation ist auf allen Stufen eine wich- tige Grundlage für Natur- und Land- schaftsschutz. <i>Wichtig für Entschei- dungssituation 3,4.</i>	Mehrwert vor allem national und mit Auflö- sung Gemein- den	LABES- Bevölkerungsbefra- gung auf Gemeinde- ebene, räumliche Auflösung Bezirk	Mittel
G1 (Erholungsleistung durch Jagen, Sammeln, Beobachten)	<i>Lokale bis regionale Steuerung der Erho- lungsnutzung.</i>	Mässiger Mehrwert, Expertenmei- nung vorhan- den	Exper- ten/innenmeinungen, Jagdbanngebiete	Mittel bis tief
W6 (Wildtiere und Fi- sche für die kommerzi- elle Nutzung)	<i>Lokale bis regionale Bedeutung.</i>	Mässiger Mehrwert, Expertenmei- nung vorhan- den	Exper- ten/innenmeinungen	Mittel bis tief
W7 (Wertvolle Natur- und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus)	<i>Lokale bis regionale Entwicklung der Kultur- landschaften. National: Bedeutend für ein Reporting. Wichtig für Entschei- dungssituation 1-4.</i>	Mehrwert für Planung auf allen räumi- chen Ebenen	BLN, Pärke, Kultur- landschaften	Mittel, Exper- ten/inneneinschätzun- gen vorhanden
G5 (Lokale Mikroklima- regulationsleistung durch Ökosysteme)	Wird nicht mehr wei- tergeführt			*
G8 (Ein für den Men- schen gesundheitsver- trägliches Niveau an nichtionisierender Strahlung)	<i>Wichtig für Gesundheit. Wichtig für Entschei- dungssituation</i>			*
W2 (Natürliches Angebot an Produktionsunterstüt- zungsleistungen: Be- stäubung und Schäd- lingsbekämpfung)				*
W4 (Futterpflanzen und organische Düngemittel für die landwirtschaftliche Nutzung)				*
W9 (Natürliche Produk- tionsunterstützungsleis- tung: Kühlleistung)				Aufgrund des be- schlossenen Aus- stiegs aus der Kern- energie keine Priorität
W10 (Genetische Res- sourcen und biochemi- sche Wirkstoffe)				*

Ökosystemleistung (Reihenfolge nach Priorität)	Zweck / Relevanz / Entscheidungssitu- ation	Mehrwert der Kartierung	Beispiele für be- stehende Grundla- gen	Priorität der Kartie- rung, Karten vor- handen *
W11 (Produktionsunter- stützungsleistung: Abbau beziehungsweise Spei- cherung von Reststoffen)				*

Tabelle 6: Mehrwert der Kartierung für die in econcept/BAFU 2011 erwähnten Ökosystemleistungen (Reihenfolge nach Priorität der Kartierung).

* Die Einschätzungen in der Spalte «Priorität der Kartierung, Karten vorhanden» sind eine Momentaufnahme vom Frühjahr 2013 und widerspiegeln den Kenntnisstand des Projektteams ohne breite Konsultation von Experten. Spezialisten für die jeweiligen Ökosystemleistungen kommen ev. zu abweichenden Einschätzungen.

2 Entwicklung eines gut ausgetesteten Instrumentes für nationale und regionale Analysen und Empfehlung als Standard. Eckpfeiler des Instruments:

- Das Instrument soll Stakeholder-gesteuerte Analysen der Trade-offs zwischen Ökosystemleistungen erlauben (inkl. räumliche Trade-offs). Trade-off-Berechnungen haben zwei Komponenten, nämlich eine objektiv-technische und eine, die von der Wahrnehmung der Stakeholder beeinflusst ist. Die objektiv-technische Komponente, z.B. Habitatverbesserung durch Flussrevitalisierung vs. Nahrungsmittelproduktion auf Ackerland, braucht keine oder nur eine minimale Mitwirkung seitens der Stakeholder. Eine grosse Mitwirkung ist jedoch dann angezeigt, wenn die Trade-offs bewertet werden und in die Entscheidungsfindung einfließen.
- Das Instrument soll nur wo nötig prozessorientiert sein, sonst reichen look-up Tables. Wo genaue Kartierungen vorhanden sind (z.B. Gefahrenkartierung) reichen diese, sind aber in das Instrument zu integrieren
- Erstellung eines szenariengetriebenen, nationalen Assessments, welches Grundlagen liefern kann, um die Auswirkungen der neuen Steuerungsinstrumente auf die Ökosystemleistungen abzuschätzen (z.B. neue Agrarpolitik, Gewässerschutzgesetz, neues Raumplanungsgesetz oder Zweitwohnungsinitiative, Europäische Biodiversitätsstrategie).
- Herstellung eines Argumentariums und einer technischen Wegleitung, die aufzeigen, welche Ökosystemleistungen in verschiedenen Anwendungsfeldern (siehe vorheriger Punkt) wichtig sind und wie sie räumlich auf verschiedenen Skalen berechnet werden können.

4 Teilbericht Indikatoren für das Naturkapital

Ökosystemleistungen sind Flussgrössen und werden daher in der Regel als Flussgrössen operationalisiert und erfasst (vgl. econcept/BAFU 2011). Flussgrössen sind ein Mass für die momentane Leistungsfähigkeit und zeigen weder an, ob diese Leistungen nachhaltig geliefert werden können, noch wie gross das Potenzial des Naturkapitals ist, welches die Ökosystemleistungen generiert. Für die Umweltpolitik und die umweltökonomische Berichterstattung ist es daher wichtig, auch Angaben zum zugrundeliegenden Umwelt- oder Naturkapitalstock (im Folgenden als «Naturkapital» bezeichnet) und dessen Veränderungen im Lauf der Zeit zu erhalten.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden deshalb neue Ansätze geprüft, um das Naturkapital zu ermitteln und seine zeitliche Entwicklung darzustellen. Dabei stand insbesondere eine Einschätzung der Notwendigkeit, der Nützlichkeit sowie der Machbarkeit eines gesamtschweizerischen Frühwarn-Indikators für die Politik im Vordergrund der Untersuchung, in Anlehnung an Entwicklungen auf internationaler Ebene.

Um die Fragestellungen zu klären, wurden einerseits Recherchearbeiten durchgeführt, Erfahrungen und Konzepte aus anderen Ländern analysiert und Gespräche mit Experten/innen geführt (vgl. Kapitel 1). Andererseits wurde im Rahmen des Projektes ein Workshop organisiert, an welchem Fragen zum Thema Kapitalstock-Indikator bearbeitet wurden.

4.1 Messen und Bewerten des Beitrages der Ökosphäre an die Wohlfahrt

Die Messung und Bewertung von Naturkapital ist im grösseren Kontext der globalen Bestrebungen zu verstehen, die laufenden und zum Teil massiven Veränderungen an den Ökosystemen zu analysieren und die Auswirkungen dieses Prozesses auf den Menschen zu quantifizieren. Dabei geht es einerseits um Aspekte der *Sensibilisierung* («bewusst machen») und andererseits um Aspekte einer möglichst *umfassenden Wohlfahrtsmessung* im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft. Umfassend heisst in diesem Zusammenhang, dass auch die Beiträge der Ökosphäre korrekt erfasst werden.

Als Beispiel derartiger Bestrebungen kann auf internationaler Stufe die «Biodiversitätsstrategie» der Europäischen Union herangezogen werden, welche die Messung und Bewertung der Ökosysteme und deren Leistungen (Ökosystemleistungen) bis zum Jahr 2014 anstrebt und die Integration dieser Werte in das System der Nationalen Buchhaltung bis zum Jahr 2020 vorsieht. Ähnliche Zielsetzungen gibt es auch auf nationaler Stufe, so beispielsweise in der Biodiversitätsstrategie des Bundes oder in Zielsetzungen der australischen Regierung.

4.1.1 Berücksichtigung von Ökosystemen in der Wohlfahrtsmessung

Die genannten Bestrebungen führen dazu, dass die bereits seit einiger Zeit zu diesem Thema durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten an praktischer Relevanz gewonnen haben. Um die Bedeutung von Umweltleistungen an die Wohlfahrt aufzuzeigen, sind im Prinzip drei Komponenten notwendig:

- Ein theoretisches Fundament, wie der Beitrag der Ökosphäre an die Wohlfahrt in die nationale Buchhaltung integriert werden kann, ohne dass es beispielsweise zu Doppelzählungen kommt.
- Die Messung und Bewertung der Ökosystemleistungen (Flussgrößen).
- Die Messung und Bewertung der Kapazität der Ökosphäre, Ökosystemleistungen zu produzieren (Naturkapital).

Auf das theoretische Fundament soll im Rahmen des vorliegenden Auftrages nicht detailliert eingegangen werden. Es ist jedoch festzuhalten, dass entsprechende Ansätze vorhanden sind und dass einzelne Länder (z.B. Australien) und internationale Organisationen (z.B. EU, UNO) die Thematik vorantreiben. In diesem Zusammenhang sind insbesondere auch die SEEA⁴⁵ Experimental Ecosystem Accounts zu erwähnen.

Die zweite Komponente betrifft die Messung und Bewertung der Flussgrößen, d.h. das Konzept der wohlfahrtsbezogenen Ökosystemleistungen im engeren Sinn. Es bestehen verschiedene Frameworks, wie die ÖSL gemessen werden können (vgl. econcept/BAFU 2011, CICES, MA), wobei sich diese ähneln resp. ineinander übergeführt werden können. Bei der Operationalisierung wird in der Regel sichergestellt, dass nur finale Ökosystemleistungen berücksichtigt werden, was Doppelzählungen vermeidet. Die Messung von Flussgrößen (Masseinheit pro Zeiteinheit) steht im Vordergrund, falls dies nicht möglich ist, werden auch Bestandesgrößen gemessen. Letztere sind dabei als Proxigrößen für den nicht messbaren Fluss zu interpretieren und nicht als Messung des Naturkapitals. Die *Bewertung* der wohlfahrtsbezogenen Ökosystemleistungen ist im Vergleich zu ihrer Messung weniger weit fortgeschritten. Ein gängiger Ansatz Ökosystemleistungen zu bewerten, ist die Monetarisierung, d.h. die Ermittlung des Wertes der ÖSL in Geldeinheiten. Auch wenn eine Vielzahl von Ansätzen existiert, welche zur Monetarisierung herangezogen werden könnten, ist umstritten, ob alle ÖSL überhaupt monetarisiert werden können (vgl. Diskussion in econcept/BAFU 2011).

Die Kapazität der Ökosphäre, Ökosystemleistungen zu produzieren wird als Naturkapital bezeichnet. Der Wert des Naturkapitals entspricht dabei gemäss Definition der (diskontierten) Summe aller zukünftigen Flüsse von Ökosystemleistungen, die durch das Naturkapital ermöglicht werden. Im Folgenden wird auf die Messung und Bewertung von Naturkapital detaillierter eingegangen.

⁴⁵ «System of Environmental-Economic Accounting», ein generelles Framework zur Integration der Leistungen der Ökosphäre in das System der Nationalen Buchhaltung

4.2 Indikatoren für das Naturkapital

Aus den bisherigen Erläuterungen wird klar, dass für eine langfristige Sicherstellung des Wohlfahrtsbeitrages der Ökosphäre auf die Messung und Bewertung von Naturkapital nicht verzichtet werden kann. Soll die Berücksichtigung der Leistungen der Ökosphäre bei der Wohlfahrtsmessung auch für die Schweiz langfristig angestrebt werden, muss zukünftig sichergestellt werden, dass das Schweizer Naturkapital gemessen und bewertet werden kann.

Kurz- und mittelfristig stellt sich die Frage, ob und in welcher Form Indikatoren für Naturkapital erstellt werden sollen, welche die BAFU-Indikatoren für Ökosystemleistungen sowie weitere Umweltindikatoren (vgl. Kapitel 2) ergänzen.

4.2.1 Flächen als Grundlage des Naturkapitals

Möglichkeiten zur Repräsentierung des Kapitalstocks wurden in jüngerer Zeit von verschiedenen Autoren im Zusammenhang mit der Diskussion um das System of Economic and Environmental Accounting (SEEA) diskutiert. Sowohl Vardon et al. (2011) als auch Obst (2012) gehen davon aus, dass das Potenzial ÖSL zu liefern, hauptsächlich vom physischen Ausmass des betreffenden Naturkapitals (z.B. zugehörige Landnutzungsfläche, m³ Wasser, etc.) und seiner Qualität beziehungswiese seinem Zustand abhängt.

Basierend auf dieser Grundidee wird vorgeschlagen, das Naturkapital eines Landes oder eines Gebietes über die unterschiedlichen Landbedeckungsarten und ihren Beitrag zu den Ökosystemleistungen zu approximieren. Das Vorgehen lässt sich grob in vier Schritte gliedern:

- 1 Erfassen der Landbedeckungsarten⁴⁶
- 2 Bewertung des Zustandes der einzelnen Landbedeckungsarten (Qualität).
- 3 Bewertung des Beitrages der einzelnen Landbedeckungsarten bezüglich der Produktion von Ökosystemleistungen. Je nach Landbedeckungsarten können auf derselben Fläche eine Vielzahl von verschiedensten Ökosystemleistungen produziert werden. Aus dieser Bewertung kann prinzipiell eine Gewichtung der Bedeutung einzelner Landbedeckungsarten abgeleitet werden.
- 4 Aggregation zu einem Gesamtindex.

Eine beispielhafte Beschreibung dieses Vorgehens findet sich beispielsweise in Vardon et al. (2011). Der Ansatz scheint auf den ersten Blick simpel zu sein, die praktische Umsetzung zeigt jedoch einige Herausforderungen, insbesondere bei den Schritten 2 bis 4.

Im Folgenden werden Konzepte erörtert, wie das Naturkapital auf Basis der Fläche ermittelt werden könnte.

⁴⁶ Gegebenenfalls kann hier auch zwischen Landbedeckungsart («land cover») und Landnutzungsart unterschieden werden («land use»). Ob diese Unterscheidung zweckmäßig ist, ist von den verfügbaren Daten abhängig. Als Vereinfachung wird im Folgenden nur der Begriff Landbedeckungsart verwendet.

4.2.2 Natural Capital Index Framework

Der Natural Capital Index (NCI) wurde in den Niederlanden im Kontext des Biodiversitätsschutzes entwickelt und kann als einer der ersten aggregierten Indikatoren für Naturkapital bezeichnet werden. Das Konzept besticht durch seine Einfachheit: Das Naturkapital ist definiert als das Produkt aus der Menge (Fläche) von Ökosystemen und deren Qualität. Beide Größen werden als Anteile (%) einer Referenzgröße ausgewiesen. Da der NCI zur Darstellung von Veränderungen über die Zeit verwendet wird, ist es im Prinzip sekundär, welche Zustände als Referenzgrößen definiert werden. Wichtig ist einzig, dass die Referenzgrößen klar definiert sind und sich über die Zeit nicht verändern. Als Referenzgröße für die Ausdehnung der Ökosysteme wird beispielsweise ein «vorindustrieller Zustand» des Gebietes modelliert und die Ausdehnung der einzelnen Ökosysteme in diesem Zustand als 100% bezeichnet. Für die Qualitäts-Dimension dient ein «nicht-degenerierter» Zustand der entsprechenden Ökosysteme, d.h. ein Zustand in welchem die Ökosysteme all ihre Funktionen vollständig ausüben können. Es scheint klar, dass heute unter diesen Voraussetzungen weder bezüglich Qualität noch bezüglich Ausdehnung ein Wert von 100% erreicht wird (vgl. Czucz et al. 2011, Ben ten Brink 2007, RIVM 2002).

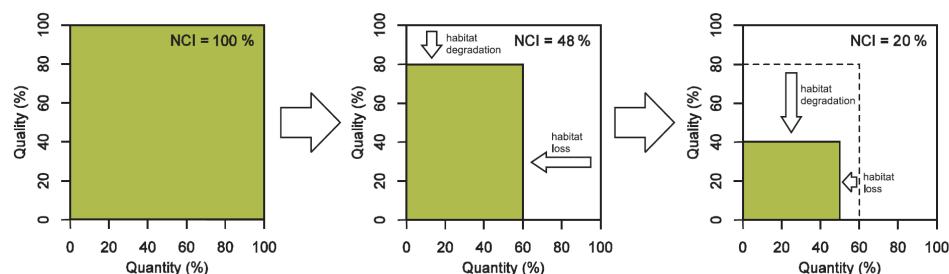
Formal ist der NCI pro Ökosystem wie folgt definiert:

$$NCI = \text{Qualität des Ökosystems (\%)} * \text{Ausdehnung des Ökosystems (\%)} = q * a$$

Wird der NCI über ein Gebiet mit mehreren unterschiedlichen Ökosystemen aggregiert, entspricht der NCI der Summe aller Produkte über die analysierten Ökosysteme i bis n, formal heißt dies:

$$NCI_{\text{Untersuchungsperimeter}} = \sum_{i=1}^n q_i a_i$$

Vermindert sich die Qualität und / oder die Ausdehnung des Ökosystems, vermindert sich auch der NCI entsprechend, wie folgende Figur anschaulich darstellt:



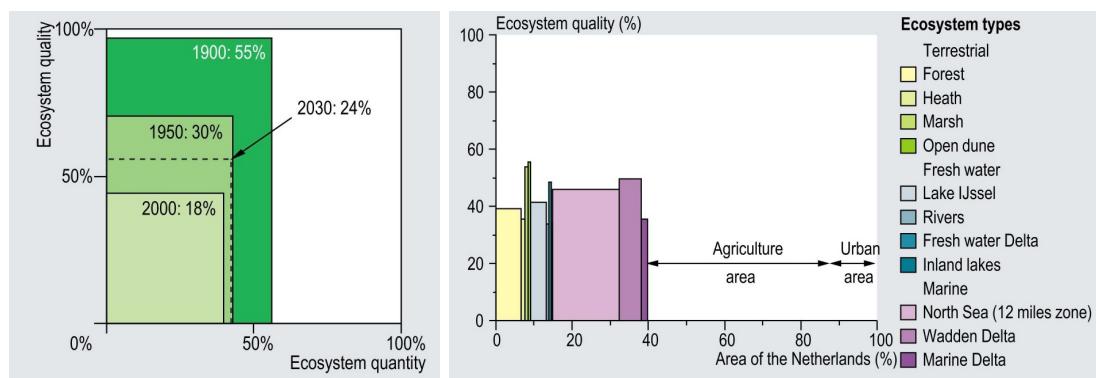
Figur 5: Beispielhafte Veränderung des «Natural Capital Index» bei Veränderungen der Qualität resp. der Ausdehnung der Ökosysteme.

Die grösste Herausforderung bei der Erstellung des NCI stellt sich in der Bestimmung der Qualität der Ökosysteme, da Daten zu den Ausdehnungen oft vorhanden sind und auch

ein Referenzzustand bezüglich Ausdehnung (vorindustrieller Zustand) relativ einfach modelliert werden kann.

In den Niederlanden wurde die Qualität der Ökosysteme mittels diverser Indikatoren bestimmt, hauptsächlich bezüglich der Anzahl Arten. Dort wo keine Informationen zu den Anzahl Arten verfügbar waren, wurden Proxygrößen verwendet, beispielsweise Indikatoren bezüglich der Belastungen, die auf ein bestimmtes Ökosystem einwirken. Ähnliche Analysen wurden nach demselben Konzept auch für Ungarn erstellt (vgl. Czucz et al. 2011, RIVM 2002).

Die untenstehenden Figuren erläutern anschaulich die Resultate aus der Berechnung des NCI in den Niederlanden. Links ist der aggregierte Index über das ganze Land dargestellt. Dabei wurden nicht nur die aktuellen (2010) Werte bestimmt, sondern mittels Modellierungen wurden auch Werte für die Vergangenheit (1900, 1950) und für die Zukunft (2030) bestimmt. Die Figur zeigt einfach und intuitiv die Veränderung des Naturkapitals. Auf der rechten Seite hingegen, ist der NCI pro Ökosystemart dargestellt. Dabei zeigt sich der Vorteil einer Darstellung in Flächen: Die einzelnen Ökosysteme können addiert werden und ergeben wieder das Bild links.



Figur 6: Umsetzung des NCI in den Niederlanden. Links ist der aggregierte Index dargestellt (inkl. Abschätzungen für das Jahr 1900, 1950 und 2030), rechts ist der NCI für das Jahr 2010 pro Ökosystem dargestellt.

Agrarland und urbane Gebiete weisen einen NCI von 0% aus, d.h. die Qualität dieser beiden Flächen wurde in Bezug auf den NCI mit 0% bewertet (!). Darin zeigt sich der klare Bezug zur Biodiversität und gleichzeitig auch ein wesentlicher Schwachpunkt der Studie: Der Zusammenhang zwischen dem NCI-Wert und den Ökosystemleistungen ist nur implizit (bessere und ausgedehntere Ökosysteme führen zu mehr Ökosystemleistungen), nicht explizit modelliert. Zudem wurde die Qualität der Ökosysteme vorwiegend mit Biodiversitätsindikatoren bewertet. Dies bedeutet aber nicht, dass das Konzept der NCI ungeeignet wäre. Im Gegenteil, das Konzept des NCI ist sehr flexibel und kann durchaus auch einen stärkeren Bezug auf die Ökosystemleistungen aufweisen, je nachdem welche Indikatoren zur Bestimmung der Qualität herangezogen werden (vgl. nachfolgende Erläuterungen zum schottischen Natural Capital Asset Index).

Ein weiterer Kritikpunkt am NCI ist die sehr simple Aggregation der einzelnen NCI-Werte zu einem Gesamtindex. Die Addition der Werte zu einem Gesamtindex führt dazu, dass Ökosysteme in einem Verhältnis 1 zu 1 substituiert werden können, ohne dass sich der Gesamtindex verändert. Somit hat jede Grösseneinheit implizit denselben Wert, was aus Sicht der Ökosystemleistungen bedeuten würde, dass jede Fläche der gleichen Qualität einen identischen Beitrag zur Wohlfahrt liefert. Dies scheint eine sehr einschränkende Annahme zu sein. Aus diesem Grund wird im nächsten Kapitel auf eine spannende Weiterentwicklung des NCI eingegangen.

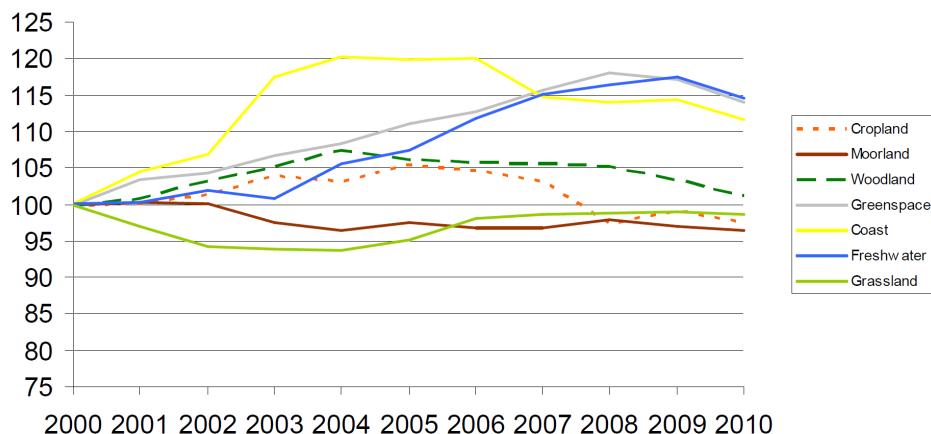
4.2.3 Natural Capital Asset Index

Eine Weiterentwicklung des NCI Konzepts wurde bereits erfolgreich in Schottland implementiert. Der «Natural Capital Asset Index», kurz NCA Index, misst die Veränderungen des Naturkapitals in Schottland und soll in Zukunft jährlich produziert und publiziert werden. Der Zweck des NCA Index ist gemäss dem «Scottish Natural Heritage» (SNH), die Nachhaltigkeit des ökonomischen Wachstums langfristig zu beurteilen. Das Ziel dabei ist, ökonomisches Wachstum zu erreichen, ohne einen Rückgang des Naturkapitals in Kauf nehmen zu müssen. In diesem Sinn wird der NCA Index als Ergänzung und nicht als Ersatz bestehender Umweltindikatoren und ökonomischer Kennzahlen gesehen.

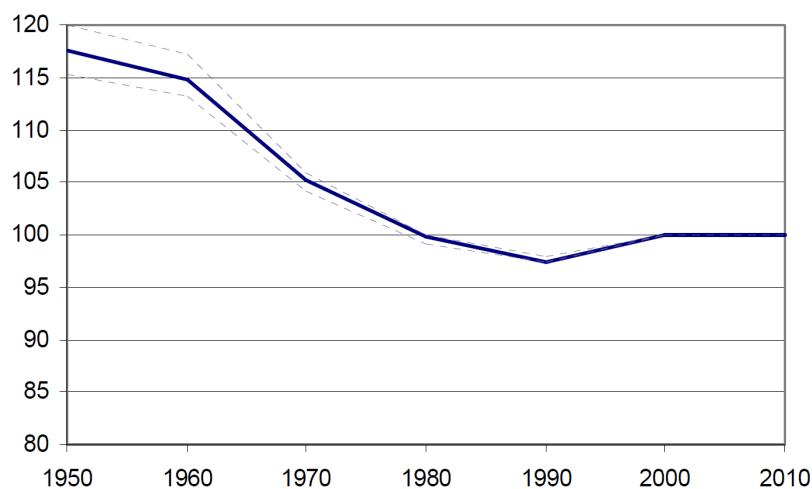
Resultate des NCA Index

Mit dem NCA Index können Aussagen zum Naturkapital der untersuchten Ökosysteme und zum aggregierten Naturkapital Schottlands gemacht werden. Zudem besteht ein direkter Bezug zu den Ökosystemleistungen, was beispielsweise Aussagen zu den Veränderungen bei unterschiedlichen Typen von Ökosystemleistungen ermöglicht. Das SNH stützt sich bei den Ökosystemleistungen auf die Einteilung nach CICES und unterscheidet die Leistungen in den Kategorien «Regulation & Maintenance», «Provisioning» und «Cultural». Weitere Auswertungsmöglichkeiten im Rahmen der Untersuchungen des SNH ergeben sich aus der Modellierung vergangener Zustände, ähnlich wie dies bereits beim NCI gemacht wurde. Mit Hilfe dieser Modellierungen können Aussagen zu langfristigen Veränderungen gemacht werden.

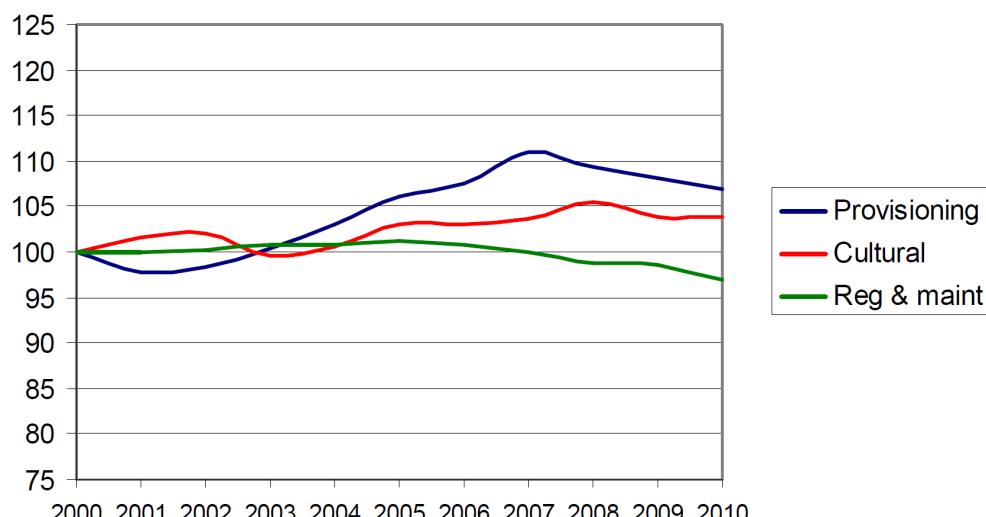
Die folgenden Figuren fassen die wichtigsten Resultate der Untersuchungen im Rahmen des NCA-Index zusammen und bieten einen Überblick was dieses Instrument auch für die Schweiz leisten könnte.



Figur 7: NCA Index für Schottland, nach Ökosystemen gegliedert, für die Jahre 2000 bis 2010. Die Werte sind auf das Jahr 2000 indexiert (2000=100). Quelle: SNH 2012.



Figur 8: Aggrierter NCA Index für Schottland für die Jahre 1950 bis 2010. Die Werte bis 2000 basieren auf einer rückwirkenden Modellierung. Die Werte sind auf das Jahr 2000 indexiert (2000=100). Quelle: SNH 2012.



Figur 9: NCA Index für Schottland für die Jahre 2000 bis 2010, nach Ökosystemleistungen gegliedert. Die Einteilung der ÖSL entspricht der CICES Klassifizierung. Die Werte sind auf das Jahr 2000 indexiert (2000=100). Quelle: SNH 2012.

Methodik des NCA Index

Gemäss dem Methodikpapier (SNH 2012) erfolgt die Berechnung des NCA Index in folgenden Schritten:

- 1 **Bestimmung der Fläche:** Zunächst wurden sieben Ökosysteme definiert, die für Schottland relevant sind. Anschliessend konnten, basierend auf bestehenden Statistiken, die Flächen dieser Ökosysteme bestimmt werden.
- 2 **Bestimmung der Qualität der Ökosysteme:** Die Qualität der Ökosysteme wird gemäss NCA Methodikpapier mittels bereits bestehender Indikatoren gemessen, welche nach Möglichkeit in einem direkten Bezug zu den untersuchten Kategorien von Ökosystemleistungen stehen. Die Auswahl der Indikatoren zur Bestimmung der Qualität der Ökosysteme basiert auf der Relevanz in Bezug auf die Ökosystemleistungen sowie auf der Regelmässigkeit der Datenerhebung. Indikatoren, die nicht jährlich erhoben werden, werden interpoliert. Gemäss NCA werden gesamthaft über hundert Indikatoren zur Bestimmung der Qualität der Ökosysteme berücksichtigt (z.B. Angaben zu Tierpopulationen, Umweltbelastungen und Emissionen, Daten des UK «countryside survey»⁴⁷, Zahlen zu Fischfang und Holzproduktion). Die ausgewählten Indikatoren werden anschliessend durch ein Experten/innen-Gremium (basierend auf den Kriterien «Datenqualität» und «Impact auf die Ökosystemleistungen») gewichtet um die Qualität der einzelnen Ökosysteme zu bestimmen. Mittels Sensitivitätsanalysen konnte gezeigt werden, dass die Resultate robust sind und nur wenig ändern, falls Gewichtungen anders gewählt werden.
- 3 **Bildung von Sub-Indices:** Durch Multiplikation der Fläche mit der Qualität wurden pro Ökosystem und Jahr Werte berechnet. Diese wurden anschliessend auf das Basisjahr 2010 indexiert. Der NCA Index ist somit, vergleichbar mit ökonomischen Indices wie der Landesindex der Konsumentenpreise oder Börsenindices, losgelöst von physikalischen Einheiten.
- 4 **Bildung eines aggregierten Indexes:** Jedes Ökosystem wurde in Bezug auf seinen relativen Beitrag zu den Ökosystemleistungen gewichtet (siehe nachfolgende Tabelle). Die Gewichtung kann je Ökosystemleistung auf unterschiedlichen Datenquellen resp. Methoden basieren. Für den NCA Index sind dies:
 - Einschätzung von SNH-Experten/innen
 - Befragung von SNH-externen Wissenschaftler/innen
 - Befragung von Beschäftigten im Tourismusbereich
 - Marktpreisen resp. Wertschöpfung (wo diese Informationen verfügbar sind)
 - Fragen in Omnibus-Befragungen (Bevölkerungsbefragungen)

⁴⁷ <http://www.countrysidesurvey.org.uk>

Ranking	Ökosystem gemäss SNH	Gewicht
1	«Freshwater»	5.0
2	«Coastal»	2.1
3	«Woodland»	2.0
4	«Moorland»	1.9
5	«Rough grassland»	1.7
6	«Urban greenspace»	1.7
7	«Cropland»	1.0

Tabelle 7: Gewichtungsfaktoren für die Sub-Indices der Ökosysteme in Bezug auf ihren relativen Beitrag zu den Ökosystemleistungen gemäss Definition des SNH (SNH 2012). Die Gewichtungsfaktoren beruhen zu einem grossen Teil auf Einschätzungen / Befragungen von Experten/innen (siehe Lauftext oben).

Es ist wichtig zu betonen, dass die Stärke eines solchen Indexes in der langfristigen Verfolgung von Veränderungen liegt und nicht in einer hohen Präzision oder Aussagekraft der jährlichen Messwerte. Insofern eignet sich ein solcher Indikator besonders gut für die vom SNH definierten Ziele eines langfristigen Monitorings des Naturkapitals. Direkte Handlungsempfehlungen, beispielsweise zu einzelnen Ökosystemen oder Regionen, können nicht direkt aus diesem Index abgeleitet werden. In diesem Sinn entspricht der NCA-Index anderen Indices, wie sie beispielsweise in der Ökonomie gebräuchlich sind: Der Börsenindex SMI oder auch das GDP eignen sich als Monitoring-Instrumente besonders gut. Falls ein Problem erkannt wird, müssen jedoch weitere Untersuchungen folgen, damit konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

Bei der Produktion von Kapitalstock-Indikatoren für einzelne Ökosysteme (Sub-Indices) stellen sich im Prinzip die gleichen Herausforderungen, wie bei der Erstellung eines gesamthaften NCA Index. Einzig auf die Gewichtung der Sub-Indices kann verzichtet werden. Aus diesem Grund sind Kapitalstock-Indikatoren für einzelne Ökosysteme nur dann zweckmässig, wenn entweder die Ressourcen für eine umfassende Messung des Naturkapitals fehlen oder wenn eine Gewichtung der Sub-Indices nicht erwünscht ist.

Nachfrage nach Ökosystemleistungen

Was in der Berechnung des NCA möglicherweise zu kurz kommt, ist die Berücksichtigung der räumlich expliziten Nachfrage nach Ökosystemleistungen. Das Ausmass in welchem Ökosystemleistungen erbracht werden, hängt auch von der Nachfrage ab. Beispielsweise produziert ein Wald nur dann Erholungsleistung, wenn Menschen diese nachfragen und den Wald zum Zweck der Erholung besuchen wollen/können. Der Wert des Naturkapitals Wald muss somit abnehmen, wenn die Nachfrage nach «Walderholung» abnimmt, beispielsweise aufgrund von Modeerscheinungen oder Veränderungen der Demografie.

Die Nachfrage nach Ökosystemleistungen ist typischerweise räumlich explizit, eine bestimmte Fläche eines bestimmten Ökosystems ist somit nicht in jedem Fall der gleichen Nachfrage ausgesetzt, je nach dem wo es sich räumlich befindet. Diesem Umstand könnte Rechnung getragen werden, indem die untersuchten Typen von Flächen feiner unterteilt werden (z.B. Wald in Siedlungsnähe, Wald unerschlossen). Dies wäre aber mit ei-

nem erheblichen Mehraufwand verbunden, da die Kriterien der räumlichen Gliederung nicht für alle Ökosystemleistungen identisch sind. Zudem würde dieser Ansatz wesentlich ausführlichere Daten und eine räumlich explizite Modellierung der Nachfrage erfordern. Aus den genannten Gründen scheint es zweckmässiger, die Nachfrage nach Ökosystemleistungen in der Beurteilung der Flächen zu berücksichtigen, auch wenn dadurch eine Vereinfachung der tatsächlichen Situation in Kauf genommen werden muss. Wieweit das Problem der Nachfrage im genannten Beispiel aus Schottland berücksichtigt wurde, lässt sich aus den vorliegenden Informationen nicht schliessen. Zumindest eine teilweise Berücksichtigung der Nachfrage mittels der gewählten Qualitätsindikatoren und Gewichtungsfaktoren scheint aber erfolgt zu sein.

Im Prinzip in eine ähnliche Richtung wird auch international argumentiert. So wird von einem Interview-Partner richtigerweise darauf hingewiesen, dass der Zustand des Ökosystems bestenfalls die Kapazität der Ökosysteme zeige, ÖSL zu produzieren. Der Zustand eines Ökosystems an sich sei jedoch ein schlechter Indikator für die Leistungen, die heute oder in Zukunft tatsächlich durch die Ökosysteme erbracht würden. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, Aspekte der Nachfrage nach Ökosystemleistungen in das MAES Framework zu integrieren. Im Gegensatz zu dem vorhin beschriebenen, soll die Nachfrage jedoch räumlich explizit zu modelliert werden. Inwiefern dies gelingt, muss sich noch weisen. Die Entwicklung dieses Ansatzes ist aber mit Interesse zu verfolgen.

4.2.4 Einzelindikatoren

Nebst der Bestimmung eines umfassenden Indikators für das ganze Naturkapital («NCA Index») resp. eines Indikators für das Naturkapital, welches innerhalb eines bestimmten Ökosystems produziert wird («Sub-Indices») ist es auch denkbar, Kapitalstock-Indikatoren für einzelne Ökosystemleistungen zu schaffen. Solche Indikatoren würden das bestehende Indikatorenset des BAFU⁴⁸ zum Umweltzustand um Aspekte des Naturkapitals ergänzen. Die Arbeiten von Van Oudenhoven et al. (2012) weisen in diese Richtung: Gemäss diesen Autoren soll jeder Ökosystemleistung mindestens ein Zustands- und ein Leistungs-Indikator zugeordnet werden (vgl. Teilbericht 1).

Als mögliche Kandidaten für solche Einzelindikatoren werden beispielsweise die *ökologische Ausgleichsfläche* oder die *fruchtbaren Böden* genannt. Teilweise wurden Einzelindikatoren bereits im Rahmen der wohlfahrtsbezogenen Indikatoren für Ökosystemleistungen vorgeschlagen, wo diese als Proxigrössen für die nicht messbaren Flussgrössen eingesetzt werden. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl dieser Indikatoren, bei denen der Bezug zum Naturkapital besonders klar ersichtlich ist.

⁴⁸ <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/>

Ökosystemleistung	Indikator
G2: Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume sowie Nah- und Fernerholungsräume	I1: Verfügbarkeit von Grünflächen und Wasserläufen im Umkreis von 4 km um Wohnhäuser in der Schweiz I2: Erreichbarkeit von Naherholungsgebieten für die Schweizer Wohnbevölkerung I3: Erreichbarkeit anlagefreier Gebiete für die Schweizer Wohnbevölkerung I4: Erreichbarkeit von stillen Gebieten für die Schweizer Wohnbevölkerung I6: Anlagearme Gebiete für Erholung I7: Gewässerabschnitte frei begehbar
G3: Erholungsleistung durch Erholungsräume im Wohnumfeld (Gärten u.a.)	I1: Fläche, die potenziell zum privaten Gartenbau oder zum Sitzen, Spielen und Geniessen genutzt werden kann
S1: Schutzleistung vor Lawinen, Steinschlag und Murgängen durch Vegetation an Steilhängen	I1: Schutzwaldfläche für den Schutz vor Naturgefahren in km ²
W2: Natürliches Angebot an Produktionsunterstützungsleistungen: Bestäubung	I2: Durchschnittliche Bienendichte in der Schweiz (Völker pro km ²)
W3: Fruchbarer Boden für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung	I1: Landwirtschaftlich genutzte Bodenfläche in Hektaren I2: Waldwirtschaftlich genutzte Bodenfläche in Hektaren

Tabelle 8: Indikatoren für Naturkapital, die als Proxygrössen für Ökosystemleistungen vorgeschlagen wurden (Die Tabelle stellt eine Auswahl jener Indikatoren dar, bei denen der Bezug zum Naturkapital besonders klar ersichtlich ist). Siehe auch Tabelle 3 im Teilbericht 1.

Einzelindikatoren können zweckmässig sein, wenn bestimmte Problemfelder detailliert analysiert und überwacht werden sollen. Generell gesagt, betrifft dies Ökosystemleistungen mit möglicherweise unausgeschöpftem Potenzial resp. bei möglicherweise übernutzten Potenzialen. In einem BAFU-internen Arbeitspapier (Hauser et al. 2010) wird der Bedarf an Einzelindikatoren in erster Linie für die Ökosystemleistung W7 («Angebot von wertvollen Natur und Kulturlandschaften für die kommerzielle Nutzung im Tourismus») sowie V1 («Existenz natürlicher Vielfalt auf der Ebene der Arten, Gene, Ökosysteme und Landschaftenausgemacht») ausgemacht. In zweiter Linie wird empfohlen, für folgende Ökosystemleistungen Kapitalstockindikatoren zu prüfen: G4 (identifikationsstiftende Landschaften), S2 (Gebiete, die überflutet werden oder Wasser zurückhalten können), W3 (fruchbarer Boden / Fruchfolgeflächen) und W5 (Holzvorrat sowie Resilienz der Wälder).

Teilweise wird aus Fachkreisen (z.B. am Workshop) vorgeschlagen, einzelne Indikatoren als «Leitindikatoren» zu interpretieren, falls sich herausstellt, dass die gewählten Indikatoren einen besonders grossen Anteil am Naturkapital aufweisen. Aufgrund der thematischen Breite des ÖSL-Ansatzes sowie aufgrund der Tatsache, dass die Ökosystemleistungen in verschiedensten Bereichen durch unterschiedlichste Ökosysteme erbracht werden, scheint dies jedoch zumindest fraglich zu sein.

4.2.5 Umsetzbarkeit in der Schweiz

Als Ausgangspunkt für einen auf der Fläche basierenden Indikator könnte in der Schweiz die sehr umfassende Arealstatistik des Bundesamts für Statistik dienen, welche sowohl die Landbedeckungsarten als auch die Landnutzungsarten bis auf Ebene der Gemeinden

beinhaltet⁴⁹. Denkbar wäre ebenfalls die Nutzung der Daten aus dem europäischen «CORINE»⁵⁰ Projekt, welche ebenfalls für die Schweiz vorliegen. Die Einteilung der Landbedeckungsarten nach Level 3 in «CORINE» (vgl. BFS 1998) würde wahrscheinlich hinreichend detailliert sein, um genügend differenzierte Aussagen zu den verschiedenen Ökosystemleistungen machen zu können, die potenziell auf dieser Fläche produziert werden. Dadurch liesse sich, analog zum NCA Index, eine hinreichende Verbindung zwischen Fläche und Ökosystemleistungen schaffen.

Für die Bewertung der Qualität der Landbedeckungsarten wird in der Literatur vorgeschlagen, auf ein ausreichend grosses Sample zurückzugreifen und dieses anhand ökosystemspezifischer Indikatoren zu bewerten. Dies scheint im Rahmen des NCA Index in Schottland geeglückt zu sein. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass dies auch in der Schweiz möglich sein sollte. Ähnliche Ansätze sind im Bereich Biodiversität, Natur und Landschaft nicht ganz unüblich (siehe z.B. Jeanneret et al. 2009).

Eine gewisse Herausforderung stellt sich bei der Gewichtung der einzelnen Sub-Indices, falls eine Aggregation gewünscht ist. Hier hat sich offensichtlich die Bildung eines Experten/innen-Gremiums bewährt, um diese Frage zu lösen. Trotz der akademischen Bedeutung der Fragestellung, muss betont werden, dass die Aussagekraft und Nützlichkeit eines Gesamtindikators für das Naturkapital nur bedingt von den gewählten Gewichten abhängig ist. Hauptzweck des Indikators ist die Messung und Kommunikation der Veränderung des Naturkapitals über längere Zeitperioden. Letzteres gelingt, unabhängig davon, wie präzise die gewählten Gewichte tatsächlich sind.

4.3 Einschätzungen aus dem Workshop

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde ein Workshop mit Experten/innen durchgeführt, an welchem auch die Bewertung des Naturkapitals diskutiert wurde. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Resultate des Workshops. Dabei handelt es sich nicht um eine repräsentative Beurteilung, sondern um ein Stimmungsbild aus Sicht der teilnehmenden Fachpersonen.

4.3.1 Nützlichkeit und Bedarf

Die Frage der Nützlichkeit und des Bedarfs eines Indikators für das Naturkapital wurde im Rahmen einer offenen Diskussion im Plenum erläutert. Danach nahmen die Teilnehmenden zu folgende Aussagen Stellung:

Aussage
1 Der Indikator wäre wertvoll als politischer Frühwarn-Indikator.
2 Der Indikator könnte auch Fachleuten einen wertvollen Überblick geben.
3 Ein umfassender Indikator böte einen bedeutenden Mehrwert gegenüber Einzel-Indikatoren für Komponenten des Naturkapitals.

Tabelle 9: Bewertete Aussagen zum Thema Kapitalstock-Indikator

⁴⁹ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/03/blank/data/gemeindedaten.html>

⁵⁰ «Coordination of Information on the Environment»

Das Stimmungsbild am Workshop zeigt, dass sich die Teilnehmenden bezüglich der Nützlichkeit eines solchen Indikators relativ einig sind. Die Frage, ob ein umfassender Indikator mehr bietet als einzelne Indikatoren und ob ein solcher Indikator auch für Fachpersonen wertvoll wäre, wurde hingegen kontroverser beurteilt.

4.3.2 Machbarkeit eines Indikators für das Naturkapital

Die Beurteilung der Machbarkeit eines Indikators für das Naturkapital wurde ebenfalls im Plenum diskutiert. Dabei zeigte sich eindeutig, dass diese Frage kontroverser diskutiert wird als die Frage der Nützlichkeit.

	Aussage
A	Es ist gut machbar, einen Konsens über die Kriterien für die relative Bedeutung von Landbedeckungsarten zu finden.
B	Es ist machbar, geeignete Kriterien für die Bedeutung einer bestimmten Landbedeckungsart (z.B. Gletscher) im Vergleich zu anderen (z.B. Bergwald, Fruchfolgeflächen) zu finden.
C	Es ist gut machbar, einen Konsens über die «Benotungs-Kriterien» zu finden.
D	Es ist gut machbar, geeignete Kriterien für die «Benotung» des Zustands pro Landbedeckungsart zu finden.

Tabelle 10: Bewertete Aussagen zum Thema Kapitalstock-Indikator

4.3.3 Weitere Kernaussagen aus dem Workshop

Im Folgenden sollen einige der Kernaussagen aus dem Workshop festgehalten werden.

- Ein umfassender Indikator wäre insbesondere für die Kommunikation (Sichtbarmachen, schnelle und einfache Darstellung) der Leistungen der Ökosphäre, das Monitoring (Entwicklung über die Zeit) sowie als «Gegengewicht» zu rein ökonomischen Indikatoren wie beispielsweise das GDP nützlich.
- Die Nützlichkeit eines umfassenden Indikators für die Politik wird kaum bestritten, die Machbarkeit wird jedoch eher kritisch beurteilt. Einige Teilnehmende äußern die Ansicht, dass bei einer starken Vereinfachung kaum brauchbare Aussagen möglich seien. Andere betonen hingegen, dass eben gerade diese Vereinfachungen nötig seien, um einen intuitiv verständlichen und für die Politik nützlichen Indikator zu schaffen.
- Einige Teilnehmenden weisen darauf hin, dass es für einen Gesamtindikator auch Mut zur Vereinfachung braucht (sind doch auch die üblichen ökonomischen Gesamtindikatoren zum Teil recht vereinfacht).
- Ein umfassender Indikator ersetzt einzelne Indikatoren nicht, ist aber auch kein Gegensatz (vgl. Indices in der Ökonomie). Die Teilnehmenden sind sich uneinig, ob die Aggregation von zum Teil bestehenden Teilindikatoren oder die Nutzung einer neuen Methodik für die Herleitung eines «Lead-Indikators» zweckmässiger ist. Hier scheint es noch Klärungsbedarf zu geben.
- Bei Indikatoren, die an der Fläche ansetzen, besteht das Problem der Repräsentierung nicht flächengebundener Ökosystemleistungen sowie der Umgang mit Flächen, auf denen mehreren Ökosystemleistungen produziert werden.

4.4 Empfehlungen

Generell empfehlen wir, die Erfassung des Naturkapitals der Schweiz möglichst umfassend voranzutreiben, um die Kapazität der Ökosphäre in Bezug auf die Erbringung von Ökosystemleistungen langfristig zu überwachen. Diese Empfehlung wird durch zahlreiche internationale Aktivitäten in diesem Bereich (z.B. EEA, OECD, SEEA) gestützt. Aus den durchgeführten Arbeiten lassen sich folgende konkrete Empfehlungen ableiten:

- 1 Wir empfehlen, in einem ersten Schritt klare Ziele hinsichtlich Zweck und Anspruchsguppen bezüglich allenfalls neu zu schaffenden Indikatoren / Indices zu definieren. Je nach Zieldefinition sind unterschiedliche Vorgehensweisen resp. Indikatoren zweckmäßig. Wir erachten jedoch die Berücksichtigung des Naturkapitals, d.h. des Potenzials der Ökosysteme in Zukunft mit Ökosystemleistungen einen Beitrag an die Wohlfahrt zu leisten, als richtig und wichtig.
- 2 Gemäss Aussagen von Experten/innen ist die Datenlage in der Schweiz in Bezug auf Umweltindikatoren überdurchschnittlich gut. Ausserdem liegen sehr detaillierte Angaben zu den Landnutzungen und zu den Landbedeckungsarten bis auf Ebene der Gemeinden vor. Aus diesen Gründen ist anzunehmen, dass die Bildung eines Indikators nach Vorbild des schottischen NCA Index in der Schweiz möglich wäre. Wir erachten den NCA Index als ein zweckmässiges, einfaches und gut zu kommunizierendes Mittel um das Naturkapital darzustellen. Die Möglichkeit der Produktion eines «Swiss NCA Index» sollte weiterverfolgt und konkretisiert werden. Wir erachten die dafür notwenigen Annahmen und Vereinfachungen sowie die erforderlichen Gewichtungen als nicht unproblematisch, aber im Hinblick auf die Ziele eines solchen Instrumentes auf alle Fälle prüfenswert. Wichtig ist, dass die Methodik transparent und jeweils für die entsprechenden Adressaten (z.B. Fachexperten, Öffentlichkeit, Politik) verständlich kommuniziert wird.
- 3 Die Produktion weiterer Einzelindikatoren für bestimmte Naturkapitalien drängt sich aus unserer Sicht zurzeit nicht auf. Der Mehrwert gegenüber dem bestehenden Indikatorenset scheint eher klein zu sein, da die Breite des Beitrages der Ökosphäre auch durch weitere Einzelindikatoren nur ungenügend abgebildet wird. Ausserdem sind die methodischen Herausforderungen nur teilweise kleiner als bei einem «Swiss NCA Index». Besteht jedoch in gewissen Bereichen, z.B. bei den ökologischen Ausgleichsflächen ein Bedarf für eine vertiefte Problemanalyse und spezifischen Berichterstattung kann die Produktion von einzelnen zusätzlichen Indikatoren durchaus anvisiert werden. Die Frage, ob zusätzliche Einzelindikatoren oder doch aggregierte Indikatoren (Indices) für Ökosysteme oder für das gesamte Naturkapital produziert werden sollen, ist aus unserer Sicht eher eine Frage der Ressourcen resp. der Akzeptanz und weniger eine prinzipielle Frage. Im besten Fall würde beides gemacht, da mit den beiden Instrumenten unterschiedliche Fragestellungen beantwortet respektive unterschiedliche Kommunikationsbedürfnisse bedient werden.
- 4 Falls zurzeit aus Ressourcengründen oder aus Gründen der Akzeptanz auf einen umfassenden Index verzichtet wird, schlagen wir vor, bei der allfälligen Produktion

von weiteren Kapitalstock-Indikatoren darauf zu achten, dass die Einzelindikatoren später zu einem umfassenden oder wenigstens teil-umfassenden Index aggregiert werden können. Dabei wäre auch eine Architektur denkbar, die verschiedene Gewichtungen zulässt, falls dies die Akzeptanz erhöhen würde.

- 5 Um den Einfluss eines Indikators für das Naturkapital auf Politik und Gesellschaft zu maximieren, muss dieser in ein umfassendes Kommunikationskonzept einbezogen werden (vgl. Empfehlungen aus Teilbericht 1). Dieses Konzept sollte nebst dem Naturkapital sowohl die Indikatoren für Ökosystemleistungen als auch weitere Indikatoren zum Umweltzustand enthalten. Andernfalls ist die Gefahr gross, dass «nur» ein weiterer Indikator geschaffen wird, welcher in der Fülle der bereits bestehenden Indikatoren keine Beachtung findet.

Literatur

- Anders, K. (2012): Kommunikation über ÖSD. In: Grunewald, K., Bastian, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele (137-147). Heidelberg: Springer Verlag.
- Aslaksen, I., Framstad, E., Garnasjordet, P.A., Lillegard, M. (2012). The Norwegian Nature Index: Expert evaluations in precautionary approaches to biodiversity policy. *Norwegian Journal of Geography* 66: 257-271.
- BAFU, Abteilung AÖL (2012): Synthese der Auslegeordnung ÖSL (internes Dokument).
- BAFU (2010): Roth U., Schwick Ch., Spichtig F. (2010): Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Banzhaf, H., Boyd, J. (2012): The Architecture and Measurement of an Ecosystem Services Index. In: *Sustainability* 4 (12), 430-461.
- CICES Common International Classification of Ecosystem Services (2012): Report to the European Environment Agency.
- Cosier, P. (2011): Accounting for the Condition of Environmental Assets. Paper prepared for the Expert meeting on Ecosystem Accounts, London, 5-7 December.
- Cosier, P., McDonald, J. (2010): A Common Currency for building Environmental (Ecosystem) Accounts. A proposed standard for Environmental (Ecosystem) Accounting for the international 'System of integrated Environmental and Economic Accounts'. Paper prepared for the 16th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, Santiago, 25-28 October.
- Czucz, B., Molnár Z., Horváth, F., Nagy, G.G., Botta-Dukát, Z., Török, K. (2012). Using the natural capital index framework as a scalable aggregation methodology for regional biodiversity indicators. *Journal for Nature Conservation* 20: 144-152.
- econcept/BAFU (2011): Staub, C., Ott, W. et al. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- econcept/BAFU (2009): Ott, W., Staub, C. (2009). Wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren. Eine Machbarkeitsstudie zur statistischen Fundierung der Ressourcenpolitik. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Edens, B., Hein, L. (2013): Towards a consistent approach for ecosystem accounting. *Eco-logical Economics* 90: 41–52.
- European Union (2013): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Discussion paper – Final, April 2013.
- Grêt-Regamey, A., Brunner, S.H., Kienast, F. (2012a): Mountain ecosystem services – who cares? *Mountain Research and Development* 32: 23-34.

- Grêt-Regamey, A., Rabe, S.E., Crespo, R., Ryffel, A. (2012b): Der Wert der Biodiversität, gemessen an Ökosystemleistungen von extensiv bewirtschaftetem Grünland. Unpubl. Schlussbericht BAFU.
- Hauser et al. (2010): Indikatoren für das Umweltkapital. Arbeitspapier. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Haines-Young, R., Potschin, M., Kienast, F. (2012): Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. Ecological Indicators 21: 39-53.
- Hemund, C. (2012): Methodik zur ganzheitlichen Beurteilung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz. Dissertation Universität Bern: 187.
- Hernández-Morcillo, M., Plieninger, T., Bieling, C. (2013): An empirical review of cultural ecosystem service indicators. Ecological Indicators 29: 434-444.
- Jeanneret, P., Baumgartner, U., Freiermuth Knuchel, R., Gaillard, G. (2009): Methode zur Beurteilung der Wirkung landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die Biodiversität für Ökobilanzen.
- Kienast, F., Bolliger, J., Potschin, M., de Groot, R.S., Verburg, P.H., Heller, I., Haines-Young, R. (2009): Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. Environmental Management 44: 1099-1120.
- Kienast, F., Degenhardt, B., Weilenmann, B., Wäger, Y., Bucherer, M. (2012): GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. Landscape and Urban Planning 105: 385-399.
- Kühne, K. (2010): Ecosystem Services im Wildnispark Zürich. Eine Grundlagenarbeit zur Erhebung und Klassifizierung der wichtigsten Leistungen, deren Bereitsteller und Nachfrager sowie zu Wert und Mehrwert des Wildnisparks Zürich. Semesterarbeit D-USYS, ETHZ.
- MA Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington D.C: Island Press.
- Maes, J., Braat, L., Jax, K., Hutchins, M. et al. (2011): A spatial assessment of ecosystem services in Europe: Methods, case studies and policy analysis – phase 1. Partnership for European Environmental Research. Report No. 3, 2011.
- Maxim, L. (2012): Building shared socio-economic indicators for biodiversity. A case study in the Ile-de-France region (France). Ecological Indicators 13: 347-357.
- Müller, J., Seitz, N., Thomas, M. (2011): Anwendung der Software InVEST 2.1 in der Schweiz. Semesterarbeit D-USYS, ETHZ.
- Myers, D. (2008): Psychologie (2. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Nagel, D., Ringenbach, A., Kleiner, J. (2011): ARIES: Reviewing a new tool for ecosystem assessment, planning and valuation. Semesterarbeit D-USYS, ETHZ.

- Nybø, S., Certain, G. (2012). The Nature Index – State and trends of biodiversity in Norway.
 Online verfügbar unter [http://www.esee2011.org/registration/fullpapers/
 esee2011_47810f_1_1304944559_3446_2292.pdf](http://www.esee2011.org/registration/fullpapers/esee2011_47810f_1_1304944559_3446_2292.pdf) [13.05.2013].
- RIVM (2002). The Natural Capital Index framework (NCI). Biodiversity: how much is left?
 Online verfügbar unter <http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/NCIflyer.pdf>
 [13.05.2013].
- Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J., Hartje, V. (im Druck, 2013): Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services* (2013), Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.003i> [07.05.2013].
- Schwaiger, E., Götzl, M., Sonderegger, G., Süssenbacher, E. (2011): Ökosystemleistungen und Landwirtschaft. Erstellung eines Inventars für Österreich. Wien: Umweltbundesamt.
 Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.at/>
- Schwepp-Kraft, B. (2012): Liste vorrangige Ökosystemleistungen für Deutschland (internes Dokument).
- Schwepp-Kraft, B., Hauser, A., Merky, N., Schwaiger, E., Nagy, M. (2012): The «DACH» – Approach for Ecosystem Services Accounting. Recommendations for Integrating ES in National Accounting.
- Scottish Natural Heritage (2012). Natural Capital Asset (NCA) index. NCA index technical document. Online verfügbar unter <http://www.snh.gov.uk/docs/B1070304.pdf> [13.05.2013].
- Skarpaas, O., Certain, G., Nybø, S. (2012). The Norwegian Nature Index – conceptual framework and methodology. *Norwegian Journal of Geography* 66: 250-256.
- Ten Brink, B. (2007). The Natural Capital Index framework (NCI). Contribution to Beyond GDP Virtual Indicator Expo, Brussels, 19–20 November 2007. Online verfügbar unter <http://www.beyond-gdp.eu/download/bgdp-ve-nci.pdf> [13.05.2013].
- Thalmann, J. (2012): Ökosystemleistungen im Siedlungsraum: Analyse des Potentials der Lebensraumqualität für vier Verdichtungsszenarien in Schlieren. Masterarbeit Universität Zürich.
- UK National Ecosystem Assessment (2011): The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings.
- United Nations (2011): Expert Meeting on Ecosystem Accounts. London, 5 - 7 December 2011. Online verfügbar unter <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/lod.htm> [07.05.2013].
- UNSTAT (2013): System of Environmental-Economic Accounting (SEEA). Experimental Ecosystem Accounting. Prepared by the Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting.
- UNSTAT (2012): System of Environmental-Economic Accounting Central Framework. White cover publication, pre-edited text subject to official editing.

- Van Oudenoven, A., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., de Groot, R. (2012): Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* 21: 110-122.
- Vardon, M., Lound, M., Juskevics, V., Cardogan-Cowper, A. (2011): The building blocks for land and economic accounting. Information Paper for the London Group Meeting. Australian Bureau of Statistics.
- Vardon, M., Eigenraam, M., McDonald, J., Mount, R., Cardogan-Cowper, A. (2011): Towards an integrated structure for SEEA ecosystem stock and flows accounts. Issue Paper for the Meeting on SEEA Experimental Ecosystem Accounts.
- Von der Dunk, A., Grêt-Regamey, A., Dalang, T., Hersperger, A.M. (2011): Defining a typology of peri-urban land-use conflicts – A case study from Switzerland. *Landscape and Urban Planning* 101: 149-156.
- Weber, J.-L. (2011): An experimental framework for ecosystem capital accounting in Europe. EEA Technical Report 13.
- Willemen, L., Hein, L., van Mensvoort, M.E.F., Verburg, P.H. (2010): Space for people, plants, and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region. *Ecological Indicators* 10: 62-73.