

**SCHRIFTENREIHE
UMWELT NR. 373**

Natur und Landschaft

**Nationales
ökologisches
Netzwerk REN**

Schlussbericht



**Bundesamt für
Umwelt, Wald und
Landschaft
BUWAL**

**SCHRIFTENREIHE
UMWELT NR. 373**

Natur und Landschaft

**Nationales
ökologisches
Netzwerk REN**

Schlussbericht

Eine Vision
für einen landesweit
vernetzten Lebensraum

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2004**

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL)

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

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL), Abteilung Natur, Sektion ökologischer
Ausgleich

Auftragnehmer

Guy Berthoud (ECONAT SA, Yverdon-les-Bains),
Antonio Righetti (PiU GmbH, Wabern)

Zitierung

BERTHOUD G., LEBEAU R.P., RIGHETTI A., 2004:
*Nationales ökologisches Netzwerk REN. Schlussbe-
richt.* Schriftenreihe Umwelt Nr. 373. Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 131 S.

Projektleitung

Raymond Pierre Lebeau, Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft (BUWAL), Leiter der Sektion
ökologischer Ausgleich

Gestaltung

Guy Berthoud, Raymond Pierre Lebeau, Antonio
Righetti, Nicole Bebié, Ursula Nöthiger-Koch

Begleitende Arbeitsgruppe

Rolf Anderegg (BUWAL), Pascale Aubert
(Pro Natura), Simon Capt (SZKF), Arthur Fiechter
(Service de la faune NE), Yves Gonseth (SZKF),
Hans Ulrich Gujer (BUWAL), Raimund Hipp
(Kanton Thurgau, KBNL), Otto Holzgang
(Schweiz. Vogelwarte Sempach), Felix Kienast
(WSL), Raymond Pierre Lebeau (BUWAL),
Gilles Mulhauser (Kanton Genf, KBNL),
Jürg Schenker (BUWAL), Josef Senn (WSL),
Isabelle Tripet (Service de la faune NE),
Walter Vetterli (WWF Schweiz), Adrian Zeender
(Pro Natura)

Übersetzungen

Béatrice & Daniel Weber, Windisch

Dank

Der Herausgeber und die Auftragnehmer danken
allen kantonalen Natur- und Landschaftsschutz-,
Jagd-, Fischerei- und Raumplanungsämtern für die
zur Verfügung gestellten Daten und für die Unter-
stützung des Projekts. Sie bedanken sich auch bei
D. Calegari, Ph. Gmür, C. Neet, F. Turrian,
F. Wittwer und D. Zürcher für ihr Engagement.
Die folgenden privaten Büros haben aktiv zu diesem
Projekt beigetragen: ANL AG (Aarau), Beck und
Staubli (Oberägeri), De Maddalena + Moretti
(Gordevio), DROSER (Martigny), Faune concept
(Neuchâtel), FÖN (Luzern/Zürich), Oekoinfo
(Schaffhausen), quadra GmbH (Mollis), Strittmatter
und Partner (St. Gallen), Theo Stierli und
Partner AG (Wil), UNA AG (Bern).

Umschlag

Foto: M. Jenny, Sempach

Bezug

BUWAL
Dokumentation
CH-3003 Bern
Fax + 41 (0) 31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: www.buwalshop.ch

Bestellnummer des Berichts: SRU-373-D
Preis des Berichts: CHF 30.– (inkl. MWSt)
Diese Publikation ist auch in Französisch erhältlich:
SRU-373-F

Bestellnummer des Kartensets
(Massstab 1:100'000 und 1:500'000): SRU-373-TD
Preis des Kartensets: CHF 50.– (inkl. MWSt)

© BUWAL 2004

Inhaltsverzeichnis

| | | | | | |
|--|---|---------------------|--|---|----|
| Abstracts | 5 | 4.2 | Etappe der Validierung durch die Kantone | 43 | |
| Vorwort | 7 | 4.2.1 | Validierung durch die Kantone | 43 | |
| Zusammenfassung | 9 | 4.2.2 | Iteratives Vorgehen bei der Identifizierung der Elemente des nationalen ökologischen Netzwerks | 43 | |
| 1 Einleitung | 11 | 4.2.3 | Geländekartierung unter Einbeziehung der Kenntnisse ortskundiger Fachleute | 44 | |
| 1.1 | Situation | 11 | 4.3 | Etappe der Erstellung des definitiven REN | 47 |
| 1.2 | Ursprung und allgemeine Ziele des Projekts | 11 | 4.3.1 | Basiskarten für das definitive REN | 47 |
| 1.3 | Integration des REN in die nationalen Ziele | 12 | 4.3.2 | Zusammenfassung und Auswertung der Daten | 48 |
| 1.4 | Das REN und die internationalen ökologischen Netzwerke | 13 | 4.3.3 | Hierarchisierung des REN | 48 |
| | | | 4.3.4 | Identifikation der Teilnetzwerke | 50 |
| | | | 4.3.5 | REN-Karten | 52 |
| 2 Konzept des ökologischen Netzwerks: allgemeine Definition | 17 | 5 Ergebnisse | 54 | | |
| 2.1 | Wichtige Rahmenbedingungen für die Untersuchungen im Zusammenhang mit der Zerschneidung der Landschaft und der ökologischen Netzwerke | 17 | 5.1 | Einleitung | 54 |
| 2.2 | Grundbegriffe zur Definition eines ökologischen Netzwerks | 18 | 5.2 | Präsentation der Karten zu den spezifischen Netzwerken | 57 |
| 3 Ansatz und Definitionen des REN | 21 | 5.3 | Hauptmerkmale der spezifischen Netzwerke | 58 | |
| 3.1 | Das REN als Vision der Vernetzung von Lebensräumen in der Schweiz | 21 | 5.4 | Fragmentierung der Netzwerke in ökologische Sektoren | 64 |
| 3.2 | Vorbemerkungen zu den Möglichkeiten des REN | 22 | 5.5 | Hierarchisierung der spezifischen Netzwerke (Vernetzungskarten) | 65 |
| 3.3 | Berücksichtigung der Komplexität der Verbindungen in ökologischen Netzwerken | 23 | 5.6 | Berücksichtigung der Inventare von national und international bedeutenden Biotopen im REN | 76 |
| 3.4 | Der Sonderfall Alpenraum | 24 | 6 Anwendungen | 82 | |
| 3.5 | Definition und grafische Darstellung der Elemente ökologischer Netzwerke | 25 | 6.1 | Einleitung | 82 |
| 4 Arbeitsmethoden | 31 | 6.2 | REN: ein Arbeitsinstrument | 82 | |
| 4.1 | Vorbereitungsphase | 31 | Betroffene Tätigkeitsbereiche: | | |
| 4.1.1 | Gewählte Ansätze | 31 | 6.3 | Vergleichende Analyse der spezifischen Netzwerke auf regionaler Stufe | 85 |
| 4.1.2 | Überlagerung der Daten | 31 | 6.4 | Ausrichtung der Planung für ökologische Ausgleichsflächen gemäss Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV) | 88 |
| 4.1.3 | Grundlagen | 32 | 6.5 | Schutz eines Gebietes auf Grund seiner Bedeutung für die kantonalen und nationalen ökologischen Netzwerke | 94 |
| 4.1.4 | Allgemeine Daten | 33 | 6.6 | Gezielte Evaluation der Netzwerkelemente | 96 |
| 4.1.5 | Berechnung der potenziellen Ausdehnung eines Kontinuums | 34 | 7 Konzept zur Verwaltung und Anwendung des REN | 100 | |
| 4.1.6 | Erstellung des provisorischen REN | 37 | 8 Schlussfolgerungen | 103 | |
| 4.1.7 | Kartierung der ökologischen Kontinuen | 37 | | | |
| 4.1.8 | Gilden der Indikatororganismen | 39 | | | |

| | | |
|----------------------|--|------------|
| Anhänge | | 105 |
| A1 | Auswahl der Zeigerarten-Gilden für die verschiedenen Kontinuen | 105 |
| A2 | Liste der Basisdaten für die Erstellung der Karten des provisorischen REN | 113 |
| A3 | Auswahl der Bodennutzungs-Kategorien von GEOSTAT zur Erstellung der provisorischen Kontinuen | 114 |
| A4 | Methode zur Berechnung der potenziellen Ausdehnung eines Kontinuums | 115 |
| A5 | Bezeichnung der auf den Karten sichtbaren Korridore | 117 |
| A6 | Methode zur Hierarchisierung eines Standorts oder eines Elements des ökologischen Netzwerks | 118 |
| Verzeichnisse | | 123 |
| 1 | Tabellen | 123 |
| 2 | Abbildungen | 123 |
| 3 | Bibliographie | 124 |
| 4 | Glossar | 127 |
| Beilagen | | |
| 1 | Gebrauchsanleitung für das nationale ökologische Netzwerk (REN) | |
| 2 | Übersichtskarte der wichtigsten Elemente des REN im Massstab 1:500'000 | |
| 3 | Karte mit vereinfachter Darstellung des Potenzials der wichtigsten ökologischen Netzwerke und ihren Verbindungen im Massstab 1:500'000 | |

Abstracts

E

Keywords : Biodiversity, fragmentation, natural habitat destruction, biological and landscape diversity, interconnectedness, vision, modelling, potential, « top-down/bottom-up » process, REN, REP

The natural habitat destruction and the territory fragmentation threaten the biodiversity in Switzerland. Therefore, it is important to identify and maintain the connections between the still existing wildlife habitats. The project REN (Réseau écologique national) proposes a vision for a habitat interconnectedness on a national scale. The results are based on existing data, their processing within a computer model, as well as on the verification and completion of the dataset. The latter was done in close collaboration with local specialists and the concerned cantonal administrations. The results are presented on maps (scale 1:100'000 and 1:500'000).

D

Stichwörter : Artenvielfalt, Zerschneidung, Zerstörung von Naturräumen, Landschafts- und Artenvielfalt, Lebensraumverbund, Vision, Modellierung, Potential, Ansatz « top-down/bottom-up », REN, REP

Die Zerstörung der Naturräume und die Zerschneidung der Lebensräume bedrohen die Artenvielfalt der Schweiz. Um dies zu vermeiden, gilt es daher als vorrangig, die Verbindungen zwischen den noch bestehenden, ökologisch wertvollen Gebieten auszuscheiden und zu sichern. Das Projekt REN (Réseau écologique national) stellt eine Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraumverbund dar. Die Resultate bauen auf vorhandenen Daten, ihrer Verarbeitung in einem Rechenmodell, sowie einer Prüfung und Ergänzung dieser Angaben auf. Letztere erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Fachleuten und den kantonalen Fachstellen. Die Resultate werden mittels Karten dargestellt (Massstab 1:100'000 und 1:500'000).

F

Mots-clés : Biodiversité, fragmentation, destruction des habitats naturels, diversité biologique et paysagère, interconnexion, vision, modélisation, potentialité, démarche « top-down/bottom-up », REN, REP

La destruction des habitats naturels ajoutée à la fragmentation des espaces vitaux menace la diversité biologique de la Suisse. Ainsi, identifier et maintenir les liaisons entre les zones proches de l'état naturel est devenu une préoccupation majeure pour la sauvegarde de la biodiversité. Le projet REN (Réseau écologique national) est une vision pour l'interconnexion des espaces vitaux. Les résultats se basent sur des données existantes et sur leurs modélisations, montrant les zones potentiellement favorables pour le développement d'un réseau écologique. Celles-ci, complétées par les connaissances de spécialistes locaux en étroite collaboration avec les administrations cantonales, sont présentées sur des cartes (échelles 1:100'000 et 1:500'000).

I

Parole chiave : Diversità biologica e paesaggistica, frammentazione, distruzione dei habitat naturali, interconnessione, visione, modellazione, potenzialità, approccio « top-down/bottom-up », REN, REP

La distruzione degli habitat naturali in combinazione con la frammentazione degli spazi vitali minacciano la diversità biologica della Svizzera. Per questo motivo identificare e mantenere collegate le zone ancora vicine allo stato naturale è diventata una delle preoccupazioni maggiori per la salvaguardia della diversità biologica. Il progetto REN (Rete ecologica nazionale) è una strategia per il collegamento degli spazi vitali. I risultati, che basano su dati disponibili e la loro modellazione, mostrano le zone potenzialmente favorevoli per lo sviluppo di una rete ecologica. Questi, completati da specialisti locali in collaborazione con i Servizi cantonali, sono presentati su mappe (scala 1:100'000 e 1:500'000).

Vorwort

Auf Grund des sich im Laufe des letzten Jahrhunderts durch die Mobilitätsbedürfnisse des Menschen entwickelten «Verkehrs-Netzwerks», entstand die Notwendigkeit, eine globale Vision jener Verbindungen zu erstellen, die das Überleben der Pflanzen- und Tierwelt und ihrer Lebensräume gewährleisten, ohne damit jedoch die wirtschaftliche Entwicklung des Landes zu bremsen. Der vorliegende, vom BUWAL in Auftrag gegebene Bericht stellt in der Form einer Synthese das ökologische Netzwerk – diese zukunftsorientierte, auf den Anliegen des Naturschutzes aufbauende Vision – dar.

Das zur Erstellung des «Nationalen ökologischen Netzwerks» (REN) gewählte Vorgehen verfolgt zwei Ziele. Zum einen soll das Resultat der Arbeit zum Schutz und Unterhalt von bedeutenden und gefährdeten Arten und Biotopen beitragen. Zum anderen eröffnet der eingeschlagene Weg neue Möglichkeiten der Partnerschaft zwischen den kantonalen und eidgenössischen Behörden, die in irgendeiner Form landschaftsrelevante Aktivitäten ausüben. Dies sind namentlich die Akteure der Bereiche Transport und Kommunikation, der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft, der nationalen Sicherheit, der Raumplanung sowie der Jagd, der Fischerei und des Natur- und Landschaftsschutzes.

Das REN basiert auf den strategischen Zielen des «Landschaftskonzepts Schweiz» (LKS), das 1997 vom Bundesrat verabschiedet wurde, sowie auf den Zielen des Leitbildes für Natur und Landschaft des BUWAL «Landschaft 2020» (2003). Auf internationaler Ebene reiht sich das REN in den Kontext der «Biodiversitäts-Konvention» (1992) ein. Diese hat zum Ziel, den schnell fortschreitenden Biodiversitätsrückgang bis zum Jahr 2010 zu stoppen. Durch den Einbezug der Parameter des Smaragd-Netzwerks der Berner Konvention schliesslich liefert das REN einen Beitrag zur Erstellung des paneuropäischen ökologischen Netzwerks (REP).

Der vorliegende Bericht beinhaltet zahlreiche Karten (im Massstab 1:500'000 und 1:100'000), die als Abbild der aktuellen Bodennutzung (Ende 2003) die vielfältigen Aspekte des ökologischen Netzwerks auf nationaler Ebene darstellen. Sie tragen dazu bei, dass das REN im Sinn von Artikel 13 des Raumplanungsgesetzes (RPG) als ein Grundstein der Revitalisationspolitik der Lebensräume in der Schweiz betrachtet werden kann.

Als globale, nicht verpflichtende Vision ist das REN weder absolut noch starr, sondern wird sich im Laufe der Zeit im Rhythmus der in der Landschaft vorgenommenen Eingriffe – seien sie positiv oder negativ – entwickeln. Die Umsetzung und Nachführung obliegt den betroffenen Behörden.

Hat das REN jetzt schon zahlreiche Prozesse im Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Vernetzung von Lebensräumen ausgelöst, so wird es sicherlich in Zukunft im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung die Basis für eine dynamische Erhaltungspolitik bilden.

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft

Franz-Sepp Stulz
Chef Abteilung Natur

Zusammenfassung

Die Zerstörung der natürlichen Habitats bildet zusammen mit der Fragmentierung der Lebensräume eine der Hauptursachen der abnehmenden Artenvielfalt. Nach mehreren Jahrzehnten des Schutzes wertvoller Gebiete ist klar geworden, dass sich der anhaltende Schwund unseres natürlichen und landschaftlichen Erbes nur mit Massnahmen zu einer verbesserten Vernetzung der Landschaft aufhalten lässt.

Im Landschaftskonzept Schweiz (LKS 1997) und im 2003 veröffentlichten Leitbild des BUWAL «Landschaft 2020» kommt der Entwicklung eines funktionsfähigen nationalen ökologischen Netzwerks eine zentrale Bedeutung zu. Mit der Bezeichnung der naturschutzrelevanten Gebiete sowie ihrer vorhandenen und potenziellen Vernetzungsachsen soll dieses ein wichtiges Instrument für die Umsetzung einer Strategie zur Erhaltung und Pflege der biologischen und landschaftlichen Vielfalt unseres Landes sein. Auf europäischer Ebene folgt ein derart gestaltetes Netzwerk auch den Beschlüssen der paneuropäischen Ministerkonferenz 1995 in Sofia, welche die Errichtung eines paneuropäischen ökologischen Netzwerks vorsehen.

Während auf europäischer Ebene die Grundlagen der Einrichtung eines ökologischen Netzwerks definiert wurden, hat das REN verschiedene neue Ansätze entwickelt, um die Strukturen und Funktionen eines Netzwerks detailliert festzuhalten und zu beschreiben. Das Netzwerk berücksichtigt einen grossen Teil der Landschaften der Schweiz und verbindet eine Vielfalt von Habitats, die in einzelnen Fällen zwar eine kleine Ausdehnung besitzen, aber Populationen wertvoller Arten beherbergen. Diese müssen sich ständig den infolge menschlicher Aktivitäten ändernden Lebensraumbedingungen anpassen.

Die Aufnahmen für das REN erfolgten auf der Grundlage einer Modellisierung der potenziell für die Entwicklung eines ökologischen Netzwerks geeigneten Zonen. Dabei wurde versucht, die vorhandenen Daten optimal zu nutzen und lückenhafte Angaben mit Hilfe der Kenntnisse ortskundiger Fachleute zu ergänzen. Schliesslich wurde das Datenmaterial von den zuständigen kantonalen Behörden validiert. Das endgültige Produkt ergab sich somit aus der Aggregation aller für die Errichtung eines nationalen Netzwerks als zweckdienlich erachteten Daten. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass, obwohl bei den Überprüfungsarbeiten im Gelände Karten im Massstab 1:25'000 eingesetzt wurden, die Genauigkeit der vorliegenden Resultate – im Hinblick auf den nationalen Charakter der Arbeit – jener von Karten im Massstab 1:100'000 entspricht.

Die Synthesekarten des REN dienen den Benutzern nicht nur als synthetische Darstellung der komplexen Strukturen des ökologischen Gesamtnetzwerks, sondern vermitteln auch Informationen zu den einzelnen spezifischen Netzwerken. Diese Aufteilung ist unerlässlich für die auf Grund der Resultate von so genannten «Vernetzungstests» erfolgte Interpretation der Funktionen der Landschaft in Bezug auf die gemäss ihren ökologischen Bedürfnissen zusammengestellten Artengruppen.

Diese Tests erlaubten zudem eine zusammenfassende Darstellung der aus ökologischer Sicht reichen und verarmten Teile des Netzwerks bzw. ihre Inwertsetzung.

Die Kriterien hierzu waren die vorhandene Vernetzungssituation und die (potenzielle) Lebensraumqualität für die Pflanzen- und Tierwelt. Im Sinne einer Hierarchisierung sollen insbesondere:

- die Planungsarbeiten im Zusammenhang mit den von der Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV) vorgesehenen regionalen Vernetzungskonzepten für die ökologischen Ausgleichsflächen unterstützt werden,
- bei der Ausarbeitung von Richtplänen die Berücksichtigung der ökologischen Rahmenbedingungen erleichtert werden,
- die landschaftsverändernden Eingriffe auf Grund neuer menschlicher Aktivitäten, wie Ausbau von Siedlungen oder von Infrastrukturanlagen, besser koordiniert und abgestimmt werden.

Die REN-Dokumente sind nicht starr und nicht bindend. Sie stellen vielmehr ein Instrument zur Analyse der Funktionen der Landschaft dar. Bezüglich der möglichen Landschaftsentwicklung sollen sie Prozesse in Gang bringen, die darauf abzielen, bei allen menschlichen Aktivitäten die Forderung nach einer nachhaltigen Entwicklung unseres natürlichen und landschaftlichen Erbes zu berücksichtigen.

1 Einleitung

1.1 Situation

Der Rückgang der natürlichen Lebensräume und der Artenvielfalt hält in Europa seit Jahrzehnten an. Auch in Zukunft dürften sich auf Grund des vorhandenen Gefährdungspotenzials an dieser für die Biodiversität negativen Entwicklung kaum relevante Änderungen ergeben. Entsprechend hoch sind der Handlungsbedarf und die Notwendigkeit, Massnahmen zu Gunsten der Erhaltung des europäischen Naturerbes zu ergreifen. Das Phänomen der Verarmung der Umwelt ist jedoch infolge seiner vielfältigen Ursachen sehr komplex.

Unter allen bekannten Ursachen kann die Zerschneidung der natürlichen Lebensräume und der Landschaft als einer der wichtigsten Faktoren für die abnehmende Artenvielfalt in der Schweiz und in Europa bezeichnet werden. Sie ist einerseits die Folge der direkten Zerstörung von Biotopen und andererseits des Funktionalitätsverlusts von zerstückelten und schliesslich oft vollkommen isolierten Lebensräumen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, ist es heute erforderlich, die Vernetzung der Ökosysteme zu erhalten oder wiederherzustellen sowie gewisse für die Artenvielfalt wichtige natürliche und naturnahe Lebensräume zu verbinden. Damit sollen wieder zusammenhängende Netzwerke von Lebensräumen und ökologischen Korridoren geschaffen und ihre Funktionsfähigkeit in der Landschaft gewährleistet werden.

Angesichts dieser Lage hat sich die Vernetzungssituation von Lebensräumen zu einer Hauptsorge des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) entwickelt. Entsprechend ist diese Thematik innerhalb des Leitbildes des Amtes bezüglich der Anliegen des Natur- und Landschaftsschutzes zu einem prioritären Modul geworden. Die Entwicklung eines nationalen ökologischen Netzwerkes («Réseau écologique national» oder kurz «REN») ist die logische Folge dieses Anliegen.

1.2 Ursprung und allgemeine Ziele des Projekts

Der Grundstein für das nationale ökologische Netzwerk wurde am 19. Dezember 1997 mit der Annahme des Landschaftskonzepts Schweiz (LKS) (BUWAL 1997) durch den Bundesrat gelegt. Das LKS setzt sich als allgemeines Ziel hinsichtlich Natur und Landschaft insbesondere «die Aufwertung und Vernetzung der Lebensräume»¹ und als Teilziel, dass in den nächsten zehn Jahren im Talgebiet auf mindestens 10% der Fläche ökologisch wertvolle Lebensräume geschaffen werden und in den Lebensraumverbund einbezogen werden. In Räumen mit (einigermassen) intak-

¹ Dies erfordert namentlich die koordinierte Durchführung folgender Massnahmen:

- 7.04 Vernetzung ökologischer Ausgleichsflächen (ÖAF) gemäss ÖQV in den für N+L prioritären Zonen
- 7.05 Förderung der Biotopvernetzung im Rahmen von Bundesaufgaben und anderen Tätigkeiten
- 7.26 Förderung der Ausarbeitung von Landschaftsentwicklungskonzepten (LEK)
- 7.32 Strukturierung und Aufwertung der Landschaft

tem Lebensraumverbund ist der Anteil an ökologisch wichtigen Flächen zu erhalten.

Diese wesentlichen Ziele wurden 2003 im BUWAL-Leitbild «Landschaft 2020» für Natur und Landschaft aufgenommen. Darin wird die Schaffung eines «Grünen Netzes Schweiz» beschrieben. Die Errichtung eines nationalen ökologischen Netzwerks (REN), das auf Karten die naturrelevanten Zonen und ihre bestehenden, verbleibenden und potenziellen Vernetzungen ausweist, ist deshalb von zentraler Bedeutung. Dem REN kommt damit im Rahmen der Strategie zur Erhaltung und Pflege der biologischen und landschaftlichen Vielfalt unseres Landes die Funktion eines Hauptpfeilers zu.

Das nationale ökologische Netzwerk (REN) soll konkret zu folgenden Themenbereichen einen Beitrag leisten:

- zum Schutz und zur Wiederherstellung der Lebensräume, um damit den für das Überleben der einheimischen wildlebenden Tiere und Pflanzen erforderlichen genetischen Austausch zu gewährleisten,
- zur Verstärkung der Vernetzung der für die Artenvielfalt wichtigen Lebensräume («hotspots») und ihrer Verbindung durch funktions- und entwicklungsfähige ökologische Korridore,
- zur Verminderung der Fragmentierung von Ökosystemen durch die Erhaltung, den Unterhalt und die Wiederherstellung der Hauptachsen des ökologischen Netzwerks,
- zur Vernetzung der ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft und zur Entwicklung des ökologischen Potenzials der Gewässer und der Uferzonen,
- zur Verbesserung der Qualität und der Vielfalt der Landschaft.

1.3 Integration des REN in die nationalen Ziele

Um die angestrebten Ziele zu erreichen, baut das REN auf verschiedene in den vergangenen Jahren vom BUWAL unterstützte und/oder veröffentlichte Forschungsarbeiten auf:

- Mindestbedarf an naturnahen Flächen in der Kulturlandschaft (Broggi & Schlegel 1990),
- Nationale Prioritäten des ökologischen Ausgleichs im landwirtschaftlichen Talgebiet (Broggi & Schlegel 1998),
- Korridore für Wildtiere in der Schweiz (Holzgang et al. 2001),
- Den Schweizer Beitrag zum COST 341-Bericht der Europäischen Union «Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen» (Oggier et al. 2001),
- Richtlinie des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) «Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen» (November 2001).

Die Problematik der Vernetzung von Ökosystemen und der Verhinderung der Zerschneidung von Lebensräumen war gleichzeitig auch bei der Erarbeitung von Richtplänen und anderen Planungsinstrumenten ein wichtiges Thema, so etwa beim «Werkzeugkasten LEK, Arbeitshilfe zum Erarbeiten von Landschaftsentwicklungskonzepten» (HSR Rapperswil und SRVA 2002).

Die Errichtung eines ökologischen Netzwerks erfüllt zudem auch politische Zielvorgaben, da es die Umsetzung geltender Gesetzesvorgaben unterstützt:

- Das Bundesgesetz über den Natur und Heimatschutz (NHG 1966) und die Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV 1991, Art. 14 und 15) bezwecken den Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt durch verschiedene Massnahmen, darunter die Erhaltung und Wiederherstellung genügend grosser Lebensräume und die Vernetzung isolierter Biotope.
- Das Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG 1986) und die entsprechende Verordnung zielen auf den Schutz der Wildtiere und ihrer Lebensräume ab.
- Das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG 1979) sieht ein Aufsichtsrecht für alle raumwirksamen Tätigkeiten vor.
- Das Bundesgesetz über den Wald (WaG 2000) und das Waldprogramm Schweiz (WAP-CH 2004) verlangen insbesondere die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die Vernetzung der Biotope und die ökologische Aufwertung der Waldränder.
- Die Verordnung über die Strukturverbesserungen in der Landwirtschaft (SVV 1998) umschreibt die Finanzbeiträge, die für die Förderung des ökologischen Ausgleichs und die Vernetzung der Biotope im Landwirtschaftsgebiet vorgesehen sind.
- Die Verordnung des Bundes über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft (ÖQV 2001) erlaubt dem Bund, unter gewissen Bedingungen und auf freiwilliger Basis Beiträge zu entrichten, insbesondere für die Vernetzung ökologischer Ausgleichsflächen im landwirtschaftlichen Nutzungsgebiet.
- Die Verordnung des Bundes über den Wasserbau (WBV 1994) dient als Grundlage zur Festlegung des für den Hochwasserschutz und die Gewährleistung der ökologischen Funktionen der Wasserläufe erforderlichen minimalen Raums.

1.4 Das REN und die internationalen ökologischen Netzwerke

Der tief greifende wirtschaftliche, kulturelle und soziale Wandel, der sich im Laufe der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts vollzog und eine intensive Nutzung und Vereinheitlichung der Landwirtschaftsflächen mit sich brachte, verlangte eine beträchtliche Anpassung der zuvor beim Naturschutz angewendeten Methoden. Zu den bislang verfolgten Grundsätzen des Artenschutzes und der Ausscheidung von Schutzgebieten kamen Konzepte zur Integration ökologischer und landschaftlicher Interessen in alle landschaftsrelevanten Aktivitäten sowie jene zur Vernetzung von Gebieten mit hohem Biodiversitätswert hinzu. Letzteres soll durch Extensivierung

und/oder Renaturierung von Flächen sowie durch funktionsfähige Korridore erreicht werden.

Auf internationaler Ebene wurde die Bedeutung ökologischer Netzwerke im Rahmen des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung (Johannesburg 2002) anerkannt. Punkt 44g der verabschiedeten Zielsetzung verlangt die Förderung von ökologischen Netzwerken und Korridoren auf nationaler und regionaler Ebene.

Die Leitlinien zur Errichtung eines paneuropäischen ökologischen Netzwerks (Europarat, Sammlung Naturschutz Nr. 107, 2000), die im Rahmen der paneuropäischen Strategie² zur Erhaltung der biologischen und landschaftlichen Vielfalt erstellt wurden, liefern detaillierte Grundlagen für die Definition und die Umsetzung von Massnahmen zur Errichtung miteinander verbundener ökologischer Netzwerke.

Die europäische Strategie zur Erhaltung der Artenvielfalt im Rahmen von Netzwerken umfasst verschiedene, sich ergänzende Konzepte:

**NATURA 2000:
Das ökologische Netzwerk
der Europäischen Union**

Die Richtlinie «Fauna, Flora, Habitate» (1992) verlangt, dass bis zum Jahr 2004 in der gesamten Europäischen Union unter dem Namen «Natura 2000» ein zusammenhängendes ökologisches Netzwerk geschaffen wird. Dabei lassen sich zwei unterschiedliche Zonentypen unterscheiden:

- Standorte, welche 253 Habitattypen, 200 Tierarten und 434 Pflanzenarten umfassen, die in den Anhängen I und II der Richtlinie aufgeführt sind und als Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung gelten, sowie eine begrenzte Anzahl von prioritären Habitattypen und Arten. Diese Standorte werden als so genannte SAC (*special areas of conservation*) bezeichnet.
- Standorte, die Populationen wildlebender Vögel beherbergen, welche auf der Liste von Anhang I der Richtlinie «Vogelschutz» aus dem Jahr 1979 aufgeführt sind. Diese werden als SPA (*special protection areas*) bezeichnet.

Ein **zusammenhängendes Netzwerk** beinhaltet jedoch nicht nur ein Netz von **Kerngebieten**, sondern es bedingt auch **Verbindungen** zwischen diesen Gebieten. Deshalb werden die Mitgliedsstaaten aufgefordert, im Sinne von Artikel 10 der Habitate-Richtlinie die linearen Landschaftselemente, die eine Verbindungsfunktion erfüllen, zu unterhalten, da sie für die Wanderung, die Verbreitung und den genetischen Austausch der Arten entscheidend sind. Solche Vernetzungselemente sind auch in die besonderen Schutzgebiete SAC einzubeziehen und werden schliesslich Bestandteil des paneuropäischen ökologischen Netzwerks (REP) sein.

**Das Smaragd-Netzwerk:
System von Schutzgebieten
in Europa und Afrika**

Im Rahmen der Konvention über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Tiere und Pflanzen und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention vom 19. September 1979) sind die 45 Vertragsparteien allgemein verpflichtet, die Lebensräume wildlebender Pflanzen und Tiere zu erhalten. Im Besonderen ist der Schutz

² Diese wurde von den europäischen Umweltministern anlässlich der paneuropäischen Ministerkonferenz zum Thema "Umwelt für Europa" (Sofia 1995) gutgeheissen.

der natürlichen (naturnahen) Habitats sowie jener der in den Anhängen I, II und III der Konvention aufgeführten Arten zu gewährleisten.

1996 verabschiedete der ständige Ausschuss der Berner Konvention eine Resolution, welche die Schaffung des Smaragd-Netzwerks vorsieht. Diese umfasst Schutzgebiete von besonderem Interesse («zones d'intérêt spécial pour la conservation» oder kurz ZISC) und verfolgt im Prinzip einen ähnlichen methodischen Ansatz wie NATURA 2000. Die Bestimmungen zum Schutz der Smaragd-Standorte sind einzig im Rahmen von nationalen Schutzbestrebungen im Zusammenhang mit sensiblen Naturräumen bindend.

**Das paneuropäische
ökologische Netzwerk:
europaweite Vernetzung**

Das Konzept eines paneuropäischen ökologischen Netzwerks («réseau écologique paneuropéen» oder kurz REP) ist das Ergebnis der Strategie zur Erhaltung der biologischen und landschaftlichen Vielfalt, die von der paneuropäischen Umweltministerkonferenz 1995 gutgeheissen wurde. Die Leitlinien zur Errichtung eines solchen Netzwerks wurden an der 3. Tagung des Rats für die paneuropäische Strategie zur Erhaltung der biologischen und landschaftlichen Vielfalt, die am 21. April 1999 in Genf stattfand, angenommen. Das REP soll gemäss dem Zeitplan, der von den Umweltministern anlässlich der paneuropäischen Ministerkonferenz «Umwelt für Europa» (Kiew 2003) festgelegt wurde, bis 2006 fertiggestellt (Kartierung) und der Schutz der Kerngebiete bis 2008 umgesetzt sein.

Die vom REP verfolgten Ziele sind: die Erhaltung der charakteristischen Ökosysteme, der natürlichen Lebensräume und der Landschaften von europäischer Bedeutung, den Schutz der lebensfähigen Populationen von Arten mit europäischer Bedeutung in ihrem gesamten herkömmlichen Verbreitungsgebiet sowie die Erhaltung von Umweltprozessen, auf denen diese Ökosysteme, Habitats, Arten und Landschaften beruhen. Das REP soll zur Bewahrung der Natur sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Schutzzonen beitragen und steht in Verbindung mit den internationalen Programmen, insbesondere dem Smaragd-Netzwerk der Berner Konvention, NATURA 2000 der Europäischen Union und dem Netz der Biosphären-Reservate der UNESCO.

Das nationale ökologische Netzwerk (REN), das die Smaragd-Standorte integriert – diese werden demnächst von der Schweiz definiert (1. Serie) –, wird der Beitrag unseres Landes zur Errichtung des REP sein.

Die Notwendigkeit, ökologische Netzwerke aufzubauen, ist ebenfalls in den Leitlinien für eine nachhaltige räumliche Entwicklung auf dem europäischen Kontinent enthalten, die an der europäischen Raumordnungsministerkonferenz (CEMAT, Hannover 2000) vorgestellt wurden. Zudem leisten die ökologischen Netzwerke einen Beitrag zur Umsetzung der europäischen Landschaftskonvention (Konvention von Florenz, Europarat 2000).

Projektrahmen

Die Errichtung eines nationalen ökologischen Netzwerks (REN) gehört zu den Hauptzielen des «**Landschaftskonzepts Schweiz**» und des Leitbilds «**Landschaft 2020**» des BUWAL (2003).

Das REN trägt zur Ausarbeitung von Lösungen bei, welche der als Folge der fortschreitenden Fragmentierung der Landschaft stetigen Abnahme der Artenvielfalt entgegenwirken sollen. Es fördert zudem die ökologische Revitalisierung intensiv genutzter Regionen und hilft schliesslich mit, die ökologische Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes zu erhöhen.

Das REN stellt die Vision eines vielfältigen und zusammenhängenden ökologischen Netzwerks kartografisch dar und erlaubt so, dessen Entwicklung im Zusammenhang mit der ökologischen Funktionsfähigkeit der gesamten Landesfläche mitzuverfolgen.

Das REN fügt sich in die internationalen Schutzbestrebungen ein. Es ist der Beitrag der Schweiz zu den drei Pfeilern der Strategie zur Erhaltung der biologischen und landschaftlichen Vielfalt auf europäischer Ebene: dem **Netz NATURA 2000**, dem **Smaragd-Netzwerk** und dem **paneuropäischen ökologischen Netzwerk (REP)**.

Weltweit anerkannte politische Grundsätze betonen die Bedeutung der Habitatvernetzung. Die Hauptziele des Konzepts eines ökologischen Netzwerks wurden formuliert und die wichtigsten Elemente definiert.

2 Konzept des ökologischen Netzwerks: allgemeine Definition

2.1 Wichtige Rahmenbedingungen für die Untersuchungen im Zusammenhang mit der Zerschneidung der Landschaft und der ökologischen Netzwerke

Bei der Landschaftsveränderung spielen folgende drei Faktoren eine zentrale Rolle:

- die **Verarmung der Landschaft** infolge menschlicher Aktivitäten, welche die verbleibenden Naturräume, die bisher einzig den topografischen Grenzen der Landschaft unterworfen waren, allmählich zum Verschwinden bringen,
- die **Beeinträchtigung der natürlichen Entwicklungsdynamik**, auch in den verbleibenden Naturräumen, insbesondere als Folge einer unangemessenen Raumplanung und -entwicklung,
- die **Zerstückelung der Ökosysteme** in einzelne Teilgebiete durch Verkehrswege und die Unterbrechung von Vernetzungskorridoren durch Bauten oder störende Aktivitäten.

Eine Analyse der Auswirkungen der Lebensraumzerschneidung erfordert einen umfassenden Einbezug der ihr zu Grunde liegenden Faktoren und Mechanismen. Die Folgen der Lebensraumzerschneidung sind vielfältig und können sich sowohl auf der Ebene der Landschaft, der Populationen wie auch der einzelnen Arten auswirken. Auf Grund der sich gegenseitig verstärkenden Wirkungen gehört die Zerschneidung der Lebensräume zu den Hauptursachen der rückläufigen Artenvielfalt und der schwindenden Tier- und Pflanzenpopulationen in allen Ökosystemen. Zahlreiche Studien weltweit zeigen ebenfalls, dass die Funktionsmechanismen in Metapopulationen eine Anpassungsform darstellen, mit der eine Stabilisierung oder sogar Stärkung der durch die Fragmentierung der Landschaft bedrohten Populationen gelingen kann. Eine aktuelle und umfassende Analyse zu diesem Thema liefert die Arbeit von Jochen Jäger, Professor für Natur- und Landschaftsschutz der ETHZ (2002). In anderen wichtigen, aber älteren Studien wurden die Hauptfaktoren dieses Umweltmechanismus erforscht. Dazu gehören namentlich die Inseltheorie (Preston 1960 und MacArthur & Wilson 1967), das Mosaikkonzept (Robinson und Quinn 1992) und die Theorie der Metapopulation (Levins 1970 und Hanski et al. 1995).

Das Europäische Informationszentrum für Naturschutz (EIN) in Tilburg (NL) hat regelmässig über die Ansätze und Projekte von ökologischen Netzwerken in europäischen Ländern informiert. Zu erwähnen sind insbesondere Jongmann (1995 a und b), Bennett (1991, 1998 und 1999) und Bouwma (2002).

Der Leitgedanke dieses Konzepts der ökologischen Netzwerke besteht darin, Teilgebiete zu bewahren oder wiederherzustellen, die:

- I. verschiedene Habitats für Charakterarten dieser Biotope umfassen,
- II. so gross sind, dass sie genügend Raum bieten, damit sich überlebensfähige Populationen halten können bzw. die Bestände Grössen erreichen können, welche die normalen Populationsschwankungen überstehen,
- III. den ursprünglichen Austausch von Tieren zwischen den verschiedenen natürlichen Sektoren durch Ausbreitung oder Migration gewährleisten,
- IV. durch entsprechende Anpassungen und durch eine ausreichende Fläche vor schädlichen Ausseneinflüssen geschützt sind,
- V. je nach vorhandenen Arten oder Ökosystemen auf verschiedenen Ebenen funktionieren können,
- VI. die notwendigen Vernetzungsmöglichkeiten zwischen ökologisch besonders wertvollen Gebieten aufweisen, um damit Populationen mehrerer Arten das Überleben zu ermöglichen.

2.2 Grundbegriffe zur Definition eines ökologischen Netzwerks

Die Erstellung ökologischer Netzwerke berücksichtigt alles, was mit der Bewegung der Arten im Zusammenhang steht. Dies umfasst die Themen Wanderungen und Verbreitung sowie bestehende als auch potenzielle Verbindungen im Raum. Betrachtet man ein ökologisches Netzwerk als Ganzes, so erscheint es in Abhängigkeit von den bestimmenden geomorphologischen Strukturen der Landschaft als mehr oder weniger stabil. Im Detail jedoch entpuppt es sich als ein sich ständig entwickelndes Konstrukt, das von einer Vielfalt von Entwicklungsmöglichkeiten, vom Potenzial des Gebietes und den vorhandenen Organismen abhängt. Zudem handelt es sich wissenschaftlich gesehen nicht um ein einziges Netzwerk, sondern um einen Verbund von Netzwerken, die sich insbesondere auf Grund der vorhandenen Arten, Biozöosen und Ökosysteme unterscheiden.

Ausserdem ist es je nach Art und gewünschten Beurteilungskriterien notwendig, geeignete Netzwerke auf lokaler und auf regionaler Stufe festzulegen, die sich in die nationale und europäische Dimension einfügen, ohne dabei aber unbedingt deckungsgleich sein zu müssen.

Der paneuropäische Ansatz sieht vor, dass sich ein ökologisches Modellnetzwerk auf einen groben Rahmen abstützt, der vier sich ergänzende Grundelemente umfasst (weitere Details siehe Glossar):

Kerngebiete

Kerngebiete sind hinsichtlich der Artenvielfalt hochwertige Naturräume, die bestimmte Arten und/oder Ökosysteme umfassen. Diese Kerngebiete stellen «Reservoir» dar, welche die Aufrechterhaltung der Populationsbestände und die Ausbreitung der Arten in andere potenzielle Lebensräume gewährleisten müssen.

| | |
|------------------------------|---|
| Pufferzonen | Die Pufferzonen zielen darauf ab, ein Kerngebiet vor den Folgen möglicher schädlicher Aktivitäten in den Randgebieten zu schützen. |
| Aufwertungsgebiete | Die Aufwertungsgebiete (oder Renaturierungsgebiete) in fragmentierten oder beeinträchtigten Landschaften erlauben es, die Entwicklungsmöglichkeiten der Kerngebiete zu bewahren und zu verbessern oder die Verbindungen in den Lebensräumen zu fördern. Die Aufwertung dieser Flächen und die Wiederherstellung der Ökosysteme basieren gleichzeitig auf einer Reaktivierung der natürlichen Dynamik im Hinblick auf eine Sukzession von Biozöosen und auf den aktiven Interventionen des Menschen wie z.B. die Renaturierung des Raumes entlang der Fließgewässer. |
| Ökologische Korridore | Ökologische Korridore sind funktionelle Verbindungselemente zwischen Ökosystemen oder zwischen verschiedenen Habitaten, die den entsprechenden Arten dieser Habitate Bewegungen ermöglichen. Diese oft linearen, manchmal trittsteinartig (Stepping-stones) unterbrochenen Flächen gewährleisten in erster Linie den physischen und genetischen Austausch von Arten zwischen den Kerngebieten. Die ökologischen Korridore tragen auch zur Stärkung der Artenvielfalt in intensiv genutzten Räumen, zur Renaturierung beeinträchtigter Räume und zur Revitalisierung der Landschaft bei. |

Zusammengefasst stellen die Elemente der ökologischen Netzwerke ein Raumsystem dar, das so strukturiert ist, dass Wanderungen³ der Wildtiere im saisonalen Rhythmus möglich sind. Das Zusammenspiel aus täglichen oder saisonalen, regelmässigen oder einmaligen Wanderungen von Populationen oder Tiergruppen ist für das Überleben und das Funktionieren der Biotope im Allgemeinen entscheidend. Dabei sind nicht nur die im Ausmass häufig spektakulären kollektiven Wanderungen, sondern auch die unauffälligeren Wanderungen einzelner Individuen von Bedeutung.

Definitionsgemäss beherbergen ökologische Netzwerke Lebensräume und Arten mit ähnlichen ökologischen Merkmalen. Sie umfassen damit sowohl Organismen der Tier- als auch der Pflanzenwelt.

³ In der Regel werden vier Arten von Bewegungen unterschieden:

- individuelle, alltägliche und lokale Bewegungen in einem beschränkten Bereich,
- spezifische, saisonale und lokale kollektive Bewegungen zur Deckung der regelmässigen lebensnotwendigen Bedürfnisse (Ruhe-, Nahrungs- und Reproduktionsstandorte),
- Ausbreitungswanderungen vom Geburts- zum Reproduktionsstandort, häufig in einiger Entfernung von der Gruppe und gewöhnlich ohne Rückkehr an den Geburtsstandort,
- regelmässige bidirektionale, zumeist saisonale Wanderungen, z.B. zwischen den Einstandsgebieten im Sommer und den Überwinterungsgebieten.

Grundgedanken zur Fragmentierung der Landschaft und zu den ökologischen Netzwerken in Europa

Die bei der Isolierung, Zerschneidung und Beeinträchtigung von Habitaten wirkenden Umweltmechanismen sind gut erforscht.

Dabei wurden zahlreiche zusammenspielende Faktoren ausgewiesen. Bezüglich rückläufiger Artenvielfalt kommt jedoch der Fragmentierung der Landschaft eine Hauptrolle zu.

Die Metapopulations-Mechanismen stellen eine Anpassungsform dar, mit der eine Stabilisierung oder sogar Stärkung der durch die Fragmentierung der Landschaft bedrohten Populationen gelingen kann. In umgestalteten Landschaften sind es wiederum organisierte und funktionierende Netzwerke, welche die meisten Verbreitungs- und Migrationsbewegungen der wildlebenden Fauna bestimmen.

Der zur Erstellung des paneuropäischen ökologischen Netzwerks (REP) gewählte Ansatz baut auf vier sich ergänzende Grundelemente auf: Kerngebiete, Pufferzonen, Aufwertungsgebiete und ökologische Korridore.

3 Ansatz und Definitionen des REN

3.1 Das REN als Vision der Vernetzung von Lebensräumen in der Schweiz

Einleitend soll daran erinnert werden, dass die Idee der Realisierung eines «Grünen Netzes Schweiz» zwar im Landschaftskonzept Schweiz vorgestellt wurde und anschliessend als Ziel in das Leitbild «Landschaft 2020» des BUWAL einfluss. Dessen Grundsätze sind jedoch in Form einer ökosystemaren Vision der Landschaft bereits im Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG 1966) festgehalten worden.

Das REN verfolgt die gleichen Zielsetzungen wie die europäischen Programme. So entsprechen die verwendeten Methoden und Daten weitgehend den Leitlinien für das paneuropäische ökologische Netzwerk, die vom Europäischen Informationszentrum für Naturschutz (EIN) veröffentlicht wurden. Der beim REN gewählte Ansatz unterscheidet sich davon jedoch auf Grund der zu berücksichtigenden spezifischen nationalen Eigenschaften⁴, der verwendeten Methoden der Informationsbeschaffung, des Vorgehens bei der Interpretation der Funktionen des ausgewiesenen ökologischen Netzwerks und der Verwendung zusätzlicher Grundkonzepte (z.B. die Kontinuen).

Der vom REN angewandte ökosystemare Ansatz bezweckt eine globale Sicht der vielfältigen Interaktionen der in einem Gebiet vorhandenen Elemente. Die Landschaft wird demzufolge unter Bezugnahme auf interaktive, nach biotischen und abiotischen Faktoren in Netzwerken organisierte Systeme beschrieben. Daraus lassen sich unterschiedliche Habitatflächen, Material- und Energieflüsse sowie Flüsse von Verbreitungseinheiten ableiten.

Die Inhalte des REN werden wie folgt zusammengefasst:

- Es beschreibt in einem schematischen Kartenmodell die Landschaftsstrukturen, die oft überdeckende, manchmal aber auch sich ausschliessende Netzwerke bilden.
- Es regt die verantwortlichen Akteure der Raumordnung und des Natur- und Landschaftsschutzes an, ihr Augenmerk über die schützenswertesten Naturgebiete hinaus vermehrt auch auf die teilweise sehr unauffälligen Verbindungen zwischen den verschiedenen Landschaftselementen zu lenken, die dem Austausch der Tier- und Pflanzenarten dienen. Dieser Austausch ist im Falle von grossen und nur in geringem Masse zerschnittenen Einheiten verschiedener Lebensräume auf den ersten Blick häufig kaum wahrzunehmen, im Detail kann er jedoch vielfältig und reich strukturiert sein. Dies wird etwa bei der Betrachtung der zahllosen, dem Strassenverkehr zum Opfer fallenden Tiere augenfällig.
- Es bietet eine Arbeitsgrundlage für eine bessere Berücksichtigung der Vernetzung und der Möglichkeit zur Entwicklung naturnaher Lebensräume.

⁴ Geringe geografische Ausdehnungen, Vielfalt der beeinträchtigten naturnahen Lebensräume, starke Parzellierung usw.

Im Idealfall kann ein ökologisches Netzwerk anhand einer systematischen kartografischen Darstellung der natürlichen und naturnahen Habitats (Karte der Pflanzengesellschaften) abgeleitet werden, die mit den Informationen der Inventare der Tier- und Pflanzenarten ergänzt wird. Diese Basisdaten werden gruppiert, indem Arten sowie Habitats auf Grund ihrer unterschiedlichen Ansprüche zusammengefasst und ihre Verbindungen zu angrenzenden Ergänzungsflächen festgestellt werden. Da gegenwärtig bei einzelnen Lebensraumtypen und Artengemeinschaften die systematischen und detaillierten Inventaraufnahmen noch nicht abgeschlossen sind, verfolgt das REN zwei sich ergänzende Ansätze: Einerseits übernimmt es die vorhandenen Daten und andererseits überlagert es diese mit potenziell geeigneten Habitats der einzelnen Artengruppen. Auf dieser Grundlage wird ein Modell entwickelt, das die Landschaft als System mit einheitlichen, vernetzten oder zerschnittenen Räumen darstellt. In einigen kritischen Bereichen wurden die kartografischen Daten zudem durch Informationen aus Begehungen ergänzt, bei denen das vermutete Vorhandensein geeigneter Lebensräume und vor allem die tatsächlichen Vernetzungsmöglichkeiten hinsichtlich der effektiv vorhandenen Lebensräume und Arten überprüft wurden.

Das REN ist somit ein integratives Produkt, das versucht, die zahlreich vorhandenen Daten zu den Lebensräumen und Arten optimal zu nutzen. An dieser Stelle soll jedoch unterstrichen werden, dass dieser Ansatz einen Gesamtüberblick über einzelne ökologische Gruppen bzw. über ihr Lebensraumpotenzial ermöglicht, die vorhandenen Informationen jedoch nicht genügen, um detaillierte Verbreitungskarten zu erstellen. Letzteres ist aber nicht das Ziel des REN, da dieses primär die allgemeinen Strukturen der einzelnen Lebensraum-Netzwerke (spezifische Netzwerke) definieren will.

Mit der Wahl des oben beschriebenen Ansatzes übernimmt das REN ein Vorgehen, das im Rahmen der angewandten Forschung und in der Praxis häufig zum Zug kommt. Bei der Durchführung von Umweltverträglichkeits-Untersuchungen etwa erlaubt es bei einem minimalen Aufwand, die Projektwirkungen auf die Schutzziele der Sachbereiche Flora, Fauna und Landschaft zu bestimmen.

3.2 Vorbemerkungen zu den Möglichkeiten des REN

Wie bereits erläutert wurde, müssen in Zukunft die bisherigen Schutzstrategien des Natur- und Landschaftsschutzes erweitert werden. Der Arten- und Lebensraumschutz muss hierfür die Landschaft als Ganzes betrachten. Dieser Blick über die Grenzen der Schutzgebiete hinaus erlaubt es, ein geeignetes Vernetzungssystem zu planen, bei dem insbesondere auch das Lebensraumpotenzial nicht geschützter Gebiete für wildlebende Tiere und Pflanzen einen zentralen Stellenwert erhält.

Dabei genügt die alleinige Festlegung von Verbindungskorridoren zwischen bereits definierten Kerngebieten nicht. Diese bei der Bestimmung der Netzwerke einer Vielzahl anderer europäischer Länder verfolgte Strategie kann in der Schweiz nicht

1:1 übernommen werden, da hier die natürlichen Standortbedingungen zu vielfältig sind und häufig kleinräumigen Wechseln unterliegen.

Im schweizerischen Mittelland sind die heute funktionierenden Netzwerkelemente sehr beschränkt und die Habitate stark fragmentiert. In solchen Landschaftstypen haben die Wiederherstellung eines funktionierenden ökologischen Netzwerks mit Kern- und Entwicklungsgebieten sowie die Revitalisierung der Vernetzungen auf der Grundlage fragmentarischer Reststrukturen höchste Priorität. In Zonen mittlerer Höhenlage (700–1200 m) bedecken natürliche Lebensräume noch beachtliche Landflächen. Doch auch hier kann die Lebensraumzerschneidung, hervorgerufen durch Verkehrswege, oft beträchtliche Ausmasse annehmen. In diesen Gebieten muss besonders darauf geachtet werden, dass es zu keinen weiteren Störungen der natürlichen Funktionen der Lebensräume kommt. Im Voralpen- und Alpenraum schliesslich bestehen zahlreiche gut vernetzte, naturnahe Lebensräume. Strukturbildend sind hier nicht primär menschliche Eingriffe als vielmehr natürliche Hindernisse. Abgesehen von den Kerngebieten und den ökologischen Korridoren ist eine detaillierte Definition jedoch schwierig. Hier muss der Erhaltung vorhandener Strukturen erste Priorität eingeräumt werden.

3.3 Berücksichtigung der Komplexität der Verbindungen in ökologischen Netzwerken

Um das Projektziel, konkret das Festhalten und Darstellen der verschiedenen Funktionen der Landschaft, zu erreichen, muss die räumliche Verteilung der vorhandenen Vernetzungsachsen in einem dreidimensionalen Raum betrachtet werden. Dieser Ansatz ist nötig, da jede Art wildlebender Tiere oder Pflanzen über eigene Fortbewegungsarten und -netzwerke verfügt. Diese hängen von den jeweiligen artspezifischen Bedürfnissen sowie den Fortbewegungsmöglichkeiten und -fähigkeiten ab. Neben den täglichen individuellen Wanderungen auf begrenztem Raum gibt es auch kollektive Wanderbewegungen wie solche, die der Fortpflanzung, Nahrungssuche oder Verbreitung dienen oder die sich saisonal wiederholen. Diese können häufig ganze Gruppen von Tieren umfassen.

Um ein Gesamtbild der Fortbewegungsmechanismen der Fauna und Flora in der Natur zu erhalten, müssen folgende Fortbewegungsarten berücksichtigt werden:

- a) **An den Boden gebundene Fortbewegung:** Bei der Fauna kann diesbezüglich zwischen einer aktiven und einer passiven Form unterschieden werden, während bei der Flora die passive Form mittels sich bewegender Tiere (Zoochorie) vorherrscht. Im Falle der Fauna unterscheidet man im Allgemeinen zwischen verschiedenen Fortbewegungstypen, die von den jeweiligen Fortbewegungsfähigkeiten und -muster der Arten abhängen.
- b) **An das Wasser gebundene Fortbewegung:** Sie betrifft primär zahlreiche Wasserlebewesen und Amphibienarten. Sie kann aber auch bei terrestrischen Pflanzen- und Tierarten vorkommen – sei es, sie fallen in Wasserläufe oder sie werden bei Regen von Oberflächenrinnalen transportiert. Somit spielt das

regionale hydrografische Netz die Rolle einer natürlichen Verbreitungsinfrastuktur zahlreicher Arten und besitzt die Funktion eines biologischen Korridors.

- c) **An die Luft gebundene Fortbewegung:** Dies ist die Fortbewegungsart der Vögel und Fledermäuse sowie zahlreicher Gliederfüssler. Alle benötigen jedoch Orientierungspunkte, Rast- oder Nahrungsplätze am Boden oder auf dem Wasser.

Im Weiteren ist auch die passive Transportmöglichkeit durch den Wind (Anemochorie) zu erwähnen, die für zahlreiche Insekten und gewisse Pflanzensamen eine wichtige Rolle spielt. Diese Ausbreitungsart wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst (u.a. Luftströme, vorherrschende Windrichtung), die häufig mit lokalen und regionalen Klimabedingungen zusammenhängen. Sie bilden somit voraussehbare Netzwerksysteme und sind mittels Modellen darstellbar⁵. Damit lässt sich aufzeigen, wie etwa die Schaffung einer Waldlücke oder einer asphaltierten Fläche die lokale Luftausbreitung zahlreicher Gliederfüssler beträchtlich verändert.

In den Analysen und Planungsarbeiten im Zusammenhang mit ökologischen Netzwerken müssen die Rastplätze von Zugvögeln besonders berücksichtigt werden. Hierbei handelt es sich zwar häufig um isolierte Standorte, wobei diesen die gleiche Bedeutung zukommt wie Kerngebieten. Ihr Wert hängt primär von der Länge der Verbindungskorridore ab und weniger von der Lebensraumqualität der Gebiete. Dies trifft auf die meisten international bedeutenden Gebiete für Zugvögel (Important Bird Areas; IBAs) zu; eine grosse Zahl dieser für den Naturschutz strategisch wichtigen Standorte liegt in Landwirtschaftsgebieten mit intensiver Nutzung oder auf Alpenpässen.

Für eine kohärente kartografische Darstellung der verschiedenen in einer Landschaft vorhandenen Funktionsmechanismen müssen somit sämtliche Fortbewegungsarten berücksichtigt werden⁶.

3.4 Der Sonderfall Alpenraum

Wie alle hohen Bergketten ist auch der schweizerische Alpenraum⁷ bei der Analyse der ökologischen Netzwerke ein Sonderfall. Er ist einerseits ein wichtiges und kompaktes Bergmassiv mit den ihm eigenen vielfältigen Lebensräumen und Arten, die den schwierigen Lebensbedingungen trotzen. Nicht zuletzt durch die von den Tälern und den Hochgebirgsregionen bedingte Abschottung der einzelnen Gebiete beherbergt dieser Raum zahlreiche, ausgedehnte Flächen, die eine grosse Artenvielfalt aufweisen. Aus ökologischer Sicht stellt der Alpenraum entsprechend eine kontinentale Insel dar. Dabei sind die Grenzen innerhalb des Raumes mehr-

⁵ Diese Luftkorridore sind auf den REN-Karten nicht dargestellt. Ihre Existenz darf aber nicht vernachlässigt werden, da in diesem Luftraum teilweise gefährliche Hindernisse für die Tiere vorhanden sind (Hochspannungsleitungen, Antennen, Masten, Halteseile, Kamine, Laternenpfähle usw.).

⁶ Dieser synthetische Ansatz konnte während der Phase der Validierung der provisorischen Karten teilweise befolgt werden, indem Spezialisten kritische Bereiche des Geländes besuchten.

⁷ Im REN werden alle oberhalb von 2100 m liegenden Gebiete als Alpenraum bezeichnet.

heitlich «naturbedingt». Mit der fortschreitenden Besiedlung und dem Bau neuer Infrastrukturanlagen in den Tälern kamen in den letzten Jahrzehnten vermehrt anthropogene Grenzen dazu. Alp- und landwirtschaftliche Aktivitäten hingegen haben kaum negative Auswirkungen, im Gegenteil: Die mehrheitlich naturnahe Nutzung begünstigt die Erhaltung einer mosaikartigen Landschaftsstruktur mit hoher Artenvielfalt. Im Hinblick auf einzelne Abläufe im Ökosystem fallen vertikal laufende Wanderungen auf, die der optimalen Lebensraumnutzung dienen (z.B. Schalenwild weicht dem strengen Winter in höheren Lagen durch Wanderungen in die Täler aus), sowie die meistens talquerenden Verbreitungsbewegungen bzw. (seltenen) Passquerungen am Ende der Täler. Gesamtheitlich betrachtet bildet der Alpenraum für viele Tier- und Pflanzenarten eine unüberwindbare natürliche Barriere und liegt damit ausserhalb des ökologischen Netzwerks des Flachlandes.

Abschliessend sei hier erwähnt, dass der Alpenraum, der im REN ungefähr 15% der Fläche ausmacht, auf Grund der schwierigen Geländebedingungen und der noch weitgehend intakten Lebensraumsituation nicht vor Ort untersucht wurde. Er wird auf den REN-Karten durch eine spezielle Einfärbung hervorgehoben. Wegen seines ökologisch hohen Wertes (u.a. grosse Artenvielfalt und zahlreiche endemische Arten) sollte der Alpenraum jedoch in einem anderen Zusammenhang Gegenstand einer gesamtheitlichen Untersuchung sein.

3.5 Definition und grafische Darstellung der Elemente ökologischer Netzwerke

Im REN wurden im Prinzip die im REP (paneuropäisches ökologisches Netzwerk) beschriebenen Netzwerkelemente übernommen. Diese wurden jedoch teilweise ergänzt oder auf die Eigenheiten der schweizerischen Landschaft angepasst. Die einzelnen Elemente werden in der Folge beschrieben und in Abbildung 1 dargestellt.

Kontinuum

Einheit von Lebensräumen, welche die Entwicklung einer ökologischen Gruppe (Organismengruppe) ermöglicht. Ein Kontinuum besteht aus mehreren zusammenhängenden, hindernisfreien Elementen. Dazu zählen auch Randgebiete, die zu anderen Kontinuen gehören oder vorübergehend genutzt werden. Ein Kontinuum umfasst folglich:

- mindestens ein Kerngebiet,
- Ausbreitungsgebiete, die zwar zum gleichen Lebensraumtyp wie das Kerngebiet gehören, qualitativ aber weniger ideale Bedingungen bieten,
- Randgebiete, die andere Lebensraumtypen als die Kerngebiete beinhalten und die von den Tierarten des Kontinuums nur teilweise oder vorübergehend genutzt werden. Dieser Aussenbereich ist z.B. für die Nahrungssuche und Wanderungen für die gesamte Tierwelt des Kontinuums von Bedeutung. Die Nutzung dieser Randgebiete hängt von der Fähigkeit der Tiere ab, sich etwa von den Waldrandgebieten oder von Bereichen mit Deckungsmöglichkeiten zu entfernen. Die Randgebiete nehmen aber auch weitere Funktionen wahr. So dienen sie insbe-

sondere zahlreichen Generalisten als Korridor oder werden von einzelnen spezialisierten Arten während ihrer Verbreitungsphasen genutzt.

Die systematische Bestimmung von **Kontinuen, die als mehr oder weniger unabhängige spezifische Netzwerke organisiert sind**, ist eine Besonderheit des REN-Ansatzes. Dabei werden 5 Typen von Kontinuen unterschieden, die ihrerseits gemeinsam das nationale ökologische Netzwerk bilden.

Kriterien zur Bestimmung der Kontinuen im REN:

Nachfolgend sind die fünf grundlegenden Kontinuen zusammen mit ihren charakteristischen Lebensräumen aufgeführt:

1. Die **Kontinuen der Waldgebiete** umfassen Wälder, Gebüschwald und andere bestockte Flächen sowie Wiesen und Kulturen in Waldrandnähe. Es werden zwei Typen unterschieden:
 - 1a *Kontinuen der Waldgebiete tieferer Lagen* (<1200 m)
 - 1b *Kontinuen der Waldgebiete höherer Lagen* (>1200 m), welche die Weideflächen in Höhenlagen (Alpweiden) einschliessen.
2. **Kontinuen der extensiv genutzten Landwirtschaftsflächen**, bestehend aus verschiedenen landwirtschaftlich genutzten Flächen, Wiesen, Weiden und Heckenlandschaften.
3. **Kontinuen der Trockenwiesen**, bestehend aus Wiesen, Weiden, isolierten Kulturen, Rebbergen und Heckenlandschaften, vorwiegend an Südhängen der Hügelstufe.
4. **Kontinuen der Feuchtgebiete**, bestehend aus Gebieten entlang von Wasserläufen sowie Sümpfen, Wiesen und Kulturen in Auengebieten.
5. **Kontinuen der aquatischen Lebensräume**, bestehend aus Fließgewässern und verschiedenen Stehgewässern des hydrografischen Netzes.

Anmerkung: Die Ökotope, die lineare Strukturelemente wie Waldränder, Hecken, Böschungen, Ufer von Wasserläufen und die Hangfussbereiche umfassen, werden grundsätzlich als vielseitige Elemente der angrenzenden Kontinuen betrachtet.

Kerngebiet

Einheit von Lebensräumen, die über günstige Bedingungen für eine bestimmte ökologische Pflanzen- oder Tiergruppe (Gilde) und geeignete Lebensräume für sämtliche Entwicklungsphasen einer Population verfügen. Ein Kerngebiet wird unabhängig vom rechtlichen Status des Gebiets festgelegt. Häufig werden Kerngebiete in offiziellen Inventaren als national oder kantonal bedeutende Biotop ausgewiesen. Sie können aber auch ausschliesslich auf Grund von Expertenmeinungen über die Vielfältigkeit oder Bedeutung der Populationen in diesem Gebiet festgelegt werden. Kerngebiete stellen grundsätzlich ein Reservoir für die Verbreitung dar.

Kriterien zur Bestimmung eines Kerngebietes im REN:

- Das Gebiet ist in einem Bundesinventar als national bedeutendes Biotop aufgeführt oder wird vom Kanton als kantonal oder regional bedeutend eingestuft.
- Das Gebiet liegt in einer Schutzzone und/oder es kann anhand von Daten davon ausgegangen werden, dass Arten der Gilde des Kontinuums vorhanden sind (Kap. 4.1.8).
- Beobachtungen vor Ort bestätigen das Vorhandensein von Arten und Lebensräumen, die für den entsprechenden Kontinuum-Typ charakteristisch sind. In diesem Fall ist es irrelevant, ob das Gebiet geschützt oder in einem Inventar aufgeführt ist.
- Das Gebiet wird auf Grund seiner Ähnlichkeit mit anderen Kerngebieten bestimmt (physiognomische Gemeinsamkeiten).

In den beiden letztgenannten Fällen muss angenommen werden können, dass das Gebiet auf Grund der Grösse und Qualität den Fortbestand der charakteristischen Tier- und Pflanzenpopulationen gewährleistet.

Ausbreitungsgebiet

Ein ökologisches Ausbreitungsgebiet weist Analogien mit einem Kerngebiet, aber eine geringere Qualität oder Fläche auf. Grundsätzlich handelt es sich um denselben Lebensraum, die Charakterarten sind aber weiter gestreut. Je nach Kontinuum-Typ kann das Ausbreitungsgebiet sehr ausgedehnt (Nutzwald) oder aber sehr beschränkt sein (Feuchtgebiete und Trockenwiesen).

Kriterien zur Bestimmung eines Ausbreitungsgebietes im REN:

- Lebensräume, an denen Veränderungen vorgenommen wurden, gelten als Ausbreitungsgebiete, wenn die Veränderungen reversibel sind. Beispiel: kanalisierter Bach, im Flachland angelegter Nadelwald.
- Teilweise veränderte Lebensräume müssen direkt neben oder so nahe bei einem Kerngebiet liegen, dass sie laufend durch die für das Kerngebiet charakteristischen Arten besiedelt werden können. Sie gehören zum gleichen Kontinuum.

Anmerkung: Die meisten Ausbreitungsgebiete entsprechen Bereichen, die in den Landeskarten als Wälder, Sümpfe, Wiesen usw. eingetragen sind.

Entwicklungsgebiet

Einheit von Lebensräumen, die geeignete Bedingungen für eine oder mehrere ökologische Pflanzen- und Tiergruppen und teilweise ausreichende Lebensräume für die verschiedenen Entwicklungsphasen einer Population bieten, **in denen aber keine Kerngebiete ausgewiesen wurden**. Das Entwicklungsgebiet liegt ausserhalb des eigentlichen Kontinuums, da es infolge der Entfernung oder schwer überwindbarer Hindernisse schlecht zugänglich ist. Diese Art von Gebiet kann jedoch zufällig besiedelt werden oder eine vom Aussterben bedrohte Reliktpopulation beherbergen. Langfristig behalten die Entwicklungsgebiete ihren Wert nur, wenn sie vernetzt sind. Diese Lebensräume sind häufig nicht rechtlich geschützt. Für das REN sind jene Entwicklungsgebiete besonders wichtig, die zusammen mit einem langen Korridor die Funktion eines Verbindungsbiotops erfüllen. Ein Entwicklungsgebiet befindet sich in diesem Fall innerhalb eines Korridors und ist dort als Leitstruktur oder als Deckung bietender Lebensraum wichtig.

Kriterien zur Bestimmung eines Entwicklungsgebietes im REN:

Der Lebensraum ist grundsätzlich geeignet, d.h. er weist analoge Bedingungen wie ein Kerngebiet oder ein Ausbreitungsgebiet auf. Die Fläche ist jedoch zu weit von einem Kerngebiet entfernt und oftmals zu klein, um Populationen der Charakterarten ein langfristiges Überleben zu ermöglichen. In Fällen, in denen die Qualität des Lebensraumes schlecht ist, besitzt es jedoch wegen seiner Lage oder Ausdehnung häufig günstige Entwicklungsmöglichkeiten hinsichtlich einer Renaturierung.

Anmerkung: In den REN-Synthesekarten sind die Entwicklungsgebiete gleich eingefärbt wie die Ausbreitungsgebiete. Sie lassen sich jedoch nach vorhandenen oder fehlenden Kerngebieten unterscheiden.

Ökologischer Korridor

Im REN ist ein Korridor immer ein hindernisfreier Raum ausserhalb eines Kontinuums, der in erster Linie Austauschmöglichkeiten zwischen Kern- oder Entwicklungsgebieten aufweist. Er ist dank der vorhandenen natürlichen oder naturnahen Elemente mehr oder weniger gut strukturiert und entsprechend funktionell. Ein Korridor besteht häufig aus Überresten oder veränderten Lebensräumen der angrenzenden Kontinuen. Er kann aber auch ausschliesslich ein hindernisfreier Raum sein, der es den mobilsten Arten erlaubt, ihn gelegentlich als Verbindung zu nutzen.

Kriterien zur Bestimmung eines Korridors im REN:

- Direkte oder indirekte Beobachtungen, die entsprechende Bewegungen von Wildtieren belegen (z.B. Sichtbeobachtungen wandernder Tiergruppen oder überfahrene Tiere entlang von Verkehrswegen).
- Das Vorhandensein von **Rückzugs-Lebensräumen** oder **Leitstrukturen**, die möglichst vielen Arten und Individuen der Fauna des spezifischen Kontinuums erlauben, sich über die Grenzen ihrer angestammten Lebensräume hinaus zu begeben.

Anmerkung: Ein Korridor wird auf regionaler Stufe kartiert und beschrieben. Auf überregionaler Ebene verwendet man den Begriff Korridor häufig zur Bezeichnung einer Einheit von Netzwerkelementen (mehrere Kontinuum-Typen mit ihren lokalen Korridoren), die in der Landschaft eine Ausbreitungsachse bilden.

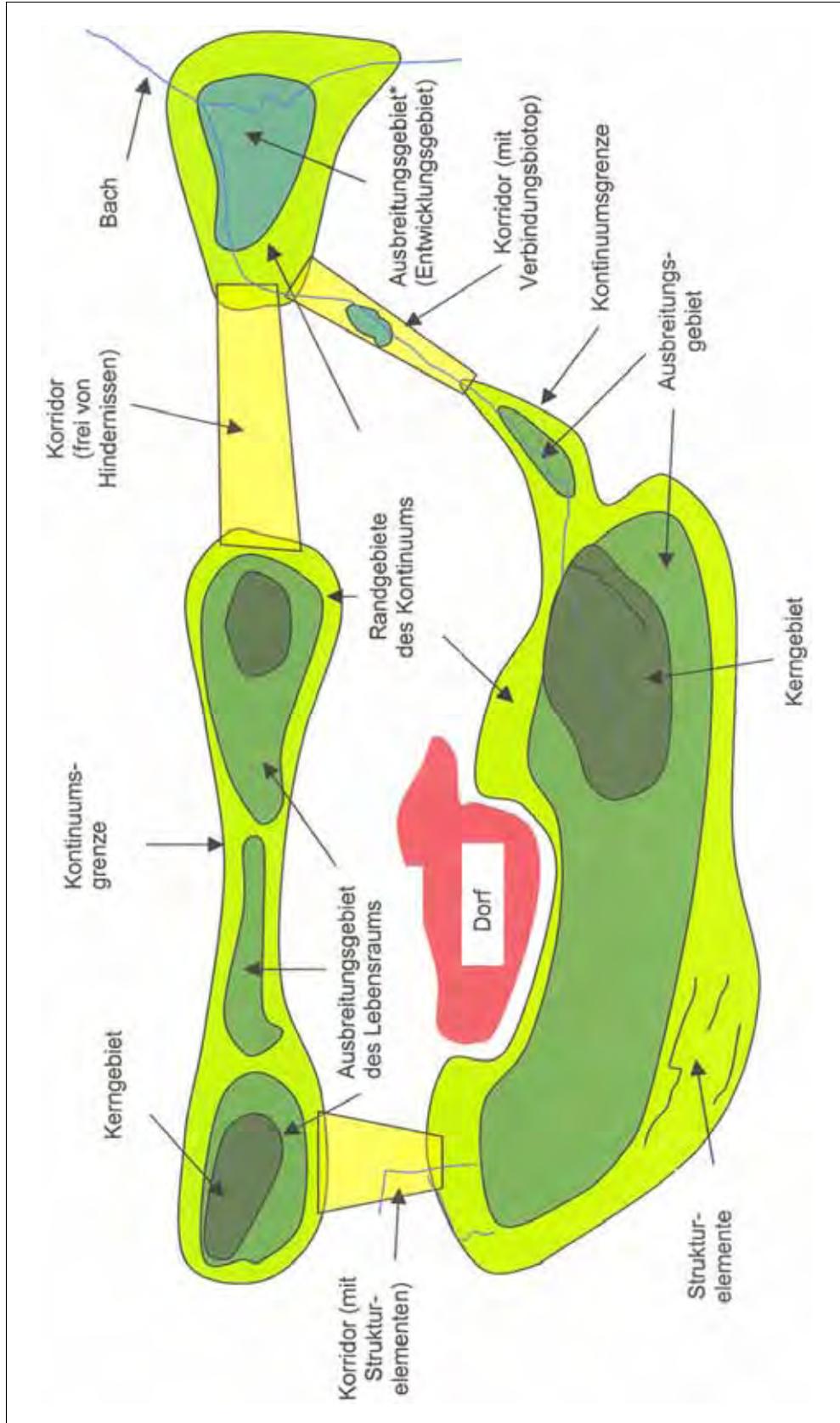


Abb. 1 : Kartografische Darstellung eines spezifischen Netzwerks vom Typ Waldgebiete.

Bemerkungen zu den Unterschieden gegenüber dem paneuropäischen ökologischen Netzwerk (REP): (a) Ist kein Kerngebiet vorhanden, wird das markierte Ausbreitungsgebiet (*) als Entwicklungsgebiet betrachtet. (b) Die zusätzlich eingeführten Randgebiete des Kontinuums entsprechen etwa den Pufferzonen des REP-Konzepts.

Besonderheiten des schweizerischen REN-Ansatzes

Im Einklang mit dem neuen Leitbild «Landschaft 2020» des BUWAL, einem Folgeprojekt des 1997 veröffentlichten Landschaftskonzepts Schweiz, orientiert sich das REN weitgehend an den Richtlinien für das paneuropäische ökologische Netzwerk. Es trägt dabei aber den nationalen Besonderheiten Rechnung, indem es verschiedene zusätzliche Grundbegriffe einführt (z.B. Kontinuum).

Beim REN wurde zur Landschaftsbeschreibung ein umfassender systemischer Ansatz gewählt, welcher den Zustand der Vernetzung der Lebensräume in der Schweiz aufzeigt. Dazu wurden die in spezifischen ökologischen Netzwerken organisierten Landschaftsstrukturen schematisch festgehalten. Dieser Ansatz soll die Berücksichtigung des Umweltaspekts bei allen Projekten im Bereich der Raumplanung und -entwicklung erleichtern.

Bei der Beobachtung der Entwicklung in Bezug auf die Landschaftszerschneidung und der damit verbundenen Folgen für die Artenvielfalt braucht es eine umfassende Sichtweise. Diese soll alle Lebensräume des Landschaftsgefüges einbeziehen, um damit einen sinnvollen Umgang mit Entwicklungsmöglichkeiten, störenden Aktivitäten und besonders wertvollen natürlichen Habitaten zu erlauben. Dabei sind auf der Basis eines kartografischen Modells vor allem die zwischen den Ökosystemen vorhandenen lebenswichtigen Verbindungen zu berücksichtigen.

Zusammenfassend setzt ein verbesserter Schutz der ökologisch besonders wertvollen Gebiete auch ein vertieftes Verständnis und einen geeigneten Umgang mit der gesamten «gewöhnlichen, verarmten Natur» voraus, da diese die Landschaft vielerorts prägt und die wesentlichen biologischen Abläufe zwischen den Kerngebieten reguliert.

Kartografische Merkmale des REN

Beim kartografischen Ansatz des REN wurden mit Hilfe eines geografischen Informationssystems Polygone festgelegt und mit spezifischen qualitativen und funktionalen Eigenschaften verknüpft. Die Absicht war, alle Gebiete einzugrenzen und zu verbinden, die hinsichtlich der Artenvielfalt Reservoir darstellen (Kerngebiete), über Land, Wasser und Luft zugänglich sind und zum Netzwerk beitragen können. Wichtig in diesem Zusammenhang ist auch die Ausscheidung von Kontinuen als Einheiten von Lebensräumen, welche die Entwicklung einer ökologischen Gruppe zulassen.

Bei der Kartierung des REN wurde versucht, ein einfaches, aber zuverlässiges Modell für ein nationales ökologisches Netzwerk zu erstellen, das Analysen zur Vernetzung der Ökosysteme ermöglicht.

4 Arbeitsmethoden

4.1 Vorbereitungsphase

4.1.1 Gewählte Ansätze

Bei der Erstellung des REN dienten folgende Ansätze als Grundgerüst der gewählten Methodik:

- Wird der Vorzugslebensraum einer bestimmten Lebensgemeinschaft vorgefunden oder zumindest die für sie typischen Zeigerarten, so wird dies als Indiz genommen, dass es sich hierbei um ein Kerngebiet handelt bzw. dass das Gebiet ein «Organismen-Reservoir» für die Umgebung darstellt. Voraussetzung ist allerdings, dass die biotischen und abiotischen Bedingungen des Standortes (wie Boden, Klima oder Bewirtschaftung) unverändert bleiben. Auf diese Weise ist es möglich, neue Kerngebiete des ökologischen Netzwerks auszuweisen oder – im Falle von geschützten Gebieten – ihre Ausdehnung zu erweitern.
- Im Rahmen der Detailprüfung (Analyse von Luftaufnahmen, Geländebegehungen, Befragung lokaler Naturkennerinnen und -kenner) lassen sich den ausgewiesenen Lebensräumen als Ganzes neue Grenzen und Qualitätskategorien zuordnen. Dabei kann es sich – neben den eine hohe Biodiversität oder eine Vielzahl von Zeigerarten beinhaltenden Kerngebieten – auch um Ausbreitungs- und Entwicklungsgebiete handeln.
- Als Korridore werden nicht nur die konkret nachweisbaren Verbindungsachsen (etwa auf Grund direkter Beobachtungen oder von Fallwildfunden entlang von Strassen), sondern auch potenzielle Achsen ausgewiesen. Zur Bestimmung der Letzteren werden die Landschaft einer GIS-gestützten Analyse unterzogen und die erhaltenen Informationen vor Ort stichprobenweise überprüft (vgl. hierzu auch Holzgang et al. 2001).
- Weist ein ökologisches Netzwerk Unterbrüche auf, so sind diese durch natürliche oder künstliche Hindernisse bedingt. Dabei werden zwei Typen unterschieden:
 - a) Hindernisse, die bereits im Rahmen eines Studiums der Landkarten ausgewiesen werden können.
 - b) Hindernisse, deren vermutetes Vorhandensein und deren Wirkung im Rahmen einer Geländebegehung abzuklären sind.Hindernisse erhalten beim gewählten Ansatz prinzipiell einen hohen Stellenwert. Sie sind in den spezifischen Karten zu den einzelnen Netzwerken eingetragen, je nach Situation als unüberwindbare Räume oder als Störflächen.

4.1.2 Überlagerung der Daten

Die Umsetzung des REN basiert auf einer Überlagerung der Resultate verschiedener sich ergänzender Methoden. Jede der folgenden Methoden würde für sich alleine keine abschliessenden Aussagen ermöglichen:

- a) Verwendung detaillierter statistischer Angaben zur Bodennutzung, um damit das Land in ökologisch ähnliche Gebiete einzuteilen.
- b) Zusammenfassen einzelner Arten zu Gilden (siehe Glossar), um die gesammelten Daten zur Aufteilung der Lebensräume zu ergänzen.
- c) Erstellen von Potenzialkarten als Grundlage ergänzender Arbeiten im Feld.

- d) Systematische Suche nach Landschaftselementen, welche die Vernetzungssituation der Tierwelt positiv (z.B. Hecken, Böschungen entlang von Autobahnen) oder negativ (Hindernisse wie Strassen, Mauern usw.) prägen.
- e) Einbezug der zuständigen kantonalen Fachstellen und ökologischer Fachpersonen, um die Geländeabklärungen durchzuführen.
- f) Sammeln zusätzlicher kantonalen und regionaler Daten.
- g) Systematische Kartierung der Strukturen der spezifischen Netzwerke.
- h) Funktionstest der kartierten spezifischen Netzwerke, um damit Gebiete mit einer befriedigenden Vernetzungssituation von solchen mit einem diesbezüglichen Manko unterscheiden zu können.

4.1.3 Grundlagen

Es wurden verschiedene vom BUWAL in den vergangenen Jahren in Auftrag gegebene Studien herangezogen:

- Im «Atlas schutzwürdiger Vegetationstypen der Schweiz» (Hegg et al. 1993) werden auf der Grundlage der bei dessen Entstehung aktuellen Inventare (ergänzt durch Geländebegehungen) 103 repräsentative Pflanzengesellschaften der Schweizer Flora landesweit erfasst. Als Kartiereinheit diente dabei der km²-Raster der Landeskarten. Damit ist dieses Werk, obwohl die darin enthaltenen Daten teilweise veraltet sind, die einzige kartografische Darstellung, die einen Gesamtüberblick zur Verteilung der verschiedenen Vegetationstypen bietet. Sie wurde als wichtige Grundlage für die Bestimmung der Kontinuen eingesetzt und erwies sich bei der Vervollständigung der Karten zahlreicher noch wenig bearbeiteter Täler als sehr nützlich.
- In der Studie «Nationale Prioritäten des ökologischen Ausgleichs im landwirtschaftlichen Talgebiet» (Broggi & Schlegel 1998) wurde – zwar beschränkt auf einzelne Gebiete des Landes – erstmals versucht, ein Netzwerk von natürlichen und naturnahen Landschaften zu definieren. Sie weist dabei – ohne im Detail auf die Vernetzung einzugehen – mit einer Genauigkeit von einem km² im ländlichen Raum des schweizerischen Mittellandes jene naturnahen Gebiete aus, die am empfindlichsten auf Veränderungen reagieren. Die Studie zeigt zudem auf, dass die für gewisse Ökosysteme verfügbaren wissenschaftlichen Daten unterschiedlicher Qualität sind und sich nur begrenzt zur Bestimmung von Kerngebieten und Verbindungskorridoren verwenden lassen. Dies betrifft insbesondere folgende Aspekte:
 - Die Daten zu den Kerngebieten («Hotspots») betreffen mehrheitlich die Arten der Lebensraumtypen Feuchtgebiete und Trockenstandorte, zu welchen bereits zahlreiche Inventardaten bestanden. Verbreitete Lebensraumtypen wie etwa die Waldgebiete weisen hingegen grosse Lücken auf.
 - Bei den bestehenden Daten stehen die bereits geschützten Gebiete, für welche Inventare häufiger verfügbar sind, im Vordergrund. Aus ökologischer Sicht gleichwertige, jedoch keinen Schutzstatus besitzende Gebiete sind wenig oder gar nicht dokumentiert.

In einer Zeit, in der sich die Landwirtschaft der Schweiz in einem Strukturwandelprozess hin zu Multifunktionalität und Nachhaltigkeit befindet, leistet die

Studie einen wichtigen Beitrag dazu, dass die ökologischen Anliegen in der Agrarwirtschaft grundsätzlich an Bedeutung gewinnen und dass sich diese der Notwendigkeit der Vernetzung ökologischer Ausgleichsflächen bewusst wird.

- Die Veröffentlichung der Typologie der «Lebensräume der Schweiz» (Delarze et al. 1998) liefert eine wichtige Datengrundlage zur Ökologie der Lebensräume und ihrer allgemeinen Verteilung in der Schweiz. Die Typologie dient als Referenz für die Beschreibung zusätzlicher, beeinträchtigter oder veränderter Lebensräume, die auf Grund ihrer Ökologie eine landschaftliche Einheit bilden. Damit hat sie einen wichtigen Beitrag zur Zusammenstellung der Gilden geleistet (Kap. 4.1.8).
- Die Studie «Korridore für Wildtiere in der Schweiz» (Holzgang et al. 2001) basiert auf Daten, die auf kantonaler Ebene für die gesamte Schweiz gesammelt worden sind, und gibt damit einen nationalen Überblick über Lage und Situation der überregionalen und regionalen Wildtierkorridore. Letztere sowie Vernetzungsachsen und Konfliktpunkte mit der menschlichen Raumnutzung werden darin dargestellt und beschrieben. Die in dieser Studie ausgewiesenen Wildtierkorridore betreffen zwar ausschliesslich grössere Wildtiere, umfassen aber dennoch gut die Hälfte der im REN festgehaltenen Korridore ausserhalb eines Kontinuums. Die ursprünglich auf einer Karte im Massstab 1:200'000 erstellten Daten wurden auf eine Karte im Massstab 1:25'000 übertragen und im Rahmen des Validierungsprozesses mit den Kantonen überprüft.

4.1.4 Allgemeine Daten

Folgende Daten, die für die gesamte Schweiz flächendeckend vorhanden sind, wurden verwendet:

- a) Die wichtigsten Grunddaten zu den gesamtschweizerischen Inventaren und allgemeine geografische Daten wurden vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) zur Verfügung gestellt.⁸
- b) Die digitalen Daten der Landeskarten wurden vom Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) bereitgestellt.
- c) Die Daten zur Bodennutzung stammen aus der vom Bundesamt für Statistik verwalteten Arealstatistik (GEOSTAT).
- d) Die Daten zu den Gebieten mit hoher Artenvielfalt von Vögeln wurden dem internationalen Inventar bedeutender Vogelschutzgebiete «Important bird areas» (IBAs 2001) von Birdlife International entnommen.
- e) Die nationalen Daten zur Fauna, die vom Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF) verwaltet werden, kamen bei der Erarbeitung der Gildenkarten (Kap. 4.1.8) zum Einsatz. Diese Daten betreffen sowohl Wirbeltiere als auch Wirbellose.
- f) Die Daten zu den Reptilien und Amphibien wurden von der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH) zur Verfügung gestellt.

⁸ Sie stammen im Allgemeinen aus offiziellen Inventaren von national bedeutenden Biotopen (BUWIN) – (siehe Liste der Dateien in Anhang 2).

Durch den Abgleich mit Daten von VECTOR 25 (swisstopo 1999) zum Gewässernetz und zum Verkehrsnetz konnten die Angaben zu den linearen Strukturen ergänzt werden. Dieser Schritt wurde nötig, da diesbezüglich die GEOSTAT-Daten mit ihrer Auflösung von 100 m unzureichend waren. Die Arealstatistik ihrerseits wurde zur Bestimmung von Lebensräumen verwendet, die der Bildung der fünf Kontinuum-Typen – den Basiselementen ökologischer Netzwerke – grundsätzlich förderlich sind. Die GEOSTAT-Klassifikation ist nachfolgend aufgeführt (Tab. 1).

Als Ergänzung zu den offiziellen Daten des Bundes haben schliesslich gewisse Kantone den Projektbeauftragten Daten über die lokal bedeutenden Biotope zur Verfügung gestellt.

4.1.5 Berechnung der potenziellen Ausdehnung eines Kontinuums

Auf der Grundlage der bestehenden Daten zur Verteilung der Biotope wurde ein Rechenmodell übernommen, das im Zusammenhang mit der Mobilität des Menschen entwickelt wurde und für die Berechnung der Transportkosten angewandt wurde. Im Fall des REN erlaubt dieses Modell, den potenziellen Aufwand für die Ausbreitung eines hypothetischen Tiers (beim REN der Zielarten) zu berechnen und damit die potenzielle Ausdehnung von Kontinuen in der untersuchten Landschaft darzustellen. Als Basis der Berechnung werden die kartierten Kerngebiete herangezogen. Jedem Landschaftskompartment (Bodennutzungseinheit) wird dann ein bestimmter «Wander-Widerstand-Wert» zugeordnet, der sich proportional zum Aufwand verhält, den die Zielart bei der Durchquerung eines Gebietes ausserhalb ihres angestammten Lebensraumes leisten muss. Daraus resultiert – innerhalb vorgegebener Grenzwerte – ein potenzielles Ausbreitungsgebiet, das Kontinuum.

Im Rahmen des provisorischen REN wurden zur Entwicklung der Kontinuum-Modelle keine bestimmten Arten verwendet, sondern es wurde auf die Ansprüche einer hypothetischen Art zurückgegriffen, die zur Ausbreitung mindestens 100 m zurücklegt. Die verwendete Auflösung von einer Hektare entspricht einerseits den Flächeneinheiten der GEOSTAT-Grunddaten und andererseits der Informationsdichte der vor Ort kartierten Daten. Das bedeutet, dass sich das hypothetische Tier im Berechnungsmodell in Längeneinheiten von 100 m fortbewegt. Dies entspricht in etwa jenen Ansprüchen, die erfüllt sein müssen, damit z.B. eine Kleinsäugerart eine überlebensfähige Population bilden kann.

Der «Wanderungsaufwand» gemäss dem erwähnten Berechnungsalgorithmus wird errechnet durch Addition des Aufwands jeder Rastereinheit als Produkt der zurückgelegten Distanz mit dem Durchschnitt der Koeffizienten für den «Wander-Widerstand-Wert» (Anhang 4).

Der Aufwand für die Wanderung von Rastereinheit 1 zu Rastereinheit 3 etwa errechnet sich wie folgt:

$$C_{1-3} = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \bullet D_{1-2} \right) + \left(\frac{R_2 + R_3}{2} \bullet D_{2-3} \right)$$

C = Wanderungsaufwand

R = Koeffizient für den gebietsspezifischen Wanderungswiderstand

D = zurückgelegte Distanz (in Metern)

Die zur Berechnung des Kontinuums verwendete Matrix der Koeffizienten für den Wanderungswiderstand in Abhängigkeit der ökologischen Gruppe und der Bodennutzung (Tab. 1) erfolgte mittels fortlaufender Eichung der Methode. Hierfür wurden die Resultate parallel laufender Untersuchungen zum Wanderverhalten von Wildsäugern in den Kantonen Waadt und Freiburg herbeigezogen. Dieser Abgleich wurde so lange fortgeführt, bis die kartierten Ergebnisse weitgehend den Geländedaten zu den vorhandenen Wildwechseln entsprachen. Eine Skala mit 4 Abstufungen des Widerstands (0 = keiner; 5 = schwach; 30 = mittel; 100 = stark) erwies sich als am realistischsten. Ein Koeffizient von 100 Punkten entspricht einem Hindernis, das statistisch gesehen für eine Mehrheit der Fauna unüberwindbar ist.

Als Beispiel wird in Abbildung 2 ein Auszug der Synthesekarten des provisorischen REN im Massstab 1:25'000 wiedergegeben.

Tab. 1 : Koeffizienten für den gebietsspezifischen Wanderungswiderstand je Einheit der Bodennutzungskarten, die bei einer Rastereinheitsweite von 100 m zur Berechnung der Ausdehnung der einzelnen Kontinuum-Typen verwendet werden.

| Kategorie der Bodennutzung (GEOSTAT) | | Waldgebiete <1200 m | Feuchtgebiete | Trockenstandorte | Extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete | Waldgebiete >1200 m und Weiden |
|--|---|------------------------|---------------|------------------|---|--------------------------------------|
| Bestockte Flächen: (09-16) | | | | | | |
| Höhe <1200 m | | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Höhe >1200 m | | 5 | 30 | 100 | 100 | 0 |
| Auenwälder | | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen: (71-75; 78-82) | | 30 | 100 | 100 | 5 | 100 |
| Unproduktive Flächen: Fels, Gletscher (98, 99, 90) | | 30 | 100 | 100 | 100 | 5 |
| Extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen | Wiesen, Weiden, Hecken (17-19, 82-83-84, 76-77) | 5 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| | Maiensässe, Heualpen, Alpweiden (85-89) | 30 | 100 | 100 | 30 | 0 |
| Seen (91) | | 30 | 5 | 100 | 100 | 100 |
| Fließgewässer, Uferböschungen, Nassstandorte: (69, 92, 93, 95, 96) | | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| Gebäude, Industrieareale, Infrastruktur: (25-29, 45-49, 61- 66, 20-24) | | 100 | 100 | 30 | 100 | 100 |
| Verkehrsflächen: (30-38, 67-68) | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Erholungs- und Grünanlagen: (51-59) | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

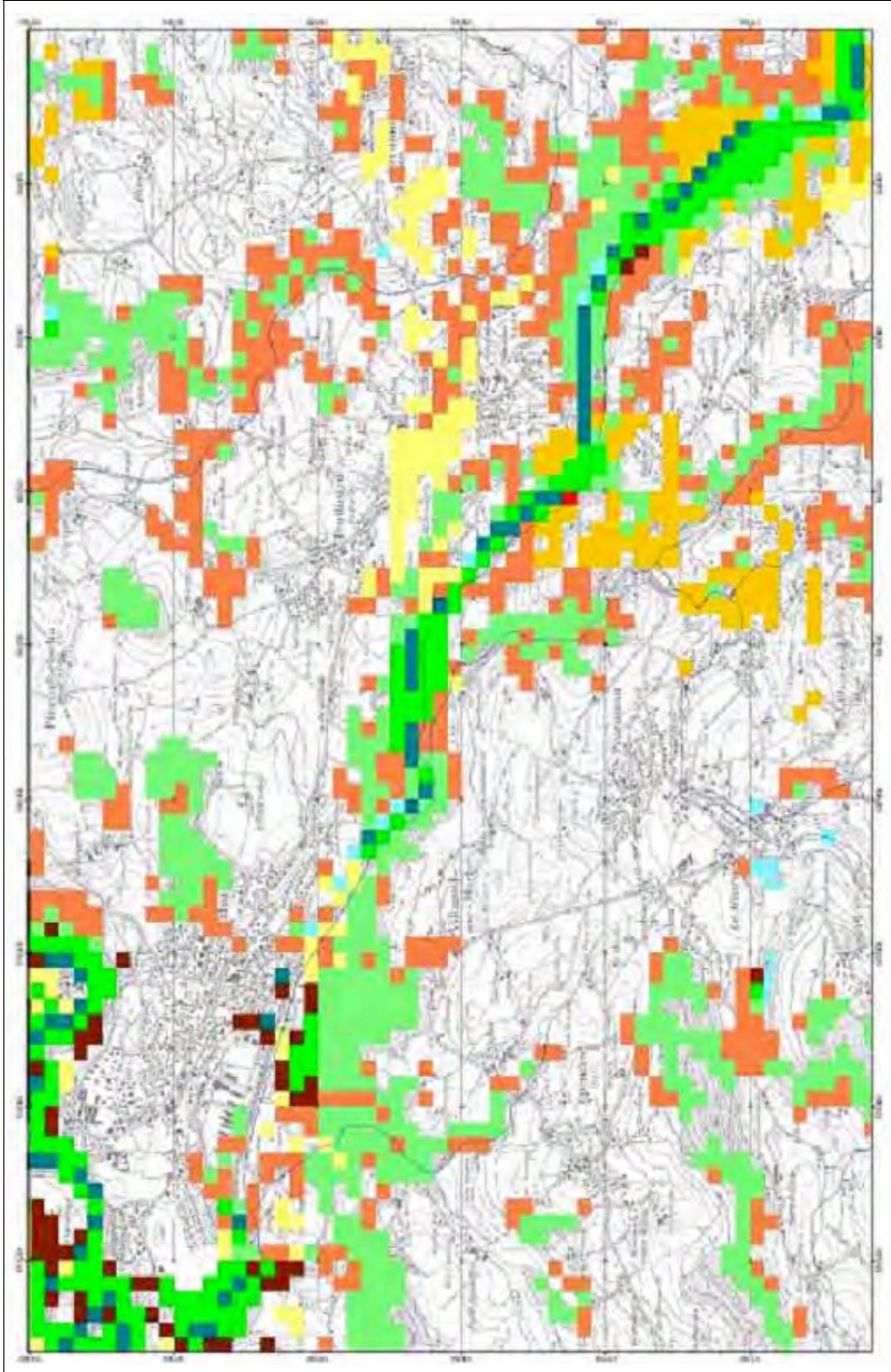


Abb. 2 : Auszug der Karte zum provisorischen REN Nr. 1205 ROSSENS (1:25'000) mit Darstellung der Ausdehnung der verschiedenen Kontinuen mit einer Auflösung von 100 m.

4.1.6 Erstellung des provisorischen REN

Die beschriebene Kartierung wurde flächendeckend für die gesamte Landesfläche durchgeführt. Die Karten:

- enthalten sämtliche natürlichen oder naturnahen Elemente, welche lokal, regional oder überregional zum Vorhandensein eines oder mehrerer spezifischer ökologischer Netzwerke beitragen können,
- berücksichtigen auch Netzwerkelemente, die nicht miteinander verbunden sind oder eine Sackgasse bilden, da auch diese wichtige Informationen zur Vernetzungssituation liefern.

Dabei wurden:

- die ursprünglichen Kerngebiete vollumfänglich aus den Inventaren von national bedeutenden Biotopen und Schutzgebieten übernommen,
- alle natürlichen und künstlichen Hindernisse als wesentliche Komponenten eines ökologischen Netzwerks inventarisiert.

Das Ausdehnungsgebiet der fünf Kategorien von «**ursprünglichen**» **potenziellen Kontinuen** (d.h. im provisorischen REN enthaltenen Kontinuen) wurde mit den statistischen Daten zur Bodennutzung (GEOSTAT) festgelegt. Zur Bestimmung der «**ursprünglichen**» **Korridore** wurden die Resultate einer gutachterischen Analyse der Karten kombiniert mit den Angaben vorhandener Studien zum Thema (Kap. 4.1.3). Das so erstellte provisorische REN beinhaltet folgende Produkte:

- Karten im Massstab 1:500'000 mit der allgemeinen Struktur des provisorischen REN,
- Auszüge im Massstab 1:100'000 der gesamtschweizerischen Karte mit den für die Festlegung des REN potenziell geeigneten Gebieten,
- Karten im Massstab 1:25'000 mit detaillierten Daten auf dem topografischen Hintergrund der gesamtschweizerischen Karten, mit denen sich die provisorischen Ausdehnungen der verschiedenen Kontinuen genau lokalisieren lassen.

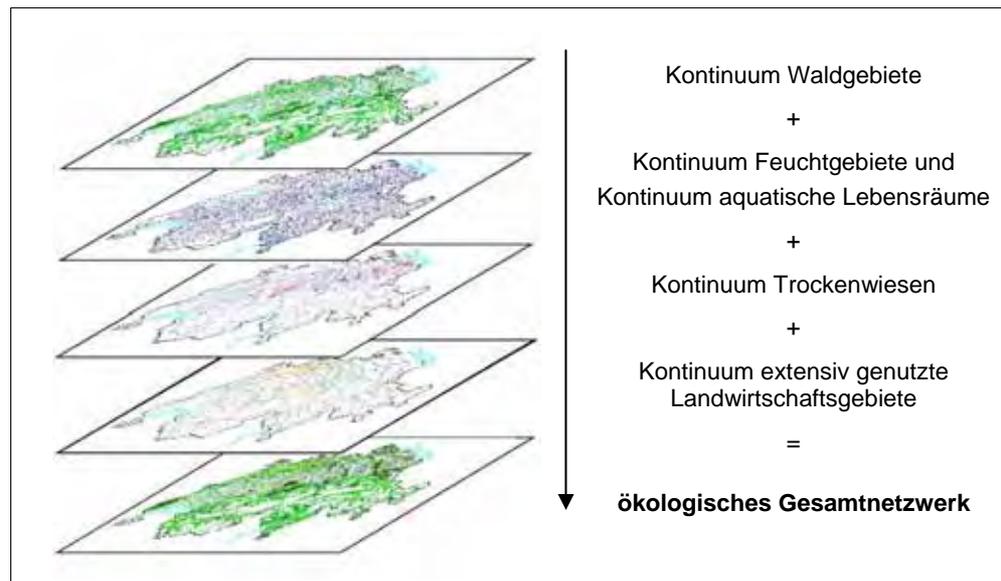
Diese erste Etappe erlaubte somit, eine provisorische Aufteilung der Landschaft in ökologische Sektoren in Abhängigkeit der bekannten Hindernisse vorzunehmen. Ein auf diese Weise definiertes ökologisches Netzwerk bleibt ein vereinfachtes theoretisches Modell für ein sehr komplexes Funktionssystem. Es ist aber nützlich, weil sich damit die meisten Austausch- und Ausbreitungsprozesse der in einer Landschaft beobachteten Tierpopulationen deuten lassen.

4.1.7 Kartierung der ökologischen Kontinuen

Die Berücksichtigung ökologischer Kontinuen ist für die Kartierung ökologischer Netzwerke wesentlich. Der vorliegende Ansatz weist allen identifizierbaren Elementen aus dem Landschaftsmosaik eine oder mehrere Einheiten von Ökosystemen zu, die jeweils ein Kontinuum bilden und sich ökologisch so ähnlich sind, dass sie ein eigenständiges spezifisches ökologisches Netzwerk darstellen. Wie bereits erwähnt, werden im REN fünf grundlegende Kontinuum-Typen unterschieden, die sich in jeder schweizerischen Landschaft leicht erkennen lassen: Waldgebiete,

Feuchtgebiete, aquatische Lebensräume, Trockenwiesen und extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete. Das ökologische Gesamtnetzwerk resultiert aus der Überlagerung der einzelnen identifizierten spezifischen Netzwerke (Abb. 3).

Abb. 3 :
Ein ökologisches Netzwerk besteht immer aus mehreren spezifischen Netzwerken (Kontinuen), die unabhängig oder teilweise verbunden sind. In dieser Abbildung wurden die Kontinuen Feuchtgebiete und aquatische Lebensräume zusammengefasst.



Die einzelnen Flächen, aus denen ein spezifisches Netzwerk besteht, können somit individuell analysiert werden. Abschliessende Aussagen erlaubt diese Analyse allerdings erst dann, wenn die Vernetzung zwischen den verschiedenen Elementen eines Netzwerks berücksichtigt wird.

Eine solche Sichtweise einer multifunktionalen, in Form von Netzwerken organisierten Landschaft weist folgende Besonderheiten auf:

- Die einer Gruppe von Indikatororganismen zugewiesenen Kerngebiete können ohne weiteres innerhalb des Kontinuums einer anderen Gilde eine untergeordnete Funktion übernehmen.
- Der äussere Bereich eines Waldrands – obwohl unbestockt ein Teil des Kontinuums der Wälder – kann zugleich wärmeliebenden Arten als Korridor dienen. In diesem Sinn übernehmen die äusseren Bereiche eines Kontinuums unter Umständen verschiedene Funktionen anderer Kontinuen, wie etwa jene eines Wanderkorridors.
- Ein Ruhegebiet für Zugvögel, das als Kerngebiet eingestuft wird und sich durch eine saisonal hohe Dichte von Vögeln auszeichnet, kann durchaus vollumfänglich zu einem intensiv landwirtschaftlich bewirtschafteten Gebiet gehören – am Rande oder an der Schnittstelle verschiedener Kontinuen. In diesem Fall erhält es den Status eines Kerngebietes auf Grund seiner (temporären) Funktion und nicht wegen des Vorhandenseins bestimmter Lebensräume oder des Schutzstatus.

Indem bei der Betrachtung der Landschaft deren vielfältige Funktionen in den Vordergrund gerückt werden, lässt sich ein kartografisches Modell der bestehenden ökologischen Netzwerke darstellen, ohne dabei ausschliesslich auf das Vorhandensein bestimmter vorherrschender Lebensräume oder Arten – bzw. entsprechender Inventare – angewiesen zu sein. Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass die Gesamtvernetzung der Landschaft unabhängig von ihrem rein ökologischen Wert untersucht werden kann.

Die Karten liefern eine Gesamtschau zum Entwicklungspotenzial der vorhandenen Lebensräume und ihrer wahrscheinlichen Vernetzung. Sie besitzen damit eine strategische Rolle bei der Analyse des betrachteten Landschaftsausschnitts auf regionaler, nationaler oder internationaler Stufe und widerspiegeln gleichzeitig die Grundstruktur der Netzwerke. In dieser Form kann das REN den mit der Landschaftsplanung betrauten Fachpersonen als wichtiges Arbeitsinstrument zur Entwicklung von Strategien für die Wiederherstellung natürlicher Lebensräume dienen.

4.1.8 Gilden der Indikatororganismen

Der Ansatz, ein Verbreitungspotenzial mit Hilfe von Gilden (= Gruppen von Indikatororganismen bzw. Zeigerarten) zu bestimmen, kam in der Vergangenheit bereits mehrfach zur Anwendung. Im Rahmen einer Analyse der schweizerischen Jagdbannggebiete z.B. ermöglichte er, auch solche Arten einzubeziehen, von denen wenig Angaben zu ihrer Verbreitung vorlagen (ECONAT 1986 und 1991). In den letzten Jahren haben sich dank besserer Software im Bereich der Geoinformatik und leistungstärkeren Systemen die Anwendungsmöglichkeiten noch verbessert.

Definitionsgemäss besteht eine Gilde aus einer Gruppe ökologisch nahe stehender Arten, welche dieselben Habitate nutzen. Der Einsatz von Gilden im REN sollte einerseits in Verbindung mit vorhandenen Daten die Verlässlichkeit der gewählten Methodik sowie die Daten des provisorischen REN überprüfen und andererseits in Gebieten mit wenig Grundinformationen (z.B. keine Angaben aus Inventaren) zusätzliche Daten liefern. Das Zusammenfassen von mehreren Arten hat gegenüber dem Einzelarten-Ansatz den Vorteil, dass ein breiteres und verwobeneres Bild entsteht und somit die Realität besser wiedergegeben wird.

Die Auswahl von Zeigerarten zur Bildung repräsentativer Gilden erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Projektteam und dem Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF)⁹. Dabei wurden, ausgehend von den einzelnen Umgebungsfaktoren der fünf Kontinuen, zuerst die darin enthaltenen Lebensräume bestimmt bzw. differenziert. In einem zweiten Schritt wurden aus den bei der SZKF verfügbaren Datensätzen die Angaben zu jenen Arten ausgewählt, die für die bestimmten Lebensräume repräsentativ sind. Die Arten wurden auf Grund ihrer öko-

⁹ Auf Grund der gekürzten bzw. verschlüsselten Darstellung der Daten verzichtet die SZKF auf jegliche Nutzungseinschränkung der grundsätzlich vertraulichen Daten.

logischen Bedürfnisse und ihrer Aussagekraft ausgewählt. Arten, die ausgesprochen mobil sind oder vorübergehend in verschiedensten Landschaften gleichzeitig auftreten, wurden nicht aufgenommen. Das Gleiche gilt für stenöke Arten (siehe Glossar). Umgekehrt können weniger anspruchsvolle Arten sowohl Lebensräume von hoher als auch von geringer Qualität besiedeln. Diese Arten sind deshalb gute Indikatoren für die Kontinuen und wurden bevorzugt zur Bildung von Gilden ausgewählt. Die so erhaltenen Daten unterlagen abschliessend einem Kohärenz-Test. Damit standen dem REN für jedes Kontinuum mehrere Schlüssel-Gilden zur Verfügung, von denen man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen durfte, dass sie in den einzelnen Lebensräumen auch tatsächlich vorkommen.

Die verwendeten Gilden (Anhang 1) stützen sich im Wesentlichen auf Insektengruppen. Wegen ihres kleineren Aktionsradius sind sie in der Regel die besseren Indikatoren einzelner Lebensräume als Wirbeltiere. Diese hingegen – meistens weniger spezialisiert und grössere Flächen nutzend – eignen sich besser zur Beschreibung und Ausscheidung von Korridoren oder ganzen Kontinuen. Entsprechend werden Amphibien und Reptilien im Allgemeinen zur Bestimmung von Kerngebieten verwendet (Reproduktionsorte), die sowohl Teil der Kontinuen Feuchtgebiete als auch der Kontinuen Trockenwiesen sind.

Auf der Ebene einer detaillierten Kartografie liessen die Daten zu den Gilden bzw. deren Darstellung verschiedene Schlüsse und Interpretationen zu:

- Grundsätzlich sollte der Hinweis auf Arten/auf einen Lebensraum (1 Punkt auf der Karte) mit dem tatsächlichen Vorhandensein des entsprechenden Kontinuums zusammenfallen. Isolierte Punkte können jedoch in gewissen Fällen auf Beobachtungen von verirrtten Tieren oder von Biotopen, die nur vorübergehend bestanden und inzwischen verschwunden sind, zurückzuführen sein.
- Das Fehlen von Daten im Bereich eines vor Ort identifizierten Kontinuums bedeutet in der Regel nicht, dass kein Kontinuum vorhanden ist, sondern beruht eher auf einer Erfassungslücke.
- Eine Konzentration von Punkten für Arten desselben Lebensraumes oder von Lebensräumen desselben Kontinuums weist im Allgemeinen auf das Vorhandensein eines Kerngebietes hin.
- Eine Konzentration von Punkten für Arten, die Gilden verschiedener Kontinuen angehören, weist auf eine Überschneidung von mehreren Kontinuen (etwa Mosaik mit günstigen Gebieten oder Entwicklungsgebieten) oder auf mehrfach genutzte Korridore hin.
- Punkte, die innerhalb eines bestimmten Sektors verteilt sind, bestätigen das Vorhandensein eines Kontinuums.
- Das Vorhandensein von sehr weit gestreuten Punkten weist in der Regel auf einzelne Tiere hin, die sich auf einer eher ungerichteten Wanderung befanden oder – was etwa bei fliegenden Insekten vorkommen kann – durch Wind oder andere äussere Faktoren verfrachtet worden sind. Es kann jedoch auch ein Hinweis darauf sein, dass das entsprechende Habitat existiert, aber beeinträchtigt ist.

Zusammen mit den Karten des provisorischen REN bildeten diese Gilden-Karten ein wichtiges Grundgerüst zur Überprüfung der nationalen Daten durch die Kantone und damit zur Erstellung des definitiven REN. Abgesehen vom REN und ohne Detailangaben zum Vorhandensein oder Fehlen von Kontinuen, können die Gilden-Karten auch zur Erarbeitung von regionalen und lokalen Netzwerken wichtige Dienste erfüllen.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass bewusst nur nationale und nicht regionenspezifische Gilden gebildet wurden. Dies kann natürlich dazu führen, dass in gewissen Landesteilen nur ein Bruchteil der aufgelisteten Arten vorkommt. Auf der anderen Seite beinhaltet ein Kontinuum definitionsgemäss keine harte Grenzen. Alle Veränderungen, alle Wechsel verlaufen fliessend. Wichtig ist es darum, Einheiten zu bilden, die das ganze Kontinuum charakterisieren.

Die georeferenzierten Daten der verwendeten Gilden wurden auf Arbeitskarten (Folien) im Massstab 1:25'000 eingetragen, mit folgenden Basisangaben:

- Code der entsprechenden Gilde,
- Zahl der im untersuchten Lebensraum angetroffenen Arten der Gilde.

Ein Beispiel einer Karte mit den Codierungen und Symbolen der Daten zu den Gilden (Abb. 4) veranschaulicht diesen Ansatz.

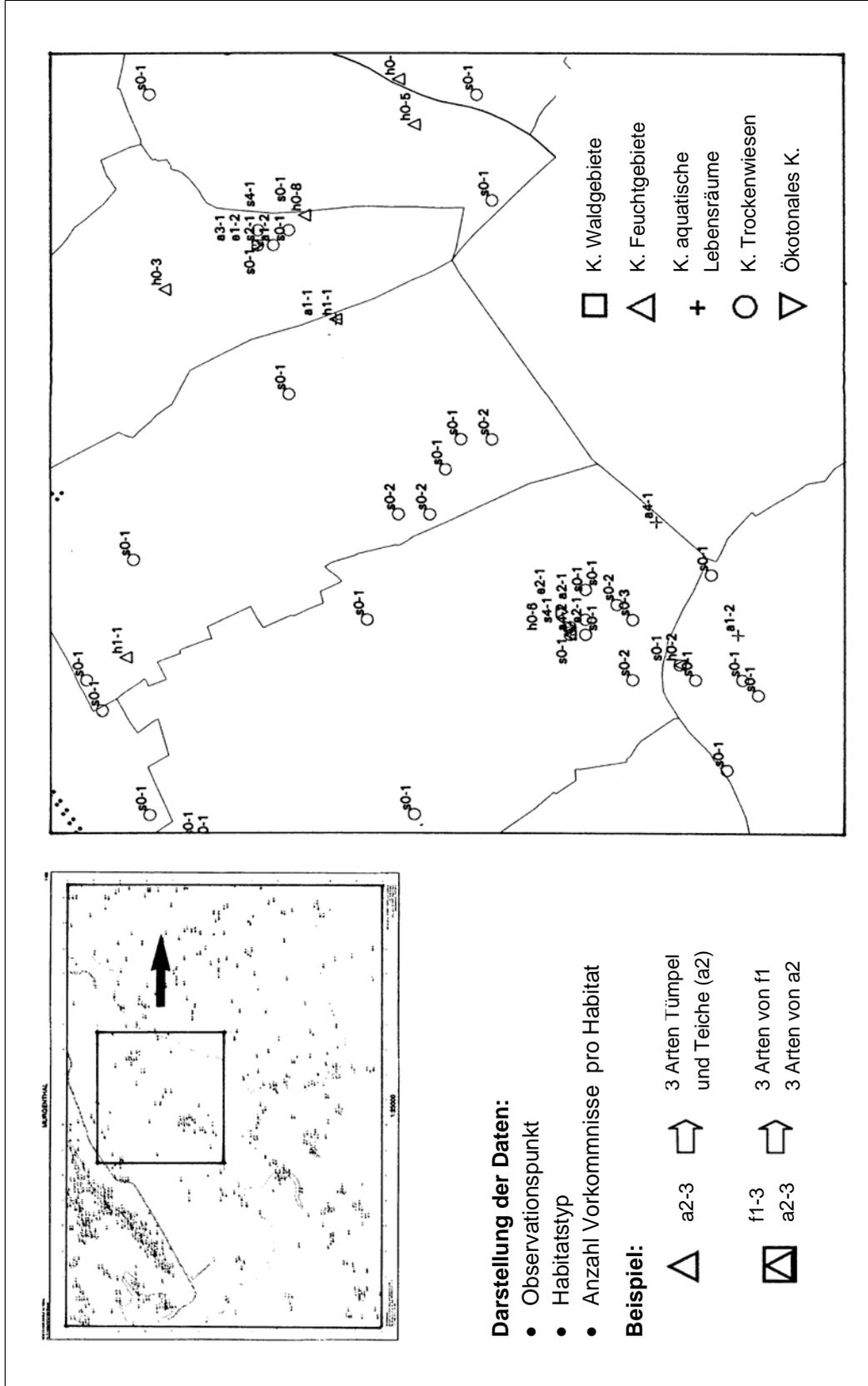


Abb. 4 : Beispiel einer Karte mit den in den nationalen Datenbanken (SZKF) vertretenen Gilden zur Beurteilung der REN-Karten.

4.2 Etappe der Validierung durch die Kantone

4.2.1 Validierung durch die Kantone

Der zur Erstellung der provisorischen REN-Karten gewählte Ansatz zielte von allem Anfang an auf ein einheitliches Vorgehen für die gesamte Landesfläche ab. Dank der Fülle und Qualität der vorhandenen Daten entstand ein Produkt, das teilweise bereits detaillierte Aussagen erlaubte.

Das Hauptziel dieser Daten war jedoch die Information der kantonalen Fachstellen, die ihrerseits mit diesen Grundlagen die so genannte Validierungsetappe des Projektes beginnen konnten. Mit dem Einbezug der Kantone erhielten diese die Gelegenheit, sich an der Überarbeitung der Daten zu beteiligen bzw. zusätzliche Daten bereitzustellen. In den meisten Fällen beauftragten die Kantone externe Fachpersonen mit dieser Arbeit. Um ein landesweit möglichst einheitliches Vorgehen zu gewährleisten, veranstaltete die Projektleitung einen dreitägigen Einführungskurs in die Methodik. Die Projektleitung stand im Weiteren während der ganzen Projektdauer allen Kantonen als Anlaufstelle für Fragen zur Verfügung.

4.2.2 Iteratives Vorgehen bei der Identifizierung der Elemente des nationalen ökologischen Netzwerks

Der gewählte «top-down/bottom-up-Ansatz» ermöglichte eine verbesserte Einheitlichkeit der kartografischen Daten, konkret:

- Erstellung provisorischer Karten anhand einer Berechnung der potenziellen Ausdehnung der spezifischen Netzwerke auf Grund statistischer Angaben zur Bodennutzung,
- Vergleich der provisorischen Karten mit den Gilden-Karten (Kap. 4.1.8),
- Überprüfung vor Ort mit Kartierung der günstigen und ungünstigen Elemente,
- Erstellung der endgültigen Karten durch Synthese der Daten,
- Tests zur Verbreitung, die zur Bestimmung der im Raum vorhandenen Vernetzungsgradienten dienten.

Das Fehlen von detaillierten Informationen zur ökologischen Funktionalität und zu den biodiversitätsspezifischen Eigenschaften der Landschaft konnte somit anhand von aufgestellten Hypothesen sowie deren Überprüfung und Validierung kompensiert werden. Rückblickend hat sich dieses schrittweise Vorgehen, mit Einbezug des Landschaftspotenzials und des durch ortskundige Fachleute eingebrachten Wissens zur aktuellen Situation, bestens bewährt.

4.2.3 Geländekartierung unter Einbeziehung der Kenntnisse ortskundiger Fachleute

Die Definition eines Modells von Landschaftsräumen, das die zahlreichen Wechselwirkungen der dazugehörigen Lebensräume berücksichtigt, basiert auf einem theoretischen und teilweise intuitiven Konzept ökologischer Netzwerke. Dieser manchmal als empirisch beurteilte Ansatz ist aber nur dann zulässig, wenn er sich auf die Kenntnisse ortskundiger Fachpersonen des Natur- und Landschaftsschutzes abstützt. Der Einbezug von Spezialisten, die das Verhalten, die Bedürfnisse und die Wanderungsaktivitäten der berücksichtigten Tiergruppen kennen, ist Teil des iterativen Vorgehens, das eine schrittweise Entwicklung des Netzwerks erlaubt.

Zentrale Methode dieses Arbeitsschrittes waren gezielte Feldaufnahmen durch diese Fachleute. Nicht zuletzt dank ihrer Gebietserfahrung konnten sie die wesentlichen Zusammenhänge und Strukturen des untersuchten ökologischen Netzwerks festhalten. Die neuen Kerngebiete, die Grenzen der Kontinuen, die nutzbaren Korridore sowie die grossen Hindernisse liessen sich während der Geländebegehungen mit hoher Verlässlichkeit und effizient eruieren.

Dabei wurden zwei sich ergänzende Ansätze zu Hilfe genommen:

- a) der Vergleich der für das provisorische REN ausgewählten Flächen mit den lokalen oder regionalen Daten aus nicht veröffentlichten biologischen Inventaren,
- b) die Überprüfung der möglichen Ausdehnung der Kontinuen, Kerngebiete und Korridore sowie der bestehenden und wahrscheinlichen Vernetzungen vor Ort.

Beim zweiten Punkt galt es insbesondere die unterschiedliche bioindikative Aussagekraft der Tiergruppen bezüglich Kontinuum, Netzwerk und Kerngebiet zu berücksichtigen. Während einige Tiergruppen gute Indikatoren für einen günstigen Lebensraum oder Lebensraumverbund sind, stellen andere Gruppen eher Indikatoren für Landschaftsstrukturen und Makrohabitate dar (Tab. 2).

So ist beispielsweise unter den Wirbeltieren die Gruppe der Huftiere (Hirsche, Rehe, Wildschweine) ein guter Indikator für die Kontinuen der Waldgebiete tieferer und höherer Lagen – also für die Gesamtheit der bewaldeten Flächen sowie der ergänzenden Lebensräume, wie Wiesen, Weiden und waldnahe Kulturflächen. Die Gruppe der Marder, Igel, Spitz- und Wühlmäuse hingegen ist vor allem ein Indikator für vielfältige Landschaftsstrukturen, wie beispielsweise für Waldränder und Hecken.

Unter den Wirbellosen (z.B. Tagfalter oder Geradflügler) finden sich zahlreiche Indikatororganismen für die Qualität der Lebensräume und der Netzwerkelemente. Für neu geschaffene Wanderkorridore eignen sich diese Artengruppen jedoch nicht. Diese Gruppen stellen hohe Anforderungen und verlangen entsprechend klar umschriebene Kriterien – so etwa bezüglich der Entfernung (Maximalabstand) zwischen den einzelnen Lebensräumen –, damit ein Austausch überhaupt möglich ist.

Die Berücksichtigung dieser Kriterien ist unerlässlich, um die Artenvielfalt der Wirbellosen mittels Pflegeprogrammen für ein ökologisches Netzwerk zu gewährleisten.

Damit zeigt auch diese Aufzählung einzelner Indikatorengruppen klar die Notwendigkeit auf, dass nur ein kombinierter Ansatz unter Verwendung verschiedener Indikatorengruppen zu einem verlässlichen Gesamtergebnis führt.

Zur Erreichung eines möglichst hohen Einheitlichkeitsgrades der Überarbeitung der Karten durch die beauftragten Fachleute der einzelnen Kantone wurde ein detailliertes Pflichtenheft erstellt. Dieses enthielt Vorgaben für alle Arbeitsschritte – angefangen bei der Organisation der Feldarbeit bis hin zur Strichdicke der Kontinuums-Polygone und Korridore.

Gemäss diesem Pflichtenheft wurden die auf den provisorischen Karten enthaltenen Informationen präzisiert und korrigiert. Für die Vernetzung sah der Ablauf folgendermassen aus:

- Die vorgeschlagenen Korridore mussten vor Ort bestätigt werden. Hierzu sollten alle möglichen Informationen und Kenntnisse zum Wanderverhalten (oder Ausbreitungsverhalten) und Hinweise auf Ortsverschiebungen (auf den Strassen getötete Tiere bzw. Wildtierspuren oder direkte Beobachtung von Tieren) gesammelt werden. Die so erhaltenen Informationen wurden auf einem Beobachtungsblatt festgehalten.
- Systematisch wurde auf der Karte und vor Ort nach Wanderungshindernissen gesucht. Ihre Art und Bedeutung wurden ebenfalls festgehalten.

Die Korrektur der kartografischen Daten des provisorischen REN erfolgte direkt auf Folien, die derart vorbereitet worden waren (Stichworte: Georeferenzierung, Grösse), dass sie auf die Landeskarten im Massstab 1:25'000 gelegt werden konnten. Die Anmerkungen zur Qualität der Lebensräume, zu den beobachteten Störungen und die Bedeutung der Hindernisse wurden auf Anmerkungsblättern erfasst und in eine Datenbank aufgenommen.

Einmal zusammengetragen wurden die korrigierten kantonalen Daten von den betroffenen kantonalen Ämtern (z.B. Natur- und Landschaftsschutz, Jagd oder Raumplanung) validiert und anschliessend an die Projektbeauftragten zurückgeleitet. Diese hatten nun die Aufgabe, die Daten numerisch zu verarbeiten und zu standardisieren, um damit die synthetischen Analysen des endgültigen REN zu erstellen.

Tab. 2 : Bioindikative Relevanz einiger Tiergruppen für die Untersuchung der Elemente regionaler ökologischer Netzwerke (nach BERTHOUD 1998, verändert).

| ZEIGERARTEN-GRUPPEN: | Reh, Wildschwein | Gänse, Rothirsch, Raufusshühner | Marder, Igel, Spitzmäuse, Wühlmäuse | Feldhase, Feldhuhn | Xerophile Reptilien, Geradflügler, Schmetterlinge | Mesophile, hydrophile Reptilien, Amphibien | Wasserinsekten und -vögel, Libellen, Biber, Fische, Krebse | Fledermäuse, Schwalben |
|---|------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---|--|--|------------------------|
| KONTINUUM : | | | | | | | | |
| Wälder tieferer Höhenlage | sehr gut | gut | | | gut | gut | | |
| Waldgebiete und Weiden in höheren Lagen | gut | sehr gut | | | gut | | | |
| Extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete | gut | | sehr gut | sehr gut | | | | |
| Thermophiles, extensiv bewirtschaftetes Grünland | gut | | gut | gut | gut | gut | | sehr gut |
| Sumpfiges Grünland | | | | | sehr gut | sehr gut | gut | sehr gut |
| Aquatische Lebensräume (Teiche und Fließgewässer) | | | | | | gut | sehr gut | |
| Felsiges Gebiet tieferer Höhenlage | | gut | | | | | | |
| LANDSCHAFTSSTRUKTUREN: | | | | | | | | |
| Waldränder, Hecken | gut | | sehr gut | gut | gut | gut | | gut |
| Böschungen, Sonnenhänge | | | gut | sehr gut | sehr gut | | | gut |
| Täler, Schattenhänge | gut | gut | | | | sehr gut | | |
| Wasserläufe | | | | | | | sehr gut | sehr gut |
| Ufervegetation | gut | gut | | | | gut | gut | gut |
| Bergkämme | | gut | | | | | | |
| Waldzwischengebiete | sehr gut | | | | | | | |

Eignung der Gruppe als Indikator: ■ sehr gut ■ gut schlecht bis unbrauchbar

4.3 Etappe der Erstellung des definitiven REN

4.3.1 Basiskarten für das definitive REN

Die von den Kantonen im Laufe der Überprüfung erstellten Karten im Massstab 1:25'000 haben den Charakter von Arbeitskarten. Sie liegen den Kantonen vor und können unter dem erwähnten Vorbehalt für vertiefte Untersuchungen als Grundlage herangezogen werden.

Die definitiven (offiziellen) Karten besitzen den Massstab 1:100'000. Dieser Detaillierungsgrad genügt den Bundesstellen zur Erfüllung ihrer Aufgaben, die unter anderem darauf abzielen, bei der Erstellung von Richtplänen oder bei der Formulierung von raumplanerischen Zielen den Einbezug des Landschaftsraumes zu erleichtern. Die Informationen beziehen sich auf die Situation Ende 2003.

Obwohl sich die Hauptstrukturen der in den REN-Karten aufgeführten Netzwerke in Zukunft nicht wesentlich verändern dürften – die Mehrheit der Elemente ist stark von der Geomorphologie und dem hydrografischen Netz abhängig –, widerspiegeln die REN-Karten eine vorübergehende, von der momentanen Bodennutzung abhängige Situation (Ende 2003).

Um eine landesweit einheitliche Darstellung der Ergebnisse mittels GIS¹⁰ zu ermöglichen – insbesondere bezüglich der Präsentation von sich teilweise oder ganz überschneidenden Landschaftselementen –, wurden folgende Regeln festgelegt:

- Auf der Stufe der einzelnen spezifischen Netzwerke stellen Flächen mit Kern- und Entwicklungsgebieten real existierende Bodennutzungseinheiten dar (Wald, Wiese, Sumpf, Wasserlauf usw.). Sie wurden mit «satten» Standardfarben deutlich hervorgehoben dargestellt.
- Die den verschiedenen Kontinuen zugeordneten Randgebiete sowie die Korridore hingegen können sich über unterschiedliche Typen von Lebensräumen erstrecken und sich in ihrer Vernetzungsfunktion überlagern. Auf Grund dieser Überlegungen wurde zu ihrer Darstellung eine «durchscheinende» Farbgebung (mit oder ohne farbige Schraffur) gewählt.

Ein Konflikt ergab sich bei der Darstellung der trockenen und feuchten Waldgebiete, die Kern- und Entwicklungsgebieten desselben Typs zugewiesen werden müssten (z.B. trockene Eichenmischwälder, Kieferntrockenwälder oder Auenwälder). In diesen Fällen wurde das Waldkontinuum als Basis-Lebensraum betrachtet (in Übereinstimmung mit den Landeskarten und mit GEOSTAT), doch wurden die trockenen oder feuchten Kontinuen, welche eine mögliche Entwicklung der Landschaft im Falle einer Rodung ausdrücken, mit einer farbigen Schraffur versehen.

¹⁰ Die umfangreichen georeferenzierten kartografischen Daten wurden bei ECONAT mittels verschiedener GIS-Programme der Firma ESRI verwaltet, namentlich mit ARC Info, ARC View und ARC Plot.

Kantone, die über genügend umfassende Datenbanken zu den Arten verfügen, können diese immer mit der georeferenzierten REN-Datenbank zusammenführen und so die regionalen Besonderheiten besser berücksichtigen.

4.3.2 Zusammenfassung und Auswertung der Daten

Dank dem REN-Projekt stehen die ursprünglichen statistischen Daten zur Bodennutzung (GEOSTAT, im ha-Raster) nach den Überprüfungen vor Ort heute in Form georeferenzierter Polygone zur Verfügung. Diese Daten sind somit bezüglich der Definition der Habitate präziser und brauchen weniger Speicherkapazität. Sie wurden auf Grund der in den einzelnen Kantonen erstellten Kopien digitalisiert und zur Erstellung der definitiven REN-Karten zusammengestellt.

Die erhobenen Daten wurden verschiedenen Analysen unterzogen. Im Einzelnen sind dies die Folgenden (Details siehe Kap. 4.3.3):

- a) Für die zusammengeführten kantonalen Karten der fünf Netzwerktypen wurde ein Verbreitungstest auf der Grundlage aller Kerngebiete durchgeführt.
- b) Die internen Vernetzungsklassen aller Untergruppen von Netzwerken, aus denen sich das REN zusammensetzt, wurden definiert.
- c) Die verschiedenen Synthesekarten mit den zusammengeführten Strukturen der Netzwerke wurden zusammen mit ihrer hierarchischen Einstufung erarbeitet.

Somit lagen am Schluss nicht nur die definitiven REN-Karten vor, sondern es konnte auch ein Vorschlag zur Hierarchisierung der Netzwerkelemente formuliert werden.

4.3.3 Hierarchisierung des REN

In der Literatur fehlen Angaben zu geeigneten Hierarchisierungsmethoden von ökologischen Netzwerken weitgehend. Aus diesem Grund wurden in der praktischen Anwendung projektbezogen gesamtheitliche Beurteilungsmethoden entwickelt, die einzelne Elemente oder Elementgruppen des Netzwerks berücksichtigen.

Bei den Kerngebieten z.B. werden die Kriterien Gesamtfläche und die Populationsgrösse seltener und geschützter Arten miteinander kombiniert. Werden alle in einem Netzwerk verbundenen (geschützten) Standorte betrachtet, die ihrerseits aus verschiedenen Lebensraumtypen zusammengesetzt sind, kommt zusätzlich das Kriterium Vernetzung der Lebensräume zum Tragen.

Ungleich komplexer wird die Analyse, wenn ein gesamtes Netzwerk eines Gebietes untersucht wird. Im Hinblick auf eine möglichst einfache Anwendung der kartografisch dargestellten Resultate des REN im Rahmen seiner Umsetzung – bzw. innerhalb der üblichen Verwaltungsabläufe – wurde ein gesamtheitlicher Ansatz gewählt:

- der auf Vernetzungskarten basiert und

- sämtliche Kriterien berücksichtigt, die in irgendeiner Form zur Gewichtung des ökologischen Wertes der in den Teilnetzwerken enthaltenen Lebensräume nützlich sind.

Eine Vernetzungskarte stützt sich auf die Hypothese, dass in den Kerngebieten überzählige Individuen produziert werden und damit auch die angrenzenden Gebiete gespiesen werden. Voraussetzung dafür, dass dieses Metapopulationen-Prinzip funktionieren kann, ist ein bestehendes Vernetzungssystem zum Kerngebiet. Im Rahmen des REN dient dieses von den Kerngebieten ausgehende Ausbreitungspotenzial als eine wichtige Grundlage zur Hierarchisierung des Gesamtnetzwerks. Hierzu werden sämtliche auf den REN-Karten enthaltenen Vernetzungselemente zu (genügend oder gut vernetzten) Kerngebieten aufgeführt und ihr Vernetzungsgradient bestimmt. Diese Einteilung (Zonierung) wird mit der Gliederung der Landschaft in so genannte funktionelle Sektoren kombiniert, die ihrerseits auf Grund vorhandener natürlicher und künstlicher Hindernisse gebildet worden sind. Das Ergebnis kann als Grundlage für detailliertere Analysen verwendet werden.

Nach dieser Zonierung ist mittels einer multifaktoriellen Evaluationsmethode der Landschaft eine Beurteilung jedes Elements der Teilnetzwerke möglich.

Hierfür können zwei sich ergänzende Ansätze verwendet werden:

- Ein kartografischer Ansatz unter Verwendung der visuellen Darstellung der Netzwerkstrukturen mittels GIS, womit insbesondere die relative Vernetzung jedes einzelnen kartierten Teilnetzwerks getestet werden kann. Mit dieser Methode lässt sich die «allgemeine» Vernetzungssituation einer Region einschätzen, indem verschiedene thematische Karten zu jedem Netzwerktyp – separat oder kombiniert – erstellt werden.
- Ein evaluativer Ansatz durch Gewichtung jener Faktoren, die den relativen Wert der verschiedenen Netzwerkelemente bestimmen.

Die Kombination dieser beiden Ansätze erlaubt eine umfassende Einschätzung einer Einheit der vernetzten Lebensräume. Im Rahmen des REN beschränkte sich der Ansatz bewusst auf eine dynamische Sicht für jedes einzelne Netzwerk.

Auf der Stufe einer Region oder des ganzen Landes ergeben sich verschiedenste Systeme, die aus Mikronetzwerken von Habitaten bestehen, welche mehr oder weniger stark miteinander verbunden sind und als Metapopulationen funktionieren. Jedes System muss auf Grund seiner Überlebensfähigkeit bzw. Funktionsfähigkeit charakterisiert werden können.

In einem natürlichen, als Netzwerk funktionierenden System kann die Funktionsfähigkeit jedes Bestandteiles von Teilnetzwerken mittels folgender Kriterien beurteilt werden:

- Qualität der vernetzten Landschaften (definiert insbesondere durch verschiedene Indikatoren wie spezifische Vielfalt, Verhältnis zwischen spezialisierten Arten und Ubiquisten sowie durch das Vorhandensein seltener Habitats und Arten),

- Zahl und Gesamtfläche der vernetzten Kerngebiete,
- Aufnahmekapazität des Systems (Entwicklungs- und Ausbreitungsgebiete, die mit den Kerngebieten verbunden sind),
- Vielfältigkeit und Qualität der Vernetzung innerhalb des Netzwerks und gegen aussen,
- Vielseitigkeit der Netzwerkelemente und insbesondere der Korridore.

Diese Kriterien können auch zur Beurteilung von Projekten oder bei Planungsarbeiten herangezogen werden. In diesem Fall wird nicht mehr ein allgemeines Modell mit Standardwerten verwendet, sondern ein gebietspezifisches Modell.

Die einzelnen Schritte des beschriebenen Analyseansatzes sind durch entsprechende Kartenausschnitte im Massstab 1:25'000 veranschaulicht (Kap. 6.3).

4.3.4 Identifikation der Teilnetzwerke

Ein Hauptziel des REN ist das Festlegen eines landesweit gültigen Referenzrahmens zur Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Vernetzung zwischen allen Lebensräumen. Dessen ungeachtet bleibt bei lokalen oder regionalen Projekten in der Regel der so genannte ökologische Sektor Referenzmass. Diese Raumeinheit schliesst die meisten möglichen Verbindungen zwischen den Lebensräumen ein. Zudem erlaubt sie die anthropogen bedingten Veränderungen der Landschaft nachzuvollziehen und festzuhalten.

Die ökologischen Sektoren werden bestimmt, indem man zuerst alle natürlichen oder künstlichen physischen Hindernisse ausmacht, welche die biologischen Flüsse beschränken, und so eine in sich geschlossene Einheit von verschiedenen Lebensräumen festlegt. So definiert enthält jeder Sektor grundsätzlich ein einzelnes Sektornetzwerk für jeden Kontinuum-Typ, der für die Landschaft charakteristisch ist. In der Realität umfasst ein ökologischer Sektor häufig verschiedene nicht verbundene Teilnetzfragmente (Abb. 5).

Jedes Sektornetzwerk wird durch einen Verbreitungstest auf der Grundlage der im Sektor vorhandenen Kerngebiete bestätigt. Die Skala der verschiedenen Verbreitungspotenzial-Kategorien der einzelnen ökologischen Gruppen wurde mehrheitlich empirisch festgelegt. Die Basis bildeten verschiedene Versuche zur Definition standardisierter grafischer Symbole, mit denen sich die Vernetzungen und Störungen in den einzelnen spezifischen Netzwerken darstellen lassen. Einmal mehr muss in diesem Zusammenhang betont werden, dass bei der Definition ökologischer Netzwerke neben dem aktuellen Zustand auch deren Entwicklungspotenzial und die Austauschmöglichkeiten der Zeigerarten wichtig sind. Vor diesem Hintergrund sind auch beeinträchtigte oder gestörte Gebiete gleichwertig zu behandeln wie Kerngebiete mit hoher Biodiversität.

Hindernisse, wie grosse Verkehrsinfrastrukturen und Siedlungsgebiete, werden grundsätzlich als potenzielle Grenzen für die Ausbreitung eines Sektornetzwerks

betrachtet. Werden Querungsmöglichkeiten dieser Grenzen nachgewiesen und lassen die gesammelten Informationen vermuten, dass diese tatsächlich von den verschiedenen Tierarten genutzt werden, betrachtet man sie als Möglichkeit zur Ausdehnung des Sektornetzwerks.

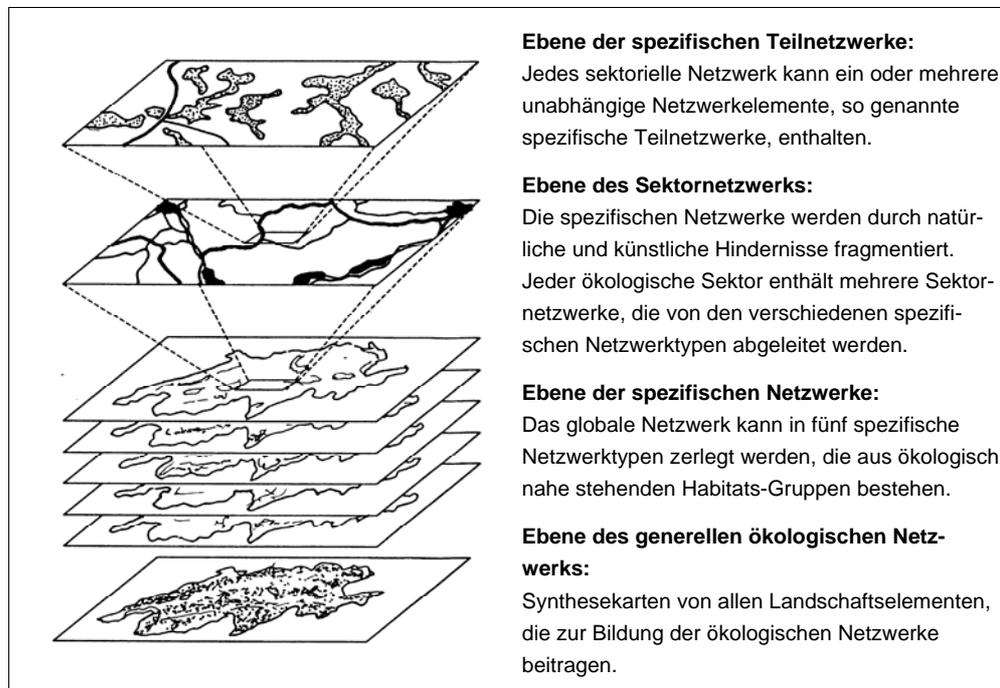
Die Funktionsfähigkeit eines ökologischen Sektors lässt sich anhand der Hauptmerkmale der darin vorhandenen spezifischen Netzwerke beurteilen. Es sind dies:

- die Aufnahmekapazität der einzelnen Sektornetzwerke durch die Berechnung der Gesamtfläche, die von den verschiedenen Polygonen (Kerngebiete, Ausbreitungsgebiete usw.) der im Sektor vorhandenen Kontinuen gebildet wird,
- die Vernetzung innerhalb des Sektors und gegen aussen, die aus den Flächen der Ausbreitungsgebiete gemäss Verbreitungstest resultiert,
- die Vielseitigkeit einzelner Elemente des ökologischen Netzwerks, die sich aus der Überlagerung spezifischer Netzwerke ergibt.

Das letztgenannte Kriterium ermöglicht insbesondere eine aufschlussreiche grafische Darstellung der REN-Karten durch das Hervorheben jener Bereiche der Kontinuen, die auf Grund ihres hohen funktionellen Wertes in einer Landschaft prioritär zu behandeln sind (Abb. 24).

Innerhalb eines konservativen, auf den Schutz von Zielorganismen ausgerichteten Ansatzes hebt das REN die Defizite des aus spezifischen Netzwerken bestehenden Systems hervor und liefert damit erste Anhaltspunkte zur Einführung einer Revitalisierungsstrategie. Die Daten zu den Zielorganismen (seltene und geschützte Arten oder Leitarten) sind nicht mehr Teil des allgemeinen Modells, sondern müssen vor Ort zusammengetragen werden (Kartierung von Lebensräumen, Auszählen von Populationen, Festhalten der Austauschmöglichkeiten der Flüsse, Entwicklungsdynamik usw.).

Abb. 5 :
Die verschiedenen
Analyse-Ebenen des
ökologischen Netzwerks.



4.3.5 REN-Karten

Die Bearbeitung der georeferenzierten Daten mit einem geografischen Informationssystem (GIS) ermöglichte die Erstellung zahlreicher themenspezifischer Karten. Eine Auswahl davon ist (stark verkleinert) in Form von Abbildungen in den folgenden Kapiteln aufgeführt. Zudem befinden sich zwei Karten im Anhang. Der komplette Kartensatz der Schriftenreihe Umwelt Nr. 373a (Bestellnummer SRU-373-TD) beinhaltet folgende Karten:

- 1 Übersichtskarte der wichtigsten Elemente des nationalen ökologischen Netzwerks im Massstab 1:500'000,
- 1 Karte mit vereinfachter Darstellung des Potenzials der wichtigsten ökologischen Netzwerke und ihren Verbindungen im Massstab 1:500'000,
- 5 Karten zu den spezifischen ökologischen Netzwerken im Massstab 1:500'000,
- 6 Karten zur Vernetzungssituation der spezifischen ökologischen Netzwerke im Massstab 1:500'000,
- 22 Detailkarten des nationalen ökologischen Netzwerks im Massstab 1:100'000.

Bei den provisorischen Karten im Massstab 1:25'000, welche die Rohdaten auf dem topografischen Hintergrund der gesamtschweizerischen Karten darstellen, handelt es sich lediglich um Arbeitskarten, die zuhause der Kantone erstellt worden sind.

Arbeitsmethoden

Die Modellierung des REN wurde in drei Etappen vorgenommen:

- In der **Vorbereitungsphase** wurden provisorische Karten des REN erstellt sowie Arbeitsgrundlagen zur Prüfung der Basishypothesen vorbereitet.
- Die **Validierung** durch die zuständigen kantonalen Fachstellen beinhaltete die Überprüfung der Geländedaten vor Ort und die Absprache mit regionalen Naturforschenden.
- Die Phase der Zusammenführung und Auswertung der gesammelten Daten umfasste die Erarbeitung der kartografischen Grundlage und die **Hierarchisierung** des definitiven REN.

Bei der Analyse des REN wurden **mehrere Methoden kombiniert**:

- Die Berechnung der potenziellen Kontinuen wurde durch Zusammenführung der statistischen Daten zur Bodennutzung (GEOSTAT) mit den digitalen kartografischen Daten (VECTOR 25) ermöglicht.
- Die Bestimmung der Kerngebiete erfolgte durch die Ergänzung der Daten aus den offiziellen Inventaren von national bedeutenden Biotopen mit den kantonalen Daten und mit Hilfe von Karten zu den Zeigerarten-Gilden der verschiedenen Kontinuen.
- Die Bestimmung der Korridore basiert in erster Linie auf diversen früheren Studien (insbesondere Holzgang et al. 2001; Broggi und Schlegel 1998). Diese Angaben wurden vor allem durch die Definition verschiedener spezifischer Netzwerke mit jeweils individuellen Vernetzungen ergänzt.
- Die Überprüfung vor Ort wurde insofern erleichtert, als dass sich die Fachleute auf die bestehenden Gebietseinteilungen stützen und somit gezielt vorgehen konnten. Die Ergänzungen vor Ort betrafen im Wesentlichen die Identifizierung der so genannten Entwicklungsgebiete und der Korridore mit unregelmässiger oder unklarer Nutzung.
- Die Validierung durch die kantonalen Verwaltungen erfolgte mittels Korrekturen und Ergänzungen zum REN mit kantonal verfügbaren Daten. Zukünftig dürften die den Kantonen nun zur Verfügung stehenden Analyse- und Kartierungsinstrumente (GIS) vertiefende Arbeiten ermöglichen.
- Zur Hierarchisierung des REN wurden zwei sich ergänzende Methoden verwendet. Die erste veranschaulicht die Fragmentierung der Landschaft, die zweite den Vernetzungsgrad. Somit kann einerseits aufgezeigt werden, dass die Landschaftsfragmentierung zusammen mit den natürlichen und künstlichen Hindernissen zu einer ausgeprägten Zerstückelung in ökologische Sektoren geführt hat, was die Aufnahmefähigkeit der Lebensräume vermindert und die interne Vernetzung beeinträchtigt. Andererseits erlaubt es die gesamtschweizerische Sicht, die – reale oder potenzielle – Vernetzung der Sektoren zu untersuchen, unabhängig davon, ob sich damit grössere Landschaftskontinuen bilden oder nicht.

5 Ergebnisse

5.1 Einleitung

Im Rahmen des REN wurden die wichtigsten bestehenden und potenziellen Strukturen zur ökologischen Vernetzung zwischen den natürlichen und naturnahen Ökosystemen in den verschiedenen Regionen des Landes herausgearbeitet. Die Grundlage bildet eine dynamische, ökologische Sichtweise, mit welcher versucht wird die Interessen der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten mit den Realitäten der heutigen Bodennutzung zu vereinbaren. Die Kartierung des ökologischen Kontexts der für die Artenvielfalt wichtigsten Lebensräume zielt darauf ab, die Entwicklungs- und Überlebensmöglichkeiten der Tier- und Pflanzenpopulationen und somit den Genfluss bzw. die genetische Vielfalt des Naturerbes landesweit zu gewährleisten.

Die Übersichtskarte des REN (Abb. 6) fasst sämtliche vor Ort kartierten Elemente zusammen, die das ökologische Gesamtnetzwerk bilden. Sie zeigt den Umfang der natürlichen und naturnahen Landschaftselemente, die zur Funktionsfähigkeit des Systems beitragen, und schliesslich die extreme Komplexität eines ökologischen Netzwerks auf nationaler Ebene. Die Daten zur Repräsentativität der spezifischen Netzwerke zeigen erhebliche Unterschiede zwischen den biogeografischen Regionen (Tab. 3).

Die beiden Wald-Netzwerktypen, die sich weitgehend überlagern, bedecken zusammen rund 57% der Landesfläche. An zweiter Stelle stehen das Netzwerk der Feuchtgebiete (36%) und das Netzwerk der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete (36%), gefolgt vom Netzwerk der Trockenwiesen (35%) und schliesslich vom Netzwerk aquatischer Lebensräume (10%). Die höher gelegenen Gebiete nehmen rund 15% der Landesfläche in Anspruch. Sie sind zwar ökologisch zweifellos von Interesse, stellen gleichzeitig aber ein grosses natürliches Hindernis für alle tiefer gelegenen Netzwerke dar.

Der Anteil der Flächen, die wenig zur Funktionsfähigkeit des Netzwerks beitragen, liegt bei über 20%. Dazu gehören ausserhalb der Netzwerke gelegene Flächen wie Siedlungsgebiete, Verkehrswege und intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen. Sie spielen eine bestimmende Rolle bei der Fragmentierung gewisser Regionen, insbesondere im Mittelland.

Tab. 3 : Repräsentativität der Netzwerktypen in den biogeografischen Regionen.

| Biogeografische Regionen: | | | | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Netzwerke: | Jura | Mittelland | Voralpen | Westliche Zentralalpen | Östliche Zentralalpen | Alpensüdflanke | Schweiz |
| Waldgebiete tieferer Lagen | 4'044 km ² 17,5% | 4'509 km ² 19,5% | 8'004 km ² 34,6% | 1'471 km ² 6,3% | 2'734 km ² 11,8% | 2'315 km ² 10,0% | 23'079 km ² 100% |
| Waldgebiete höherer Lagen | 3'862 km ² 17,2% | 4km ² 0,0% | 7'934 km ² 35,3% | 1'484 km ² 6,6% | 2'745 km ² 12,2% | 2'285 km ² 10,1% | 18'224 km ² 100% |
| Extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete | 2'226 km ² 14,8% | 2'807 km ² 18,7% | 5'752 km ² 38,4% | 1008 km ² 6,7% | 1'949 km ² 13,0% | 1'227 km ² 8,2% | 14'972 km ² 100% |
| Trockenwiesen | 2'170 km ² 14,9% | 27 km ² 0,2% | 5'592 km ² 38,5% | 915 km ² 6,3% | 1'820 km ² 12,5% | 120 km ² 1,1% | 10'644 km ² 100% |
| Aquatische Lebensräume | 210 km ² 4,8% | 1'550 km ² 35,3% | 1'452 km ² 33,1% | 310 km ² 7,0% | 486 km ² 11,1% | 369 km ² 8,4% | 4'383 km ² 100% |
| Feuchtgebiete | 1'947 km ² 13,0% | 2'914 km ² 19,5% | 5'776 km ² 38,7% | 943 km ² 6,3% | 2'002 km ² 13,4% | 1'337 km ² 8,9% | 14'921 km ² 100% |
| Ausserhalb Netzwerk | 1'270 km ² 8,7% | 3'848 km ² 26,3% | 2'632 km ² 17,9% | 3'001 km ² 20,5% | 3'094 km ² 21,2% | 746 km ² 5,1% | 14'593 km ² 100% |
| Globales Netzwerk | 4'367 km ² 16,3% | 5'989 km ² 22,4% | 8'852 km ² 33,1% | 1'835 km ² 6,8% | 3'158 km ² 11,8% | 2'498 km ² 9,3% | 26'702 km ² 100% |

Anmerkung: Die verschiedenen spezifischen Netzwerke überlagern sich zu einem grossen Teil, weshalb ihre Flächen nicht addiert werden können.

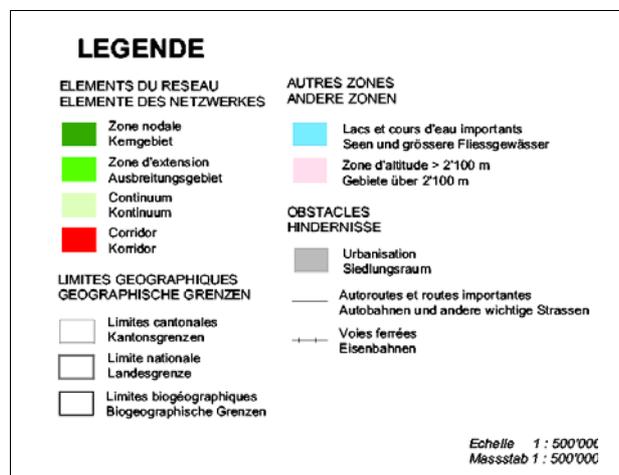
5.2 Präsentation der Karten zu den spezifischen Netzwerken

Die Karten zu den spezifischen Netzwerken resultieren aus einer Auswahl kartografischer Rohdaten des Gesamtnetzwerks. Die Kerngebiete und die Ausbreitungsgebiete sind spezifisch je nach Netzwerktyp. Hingegen erfüllen die Flächen der Kontinuen und Korridore im Allgemeinen verschiedene Funktionen und sind deshalb Bestandteil mehrerer spezifischer Netze. Die einzelnen Netzwerke gehen deshalb aus den Karten zu den Rohdaten nicht klar hervor.

So sind z.B. die an Waldrändern gelegenen Landwirtschaftsflächen gleichzeitig Bestandteil sowohl des Kontinuums der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete als auch des Kontinuums der Waldgebiete, während entlang bewaldeter Flussläufe gelegene Landwirtschaftsflächen gleichzeitig Teil der Kontinuen der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete, der aquatischen Lebensräume und der Waldgebiete sind.

In der Legende der Karten (Abb. 7) erscheinen die typischen Elemente der spezifischen Netzwerke in abgestuften Farben. Die häufig sehr unauffälligen Korridore sind auf Grund ihres strategischen Wertes rot markiert.

Abb. 7 :
Standard-Legende der Karten zu
den spezifischen Netzwerken.



Aus den Karten im Massstab 1:100'000 müssen auch Detailelemente und insbesondere verschiedene Hindernisse, welche die Netzwerke fragmentieren, ersichtlich sein. Beim Studium der Karten zeigen sich gewisse Unterschiede hinsichtlich Datenqualität. Für diese bei einer kollektiven Arbeit auf gesamtschweizerischer Ebene unvermeidbaren Abweichungen sind zwei Faktoren verantwortlich:

1. Eine uneinheitliche Interpretation der Kriterien zur Einteilung der Lebensräume in die verschiedenen Kontinuen-Typen.

Zum Beispiel: Flächen mit vielen trockenen oder feuchten naturnahen Wiesen, die dem Kontinuum extensive Landwirtschaftsgebiete zugeordnet werden und Flächen mit vielen natürlichen Trockenwiesen, die grundsätzlich dem Kontinuum der Trockenwiesen vorbehalten sind. In dieser Situation wurden in Kanto-

nen, in denen zahlreiche Kerngebiete mit Trockenwiesen zu finden sind, die verschiedenen Halbtrockenrasen oft ausschliesslich dem Kontinuum der Trockenwiesen und nicht dem Kontinuum der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete zugeordnet. Hingegen wurden die entsprechenden Kontinuen in stark bewaldeten trockenen oder feuchten Regionen häufig auf Kosten der ebenfalls vorhandenen Waldkontinuen ausgedehnt.

2. Gewisse Kantone haben nur die in offiziellen Inventaren aufgeführten Kerngebiete verifiziert und gewisse Ausbreitungsgebiete vorgeschlagen, ohne jedoch die möglicherweise in den Kontinuen vorhandenen Randgebiete zu berücksichtigen. Aus diesem Grund mangelt es regional an den zur Definition der Vernetzung notwendigen Räumen.

Auf jeden Fall zeigen die kartierten Elemente die minimale Grundstruktur der potenziellen spezifischen Netzwerke. Diese Daten können als Grundlage für Überlegungen zur Vernetzung der Habitats dienen, insbesondere bezüglich einer notwendigen Stärkung der bestehenden ökologischen Netzwerke.

Dank des sukzessiven Ansatzes hat man bei einer Konsultation der Karte nicht nur den im Detail zu analysierenden Ausschnitt vor Augen, sondern auch den gesamten Kontext. Ein solcher ganzheitlicher Blick ist Voraussetzung für die Analyse der Funktionen der Netzwerke innerhalb eines Landschaftssektors. Nicht nur die Vernetzung zwischen den Kerngebieten innerhalb eines Sektors ist nämlich wichtig, sondern auch die externe Vernetzung mit entfernteren Kerngebieten. Diesbezüglich liefert die Gesamtsicht über den analysierten Ausschnitt hinaus wertvolle Hinweise.

In der Praxis macht die Evaluation eines Ortes oder die Sanierung eines Korridors nur Sinn, wenn auch die wesentlichen Informationen über die spezifischen Netzwerke ausserhalb des untersuchten Gebietes vorliegen:

- Wo liegen die Kerngebiete?
- Welche Lebensräume dienen als Ausbreitungsgebiete oder Kontinuen?
- Welche Funktion hat der Ort oder das untersuchte Gebiet im gesamten System?
- Für welche Tier- oder Pflanzengruppen ist der Ort von Bedeutung?

Die Antworten dazu liefern die Karten zu den spezifischen Netzwerken des REN.

5.3 Hauptmerkmale der spezifischen Netzwerke

Die Karten der spezifischen Netzwerke ermöglichen ein besseres Verständnis des Begriffs ökologisches Netzwerk und vor allem die Hervorhebung der wesentlichen Strukturen, Netzwerkfragmente sowie Störungszonen. Sie dienen als Grundlage für Analysen der Vernetzung und für die allgemeine Hierarchisierung des REN.

Das **Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen** (Abb. 8) ist in den Voralpen (34,6%) und im Mittelland (19,5%) gut vertreten.

Im Mittelland liegen dem Fortbestehen relativ umfangreicher Waldflächen wirtschaftliche (rentable Forstwirtschaft) und orografische Aspekte (enge Täler und Schutz der Uferböschungen von Wasserläufen) zu Grunde. Diese Flächen sind jedoch im Rahmen traditioneller Bewirtschaftungsmethoden (bedeutender Nadelholzanbau) oder im Zusammenhang mit dem hydrografischen Netz starken Veränderungen unterworfen. Neben ausgedehnten Waldgebieten in den Hügellagen mittlerer Höhenlagen ist im Allgemeinen eine spezielle Landschaftsstruktur mit Hainen und Ufergehölz zu beobachten, die je nach Nähe bewaldeter Flächen und Möglichkeiten zur Erhaltung einer extensiven Landwirtschaft mehr oder weniger gut durch Korridore vernetzt sind. Diese Landschaftstypen sind häufig stark fragmentiert durch ausgedehnte Landwirtschaftszonen, Siedlungsgebiete und Verkehrswege. Kerngebiete in natürlichen Wäldern sind infolge der dominanten menschlichen Einflüsse selten geworden und behaupten sich vor allem lokal in schwer zugänglichen Gebieten (Auengebiete und kleine Molassetäler).

In den Voralpen gehen die Waldgebiete tieferer Lagen direkt in Waldgebiete höherer Lagen über und bilden weitläufige Kontinuen, die sich in den Ebenen entlang den grösseren Wasserläufen weiterziehen. Die Fragmentierung ist dort nicht so ausgeprägt und zudem abhängig von der Lage der Ortschaften. Die wenigen Kerngebiete sind auf die gesamte Region gleichmässig verteilt.

Das **Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen** (Abb. 9) verteilt sich gleichmässig auf alle Berggebiete und bildet einen mehr oder weniger durchgehenden Gürtel auf 1000 bis 2100 m Höhe, da die Steilheit des Geländes einer landwirtschaftlichen Nutzung im Wege steht. Dieser Netzwerktyp mit relativ guter Vernetzung und gleichmässig verteilten Kerngebieten ist weder im Mittelland noch am Grund der Alpentäler vorhanden. Damit stellt er ein natürlich isoliertes Gebiet dar, welches lediglich die wenig spezialisierten Arten im Laufe ihrer Verbreitung verlassen können.

Das **Netzwerk extensive Landwirtschaftsgebiete** (Abb. 10) konzentriert sich vor allem auf die Voralpen (38,4%), das Mittelland (18,7%) und den Jura (14,8%). Im Jura hängt dieses Netzwerk stark mit dem Vorhandensein von Waldrändern tiefer gelegener Waldgebiete zusammen. In den Alpentälern und in den Alpen im Allgemeinen tritt das Netzwerk Trockenwiesen weitgehend an die Stelle der gesamten diversifizierten und strukturierten Lebensräume, welche das Netzwerk extensive Landwirtschaftsgebiete prägen.

Die Kerngebiete sind unregelmässig verteilt. Sie liegen selten in der Ebene, dafür zahlreich an gut besonnten Hängen mittlerer Höhenlagen und in Gebieten mit ausgedehnten Trockenwiesen.

Das **Netzwerk Trockenwiesen** (Abb. 11) ist in den Voralpen (38,5%) gut vertreten, ebenso in den westlichen Zentralalpen, entlang dem Jura (14,9%) und in der Region der östlichen Zentralalpen (12,5%). Dieses Netzwerk scheint in den meisten Regionen stark zerstückelt und steht in Konkurrenz zu den Waldgebieten und zur intensi-

ven Landwirtschaft, ausser im Wallis, wo ein bemerkenswert kompaktes Netzwerk vorhanden ist. Auf der Alpensüdflanke scheint das Netzwerk gleichmässig verteilt, obwohl die Flächen dieses Netzwerks langsam durch Büsche bedrängt werden, die sich stark verbreiten, weil die Trockenwiesen nicht mehr gemäht und als Weiden verwendet werden.

Die an Hängen und Talflanken gelegenen günstigen Habitate dieses Netzwerktyps bilden kohärente, relativ wenig fragmentierte Kontinuen, in denen die Kerngebiete nur bei geeigneten landwirtschaftlichen Methoden erhalten bleiben.

Das **Kontinuum der Feuchtgebiete** (Abb. 12) ist in den Voralpen gut vertreten (38,2%), ebenso in den Alpen (18,2%), wo es aus weitläufigen, wenig fragmentierten Feuchtgebieten in höheren Lagen mit zahlreichen Kerngebieten besteht. Im Mittelland (19,5%) ist es gleichmässig verteilt, mit bedeutenden Auengebieten entlang von Seen und Wasserläufen.

Das **Netzwerk der aquatischen Lebensräume** (Abb. 13) besteht ausschliesslich aus dem Gewässernetz, das seinerseits durch die topografischen, geologischen und hypsografischen Merkmale der entsprechenden Regionen geprägt wird.

Das Mittelland und die Voralpen vereinigen den grössten Teil des kartierten Netzes auf sich (77%). Im Jura sind auf Grund der Karstlandschaft wenige aquatische Lebensräume zu finden (4%). In der Region Graubünden und Alpensüdflanke (7,2%) umfasst das hydrologische Netz auch zahlreiche temporäre Wasserläufe. In den Inneralpen (Wallis) dominieren trotz des beträchtlichen Beitrags der Gletscher ein trockenes Kontinentalklima und ein ausgeprägtes Relief. Beide sind der Entwicklung eines umfangreichen aquatischen Netzes nicht zuträglich (1,8%).

5.4 Fragmentierung der Netzwerke in ökologische Sektoren

Die sektorielle Zerschneidung der Ökosysteme durch natürliche oder künstliche Hindernisse wird durch zwei sich ergänzende Ansätze berücksichtigt:

1. Besondere Aufmerksamkeit erhielt bei der Verifizierung vor Ort die Kartierung sowohl der Hindernisse, welche die günstigen Habitate (Kern- und Ausbreitungsgebiete) physisch zerschneiden, als auch der bedeutenden Funktionseinschränkungen der Korridore. Die Hindernisse wurden in drei Durchlässigkeitskategorien eingeteilt: Kategorie 1 = Durchlässigkeit leicht gestört; Kategorie 2 = Durchlässigkeit mittelstark gestört, mit Verschwinden von weniger mobilen Arten; Kategorie 3 = Durchlässigkeit stark gestört für die gesamte Fauna. Punkte, die zum Überwinden des Hindernisses geeignet sind, wie Wildtierpassagen und andere bauliche Massnahmen, wurden ebenfalls mit einer Einschätzung der Überwindungsmöglichkeiten für die einzelnen Faunakategorien registriert.
2. Die zur Hierarchisierung der ökologischen Netzwerkelemente verwendeten Vernetzungstests dienten ebenfalls zum Lokalisieren der aktiven Untereinheiten und damit dazu, das Vorhandensein eines Sektors zu bestätigen oder zu widerlegen.

Sowohl Hindernisse als auch Bauwerke zur Überwindung der Hindernisse sind in Karten im Massstab 1:100'000 festgehalten und wurden bei den Vernetzungsberechnungen immer berücksichtigt. Gut erhaltene Korridore mit – falls erforderlich – baulichen Massnahmen zur Überwindung von Hindernissen stellen die notwendige Vernetzung zwischen den normalerweise isolierten Sektoren wieder her.

Die Karte zu den ökologischen Sektoren (Abb. 14) präsentiert die Zusammenfassung dieser Analyse der Landschaftsfragmentierung. Dabei zeigen sich wesentliche Unterschiede zwischen den biogeografischen Regionen. So beträgt die durchschnittliche Fläche eines ökologischen Sektors im Mittelland lediglich 74 km², gegenüber 126 bzw. 132 km² im Jura und in den Voralpen. Im Wallis, in Graubünden und auf der Alpensüdflanke liegt die Sektorfläche trotz einer sehr starken Fragmentierung in den Talböden zwischen 250 und 360 km².

In der Hochgebirgsregion schliesslich, in der die Sektoren nur durch natürliche Hindernisse in Form von felsigen Flächen und Gebieten mit ganzjähriger Schnee- und Eisbedeckung unterbrochen werden, beläuft sich die durchschnittliche Fläche auf 540 km².

Diese Unterschiede werden bei der Evaluation der Vernetzung eine entscheidende Rolle spielen.

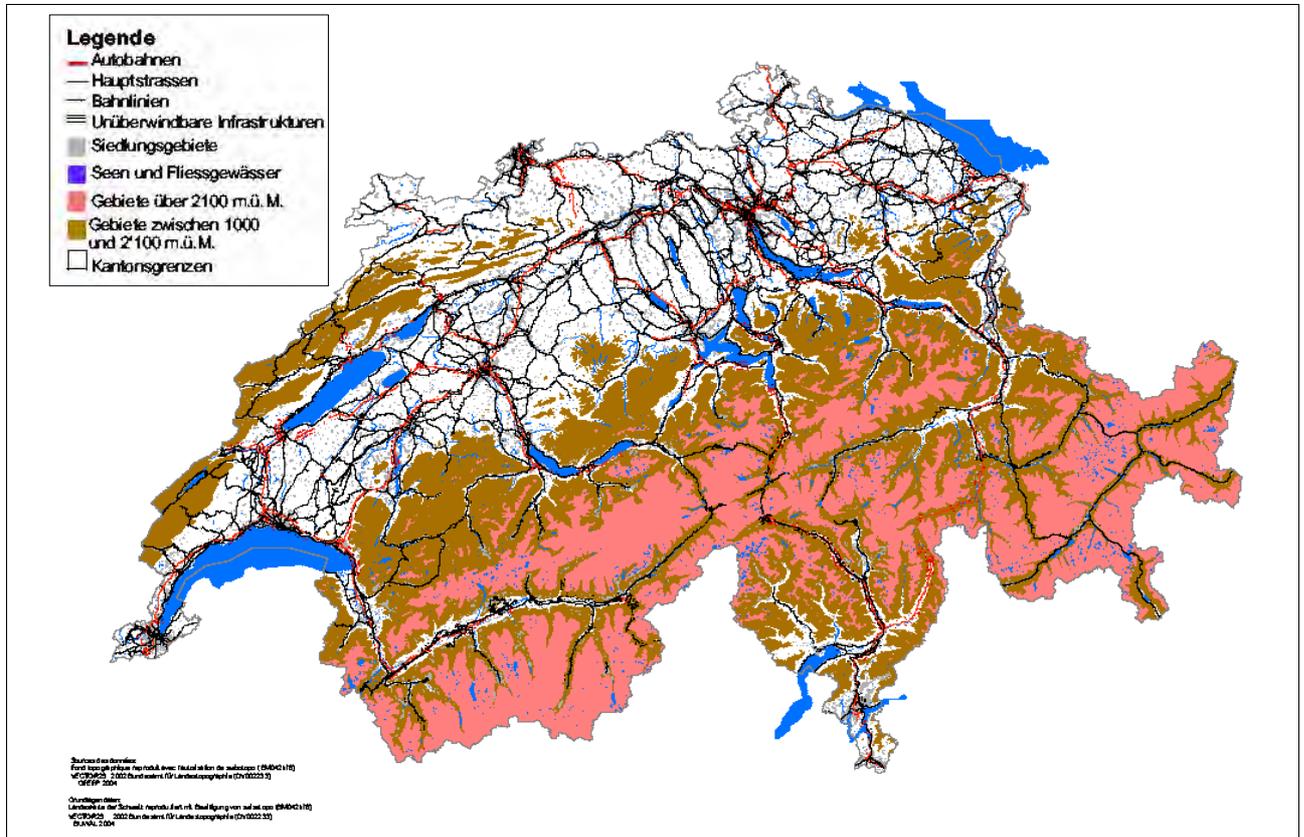


Abb. 14 : Übersichtskarte zur Fragmentierung der Landschaft durch natürliche und künstliche Hindernisse, welche die ökologischen Sektoren festlegen.

5.5 Hierarchisierung der spezifischen Netzwerke (Vernetzungskarten)

Der Standardtest zur Vernetzung, der für jedes spezifische Netzwerk zur Anwendung kommt, ergibt klare Einheiten mit gut entwickelten Netzwerken, die also genügend gross, durch mehrere Kerngebiete versorgt und gut vernetzt sind. Die für die einzelnen Netzwerktypen berechneten Daten werden gruppiert, und es erfolgt ein Vergleich der Situation in den verschiedenen biogeografischen Regionen.

Die Übersichtstabelle liefert folgende Angaben:

- Anzahl vernetzte Netze,
- gesamte vom Vernetzungsniveau betroffene Flächen,
- nicht vernetzte Flächen insgesamt.

Trotz den ermutigenden Resultaten muss an dieser Stelle betont werden, dass der verfolgte Auswertungsansatz aktuell noch im Experimentierstadium steckt. Aus diesem Grund sind nur grobe Aussagen im Zusammenhang mit der Vernetzungssituation möglich. Diese beziehen sich zudem lediglich auf die Daten, die von den Karten im Massstab 1:500'000 ablesbar sind.

Folgende wichtige Hinweise gilt es bei der Interpretation der Resultate zu berücksichtigen

Grundsätzlich sollen in diesem Kapitel die Möglichkeiten des Auswertungsansatzes aufgezeigt werden, der darauf abzielt, auf Grund vorhandener Angaben den aktuellen Vernetzungszustand der einzelnen spezifischen Netzwerke darzustellen, um damit die Vernetzungsschwerpunkte und -schwachstellen aufzuzeigen.

Wie eingangs erwähnt, ist bei der Interpretation der kartografisch dargestellten Resultate Vorsicht geboten. So hat sich herausgestellt, dass bei der Aufbereitung des gesamtschweizerischen Datensatzes selbst Grossrechner an die Grenzen ihrer Kapazität kommen. Die Bestimmung der Kontinuumsausdehnung auf ha-Basis (siehe Anhang A4) und in der Folge die Bestimmung des Vernetzungszustandes (siehe Anhang A6) auf regionaler Ebene verliefen noch mehr oder weniger mühelos. Sobald die nationale Ebene ausgewertet werden sollte, häuften sich jedoch die Probleme wegen der Vervielfachung der Kombinationsmöglichkeiten. Dies hatte unter anderem zur Folge, dass offensichtliche Fehler entstanden sind, deren Korrektur bislang nicht gelungen ist. Im Weiteren kommt bei diesem Auswertungsansatz der Umstand zum Tragen, dass zu einzelnen regionalen und nationalen Inventaren noch kein vollständiger Datensatz zur Verfügung steht. Trotz der Validierung der REN-Daten bei den Kantonen verblieben entsprechend Informationslücken. Diese betreffen insbesondere allfällige Kerngebiete, die eine wichtige Grundlage zur Bestimmung der Vernetzungssituation darstellen. Ihr Fehlen führte bei der Auswertung zu augenscheinlichen Fehlern. Diese werden in einzelnen Regionen und bei einzelnen Lebensräumen sichtbar, wenn man die Karten mit der effektiven Situation vergleicht.

Trotz all diesen Vorbehalten und Schwachstellen bietet der gewählte Auswertungsansatz eine Vielzahl von Möglichkeiten, und es ist entsprechend wichtig ihn weiter zu vertiefen.

Netzwerk der Waldgebiete

Die zwei Karten widerspiegeln weitgehend den aktuellen Stand der Inventare und anderer laufender Studien, sei es über die Standorte von Waldgesellschaften oder über die Naturwerte der Wälder. Verschiedene Gebiete des im REN kartierten Netzwerks der Waldgebiete wurden noch nicht formell zu Kerngebieten ernannt.

Die beiden Wald-Netzwerke – in tieferen bzw. höheren Lagen – sind vollständig vernetzt, weshalb zur Analyse die Informationen aus beiden Verteilungskarten herangezogen werden müssen. Eine separate Beschreibung der beiden Systeme schien aber aus dem Blickwinkel der Artenverbreitung trotzdem interessant, da sie sich zwar weitgehend ergänzen, gleichzeitig aber auch Antagonisten sind, insbesondere für gewisse typische Arten. So sind z.B. Raufusshühner, wie das Auerhuhn und das Birkhuhn, stark auf Waldgebiete höherer Lagen mit Lichtungen oder angrenzenden Zwergstrauchheiden oder Weiden angewiesen, weshalb dieser Netzwerktyp für diese Arten besonders wichtig ist. Umgekehrt ist das Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen für die Entwicklung der Populationen mehrerer Spechtarten und

zahlreicher Insekten, die auf Waldgebiete tieferer Lagen ausgerichtet sind, nicht von nennenswerter Bedeutung. Anhand der artspezifischen Ökologie lässt sich so die sehr globale Sicht zweier Waldteilnetze (tieferer und höherer Lagen) durch die Unterscheidung weiterer Teileinheiten ergänzen.

Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen (Abb. 15)

Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

| | |
|-------------------------------|---|
| Jura | Das Kontinuum der Waldgebiete tieferer Lagen bedeckt weite Teile der Region und weist eine hohe Vernetzung und relativ wenige Unterbrüche auf. |
| Mittelland | Im zentralen Mittelland scheinen paradoxerweise die bewaldeten Flächen immer noch zahlreich vorhanden zu sein und weisen sogar eine gute Vernetzung auf; all dies trotz der bedeutenden Zerschneidung durch Verkehrswege, Siedlungsflächen und teilweise durch intensiv bewirtschaftete Landwirtschaftsflächen. Im westlichen Teil des Mittellandes (Romandie) hingegen zeigt die Vernetzungskarte nur wenige Waldflächen auf, die zudem schwach vernetzt sind. Dieses Artefakt lässt sich – neben den eingangs erwähnten Rechnerproblemen – dadurch erklären, dass Daten zur Bestimmung von Kerngebieten des Waldgebiets tieferer Lagen im westlichen Mittelland weitgehend fehlen. Die auf der Karte sichtbaren Vernetzungen beziehen sich zudem nur auf die Ansprüche der grösseren Säugerarten. |
| Voralpen | Der Lebensraum der Waldgebiete tieferer Lagen bildet einen relativ durchgehenden, mehrheitlich sich überschneidenden Gürtel am nördlichen Rand des Netzwerks der Waldgebiete höherer Lagen. |
| Westliche Zentralalpen | Das Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen bildet einen praktisch durchgehenden Gürtel auf der Schattenseite des Rhonetals. Auf der Sonnenseite des Tals im Mittelwallis wird es an einigen Stellen unterbrochen durch Weinberge und Felswände. Die alpine Zone ist waldfrei und bildet für die gesamten Netzwerke in tieferen Höhenlagen eine gewaltige natürliche Barriere zwischen Alpennord- und Alpensüdflanke. |
| Östliche Zentralalpen | Gut entwickelt ist die Vernetzung der Waldgebiete tieferer Lagen in den nördlichen Tälern Graubündens; im Engadin hingegen sind sie sehr isoliert. |
| Alpensüdflanke | Das Kontinuum Wald tieferer Lagen ist insgesamt gut entwickelt. Es ist durch zahlreiche Strukturen und natürliche Hindernisse, wie felsige Abschnitte, Seen und Flussläufe, geprägt. Die identifizierten Kerngebiete sind jedoch klein und verstreut, und erlauben deshalb keine Bestimmung des Ausmasses der sektoriellen Netzwerke. |

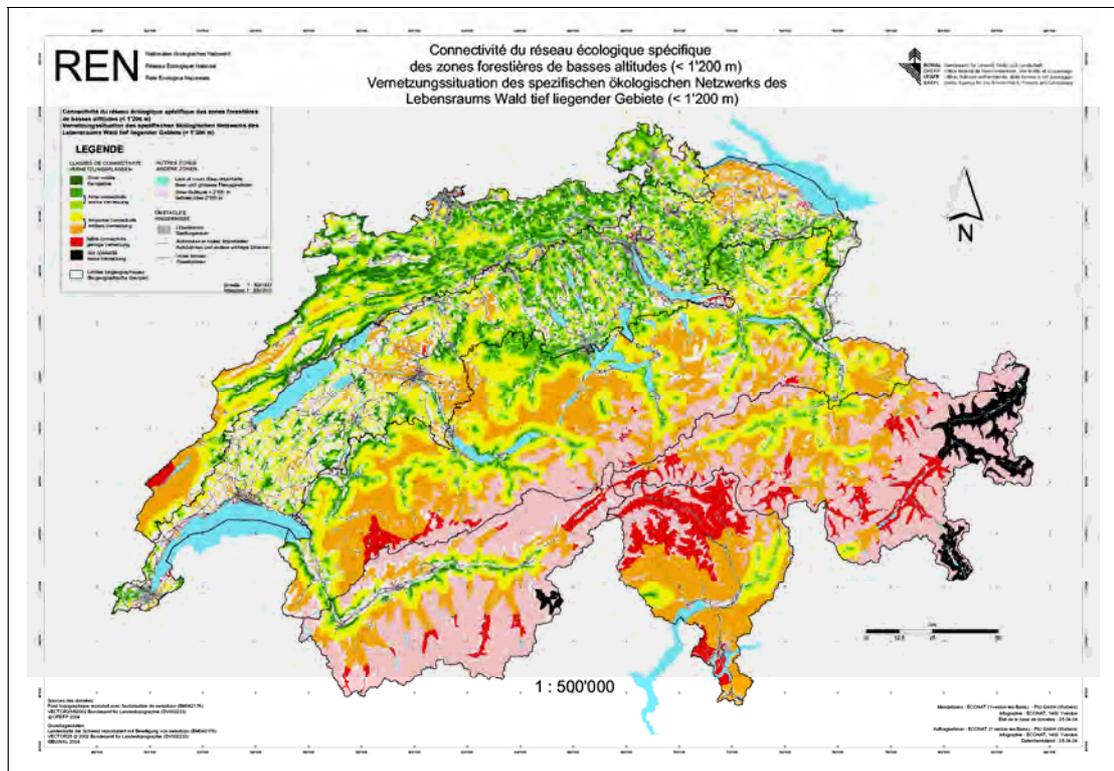


Abb. 15 :
Karte zur
Vernetzungssi-
tuation der
Waldgebiete
tieferer Lagen.

Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen (Abb. 16)

Das Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen verteilt sich gleichmässig auf alle Berggebiete und bildet zwischen 1200 und 2100 m Höhe einen mehr oder weniger durchgehenden Vegetationsgürtel.

Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

Jura

Das Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen bedeckt weite Teile der gesamten Region mit einer guten und recht gleichmässigen Vernetzung. Das gesamte dargestellte Netzwerk deckt sich mit dem potenziellen Lebensraum des Auerhuhns.

Mittelland

Dieser Kontinuum-Typ ist zwar im Mittelland nicht vorhanden, aber er ergänzt sich mit dem Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen.

Voralpen

Die Lebensräume mit Waldgebieten höherer Lagen sind in der gesamten Region stark vertreten, mit häufigen Unterbrüchen, die einerseits natürlich (Talböden), andererseits aber auch durch neuere Verkehrswege bedingt sind.

Westliche Zentralalpen

Das Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen bildet auf beiden Flanken des Rhonetals einen durchgehenden Gürtel. Es ist hier bedeutender als das Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen. Ein relativ bedeutendes Kontinuum bilden die Lebensräume der Waldgebiete höherer Lagen auf der Alpennordflanke an der Grenze zu den Voralpen. Die bestehenden Netze werden nur durch einige grössere Täler unterbrochen.

Östliche Zentralalpen

Die Lebensräume der Waldgebiete höherer Lagen sind regelmässig auf die gesamten Täler Graubündens verteilt und bilden mehrheitlich zusammenhängende Netzwerke ohne Unterbrechungen.

Alpensüdflanke

Diese Region weist ein weitläufiges Kontinuum der Waldgebiete höherer Lagen auf, das jedoch stark durch natürliche Hindernisse, wie felsige Abschnitte, Seen und Wasserläufe, strukturiert ist. Kerngebiete wurden hingegen nur sehr wenige identifiziert, weshalb keine genaue Einschätzung zum Ausmass der sektoriellen Netzwerke möglich ist.

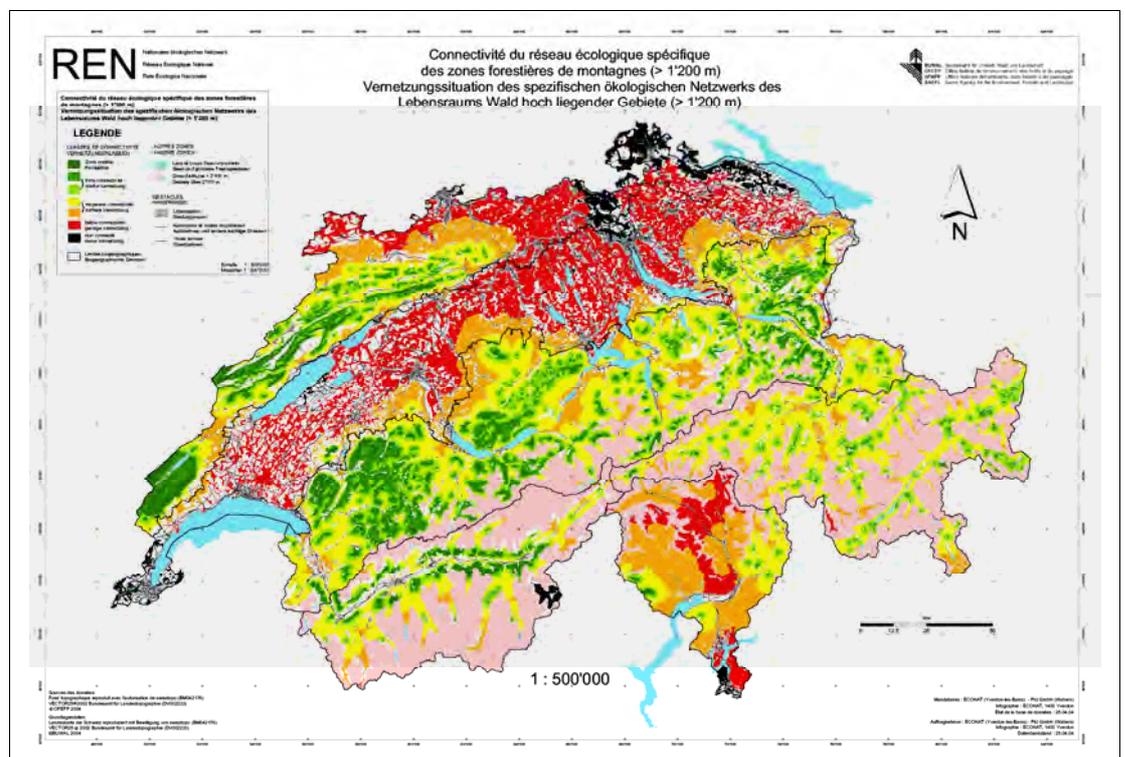


Abb. 16 :
Karte zur
Vernetzungssi-
tuation der
Waldgebiete
höherer Lagen.

Netzwerk extensive Landwirtschaft (Abb. 17)

Das Netzwerk der extensiven Landwirtschaftsgebiete umfasst, zusammen mit den Waldnetzwerk-Elementen in Form von Waldrändern und Uferzonen von Fließgewässern, sehr weitläufige potenzielle Flächen in Gegenden, die sich für die Landwirtschaft eignen. Zahlreiche Gebiete werden jedoch intensiv bewirtschaftet und können deshalb ihre ökologischen Funktionen im Netz nicht wahrnehmen und insbesondere nicht als Korridor genutzt werden. Deshalb werden in diesem Bereich viele Revitalisierungsgebiete vorgeschlagen. Bedeutende Flächen des Kontinuums extensive Landwirtschaft wurden schon allein wegen ihrer Lage als günstige Gebiete kartiert oder bezeichnet. Ein Grossteil der potenziellen Kerngebiete in diesem Netzwerk wurde jedoch auf Grund ihrer spezifischen Funktion den Trocken- oder Feuchtgebieten zugeordnet. Deshalb sind die Netzwerke extensiver Landwirtschaft im REN untervertreten – v.a. in den östlichen Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke, teilweise aber auch im westlichen Jura und in den Voralpen.

Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

- Jura** Die Kontinuen des Netzwerks extensive Landwirtschaft sind zahlreich und weisen bedeutende potenzielle Flächen auf. In der gesamten Region lassen sich in gleichem Ausmass potenzielle Vernetzungen ausmachen.
- Mittelland** Es bestehen zahlreiche, aber fragmentierte und gleichmässig auf die Region verteilte Kontinuums-Flächen. In dieser Region, die günstige Bedingungen für Fruchtfolgen und Ackerland bietet, sind noch nicht genügend und häufig zu isolierte Kerngebiete vorhanden, um bedeutende ökologische Netze bilden zu können.
- Voralpen** Es sind sehr bedeutende und wenig fragmentierte Kontinuums-Flächen in verschiedenen Regionen der Kantone Bern, Luzern und Glarus vorhanden.
- Westliche Zentralalpen** Die Kontinuen des Netzwerks extensive Landwirtschaft, die weitgehend komplementär zu den Kontinuen der Trockenwiesen sind, bilden zahlreiche Netze, die gut auf beide Flanken des Haupttales und den unteren Bereich der Seitentäler verteilt sind.
- Östliche Zentralalpen und Alpensüdflanke** Die Kontinuen dieses Netzwerks sind in der ganzen Region grundsätzlich gut entwickelt. Die Bestimmung der Vernetzungssituation war jedoch nicht möglich – entweder fehlten abschliessende Angaben zu den Kern- und Ausbreitungsgebieten oder sie waren den Netzwerken der Trockenstandorte oder Feuchtgebiete zugeordnet worden.

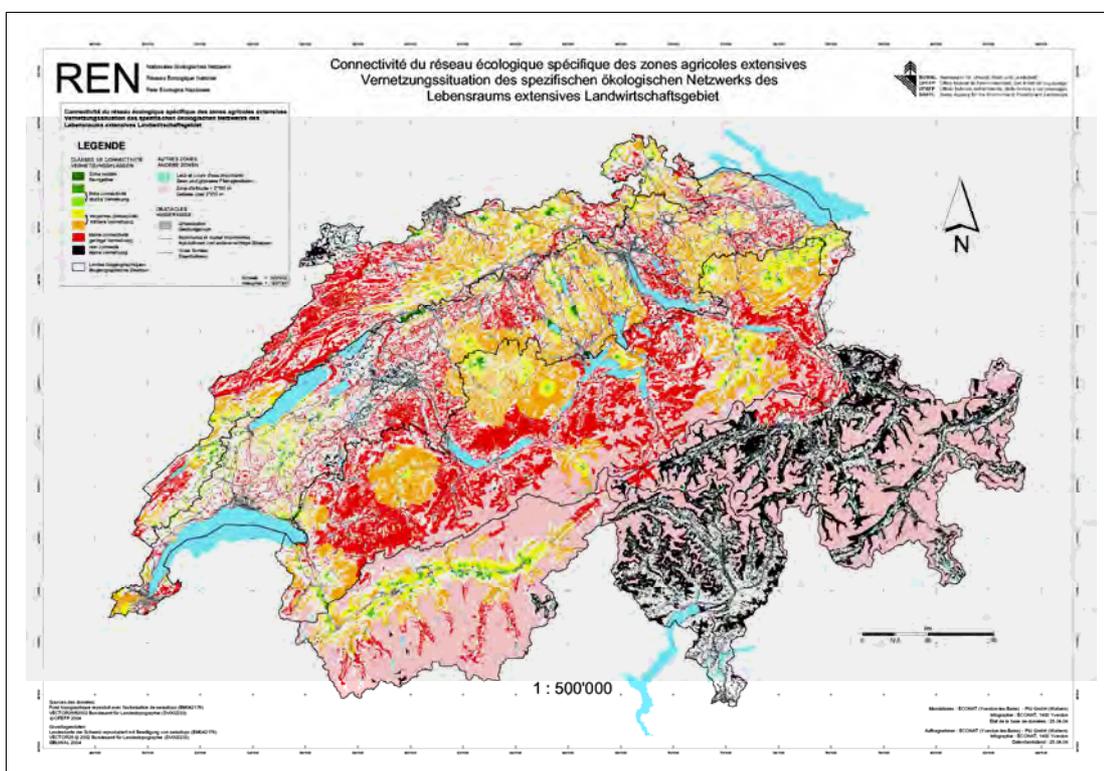


Abb. 17 :
Karte zur
Vernetzungssi-
tuation der
extensiven
Landwirt-
schaftsgebiete.

Netzwerk der Trockenwiesen (Abb. 18)

Die präsentierte Karte widerspiegelt weitgehend die laufende Entwicklung des Bundesinventars der Trockenwiesen und -weiden (TWW) von nationaler Bedeutung. Aus diesem Grund war es nicht möglich, die Kerngebiete dieses Netzwerks für die gesamte Schweiz genügend genau zu bestimmen – besonders deutlich sichtbar im Simmental und Kandertal (Kanton Bern), wo die Inventarisierung momentan stattfindet und deshalb die Kerngebiete noch nicht definiert werden konnten.

Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

Jura

Am Jurafuss und in den grossen, den Jura durchquerenden Tälern sind bedeutende Flächen zu finden, die zusammenhängende Netze bilden könnten. Durch das Fehlen systematisch bezeichneter Kerngebiete sind die Möglichkeiten zur Darstellung der potenziellen Netzwerke heute jedoch beschränkt.

Mittelland

Trockenwiesen sind auf den Molasseablagerungen des Mittellands selten und bilden im Südwesten praktisch keine Netze. Im nordöstlichen Teil sind zumindest einige Netzwerkelemente in Form von zerstückelten Gebieten vorhanden. Die bedeutendsten Gebiete betreffen die Region Toggenburg sowie zwei Regionen in den Kantonen Schaffhausen und Aargau an der Grenze zum Tafeljura.

Voralpen

Die gesamte Voralpenregion birgt ein grosses Entwicklungspotenzial für ein Mosaik von Trockenwiesen mit Feuchtwiesen und Wäldern. Die Kontinuen bedecken umfangreiche, gut vernetzte Flächen mit wenigen Zerschneidungen durch Verkehrswege und Siedlungsflächen. Trockenwiesen sind häufig am Übergang zum Alpengebiet anzutreffen. Noch nicht inventarisierte Flächen wurden jedoch nicht als Kerngebiete festgelegt.

Westliche Zentralalpen

Am Nordhang des Rhonetals ist eines der bedeutendsten Gebiete von Netzwerken trockener Lebensräume in der Schweiz zu finden. Am Südhang sind die Kontinuen weniger entwickelt, sie setzen sich jedoch meistens bis in die Seitentäler fort.

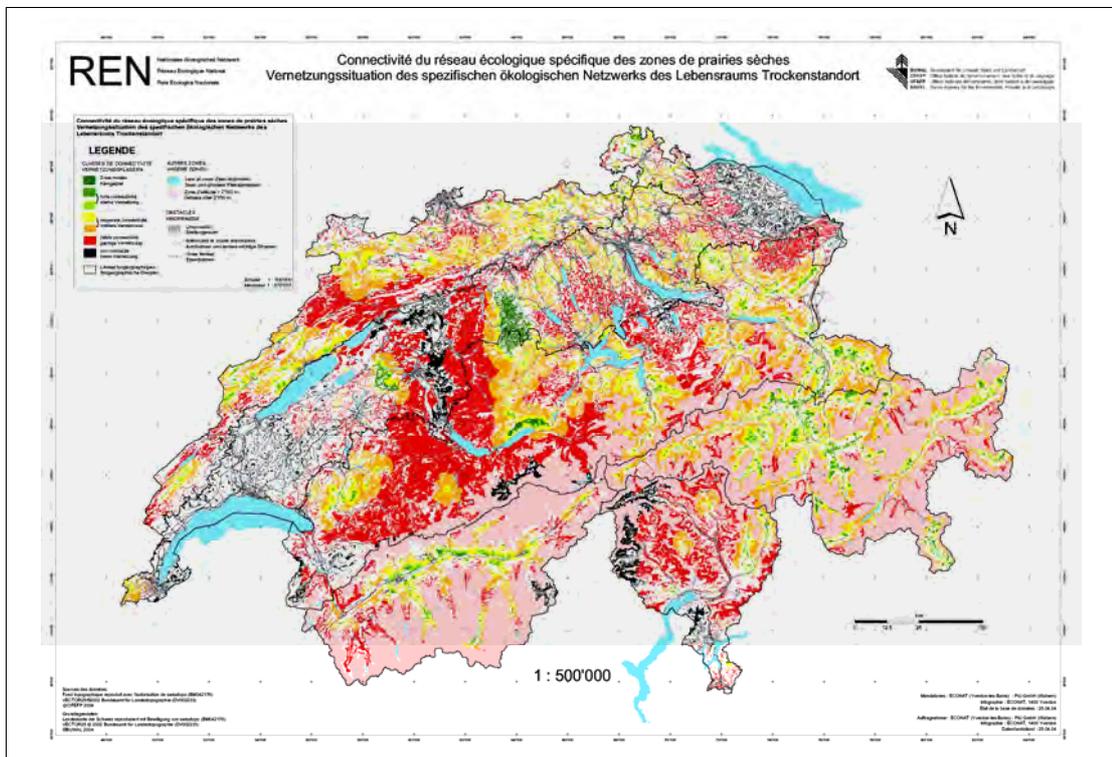
Östliche Zentralalpen

Trockenwiesen sind in allen Tälern, einschliesslich des Engadins, häufig und weisen gleichmässig verteilte Kerngebiete auf. Dadurch besteht ein praktisch durchgehendes grosses Netzwerk.

Alpensüdflanke

Trotz eines beträchtlichen Potenzials zur Entwicklung von Trockenwiesen dominiert in geeigneten Gebieten das Wald-Kontinuum, welches sich mit der Abkehr von traditionellen landwirtschaftlichen Methoden tendenziell ausbreitet. Bedeutende intakte Kontinuen sind in den beiden benachbarten Talschaften Mesolcina und Calanca zu finden.

Abb. 18 :
Karte zur
Vernetzungs-
situation der
Trockenstand-
orte.



Netzwerk der Feuchtgebiete (Abb. 19)

Die Feuchtgebiete sind in allen Regionen gut vertreten, mit gewissen Einschränkungen infolge des Geländeverlaufs und der Intensität der Landwirtschaft.

Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

Jura

Hier sind Feuchtgebiete selten und auf gewisse Täler konzentriert, wo sie kleine, isolierte Einheiten bilden.

Mittelland

Das Netzwerk der Feuchtgebiete hängt stark von den Auengebieten der grösseren Fließgewässer und Seen ab. Die Sektornetze im Südwesten des Mittellandes sind häufig isoliert, im Nordosten hingegen trotz einer ausgeprägten Raumfragmentierung noch zusammenhängend.

Voralpen

In dieser Region sind zahlreiche ausgedehnte, unzerschnittene Feuchtgebiete zu finden. Dabei besteht ein starker Nord-Süd-Gradient. Als zentrales Gebiet kann der Raum zwischen Sigriswil im Westen und Glaubenberg im Osten, d.h. in Teilen der Kantone Bern, Luzern und Obwalden, betrachtet werden.

Westliche Zentralalpen

Diese Region weist relativ wenig Feuchtgebiete auf, mit Ausnahme der Gegend Pfynwald, wo bedeutende Auengebiete und ein Netzwerk aus kleineren Sümpfen zu finden sind. Hingegen besitzt die Hochgebirgszone zahlreiche Feuchtgebiete im Bereich von Gletschervorfeldern, wovon einige den Anfang eines Netzes bilden, wenn die in anderen Seitentälern gelegenen Feuchtgebiete genügend nahe sind.

Östliche Zentralalpen

Talböden weisen im Bereich des Hauptwasserlaufs Ketten kleiner Feuchtgebiete auf, welche zusammenhängende, aber gegen aussen isolierte Netzwerke bilden.

Alpensüdflanke

Mehrere Talböden besitzen bedeutende Netzwerke von Feuchtgebieten. Dies ist insbesondere der Fall in der Magadino-Ebene und in den beiden zusammenlaufenden Tälern Moesa und Calanca.

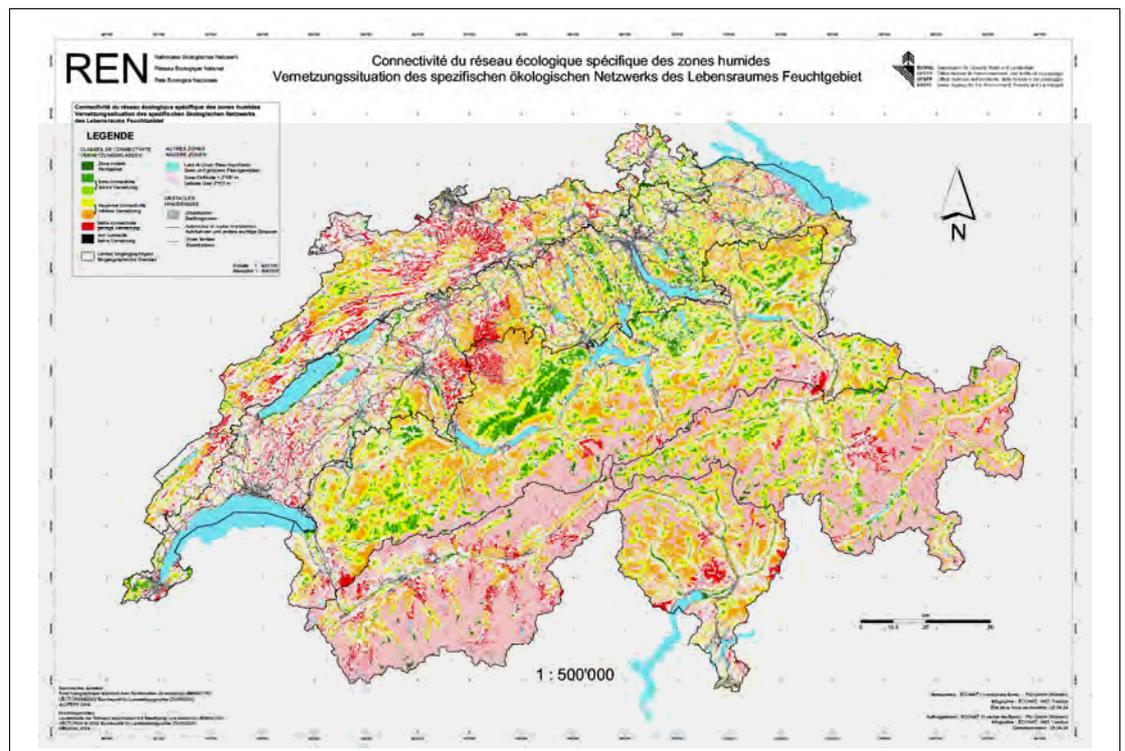


Abb. 19 :
Karte zur
Vernetzungssituation der
Feuchtgebiete.

Netzwerk der aquatischen Lebensräume (Abb. 20)

Obwohl das gesamte Netzwerk aquatischer Lebensräume bekannt ist, sind die Daten zur Ökologie dieser Netzwerke auf gesamtschweizerischer Ebene lückenhaft. Dies betrifft z.B. die Standorte von Laichgründen, mit Ausnahme der Laichplätze der Salmoniden, und die Fischwanderungen. Aus diesem Grund sollte noch versucht werden, für diesen Netzwerktyp die Datenbank zu ergänzen und insbesondere die Kerngebiete besser zu bestimmen.

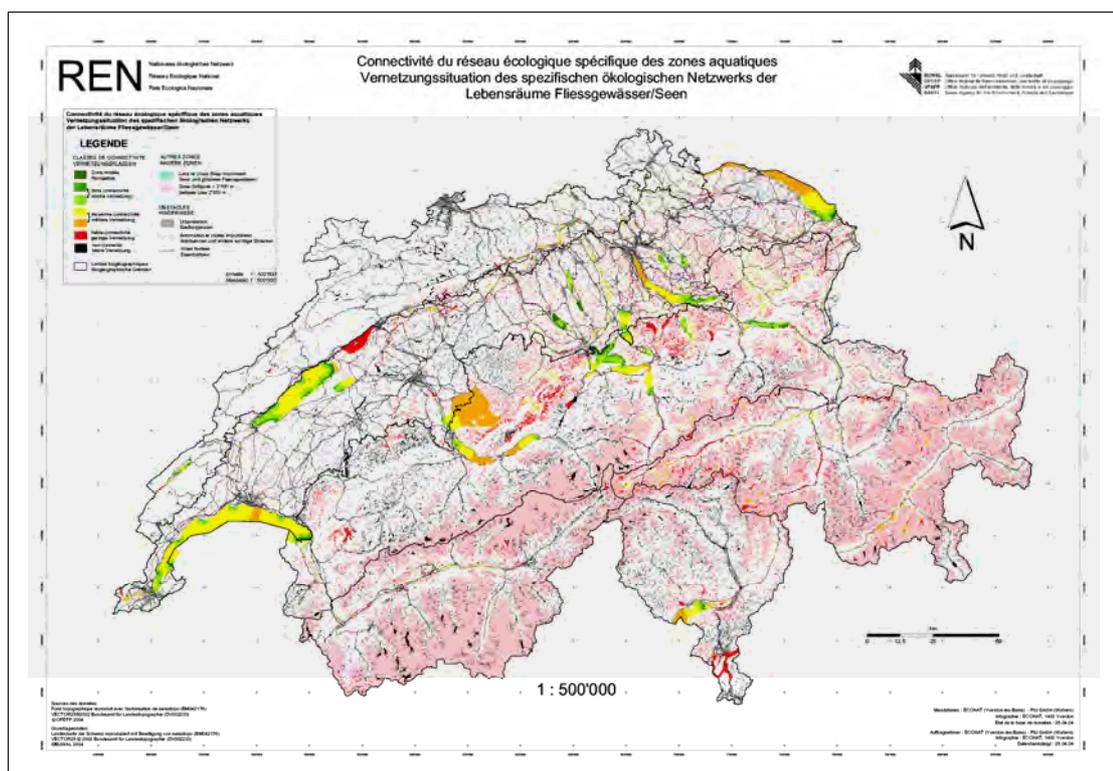
Summarische Analyse nach biogeografischer Region:

Jura

Das hydrografische Netz der Oberflächengewässer ist relativ schwach entwickelt. Erwähnenswert sind jedoch die Möglichkeiten zur Entwicklung von Netzen im Bereich der grösseren aus dem Jura kommenden Flussläufe (z.B. Orbe, Arnon, Areuse). Leider sind die meisten Flussläufe durch Wasserkraftwerke und durch Schwellen unterbrochen, welche für die Fauna und insbesondere die Fische unüberwindbar sind.

- Mittelland** Das Gewässernetz ist gut entwickelt und weist ein leichtes Gefälle auf, was bedeutende Netzwerke aquatischer Lebensräume erwarten lässt. Die tatsächliche Situation präsentiert sich hingegen weniger günstig, da zahlreiche unüberwindbare Hindernisse einen grossen Teil der Sektoren fragmentieren, die grundsätzlich als Kerngebiete und Ausbreitungsgebiete in Frage kämen. Trotzdem weisen alle grossen Fliessgewässer und die zahlreichen Seen ein beachtliches Potenzial für Netzwerke aquatischer Lebensräume auf.
- Voralpen** Diese Region besitzt das bedeutendste Gewässernetz der Schweiz. Dazu gehören zahlreiche mehr oder weniger oligotrophe Seen, vor allem aber viele Wildwasserstrecken oder zeitweise ausgetrocknete Abschnitte. Paradoxaerweise scheint das Netzwerk der aquatischen Lebensräume hier jedoch weniger gut entwickelt zu sein als im Mittelland.
- Westliche Zentralalpen** Abgesehen von der Rhone besteht das hydrografische Netz im Wesentlichen aus Gebirgsbächen, die für die Entwicklung aquatischer Netzwerke wenig geeignet sind. Die zahlreichen Kanäle in der Ebene sind jedoch als wertvolle Lebensräume in Ergänzung zur Rhone zu betrachten, an deren Ufer sich die wichtigsten Kerngebiete befinden.
- Östliche Zentralalpen** Es bestehen mehrere Netzwerke entlang dem Vorderrhein und dem Inn, sie bilden jedoch keine durchgehenden Einheiten und weisen ausgeprägte Fragmentierungselemente auf.
- Alpensüdflanke** Alle tiefer gelegenen Abschnitte der wichtigsten Zuflüsse zum Langensee und zum Luganersee bilden bemerkenswerte aquatische Netzwerke.

Abb. 20 :
Karte zur
Vernetzungssituation der
aquatischen
Lebensräume.



Zusammenfassung der Potenziale der spezifischen Netzwerke

Insgesamt können – trotz noch lückenhafter Daten zur Ausdehnung der Kontinuen des Gesamtnetzwerks – die besonderen Potenziale der spezifischen Netzwerke in den verschiedenen biogeografischen Regionen bestimmt werden:

- Jura** Im Jura sind trotz beträchtlicher Fragmentierung durch grosse Verkehrsinfrastrukturen zusammenhängende, gut vernetzte Einheiten erhalten geblieben. Für die Lebensräume Waldgebiete, Trockenwiesen und extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete sind praktisch durchgehende Kontinuen zu finden. Demgegenüber bleiben die Kontinuen der Feuchtgebiete und der aquatischen Lebensräume lokal beschränkt und relativ isoliert.
- Mittelland** Im Mittelland sind weiterhin zahlreiche kleine Gebiete zu finden, die den fünf Netzwerktypen zugeordnet werden können. All diese Einheiten sind jedoch stark fragmentiert infolge der intensiven Bodennutzung, des fortschreitenden Siedlungsbaus oder des dichten Netzes von Verkehrswegen.
- Voralpen** Die Voralpen weisen ausgedehnte, wenig fragmentierte und gut vernetzte Kontinuen sämtlicher Netzwerktypen auf. Das Kontinuum der Waldgebiete höherer Lagen ausserhalb der grossen Täler bildet einen praktisch durchgehenden Gürtel unterhalb 2100 m.
- Westliche Zentralalpen** In den westlichen Zentralalpen sind ebenfalls bedeutende Kontinuen vorhanden, die durch die Talachsen strukturiert werden. Dabei dominiert das Kontinuum der Trockenwiesen, während sich das Kontinuum der Feuchtgebiete auf sehr lokale Bereiche beschränkt.
- Östliche Zentralalpen** In den östlichen Zentralalpen sind zusammenhängende Einheiten aller Kontinuen zu finden. Typisch ist die Raumstrukturierung durch die Talachsen.
- Apensüdflanke** Auch auf der Alpensüdflanke trifft man auf intakte Kontinuen, bei denen die Waldgebiete vorherrschen. Die Kontinuen der Feuchtgebiete bzw. der Trockenwiesen sind relativ isoliert und in genügend breiten Talböden konzentriert.

Dieses positive Bild ist trügerisch und muss relativiert werden! Es widerspiegelt in erster Linie das Potenzial der einzelnen Netzwerke. Dieses entspricht jedoch in vielen Fällen nicht ihrer tatsächlichen Qualität und noch weniger ihrer Funktionalität. Es ist deshalb unerlässlich, im Rahmen regionaler – oder gar lokaler – Projekte und unter Beizug der in diesem Bericht vorgestellten Bewertungskriterien (Kap. 6.6) die Analyse zu vertiefen. Nur so kann ein realistischeres Bild der effektiven Situation erhalten werden.

5.6 Berücksichtigung der Inventare von national und international bedeutenden Biotopen im REN

Die offiziellen Inventare national bedeutender Biotope wurden im REN vollumfänglich einbezogen, um die grundlegenden Kerngebiete des nationalen Netzwerks festzulegen. Durch die Verifizierung vor Ort und die Validierung durch die Kantone wurden zwar keine vollständigen und systematischen Ergebnisse erzielt, bei der Bestimmung der Kerngebiete konnten so aber Orte berücksichtigt werden, die als günstig für die Erhaltung der Artenvielfalt eingestuft wurden.

Aus diesem Grund schien es interessant zu überprüfen, inwieweit die 139 Gebiete, die nach wissenschaftlichen Kriterien anhand des Smaragd-Netzwerks der Berner Konvention in der Schweiz festgelegt wurden, sich mit den Gebieten decken, die in der REN-Analyse zur Vernetzung als prioritär erachtet wurden. Dies wurde geprüft, indem die weitgehend nach den Kriterien der EG-Richtlinie «Lebensräume» und der EG-Vogelschutzrichtlinie gewählten Smaragd-Gebiete mit der REN-Übersichtskarte (Abb. 21) verglichen wurden. Dieser Vergleich bestätigt, dass sämtliche Smaragd-Gebiete in der Schweiz den Kerngebieten von Kontinuen entsprechen. Die Analysen zur REN-Karte liefern zusätzliche interessante Erkenntnisse zur Vernetzung der einzelnen Gebiete. Dieses Kriterium ist von Nutzen für die weitere Ausrichtung der internationalen Bemühungen der Schweiz zur Erhaltung der Artenvielfalt. Aus einer summarischen Analyse resultieren folgende Punkte:

- Die Smaragd-Gebiete im **Jura** sind weitgehend vernetzt, da sie Teil der gut entwickelten Kontinuen der Waldgebiete, der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete oder der Trockenwiesen sind.
- Die Smaragd-Gebiete im **Mittelland**, die aus extensiv genutzten, vogelreichen Landwirtschaftsflächen und Seeuferzonen bestehen, sind gemäss REN-Karten durch den Siedlungsbau und die Verkehrswege isoliert und fragmentiert. Ihren Status erlangen diese Gebiete auf Grund ihrer strategischen Lage auf den grossen Flugrouten der Zugvögel, die das gesamte Schweizer Mittelland durchziehen, und auf Grund der Nähe zu Nahrungsplätzen, die für die hier überwinterten Zugvögel wichtig sind. Der Status dieser Orte gründet somit vorwiegend auf ihrer Rolle im Rahmen der Luftvernetzung im europäischen Raum und weniger auf den terrestrischen oder aquatischen Netzwerken gemäss den REN-Karten.
- Die Smaragd-Gebiete in den **Voralpen** wurden hingegen auf Grund ihrer Bedeutung als Kerngebiete und als Verbindung terrestrischer Netzwerke auf regionaler Stufe bestimmt. Sie sind ausnahmslos Teil gut verknüpfter Netzwerke mit vielen Kerngebieten.
- Für die **alpine Zone** wurden bisher (2003) keine Smaragd-Gebiete festgelegt.
- Die Smaragd-Gebiete in den **westlichen Zentralalpen** wurden durch eine repräsentative Auswahl einiger Kerngebiete bestimmt, die vor allem in Kontinuen mit Trockenwiesen sowie in Landschaften mit hoher Artenvielfalt liegen.
- Die Smaragd-Gebiete in den **östlichen Zentralalpen** sind repräsentativ für die Netzwerke der Trockenwiesen und der Feuchtgebiete.
- Im **Tessin** betreffen die Smaragd-Gebiete weitläufige Einheiten mit natürlichem Wald sowie mehrere bedeutende Feuchtgebiete.

Bei der Zusammenführung der Daten aus den Bundesinventaren mit den kantonalen Daten und den Smaragd-Gebieten wurden folgende Fragen nicht geklärt:

- Welche Gebiete sind wie vernetzt?
- Wie lässt sich überprüfen, ob diese Vernetzung funktioniert?

Die Konsultation der REN-Karten erlaubt es hingegen, allgemein auf diese Fragen zu antworten, da sie einen Überblick über die Verteilung der Lebensräume in der Schweiz geben:

Die Lebensräume bilden kompakte, unabhängige Einheiten, Gruppen von Habitaten, die im Sinne von Metapopulationen funktionieren können, oder isolierte Habitate. In allen Fällen liefern die REN-Karten Informationen durch die Bestimmung von Ausbreitungsgebieten, Kontinuen und Korridoren, welche die Verbreitung von wildlebenden Arten ermöglichen. Wie gut die ausgewählten Gebiete und die Gesamtheit der Kerngebiete das Netzwerk wirklich versorgen, hängt von der Qualität der einzelnen Elemente ab.

Im REN werden zudem die für einzelne Gebiete oder Gebietsgruppen bestehenden Vernetzungspotenziale in der Landschaftsmatrix bestimmt. Mit einer einfachen ökologischen Evaluation (Kap. 6.6) der betreffenden Lebensräume lässt sich für jedes Gebiet die Rolle im nationalen Kontext sowie die Bedeutung als Reservoir für die Artenvielfalt und für die Ausbreitung einer Art bestimmen.

Ein Schlüsselbegriff ist die Landschaftsmatrix, die in Netzwerken organisierte Elemente enthält, welche die Verbindung der Kerngebiete gewährleisten. Dies bedeutet, dass alle aktiven Teile eines Netzes erkannt und langfristig so verwaltet werden müssen, dass der Austausch zwischen den Kerngebieten erhalten bleibt. Vielfältige Verbindungen sind ebenso wichtig wie vielfältige Kerngebiete. Auf regionaler Stufe gibt es kaum einzelne Vernetzungskorridore, welche die Kerngebiete verbinden. Eine Vernetzung beruht vielmehr auf einem Bündel von Korridoren oder auf einer Einheit günstiger Lebensräume.

Bei einer Situationsanalyse auf internationaler Ebene sind die biogeografischen Regionen von grosser Bedeutung. Grundsätzlich funktioniert jede Region als in sich geschlossenes Gefäss. Dieses setzt sich jedoch über die nationalen Grenzen hinaus fort, wenn sich auch die ökologischen Bedingungen fortsetzen und es nicht von grösseren Hindernissen unterbrochen wird.

Mit einer detaillierten Analyse der REN-Daten und der Konsultation eines Satellitenbilds lassen sich die **wichtigsten grenzüberschreitenden Flüsse** skizzieren (Abb. 22):

- Die Netzwerke der Region Jura setzen sich grösstenteils in nordwestlicher Richtung in Frankreich fort. In südwestlicher Richtung dehnen sie sich aus bis zum Kalkgebirge des südlichen Juras auf französischem Gebiet und in Richtung Nordosten bis zum kristallinen Gebirge der Vogesen. Diese Verbindungen betreffen im Wesentlichen die Kontinuen der Waldgebiete tieferer Lagen, der Trockenwiesen und der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete.

- Im Mittelland besteht vor allem Entwicklungspotenzial für Netzwerke aus aquatischen Lebensräumen und Feuchtgebieten in Richtung Norden entlang dem Rhein und in Richtung Süden entlang der Rhone. Die Kontinuen der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete sind praktisch auf das Mittelland beschränkt, unterbrochen im Süden durch den Genfersee und die Savoyer Alpen und im Norden durch den Rhein und den Bodensee. Die Kontinuen der Waldgebiete tieferer Lagen bilden einige wenige Querkorridore von überregionaler Bedeutung, aber keine echten grenzüberschreitenden Verbindungen. In der Region Genf sind jedoch mehrere Waldkontinuen vorhanden, welche aus Frankreich in geschlossene Landwirtschaftszonen vordringen.
- Die Voralpen-Region birgt quer durch die Schweiz auf einer Nordost-/Südwest-Achse ein bedeutendes Entwicklungspotenzial für alle Kontinuen. Diese Achse setzt sich theoretisch im Süden in Richtung Savoyen fort, wird aber durch den Genfersee und das Rhonetal mit vielen Siedlungen und Verkehrswegen unterbrochen. Es besteht auch eine nördliche Verlängerung in Richtung Baden-Württemberg (D), unterbrochen durch das Rheintal mit zahlreichen Strassen und Autobahnen.
- Die Region der westlichen Zentralalpen ist bezüglich ökologischer Netzwerke praktisch in sich geschlossen, mit Ausnahme des aquatischen Kontinuums der Rhone, das aber durch mehrere unüberwindbare Hindernisse unterbrochen ist.
- Die Region der östlichen Zentralalpen einschliesslich Graubünden und Engadin ist ebenfalls als in sich geschlossenes Becken organisiert, allerdings mit Bündeln verschiedener Kontinuen parallel zum Rhein und zum Inn in Richtung Österreich.
- Die Region Alpensüdflanke dient als Tor zum Süden, da sie von Osten nach Westen von verschiedenen Netzen durchquert wird, die sich nach Italien fortsetzen.

Ergebnisse

Die REN-Übersichtskarten zeigen den Vernetzungsgrad der spezifischen Netzwerke und die Fragmentierung der Ökosysteme in der Schweiz.

Es sind bedeutende Unterschiede zwischen den verschiedenen Netzwerken in den einzelnen biogeografischen Regionen festzustellen. Wie erwartet sind die spezifischen Netzwerke in den tiefer gelegenen Gebieten infolge der menschlichen Aktivitäten wesentlich lückenhafter als in Bergregionen.

Eine Analyse spezifischer Netzwerke anhand der allgemeinen Karte ergibt ein genaues Bild der Flächen, die für die Entwicklung der verschiedenen ökologischen Artengruppen verfügbar sind, und erlaubt eine schnelle Identifikation der Regionen mit vielen Kerngebieten.

Diese ersten Erkenntnisse aus der Karte lassen sich durch Vernetzungstests ergänzen, die auf einem Zugangsgradienten beruhen und Aufschluss darüber geben, welche Netzwerkbereiche gut vernetzt und mit genügend Kerngebieten ausgestattet sind. Auf diese Weise können auch Gebiete erkannt werden, die isoliert sind.

So ist z.B. festzustellen, dass sich die von gewissen Regionen wie Jura und Vor-alpen ausgehenden Kontinuen durch das ganze Land ziehen, während die bedeutenden Kontinuen der Waldgebiete oder Trockenwiesen in den Alpentälern in Wirklichkeit stark von den übrigen Regionen isoliert sind.

Ein Vergleich der REN-Daten mit den Smaragd-Gebieten ergibt zusätzliche nützliche Informationen zu den internen und externen Vernetzungen der Schweiz. Dieser Ansatz zeigt die Anwendungsmöglichkeiten des REN für Überwachungs- und Verwaltungsprogramme im Zusammenhang mit den für die Erhaltung der biologischen und landwirtschaftlichen Vielfalt prioritären Räume.

6 Anwendungen

6.1 Einleitung

Für das REN wurden alle auf gesamtschweizerischer Ebene verfügbaren Daten von Inventaren geschützter Habitate und Arten berücksichtigt. Diese Daten wurden zusammengeführt und in Form von Karten dargestellt, welche die für ökologische Netzwerke günstigen Landschaften bezeichnen.

Mit den Übersichtskarten in der Beilage zum Bericht (Massstab 1:500'000 und 1:100'000) lassen sich auf einen Blick alle potenziellen Vernetzungen erkennen, die Teil spezifischer Netzwerke sind. Die während des Projekts erstellten Arbeitskarten im Massstab 1:25'000 sind nicht verfügbar, da die Kartierung auf den Massstab 1:100'000 ausgerichtet war und eine Karte entstehen sollte, die sich für strategische Zwecke und als Koordinationsgrundlage eignet.

Auf kantonaler Ebene werden im Rahmen des Natur- und Landschaftsschutzes im Hinblick auf gefährdete Arten und Habitate detailliertere Karten im Massstab 1:25'000 oder, noch häufiger, 1:10'000 verwendet. In diesem Fall können die Arbeitskarten im Massstab 1:25'000 (oder Auszüge der digitalisierten und auf einen geeigneten topografischen Hintergrund übertragenen Ebenen), die ausschliesslich für die Kantone erstellt wurden, im Rahmen einer ersten Analyse als Grundlage für genauere Karten dienen. Obwohl also die direkte Anwendung des REN auf regionaler Ebene nicht zu den Zielen gehörte, können die für das REN aufbereiteten Arbeitsdaten von den Kantonen verwendet, ergänzt und aktualisiert werden.

6.2 REN: ein Arbeitsinstrument

Die Karten und elektronischen Dateien zum REN dienen dazu, Informationen über die ökologische Vernetzung der Landschaft besser bekannt zu machen. Dafür müssen zusammen mit den kantonalen Partnern mögliche, wünschbare und empfohlene Anwendungen entwickelt werden. Die Grundsätze und Ergebnisse lassen sich auf verschiedenen Wegen vermitteln (Kurse, Konferenzen, Medien, Beratungen usw.). Mit diesen Informationen verfügen die Kantone über die für die Entwicklung einer eigenen Anwendung erforderlichen Daten.

**Betroffene
Tätigkeitsbereiche:**

**Mögliche Anwendungen
und Entwicklungen:**

Naturschutz

Auf kantonaler Ebene:

- Hilfe bei der Ausarbeitung zusammenhängender regionaler Biotopsnetzwerke durch die Bereitstellung von schematischen Strukturen der potenziellen spezifischen Netzwerke.
- Biotope verwalten, revitalisieren, planen usw. gemäss einheitlichen Netzwerkkonzepten.
- Summarische Analyse der Vereinbarkeit eines Projekts mit den bestehenden Schutzzonen, Vernetzungselementen und Wechselwirkungen.
- Definition von potenziellen Revitalisierungsgebieten im Rahmen von Massnahmen zum ökologischen Ausgleich.

Auf gesamtschweizerischer Ebene:

- Einbindung neuer Schutzgebiete.
- Einbindung anderer Habitattypen, die für die Lebensräume der Fauna repräsentativ sind.
- Integration laufender Inventare von national bedeutenden Biotopen (Trockenwiesen).

Wasserläufe

Auf kantonaler Ebene:

- Schutz, Planung und Revitalisierung natürlicher Abschnitte (gemäss Gewässerschutzgesetz, GSchG) unter Berücksichtigung der Anforderungen der Netzwerke terrestrischer Lebensräume und insbesondere der Vernetzungskorridore in Landwirtschaftszonen und besiedelten Gebieten.
- Definition der Abschnitte hydrografischer Netzwerke, die von grossem ökologischem Wert sind (in Anwendung der Wasserbauverordnung), sowohl als aquatische Lebensräume wie auch als Bestandteil ökologischer Netzwerke.

Wälder

Auf kantonaler Ebene:

- Systematische Bezeichnung der Kerngebiete in Waldgebieten anhand der neuen Habitats- oder Arteninventare oder auf Grund ihrer Funktion in den ökologischen Netzwerken.
- Management und Revitalisierung natürlicher Waldbestände oder -reserven auf Grund ihrer Funktion in den ökologischen Netzwerken.

Landwirtschaft

Auf kantonaler Ebene:

- Festlegen der wichtigsten Gebiete für den ökologischen Ausgleich in Landwirtschaftszonen auf Grund ihrer Funktion in den ökologischen Netzwerken.
- Strategie zur Schaffung von ökologischen Ausgleichsflächen in Landwirtschaftsgebieten, die für die spezifischen Netzwerke von besonderer Bedeutung sind.
- Summarische Definition der regional vorhandenen Hindernisse für die Fauna in Projekten zur Strukturoptimierung.

Fauna, Jagd und Fischerei

Auf kantonaler Ebene:

- Grundlage für das Management von Wildtierpopulationen anhand der Sektoreinteilung und der lokalen Netzwerke gemäss REN.
- Bestimmung von Sektoren zur Inventarisierung der Fauna auf Grund des Vorhandenseins von Kerngebieten und Zufluchtshabitaten.
- Hilfe bei der Einrichtung von Pufferzonen der Sektoren im Zusammenhang mit deren Funktion im regionalen Netzwerk.
- Modelle zum Management der Wildtierpopulationen im Sinne der Metapopulations-Theorie.
- Aufforderung zur systematischen Bestimmung aquatischer Kerngebiete im Hinblick auf Laichplätze und amphibisch lebende Tiere (Biber).
- Einbezug der Daten zu den Fischgebieten zur Differenzierung des unzureichend dokumentierten Gewässernetzes.

Raumplanung

Auf kantonaler Ebene:

- Beitrag zu einer genaueren Einschätzung der natürlichen Hindernisse in den Richtplänen.
- Erstellung eines Sektorplans «ökologisches Netzwerk» im kantonalen Richtplan.
- Grundlage zur Erstellung regionaler Landschaftskonzepte.

Auf gesamtschweizerischer Ebene:

- Überprüfen, ob die zur Vernetzung notwendigen Elemente auf überregionaler Stufe übereinstimmen.
- Dafür sorgen, dass die ökologischen Netzwerke bei der Raumplanung berücksichtigt werden.

Brücken und Strassen

Auf kantonaler Ebene:

- Rasch die Bereiche mit der stärksten Fragmentierung lokalisieren und geeignete Gegenmassnahmen ausarbeiten.
- Gebiete mit häufigen Unfällen und Elemente der ökologischen Netzwerke aufeinander abstimmen.
- Vorgängige Bestimmung der Risikozonen für Unfälle mit Wildtieren in den Studien zur Erarbeitung von Sicherheitsmassnahmen.

Auf gesamtschweizerischer Ebene:

- Inventare zu den unüberwindbaren Hindernissen in Form von Verkehrsinfrastrukturen.
- Analyse zum Sanierungsbedarf beim Verkehrsnetz: Lösungswege und Prioritäten auf der Grundlage der REN-Daten.
- Analyse der Möglichkeiten zur Überwindung der verkehrsbedingten Hindernisse mittels geeigneter baulicher Massnahmen.

6.3 Vergleichende Analyse der spezifischen Netzwerke auf regionaler Stufe

In den Projektdossiers über die Schutzgebiete sowie über die Schaffung von Regionalparks oder Naturreiservaten fehlen häufig Argumente zur Funktion der Gebiete innerhalb einer übergeordneten Landschaft und insbesondere zu den möglichen Vernetzungen mit benachbarten Gebieten, die das Überleben von Populationen seltener und geschützter Arten ermöglichen. Der Mangel an geeigneten Analysemethoden ist auch bei Studien über die Auswirkungen der Verkehrsinfrastruktur oder anderer menschlicher Aktivitäten auf die Fragmentierung der ökologischen Netzwerke zu beobachten. Wie lassen sich die direkten und indirekten Folgen eines Projekts abschätzen, wenn die Vernetzungen und die ökologischen Funktionen in den betreffenden Landschaften nur am Rande berücksichtigt werden und man nur auf offensichtliche Störungen durch geplante Aktivitäten eingeht?

Die REN-Karten liefern einerseits Anhaltspunkte bezüglich der Ausbreitungsmechanismen innerhalb des lokalen und regionalen Netzes und andererseits eine erste Grundlage für die kartografische Darstellung der ökologischen Abläufe, die aus dem Gleichgewicht zu geraten drohen. Ein Beispiel der entsprechenden Analyse einer Region ist in Abbildung 23 dargestellt. Mit der zusammenfassenden Sichtweise, die durch eine Überlagerung der Ebenen ermöglicht wird (Abb. 24), lassen sich in einem bestimmten Sektor die gemäss REN prioritären Gebiete rasch bestimmen. Ein Teil der im Rahmen der Kartierung vor Ort gesammelten Daten geht allerdings durch die Überlagerung der Ebenen verloren.

Eine getrennte Betrachtung der spezifischen Netzwerke (Abb. 23) fördert folgende zusätzlichen Informationen zu Tage:

- Der analysierte Sektor grenzt an verschiedene Landschaftskompartimente. Das nördliche Kompartiment besteht im Wesentlichen aus bewaldeten Hügeln mit vielen intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen, die nur in geringem Masse durch Netzwerkelemente strukturiert sind. Der Aare-Korridor wird durch die Stadt Bern unterbrochen.
- Das südliche Kompartiment ist gebirgiger, im mittleren Teil sind ausgedehnte Wald-Kontinuen zu finden, die von Feuchtgebiet-Kontinuen durchzogen sind. Entlang von Sense und Schwarzwasser befinden sich bedeutende Feuchtgebiet-Kontinuen, die ausgedehnte Auengebiete umfassen. Der im Westen des Sense-Gebietes gelegene Bereich ist durch Weideland und ein Netz bewaldeter Flächen geprägt.

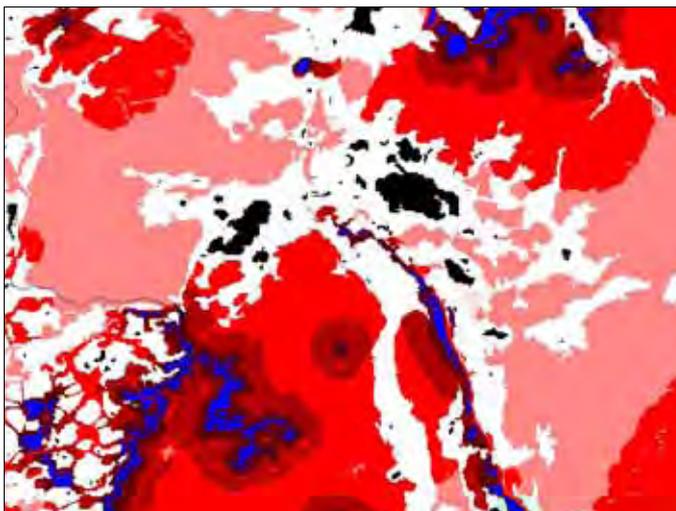
Auf Grund des verwendeten Massstabs sind die im REN enthaltenen Informationen zu den Indikatoren, welche Einschätzungen bezüglich Qualität, Aufnahmepotenzial und ökologischer Funktion der kartierten Gebiete erlauben, eher allgemein. Das Ziel besteht jedoch darin, die Behörden und Planungsbüros dazu zu bewegen, die angebotenen Grundlagen zu prüfen, zu ergänzen und weiterführende Erkenntnisse zum lokalen System bereitzustellen.

Das REN stellt durch den allgemeinen, systematischen Ansatz ein Analyseinstrument dar, das auf Grund von Qualität und Quantität der verwendeten Daten auf einer noch unvollständigen schematischen Struktur eines ökologischen Netzwerks beruht. Die Zuverlässigkeit der Daten wird sich mit der Anwendung schrittweise verbessern lassen. Das REN ist daher als Arbeitsgrundlage und nicht als verbindliches Konzept zu betrachten.

Legende der nachfolgenden Karten:

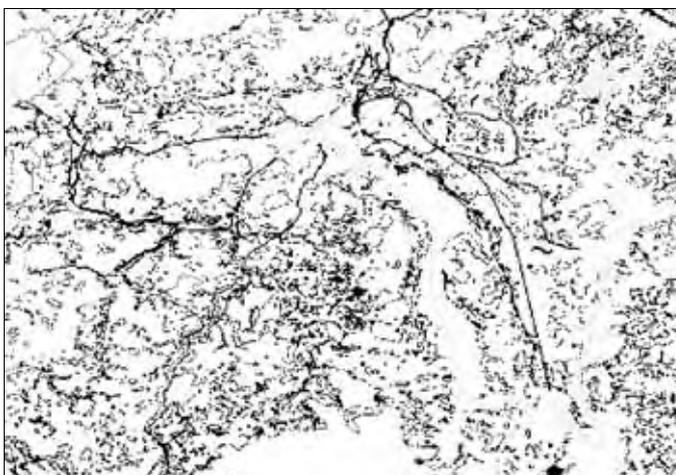
Einteilung in Gebiete nach
Ausbreitungskategorien (Aufwand/Distanz)
ausgehend von den Kerngebieten

| | |
|---|---------------------------------|
|  | Kerngebiet |
|  | starke Vernetzung |
|  | mittlere Vernetzung |
|  | mittlere bis geringe Vernetzung |
|  | geringe Vernetzung |
|  | keine Vernetzung |



A) Netzwerk der Waldgebiete:

Die vorwiegend in Hügellagen gelegenen Wald-Kontinuen weisen eine beträchtliche Ausdehnung auf, mit zahlreichen Kerngebieten und guter Vernetzung durch Korridore. Das Netzwerk der Waldgebiete in den Regionen Langenberg und Schwarzwasser spielt eine bedeutende ökologische Rolle.



B) Netzwerk der Trockenwiesen:

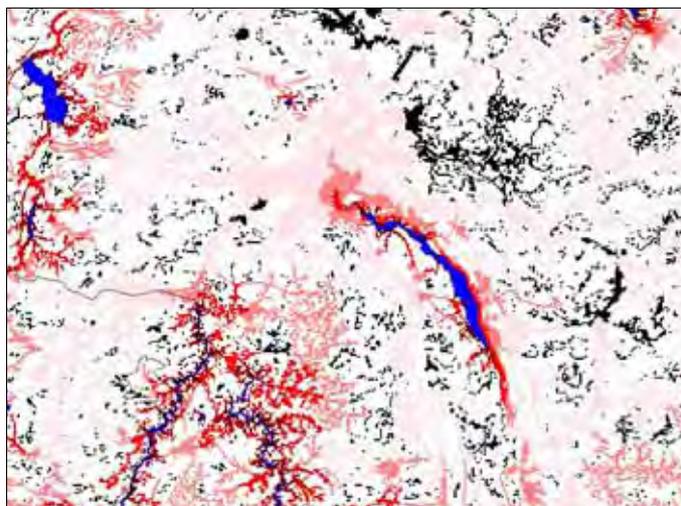
Wenige gut entwickelte Trockenwiesen. Zahlreiche Waldrandstrukturen scheinen weder seltene und geschützte Arten noch nennenswerte Habitats zu beherbergen. Die Bahnlinien dienen offensichtlich als Vernetzungselemente für weit verbreitete Trockenwiesenarten.

Abb. 23a : Beispiele vergleichender Analysen zu den spezifischen Netzwerken für die Region Saane/Sarine anhand eines Auszugs aus den REN-Karten im Maßstab 1:25'000. 1166, 1167, 1186 und 1187.



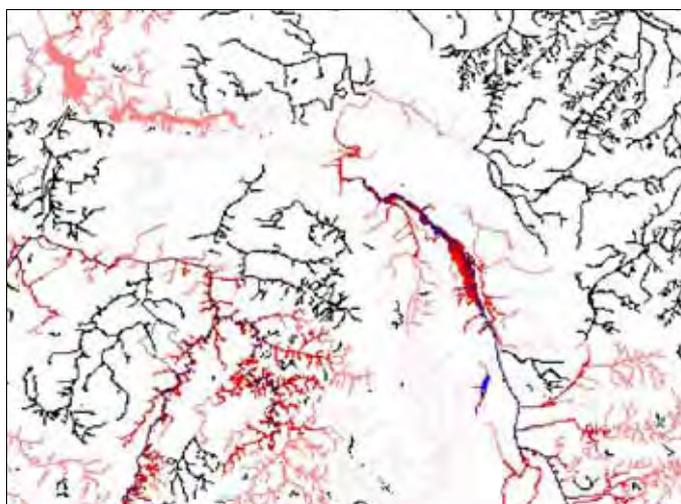
C) Netzwerk der extensiv genutzten Landwirtschaftsgebiete:

Es existieren zahlreiche Landwirtschaftszonen, die im Zusammenhang mit Weiden und Wäldern interessant wären. Offensichtlich beherbergen sie aber nur wenige seltene und geschützte Arten und erwähnenswerte Habitate.



D) Netzwerk der Feuchtgebiete:

Gut vertretene Kontinuen. Die Kerngebiete in Auen- und Sumpfgebieten entlang von Aare, Sense und Schwarzwasser bilden drei Sektornetze mit Feuchtgebieten von nationaler Bedeutung. Zahlreiche Tief- und Hochmoore dienen als Reproduktionsorte für Amphibien.



E) Netzwerk aquatischer Lebensräume:

Die Kontinuen sind gut entwickelt, es wurden aber wenige Kerngebiete identifiziert, da das Gewässernetz mehrheitlich aus Gebirgsbächen mit zeitweise ausgetrockneten Abschnitten besteht. Laichplätze sind kaum bekannt.

Abb. 23b: Beispiele vergleichender Analysen zu den spezifischen Netzwerken für die Region Saane/Sarine anhand eines Auszugs aus den REN-Karten im Massstab 1:25'000. 1166, 1167, 1186 und 1187.

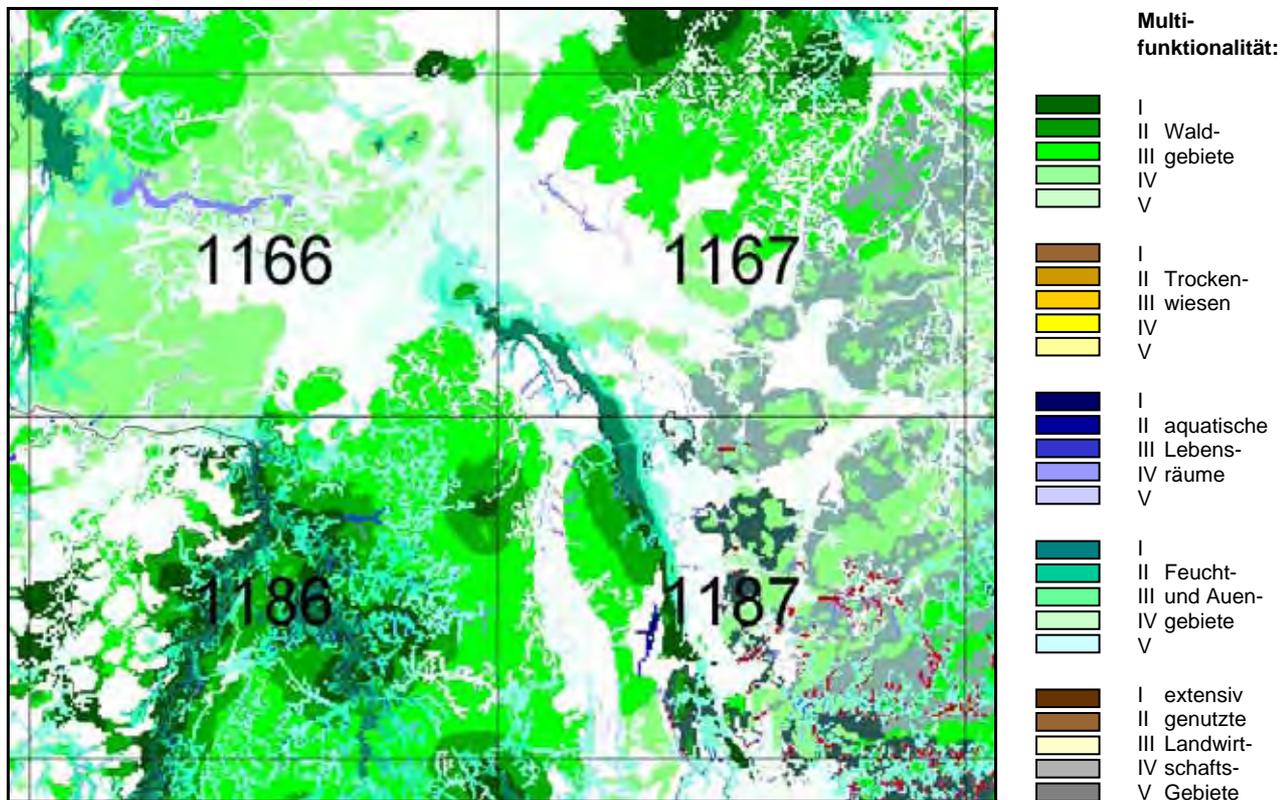


Abb. 24 : Hierarchisierte Übersichtskarte der Region Saane/Sarine. Die Farbintensität steht für Multifunktionalität im nationalen ökologischen Netzwerk.

6.4 Ausrichtung der Planung für ökologische Ausgleichsflächen gemäss Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV)

Gemäss der Verordnung über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft vom 4. April 2001 (Öko-Qualitätsverordnung, ÖQV) müssen ökologische Ausgleichsflächen eine Reihe von Anforderungen erfüllen, damit Beiträge ausgerichtet werden:

- Die Flächen müssen bestimmten Qualitätskriterien genügen (**Art. 3 ÖQV: Biologische Qualität**). Sie sollen die Entwicklung von extensiv genutzten Landwirtschaftsflächen, wie extensiv genutzte Wiesen, Streueflächen, Hecken, Feld- und Ufergehölze sowie Hochstamm-Feldobstbäume, begünstigen.
- Die Flächen müssen bestimmten Kriterien hinsichtlich ihrer Funktion entsprechen (**Art. 4 ÖQV: Vernetzung**). Sie sollen eine Vernetzungsfunktion im Sinne strukturierender Landschaftselemente übernehmen.

Diese Anforderungen sollen dazu beitragen, dass die Qualität der ökologischen Ausgleichsflächen verbessert wird und leistungsfähige ökologische Netzwerke entstehen, welche die Erhaltung der Artenvielfalt in landwirtschaftlich genutzten

Gebieten fördern. In diesem Kontext stellt das REN die Grundlage dar, die bei der Planung der ökologischen Ausgleichsflächen und bei der Erstellung nützlicher Kriterien durch die Kantone zu berücksichtigen ist.

Im Anhang 2 der ÖQV sind die Mindestanforderungen an die Vernetzung ausgeführt. Darin wird präzisiert, dass die ökologischen Ausgleichsflächen für eine Mindestdauer von 6 Jahren erstellt werden und insbesondere anzulegen sind:

1. entlang von Gewässern, wobei diesen der erforderliche Raum für ihre natürlichen Funktionen zu gewähren ist,
2. entlang von Wäldern,
3. zur Erweiterung von bestehenden ökologischen Ausgleichs- und Naturschutzflächen.

Diese rechtlichen Grundlagen, die während der Lancierung des REN-Projekts verfasst wurden, können heute durch praktische Empfehlungen, welche sich aus den kartografischen Ergebnissen des REN ergeben, analysiert und ergänzt werden. Dies ermöglicht eine umfassendere Sichtweise der Anforderungen an die Vernetzung auf nationaler oder regionaler Ebene. Das REN erlaubt insbesondere eine bessere Beurteilung einer möglichen Verbreitung, die von bedeutenden Reservoirgebieten ausgeht, welche als potenzielle Quellen eine Revitalisierung der Landschaft fördern. Durch die Vorgabe eines allgemeinen Rahmens für die regionalen Strukturen der verschiedenen spezifischen Netzwerke soll das REN eine Grundlage für detailliertere Untersuchungen zur Vernetzung der ökologischen Ausgleichsflächen darstellen.

Die Wahl der ökologischen Ausgleichsflächen in Landwirtschaftsgebieten hat so weit wie möglich den regionalen Besonderheiten Rechnung zu tragen. Dies kann aber folgende Fragen aufwerfen:

- Müssen Landwirtschaftsflächen revitalisiert werden, bei denen es sich im Allgemeinen um intensiv genutzte Flächen handelt, die aber in unterschiedlichem Ausmass noch strukturelle Überreste einer natürlichen Landschaft bergen?
- Oder soll der Schwerpunkt darauf gelegt werden, zwar isolierte, aber noch natürliche Flächen zu bewahren, selbst wenn diese beeinträchtigt und verändert sind?

Grundsätzlich kommen beide Ansätze in Frage, da bei den Grundsätzen zur Erhaltung der Artenvielfalt davon ausgegangen wird, dass durch die traditionelle Bewirtschaftung von Land ein abwechslungsreiches Landschaftsmosaik entsteht und eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen prinzipiell möglich ist. Das bedeutet, dass die veränderten Landschaften unseres Landes, falls sie eine gewisse Artenvielfalt ermöglichen, genauso wie die natürlichen Landschaften erhaltenswert sind.

Das REN zeigt klar, dass die überwiegende Mehrheit der Landschaften aus komplexen heterogenen Systemen besteht und das Überleben der wenigen besonders wertvollen natürlichen Habitats weitgehend davon abhängt, ob sie an veränderte oder gar künstliche Flächen grenzen. Deshalb ist es zur Erhaltung oder Stärkung der Artenvielfalt eines Gebietes unabdingbar, die bestehenden Wechselwirkungen mit

den komplementären oder antagonistischen Flächen in einen grösseren Zusammenhang zu stellen und zu berücksichtigen, um so eine allzu lokal ausgerichtete Wahl zu vermeiden.

Der Leitfaden für die Umsetzung der Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV), «Vernetzungsprojekte – leicht gemacht», enthält die Grundlagen und erste nützliche Kriterien zur Entwicklung eines lokalen Konzepts für die Vernetzung ökologischer Ausgleichsflächen. Er wurde gemeinsam von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach, dem Schweizerischen Vogelschutz, der Landwirtschaftlichen Beratungszentrale Lindau und dem Service romand de vulgarisation agricole herausgegeben. Die Ergebnisse des REN erlauben es, gewisse Grundsätze zur Vernetzung zu formulieren, die von der erwarteten Effizienz dieses Konzepts auf lokaler Stufe in einem regional und national hierarchisierten System abhängen.

Erster Hinweis

Die ökologischen Ausgleichsflächen sollen in erster Linie dazu dienen, die bestehenden Entwicklungsmöglichkeiten der Landschaft zu erhalten und zu stärken. Diese Möglichkeiten sind durch die lokalen geografischen Bedingungen vorgegeben, die im Allgemeinen mit der traditionellen Bodennutzung aufrechterhalten werden.

Auf Grund der ihr eigenen morphologischen und klimatischen Bedingungen verfügt jede Region über ein Potenzial zur Entwicklung spezifischer Netzwerke mit natürlichen Habitaten. Diese mögliche Entwicklung ist in den REN-Karten festgehalten. Bei der Planung ökologischer Ausgleichsflächen sollte deshalb versucht werden, die natürlichen Bedingungen zu stärken und nicht, eine ungeordnete Diversifizierung auszulösen. Die Einführung einer Vielzahl verschiedener Elemente in einer möglichst grossen Zahl von Zellen führt nämlich häufig zu einer Verarmung von Fauna und Flora, weil die Generalisten überhand nehmen. Demgegenüber leistet die Schaffung sich ergänzender Habitate, die zu demselben Netzwerktyp gehören, einen nachhaltigeren und bedeutenderen Beitrag zur Stärkung der bestehenden Habitate und der darin vorkommenden typischen Arten.

Zweiter Hinweis

Die Vernetzung der natürlichen Elemente einer Landschaft muss die Vernetzung zwischen den verschiedenen Kerngebieten gewährleisten, indem gewisse Flächen wieder ihre Funktion als Austauschgebiet oder Verbindungselement zurückerhalten. Die Wahl der ökologischen Ausgleichsflächen stützt sich deshalb auf eine genaue Bestimmung der repräsentativen Habitats- und Artengruppen für die entsprechenden Kerngebiete.

Die Vernetzungen der ökologischen Ausgleichsflächen gemäss ÖQV können auf verschiedene Weise einen entscheidenden Beitrag zur Vernetzung der Ökosysteme, wie sie im REN propagiert wird, leisten:

- Beitrag zur Verbesserung eines Austauschgebietes auf der Stufe eines Kontinuums oder eines Korridors durch die Ergänzung der zu vernetzenden Kerne-

biete mit dazwischengeschalteten Flächen. Diese Flächen müssen wenn möglich von guter Qualität und für die Fauna zugänglich sein, damit eine optimale Funktion gewährleistet ist.

- Beitrag zur Schaffung von Verbindungselementen, indem Flächen derselben Art wie die zu verbindenden Kerngebiete bereitgestellt werden, deren Aufnahmekapazität genügt, um die empfindlichsten Arten zu unterstützen.

Zu vermeiden ist die Entstehung von Gebieten, die als Senke (Sink) wirken oder die die Ausbreitung der Indikator-Arten von Kerngebieten behindern, indem z.B. Hindernisse geschaffen werden, welche die Funktionsfähigkeit eines Korridors beeinträchtigen. Eine Tabelle mit den ökologischen Ausgleichsflächen, die mit den entsprechenden Netzwerktypen kompatibel sind, dient als Entscheidungshilfe bei der Auswahl neuer Flächen (Tab. 4). Die Schwierigkeit liegt vor allem in der Tatsache, dass die Austauschgebiete häufig vielseitige Funktionen haben und Bereiche sich überkreuzender Korridore darstellen, deren Habitate und Arten zuweilen antagonistisch sein können (bewaldete und offene Flächen, feuchte und trockene, sandige und torfige Gebiete usw.). Die Lösung hängt von der topografischen Situation ab, besteht aber im Allgemeinen darin, mosaikartige, verflochtene oder parallel verlaufende Strukturen zu schaffen. Das Anlegen linearer Strukturen mit ökotonschen Habitaten ist die am häufigsten verwendete Lösung. Solche Landschaftsstrukturen existieren natürlicherweise entlang von Wasserläufen und Waldrändern; die Entwicklungsmöglichkeiten der verschiedenen Vegetationsbänder (Wasserlauf, natürliches Ufer, Ufervegetation, Gebüschaum, Krautstreifen) sind aber je nach Funktionen der von der Vernetzung betroffenen Korridore mehr oder weniger gross.

Dritter Hinweis

Die Einrichtung oder der Ausbau eines national oder überregional bedeutenden Korridors erfordert häufig eine langfristige Gebietsplanung. Die adäquate Einrichtung ökologischer Ausgleichsflächen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist ein geeignetes Mittel zur Ergänzung oder Stärkung von Massnahmen des Landschaftsschutzes. Der Ansatz der ÖQV erlaubt es, «natürliche» Strukturen zu schaffen, die für das Funktionieren der ökologischen Netzwerke unerlässlich sind.

Die Einrichtung oder der Ausbau eines Korridors erfolgt im Allgemeinen mittels einer Massnahme zum ökologischen Ausgleich im Rahmen eines Projekts, mit dem eine Landschaft in funktioneller Hinsicht umgestaltet wird (Bau einer Verkehrsinfrastruktur, Einrichtung eines Gebietes für Freizeitaktivitäten usw.), oder im Rahmen einer Analyse zu den Wildtierkorridoren auf nationaler Stufe. Art und Lage der ökologischen Ausgleichsflächen orientieren sich in diesem Fall am gesamten Projekt für den Korridor. Die regional und national bedeutenden Korridorflächen sind in den REN-Übersichtskarten dargestellt.

Die grossen, ebenen, freien Landwirtschaftsflächen und Gebiete, welche durch die Bewirtschaftung nicht vollständig gleichförmig geworden sind, ermöglichen es spezialisierten Pflanzen- und Tierarten, sich ganzjährig oder saisonal anzusiedeln. Dabei handelt es sich um Arten, die sich mit Mikrostrukturen, temporärem Brachland, trockenen Erdhügeln und überschwemmungsgefährdeten Senken begnügen oder grosse, freie Flächen als Erholungs- oder Nahrungsplätze sogar bevorzugen. Diese ausgedehnten Landwirtschaftsflächen sind vom Rest des ökologischen Netzwerks unabhängig. Sie vermögen im Wesentlichen durch die grossen weiten Flächen einen Beitrag zur Artenvielfalt zu leisten, tragen aber nicht unbedingt zum Funktionieren der übrigen spezifischen Netzwerke bei. In diesem Fall wird versucht, die Merkmale von «steppenartigen» Räumen zu stärken, ohne prägnante Landschaftsstrukturen einzuführen.

In den grossen Landwirtschaftsflächen, die teilweise oder ganz von den Landschaftsnetzwerken isoliert sind, welche sich aus der natürlichen Geomorphologie ergeben, können sich Bereiche autonomer, grossflächiger Räume des Typs «intensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete» entwickeln. Diese können für Arten, welche flache, freie Gebiete bevorzugen, besonders interessant sein. Solche grossflächige Landwirtschaftsgebiete vermögen spezifischen Standards und Zielen des Naturschutzes durchaus zu entsprechen, was sich in der Präsenz bekannter nationaler Leitarten widerspiegelt (Feldhase, Feldhuhn, überwinterte Gänse, wandernde Watvögel usw.). Es handelt sich damit eigentlich nicht um Habitat-Netzwerke, sondern um Einheiten von zugänglichen Mikrohabitaten, welche auf grossen Flächen verteilt sind. Netzwerk-Effekte entstehen ausschliesslich durch die Nähe verschiedener Zellen oder durch die kettenartige Anordnung einer Reihe von Landwirtschaftsflächen in derselben Region. Die ökologischen Ausgleichsflächen bestehen in diesem Fall vorwiegend aus Rotations- und Buntbrachen und aus Entwässerungsgräben, die durch Steinhäufen begrenzt sind.

Die grossen Auenebenen des Schweizer Mittellandes (z.B. Linthebene, Reusstal, Chablais, Plaine de l'Orbe, Seeland) bieten Raum für solche grossflächigen Landwirtschaftsgebiete. In diesen Gebieten ist die Einrichtung heckenartiger Landschaftsstrukturen systematisch zu vermeiden. Vielmehr soll versucht werden, die bestehenden Mikrostrukturen durch ein geeignetes ökologisches Management und Erweiterungen zu optimieren.

Das Konzept «Mehr Raum für die Fliessgewässer» des BWG gewinnt im Kontext des REN an Bedeutung, da den Flüssen in tiefer gelegenen Landwirtschaftszonen die Funktion eines eigentlichen Rückgrats zukommt. In diesen intensiv genutzten Räumen können sie als letzte noch mögliche grosse ökologische Korridore eine vielseitige Rolle übernehmen. Eine Stärkung der ökologischen Funktionen der Wasserläufe ist auf mehreren Ebenen möglich. Ein sehr vorteilhafter und kostengünstigster Weg, das ökologische Potenzial der Wasserläufe zu nutzen, besteht darin, Überschwemmungsbereiche vorzusehen. Trotz Eindämmung und Verbauung sollten Uferzone und Überschwemmungsflächen zumindest als natürliche Wiesen

mit einigen verstreuten Ufervegetations-Inseln und grossen isolierten Bäumen belassen werden. An sie grenzt ausserhalb der Uferzone ein breites Trockenwiesenband, um die ökologische Vielseitigkeit des Korridors zu stärken. Ein umfassenderes Revitalisierungskonzept für Flussläufe ist in gewissen Fällen möglich, je nachdem, wie Überschwemmungen regional gehandhabt werden, und je nach Bedeutung der Vernetzungsflächen des wiederherzustellenden ökologischen Netzwerks.

Tab. 4 : Eignung verschiedener ökologischer Ausgleichsflächen für den Ausbau der spezifischen Netzwerktypen.

| Ökologische Ausgleichsflächen (Typen): | Netzwerke der Waldgebiete | Netzwerke der Feuchtgebiete | Netzwerke aquatischer Lebensräume | Netzwerke der Trockenwiesen | Netzwerke extensiv genutzter Landwirtschaftsgebiete |
|---|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|
| Extensiv genutzte Wiesen | ++ | ++ | 0 | ++ | ++ |
| Extensiv genutzte Weiden | ++ | ++ | 0 | + | ++ |
| Bestockte Weiden | ++ | + | 0 | + | ++ |
| Wenig intensiv genutzte Wiesen | + | + | 0 | + | + |
| Streuflächen | ++ | ++ | + | 0 | ++ |
| Ackerschonstreifen | + | 0 | 0 | + | ++ |
| Buntbrachen | + | 0 | 0 | + | ++ |
| Rotationsbrachen | + | 0 | 0 | + | ++ |
| Hochstamm-Feldobstbäume | + | 0 | 0 | 0 | ++ |
| Einheimische Einzelbäume | + | 0 | 0 | + | ++ |
| Alleen | + | 0 | 0 | 0 | + |
| Hecken und Feldgehölze | ++ | + | 0 | + | ++ |
| Ufergehölze | ++ | ++ | ++ | 0 | ++ |
| Wassergraben, Tümpel, Teiche | + | ++ | ++ | 0 | ++ |
| Ruderalflächen, Steinhaufen | 0 | + | 0 | ++ | ++ |
| Trockenmauern | 0 | + | 0 | ++ | ++ |
| Unbefestigte, natürliche Wege | + | 0 | 0 | + | ++ |

6.5 Schutz eines Gebietes auf Grund seiner Bedeutung für die kantonalen und nationalen ökologischen Netzwerke

Welchen Platz nimmt ein kleines Feuchtbiotop im Kontext der ökologischen Netzwerke ein?

Das Beispiel des Bommer Weiher im Kanton Thurgau soll das Vorgehen des Kantons aufzeigen, der auf Anfrage der Bauern der Ortschaft Bomme ein Konzept für ein lokales Netzwerk mit ökologischen Ausgleichsflächen entwickelte. Dabei stützte er sich auf ein kantonales Biotop-Inventar und die REN-Karten.

Lokale Ebene

Gemäss den Verifizierungsarbeiten zum provisorischen REN sind die Teiche in Dorfnähe, die als national bedeutende Reproduktionsorte für verschiedene Amphibien- und Libellen-Arten bekannt sind, gleichzeitig Teil eines Kontinuums von Feuchtgebieten, eines Kontinuums aquatischer Lebensräume und des Korridors eines Wald-Netzwerks, der die benachbarten Waldgebiete verbindet (Abb. 25).

Es eignen sich mehrere ökologische Ausgleichsflächen, um die natürlichen Habitate und die Strukturen zur Landschaftsvernetzung zu verwalten und zu stärken.

- Flächen mit extensiv bewirtschafteten Wiesen und Streueflächen dienen als Pufferzonen am Rand von Teichen und Wasserläufen.
- Buntbrachen, Ackerschonstreifen und Ruderalflächen stärken die ökologische Qualität der Landwirtschaftsräume des Korridors.

Überschwemmungsflächen werden zu Gunsten einer gestärkten Ufervegetation nicht mehr genutzt.

Die Flächen (Abb. 26) erhöhen insgesamt den ökologischen Wert des Vernetzungskorridors und der Teiche, welche so ihre Rolle als Verbindungselemente in einem kantonale bedeutenden ökologischen Korridor und als national bedeutendes Kerngebiet im Netzwerk der Feuchtgebiete optimal wahrnehmen können.

Kantonale Ebene

Der kantonale Richtplan stuft die betroffenen Flächen als hinsichtlich Naturschutz sensible Landschaftsgebiete ein. Das kantonale Landschaftsentwicklungskonzept (LEK/CEP) verdeutlicht den Wert dieses Orts als national bedeutendes Biotop und als Element eines Verbindungskorridors für die kantonale bedeutenden Netzwerke aquatischer Lebensräume und die Netzwerke der Waldgebiete. Innerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen etablierte ökologische Ausgleichsflächen entsprechen gleichzeitig den Qualitätskriterien und den Vernetzungskriterien gemäss ÖQV und geben Anspruch auf dafür vorgesehene finanzielle Beiträge.

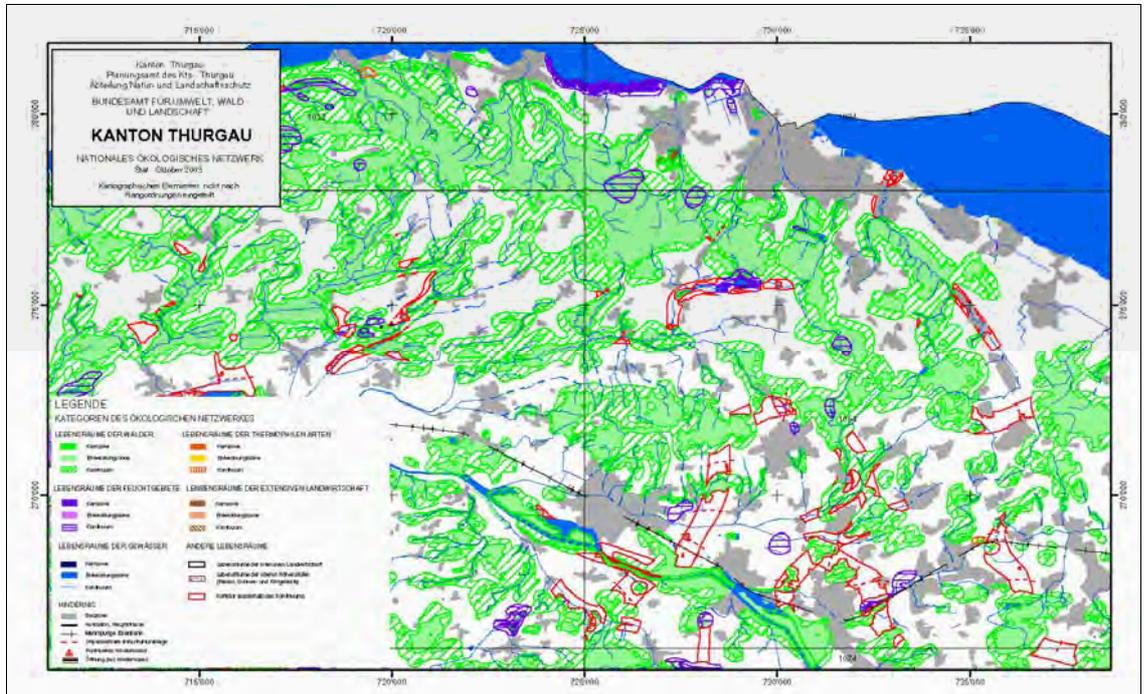


Abb. 25 : Auszug aus der REN-Karte zum Bommer Weiher (TG).

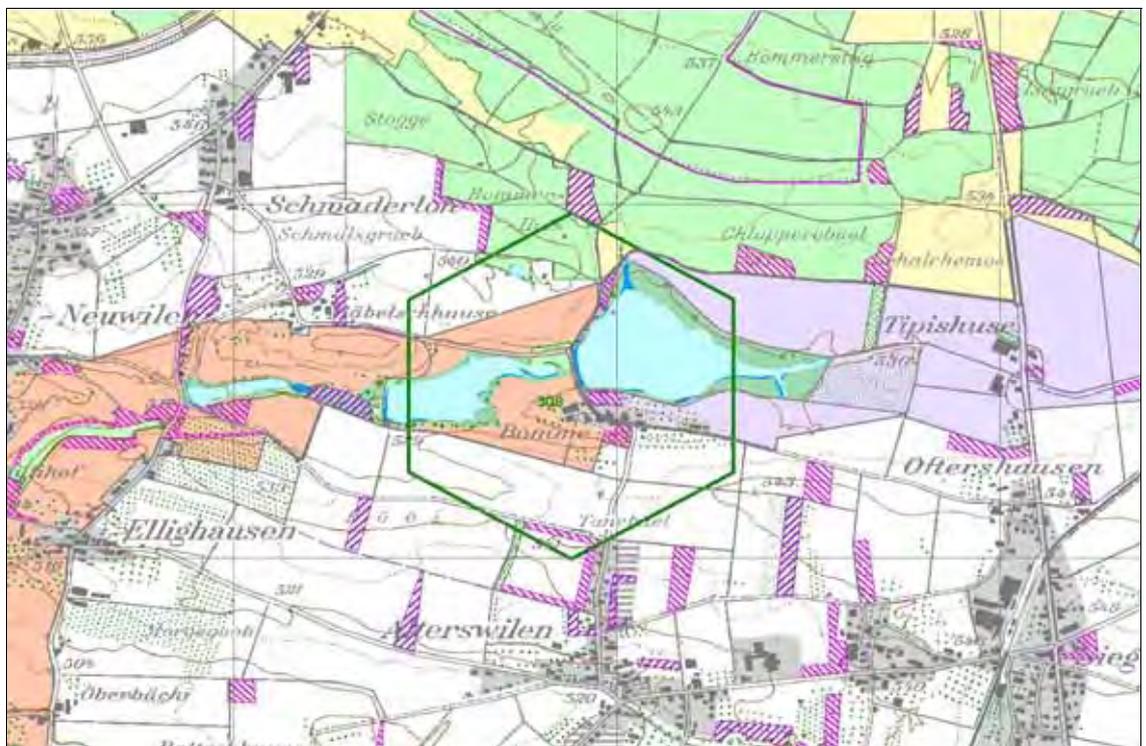


Abb. 26 : Auszug aus dem kantonalen Landschaftsentwicklungskonzept (LEK) im Massstab 1:10'000. Dargestellt ist die aktuelle Situation bezüglich der ökologischen Ausgleichsflächen im Sinne der ÖQV (reproduziert mit dem Einverständnis des kantonalen Amtes für Informatik).

6.6 Gezielte Evaluation der Netzwerkelemente

Ein ergänzender Ansatz zur allgemeinen Hierarchisierung des REN ist für ein beschränktes lokales oder regionales Gebiet problemlos möglich, indem die Methode zur Bestimmung des ökologischen Potenzials der Lebensräume herangezogen wird (BERTHOUD et al. 1989). Diese Methode kann entweder von einem Anwender mit bestimmen strategischen Zielen bezüglich seltener und geschützter Arten und Habitate oder aber für die Umweltverträglichkeitsprüfung eines Projektes bezüglich Fragmentierung oder Verarmung der Landschaft verwendet werden.

Bei diesem Ansatz werden drei Faktoren gewichtet, die den ökologischen Wert entscheidend bestimmen. Bei diesen Basisfaktoren handelt es sich um die Qualität, die Kapazität und die Funktionen der Lebensräume. Jeder Faktor umfasst mehrere Evaluationskriterien, die sich zum Teil überschneiden oder ergänzen und die für die Errechnung des Werts berücksichtigt werden.

Hauptkriterien zur Evaluation des Faktors **QUALITÄT**:

- **Vielfalt** an Arten, Taxa oder Lebensräumen.
- **Seltenheit**, d.h. das Vorhandensein von Arten, Taxa oder Lebensräumen, die gemäss den roten Listen selten sind.
- **Naturnähe** der Lebensräume, d.h. die Natürlichkeit und Ursprünglichkeit des Zustands.

Hauptkriterien zur Evaluation des Faktors **KAPAZITÄT**:

- Bedeckte **Fläche**.
- **Komplexität** der Struktur.
- **Ruhe**, d.h. der Schutz gegen Störungen von aussen.

Hauptkriterien zur Evaluation des Faktors **FUNKTION**:

- Aufnahme oder **Unterschlupf** in den betreffenden Lebensräumen.
- Günstiger Ort für die **Reproduktion**, insbesondere seltener Arten.
- Bereich für die tägliche oder saisonale Suche von **Nahrung**.
- Bereich für **Wanderung**, Austausch, Wechsel.

Die Evaluation zielt grundsätzlich auf die Berechnung eines globalen Wertes für den analysierten Lebensraum ab. Dieser Wert resultiert aus der Multiplikation der für die drei Faktoren errechneten Mittelwerte.

Jeder REN-Kartenauszug kann so mit den erwähnten Kriterien evaluiert werden. Die Karte mit den spezifischen Netzwerken wird so durch eine ökologische Evaluation der Flächen ergänzt, aus denen sie bestehen. Diese Karte zu den Werten der Elemente des ökologischen Netzwerks ist sehr nützlich, um die Entwicklung des betreffenden Netzwerks zu verfolgen (Kap. 7). Durch die Verwendung einer einfachen 3-stufigen Skala (Tab. 5 und 6) ist eine Hierarchisierung der Lebensräume mittels Vergleich möglich. Bei Bedarf kann die Bewertungsskala für die Kriterien

durch eine Auflösung von 5 oder 10 Punkten verfeinert werden, allerdings nur, wenn jede Fläche auf Grund präziser Erhebungen entsprechend genau beurteilt werden kann. Diese Methode ist auf der Stufe des REN schwierig anzuwenden. Geeignet ist sie hingegen für detailliertere Analysen, bei denen eine vollständige oder repräsentative Datenbasis zu den betroffenen Flächen vorhanden ist.

Hinsichtlich der Landschaftsfragmentierung besteht theoretisch die Möglichkeit, eine Bilanz zum Zustand der natürlichen Lebensräume und ihrer ökologischen Netzwerke zu erstellen. Dazu werden die von den einzelnen Lebensraumtypen bedeckten Flächen und das Vernetzungsniveau der kartierten Landschaftsstrukturen berechnet.

Die REN-Karten bieten eine vereinfachte Darstellung jedes Landschaftskompartiments in Form von Raumelementen, die als Netzwerke organisiert sind. Folgende Daten stehen dafür zur Verfügung:

- Flächen der prioritären Lebensräume (Kerngebiete),
- Entwicklungsgebiete,
- Randgebiete,
- maximale Ausdehnung des Netzwerks.

Qualitativ und quantitativ vollständigere Daten, die über die im REN verwendeten Informationen hinausgehen, insbesondere zur Artenvielfalt der einzelnen Sektoren, wären für eine detailliertere Evaluation nützlich. Zum Erstellen einer groben Bilanz sind sie hingegen nicht unbedingt notwendig. Mit den kartografischen REN-Daten lässt sich eine befriedigende Annäherung für folgende Werte erreichen:

- Die Aufnahmekapazität der einzelnen Einheiten der spezifischen Netzwerke durch Berechnung der verfügbaren Kontinuum-Flächen.
- Die interne Vernetzung der Sektoren mit Hilfe von Standardtests zur Verbreitung, die für das Netzwerk ausgehend von den Kerngebieten durchgeführt werden.

Tab. 5 : Tafel zur Bewertung der Elemente eines lokalen ökologischen Netzwerks. Der Referenzwert entspricht dem minimal erforderlichen Wert für die entsprechende Zuordnung im ökologischen Netzwerk. Der Optimalwert entspricht dem Wert, der für die untersuchte Fläche im Hinblick auf deren Rolle im ökologischen Netzwerk wünschenswert wäre.

| | QUALITÄT | | | | KAPAZITÄT | | | | FUNKTIONEN | | | | |
|----------------------------|----------|------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|------|-------------------|--------------|--------------|---------|-----------|-------------------|
| | Vielfalt | Seltenheit | Naturnähe | Durchschnitt | Fläche | Komplexität | Ruhe | Durchschnitt | Unterschlupf | Reproduktion | Nahrung | Wanderung | Durchschnitt |
| Kerngebiete | 3 | 3 | 3 | $2 \leq X \leq 3$ | 3 | 3 | 3 | $2 \leq X \leq 3$ | 3 | 3 | 3 | 3 | $2 \leq X \leq 3$ |
| | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Entwicklungsgebiete | 3 | 3 | 3 | $1 \leq X \leq 2$ | 3 | 3 | 3 | $1 \leq X \leq 2$ | 3 | 3 | 3 | 3 | $1 \leq X \leq 2$ |
| | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Zufluchtshabitate | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ | 3 | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ |
| | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Verbindungskorridor | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ | 3 | 3 | 3 | 3 | $X \leq 1$ |
| | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |

 Optimaler Wert

 Minimaler Wert

Tab. 6 : Beispiel für die Bewertung eines Verbindungskorridors in einem ökologischen Netzwerk.

| Netzwerkelement: Verbindungskorridor | QUALITÄT | | | | KAPAZITÄT | | | | FUNKTIONEN | | | | |
|--|---|------------|-----------|--------------|-----------|-------------|------|--------------|--------------|--------------|---------|-----------|--------------|
| | Vielfalt | Seltenheit | Naturnähe | Durchschnitt | Fläche | Komplexität | Ruhe | Durchschnitt | Unterschlupf | Reproduktion | Nahrung | Wanderung | Durchschnitt |
| Zugewiesene Punktezahl | 3 | 3 | 3 | 2,3 | 3 | 3 | 3 | 2,3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2,5 |
| | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Gesamtwert | $Q(2,3) \times C(2,3) \times F(2,5) = 13,2$ | | | | | | | | | | | | |

Anwendungen

Die REN-Karten sind absichtlich so gestaltet, dass sie relativ grobe Anhaltspunkte liefern und mit aktuellen Daten ergänzt werden können. Das Hauptziel bestand darin, den lokalen und kantonalen Behörden eine umfassende Übersicht zur Vernetzung der Lebensräume in der Schweiz zu geben, welche zur Erhaltung der biologischen und landwirtschaftlichen Vielfalt beitragen kann.

Die möglichen Anwendungen betreffen vorwiegend folgende Bereiche:

- Naturschutz, bei dem die nicht zu vernachlässigende ökologische Funktion der Landschaft bei der Erhaltung der natürlichen Habitats einen Schwerpunkt bildet.
- Vernetzung der ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft.
- Wiederherstellung und Erhaltung der ökologischen Korridore in Regionen, die durch menschliche Aktivitäten wie Siedlungsbau, Verkehrswege und intensive Landwirtschaft fragmentiert sind.
- Massnahmen zur Sanierung im Sinne von Überwindungsmöglichkeiten für die Fauna bei einer stark fragmentierenden Verkehrsinfrastruktur.
- Unterstützung der Planung im Bereich der Raumordnung und der Verwaltung der natürlichen Ressourcen, insbesondere mittels nützlichen Hinweisen auf die vorhandenen Wechselwirkungen zwischen den natürlichen Landschaften und den stark vom Menschen geprägten Gebieten.

In den stark betroffenen Regionen bieten richtig angewendete Grundsätze zur Vernetzung interessante Möglichkeiten zur Erhaltung und zur Revitalisierung der verbliebenen Habitats, wenn geeignete planerische Massnahmen zur Förderung der Vernetzung getroffen werden.

Die REN-Karten stellen vor allem für die Kantone ein Arbeitsinstrument dar, mit dem sich bestehende Funktionsstörungen, Auswirkungen neuer Projekte und Anstrengungen, die zur Restrukturierung bestehender lokaler Netzwerke notwendig sind, identifizieren lassen.

Für ein bestimmtes Gebiet ist eine gezielte Evaluation der Netzwerkelemente immer möglich, indem die bei detaillierten Abklärungen zum Projekt gewonnenen neuen Daten zum Gelände eingesetzt werden, um messbare oder leicht zu schätzende Kriterien zu gewichten.

7 Konzept zur Verwaltung und Anwendung des REN

Die Grundlage des REN bilden in einem geografischen Informationssystem organisierte und georeferenzierte Daten zum gesamten Gebiet der Schweiz aus allen verfügbaren Inventaren, ergänzt durch kartografische Daten zu Gebieten mit potenziellen Habitaten oder wichtigen Vernetzungsfunktionen. Diese Daten sind so genau, dass sie eine gesamtschweizerische Sicht erlauben, d.h. es wurde ein Massstab von 1:100'000 für die Karten mit den kantonalen Basisdaten und von 1:500'000 für die Analysen zu den spezifischen Netzwerken auf nationaler Ebene verwendet.

Der Synthesebericht zieht Bilanz über die aktuelle Situation hinsichtlich der Vernetzung der Habitats, der Fragmentierung und einer möglichen Hierarchisierung der Elemente des Systems auf der Grundlage der Multifunktionalität der spezifischen Netzwerke und ihrer Vernetzung in den einzelnen Landschaftssektoren. Dieser Bericht und die thematischen Karten veranschaulichen vor allem Anwendungsbeispiele im Rahmen der Bearbeitung mittels GIS.

Die REN-Daten sind somit in erster Linie als Arbeitsinstrument zu verstehen. Sie sind erweiterungsfähig, weil sich unsere Landschaft infolge natürlicher und durch den Menschen verursachter Einflüsse ebenfalls ständig weiter entwickelt. Sie sind auch aktualisierbar im Hinblick auf die neuesten Daten der Kantone oder der wichtigsten Datenlieferanten (Koordinationszentren wie SZKF, KARCH, WSL, SVW usw.). Einerseits stellen die Websites von ecoGIS und BUWAL den Behörden und der Öffentlichkeit thematische Karten, Entscheidungshilfen für die Beurteilung von Standorten und Anwendungsbeispiele zur Verfügung. Andererseits werden die Daten von Inventaren (z.B. zu den national bedeutenden Biotopen, den Smaragd-Gebieten oder zu allgemeinen Schutzgebieten) dank dem REN in einen grösseren Zusammenhang gestellt: in den gesamtschweizerischen ökosystemaren Landschaftskontext, der es ermöglicht, die nationale und internationale Bedeutung zu verstehen.

Die den Kantonen überreichten REN-Auszüge, auf deren Grundlage diese ihre eigenen Kenntnisse zu den ökologischen Netzwerken einbringen konnten, umfassten:

- die Rohfassungen der Karten zur Validierung des REN durch die Kantone im Massstab 1:25'000,
- die Auszüge aus den thematischen Karten zu den spezifischen Netzwerken für die gesamte Schweiz.

Verschiedene Anwendungen dieser Daten wurden den Kantonen als Entscheidungshilfe für Vernehmlassungs-, Koordinations- und Planungsverfahren empfohlen. Dabei wird davon ausgegangen, dass in Anwendung der bestehenden Bundesgesetzgebung für jedes Projekt, das die Umwelt tangiert, Massnahmen zur Erhaltung, zum Ersatz oder zum ökologischen Ausgleich vorgesehen werden. Diese Daten ergänzen die bestehenden oder neuen Informationen wie:

- die Inventare von Arten und ihren Lebensräumen,
- detaillierte Karten der Gebiete, die für die Vernetzung von Bedeutung sind,
- vernetzte ökologische Ausgleichsflächen gemäss ÖQV.

Die Daten, die von den Kantonen bei ihrer Planung verwendet werden, können periodisch aktualisiert werden und so die allgemeine REN-Datenbank ergänzen.

Nachfolgend ist die Organisation der Verwaltung der REN-Daten dargestellt (Abb. 27).

Roter Faden

Konzept zur Verwaltung und Anwendung des REN

Die REN-Daten beziehen sich auf den Stand der Vernetzung in der Schweiz Ende 2003. Sie können durch die Daten ergänzt werden, die sich aus Projekten der kantonalen Behörden im Zusammenhang mit dem REN ergeben.

Die REN-Daten werden den Behörden und der Öffentlichkeit auf den Websites von ecoGIS und BUWAL zur Verfügung gestellt.

Es sind Grundsätze zur Ergänzung der Daten festgelegt.

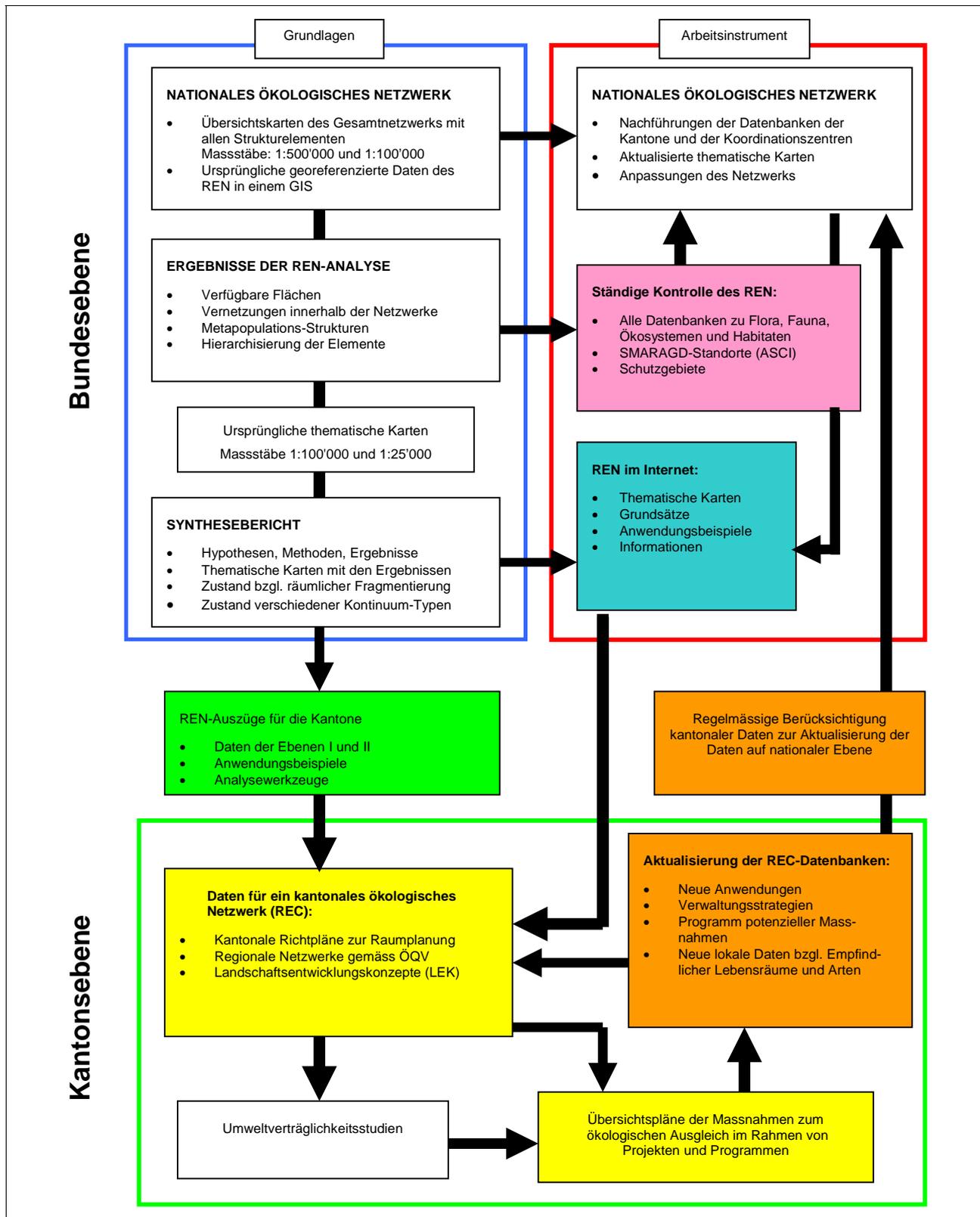


Abb. 27 : Organisation der Verwaltung der REN-Daten.

8 Schlussfolgerungen

Der beim REN verwendete Ansatz einer Analyse der Vernetzung der natürlichen Habitats in der Schweiz ist ein Beitrag zur Schaffung eines ökologischen Netzwerks auf europäischer Ebene. Die erste, umfangreiche Etappe des Projekts bestand darin, bestehende Informationen zu den natürlichen Habitats und zum Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten zusammenzutragen. Ergänzt wurde diese Etappe durch die Definition von Erweiterungsmöglichkeiten für bestimmte Kontinuen im Zusammenhang mit festgelegten ökologischen Gruppen und durch die Validierung der zusammengetragenen Daten seitens der Kantone. Danach folgte die Etappe der Erfassung kartografischer Daten, mit der Vereinheitlichung der noch lückenhaften und heterogenen Informationen für die gesamte Schweiz und der Auswertung der elektronischen Daten mittels GIS, woraus die Übersichtskarten resultierten.

Die Bearbeitung der kartografischen Daten erlaubte es, eine Gesamtsicht der Vernetzung der natürlichen und naturnahen Ökosysteme auf gesamtschweizerischer Ebene zu erstellen. Die Ergebnisse sind in Form von 35 Karten dargestellt (siehe Beilage und SRU-373a), welche die vom Projekt angestrebte Gesamtsicht der Vernetzung vermitteln.

In der Praxis wurden mehrere hundert Arbeitskarten im Massstab 1:25'000 verwendet, um die lokalen Gegebenheiten abzuklären und eine Konsenslösung zu erarbeiten. Diese Karten wurden den kantonalen Behörden in Form von Validierungskarten und auf GIS verwendbaren elektronischen Ebenen bereitgestellt. Sie stehen nicht in gedruckter Form zur Verfügung und sind eigentlich nicht Bestandteil des Projekts, können den Behörden aber als Arbeitsinstrument zugänglich gemacht werden.

Die aus dem REN resultierenden neuen Daten sollen Verantwortliche und Nutzer der Gebiete dazu motivieren, sämtlichen Informationen Rechnung zu tragen – nicht nur Informationen zu den geschützten Orten, sondern auch zur bestehenden ökologischen Vernetzung auf regionaler und nationaler Ebene. Bei allen Entwicklungs- und Planungsprojekten ist in Zukunft eine zumindest summarische Analyse zur Vernetzung vorzunehmen. Dabei sind folgende Fragen zu stellen:

- Welche Auswirkungen hat das Projekt auf die Funktionalität der betroffenen Landschaft?
- Wie lässt sich die ökologische Vernetzung in diesem Gebiet bewahren oder verbessern?

Über die Informationen der Karten hinaus erlaubt es das im Rahmen des REN entwickelte Analyseinstrument, die Gesamtsicht, welche die Übersichtskarten bieten, durch lokale Daten zu ergänzen und so ein verfeinertes Modell für den betroffenen Landschaftsausschnitt zu erarbeiten. Bei den aus dem REN hervorgehenden Informationen handelt es sich absichtlich nicht um starre und endgültige Werte. Sie sind vielmehr als Richtgrößen zu verstehen, die sich in Abhängigkeit des unvermeidlichen landschaftlichen Wandels verändern. Das REN ist somit in erster Linie ein Instrument zur strategischen Evaluation entsprechender Projekte. Angesichts der Komplexität und der Tragweite ihrer Aufgabe müssen Verantwortliche für Natur- und Landschaftsschutz in erster Linie versuchen, die Mechanismen zu verstehen

und zu erhalten, welche den ökologischen Flüssen in der Landschaft zu Grunde liegen. Auf über 80% der Schweizer Landesfläche befinden sich nämlich räumliche Strukturen, welche in spezifischen Netzwerken organisiert die ökologischen Flüsse sicherstellen. Nur so können die Auswirkungen entsprechender Projekte treffend evaluiert und geeignete Lösungen zur Erhaltung der ökologischen Funktionen unserer Landschaft erarbeitet werden.

Anhänge

A1 Auswahl der Zeigerarten-Gilden für die verschiedenen Kontinuen

Die Lebensraumgruppierungen sind nützlich, um die Zeigerarten-Gilden zu bilden. Diese erlauben die Identifikation nicht nur des dominanten Kontinuums, sondern auch der Entwicklungstendenz des betroffenen Gebietes. Diese Information wurde gleichwohl für die Erstellung der Netzwerkkarten gebraucht. Die Vorschläge zur Bildung der Gilden stimmen mit denen vom Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF) überein.

- **Kontinuum Waldgebiete: (F)**

Die auf nationaler Ebene verfügbaren Daten für diesen Kontinuumstyp sind lückenhaft. Trotzdem wurde versucht, die grossen Waldtypen zu unterscheiden:

- F1. Bruch- und Auenwälder
- F2. Xerothermophile Wälder der Tieflagen (thermophile Buchenwälder, Lindenwälder, Eichenwälder, Föhrenwälder)
- F3. Mesophile Wälder (Buchenwälder und Ahornwälder)
- F4. Tannen-Buchenwälder, Heidelbeer-Fichtenwälder und montane Tannenwälder
- F5. Subalpine Wälder (Föhrenwälder, Lärchen-Arvenwälder)

- **Ökotonales Kontinuum (Hecken, Haine, Krautsäume): (E)¹¹**

Das ökotonale Kontinuum (Hecken, Krautsäume) wird in zwei Gruppen aufgeteilt:

- E1.+E2. Mesophile und xerothermophile buschartige Ökotope
- E4. Subalpine Heiden mit Erikagewächsen

Achtung: Die hygro-nitrophilen Ökotope (E3.) sind in den Bruch- und Auenwäldern enthalten.

- **Kontinuum Trockenwiesen: (S)**

- S1. Pionnier-Lebensräume (Felsgesteine, Geröllfluren) der Tieflagen und der Hochlagen
- S2. Thermophile Rasen der Tieflagen und der mittleren Hochlagen (Xero-, Mesobromion, Stipo-Poion, Cirsio-Brachypodion, Diplachnion, Grasbrachen und ihre Säume)

¹¹ Das ökotonale Kontinuum ist in den Karten nicht aufgeführt. Es wurde jedoch gebraucht, um die Entwicklungsgebiete und die Vernetzungen der andern Kontinuen zu bestimmen.

- S3. Magerwiesen der Hochlagen
(Caricion ferruginae, Seslerion, Elyinion, Nardion, Festucion variae, Caricion curvulae und Schneetälchen)
 - S4. Fettwiesen und -weiden der Tieflagen
(Arrhenatherion, Cynosurion und nährstoffreicher Krautsaum)
 - S5. Fettwiesen und -weiden der Hochlagen
(Polygono-Trisetion, Poion alpinae)
 - S6. Brachen und Ruderalgesellschaften
 - S0. Reptilien, die an das Kontinuum Trockenwiesen gebunden sind
- **Kontinuum Feuchtgebiete: (H)**
 - H1. Röhricht, alkaline Flachmoore und andere Flachmoore (Phragmition, Phalaridion, Magnocaricion, Caricion davallianae, Molinion)
 - H2. Acidophile Flachmoore und Hochmoore
(Sphagion, Caricion fuscae, Caricion lasiocarpae)
 - H3. Eutrophe Feuchtwiesen und sumpfige Staudenflure
(Calthion, Filipendulion)
 - H4. Alkaline und saure Quellen, Gebirgsbachufer
(Cratoneurion, Cardamino-Montion, Caricion bicolori-atrofuscae)
 - H0. Wirbeltiere, die an Feuchtgebiete gebunden sind
(Amphibien und Reptilien)
 - **Kontinuum aquatische Lebensräume (stehende und Fliessgewässer): (A)**
 - A1. Tümpel und Pionier-Teiche
 - A2. Tümpel und Teiche mit überfluteter oder schwimmender Vegetation
(Nymphaeion, Lemnion, Potamion, Charion)
 - A3. Ströme und grosse Flüsse (Epipotamion, Hyporhitron)
 - A4. Nebenflüsse und Bäche (Meta-, Epirhitron)

| ZEIGERARTEN-GILDEN ALLER KONTINUEN | | |
|--|--|--|
| KONTINUUM WALDGEBIET (F) | | |
| Gilde F1: Bruch- und Auenwälder | | |
| Apatura ilia Arion intermedius Aromia moschata Bembidion decoratum Cerura erminea Cerura vinula Clostera anachoreta Clostera anastomosis Daudebardia brevipipes Daudebardia rufa Dicerca aenea Dicerca alni | Drepana curvatula Euproctis similis Everes argiades Gastropacha quercifolia Gluphisia crenata Harpalus progrediens Lamia textor Leptura quadrifasciata Leucoma salicis Nymphalis antiopa Oberea oculata | Pelosia muscerda Philorhizus sigma Poecilnota variolosa Saperda carcharias Saperda populnea Saperda similis Sesia bembeciformis Smerinthus ocellata Tethea ocularis Tetheella fluctuosa Vitrinobrachium breve Xylotrechus rusticus |
| Gilde F2: Xerothermophile Wälder der Tieflagen | | |
| Acmaeodera flavofasciata Agrilus biguttatus Agrilus laticornis Agrilus sulcicollis Anoplodera sexguttata Apoda limacodes Carabus intricatus Carabus irregularis Cerambyx cerdo Cerambyx scopolii Chalcophora mariana Cymatophorima diluta Cymindis cingulata Dendrocopos medius Drymonia querna Drymonia ruficornis Drymonia velitaris | Ergates faber Harpypia milhauseri Heterogenea asella Heterogenea asella Hipparchia fagi Jaminia quadridens Leucodonta bicoloria Libythea celtis Limenitis camilla Lopinga achine Meconema thalassinum Paranthrene insolita Peridea anceps Phaenops cyanea Phyllodesma tremulifolia Plagionotus arcuatus Plagionotus detritus | Platyderus ruficollis Plebicula escheri Polyphylla fullo Polyplocia ridens Pyrrhodium sanguineum Quercusia quercus Raphidia ophiopsis Rhagium sycophanta Sabra harpagula Satyrium ilicis Spatalia argentina Synanthedon conopiformis Synanthedon loranthi Synanthedon vespiformis Thaumetopoea pityoc. Thaumetopoea proces. Watsonalla binaria |
| Gilde F3: Mesophile Wälder | | |
| Aglia tau Arctornis l-nigrum Drymonia dodonae Drymonia oblitterata Lehmannia marginata | Leistus rufomarginatus Malacolimax tenellus Medon brunneus Neptis rivularis Oxychilus helveticus | Platyla polita Rosalia alpina Trechus fairmairei Trichia montana Watsonalla cultraria |
| Gilde F4: Tannen-Buchenwälder, Heidelbeer-Fichtenwälder und montane Tannenwälder | | |
| Cosmotriche lunigera Metoponcus brevicornis | Pterostichus burmeisteri | Synanthedon cephiiformis |
| Gilde F5: Subalpine Wälder | | |
| Erebia alberganus | Poecilocampa alpina | |

| ÖKOTONALES KONTINUUM (E) | | |
|--|--|---|
| Gilde E1: Xerothermophile Ökotone | | |
| Adscita albanica Anthaxia funerula Anthaxia nitidula Aporia crataegi Barbitistes obtusus Barbitistes serricauda Cilix glaucata Coenonympha arcania Coscinia striata Dysauxes ancilla Dysauxes punctata | Eilema pygmaeola Ephippiger ephippiger Eupholidoptera chabrieri Everes alcetas Fixsenia pruni Gomphocerus rufus Hamearis lucina Hemaris fusciformis Iphiclides podalirius Limenitis reducta Pezottetix giornai | Rhagades pruni Satyrium acaciae Satyrium spini Synanthedon stomoxiformis Syntomis phegea Thecla betulae Thymelicus acteon Yersinella raymondi Zygaena ephialtes Zygaena fausta |
| Gilde E2: Mesophile Ökotone | | |
| Apatura iris Arctia caja Argynnis adippe Argynnis paphia Callimorpha quadripunctaria Carterocephalus palaemon Cetonia aurata Clossiana euphrosyne | Erebia ligea Gonepteryx rhamni Hemaris tityus Laothoe populi Leptidea sinapis Limenitis populi Nemobius sylvestris Notodonta torva | Nymphalis polychloros Pholidoptera aptera Sesia melanocephala Spilosoma lutea Tettigonia cantans Zygaena osterodensis Zygaena romeo |
| Gilde E3: Hygro-nitrophile Ökotone | | |
| Araschnia levana Callimorpha dominula Clossiana thore Erebia eriphyle | Eumedonia eumedon Euthrix potatoria Parnassius mnemosyne | Phymatopus hecta Pieris bryoniae Pseudoaricia nicias |
| Gilde E4: Subalpine Heiden mit Erikagewächsen | | |
| Colias palaeno | Eriogaster arbusculae | Vacciniina optilete |

| KONTINUUM TROCKENWIESEN (S) | | |
|---|--|---|
| Gilde S1: Pionier-Lebensräume der Tieflagen und der Hochlagen | | |
| Amara quenseli Amara schimperi Anthaxius difformis Anthaxius pedestris Arctia flavia Bembecia scopigera Calliptamus barbarus Calliptamus italicus Calliptamus siciliae Carcharodus lavatherae Chelis simplonica Chorthippus eisentrauti Chorthippus pullus Cychrus cordicollis Elaphrus cupreus | Erebia gorge Erebia meolans Erebia pluto Erebia S Euchloe simplonia Eucobresia nivalis Grammia quenselii Harpalus luteicornis Harpalus pumilus Harpalus solitaris Harpalus tenebrosus Holoarctia cervini Hyles vespertilio Laemostenus janthinus | Myrmeleotettix maculatus Nebria angusticollis Oedipoda caerulescens Oedipoda germanica Omophron limbatum Parnassius apollo Pyrgus onopordi Scolitantides orion Setina aurita Sphingonotus caerulans Synansphecchia triannuliformis Tetrix bipunctata Tetrix tuerki Trechus tenuilimbatus |
| Gilde S2: Thermophile Rasen der Tieflagen und der mittleren Hochlagen | | |
| Adscita manii Agrodiaetus damon Arctia villica Argynnis aglaja Argynnis niobe Aricia agestis Bembecia albanensis Brintesia circe Calathus ambiguus Callistus lunatus Callophrys rubi Chamaesphecchia dumonti Chazara briseis Chondrula tridens Chorthippus mollis Chorthippus vagans Clossiana dia Colias alfacariensis Cupido minimus Cupido osiris Cymindis axillaris Cymindis variolosa Eilema paliatella Erebia triaria Euchorthippus declivus Glaucopsyche alexis Granaria frumentorum Hipparchia semele Hipparchia statilinus Hyles euphorbiae | Hyponephele lycaon Jordanita globulariae Jordanita notata Lemonia dumii Lycaeides argyrognomon Lycaeides idas Lycaena alciphron Lysandra bellargus Lysandra coridon Maculinea arion Maculinea rebeli Mantis religiosa Meleageria daphnis Melitaea cinxia Melitaea didyma Melitaea phoebe Mellicta aurelia Mellicta parthenoides Metriopectera bicolor Oecanthus pellucens Omocestus haemorrhoid. Omocestus rufipes Ophonus sabulicola Phragmatobia luctifera Platycleis albopunctata Platycleis grisea Plebejides pylaon Plebejus argus Plebicula dorylas Plebicula thersites | Pseudophilotes baton Psophus stridulus Pupilla sterii Pyrgus accretus Pyrgus armoricanus Pyrgus carthami Pyrgus cirsi Pyrgus malvae Pyrgus malvoides Saga pedo Satyrus ferula Setema cereola Setina irrorella Spialia sertorius Stenobothrus nigromacul. Stenobothrus rubicundulus Tetrix depressa Truncatellina callicatris Truncatellina claustralis Truncatellina cylindrica Vitrea contracta Watsonarctia deserta Zebrina detrita Zygaena carniolica Zygaena ioniceriae Zygaena loti Zygaena minos Zygaena purpuralis Zygaena transalpina |

| Gilde S3: Magerwiesen der Hochlagen | | |
|---|--|---|
| Aeropedellus variegatus Aeropus sibiricus Agriades glandon Albulina orbitulus Arcyptera fusca Aricia artaxerxes Bembidion bipunctatum Bembidion glaciale Bembidion jacqueti Bembidion magellense Bembidion pyrenaicum Boloria napaea Boloria pales Erebia cassioides | Erebia christi Erebia mnestra Erebia montana Erebia pandrose Erebia pharte Erebia pronoe Erebia tyndarus Eurodryas debilis Gazoryctra ganna Hesperia comma Hypodryas cynthia Hypodryas intermedia Lycaena virgaureae Mellicta asteria | Mellicta varia Metrioptera saussuriana Nebria angustata Nebria cordicollis Ocnogyna parasita Oeneis glacialis Podisma pedestris Pontia callidice Pyrgus carlinae Pyrgus serratulae Pyrgus warrennensis Trechus pertyi Trechus strasseri |
| Gilde S4: Fettwiesen und -weiden der Tieflagen | | |
| Aphantopus hyperanthus Coenonympha pamphilus Cyaniris semiargus Erebia medusa Gryllus campestris | Hyphoraia testudinaria Korscheltellus lupulinus Lycaena tityrus Macrothracia rubi Maniola jurtina | Melanargia galathea Pyronia tithonus Thymelicus lineola Thymelicus sylvestris |
| Gilde S5: Fettwiesen und -weiden der Hochlagen | | |
| Coenonympha gartetta Colias phicomone Erebia epiphron | Lycaena tityrus Parasemia plantaginis Setema cereola | Zygaena exulans |
| Gilde S6: Brachen und Ruderalgesellschaften | | |
| Acupalpus meridianus Amara fusca Amara municipalis Brenthis daphne Carcharodus alceae Harpalus honestus | Harpalus smaragdinus Hyles hippophaes Iolana iolas Lasiommata megera Leistus spinibarbis Mellicta deione | Olisthopus rotundatus Pennisetia hylaeiformis Pontia daplidice Proserpinus proserpina Pyropteron chrysidiformis |
| Gilde S0: Reptilien, die an das Kontinuum Trockenwiesen gebunden sind | | |
| Elaphe longissima Vipera aspis Vipera berus | Coronella austriaca Podarcis muralis | Lacerta agilis Lacerta viridis |

| KONTINUUM FEUCHTGEBIETE (H) | | |
|--|---|--|
| Gilde H1: Röhricht, alkaline Flachmoore | | |
| Aeshna isosceles Brachytron pratense Ceriagrion tenellum Chorthippus albomarginatus Chorthippus montanus Chrysochraon dispar Coenagrion pulchellum Coenonympha oedippus Conocephalus discolor Conocephalus dorsalis Epiteca bimaculata | Euconulus alderi Heteropterus morpheus Lestes sponsa Leucorrhinia albifrons Maculinea alcon Maculinea nausithous Orthetrum coerulescens Phragmataecia castan. Pteronemobius heydenii Ruspolia nitidula Somatochlora flavomac. | Stetophyma grossum Sympecma fusca Sympetrum depressiusc. Sympetrum flaveolum Tetrix ceperoi Vertigo antivertigo Vertigo geyeri Vertigo moulinsiana Maculinea teleius |
| Gilde H2: Acidophile Flachmoore und Hochmoore | | |
| Aeshna caerulea Aeshna subarctica Agonum ericeti Boloria aquilonaris Bradycellus ruficollis | Coenagrion hastulatum Coenonympha tullia Lestes virens Leucorrhinia dubia Leucorrhinia pectoralis | Somatochlora alpestris Somatochlora arctica Sympetrum danae Tetrix undulata |
| Gilde H3: Eutrophe Feuchtwiesen und sumpfige Staudenflure | | |
| Brenthis ino Clossiana titania | Lycaena helle | Pyrgus andromedae |
| Gilde H4: Alkaline und saure Quellen | | |
| Agabus melanarius Bembidion doderoi Bythinella pupoides Bythinella schmidtii Bythiospeum diaphanum Crunoecia irrorata Dictyogenus fontium Drusus trifidus Ernodes vicinus Graziana lacheineri Hydroporus discretus | Microptila minutissima Nebria crenatostrata Nebria fontinalis Nebria jockischi Nebria laticollis Nemoura sinuata Neohoratia minuta Parachiona picicornis Parnassius phoebus Plectrocnemia brevis Potamophylax nigricornis | Ptilocolepus granulatus Rhyacophila laevis Rhyacophila philopotamoides Rhyacophila pubescens Salamandra salamandra Stactobia eatoniella Stactobia maclachlani Stactobia moselyi Tinodes zelleri Wormaldia occipitalis |
| Gilde H0: Wirbeltiere, die an Feuchtgebiete gebunden sind (Amphibien und Reptilien) | | |
| Salamandra salamandra Triturus alpestris Triturus cristatus Triturus carnifex Triturus helveticus Triturus vulgaris Alytes obstetricans | Bombina variegata Bufo bufo Bufo calamita Hyla arborea Rana dalmatina Rana <i>complexe</i> esculenta | Rana lessonae Rana latastei Rana temporaria Natrix natrix Natrix tessellata Natrix maura |

| KONTINUUM AQUATISCHE LEBENSÄRÄUME (A) | | |
|---|--|--|
| Gilde A1: Tümpel und Pionnier-Teiche | | |
| Gyraulus laevis Ischnura pumilio | Lestes dryas | Orthetrum brunneum |
| Gilde A2: Tümpel und Teiche mit überfluteter oder schwimmender Vegetation | | |
| Anax parthenope Erythromma najas Erythromma viridulum Gyraulus acronicus Gyraulus crista | Hippeutis complanatus Leucorrhinia caudalis Planorbarius corneus Planorbis planorbis | Segmentina nitida Stagnicola corvus Valvata cristata Viviparus contectus |
| Gilde A3: Ströme und grosse Flüsse | | |
| Acroloxus lacustris Agabus biguttatus Agraylea multipunctata Baetis buceratus Baetis scambus Besdolus imhoffi Brachycentrus subnubilus Caenis rivulorum Ecdyonurus insignis | Epeorus sylvicola Ephemerella notata Gomphus simillimus Gomphus vulgatissimus Heptagenia sulphurea Hydropsyche modesta Hydropsyche pellucidula Lepidostoma hirtum Leuctra geniculata | Neureclipsis bimaculata Oligoneuriella rhenana Onychogomphus forcipatus Onychogomphus forcipatus Ophiogomphus cecilia Orectochilus villosus Oxygastra curtisii Perlodes dispar Theodoxus fluviatilis |
| Gilde A4: Nebenflüsse und Bäche | | |
| Agapetus ochripes Amphinemura triangularis Baetis alpinus Baetis lutheri Baetis melanonyx Baetis muticus Baetis niger Brachyptera risi Brachyptera seticornis Calopteryx splendens Calopteryx virgo Capnia bifrons Capnioneura nemuroides Coenagrion mercuriale Cordulegaster bidentatus Cordulegaster boltonii Cryptothrixnebulicola Drusus alpinus Drusus annulatus Drusus melanchaetes Drusus muelleri | Ecdyonurus alpinus Glossosoma bifidum Habrophlebia lauta Hydropsyche instabilis Isoperla rivulorum Leuctra armata Leuctra braueri Leuctra leptogaster Limnephilus sparsus Metanoea flavipennis Micropterna nycterobia Nemoura cambrica Nemoura flexuosa Nemoura marginata Oreodytes davisii Oreodytes septentrionalis Philopotamus ludificatus Potamophylax cingulatus Protonemura auberti Protonemura brevistyla | Protonemura lateralis Protonemura praecox Protonemura risi Pyrrhosoma nymphula Rhabdiopteryx neglecta Rhitrogena deangei Rhitrogena doreri Rhitrogena nivata Rhyacophila albardana Rhyacophila aquitanica Rhyacophila dorsalis Rhyacophila glareosa Rhyacophila simulatrix Rhyacophila torrentium Rhyacophila tristis Rhyacophila vulgaris Sericostoma personatum Siphonoperla torrentium Tinodes dives Wormaldia copiosa |

Daten SZKF / 17.7.2001

A2 Liste der Basisdaten für die Erstellung der Karten des provisorischen REN

Datenbank BUWIN:

- Biotope von nationaler Bedeutung:
 - Inventar der Flachmoore (2003)
 - Inventar der Hochmoore (2003)
 - Inventar der Auen (2003)
- Andere Schutzperimeter auf Bundesebene:
 - Jagdbanngebiete (1998)
 - Bundesinventar der Landschaften (IFP/BLN) (1998)
 - Wasservögel-Schutzzone (WZVV) (1990)
 - Sumpfgebiete von nationaler Bedeutung (1996)
 - Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden (TWW, provisorisches Inventar in Bearbeitung)
- Inventar der Naturreserve (IRENA), BUWAL (1995):
 - Eigentum von Privatorganisationen
 - Reserverate durch privatrechtliche Verträge
 - Reserverate durch Verträge mit öffentlichem Recht
 - Geschützte Gebiete auf Grund von Kantonsbeschlüssen

Statistische Daten:

- Flächen-Statistik der Schweiz GEOSTAT (74 Bodennutzungs-Kategorien, 1979–1985 und 1992–1997)

Kartografische Daten:

- Numerische Daten der nationalen Karten, zur Verfügung gestellt vom Bundesamt für Landestopographie:
 - Hydrografisches Netzwerk: VECTOR25 (1999)
 - Digitale Höhenmodelle: DHM 25 (1996)

A3 Auswahl der Bodennutzungs-Kategorien von GEOSTAT zur Erstellung der provisorischen Kontinuen

| Kontinuums-Typ: | Betroffene Lebensräume und benutzte GEOSTAT-Kategorien: |
|---|--|
| Wälder der Tieflagen (<1200 m) | Alle Wald-Kategorien (09–15), Sträucher und Büsche (16) |
| Wälder und Wiesen der Hochlagen (>1200–2500m) | Gemähte Maiensässe und Alpweiden (85), nährstoffreiche Alpweiden (88), steinige Alpweiden (89), buschreiche Alpweiden (86–87), alle Wald-Kategorien (09–15), Sträucher und Büsche (16) |
| Feuchtgebiete und Wasserläufe | Feuchtbiotop (95), Ufervegetation (96), Wasserläufe (92), Uferböschungen (69), Auengebiete (Wälder in Auengebieten), hydrografisches Netzwerk |
| Thermophile Landwirtschaftsgebiete | Alle Weiden, Wiesen, Brachen und Hecken, die in den Gebieten mit thermophiler Vegetation enthalten sind (nach Hegg et al. 1993) |
| Extensive Landwirtschaftsflächen | Ackerböden und -felder (82), Weiden (83), buschreiche Wiesen und Weiden (84), extensive Hochstamplantagen (76), vereinzelte Bäume (77), andere bewaldete Flächen (17–19) |

Auswahl der benutzten Lebensräume, um die Kontinuen des provisorischen REN zu definieren, ausgehend von GEOSTAT (Daten von 1992–1997), das 74 Bodennutzungs-Arten beinhaltet. Bemerkung: Das Kontinuum aquatische Lebensräume wurde separat erstellt, basierend auf den numerisierten Daten (VECTOR25) der nationalen Karten.

A4 Methode zur Berechnung der potenziellen Ausdehnung eines Kontinuums

Ausgehend vom Postulat, dass alle natürlichen Lebensräume einer ökologischen Gruppe *a priori* zur Bildung des nationalen ökologischen Netzwerks beitragen, werden diese Elemente provisorisch mit dem Titel Kerngebiet bezeichnet. Um die potenzielle Ausdehnung der Kontinuen zu bestimmen, verwendet man einen Berechnungsalgorithmus für den «Wanderungsaufwand», und zwar im hektometrischen Raster der zu analysierenden Landschaft.

Der «Wanderungsaufwand» für jedes Raster-Abteil wird errechnet durch Addition des Aufwands jeder Masche als Produkt der zurückgelegten Distanz und dem Durchschnitt der Koeffizienten für den Wanderungswiderstand, die den beiden benachbarten Gebieten je nach Bodennutzung zugeordnet sind.

Der «Wanderungsaufwand» für jedes Raster-Abteil errechnet sich aus der Summe des Aufwands jeder Masche. Dieser Aufwand ist das Produkt von der zurückgelegten Distanz und dem Durchschnitt der Koeffizienten für den Wanderungswiderstand. Letzterer wird aufgrund der Bodennutzung der zu querenden Maschen bestimmt.

Der Aufwand für die Wanderung von Masche 1 zu Masche 3 errechnet sich also z.B. wie folgt:

$$C_{1-3} = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \cdot D_{1-2} \right) + \left(\frac{R_2 + R_3}{2} \cdot D_{2-3} \right)$$

C = Wanderungsaufwand

R = Koeffizient für den gebietsspezifischen Wanderungswiderstand

D = zurückgelegte Distanz (in Metern)

Eine Skala mit 4 Abstufungen des Widerstands (0 = keiner; 5 = schwach; 30 = mittel; 100 = stark) erwies sich als am realistischsten. Ein Koeffizient von 100 Punkten entspricht einem Hindernis, das statistisch gesehen für eine Mehrheit der Fauna unüberwindbar ist. Der Maximalwert für den Wanderungsaufwand wurde empirisch bei 3000 Punkten festgesetzt. Z.B. für eine Art der Gruppe 1 (Waldgebiete in Tief-lagen) bedeutet ein Maximalaufwand von 3000 Punkten, dass das Kontinuum eine maximale Ausdehnung von 100 m haben kann in einer intensiven Landwirtschaftszone, die eine Resistenz von 30 Punkten hat:

$$\left(\frac{0 + 30}{2} \cdot 100 \right) = 1500 < 3000 \Rightarrow OK$$

200 Meter Distanz:

$$\left(\frac{0+30}{2} \cdot 100\right) + \left(\frac{30+30}{2} \cdot 100\right) = 1500 + 3000 = 4500 > 3000 \Rightarrow \text{unüberwindbar}$$

In einer extensiven Landwirtschaftszone ($R = 5$) hingegen wäre die maximale Ausbreitung des Kontinuums 600 Meter.

$$\left(\frac{0+5}{2} \cdot 100\right) + \left(\frac{5+5}{2} \cdot 100\right)$$

$$= 250 + 500 + 500 + 500 + 500 + 500 = 2750 < 3000 \Rightarrow OK$$

A5 Bezeichnung der auf den Karten sichtbaren Korridore

Aus drucktechnischen Gründen erscheinen Eigenschaften vieler Polygone und Korridore nicht auf den Karten, obwohl sie existieren würden. Sie kommen jedoch wieder zum Vorschein, wenn die verschiedenen Schichten der Kontinuen einzeln ausgedruckt werden.

Die unten stehende Matrix zeigt die Sekundärfunktionen der Netzwerkelemente, welche auf den Karten nicht sichtbar sind.

| Primäre Funktion | Auf den Karten nicht sichtbare Sekundärfunktionen der Netzwerkelemente | | | | |
|------------------|--|------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | K. Waldgebiet | K. Trockenwiesen | K. Feuchtgebiete | K. aquatische Lebensräume | K. extensive Landwirtschaft |
| F1 | | - | H3, H4 | - | - |
| F2 | | - | H3, H4 | - | - |
| F3 | | S1, S2, S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| F4 | | S1, S2, S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| S1 | F3, F4 | | H3, H4 | - | E1, E2, E3, E4 |
| S2 | F3, F4 | | H3, H4 | - | E1, E2, E3, E4 |
| S3 | (F2), F3, F4 | | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| S4 | F2, F3, F4 | | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| H1 | F3, F4 | - | | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| H2 | F3, F4 | - | | A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| H3 | (F2), F3, F4 | S1, S2, S3, S4 | | A1, A2, A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| H4 | F2, F3, F4 | S1, S2, S3, S4 | | A1, A2, A3, A4 | E1, E2, E3, E4 |
| A1 | F3, F4 | - | H3, H4 | | - |
| A2 | F3, F4 | - | H3, H4 | | - |
| A3 | (F2), F3, F4 | S1, S2, S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | | E1, E2, E3, E4 |
| A4 | F2, F3, F4 | S1, S2, S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | | E1, E2, E3, E4 |
| E1 | F3, F4 | - | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | |
| E2 | F3, F4 | S2, S3 | H1, H2, H3, H4 | A3, A4 | |
| E3* | (F2), F3, F4 | (S1, S2), S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | (A1, A2), A3, A4 | |
| E4* | F2, F3, F4 | S1, S2, S3, S4 | H1, H2, H3, H4 | A1, A2, A3, A4 | |

* Polygone, die auf den Karten nicht dargestellt sind

A6 Methode zur Hierarchisierung eines Standorts oder eines Elements des ökologischen Netzwerks

Grundlagen zur Hierarchisierung des REN

Eine Vernetzungskarte stützt sich auf die Hypothese, dass die Kerngebiete überzählige Individuen produzieren können, was eine gewisse Verbreitung in Richtung benachbarter Habitats begünstigt, falls eine Vernetzung oder genügend Nähe besteht, und diese Lebensräume so zur Metapopulation beitragen. Dieses von den Kerngebieten ausgehende Ausbreitungspotenzial kann zur Hierarchisierung des Gesamtnetzwerks herangezogen werden, indem auf den REN-Karten sämtliche Netzelemente mit genügend und gut vernetzten Kerngebieten aufgeführt werden, um so eine Vernetzungszonierung gemäss Intensitätsgradient zu erstellen. Diese Zonierung wird mit der Einteilung der Landschaft in funktionelle Sektoren auf Grund natürlicher und künstlicher Hindernisse kombiniert. Das entsprechende Ergebnis kann als Grundlage für detailliertere Analysen verwendet werden.

Nach dieser Zonierung ist in einem zweiten Schritt eine Evaluation jedes Elements möglich, das Bestandteil eines Sektornetzwerks ist, und zwar durch Verwendung einer multifaktoriellen Evaluationsmethode für die Landschaften.

Es können zwei sich ergänzende Ansätze verwendet werden:

- Ein kartografischer Ansatz unter Verwendung der visuellen Darstellung der Netzstrukturen mittels GIS, womit insbesondere die relative Vernetzung jedes einzelnen kartierten Teilnetzwerks getestet werden kann. Mit dieser ersten Methode lässt sich die allgemeine Vernetzung einer Region einschätzen, indem verschiedene thematische Karten zu jedem Netzwerktyp – separat oder kombiniert – erstellt werden.
- Ein evaluativer Ansatz durch Gewichtung der Faktoren, welche den relativen Wert der verschiedenen Netzwerkelemente bestimmen.

Die Kombination dieser beiden Ansätze erlaubt eine umfassende Evaluation einer Einheit vernetzter Habitats. Im Rahmen des REN beschränkte sich der Ansatz absichtlich auf eine evolutive, dynamische Sicht, die für eine bestimmte Gilde anwendbar ist.

Der Ablauf für die Behandlung der Daten ist folgendermassen:

Etappe 1

Vorbereitung der Daten

Jedes Kontinuum wird separat analysiert, basierend auf den kartierten Polygonen, und einem der vier weiter oben erwähnten Elementstypen zugeteilt.

Etappe 2

Bezeichnung der Korridore

Die auf den Karten sichtbaren Korridore sind meist vom Typ F4. Die anderen Korridortypen werden im Allgemeinen anderen Kontinuen zugeschrieben, in denen sie

eine primäre Funktion haben. Deshalb sind viele Korridore durch andere Polygon-typen verdeckt.

Korridor A4: Umfasst die temporären Wasserläufe, aber auch diverse Ökotope, wie z.B. Waldränder oder Moore vom Typ H1, H2 oder H3.

Korridor H4: Beinhaltet die tendenziellen Feuchtgebiete sowie alle Wasserläufe A1, A2 und A3, die nördlich gerichteten Waldränder und Waldstrukturen.

Korridor E4: Umfasst mehr oder weniger extensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen sowie alle Ökotope der offenen Lebensräume.

Korridor S4: Beinhaltet alle extensiven und trockenen Flächen sowie die südlich gerichteten Waldränder und alle andern Ökotope.

Danach wird, ausgehend von den REN-Karten, eine Schicht «ergänzende Korridore» erstellt. Diese beinhaltet:

- die F4-Korridore, die von den Kartografen bestimmt wurden,
- die Ökotope, die den Biotopsgrenzen entsprechen (Waldränder, Flussufer usw.). Wenn das Ökoton nicht durch ein lineares Polygon eingegrenzt ist, wird es durch eine 100 m breite standardisierte Pufferzone dargestellt, so dass ein zusätzliches Polygon entsteht.

Anmerkung: Die «Korridor»-Polygone sind oftmals polyvalent. Deshalb muss man ihren Nutzen durch bestimmte Attribute definieren (z.B.: F4, F4+E4, F4+E4+A4, ...). Diese Attribute ermöglichen es, die Polygone in der entsprechenden Kontinuums-Schicht auszuwählen.

Die systematische Positionierung der «versteckten Korridore» in den Ökotonen (Randstreifen) entspricht den gemachten Beobachtungen. Die auf den Karten repräsentierte Breite (50 oder 100 m) ist stark übertrieben, da in der Realität 95% aller beobachteten Fortbewegungen auf einer Breite von 10 m stattfinden. Jedoch gibt es verschiedene sensible Arten, für die ein Korridor ausserhalb ihres gewohnten Lebensraums immer ein Risiko darstellt. Deshalb benötigen diese Arten eine geschützte und ruhige Pufferzone, um den Korridor benutzen zu können.

Diese Extrapolation zur Bestimmung der ergänzenden Korridore ist notwendig für die Analyse der Kontinuität des entsprechenden Netzwerks.

Ist somit die Schicht «Ökotope» erstellt, lässt sich nun jede Kontinuums-Schicht mit einem Netzwerk von potenziellen Korridoren ergänzen.

Etappe 3

Identifikation des sektoriellen Netzwerks

Einleitende Anmerkung: Die ökologischen Sektoren wurden a priori mittels natürlicher und künstlicher Hindernisse identifiziert, die den biologischen Austausch verhindern und damit einen geschlossenen Lebensraum formen. So definiert, enthält jeder Sektor wenn möglich ein sektorielles Netzwerk für jeden Kontinuums-Typ. In der Realität enthält ein ökologischer Sektor oftmals mehrere sektorielle Netzwerkfragmente, die nicht miteinander verbunden sind.

Jedes sektorielle Netzwerk wird mithilfe eines Ausdehnungsmodells, ausgehend von den kartierten Kerngebieten, definiert. Auf einer Netzwerkkarte mit 100 m

Raster wird jedem Element des zu analysierenden Kontinuums ein Resistenz-Koeffizient zugewiesen. Die Resultate der Ausdehnungsrechnung sind in sechs Vernetzungsklassen gruppiert (Tab. 7). Die Hindernisse sowie die grossen Transportwege und die Bauzonen werden als Ausdehnungsgrenzen eines Teilnetzwerks betrachtet.

Tab. 7 : Vernetzungsklassen, die für die kartografische Analyse der spezifischen Netzwerke gebraucht wurden.

| Klasse | Resistenzwert | Funktion |
|--------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | 0 Punkte | Kerngebiet |
| 2 | 1–4000 Punkte | starke Vernetzung |
| 3 | 4001–16'000 Punkte | mittlere Vernetzung |
| 4 | 16001–64'000 Punkte | mittlere bis geringe Vernetzung |
| 5 | 64001–250'000 Punkte | geringe Vernetzung |
| 6 | >250'000 Punkte | keine Vernetzung |

Etappe 4

Evaluation der Kapazität eines spezifischen Netzwerks auf dem sektoriellen Niveau

Die Kapazität eines jeden spezifischen Netzwerks kann mit zwei Kriterien bestimmt werden:

- der Fläche, die vom Ausbreitungsvermögen eines leistungsfähigen Systems betroffen ist,
- der Gesamtfläche aller miteinander vernetzten Kerngebiete.

Die gesuchten Werte werden automatisch vom GIS geliefert.

Etappe 5

Globale Evaluation eines regionalen Netzwerks mittels Berechnung der Polyvalenz der spezifischen Netzwerke

Die für jeden spezifischen Netzwerktyp erhaltenen Schichten können überlagert werden und machen die funktionelle Struktur des ökologischen Sektors sichtbar. Die Polygone der Klassen 1–4 umfassen die funktionalsten Abschnitte der Teilnetzwerke.

Anmerkung: Die Polyvalenz ist nur ein Indikator der Vernetzungs- und Stabilitätsfaktoren in einem ökologischen Netzwerk. Es handelt sich dabei aber trotzdem um eine essenzielle Information für die Hierarchisierung des Netzwerks, und zwar insofern, als sie die funktionalsten Gebiete aufzeigt. Sie vervollständigt die quantitative Information über die Kapazität jedes spezifischen Netzwerks im Sektor.

Somit lässt sich die Kapazität jedes sektoriellen Netzwerks definieren durch:

- eine neue Aufteilung der Klassen, die durch die Addition der Werte jedes spezifischen Netzwerks erhalten wurden,
- die Gesamtfläche der Polygone der Klassen 1–3,

- die Gesamtfläche der im Sektor vorhandenen Kerngebiete,
- eine Prozentzahl der Flächen der verschiedenen im Sektor vorhandenen Kontinuen.

Durch die Berechnung der Polyvalenz eines ökologischen Netzwerks ergibt sich eine interessante grafische Repräsentation der REN-Karten, indem die Landschaftsabschnitte mit prioritären Kontinuen hervorgehoben werden.

Etappe 6

Evaluation der Qualität des ökologischen Netzwerks

Diese Evaluation kann in einem ersten Durchgang theoretisch angegangen werden, indem man die Aufteilung anhand der Gilden benutzt. Diese Daten können gebraucht werden, um ein erstes Indiz für die Biodiversität jedes spezifischen Netzwerks zu erhalten. Jedoch sind die Resultate dieser Methode weder sehr repräsentativ noch homogen.

Die existierenden Daten, wie die Inventare der Biotope von nationaler Bedeutung oder die Daten der bedrohten Arten (z.B. Biber-Verbreitung, Laichplätze der Seeforelle, Auerhuhn-Vorkommnisse usw.), können mithilfe der REN-Karten ausgewertet werden, um einerseits den Übereinstimmungsgrad und andererseits das Potenzial der Habitatsentwicklung zu testen. Dies ermöglicht dann eine Anpassung der grundlegenden Elemente des REN an die aktuelle Situation der Biotope und der bedrohten Arten.

Längerfristig sollte es auf kantonaler Ebene möglich sein, genaue lokale und regionale Bestandesaufnahmen aller Zeigerarten durchzuführen und diese in die Datenbanken aufzunehmen.

Verzeichnisse

1 Tabellen

| Tab. | Titel | Seite | Kap. |
|------|---|-------|-------|
| 1 | Koeffizienten für den gebietsspezifischen Wanderungswiderstand | 35 | 4.1.5 |
| 2 | Bioindikative Relevanz einiger Tiergruppen | 46 | 4.2.3 |
| 3 | Repräsentativität der Netzwerktypen in den biogeografischen Regionen | 55 | 5.1 |
| 4 | Eignung verschiedener ökologischer Ausgleichsflächen für den Ausbau der spezifischen Netzwerkstypen | 93 | 6.4 |
| 5 | Tafel zur Bewertung der Elemente eines lokalen ökologischen Netzwerks | 98 | 6.6 |
| 6 | Beispiel für die Bewertung eines Verbindungskorridors | 98 | 6.6 |
| 7 | Vernetzungsklassen, die für die kartografische Analyse der spezifischen Netzwerke gebraucht wurden. | 120 | A6 |

2 Abbildungen

| Abb. | Titel | Abb. | Kap. |
|------|---|-------|-------|
| 1 | Kartografische Darstellung eines spezifischen Netzwerks | 29 | 3.5 |
| 2 | Auszug der Karte zum provisorischen REN (Rossens) | 36 | 4.1.5 |
| 3 | Aufbau eines ökologischen Netzwerks | 38 | 4.1.7 |
| 4 | Beispiel einer Karte mit den Gilden | 42 | 4.1.8 |
| 5 | Die verschiedenen Analyse-Ebenen des ökologischen Netzwerks | 52 | 4.3.4 |
| 6 | Übersichtskarte des REN | 56 | 5.1 |
| 7 | Standard-Legende der Netzwerkkarten | 57 | 5.2 |
| 8 | Karte zum Netzwerk der Waldgebiete tieferer Lagen | 61 | 5.3 |
| 9 | Karte zum Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen | 61 | 5.3 |
| 10 | Karte zum Netzwerk der extensiven Landwirtschaftsgebiete | 62 | 5.3 |
| 11 | Karte zum Netzwerk der Trockenwiesen | 62 | 5.3 |
| 12 | Karte zum Netzwerk der Feuchtgebiete | 63 | 5.3 |
| 13 | Karte zum Netzwerk der aquatischen Lebensräume | 63 | 5.3 |
| 14 | Übersichtskarte zur Fragmentierung der Landschaft | 65 | 5.4 |
| 15 | Karte zur Vernetzungssituation der Waldgebiete tieferer Lagen | 68 | 5.5 |
| 16 | Karte zur Vernetzungssituation der Waldgebiete höherer Lagen | 69 | 5.5 |
| 17 | Karte zur Vernetzungssituation der extensiven Landwirtschaftsgebiete | 70 | 5.5 |
| 18 | Karte zur Vernetzungssituation der Trockenstandorte | 72 | 5.5 |
| 19 | Karte zur Vernetzungssituation der Feuchtgebiete | 73 | 5.5 |
| 20 | Karte zur Vernetzungssituation der aquatischen Lebensräume | 74 | 5.5 |
| 21 | Rolle der Smaragd-Gebiete im REN | 79 | 5.6 |
| 22 | Beitrag des REN zum paneuropäischen ökologischen Netzwerk | 80 | 5.6 |
| 23 | Vergleichende Analysen zu den spezifischen Netzwerken für die Region Saane/Sarine | 86+87 | 6.3 |
| 24 | Hierarchisierte Übersichtskarte der Region Saane/Sarine | 88 | 6.3 |
| 25 | Auszug aus der REN-Karte zum Bommer Weiher (TG) | 95 | 6.5 |
| 26 | Auszug aus dem kantonalen Landschaftsentwicklungskonzept (LEK) | 95 | 6.5 |
| 27 | Organisation der Verwaltung der REN-Daten | 102 | 7 |

3 Bibliographie

- ATLAN H. 1974: *On a formal definition of organization*. Journal of Theoretical Biology 45: 295–304.
- BENNETT A.F. 1999: *Linkages in the landscape*. The IUCN Forest Conservation Programme, IUCN, Gland/Cambridge. 254 p.
- BENNETT G. 1991: *Towards a European ecological network*. IEEP, Arnhem. 122 p.
- BENNETT G. 1998: *The paneuropean ecological network*. Questions and answers n°4. Council of Europe. 32 p.
- BERDOULAY V., PHIPPS M. 1985: *Paysage et système*. Éditions Université d'Ottawa. 196 p.
- BERTHOUD G. 1998: *Utilisation de bioindicateurs dans la définition des facteurs fonctionnels des écosystèmes*. Compte-rendu des journées techniques AFIE sur les indicateurs écologiques: Des outils pour la définition de projets et de politiques. Amiens. p. 23–32
- BERTHOUD G., DUELLI P., BURNAND J.-D., THEURILLAT J.-P., GOGEL R., WIEDERMEIER P., HANGGI A. 1989: *Méthode d'évaluation du potentiel écologique des milieux*. Rapport 39 du programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse ». Liebefeld-Berne. 183 p.
- BOUWMA J.M. 2002: *The Pan-European Ecological Network – a strategy for biodiversity conservation and sustainable use*. ECNC, Tilburg/Alterra, Netherlands. 164 p.
- BROGGI M.F., SCHLEGEL H. 1998: *Nationale Prioritäten des ökologischen Ausgleichs im landwirtschaftlichen Talgebiet*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 306, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 162 S.
- BROGGI M.F., SCHLEGEL H. 1990: *Minimum requis de surfaces proches de l'état naturel dans le paysage rural*. Rapport 31a du programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse », Liebefeld-Berne. 222 p.
- BROWN J.H., KODRIC-BROWN A. 1977: *Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction*. Ecology 58: 445–449.
- BUCEK A., LACINA J., MICHAL I. 1996: *An Ecological Network in the Czech Republik*. Veronica, Special 11th Issue. 49 p.
- BUWAL 1997: *Landschaftskonzept Schweiz (LKS)*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / Bundesamt für Raumplanung. Bern. 160 S.
- BUWAL 1999: *Landschaftskonzept Schweiz. Kurzfassung*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / Bundesamt für Raumplanung. Bern. 60 S.
- BUWAL 2003: *Landschaft 2020. Erläuterungen und Programm*. Synthese zum Leitbild. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 96 S.
- BUWAL 2003: *Die Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraum Schweiz*. Faltblatt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 12 S.
- BUWAL 2004: *Waldprogramm Schweiz (WAP-CH). Handlungsprogramm 2004–2015*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 363. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 284 S.
- DEBINSKI D.M., RAY C., SAVERAID E.H. 2002: *Species diversity and the scale of landscape mosaic: do scales of movement and patch size affect diversity?* Biology Conservation 98: 179–190.

- DELARZE R., GONSETH Y., GALLAND P. 1998: *Guide des milieux naturels de Suisse*. Édition Delachaux et Niestlé, Lausanne. 415 p.
- DETEC 2001: *Directive concernant les passages pour la grande faune*. Directive du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).
- DIDHAM R.K. 1997: *An overview of invertebrate responses to habitat fragmentation*. In: Watt, A., N.E. Stork and M. Hunter. *Forest and insects*. Chapman and Hall, London. p. 201–218.
- ECONAT 1986: *Analyse der eidgenössischen Jagdbanngebiete*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Jagd. Bern. 282 S.
- ECONAT 1994: *Faune et chasse dans le canton de Fribourg*. Application de la nouvelle législation fédérale sur la chasse. Service de la chasse du canton de Fribourg. Rapport de synthèse. Yverdon. 145 p.
- CONSEIL DE L'EUROPE, PNUE, CENTRE EUROPEEN POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE (CECN) 1996: *The Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy: A Vision for Europe's Natural Heritage*. Tilburg, Netherlands. 123 p.
- EUROPARAT 2000: *General guidelines for the development of the Pan-European Ecological Network*. Nature and Environment Nr. 107. 52 p.
- FARHIG L., MERRIAM G. 1994: *Conservation of fragmented populations*. *Conservation Biology* 8: 50–59.
- GASCON C., LOVEJOY T.E., BIERREGARD R.O. et al. 1999: *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. *Biol. Conserv.* 91: 223–229.
- GONSETH Y., WOHLGEMUTH T., SANSONNENS C., BUTTLER A. 2001: *Die biogeographischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einleitungsstandard*. Umwelt-Materialien Nr. 137. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 64 S.
- HANSKI I., GILPIN M. 1997: *Metapopulation biology, ecology, genetics and evolution*. Academic press.
- HARRISON S., BRUNA E. 1999: *Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure?* *Ecography* 22: 225–232.
- HEGG O., BEGUIN C., ZOLLER H. 1993: *Atlas schutzwürdiger Vegetationstypen der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 326 S.
- HOCHSCHULE FÜR TECHNIK RAPPERSWIL, SERVICE ROMAND VULGARISATION AGRICOLE 2002: *Boîte à outils « Conception évolutive du paysage (CEP) »*. 146 p.
- HOLZGANG O., PFISTER H.P., HEYNEN D., BLANT M., RIGHETTI A., BERTHOUD G., MARCHESI P., MADDALENA T., WENDELSPIESS M., DÄNDLIKER G., MOLLET P., BORNHAUSER-SIEBER U. 2001: *Korridore für Wildtiere in der Schweiz. Grundlagen zur überregionalen Vernetzung von Lebensräumen*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 326. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 120 S.
- JAEGER J. A. G. 2002: *Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäss dem Konzept der Umweltgefährdung*. Eugen Ulmer, Stuttgart. 447 p.
- JONGMAN R.H.G. 1995a: *Nature Conservation Planning in Europe: Developing Ecological Networks*. *Landscape and Urban Planning*. 32: p. 169–183.
- JONGMAN R.H.G. 1995b: *Ecological networks in Europe, congruent developments*. *Landscape special issue* 12(3): 123–130.
- KLIJN J.A., VAN OPSTAL A.J.F.M., BOUWMA I.M. 2003: *The indicative Map of Pan-European Ecological Network*. ECNC, Tilburg. The Netherlands / Budapest Hungary.

- LEVINS R. 1970: *Extinctions. In: Some mathematical questions in biology*. Lectures on mathematics in the Life Sciences. Am Soc, Providence. Rhode Island. Vol 2: 77–107.
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O. 1967: *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 386 p.
- OGGIER P., BONNARD L., RIGHETTI A. 2001: *Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen COST 341*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 332, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bundesamt für Raumsicherung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen. Bern. 102 S.
- OPPERMANN R., GUJER H. U. 2003: *Artenreiches Grünland, bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 199 p.
- PRESTON F.W. 1960: *Time and space and the variation of species*. Ecology 41: 611–627.
- ROBINSON G.R., QUINN J.F. 1992: *Habitat fragmentation, species diversity, extinction and design of nature reserves*. In: Jain SK., LW. Botsford (eds). Applied population biology Kluwer, Dordrech, pp. 223–248.
- SVW, ASPO, LBL et SRVA, 2002: *Projet de mise en réseau à la portée de tous. Un guide pour la mise en œuvre de l'Ordonnance sur la qualité écologique (OQE)*. Station ornithologique suisse, Sempach, Association suisse pour la protection des oiseaux – BirdLife Suisse, Service romand de vulgarisation agricole et Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau. SRVA, Lausanne. 109 p.
- UVEK 2001: *Richtlinie betreffend Wildtierpassagen*. Richtlinie des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

4 Glossar

Auswirkungen auf die Verbreitung

Die Fragmentierung der ursprünglichen Landschaft hat gezwungenermassen Veränderungen in der Verbreitungsstrategie der betroffenen Arten zur Folge.

1. Rekolonisierungen können die kontinuierlichen Verluste kompensieren, die durch Populationsgrössenabnahmen oder durch das lokale Aussterben von Populationen entstehen. Je mehr eine Landschaft fragmentiert ist, desto grösser ist die mittlere Distanz zwischen den Habitatsfragmenten. Dies reduziert den Rekolonisierungsgrad und führt zu kleineren Populationsdichten. Die stark eingeschränkten Verbreitungsmöglichkeiten können regional zu einem erhöhten Aussterberisiko führen. Dieses Risiko lässt sich durch Korridore teilweise kompensieren. Gemäss der Insel-Theorie (MacArthur & Wilson 1967; Brown & Kodric-Brown 1977) ist die Verbreitung in Richtung der grössten Flächen am wichtigsten, da die Rekolonisierung dort am einfachsten ist.
2. Die meisten Arten verbreiten sich im Laufe ihres Lebens. Die nicht fragmentierten Habitate setzen sich oftmals aus einem Mosaik von heterogenen Landschaftselementen zusammen, die sich sowohl qualitativ wie auch quantitativ unterscheiden. Die Habitatsfragmentierung hat zur Folge, dass die Arten sich nicht mehr den lokalen Bedingungen mittels verschiedener Verbreitungsmuster anpassen können, indem sie die raumzeitliche Variabilität der Habitate nutzen. Die Fragmentierung stört deshalb einen der wichtigsten Mechanismen der räumlichen Populationsstabilisierung.

Auswirkungen der Fragmentierung

1. Die Hauptauswirkung ist, dass ein intaktes Habitat in mehrere Sektoren aufgeteilt wird, was unweigerlich zu einer Reduktion der Biodiversität führt.
2. Da sich jeder Landschaftsabschnitt aus einer Kombination von Habitaten zusammensetzt, führt die Flächenverkleinerung eines Abschnitts beinahe immer zu einer Reduzierung der in der anfänglichen Landschaft enthaltenen Habitatsdiversität. Je kleiner die Fragmente, desto grösser die Gefahr, dass einige Habitate sehr rar werden oder sogar ganz verschwinden. Von dieser Fragmentierung sind nicht nur die spezialisierten Arten (die oftmals schon selten sind) betroffen, sondern auch Generalisten, deren bevorzugte Habitate verloren gehen. Dies ist z.B. der Fall bei den Amphibien, deren Flachteiche vielerorts verschwunden sind. Für die Arten, bei denen die Dichte von der Gebietsgrösse abhängt, führt die Reduzierung der Gebietsgrösse zu einer Populationsabnahme. Bei einer verkleinerten Population ist das Aussterberisiko erhöht, auch wenn alle anderen Umweltfaktoren stimmen.

Auswirkungen der Landschaftsheterogenität

Die Habitatsfragmente werden nicht als Inseln betrachtet, sondern als Elemente eines Habitatstyps, der in verschiedenen Habitatskomplexen eingegliedert ist. Die Habitatsfragmente und die Landschaftsmatrix stellen verbundene Faktoren dar, da die soziale Organisation modifiziert ist und die Individuen sich asymmetrisch in der heterogenen Landschaft verbreiten. Die Konsequenzen für den Austausch zwischen den getrennten Habitaten sind somit die Folgenden:

1. Bei «source-sink»-Populationen zum Beispiel entspricht die Produktivität des Zuflusslebensraumes häufig jener des Kerngebiets. Die Habitate mit höherer Produktivität eignen sich, um Nährstoffe, Materialien und Organismen in Richtung der weniger produktiven Habitate zu exportieren. Die unspezialisierten Arten sind in jedem Habitatstyp in einer höheren Dichte als die spezialisierten Arten anzutreffen, da sie durch die lokale zeitliche Variabilität der Ressourcen und des Auftretens von Prädatoren bevorteilt sind. Im Laufe ihrer Verbreitung durch ungünstige Habitate verlieren die unspezialisierten Arten generell weniger Individuen als die spezialisierten Arten. Als allgemeine Regel gilt, dass die Generalisten weniger sensibel auf die Fragmentierung reagieren als die Spezialisten. Ausserdem stellt die Landschaftsstruktur für den Austausch zwischen den Habitatelementen grundsätzlich ein Hauptfaktor dar (Debinski et al. 2002). Letzteres wurde auf überzeugende Weise für eine grosse Vielfalt von Taxa in den fragmentierten Wäldern von Zentralamazonien dokumentiert (Gascon et al. 1999).
2. Nach einer Habitatsfragmentierung lässt sich immer eine Invasion von «exotischen» Arten beobachten. Harrison und Bruna (1999) konnten z.B. beweisen, dass die ursprünglichen, aber flächenmässig kleinen Habitate von den sie umgebenden Artengemeinschaften förmlich überflutet werden. Dies hat zur Folge, dass einige spezialisierte Arten verloren gehen, die in den grossflächigen Primärhabitaten noch zahlreich vorhanden waren. Deshalb sind z.B. die Waldvögel in kleinen Habitatsfragmenten stärker bedroht wegen des Zustroms an prädatatorischen Generalisten aus der umliegenden Matrix (Fahrig & Merriam 1994).

Auswirkungen der Randgebiete

Die Randstreifen sind oftmals mit physischen Grenzen zwischen Habitaten vergleichbar. Die Randgebietseigenheiten können auch wichtige Einflüsse auf die ökologische Dynamik eines fragmentierten Habitats haben. Randgebiete haben keine abrupten Grenzen, sondern weisen oftmals graduelle Transformationen des Ursprungshabitats auf. Dieser Randlinieneffekt ist entscheidend für die in den Habitatsfragmenten vorkommenden Arten. Die Komplexität der physischen Struktur der Randgebiete beeinflusst stark den Invasionsgrad durch die Elemente der umgebenden Matrix.

Deshalb sind die Analysen des Landschaftsumfeldes eine unbedingt notwendige Etappe für ein besseres Verständnis des Einflusses der Habitatsfragmentierung auf die ökologischen Gemeinschaften einerseits und der Organisation der ökologischen Netzwerke andererseits.

Gleichzeitig mit dem Randlinieneffekt erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit des Kontakts mit einer bestimmten Art stark, wenn man sich in der Nähe eines Randgebietes zwischen Habitaten oder eines physikalischen Hindernisses befindet. Dieses Phänomen lässt sich in einem mathematischen Modell darstellen und kann in vielen verschiedenen Bereichen angewendet werden (Atlan 1974; Berdoulay & Phipps 1985). Die Prädatoren machen mit ihrer Jagdtechnik von diesem Phänomen Gebrauch, aber es führt auch dazu, dass die Randgebiete vielerorts als wichtige Verbreitungskorridore dienen.

Auswirkungen der spezifischen Interaktionen und der Nahrungsketten

Die letzte Domäne der ökologischen Fragmentationstheorien betrifft die Analysen der Nahrungsketten-Dynamik und der multispezifischen Interaktionen. Dass Interaktionen

zwischen allen, im gleichen Netzwerk vorkommenden Arten existieren, ist offensichtlich, und auch dass diese Interaktionen entscheidende Kettenreaktionen betreffend die Dynamik einer Artengemeinschaft oder einer Nahrungskette zur Folge haben können.

Fortbewegungsarten

Um ein Gesamtbild der Fortbewegungsmechanismen der Fauna und Flora in der Natur zu erhalten, müssen folgende Fortbewegungsarten berücksichtigt werden:

- a) **An den Boden gebundene Fortbewegung:** Bei der Fauna kann diesbezüglich zwischen einer aktiven und einer passiven Form unterschieden werden, während bei der Flora die passive Form mittels sich bewegnender Tiere (Zoochorie) vorherrscht. Im Falle der Fauna wird im Allgemeinen zwischen den Fortbewegungstypen unterschieden, die von den jeweiligen Fortbewegungsfähigkeiten und -mustern der Arten abhängen.
- b) **An das Wasser gebundene Fortbewegung:** Sie betrifft primär zahlreiche Wasserlebewesen und Amphibienarten. Sie kann aber auch bei terrestrischen Pflanzen- und Tierarten vorkommen – sei es, sie fallen in Wasserläufe oder sie werden bei Regen von Oberflächenrinnsalen transportiert. Somit spielt das regionale hydrografische Netz die Rolle einer natürlichen Verbreitungsinfrastruktur zahlreicher Arten und nimmt die Funktion eines biologischen Korridors wahr.
- c) **An die Luft gebundene Fortbewegung:** Dies ist die Fortbewegungsart der Vögel und der Fledermäuse sowie zahlreicher Gliederfüßler. Alle benötigen jedoch Orientierungspunkte sowie Rast- oder Nahrungsplätze am Boden oder auf dem Wasser.

Im Weiteren ist auch die passive Transportmöglichkeit durch den Wind (Anemochorie) zu erwähnen, die für zahlreiche Insekten und gewisse Pflanzensamen eine wichtige Rolle spielt. Diese Ausbreitungsart wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst (u.a. Luftströme, vorherrschende Windrichtung), die häufig mit lokalen und regionalen Klimabedingungen zusammenhängen. Sie bildet somit voraussehbare Netzwerksysteme und ist mittels Modellen darstellbar¹². Damit kann aufgezeigt werden, wie etwa die Schaffung einer Waldlücke oder einer asphaltierten Fläche die lokale Luftausbreitung zahlreicher Gliederfüßler beträchtlich verändert.

Gilde

Bezeichnet eine Gruppe von ökologisch benachbarten Tierarten, die ein gleiches Habitat bewohnen und die darin verfügbaren Ressourcen gemeinsam nutzen. Im REN bezieht sich der Begriff «Zeigerarten-Gilde» auf eine Gruppe von Arten, die durch ihren bioindikatorischen Wert die Begriffe des ökologischen Netzwerks illustrieren können. So dienen z.B. viele Insektenarten als Bioindikatoren für die Habitatsqualität, und Huftiere und Vogelarten dienen zur Charakterisierung der Netzwerkfunktionen.

Kerngebiete

Kerngebiete sind hinsichtlich Artenvielfalt hochwertige Naturräume, die bestimmte Arten und/oder Ökosysteme umfassen. Diese Kerngebiete stellen «Reservoir» dar,

¹² Diese Luftkorridore sind auf den REN-Karten nicht dargestellt. Ihre Existenz darf aber nicht vernachlässigt werden, da auch im Luftraum bedeutende Hindernisse für die Tiere vorhanden sind (Hochspannungsleitungen, Antennen, Masten, Halteseile, Kamine, Laternenpfähle usw.).

welche die Aufrechterhaltung der Populationsbestände und die Ausbreitung der Arten in andere potenzielle Lebensräume gewährleisten müssen.

Synonyme: Reservoirgebiet, Quellengebiet, Kernsektor, Biozentrum, «hot-spot» usw.

Kontinuum

Einheit von Lebensräumen, die der Entwicklung einer ökologischen Gruppe förderlich sind und aus mehreren zusammenhängenden Elementen bestehen (ohne physische Unterbrechung), einschliesslich Randgebieten, die zu anderen Kontinuen gehören oder einfach für vorübergehende Aktivitäten zugänglich sind. Ein Kontinuum umfasst folglich:

- mindestens ein Kerngebiet,
- Ausbreitungsgebiete, die qualitativ weniger ideale Bedingungen als Kerngebiete aufweisen, aber zu derselben Art von Lebensräumen gehören, und
- Randgebiete, die teilweise oder vorübergehend von typischen Tierarten des Kontinuums genutzt werden, jedoch zu einem anderen Lebensraumtyp gehören. Dieser Aussenbereich ist für die Nahrungssuche und die Wanderung für die gesamte charakteristische Fauna des Kontinuums von Bedeutung. Die Nutzung dieses Randgebietes hängt von der Fähigkeit der Tiere ab, sich von den Waldrandgebieten oder von Bereichen mit Unterschlupf zu entfernen. Dieses Randgebiet des Kontinuums nimmt sehr vielseitige Funktionen wahr. Es dient insbesondere zahlreichen Generalisten als Korridor, aber auch gewissen spezialisierten Arten in ihren Verbreitungsphasen.

Die systematische Bestimmung von **Kontinuen, die als mehr oder weniger unabhängige spezifische Netzwerke organisiert sind**, ist eine Besonderheit des REN-Ansatzes. Es wurden dazu fünf grundlegende Typen von Kontinuen geschaffen, die gemeinsam das nationale ökologische Netzwerk bilden.

Korridor

Funktionelles Verbindungselement zwischen Ökosystemen oder zwischen verschiedenen Habitaten, das den entsprechenden Arten dieser Habitats die Verbreitung und Migration ermöglicht. Dies wirkt sich positiv auf den Genfluss sowie auf andere Interaktionen zwischen den Ökosystemen aus. Die Korridore werden oftmals in drei Typen aufgeteilt: mit einer Linearstruktur, mit Zufluchtsbereichen («stepping stones») oder innerhalb der Landschaftsmatrix. Die Terminologie der Korridore, obschon sehr variabel und teilweise widersprüchlich, wird in verschiedenen Zusammenhängen angewendet (Bucek et al. 1996; Bennett 1999).

Synonyme: Habitatskorridor, Verbreitungskorridor, Faunakorridor, ökologischer Korridor, Bio-Korridor usw.

Metapopulation

Eine Population, die aus mehreren Unterpopulationen besteht, die den Ablauf von Aussterben und Neubesiedlung vollziehen.

Netzwerk (englisch «connectedness»)

Qualität der Verbindungen zwischen den kartografierbaren Elementen der räumlichen Struktur einer Landschaft.

Ökostabilisierung

Raumplanung, die das ökologische Gleichgewicht der Landschaft unterstützt. Die Planung basierte auf der Idee einer polarisierten Landschaft, erstmals vorgebracht 1974 durch den russischen Geografen Rodoman. Dieses Konzept akzeptiert zwar die intensive Bodennutzung, schlägt aber eine Aufteilung der Landschaft in natürliche und intensiv bewirtschaftete Zonen vor. Die Planungsprinzipien, die von diesem Konzept abgeleitet wurden, waren Folgende: einerseits eine klare Abgrenzung der Naturzonen, der Restaurierungszonen und der Erholungszonen, und andererseits Zonen für die Landwirtschaft, für die Industrie und für die urbane Entwicklung. Das Konzept von Rodoman wurde zur Unterstützung der ökologischen Planung in den ost- und zentraleuropäischen Staaten entwickelt, gegen Ende der 70er- und Anfang der 80er-Jahre. Es basierte auf der Kooperation von Geografen, Ökologen und Landschaftsplanern (Bucek et al. 1996).

Pufferzonen

Die Pufferzonen zielen darauf ab, ein Kerngebiet vor den Folgen schädlicher Aktivitäten in den Randgebieten zu schützen. Eine gewisse menschliche Aktivität ist erlaubt in den Pufferzonen oder sogar erwünscht, um die traditionelle Landschaftsnutzung beizubehalten.

Stenök (*sten*, griechisch für eng)

Bezeichnung für Lebewesen, die Schwankungen lebenswichtiger Umweltfaktoren nur begrenzt vertragen. Zum Überleben sind diese Spezialisten an bestimmte Lebensräume gebunden.

Vernetzung

Parameter der Landschaftsfunktionalität, der die Bewegungsmuster quantitativ misst, durch welche die Unterpopulationen innerhalb einer funktionellen demografischen Einheit miteinander verbunden sind. Der Vernetzungsgrad eines Landschaftssektors bezieht sich auf die zurückgelegte Strecke eines fiktiven Tieres. Dieses bewegt sich – ausgehend von einem Kerngebiet – in einer Landschaft, die in hektarengrosse Abschnitte unterteilt ist, welche je nach Landschaftstyp mehr oder weniger Resistenz bezüglich der Bewegung des Tieres bieten.

Zufluchtshabitate

Natürliche oder künstliche Landschaftsstrukturen, die einen temporären Schutz bieten für sich fortbewegende Tierarten. Es handelt sich dabei oft um übrig gebliebene Mikrohabitate, die in einem ökologischen Korridor situiert sind.

Synonyme: Schutzinsel, Rast-Biotop, «stepping stones»

Beispiele: Baumgruppen, begrünte Böschungen oder Hecken in einer Zone mit intensiver Agrikultur usw.