

# Abschlussbericht des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts

## **Entwicklung von Indikatoren für die Evaluierung und das Management der Naturerbestflächen der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)**

**Martin Musche<sup>1</sup>, Felix Müller<sup>2</sup>, Marion Kandziora<sup>2</sup>  
Benjamin Burkhard<sup>2</sup> & Stefan Klotz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Helmholtzzentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Biozönoseforschung, Theodor-Lieser-Str.  
4,06120 Halle

<sup>2</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Abteilung Ökosystemmanagement, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel

**Projekttitle:** Entwicklung von Indikatoren für die Evaluierung und das Management der Naturerbfächen der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

**Laufzeit:** 01.11.2010-31.01.2012

**Förderkennzeichen:** 28919-33/0

**Bewilligungsempfänger:** Helmholtzzentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Biozönoseforschung, Theodor-Lieser-Str. 4,06120 Halle

**Kooperationspartner:** Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Abteilung Ökosystemmanagement, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel

# Inhalt

<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>10</b>
<b>2 ANLASS UND ZIELSTELLUNG DES PROJEKTS</b> .....	<b>12</b>
<b>3 MONITORING – DEFINITION UND ANWENDUNGEN</b> .....	<b>13</b>
<b>4 THEORETISCHER HINTERGRUND</b> .....	<b>14</b>
4.1 INDIKATOREN-DEFINITION, KLASSIFIZIERUNG, ANFORDERUNGEN.....	14
4.2 DAS KONZEPT DER BIOINDIKATION .....	14
4.3 DAS DPSIR-MODELL.....	15
4.4 ÖKOSYSTEMINTEGRITÄT UND ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN.....	17
4.4.1 <i>Ökosystemintegrität</i> .....	18
4.4.2 <i>Ökosystemdienstleistungen</i> .....	22
4.5 ANWENDUNG DER THEORETISCHEN KONZEPTE IM RAHMEN DER VORLIEGENDEN ARBEIT .....	23
4.6 INDIKATOREN AUF DER BASIS DES ANGEPASSTEN KONZEPTIONELLEN RAHMENS .....	28
4.7 RÄUMLICHE SKALEN .....	28
4.8 ZEITLICHE SKALEN .....	29
4.9 BASISINDIKATOREN UND ZUSATZINDIKATOREN .....	29
4.10 ALLGEMEINE KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL VON INDIKATOREN .....	29
<b>5 RELEVANZ BESTEHENDER INDIKATORENSYSTEME UND ERFASSUNGSPROGRAMME</b> .....	<b>31</b>
5.1 BESTEHENDE INDIKATORENSYSTEME .....	31
5.1.1 <i>Internationale Indikatorensysteme</i> .....	31
5.1.1.1 Indikatoren der Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD).....	31
5.1.1.2 Der City Biodiversity Index der CBD .....	32
5.1.1.3 Die SEBI-2010-Indikatoren der Europäischen Umweltagentur .....	33
5.1.2 <i>Nationale Indikatorensysteme</i> .....	35
5.1.2.1 Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (NHS).....	35
5.1.2.2 Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes (KIS) .....	36
5.1.2.3 Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI).....	36
5.1.2.4 Indikatoren der nationalen Biodiversitätsstrategie (NBS).....	36
5.1.2.5 High Nature Value Farmland (HNV-Farmland Indikator).....	36
5.1.2.6 Indikatorenset des Schweizer Biodiversitätsmonitorings .....	38
5.2 BESTEHENDE ERFASSUNGSPROGRAMME .....	39
5.2.1 <i>Brutvogelmonitoring</i> .....	40
5.2.2 <i>Tagfaltermonitoring</i> .....	40
5.2.3 <i>FFH-Monitoring</i> .....	40
5.2.4 <i>Bund-Länder Messprogramm Meeresumwelt (BLMP)</i> .....	41
5.2.5 <i>Bodenmonitoring (BDF)</i> .....	41
5.2.6 <i>Forstliches Umweltmonitoring</i> .....	42
5.2.7 <i>Luftmessnetz</i> .....	42
5.2.8 <i>Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie</i> .....	43
5.2.9 <i>Bundeswaldinventur</i> .....	43
5.2.10 <i>Ökologische Flächenstichprobe</i> .....	43
5.2.11 <i>Forsteinrichtung</i> .....	44
5.2.12 <i>Monitoringprogramme in Großschutzgebieten</i> .....	44
<b>6 ENTWICKLUNGSZIELE FÜR DIE NATURERBEGEBIETE</b> .....	<b>45</b>
6.1 DBU-ENTWICKLUNGSZIELE .....	45
6.1.1 <i>Entwicklungsziele für den Wald</i> .....	45
6.1.2 <i>Entwicklungsziele für das Offenland</i> .....	47
6.1.3 <i>Entwicklungsziele für Feuchtgebiete und Gewässer</i> .....	49
6.1.3.1 Feuchtgebiete .....	49
6.1.3.2 Gewässer .....	50
6.1.4 <i>Entwicklungsziele für die Gesamtgebiete</i> .....	50
6.2 FUNKTIONALE ENTWICKLUNGSZIELE .....	51

<b>7</b>	<b>INDIKATOREN FÜR DAS MONITORING IN DBU-NATURERBEGBIETEN .....</b>	<b>56</b>
7.1	INDIKATOREN FÜR DIE ERFOLGSKONTROLLE (DBU-ZIELE) .....	56
7.1.1	<i>Landschaftsstruktur</i> .....	56
7.1.2	<i>Terrestrische Ökosysteme</i> .....	58
7.1.2.1	Waldstruktur und Waldentwicklung .....	58
7.1.2.2	Biodiversität, Artenschutz, Neobiota und Wild .....	64
7.1.2.3	Standörtliche Verhältnisse .....	74
7.1.2.4	Stoffeinträge und Klima.....	78
7.1.2.5	Charakterisierung von Biotoptypen.....	79
7.1.3	<i>Gewässer</i> .....	82
7.1.3.1	Vorbemerkungen.....	82
7.1.3.2	Indikatoren für den biologischen Zustand von Fließgewässern .....	83
7.1.3.3	Indikatoren für den biologischen Zustand von Seen .....	87
7.1.3.4	Indikatoren für strukturellen Zustand von Fließgewässern.....	90
7.1.3.5	Indikatoren für den strukturellen Zustand von Seen.....	91
7.1.3.6	Indikatoren für den physikalisch- chemischen Zustand von Gewässern .....	93
7.2	FUNKTIONALE INDIKATOREN .....	96
<b>8</b>	<b>PARAMETER UND METHODEN FÜR DAS MONITORING IN DBU-NATURERBEGBIETEN .....</b>	<b>102</b>
8.1	ABIOTISCHE PARAMETER .....	102
8.1.1	<i>Pedosphäre</i> .....	102
8.1.2	<i>Hydrosphäre</i> .....	105
8.1.2.1	Strukturparameter für Fließgewässer .....	105
8.1.2.2	Strukturparameter für Seen .....	105
8.1.2.3	Allgemeine physikalisch-chemische Parameter für Gewässer .....	108
8.1.2.4	Grundwasser .....	110
8.1.3	<i>Atmosphäre</i> .....	111
8.2	BIOTISCHE PARAMETER.....	113
8.2.1	<i>Terrestrische Ökosysteme – Flora und Vegetation</i> .....	113
8.2.2	<i>Terrestrische Ökosysteme - Waldstruktur und Verbiss</i> .....	119
8.2.2.1	Waldstruktur .....	119
8.2.2.2	Verbiss.....	120
8.2.3	<i>Terrestrische Ökosysteme - Fauna</i> .....	124
8.2.3.1	Vögel.....	124
8.2.3.2	Amphibien .....	127
8.2.3.3	Reptilien .....	127
8.2.3.4	Tagfalter .....	128
8.2.3.5	Heuschrecken.....	130
8.2.3.6	Xylobionte Käfer .....	130
8.2.3.7	Schwebfliegen und Bienen .....	130
8.2.3.8	Libellen .....	130
8.2.3.9	Laufkäfer und Spinnen.....	131
8.2.3.10	Bodenorganismen .....	131
8.2.4	<i>Aquatische Ökosysteme</i> .....	135
8.2.4.1	Phytoplankton (Fließgewässer) .....	135
8.2.4.2	Phytoplankton (Seen) .....	135
8.2.4.3	Makrophyten, Diatomeen und Phytobenthos ohne Diatomeen (Fließgewässer) .....	135
8.2.4.4	Makrophyten und Diatomeen (Seen).....	136
8.2.4.5	Makrozoobenthos (Fließgewässer) .....	136
8.2.4.6	Fische (Fließgewässer).....	137
8.2.4.7	Fische (Seen).....	137
8.2.5	<i>Parameter auf Landschaftsebene</i> .....	140
8.2.5.1	Verteilung der Landbedeckungsklassen .....	140
8.2.5.2	Verteilung der Wasserstufen.....	141
8.3	SOZIOÖKONOMISCHE PARAMETER .....	143
8.4	ÜBERLEGUNGEN ZUM ERHEBUNGSDESIGN .....	146
8.4.1	<i>Stichprobenumfang und Verteilung</i> .....	146
8.4.2	<i>Räumliche Koppelung der Erhebungen</i> .....	146
<b>9</b>	<b>INFRASTRUKTURELLE ASPEKTE.....</b>	<b>147</b>
9.1	ABSCHÄTZUNG DES ARBEITSaufwandes .....	147

9.2	DATENHALTUNG .....	148
9.3	DATENANALYSE .....	149
9.4	FACHBEIRAT .....	150
<b>10</b>	<b>FALLSTUDIE PRORA.....</b>	<b>151</b>
10.1	GEBIETSBSCHREIBUNG .....	151
10.2	ENTWICKLUNGSZIELE UND GEPLANTE MAßNAHMEN .....	152
10.2.1	Wald.....	152
10.2.2	Offenland, Feuchtgebiete und Gewässer.....	153
10.2.3	Wildtiermanagement.....	155
10.2.4	Öffentlichkeitsarbeit und Bildung .....	155
10.3	UMSETZUNG DES MONITORINGS ZUR ERFOLGSKONTROLLE.....	155
10.3.1	Physikalische und chemische Bodenparameter .....	155
10.3.2	Physikalisch-chemische Gewässerparameter .....	155
10.3.3	Grundwasserstand .....	156
10.3.4	Klima .....	156
10.3.5	Atmosphärische Stoffeinträge .....	156
10.3.6	Waldstruktur-Stichprobeninventur .....	156
10.3.7	Verbiss.....	158
10.3.8	Vegetation .....	159
10.3.8.1	Wald .....	159
10.3.8.2	Offenland, Feuchtgebiete und Gewässer .....	161
10.3.9	Vögel.....	165
10.3.10	Amphibien.....	169
10.3.11	Tagfalter .....	169
10.4	ÖKOSYSTEMINTEGRITÄT UND ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN.....	170
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>186</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>200</b>
12.1	INDIKATOREN NATIONALER INDIKATORENSYSTEME .....	200
12.2	ÜBERSICHT DER ENTWICKLUNGSZIELE FÜR DIE NATURERBEGBEITE DER DBU .....	206
12.3	ABSCHÄTZUNGSMATRIZEN FÜR ÖKOLOGISCHE INTEGRITÄT UND ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN.....	216

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>TABELLE 1. STRUKTUR DES INDIKATORENSYSTEMS FÜR DAS LTER-NETZWERK MIT INDIKATOREN-BEISPIELEN</b> .....	21
TABELLE 2. ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN NACH DEN KATEGORIEN DES MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT .....	23
TABELLE 3. ÜBERSICHT DER WICHTIGSTEN ANTHROPOGENEN (UND Z. T. NATÜRLICHEN) EINFLUSSFAKTOREN (PRESSURES) UND DEREN KONSEQUENZEN (IMPACTS) IN ANLEHNUNG AN KLOTZ (2007) .....	25
TABELLE 4. ÜBERSICHT WICHTIGER MANAGEMENTMAßNAHMEN AUF DEN DBU-NATURERBEFLÄCHEN (ABGELEITET AUS DEN LEITBILDERN DER DBU NATURERBE GMBH) .....	26
TABELLE 5. INDIKATORENSET DER CBD (2006A, B) .....	31
TABELLE 6. INDIKATOREN DES CITY BIODIVERSITY INDEX (CBD 2010).....	32
TABELLE 7. SEBI-2010-INDIKATOREN UND DEREN ZUORDNUNG ZU DEN LEITTHEMEN DER CBD UND DEN ÜBERGEORDNETEN INDIKATOREN DER EU (EEA 2009) .....	34
TABELLE 8. PARAMETER DES HNV-FARMLAND INDIKATORS (BfN 2011) .....	37
TABELLE 9. INDIKATOREN DES SCHWEIZER BIODIVERSITÄTSMONITORINGS (BAFU 2007) .....	38
TABELLE 10. WALDBEHANDLUNGSKATEGORIEN DER DBU NATURERBE GMBH (QUELLE: DBU 2010) .....	46
TABELLE 11. IN DEN ENTWICKLUNGSZIELEN VERANKERTE BIOTOPTYPEN DES OFFENLANDES (QUELLE: LEITBILDER FÜR 33 DBU-NATURERBE GEBIETE).....	48
TABELLE 12. ZUM ERHALT ODER ZUR RENATURIERUNG VORGEGEHENE BIOTOPTYPEN DER FEUCHTGEBIETE (QUELLE: LEITBILDER FÜR 33 DBU-NATURERBE GEBIETE).....	49
TABELLE 13 INDIKATOREN FÜR LANDSCHAFTSZUSAMMENSETZUNG UND LANDSCHAFTSKONFIGURATION. ....	57
TABELLE 14 INDIKATOREN FÜR WALDSTRUKTUR UND WALDENTWICKLUNG .....	60
TABELLE 15. INDIKATOREN FÜR BIODIVERSITÄT, ARTENSCHUTZ, BIOLOGISCHE INVASIONEN UND WILD.....	72
TABELLE 16. INDIKATOREN FÜR STANDÖRTLICHE VERHÄLTNISSE. ....	76
TABELLE 17. INDIKATOREN FÜR STOFFEINTRÄGE UND METEOROLOGIE .....	78
TABELLE 18. INDIKATOREN ZUR CHARAKTERISIERUNG VON BIOTOPTYPEN. ....	79
TABELLE 19. ZUSATZINDIKATOREN FÜR DIE IN DEN LEITBILDERN GENANNTE BIOTOPTYPEN .....	80
TABELLE 20. ÜBERSICHT ÜBER DIE NACH WASSERRAHMENRICHTLINIE ZU CHARAKTERISIERENDEN QUALITÄTSKOMPONENTEN DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS (QUELLE: UBA 2010) .....	83
TABELLE 21. INDIKATOREN ZUR CHARAKTERISIERUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS VON FLIEßGEWÄSSERN. ....	84
TABELLE 22. INDIKATOREN ZUR CHARAKTERISIERUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS VON SEEN. NICHT DARGESTELLT SIND JENE INDIZES, DIE DURCH AGGREGATION DER DARGESTELLTEN INDIKATOREN BERECHNET WERDEN. ....	88
TABELLE 23. INDIKATOREN ZUR CHARAKTERISIERUNG DER GEWÄSSERSTRUKTUR KLEINER UND MITTELGRÖßER FLÜSSE NACH LAWA (2000b) .....	90
TABELLE 24 INDIKATOREN ZUR CHARAKTERISIERUNG VON SEEUFERSTRUKTUREN NACH LUNG (2004) .....	92
TABELLE 25. INDIKATOREN FÜR DEN PHYSIKALISCH-CHEMISCHEN GEWÄSSERZUSTAND IN ANLEHNUNG AN DIE OBERFLÄCHENGEWÄSSERVERORDNUNG (OGewV 2011) .....	95
TABELLE 26. INDIKATOREN DER ÖKOLOGISCHEN INTEGRIÄTÄT UND DEREN DEFINITIONEN UND POTENZIELLE PARAMETER (NACH BURKHARD ET AL. 2009 UND 2011; KANDZIÖRA ET AL. SUBM.).....	96
TABELLE 27. INDIKATOREN FÜR REGULIERENDE DIENSTLEISTUNGEN UND DEREN DEFINITIONEN UND POTENZIELLE PARAMETER (NACH BURKHARD ET AL. 2009, BURKHARD ET AL. 2011; KANDZIÖRA ET AL. SUBM.) .....	97
TABELLE 28: INDIKATOREN FÜR VERSORGUNGSDIENSTLEISTUNGEN UND DEREN DEFINITIONEN UND POTENZIELLE PARAMETER (NACH BURKHARD ET AL. 2009, BURKHARD ET AL. 2011; KANDZIÖRA ET AL. SUBM.) .....	99
TABELLE 29. INDIKATOREN FÜR KULTURELLE DIENSTLEISTUNGEN UND DEREN DEFINITIONEN UND POTENZIELLE PARAMETER (NACH BURKHARD ET AL. 2009, BURKHARD ET AL. 2011; KANDZIÖRA ET AL. SUBM.).....	100
TABELLE 30. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE BODENPARAMETER .....	102
TABELLE 31. STRUKTURPARAMETER FÜR FLIEßGEWÄSSER .....	106
TABELLE 32. STRUKTURPARAMETER FÜR SEEN.....	108
TABELLE 33. ALLGEMEINE PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER FÜR OBERFLÄCHENGEWÄSSER. ....	109
TABELLE 34. MENGE UND CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG DES GRUNDWASSERS .....	110
TABELLE 35. KLIMAPARAMETER UND ATMOSPHÄRISCHE STOFFEINTRÄGE .....	111
TABELLE 36. PARAMETER FÜR FLORA UND VEGETATION .....	117
TABELLE 37. PARAMETER ZUR ERFASSUNG VON WALDSTRUKTUREN UND VERBISS.....	121
TABELLE 38. PARAMETER UND METHODEN ZUR ERFASSUNG DER FAUNA.....	131
TABELLE 39. ÜBERSICHT BIOTISCHER PARAMETER FÜR FLIEßGEWÄSSER UND SEEN.....	138
TABELLE 40. FLÄCHIG ZU ERHEBENDE PARAMETER .....	141
TABELLE 41. PARAMETER ZUR QUANTIFIZIERUNG KULTURELLER DIENSTLEISTUNGEN UND VON INDIKATOREN ZUR EVALUATION DES GEBIETSMANAGEMENTS .....	143

TABELLE 42. ENTNAHMEN DER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, FISCHEREI, JAGD UND WASSERWIRTSCHAFT .....	144
TABELLE 43. ABSCHÄTZUNG DES ZEITAUFWANDES FÜR DIE ERHEBUNG AUSGEWÄHLTER PARAMETER .....	147
TABELLE 44. BEISPIELE RELEVANTER SOFTWAREANWENDUNGEN .....	149
TABELLE 45. TABELLE MAßNAHMEN ZUR ZIELERREICHUNG IN DEN WALDBEHANDLUNGSKATEGORIE ÜK, ÜL UND S .....	153
TABELLE 46. GEPLANTE PFLEGE- UND ENTWICKLUNGSMÄßNAHMEN FÜR DAS OFFENLAND IM NATURERBEGBIET PRORA .....	154
TABELLE 47. ANZAHL DER STICHPROBENPUNKTE PRO WALDBIOTOPTYP UND WALDBEHANDLUNGSKATEGORIE BEI EINER RASTERWEITE VON 200M INKLUSIVE ERGÄNZUNGEN .....	157
TABELLE 48. ZAHL DER PROBEFLÄCHEN FÜR DIE VEGETATIONS-AUFNAHME PRO BIOTOPTYP UND WALDBEHANDLUNGSKATEGORIE IM NATURERBEGBIET PRORA .....	160
TABELLE 49 ANZAHL UND VERTEILUNG DER VEGETATIONS-AUFNAHMEN IM OFFENLAND DES NATURERBEGBIETES PRORA.....	162
TABELLE 50. POTENZIELL IM NATURERBEGBIET PRORA VORKOMMENDE BRUTVOGELARTEN, DIE IM MONITORING SELTENER ARTEN ENTHALTEN SIND. ....	167
TABELLE 51. OFFENLANDKOMPLEXE UND BIOTOPTYPEN FÜR DIE TAGFALTERERFASSUNG .....	169
TABELLE 52. ZUSAMMENGEFASSTE BIOTOPTYPEN AUS DER BIOTOPTYPENKARTE FÜR WALD UND OFFENLAND IN PRORA .....	172
TABELLE 53. INDIKATOREN DER NATIONALEN NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE (NHS), DER LÄNDERINITIATIVE KERNINDIKATOREN (LIKI), DES UMWELT-KERNINDIKATORENSYSTEMS DES UMWELTBUNDESAMTES (KIS) SOWIE DIE INDIKATOREN DER NATIONALEN BIODIVERSITÄTSSTRATEGIE (BIO). DIE ZUORDNUNGEN ZUM DPSIR-MODELL ENTSTAMMT DEN ORIGINALQUELLEN: STATISTISCHES BUNDESAMT (2006), BMU (2007), BLAG KLINA (2010), UBA (2007).....	200
TABELLE 54. ÜBERSICHT DER ENTWICKLUNGSZIELE FÜR 32 NATURERBEGBIETE .....	206

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1. DAS DPSIR-MODELL. ....	17
ABBILDUNG 2. DIE ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGS-KASKADE NACH HAINES-YOUNG & POTSCHIN (2010A), DE GROOT ET AL. (2010), MÜLLER ET AL. (2010) .....	20
ABBILDUNG 3. EINBEZIEHUNG DER KONZEPTE DER BIOINDIKATION, DER ÖKOSYSTEMINTEGRITÄT UND ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN IN DAS DPSIR-MODELL UND DESSEN SPEZIFIZIERUNG FÜR DIE DBU-NATURERBEFLÄCHEN .....	27
ABBILDUNG 4. SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES MAKROPLOTS.....	115
ABBILDUNG 5. ERFASSUNG VON TAGFALTERN NACH DER TRANSEKTMETHODE .....	129
ABBILDUNG 6. BIOTOPTYPENKARTE PRORA AUS DEM NATURERBEENTWICKLUNGSPLAN (QUELLE: BIMA 2011) .....	171
ABBILDUNG 7. MAßNAHMEN IM OFFENLAND UND AUF DEN WALDFLÄCHEN (QUELLE: BIMA 2011) .....	175
ABBILDUNG 8. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN AUF ÖKOLOGISCHE INTEGRITÄT SOWIE DIE ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN (IST-ZUSTAND) .....	176
ABBILDUNG 9. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN AUF ÖKOLOGISCHE INTEGRITÄT SOWIE DIE ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN (ZIEL-ZUSTAND).....	177
ABBILDUNG 10. ABGESCHÄTZTE AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DIE BIODIVERSITÄT.....	178
ABBILDUNG 11. ABGESCHÄTZTE AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DIE LOKALE KLIMAREGULIERUNG .....	178
ABBILDUNG 12. ABGESCHÄTZTE AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DIE BEREITSTELLENDEN DIENSTLEISTUNG „VIEHFUTTER“ .....	179
ABBILDUNG 13. ABGESCHÄTZTE AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DIE KULTURELLE DIENSTLEISTUNG „TOURISMUS UND ERHOLUNG“ .....	179
ABBILDUNG 14. ABGESCHÄTZTE AUSWIRKUNGEN DER MAßNAHMEN AUF DEN INTRINSISCHEN WERT DER BIODIVERSITÄT.....	180
ABBILDUNG 15. VERGLEICH DES IST-ZUSTANDES UND ZIEL-ZUSTANDES DER QUALITATIV BEWERTETEN ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT (MITTELWERT) IM NATURERBEGEBIET PRORA .....	181
ABBILDUNG 16. VERGLEICH DES IST-ZUSTANDES UND ZIEL-ZUSTANDES DER QUALITATIV BEWERTETEN REGULIERENDEN DIENSTLEISTUNGEN (MITTELWERT) IM NATURERBEGEBIET PRORA .....	181
ABBILDUNG 17. VERGLEICH DES IST-ZUSTANDES UND ZIEL-ZUSTANDES DER QUALITATIV BEWERTETEN VERSORGUNGSDIENSTLEISTUNGEN (MITTELWERT) IM NATURERBEGEBIET PRORA .....	182
ABBILDUNG 18. VERGLEICH DES IST-ZUSTANDES UND ZIEL-ZUSTANDES DER QUALITATIV BEWERTETEN KULTURELLEN DIENSTLEISTUNGEN (MITTELWERT) IM NATURERBEGEBIET PRORA (KARTENGRUNDLAGE: BIMA 2011) .....	182
ABBILDUNG 19. VERGLEICH DES MITTELWERTES DER ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT MIT DEM INDIKATOR BIODIVERSITÄT IM IST-ZUSTAND UND IM ZIEL-ZUSTAND.....	183
ABBILDUNG 20. VERGLEICH DES MITTELWERTES DER REGULIERENDEN DIENSTLEISTUNGEN MIT DEM INDIKATOR LOKALE KLIMAREGULIERUNG IM IST-ZUSTAND UND IM ZIEL-ZUSTAND .....	183
ABBILDUNG 21. HOLZ ALS VERSORGUNGSDIENSTLEISTUNG IM IST-ZUSTAND UND ZIEL-ZUSTAND .....	184
ABBILDUNG 22. LANDSCHAFTSÄSTHETIK ALS INDIKATOR DER KULTURELLEN DIENSTLEISTUNGEN IM IST-ZUSTAND UND ZIEL-ZUSTAND .....	184
ABBILDUNG 23. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER ‚BEWEIDUNG‘ .....	217
ABBILDUNG 24. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER ‚GEWÄSSERPFLEGE‘ .....	218
ABBILDUNG 25. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER MAßNAHME ‚MAHD‘ .....	219
ABBILDUNG 26. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER MAßNAHME ‚NATurnaHE WALDNUTZUNG‘ .....	220
ABBILDUNG 27. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER MAßNAHME ‚SUKZESSIONSPFLEGE‘ .....	221
ABBILDUNG 28. ABSCHÄTZUNGSMATRIX FÜR DIE ZUSAMMENGEFASSTEN BIOTOPTYPEN IN BEZUG AUF DEREN POTENZIELLE BEITRÄGE ZUR ÖKOLOGISCHEN INTEGRITÄT UND ZUR BEREITSTELLUNG VON ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN INFOLGE DER MAßNAHME ‚WALDWEIDENNUTZUNG‘ .....	222

## Danksagung

Dieses Projekt ist nur durch die großzügige Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ermöglicht worden. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Besonderer Dank gilt unserem Projektbetreuer Dr. Reinhard Stock sowie Prof. Dr. Werner Wahmhoff und Frau Dr. Culmsee von der DBU Naturerbe GmbH für die konstruktive Begleitung des Projektes. Ganz herzlich gedankt sei auch den Mitarbeitern des Bundesforstes für die Unterstützung bei der Gebietsbegehung in Prora und für die Überlassung von Karten und Daten. Die Teilnehmer des Projektworkshops leisteten durch ihre kritische Diskussion einen wertvollen Beitrag zur Überarbeitung des Indikatoren- und Methodensets. Letztendlich möchten wir allen Kollegen danken, die durch Hinweise, Diskussionen und organisatorische Tätigkeiten zum Gelingen des Projektes beigetragen haben.

# 1 Zusammenfassung

Mit der Übernahme von 33 Naturerbegebieten hat sich die Deutsche Bundesstiftung Umwelt das Ziel gesetzt, die in diesen Gebieten vorhandene Vielfalt an Lebensräumen und Arten zu erhalten und weiterzuentwickeln. Das Ziel des vorliegenden Projektes war es, ein Konzept für ein Monitoring zu erstellen, mit dessen Hilfe dieser Prozess begleitet und dokumentiert werden kann. Neben der naturschutzfachlichen Erfolgskontrolle sollten dabei auch die Wechselwirkungen zwischen den Ökosystemen und sozioökonomischen Systemen berücksichtigt werden. Daher wurde die Thematik der Ökosystemdienstleistungen in das Konzept integriert.

Eine Voraussetzung für die Entwicklung des Indikatorensets war der Entwurf eines konzeptionellen Rahmens, der die Entwicklung der Naturerbegebiete in einen sozioökonomischen Zusammenhang stellt. Dazu wurden die bestehenden Konzepte der Bioindikation, das DPSIR-Modell sowie die Konzepte der Ökosystemintegrität und der Ökosystemdienstleistungen integriert und an die Situation der Naturerbegebiete angepasst. Mit Hilfe dieses Rahmenkonzeptes lassen sich die Auswirkungen des Gebietsmanagements und anderer anthropogener Einflussfaktoren auf Ökosystemstrukturen und -prozesse sowie die Rückwirkungen dieser Veränderungen auf das menschliche Wohlergehen beschreiben. Auf der Basis dieses Konzeptes erfolgte die Erarbeitung eines Indikatorensets, das sich in zwei Teile untergliedert:

- (1) Die Indikatoren für die Erfolgskontrolle wurden auf die in den Leitbildern und diversen Strategiepapieren der DBU Naturerbe GmbH formulierten Schutz- und Entwicklungsziele zugeschnitten. In die Betrachtungen wurden sowohl terrestrische als auch aquatische Ökosysteme einbezogen. Die Indikatoren treffen unter anderem Aussagen zu den Themen Landschaftsstruktur, Waldstruktur, Biodiversität, Artenschutz, biologische Invasionen, Wildeinfluss, standörtliche Verhältnisse, Gewässerqualität und Gewässerstruktur. Auch überregional wirkende Faktoren wie Klima und Stoffeinträge wurden berücksichtigt. Die Auswahl der Indikatoren orientierte sich an zuvor festgelegten Kriterien. So spielten neben Schlüsselkriterien wie Sensibilität gegenüber den betrachteten Einflussgrößen, räumliche und zeitliche Skalen auch praktische Erwägungen eine Rolle. Insbesondere galt es, den Bezug zu bestehenden Indikatorensystemen und Monitoringprogrammen herzustellen, um Synergieeffekte zu nutzen und das Potenzial für vergleichende Auswertungen zu erhalten. Bei der Auswahl von Biodiversitätsindikatoren wurde zudem darauf geachtet, dass ein Mindestmaß an taxonomischer und funktionaler Diversität erfasst wird.
- (2) Ein Set funktionaler Indikatoren dient der Beschreibung des Zustands der Ökosysteme (Ökosystemintegrität) und der Indikation von Ökosystemdienstleistungen. Die Indikatoren für Ökosystemintegrität gliedern sich in Größen zur Strukturanalyse und Größen zur Beschreibung des Nährstoff-, Energie- und Wasserhaushalts. Indikatoren für Ökosystemdienstleistungen wurden für regulierende, kulturelle und Versorgungsdienstleistungen erarbeitet.

Die Indikatoren wurden einem Basisindikatorensatz, das in jedem Naturerbegebiet bearbeitet werden sollte, und einem Zusatzset zugeordnet. Viele Erhebungsgrößen können sowohl zur Quantifizierung der Indikatoren für die Erfolgskontrolle als auch der Indikatoren für Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen verwendet werden. Bei der Auswahl der Erfassungsmethoden wurde vorzugsweise auf akzeptierte Standards zurückgegriffen, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit mit bestehenden Monitoringprogrammen zu ge-

währleisten. Außerdem wurden neue methodische Entwicklungen vorgestellt, z. B. Fernerkundungsverfahren, die in Zukunft zu einer effizienten Datenerhebung beitragen könnten.

Anhand des Naturerbegebietes Prora wurde gezeigt, wie die Umsetzung des Basisindikatorensatzes für die Erfolgskontrolle aussehen könnte. Außerdem erfolgten eine qualitative Analyse der durch das Gebiet bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen sowie eine Erstellung von Hypothesenkarten zu deren zukünftiger Entwicklung. Als Basis diente der Naturerbeentwicklungsplan der DBU Naturerbe GmbH.

Anhand des Naturerbegebietes Prora wurde gezeigt, wie die Umsetzung des Basisindikatorensatzes für die Erfolgskontrolle aussehen könnte. Außerdem erfolgten eine qualitative Analyse der durch das Gebiet bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen sowie eine Erstellung von Hypothesenkarten zu deren zukünftiger Entwicklung. Als Basis diente der Naturerbeentwicklungsplan der DBU Naturerbe GmbH.

Ein erster Entwurf des Monitoringkonzeptes wurde auf der 17. Sommerakademie der Deutschen Bundesstiftung Umwelt vom 19.06. - 24.06 2011 in Marienthal vorgestellt. Die intensive Diskussion des Indikatoren- und Methodensatzes erfolgte auf einem Projektworkshop vom 13.12.-14.12.2011 in Halle (Saale), an dem ein Fachpublikum bestehend aus Vertretern der Wissenschaft, Naturschutzverbände und Behörden teilnahm. Die Ergebnisse der Diskussionen flossen in den Projektbericht mit ein.

Mit dem vorliegenden Konzept ist es möglich, die Entwicklung wesentlicher Biodiversitätskomponenten im Sinne der naturschutzfachlichen Erfolgskontrolle zu verfolgen. Zudem wurde ein Ansatz vorgestellt, der zeigt, wie Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen in ein gebietsbezogenes Monitoring integriert werden können. Die Auswahl der Indikatoren, Erhebungsgrößen und Methoden ermöglicht darüber hinaus die Bearbeitung einer Vielzahl an wissenschaftlichen Fragestellungen. Das Konzept sollte einem Praxistest unterzogen und nach Bedarf weiterentwickelt werden.

## 2 Anlass und Zielstellung des Projekts

Im Jahr 2005 beschloss die Bundesregierung, 125000 Hektar potenzielle Naturschutzflächen an die Bundesländer, die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und Naturschutzverbände zu übertragen. Es handelt sich meist um großräumige Gebiete mit einer militärischen Vornutzung, auf denen sich bedeutende Lebensräume erhalten oder entwickeln konnten. Seit 2009 ist die DBU Naturerbe GmbH mit der Betreuung und Entwicklung von insgesamt 46000 Hektar Fläche betraut, die sich über 33 verschiedene Standorte erstreckt. Das Hauptziel der DBU Naturerbe GmbH auf diesen Flächen sind „die Förderung und der Erhalt des heimischen Reichtums an Tier- und Pflanzenarten in unterschiedlichen Lebensräumen“ (DBU Naturerbe GmbH 2011). Ein weiteres wesentliches Ziel ist die Förderung eines nachhaltigen Naturbewusstseins der Bevölkerung. Um die Naturschutzziele in den Gebieten zu erreichen, verfolgt die DBU Naturerbe GmbH zwei verschiedene Strategien. In Wald- und Feuchtgebieten sollen natürliche Prozesse weitestgehend zugelassen werden, so dass sich dort naturnahe Lebensräume entwickeln können. Dagegen sollen die anthropogen entstandenen Lebensräume des Offenlandes durch gezielte Pflege erhalten und weiterentwickelt werden (Wahnhoff 2010). Die jeweilige Strategie ist für jede Fläche in einem Leitbild festgelegt.

Ein effektives Management von Naturschutzflächen erfordert detaillierte Kenntnisse über deren Naturausstattung, Einflussfaktoren, die auf die Gebiete einwirken sowie Werkzeuge zur Dokumentation von Trends und zur Erfolgskontrolle von Naturschutzmaßnahmen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben ist ein langfristig angelegtes Monitoring unumgänglich. Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, ein Konzept für ein umfangreiches Monitoringssystem für die Naturerbegebiete der Deutschen Bundesstiftung Umwelt zu erstellen. Um die Grundlage für eine optimale Entwicklung der Gebiete zu schaffen, sollte das Konzept über die naturschutzfachliche Erfolgskontrolle hinausgehen. Das Ziel war es, auch die Wechselwirkungen zwischen den Ökosystemen und sozioökonomischen Systemen berücksichtigen.

Zusammenfassend lassen sich folgende Ziele formulieren, die mit Hilfe des Monitorings erreicht werden sollen:

- Erstellung einer Bestandsaufnahme über den Zustand der Ökosysteme und deren Komponenten
- Dokumentation der langfristigen Entwicklung der Ökosysteme
- Dokumentation und Erfolgskontrolle von Pflege- und Managementaktivitäten
- Erfassung von natürlichen Prozessen, die zur Erreichung der Schutzziele in den Gebieten beitragen
- Erfassung von Parametern, die aktuelle und zukünftige Gefahren indizieren, insbesondere anthropogene Einflussfaktoren
- Erfassung wesentlicher Ökosystemdienstleistungen, die durch die Naturerbegebiete erbracht werden

### 3 Monitoring – Definition und Anwendungen

Nach einer Definition von Hellowell (1991) beschreibt Monitoring „*Intermittent (regular or irregular) surveillance carried out in order to ascertain the extent of compliance with a predetermined standard or the degree of deviation from an expected norm*“, also ein periodisch (regelmäßig oder unregelmäßig) durchgeführtes Beobachtungsprogramm zur Ermittlung des Ausmaßes an Übereinstimmung mit einem definierten Standard oder des Grades der Abweichung von einer erwarteten Norm. Im Kontext des Naturschutzmonitorings kann solch ein Standard eine Basislinie sein (z.B. der Erhalt einer bestimmten Fläche eines Habitats) oder auch ein Ziel. Monitoring besitzt einen zielorientierten Charakter und unterscheidet sich dadurch von anderen Formen der Datenerhebung, wie z. B. Beobachtung, Dauerbeobachtung, experimentelles Management, Gefährdungsanalyse und allgemeine Forschung (Hurford 2010).

Im Gegensatz zum Monitoring beschränkt sich die Dauerbeobachtung (Surveillance) auf eine regelmäßige, standardisierte Erhebung von Daten. Das Ziel der Dauerbeobachtung ist die Messung von zeitlichen Entwicklungen und die Erkennung von Trends. Es werden Daten erhoben, ohne dass es Erwartungen an das Ausmaß oder die Richtung einer Entwicklung gibt (Hellowell 1991). Die Dauerbeobachtung ist geeignet, Monitoringprogramme zu ergänzen.

Monitoring ist ein Bestandteil des Managements von Schutzgebieten. Seine Hauptfunktion besteht in der Bereitstellung von Informationen über den Zustand eines Gebietes, eines Lebensraums oder einer Art. Es zeigt den Erreichungsgrad des zuvor definierten Ziels an, anhand dessen der Erfolg oder Misserfolg einer Maßnahme abgeleitet werden kann. Monitoring besitzt auch eine Frühwarnfunktion indem es sich verschlechternde Bedingungen anzeigt und somit gezielte Gegenmaßnahmen ermöglicht. Es erleichtert weiterhin die Formulierung von Schutzprioritäten für den gezielten Einsatz limitierter Ressourcen.

Die Erfolgskontrolle von Managementmaßnahmen und die Evaluierung des Erhaltungszustands von Lebensräumen und Arten sind die klassischen Ziele des Naturschutzmonitorings. Dieses findet in der Regel auf der räumlichen Skala der Lebensräume statt, welche die Managementeinheiten darstellen. In Anlehnung an Hurford (2010) umfasst die Entwicklung und Implementierung eines solchen Monitoringprogramms mehrere Schritte:

- Identifizierung der Schutzprioritäten und Formulierung der Entwicklungsziele. Dieser Schritt beinhaltet auch die Identifizierung von Gefährdungen.
- Entwicklung einer Schutzstrategie (z.B. Managementplan). Dieser Schritt muss unter Beachtung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgen (Wie reagieren Lebensräume und Arten auf bestimmte Umweltfaktoren? Wie beeinflussen Managementaktivitäten entscheidende Umweltparameter?).
- Entwicklung von geeigneten Zustandsindikatoren zur Erfolgskontrolle
- Entwicklung geeigneter Methoden zur Erfassung der Parameter
- Erstellung eines räumlichen Konzepts
- Datenerfassung und Speicherung
- Auswertung

Räumlich abgrenzbare Managementeinheiten stehen in vielfachen Wechselbeziehungen mit ihrer Umgebung und werden von natürlichen und anthropogenen Faktoren beeinflusst,

die oftmals über größere räumliche und zeitliche Skalen hinweg wirken. Ein zeitgemäßes Monitoring beschränkt sich daher nicht nur auf die lokale Erfolgskontrolle sondern stellt diese in den Kontext gesellschaftlicher und ökonomischer Entwicklungen.

Der Kern eines jeden Monitoringprogramms ist ein Set an Indikatoren. Die Grundlagen der Indikation, die zugrunde liegenden theoretischen Konzepte sowie die Kriterien für die Auswahl von Indikatoren werden in Kapitel 4 erörtert.

## **4 Theoretischer Hintergrund**

### **4.1 Indikatoren-Definition, Klassifizierung, Anforderungen**

Indikatoren dienen der zusammenfassenden Abbildung komplexer Sachverhalte, die nicht auf einem direkten Weg messbar sind. Diese komplexen Sachverhalte werden auch als Indikanda bezeichnet. Indikatoren werden durch Parameter quantifiziert. Dabei handelt es sich um Daten, die entweder durch Messungen erhoben werden oder aber auch durch Modellierung gewonnen werden können.

Indikatoren existieren für die unterschiedlichsten Fragestellungen und Wissenschaftsfelder. Demzufolge gibt es auch verschiedene Möglichkeiten, diese zu klassifizieren. So lassen sich Indikatoren nach ihrem Typ (z. B. biotisch/ abiotisch), Art der Reaktion (z. B reaktiv/akkumulativ), oder Aussage (z.B. Statusindikatoren/ Wirkungsindikatoren) einteilen. Wesentlich ist die Einordnung von Indikatoren in einen konzeptionellen Rahmen. Solche Indikatorenkonzepte stellen die zu indizierenden Größen in einen kausalen Zusammenhang und bilden somit das wissenschaftliche Fundament für die Entwicklung von Monitoringkonzepten. Für das Monitoringkonzept für die DBU-Natureerbegebiete sind drei theoretische Konzepte relevant:

- Das Konzept der Bioindikation (Abschnitt 4.2)
- Das DPSIR-Modell (Abschnitt 4.3)
- Das Konzept der Ökosystemintegrität und der Ökosystemdienstleistungen (Abschnitt 4.4)

Die Anwendung dieser Konzepte im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird Abschnitt 4.5 beschrieben.

### **4.2 Das Konzept der Bioindikation**

Jeder Organismus besitzt gegenüber einem gegebenen Umweltfaktor einen bestimmten physiologischen Toleranzbereich, innerhalb dessen seine Existenz theoretisch möglich ist. Praktisch wird dieser potenzielle Toleranzbereich durch die Wechselwirkung mit anderen Umweltfaktoren eingeschränkt. Der aus diesen Wechselwirkungen verschiedener Umweltfaktoren resultierende ökologische Präsenzbereich (Schubert 1991) spiegelt das tatsächliche Verhalten eines Organismus bei gleichzeitiger Einwirkung aller Umweltfaktoren wider (ökologische Potenz). Zusammen mit dem physiologischen Toleranzbereich bestimmt die ökologische Potenz den Zeigerwert eines Organismus, einer Population oder Lebensgemeinschaft. Die Bioindikation bezeichnet die Anzeige von Umweltfaktoren durch biologische Systeme. Bioindikatoren sind somit Organismen oder Gemeinschaften von Organismen, deren Auftreten, Abundanz oder Funktion mit bestimmten Umweltvariablen korreliert, so dass sie als Zeiger für den Zustand der Umwelt herangezogen werden können (Schubert 1991).

Bioindikation liegt dann vor, wenn eine Veränderung gegenüber einem Vergleichsstandard messbar ist. Kann die Reaktion eines Indikators ausschließlich auf einen bestimmten Einflussfaktor zurückgeführt werden, handelt es sich um spezifische Bioindikation. Unspezifische Bioindikation bezeichnet hingegen eine Reaktion, die durch verschiedene Faktoren hervorgerufen werden kann. Es kann zwischen Reaktionsindikatoren und Akkumulationsindikatoren unterschieden werden. Während erstere eine direkte Reaktion auf eine Umweltveränderung zeigen, reichern Akkumulationsindikatoren Einflussgrößen über dem Niveau der sie umgebenden Umwelt an. Wenn ein Umweltfaktor direkt auf den Indikator wirkt, so ist die Rede von direkter Bioindikation. Hingegen bezeichnet die indirekte Bioindikation die Wirkung über eine Wirkungskette. Innerhalb des Indikatororganismus kann es zu primären und davon abhängigen sekundären Reaktionen kommen. Die Beziehung zwischen dem Umweltfaktor und der Reaktion des Indikatororganismus hängt von dessen Sensitivitätsverhalten ab. Je nach Breite und Position des Sensitivitätsbereichs kann diese Beziehung einen sprunghaften Charakter haben, einem linearen, nicht-linearen oder sigmoiden Verlauf folgen (Schubert 1991).

Die Bioindikation ist grundsätzlich auf verschiedenen Organisationsstufen möglich, wobei die Komplexität mit der Höhe der Organisationsstufe zunimmt. Eine direkte Bioindikation erfolgt meist auf der Ebene niedriger Organisationsstufen (z.B. Zellen, Einzelorganismen), während auf höheren Organisationsstufen (z. B. Ökosysteme) oftmals nur unspezifische Aussagen möglich sind.

Anwendung findet die Bioindikation vor allem bei der Überwachung von Umweltschadstoffen sowie im Rahmen ökotoxikologischer Testverfahren. Beispiele sind die Indikation von Pestiziden in Gewässern durch aquatische Lebensgemeinschaften (Liess et al. 2008) oder auch die Indikation von Luftverunreinigungen mit Hilfe von Flechten (VDI 1995). Während Direktmessungen von Umweltfaktoren oftmals nur kurze Ausschnitte des Belastungsniveaus zeigen und somit anfällig für Fluktuationen sind, können Bioindikatoren Informationen über den Langzeitzustand der Umwelt bereitstellen (Dziock et al. 2006). Voraussetzung für die Anwendung der Bioindikation ist eine präzise Definition der Indikationsziele und der zu indizierenden Umweltfaktoren (Indikandum). Indikationsziele und Indikanda dienen oftmals auch als Grundlage für die Klassifikation von Bioindikatoren (z. B. McGeoch 1998, Zehlius-Eckert; Dziock et al. 2006).

### 4.3 Das DPSIR-Modell

Die Entwicklung von Ökosystemen wird maßgeblich durch menschliche Aktivitäten beeinflusst. Diese Veränderungen haben wiederum Rückwirkungen auf menschliche Entscheidungsprozesse und Handlungen. Im Verlauf der vergangenen Jahre hat sich das DPSIR-Modell (**D**Driving forces, **P**ressure, **S**tate, **I**mpact, **R**esponse) als ein wesentliches Konzept für die Darstellung von Umweltbelastungen und den daraus resultierenden Reaktionen durchgesetzt (Klotz 2007). Das Modell setzt die Beschreibung des Zustands der Umwelt in einen sozioökonomischen Kontext. Es beschreibt eine Reihe an Einflussgrößen, die in einem kausalen Zusammenhang stehen (Abbildung 1)

- *Driving forces* – Antriebskräfte sind menschliche Aktivitäten, die maßgeblich für Veränderungen in der Umwelt verantwortlich sind. Es handelt sich vor allem um ökonomische Aktivitäten und soziale Entwicklungen. Wesentliche Faktoren sind Industrie sowie Land- und Forstwirtschaft.
- *Pressures* – beschreiben die Einflussfaktoren, die einen direkten Effekt auf die Umwelt ausüben. Dazu zählen z.B. Emissionen von Schadstoffen, die Entnahme von natürlichen Ressourcen, Landnutzungen oder Flächenversiegelung.

- *State* – Darunter wird der Zustand von Ökosystemen verstanden, der durch die oben genannten Einflussfaktoren (Pressures) beeinflusst oder verändert wird.
- *Impacts* – beschreiben die Auswirkungen der Umweltveränderungen auf das Gesamtsystem, wozu auch ökonomische oder soziale Auswirkungen gezählt werden.
- *Responses* – beschreiben die Maßnahmen, die von Politik und Gesellschaft ergriffen werden, um als negative bewertete Veränderungen der Umwelt zu begegnen.

Jeder Größe des DPSIR-Modells können Indikatoren zugeordnet werden. Das DPSIR-Modell wird durch internationale Organisationen, wie z.B. die Europäische Umweltagentur (EEA 1999) oder das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), verwendet. Es liegt außerdem dem Indikatorenset der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU 2007) zugrunde.

Wesentliche Vorteile des DPSIR-Modells bestehen darin, dass seine Kategorien denen politischer Handlungsfelder entsprechen, dass es eine einfache Kommunikation kausaler Zusammenhänge ermöglicht und die Ergreifung von Maßnahmen zur Beseitigung anthropogen verursachter Umweltprobleme erleichtert (Niemeijer & De Groot 2008; Maxim et al. 2009; Kohsaka 2010). Trotz seiner weitläufigen Anwendung weist das DPSIR-Modell jedoch eine Reihe an Schwächen auf, die seine Anwendungsmöglichkeiten limitieren. So haben verschiedene Autoren darauf verwiesen, dass sich komplexe Zusammenhänge durch das DPSIR-Modell nur unzureichend abbilden lassen (Niemeijer & De Groot 2008; Maxim et al. 2009). Erweiterte Modelle, z.B. das „tetrahedral DPSIR“ (Maxim et al. 2009) und „eDPSIR“ (Niemeijer & De Groot 2008) tragen dieser Komplexität Rechnung, lassen sich jedoch weniger gut kommunizieren (Kohsaka 2010). Die unzureichende Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen durch das DPSIR-Modell stellt einen weiteren Kritikpunkt dar (Kohsaka 2010), obwohl Ökosystemdienstleistungen oftmals die Grundlage für die Rechtfertigung politischer Maßnahmen darstellen (Spangenberg 2007). Ein weiteres Argument sind die praktischen Probleme bei der Zuordnung einzelner Indikatoren zu den Kategorien des Modells. Als problematisch werden unter anderem die Unterscheidung von *Drivers* und *Pressures* sowie *State*- und *Impact*-Variablen genannt (Schramek 2002). So können z. B. phänologische Veränderungen als eine Änderung des Status (*State*) oder aber auch als die Auswirkung (*Impact*) des Klimawandels gesehen werden. Der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft wird durch verschiedene Interessengruppen sowohl als *Pressure*- als auch als *Response*-Variable betrachtet (Binimelis et al. 2009) und erscheint in der nationalen Biodiversitätsstrategie in beiden Kategorien (BMU 2007). Im Extremfall kann eine Variable bis zu vier Kategorien des Modells zugeordnet werden (Loveland & Thompson 2002).

Aufgrund seiner überschaubaren Anzahl von Kenngrößen und Beziehungen eignet sich das DPSIR-Modell vor allem zur Organisation und Kommunikation von Informationen. Eine Anwendung zur Analyse kausaler Zusammenhänge erfordert jedoch eine präzise Definition und Spezifizierung seiner Elemente (Spangenberg et al. 2009).

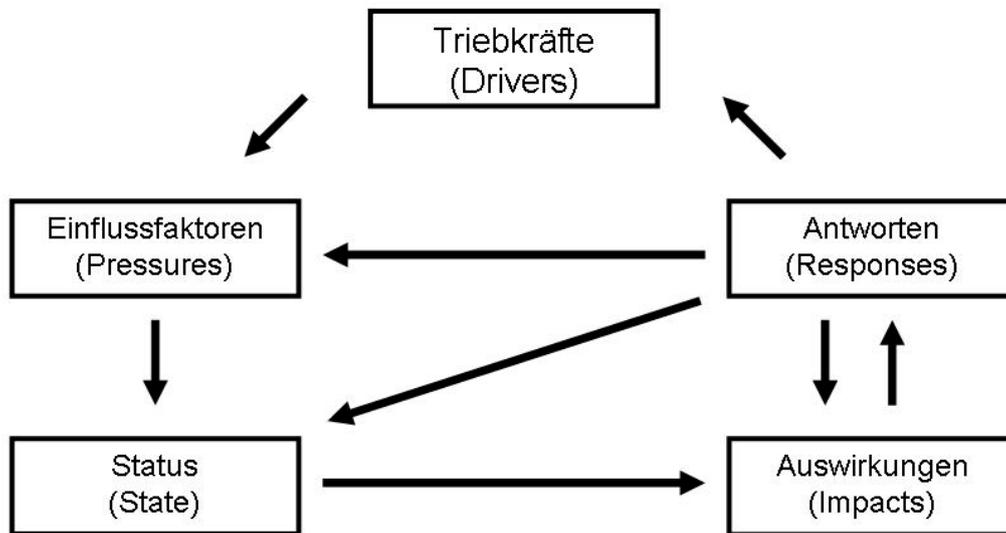


Abbildung 1. Das DPSIR-Modell.

#### 4.4 Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen

Viele Beziehungen innerhalb des geschilderten DPSIR-Modells basieren auf funktionalen Zusammenhängen innerhalb der betrachteten Ökosysteme. Daher sollten für eine umfassende Indikation der Dynamik von Ökosystem-Zuständen auch die ökologischen Prozessabläufe Berücksichtigung finden. Während viele naturschutzfachliche Fragestellungen in der Praxis schwerpunktmäßig auf den strukturellen Eigenschaften der Biozönose basieren, fordert zum Beispiel das Bundesnaturschutzgesetz an sehr prominenter Stelle eine Förderung der „Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts“, und in der Rio-Konvention wurden bereits 1992 alle Unterzeichnerstaaten aufgefordert, die Eigenschaften „Ecosystem Health“ und „Ecosystem Integrity“ (Ökosystemintegrität) zu schützen und im Störungsfalle wiederherzustellen. Auch die Convention on Biological Diversity (CBD) fordert im „Ecosystem Approach“ eine stärkere Einbeziehung funktionaler Aspekte in das Umweltmanagement.

Unter diesen Aspekten ist eine „nachhaltige Entwicklung“ sehr eng verknüpft mit der Bewahrung der ökologischen Funktionsfähigkeit. Folglich sollten auch die Monitoring-Konzepte für Naturerbegebiete Indikatoren über deren ökologische Funktionalität berücksichtigen. Erst hierdurch wird es ermöglicht, wirkungsbezogene Aussagen über den Zustand von Ökosystemen zu generieren, die langfristige Entwicklung struktureller und funktionaler Größen und Prozesse integrativ zu verfolgen und mögliche Gefährdungsparameter im Sinne einer Frühwarnung zu erkennen.

Um diesen Forderungen nachzukommen, wurden zwei Konzepte zur Indikation funktionaler Zusammenhänge in das vorgeschlagene Indikatorensystem aufgenommen:

- die *ökologische Funktionalität*, die sich auf das Zusammenwirken ökologischer Prozesse bezieht und durch den naturwissenschaftlichen Ansatz der *Ökosystemintegrität* (auch ökologische Integrität) repräsentiert wird, und
- die *anthropozentrische Funktionalität*, die den Nutzen ökologischer Systeme für die Gesellschaft widerspiegelt und im Konzept der *Ökosystemdienstleistungen* angewendet wird.

#### 4.4.1 Ökosystemintegrität

Zur Darstellung der Wechselwirkungen im Prozessgefüge von Ökosystemen, der ökologischen Funktionalität, kann das Konzept der ökologischen Integrität als Grundlage für die Ableitung von Indikatoren genutzt werden. Diesem Konzept liegt die Theorie der Selbstorganisation von Ökosystemen zugrunde (Jørgensen 1997, Müller 1997, Jørgensen & Müller 2000, Ulanowicz 2000). Demnach wird die Ordnung innerhalb ökologischer Systeme durch spontan ablaufende Prozesse bestimmt, die unter natürlichen Bedingungen ohne regulierende Einflüsse der Umwelt des Systems zusammenwirken. Die Konsequenzen dieser Prozesse für die Entwicklung von Ökosystemen wurden im so genannten Orientoren-Ansatz zusammengefasst (Müller & Leupelt 1998, Bossel 1998, Bossel 2000).

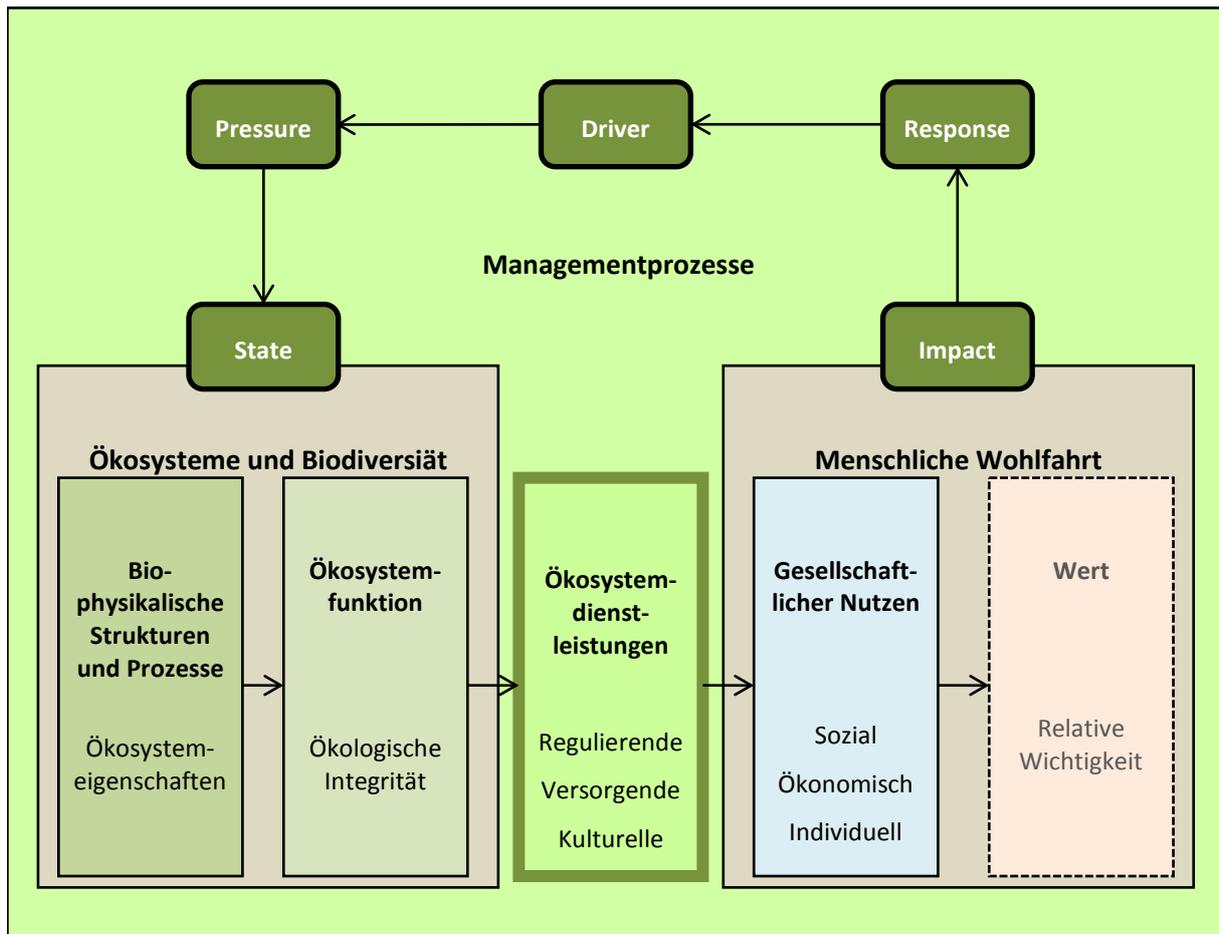
Diese Theorie der Ökosystementwicklung gründet auf Ansätzen der Nicht-Gleichgewichts-Thermodynamik (Jørgensen 1997, Jørgensen 2000, Schneider & Kay 1994, Kay 2000), der Netzwerkentwicklung (Fath & Patten 1998) und der Sukzessionstheorie (Odum 1969, Dierssen 2000). Entsprechend dieser Theorien können zur Selbstorganisation fähige Systeme, die einen Durchfluss von Exergie erfahren (entspricht dem nutzbaren Anteil der Gesamtenergie, der in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann), Strukturen und Gradienten auf Basis spontan ablaufender Prozesse aufbauen (Jørgensen 2000). Exergie wird dabei durch metabolische Reaktionen in nichtkonvertierbare Energiefraktionen (Entropie) umgewandelt, die in die Umwelt des Systems entlassen werden. Der Prozess führt zum Aufbau von geordneten Strukturen und zur Speicherung von importierter Exergie innerhalb von Biomasse, Detritus und Information. Während der ungestörten Entwicklung eines Ökosystems bildet sich somit ein Zustand des Systems aus, der durch spezifische lokale Bedingungen bestimmt bzw. beschränkt wird. Im Verlauf dieser Entwicklung ist eine Zunahme an Komplexität innerhalb des Systems zu verzeichnen (z.B. der Nahrungsnetze, Heterogenität, Biodiversität, siehe Müller & Burkhard 2007).

Barkmann et al. (2001) beschreiben ökologische Integrität *„als eine Leitlinie zur Vorsorge vor unspezifischen ökologischen Gefährdungen im Rahmen nachhaltiger Entwicklung. Sie zielt darauf, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts als natürliche Lebensgrundlage des Menschen langfristig zu erhalten, indem jene ökosystemaren Prozesse und Strukturen geschützt werden, welche die Voraussetzung für die Selbstorganisationsfähigkeit von Ökosystemen bilden“*. Das Ziel dieses Leitbildes ist es folglich natürlichen Systemen eine möglichst hohe Widerstandskraft gegenüber unbekanntem Gefährdungen zu verleihen. Dabei gehen Barkmann et al. (2001) davon aus, dass Ökosysteme grundsätzlich dynamischer Natur sind, weshalb statische Stabilitätskonzepte wie das der Konstanz und Persistenz als Leitbilder für die ökosystemare Risikovorsorge nicht geeignet sind. Vielmehr sollte die Fähigkeit der Systeme gefördert werden, nach einer Störung wieder in einen Zustand zu gelangen, der die Bereitstellung wesentlicher ökosystemarer Dienstleistungen gewährleistet (Resilienz) und eine naturnahe Weiterentwicklung ermöglicht (Anpassungsfähigkeit). Die Integrität eines Ökosystems (bzw. die relevanten Ökosystemstrukturen und -prozesse) stellt somit die Basis für die Bereitstellung von Dienstleistungen dar, die einen direkten Nutzen für die Menschheit haben. Daher steht diese am Anfang der sog. Ökosystemdienst-

leistungskaskade, die den Zusammenhang zwischen ökologischer Integrität, Ökosystemdienstleistungen und menschlicher Wohlfahrt aufzeigt (vgl. Abbildung 2).

Ökosystemstrukturen und Ökosystemprozesse sind die wesentlichen Komponenten der Ökosystemintegrität (Müller & Burkhard 2010). Ökosystemstrukturen lassen sich durch biotische und abiotische Komponenten beschreiben. Ökosystemprozesse werden durch Größen des Energie-, Stoff- und Wasserhaushalts charakterisiert (Müller & Burkhard 2007). Ein detailliertes Indikatorenset auf der Basis des Konzeptes der Ökosystemintegrität wird gegenwärtig im Rahmen des EU-Projektes EnvEurope (<http://www.enveurope.eu>) für das LTER-Netzwerk (Müller et al. 2010) erarbeitet. Die hierarchische Struktur dieses Indikatorensets ist in Tabelle 1 dargestellt. Das Konzept geht zunächst davon aus, dass für eine ganzheitliche Beschreibung von Ökosystem-Dynamiken neben den Eigenschaften des Habitats und der Biozönose auch Komponenten des Wasser-, Energie- und Stoffhaushalts berücksichtigt werden müssen. Zur Indikatorenableitung wird weiterhin angenommen, dass unter naturnahen, ungestörten Bedingungen viele Entwicklungsprozesse im Sinne der o.a. Orientoren-Theorie ablaufen: naturnahe und gestörte Ökosysteme lassen sich durch bestimmte Ökosystemeigenschaften, die naturnahe Entwicklungsprozesse repräsentieren, leicht differenzieren. Aus einer großen Menge solcher Optimierungs-Prozesse gelten die folgenden als besonders gut geeignete Indikations-Grundlagen:

- Die Komplexität der Biozönose nimmt im langfristigen Entwicklungsprozess von Ökosystemen zu. Zur Indikation können vorhandene Parameter der Biodiversität im zeitlichen Verlauf genutzt werden.
- Die abiotische Heterogenität wird durch biozönotische Einflüsse und Prozesse kontinuierlich erweitert. Dieser Prozess kann anhand von Diversitäts-Maßen oder durch angewandte Landschaftsstrukturmaße (Landscape Metrics) beobachtet werden.
- Die Aufnahmekapazität für nutzbare Energie nimmt zu. Dies führt zu einer erhöhten Nettoprimärproduktion, deren Betrag häufig als Indikator der Exergie-Aufnahme genutzt wird.
- Die gegenseitige Anpassung der Komponenten führt zu einer Reduzierung von Verlusten bei stofflichen und energetischen Übergängen. Dadurch verändern sich Effizienzmaße wie zum Beispiel der Produktion/Biomasse-Quotient.
- Die wachsende Komplexität erfordert höhere Erhaltungskosten. Diese können zum Beispiel durch die Gesamtrespiration des Systems indiziert werden.
- Die stofflichen Verluste werden minimiert. Dieser Prozess kann z.B. durch die Nitratwaschung untersucht werden.
- Der Wasserdurchfluss durch terrestrische Biozönosen wird optimiert. Dadurch erhöht sich die Transpiration (z.B. Biotischer Wasserfluss als Quotient Transpiration/Evapotranspiration), wodurch auch das stoffliche Kreislaufgeschehen im Ökosystem gefördert wird.



**Abbildung 2.** Die Ökosystemdienstleistungs-Kaskade nach Haines-Young & Potschin (2010a), De Groot et al. (2010), Müller et al. (2010)

Die Eigenschaften der genannten Entwicklungsgänge können natürlich durch sehr viele verschiedene Indikatoren beschrieben werden (vgl. Tabelle 1). Dabei spielt in der Praxis die Datenverfügbarkeit eine sehr wichtige Rolle. So können die Indikatoren auf einer hochkomplexen Messebene - wie zum Beispiel in der Ökosystemforschung - direkt bestimmt werden. Dieser Optimalfall ist sicherlich in den Naturerbegebieten höchstens an sehr wichtigen Standorten zu erwarten. Allerdings können viele Informationen auch auf einfachere Weise oder im Verbund mit bundesweiten Messnetzen quantifiziert werden. Darüber hinaus können Modelle oder Schätzverfahren angewendet werden. Schließlich können auch Kartierungen oder Langzeiterhebungen helfen, die Entwicklung der Indikatoren langfristig zu verfolgen. Daher bieten sich viele Möglichkeiten der Datenermittlung im funktionalen Bereich, von denen einige in der folgenden Liste aufgeführt sind:

- Integritäts-Messstation (z.B. Energiebilanzen, Wasserbilanzen, Nährstoffbilanzen,...)
- Meteorologische Station (z.B. Strahlungsbilanz, Niederschlag, Verdunstung,...)
- Station im Depositionsmessnetz (z.B. Eintrag von Luftschadstoffen,...)
- Station im Waldzustands-Messnetz (z.B. Level I, Level II, Stoffbilanzen und Wirkungen)
- Bodendauerbeobachtungsflächen (z.B. Langfristige Entwicklung der Nährstoffversorgung)

- Flächenpotentialabschätzung (z.B. Modellanwendung zur Ermittlung von Standort-Potenzialen)

**Tabelle 1. Struktur des Indikatorensystems für das LTER-Netzwerk mit Indikatoren-Beispielen**

Quelle: Burkhard et al. unveröffentlicht)

Indikandum			Beispiele: Indikatoren in verschiedenen Ökosystemtypen			
			Terrestrische Ökosysteme	Aquatische Ökosysteme	Marine Ökosysteme	
Ökosystemstrukturen	Biodiversität	Flora	Pflanzenarten	Pflanzenarten	Pflanzenarten	
		Fauna	Tierarten	Tierarten	Tierarten	
		Habitatdiversität	Habitattypen	Habitattypen	Habitattypen	
	Abiotische Heterogenität	Boden	Het. Bodenart	Het. Sediment	Het. Sediment	
		Wasser	Het. Niederschlag	Het. Schichtung	Het. Schichtung	
		Luft	Stratifizierung	-	-	
		Relief	Geomorphologie	Gewässermorphologie	Gewässermorphologie	
Ökosystemprozesse	Energiehaushalt	Eintrag	Exergieaufnahme	NPP*	NPP*	NPP*
		Speicherung	Exergiespeicherung	C-Speicher	C-Speicher	C-Speicher
		Austrag	Entropieproduktion	CO <sub>2</sub> -Produktion	CO <sub>2</sub> -Produktion	CO <sub>2</sub> -Produktion
		Zusätzliche Zustandsvariablen	Meteorologie	Strahlungsbilanz	Temperatur	Temperatur
		Effizienzmaße	Metabolische Effizienz	P/B**	P/B**	P/B**
	Stoffhaushalt	Eintrag	Stoffeintrag	Deposition	Einleitung	Einleitung
		Speicherung	Stoffspeicherung	Bodenspeicher	Sedimentspeicher	Sedimentspeicher
		Austrag	Stoffverluste	Auswaschung	Abfluss	Abfluss
		Zusätzliche Zustandsvariablen	Elementkonzentrationen	pH, Bilanzen	pH, Bilanzen	pH, Bilanzen
		Effizienzmaße	Nährstoffkreisläufe	Input/Output	Input/Output	Input/Output
	Wasserhaushalt	Eintrag	Wassereintrag	Niederschlag	Niederschlag	Niederschlag
		Speicherung	Wasserspeicherung	NFK***	Ganglinien	Ganglinien
		Austrag	Wasserverlust	Versickerung	Abfluss	Abfluss
		Zusätzliche Zustandsvariablen	Verdunstung	Verdunstung	Verdunstung	Verdunstung
		Effizienzmaße	Biotischer Wasserfluss	T / ET tot****	-	-

\* Nettoprimärproduktion

\*\* Produktion/Biomasse

\*\*\* Nutzbare Feldkapazität

\*\*\*\* Transpiration/Evapotranspiration

#### 4.4.2 Ökosystemdienstleistungen

Ein zweiter Aspekt der Funktionalität bezieht sich auf die vielfältigen Beiträge und Nutzen, die die menschliche Gesellschaft aus funktionierenden Ökosystemen ziehen kann. Ökosystemdienstleistungen (*Ecosystem Services*) umfassen alle Güter (Endprodukte) und Dienstleistungen, die ein Ökosystem erbringt und aus denen Menschen einen Nutzen ziehen. Dabei ist wichtig zu beachten, dass die Definition von Ökosystemdienstleistungen besagt, dass Ökosysteme definitionsgemäß nur dann Dienstleistungen erbringen, wenn Menschen daraus Nutzen ziehen; d.h. wenn Menschen ein Ökosystem nicht nutzen (dürfen), stellt dieses Ökosystem auch keine Dienstleistungen bereit. Ökosystemdienstleistungen stellen somit die Grundlage der menschlichen Existenz dar.

Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen (in jüngerer Zeit auch Ökosystemleistungen genannt) wird seit geraumer Zeit intensiv in der Literatur diskutiert (z.B. Burkhard et al. 2011, Fisher et al. 2009, Seppelt et al. 2011). Daher ergibt sich auch eine Vielzahl von Definitionen und Klassifikationen. Die wohl am häufigsten verwendete Definition stammt aus dem *Millennium Ecosystem Assessment* (MA 2003) und besagt, dass „*ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems*“. Diese allgemeine Definition kann um den Aspekt des menschlichen Handelns erweitert werden, wodurch sich folgendes Begriffsverständnis ergibt: *Ecosystem services are “the contributions of ecosystem structure and function – in combination with other inputs – to human well-being”* (Burkhard et al., in press). Damit wird sowohl auf die Integrität als Basis für die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen hingewiesen, als auch auf die zunehmenden anthropogenen Einflüsse auf Ökosysteme. Im Zuge des *Millennium Ecosystem Assessment*, einer weltweiten Zustandsanalyse der Ökosysteme (MA 2003), würden Ökosystemdienstleistungen in vier Kategorien eingeteilt werden:

- Unterstützende Ökosystemdienstleistungen (supporting services) umfassen grundlegende Prozesse, die innerhalb von Ökosystemen ablaufen. Sie stellen die Grundvoraussetzung für die Bereitstellung aller anderen Ökosystemdienstleistungen dar.
- Versorgungsdienstleistungen (provisioning services) sind verantwortlich für die Bereitstellung von lebensnotwendigen Produkten.
- Regulierende Dienstleistungen (regulating services) umfassen Größen, die an der Regulation von Ökosystemprozessen beteiligt sind.
- Kulturelle Dienstleistungen (cultural services) bilden die Basis für Erholung, kulturelle und spirituelle Inspirationen.

Eine umfangreiche ökonomische Studie zu Ökosystemen und Biodiversität (TEEB: *The economics of ecosystems and biodiversity*; Kumar 2010) teilt die Ökosystemdienstleistungen in Regulierende, Kulturelle, Habitat- und Versorgungsdienstleistungen ein. Ökosystemdienstleistungen können nur dann in einer ausreichenden Menge und Qualität erbracht werden, wenn sich die Ökosysteme in einem entsprechend guten Zustand befinden, das heißt, wenn die Integrität der Ökosysteme gewährleistet ist. Die Komponenten der Ökosystemintegrität entsprechen dabei im Wesentlichen den unterstützenden Dienstleistungen des Millennium Ecosystem Assessment und werden u.a. in Müller (2005) genauer beschrieben. Ohne die Aufrechterhaltung biotischer und abiotischer Strukturen sowie essentieller Funktionen, wie der Nährstoff-, Energie-, und Wasserkreisläufe, ist auch die Bereitstellung von regulierenden, versorgenden und kulturellen Ökosystemdienstleistungen nicht gewährleistet (vgl. Abbildung 2). Daher werden diese Komponenten heute weitgehend durch Konzepte der Ökosystemfunktion oder der Ökosystemintegrität ersetzt, da die hiermit beschriebene

nen Strukturen und Prozesse in der Regel keine direkt für den Menschen nutzbaren Dienstleistungen erbringen. Die Ökosystemintegrität wird hier anhand weniger Indikatoren beschrieben (Baumann 2001, Barkmann et al. 2001, Müller & Burkhard 2010), die in Kapitel 7.2 definiert sind und dort mit potenziellen Indikatoren zur Quantifizierung aufgeführt sind. Diese lassen sich in die Gruppen Struktur, Nährstoffe, Energie und Wasser einteilen und korrespondieren somit sehr eng mit den oben beschriebenen Funktionen.

Als Übergangsgruppe zwischen Integritätsmerkmalen und den Ökosystemdienstleistungen lassen sich die regulierenden Dienstleistungen auffassen. Tabelle 27 gibt eine Übersicht über die hier verwendeten Kenngrößen zur Beschreibung und Quantifizierung der regulierenden Dienstleistungen. Abweichende Untergliederungen lassen sich in z.B. Kandziora et al. (subm.), Millennium Ecosystem Assessment (MA 2003) und Kumar (2010) finden. Hierbei ist zu beachten, dass die Untergliederung der Ökosystemdienstleistungen je nach Studiengebiet und Fragestellung individuell angepasst werden muss und dass die Komplexität des Konzepts, insbesondere in Anbetracht der sog. „Ökosystemdienstleistung-Kaskade“ (Abbildung 2) keine endgültige Definition und Einteilung der im Einzelfall relevanten Funktionen und Ökosystemdienstleistungen zulässt.

Die Anwendung des Konzepts der Ökosystemdienstleistungen in der Landschaftsplanung und im Landschaftsmanagement wird trotz zunehmender Akzeptanz und Weiterentwicklung noch als schwierig und entwicklungsfähig erachtet (De Groot et al. 2010, Van Oudenhoven et al. 2012), da sich vor allem Fragen bezüglich der räumlichen und zeitlichen Entwicklung der Ökosystemdienstleistungen und deren kartographischen Darstellung stellen. Karten bilden ein wichtiges Werkzeug zur Kommunikation von räumlichen Informationen und können sowohl Veränderungen in der Vergangenheit als auch zukünftige Veränderungen und Entwicklungen anhand von Szenarien darstellen. Indikatoren von Ökosystemdienstleistungen können als Bestandteil des DPSIR-Ansatzes verstanden werden (vgl. Abbildung 2), wodurch sich ein unmittelbarer Anwendungsbezug für das Naturschutz- und Landschaftsmanagement ergibt.

**Tabelle 2. Ökosystemdienstleistungen nach den Kategorien des Millennium Ecosystem Assessment**

Quelle: MA (2005)

Bereitstellende Ökosystemdienstleistungen	Regulierende Ökosystemdienstleistungen	Kulturelle Ökosystemdienstleistungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahrung</li> <li>• Trinkwasser</li> <li>• Brennholz</li> <li>• Bauholz</li> <li>• Biochemische Grundstoffe</li> <li>• Genetische Ressourcen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimaregulation</li> <li>• Regulation von Krankheiten</li> <li>• Wasserregulation</li> <li>• Wasserreinigung</li> <li>• Bestäubung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spirituelle und religiöse Leistungen</li> <li>• Erholung</li> <li>• Ästhetischer Wert</li> <li>• Inspiration</li> <li>• Bildung</li> <li>• Heimatverbundenheit</li> <li>• Kulturerbe</li> </ul>
<b>Unterstützende Ökosystemdienstleistungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenbildung</li> <li>• Nährstoffkreisläufe</li> <li>• Primärproduktion</li> </ul>		

#### 4.5 Anwendung der theoretischen Konzepte im Rahmen der vorliegenden Arbeit

Das DPSIR-Modell bildet das Grundgerüst für die Ableitung von Indikatoren, da es einfach zu kommunizieren ist und eine Einordnung des Vorhabens in nationale und internationale Programme erleichtert. Es wird jedoch auf die spezifischen Gegebenheiten der DBU-Naturerbflächen zugeschnitten. Komponenten der Konzepte der Bioindikation sowie der Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen werden dabei in die Grundstruktur

des DPSIR-Modells integriert (Abbildung 3). Die Bioindikation soll insbesondere den Zusammenhang zwischen anthropogenen Einflussfaktoren, abiotischen Standortbedingungen und deren Einfluss auf die Biodiversität herausstellen. Die Bioindikation dient somit der Herstellung kausaler Beziehungen zwischen diesen Größen. Die Konzepte der Ökosystemintegrität und der Ökosystemdienstleistungen sollen dazu dienen, den Nutzen der DBU-Naturerbeflächen für den Menschen aufzuzeigen. Im Einzelnen lassen sich folgende modifizierte Kategorien des DPSIR-Modells unterscheiden:

#### *Triebkräfte (drivers)*

Die Triebkräfte, welche für Veränderungen in den Naturerbegebieten verantwortlich sind, können in zwei Gruppen unterteilt werden. Zum einen handelt es sich um allgemeine Triebkräfte, die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen widerspiegeln. Dazu gehören z.B. die Bevölkerungsentwicklung, die Nachfrage nach Ressourcen oder auch der technische Fortschritt. Diese Faktoren wirken oftmals auf einer globalen Skala und können nicht auf der Ebene der Naturerbegebiete indiziert werden. Zum anderen stellen die Entwicklungsziele, die in den Leitbildern der DBU festgeschrieben sind (<http://www.dbu.de/naturerbe>), ebenfalls Triebkräfte dar, die jedoch nur auf der Skala der Naturerbegebiete wirken. Die wichtigsten Entwicklungsziele sind:

- langfristige Gewährung einer natürlichen Waldentwicklung
- Erhalt anthropogen entstandener Offenlandlebensräume
- Erhalt spezieller Lebensräume
- Artenschutz

#### *Einflussfaktoren (pressures)*

Die aus den Triebkräften resultierenden Einflussfaktoren können analog in allgemeine anthropogene Einflussfaktoren und die aus den Entwicklungszielen ableitbaren Managementaktivitäten auf den Flächen unterteilt werden. Wichtige allgemeine Einflussfaktoren umfassen:

- Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre sowie angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen
- Klimawandel
- Habitatfragmentierung
- Biologische Invasionen

Bedeutende Managementaktivitäten sind:

- Beweidung und Mahd zur Erhaltung der Offenlandlebensräume
- Aktiver Waldumbau
- Renaturierung von Gewässern
- Wiedervernässung von Feuchtgebieten
- Wildtiermanagement

Eine Übersicht allgemeiner anthropogener Einflussfaktoren ist in Tabelle 3 dargestellt. Tabelle 4 fasst bedeutende Maßnahmen des Flächenmanagements und deren Wirkungen zusammen.

**Tabelle 3. Übersicht der wichtigsten anthropogenen (und z. T. natürlichen) Einflussfaktoren (pressures) und deren Konsequenzen (impacts) in Anlehnung an Klotz (2007)**

<b>Übergeordneter Einflussfaktor (pressure)</b>	<b>Einflussfaktor (pressure)</b>	<b>Konsequenz (impact)</b>
<b>Landnutzungswandel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächeninanspruchnahme durch Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Industrie, Siedlung, Verkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlust und Fragmentierung von Lebensräumen, Veränderungen der Landschaftsstruktur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivierung der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der Qualität von Lebensräumen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der Qualität von Lebensräumen durch Sukzession</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tourismus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Störung bestimmter Arten und Lebensräume</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fischerei</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Störung bestimmter Arten und Lebensräume</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jagd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Störung bestimmter Arten und Lebensräume</li> </ul>
<b>Klimawandel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturänderung</li> <li>• Veränderte Niederschlagsverhältnisse</li> <li>• Veränderte Windverhältnisse</li> <li>• Zunahme von Wetterextremen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der Artenzusammensetzung in Ökosystemen</li> <li>• Veränderte Phänologie</li> <li>• Biologische Invasionen</li> </ul>
<b>Stoffeinträge</b> (1) Atmosphärische Deposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickstoffdeposition (nasse Deposition, trockene Deposition, oxidierte Verbindungen-NO<sub>3</sub>, reduzierte Verbindungen-NH<sub>4</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrophierung</li> <li>• Versauerung</li> <li>• Direkte und indirekte toxische Effekte</li> <li>• Erhöhte Empfindlichkeit von Arten gegenüber Stress</li> <li>• Begünstigung biologischer Invasionen</li> <li>• Veränderung der Dominanzverhältnisse in der Vegetation</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deposition anderer Elemente (insbesondere Schwefel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrophierung, Versauerung, Akkumulation toxischer Substanzen in Böden und Gewässern</li> </ul>
(2) Nichtatmosphärische Stoffeinträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Einträge von Nährstoffen (N, P) in <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewässer</li> <li>– Terrestrische Ökosysteme</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrophierung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einträge von Pestiziden in <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewässer</li> <li>– terrestrische Ökosysteme</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxische Effekte</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Einträge von Schadstoffen (Metalle, toxische organische Verbindungen, Arzneimittelrückstände etc.) in Gewässer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxische Effekte</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Munitionsbelastung</li> </ul>	
<b>Anstieg der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderungen der Produktivität von Ökosystemen</li> </ul>
<b>Biologische Invasionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neophyten</li> <li>• Neozoen</li> <li>• Pathogene Mikroorganismen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der Artzusammensetzung in Ökosystemen</li> </ul>

Übergeordneter Einflussfaktor (pressure)	Einflussfaktor (pressure)	Konsequenz (impact)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung von Ökosystemstrukturen und -funktionen</li> </ul>

**Tabelle 4. Übersicht wichtiger Managementmaßnahmen auf den DBU-Naturerbeflächen (abgeleitet aus den Leitbildern der DBU Naturerbe GmbH)**

Maßnahme	Auswirkung
<b>Offenlandlebensräume</b>	
Beweidung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurückdrängung der Sukzession</li> <li>• Schaffung von Störstellen</li> </ul>
Mahd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurückdrängung der Sukzession</li> <li>• Schaffung von Störstellen</li> <li>• Nährstoffentzug</li> </ul>
Entfernung von Gehölzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurückdrängung der Sukzession</li> <li>• Änderungen der Landschaftsstruktur</li> </ul>
Bekämpfung invasiver Pflanzenarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt der natürlichen Artenzusammensetzung</li> </ul>
<b>Wälder</b>	
Entnahme bestimmter Gehölzarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderungen der Artenzusammensetzung</li> <li>• Änderungen von Dominanzstrukturen</li> </ul>
Entnahme von Gehölzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderungen der Landschaftsstruktur</li> <li>• Änderungen der Altersstruktur von Wäldern</li> </ul>
Bekämpfung invasiver Pflanzenarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt der natürlichen Artenzusammensetzung</li> </ul>
Wildtiermanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung von Verbisschäden</li> <li>• Förderung der natürlichen Waldverjüngung</li> </ul>
<b>Feuchtgebiete</b>	
Wiedervernässung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anstieg des Grundwasserspiegels</li> <li>• Erhöhung der Bodenfeuchte</li> <li>• Veränderungen der Artenzusammensetzung</li> <li>• Veränderungen der Dominanzstrukturen</li> </ul>
Entnahme von Gehölzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beeinflussung des Wasserhaushaltes</li> <li>• Änderungen der Artenzusammensetzung und Dominanzstrukturen</li> </ul>
<b>Gewässer</b>	
Wiederherstellung natürlicher Gewässerstrukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderungen der Artenzusammensetzung und Dominanzstrukturen</li> <li>• Veränderungen der Wasserqualität</li> </ul>
Erhöhung der Wasserqualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansiedlung von Artengemeinschaften nährstoffarmer Gewässer</li> </ul>

### *Status (state)*

In Anlehnung an das Konzept der Ökosystemintegrität wird der Status eines Ökosystems durch seine biotischen und abiotischen Strukturen sowie die innerhalb des Systems ablaufenden Prozesse charakterisiert. Die Biodiversität (vor allem Arten) bildet die biotische Strukturkomponente während sich die abiotische Strukturkomponente aus Faktoren wie Bodeneigenschaften, Meteorologie oder Landschaftsstrukturen zusammensetzt. Ökosystemprozesse umfassen Stoff-, Energie- und Wasserkreisläufe. Dabei stellen Interaktionen zwischen Organismen, zwischen Organismen und abiotischen Faktoren sowie Interaktionen zwischen abiotischen Faktoren die Grundlage für die Aufrechterhaltung der Energie-, Stoff- und Wasserflüsse dar. So werden unter dem Begriff „Ökosystemprozesse“ auch sämtliche Funktionen zusammengefasst, die durch Organismen getragen werden, z. B. Herbivorie, Prädation, Dekomposition oder Bestäubung. Die Strukturen und Prozesse innerhalb eines Ökosystems bilden die Basis für alle weiteren Ökosystemdienstleistungen,

daher wurden diese durch das Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005) als unterstützende Dienstleistungen bezeichnet (Tabelle 2).

### Impact

Nach dem DPSIR-Modell hat eine Veränderung des Zustands Auswirkungen auf die Funktionen und Strukturen eines Ökosystems selbst, aber auch Auswirkungen auf den Menschen. Eine Veränderung des Status beeinflusst das Angebot an regulierenden, kulturellen und bereitstellenden Ökosystemdienstleistungen (Abbildung 3) und hat somit direkte Auswirkungen auf wirtschaftliche und soziale Systeme. In der vorliegenden Arbeit werden in diesem Zusammenhang nur solche Ökosystemdienstleistungen berücksichtigt, die von den Naturerbegebieten bereitgestellt werden.

### Antworten (Responses)

Im Kontext der vorliegenden Arbeit umfasst die Kategorie Antworten alle durch die DBU Naturerbe GmbH getroffenen Entscheidungen, die einen direkten Einfluss auf die Naturerbegebiete haben. Dazu gehören in erster Linie Managemententscheidungen, aber auch Maßnahmen zur Einbeziehung von Stakeholdern, Öffentlichkeitsarbeit, Bildung und Forschung.

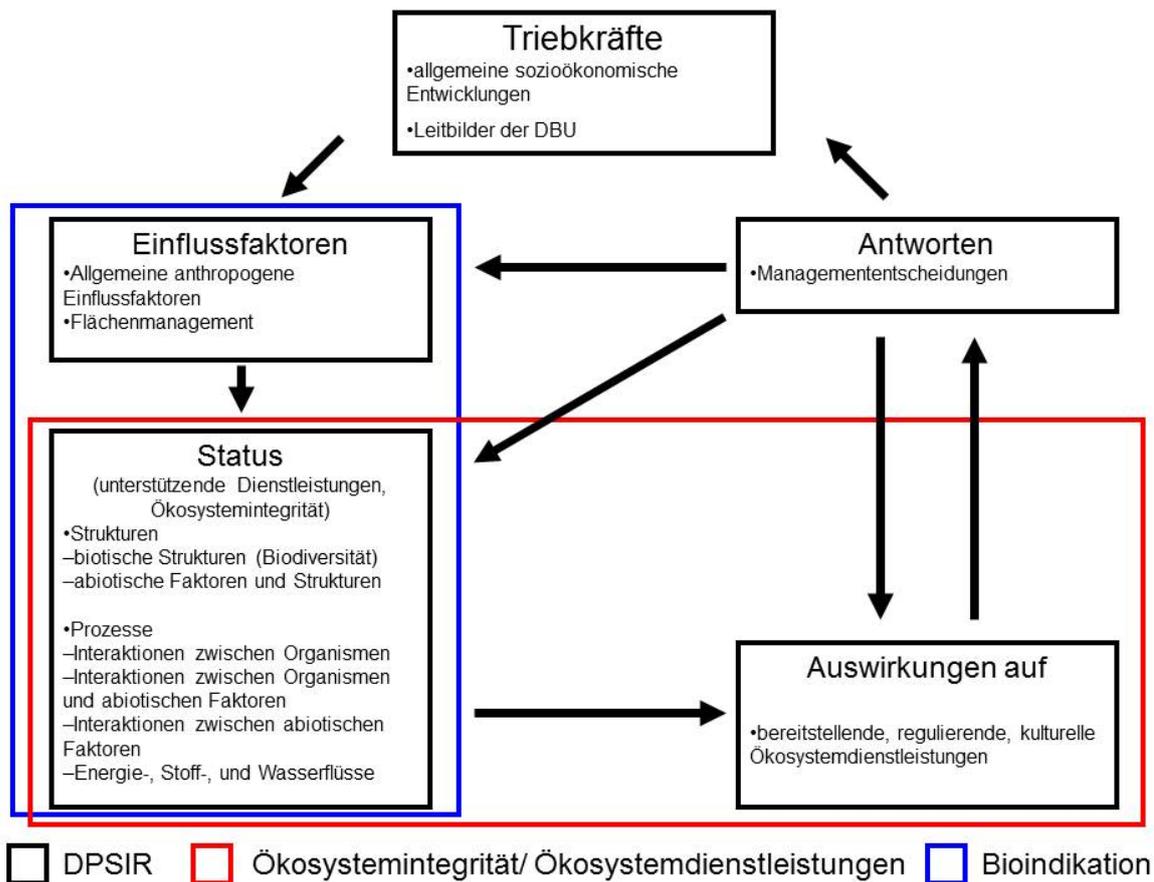


Abbildung 3. Einbeziehung der Konzepte der Bioindikation, der Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen in das DPSIR-Modell und dessen Spezifizierung für die DBU-Naturerbeflächen

#### **4.6 Indikatoren auf der Basis des angepassten konzeptionellen Rahmens**

Auf der Basis der in Kapitel 2 formulierten Projektziele und des angepassten konzeptionellen Rahmens (Abbildung 3) lassen sich folgende grundlegende Arten von Indikatoren unterscheiden:

##### *Biotische Indikatoren*

In Anlehnung an das Konzept der Bioindikation stellen biotische Indikatoren Messgrößen des Zustands der belebten Umwelt dar, die sich mit abiotischen Messgrößen korrelieren lassen. Sie sind im Wesentlichen eine Komponente des Status eines Ökosystems. Einige biotische Indikatoren, z. B. invasive Arten, können aber auch der Kategorie der Einflussfaktoren zugeordnet werden. Biotische Indikatoren, z. B. Bestäuberorganismen, können zudem der Indizierung von Ökosystemdienstleistungen dienen. Landschaftsstrukturen werden im Rahmen des vorliegenden Konzeptes als biotische Indikatoren angesehen, da sie hauptsächlich durch die Vegetation geformt werden.

##### *Abiotische Indikatoren*

Abiotische Indikatoren charakterisieren den Zustand der unbelebten Umwelt und stellen somit eine Komponente des Status dar. Sie können jedoch auch anthropogene Einflussfaktoren indizieren. Im Rahmen des vorliegenden Konzeptes werden die abiotischen Indikatoren hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Sphären gegliedert. Zur Pedosphäre zählen bodenphysikalische und bodenchemische Größen. Analog dazu werden physikalische und chemische Größen den abiotischen Indikatoren der Hydrosphäre zugeordnet. Hydromorphologische Merkmale von Gewässern, wie z. B. Durchgängigkeit, Strömungen und Abflussdynamik sind ebenfalls abiotischer Natur. Im Bereich der Atmosphäre sind meteorologische Größen sowie Stoffeinträge von Relevanz.

##### *Sozioökonomische Indikatoren*

Sozioökonomische Indikatoren umfassen anthropogene Einflussfaktoren (insbesondere das Flächenmanagement) sowie Maßnahmenindikatoren, die Managemententscheidungen (Abbildung 3) widerspiegeln.

Im vorliegenden Konzept wurde das Indikatorenset in zwei Teile gegliedert. In Kapitel 7.1 werden die Indikatoren zur Erfolgskontrolle vorgestellt. Diese Indikatoren beziehen sich auf die von der DBU Naturerbe GmbH verfolgten Naturschutzziele. Kapitel 7.2 enthält funktionale Indikatoren, die zur Beschreibung der Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen benötigt werden.

#### **4.7 Räumliche Skalen**

Alle Indikatoren sind skalenabhängig. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen zwei räumliche Skalen berücksichtigt werden:

##### *Lebensräume*

Viele der in den Leitbildern formulierten Entwicklungsziele und der daraus resultierenden Managementmaßnahmen beziehen sich auf bestimmte Lebensräume. Daher steht die Lebensraumqualität im Zentrum der Erfolgskontrolle. Diese lässt sich durch das Vorkommen lebensraumtypischer Artengemeinschaften, physischer Strukturen sowie abiotischer Standortbedingungen indizieren.

### *Naturerbegebiete (Landschaftsebene)*

Manche Indikatoren sind nur auf der Ebene der Naturerbegebiete sinnvoll anwendbar. Dazu gehören vor allem Landschaftsstrukturindizes und Arten mit großen Gebietsansprüchen. Auch abiotische Faktoren, die über große räumliche Skalen hinweg wirken (z.B. Wetter, Grundwasserstand), müssen auf der Ebene der Naturerbegebiete oder der umgebenden Landschaften erfasst werden. Das Gleiche gilt für bestimmte anthropogene Einflussfaktoren (z.B. atmosphärische Stickstoffdeposition), Maßnahmenindikatoren und Indikatoren für Ökosystemdienstleistungen.

### *Gebietsübergreifende Indikatoren*

Bestimmte Indikatoren können nur gebietsübergreifend berechnet werden. Dazu gehören zum Beispiel die Teilindikatoren des Indikators für Artenvielfalt und Landschaftsqualität der Nationalen Biodiversitätsstrategie. Diese Teilindikatoren bilden die Bestände bestimmter Vogelarten ab, die aufgrund z. T. geringer Bestandsdichten nicht auf der Ebene eines Naturerbegebietes berechnet werden können. Die Einbeziehung aller Naturerbegebiete würde jedoch die Datengrundlage für eine Berechnung verbessern.

## **4.8 Zeitliche Skalen**

Die Anzeige von Umweltveränderungen durch Indikatoren ist zeitabhängig. Sowohl die Eigenschaften des Indikators als auch die Intensität und zeitliche Wirkungsskala der ihn beeinflussenden Faktoren müssen bei der Festsetzung der Erfassungszyklen beachtet werden. Indikatoren, die von Natur aus einer hohen zeitlichen Dynamik unterliegen, z. B. die Größe von Insektenpopulationen, erfordern einen engen zeitlichen Erfassungszyklus. Andere Indikatoren, z. B. Landschaftsstrukturen, verändern sich weniger schnell. In diesen Fällen ist ein Erfassungszyklus von mehreren Jahren in der Regel ausreichend. Aktives Management, wie zum Beispiel forstliche Eingriffe, führt oftmals zu einer beschleunigten Veränderung des Zustands der Ökosysteme. Der Erfassungszyklus muss daher dem Zeithorizont der durchgeführten Managementmaßnahmen angepasst werden, bzw. muss sich an den idealerweise vorab definierten zeitlichen Dimensionen der Entwicklungsziele orientieren. Nur so kann das Monitoring seine Kontroll- und Frühwarnfunktion erfüllen. Im vorliegenden Konzept wurden zeitliche Skalen definiert, die sich an der Dynamik der zu erwartenden Veränderungen orientieren. In konkreten Fällen können jedoch auch engere Erfassungszyklen notwendig werden.

## **4.9 Basisindikatoren und Zusatzindikatoren**

Nicht alle Indikatoren sind für alle Naturerbegebiete gleichermaßen geeignet. Aufgrund gebietsspezifischer Besonderheiten müssen die Indikatorensets mitunter modifiziert werden. In dieser Arbeit werden daher zwei Sets an Indikatoren erarbeitet. Ein Basisset enthält eine Zusammenstellung grundlegender Indikatoren, die in jedem Gebiet erhoben werden sollten. Dieses Set dient auch dem Vergleich der Gebiete untereinander. Daneben werden je nach Bedarf zusätzliche Indikatoren für einzelne Gebiete oder bestimmte thematische Schwerpunkte vorgeschlagen.

## **4.10 Allgemeine Kriterien für die Auswahl von Indikatoren**

Die Auswahl von Indikatoren sollte sich an folgenden grundlegenden Fragen orientieren:

- Was soll indiziert werden?
- Wie sensitiv ist der Indikator?
- Welche räumliche und zeitliche Skala deckt der Indikator ab?

Daneben sind weitere Kriterien von Bedeutung, die vor allem die Praktikabilität und Vergleichbarkeit von Indikatoren betreffen. Die Auswahl von Indikatoren für das Monitoring in den DBU-Naturerbegebieten orientiert sich an einem Kriterienkatalog, der für die Auswahl von Biodiversitätsindikatoren im Rahmen der SEBI-Initiative (EEA 2007b) entwickelt wurde. Danach sollten Indikatoren folgende Merkmale aufweisen:

- Leicht verständlich und relevant für Entscheidungsprozesse
- Erfassung wesentlicher biodiversitätsrelevanter Informationen
- Möglichkeit des Vergleichs mit einem Referenzzustand
- Nutzung standardisierter Methoden und Kosteneffizienz
- Gesellschaftliche Akzeptanz
- Regelmäßige Datenerhebung
- Ursachen-Wirkungszusammenhänge müssen quantifizierbar sein
- Anwendbarkeit über weite räumlichen Skalen
- Anzeige zeitlicher Veränderungen
- Möglichkeit des Vergleichs zwischen verschiedenen Gebieten
- Sensitivität gegenüber natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren
- Möglichkeit der Aggregation auf verschiedenen räumlichen oder administrativen Ebenen

Biodiversitätsindikatoren sollten zudem eine gewisse taxonomische und funktionelle Repräsentativität aufweisen. Wichtige taxonomische Gruppen wären Pflanzen, Wirbeltiere, Wirbellose, Pilze und Bakterien. Schlüsselfunktionen im Ökosystem sind die Primärproduktion, Herbivorie, Prädation und Dekomposition. Allerdings wird es aus praktischen und finanziellen Gründen kaum möglich sein, an allen Standorten das ideale Indikatorenset umzusetzen, das allen Kriterien genügt. Der Kriterienkatalog stellt eine Orientierungshilfe für die Auswahl von Indikatoren dar.

## 5 Relevanz bestehender Indikatorensysteme und Erfassungsprogramme

### 5.1 Bestehende Indikatorensysteme

In den folgenden Abschnitten werden bestehende Indikatorensysteme vorgestellt und hinsichtlich ihrer Relevanz für das Monitoring in den Naturerbegebieten beurteilt. Die Indikatorensysteme wurden entwickelt, um Aussagen zum Zustand der Biodiversität oder zur nachhaltigen Entwicklung auf nationaler und internationaler Ebene zu treffen. Es handelt sich um Indikatoren, die meist auf räumlich und zeitlich hochaggregierten Daten beruhen. Eine direkte Anwendung in den relativ kleinen Naturerbegebieten ist daher oftmals nicht möglich oder nicht aussagekräftig. Allerdings weisen viele dieser Indikatoren thematische Querverbindungen zu den Entwicklungszielen für die Naturerbegebiete auf. Sie sind daher in abgewandelter oder spezifizierter Form für das Monitoring nutzbar. Des Weiteren können die nationalen und internationalen Indikatorenberichte dazu herangezogen werden, die Entwicklung der Naturerbegebiete vor dem Hintergrund überregionaler Veränderungen zu beurteilen.

Bei der Erstellung des Indikatorensets für das Monitoring in den Naturerbegebieten wurde darauf geachtet, dass

- eine möglichst enge thematische Verbindung zu wesentlichen überregionalen Indikatorensets besteht
- möglichst gleiche oder ähnliche Parameter (Erhebungsgrößen) zur Quantifizierung der Indikatoren herangezogen werden

Nähere Erläuterungen zu solchen Querverbindungen werden in Kapitel 7 gegeben.

#### 5.1.1 Internationale Indikatorensysteme

##### 5.1.1.1 Indikatoren der Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD)

Die Entwicklung des Indikatorensets der Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD) geht auf eine Entscheidung der Vertragsstaaten aus dem Jahr 2004 zurück (CBD 2004). Es besteht aus 21 Einzelindikatoren, die 7 thematischen Schwerpunkten zugeordnet werden können (Tabelle 5). Diese thematischen Schwerpunkte wurden zum Teil in europäische (Kapitel 5.1.1.3) und nationale Indikatorensets (Kapitel 5.1.2.1, 5.1.2.2, 5.1.2.3, 5.1.2.4) übernommen. Gegenwärtig besteht eine Übereinkunft über 13 Indikatoren, während sich 8 Indikatoren noch in der Entwicklungsphase befinden (CBD 2006a, b).

Tabelle 5. Indikatorenset der CBD (2006a, b)

Thema	Indikator
Status und Trends von Komponenten der biologischen Vielfalt	Entwicklung der Abundanz und Verbreitung ausgewählter Arten
	Entwicklung des Status gefährdeter und/ oder geschützter Arten
	Entwicklung der Fläche ausgewählter Biome, Ökosysteme und Habitate
	Entwicklung der genetischen Diversität von Nutztieren, Kulturpflanzen und Fischarten von großer wirtschaftlicher Bedeutung
Nachhaltige Nutzung	Fläche geschützter Gebiete
	Fläche nachhaltig bewirtschafteter Wald-, Landwirtschafts-, Fischerei-, und Aquakulturökosysteme
	Anteil von Produkten aus nachhaltigen Ressourcen (noch nicht realisiert)

Thema	Indikator
	Ökologischer Fußabdruck und ähnliche Konzepte (noch nicht realisiert)
Gefährdung der Biodiversität	Stickstoffeintrag
	Entwicklung der Anzahl invasiver fremdländischer Arten
Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen	Marine Trophic Index
	Verbund/ Fragmentierung von Ökosystemen
	Wasserqualität in aquatischen Ökosystemen
	Trophische Integrität anderer Ökosysteme (noch nicht realisiert)
	Gesundheit und Wohlbefinden von Gesellschaften, die direkt von lokalen Ökosystemdienstleistungen abhängig sind (noch nicht realisiert)
	Biodiversität für Nahrung und Medizin (noch nicht realisiert)
Status traditioneller Kenntnisse, Innovationen und Praktiken	Status und Trend der sprachlichen Diversität und Anzahl der Sprecher indigener Sprachen
	Andere Indikatoren für den Status indigenen und traditionellen Wissens (noch nicht realisiert)
Status of access and benefit-sharing	
Transfer von Ressourcen	Offizielle Entwicklungshilfe zur Umsetzung der CBD
	Indikator für Technologietransfer (noch nicht realisiert)

### 5.1.1.2 Der City Biodiversity Index der CBD

Ein zunehmender Anteil der Weltbevölkerung lebt in Städten. Daher kommt dem Schutz der Biodiversität und der Gewährleistung einer hohen Lebensqualität in den Städten eine besondere Bedeutung zu. Die Entwicklung des City Biodiversity Index geht auf eine Initiative des Staates Singapur während der Weltstädtekonferenz der CBD zurück (CBD 2008). Er besteht aus 23 Indikatoren, die den Themen „Einheimische Biodiversität“, „Ökosystemdienstleistungen“ und „Verwaltung und Management“ zugeordnet werden können (Tabelle 6).

**Tabelle 6. Indikatoren des City Biodiversity Index (CBD 2010)**

Thema	Nr.	Indikator	Bemerkungen
Einheimische Biodiversität	1	Anteil naturnaher Flächen in der Stadt	
	2	Konnektivität / ökologische Netzwerke zur Minderung von Fragmentierungseffekten	Datenerhebung durch Fernerkundung
	3	Native Biodiversität in bebauten Arealen	Anzahl der Vogelarten
	4-8	Trends einheimischer Arten	Taxa: (4) Gefäßpflanzen, (5) Vögel, (6) Schmetterlinge sowie (7, 8) zwei frei wählbare Taxa
	9	Anteil geschützter naturnaher Flächen	
	10	Anteil fremdländischer invasiver Arten	Bezogen auf die Gesamtanzahl der Arten eines bestimmten Taxons, Taxa frei bestimmbar
Ökosystemdienstleistungen	11	Regulation des Wasserabflusses	Anteil wasserdurchlässiger Oberflächen an der Gesamtfläche
	12	Klimaregulation: Kohlenstoffspeicherung und Kühleffekt	Anteil bewaldeter Areale an der Gesamtfläche

Thema	Nr.	Indikator	Bemerkungen
		der Vegetation	
	13-14	Erholung und Bildung	(13) Fläche an Parks, naturnahen Gebieten, und geschützten Gebieten pro 1000 Einwohner (14) Anzahl von Bildungsbesuchen von Kindern unter 16 Jahren in geschützten Gebieten pro Jahr
Verwaltung und Management	15	Finanzielle Aufwendungen für die Biodiversität	Anteil der Aufwendungen für die Biodiversität gemessen am Gesamthaushalt
	16	Anzahl implementierter Projekte mit Bezug zur Biodiversität pro Jahr	Akteure: Verwaltung, privater Sektor, NGO's
	17	Gesetze, Regulierung, Politik: Existenz eines lokalen Strategieplans für die Biodiversität	Status eines solchen Plans, Anzahl assoziierter CBD-Initiativen
	18-19	Kapazität der Verwaltungen	(18) Anzahl von Funktionseinheiten mit Biodiversitätsbezug (z.B. Botanische Gärten, Museen etc.), (19) Anzahl mit anderen Agenturen (Bezug: Biodiversität) kooperierender Verwaltungseinheiten
	20-21	Einbeziehung und Partnerschaft	(20) Existenz und Status öffentlicher Anhörungsprozesse mit Bezug zur Biodiversität, (21) Anzahl von Kooperationspartnern in Angelegenheiten der Biodiversität (Verwaltung, NGO's, privater Sektor, Öffentlichkeit etc.)
	22-23	Bildung und Umweltbewusstsein	(22) Einbindung von Biodiversität und Umweltbewusstsein in die Schulausbildung, (23) Anzahl von Veranstaltungen der Öffentlichkeitsarbeit pro Jahr

### 5.1.1.3 Die SEBI-2010-Indikatoren der Europäischen Umweltagentur

Die Entwicklung von Indikatoren im Rahmen der Initiative „SEBI 2010- Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators“ geht auf die Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt (CBD), die Paneuropäische Strategie für biologische und landschaftliche Vielfalt (PEBLDS) und die Biodiversitätsstrategie der EU zurück. Mit dem 6. Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union haben sich die Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, den Verlust an Biodiversität auf ihrem Territorium bis zum Jahr 2010 zu stoppen. Um den Zielerreichungsgrad messbar zu machen, wurden 26 SEBI-2010-Indikatoren durch die Europäische Umweltagentur entwickelt (EEA 2007b). Die Indikatoren können 7 verschiedenen Leitthemen der CBD sowie 16 übergeordneten Indikatoren der EU zugeordnet werden (Tabelle 7).

**Tabelle 7. SEBI-2010-Indikatoren und deren Zuordnung zu den Leitthemen der CBD und den übergeordneten Indikatoren der EU (EEA 2009)**

<b>CBD-Leitthema</b>	<b>Übergeordneter Indikator</b>	<b>SEBI-2010 - Indikator</b>
Status und Trends von Komponenten der biologischen Vielfalt	Entwicklung der Abundanz und Verbreitung ausgewählter Arten	1. Abundanz und Verbreitung ausgewählter Arten a) Vögel b) Schmetterlinge
	Entwicklung des Status gefährdeter und/ oder geschützter Arten	2. Rote-Liste –Index Europäischer Arten
		3. Arten von Europäischem Interesse
	Entwicklung der Fläche ausgewählter Biome, Ökosysteme und Habitate	4. Fläche von Ökosystemen
		5. Habitate von Europäischem Interesse
	Entwicklung der genetischen Diversität von Nutztieren, Kulturpflanzen und Fischarten von großer wirtschaftlicher Bedeutung	6. Genetische Diversität von Nutztieren
	Fläche geschützter Gebiete	7. Nationale Schutzgebiete
		8. Schutzgebiete nach der EU FFH- und Vogelschutzrichtlinie
Gefährdung der Biodiversität	Stickstoffeintrag	9. Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff
	Entwicklung der Anzahl invasiver fremdländischer Arten und der durch sie verursachten Kosten	10. Invasive fremdländische Arten in Europa
	Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität	11. Auswirkungen des Klimawandels auf Vogelpopulationen
Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen	Marine Trohic Index	12. Marine Trophic Index Europäischer Meeresgebiete
	Verbund/ Fragmentierung von Ökosystemen	13. Fragmentierung natürlicher und naturnaher Gebiete
		14. Fragmentierung von Flusssystemen
	Wasserqualität in aquatischen Ökosystemen	15. Nährstoffe in Übergangs-, Küsten- und Meeresgewässern
		16. Süßwasserqualität
Nachhaltige Nutzung	Fläche nachhaltig bewirtschafteter Wald-, Landwirtschafts-, Fischerei-, und Aquakulturokosysteme	17. Wald: Bestand, Zuwachsrate, Holzeinschlag
		18. Totholzanteil in Wäldern
		19. Landwirtschaft: Stickstoffbilanz
		20. Landwirtschaft: Flächen, die so bewirtschaftet werden, dass die biologische Vielfalt möglicherweise gefördert wird
		21. Fischerei: Europäische kommerzielle Fischbestände
		22. Aquakultur: Qualität des aus Aquakulturen ausströ-

CBD-Leitthema	Übergeordneter Indikator	SEBI-2010 - Indikator
		menden Wassers
	Ökologischer Fußabdruck Europäischer Länder	23. Ökologischer Fußabdruck Europäischer Länder
Status of access and benefits sharing	Anteil Europäischer Patent- anmeldungen auf der Grund- lage genetischer Ressourcen	24. Patentanmeldungen auf der Grundlage genetischer Ressourcen
Bereitstellung von Ressourcen	Finanzierung des Manage- ments der biologischen Viel- falt	25. Finanzierung des Mana- gements der biologischen Vielfalt
Öffentliche Meinung (eigenes Leitthema der EU)	Aufklärung und Beteiligung der Öffentlichkeit	26. Aufklärung der Öffentlich- keit

## 5.1.2 Nationale Indikatorensysteme

In den folgenden Abschnitten werden die Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (NHS), der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI), des Umwelt-Kernindikatorensystems des Umweltbundesamtes (KIS) sowie die Indikatoren der nationalen Biodiversitätsstrategie vorgestellt. Da viele Indikatoren Bestandteil aller vier Indikatorensysteme sind, werden diese zusammenfassend in Tabelle 53 (Anhang) dargestellt. Die zusammenfassende Darstellung machte eine thematische Neuordnung der Indikatoren notwendig, die zum Teil von der ursprünglichen Klassifizierung abweicht. Weiterhin befinden sich Indikatoren in der Tabelle, die ähnliche Aussagen treffen oder Datengrundlagen besitzen, sich aber hinsichtlich der Berechnungsmethode unterscheiden oder eine abweichende Aufgliederung aufweisen. Die Zuordnung der Indikatoren zu den Kategorien des DPSIR-Modells entstammt den Originalquellen. Die Indikatoren der vorgestellten Systeme finden sich teilweise in einem Indikatorenset wieder, das für deutsche Großschutzgebiete (Nationalparks und Biosphärenreservate) entworfen wurde (Kowatsch et al. 2011).

### 5.1.2.1 Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (NHS)

Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung wurde erstmals in einem Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung („Brundtland-Kommission“) der Vereinten Nationen (1987) geprägt. Demnach ist eine nachhaltige Entwicklung eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält. Mit der Verabschiedung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2002) hat die Bundesregierung die nachhaltige Entwicklung zum Leitbild ihrer Politik erhoben. Sie umfasst die Themenkomplexe Generationengerechtigkeit, Lebensqualität, sozialer Zusammenhalt und internationale Verantwortung. Schwerpunktthemen der nachhaltigen Entwicklung sind Energieeffizienz, Klimaschutz, Mobilität, Gesundheit, Ernährung, demographischer Wandel, Bildung, Innovation und Flächeninanspruchnahme. Wesentliche globale Arbeitsfelder sind die Armutsbekämpfung, die Einbeziehung der Wirtschaft in die Entwicklungshilfe, Umwelt- und Ressourcenschutz, Förderung nachhaltiger Ressourcennutzung und Steigerung der Entwicklungshilfe. Die Umsetzung und Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie soll durch ein Managementkonzept gewährleistet werden. Ein Teil dieses Konzeptes sind 21 mit quantitativen Zielvorgaben versehene Indikatoren, die den Erfolg oder Misserfolg politischer Maßnahmen in den genannten Handlungsfeldern messen sollen. Die Indikatoren sind in Tabelle 53 enthalten. Im Rahmen eines Monitorings wird festgestellt, ob die Entwicklung den definierten Leitbildern entspricht und wo weiterer Handlungsbedarf besteht. Dazu werden regelmäßige Indikatorenberichte veröffentlicht (Statistisches Bundesamt 2006, 2008, 2010).

### **5.1.2.2 Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes (KIS)**

Das Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes stellt eine Ergänzung des Indikatorensets zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie dar. Es enthält mehr als 50 Einzelindikatoren, anhand derer sowohl Aussagen zu Ursachen als auch zu Auswirkungen von Umweltbelastungen getroffen werden können. Die Indikatoren sind in Tabelle 53 enthalten. Sie können 4 Leitthemen zugeordnet werden:

- Klimaänderungen
- Biologische Vielfalt, Naturhaushalt und Landschaft
- Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität
- Ressourcennutzung und Abfallwirtschaft

Die Berichterstattung erfolgt in einem vierjährigen Rhythmus.

### **5.1.2.3 Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI)**

Die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) ist eine Arbeitsgemeinschaft der Bundesländer, deren Ziel die Weiterentwicklung, Analyse und Dokumentation von 24 umweltspezifischen Nachhaltigkeitsindikatoren ist. Diese wurden im Jahr 2004 von der Umweltministerkonferenz beschlossen. Gegenwärtig ist die Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität-Nachhaltigkeit (BLAG KliNa) mit der Analyse und Dokumentation der Ergebnisse betraut. Erfahrungsberichte werden in einem zweijährigen Rhythmus veröffentlicht (BLAG KliNa 2010). Die Indikatoren sind in Tabelle 53 aufgeführt.

### **5.1.2.4 Indikatoren der nationalen Biodiversitätsstrategie (NBS)**

Mit dem Beitritt zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) verpflichten sich die Vertragsstaaten zum Schutz der Biodiversität, deren nachhaltiger Nutzung und der gerechten Verteilung der Vorteile aus der Nutzung genetischer Ressourcen. Ein Teil dieser Verpflichtung besteht in der Entwicklung von nationalen Strategien und Programmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt. Daher wurde von der Bundesregierung die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt beschlossen (BMU 2007), die die Grundlage für die Umsetzung des Übereinkommens auf nationaler Ebene bildet. Dabei wurden zu folgenden Themen Leitlinien formuliert: Schutz der biologischen Diversität, nachhaltige Nutzung, Umwelteinflüsse, genetische Ressourcen und gesellschaftliches Bewusstsein. Diesen Leitlinien sind detaillierte Ziele und die jeweiligen politischen Ebenen zugeordnet, auf denen die Umsetzung stattfinden soll. Vorgesehen ist ein Rechenschaftsbericht über den Stand der Zielerreichung pro Legislaturperiode (BMU 2007). Dazu wurde ein Indikatorenset entwickelt, das aus 19 Einzelindikatoren besteht. Die Indikatoren sind in Tabelle 53 (Anhang) aufgeführt.

### **5.1.2.5 High Nature Value Farmland (HNV-Farmland Indikator)**

Der High Nature Value Farmland-Indikator (HNV Farmland Indikator) dient der Indikation des Zustands von Landwirtschaftsflächen mit einem hohen Naturwert. Er gehört zu einem Set von 35 EU-Indikatoren die der Integration von Umweltbelangen in die Agrarpolitik dienen. Er setzt sich aus verschiedenen zuvor definierten Nutz- und Lebensraumflächen sowie Landschaftselementen zusammen (Tabelle 6). FFH-Lebensraumtypen und gesetzlich geschützte Biotop werden per se einbezogen, sofern sie sich in der Agrarlandschaft befinden. Der Indikator gibt den Flächenanteil des High Nature Value Farmlands an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche wider. Alle erfassten Flächen und Elemente werden anhand von fünf Qualitätsstufen charakterisiert:

- HNV I – äußerst hoher Naturwert
- HNV II – sehr hoher Naturwert
- HNV III – mäßig hoher Naturwert
- HNV IV – geringer Naturwert
- HNV V – sehr geringer Naturwert

Für die Ermittlung der Wertstufen in den einzelnen Flächentypen und Strukturen existiert ein Katalog an Qualitätskriterien (BfN 2011, PAN 2011). Die Bewertung der Nutz- und Lebensraumflächen erfolgt mit Hilfe von Kennartenlisten (Pflanzen). FFH-Lebensraumtypen werden auf der Basis der FFH-Bewertungsschemata beurteilt. Bei der Bewertung von Landschaftselementen bilden neben Kennarten strukturelle Parameter die Bewertungsgrundlage (z. B. Höhe und Ausdehnung von Gehölzen, Anzahl von Vegetationseinheiten). In die Berechnung des Indikators gehen nur Flächen und Elemente der Qualitätsstufen I-III ein. Die Aufnahme erfolgt auf ca. 900 Probeflächen in Deutschland. Es ist vorgesehen, jährlich ¼ aller Probeflächen einer Wiederholungskartierung zu unterziehen.

Der HNV-Indikator ist geeignet, landwirtschaftlich genutzte Flächen hinsichtlich ihres Naturwertes beurteilen und überregional zu vergleichen. Die Voraussetzung für seine Anwendung ist jedoch die Nutzung der vorgegebenen Erhebungsmethode. Eine Berechnung des Indikators wäre nur dort sinnvoll, wo landwirtschaftlich genutzte Flächen in nennenswerten Anteilen vorkommen, so dass ein Quadrant einer Größe von 100ha bearbeitet werden kann.

**Tabelle 8. Parameter des HNV-Farmland Indikators (BfN 2011)**

<b>Nutz- und Lebensraumflächen</b>
Ackerflächen
Brachflächen
Grünland, Extensiv-Wiesen und -Weiden
Lebensraumtypen des Offenlandes
Obstflächen
Rebflächen
<b>Landschaftselemente</b>
Baumreihen, Alleen, Einzelbäume
Hecken, Gebüsche inkl. Gehölzsäume, sowie Feldgehölze inkl. Gehölzsäume
Komplexelemente wie Feldraine und Böschungen mit Gehölzen
Naturstein- und andere Trockenmauern sowie Stein- und Felsriegel, Sand-, Lehm- und Lößwände
Ruderal- und Staudenfluren sowie Säume, inkl. Hochstauden- und Hochgrasbestände
Seggenriede und Schilfbestände, krautige Ufersäume entlang Gewässern, Feuchtgebietelemente (z.B. Großseggenriede)
Tümpel, Teiche und Weiher, eutrophe Altwasser
Gräben stehend und fließend
Wasserläufe und Quellen, Bäche inkl. Begleitende Erlen- und Eschenwälder
Unbefestigte Feldwege/ Hohlwege

### 5.1.2.6 Indikatorenset des Schweizer Biodiversitätsmonitorings

Um ein Beispiel anderer nationaler Indikatorensets zu geben, sollen an dieser Stelle die Indikatoren des Schweizer Biodiversitätsmonitorings (Hintermann et al. 2000) vorgestellt werden. Es umfasst die Kategorien Einflussindikatoren, Zustandsindikatoren und Maßnahmenindikatoren.

**Tabelle 9. Indikatoren des Schweizer Biodiversitätsmonitorings (BAFU 2007)**

Kürzel: E=Entwicklungsindikatoren, Z=Zustandsindikatoren, M=Maßnahmenindikatoren

Kürzel	Indikator	Beschreibung
E1	Fläche der wertvollen Biotope	Veränderung der Fläche der wertvollen Biotope von nationaler Bedeutung
E2	Flächennutzung	Veränderung der Gesamtfläche einzelner Nutzflächen in der Schweiz.
E3	Fläche der naturüberlassenen Gebiete	Veränderung der Summe aller naturnahen Flächen der Schweiz
E4	Länge linearer Landschaftselemente	Veränderung der Länge von Flüssen, Bächen, Hecken und Waldrändern pro Quadratkilometer
E5	Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens	Veränderung der Landschaftsheterogenität pro Quadratkilometer
E6	Nährstoffangebot im Boden	Veränderungen des Mittelwertes der Nährstoffzeigerwerte von Pflanzenarten auf 10 Quadratmeter Beobachtungsfläche
E7	Nutzungsintensität in der Landwirtschaft	Veränderung der Produktionsmenge der inländischen Landwirtschaft im Verhältnis zur Produktionsfläche
E8	Florenfremde Waldfläche	Veränderung des Waldanteils, der florenfremde Baumarten (Exoten) aufweist oder von diesen (bei über 50% Exoten) dominiert wird
E9	Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung	Veränderung des Flächenanteils der künstlich verjüngten Wälder an der gesamten (künstlichen und natürlichen) Verjüngungsfläche des betrachteten Raums
E10	Waldfläche mit speziellen Nutzungsformen	Veränderung des Anteils der besonders genutzten Waldflächen an der Gesamtfläche des Waldes in einem bestimmten Gebiet
E11	Wasserentnahmen aus Gewässern	Wasserentnahmen von über 20% aus Fließgewässern bei durchschnittlichen Niedrigwasserbedingungen
E12	Anteil beeinträchtigter Fließgewässerabschnitte	Veränderung der Summe von Bach- oder Flussabschnitten ohne naturnahe Böschung und mit verbautem Grund im Verhältnis zu allen Fließgewässern
E13	Wasserqualität der Fließ- und Stehgewässer	Veränderung des Gehalts an anorganischen und organischen Stoffen sowie der Wassertemperatur in Schweizer Gewässern
E14	Anteil belasteter Gewässer	Veränderung des Anteils der Gewässer, die gesetzliche Grenzwerte unterschreiten bzw. maximal um 50% überschreiten
E15	Erschließungsdichte	Veränderung der Anzahl und Länge von Erschließungsstrukturen, aufgeteilt nach Naturräumen und den Bereichen Siedlung, Wald und Landwirtschaft
Z1	Anzahl Nutzzrassen und -sorten	Veränderung der Zahl aller in der Schweiz anerkannten domestizierten Tierrassen und Nutzpflanzensorten
Z2	Anteil der Nutzzrassen und -sorten	Veränderung der Anteile der verschiedenen Nutztierassen und Kulturpflanzensorten am Gesamtbestand oder an der Gesamtproduktion der Art in der Schweiz
Z3	Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen	Veränderung der Summe aller wildlebenden Arten ausgewählter Taxa (Vögel, Säugetiere, Fische und Rund-

Kürzel	Indikator	Beschreibung
		mäuler, Amphibien, Reptilien, Heuschrecken, Tagfalter, Libellen)
Z4	Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz	Veränderung der Summe aller Arten, die weltweit gefährdet sind und in der Schweiz leben
Z5	Gefährdungsbilanzen	Zahl der Arten, deren Gefährdung in der Schweiz abgenommen hat minus Zahl der Arten, deren Gefährdung zugenommen hat
Z6	Bestand bedrohter Arten	Veränderung der Bestandsgrößen weltweit, in Europa oder in der Schweiz bedrohter Arten.
Z7	Artenvielfalt in Landschaften	Veränderung des durchschnittlichen Artenreichtums ausgewählter Arten auf einem Quadratkilometer
Z8	Bestand häufiger Arten	Veränderung der Bestandsgrößen häufiger Arten in der Schweiz.
Z9	Artenvielfalt in Lebensräumen	Veränderung des durchschnittlichen Artenreichtums ausgewählter Arten auf 10 Quadratmeter großen Flächen
Z10	Fläche der wertvollen Biotope	Veränderung der Fläche der Biotope von nationaler Bedeutung
Z11	Qualität der wertvollen Biotope	Veränderung der durchschnittlichen Qualität der einzelnen wertvollen Biotoptypen
M1	Fläche der Schutzgebiete	Veränderung der Fläche gesetzlich verankerter Naturschutzgebiete
M2	Fläche der sicheren Schutzgebiete	Veränderung der Fläche von Gebieten mit nationaler Bedeutung, die auf kantonaler Ebene geschützt und wo die entsprechenden Schutzmaßnahmen eingehalten werden.
M3	Gefährdete Arten in Schutzgebieten	Veränderung der Summe jener Arten, deren Lebensraum zu über 50% in Schutzgebieten liegt, im Verhältnis zur Summe aller in der Schweiz bedrohten Arten
M4	Ökologische Ausgleichsfläche	Summe der Flächen, die zur Erhaltung und Förderung der Arten- und Lebensraumvielfalt beitragen und deren Nutzung vertraglich festgelegt ist
M5	Biologisch bewirtschaftete Fläche	Veränderung der Gesamtfläche der landwirtschaftlichen Biobetriebe in der Schweiz
M6	Vollzug der Umweltvorschriften	
M7	Finanzen für Natur- und Landschaftsschutz	Veränderung der Summe der Gelder, die von der öffentlichen Hand bei Bund, Kantonen und Gemeinden für Natur- und Landschaftsschutz ausgegeben werden

## 5.2 Bestehende Erfassungsprogramme

Es existieren zahlreiche nationale Monitoring- und Beobachtungsprogramme, die viele der für die Naturerbegebiete relevanten Fragestellungen abdecken. Diese Programme sind oftmals für Auswertungen auf nationaler oder regionaler Ebene entworfen worden. Das auf diese Skala abgestimmte räumliche und zeitliche Erfassungsdesign sowie die Methodenauswahl lassen eine Übertragung dieser Ansätze auf die Naturerbegebiete oft nur eingeschränkt zu. Jedoch wurde versucht, eine möglichst enge methodische Anbindung an bestehende Programme zu erreichen.

Folgende Anknüpfungspunkte wurden überprüft:

- Können Daten aus bestehenden Programmen übernommen werden?
- Lassen sich die bestehenden Programme auf die Naturerbegebiete ausdehnen?
- Sind die Methoden der bestehenden Programme auch in den Naturerbegebieten anwendbar?

### 5.2.1 Brutvogelmonitoring

Das vom Dachverband Deutscher Avifaunisten (<http://www.dda-web.de>) getragene Vogelmonitoring dient der repräsentativen Erfassung der Brut- und Rastbestände aller in Deutschland vorkommenden Vogelarten. Die einzelnen Module sind mit wenigen Anpassungen gut für das Monitoring in den Naturerbegebieten geeignet. Der Aufbau des Programms sowie die notwendigen Anpassungen sind in Kapitel 8.2.3.1 beschrieben.

### 5.2.2 Tagfaltermonitoring

Das vom Helmholtzzentrum für Umweltforschung koordinierte Tagfaltermonitoring Deutschland ([www.tagfalter-monitoring.de](http://www.tagfalter-monitoring.de)) hat zum Ziel, die großräumige Bestandsentwicklung aller in Deutschland vorkommenden Tagfalterarten zu dokumentieren und deren Veränderung zu analysieren.

Tagfaltererfassungen in den Naturerbegebieten sollten möglichst an dieses Programm angebunden werden, da so die Möglichkeit gebietsübergreifender Vergleiche besteht. Die Methoden können ohne Einschränkungen in den Naturerbegebieten angewendet werden. Die Methoden sowie nötigen Anpassungen des zeitlichen Erfassungsschemas sind in Kapitel 8.2.3.4 dargestellt.

### 5.2.3 FFH-Monitoring

Das Monitoring des Erhaltungszustands der Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie dient der Berichterstattung zur Umsetzung der FFH-Richtlinie an die EU-Kommission. Die Organisation und Durchführung obliegt in Deutschland den Bundesländern, die mitunter recht unterschiedliche Erfassungsanleitungen erarbeitet haben. Mittlerweile liegt ein bundesweit abgestimmtes Rahmenkonzept vor, das eine einheitliche methodische Vorgehensweise bei der Erfassung und Bewertung der Schutzgüter gewährleisten soll (Sachteleben & Behrens 2010).

Im Rahmen des Monitorings der Lebensraumtypen werden das typische Arteninventar, lebensraumtypische Strukturen, sowie Beeinträchtigungen verschiedenster Art erfasst und bewertet. Das Artmonitoring besteht aus einer Erfassung populationsbiologischer Parameter, einer Erhebung des Habitatzustands und der Dokumentation von Beeinträchtigungen. Je nach Häufigkeit der Lebensraumtypen und Arten erfolgt das Monitoring stichprobenhaft oder im Totalzensus. Die Naturerbegebiete beherbergen bedeutende Vorkommen an FFH-Lebensraumtypen und -arten. Die Daten des durch die Bundesländer organisierten FFH-Monitorings bilden somit eine wichtige Arbeitsgrundlage für die Weiterentwicklung der Gebiete. Im Rahmen der vorliegenden Konzepterstellung wurde versucht, eine möglichst enge Anbindung an das FFH-Monitoring zu gewährleisten:

- Die Auswahl der Indikatoren, Parameter (Erhebungsgrößen) und Methoden wurde so getroffen, dass diese zu einer Bewertung der FFH-Lebensraumtypen entsprechend der Bewertungsschemata (Sachteleben & Behrens 2010) beitragen können. So lassen sich aus den geplanten Vegetationserfassungen in Verbindung mit Erhebungen zur Biotoptypenzusammensetzung und Verteilung der Hauptbedeckungsklassen Aussagen zur Ausdehnung und zum Erhaltungszustand von FFH-Lebensraumtypen (typische Arten, Strukturen und Beeinträchtigungen) ableiten. Eine komplette Erfassung aller in den Bewertungsschemata aufgeführten Parameter ist jedoch zu aufwendig und oftmals nicht zielführend. Das gilt insbesondere für die zahlreichen verbal zu treffenden Einschätzungen, die kaum statistisch ausgewertet werden können.
- Zum Teil können die Methoden zur Erfassung ausgewählter Parameter übernommen werden. So können zum Beispiel viele der von Schnitter et al. (2006) gegebene

nen methodischen Empfehlungen zur Erfassung ausgewählter FFH-Arten berücksichtigt werden.

- Erhebungszyklen wurden so ausgewählt, dass sie in das Format der Berichterstattung eingepasst werden können.

#### **5.2.4 Bund-Länder Messprogramm Meeresumwelt (BLMP)**

Das Bund-Länder-Messprogramm Meeresumwelt ([www.blmp-online.de](http://www.blmp-online.de)) ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem Bund und den Bundesländern Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Es dient der abgestimmten Überwachung des Umweltzustands in der Nord- und Ostsee und trägt zur Erfüllung der Berichtspflichten bei, die sich aus verschiedenen internationalen Übereinkommen und EU-Richtlinien ergeben (OSPAR, HELCOM, Trilaterales Monitoring- und Bewertungsprogramm, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Wasserrahmenrichtlinie, Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, Vogelschutz-Richtlinie). Erfasst werden der biologische, physikalische und hydromorphologische Gewässerzustand, der Zustand ausgewählter Lebensraumtypen und die Bestandsentwicklung bestimmter Wirbeltiergruppen. Eine ausführliche Beschreibung der Parameter und Methoden bietet das laufend aktualisierte Monitoringhandbuch (BLMP 2012), das unter der Internetadresse <http://www.blmp-online.de/Seiten/Monitoringhandbuch.htm> zur Verfügung steht.

Einige Naturerbegebiete enthalten Küstenlebensräume, die in den Bereich des BLMP fallen. Ausgewählte Parameter des Programms (insbesondere die Vogelbestände, Erhaltungszustände von FFH-Lebensraumtypen, Wasserqualität) sind für das Monitoring in den Naturerbegebieten von Relevanz. Die Daten sollten von den entsprechenden Fachbehörden der Bundesländer bezogen werden.

#### **5.2.5 Bodenmonitoring (BDF)**

Um langfristige Veränderungen der Böden zu dokumentieren, existiert ein deutschlandweites Netz an Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF). Diese unterteilen sich in Basisflächen (BDF I) und Intensivmessflächen (BDF II). Auf den BDF I werden hauptsächlich allgemeine bodenphysikalische und bodenchemische Parameter erhoben. Diese Flächen dienen dazu, ein repräsentatives Bild über den Bodenzustand zu erlangen. Auf Intensivmessflächen (BDF II) werden zusätzliche Daten zu Stoffeinträgen, stofflichen Belastungen und zur Meteorologie gewonnen. Diese Flächen haben die Funktion eines Frühwarnsystems für schädliche Bodenveränderungen. Die zeitliche und räumliche Abdeckung der Bodendauerbeobachtungsflächen sowie der Umfang der erhobenen Parameter variiert zwischen den einzelnen Bundesländern. Methodische Empfehlungen zur Einrichtung der Flächen werden bei Barth et al. (2000) gegeben. Das Umweltbundesamt führt die Daten für diverse Auswertungen auf nationaler Ebene zusammen.

Das Bodendauerbeobachtungsprogramm lässt sich für das Monitoring in den Naturerbegebieten in zweierlei Hinsicht nutzen. Zum einen können die Daten als Referenz für die Interpretation der Entwicklung in den Naturerbegebieten genutzt werden. Voraussetzung ist eine möglichst enge methodische Anlehnung der eigenen Erhebungen an standardisierte Methoden, die auch im Rahmen der Bodendauerbeobachtung zur Anwendung kommen. Zum anderen können Daten zu Stoffeinträgen und Meteorologie, die auf Intensivmessflächen erhoben werden, auf die Naturerbegebiete bezogen werden, sofern die räumliche Nähe es zulässt.

### **5.2.6 Forstliches Umweltmonitoring**

Das forstliche Umweltmonitoring besteht aus mehreren Komponenten: einem flächendeckenden Stichprobennetz (Level I), auf dem die Bodenzustandserhebung und die Waldzustandserhebung stattfindet, und dem Intensivmonitoring (Level II) auf Dauerbeobachtungsflächen. Durchgeführt werden die Untersuchungen durch die Bundesländer. Die bundesweiten Daten werden am Johann Heinrich von Thünen-Institut in Eberswalde zusammengestellt und analysiert. Alle drei Programme sind Bestandteil des Internationalen Kooperationsprogramms zur Bewertung und Überwachung der Wirkung von Luftschadstoffen auf Wälder (ICP Forests).

#### *Bodenzustandserhebung (BZE)*

Die Bodenzustandserhebung ist ein Teil des forstlichen Umweltmonitorings und verfolgt das Ziel, den Zustand und die Veränderung von Waldböden zu erfassen. Auf einem Raster einer Maschenweite von 8km x 8km werden allgemeine bodenphysikalische und bodenchemische Parameter erhoben. Dieses Raster ist wiederum in das Raster der Waldzustandserhebung eingebunden, so dass der Zusammenhang zwischen Wald- und Bodenzustand analysiert werden kann. Bundesweit werden ca. 2000 Probeflächen bearbeitet.

Für das Monitoring in den Naturerbegebieten dient die Bodenzustandserhebung als Referenz für die Interpretation eigener Bodendaten. Sofern Flächen dieses Programms in den Naturerbegebieten liegen, sollten diese in das Monitoring mit eingegliedert werden. Anzustreben ist die Nutzung der Arbeitsanleitung bei der Durchführung eigener bodenkundlicher Untersuchungen im Wald (siehe BMELV 2006, 2007).

#### *Waldzustandserhebung*

Die Waldzustandserhebung dient der Analyse von Umwelteinflüssen auf den Gesundheitszustand der wichtigsten Baumarten. Im Rahmen dieses Programms werden einmal jährlich die Blatt- und Nadelverluste repräsentativer Bäume erfasst und einer Schadstufe zugeordnet. Die Netzdichte der bundesweiten Waldzustandserhebung beträgt 16km x 16km. Je nach Bundesland ist dieses Netz unterschiedlich stark verdichtet (Übersicht siehe BMELV 2011).

#### *Forstliche Dauerbeobachtungsflächen*

Auf ausgewählten Flächen der Bodenzustandserhebung ist ein Intensivmessprogramm installiert. Dort werden kontinuierliche Datenreihen zu Klima, Stoffeinträgen, Stoffinhalten des Sickerwassers und Stoffinhalten des Streufalls gewonnen. Daneben finden periodische Erfassungen ertragskundlicher Parameter sowie der Vegetation statt.

Sofern die räumliche Nähe zwischen forstlichen Intensivmessstationen und den Naturerbegebieten gegeben ist, können die dort erhobenen Daten (insbesondere Deposition und Klima) für das Monitoring genutzt werden.

### **5.2.7 Luftmessnetz**

Die Bundesländer betreiben Messnetze zur Überwachung der Luftgüte. Mit Hilfe automatischer Multikomponenten-Messstationen werden die wichtigsten Luftschadstoffe (Schwefeldioxid, Feinstaub, Staubbiederschlag, Ozon, Stickoxide, flüchtige organische Verbindungen) sowie meteorologische Größen erfasst. An manchen Stationen erfolgt auch die Analyse von Staubinhaltsstoffen. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt meist in den Städten. Mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen werden Immissionskataster erstellt, um die Schadstoffbelastung an jedem beliebigen Ort einschätzen zu können.

Für das Monitoring in den Naturerbegebieten sind die modellierten Daten der Immissionskataster als Hintergrundinformation relevant. Insbesondere die Konzentrationen von Schwefeldioxid und Stickoxiden können Aufschlüsse über mögliche Stoffeinträge geben.

### **5.2.8 Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie**

Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der EU verlangt von den Mitgliedsstaaten, Oberflächengewässer und das Grundwasser innerhalb einer bestimmten Frist in einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu überführen bzw. einen solchen guten Zustand zu erhalten. Dazu ist eine regelmäßige Berichterstattung über den Zielerreichungsgrad vorgeschrieben. Die Bewertung erfolgt anhand einer biologischen, physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponente. Zur Bewertung der Qualitätskomponenten wurden detaillierte Erfassungs- und Bewertungssysteme entwickelt, die auf verschiedene Gewässertypen und regionale Besonderheiten abgestimmt sind (beschrieben in Kapitel 7.1.3 und 8.1.2).

Für das Monitoring in den Naturerbegebieten wurde auf die Indikatoren und Methoden des WRRL-Monitorings zurückgegriffen (Kapitel 7.1.3 und 8.1.2). Für Gewässer, die unter die Berichtspflicht fallen, werden die entsprechenden Daten durch die Bundesländer erhoben und sollten dort angefordert werden.

### **5.2.9 Bundeswaldinventur**

Das Hauptziel der Bundeswaldinventur ([www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de)) ist eine großräumige Erfassung der Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten. Sie dient als Grundlage für umweltpolitische und wirtschaftspolitische Entscheidungen sowie als Datenquelle für die Forschung. Im Mittelpunkt steht die Erhebung von Daten über das vorhandene Rohstoffpotenzial, den Holzzuwachs und die Holznutzung. Daneben dient die Inventur der Abschätzung der Naturnähe der Wälder und der Beurteilung des Zustands von Waldlebensraumtypen. Auch für die Berichterstattung im Rahmen internationaler Klimaschutzabkommen werden die Daten der Bundeswaldinventur benötigt. Die Erfassungen finden als Stichprobeninventur auf einem Raster von 4km x 4km statt und werden in einem Turnus von 10 Jahren wiederholt.

Die Ergebnisse der Bundeswaldinventur können dazu herangezogen werden, die Entwicklung der Wälder in den Naturerbegebieten in den nationalen und regionalen Kontext einzuordnen.

### **5.2.10 Ökologische Flächenstichprobe**

Die ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) ist ein Konzept für ein nationales Biodiversitätsmonitoring, das unter der Leitung des Bundesamtes für Naturschutz entwickelt wurde. Das Ziel ist die Erhebung bundesweiter Daten zur Biodiversität in einem Set von 1000 Probeflächen einer Größe von jeweils 100ha. Die Flächen decken die wichtigsten Landnutzungstypen und Naturräume in Deutschland ab und werden durch länderspezifische Flächen ergänzt. Bisher wurden das Monitoring häufiger Brutvogelarten und der High Natur Value- Farmlandindikator auf diesen Flächen implementiert. In Nordrhein-Westfalen finden zudem weitere Erfassungen ausgewählter Organismengruppen statt.

Im Rahmen des Monitorings in den Naturerbegebieten ist es vorgesehen, die Erfassung von Brutvögeln in das bestehende Programm des DDA (Kapitel 5.2.1 und 8.2.3.1) zu integrieren. Dabei wird angestrebt, bestehende Flächen der ÖFS, die in den Naturerbegebieten liegen mit zu berücksichtigen und durch weitere Flächen zu ergänzen.

### **5.2.11 Forsteinrichtung**

Die Forsteinrichtung ist eine Waldinventur auf Betriebsebene, die in einem Turnus von 10 Jahren durchgeführt werden muss. Sie dient vorrangig der Zustandserfassung, Erfolgskontrolle und forstlichen Wirtschaftsplanung. Im Mittelpunkt der Zustandserfassung stehen die forstliche Bestandsbeschreibung, Standortbeschreibung, Erfassung der Biotopausstattung sowie die Dokumentation flächenbezogener Zusatzinformationen. Die Erhebungsgrößen und Methoden der Forsteinrichtung in den Naturerbegebieten sind in der „Geschäftsanweisung Forsteinrichtung“ der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BIMA 2007) dokumentiert.

Die Forsteinrichtung liefert wertvolle flächenbezogene Daten, die für die Umsetzung eines Monitoringprogramms relevant sind. Insbesondere die Angaben zum Biotoptyp werden als Hintergrundinformation zur Stichprobenverteilung (Stratifizierungsparameter) benötigt. Im Rahmen der Forsteinrichtung werden Daten erhoben, die sich zur Quantifizierung wichtiger Indikatoren zur Waldstruktur verwenden ließen (z. B. Baumartenzusammensetzung, Baumdimensionen, Totholzvorrat). Für ein Monitoring und die Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen ist jedoch eine Stichprobeninventur auf dauerhaft eingerichteten Untersuchungsflächen nach dem Muster bestehender Inventuren in Naturwaldreservaten und Nationalparks besser geeignet.

### **5.2.12 Monitoringprogramme in Großschutzgebieten**

Innerhalb von Großschutzgebieten (Nationalparks, Biosphärenreservate, Naturparks) existieren verschiedene Monitoringprogramme, die unterschiedliche thematische Ausrichtungen aufweisen und verschiedene methodische Ansätze verfolgen (z. B. BfN 2008). Im vorliegenden Konzept wird an verschiedenen Stellen darauf verwiesen, wo entsprechende Ansätze übernommen werden könnten. Einige Naturerbegebiete sind Bestandteil von Biosphärenreservaten, die wiederum eigene Monitoringaktivitäten verfolgen. Solche bereits bestehenden Programme sollten wenn möglich integriert werden. Schwierigkeiten könnten die methodischen Unterschiede zwischen bestehenden Programmen und dem vorliegenden Konzept bereiten. In diesem Fall sollte dem Erhalt langer Datenreihen immer der Vorzug gegenüber einem Methodenwechsel gegeben werden.

## **6 Entwicklungsziele für die Naturerbegebiete**

### **6.1 DBU-Entwicklungsziele**

Monitoring stellt ein zielgerichtetes Beobachtungsprogramm dar (Kapitel 3). Daher sind die in den Naturerbegebieten verfolgten Schutz- und Entwicklungsziele entscheidend für die Ableitung geeigneter Indikatoren. Mit der Übertragung der Naturerbegebiete an die DBU-Naturerbe GmbH wurde für jedes der Gebiete ein Leitbild entwickelt, in dem die Zielvorstellungen in einer allgemeinen Form festgehalten sind. Konkretisiert werden diese Ziele in den Naturerbeentwicklungsplänen, die sich derzeit in der Erarbeitungsphase befinden. Die Grundlage für den Entwurf des Indikatorensets in Kapitel 7.1 bildeten die Leitbilder sowie eine Reihe an Grundsatzdokumenten der DBU Naturerbe GmbH. Zunächst wurden alle Schutz- und Entwicklungsziele aus den Leitbildern herausgearbeitet und systematisiert. Im folgenden Kapitel 6.1 werden die wichtigsten Ziele textlich erläutert. Eine tabellarische Zusammenstellung befindet sich im Anhang (Tabelle 54).

#### **6.1.1 Entwicklungsziele für den Wald**

Die Schutz- und Entwicklungsziele für die Wälder sind in den Leitbildern für jedes Gebiet und im Merkblatt "Naturnahe Waldentwicklung auf DBU-Naturerbeflächen - Grundsätze zur Entwicklungssteuerung" (DBU 2010) beschrieben. Mit Ausnahme von Wäldern, deren Erhalt von der Aufrechterhaltung bestimmter traditioneller Nutzungsformen abhängt (z. B. Niederwälder, Hutewälder) sollen alle Wälder langfristig in eine natürliche Waldentwicklung überführt werden (Wahmhoff 2010). Durch die Zulassung einer natürlichen Entwicklungsdynamik sollen reich strukturierte Wälder entstehen, die einer großen Anzahl von Arten eine Lebensgrundlage bieten. In Laubmischwäldern und alten Kiefernbeständen wird die Nutzung sofort aufgegeben. Dagegen ist in großflächigen Nadelholz-Monokulturen eine Entwicklungssteuerung vorgesehen. Durch forstliche Maßnahmen soll der Anteil von Nadelgehölzen schrittweise reduziert werden, um standortgerechte Laubbaumarten zu fördern. Im Rahmen von Naturerbeentwicklungsplänen werden die Waldbestände vier Kategorien zugeordnet, die den Zeithorizont für die Überführung in eine natürliche Entwicklung definieren (Tabelle 10).

Zusammenfassend lassen sich für die Wälder folgende Entwicklungsziele festhalten, an denen sich die Auswahl geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle (Kapitel 7.1) orientiert:

- Gewährleistung der natürlichen Waldentwicklung in verschiedenen Waldbiototypen
- Umbau strukturarmer Nadelholzbestände in standortgerechte Laubmischwälder und deren Überführung in eine natürliche Waldentwicklung
- Wiederherstellung bestimmter Waldbiototypen
- Erhalt bestimmter Waldbiotypen
- Wiederherstellung des natürlichen Wasser- und Nährstoffhaushalts
- Artenschutz (insbesondere Vögel)

Tabelle 10. Waldbehandlungskategorien der DBU Naturerbe GmbH (Quelle: DBU 2010)

Kategorie	Entwicklung	Erläuterungen
<b>N</b> Natürliche Waldentwicklung	Natürliche Entwicklung ohne weitere Eingriffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiefer, alle Bestände über 101 Jahre mit einem Bestockungsgrad (BG) <math>\leq</math> 0,6</li> <li>• standortheimische Laubbaumarten (LB), alle Bestände, die zu mind. 90 % aus standortheimischen Laubbaumarten bestehen und keine fremdländischen Baumarten enthalten</li> <li>• alle Blößen (nicht Offenland), unabhängig von ihrer Größe und Lage</li> </ul>
<b>ÜK</b> Überführung kurzfristig	Begrenzte Eingriffe zur Entwicklungssteuerung notwendig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Waldzustand erfordert bis zum Überlassen in eine natürliche Entwicklung Eingriffe in einem Zeitraum von bis zu 20 Jahren.</li> <li>• Kiefer, alle Bestände ab 81 Jahre., BG wird innerhalb von 20 Jahren <math>\leq</math> 0,6 gebracht</li> <li>• LB-Mischbestände mit 70-89 % standortheimischer Baumarten; Bestände werden durch Entnahme nicht standortheimischer Bestandesteile in Kat. N überführt</li> </ul>
<b>ÜL</b> Überführung langfristig	Langfristige Entwicklungssteuerung notwendig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Waldzustand erfordert bis zum Überlassen in eine natürliche Entwicklung Eingriffe, die über einen Zeitraum von 20 Jahren hinausreichen.</li> <li>• Alle Kiefernbestände unter 81 Jahren</li> <li>• LB-Mischbestände mit weniger als 70 % standortheimischen LB</li> <li>• Bestände mit mehr als 30 % Fremdländern oder nicht standortheimischen Baumarten</li> </ul>
<b>S</b> Sonderbewirtschaftung	Dauerhafte Entwicklungssteuerung nötig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonderstandorte wie z. B. Mittel- oder Niederwälder</li> </ul>

Der Umbau von Waldbeständen orientiert sich an folgenden Teilzielen:

- Verminderung des Anteils an Nadelbaumarten und Erhöhung des Laubbaumanteils durch forstliche Maßnahmen und unter Ausnutzung der natürlichen Verjüngung
- Vermeidung monotoner Strukturen durch die einseitige Förderung bestimmter Baumarten (Schaffung von Heterogenität)
- Verbesserung der horizontalen Struktur der Waldbestände
- Verbesserung der vertikalen Struktur der Waldbestände (Schichtung)

- Verbesserung der Struktur von Waldinnen- und Waldaußenrändern (Erhöhung der Tiefe und des Grenzlinienanteils)
- Erhalt und Erhöhung des Anteils an stehendem und liegendem Totholz
- Erhalt und Erhöhung des Anteils an Altholz, Horst- und Höhlenbäumen
- Erhöhung der Artenvielfalt in naturfernen Waldbeständen
- Zurückdrängung von nicht standortheimischen Baumarten

### **6.1.2 Entwicklungsziele für das Offenland**

Die durch den militärischen Übungsbetrieb entstandenen Offenländer beherbergen eine Vielzahl an seltenen und gefährdeten Biototypen. Diese bilden die Lebensgrundlage für spezialisierte Arten, die in der heutigen intensiv genutzten Agrarlandschaft kaum noch zu finden sind. Daher besteht das übergeordnete Entwicklungsziel im Erhalt des Offenlandes durch gezielte Pflegemaßnahmen (Wahnhoff 2010). Diese umfassen im Wesentlichen Maßnahmen zur Zurückdrängung der Sukzession wie Mahd, Beweidung oder forstliche Eingriffe. Aus den Leitbildern lassen sich folgende Ziele für das Offenland ableiten:

- Erhalt und Optimierung verschiedener Offenlandbiototypen
- Wiederherstellung bestimmter Offenlandbiototypen
- Zulassung der Sukzession in bestimmten Bereichen
- Erhalt und Optimierung von Mosaiks verschiedener Offenland-Biototypen
- Biotopverbund
- Artenschutz (insbesondere Vögel)
- Zurückdrängung von Neophyten
- Optimierung des Wasserhaushaltes

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Offenland-Biototypen, deren Erhalt durch Management vorgesehen ist. Im Fokus der Leitbilder stehen Heiden auf sandigen Böden (Calluna-Heiden), Sandtrockenrasen, sowie artenreiches, frisches Grünland der planaren bis submontanen Stufe. Neben den in Tabelle 11 genannten Biototypen existieren in den Gebieten weitere Biototypen des Offenlandes, die jedoch nicht Gegenstand der Leitbilder sind.

**Tabelle 11. In den Entwicklungszielen verankerte Biotoptypen des Offenlandes (Quelle: Leitbilder für 33 DBU-Naturerbegebiete).**

\*prioritärer Lebensraumtyp der FFH-Richtlinie

<b>BIOTOTYPE LAUT LEITBILDER</b>	<b>Biotoptyp (Riecken et al. 2006)</b>	<b>Code (Riecken et al. 2006)</b>	<b>FFH-LRT</b>	<b>Anzahl der Gebiete</b>
Salzgraslandgesellschaften	Salzgrünland des Geolitorals der Ostseeküste (ohne Röhrichte)	08.01	1330	1
Feuchte Dünentäler	feuchte/nasse Dünentäler, inkl. Dünenmoore [Komplex]	10.05	2190	1
Magerrasen	Trockenrasen	34.01	6210 8230 *6110	2
Kalkmagerrasen	Trockenrasen auf karbonatischem Untergrund	34.01.01	*6110 6210	4
Halbtrockenrasen	Halbtrockenrasen	34.02	5130 *6110 6210 6240	3
Sandmagerrasen, kalkreiche Sandrasen	Sandtrockenrasen	34.04	2330 *6120	8
Silbergrasfluren	Silbergrasrasen	34.04.02	2330	4
Borstgrasrasen	Borstgrasrasen	34.06	*6230	3
Wiesen	artenreiches Grünland frischer Standorte	34.07	6510 6520	6
Flachland-Mähwiesen	artenreiches, frisches Grünland der planaren bis submontanen Stufe	34.07.01	6510	8
Pfeifengraswiesen	Pfeifengraswiesen (auf mineralischen und organischen Böden)	35.02.01	6410	2
Brenndoldenwiesen	Brenndolden-Auenwiesen	35.02.02	6440	2
Feuchtwiesen	sonstiges extensives Feucht- und Nassgrünland der planaren bis submontanen Stufe	35.02.03		1
Hochstaudenfluren	Wald- und Ufer-säume, Staudenfluren	39.	6430	3
Feuchte Heiden	Moor- oder Sumpfheiden	40.02	4010 7140	5
Heiden, trockene europäische Heiden, Calluna-Heiden	Heiden auf sandigen Böden (Calluna-Heiden)	40.03	2310 2320 4030 5130	16
Feldgehölze	Feldgehölze, Gebüsche, Hecken	41.		2

BIOOPTYP LAUT LEITBILDER	Biotyp (Riecken et al. 2006)	Code (Riecken et al. 2006)	FFH-LRT	Anzahl der Gebiete
	und Gehölzkulturen			
Streuobstwiesen	Streuobstbestand auf Grünland	41.06.01		1
Wacholderformationen	Wacholder-Gebüsch	41.01.05.02	5130	1
Dünen (in den Leitbildern verwendeter Sammelbegriff, der Binnen- und Küstendünen mit ihren verschiedenen Biotop- und Lebensraumtypen umfasst)				9

### 6.1.3 Entwicklungsziele für Feuchtgebiete und Gewässer

#### 6.1.3.1 Feuchtgebiete

Die DBU Naturerbe GmbH verfolgt das langfristige Ziel, Feuchtgebiete zu erhalten oder in einen ursprünglichen, naturnahen Zustand zurückzuführen. Vor allem die durch anthropogene Eingriffe in den Wasserhaushalt degenerierten Moore sollen durch Wiedervernässung renaturiert werden. Ziele sind der Erhalt und die Schaffung von Lebensräumen für spezialisierte, stark gefährdete Arten und die Aufrechterhaltung der Kohlenstoffspeicherfunktion im Sinne des Klimaschutzes (DBU 2011). In den Leitbildern lassen sich folgende konkrete Ziele für Feuchtgebiete finden:

- Erhalt und Optimierung bestimmter Biotypen der Feuchtgebiete
- Renaturierung von Feuchtgebieten durch Wiedervernässung
- Optimierung des Wasserhaushaltes durch forstliche Maßnahmen
- Wiederherstellung der natürlichen Überflutungsdynamik in Überflutungsmooren

Tabelle 12 enthält eine Übersicht der von den Entwicklungszielen betroffenen Biotypen der Feuchtgebiete. Diese Übersicht ist mit Sicherheit nicht vollständig. Sie zeigt lediglich die Biotypen, denen in den Leitbildern ein besonderes Gewicht gegeben wird.

**Tabelle 12. Zum Erhalt oder zur Renaturierung vorgesehene Biotypen der Feuchtgebiete (Quelle: Leitbilder für 33 DBU-Naturerbegebiete).**

\*prioritärer Lebensraumtyp der FFH-Richtlinie

BIOOPTYP LAUT LEITBILDER	Biotyp (Riecken et al. 2006)	Code (Riecken et al. 2006)	FFH-LRT	Anzahl der Gebiete
Niedermoore	waldfreie, oligo- bis mesotrophe Niedermoore und Sümpfe	35.01	7230	3
Hochmoore	Hochmoor der planaren bis submontanen Stufe	36.01.01	*7110 7150	2
Übergangsmoore, Schwingrasenmoore	Übergangsmoor oder Zwischenmoor der planaren bis submontanen Stufe	36.02.01	7140 7150	5
Kalkreiche Sümpfe	Schneidenröhricht	38.04	7210	1

### **6.1.3.2 Gewässer**

In den Naturerbegebieten der DBU sind Fließgewässer, stehende Gewässer und Küstengewässer vertreten. Analog zu den Feuchtgebieten, sind der Erhalt und die Renaturierung von Gewässern die übergeordneten Schutz- und Entwicklungsziele. Für 18 DBU-Naturerbegebiete werden gewässerbezogene Ziele genannt, die wie folgt zusammengefasst werden können:

- Erhalt von Fließgewässern
- Erhalt von stehenden Gewässern
- Erhalt von Quellen
- Erhalt typischer Strukturen (Uferstruktur, Flachwasserbereiche)
- Erhalt der natürlichen Überflutungsdynamik
- Erhalt der natürlichen Küstendynamik
- Renaturierung von Fließgewässern, insbesondere durch die Gewährleistung der Durchgängigkeit
- Renaturierung stehender Gewässer, insbesondere durch Wiederherstellung eines natürlichen Wasserhaushaltes
- Erhöhung der Wasserqualität
- Zurückdrängung von Neophyten
- Artenschutz (insbesondere Amphibien, Fische, Vögel)

Darüber hinaus werden für einzelne Gewässer sehr spezifische Entwicklungsziele formuliert, die in Tabelle 54 (Anhang) aufgelistet sind.

### **6.1.4 Entwicklungsziele für die Gesamtgebiete**

Aus den Leitbildern lassen sich verschiedene Ziele ableiten, die sich auf die ganze Fläche der jeweiligen Naturerbegebiete beziehen:

- Erhalt der Vielfalt an Biotoptypen
- Erhalt von Mosaiken aus verschiedenen Biotoptypen
- Biotopverbund (bezogen auf bestimmte Biotoptypen)
- Erhalt fließender Übergänge zwischen verschiedenen Biotoptypen
- Erhöhung des Grenzlinienanteils zwischen Wäldern und Offenland
- Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes im Gesamtgebiet
- Artenschutz
- Wildmanagement

Um die Schutz- und Entwicklungsziele zu erreichen, ist auch ein Management des Wildbestandes vorgesehen. Ziele, Bedingungen und Methoden sind in den „Grundsätzen zum Wildmanagement auf den DBU-Naturerbeflächen“ (DBU 2009) festgeschrieben. Demnach sind regulierende Eingriffe dann gerechtfertigt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Erreichung der vorgegebenen liegenschaftsbezogenen Schutzzwecke durch eine sukzessive natürliche Waldentwicklung bis hin zu Naturentwicklungsgebieten ohne Waldschutzmaßnahmen
- Einhaltung gesetzlicher Vorgaben zur unmittelbaren Gefahrenabwehr (z.B. Tierseuchen o.ä.)
- Sicherung national gefährdeter Arten durch jagdliche Maßnahmen im Einzelfall
- Förderung der Beobachtungsmöglichkeiten von wildlebenden tagaktiven Tierarten

## 6.2 Funktionale Entwicklungsziele

Die Pläne der DBU-Naturerbe GmbH sind vor allem auf die langfristige Erhaltung und Entwicklung von strukturellen Qualitätsmerkmalen ausgerichtet. Funktionale Zielsetzungen sind nicht explizit formuliert, aber implizit stets vorhanden. Beispiele für prozessorientierte Ziele sind etwa:

- Wiederherstellung des natürlichen Wasser- und Nährstoffhaushalts
- Zulassung der Sukzession
- Optimierung des Wasserhaushalts
- Erhöhung der Wasserqualität oder
- Optimierung der Kohlenstoffspeicherung.

Darüber hinaus können sich die angestrebten, naturschutzfachlich begründeten Strukturen nur dann zielgerecht entwickeln, wenn die funktionalen Grundlagen für die gewünschte Dynamik auch tatsächlich erfüllt sind; Die Kenngrößen des Wasser-, Stoff- und Energiehaushalts liefern also die Grundbedingungen für die angestrebte Dynamik in den Naturerbegebieten. Dadurch können funktionale Indikatoren als Lieferanten für Frühwarn-Signale verstanden werden und somit rechtzeitige Management-Maßnahmen hervorrufen. Vor allem wird es erst durch eine Berücksichtigung der Prozesse möglich, im Störungsfall kausale Wirkungsketten zu konstruieren. Die stofflich-energetischen und hydrologischen Prozesse sind direkt mit einer Vielzahl von Störungen gekoppelt, die starke Einflüsse auf die biozönotische Struktur nach sich ziehen können; so wirken viele der in Tabelle 3 aufgelisteten Störungen direkt über funktionale Prozesse. Beispiele hierfür sind:

- Veränderungen der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung (z.B. Düngung, Pesticideinsatz, fruchtspezifische Bearbeitungsmaßnahmen),
- Veränderungen der klimatischen Standortbedingungen (Temperatur, Strahlung, Niederschlag, Verdunstung, Wetterextreme),
- Stickstoffdeposition, Deposition anderer Stoffe, Stoffeinleitung oder
- Munitionsbelastung.

Aus diesen Wechselwirkungen ergibt sich schließlich die Tatsache, dass die *ökologische Funktionalität*, die sich auf das ausgewogene Zusammenwirken ökologischer Prozesse bezieht und durch den naturwissenschaftlichen Ansatz der *Ökosystemintegrität* repräsentiert wird, eine wichtige Grundlage für die angestrebten Systemzustände darstellt. Ebenso regeln die Integritäts-Parameter die *anthropozentrische Funktionalität*, die den Nutzen ökologischer Systeme für die Gesellschaft widerspiegelt und im Konzept der *Ökosystemdienstleistungen* angewendet wird. Für diese Varianten können natürlich auch direkte funktionale Zielsetzungen formuliert werden. Eine entsprechende Liste von Zielvorschlägen ist dem folgenden Text zu entnehmen.

### 6.2.1 Potenzielle Ziele für die ökologische Funktionalität und Integrität

Ökologische Funktionsabläufe sollten folglich in den Naturerbegebieten im Hinblick auf die gewünschten Entwicklungen der Biozönosen und der strukturellen Landschaftsausprägungen optimiert werden. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen für Offenland-Ökosysteme, in denen die Sukzession gebremst werden soll, Wäldern, die langfristig einer natürlichen Dynamik folgen sollen, und Feuchtgebieten, bei denen der Wasserhaushalt naturnahen Schwankungsbereichen zugeführt werden soll.

Daher soll die Selbstorganisationsfähigkeit, insbesondere von Waldökosystemen und Feuchtgebieten, optimiert werden. Dieser Entwicklungsprozess ist mit einem stetigen Anstieg aller Integritäts-Indikatoren verbunden, kann also prinzipiell relativ einfach überwacht werden. Für Offenland-Ökosysteme müssen standortspezifische Optimalwerte in den einzelnen Biotopen benannt werden.

Die Prozesse des Wasser-, Stoff- und Energiehaushalts sollten grundsätzlich ungestört ablaufen und eine standortgemäße Ausgewogenheit aufweisen. Die Ausprägung dieser Forderung kann anhand der Integritäts-Indikatoren und der oben vorgestellten naturnahen Entwicklungspfade bestimmt werden. Daraus ergeben sich die folgenden übergeordneten Entwicklungsziele:

- Die *Komplexität der Biozönose* soll in allen Fällen erhalten bzw. erhöht werden.
- Die *abiotische Heterogenität* soll in allen Fällen erhalten oder erhöht werden.
- Die *Aufnahmekapazität für nutzbare Energie* (Exergie-Aufnahme) wird zunächst in vielen Fällen durch den Nutzungsausfall (z.B. durch Umwidmung von Ackerflächen oder Einstellung der forstlichen Nutzung) reduziert. Im Anschluss sollte – etwa in den Waldökosystemen – eine kontinuierliche Optimierung der Nettoprimärproduktion zu erwarten sein. Die Produktivität der Grünlandökosysteme und Feuchtgebiete sollte sich nach Nutzungsaufgabe (und hiermit verbunden Düngungseinstellung) auf einen neuen Zustand geringeren Biomassezuwachses einpegeln. Die Offenländer werden ebenfalls nach den Management-Maßnahmen eine reduzierte Produktivität aufweisen, deren Entwicklung vor allem durch Stickstoffeinträge beeinflusst wird.
- Die *Reduzierung von stofflichen Verlusten* wird in allen Endstadien optimiert. Vorher gilt es allerdings, verschiedene Biotoptypen auszuhagern und hiermit gezielte Stoffverluste herbeizuführen. Im angestrebten Stadium verfügen alle Ökosysteme über eine optimale Speicherkapazität im Hinblick auf Nährstoffe und Kohlenstoff als Energieträger.
- Die *Gesamtrespiration* sollte vor allem in den Wäldern kontinuierlich zunehmen. Im Verlauf der Nutzungsumstellung können allerdings Stresssituationen auftreten, bei denen mit einer erhöhten Emission von Kohlendioxid und Methan durch mikrobielle Prozesse zu rechnen ist.
- Der *Wasserdurchfluss* durch terrestrische Biozönosen wird grundsätzlich erhöht.

Ökologische Funktionsabläufe stellen darüber hinaus die prozessuale Grundlage zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen dar. Sie sollten folglich zur Steuerung der einzelnen Standortpotenziale und zur Untermauerung der entsprechenden gesellschaftsbezogenen Entwicklungsziele - der Ökosystemdienstleistungen - optimiert werden.

### 6.2.2 Potenzielle Ziele für die anthropozentrische Funktionalität und Ökosystemdienstleistungen

Jede Landnutzungsform führt zur Bereitstellung einer spezifischen Auswahl von Ökosystemdienstleistungen in typischer Ausprägung. Daher können auch die Ökosystemzustände in den Biotopen der Naturerbegebiete aufgrund ihrer jeweiligen Funktionalitäts-Charakteristika spezifische Dienstleistungs-Bündel bereitstellen. Dabei gilt im Prinzip auch hier das Konzept der landschaftlichen Multifunktionalität, allerdings mit klaren Einschränkungen, die sich aus den jeweiligen Management-Plänen ergeben. Trotz der lokalen Individualitäten können einige grundsätzliche Zielvorstellungen – schwerpunktmäßig als Folgen des Landschaftsmanagements in den Naturerbegebieten - formuliert werden, die sich nachfolgend auf einzelne Ökosystemdienstleistungen beziehen:

- *Regulierende Dienstleistungen* erfahren speziell in den Gebieten mit ungebremster Sukzession starke Zunahmen. Wann immer die natürliche Entwicklung gebremst wird, wird eine solche Zunahme nicht zu verzeichnen sein.
  - Lokale Klimaregulierung: Insbesondere Wälder und Feuchtgebiete tragen zur lokalen Klimaregulation bei.
  - Globale Klimaregulierung: Die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung wird besonders effektive Regulationsleistungen in Wäldern, unter Grünland und (langfristig) in Feuchtgebieten aufweisen.
  - Luftqualitätsregulierung: In diesem Bereich wird das Leistungspotenzial der Wälder mit wachsender Naturnähe zunehmen.
  - Hochwasserschutz: Hierfür sind Feuchtgebiete als Puffer von Bedeutung.
  - Erosionsregulierung: Durch die Ausbreitung natürlicher oder naturnaher Vegetationseinheiten und eine erhöhte Vegetationsdichte wird die Wahrscheinlichkeit von effektiven Erosionsereignissen in den Naturerbegebieten grundsätzlich verringert werden.
  - Nährstoffregulierung: Mit zunehmender Naturnähe wird die Fähigkeit der Ökosysteme zur Filterung und Pufferung von Nährstoffeinträgen – insbesondere in den Wäldern - verstärkt. In den Offenländern ist das Puffervermögen herabgesetzt; Feuchtgebiete können durch Nutzungsumstellungen mittelfristig zu Nährstoffquellen degradieren; eine resiliente Wasserstandsregulierung auf höherem Niveau kann die Senkenfunktion nach einer Übergangszeit wieder hervortreten lassen.
  - Wasserreinigung: Das Potenzial zur Wassereinigung sollte in allen Fällen verbessert werden, zumal keine lokalen Stoff-Einträge in die Hydrosphäre zu erwarten sind. Daneben gelten die Einschränkungen der Nährstoffregulierung auch für das Potenzial zur chemischen Gewässerreinigung.
  - Grundwasserneubildung: Diese Leistung wird sehr stark durch die Vegetation und Bodeneigenschaften beeinflusst; allerdings werden diese Effekte durch die geologischen und klimatischen Standortbedingungen überlagert.
  - Bestäubung und Samenverbreitung: Vor allem die Offenländer werden ein großes Potenzial an bestäubenden Organismen und abiotischen Faktoren (z.B. Wind) hervorbringen.

- *Versorgungsdienstleistungen* sollen generell in den Naturerbegebieten minimiert werden. Ausnahmen treten vor allem während der Management-Phase – etwa durch gezielte Holzentnahmen oder gezielte Aushagerungen – sowie zur Erhaltung angestrebter Offenland-Zustände auf. Im Einzelfall lassen sich folgende Entwicklungshypothesen formulieren:
  - Feldfrüchte: Der Anbau wird langfristig durch Änderungen der landwirtschaftlichen Nutzungsstruktur total reduziert.
  - Biomasse zur Energieerzeugung: Keine entsprechende Nutzung in Naturerbegebieten; wird durch die Änderung in der landwirtschaftlichen Nutzungsstruktur eingeschränkt
  - Holzbrennstoff: Hier können ähnliche Entwicklungen wie beim Bauholz angenommen werden.
  - Holz: Die kommerzielle Holzproduktion soll nach einer Übergangsphase gänzlich eingestellt werden. Bis dahin wird sie aber eine wichtige wirtschaftliche Rolle spielen, da vor allem nicht-heimische Arten verstärkt veräußert werden.
  - Vieh: Essbare Tiere werden vor allem zur Pflege bestimmter Biotoptypen eingesetzt; hieraus ergeben sich relativ geringe Produktionsleistungen auf den Offenländern, während zum Beispiel in Wäldern die Nutztierhaltung fast gänzlich reduziert bleiben wird.
  - Viehfutter: Die Bereitstellung von Futterpflanzen ergibt sich in einigen Offenland-Biotopen durch Mahd, die als Pflegemaßnahme angewendet wird.
  - Fasern: Die Bereitstellung von pflanzlichen Fasern ergibt sich in den Offenlandgebieten durch die Mahd, z.B. von Röhricht.
  - Fisch, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen: Durch Nutzungsbeschränkungen wird der kommerzielle Fischfang mittelfristig auf null gefahren, sofern vorhanden.
  - Wald- und Wildprodukte: Das Angebot an Beeren und Pilzen wird sich unterschiedlich, aber wahrscheinlich nur unwesentlich verändern, während die Bestimmungen zur Jagd lokal unterschiedlich ausfallen. Die Regelungen für Freizeit-Angler werden regional unterschiedlich ausfallen. In Schutzgebieten wird das Sammeln von Wald- und Wildprodukten gesetzlich geregelt.
  - Biochemikalien / Medizin: Die Ernte von Heilpflanzen spielt eine geringe wirtschaftliche und soziale Rolle, und dies wird sich voraussichtlich auch nicht ändern bzw. ist in Schutzgebieten untersagt.
  - Süßwasser: Die Entnahme von Trink- oder Brauchwasser aus den Naturerbegebieten unterliegt starken lokalen Unterschieden.
- Die Motivation für die Einrichtung der Naturerbegebiete wird in der derzeitigen Lehrmeinung über Ökosystemdienstleistungen zu den *kulturellen Dienstleistungen* gezählt. Dementsprechend wird auch der Nutzen für die Gesellschaft als kulturelle Dienstleistung verstanden. Somit ist in diesem Bereich mit einer merkbaren Steigerung zu rechnen. Dies betrifft alle folgenden Dienstleistungen:
  - Landschaftsästhetik: In diesem Punkt ist von einer Steigerung in allen betroffenen Ökosystemen auszugehen durch das Einbinden von Großsäugern im Offenlandmanagement, sowie die natürlichen Waldentwicklung.

- Inspiration: Auch hier bieten die Gebiete nach abgeschlossener Nutzungs- und Pflegeumstellung höhere Potenziale.
- Tourismus und Erholung: Derzeit gelten teilweise eingeschränkte Betretungsmöglichkeiten auf den ehemaligen Truppenübungsplätzen. Diese Situation soll sich aber langfristig anhand von Besucherlenkungsplänen ändern; damit bieten die Areale eine gute Möglichkeit, „sanfte“ Tourismuskonzepte umzusetzen.
- Bildung: Durch die Verbesserung des Informationsangebots und potenzielle Konzepte der Besucherbetreuung können die Bildungsleistungen der Gebiete sehr effektive Werkzeuge für die Verbesserung des Umweltbewusstseins von Besuchern werden (z.B. anhand eines Baumkronenpfads oder durch Informationstafeln).
- Intrinsischer Wert der Biodiversität: Dies ist die Hauptmotivation zur Einrichtung der Naturerbegebiete. Demzufolge ist eine gesteigerte Zunahme mit der Laufzeit des Programms zu erwarten.

## **7 Indikatoren für das Monitoring in DBU-Naturerbegebieten**

Ausgangspunkt für die Formulierung der Indikatoren sind die Schutz- und Entwicklungsziele (Kapitel 6), die zu Projektbeginn aus den Leitbildern und anderen relevanten Dokumenten der DBU Naturerbe GmbH herausgearbeitet wurden. Zu jedem Ziel wurde ein Indikandum formuliert, welches den durch den Indikator abgebildeten Sachverhalt darstellt. Es wurde jedoch versucht, ein thematisch möglichst breit angelegtes Indikatorenset zu erarbeiten, mit dessen Hilfe auch überregional wirkende anthropogene Einflussfaktoren erfassbar sind, und das es erlaubt, auch auf unerwartet auftretende Veränderungen der Ökosysteme reagieren zu können. Daher korrespondiert nicht jeder Indikator mit einem eng formulierten Ziel.

In den folgenden Abschnitten wird die Auswahl der Indikatoren vorgestellt und fachlich begründet. Die Indikatorentabellen enthalten neben einer Definition des Indikators einen Verweis auf die korrespondierenden Schutz- und Entwicklungsziele, die zur Quantifizierung notwendigen Parameter (Erhebungsgrößen) sowie Angaben zur räumlichen Skala und Priorität des Indikators.

### **7.1 Indikatoren für die Erfolgskontrolle (DBU-Ziele)**

#### **7.1.1 Landschaftsstruktur**

Die Struktur der Landschaft hat einen großen Einfluss auf die Biodiversität. Die Größe von Landschaftselementen als auch deren Form und räumliche Verteilung wirken auf alle Ebenen der Biodiversität ein: auf die genetischen Information (z. B. Schweiger et al. 2004), die Artengemeinschaften (Hendrickx et al. 2007) sowie die funktionale Biodiversität (Schweiger et al. 2007). Die Art der Beziehung zwischen Landschaftsstruktur und Biodiversität folgt dabei keinem generellen Muster. Sie hängt unter anderem von der betrachteten Biodiversitätskomponente ab. So wird die Gesamtdiversität eines Gebietes ( $\gamma$ -Diversität) von einer bestimmten Landschaftskomponente anders geprägt als die Diversität lokaler Artengemeinschaften ( $\alpha$ -Diversität) oder die Diversität zwischen lokalen Artengemeinschaften ( $\beta$ -Diversität) (Hendrickx et al. 2007). Weiterhin bestimmen die spezifischen Eigenschaften der Organismen deren Reaktion gegenüber bestimmten Strukturen. Insbesondere die Mobilität und der Spezialisierungsgrad sind entscheidende Faktoren, die die Verteilung einer Art im Raum sowie deren Reaktion gegenüber Veränderungen der Landschaftsstruktur bestimmen.

Die Grundlage für die Berechnung von Landschaftsstrukturmaßen bilden kategoriale Karten, d.h. Karten, in denen die vorkommenden Landschaftselemente bestimmten thematischen Kategorien zugeteilt werden (z.B. Landnutzungsklassen, Biotoptypen). Einzelne Patches sind auf kategorialen Karten klar abgegrenzt. Beispiele für solche Karten sind die Corine Landcover-Karten (EEA 2007a) oder Biotoptypenkarten. Liegen die Karten in digitaler Form vor, so können Landschaftsstrukturmaße mit der Software FRAGSTAT (McGarigal et al. 2002) berechnet werden. Nach McGarigal et al. (2002) lassen sich zwei Kategorien von Landschaftsstrukturmaßen unterscheiden: Maße für die Landschaftszusammensetzung und Maße für die Landschaftskonfiguration. Maße für die Landschaftszusammensetzung beschreiben die Vielfalt und die Abundanz von Landschaftselementen, ohne auf deren räumliche Lage oder Form einzugehen. Diese Maße haben aggregierenden Charakter und können nur auf Landschaftsebene bestimmt werden. Maße für die Landschaftskonfiguration beschreiben die Anordnung, Form und Lage von Landschaftselementen. Sie können sowohl auf der Ebene der Landschaft als auch auf der Ebene einzelner

Landschaftselemente bestimmt werden. Tabelle 13 zeigt für das Monitoring in den Naturerbegebieten relevante Indikatoren.

**Tabelle 13 Indikatoren für Landschaftszusammensetzung und Landschaftskonfiguration.**

Indikandum: korrespondierende Schutz- und Entwicklungsziele der DBU Naturerbe GmbH sind in Klammern angegeben.

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

Indikandum (Ziel)	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Natürliche Waldentwicklung (Langfristige Überführung der Waldbestände in eine natürliche Entwicklung)	Flächenanteile aller Waldbehandlungskategorien	Flächenanteil (%) aller Waldbehandlungskategorien an der gesamten bewaldeten Fläche eines Naturerbegebietes	Verteilung der Waldbehandlungskategorien	W	B
Offenland (Erhalt des Offenlandes)	Flächenanteil des Offenlandes	Flächenanteil aller Offenlandbiotoptypen an der Gesamtfläche des Naturerbegebietes (%)	Verteilung der Biotoptypen	N	B
Sukzession im Offenland (Erhalt des Offenlandes, Zurückdrängung der Sukzession, Zulassung der Sukzession)	Anteil der mit Gehölzen bedeckten Fläche	Gehölzbedeckung (%) der in der Grün-Weiß-Karte abgegrenzten Offenlandbereiche	Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	O	B
	Summe der Kernflächen von Wäldern und Offenländern	Die Kernfläche eines Patches (ha) beschreibt die nach Abzug eines Puffers verbleibende Fläche (McGarigal et al. 2002). Die Tiefe des Puffers muss je nach Fragestellung spezifiziert werden.	Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N	B
Biotoptypenzusammensetzung (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Flächenanteile der Biotoptypen	Flächenanteil (%) jedes Biotoptyps an der gesamten Fläche eines Naturerbegebietes	Verteilung der Biotoptypen	N, W, O	B
Biotoptypendiversität (Erhalt der Diversität an Biotoptypen)	Anzahl der Biotoptypen	Anzahl der Biotoptypen im Naturerbegebiet	Verteilung der Biotoptypen	N, W, O	B
	Evenness der Biotoptypen	Der Evenness-Index $E_{VAR}$ (Smith & Wilson 1996) zeigt die flächenmäßige Gleichverteilung der Biotoptypen an.	Verteilung der Biotoptypen	N, W, O	B
Räumliche Struktur der Landschaft (Erhalt oder Schaffung von Heterogenität und kleinräumigen Mosaiken, Erhöhung des Grenzlinienanteils)	Patchdichte	Die Patchdichte beschreibt die Anzahl der Patches aller Biotoptypen bezogen auf die Gesamtfläche des Naturerbegebietes.	Verteilung der Biotoptypen Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N, W, O	B
	Grenzliniendichte	Die Grenzliniendichte ist die Summe der Grenzlinien zwischen den Biotoptypen in Relation zur Gesamtfläche des Naturerbegebietes (m/ha).	Verteilung der Biotoptypen Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N, W, O	B

Indikandum (Ziel)	Indikator	Definition	Parameter	S k	P
	Formkomplexität der Landschaftselemente	Der Fractal Dimension Index (Mandelbrot 1983) ist ein Maß für die Formkomplexität von Patches. Er zeigt den Grad der Abweichung von einfachen geometrischen Formen an. Der Index nimmt Wert zwischen 1 und 2 an, wobei höhere Werte eine größere Formkomplexität anzeigen.	Verteilung der Biotoptypen Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N, W, O	B
	Konfiguration der Landschaftselemente	Der Interspersion und Juxtapositionindex (McGarigal & Marks 1994) ist ein Maß für die Durchmischung von Patches in einer Landschaft. Je höher der Index desto größer ist die Durchmischung.	Verteilung der Biotoptypen Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N, W, O	B
Biotopverbund (Schaffung eines Biotopverbundes)	Proximity-Index (Klassenebene)	Der Proximity-Index (Gustafson & Parker 1992) ist ein Maß für die geographische Entfernung zwischen zwei Patches eines Typs. In die Berechnung fließt die Patchgröße mit ein. Je größer und weniger isoliert zwei Patches voneinander sind, desto höher ist der Proximity-Index. Der Indikator bezieht sich auf ausgewählte Biotoptypen, die Gegenstand des Biotopverbundes sind.	Verteilung der Biotoptypen Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	N, W, O	Z

## 7.1.2 Terrestrische Ökosysteme

### 7.1.2.1 Waldstruktur und Waldentwicklung

Die langfristige Überführung der Waldbestände in eine natürliche Waldentwicklung stellt eines der wichtigsten Ziele für die Entwicklung der Naturerbegebiete dar. Durch den weitest gehenden Verzicht auf forstliche Eingriffe sollen standortgerechte, reich strukturierte Wälder entstehen, die einer großen Zahl an Arten eine Lebensgrundlage bieten. Mit Hilfe der in Tabelle 14 dargestellten Indikatoren können folgende Monitoringziele erreicht werden:

- Dokumentation der natürlichen Entwicklung der Wälder und Erfolgskontrolle des Waldumbaus
- Interpretation von Verteilungsmustern verschiedener Organismengruppen
- Quantifizierung ausgewählter Indikatoren für ökologische Integrität und Ökosystemdienstleistungen

Die natürliche Entwicklung von Wäldern sowie deren Habitatfunktion lassen sich durch folgende Elemente charakterisieren:

### *Baumarten*

Die Baumartenzusammensetzung des Derbholzes und der Verjüngung ist ein wesentliches Merkmal zur Einschätzung des Natürlichkeitsgrades von Wäldern und somit ein Basisindikator für die Erfolgskontrolle forstlicher Maßnahmen. Baumarten prägen die standörtlichen Verhältnisse und beeinflussen somit die Zusammensetzung der krautigen Vegetation in Wäldern (Barbier et al. 2008). Insbesondere die Verfügbarkeit von Licht, Nährstoffen und Wasser wird von der Baumartenzusammensetzung beeinflusst. Dabei treten vor allem zwischen Nadel- und Laubwäldern große Unterschiede auf (Barbier et al. 2008).

### *Vertikale und horizontale Strukturierung*

Vertikal- und Horizontalstrukturen beeinflussen die Temperatur- Licht- und Niederschlagsverteilung im Wald und bestimmen somit wesentlich die Aktivitäten anderer Organismen. Potenzielle Indikatoren für die vertikale Strukturierung sind die Anzahl und Deckung der Schichten. Die horizontale Struktur kann auf zwei räumlichen Skalen analysiert werden. Zum einen lassen sich mit Hilfe von Aggregationsindizes auf der Grundlage von Nachbarschaftsbeziehungen kleinräumige Baumverteilungsmuster charakterisieren (Pommerening 2002, Motz et al. 2010). Zum anderen ist es möglich, die räumliche Struktur von Bestandslücken mit Hilfe von Landschaftsstrukturmaßen zu analysieren (Vehmas et al. 2011).

### *Baumdimensionen*

Anhand der mittleren und maximalen Baumdimensionen lassen sich Rückschlüsse auf die Altersstruktur von Wäldern ziehen. Informationen über maximale Dimensionen, z. B. maximale Baumhöhe, lassen zudem Rückschlüsse über die Kontinuität eines Waldhabitats zu (Ohlson et al. 1997). Die Baumhöhe und der Brusthöhendurchmesser sind wichtige Eingangsparameter für Biomasseformeln (z. B. Zianis et al. 2005), die bei der Quantifizierung ausgewählter Integritäts- und Ökosystemdienstleistungsindikatoren (Speicherkapazität, Globale Klimaregulation, Holz) zur Anwendung kommen (z. B. Cierjacks et al. 2010).

### *Bestandsdichte*

Dichtemaße wie z. B. die Stammzahl oder die Bestandesgrundfläche sind wichtige Indikatoren im Rahmen der forstlichen Planung. Sie werden zur Herleitung von Holzvorräten benötigt und sind Eingangsgrößen für die Quantifizierung ausgewählter Indikatoren für Integrität und Ökosystemdienstleistungen. Dichtemaße können jedoch auch zur Analyse von Biodiversitätsmustern verwendet werden. So konnte z. B. in temperaten Laubwäldern ein Anstieg der Diversität an Vogelarten mit zunehmender Bestandesgrundfläche beobachtet werden (Poulsen 2002). Auch die Diversität von Gefäßpflanzen wird von der Bestandsdichte geprägt, da sie das Lichtangebot entscheidend beeinflusst (Brändli et al. 2007). Die Bestandsdichte ist jedoch stark standorts- und baumartenabhängig und sollte daher nur für Veränderungsanalysen, nicht aber für überregionale Vergleiche verwendet werden.

### *Habitatbäume*

„Habitatbäume“ sind ein Sammelbegriff für Baumindividuen, die aufgrund ihres Wuchses, Alters, oder des Vorhandenseins spezieller Strukturen eine überdurchschnittliche Habitat-eignung für andere Organismen aufweisen und daher von hoher Relevanz für den Artenschutz sind. Habitatbäume und Habitatbaummerkmale werden im Rahmen verschiedener Monitoring- und Inventurprogramme erhoben, z. B. FFH-Monitoring (Sachteleben & Behrens 2010), Bundeswaldinventur (BMU 2011) und diverse Stichprobeninventuren (z.

B. Grünvogel & Heurich 2002, Nationalpark Hainich 2010). Die Erfassung von Habitatbaummerkmalen geschieht auch im Rahmen der Forsteinrichtung in den DBU-Naturerbegebieten (BIMA 2011) und in den Naturwaldzellen des Bundesforstes (BIMA 2007). Allerdings variieren die zu erfassenden Merkmale zwischen den einzelnen Programmen und sind zum Teil unklar formuliert. Gut definierte Habitatbaummerkmale sind in der Anweisung für die Stichprobeninventur im Nationalpark Kellerwald aufgeführt (Meyer et al. 2009a).

In manchen Programmen werden auch Horstbäume erfasst. „Horstbaum“ ist streng genommen kein Habitatbaummerkmal, da das Vorhandensein eines Horstes nicht nur die Habitateignung eines Baumes sondern auch die Abundanz bestimmter Vogelarten widerspiegelt. Trotz dieser methodischen Einschränkung sollten Horstbäume Teil des Indikatorensets sein, da sie für die forstliche Planung und die Besucherlenkung von Relevanz sind.

### *Totholz*

Totholz ist ein Schlüsselement für die Biodiversität in Wäldern. Es bietet Nahrung und Habitate für eine große Zahl an Organismen (Harmon et al. 1986, Samuelsson et al. 1994). Insbesondere unter den Flechten und Moosen (Humphrey et al. 2002), Pilzen (Heilmann-Clausen & Christensen 2005, Pouska et al. 2010), Käfern (Davies et al. 2008), Vögeln (Utschick 1991) finden sich viele Arten, die auf ein ausreichendes Angebot an Totholz angewiesen sind. Zudem beeinflusst Totholz die natürliche Waldverjüngung positiv, indem es als Keimsubstrat fungiert und mikroklimatisch günstige Nischen schafft (Jehl 2001). Totholz spielt eine wichtige Rolle für den Stoffhaushalt der Wälder und trägt zu deren Kohlenstoff-Speichervermögen bei (Harmon 2009). Von Relevanz für das Monitoring sind sowohl die Stückzahl als auch das Volumen des stehenden und liegenden Totholzes.

### *Verbiss und Waldregeneration*

In den Naturerbegebieten wird eine Waldregeneration angestrebt, die ausschließlich auf natürlicher Verjüngung basiert. Hohe Schalenwildichten können dazu führen, dass dieser Prozess verlangsamt wird (Kriebitzsch et al. 2000, Kuijper et al. 2010). Vergleichende Erfassungen des Verbisses und der Waldregeneration sind daher die Grundlage für die Jagdplanung.

## **Tabelle 14 Indikatoren für Waldstruktur und Waldentwicklung**

Indikandum: korrespondierende Schutz- und Entwicklungsziele der DBU Naturerbe GmbH sind in Klammern angegeben.

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Baumartenzusammensetzung (Natürliche Waldentwicklung, Umbau von Nadelholzbeständen)	Anteile jeder Baumart am lebenden Derbholz	Prozentualer Anteil jeder Baumart am Gesamtbestand bezogen auf die Grundfläche oder Stammzahl	Baumarten, Abundanzen	W, B	B
	Anteile jeder Baumart an der Verjüngung	Prozentualer Anteil jeder Baumart an der Verjüngung pro Höhenklasse bezogen auf die Individuenzahl	Baumarten, Baumhöhen	W, B	B
Baumartendiversität	Baumartenzahl (richness)	Anzahl der Baumarten	Baumarten	W, B	B

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
(Natürliche Waldentwicklung)	Evenness der Baumarten	Der Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996) zeigt die numerische Gleichverteilung der Baumarten an.	Baumarten, Abundanzen	W, B	B
Vertikale Waldstruktur (Verbesserung der vertikalen Waldstruktur)	Schichtung	Die Schichtung charakterisiert den vertikalen Aufbau eines Bestandes.	Schichtung (Klassifizierung)	W, B	B
	Deckung der Strauchschicht, Baumschicht 1, Baumschicht 2	Prozentuale Deckung der Strauchschicht, Baumschicht 1 und Baumschicht 2. Schichten im Sinn der Vegetationskunde nach Dierschke (1994)	Schichten, Deckung	W, B	B
Horizontale Waldstruktur – kleinräumige Baumverteilungsmuster (Verbesserung der horizontalen Waldstruktur)	Aggregationsindex	Der Aggregationsindex (Clark & Evans 1954) ist Maß für die Abweichung der Baumverteilung von einer zufälligen Verteilung. Er vergleicht die mittlere Distanz eines Bezugsbaumes zu seinem nächsten Nachbarn mit der mittleren Distanz zwischen allen Bäumen, die bei einer zufälligen Verteilung zu erwarten wäre.  Alternative Indizes wären der Mean Directional Index (Corral-Rivas 2006) oder das Winkelmaß (Von Gadow et al. 1998). Die Berechnungen sind von der räumlichen Bezugsskala abhängig.	Baumpositionen (Entfernungen zwischen benachbarten Bäumen)	W, B	B
Horizontale Waldstruktur - flächig (Verbesserung der horizontalen Waldstruktur, Schaffung von lichten Waldinseln)	Flächenanteil von Bestandslücken	Prozentualer Anteil von Bestandslücken an der Gesamtfläche eines Bestandes. Die Voraussetzung für die Berechnung ist eine Definition von Schwellenwerten zur Abgrenzung von Bestandslücken (minimale Fläche, maximale Höhe), siehe Vehmas et al. (2011)	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z
	Diversität von Bestandslücken - Richness	Zahl der Bestandslückentypen (richness). Die Voraussetzung für die Berechnung ist eine vorherige Klassifizierung der Bestandslücken (z. B. siehe Vehmas et al. 2011).	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z
	Diversität von Bestandslücken - Evenness	Der Evenness-Index nach Smith & Wilson (1996) zeigt die flächenmäßige Gleichverteilung der Bestandslückentypen an. Die Voraussetzung für die Berechnung ist eine vorherige Klassifizierung der Bestandslücken (z. B. siehe Vehmas et al. 2011).	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z
	Bestandslückendichte – Patchdichte	Anzahl an Bestandslücken bezogen auf die Fläche eines Bestandes	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
	Formkomplexität von Bestandslücken – Fractal dimension	Der Fractal Dimension Index (Mandelbrot 1983) ist ein Maß für die Formkomplexität von Patches. Er zeigt den Grad der Abweichung von einfachen geometrischen Formen an. Der Index nimmt Wert zwischen 1 und 2 an, wobei höhere Werte eine größere Formkomplexität anzeigen.	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z
	Entfernung zwischen Bestandslücken - Proximityindex	Der Proximity-Index (Gustafson & Parker 1992) ist ein Maß für die geographische Entfernung zwischen zwei Bestandslücken, in dessen Berechnung die Lückengröße mit einfließt. Je größer und weniger isoliert zwei Bestandslücken voneinander sind, desto höher ist der Proximity-Index.	Verteilung von Bestandslücken	W, B	Z
Mittlere Baumdimensionen (Natürliche Waldentwicklung)	Mittlere Baumhöhe	Arithmetisches Mittel der Baumhöhe für jede Baumart	Baumhöhen, Baumarten	W, B	B
	Mittlerer BHD	Arithmetisches Mittel des BHD für jede Baumart	BHD, Baumarten	W, B	B
Maximale Baumdimensionen (Natürliche Waldentwicklung)	Maximale Baumhöhe	Maximale Baumhöhe für jede Baumart	Baumhöhen, Baumarten	W, B	B
	Maximaler BHD	Maximaler BHD für jede Baumart	BHD, Baumarten	W, B	B
Dimensionsvielfalt (Natürliche Waldentwicklung)	Anzahl von Dimensionenklassen	Anzahl der Dimensionenklassen. Voraussetzung für eine Berechnung ist eine vorherige Definition von Klassen.	BHD, Baumhöhen	W, B	B
	Evenness der Dimensionenklassen	Der Evenness-Index nach Smith & Wilson (1996) zeigt die numerische Gleichverteilung der Dimensionenklassen an. Voraussetzung für eine Berechnung ist eine vorherige Definition von Klassen.	BHD, Baumhöhen, Abundanzen jeder Dimensionenklasse	W, B	B
	Standardabweichung der mittleren Dimensionen	Standardabweichung des mittleren BHD oder der mittleren Baumhöhe	BHD, Baumhöhen	W, B	B
	Dominanzindex	Der Dominanzindex (Hui et al. 1998) ist ein räumlich expliziter Index zur Beschreibung der Diversität an Baumdimensionen. Er gibt den Anteil der Nachbarbäume an, die einen geringeren BHD und/ oder geringere Höhe als der Bezugsbaum aufweisen.	BHD und/ oder Baumhöhen, Baumpositionen	W, B	Z
	Differenzierung	Die Differenzierung (Füldner 1995) beschreibt das Ausmaß der Dimensionsunterschiede zwischen einem Bezugsbaum und seinen Nachbarn.	BHD und/ oder Baumhöhen, Baumpositionen	W, B	Z
Bestandsdichte (Natürliche Waldentwicklung)	Bestandsgrundfläche	Summe der Brusthöhen-Stammquerschnittsflächen (in m <sup>2</sup> ) pro Baumart bezogen auf die Bestandsfläche (in ha)	Baumarten, BHD, Abundanzen	W, B	B

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
	Stammzahl	Anzahl der Bäume pro Art pro Hektar	Baumarten, Abundanz	W, B	B
	Dichte der Verjüngung	Anzahl der zur Verjüngung gerechneten Bäume pro Art und Flächeneinheit	Baumarten, Abundanz	W, B	B
	Volumen des lebenden Derbholzes	Volumen des Derbholzbestandes (m <sup>3</sup> /ha) pro Baumart und eventuell Schicht	Baumarten, Baumhöhen, BHD	W, B	B
Habitatbäume (Erhalt von Habitatbäumen im Sinne des Artenschutzes)	Dichte von Bäumen mit Habitatbaummerkmalen	Anzahl von Bäumen mit Habitatbaummerkmalen pro ha	Habitatbaummerkmale nach Meyer et al. (2009a), siehe Tabelle 37	W, B	B
	Dichte von Horstbäumen	Anzahl von Horstbäumen pro ha	Horste	W, B	B
Totholz (Erhöhung des Totholzanteils)	Dichte des stehenden Totholzes	Stückzahl des stehenden Totholzes pro ha	Stehendes Totholz	W, B	B
	Dichte des liegenden Totholzes	Stückzahl des liegenden Totholzes pro ha	Liegendes Totholz	W, B	B
	Volumen des stehenden Totholzes	Volumen des stehenden Totholzes (m <sup>3</sup> /ha). Volumenberechnung nach Meyer et al. (2009b)	Anfangs- und Enddurchmesser und Höhe des stehenden Totholzes	W, B	B
	Volumen des liegenden Totholzes	Volumen des liegenden Totholzes (m <sup>3</sup> /ha). Volumenberechnung nach Meyer et al. (2009b)	Anfangs- und Enddurchmesser und Länge des liegenden Totholzes	W, B	B
	Zersetzungsgrad	Zersetzungsgrad des stehenden und liegenden Totholzes nach Albrecht (1990), Müller-Using & Bartsch (2003) oder Meyer et al. (2009b)	Totholz, Zersetzungsgrad	W, B	B
Einfluss des Schalenwildes auf die Waldentwicklung (Gewährleistung der natürlichen Waldentwicklung durch Naturverjüngung)	Anteil verbissener Bäume in der Verjüngung	Prozentualer Anteil der Bäume pro Art mit verbissenem Leittrieb	Baumarten, Verbiss	W, B	Z
	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	Vergleich der Waldregeneration innerhalb und außerhalb von Weisergrattem hinsichtlich <ul style="list-style-type: none"> <li>Dichte der Verjüngung</li> <li>Baumartenzusammensetzung der Verjüngung</li> <li>Mittlere Baumhöhe pro Baumart</li> <li>Leittriebverbiss</li> <li>Verbissart</li> <li>Fegeschäden</li> </ul>	Baumarten, Baumhöhen, Leittriebverbiss, Verbissart, Fegeschäden	W	B

## 7.1.2.2 Biodiversität, Artenschutz, Neobiota und Wild

### 7.1.2.2.1 Biodiversität

Der Erhalt der Biodiversität stellt ein übergeordnetes Ziel für die Entwicklung der Naturerbegebiete dar. Biodiversität lässt sich auf verschiedenen Ebenen betrachten: Diversität an Ökosystemen (und Biotopen), Diversität an Arten, genetische Diversität und funktionale Diversität. Für das Monitoring in den Naturerbegebieten wurde die Biotoptypendiversität als Komponente auf Landschaftsebene in das Indikatorenset aufgenommen (Kapitel 7.1.1). Die genetische Diversität von Arten ist nur durch aufwendige Laboranalysen oder experimentelle Ansätze zu erheben und kann daher kaum in ein breit angelegtes Monitoringprogramm integriert werden. Die Auswahl der Organismengruppen zur Charakterisierung der Biodiversität auf Artebene wurde unter folgenden Gesichtspunkten getroffen:

- die Organismengruppen sollten wichtige taxonomische Einheiten berücksichtigen (Gefäßpflanzen, Wirbeltiere, Wirbellose)
- es sollte ein breites funktionales Spektrum abgedeckt werden (Primärproduzenten, Herbivore, Prädatoren, Detrivore)
- die Organismen sollten gute bioindikatorische Eigenschaften aufweisen, um die Auswirkungen des Managements und anderer anthropogener Einflussgrößen anzuzeigen
- die Erfassung sollten praktikabel sein und möglichst an überregionale Monitoringprogramme angebunden sein
- Öffentlichkeitswirksamkeit, Traditionen im Rahmen naturschutzfachlicher Erhebungen, gesetzlicher Schutz

Als Biodiversitätsindikatoren werden grundsätzlich die Artenzahl (Richness) und die Gleichverteilung der Individuen zwischen den Arten (Evenness) vorgeschlagen. Mit Hilfe dieser beiden Größen lassen sich Biodiversitätsdaten gut interpretieren. Dagegen ist der oft verwendete Shannon-Index (Shannon & Weaver 1949) weniger gut interpretierbar, da Veränderungen des Indexwertes durch eine Veränderung der Artenzahl, der Evenness oder beider Größen zusammen verursacht werden können.

Es existieren verschiedene Evenness-Indizes, die jeweils unterschiedlich auf Veränderungen der Randbedingungen reagieren, z. B. die Artenzahl und die Symmetrie zwischen seltenen und häufigen Arten (Smith & Wilson 1996). Ein Grundkriterium für die Auswahl eines Evenness-Index sollte immer dessen Unabhängigkeit von der Artenzahl sein. Smith & Wilson (1996) empfehlen insgesamt vier Indizes, die dieses Kriterium erfüllen: Evenness nach Simpson (1949), Camargo (1993), sowie die Indizes  $E_Q$  und  $E_{VAR}$  (Smith & Wilson 1996). Für die universelle Anwendung wird der Evenness-Index  $E_{VAR}$  (Smith & Wilson 1996) empfohlen. Im Folgenden werden kurze Erläuterungen zur Eignung verschiedener Taxa für ein Monitoring gegeben. Die Übersicht basiert auf eigenen Überlegungen und den Vorschlägen der Teilnehmer des Workshops „Monitoring in Naturerbegebieten“.

### Gefäßpflanzen

Gefäßpflanzen sind die wichtigsten Primärproduzenten und sind darüber hinaus für den Aufbau von Strukturen verantwortlich. Sie dienen als Nahrungsgrundlage und Habitat für eine große Zahl an Organismen. Gefäßpflanzen sind sehr gute Indikatoren für verschiedene

standörtliche Faktoren (Zeigerwerte, Tabelle 16). Sie sind daher sehr gut für die Erfolgskontrolle von Managementmaßnahmen geeignet und indizieren zudem anthropogene Faktoren, die von außen auf die Naturerbegebiete einwirken, z. B. Stickstoffeinträge. Gefäßpflanzen bilden die Grundlage für die Charakterisierung von Biotoptypen (Tabelle 18). Die Bereitstellung wichtiger Ökosystemdienstleistungen wie z. B. Biomasseproduktion, Wassersrückhaltung und Wasserreinigung wird wesentlich durch Gefäßpflanzen gewährleistet. Auch in internationalen Indikatorensets sind sie als Biodiversitätsindikatoren enthalten (CBD, Tabelle 6). Aufgrund ihrer dargestellten Relevanz sollten Gefäßpflanzen Teil des Basisindikatorensets sein.

### **Moose und Flechten**

Moose und Flechten sind sehr gute Indikatoren für Standortverhältnisse und den Einfluss anthropogener Einflussfaktoren. Analog zu den Gefäßpflanzen existieren auch für Moose und Flechten Zeigerwerte, so dass sie zur Charakterisierung wichtiger Standortfaktoren herangezogen werden können (Düll 2001, Wirth 2010). Viele Arten reagieren empfindlich auf Luftschadstoffe, so dass sie zur Luftgüteüberwachung eingesetzt werden (Kirschbaum & Windisch 1995, VDI 1995, Frahm 1998). Die Diversität von Moosen und Flechten profitiert nachweislich von der natürlichen Waldentwicklung (Paillet et al. 2010, Bradtka et al. 2010). Sie können daher als Indikatoren für die Überführung der Waldbestände in eine natürliche Entwicklung herangezogen werden. Entsprechende Erhebungen gibt es bereits im Rahmen der Ausweisung von Naturwaldreservaten (Teuber 2006).

Trotz ihrer bekannten Indikatorfunktionen werden Moose und Flechten oftmals nicht im Rahmen von Vegetationsaufnahmen bearbeitet. Dieser Umstand dürfte auf die recht schwierige Bestimmbarkeit der Arten zurückzuführen sein, für die Expertenwissen notwendig ist. Es wäre jedoch anzuraten, Moose und Flechten zumindest in solchen Biotoptypen obligatorisch zu erfassen, in denen sie einen Großteil der Phytomasse bilden oder zur Charakterisierung von Vegetationseinheiten benötigt werden. Beispiele für Biotoptypen, in denen Moose eine herausragende Stellung einnehmen sind Moore, Zwergstrauchheiden und Moorwälder (Berg & Dengler 2005). Flechten sind vor allem in trockenen Lebensräumen wie z. B. Sandtrockenrasen ein charakteristisches Element (Dengler 2004). Idealerweise sollte die artgenaue Erfassung von Moosen und Flechten Bestandteil jeder Vegetationsaufnahme sein (Berg & Dengler 2005). Aufgrund des hohen Erfassungsaufwandes werden sie aber dem Zusatzindikatorenset zugeordnet.

### **Holzbesiedelnde Pilze**

Holzbesiedelnde Pilze nehmen im Ökosystem als Destruenten eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung von Stoffkreisläufen ein. Von Relevanz sind Vertreter der Schleimpilze (Myxomycetes), Schlauchpilze (Ascomycetes), und Basidiomycetes (Ständerpilze), siehe Albrecht (1990). Sie sind gute Indikatoren für eine naturnahe Waldentwicklung, da sie von der Nutzungsaufgabe profitieren (Schlechte 1999, Paillet et al. 2010). Holzbewohnende Pilze können als Indikatoren für die Naturnähe von Wäldern herangezogen werden (Blaschke et al. 2009, Schmidt 2012). Regelmäßige Erfassungen gibt es in den Naturwaldreservaten Nordrhein-Westfalens (Keitel & Schlechte 2008). Die Erfassung muss durch Experten vorgenommen werden. Holzbesiedelnde Pilze werden dem Zusatzindikatorenset zugeordnet.

### **Vögel**

Vögel fungieren im Ökosystem als Prädatoren und Herbivore. Sie reagieren sensibel auf strukturelle Veränderungen auf verschiedenen räumlichen Skalen. So werden zum Beispiel großräumige Diversitätsmuster von Vögeln durch die Zusammensetzung und Konfiguration der Landschaft bestimmt (Atauri & de Lucio 2001, Heikkinen et al. 2004). Vögel sind

auch gute Indikatoren für die Ausprägung von Strukturen innerhalb von Wäldern (Poulsen 2002, Müller 2005). Sie reagieren zudem auf Störungen (Steven et al. 2011). Es gibt viele Arten, die an spezielle Habitats, Habitatkomplexe oder extensive Landwirtschaftsformen gebunden sind. Daher sind sie sehr gut zur Beurteilung der Lebensraumqualität und zur Erfolgskontrolle von Managementmaßnahmen in Offenländern, Wäldern und Feuchtgebieten geeignet. Die Artenzahl von Vögeln ist hoch genug, um eine große Bandbreite an ökologischen Fragestellungen zu bearbeiten.

Vögel spielen traditionell sowohl national als auch international eine herausragende Rolle im Natur- und Biodiversitätsschutz. Eine Auswahl von 59 Vogelarten geht in die Berechnung des Indikators für die Artenvielfalt der Nationalen Biodiversitätsstrategie ein (BMU 2007). Auch auf europäischer und globaler Ebene dient diese Gruppe als Indikator für Biodiversität (EEA 2007, EEA 2009, CBD 2010, Tabelle 6, Tabelle 7). Vögel gehören zu den populärsten Organismengruppen und eignen sich daher gut für Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit. Es existiert ein funktionierendes nationales Monitoringprogramm des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten (<http://www.dda-web.de/>), das an das europäische Monitoring des European Bird Census Council (<http://www.ebcc.info/pecbm.html>) angeschlossen ist und weitestgehend durch ehrenamtliches Engagement getragen wird. Auch aufgrund der Tatsache, dass viele Naturerbegebiete Bestandteil von EU-Vogelschutzgebieten sind, sollten Vögel ein Teil des Basisindikatorensets sein.

### **Tagfalter**

Tagfalter gehören zu den am besten erforschten Insektengruppen der Welt. Ihre allgemeine Bestandsentwicklung kann als repräsentativ für viele andere Taxa angesehen werden (Thomas 2005). Aufgrund ihrer kurzen Generationszeit und ihrer oftmals engen Bindung an bestimmte Habitatbedingungen sind sie in der Lage, Umweltveränderungen schnell anzuzeigen. Insbesondere ihre ausgeprägte Reaktion auf Temperaturveränderungen macht Tagfalter zu geeigneten Indikatoren für die Auswirkungen des Klimawandels (Warren et al. 2001, Van Swaay et al. 2010, Devictor et al. 2012). Diversitätsmuster von Tagfaltern werden sowohl durch die lokale Habitatqualität als auch durch die Zusammensetzung der Landschaft geprägt (Atauri & de Lucio 2001, Berg et al. 2011). Tagfalter eignen sich insbesondere zur Erfolgskontrolle von Naturschutzmaßnahmen in Offenländern (Rakosy & Schmitt 2011). Sie sollten daher zumindest im Offenland, auf Sukzessionsflächen, und in Pionierwäldern obligatorisch erhoben werden.

Tagfalter fungieren als Biodiversitätsindikatoren in verschiedenen europäischen Ländern (z. B. Großbritannien, Schweiz, Tabelle 9), sowie auf europäischer und globaler Ebene (EEA 2007, EEA 2009, CBD 2010, Tabelle 6, Tabelle 7). Sie werden auf nationaler Ebene im Rahmen des Tagfaltermonitoring Deutschland erfasst ([www.tagfalter-monitoring.de](http://www.tagfalter-monitoring.de)). Dieses Erfassungsprogramm ist unter der Koordination von Butterfly Conservation Europe (<http://www.bc-europe.org/>) mit anderen europäischen Erfassungsprogrammen vernetzt. Die zugrunde liegende Erfassungsmethode (Pollard & Yates 1993) wird auch auf europäischer Ebene verwendet, so dass die Möglichkeit überregionaler Vergleiche gegeben ist. Tagfalter sollten Bestandteil des Basisindikatorensets sein.

### **Bodenorganismen**

Bodenorganismen spielen eine herausragende Rolle bei der Bodenbildung und der Aufrechterhaltung von Stoffprozessen. Man unterscheidet zwischen Mikroflora (Pilze, Bakterien, Aktinomyzeten), Flora (Algen) und Fauna (Mikro-, Meso-, Makro-, Megafauna). Wichtige Funktionen, die durch Bodenorganismen übernommen werden sind nach Glante (2008):

- Streuabbau
- Verlagerung und Durchmischung des Bodenmaterials (Bioturbation)
- Aufbau des Porensystems im Boden
- Huminstoffbildung
- Mineralisierung organischer Stoffe und Freisetzung von Nährstoffen
- Oxidation und Reduktion von Verbindungen
- Schadstoffabbau

Diese Funktionen werden von verschiedenen Organismengruppen wahrgenommen, die durch ein komplexes Wirkungsgefüge miteinander verbunden sind.

Von Seiten des Umweltbundesamtes gab es Bestrebungen, die Qualität von Böden mit Hilfe von Bodengüteklassen zu charakterisieren (Glante 2008, Vorstudien von Römbke et al. 1997, Römbke & Dreher 2000, Römbke et al. 2002). Allerdings konnte dieses Vorhaben aus Mangel an Daten nicht wie geplant umgesetzt werden (F. Glante, pers. Mitt.) Kürzlich wurde jedoch ein UBA-gefördertes Projekt abgeschlossen, in dem der Ansatz der Bodencharakterisierung mit Hilfe von Bodenorganismen weiterverfolgt wurde (Erfassung und Analyse des Bodenzustands im Hinblick auf die Umsetzung und Weiterentwicklung der Nationalen Biodiversitätsstrategie – Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 3708 72 201). Der Abschlussbericht lag zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Konzeptes noch nicht vor. In Anlehnung an die genannten Projekte und die Empfehlungen zur Einbeziehung von Bodenorganismen in das Bodendauerbeobachtungsprogramm (Barth et al. 2000) kommen folgende Organismengruppen für ein Monitoring bevorzugt in Frage:

#### *Regenwürmer (Lumbricidae)*

Regenwürmer sind Schlüsselorganismen, die den Abbau organischer Substanz beschleunigen, zur Durchmischung und Belüftung des Bodens beitragen und das Wasserhaltevermögen des Bodens verbessern, da sie Ton-Humus-Komplexe bilden. Nach Bouche (1977) kann zwischen folgenden ökologischen Gruppen unterschieden werden:

- Epigäische Arten leben im Streuhorizont und weisen eine breite ökologische Amplitude auf. Durch Ihre Aktivität als Streuzersetzer fördern sie den weiteren mikrobiologischen Abbau von abgestorbener organischer Substanz.
- Endogäische Arten leben in der oberen Schicht des Mineralbodens und ernähren sich geophag.
- Anözische Arten dringen in tiefere Horizonte des Mineralbodens vor und sorgen für die Bodendurchlüftung und –durchmischung.

Regenwürmer sind eng an bestimmte pH-Werte (Ammer & Makeschin 1994, Schöning 2000) und C/N-Verhältnisse (Bouche 1972, Kühle 1986) gebunden. In Buchenwäldern, Grünländern und auf Äckern lassen sich charakteristische Regenwurmassoziationen finden (Bornebusch 1930, Satchell 1983, Bauchhenss 1997). Zudem gibt es Zeigerarten für spezielle Standortbedingungen, z. B. hohe Anteile an organischer Substanz, hohe Bodenfeuchte, Mullböden (Römbke & Dreher 2000). Die Zusammensetzung der Regenwurmmassoziation ist abhängig von den vorherrschenden Baumarten (Hammer & Zeh 2007, zitiert in Wolff et al. 2007) und dem Bestockungsgrad in Wäldern (Gemasi et al. 1995, Castin-Buchet & André 1998).

Regenwürmer gehören zu den wenigen Bodentieren, die im Rahmen des Bodendauerbeobachtungsprogramms und anderer Monitoringprogramme (Glante 2008, Luthardt et al. 2006, Wolff et al. 2007) in nennenswertem Umfang bearbeitet werden. Aufgrund ihrer

geringen Artenzahl (insbesondere in Wäldern) vermitteln sie jedoch kein repräsentatives Bild der Bodenbiodiversität (Römbke & Dreher 2000).

#### *Borstenwürmer (Enchytraeidae)*

Enchytraen zählen zur Mesofauna und besiedeln die Streuauflage und den Mineralboden. Sie ernähren sich saprophag oder mikrophytophag und sind für die Ausbildung sehr feinkrümeliger Bodenstrukturen verantwortlich (Römbke & Dreher 2000). Sie reagieren auf chemische Belastungen (Römbke & Moser 1999), Bodenverdichtung (Rohrig et al. 1998), Veränderungen des pH-Wertes, der Bodenfeuchte und bilden daher charakteristische Artengemeinschaften in Grünländern und Wäldern aus (Römbke & Dreher 2000).

#### *Springschwänze (Collembola)*

Springschwänze werden zur Mesofauna des Bodens gezählt. Sie bewohnen die luftgefüllten Poren und die Streuauflage und ernähren sich saprophag und fungivor. Am Streuabbau ist diese Gruppe maßgeblich beteiligt. Collembolen zeichnen sich durch eine dünne Cutikula aus und reagieren daher empfindlich auf Schwankungen der Bodenfeuchte (Lindberg et al. 2002). Sie sind zudem gute Indikatoren für Bodenverdichtung (Larsen et al. 2004). Zwischen einzelnen Waldtypen gibt es markante Unterschiede hinsichtlich der Zusammensetzung der Artengemeinschaft (Kopeszki & Meyer 1996).

#### *Hornmilben (Oribatida)*

Hornmilben sind ein Teil der Mesofauna des Bodens. Sie bewohnen luftgefüllte Hohlräume des Bodens und ernähren sich mykophag oder saprophag. Hornmilben spielen eine wichtige Rolle bei der Streuzersetzung. Insgesamt ist in Mitteleuropa mit ca. 600 Arten zu rechnen, wobei sich insbesondere Wälder durch eine hohe Artenvielfalt auszeichnen (Römbke & Dreher 2000). Die Zusammensetzung der Artengemeinschaft werden durch die Stärke der Streuschicht (Römbke & Dreher 2000), Feuchtigkeit, Temperatur, Schwermetallkonzentrationen und Störungen (Gergocs & Hufnagel 2009) beeinflusst.

#### *Raubmilben (Gamasina)*

Raubmilben zählen zur Mesofauna. Sie bewohnen hauptsächlich luftgefüllte Poren der oberen Bodenschichten. Sie ernähren sich zoophag. Durch ihre höhere trophische Stellung integrieren sie über die Ansprüche ihrer Beuteorganismen und lassen daher Rückschlüsse über die Leistungsfähigkeit und Eigenschaften von Böden zu (Römbke & Dreher 2002). Charakteristische Unterschiede zwischen den Raubmilbenzönosen lassen sich zwischen Grünländern und Wäldern finden (Römbke & Dreher 2000). Des Weiteren gibt es charakteristische Arten früher Sukzessionsstadien (Koehler 1999).

#### *Fadenwürmer (Nematoda)*

Fadenwürmer gehören zur Mikrofauna des Bodens. Sie zeichnen sich durch ein breites Spektrum unterschiedlicher gattungstypischer Ernährungstypen aus: Saprophage, Zoophage, Bakterienfresser, Herbivore, Fungivore. Die Artenzusammensetzung von Nematodenzönosen wird durch den pH-Wert, die Salinität, das Redoxpotenzial, die Vegetation und die Wasserhaltekapazität bestimmt (Bongers 1990). Der Maturity Index (Bongers 1990), der auf dem Verhältnis von kolonisierenden zu persistierenden Arten beruht, kann zur Indikation anthropogener Störungen des Bodens (Korthals 1997, Yeates 1997) aber auch Veränderungen funktionaler Beziehungen zwischen Vegetation und Bodenorganismen herangezogen werden (Eisenhauer et al. 2011).

### **Heuschrecken (Caelifera und Ensifera)**

Heuschrecken gehören aufgrund ihrer überschaubaren Artenzahl und relativ einfachen Erfassbarkeit zu den am häufigsten bearbeiteten Insektengruppen. Sie bewohnen eine Vielzahl an Offenlandhabitaten und weisen z. T. enge Bindungen an bestimmte Habitate auf. Insbesondere Arten xerothermer Standorte und hygrophile Arten werden oftmals zur Charakterisierung und Bewertung von Biotoptypen des Offenlandes herangezogen. In Wäldern ist die Artenzahl der Heuschrecken begrenzt. Daher sollten sich Erfassungen auf das feuchte und trockene Offenland beschränken. Heuschrecken werden dem Zusatzindikatorenset zugeordnet.

### **Xylobionte Käfer**

Xylobionte Käfer umfassen in Deutschland ca. 1250 Arten verschiedener Familien (Schmidl & Bußler 2004), die sich von Holz ernähren. Sie weisen zum Teil enge Bindungen an spezielle Strukturen (Holz, Rinde, Baumsaft, Mulm), Baumarten und Zerfallsstadien auf. Aufgrund des Totholz Mangels in vielen Wirtschaftswäldern ist ein Großteil der Arten als gefährdet anzusehen (Binot et al. 1998). Der Verzicht auf eine Bewirtschaftung wirkt sich in der Regel positiv auf die Diversität dieser funktionellen Gruppe aus (Paillet et al. 2010). Xylobionte Käfer sind daher gute Indikatoren für den naturnahen Zustand von Wäldern (Bußler et al. 2004). Eine ganze Reihe an Arten lassen sich zudem als Urwaldrelikarten charakterisieren (Müller et al. 2005). Diese Gruppe wäre daher sehr gut geeignet, die Überführung der Waldbestände in den Naturerbegebieten in eine natürliche Entwicklung zu dokumentieren. Erschwerend für die Einbindung in ein Monitoringprogramm ist jedoch die relativ aufwändige Erfassung, die nur durch Experten gewährleistet werden kann. Daher werden xylobionte Käfer als Zusatzindikatoren vorgeschlagen, die jedoch nach Möglichkeit prioritär behandelt werden sollten.

### **Laufkäfer**

Laufkäfer kommen in fast allen terrestrischen Habitaten vor. Als Prädatoren üben sie einen starken Einfluss auf die Zusammensetzung der bodenbewohnenden Arthropodenfauna aus. Sie sind vor allem gute Indikatoren für Sukzessionsprozesse (Jelaska et al. 2011, Schirmel & Buchholz 2011). Die Diversität von Laufkäfern profitiert von der natürlicher Waldentwicklung (Paillet et al. 2010). Ihre zum Teil enge Bindung an bestimmte Habitate wird oftmals zur Bewertung der Habitatqualität im Naturschutz und in der Landschaftsplanung genutzt (Reiter & Meitzner 2010). Zudem lassen sich anhand der Zusammensetzung der Laufkäferzönosen Veränderungen des Grundwasserregimes nachvollziehen (Raskin 2006). Allerdings ist die Erfassung und Bestimmung dieser Gruppe recht aufwendig und nur von Experten durchführbar. Laufkäfer sollten ein Teil des Zusatzindikatorensets sein.

### **Libellen**

Libellen werden oft im Rahmen naturschutzfachlicher Fragestellungen erfasst. Sie zeigen zum Teil enge Bindungen an bestimmte Gewässerstrukturen und die Wasserqualität. Libellen sind zudem gute Klimawandelindikatoren (Ott 2010), die im Gegensatz zu Tagfaltern mit einer geringen Verzögerung auf Temperaturveränderungen reagieren (Community Temperature Index für Libellen in Entwicklung, M. Wiemers persönliche Mitteilung). Sie sind die einzige Tiergruppe, die für die Bewertung eines FFH-Lebensraumtyps herangezogen wird (3160-Dystrophe Seen und Teiche, Sachteleben & Behrens 2010). Auch für die Gewässerbewertung nach Wasserrahmenrichtlinie spielen Libellen als eine Komponente des Makrozoobenthos eine wichtige Rolle (Kapitel 7.1.3).

## **Schwebfliegen**

Schwebfliegen sind eine sehr artenreiche Dipterenfamilie. Die ca. 400 Arten, die in Deutschland anzutreffen sind, bewohnen sehr unterschiedliche Habitats und zeigen eine hohe Diversität hinsichtlich ihres Ernährungstyps. Unter ihnen befindet sich eine große Zahl an Arten, die auf alte Wälder mit einem hohen Totholzangebot angewiesen sind. Schwebfliegen gehören mit zu den wichtigsten Bestäuberorganismen und spielen daher für die Ökosystemdienstleistung „Bestäubung“ eine herausragende Rolle. Mit der Datenbank „Syrph the Net“ (<http://www.iol.ie/~millweb/syrph/syrphid.htm>) existiert eine umfangreiche Zusammenstellung von biologischen Eigenschaften der europäischen Arten, die zur Beantwortung einer Vielzahl an wissenschaftlichen Fragestellungen herangezogen werden kann. Trotz ihrer Relevanz werden Schwebfliegen kaum in Monitoringprogrammen berücksichtigt, da die Erfassung recht aufwendig ist und nur von Experten durchgeführt werden kann. Daher sollte diese Organismengruppe ein Teil des Zusatzindikatorensets sein.

## **Bienen (Apoidea)**

Bienen haben eine herausragende Funktion als Bestäuberorganismen und sind daher ebenfalls eine geeignete Gruppe für die Quantifizierung der Ökosystemdienstleistung „Bestäubung“ (Steffan-Dewenter & Tschardtke 1999). Die Diversität und Abundanz dieser Insektengruppe werden maßgeblich von der Landschaftszusammensetzung und -konfiguration beeinflusst (Carre et al. 2009, Holzschuh et al. 2010). Auch Bienen können nur mit Hilfe von Experten erfasst werden. Bienen sollten ein Teil des Zusatzindikatorensets sein.

## **Spinnen**

Spinnen sind neben Laufkäfern und Ameisen wichtige Prädatoren im Ökosystem. Vereinzelt werden Spinnen im Rahmen der Erfolgskontrolle von Maßnahmen im Offenland erhoben, z. B. in der Oranienbaumer Heide (Felinks et al. 2010). Die Erfassung und Bestimmung sind jedoch recht aufwendig, so dass diese Gruppe nur im Zusatzindikatorenset vertreten ist.

### **7.1.2.2 Artenschutz**

#### *Bestände ausgewählter Pflanzen- und Tierarten*

Dieser Indikator dient der Beschreibung der Populationsentwicklung ausgewählter Pflanzen- und Tierarten, die für ein Gebiet, regional oder national von herausragender Bedeutung sind. Das können z. B. Reliktvorkommen seltener Arten sein oder Arten mit Schwerpunkt vorkommen in den Naturerbegebieten. Die Auswahl der Arten ist spezifisch für jedes Naturerbegebiet zu treffen.

#### *Bestände von Rastvogelarten*

Einige Naturerbegebiete, insbesondere in den Küstenregionen, haben eine große Bedeutung als Rast- und Überwinterungsgebiete. In diesen Gebieten sollten ausgewählte Rastvogelbestände nach den Richtlinien des DDA erhoben werden.

#### *Bestände wertgebender Vogelarten*

Unter wertgebenden Vogelarten werden alle Arten verstanden, die im Anhang der EU-Vogelschutzrichtlinie gelistet sind oder in der nationalen Roten Liste gefährdeter Vogelarten in den Kategorien 1 und 2 geführt werden. Der Indikator trägt der Tatsache Rechnung, dass viele Naturerbegebiete Bestandteil von Europäischen Vogelschutzgebieten sind und somit eine herausragende Bedeutung für den Vogelschutz haben.

### *Nationaler Indikator für Artenvielfalt und Landschaftsqualität*

Dieser Indikator ist ein Bestandteil des Indikatorensets zu Umsetzung der Nationalen Biodiversitätsstrategie (Tabelle 53). Er bildet die Bestandsentwicklung von 59 Vogelarten ab, die charakteristisch für die Bereiche Wald, Agrarland, Siedlung Binnengewässer, Küsten und Alpen sind (www.bfn.de). Dieser Indikator ist für eine Auswertung auf nationaler Ebene konzipiert worden (Achtziger et al. 2003, Achtziger et al. 2007). Da in den Naturerbegebieten weder mit allen Arten noch Landnutzungsformen/ Landschaftstypen zu rechnen ist, ist eine Berechnung des Indikators selbst nicht möglich. Sinnvoll wären jedoch eine gebietsübergreifende Auswertung der Bestände der zugrundeliegenden Arten und ein Vergleich dieser Entwicklung mit dem nationalen Trend.

#### **7.1.2.2.3 Neobiota**

Als Neobiota werden alle Arten bezeichnet, die durch menschliche Aktivitäten ein neues Gebiet besiedelt haben (Kowarik 2010). Sie stehen oftmals einem der wichtigsten Ziele des Naturschutzes, dem Erhalt von Lebensräumen und Arten in ihren (regional)typischen Ausprägungen, entgegen. In den Leitbildern für die Naturerbegebiete wird die Zurückdrängung fremdländischer Arten mehrfach als Ziel genannt (Kapitel 6.1). Im Vordergrund stehen invasive Pflanzenarten, insbesondere Gehölze wie die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*). Daher werden für das Monitoring in den Naturerbegebieten die Indikatoren „Zahl der Neophytenarten“, „Dominanz von Neophyten“ und „Anteil an Neophyten am Gesamtartenbestand“ zur Dokumentation des Einflusses gebietsfremder Arten vorgeschlagen. Allerdings können auch von Neozoen Probleme insbesondere für den Artenschutz ausgehen. So werden z. B. invasive Raubsäuger wie Marderhund, Mink, und Waschbär hinter dem Rückgang bestimmter Vogelarten vermutet (Henze & Henkel 2007). Daher sollten ausgewählte Neozoen in ein Monitoring einbezogen werden, wenn gebiets-spezifische Schutzziele dies erfordern.

#### **7.1.2.2.4 Wild**

##### *Wildbestand*

Schalenwild kann die natürliche Waldentwicklung stark beeinflussen (Kapitel 7.1.2.1). Daher gibt es in manchen Gebieten Bestrebungen, den Wildbestand zu überwachen (z. B. Nationalpark Müritze). Aufgrund methodischer Schwierigkeiten und des tendenziell hohen Aufwandes existiert jedoch in Deutschland kein flächendeckendes Wildbestandsmonitoring. Aussagen zum Wildbestand werden oftmals auf Grundlage der Jagdstrecke getroffen, die jedoch neben dem Bestand auch die Jagdaktivität widerspiegelt. Im Rahmen des Projektworkshops in Halle wurde von den anwesenden Fachleuten betont, dass eine Verbissinventur in Verbindung mit der Auswertung der Jagdstrecke für eine Beurteilung des Schalenwildeinflusses und die Jagdplanung ausreichend ist. Daher wird der Indikator „Abundanz ausgewählter Schalenwildarten“ nur im Zusatzset geführt.

##### *Verbiss im Offenland*

Auch im Offenland kann Wildverbiss relevant sein, wenn es z. B. um den Erhalt ausgewählter Gehölze (z. B. Solitärbäume oder Streuobst) geht. In diesem spezifischen Fall sollten auch Verbiss und Fegeschäden erhoben werden, um geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Das Thema „Verbiss im Wald“ wird in Kapitel 7.1.2.1 behandelt.

**Tabelle 15. Indikatoren für Biodiversität, Artenschutz, biologische Invasionen und Wild**

Indikandum: korrespondierende Schutz- und Entwicklungsziele der DBU Naturerbe GmbH sind in Klammern angegeben.

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Biodiversität (Erhalt der Diversität an Arten)	Artenzahl und Evenness Gefäßpflanzen	Anzahl der Gefäßpflanzenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Gefäßpflanzen (Arten, Deckung)	N, W, O, B	B
	Artenzahl und Evenness Moose	Anzahl der Moosarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Moose (Arten, Deckung)	N, W, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness Flechten	Anzahl der Flechtenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Flechten (Arten, Deckung)	N, W, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness Pilze	Anzahl der saproxylen und terricolen Pilzarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Saproxyle und terricole Pilze (Arten, Abundanz)	N, W, B	Z
	Artenzahl und Evenness Brutvögel	Anzahl der Brutvogelarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Brutvögel (Arten, Abundanz)	A, (N), B	B
	Artenzahl und Evenness Tagfalter	Anzahl der Tagfalterarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Tagfalter (Arten, Abundanz)	N, W, O, B	B
	Artenzahl und Evenness Heuschrecken	Anzahl der Heuschreckenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Heuschrecken (Arten, Abundanz)	N, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness xylobionter Käfer	Anzahl der xylobionten Käferarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996). Eine Übersicht relevanter Käferfamilien wird bei Schmidl & Bußler (2004) gegeben.	Xylobionte Käfer verschiedener Familien (Arten, Abundanz)	N, W, B	Z
	Artenzahl und Evenness Laufkäfer	Anzahl der Laufkäferarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Laufkäferarten (Arten, Abundanz)	N, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness Libellen	Anzahl der Libellenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Libellen (Arten, Abundanz)  (Komponente des Makrozoobenthos, siehe Kapitel (8.2.4.5))	N, O, B	B
Artenzahl und Evenness Schwebfliegen	Anzahl der Schwebfliegenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Schwebfliegen (Arten, Abundanz)	N, W, O, B	Z	

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
	Artenzahl und Evenness Bienen	Anzahl der Bienenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Bienen (Arten, Abundanz)	N, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness Spinnen	Anzahl der Spinnenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Spinnen (Arten, Abundanz)	N, O, B	Z
	Artenzahl und Evenness Bodenorganismen	Anzahl der Bodenorganismenarten und Evenness-Index $E_{VAR}$ nach Smith & Wilson (1996)	Mögliche Taxa: Regenwürmer, Collembolen, Enchytraen, Raubmilben, Hornmilben (Art, Abundanz)	N, W, O, B	B
Artenschutz (Artenschutz)	Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Abundanz ausgewählter Tier- und Pflanzenarten mit besonderer Bedeutung für das Naturerbegebiet.	Arten verschiedener Taxa, Abundanzen	N, W, O, B	B
	Rastvogelbestände	Bestände ausgewählter Rastvogelarten in Naturerbegebieten mit herausragender Bedeutung für den Vogelzug	Rastvogelarten, Abundanzen	N	B
	Bestände wertgebender Vogelarten	Brutbestände der Vogelarten der EU-Vogelschutzrichtlinie und der Kategorien 1 und 2 der Roten Liste Deutschlands.	Wertgebende Vogelarten, Abundanzen	A, N, W, O, B	B
	Nationaler Indikator für die Artenvielfalt und Landschaftsqualität	Entwicklung der Bestände repräsentativer Vogelarten (nur Teilindikatoren Wald, Agrarland, Gewässer)	Ausgewählte Vogelarten, Abundanzen	A	Z
Fremdländische Arten (Zurückdrängung fremdländischer Arten)	Anzahl der Neophytenarten	Anzahl der Neophytenarten	Neophyten (Gefäßpflanzen, Moose) (Arten)	N, W, O, B	B
	Dominanz von Neophyten	Deckung (%) oder Frequenz von Neophyten	Neophyten (Gefäßpflanzen, Moose) (Arten, Deckung oder Frequenz)	N, W, O, B	B
	Anteil an Neophyten	Prozentualer Anteil der Neophytenarten an der Gesamtzahl der Pflanzenarten	Neophyten (Gefäßpflanzen, Moose) (Arten)	N, W, O, B	B
	Bestände ausgewählter Neozoen	Abundanz ausgewählter Neozoen mit Problempotenzial, Artenauswahl gebietsspezifisch je nach Problemlage	Marderhund, Mink, Nutria, Waschbär, Sonstige Arten (Abundanz)	N	Z

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Wildbestand	Abundanz ausgewählter Schalenwildarten	Abundanz ausgewählter Schalenwildarten	Rehwild, Rotwild, Damwild, Schwarzwild, Sonstige Arten (Abundanz)	N	Z
	Jagdstrecke	Anzahl erlegter Stück Wild (Rehwild, Rotwild, Damwild, Schwarzwild, Sonstige Arten) pro Naturerbegebiet und Jahr	Jagdstrecke	N	B
Wildverbiss im Offenland (Erhalt von Elementen der Kulturlandschaft, Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Verbiss und Fegeschäden an ausgewählten Gehölzen im Offenland	Verbiss und Fegeschäden an Elementen der Kulturlandschaft (z. B. Streuobst) und anderen landschaftsprägenden Gehölzen (z. B. Solitäräume)	Verbiss, Schälsschäden	N, O, B	Z

### 7.1.2.3 Standörtliche Verhältnisse

Struktur und Funktionen von Ökosystemen werden wesentlich von den vorherrschenden standörtlichen Verhältnissen geprägt. Eine ganze Reihe an abiotischen Einflussgrößen entscheidet darüber, welche Lebensgemeinschaften und Biotope sich an einem Standort ausprägen können. Umgekehrt werden aber auch die Standortbedingungen durch die Organismen geformt. Viele der in den Leibildern genannten Schutz- und Entwicklungsziele zielen direkt oder indirekt auf den Erhalt oder die Veränderung bestimmter Standortbedingungen ab, z. B.

- Erhalt von Biotoptypen
- Wiederherstellung eines natürlichen Wasserhaushaltes
- Schaffung von lichten Waldinseln
- Nährstoffentzug
- Erhalt xerothermer Arten und Lebensgemeinschaften

Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten, die standörtlichen Verhältnisse zu charakterisieren: durch direkte Messung oder Indikation durch Zeigerorganismen. Für das Monitoring wird vorgeschlagen, beide Ansätze zu verfolgen. Oftmals ist es entscheidend, den Standortfaktor direkt zu messen, um die Effektivität einer Maßnahme beurteilen zu können oder künftige Maßnahmen anzupassen. So müssen z. B. Wiedervernässungsmaßnahmen durch Messungen des Grundwasserstandes begleitet werden, um mögliche Schädigungen angrenzender landwirtschaftlicher Nutzflächen zu verhindern. Direkt zu messende Faktoren umfassen neben dem Grundwasserstand die Konzentration der wichtigsten Nährelemente, den Kohlenstoffvorrat in verschiedenen Bodenhorizonten, pH-Wert sowie die Humusform. In anderen Fällen ist die Bioindikation aussagekräftiger, z. B. bei der Charakterisierung der Licht- und Temperaturverhältnisse. Der Vorteil von Bioindikatoren ist, dass sie nicht nur die Ausprägung eines bestimmten Umweltfaktors widerspiegeln, sondern auch Rückschlüsse auf dessen Wirkung im Ökosystem zulassen. Die folgenden Bioindikatoren sind von Relevanz für das Monitoring in terrestrischen Ökosystemen:

### *Zeigerwerte*

Mit Hilfe der Zeigerwerte von Gefäßpflanzen nach Ellenberg et al. (2001) und Landolt (2010) können Rückschlüsse auf die Wirkung der wichtigsten Standortfaktoren (Licht, Temperatur, Feuchte, Wechselfeuchte, Nährstoffe, pH, Humus) getroffen werden. Neben den Mittelwerten sollten auch immer die Standardabweichung und das Zeigerwertspektrum als Maße für die Variabilität mit berücksichtigt werden.

### *Wasserstufen*

Die Wasserstufe ist ein Indikator für den Flächenwasserhaushalt von Grasländern und Mooren. Die Grundlage für die Ermittlung der Wasserstufen bildet die Indikation des mittleren Grundwasserstandes durch Gefäßpflanzenarten (Succow 188, Succow & Joosten 2001). Die Wasserstufenamplituden sämtlicher Pflanzenarten der nordostdeutschen Grasländer inklusive Moore sind bei Koepke et al. (1985) dokumentiert.

### *Community Temperature Index (CTI) von Tagfalterzönosen*

Der Community Temperature Index (Van Swaay et al. 2008, Van Swaay et al. 2010) ist ein Maß für die Temperaturpräferenzen einer Tagfalterzönose. Er berechnet sich aus der mittleren Temperatur, die jede Tagfalterart über ihr gesamtes Verbreitungsgebiet hinweg erfährt. Auf europäischer Ebene wird der CTI als Indikator für den Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität genutzt, da er sehr eng mit Temperaturveränderungen korreliert. Auch für Vögel (Devictor et al. 2012) und Libellen (M. Wiemers, persönliche Mitteilung) wurde ein solcher Index bereits berechnet.

### *Strategietypenspektrum von Gefäßpflanzen*

Die Klassifizierung von Pflanzenarten nach ökologischen Strategietypen geht auf Arbeiten von Grime (1974) und Grime et al. (1988) zurück. Demnach lassen sich drei grundlegende Strategietypen unterscheiden:

- Konkurrenzstrategen (C-Strategen) sind meist ausdauernde, konkurrenzstarke Arten, die oftmals unterirdische Speicherorgane bilden. Sie setzen sich auf Standorten durch, auf denen keine Stressbedingungen herrschen.
- Stresstoleranzstrategen (S-Strategen) existieren unter extremen Standortbedingungen, sind oft langlebig und weisen geringe Reproduktionsraten auf.
- Ruderalstrategen (R-Strategen) sind meist schnellwüchsige, kurzlebige Arten, die die meisten Ressourcen in die generative Vermehrung investieren.

Zwischen diesen Hauptstrategietypen gibt es fließende Übergänge. Daher wurden durch Grime auch Übergangstypen definiert (siehe Erläuterungen bei Klotz & Kühn 2002). Die Strategietypen für die Flora von Deutschland sind in der Merkmalsdatenbank „Bioflor“ publiziert (Klotz et al. 2002). Mit Hilfe der Strategietypen lassen sich Sukzessionsprozesse, Stress und Störungen indizieren.

**Tabelle 16. Indikatoren für standörtliche Verhältnisse.**

Indikandum: korrespondierende Schutz- und Entwicklungsziele der DBU Naturerbe GmbH sind in Klammern angegeben.

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

<sup>1</sup> nur bei Wiedervernässungsmaßnahmen und in sensiblen wasserabhängigen Biotoptypen

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Lichtverhältnisse (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Lichtzahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Lichtzahlen (Ellenberg et al. 2001)	Gefäßpflanzenarten	B	B
Temperaturverhältnisse (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Temperaturnzahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Temperaturnzahlen (Ellenberg et al. 2001)	Gefäßpflanzenarten	B	B
	Community Temperature Index der Tagfalterzönose	Der Community Temperature Index (Van Swaay et al. 2008, Van Swaay et al. 2010) ist ein Maß für die Temperaturpräferenzen einer Tagfalterzönose.	Tagfalterarten, Abundanzen	N, O	B
Nährstoffverhältnisse (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Nährstoffe im Boden	Hauptnährstoffgehalte der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	N, P, K, Ca, Mg	B	B
	Stickstoffzahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Stickstoffzahlen (Ellenberg et al. 2001)	Gefäßpflanzenarten	B	B
Wasserhaushalt (Wiederherstellung eines natürlichen Wasserhaushaltes, Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Mittlerer Grundwasserstand	Mittlerer jährlicher (monatlicher) Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche.	Grundwasserstand	N, W, O, B	B <sup>1</sup>
	Grundwasserdynamik – Standardabweichung des mittleren Grundwasserstandes	Standardabweichung des mittleren Grundwasserstandes über einen bestimmten Betrachtungszeitraum hinweg	Grundwasserstand	N, W, O, B	B <sup>1</sup>
	Grundwasserdynamik-Schwankungsamplitude	Mittlere Schwankungsamplitude des Grundwasserstandes über einen bestimmten Zeitraum hinweg	Grundwasserstand	N, W, O, B	B <sup>1</sup>
	Bodenfeuchte	Die Bodenfeuchte wird durch die Menge oder das Volumen des Wassers bestimmt, das in den Poren des Bodens gegen die Schwerkraft gehalten wird.	Bodenfeuchte	B	Z

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
	Feuchtezahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Feuchtezahlen (Ellenberg et al. 2001)	Gefäßpflanzenarten	B	B
	Wechselfeuchtezahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Wechselfeuchtezahlen (Landolt 2010)	Gefäßpflanzenarten	B	B
	Wasserstufen	Wasserstufen nach Succow & Joosten (2001) für Grasländer und Moore	Verteilung der Gefäßpflanzenarten	B	B
Versauerungszustand (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	pH-Wert des Bodens	pH-Wert der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	pH-Wert	B	B
	Carbonatgehalt	Carbonatgehalt der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	Carbonatgehalt	B	B
	Reaktionszahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Reaktionszahl (Ellenberg et al. 2001)	Gefäßpflanzenarten	B	B
Humus (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Kohlenstoffvorrat der Auflagehorizonte	Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff der Auflagerhorizonte (g/m <sup>2</sup> )	C <sub>org</sub> , Trockenroh-dichte, Mächtigkeit der Auflagehorizonte	B	B
	Kohlenstoffvorrat des Mineralbodens	Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff des Mineralbodens (g/m <sup>2</sup> )	C <sub>org</sub> , Trockenroh-dichte, Mächtigkeit des Mineralbodens	B	B
	Humusform	Humusform nach AG Boden (2005)	Humusform	B	B
	Humuszahl	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Humuszahlen (Landolt 2010)	Gefäßpflanzenarten	B	B
	Zersetzungsgrad	Zersetzungsgrad des Torfes in Mooren nach Von Post (siehe AG Boden 2005)	Zersetzungsgrad	B	B
Sukzession, Störung, Stress (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Strategietypenspektrum	Strategietypen nach Grime (1974), Grime (1979) für die Flora von Deutschland publiziert in der Datenbank BI-OLFLOR (Klotz & Kühn 2002)	Gefäßpflanzenarten	B	B

### 7.1.2.4 Stoffeinträge und Klima

Stoffeinträge und Klimavariablen stellen keine eigentlichen Indikatoren für die Erfolgskontrolle dar. Sie werden jedoch für die Analyse und Interpretation von Biodiversitätsdaten benötigt und dienen als Entscheidungshilfen für langfristig angelegte Managementmaßnahmen.

Atmosphärische Stickstoffeinträge aus anthropogenen Quellen können zu großräumigen Eutrophierungserscheinungen führen und stellen eine Gefahr für den Erhalt der Biodiversität dar (Sala et al. 2000, Stevens et al. 2010). Betroffen sind vor allem nährstoffarme Biotoptypen wie z. B. Moore und Heiden, in denen ein dauerhafter Eintrag von Stickstoff zu einer verminderten Diversität unter den Pflanzenarten führen kann (Dupre et al. 2010, Stevens et al. 2010). Daten zur Immissionssituation sind eine wichtige Voraussetzung für die Planung von Maßnahmen zum Erhalt solcher Lebensräume. So muss sich z. B. die Intensität von Maßnahmen zum Nährstoffentzug auch am aktuellen Niveau der Stoffeinträge orientieren.

Klimadaten dienen vor allem als erklärende Variablen in statistischen Analysen von Bestandstrends. Da viele Arten mit jährlichen Populationsschwankungen auf Witterungseinflüsse reagieren, ist es notwendig, diese bei Analysen von den Effekten des Managements zu trennen.

**Tabelle 17. Indikatoren für Stoffeinträge und Meteorologie**

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Atmosphärische Stoffeinträge (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Gesamtstickstoffdeposition	Summe aller eingebrachten organischen und anorganischen Stickstoffverbindungen	Gesamtstickstoffdeposition	N	B
	Ammoniumdeposition	Atmosphärischer Eintrag von Ammonium	Ammoniumdeposition	N	Z
	Deposition organischer Stickstoffverbindungen	Atmosphärischer Eintrag von organisch gebundenem Stickstoff	Deposition organischer Stickstoffverbindungen	N	Z
	Stickoxiddeposition	Atmosphärischer Eintrag von Stickoxiden	Stickoxiddeposition	N	Z
Klima	Mittlere Lufttemperatur	Mittlere monatliche Lufttemperatur (°C)	Lufttemperatur	N	B
	Mittlerer Niederschlag	Mittlerer monatlicher Niederschlag (mm)	Niederschlag	N	B
	Mittlere relative Luftfeuchte	Mittlere monatliche relative Luftfeuchte (%)	Relative Luftfeuchte	N	B
	Mittlere Verdunstung	Mittlere monatliche Evaporation (mm)	Verdunstung	N	B
	Mittlere Windgeschwindigkeit	Mittlere monatliche Windgeschwindigkeit (m/s)	Windgeschwindigkeit	N	B
	Mittlere Windrichtung	Mittlere Windrichtung (Grad)	Windrichtung	N	B
	Sonnenscheindauer	Monatliche Sonnenscheindauer (h)	Sonnenscheindauer	N	B

### 7.1.2.5 Charakterisierung von Biotoptypen

Biotoptypen werden durch das Vorhandensein bestimmter Pflanzenarten und die Ausprägung von Vegetationsstrukturen charakterisiert. Daher wurden die Indikatoren „Zahl biotoptypischer Pflanzenarten“, „Deckung biotoptypischer Pflanzenarten“ und „Vegetationsstruktur“ in das Indikatorenset aufgenommen. Als Grundlage zur Identifizierung von biotoptypischen Arten dient die Zuordnung der Pflanzenarten zur Biotoptypenliste nach (Haeupler 2002) in der Datenbank Bioflor (Klotz et al. 2002). Für FFH-Lebensraumtypen können zusätzlich lebensraumtypische Arten und Strukturen auf Grundlage der Bewertungsschemata nach Sachteleben & Behrens (2010) abgeleitet werden. Da in den Naturerbegebieten nicht nur FFH-Lebensraumtypen von Interesse sind, sollte sich die Auswahl der Indikatoren nicht ausschließlich auf die Größen der Bewertungsschemata stützen.

**Tabelle 18. Indikatoren zur Charakterisierung von Biotoptypen.**

Indikandum: korrespondierende Schutz- und Entwicklungsziele der DBU Naturerbe GmbH sind in Klammern angegeben.

Spalte Sk (Skala): A=Gesamtheit der Naturerbegebiete, N = Naturerbegebiet, W = gesamter Waldbestand eines Naturerbegebietes, O = gesamtes Offenland eines Naturerbegebietes, B = Biotoptyp

Spalte P (Priorität): B=Basisindikator, Z=Zusatzindikator

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk	P
Biotoptyp (Erhalt bestimmter Biotoptypen)	Anzahl biotoptypischer Pflanzenarten	Anzahl biotoptypischer Pflanzenarten	Gefäßpflanzenarten einer Referenzliste, z. B. Zuordnung der Gefäßpflanzen zur Biotoptypenliste nach Haeupler (2002), publiziert in der Datenbank Bioflor (Klotz et al. 2002)	B	B
	Deckung biotoptypischer Pflanzenarten	Prozentuale Deckung biotoptypischer Pflanzenarten	Gefäßpflanzenarten einer Referenzliste, z. B. Zuordnung der Gefäßpflanzen zur Biotoptypenliste nach Haeupler (2002), publiziert in der Datenbank Bioflor (Klotz et al. 2002)	B	B
	Vegetationsstruktur <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deckung der Baumschicht</li> <li>• Deckung der Strauchschicht</li> <li>• Deckung der Krautschicht getrennt nach Gräsern und Kräutern</li> <li>• Deckung der Kryptogamenschicht</li> <li>• Offenboden</li> <li>• Höhe der krautigen Vegetation</li> </ul>	Prozentuale Deckung der einzelnen Vegetationsschichten	Gefäßpflanzen, Kryptogamen, Offenboden, Vegetationshöhe	B	B
	Ausprägung sonstiger biotoptypischer biotischer und abiotischer Strukturen	Der Indikator umfasst biotoptypische biotische und abiotische Strukturen, die nicht im allgemeinen Indikatorenset enthalten sind.	Sonstige biotoptypische biotische Strukturen (Tabelle 19)	B	B

### Zusätzliche Indikatoren für die in den Leitbildern genannten Biotoptypen

In der folgenden Tabelle 19 werden zusätzliche Indikatoren für die Biotoptypen des Offenlandes (inklusive Moore) aufgeführt, die in der allgemeinen Indikatorenliste noch nicht oder unter dem Sammelbegriff „Sonstige biotoptypische Strukturen“ genannt werden. Dazu zählen bestimmte Pflanzenarten, Vegetationsstrukturen und Zeigerwerte. Die Auswahl erfolgte in Anlehnung an die FFH-LRT- Bewertungsschemata nach Sachteleben & Behrens (2010) sowie aufgrund eigener Überlegungen.

Die Futterwertzahl beurteilt den Nährwert von Grünlandarten für Nutztiere und sollte berechnet werden, wenn Grünland landwirtschaftlich genutzt wird. Sie geht ursprünglich auf eine Kategorisierung von Klapp et al. (1953) zurück, die durch Briemle (1996) an das 9-stufige System der Zeigerwerte nach Ellenberg angepasst wurde. Die Futterwertzahlen für die Arten der Grünländer sind in der Datenbank Bioflor (Klotz et al. 2002) hinterlegt.

Auf Streuobstwiesen sollte eine Sortenbestimmung durchgeführt werden, um gefährdete Obstsorten zu identifizieren. Als Grundlage für die Gefährdungseinstufung dient die Rote Liste der gefährdeten einheimischen Nutzpflanzen Deutschlands, die von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung herausgegeben wird. (<http://pgrdeu.genres.de/index.php?tpl=roteListe>).

**Tabelle 19. Zusatzindikatoren für die in den Leitbildern genannten Biotoptypen**

BIOTOPTYP LAUT LEITBILDER	Biotoptyp (Riecken et al. 2006)	FFH-LRT	Indikatoren
Salzgraslandgesellschaften	Salzgrünland des Geolitorals der Ostseeküste (ohne Röhrichte)	1330	Mittelwert, Standardabweichung des Mittelwertes und Spektrum der Salzzahl (Ellenberg et al. 2001)
Magerrasen	Trockenrasen	6210 (8230) *6110	Deckung von Bodenflechten (%) Deckung von Moosen (%)
Kalkmagerrasen	Trockenrasen auf karbonatischem Untergrund	*6110 6210	Deckung von Bodenflechten (%) Deckung von Moosen (%)
Sandmagerrasen, kalkreiche Sandrasen	Sandtrockenrasen	2330 *6120	Anteil Offenboden (%)
Silbergrasfluren	Silbergrasrasen	2330	Deckung <i>Corynephorus canescens</i> (%) Deckung von Bodenflechten (%) Deckung von Moosen (%) Anteil Offenboden (%)
Borstgrasrasen	Borstgrasrasen	*6230	Deckung von <i>Nardus stricta</i> (%)
Wiesen	Artenreiches Grünland frischer Standorte	6510 (6520)	Deckung von Ober-, Mittel-, und Untergräsern (%) Futterwertzahl (Briemle 1996)
Flachland-Mähwiesen	Artenreiches, frisches Grünland der planaren bis submontanen Stufe	6510	Deckung von Ober-, Mittel-, und Untergräsern (%) Futterwertzahl (Briemle 1996)
Pfeifengraswiesen	Pfeifengraswiesen (auf mineralischen und organischen Böden)	6410	Deckung von Ober-, Mittel-, und Untergräsern (%) Futterwertzahl (Briemle 1996)
Brenndoldenwiesen	Brenndolden-Auenwiesen	6440	Deckung von Ober-, Mittel-, und Untergräsern (%) Futterwertzahl (Briemle 1996)

BIOTOPTYP LAUT LEITBILDER	Biotoptyp (Riecken et al. 2006)	FFH-LRT	Indikatoren
Feuchtwiesen	Sonstiges extensives Feucht- und Nassgrünland der planaren bis submontanen Stufe		Deckung von Ober-, Mittel-, und Untergräsern (%) Futterwertzahl (Briemle 1996)
Feuchte Heiden	Moor- oder Sumpfheiden	4010 7140	Deckung von Torfmoosen (%) Deckung sonstiger Feuchtbodenmoose (%) Deckung von Zwergsträuchern (%) Flächenanteil von Moorschlenken (%)
Heiden, trockene europäische Heiden, Calluna-Heiden	Heiden auf sandigen Böden (Calluna-Heiden)	2310 2320 4030 5130	Deckung der Altersphasen (Pionier-, Aufbau-, Reife-, Degenerationsphase) Deckung von Calluna vulgaris (%) (FFH-LRT 2310, 2320) Deckung von Empetrum nigrum (%) (FFH-LRT 2320)
Streuobstwiesen	Streuobstbestand auf Grünland		Vitalität oder Alter der Obstbäume Anzahl und Bestand gefährdeter Obstsorten
Wacholderformationen	Wacholder-Gebüsch	5130	Altersstufen des Wacholders (5130), Deckung des Wacholders (%) (5130)
Niedermoore	waldfreie, oligo- bis mesotrophe Niedermoore und Sümpfe	7230	Deckung der niedrigwüchsigen Binsen- und Seggenvegetation (%) Deckung Röhricht, Hochstauden und Großseggen (%) Höhe des H-Horizontes nach AG Boden (2005) Torfart nach AG Boden (2005) Zersetzungsgrad des Torfs nach AG Boden (2005) oder Von Post
Hochmoore	Hochmoor der planaren bis submontanen Stufe	*7110 7150	Flächenanteil von Bult-Schlenken-Komplexen (%) (FFH LRT 7110) Flächenanteil von Torfschlammböden (%) (FFH-LRT 7150) Deckung aller <i>Sphagnum</i> -Arten (%) (FFH-LRT 7110) Deckungsgrad <i>Rhynchospora</i> (FFH-LRT 7150) Vitalität <i>Rhynchospora</i> (Prozentualer Anteil blühender und fruchtender Pflanzen) Höhe des H-Horizontes nach AG Boden (2005) Torfart nach AG Boden (2005) Zersetzungsgrad des Torfs nach AG Boden (2005) oder Von Post

## 7.1.3 Gewässer

### 7.1.3.1 Vorbemerkungen

In den Naturerbegebieten sind Fließgewässer und Standgewässer unterschiedlicher Größe aber auch Übergangs- und Küstengewässer vertreten. Die in den Leitbildern der DBU Naturerbe GmbH verankerten Schutz- und Entwicklungsziele zielen im Wesentlichen auf die Verbesserung der Wasserqualität, Erhalt und Verbesserung von Gewässerstrukturen und den Erhalt der Habitatfunktion der Gewässer ab (Kapitel 6.1.3.2). Ähnliche Ziele verfolgt die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EG 2000). Daher ist eine Anwendung der Indikatoren des Monitorings nach Wasserrahmenrichtlinie grundsätzlich denkbar. Der Vorteil dieser Indikatoren besteht darin, dass sie Teil einheitlicher Bewertungsverfahren sind. Die abgeleiteten Bewertungen des ökologischen Zustands können bundesweit mit anderen Gewässern des gleichen Typs verglichen werden. Tabelle 20 zeigt eine Übersicht der nach Wasserrahmenrichtlinie zu erfassenden Qualitätskomponenten für die Gewässerbewertung.

In den folgenden Abschnitten werden die Indikatoren zur Bewertung des biologischen, chemischen und hydromorphologischen Zustands von Fließgewässern und Seen vorgestellt. Auf eine detaillierte Darstellung der Indikatoren für Übergangs- und Küstengewässer wird an dieser Stelle verzichtet, da diese Gewässertypen die Naturerbegebiete nur im Einzelfall tangieren. An dieser Stelle sei auf das Bund-Länder-Messprogramm Meeresumwelt verwiesen (5.2.4), das bei Bedarf zur Herleitung relevanter Indikatoren und zum Datenbezug genutzt werden kann.

Die Charakterisierung eines Gewässers mit Hilfe der dargestellten Bewertungssysteme ist sehr umfangreich. Der Umfang der Anwendung hängt entscheidend von der Zielstellung des Monitorings ab. Ist eine Einstufung des Gewässers in eine ökologische, chemische oder hydromorphologische Zustandsklasse vorgesehen, so müssen alle Indikatoren eines Bewertungssystems erfasst werden, die zur Charakterisierung eines bestimmten Gewässertyps vorgesehen sind. Die einzelnen Größen gehen zum Teil über mehrere Aggregationsebenen in einen Gesamtindex ein. Stehen ganz bestimmte Aspekte (z. B. die Indikation von Eutrophierung) im Vordergrund des Interesses, kann auf ein eingeschränktes Indikatorenset zurückgegriffen werden. Eine solche Vorgehensweise bietet jedoch nur wenige Möglichkeiten für überregionale Vergleiche.

Die Anwendung der Indikatoren des Monitorings nach Wasserrahmenrichtlinie ist an bestimmte Bedingungen geknüpft. So müssen z. B. Fließgewässer Mindestinzugsgebiete und Seen Mindestgrößen aufweisen. Für sehr kleine Gewässer haben manche Indikatoren nur eine eingeschränkte Aussagekraft. In diesem Fall müssen ausgewählte Komponenten der Bewertungssysteme betrachtet werden. Die Auswahl der Indikatoren erfolgt immer Gewässertyp-spezifisch. Die darauf aufgebauten Bewertungen setzen den gemessenen Zustand in Relation zu einem typspezifischen Referenzzustand. In jedem Fall ist die räumliche Skala der Indikatoren zu beachten. Viele Größen werden durch Prozesse beeinflusst, die außerhalb der Naturerbegebiete ablaufen (z. B. die Planktonentwicklung großer Fließgewässer). Für viele Gewässer (bewertungsrelevante Gewässer) werden die Indikatoren durch die Bundesländer erhoben. Die Möglichkeit des Datenbezugs sollte daher immer geprüft werden. Zusätzliche Erhebungen sollten wenn möglich in das Zeitschema der Monitoringprogramme der Länder eingebunden werden.

Auf eine Zuordnung der einzelnen Indikatoren zum Basis- und Zusatzset wurde verzichtet, da es einer Grundsatzentscheidung bedarf, in welcher Intensität Gewässer bearbeitet werden sollen.

**Tabelle 20. Übersicht über die nach Wasserrahmenrichtlinie zu charakterisierenden Qualitätskomponenten des ökologischen Zustands (Quelle: UBA 2010)**

	Fließgewässer	Seen	Übergangsgewässer	Küstengewässer
<b>Biologische Qualitätskomponente</b>				
Phytoplankton	x	x	x	x
Makrophyten/ Phyto-benthos	x	x	x	x
Makroinvertebraten	x	x	x	x
Fische	x	x	x	
<b>Hydromorphologische Qualitätskomponente</b>				
Durchgängigkeit	x			
Wasserhaushalt	x	x		
Morphologie	x	x	x	x
Tideregime			x	x
<b>Chemisch-physikalische Qualitätskomponente</b>				
Allgemeine chemisch-physikalische Parameter	x	x	x	x
Spezifische Schadstoffe	x	x	x	x

### 7.1.3.2 Indikatoren für den biologischen Zustand von Fließgewässern

#### 7.1.3.2.1 Indikatoren des Bewertungssystems PHYTOFLUSS (Fließgewässerbewertung mit Phytoplankton)

Mit Hilfe des Phytoplanktons lassen sich vor allem die Faktoren Eutrophierung und strukturelle Degradation indizieren. Die Indikatoren (Tabelle 21) sind nur auf bestimmte Fließgewässertypen anwendbar. Eine Ableitung der ökologischen Zustandsklasse mit Hilfe des Bewertungssystems PHYTOFLUSS (Mischke 2006) kann nur für Flüsse mit einem Einzugsgebiet > 1000km<sup>2</sup> erfolgen, da in der Regel nur größere Flüsse natürlicherweise planktonführend sind. Vorkommen von Phytoplankton in kleineren Fließgewässern weisen jedoch auf eine strukturelle Degradation hin.

#### 7.1.3.2.2 Indikatoren des Bewertungssystems PHYLIB (Phytobenthos und Makrophyten für ein Leitbildbezogenes Bewertungsverfahren)

Die Grundlage für die Charakterisierung des ökologischen Zustands von Fließgewässern mit Makrophyten und Phytobenthos bilden die Indikatoren des Bewertungssystems PHYLIB (Schaumburg et al. 2012). Sie indizieren eine Bandbreite von Faktoren, die den ökologischen Zustand von Fließgewässern beeinträchtigen: strukturelle Degradation, Eutrophierung, Saprobie, Versauerung, Versalzung (Tabelle 21). Die verschiedenen Indizes sind in die drei Module „Makrophyten“, „Diatomeen“ und „Phytobenthos ohne Diatomeen“ untergliedert und können nach Verrechnung zur Ableitung einer ökologischen Zustandsklasse herangezogen werden.

#### 7.1.3.2.3 Indikatoren des Bewertungssystems PERLODES (Fließgewässerbewertung mit Makrozoobenthos)

Der ökologische Zustand von Fließgewässern kann mit Hilfe der Zusammensetzung des Makrozoobenthos bestimmt werden. Dazu können die Indikatoren des Bewertungssystems PERLODES (Meier et al. 2006a, 2006b, weitere Informationen unter [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de)) herangezogen werden. Mit Hilfe dieser Indikatoren (Tabelle 21) lassen sich Aussagen zum Zustand der Gewässer hinsichtlich der Faktoren Gewässerstruktur, Nährstoff- und Sauerstoffverhältnisse treffen. Das System ist in die Module „Saprobie“, „Allgemeine Degradation“ und „Versauerung“ gegliedert. Durch die Verrechnung der Module lässt sich für fast alle deutschen Fließgewässertypen eine ökologische

Zustandsklasse ermitteln. Die Anwendung der Teilindizes innerhalb der Module erfolgt Fließgewässertyp-spezifisch.

#### 7.1.3.2.4 Indikatoren des Bewertungssystems fiBS (Fischbasiertes Bewertungssystem für Fließgewässer)

Die Grundlage für die Charakterisierung des ökologischen Zustands von Fließgewässern mit Fischen bilden die Indikatoren des Bewertungssystems fiBS (Dußling 2009). Diese lassen sich den Themen Arten- und Gildeninventar, Artenabundanz und Gildenverteilung, Altersstruktur, Migration, Fischregion und dominante Arten zuordnen (Tabelle 21). Die Indikatoren zeigen an, ob sich ein Fließgewässer in einem naturnahen Zustand befindet oder durch anthropogene Einflussfaktoren wie strukturelle Degradation, fehlende Längsdurchgängigkeit oder verminderte Wasserqualität beeinträchtigt ist.

Die Anwendung des Systems fiBS setzt eine a priori vorgenommene Rekonstruktion der für einen bestimmten Fließgewässertyp zu erwartenden Fischzönose sowie quantitative Erhebungen der aktuell vorkommenden Fischzönose voraus. Die aktuelle Fischzönose wird anschließend anhand verschiedener Indikatoren mit der Referenzzönose verglichen. Die Indikatoren bilden die Grundlage für die Ableitung einer ökologischen Zustandsklasse zur Bewertung des Gewässers.

**Tabelle 21. Indikatoren zur Charakterisierung des ökologischen Zustands von Fließgewässern.**

Spalte Sk (Skala): F=Fließgewässer

<sup>1</sup> Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet >1000km<sup>2</sup>

Nicht dargestellt sind jene Indizes, die durch Aggregation der dargestellten Indikatoren berechnet werden.

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
<b>Phytoplankton</b>				
Eutrophierung, Strukturelle Degradation	Gesamtpigment (Chl a)	Unkorrigierte Konzentration von Chlorophyll a (Mischke & Behrend 2007)	Unkorrigierte Chlorophyll a - Konzentration	F <sup>1</sup>
Eutrophierung, Strukturelle Degradation	Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP)	Index, der die gefundene Phytoplanktonzönose in Beziehung zu einer fließgewässertypspezifischen Phytoplanktonzönose setzt (Mischke & Behrend 2007).	Phytoplankton (Arten, Biovolumen)	F <sup>1</sup>
Eutrophierung, Strukturelle Degradation	Pennales	Anteil (%) der Summe aller Pennales am Gesamtbiovolumen (Mischke & Behrend 2007)	Pennales (Biovolumen)	F <sup>1</sup>
Eutrophierung, Strukturelle Degradation	Chloro	Anteil (%) der Summe aller Chlorophyceae am Gesamtbiovolumen (Mischke & Behrend 2007)	Chlorophyceae, (Biovolumen)	F <sup>1</sup>
Eutrophierung, Strukturelle Degradation	Cyano	Anteil (%) der Summe aller Cyanobakterien am Gesamtbiovolumen (Mischke & Behrend 2007)	Cyanobakterien, (Biovolumen)	F <sup>1</sup>
<b>Makrophyten, Diatomeen, Phytobenthos ohne Diatomeen</b>				
Eutrophierung, Gewässerstruktur, Lichtverhältnisse	Referenzindex Makrophyten	Fließgewässertyp-spezifischer Referenzindex Schaumburg et al. (2006) zur Bewertung des ökologischen Zustands, der die Zusammensetzung der gefundenen Makrophytenzönose in Beziehung zu einer Referenz-Makrophytenzönose setzt.	Makrophyten (Arten, Abundanz)	F
Vollständigkeit des Arteninventars	Summenhäufigkeit von Referenz-	Summenhäufigkeit (%) der an einer Gewässerstelle gefunde-	Diatomeen (Arten, Abundanz)	F

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
	renz-Diatomeenarten	nen allgemeinen und typspezifischen Referenzarten nach Schaumburg et al. (2006)	zen)	
Eutrophierung, Saprobie	Trophieindex und Saprobienindex	Trophieindex nach Rott et al. (1999) oder Saprobienindex nach Rott et al. (1997) je nach Fließgewässertyp, siehe Schaumburg et al. (2006).	Diatomeen (Arten, Abundanz)	F
Versauerung	Summenhäufigkeit von Versauerungszeigern	Summenhäufigkeit (%) der an einer Gewässerstelle gefundenen Versauerungszeiger nach Schaumburg et al. (2006)	Diatomeen (Arten, Abundanz)	F
Versalzung	Halobienindex	Halobienindex nach Ziemann et al. (1999), siehe Schaumburg et al. (2006).	Diatomeen (Arten, Abundanz)	F
Eutrophierung, Gewässerstruktur, Lichtverhältnisse	Referenzindex Phytobenthos ohne Diatomeen	Referenzindex zur Bewertung des ökologischen Zustands nach Schaumburg et al. (2006), der die Zusammensetzung der gefundenen Phytobenthoszönose in Beziehung zu einer Referenzbiozönose setzt.	Phytobenthos ohne Diatomeen (Arten, Abundanz)	F
<b>Makrozoobenthos</b>				F
Saprobie	Deutscher Saprobienindex	Fließgewässertyp-spezifischer Index zur Indikation der Belastung mit organischen Belastungen (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten und Abundanz)	F
Beeinträchtigung der Wasserqualität und Gewässermorphologie	EPT-Index	Der EPT-Index beschreibt die relativen Abundanz der Taxa Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera in Bezug zur Abundanz aller Taxa (Meier et al. 2006b)	Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (Abundanz)	F
Morphologische Degradation	Fauna-Index	Index auf Basis typspezifischer Indikatorarten zur Beschreibung der Auswirkung der morphologischen Degradation auf die Makrozoobenthoszönose (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Charakteristische Umweltfaktoren von Seeausflüssen	Lake Outlet Typology Index (LTI)	Index zur Charakterisierung der Makrozoobenthoszönose hinsichtlich ihrer Präferenz für Seeausflüsse (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Saprobie, Sauerstoffverhältnisse, Gewässerstruktur	Oligosaprobe	Anteil (%) an Organismen, die oligosaprobe Bedingungen bevorzugen (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos, (Arten, Abundanz)	F
Naturnähe der Makrozoobenthoszönosen großer Ströme	Potamon-Typie-Index (PTI)	Index zur Beschreibung der naturnähe großer Ströme auf Basis des Anteils wertgebender/ flusstypischer Taxa (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Wasserqualität, toxische Belastung, Versauerung, strukturelle Diversität	Anzahl EPT-Taxa	Summe aller Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Arten (Meier et al. 2006b)	Ephemeroptera, Plecoptera Trichoptera (Arten)	F
Diversität ungestörter, struktureicher Habitats	Anzahl EPTC-BO-Taxa	Summe aller Ephemeroptera-, Plecoptera-, Trichoptera-, Coleoptera-, Bivalvia, Odonata-Arten (Meier et al. 2006b)	Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia, Odonata (Arten)	F
Gewässerstruktur	Anzahl Trichoptera-Taxa	Artenzahl Trichoptera (Meier et al. 2006b)	Trichoptera (Arten)	F
Ausprägung des Epipotamals	Epipotamal-Besiedler	Anteil (%) der für das Epipotamal typischen Arten	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
			zen)	
Ausprägung des Epirhithrals	Epirhithral-Besiedler	Anteil (%) der für das Epirhithral typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Hyporhithrals	Hyporhithral - Besiedler	Anteil (%) der für das Hyporhithral typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Litorals	Litoral -Besiedler	Anteil (%) der für das Litoral typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Metapotamals	Metapotamal - Besiedler	Anteil (%) der für das Metapotamal typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Metarhithrals	Metarhithral-Besiedler	Anteil (%) der für das Metarhithral typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Pelals	Pelal-Besiedler	Anteil (%) der für das Pelal typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Ausprägung des Phytals	Phythal-Besiedler	Anteil (%) der für das Phythal typischen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Biologisch wirksame Strömungsverhältnisse im Gewässer, Wasserentzug, organische Belastung, Sedimenteintrag	Rheoindex	Index, der das Verhältnis der rheophilen und rheobionten Taxa eines Fließgewässers zu den Stillwasserarten und Ubiquisten angibt (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
Versauerung	Säureklassen	Index auf Basis der Säureempfindlichkeit der vorgefundenen Arten (Meier et al. 2006b)	Makrozoobenthos (Arten, Abundanz)	F
<b>Fische</b>				
Vollständigkeit des Arteninventars	Typspezifische Arten	Anzahl typspezifischer Fischarten in einem Gewässerabschnitt. Als typische Arten gelten jene Arten, die mit einem Individuenanteil $\geq 1\%$ in der Referenzzönose vertreten sind (Dußling 2009).	Fische (Arten einer Referenzartenliste)	F
Vollständigkeit des Arteninventars	Begleitarten	Anzahl der Begleitarten in einem Gewässerabschnitt (von Natur aus seltene Arten) (Dußling 2009).	Fische (Arten einer Referenzartenliste)	F
Längsdurchgängigkeit des Gewässers	Anadrome und potamodrome Arten	Anzahl anadromer und potamodromer Arten (Dußling 2009).	Fische (Arten einer Referenzartenliste)	F
Strukturelle Beeinträchtigung der Oberläufe von Fließgewässern	Referenzferne Arten	Anzahl referenzferner Arten (Arten, die nur aufgrund von Beeinträchtigungen in einem Fließgewässer vorkommen) (Dußling 2009)	Fische (Arten)	F
Gewässertypische Habitatstrukturen	Ökologische Gilden	Anzahl charakteristischer Habitat-, Reproduktions- und Trophiegilden in einem Gewässerabschnitt. Als charakteristische Gilden gelten jene Gilden, die aufgrund der Zusammensetzung der Referenz-Fischzönose mit Referenzanteilen von $\geq 1\%$ vertreten sind (Dußling 2009).	Fische (Arten)	F
Beeinträchtigung der Gewässerstruktur	Referenzferne Gilden	Anzahl referenzferner Gilden in einem Gewässerabschnitt (Dußling 2009)	Fische (Arten)	F
Struktur der Fischzönose	Abundanz der Leitarten	Anteil (%) jeder Leitart am Gesamtbestand eines Gewässerabschnitts. Leitarten sind jene typspezifischen Arten, denen ein	Fische (Arten, Abundanz)	F

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
		Referenzanteil von $\geq 5\%$ zugewiesen ist (Dußling 2009).		
Beeinträchtigung der Gewässerstruktur und Wasserqualität	Barsch- und Rotaugen-Abundanz	Abundanz der Arten Rotaugen und Barsch (Dußling 2009). Durch den Vergleich mit den unter Referenzbedingungen zu erwartenden Abundanzen lassen sich Aussagen zur Beeinträchtigung des Gewässers treffen.	Rotaugen, Barsch (Abundanzen)	F
Beeinträchtigung der Gewässerstruktur und Wasserqualität	Verteilung der ökologischen Gilden	Anteile (%) ausgewählter Habitatgilden, Reproduktionsgilden und Trophiegilden am Gesamtbestand. Beeinträchtigungen führen zu einer Abweichung gegenüber den Referenzanteilen (Dußling 2009).	Fische (Arten, Abundanzen)	F
Reproduktionsfähigkeit, Überalterung der Fischbestände	Altersstruktur	Anteil (%) der Altersklasse 0+ am Gesamtbestand einer Leitart (Dußling 2009).	Fische (Leitarten, Abundanzen, Altersklassen)	F
Längsdurchgängigkeit des Gewässers	Migration	Der Migrationsindex ist ein Maß für die Mobilität eines Fischbestandes (Dußling 2009). Grundlage für seine Berechnung ist eine Einteilung der Arten in verschiedene Migrations-Gilden (Distanzen).	Fische (Arten, Abundanzen)	F
Beeinträchtigung der längszonalen Ausprägung eines Fließgewässers	Fischregion	Der Fischregionsindex drückt die Präferenz einer Fischzönose für eine bestimmte Fließgewässerregion aus. Er setzt sich aus Einzelindizes für jede Art zusammen (Dußling 2009)..	Fische (Arten, Abundanzen)	F
Dominanzverhältnisse	Leitartenindex (LAI)	Der Leitartenindex ist das Verhältnis der mit $\geq 5\%$ in einer Probenahme und in der Referenz-Fischzönose vertretenen Arten zur Zahl der Leitarten (Zahl der in der Referenz-Fischzönose mit $\geq 5\%$ vertretenen Arten) (Dußling 2009).	Fische (Arten, Abundanzen)	F
Dominanzverhältnisse, Degenerierung von Lebensräumen	Community Dominance Index (CDI)	Der CDI ist die Summe der relativen Abundanzen der beiden häufigsten Fischarten. Er ist abhängig von der Gesamtartenzahl und muss daher für artenarme- und artenreiche Gewässer gesondert betrachtet werden (Dußling 2009).	Fische (Arten, Abundanzen)	F

### 7.1.3.3 Indikatoren für den biologischen Zustand von Seen

#### 7.1.3.3.1 Phytoplankton

Mit Hilfe des Phytoplanktons lässt sich die Belastung von Seen durch Nährstoffe indizieren. Insbesondere Phosphateinträge führen in diesem Gewässertyp zu einer erhöhten Primärproduktion. Zur Anwendung kommen die Indikatoren des Bewertungssystems PHYTOSEE (Mischke & Nixdorf 2008), das aus mehreren Teilindizes besteht (Tabelle 22). Diese Teilindizes werden über eine weitere Aggregationsstufe zu einem multimetrischen „Phyto-See-Index (PSI)“ verrechnet, mit dessen Hilfe eine ökologische Zustandsklasse abgeleitet wird. Bei der Berechnung sind Unterschiede hinsichtlich des Seentyps zu beachten.

### 7.1.3.3.2 Makrophyten und Phytobenthos

Makrophyten und Diatomeen dienen der Indikation von Eutrophierung und struktureller Degradation von Seen. Die entsprechenden Indikatoren (Tabelle 22, die Teil des Bewertungssystems PHYLIB (Schaumburg et al. 2011) sind, wurden für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie konzipiert. Die Indikatoren lassen sich zu einem aggregierten Index verrechnen, der die Klassifizierung des Gewässers entsprechend einer ökologischen Zustandsklasse ermöglicht. Das System kann nur auf Seen einer Größe von mindestens 50ha angewendet werden.

### 7.1.3.3.3 Makrozoobenthos

Ein Modul zur Charakterisierung von Seen mit Makrozoobenthos, das die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie erfüllt, befindet sich derzeit in Bearbeitung (UBA 2010). Nach dessen Fertigstellung könnte dieses Modul eine Komponente des Monitorings in den Naturerbegebieten sein.

### 7.1.3.3.4 Fische

Ein Modul zur Charakterisierung von Seen mit Fischen für die Berichterstattung nach Wasserrahmenrichtlinie befindet sich ebenfalls noch in Bearbeitung (UBA 2010). Dieses könnte zu einem späteren Zeitpunkt in das Monitoring integriert werden. Bis dahin empfiehlt sich die Erhebung folgender fischbasierter Indikatoren:

Artenzahl und Evenness – Anzahl der Fischarten und die Verteilung der Individuen zwischen den Arten. Vorzugsweise sollte auch hier der Evenness-Index nach Smith & Wilson (1996) zur Anwendung kommen.

Größen- bzw. Altersstruktur – Die Verteilung der Altersklassen zeigt an, ob eine Art ausreichend reproduziert.

Neozoen (Fische) – Der Anteil an Neozoen an der Fischzönose ist ein Maß für die Naturnähe eines Gewässers.

Eine Voraussetzung zur Quantifizierung dieser Indikatoren ist eine quantitative Erfassung der Fischzönose. Die Erhebung dieser Daten ermöglicht auch im Nachhinein die Berechnung typspezifischer Indizes.

**Tabelle 22. Indikatoren zur Charakterisierung des ökologischen Zustands von Seen. Nicht dargestellt sind jene Indizes, die durch Aggregation der dargestellten Indikatoren berechnet werden.**

Spalte Sk (Skala): S=Seen

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
<b>Phytoplankton</b>				
Eutrophierung	Gesamtbiovolumen	Arithmetisches Mittel des Gesamtbiovolumens des Phytoplanktons aus dem Epilimnion oder der euphotischen Zone (Klarwasserseen) (Mischke & Nixdorf 2008)	Phytoplankton (Biovolumen)	S
Eutrophierung	Chlorophyll a-Konzentration	Arithmetisches Mittel der Chlorophyll a-Konzentration aus der Periode April-Oktober (Mischke & Nixdorf 2008)	Chlorophyll a-Konzentration	S
Eutrophierung	Maximum-Wert Chlorophyll a	Maximaler Chlorophyll a-Wert aus einer Saison	Chlorophyll a-Konzentration	S

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
		(Mischke & Nixdorf 2008)		
Eutrophierung	Algenklassen	Arithmetisches Saisonmittel der Summe der Biovolumina aller Cyanobacteria, Chlorophyceae und /oder Dinophyceae und Cryptophyceae oder ihr Prozentteil am Gesamtbiovolumen (Chrysophyceae, Dinophyceae) (Mischke & Nixdorf 2008)	Phytoplankton (Cyanobacteria, Chlorophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Biovolumen)	S
Eutrophierung	Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI)	Index auf Basis der Artenzusammensetzung und artspezifischer Stenökiewerte (Mischke & Nixdorf 2008)	Phytoplankton (Arten, Abundanz)	S
<b>Makrophyten und Phytobenthos</b>				
Eutrophierung, strukturelle Degradation, Lichtverhältnisse	Referenzindex Makrophyten (Seen)	Typspezifischer Referenzindex zur Bewertung des ökologischen Zustands, der die Zusammensetzung der gefundenen Makrophytenzönose in Beziehung zu einer Referenz-Makrophytenzönose setzt (Schaumburg et al. 2011).	Makrophyten (Arten, Abundanz)	S
<b>Diatomeen</b>				
Eutrophierung	Trophieindex	Index zur trophischen Charakterisierung eines Sees auf Basis artspezifischer Trophiewerte (siehe Schaumburg et al. 2011)	Diatomeen (Arten, Abundanz)	S
Degradation	Referenzartenquotient (RAQ)	Index, der das Vorkommen typspezifischer Referenzarten ins Verhältnis zu typspezifischen Degradation anzeigenden Arten setzt (siehe Schaumburg et al. 2011)	Diatomeen (Arten, Abundanz)	S
<b>Fische</b>				
Biodiversität	Artenzahl Fische	Anzahl der Fischarten	Fische (Art)	S
	Evenness Fische	Der Evenness-Index nach Smith & Wilson (1996) zeigt die numerische Gleichverteilung der Arten an.	Fische (Art, Abundanz)	S
	Altersstruktur Fische	Anteile jeder Altersklasse am Gesamtbestand einer Art	Fische (Art, Abundanz, Altersklassen)	S
Fremdländische Arten	Anzahl der Neozoenarten	Anzahl der Neozoenarten (Fische)	Fische (Art)	S
	Anteil Neozoenarten	Anteil (%) der Neozoenarten an der Gesamtartenzahl	Fische (Art)	S
	Anteil von Neozoen am Gesamtbestand	Anteil (%) aller Neozoen am Gesamtbestand einer Fischzönose bezogen auf die Individuenzahl	Fische (Art, Abundanz)	S

### 7.1.3.4 Indikatoren für strukturellen Zustand von Fließgewässern

Als Gewässerstrukturen werden all jene räumlichen und materiellen Differenzierungen des Gewässerbettes und seines Umfeldes bezeichnet, die hydraulisch, gewässermorphologisch und hydrobiologisch wirksam sind und für die ökologischen Funktionen des Gewässers und der Aue von Bedeutung sind (LUA 2001). Die Gewässerstruktur hat einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität sowie die Verfügbarkeit von Habitaten für eine Vielzahl von Organismen. Sie lässt sich anhand der Ausprägung der Laufentwicklung, des Längsprofils, der Sohlenstruktur, des Querprofils, der Uferstruktur und des Gewässerumfeldes beschreiben.

Um die Strukturgüte von Fließgewässern zu bewerten, wurden verschiedene Indikatoren entwickelt, die den oben genannten Themen zugeordnet werden können. Die Auswahl der Indikatoren orientiert sich an Leitbildern. Für kleine und mittelgroße Fließgewässer können die Indikatoren der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2000b) angewendet werden. Die Charakterisierung der Struktur mittelgroßer und großer Fließgewässer kann mit Hilfe der Indikatoren nach LUA (2001) erfolgen. Die in den beiden Quellen genannten Indikatoren werden durch die meisten Bundesländer, z. Teil modifiziert, zur Erfüllung der Berichtspflichten der Wasserrahmenrichtlinie verwendet. Durch die Bewertung der Indikatoren und eine anschließende Aggregation der Ergebnisse lassen sich die Gewässer einer Strukturgütekategorie zuordnen.

**Tabelle 23. Indikatoren zur Charakterisierung der Gewässerstruktur kleiner und mittelgroßer Flüsse nach LAWA (2000b)**

Spalte Sk (Skala): F=Fließgewässer

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
Laufentwicklung	Laufkrümmung	Art und Ausmaß der vorhandenen Laufkrümmung im Verhältnis zur natürlichen gewässertypischen Laufkrümmung	Laufkrümmung	F
	Krümmungserosion	Ausmaß der Krümmungserosion im Verhältnis zur vorhandenen Laufkrümmung	Krümmungserosion	F
	Längsbänke	Anzahl und Ausprägung von Uferbänken, Krümmungsbänken, Inselbänken und Mündungsbänken	Längsbänke	
	Besondere Laufstrukturen	Art, Ausprägung und Anzahl typischer Laufstrukturen, die für ein naturnahes Fließgewässer typisch sind (z. B. Totholz, Inselbildung, Laufverengungen)	Besondere Laufstrukturen	F
Längsprofil	Querbauwerke	Anzahl und Ausprägung von Querbauwerken, die einen Abstieg des mittleren Wasserspiegels um mehr als 10cm verursachen	Querbauwerke	F
	Rückstau	Verringerung der Fließgeschwindigkeit im Oberwasser von Querbauwerken im Vergleich zum Unterwasser	Rückstau	F
	Verrohrung	Unterirdische Verlegung und Kanalisierung eines Gewässers über längere Strecken	Verrohrung	F
	Querbänke	Anzahl und Ausprägung von natürlichen Furten und Sohlenstufen im Gewässerabschnitt.	Querbänke	F

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
	Strömungsdiversität	Räumliche Differenziertheit der Strömung, gemessen an der Struktur des Wasserspiegelbildes	Strömungsdiversität	F
	Tiefenvarianz	Häufigkeit und Ausmaß des räumlichen Wechsels der Wassertiefe im Längsprofil	Tiefenvarianz	F
Querprofil	Profiltyp	Vorherrschender Querprofiltyp eines Gewässerbettes	Profiltyp	F
	Profiltiefe	Mittleres Tiefen-/ Breitenverhältnis des Gewässerbettes	Profiltiefe	F
	Breitenerosion	Ausmaß der Ufererosion, die beide Ufer in gleichem Maße betrifft	Breitenerosion	F
	Breitenvarianz	Häufigkeit und Ausmaß des Wechsels der Gewässerbettbreite	Breitenvarianz	F
	Durchlässe	Art und Zahl der Durchlässe (Rohre, Brücken)	Durchlässe	F
Sohlenstruktur	Sohlensubstrat	Art des in einem Gewässerabschnitt vorherrschenden Sohlensubstrates sowie dessen Natürlichkeit	Sohlensubstrat	F
	Sohlenverbau	Art und Flächenanteil (%) anthropogener Sohlendeckwerke	Sohlenverbau	F
	Substratdiversität	Anzahl unterschiedlicher Substrattypen und Anzahl von Substrattypenwechseln	Substratdiversität	F
	Besondere Sohlenstrukturen	Anzahl, Art und Ausprägung natürlicher Sohlenstrukturen (z. B. Schnellen, Makrophytenpolster)	Besondere Sohlenstrukturen	F
Uferstruktur	Uferbewuchs	Art und Umfang des Gehölzbewuchses und der Bodenvegetation	Uferbewuchs	F
	Uferverbau	Technische Uferbauwerke zur Ufersicherung vor Erosion	Uferverbau	F
	Besondere Uferstrukturen	Art, Ausprägung und Anzahl besonderer Uferstrukturen (z. B. Baumumläufe, Prallbäume, Ufersporne)	Besondere Uferstrukturen	F
Gewässerumfeld	Flächennutzung	Art und Anteil (%) der Flächennutzung im Überschwemmungsgebiet	Flächennutzung	F
	Gewässerrandstreifen	Art und Anteil (%) von naturbelassenen Uferstreifen am Gewässerabschnitt	Gewässerrandstreifen	F
	Sonstige Umfeldstrukturen	Art und Anzahl anthropogener gewässerschädlicher Strukturen im Überschwemmungsgebiet	Sonstige Umfeldstrukturen	F

### 7.1.3.5 Indikatoren für den strukturellen Zustand von Seen

Zur Charakterisierung der Uferstruktur von Seen wurde durch das Land Mecklenburg-Vorpommern eine Kartieranleitung erarbeitet (LUNG 2004). Sie enthält 13 Indikatoren, die im Bereich der Flachwasserzone, des Ufers und des Gewässerumfeldes erhoben werden (Tabelle 24). Das Indikatorenset wurde für Gewässer einer Größe von mindestens 50ha entworfen.

**Tabelle 24 Indikatoren zur Charakterisierung von Seeuferstrukturen nach LUNG (2004)**

Spalte Sk (Skala): S=Seen  $\geq$  50ha

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
Struktur der Flachwasserzone	Röhrichtzone	Anteil (%) der mit Röhricht bedeckten Fläche an der gesamten potenziellen besiedelbaren Fläche Breite der Röhrichtzone (m) und Deckungsgrad (%) Ausbildung des Röhrichts (Kategorien) Schädigungen (Kategorien)	Röhrichtzone	S
	Besondere Flachwasserstrukturen	Anzahl und Ausprägung besonderer Flachwasserstrukturen (z. B. Schwingrasen, Steine, Totholz)	Besondere Flachwasserstrukturen	S
	Nutzung	Anteil (%) verschiedener Nutzungsgruppen an der gesamten Flachwasserzone	Nutzung	S
	Schadstrukturen	Anzahl und Ausprägung von Schadstrukturen in der Flachwasserzone	Schadstrukturen	S
Uferstruktur	Morphologie	Form der Uferlinie (Kategorien) Anteile (%) verschiedener Ufermorphologien Ufererosion (Kategorien)	Morphologie	S
	Uferverbau	Art und Anteil (%) von Uferverbauungen	Uferverbau	S
	Besondere Uferstrukturen	Anzahl und Ausprägung besonderer Uferstrukturen (z. B. Totholz, Strandwälle)	Besondere Uferstrukturen	S
	Nutzung	Anteile (%) verschiedener Nutzungsgruppen an der Gesamtfläche des Uferbereiches	Nutzung	S
	Schadstrukturen	Anzahl und Ausprägung von Schadstrukturen im Uferbereich	Schadstrukturen	S
Gewässerumfeld	Gewässerrandstreifen	Breite (m) von Gewässerrandstreifen (mit natürlicher Vegetation bestandene Flächen)	Gewässerrandstreifen	S
	Besondere Umfeldstrukturen	Anbindung an Fließgewässer und Ausprägung von Seeterassen	Besondere Umfeldstrukturen	S
	Nutzung	Anteile (%) verschiedener Nutzungsgruppen an der Gesamtfläche des Gewässerumfeldes	Nutzung	S
	Schadstrukturen	Anzahl und Ausprägung von Schadstrukturen im Gewässerumfeld (z. B. Deponien Entwässerungsgräben, Rohstoffabbau)	Schadstrukturen	S

### 7.1.3.6 Indikatoren für den physikalisch- chemischen Zustand von Gewässern

Die Auswahl der allgemeinen Parameter zur Charakterisierung der physikalisch-chemischen Gewässergüte erfolgt in Anlehnung an das Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie (Tabelle 25). Neben den allgemeinen Parametern, sieht die Wasserrahmenrichtlinie außerdem die Erfassung spezifischer Schadstoffe vor. Es wird davon ausgegangen, dass diese für das Monitoring in den Naturerbegebieten keine größere Bedeutung haben dürften, weshalb auf eine ausführliche Darstellung der entsprechenden chemischen Verbindungen verzichtet wird. Zur Charakterisierung der physikalisch-chemischen Gewässergüte von Fließ- Stand- Übergangs- und Küstengewässern kommen folgende Indikatoren in Frage:

- **Sichttiefe** – Die Sichttiefe (m) beschreibt die Tiefe, in der eine Secchischeibe gerade noch erkennbar ist. Sie gibt Aufschluss über die Zone, in der Photosynthese möglich ist.
- **Wassertemperatur** – Die Temperatur beeinflusst in entscheidendem Maße die in einem Gewässer ablaufenden chemisch-physikalischen und biologischen Prozesse, z. B. die Löslichkeit von Stoffen (insbesondere Sauerstoff), Stoffabbauraten und Vermehrungsraten von Organismen. Einleitungen warmer Abwässer und Veränderungen der Gewässermorphologie sind wesentliche anthropogene Einflussgrößen, die zu einer Erhöhung der Wassertemperatur führen können.
- **Sauerstoffgehalt** – Der Sauerstoffgehalt (mg/l) wird maßgeblich durch im Gewässer ablaufende Stoffumwandlungsprozesse, die Wassertemperatur und Wasserbewegungen beeinflusst. Er ist ein Indikator für die Belastung mit organischen Stoffen, Eutrophierung und strukturelle Degradation von Fließgewässern. Der Sauerstoffgehalt ist ein entscheidender Faktor für das Vorkommen höherer Wasserorganismen.
- **Sauerstoffsättigung** - Die relative Sauerstoffsättigung (%) beschreibt den Anteil der aktuellen Sauerstoffkonzentration an der Sättigungskonzentration unter den vorherrschenden Druck- und Temperaturverhältnissen.
- **TOC** – Der TOC (Total Organic Carbon) ist die Summe des organischen Kohlenstoffes in einer Wasserprobe. Er ist ein Indikator für die Belastung von Gewässern mit organischen Stoffen und lässt Rückschlüsse auf den Stoffhaushalt zu.
- **BSB<sub>5</sub>** - der Biochemische Sauerstoffbedarf beschreibt den im Wasser gelösten Sauerstoff (mg/l), der von Mikroorganismen innerhalb von 5 Tagen bei einer Temperatur von 20° C für den Abbau gelöster organischer Verbindungen benötigt wird. Der BSB<sub>5</sub> ist ein Indikator für die Belastung von Gewässern mit sauerstoffzehrenden Verbindungen durch die Einleitung von Abwässern.
- **Chlorid** – Der Chloridgehalt (mg/l) des Wassers erlaubt Rückschlüsse auf die Gewässerbelastung mit Salzen.
- **Elektrische Leitfähigkeit** – Die elektrische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ist ein Maß für die im Wasser gelösten Kationen und Anionen. Sie ist ein Indikator für die Belastung von Gewässern mit Salzen.
- **Salinität** - Die Salinität (PSU-practical salinity unit) ist ein Maß für den Salzgehalt, das auf Basis der Leitfähigkeit ermittelt wird. Die Salinität wird nur für Übergangs- und Küstengewässer gemessen.

- Sulfat – Der Sulfatgehalt (mg/l) eines Gewässers wird durch den natürlichen Untergrund aber auch atmosphärische Schwefeloxideinträge und Einleitung von Abwässern beeinflusst. Hohe Sulfatkonzentrationen in versauerten Gewässern führen zu einer Einschränkung der Lebensbedingungen in Gewässern. Der Indikator ist vor allem für Fließgewässer relevant.
- pH-Wert – Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration. Er ist ein Indikator für den Versauerungszustand eines Gewässers. Beeinflusst wird er von der Art und Konzentration von im Wasser gelösten Stoffen und durch die Aktivität von Mikroorganismen. Niedrige pH-Werte (Versauerung) führen unter anderem zur Auflösung kalkhaltiger Schalen von Muscheln, Schnecken und Krebstieren. Sie verstärken außerdem die toxische Wirkung vieler Substanzen (z. B. Aluminiumionen). Hohe pH-Werte führen zu einer Verschiebung des Dissoziationsverhältnisses zwischen Ammonium und dem Fischgift Ammoniak.
- Säurekapazität  $K_{s,4,3}$  – Die Säurekapazität (Säurebindungsvermögen, Alkalinität) wird als die Menge an Salzsäure definiert, die einer bestimmten Menge an Wasser zugeführt werden kann, bis ein pH-Wert von 4,3 erreicht wird. Sie ist ein Maß für die Pufferkapazität des Wassers und somit für die pH-Wert-Stabilität.
- Ammonium – Der Ammoniumgehalt (mg/l) ist ein Indikator für Eutrophierung. Er wird maßgeblich durch die Einleitung von Abwässern, Einträge von Gülle und Düngemitteln sowie atmosphärische Einträge bestimmt. Bei hohen Temperaturen und pH-Werten wird Ammonium in das Fischgift Ammoniak umgewandelt. Die Oxidation von Ammonium zu Nitrit und Nitrat kann den Sauerstoffgehalt des Wassers verringern.
- Nitrat - Der Nitratgehalt (mg/l) ist ein Indikator für Eutrophierung. Insbesondere in Küstengewässern kann ein erhöhter Nitratgehalt zu einem verstärkten Algenwachstum führen, während Binnengewässer stärker Phosphor-limitiert sind. Der Nitratgehalt wird maßgeblich durch die Einleitung von Abwässern, Einträge von Gülle und Düngemitteln sowie atmosphärische Einträge bestimmt.
- Gesamtphosphor und Orthophosphat – Der Orthophosphatgehalt und der Gesamtphosphorgehalt (mg/l) sind wichtige Indikatoren für die Eutrophierung von Gewässern. Hohe Konzentrationen können zu einem vermehrten Algenwachstum führen und somit die Lebensbedingungen anderer Wasserorganismen stark beeinflussen. Insbesondere Binnengewässer sind Phosphor-limitiert. Phosphor wird durch Abwässer und Düngemittel in Gewässer eingetragen.

**Tabelle 25. Indikatoren für den physikalisch-chemischen Gewässerzustand in Anlehnung an die Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2011)**

Spalte Sk (Skala): F=Fließgewässer, S=Standgewässer, Ü=Übergangsgewässer, K=Küstengewässer.

Indikandum	Indikator	Definition	Parameter	Sk
Physikalisch-chemischer Gewässerzustand	Sichttiefe	Tiefe, in der eine Secchischeibe gerade noch erkennbar ist.	Sichttiefe	S, Ü, K
	Wassertemperatur	Wassertemperatur (°C)	Wassertemperatur	F, S, Ü, K
	Sauerstoffgehalt	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Sauerstoffgehalt	F, S, Ü, K
	Sauerstoffsättigung	Die relative Sauerstoffsättigung (%) beschreibt den Anteil der aktuellen Sauerstoffkonzentration an der Sättigungskonzentration unter den vorherrschenden Druck- und Temperaturverhältnissen.	Sauerstoffsättigung	F, S, Ü, K
	TOC	Summe des organischen Kohlenstoffes in einer Wasserprobe (mg/l)	TOC	F
	BSB <sub>5</sub>	Im Wasser gelöster Sauerstoff (mg/l), der von Mikroorganismen innerhalb von 5 Tagen bei einer Temperatur von 20° für den Abbau gelöster organischer Verbindungen benötigt wird.	BSB <sub>5</sub>	F
	Chlorid	Chloridgehalt (mg/l)	Chlorid	F, S, Ü, K
	Elektrische Leitfähigkeit	Elektrische Leitfähigkeit (µS/cm) bei 25°C	Elektrische Leitfähigkeit	F, Ü, K
	Sulfat	Sulfat (mg/l)	Sulfat	F
	Salinität	Die Salinität (PSU-practical salinity unit) ist ein Maß für den Salzgehalt, das auf Basis der Leitfähigkeit ermittelt wird.		Ü, K
	pH-Wert	Negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration	pH-Wert	F, S
	Säurekapazität K <sub>S</sub>	Menge an Salzsäure, die einer bestimmten Menge an Wasser zugeführt werden kann, bis ein pH-Wert von 4,3 erreicht wird.	Säurekapazität K <sub>S</sub>	F, S
	Gesamtphosphor	Gesamtphosphor (mg/l)	Gesamtphosphor	F, S, Ü, K
	Orthophosphat-Phosphor	Orthophosphat (mg/l)	Orthophosphat	F, S, Ü, K
	Gesamtstickstoff	Gesamtgehalt an organischem und anorganischem Stickstoff (mg/l)	Gesamtstickstoff	F, S, Ü, K
	Nitrat-Stickstoff	Nitratgehalt (mg/l)	Nitrat	F, S, Ü, K
Ammonium-Stickstoff	Ammoniumgehalt (mg/l)	Ammonium	F, S, Ü, K	

## 7.2 Funktionale Indikatoren

Die im Kapitel 6.2 beschriebenen funktionalen Entwicklungsziele lassen sich durch die Konzepte der Ökosystemintegrität und der Ökosystemdienstleistungen beschreiben und indizieren. Im Folgenden werden die einzelnen Indikatoren beider Konzepte beschrieben und definiert.

Die in Kapitel 4.4.1 beschriebene ökologische Integrität, die zur Indikation des Zustandes (state) im DPSIR-Modell dient, wird anhand von acht Indikatoren repräsentiert, die auf die intensive Ableitung in ökosystemaren Forschungsarbeiten zurück gehen (Baumann 2001; Barkmann et al. 2001; Müller & Burkhard 2010). Tabelle 26 definiert diese acht Indikatoren, die sich in die Gruppen Strukturanalyse, Nährstoffhaushalt, Energiehaushalt und Wasserhaushalt einteilen lassen, und benennt potenzielle Parameter zur Quantifizierung. Mit Ausnahme der strukturellen Indikatoren, wurden im Expertenworkshop im Dezember 2011 in Halle Modellanwendungen als geeignete Methode zur Generierung von Daten in Verbindung mit Messungen identifiziert, da die Messung der biotischen Wasserflüsse, der metabolischen Effizienz, der Reduktion des Nährstoffkreislaufs sowie der Entropieproduktion sehr aufwendig und komplex sind. Trotz der erforderlichen Aufwendungen sollten diese Bestimmungen ausgeführt werden, weil mit ihnen wichtige Voraussetzungen für die gewünschten Entwicklungsrichtungen erfasst werden.

**Tabelle 26. Indikatoren der Ökologischen Integrität und deren Definitionen und potenzielle Parameter (nach Burkhard et al. 2009 und 2011; Kandziora et al. subm.)**

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
<b>Ökologische Integrität (STATE)</b>	<b>Heterogenität</b>	Die Fähigkeit von Ökosystemen, geeignete Habitate für verschiedene Spezies, für funktionale Gruppen von Spezies und für Prozesse bereitzustellen. Dies ist essentiell für das Funktionieren von Ökosystemen.	Habitat-Diversitätsindex Heterogenitätsindices, z.B. Humusgehalt im Boden (%), Anzahl und Größe von Habitaten (n/ha, m <sup>2</sup> /ha), Angewandte Landschaftsstrukturmaße
	<b>Biodiversität</b>	Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von ausgewählten Arten, (funktionellen) Artengruppen, biotische Habitatkomponenten oder Spezieskomponenten.	Indikatorarten, die repräsentativ für ein bestimmtes Phänomen oder sensitiv gegenüber bestimmten Veränderungen sind (n/ha) Anzahl und Identität ausgewählter Arten (n/ha), Diversitätsindices Shannon-Wiener-Index Simpson index
	<b>Biotische Wasserflüsse</b>	Wasserflüsse, die durch die Phytomasse transferiert werden.	Transpiration / Gesamt-Evapotranspiration
	<b>Metabolische Effizienz</b>	Benötigte Energiemenge, um eine spezifische Biomasse zu produzieren oder zu erhalten, dient auch als Stressindikator für das System.	Respiration / Biomasse (metabolischer Quotient) Produktion/Biomasse
	<b>Nährstoffkreislauf &amp; Reduktion des Nährstoffaustrages</b>	Die Fähigkeit eines Ökosystems, den irreversiblen Austrag von Elementen aus dem System zu vermindern; bezieht sich auch auf Nährstoff- und Materiekreisläufe.	Auswaschung von Nährstoffen z.B. N, P (kg/ha/a, mg/l) Atmosphärische Stoffverluste, Erosionsverluste,

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
			Stoffbilanzen
	<b>Speicherkapazität</b>	Die Fähigkeit eines Ökosystems Stoffe, Energie und Wasser, wenn verfügbar, langfristig zu speichern und bei Bedarf abzugeben.	P, N, C <sub>org</sub> im Boden (kg/ha/a) P, N, C in der Biomasse (kg/t/ha)
	<b>Exergie-Aufnahme</b>	Die Fähigkeit eines Ökosystems den Input von brauchbarer Energie zu verbessern. Exergie ist aus der Thermodynamik abgeleitet und misst den Energieanteil, der in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann. In Ökosystemen wird die erfasste Exergie zum Aufbau von Biomasse (z.B. durch Primärproduktion) und Strukturen verwendet.	Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Blattflächenindex

Die Regulierenden Dienstleistungen (Tabelle 27) weisen in vielen Fällen einen starken Bezug zu den Indikatoren der ökologischen Integrität auf (Müller & Burkhard 2010). Regulierenden Dienstleistungen entstehen wenn Ökosysteme abiotische und biotische Faktoren kontrollieren oder modifizieren (Haines-Young & Potschin 2010b). Einige dieser Indikatoren wirken global (z.B. Klimaregulierung) oder auf größere Gebiete (z.B. Grundwasserneubildung), während andere lebenswichtige Steuerungen vorwiegend auf einer lokalen Basis erbringen (z.B. Hochwasserschutz). Je nach Gebiet können die Indikatoren daher von unterschiedlicher Bedeutung sein. Hochwasserschutz kann auch als Naturgefahrenschutz gefasst werden und beinhaltet infolge der Expertenabschätzungen (Ergebnisse aus dem Workshop in Halle) den Schutz vor Erdbeben, Stürmen und weiteren Naturgefahren.

**Tabelle 27. Indikatoren für regulierende Dienstleistungen und deren Definitionen und potenzielle Parameter (nach Burkhard et al. 2009, Burkhard et al. 2011; Kandziora et al. subm.)**

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
<b>Regulierende Dienstleistungen (IMPACT)</b>	<b>Lokale Klimaregulierung</b>	Lokale Beeinflussung von Temperatur, Wind, Einstrahlung, Verdunstung und Niederschlag durch das Ökosystem.	Temperatur (°C), Albedo (%), Niederschlag (mm), Wind (Bft), Temperaturamplituden (°C), Evapotranspiration (mm) Schattengebiete (ha, %)
	<b>Globale Klimaregulierung</b>	Langfristige Speicherung von Treibhausgasen durch Ökosysteme.	Quelle-Senke von Wasserdampf (mm), Methan und CO <sub>2</sub> (t C/ha*a) Menge an gespeicherten Klimagasen im Meer, der Vegetation und im Boden (t C/ha).
	<b>Hochwasserschutz</b>	Bereitstellung natürlicher Strukturen und Prozesse, die (extreme) Hochwasserereignisse dämpfen können.	Retentionsfläche (ha) Anzahl von Hochwässern, die Schäden verursachen (n) Entsprechende Wasserstände (m)
	<b>Grundwasserneubildung</b>	Bereitstellung und Entnahme von Grundwasser nach Versickerungsprozessen.	Grundwasserneubildungsrate (mm/ha*a)
	<b>Luftqualitätsregulierung</b>	Aufnahme und Filterung von Staubteilchen, Chemikalien und Gasen aus der Luft.	Blattflächenindex (LAI), Luftqualitätsamplituden (ppb) Abweichungen von Luftqualitätsstandards (ppb) Menge an Luftschadstoffen (ppb) Critical loads (kg/ha*a),

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
			Differenz Freiland – und Bestandesdeposition (kg/ha*a)
	<b>Erosionsregulierung</b>	Bodenretention sowie Verhinderung und Abschwächung von Erosionsereignissen und Erdrutschen.	Verlust an Bodenpartikeln durch Wind oder Wasser (t/ha*a) Vegetationsbedeckung und andere ABAG-Faktoren an Hängen zur Potenzialabschätzung
	<b>Nährstoffregulierung*</b>	Die Kapazität eines Ökosystems Nährstoffe aufzuarbeiten.	Wasserqualitätsindikatoren: N (mg/l), P (mg/l) Umsatzraten von N, P und anderen Nährstoffen (a <sup>-1</sup> ) Auswaschungsverluste (kg/ha*a) Elektrische Leitfähigkeit (µS) Menge gelöster Feststoffe (mg/l)
	<b>Wasserreinigung*</b>	Ökosysteme besitzen die Eigenschaft, Wasser zu reinigen und zu filtern (z.B. von Sediment, Pestiziden, krankheitsverursachenden Mikroben) sowie die chemische Zusammensetzung des Wassers durch Pufferreaktionen zu beeinflussen.	Erhebungsgrößen zur Wasserqualität - und -quantität Nährstoffgehalte und -flüsse (C,N,P; kg/ha*a) Biomassen (kg/ha*a) Sedimentfracht (g/l) Menge gelöster Feststoffe (mg/l)
	<b>Bestäubung und Samenverbreitung**</b>	Bienen, Vögel, Fledermäuse, Fliegen, Wind und flugunfähige Tiere tragen zur Verbreitung von Samen und der Reproduktion von vielen Pflanzen bei.	Artenanzahl und Artenzahl von Bestäubern (n/ha)

\* Regulationsleistungen können nach Auffassung der Workshop-Expertengruppe ggf. zusammengefasst werden.

\*\* Bestäubung und Samenverbreitung ist im engeren Sinn keine Versorgungsleistung, sondern an dieser Stelle eine Funktion, die zu einer Versorgung führt (z.B. Feldfrüchte, Obst, Biodiversität); ist aber von zentraler naturschutzfachlicher Bedeutung und wird daher gesondert aufgeführt.

Die Versorgungsdienstleistungen (*provisioning services*) beziehen sich auf greifbare Produkte und können daher gut ökonomisch bewertet werden, zumal sie im Wirtschaftskreislauf gehandelt und direkt oder indirekt konsumiert werden. Versorgungsdienstleistungen können somit auch gehandelt und direkt oder indirekt konsumiert werden. Sie werden in die Hauptkategorien Nahrung, Material und Energie (Haines-Young & Potschin 2010b; De Groot et al. 2010; MA 2003) unterteilt. In der folgenden Tabelle 28 sind die für die Naturerbeflächen relevanten Versorgungsdienstleistungen mit Definitionen und potenziellen Parametern zur Quantifizierung angegeben. Hierbei ist zu beachten, dass einige Indikatoren nicht in allen Naturerbegebieten vorkommen (z.B. Fischfang, aber auch Anbau und Ernte von Biomasse zur Energieerzeugung). Die Kategorie Energie wird nach unterschiedlichen Quellen unterteilt in Energie aus Biomasse von landwirtschaftlichen Flächen (z.B. Energiemais) und Brennholz aus Energiewäldern. Das Ernten von pflanzlichen Fasern und Biochemikalien spielen in den Naturerbegebieten eine geringe Rolle spielen, wurde aber der Vollständigkeit halber aufgeführt.

**Tabelle 28: Indikatoren für Versorgungsdienstleistungen und deren Definitionen und potenzielle Parameter (nach Burkhard et al. 2009, Burkhard et al. 2011; Kandziora et al. subm.)**

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
<b>Versorgungsdienstleistungen (IMPACT)</b>	<b>Feldfrüchte</b>	Kultivierung und Ernte von essbaren Pflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen sowie in Gärten, die zur Ernährung von Menschen verwendet werden.	Geerntete Feldfrüchte (t/ha*a, kJ/ha*a) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Nutztierhaltung</b>	Haltung und Verwertung verzehrender Tiere und derer Produkte (Milchprodukte, Wolle usw.).	Anzahl von geschlachteten Nutztieren (n/ ha*a, kJ/ha*a) Tierische Produktion (t C/ha*a, l/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Viehfutter</b>	Kultivierung und Ernte von Viehfutter für Nutztiere.	Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Geerntetes Viehfutter (t/ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Fisch, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen</b>	Kommerzieller Fang von Fischen, Meeresfrüchten, Krustentieren und Algen durch Berufsfischer.	Gefangene Fische, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen (t/ha*a) Tierische Produktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Fasern</b>	Anbau und/oder Ernte von pflanzlichen Fasern auf landwirtschaftlichen Flächen oder natürlichen Flächen (z.B. Schilf) für die Verarbeitung von Gütern.	Geerntete Fasern (t/ha*a) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Wald- und Wildprodukte</b>	Sammeln von z.B. Beeren, Pilzen, Wildkräutern, sowie Jagd auf Wildtiere (z.B. Schalenwild) und Hobbyangeln von Fisch, Meeresfrüchten und Krustentieren.	Gesammelte Pflanzenbiomasse (t C/ ha*a) Gefangene Tiere (n /ha*a) Jagdstrecke (Stück/ha*a, kg/ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Holz</b>	Geerntetes Holz als Bauholz.	Geerntetes Bauholz in Raummeter (rm) oder Festmeter (fm) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Holzbrennstoff</b>	Geerntetes Holz zur Energieerzeugung.	Geerntetes Brennholz in Raummeter (rm) oder Festmeter (fm) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
	<b>Biomasse zur Energieproduktion</b>	Biomasse, die zur Energieumwandlung auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut und verwendet wird.	Geerntete Biomasse (t/ha*a, kJ/ha*a) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)
<b>Biochemikalien / Medizin</b>	Produktion und/oder Verwendung von Biochemikalien für medizinische und kosmetische Zwecke.	Menge medizinisch/kosmetisch verwertbarer Produkte oder Anzahl der Produkte, die für diese Zwecke verwendet werden (kg/ha*a, n/ha*a) Nettoprimärproduktion (t C/ha*a, kJ / ha*a) Ertrag (€/ha*a)	
<b>Süßwasser</b>	Entnahme von Brauch- und/oder Trinkwasser.	Genutzte Süßwasserreserven (m <sup>3</sup> / ha*a, l/ha*a)	

In der Klasse der kulturellen Dienstleistungen werden schwer quantifizierbare immaterielle und strukturbetonte gesellschaftliche Nutzen. Sie werden in Tabelle 29 mit den Indikatoren Landschaftsästhetik, Inspiration, Erholung und Tourismus, Bildung und Intrinsischer Wert der Biodiversität beschrieben. Im Millennium Ecosystem Assessment (MA 2003) werden weitere Indikatoren vorgeschlagen, wie beispielsweise spirituelle und religiöse Erfahrungen, die in Deutschland aber eher eine geringere Rolle spielen. Je nach Untersuchungsgebiet und Fragestellung können die kulturellen Dienstleistungen auch um die Indikatoren Heimatverbundenheit oder Kulturelles Erbe erweitert werden (Gee & Burkhard 2010, Kandziora et al. subm.).

Diese mitunter recht subjektiven Dienstleistungen beziehen sich auf nicht-materielle Erfahrungen, die sich meist nicht nur auf ein Ökosystem beziehen, sondern auf die größere Landschaftsebene (daher Landschaftsästhetik). Da es sich bei der Dienstleistungsbewertung bis auf die Wirtschaftsfaktoren Tourismus und Erholung meist um die Wertung von subjektiven Eindrücken handelt, werden kulturelle Dienstleistungen häufig anhand von Fragebögen quantifiziert. Die Indikatoren Landschaftsästhetik, Inspiration, Erholung und Tourismus hängen voneinander ab, da häufig ästhetisch hoch bewertete Gebiete zur Naherholung von Einheimischen, sowie als Tourismusdestinationen von Auswärtigen gewählt werden. Die Erhebung der kulturellen Dienstleistungen sollte sowohl bei auswärtigen Besuchern durchgeführt werden, als auch bei einheimischen Landnutzern. Der intrinsische Wert der Biodiversität steht in der Klasse der kulturellen Dienstleistungen als oberstes Ziel und Anlass zum Entwicklungsmanagement der Naturerbegebiete.

**Tabelle 29. Indikatoren für kulturelle Dienstleistungen und deren Definitionen und potenzielle Parameter (nach Burkhard et al. 2009, Burkhard et al. 2011; Kandziora et al. subm.)**

Indikandum	Indikator	Definition	Potenzielle Parameter
<b>Kulturelle Dienstleistungen (IMPACT)</b>	<b>Landschaftsästhetik</b>	Bezieht sich auf Charakteristika der Landschaft und der visuellen Qualität der Standorte. Landschaftsästhetik repräsentiert einen emotionalen Nutzen, der sich aus der Betrachtung einer Landschaft ergibt.	Parameter: Landschaftsschönheitsabschätzung ( <i>scenic beauty estimation</i> ) (Daniel & Boster 1976) Methoden: Befragung unter Verwendung von Fotografien Indirekte Herleitung über Landschaftsstrukturmaße Reisekostenanalyse und Ermittlung von Zahlungsbereitschaften auf Grundlage von Fragebogenerhebungen
	<b>Inspiration</b>	Die künstlerische, kreative Eingebung von Personen durch das Betrachten von Ökosystemen, z.B. in Kunst, Folklore, Architektur, Werbung oder Technologie.	Ergebnisse aus Fragebogen - Erhebungen Zahlungsbereitschaften Reisekosten-Analyse
	<b>Erholung und Tourismus</b>	Der Erholungsgewinn und touristische Wert für Menschen durch die jeweilige Landbedeckung/-nutzung sowie durch entsprechende Einrichtungen.	Besucheranzahl oder Anlagenanzahl (Hotels, Campingplätze, Bänke, Wege) Ergebnisse aus Naturpräferenzbefragung Zahlungsbereitschaften Reisekosten-Analyse
	<b>Bildung</b>	Ökosysteme und deren Komponenten und Prozesse bieten Grundlagen und Demonstrationen für die	Anzahl von Informationstafeln, Literatur/Broschüren Ergebnisse aus Fragebögen über Wissenszuwachs Zahlungsbereitschaften

<b>Indikandum</b>	<b>Indikator</b>	<b>Definition</b>	<b>Potenzielle Parameter</b>
		Umwelt-Bildung.	Reisekosten-Analyse
	<b>Intrinsischer Wert der Biodiversität</b>	Der Wert der Natur und der Arten an sich, über den ökonomischen Nutzen hinaus.	Anzahl von gefährdeten, geschützten oder seltenen Arten oder Habitaten

## 8 Parameter und Methoden für das Monitoring in DBU-Naturerbegebieten

Kapitel 8 enthält eine Übersicht aller Parameter (Erhebungsgrößen), die zur Quantifizierung der Indikatoren für die Erfolgskontrolle und die funktionalen Indikatoren (Integrität und Ökosystemdienstleistungen) notwendig sind. Oftmals stehen mehrere Methoden für die Erfassung eines Parameters zur Verfügung. Diese werden in den tabellarischen Übersichten mit aufgeführt. Die Methodenauswahl orientierte sich an folgenden Kriterien:

- Verwendung von Standardmethoden, die wenn möglich in einschlägigen Normierungswerken (DIN, ISO, VDI-Richtlinien) verzeichnet sind oder eine breite Anwendung im Rahmen wissenschaftlicher Publikationen finden
- möglichst Übernahme etablierter Systeme, z. B. das Methodenspektrum des Monitorings nach Wasserrahmenrichtlinie
- Überlegungen zu Aufwand und Kosten

Die Tabellen enthalten Angaben zur Erhebungsgröße (Parameter), eine Methodenreferenz, Angaben zur Erhebungsfrequenz sowie Priorität der Erhebung. Außerdem wird auf die Indikatoren für die Erfolgskontrolle, Integrität und Ökosystemdienstleistungen, die mit Hilfe der jeweiligen Parameter quantifiziert werden, verwiesen.

### 8.1 Abiotische Parameter

#### 8.1.1 Pedosphäre

Die Bestimmung bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter orientiert sich an den Anleitungen des Handbuchs Forstliche Analytik (BMELV 2009), des Methodenbuches des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFa 2002, [www.vdlufa.de](http://www.vdlufa.de)) und des ICP-Forests Manuals (<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>). Diese Handbücher greifen wiederum auf gängige DIN- und ISO-Normen zurück. Der Aufwand für die Elementbestimmungen hängt entscheidend davon ab, ob neben dem Oberboden auch der Mineralboden beprobt wird. Im letzteren Fall ist die Anlage von Profilgruben für die Probenahme und Ansprache der Bodenhorizonte notwendig.

Tabelle 30. Physikalische und chemische Bodenparameter

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Bodenfeuchte/ Wassergehalt	Gravimetrische Bestimmung nach DIN ISO 11465, siehe BMELV (2009) Alternativen: TDR, Neutronensonde	Monatlich	fak.	Bodenfeuchte	Biotische Wasserflüsse Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung
pH (H <sub>2</sub> O, KCl, CaCl <sub>2</sub> )	Methoden nach BMELV (2009)	3-10 Jahre	obl.	pH-Wert des Bodens	Heterogenität Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Speicherkapazität

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Organischer Kohlenstoff (C <sub>org</sub> )	Bestimmung nach DIN ISO 10696, siehe (BMELV 2009)	6-10 Jahre	obl.	Kohlenstoffvorrat der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	Heterogenität Speicherkapazität Globale Klimaregulierung Nährstoffregulierung
Stickstoff Gesamtgehalt	Bestimmung mit Elementaranalyser	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Nitrat	N <sub>min</sub> -Bestimmung nach DIN 19746 siehe BMELV (2009) oder VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Ammonium	N <sub>min</sub> -Bestimmung nach DIN 19746 siehe BMELV (2009) oder VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Phosphor Gesamtgehalt	Doppel-Lactat-Extraktion nach VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Kalium	Doppel-Lactat-Extraktion nach VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Magnesium	Doppel-Lactat-Extraktion nach VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Calcium	Doppel-Lactat-Extraktion nach VDLUFA (2002)	6-10 Jahre	obl.	Nährstoffe im Boden	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung
Carbonatgehalt	Handbuch forstliche Analytik (BMELV 2009)	6-10 Jahre	obl.	Carbonatgehalt	Heterogenität Speicherkapazität Nährstoffregulierung

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Gesamtaufschluss: Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, P, S, K, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Si	Handbuch forstliche Analytik (BMELV 2009)	6-10 Jahre	fak.	Nährstoffe im Boden	Speicherkapazität
Königswasseraufschluss: Ca, K, Mg, Mn, P, Cd, Cu, Pb, Zn, Al, Fe, Na, S, Cr, Hg, Ni, As	Bestimmung nach DIN ISO 11466, siehe (BMELV 2009)	6-10 Jahre	fak.	Nährstoffe im Boden	Speicherkapazität
1:2-Extrakt: NO <sub>3</sub> , Ca, K, Mg, Na, pH, Al, Mn, Fe, Cl, S-SO <sub>4</sub> , DOC, N <sub>ges</sub> , N-NH <sub>4</sub>	Handbuch forstliche Analytik (BMELV 2009)	6-10 Jahre	fak.	Nährstoffe im Boden	Speicherkapazität
Mächtigkeit der Auflagehorizonte	Standortkartierung nach AG Boden (2005)	6-10 Jahre	obl.	Kohlenstoffvorrat der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	Heterogenität
Humusform	Bestimmung nach AG Boden (2005)	6-10 Jahre	obl.	Humusform	Heterogenität
Trockenrohdichte	Bestimmung nach DIN ISO 11 272	6-10 Jahre	obl.	Kohlenstoffvorrat der Auflagehorizonte und des Mineralbodens	Heterogenität
Erosionsverluste	Abschätzung nach ABAG (Schwertmann et al. 1990)  Abschätzung der Winderosion nach DIN 19706	ereignisbezogen	obl.		Erosionsregulierung
CO <sub>2</sub> -Verluste	Respirationsmodell, z. B. WASMOD (Reiche 1996)	jährlich	obl.		Globale Klimaregulierung
Nährstoffgehalte in der Bodenlösung (insbesondere N,P,K)	Saugkerzenanlage + Analytik nach ICP Forest Manual (ICP Forest 2011)	monatlich	obl.		Nährstoffverluste Speicherkapazität Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Nährstoffverluste	Saugkerzenanlage + Analytik nach ICP Forest Manual (ICP Forest 2011)	monatlich	obl.		Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Süßwasser Speicherkapazität

## **8.1.2 Hydrosphäre**

### **8.1.2.1 Strukturparameter für Fließgewässer**

Zur Erfassung der Gewässerstruktur stehen zwei etablierte Verfahren zur Verfügung, die im Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie zur Anwendung kommen:

- Das Vor-Ort-Verfahren der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2000b) ist für kleine und mittelgroße Fließgewässer entwickelt worden. In einer modifizierten Form wird dieses Verfahren auch für große Fließgewässer angewendet (LUA 2001). Das Verfahren besteht aus der abschnittsweisen Kartierung von 25 Einzelparametern.
- Das Übersichtsverfahren (LAWA 2002) umfasst die Erhebung von 9 Parametern ausschließlich anhand von Luftbildern.

Ein Methodenvergleich in Schleswig-Holstein hat ergeben, dass das Übersichtsverfahren allein nicht ausreicht, um die Gewässerstruktur hinreichend gut zu charakterisieren (Ahrens 2007). Oftmals wird daher eine Kombination der Verfahren praktiziert. Tabelle 31 zeigt die Parameter des Vor-Ort-Verfahrens nach LAWA (2000b). Aufgrund des hohen Erfassungsaufwandes werden in mehreren Bundesländern Fernerkundungsverfahren in die Strukturgütekartierung integriert. So wurde durch das Land Mecklenburg-Vorpommern ein Verfahren entwickelt (Podßun 2003), mit dessen Hilfe die meisten der nach dem Vor-Ort-Verfahren der LAWA zu erhebenden Parameter auf Luftbildbasis erfasst werden können. Eine Voraussetzung ist jedoch die Verfügbarkeit aktueller Luftbilder im Maßstab 1: 5000 bis 1:12000. Zum Teil müssen die Parameter im Gelände verifiziert werden.

Sollte eine Bewertung der Strukturgüte angestrebt werden, so sind alle dargestellten Parameter obligatorisch zu erfassen.

### **8.1.2.2 Strukturparameter für Seen**

Zur Erfassung von Strukturparametern von Seen wurde durch das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommerns ein Kartierverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe sich Seen einer Mindestgröße von 50ha charakterisieren lassen (LUNG 2004). Das Verfahren basiert auf der Auswertung von Luftbildern. Mit Hilfe der dargestellten Parameter lassen sich auch ausgewählte Indikatoren für Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen quantifizieren. Allerdings berücksichtigt das Verfahren nicht die Zusammensetzung der Seensedimente und deren Nährstoffgehalt. Diese Daten wären jedoch zur Berechnung der Indikatoren „Nährstoffkreisläufe“ und „Speicherkapazität“ sowie zur Charakterisierung der Heterogenität notwendig.

Sollte eine Bewertung der Strukturgüte angestrebt werden, so sind alle dargestellten Parameter obligatorisch zu erfassen.

**Tabelle 31. Strukturparameter für Fließgewässer**

PARAMETER	Methode	Erhebungs-frequenz	Priori-tät	Indikatoren Er-folgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosys-temdienstleis-tungen
Laufkrümmung	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Laufkrümmung	Heterogenität Hochwasser-schutz Erosionsregulie-rung Landschaftsä-s-thetik Erholung Tourismus
Krümmungserosion	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Krümmungserosion	Heterogenität Erosionsregulie-rung
Längsbänke	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Längsbänke	Heterogenität
Besondere Lauf-strukturen	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Besondere Lauf-strukturen	Heterogenität
Querbauwerke	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Querbauwerke	Heterogenität
Rückstau	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Rückstau	Heterogenität
Verrohrung	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Verrohrung	Heterogenität
Querbänke	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Querbänke	Heterogenität
Strömungsdiversität	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Strömungsdiversität	Heterogenität
Tiefenvarianz	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Tiefenvarianz	Heterogenität
Profiltyp	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Profiltyp	Heterogenität
Profiltiefe	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Profiltiefe	Heterogenität
Breitenerosion	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßun 2003)	6 Jahre	obl.	Breitenerosion	Heterogenität Erosionsregulie-rung

<b>PARAMETER</b>	<b>Methode</b>	<b>Erhebungs- frequenz</b>	<b>Priori- tät</b>	<b>Indikatoren Er- folgskontrolle</b>	<b>Indikatoren Integrität und Ökosys- temdienstleis- tungen</b>
Breitenvarianz	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Breitenvarianz	Heterogenität
Durchlässe	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Durchlässe	Heterogenität
Sohlensubstrat	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Sohlensubstrat	Heterogenität
Sohlenverbau	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Sohlenverbau	Heterogenität
Substratdiversität	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Substratdiversität	Heterogenität
Besondere Sohlen- strukturen	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Besondere Sohlen- strukturen	Heterogenität
Uferbewuchs	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Uferbewuchs	Heterogenität Wasserreinigung Landschaftsä- sthetik
Uferverbau	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Uferverbau	Heterogenität Hochwasser- schutz Landschaftsä- sthetik
Besondere Uferstrukturen	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Besondere Uferstrukturen	Heterogenität
Flächennutzung	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Flächennutzung	Heterogenität Indikatoren für Ökosys- temdienstleis- tungen
Gewässerrandstrei- fen	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Gewässerrandstrei- fen	Wasserreinigung Hochwasser- schutz
Sonstige Umfeld- strukturen	Strukturgütekartierung nach LAWA (2000b) Luftbildverfahren (Podßsun 2003)	6 Jahre	obl.	Sonstige Umfeld- strukturen	Heterogenität

**Tabelle 32. Strukturparameter für Seen**

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Röhrichtzone	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Röhrichtzone	Erosionsregulierung Wasserreinigung
Besondere Flachwasserstrukturen	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Besondere Flachwasserstrukturen	Heterogenität
Nutzung der Flachwasserzone	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Nutzung der Flachwasserzone	Versorgungsdienstleistungen wie Fischfang, Kulturelle Dienstleistungen wie Tourismus und Erholung
Schadstrukturen in der Flachwasserzone	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Schadstrukturen in der Flachwasserzone	Abiotische Heterogenität
Morphologie des Ufers	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Morphologie des Ufers	Heterogenität
Uferverbau	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Uferverbau	Heterogenität
Besondere Uferstrukturen	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Besondere Uferstrukturen	Heterogenität
Nutzung des Ufers	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Nutzung des Ufers	Versorgungsdienstleistungen wie Fischfang, Kulturelle Dienstleistungen wie Tourismus und Erholung
Schadstrukturen am Ufer	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Schadstrukturen am Ufer	Heterogenität
Gewässerrandstreifen	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Gewässerrandstreifen	Heterogenität Erosionsregulierung Landschaftsästhetik
Besondere Umfeldstrukturen	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Besondere Umfeldstrukturen	Heterogenität
Nutzung im Umfeld	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Nutzung im Umfeld	Versorgungsdienstleistungen, Kulturelle Dienstleistungen wie Tourismus und Erholung
Schadstrukturen im Umfeld	Luftbildauswertung nach LUNG (2004)	6 Jahre	obl.	Schadstrukturen im Umfeld	Heterogenität

### 8.1.2.3 Allgemeine physikalisch-chemische Parameter für Gewässer

Die Erfassung der allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter erfolgt in Anlehnung an entsprechende DIN- und ISO-Normen. Der Erfassungszyklus sowie die Anzahl der Probeentnahmen pro Jahr orientieren sich an den Angaben aus Luthardt et al. (2006). Die viermaligen Erfassungen orientieren sich an folgenden Stichtagen: 01.03., 01.06., 01.09., 01.12.

**Tabelle 33. Allgemeine physikalisch-chemische Parameter für Oberflächengewässer.**

In der Spalte „Frequenz“ ist die Zahl der Probenahmen pro Erfassungsjahr in Klammern angegeben

Parameter	Methode	Erhebungs-frequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Sichttiefe	Bestimmung mit Secchischeibe nach ISO 7027 (1999)	3 Jahre (4x)	obl.	Sichttiefe	Exergieaufnahme Nährstoffregulierung Wasserreinigung Erholung Landschaftsästhetik
Wassertemperatur	Bestimmung nach DIN 38404 C4 (1976)	3 Jahre (4x)	obl.	Wassertemperatur	Lokale Klimaregulierung
Sauerstoffgehalt	Elektrochemische Bestimmung nach DIN EN ISO 5814 (2010)	3 Jahre (4x)	obl.	Sauerstoffgehalt	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Sauerstoffsättigung	Elektrochemische Bestimmung nach DIN EN ISO 5814 (2010)	3 Jahre (4x)	obl.	Sauerstoffsättigung	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
TOC	Bestimmung nach DIN EN 1484-H3 (1997)	3 Jahre (4x)	obl.	TOC	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
BSB5	Bestimmung nach DIN EN 1899-2 (1998)	3 Jahre (4x)	obl.	BSB5	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Chlorid	Bestimmung nach DIN EN ISO 10304-1 (2009)	3 Jahre (4x)	obl.	Chlorid	
Elektrische Leitfähigkeit	Bestimmung nach DIN EN 27888-C8 (1993)	3 Jahre (4x)	obl.	Elektrische Leitfähigkeit	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Sulfat	Bestimmung nach DIN EN ISO 10304-1 (2009)	3 Jahre (4x)	fak.	Sulfat	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
pH-Wert	Bestimmung nach DIN 38404-C5 (2009)	3 Jahre (4x)	obl.	pH-Wert	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Säurekapazität KS	Bestimmung nach DIN 38409-7 (2005)	3 Jahre (4x)	obl.	Säurekapazität KS	
Gesamtphosphor	Photometrische Bestimmung nach DIN EN ISO 6878 (2004)	3 Jahre (4x)	obl.	Gesamtphosphor	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Orthophosphat	Photometrische Bestimmung nach DIN EN ISO 6878 (2004)	3 Jahre (4x)	obl.	Orthophosphat	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung

Parameter	Methode	Erhebungs-frequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Nitrat	Bestimmung nach DIN EN ISO 10304-1 (2009)	3 Jahre (4x)	obl.	Nitrat	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Nitrit	Bestimmung nach DIN EN ISO 10304-1 (2009)	3 Jahre (4x)	fak.	Nitrit	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung
Ammonium	Bestimmung nach DIN EN ISO 11732 (2005)	3 Jahre (4x)	obl.	Ammonium	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Wasserreinigung

### 8.1.2.4 Grundwasser

**Tabelle 34. Menge und chemische Zusammensetzung des Grundwassers**

<sup>1</sup>obligatorisch bei Wiedervernässungsmaßnahmen

Parameter	Methode	Erhebungs-frequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Grundwasserstand	Betrieb von Grundwasser-messstationen nach den Regelwerken der DWA ( <a href="http://www.dwa.de">www.dwa.de</a> ) und den Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2000a)	monatlich	obl. <sup>1</sup>	Mittlerer Grundwasserstand  Grundwasserdynamik – Standardabweichung des Grundwasserstandes  Grundwasserdynamik-Schwankungsamplitude	Grundwasserneubildung  Süßwasser (Versorgungsdienstleistung)  Biotische Wasserflüsse
Nitratgehalt	Bestimmung nach DIN EN ISO 10304-1 (2009)	monatlich	obl. <sup>1</sup>		Auswaschungsverluste  Süßwasser (Versorgungsdienstleistung)

### 8.1.3 Atmosphäre

Die Messung von Klimavariablen und atmosphärischen Stoffeinträgen erfolgt durch standardisierte Verfahren, die in Tabelle 35 dargestellt sind. Idealerweise erfolgt die Messung an eigenen Stationen. Alternativ können Daten bestehender Stationen außerhalb der Gebiete bzw. modellierte Daten bezogen werden.

**Tabelle 35. Klimaparameter und atmosphärische Stoffeinträge**

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
<b>Klima</b>					
Lufttemperatur	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlere Lufttemperatur	Lokale Klimaregulierung Heterogenität Biotische Wasserflüsse
Bodentemperatur	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.		Globale Klimaregulierung
Relative Luftfeuchte	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlere relative Luftfeuchte	Lokale Klimaregulierung Biotische Wasserflüsse
Niederschlag	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlerer Niederschlag	Lokale Klimaregulierung Biotische Wasserflüsse Grundwasserneubildung Süßwasser (Versorgungsdienstleistung)

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Verdunstung	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlere Verdunstung	Biotische Wasserflüsse Entropieproduktion Lokale Klimaregulierung
Windgeschwindigkeit	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlere Windgeschwindigkeit	Biotische Wasserflüsse Lokale Klimaregulierung Erosionsregulierung Heterogenität Bestäubung
Windrichtung	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.	Mittlere Windrichtung	Heterogenität Lokale Klimaregulierung
Strahlungsbilanz	Strahlungsbilanzmesser	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatsmittelwerte	obl.		Entropieproduktion Exergieaufnahme Lokale Klimaregulierung
Sonnenscheindauer	Eigene Messungen nach WMO (2008) Datenbezug von existierenden Wetterstationen	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Monatssummen	obl.	Monatliche Sonnenscheindauer	Exergieaufnahme Tourismus
<b>Atmosphärische Stoffeinträge</b>					
Gesamtstickstoffdeposition	Eigene Messung mit Bulk-sammlern nach ICP Forest (2010) Bezug der modellierten Gesamtdeposition vom Umweltbundesamt	Messung: kontinuierlich Datenbezug: Jahressummen	obl.	Gesamtstickstoffdeposition	Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Luftqualitätsregulierung Wasserreinigung

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Ammoniumdeposition	Eigene Messung mit Bulk-sammlern nach ICP Forest (2010)  Bezug der modellierten Gesamtdeposition vom Umweltbundesamt	Messung: kontinuierlich  Datenbezug: Jahressummen	fak.	Ammoniumdeposition	Nährstoffkreislauf  Nährstoffregulierung  Luftqualitätsregulierung  Wasserreinigung
Deposition organischer Stickstoffverbindungen	Eigene Messung mit Bulk-sammlern nach ICP Forest (2010)  Bezug der modellierten Gesamtdeposition vom Umweltbundesamt	Messung: kontinuierlich  Datenbezug: Jahressummen	fak.	Deposition organischer Stickstoffverbindungen	Nährstoffkreislauf  Nährstoffregulierung  Luftqualitätsregulierung  Wasserreinigung
Stickoxiddeposition	Eigene Messung mit Bulk-sammlern nach ICP Forest (2010)  Bezug der modellierten Gesamtdeposition vom Umweltbundesamt	Messung: kontinuierlich  Datenbezug: Jahressummen	fak.	Stickoxiddeposition	Nährstoffkreislauf  Nährstoffregulierung  Luftqualitätsregulierung  Wasserreinigung

## 8.2 Biotische Parameter

### 8.2.1 Terrestrische Ökosysteme – Flora und Vegetation

Grundsätzlich können alle Biodiversitätsindikatoren, Indikatoren zur Indikation standörtlicher Verhältnisse und Charakterisierung von Biotoptypen auf der Basis von Vegetationsaufnahmen berechnet werden. Daher sollte ein ausreichend repräsentatives Netz an dauerhaft eingerichteten Erfassungsplots Teil des Grundmoduls des Monitorings sein.

Oftmals werden ausgewählte Parameter (ausgewählte Arten, Artenlisten, Vegetationsstrukturen) auch auf der Landschaftsskala erhoben, um bessere Aussagen für die Gesamtfläche eines Landschaftsausschnittes treffen zu können. Das betrifft insbesondere

- biototypische Arten,
- Arten, die die Nichterreichung eines Zielzustandes anzeigen z. B. stickstoffliebende Arten auf Trockenrasen, Neophyten und
- ausgewählte Vegetationsstrukturen.

Zur Erhebung dienen oftmals folgende Verfahren:

- Terrestrische Erfassungen entlang von Transekten (z. B. Luthardt et al. 2006) oder auf großen Erfassungsplots (Felinks et al. 2009, dargestellt in diesem Kapitel)
- Fernerkundungsverfahren

Im Folgenden werden die Vegetationsaufnahme, Makroplots und die Möglichkeiten der Fernerkundung erläutert.

### *Vegetationsaufnahme*

Im Offenland wird die Erfassung auf quadratischen Plots einer Größe von 25m<sup>2</sup> durchgeführt. Diese Plotgröße richtet sich nach den von Dierschke (1994) angegebenen Erfahrungswerten für Magerrasen und Wiesen. Aufgenommen werden alle Gefäßpflanzenarten sowie deren Deckung. Die Schätzung der Deckung erfolgt auf der Skala nach Braun-Blanquet (1964) oder Londo (1976). Die Vegetationsaufnahme kann in einen Makroplot integriert werden (Felinks et al. 2009).

Die Vegetationsaufnahme im Wald könnte z. B. nach der Aufnahmeanweisung erfolgen, die durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt im Nationalpark Kellerwald implementiert wurde (Meyer et al. 2009). Das Verfahren wurde ursprünglich für hessische Naturwaldreservate entwickelt und kommt in dieser Form auch im Nationalpark Eifel zu Anwendung (H.-J. Spors, pers. Mitteilung). Die Vegetationsplots einer Größe von 100m<sup>2</sup> sind in die Aufnahmeplots der forstlichen Stichprobeninventur integriert. Erfasst werden alle Gefäßpflanzenarten pro Schicht sowie deren prozentuale Deckung. Daneben werden die maximale Höhe der Strauchschicht und die mittlere Höhe der Krautschicht geschätzt sowie diverse Kleinstrukturen aufgenommen (z. B. Felsen, Fahrspuren).

Die Erfassung epigäischer Moose und Flechten kann in eine Vegetationsaufnahme integriert werden. Die quantitative Erfassung epiphytischer und epixyler Moos- und Flechtenarten erfolgt mit Hilfe eines Aufnahmegitters, das an die Stämme oder Totholzobjekte angelegt wird (Stetzka & Stapper 2001, Stofer et al. 2003). Allerdings ist die artgenaue Erhebung von Moosen und Flechten sehr aufwändig, da die Determination oftmals nur durch Spezialisten im Labor gewährleistet werden kann. Daher wird die artgenaue Erfassung der Moose und Flechten nur fakultativ vorgeschlagen.

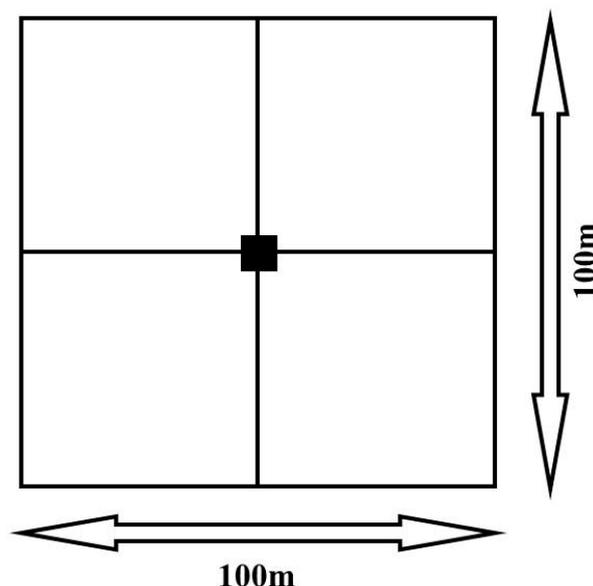
- Grundmodul der Vegetationserfassung:
  - Artgenaue Erfassung der Gefäßpflanzen und deren Deckung sowie Deckung jeder Vegetationsschicht (Krautschicht getrennt nach Gräsern und Kräutern)
  - Artgenaue Erfassung der Moose und Flechten und deren Deckung in bestimmten Biotoptypen (FFH-LRT Mitteleuropäische Flechtenkiefernwälder, Sandtrockenrasen)
- Ergänzungen:
  - qualitative Erfassung der Moos- und Flechtenflora (Artenlisten) auf Vegetationsplots oder Probekreisen der Stichprobeninventur im Wald
  - quantitative Erfassung der Moos- und Flechtenflora nach den oben genannten Methoden

### *Makroplots (nur im Offenland)*

Die Einrichtung von Makroplots ist eine mögliche Methode, um stichprobenhaft Vegetationsveränderungen auf der Landschaftsskala zu dokumentieren. Solche Makroplots wurden zur Erfolgskontrolle innerhalb eines Beweidungsprojektes in der Oranienbaumer Heide angelegt (Felinks et al. 2009). Auf einer quadratischen Fläche einer Größe von 1 ha werden folgende Parameter erhoben:

- prozentualer Anteil der Gehölze, differenziert nach Baumart und Höhenklasse (< 0,5 m, 0,5 - 1,5 m, 1,5 - 3,0 m, > 3,0 m)
- prozentualer Anteil an Gräsern und Kräutern
- prozentualer Anteil offener Bodenstellen und Kryptogamen
- prozentualer Anteil sowie mittlere und maximale Höhe der Streu- und Krautschicht
- biotopspezifisch auszuwählende typische Arten sowie deren Zustand (z. B. prozentualer Anteil des Heidekrauts (*Calluna vulgaris*) einschließlich der Entwicklungsstadien -Pionier-, Aufbau-, Optimal- und Degenerationsphase)
- biotopspezifisch auszuwählende Arten, die laut FFH-LRT-Bewertungsschema eine Beeinträchtigung des Lebensraumtyps darstellen (Neophyten, Ruderalisierungs-, Vergrasungs- und Feuchteanzeiger)
- Liste aller Gefäßpflanzenarten

Zur besseren Orientierung wird der Makroplot in 4 Sektoren unterteilt, die jedoch keine eigenständigen Wiederholungen darstellen (Abbildung 4).



**Abbildung 4. Schematische Darstellung eines Makroplots**

Quelle: nach Felinks et al. (2009) und S. Tischew (pers. Mitt.). Das kleine Quadrat im Zentrum markiert einen Plot für eine Vegetationsaufnahme.

Nach Angaben von A. Lorenz (pers. Mitteilung) liegt der Zeitaufwand für die Erfassung der oben genannten Parameter bei ca. 2h-2,5h pro Makroplot. Für die Vegetationsaufnahme sind je nach Artenzahl zwischen 15 Minuten und 45 Minuten anzusetzen.

### *Fernerkundungsverfahren*

Mit Hilfe von Fernerkundungsverfahren ist es möglich, auch kleinräumige Veränderungen der Artenzusammensetzung und Vegetationsstruktur zu erfassen. Voraussetzung ist eine möglichst hohe thematische und räumliche Auflösung der zugrundeliegenden Bilddaten. Eine hohe thematische Auflösung, die für die Erfolgskontrolle in Offenländern gewünscht ist, lässt sich durch zwei Verfahren gewährleisten:

*Hyperspektralsensoren* besitzen eine sehr große Anzahl von Spektralkanälen und erleichtern somit die Identifizierung einer größeren Zahl ausgewählter Arten, sofern sich diese Arten spektral unterscheiden lassen. Hyperspektralsensoren mit einer hohen räumlichen Auflösung können derzeit nur vom Flugzeug aus eingesetzt werden, was erhebliche Kosten verursacht. Mit dem geplanten Start der EnMAP-Mission (<http://www.enmap.de/>) im Jahr 2015 werden jedoch in naher Zukunft auch hyperspektrale Satellitenaufnahmen zur Verfügung stehen. Es gibt Beispiele für die erfolgreiche Anwendung von flugzeuggetragenen Hyperspektralsensoren zur Identifizierung ausgewählter Pflanzenarten, kleinräumiger Vegetationsstrukturen und floristischer Gradienten:

- Identifizierung charakteristischer Arten, Vegetationseinheiten und Vegetationsgradienten trockener Offenlandstandorte (Projekt in der Döberitzer Heide, Universität Potsdam 2012)
- Erfassung von floristischen Gradienten in trockenen und feuchten Offenländern der Wahner Heide mit Hilfe des HYMAP-Sensors (Feilhauer et al. 2011)
- Erfassung von ökologischen Strategietypen (Tabelle 16) mit Hilfe des HYMAP-Sensors (Schmidtlein et al. 2012)

*Multispektralsensoren* weisen nur wenige Spektralbänder auf (z. B. RapidEye-Satelliten: 5 Bänder). Eine Erkennung von Arten und kleinräumigen Strukturen ist nur über eine multitemporale Analyse möglich. Dazu müssen mehrere Aufnahmen eines Jahres (phänologische Phasen), insbesondere vom Anfang, dem Höhepunkt und dem Ende der Vegetationsperiode zur Verfügung stehen. Beispiele für die Anwendung multispektraler Sensoren sind:

- Erkennung von Arten feuchter Offenlandstandorte mit Hilfe von RapidEye-Satellitenaufnahmen (Humboldt-Universität Berlin, Projekt CAREX, M. Förster pers. Mitteilung).
- Erkennung von Gehölzarten mit Hilfe von RapidEye-Satellitenaufnahmen (Universität Potsdam 2012)

Nicht alle Arten können mit Fernerkundungsverfahren erfasst werden. Die Arten müssen sich spektral, phänologisch oder auch strukturell unterscheiden, damit zwischen ihnen differenziert werden kann. Generell bietet eine Kombination verschiedener Verfahren eine höhere Klassifikationsgenauigkeit.

Die erwähnten Projekte wurden kürzlich abgeschlossen bzw. befinden sich noch in Bearbeitung. Es handelt sich um Pilotstudien zum Zweck der Methodenentwicklung. Um in ein Monitoringprogramm integriert zu werden, müssen die Verfahren weiter operationalisiert werden:

- Insbesondere müssen Fragen der Übertragbarkeit der Ansätze auf andere Gebiete geklärt werden. Erste Ansätze im regionalen Kontext sind sehr vielversprechend. In Anbetracht der verstreuten Lage der Naturerbegebiete in Deutschland sollte an dieser Stelle noch Entwicklungsarbeit geleistet werden.

- Eine Kalkulation des Zeit- und Kostenaufwandes ist notwendig. Eine Voraussetzung für diesen Arbeitsschritt ist jedoch eine genaue Definition der fachlich gewünschten thematischen Auflösung.

Die genannten Verfahren bieten aber ein hohes Potenzial, flächendeckende Daten für Analysen auf der Landschaftsskala zu gewinnen. Die Ansätze sollten daher weiterverfolgt werden. Die Anwendung von Fernerkundungsverfahren zur Charakterisierung der Landschaft mit Hilfe von Landschaftsstrukturmaßen wird in Kapitel 8.2.5 erläutert.

**Tabelle 36. Parameter für Flora und Vegetation**

<sup>1</sup> obligatorische Erhebung von Moosen und Flechten in ausgewählten Biotoptypen des Offenlandes

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Gefäßpflanzen (Art, Deckung)	Obligatorisch: Vegetationsaufnahme, Schätzung auf der Skala nach Braun-Blanquet oder Londo (1975), Schichten nach (Dierschke1994)  Fakultative Ergänzungen:  Offenland: Erfassung ausgewählter Arten in Makroplots (Felinks et al. 2010)  Erfassung ausgewählter Arten durch Fernerkundungsverfahren (Kapitel 8.2.1 und 8.2.2)	Offenland: 3-6 Jahre  Wald: 10 Jahre	obl.	Artenzahl und Evenness Gefäßpflanzen  Deckung biotoptypischer Pflanzenarten  Ausprägung sonstiger biotoptypischer biotischer Strukturen  Bestandstrends ausgewählter Arten	Biodiversität  Heterogenität  Tourismus und Erholung  Bildung  Intrinsischer Wert der Biodiversität  Nährstoffkreislauf  Nährstoffregulierung
Moose (Art, Abundanz)	Epigäische Arten: Vegetationsaufnahme  Epiphytische und epixyle Arten: Stofer et al. (2003)	Offenland: 3-6 Jahre  Wald: 10 Jahre	fak. <sup>1</sup>	Artenzahl und Evenness Moose  Ausprägung sonstiger biotoptypischer biotischer Strukturen  Bestandstrends ausgewählter Arten	Biodiversität  Tourismus und Erholung  Bildung  Intrinsischer Wert der Biodiversität  Nährstoffkreislauf  Nährstoffregulierung

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Flechten (Art, Abundanz)	Epigäische Arten: Vegetationsaufnahme  Epiphytische Arten: Stofer et al. (2003)	Offenland: 3-6 Jahre  Wald: 10 Jahre	fak. <sup>1</sup>	Artenzahl und Evenness Flechten  Ausprägung sonstiger bio- typischer biotischer Strukturen  Bestandstrends ausgewählter Arten	Biodiversität  Tourismus und Erholung  Bildung  Intrinsischer Wert der Bio- diversität  Nährstoffkreis- lauf  Nährstoffregulie- rung  Luftqualitätsre- gulierung
Holzzersetzende Pilze (Art, Abundanz)	Erfassung der Zahl der Fruchtkörper auf Flächen der Stichpro- beninventur nach Albrecht (1990)	10 Jahre  (Untersuchungsperi- ode über 2 Jahre ge- streckt mit jeweils 10 Begehungen pro Jahr)	fak.	Artenzahl und Evenness Pilze  Ausprägung sonstiger bio- typischer biotischer Strukturen  Bestandstrends ausgewählter Arten	Biodiversität  Tourismus und Erholung  Bildung  Intrinsischer Wert der Bio- diversität  Nährstoffkreis- lauf  Nährstoffregulie- rung  Biochemikalien / Medizin
Deckung jeder Vegetations- schicht (Gefäßpflanzen und Kryptogamen)	Vegetationsaufnah- me: Schätzung der Schichtdeckung und des Offenbodenan- teils in 10% - Schrit- ten  Fernerkundungsmetho- den (Lidar) für Baum- und Strauch- schicht	Offenland: 3-6 Jahre  Wald: 10 Jahre	obl.	Vegetations- struktur	Heterogenität

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Biomasse	<p>Ernte der Biomasse im Offenland</p> <p>Bestimmung des Holzvolumens im Wald mit Hilfe von Biomasseformeln auf Basis der Stichprobeninventur (Eingangsparemeter: BHD und Baumhöhe)</p> <p>Fernerkundungsverfahren: verschiedene Möglichkeiten, z. B. Lidar, Radarsensoren, Hyperspektralsensoren, Multispektralsensoren (siehe Review Im &amp; Gleason 2011)</p>	<p>Offenland: 3-6 Jahre</p> <p>Wald: 10 Jahre</p>	obl.		<p>Metabolische Effizienz</p> <p>Exergieaufnahme</p> <p>Speicherkapazität</p> <p>Globale Klimaregulierung</p> <p>Luftqualitätsregulierung</p> <p>Nährstoffregulierung</p> <p>Feldfrüchte</p> <p>Viehfutter</p> <p>Essbare Wald- und Wildprodukte</p> <p>Holz</p> <p>Holzbrennstoffe</p> <p>Biomasse zur Energieproduktion</p> <p>Biochemikalien und Medizin</p>

## 8.2.2 Terrestrische Ökosysteme - Waldstruktur und Verbiss

### 8.2.2.1 Waldstruktur

In Mitteleuropa hat sich die Stichprobeninventur als das bevorzugte Verfahren zur Erfassung von Waldstrukturen in Waldgebieten etabliert, die teilweise oder ganz einer natürlichen Entwicklung überlassen sind, z. B. Naturwaldreservate und Nationalparks. Eine solche Inventur wurde auf dem Workshop „Monitoring in Naturerbegebieten“ in Halle auch als prinzipiell geeignet für die Naturerbegebiete angesehen. Dabei könnte z. B. die Erfassungsanleitung für den Nationalpark Kellerwald (Meyer et al. 2009) zur Anwendung kommen. Die Entscheidung für eine Stichprobeninventur ist von langfristig-strategischer Natur. Eine Implementierung erfordert eine erhebliche organisatorische Umstellung derzeit bestehender Strukturen, die nur unter aktiver Mitwirkung des Bundesforstbetriebes gewährleistet werden kann.

Neben der terrestrischen Erhebung von Waldstrukturparametern sollte die Möglichkeit von Fernerkundungsverfahren geprüft werden. Insbesondere die Nutzung von flugzeuggetragenen Laserscannern ermöglicht eine vielfältige Analyse struktureller Eigenschaften von Wäldern (van Leeuwen & Nieuwenhuis 2010). So können z. B. Baumhöhen und vertikale Strukturen (Naesset & Gobakken 2005, Miura & Jones 2010), horizontale Waldstrukturen (Lückenstruktur) (Solberg 2010, Vehmas et al. 2011), Bestandsdichten und

Baumdimensionen (Naesset & Gobakken 2004, Straub et al. 2009) mit einer relativ hohen Genauigkeit quantifiziert werden. Unter bestimmten Voraussetzungen können dazu auch amtliche Laserscannerdaten herangezogen werden. Obwohl diese Daten nur eine räumliche Auflösung von 1m bieten, eignen sie sich gut zur Abgrenzung von Wald- und Offenlandbereichen, Trennung von Laub- und Nadelwald sowie zur Erfassung horizontaler und vertikaler Waldstrukturen (Koch et al. 2010). Zur flächigen Analyse der Baumartenzusammensetzung der Oberschicht mit Hilfe von RapidEye-Satellitenbildern gibt es ebenfalls Ansätze (Universität Potsdam 2012). Die Analyse von Lückenstrukturen kann auch auf Basis hochaufgelöster Luftbilder erfolgen, die mit Hilfe unbemannter Drohnen gewonnen werden können (Getzin et al. 2012). Weniger gut oder nicht möglich ist die Erfassung der Parameter Verjüngung, Verbiss, Habitatbäume und Totholz durch Fernerkundungsverfahren, jedoch gibt es auch dafür Modellierungsansätze (Pesonen et al. 2010).

Die Waldstrukturerrfassung könnte in folgende Module gegliedert werden:

- Grundmodul: Stichprobeninventur, z. B. nach der Aufnahmeanweisung für den Nationalpark Kellerwald (Meyer et al. 2009)
- Zusatzmodule: flächige Erhebung struktureller Merkmale mit flugzeuggetragenen Lidar-Systemen
- Flächige Erfassung der Baumarten des Oberstandes mit Hilfe von RapidEye-Satellitendaten

Der Erhebungszyklus der Stichprobeninventur als auch der optionalen flächigen Erfassungen beträgt 10 Jahre.

Der Zeitaufwand für die Bearbeitung einer Inventurfläche durch ein Zwei-Personen-Team wird von Meyer et al. (2009) wie folgt angegeben:

Stehender und liegender Bestand:	2,6h
Verjüngung:	0,7h
<b>Gesamt:</b>	<b>3,3h</b>

Die Angaben beinhalten Wege-, Rüst- und Messzeiten.

#### **8.2.2.2 Verbiss**

Die Grundlage für die Beurteilung des Wildeinflusses auf die Waldentwicklung bilden Erhebungen im Rahmen des Vergleichsflächenverfahrens. Das Verfahren beruht auf einer vergleichenden Untersuchung des Verbisses und der Verjüngung in paarweise eingerichteten gezäunten und ungezäunten Beobachtungsflächen. Ein solches Beobachtungsnetz wird bereits vom Bundesforst in den Naturerbegebieten betrieben. Die technische Umsetzung ist in der „Aufnahmeanweisung zur Wildverbisserhebung – Vergleichsflächenverfahren – (Stand März 2004) geregelt (Bundesforst 2004). Diese Anweisung könnte auch weiterhin die Grundlage für die Verbissinventur bilden. Eine wichtige Voraussetzung für die Ableitung gesicherter Aussagen zum Wildeinfluss sind gleichartige Ausgangszustände auf der gezäunten Fläche und der Kontrollfläche. Zudem muss eine einheitliche Betriebsdauer der Einrichtung gewährleistet werden, insbesondere wenn die gewonnenen Daten für gebietsübergreifende Veränderungsanalysen verwendet werden sollen. Üblicherweise dient das Verfahren dazu, die Entwicklung der Gehölzvegetation zu verfolgen. Allerdings wird auch die Zusammensetzung und Diversität der krautige Vegetation durch

den Einfluss des Wildes geprägt (Oheimb et al. 2003). Daher wäre die Integration von Vegetationsaufnahmen (Kapitel 8.2.1) in das Vergleichsflächenverfahren eine sinnvolle Erweiterung. Eine solche integrative Erfassung der krautigen Vegetation erfolgt zum Beispiel im Nationalpark Müritz (Nationalpark Müritz unveröffentlicht).

Zusätzlich zum Vergleichsflächenverfahren können Erhebungen zum Verbiss in die Stichprobeninventur integriert werden. Diese Daten stellen aber nur eine Momentaufnahme des Zustands der vorhandenen Verjüngung dar. Gesicherte Aussagen zum Einfluss die Wildes auf die Waldentwicklung lassen sich nicht ableiten. In Verbindung mit dem Vergleichsflächenverfahren lassen sich jedoch Schwerpunktareale der Wildaktivität ableiten.

Verbisserhebungen im Rahmen des Vergleichsflächenverfahrens finden in einem Turnus von 3 Jahren statt. Als Bestandteil der Stichprobeninventur wird der Verbiss alle 10 Jahre aufgenommen.

**Tabelle 37. Parameter zur Erfassung von Waldstrukturen und Verbiss**

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
<b>Waldstruktur – auf die gesamte Stichprobenfläche bezogene Parameter</b>					
Schichtung	Stichprobeninventur: Zuordnung jedes Baumes zu einer IUFRO-Schicht (Leibundgut 1956) oder alternativ nach Assmann (1961)  Fernerkundung: Flugzeuggetragenes Lidar-System (Messung der Signaldichte in vordefinierten Höhen)	10 Jahre	obl.	Schichtung	Heterogenität Landschaftsästhetik
<b>Waldstruktur- auf lebende Bäume (Derbholz mit BHD<math>\geq</math>7cm) bezogene Parameter</b>					
Baumart	Stichprobeninventur: Artbestimmung  Fernerkundung: Satellitengetragene optische Sensoren (Erfassung spektraler Eigenschaften), Flugzeuggetragenes Lidar-System (Erfassung struktureller Eigenschaften)	10 Jahre	obl.	Baumartenzahl (richness) Anteile jeder Baumart am lebenden Derbholz Evenness der Baumarten Anzahl der Neophytenarten	Biodiversität Heterogenität Landschaftsästhetik
Baumposition (Azimut, Distanz)	Stichprobeninventur: Entfernungsmessgerät  Fernerkundung: Flugzeuggetragenes Lidar-System	10 Jahre	obl.	Baumverteilung (Aggregationsindizes)	Heterogenität Landschaftsästhetik
BHD	Stichprobeninventur: Massband oder elektronischer Messschieber	10 Jahre	obl.	Bestandsgrundfläche Mittlerer BHD Dimensionsvielfalt (Indizes)	Heterogenität Landschaftsästhetik Metabolische Effizienz

Parameter	Methode	Erhebungs- frequenz	Priori- tät	Indikatoren Er- folgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosys- temdienstleis- tungen
	Fernerkundung: Flugzeuggetragenes Lidar-System				Exergieaufnahme Speicherkapazi- tät Globale Klimare- gulierung Luftqualitätsregu- lierung Nährstoffregulie- rung Holz Holzbrennstoff
Baumhöhe	Stichprobeninventur: Ultraschall- oder Lasengeräte (z. B. Vertex IV, TruPulse- Laser 360)  Fernerkundung: Flugzeuggetragenes Lidar-System	10 Jahre	obl.	Mittlere Baumhö- he, Dimensions- vielfalt (Indizes)	Heterogenität Metabolische Effizienz Exergieaufnahme Speicherkapazi- tät Globale Klimare- gulierung Luftqualitätsregu- lierung Nährstoffregulie- rung Holz Holzbrennstoff Landschaftsä- sthetik
Habitatbaummerk- male nach Meyer et al. (2009a)	Stichprobeninventur	10 Jahre	obl.	Dichte von Bäu- men mit Habitat- baummerkmalen	Heterogenität
Horste	Stichprobeninventur	10 Jahre	obl.	Dichte von Horst- bäumen	Heterogenität
<b>Waldstruktur – auf die Verjüngung bezogene Parameter</b>					
Baumart	Stichprobeninventur: Artbestimmung	10 Jahre	obl.	Baumartenzahl Anteile jeder Baumart an der Verjüngung Dichte der Verjün- gung Anteil verbissener Bäume in der Verjüngung	Heterogenität Biodiversität
Höhenklasse	Stichprobeninventur: Schätzung	10 Jahre	obl.	Anteile jeder Baumart an der Verjüngung	Heterogenität
Verbiss	Stichprobeninventur: Zählung oder Schät- zung der Zahl der Bäume mit verbis- senem Leittrieb	10 Jahre	obl.	Anteil verbissener Bäume in der Verjüngung	
<b>Waldstruktur – auf das stehende Totholz bezogene Parameter</b>					
Baumart	Stichprobeninventur: Artbestimmung	10 Jahre	obl.		Heterogenität
Position (Azimut, Distanz)	Stichprobeninventur: Entfernungsmessge- rät	10 Jahre	obl.	Dichte des ste- henden Totholzes	Heterogenität

Parameter	Methode	Erhebungs- frequenz	Priori- tät	Indikatoren Er- folgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosys- temdienstleis- tungen
BHD	Stichprobeninventur: Maßband oder elekt- ronischer Mess- schieber	10 Jahre	obl.	Volumen des stehenden Tothol- zes	Heterogenität
Höhe	Stichprobeninventur: Messung Ultra- schall- oder Laser- geräte (z. B. Vertex IV, TruPulse-Laser 360)	10 Jahre	obl.	Volumen des stehenden Tothol- zes	Heterogenität
Zersetzungsgrad	Stichprobeninventur: Gutachterliche Einteilung in Klas- sen z. B. Albrecht (1990), Müller-Using & Bartsch (2003) oder Meyer et al. (2009b)	10 Jahre	obl.	Zersetzungsgrad	Heterogenität
<b>Waldstruktur – auf das liegende Totholz bezogene Parameter</b>					
Position (Azimut, Distanz)	Stichprobeninventur: Entfernungsmessge- rät	10 Jahre	obl.	Dichte des liegen- den Totholzes	Heterogenität
Anfangs- und End- durchmesser	Stichprobeninventur: Maßband oder elekt- ronischer Mess- schieber	10 Jahre	obl.	Volumen des liegenden Tothol- zes	Heterogenität
Länge	Stichprobeninventur: Messung oder Be- stimmung aus Koor- dinaten des An- fangs- und End- punktes	10 Jahre	obl.	Volumen des liegenden Tothol- zes	Heterogenität
Zersetzungsgrad	Stichprobeninventur: Gutachterliche Einteilung in Klas- sen z. B. Albrecht (1990), Müller-Using & Bartsch (2003)	10 Jahre	obl.	Zersetzungsgrad	Heterogenität
<b>Parameter der Verbiss-Inventur im Rahmen des Vergleichsflächenverfahrens</b>					
Baumart	Artbestimmung (Bundesforst 2004)	3 Jahre	obl.	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	
Baumhöhe	Messung (Bundesforst 2004)	3 Jahre	obl.	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	
Leittriebverbiss	Bestimmung des letztjährigen Leit- triebverbisses (ja/nein) (Bundesforst 2004)	3 Jahre	obl.	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	
Verbissart	Bestimmung der Verbissart (Scha- lenwild, Hase, Ka- ninchen)	3 Jahre	obl.	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	

Parameter	Methode	Erhebungs- frequenz	Priori- tät	Indikatoren Er- folgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosys- temdienstleis- tungen
	(Bundesforst 2004)				
Fegeschäden	Feststellung von Fegeschäden (ja, nein) (Bundesforst 2004)	3 Jahre	obl.	Waldregeneration auf gezäunten und ungezäunten Flächen	

## 8.2.3 Terrestrische Ökosysteme - Fauna

### 8.2.3.1 Vögel

Die Erfassung der Brutvögel orientiert sich methodisch am Brutvogelmonitoring, das vom Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) koordiniert wird. Dieses besteht aus drei Modulen: dem Monitoring häufiger Brutvögel, dem Monitoring seltener Brutvögel, sowie dem Monitoring rastender Vögel. Die folgende Zusammenfassung der Module basiert zum Teil auf einem unveröffentlichten Manuskript, das dankenswerter durch den DDA zur Verfügung gestellt wurde.

#### *Monitoring häufiger Brutvögel*

Eine Übersicht über das Programm wird in Mitschke et al. (2005) gegeben. Das Monitoring häufiger Brutvogelarten erfolgt bundesweit in einem Netz ausgewählter Stichproben. Die Probeflächen wurden vom Statistischen Bundesamt für die ökologische Flächenstichprobe ermittelt (Heidrich-Riske 2004). Die Ziehung der Stichproben erfolgte geschichtet nach Landnutzungskategorien und Standorttypen. Insgesamt werden 1000 Stichproben bundesweiter Bedeutung bearbeitet, die durch Länderstichproben ergänzt werden. Eine Stichprobenfläche hat eine Größe von 1 km x 1 km.

Die Erfassung erfolgt durch eine Linientranssektkartierung entlang einer 3 km langen Route. In einer Saison wird diese Route viermal begangen. Diese Begehungen sind an bestimmte Zeiträume gebunden und finden zu festgelegten Tageszeiten bei definierten Wetterbedingungen statt (Mitschke et al. 2005). Beobachtungen potenzieller Brutvögel werden in Karten eingetragen, aus denen am Saisonende Artkarten erstellt werden und Brutbestände geschätzt werden. Die detaillierte Methode ist in Südbeck et al. (2005) beschrieben.

#### *Monitoring seltener Brutvögel*

Das Monitoring seltener Brutvögel umfasst alle Arten, die durch das Monitoring häufiger Brutvogelarten nicht ausreichend abgedeckt werden. Darunter befinden sich neben seltenen Arten auch solche Arten, die zwar häufiger sind aber eine bestimmte Lebensraumbindung, regional beschränkte Vorkommen oder eine niedrige Siedlungsdichte aufweisen.

Das Programm unterscheidet zwei Gruppen von Arten. Zur ersten Gruppe gehören die Arten, deren Gesamtbestand mit einem vertretbaren Aufwand regelmäßig erfasst werden kann. Dazu gehören die meisten Koloniebrüter, seltene Horstbrüter, Arten die eng an bestimmte Lebensräume gebunden sind (Küsten-, Fließ-, und Stillgewässer, Feuchtgrünländer) sowie sehr seltene und unregelmäßig auftretende Arten. Zur zweiten Gruppe werden solche Arten gezählt, deren Gesamtbestand nicht regelmäßig erfassbar ist. Bei diesen Arten erfolgt eine Schätzung auf Basis repräsentativer Bestände. Die Zuordnung der Arten zu den beiden Gruppen kann zwischen verschiedenen Regionen variieren. Der Erhe-

bungszyklus für die Bestandserfassung beträgt für beide Gruppen 6 Jahre. Zur Berechnung von Trends werden repräsentative Bestände jährlich erfasst. Insbesondere jene Arten, die Bestandteil des Nachhaltigkeitsindikators für die Artenvielfalt sind (Nationale Biodiversitätsstrategie, Kapitel 5.1.2.4), bedürfen einer jährlichen Erfassung.

Die Erfassungsansätze richten sich nach den unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Erscheinungsmustern der einzelnen Arten. In jedem Fall erfolgt die Erfassung punktgenau. Die Vorkommen unregelmäßig auftretender Vogelarten werden dokumentiert und deren Vorkommensgebiete in den folgenden Jahren gezielt kontrolliert. Bei den Koloniebrütern werden alle bekannten Kolonien jährlich kontrolliert. Ebenso werden seltene Horstbrüter erfasst, die über einen längeren Zeitraum hinweg die gleichen Brutplätze nutzen. Arten der Küsten-, Still-, und Fließgewässer sowie der Feuchtgrünländer, die weit verbreitet und eng an bestimmte Lebensräume angepasst sind, werden punktgenau in bestimmten Zählgebieten erfasst. Die Abgrenzung der Zählgebiete orientiert sich an Lebensraumgrenzen aber auch politischen oder Schutzgebietsgrenzen. Dagegen erfolgt die Erfassung weit verbreiteter Arten, die eine geringe Siedlungsdichte aufweisen und hauptsächlich Lebensraumkomplexe bewohnen, in Zählgebieten auf der Basis von TK25-Quadranten (30 km<sup>2</sup>) oder Minutenfeldern (2 km<sup>2</sup>).

Die Erhebungsmethoden und Erfassungszeiträume des Monitorings seltener Vögel sind in den „Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands“ (Südbeck et al. 2005) festgelegt.

#### *Monitoring von Rastvögeln*

Das Monitoring von Rastvögeln unterteilt sich in mehrere Teilprogramme: Wasservogelzählung, Gänse- und Schwanzenzählung, Möwenschlafplätze, Goldregenpfeiferzählung, internationale Synchronzählung von Schwänen, Wasservogel auf dem Meer. Die jährlichen Erfassungen, die in internationale Programme eingebunden finden in festgelegten Zählgebieten statt.

### **Anpassung des Vogelmonitorings an die Naturerbegebiete**

Das Design des Vogelmonitorings ist auf die nationale und regionale Skala ausgelegt. Jedoch können die Erhebungsansätze mit einigen Veränderungen auch auf kleinere Gebietsausschnitte übertragen werden. Generell sollten die drei Module des Vogelmonitorings als unabhängig voneinander betrachtet werden. Daher sind auch Überschneidungen der Erfassungsflächen zwischen den Modulen tolerierbar. Zur Umsetzung der Module wurden auf einem gemeinsamen Arbeitstreffen mit dem DDA folgende Empfehlungen formuliert:

#### *Häufige Brutvogelarten*

Das Monitoring häufiger Brutvogelarten dient dazu, Diversitätsindikatoren und Bestandstrends über alle Gebiete hinweg zu quantifizieren. Nach Angaben des DDA sind für die Ermittlung signifikanter Bestandstrends häufiger Vogelarten wahrscheinlich 30-40 jährlich kartierte Flächen ausreichend (S. Trautmann mündlich). Eine Analyse der Verteilung bestehender DDA-Monitoringflächen ergab, dass insgesamt 39 dieser Flächen ganz (6 Flächen) oder teilweise (33 Flächen) in den Naturerbegebieten der DBU liegen (H. Culmsee unveröffentlicht). Es gibt aber räumliche Überlagerungen, so dass nur 22 Flächen potenziell nutzbar sind. Außerdem beschränken sich diese Überschneidungen auf nur 12 Naturerbegebiete. Daher wäre eine Ergänzung um weitere Monitoringflächen nötig. Dabei sollten folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- Jedes Naturerbegebiet sollte durch mindestens eine Monitoringfläche repräsentiert werden.
- Die Zahl der Monitoringflächen pro Naturerbegebiet sollte sich nach der Größe des jeweiligen Gebietes richten. Sinnvoll wäre die Einrichtung einer Monitoringfläche pro 1000 ha. Nach diesem Format wird auch das Monitoring häufiger Brutvogelarten im Nationalpark Harz praktiziert (T. Späth mündlich).
- Bestehende Monitoringflächen des DDA sollten auf alle Fälle (nach der Methodik des Monitorings häufiger Brutvögel) bearbeitet werden. Gibt es nur eine teilweise Überschneidung zwischen einer bestehenden Monitoringfläche und einem Naturerbegebiet, so sollte in jedem Einzelfall entschieden werden, ob die Fläche geeignet ist, zu Aussagen über die Naturerbegebiete beizutragen.
- Zusätzliche Monitoringflächen sollten nach dem Schema des DDA gezogen werden. In diesem Zusammenhang wird von Seiten des DDA geprüft, ob durch das Statistische Bundesamt eine Flächenziehung für die Gesamtheit des nationalen Naturerbes sowie ausgewählte Bestandteile der Schutzgebietskulisse Deutschlands vorgenommen werden könnte.
- Im Idealfall erfolgt eine Erfassung jährlich. Bei einer Ausdehnung der Erfassungszyklen auf 3 Jahre oder 6 Jahre muss darauf geachtet werden, dass die Bearbeitung der Flächen zeitlich versetzt erfolgt.

### *Seltene Brutvogelarten*

Das Monitoring seltener Arten (DDA unveröffentlicht a) dient hauptsächlich dazu, Bestandstrends ausgewählter Arten abzubilden und diese mit nationalen Trends zu vergleichen. Die Bestandsentwicklung seltener Arten ist zudem ein wichtiger Indikator für die Erfolgskontrolle von Maßnahmen in ausgewählten Lebensräumen. Da seltene Arten oftmals ausschlaggebend für die Ausweisung von Schutzgebieten auf den Flächen des nationalen Naturerbes sind, sollte die Umsetzung dieses Monitoringmoduls die Leitlinien zum Monitoring europäischer Vogelarten und ihrer Lebensräume der Vogelschutzwarten (LAG VSW 2011) und die Empfehlungen zum Monitoring von Vögeln in Schutzgebieten (DDA unveröffentlicht b) berücksichtigen. Zusammenfassend lassen sich für die Auswahl von Arten und Erfassungsgebieten folgende Kriterien formulieren:

- Ausgangspunkt für die Auswahl von Arten für das Monitoring seltener Arten sind bestehende Artenlisten eines Gebietes (falls vorhanden).
- Den Kern der Artenauswahl sollten die Arten des SPA-Monitorings bilden. Dazu zählen alle in einem Gebiet vorkommenden Arten des Anhang I der Vogelschutzrichtlinie sowie Arten, die in der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands in den Kategorien I und II geführt werden.
- Das Artenset sollte um solche Arten erweitert werden, die von regionaler Bedeutung sind (Orientierung an den Roten Listen der Bundesländer) oder im Fokus von Maßnahmen im jeweiligen Naturerbegebiet stehen.
- Es sollte angestrebt werden, das Monitoring seltener Arten zeitlich und organisatorisch mit dem oftmals auf Teilflächen der Naturerbegebiete stattfindenden SPA-Monitoring abzugleichen.
- Die Aufteilung von Zählgebieten innerhalb eines Naturerbegebietes sollte sich anhand beständiger und gut nachvollziehbarer Grenzen orientieren. Mögliche Elemente der Abgrenzung wären Hauptlebensraumtypen, Straßen und Wege oder das Geländere Relief. Es bietet sich an, jedes Naturerbegebiet vor der Etablierung des Monitorings komplett in sinnvolle Einheiten aufzuteilen.

- Arten, deren Erfassung laut DDA-Konzept auf Basis von MTB- Quadranten oder Minutenfeldern vorgesehen ist, können auch in abgegrenzten Zählgebieten erfasst werden, wenn der Zuschnitt eines Naturerbegebietes keine anderen Möglichkeiten bietet.
- Die Arten sollten mindestens alle 6 Jahre erhoben werden. Stehen die Auswirkungen konkreter Maßnahmen in den Lebensräumen ausgewählter Arten im Fokus, so muss dieser Zyklus gegebenenfalls verdichtet werden. Das trifft vor allem für Arten der Feuchtgrünländer zu. Eine jährliche Erfassung ist für ausgewählte gefährdete Arten und Koloniebrüter anzustreben.

### *Rastvögel*

Dieses Modul kommt in ausgewählten Naturerbegebieten zum Einsatz, die von herausragender Bedeutung für den Vogelzug sind. Folgende Punkte wären bei der Umsetzung zu berücksichtigen:

- Vorhandene Zählgebiete der Wasservogelzählung, des TMAP und des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee sollten übernommen werden.
- Die Zählgebietskulisse sollte wenn möglich mit der Gebietskulisse für die Erfassung seltener Brutvogelarten abgeglichen werden.
- Eine jährliche Erfassung ist anzustreben.

### *Erfassungsaufwand*

Für die Bearbeitung einer Aufnahmefläche des Moduls häufiger Arten sind 4 Begehungen im Erfassungsjahr vorgesehen. Den Zeitbedarf für die Geländearbeit und die Auswertung gibt der DDA mit 30-40h pro Fläche und Jahr an.

Der Aufwand für die Erfassung seltener Arten kann pauschal nicht abgeschätzt werden, da dieser stark von den zu bearbeitenden Arten sowie der Größe und den Eigenschaften der Zählgebiete abhängen.

Die Erfassung von Rastvögeln findet jährlich zu festgelegten Terminen statt (Wasservogel, Gänse- und Schwanenzählung: 8 Termine, Möwenschlafplätze: 2 Termine, Goldregenpfeifer: 1 Termin, Schwäne- internationale Synchronzählung: 1 Termin). Der Zeitaufwand ist auch hier abhängig von der Gebietsgröße.

### **8.2.3.2 Amphibien**

Die Erfassung von Amphibien erfolgt mit artspezifischen Methoden. Eine gute Übersicht wird von Hachtel et al. (2009) gegeben. Methoden zur Erfassung von FFH-Arten werden in LAU (2006) beschrieben. Die Methoden umfassen Zählungen rufender Tiere, Sichtzählungen, Zählung von Laichschnüren/ Laichballen sowie der Einsatz von Reusenfallen und Keschern. Der Erfassungszyklus beträgt in der Regel 3 Jahre. Anzahl und Zeitpunkt der Erfassungstermine sind artspezifisch festgelegt. Der Bezugsraum für die Erfassung ist in der Regel das Laichgewässer.

### **8.2.3.3 Reptilien**

Auch die Erfassung von Reptilien erfolgt mit artspezifischen Methoden, die bei Hachtel et al. (2009) und in LAU (2006) beschrieben sind. Meist werden die Arten per Sichtnachweis in einem definierten Bezugsraum erfasst, der je nach Art die Form einer Fläche oder eines Transektes aufweisen kann. Der Erfassungszyklus beträgt in der Regel 3 Jahre. Anzahl und Zeitpunkt der Erfassungstermine sind artspezifisch festgelegt.

#### 8.2.3.4 Tagfalter

Tagfalterpopulationen unterliegen enormen jährlichen und jahreszeitlichen Abundanzschwankungen, die auf eine Reihe von Einflussfaktoren zurückzuführen sind, z.B. kurze Generationszeiten, Einfluss des Wetters, intraspezifische Konkurrenz, Ressourcenverfügbarkeit, Migrationsereignisse, sowie die Interaktion mit Prädatoren und Parasiten (Shaw et al. 2009, Wilson & Roy 2009). Daher erfordert die Analyse der Populationsdynamik von Schmetterlingen zeitlich hoch aufgelöste Bestandsdaten. Solche Daten werden durch die in verschiedenen europäischen Ländern etablierten Schmetterlings-Monitoringsysteme gewonnen. Die nach einer einheitlichen Methode erhobenen Daten erlauben unter anderem die Analyse von Bestandstrends einzelner Arten, phänologischer Parameter und die Berechnung des im Auftrag der europäischen Umweltagentur entwickelten *Climate Change Indicators* (Van Swaay et al. 2008), der auf dem Community Temperature Index (Tabelle 16) beruht.

In Deutschland erfolgt die Erhebung von Daten seit 2005 auf derzeit ca. 300 Transekten im Rahmen des Tagfaltermonitoring Deutschland ([www.tagfalter-monitoring.de](http://www.tagfalter-monitoring.de)). Die Erfassungsmethode ist gut durch ehrenamtliche Mitarbeiter erlernbar.

##### *Generelle Methode des Tagfaltermonitorings*

Die Erfassung von Tagfaltern im Rahmen des Tagfalter-Monitoring Deutschland erfolgt nach einer festgelegten Methode entlang von Transekten (Pollard & Yates 1993). Ein Transekt ist ein linienförmiger Ausschnitt aus der Landschaft, der eine Länge zwischen 200 m und 1500 m aufweisen kann und in einzelne Abschnitte von je 50 m Länge unterteilt ist (siehe Abbildung unten). Ein Transekt soll möglichst einen Großteil der in einem Landschaftsausschnitt vorhandenen Biotoptypen abdecken. Dabei sollte das Habitat innerhalb eines 50 m-Abschnittes aus Gründen der Datenanalyse möglichst homogen sein.

Während einer Zählung wird der Transekt in einem langsamen und gleichmäßigen Tempo abgeschritten. Ein Abschnitt von 50 m Länge sollte in einer Zeit von 5 min begangen werden, Unterbrechungen (z.B. zum Bestimmen von Arten) nicht eingerechnet. Während der Begehung werden alle adulten Tagfalter registriert, die bis etwa 2,5 m rechts und links des Weges sowie 5 m davor und darüber zu sehen sind.

Die Erfassungen finden einmal wöchentlich zwischen April und September statt. Gezählt wird nur zwischen 10 Uhr und 17 Uhr unter Einhaltung bestimmter Wetterbedingungen: Zählungen werden nur dann durchgeführt, wenn die Temperatur bei mehr als 40 % Bewölkung mindestens 17°C beträgt. Bei unbedecktem Himmel liegt die Minimaltemperatur bei 13°C. Außerdem darf die Windstärke nicht mehr als 4 (Beaufort-Skala) betragen.

Im Erfassungsbogen werden Datum, Uhrzeit, Temperatur, Bewölkung, Windstärke und die beobachteten Falter registriert. Beobachtungen außerhalb des Kartier-Korridors können in einer Zusatzspalte auf dem Erfassungsbogen registriert werden.

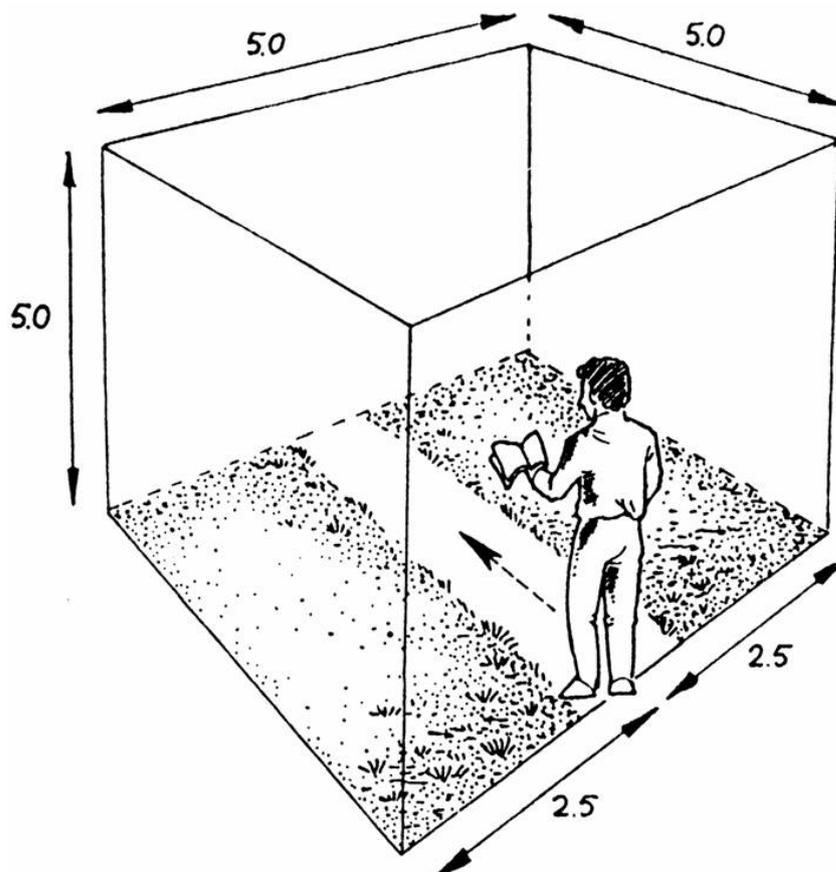
##### *Anpassungen der Methode für das Monitoring in Naturerbegebieten*

Aufgrund des hohen Aufwandes wird es kaum möglich sein, eine wöchentliche Erhebungsfrequenz in den Naturerbegebieten zu realisieren. Daher sollten je nach Kapazitäten folgende Schritte umgesetzt werden:

- Minimalprogramm: alle 3 Jahre 5 Begehungen pro Fläche
- Wünschenswertes Programm: jährlich 5 Begehungen pro Fläche
- Ideales Programm: jährlich zweiwöchentliche Begehung jeder Fläche

Um das Arteninventar möglichst vollständig zu erfassen, ist es notwendig mindestens 5 Begehungen in einer Saison durchzuführen. Die Termine sollten im Zeitraum vom 1.5. bis 31.8. in einem Abstand von ca. 3 Wochen realisiert werden. Bei der Umsetzung des Minimalprogramms wäre zudem darauf zu achten, die Erfassungen über alle drei Jahre zu strecken, um natürliche Populationsschwankungen und Managementeffekte besser trennen zu können. Idealerweise würden so innerhalb eines Gebietes in jedem Tag 1/3 der Flächen bearbeitet werden. Aufgrund der oft eng begrenzten Flugzeiten der Arten ist eine höhere Begehungszahl pro Jahr immer günstiger. Langfristig sollte versucht werden, eine höhere Frequenz durch die Einbeziehung ehrenamtlicher Mitarbeiter umzusetzen. Tagfalter sollten vor allem im Offenland, frühen Sukzessionsstadien und in den Übergangsbereichen zwischen Offenländern und Wäldern erfasst werden, da dort die höchste Diversität zu erwarten ist. Fakultativ können die Erhebungen auf (vorzugsweise lichte) Wälder ausgedehnt werden. Die Länge eines Transektes sollte 500m betragen. Falls die Größe oder Konfiguration der Landschaft eine solche Länge nicht zulässt, kann der Transekt auch kürzer ausfallen. Allerdings sollten die Teilabschnitte immer 50m lang sein.

Für die Begehung eines 50m-Abschnittes muss ein Zeitbedarf von 5 Minuten eingeplant werden. Ein Transekt mit einer Länge von 500m erfordert 50 Minuten Begehungszeit.



**Abbildung 5. Erfassung von Tagfaltern nach der Transektmethode**

(Abbildung nach Van Swaay)

#### **8.2.3.5 Heuschrecken**

Zur Erfassung der Heuschreckenfauna existieren verschiedenen Ansätze. Quantitative Erhebungen können mit Hilfe der Isolationsquadrat-Methode durchgeführt werden (siehe Luthardt et al. 2006). Dabei wird ein Fangkäfig einer Größe von 1m<sup>2</sup> über der Probestrecke abgeworfen und nach Heuschrecken abgesucht. Diese Vorgehensweise liefert recht genaue Schätzwerte der Populationsdichte jeder Art.

Eine semiquantitative Methode ist die Transektbegehung (siehe Luthardt et al. 2006). Entlang eines Transektes einer definierten Länge und Breite werden alle Arten erfasst und Häufigkeitsklassen zugeordnet. Während der Begehung kommen Ultraschallfrequenzmodulatoren zum Einsatz. Die Transektmethode wird auch im Rahmen des Schweizer Biodiversitätsmonitorings angewendet. Semiquantitative Erfassungen können auch auf der Basis von quadratischen Aufnahmeflächen erfolgen (Felinks et al. 2010). Quantitative und semiquantitative Erfassungen können kombiniert werden (Luthardt et al. 2006). Heuschrecken sollten in einem Turnus von 3 Jahren erhoben werden.

#### **8.2.3.6 Xylobionte Käfer**

Xylobionte Käfer können sowohl mit Totholzeklektoren als auch mit Fensterfallen erfasst werden. Ein Vergleich beider Fallentypen durch Menke (2006) zeigte, dass Totholzeklektoren das Artenspektrum totholzbewohnender Arten etwas besser erfassen. Sie erlauben zudem genauere Rückschlüsse auf Individuendichten, Habitatbindung und Phänologie. Mit Hilfe von Fensterfallen können dagegen gleichzeitig auch andere Käfergruppen oder andere Insektentaxa bearbeitet werden. Menke (2006) empfiehlt, die Erfassung in zwei aufeinanderfolgenden Jahren durchzuführen. Dabei sollte pro Jahr ein Erfassungszeitraum vom Beginn der Vegetationsperiode bis Mitte Juli eingeplant werden. Angaben zu einem geeigneten Erfassungszyklus konnten in der Literatur nicht gefunden werden. Sinnvoll wäre eine Erhebung parallel zu den Waldstrukturerefassungen alle 10 Jahre.

#### **8.2.3.7 Schwebfliegen und Bienen**

Zur Erfassung von Schwebfliegen und Bienen können verschiedene Typen von Flugfallen genutzt werden. Kombinierte Flugfallen/Gelbschalen (Duelli et al. 1999) können zur simultanen Erfassung beider Gruppen genutzt werden.

Der Erfassungszyklus beträgt aufgrund der hohen Populationsdynamik 1-3 Jahre. Innerhalb eines Erfassungsjahres sollten zwei Erfassungsperioden bearbeitet werden: 5 Wochen im Frühsommer und 7 Wochen im Spätsommer/ Herbst (Schweiger et al. 2007).

#### **8.2.3.8 Libellen**

Für die Erfassung der Libellen stehen zwei Methoden zur Auswahl. Die semiquantitative Erfassung von adulten Libellen durch Sichtnachweise bzw. Kescherfang und die Exuviansuche werden in Luthardt et al. (2006) beschrieben. Die Arten werden entlang einer definierten Probestrecke erfasst und Häufigkeitsklassen auf einer logarithmischen Skala zugeordnet.

Der Erfassungszyklus beträgt 3 Jahre. Innerhalb eines Erfassungsjahres sollten 4 Bearbeitungstermine angesetzt werden.

Erfassungen des Makrozoobenthos in Fließgewässern schließen die Larvalstadien von Libellen mit ein (Kapitel 8.2.4.5).

### 8.2.3.9 Laufkäfer und Spinnen

Die Erfassung von Laufkäfern und Spinnen erfolgt in der Regel mit Bodenfallen. Beide Gruppen können simultan bearbeitet werden. Der Erfassungszyklus beträgt 3 Jahre. Geeignete Erfassungszeiträume nach Luthardt et al. (2006) sind das Frühjahr (Mitte April-Mitte Juni) und der Spätsommer (Mitte August – Anfang Oktober).

### 8.2.3.10 Bodenorganismen

Empfehlungen zur Erfassung von Bodenorganismen werden bei Barth et al. (2000) gegeben. Je nach Organismengruppe sind die Handauslese, Formalinextraktion, Kempsonextraktion und Nassextraktion geeignet. Die Methoden für die wichtigsten Bodentiere sind in standardisierter Form in der Norm DIN EN ISO 23611 dokumentiert. Der Erhebungszyklus beträgt 3-6 Jahre.

**Tabelle 38. Parameter und Methoden zur Erfassung der Fauna**

<sup>1</sup> Tagfaltererfassung im Offenland obligatorisch und im Wald fakultativ

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Vögel	<p>Module des Vogelmonitorings (Mitschke et al. 2005, DDA unveröffentlicht a, DDA 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring häufiger Vogelarten (Linientranssektkartierung auf 100 ha-Quadranten)</li> <li>Monitoring seltener Vogelarten (Revierkartierungen auf Minutenfeldebene oder sonstigen Flächeneinheiten, Koloniezählungen)</li> <li>Monitoring rastender Vogelarten (Zählungen am Rastplatz, Wasservogelzählung)</li> </ul> <p>Aufnahmestandards für alle Vogelarten nach Südbeck et al. (2005)</p>	<p>Häufige und seltene Brutvögel: Idealfall 1 Jahr, maximal 3 Jahre</p> <p>(2-4 Begehungen pro Jahr, abhängig vom Modul und Habitat)</p> <p>Rastvögel: 1 Jahr (Begehungen zu festgelegten Terminen)</p>	obl.	<p>Artenzahl Vögel</p> <p>Evenness Vögel</p> <p>Bestände rastender Vogelarten</p> <p>Nationaler Indikator für die Artenvielfalt (Teilindikatoren Wald, Offenland, Gewässer)</p> <p>Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten</p>	<p>Biodiversität</p> <p>Tourismus und Erholung</p> <p>Inspiration</p> <p>Landschaftsästhetik</p> <p>Bildung</p> <p>Intrinsischer Wert der Biodiversität</p> <p>Bestäubung und Samenverbreitung</p>
Amphibien	<p>Methoden artspezifisch (Hachtel et al. 2009), Methoden für FFH-Arten in LAU (2006)</p>	<p>3 Jahre</p> <p>(3 Begehungen von April-Juni)</p>	fak.	<p>Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten</p>	<p>Biodiversität</p> <p>Tourismus und Erholung</p> <p>Inspiration</p> <p>Bildung</p> <p>Intrinsischer Wert der Biodiversität</p>

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Reptilien	Methoden artspezifisch (Hachtel et al. 2009), Methoden für FFH-Arten in LAU (2006)	3 Jahre	fak.	Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Inspiration Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität
Tagfalter	Transektbegehungen nach Pollard & Yates (1993) in Anlehnung an das Tagfaltermonitoring Deutschland	Idealfall: jährlich zweiwöchentliche Begehungen von April bis September  Wünschenswert: jährlich 5 Begehungen  Minimalvariante: dreijährlich 5 Begehungen	obl. <sup>1</sup>	Artenzahl Tagfalter Evenness Tagfalter  Community Temperature Index der Tagfalterzönose  Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Inspiration Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität Bestäubung und Samenverbreitung
Heuschrecken	Transektbegehung nach Luthardt et al. (2006): (Sichnachweis, Verhören, Kescherschfang)  Quantitative Erfassung mit Isolationsquadratmethode (Luthardt et al. 2006)	3 Jahre (2 Begehungen von Juli-September)	fak.	Artenzahl Heuschrecken Evenness Heuschrecken  Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Inspiration Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität
Xylobionte Käfer	Totholzeklektoren (siehe Menke 2006) Flugfallen (siehe Menke 2006)	Maximal 10 Jahre in Verbindung mit Waldstrukturerfassung	fak.	Artenzahl xylobionte Käfer Evenness xylobionte Käfer  Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Bestäubung und Samenverbreitung

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Schwebfliegen	Kombinierte Fenster-/Gelbschalenfalle	Idealfall: 1 Jahr Wünschenswert: 3 Jahre Zwei Erfassungsperioden pro Jahr	fak.	Artenzahl und Evenness Schwebfliegen Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Inspiration Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität Bestäubung und Samenverbreitung
Bienen	Kombinierte Fenster-/Gelbschalenfalle (Duelli et al. 1999)	Idealfall: 1 Jahr Wünschenswert: 3 Jahre Zwei Erfassungsperioden pro Jahr	fak.	Artenzahl und Evenness Bienen Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Bildung Inspiration Intrinsischer Wert der Biodiversität Bestäubung und Samenverbreitung
Libellen	Methodenkombination nach Luthardt et al. (2006) : semiquantitative Erfassung von Imagines und Exuvien Erfassungen im Rahmen der Beprobung des Makrozoobenthos in Fließgewässern und Seen (siehe Tabelle 39)	3 Jahre 4 Begehungen von Mai-August	fak.	Artenzahl und Evenness Libellen Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Tourismus und Erholung Bildung Inspiration Intrinsischer Wert der Biodiversität
Laufkäfer	Bodenfallen (Luthardt et al. 2006)	3 Jahre	fak.	Artenzahl und Evenness Laufkäfer	Biodiversität Tourismus und Erholung Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität

Parameter	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Spinnen	Bodenfallen (Luthardt et al. 2006)	3 Jahre	fak.	Artenzahl und Evenness Spinnen	Biodiversität Tourismus und Erholung Bildung Intrinsischer Wert der Biodiversität
Bodenorganismen	Methodenübersicht in Barth et al. (2000)  Regenwürmer: Kombination aus Handauslese, Kempson-Extraktion, Formalinextraktion  Collembolen: Kempson-Extraktion  Enchytraeen: Nassextraktion aus Stechzylinderproben  Hornmilben: Kempson-Extraktion  Norm: DIN EN ISO 23611	3-6 Jahre	fak.	Artenzahl und Evenness Bodenorganismen  Bestände ausgewählter Tier- und Pflanzenarten	Biodiversität Bildung Nährstoffkreislauf Nährstoffregulierung Intrinsischer Wert der Biodiversität
Ausgewählte Neozoen: Waschbär Mink Marderhund Nutria	Systematische Erfassung aller Sichtnachweise durch regelmäßige Befragung ausgewählter Personengruppen (z. B. Jäger)	kontinuierlich	fak.	Bestände ausgewählter Neozoen	
Schalenwild: Rehwild Rotwild Damwild Schwarzwild Sonstige	Losungszählverfahren (LMVP 2006)  Infrarotbefliegung (Kemkes 2009, laufendes DBU-Projekt von Ingenieurbüro aerosense)	3 Jahre	fak.	Abundanz ausgewählter Schalenwildarten	Biodiversität Bestäubung und Samenverbreitung Wald- und Wildprodukte Landschaftsästhetik
Nutztiere	Befragung von Landwirten	1 Jahr	fak.		Bestäubung und Samenverbreitung Vieh (Versorgungsdienstleistung) Tourismus und Bildung Landschaftsästhetik

## 8.2.4 Aquatische Ökosysteme

In den folgenden Kapiteln werden die Methoden der Bewertungssysteme für die biologische Qualitätskomponente nach Wasserrahmenrichtlinie dargestellt. Sofern eine Bewertung der Gewässer nach der Wasserrahmenrichtlinie (Gewässergüteklassen) angestrebt wird, so müssen alle der dargestellten Parameter erhoben werden. Für diesen Fall wurden die Parameter in den Tabellen als „obligatorisch“ eingestuft.

### 8.2.4.1 Phytoplankton (Fließgewässer)

Eine detaillierte Darstellung der Methoden zur Erfassung des Phytoplanktons befindet sich im „Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland“ (Mischke & Behrend 2007). Die Verfahrensanleitung und die Auswertesoftware „PhytoFluss“ sind auf der Internetseite des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (Dr. Ute Mischke) erhältlich: <http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/>.

Das Verfahren besteht aus den Probenahmen im Freiland, der mikroskopischen Artdetermination, quantitativen Analyse nach der UTERMÖHL-Methode und Auswertung mit dem Programm PhytoFluss.

Aufgrund einer hohen zeitlichen Dynamik des Phytoplanktons empfehlen die Autoren eine 14-tägige Probung im Zeitraum von April bis Oktober über einen Auswertzeitraum von 3-5 Jahren hinweg. Um den Aufwand zu reduzieren, ist die Kombination der Proben in einer Monatsmischprobe zulässig.

Hinsichtlich des Zeitaufwandes gibt es keine Angaben der Autoren.

### 8.2.4.2 Phytoplankton (Seen)

Die Methoden zur Erfassung des Phytoplanktons in Seen werden ausführlich von Mischke & Nixdorf (2008) dargestellt. Die Publikation enthält eine Anleitung zur Probenahme- und Probenaufbereitung, Determination und Berechnung der Indikatoren mit Hilfe der Software PhytoSee. Die Verfahrensanleitung ist auf dem Publikationsserver der BTU Cottbus verfügbar (<http://opus.kobv.de/btu/>). Die Software kann von der Internetseite des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (Dr. Ute Mischke) heruntergeladen werden: <http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/>.

Um das System PhytoSee anwenden zu können, ist eine 6-malige Probenahme zwischen April und Oktober notwendig. Der Erfassungszyklus beträgt 6 Jahre.

Hinsichtlich des Zeitaufwandes gibt es keine Angaben der Autoren.

### 8.2.4.3 Makrophyten, Diatomeen und Phytobenthos ohne Diatomeen (Fließgewässer)

Die Methoden zur Erfassung von Makrophyten, Diatomeen und Phytobenthos ohne Diatomeen sind in der „Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos“ (Schaumburg et al. 2012) dargestellt. Die Verfahrensanleitung und die Auswertesoftware „PHYLIB 4.1-DV-Tool“ sind von den Internetseiten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt herunterladbar: ([http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/software/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm)).

Die Erfassung von Makrophyten erfolgt durch eine Kartierung von Gewässerabschnitten, die durch definierte Kriterien ausgewählt werden. Erfasst werden alle Arten sowie deren Pflanzenmengen. Diatomeen werden per Hand, mit Hilfe von Saugeinrichtungen und Sedimentstechrohren gesammelt. Die Proben werden im Labor präpariert und in der Regel bis zur Ebene der Art oder Varietät determiniert. Für jede Art wird die prozentuale Häufigkeit bestimmt. Die übrigen benthischen Algen werden von den wichtigsten im Gewässer vorkommenden Substrattypen gesammelt und im Labor wahlweise nach einem vereinfachten oder detaillierten Verfahren bestimmt und einer Häufigkeitsklasse zugeordnet.

Alle Organismen werden an einem Termin im Jahr zur Hauptvegetationszeit der Makrophyten erfasst. Der Erfassungszyklus beträgt 6 Jahre.

Hinsichtlich des Zeitaufwandes gibt es keine Angaben der Autoren. Lediglich für den Laborteil des Moduls „Phytobenthos ohne Diatomeen“ werden pro Probe 180 Minuten für das vereinfachte Verfahren und 270 Minuten vollständige Verfahren angesetzt.

#### **8.2.4.4 Makrophyten und Diatomeen (Seen)**

Eine aktuelle Verfahrensanleitung zur Erfassung von Makrophyten und Diatomeen zur Bewertung des ökologischen Zustands von Seen wurde von Schaumburg et al. (2011) veröffentlicht. Sie ist ebenfalls von den Internetseiten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt beziehbar:  
[http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/software/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm). Zur Berechnung der Indikatoren kommt die Software „PHYLIB 4.1-DV-Tool“ zum Einsatz.

Die Grundlage für die Anwendung des Bewertungssystems ist eine Kartierung aller Makrophytenarten (Gefäßpflanzen, Characeen, Wassermoose) und die quantitative Erfassung von Diatomeenarten entlang festgelegter Transekte.

Makrophyten werden zur Hauptvegetationszeit im August/ September in verschiedenen Tiefenstufen des Gewässers erfasst und einer Häufigkeitsklasse zugeordnet. Diatomeen werden von den Sedimentoberflächen gewonnen, im Labor präpariert und mikroskopisch ausgewertet (Artbestimmung und quantitative Analyse).

Der Erfassungszyklus beträgt 6 Jahre. Hinsichtlich des Zeitaufwandes gibt es keine Angaben der Autoren.

#### **8.2.4.5 Makrozoobenthos (Fließgewässer)**

Die Methoden zur Erfassung des Makrozoobenthos sind detailliert in der Publikation „Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie“ (Meier et al. 2006a) beschrieben. Es enthält Anleitungen zur Auswahl der Probestellen, Probenahme, Probenbehandlung im Labor und Freiland, Hinweise zur Bestimmung der Taxa sowie zur Datenverarbeitung und -auswertung.

Die Grundlage für die Anwendung des Bewertungssystems PERLODES bildet die quantitative Erfassung verschiedener Makrozoobenthos-Taxa auf Basis einer operationellen Taxaliste. In kleineren Gewässern erfolgt die Probenahme nach einer modifizierten AQUEM/STAR-Methode. In größeren Gewässern kommen Benthos-Kescher, Dredge, Bodengreifer oder Kastenstecher zum Einsatz. Die Probenbearbeitung ist sowohl im Freiland als auch im Labor möglich. Für beide Varianten sind die Verfahrensschritte festgelegt.

Das Handbuch und die Auswertesoftware ASTERICS zur Berechnung der Indizes können von der Homepage [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de) heruntergeladen werden. Dort werden auch Hinweise zu aktueller Bestimmungsliteratur gegeben und Vorlagen für Feldprotokolle zur Verfügung gestellt.

Der beste Probezeitpunkt liegt für Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet <100 km<sup>2</sup> in den Monaten Februar-April, für Flüsse mit einem Einzugsgebiet >100 km<sup>2</sup> in den Monaten Mai-Juli. Der Erfassungszyklus beträgt 6 Jahre.

Der Gesamtaufwand für die Bearbeitung einer Probe wird mit 6,85 h beziffert (Haase & Sundermann 2004). Darin enthalten sind die Arbeitsschritte Probenahme, Unterprobenahme, Laborsortierung, Bestimmung und Dateneingabe.

#### **8.2.4.6 Fische (Fließgewässer)**

Die Methoden zur Erfassung von Fischen in Fließgewässern sind detailliert im „Handbuch zum fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer“ (Dußling 2009) dargelegt. Es enthält Anleitungen zur Erstellung typspezifischer Referenz-Artenlisten, Probenahme, Probestreckenauswahl, Angaben zum Mindestaufwand, Befischungsfrequenz, Erfassungszeitraum und eine Anleitung zur Datenverarbeitung und Auswertung.

Die Grundlage für die Anwendung von fiBS ist eine quantitative Erfassung aller Fischarten in festgelegten Gewässerabschnitten. Diese weisen eine variable Länge auf, die sich an der Breite des Gewässers orientiert. Als Standardmethode kommt die Elektrobefischung zum Einsatz. Ergänzungen durch andere Methoden zum gezielten Nachweis bestimmter Arten sind jedoch auch vorgesehen.

Das Handbuch und die Auswertesoftware können von der Homepage der Fischereiforschungsstellen Langenargen, die im Landwirtschaftlichem Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) angesiedelt ist, heruntergeladen werden ([https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296196\\_11/index1241097210642.html](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296196_11/index1241097210642.html)).

Aus fischereiwirtschaftlicher Sicht wird eine dreimalige Erfassung innerhalb eines Berichtszeitraumes von 6 Jahren empfohlen (Dußling 2009), im Mittel also alle 2 Jahre. Der geeignetste Zeitpunkt für die Probenahme ist der Spätsommer/ Frühherbst. Von manchen Autoren wird der Erfassungsaufwand für Fische generell als hoch angesehen (Luthardt et al. 2006). Vor diesem Hintergrund sollte eine Erfassung im Basismodul alle 6 Jahre erfolgen. Eine zeitliche Verdichtung auf einen Erfassungszyklus von 2 Jahren wäre allerdings dort anzuraten, wo durch Management in Gewässer eingegriffen wird.

Eine Einschätzung des Zeitaufwandes für die Bearbeitung einer Probestrecke ist kaum möglich, da dieser je nach Fließgewässertyp stark variiert. In der Literatur konnten dazu keine Angaben gefunden werden.

#### **8.2.4.7 Fische (Seen)**

Ein Methodenkatalog für die Erfassung von Fischen in Seen für die Berichterstattung nach Wasserrahmenrichtlinie befindet sich derzeit in Erarbeitung (UBA 2010). Bis zur Fertigstellung dieser Richtlinien sollte die Erfassung von Fischen nach dem Schema von Luthardt et al. (2006) vorgenommen werden. Dieses sieht eine semiquantitative Erhebung der Fischzönose in einem 5m breiten Streifen entlang des Ufers vor. Die zu befischenden Abschnitte sollten alle relevanten Habitatstrukturen abdecken. Die Erfassung erfolgt mittels Elektrobefischung und kann durch Stellnetze und Reusen ergänzt werden. Erfasst werden alle Arten mit Individuenzahl. Zusätzlich werden alle Individuen vermessen.

Als Erfassungszeitpunkte werden zwei Termine in einem Untersuchungsjahr vorgeschlagen (April/ Mai und Oktober), um saisonal bedingte Verschiebungen innerhalb der Fischzönose abzudecken. Als geeigneten Erfassungszyklus schlagen Luthardt et al. (2006) 6 Jahre vor.

Zum Zeitaufwand der Erfassungen existieren keine Angaben der Autoren.

**Tabelle 39. Übersicht biotischer Parameter für Fließgewässer und Seen**

PARAMETER	Methode	Erhebungs-frequenz	Priori-tät	Indikatoren Er-folgskontrolle	Indikatoren In-tegrität und Ökosys-temdienstleis-tungen
Phytoplankton - Fließgewässer	Methoden des Bewertungssystems PHY-TOFLUSS (Mischke & Behrend 2007) inklusive Auswertesoftware	3 Jahre 14-tägig von April-Oktober	obl.	Gesamtpigment (Chl a) Typespezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP) Pennaales Chloro Cyano Phytoplanktonindex	Biodiversität Exergieaufnahme Speicherkapazität
Phytoplankton - Seen	Methoden des Bewertungssystems PHYTOSEE (Mischke & Nixdorf 2008)	3 Jahre (6x von April-Oktober)	obl.	Gesamtbiovolumen Chlorophyll a-Konzentration Maximum-Wert Chlorophyll a Algenklassen Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI)	Biodiversität Exergieaufnahme Speicherkapazität
Makrophyten (Fließgewässer)	Methoden des Bewertungssystems PHYLIB (Schaumburg et al. 2012)	3 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Referenzindex Makrophyten Makrophyten- Phytobenthos-Index für Fließgewässer	Biodiversität Exergieaufnahme Speicherkapazität
Makrophyten - Seen	Methoden des Bewertungssystems PHYLIB (Schaumburg et al. 2011)	3-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Referenzindex Makrophyten (Seen)	Biodiversität Exergieaufnahme Speicherkapazität

PARAMETER	Methode	Erhebungs- frequenz	Priori- tät	Indikatoren Er- folgskontrolle	Indikatoren In- tegrität und Ökosys- temdienstleis- tungen
Diatomeen - Fließgewässer	Methoden des Bewertungssys- tems PHYLIB (Schaumburg et al. 2012)	3-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Summenhäufigkeit von Referenz- Diatomeenarten  Trophieindex und Saprobienindex  Summenhäufigkeit von Versauerungs- zeigern  Halobienindex  Diatomeenindex Fließgewässer  Makrophyten- Phy- tobenthos-Index für Fließgewässer	Biodiversität  Exergieaufnahme  Speicherkapazität  Stoffkreisläufe
Diatomeen - Seen	Methoden des Bewertungssys- tems PHYLIB (Schaumburg et al. 2011)	3-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Trophieindex  Referenzartenquoti- ent (RAQ)	Biodiversität  Exergieaufnahme  Speicherkapazität  Stoffkreisläufe
Phytobenthos ohne Diatomeen - Fließgewässer	Methoden des Bewertungssys- tems PHYLIB (Schaumburg et al. 2012) inklusive Auswertesoftware	3-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Referenzindex Phy- tobenthos ohne Diatomeen  Makrophyten- Phy- tobenthos-Index für Fließgewässer	Biodiversität  Exergieaufnahme  Speicherkapazität
Makro- zoobenthos (Fließgewässer)	Methoden des Bewertungssys- tems PERLODES (Meier et al. 2006a)	3-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Indikatoren zur Bewertung des ökologischen Zu- stands von Fließ- gewässern mit Mak- rozoobenthos (Meier et al. 2006b)	Biodiversität  Wasserreinigung
Fische - Fließgewässer	Methoden des Bewertungssys- tems fiBS (Dußling 2009)	2-6 Jahre (1x pro Jahr)	obl.	Indikatoren zur Bewertung des ökologischen Zu- stands von Fließ- gewässern mit Fi- schen (Dußling 2009)	Biodiversität  Wasserreinigung
Fische - Seen	Methoden nach Luthardt et al. (2006)	6 Jahre (2x pro Jahr)	obl.	Artenzahl Fische  Evenness Fische  Altersstruktur Fische  Anzahl Neozoenar- ten  Anteil Neozoenarten  Anteil von Neozoen am Gesamtbestand	Biodiversität

## 8.2.5 Parameter auf Landschaftsebene

### 8.2.5.1 Verteilung der Landbedeckungsklassen

Die Indikatoren, die die Zusammensetzung und Konfiguration der Landschaft beschreiben, werden mit Hilfe spezieller Software (Fragstats oder GIS) auf Basis kategorialer Karten berechnet. Je nach Indikator und Fragestellung haben diese Karten eine unterschiedlich hohe thematische und räumliche Auflösung.

Eine Biotoptypenkarte ist für Parametrisierung der Indikatoren „Biotoptypenzusammensetzung“, „Diversität“ und „Evenness“ von Biotoptypen notwendig. Klassischerweise wird eine solche Karte durch ein Luftbild-gestütztes terrestrisches Kartierverfahren erstellt. Eine vollständig automatisierte Ableitung von Biotoptypen auf Basis von Fernerkundungsverfahren ist derzeit nicht möglich, da die in den Kartierschlüsseln sehr zahlreich vorgegebenen Klassen nicht alle spektral oder strukturell unterscheidbar sind. Allerdings existieren vielversprechende Ansätze, insbesondere ausgewählte FFH-Lebensraumtypen trockener und feuchter Offenländer zu identifizieren (Universität Potsdam 2012, TU Berlin - Projekt CAREX). So ist davon auszugehen, dass der terrestrische (Nach-)Kartierungsaufwand schrittweise zurückgefahren werden kann.

Indikatoren für die Landschaftszusammensetzung und -konfiguration müssen nicht zwangsläufig auf Basis einer Biotoptypenkarte berechnet werden. Um einen Überblick über die Entwicklung der Gebiete zu erlangen, genügt die Auswertung grober Landbedeckungskategorien. Die entsprechenden Karten können auf der Basis von Landsat (E)TM - Satellitenaufnahmen erstellt werden. Die räumliche (30m) und spektrale Auflösung (7 Kanäle) ist relativ gering. Dafür zeichnen sich die Sensoren durch eine hohe Kontinuität ihrer Eigenschaften aus und sind daher gut für langjährige Zeitreihenanalysen geeignet. Gut trennbar sind die folgenden Hauptbedeckungsklassen (Universität Potsdam 2012):

- Wasser
- Feuchtes vegetationsbedecktes Offenland
- Trockenes vegetationsbedecktes Offenland
- Offener Boden
- Laubwald, Vorwald, Verbuschung
- Nadelwald

Die Verwendung von Satellitendaten höherer räumlicher und spektraler Auflösung (z. B. Rapid Eye) führt zu einer exakteren räumlichen Abgrenzung der Hauptbedeckungsklassen (Universität Potsdam 2012). Insbesondere für kleine und kleinräumig strukturierte Gebiete wären diese besser geeignet als die räumlich gering aufgelösten Landsat-Daten.

Mit Hilfe multispektraler oder hyperspektraler Aufnahmen lassen sich zudem Karten erstellen, deren thematische Auflösung zwischen der einer Biotoptypenkarte und der oben dargestellten Landbedeckungskarte liegt. Dazu existieren verschiedene Verfahren, z. B.:

- Sara04 –Verfahren zur Gewinnung von Umweltinformationen auf der Basis von Quickbird-Satellitenaufnahmen (Firma LUP Brandenburg)
- SaraEnmap – automatisiertes Verfahren zur Ableitung von Umweltinformationen auf Basis von HYMAP-Daten (hyperspektral) in Vorbereitung auf den Start des EnMap-Hyperspektralsatelliten (Firma LUP Brandenburg)
- ordinationsbasiertes Verfahren für trockene Offenlandstandorte auf Basis von Hyperspektralaufnahmen (Universität Potsdam und Geoforschungszentrum Potsdam)
- Multitemporale Klassifikationsverfahren auf Basis von RapidEye – Satellitenaufnahmen (Technische Universität Berlin).

Eine Gliederung in Module könnte so aussehen:

- Grundmodul:
  - Biotoptypenkartierung (hohe thematische Auflösung): alle 10- 12 Jahre
  - Erstellung einer Karte der Hauptbedeckungsklassen (niedrige thematische Auflösung) auf Basis von Landsat-(E)TM- Aufnahmen alle 6 Jahre
- Zusatzmodul:
  - Erstellung von Landbedeckungskarten mittlerer thematischer Auflösung alle 6 Jahre unter Nutzung von multispektralen Satellitenaufnahmen (multitemporale Analyse) oder Hyperspektralaufnahmen.

### 8.2.5.2 Verteilung der Wasserstufen

Die Ermittlung der Wasserstufe erfolgt durch Kartierung. Die Grundlage bilden Artenlisten, die für alle auf einer bestimmten Fläche abgrenzbaren Vegetationseinheiten erstellt werden. Die ursprüngliche Methode nach Koepke et al. (1985) bzw. Koepke et al. (1989) wurde von Luthardt et al. (2006) übernommen und für die ökosystemare Umweltbeobachtung in Brandenburg angepasst. In dieser Form könnte sie für das Monitoring in den Naturerbegebieten verwendet werden.

Der Erhebungszyklus sollte 6 Jahre betragen. Luthardt et al. (2006) veranschlagen für die Kartierung von 5 ha Fläche ungefähr 1 Tag.

**Tabelle 40. Flächig zu erhebende Parameter**

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Biotoptypenverteilung	Biotoptypenkartierung in Kombination mit Fernerkundungsverfahren	10-12 Jahre	obl.	Flächenanteile der Biotoptypen Anzahl der Biotoptypen Evenness der Biotoptypen Patchdichte Grenzliniendichte Formkomplexität der Landschaftselemente Konfiguration der Landschaftselemente Proximity-Index	Heterogenität Biodiversität Landschaftsästhetik
Flächenanteil aller Waldbehandlungskategorien	Ermittlung auf Basis aktualisierter Naturerbeentwicklungspläne und Biotoptypenkarten	10 Jahre	obl.	Flächenanteil aller Waldbehandlungskategorien	

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	Priorität	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Verteilung der Hauptbedeckungsklassen	Erstellung einer Karte der Hauptbedeckungsklassen auf Basis von Satellitenbildern (Landsat (E)TM oder RapidEye)	6 Jahre	obl.	Anteil der mit Gehölzen bedeckten Fläche  Summe der Kernflächen von Wäldern und Offenländern	Heterogenität
Verteilung von Bestandslücken	Erstellung einer Bestandslückenkarte mit Hilfe flugzeuggetragener Laserscanner (z. B. Vehmas et al. 2011)	10 Jahre	fak.	Flächenanteil von Bestandslücken  Diversität von Bestandslücken – Richness und Evenness  Bestandslückendichte – Patchdichte  Formkomplexität von Bestandslücken  Entfernung zwischen Bestandslücken	Heterogenität
Verteilung der Landnutzungstypen	ATKIS (Minimum)  Ergänzt um zusätzliche Erhebungen (Maßnahmenplanung, Biotoptypen)	6 oder 10 Jahre	obl.		Heterogenität
Verteilung der Bodenarten und Standortfaktoren	Bezug / Erstellung forstlicher Standortkarten und Bodenkarten nach AG Boden (2005)	einmalig	obl.		Heterogenität
Verteilung der Wasserstufen	Kartierung der Wasserstufen nach Luthardt et al. (2006)	6 Jahre	obl.	Wasserstufen	Heterogenität

### 8.3 Sozioökonomische Parameter

Tabelle 41 enthält eine Übersicht sozioökonomischer Parameter, die zur Quantifizierung der Indikatoren für kulturelle Dienstleistungen benötigt werden. Einige der Parameter dienen nicht direkt der Indikation von Ökosystemdienstleistungen und beziehen sich auch nicht auf die Indikatoren für die Erfolgskontrolle aus Kapitel 7.1. Sie können jedoch für die interne Evaluierung des Gebietsmanagements herangezogen werden. Dazu gehören Kennzahlen zu finanziellen und personellen Aufwendungen für die Gebiete, aber auch zur Akzeptanz und wirtschaftlichen Wirkung im Umfeld.

**Tabelle 41. Parameter zur Quantifizierung kultureller Dienstleistungen und von Indikatoren zur Evaluation des Gebietsmanagements**

Spalte P = Priorität: obl. = obligatorisch, fak. = fakultativ

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	P	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Ergebnisse aus Fragebogenerhebungen (Reisekostenanalyse, Zahlungsbereitschaften, Wissenszuwachs)	Fragebogenerhebungen	3-5 Jahre	obl.		Landschaftsästhetik Inspiration Erholung und Tourismus Bildung
Scenic beauty estimation (Bewertung der Landschaftsschönheit)	Befragung unter Verwendung von Fotografien (Daniel & Boster 1976)	Alle 3-5 Jahre oder ereignisbezogen (hypothetische Befragung)	fak.		Landschaftsästhetik
Besucheranzahl in den Naturerbegebieten (einheimisch/fremd)	Besucherzählung und -befragung	1 Jahr	obl.		Erholung und Tourismus
Anzahl von Tourismusinfrastrukturen (Hotels, Campingplätze, Bänke, Wege) in einer definierten Pufferzone	Auswertung von Statistiken der Tourismusverbände, Länder und Kommunen	1 Jahr	fak.		Erholung und Tourismus
Anzahl von Informationstafeln, Broschüren und Führungen und anderen Bildungsveranstaltungen	Eigene Statistik	1 Jahr	fak.		Bildung
Finanzieller Aufwand für das Gebiet	Eigene Statistik	1 Jahr	fak.		
Finanzieller Ertrag des Gebietes aus der Entnahme von ökonomisch zu erfassenden Produkten	Eigene Statistik	1 Jahr	fak.		

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	P	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Anzahl der Arbeitsplätze (finanziert durch Flächeneigentümer oder andere Fördermittelgeber)	Eigene Statistik	1 Jahr	fak.		
Anzahl ehrenamtlich tätiger Personen	Eigene Statistik	1 Jahr	fak.		
Partizipation (Anzahl an Veranstaltungen, Teilnehmerzahl)	Eigene Statistik	1 Jahr	obl.		Bildung
Akzeptanz des Naturerbegebietes	Akzeptanzbefragung	1 Jahr	obl.		Bildung Erholung und Tourismus
Anzahl/ finanzielles Volumen von Forschungsprojekten	Eigene Statistik der Gebietsverwaltung	1 Jahr	obl.		Bildung
Anzahl wissenschaftlicher Publikationen mit Bezug zu den Naturerbegebieten	Eigene Literaturrecherche Auswertung von Projektberichten	1 Jahr	obl.		Bildung

**Tabelle 42. Entnahmen der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Jagd und Wasserwirtschaft**

Spalte P = Priorität: obl. = obligatorisch, fak. = fakultativ

PARAMETER	Methode	Erhebungsfrequenz	P	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Geerntete Feldfrüchte (t/ha*a, kJ/ha*a)	Befragung von Landwirten	1 Jahr	obl.		Feldfrüchte
Geerntetes Viehfutter (t/ha*a) und finanzieller Ertrag (€/ha*a)	Befragung von Landwirten	1 Jahr	obl.		Viehfutter
Geerntete Fasern (t/ha*a)	Befragung von Landwirten	1 Jahr	obl.		Fasern
Anzahl von geschlachteten Nutztieren (n/ha*a, kJ/ha*a)	Befragung von Landwirten	1 Jahr	obl.		Nutztierhaltung
Tierische Produktion (t C/ha*a, l/ha*a, kJ/ha*a)	Befragung von Landwirten	1 Jahr	obl.		Nutztierhaltung

PARAMETER	Methode	Erhebungs- frequenz	P	Indikatoren Erfolgskontrolle	Indikatoren Integrität und Ökosystemdienstleistungen
Gefangene Fische, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen (t/ha*a)	Befragung von Fischern und Anglern	1 Jahr	obl.		Fisch, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen
Jagdstrecke (Stück/ha*a, kg/ha*a)	Jagdstatistik	1 Jahr	obl.	Jagdstrecke	Wald- und Wildprodukte
Gesammelte Pflanzenbiomasse (Beeren, Pilze, Wildkräuter) (t C/ ha*a)	Befragung von Anwohnern und Auswärtigen	1 Jahr	fak.		Wald- und Wildprodukte
Geerntetes Bauholz in Raummeter (rm) oder Festmeter (fm)	Statistik des Bundesforstes	1 Jahr	obl.		Holz
Geerntetes Brennholz in Raummeter (rm) oder Festmeter (fm)	Statistik des Bundesforstes	1 Jahr	obl.		Holzbrennstoff
Geerntete Biomasse (t/ha*a, kJ/ha*a) für energetische Nutzung	Befragung der Verwerter Statistik des Bundesforstes	1 Jahr	obl.		Biomasse zur Energieproduktion
Betrag oder Anzahl medizinisch verwertbarer Produkte (kg/ha*a, n/ha*a)	Befragung der Verwerter	1 Jahr	fak.		Biochemikalien / Medizin
Genutzte Süßwasserreserven (m <sup>3</sup> / ha*a, l/ha*a)	Messeinrichtungen von Trink- und Brauchwassergewinnungsanlagen Befragung von Nutzern	1 Jahr	obl.		Süßwasser
Ertrag (€/ha*a) aus den Ernten und Entnahmen der oben genannten Produkte	Befragungen der Unternehmer	1 Jahr	obl.		Feldfrüchte Nutztierhaltung Viehfutter Fisch, Meeresfrüchte, Krustentiere und Algen Fasern Wald- und Wildprodukte Holzbrennstoff Biomasse zur Energieproduktion Biochemikalien / Medizin Süßwasser

## 8.4 Überlegungen zum Erhebungsdesign

### 8.4.1 Stichprobenumfang und Verteilung

Die für die Quantifizierung der Indikatoren notwendigen Parameter werden je nach Eigenschaft auf der Gesamtfläche eines Naturerbegebietes oder stichprobenhaft erhoben. Für das Stichprobendesign können folgende Grundsätze formuliert werden:

- Stichproben müssen die Grundgesamtheit ausreichend gut repräsentieren,
- müssen zufällig gezogen werden und
- Pseudoreplikationen sollten vermieden werden.

Aufgrund begrenzter Ressourcen sowie der Notwendigkeit der Fokussierung auf bestimmte Fragestellungen ist die Umsetzung eines idealen Stichprobendesigns kaum möglich. Die Verteilung der Stichproben sollte die wesentlichen mit bestimmten Schutz- und Entwicklungszielen unterlegten Biotoptypen sowie die Zielflächen des Managements berücksichtigen. Stichproben können daher nicht durch reine Zufallsauswahl, sondern müssen stratifiziert-randomisiert im Raum verteilt werden. Eine Stratifizierung gewährleistet, dass auch seltene Ereignisse (z. B. Biotoptypen mit geringen Flächenanteilen) in der Stichprobe vertreten sind. Die Stratifizierung kann proportional oder disproportional zur Flächengröße der betrachteten Einheiten erfolgen. Eine proportionale Stratifizierung wäre z. B. für die Stichprobeninventur (Waldstrukturerfassung) zu empfehlen, da diese nicht nur der Beantwortung naturschutzfachlicher Fragestellungen dient, sondern auch flächenrepräsentative Daten für die forstliche Planung liefern soll. Durch eine disproportionale Schichtung wird erreicht, dass bestimmte seltene Ereignisse in einer ausreichend großen Zahl in einer Stichprobe vertreten sind und dass der Erfassungsaufwand für häufige Ereignisse auf ein bestimmtes Maß reduziert wird. Eine solche Vorgehensweise wäre z. B. zur Verteilung von Vegetationsaufnahmen zu empfehlen. Um Pseudoreplikationen zu vermeiden, sollte ein minimaler Flächenbezug pro Stichprobe definiert werden, der nicht unterschritten werden sollte. Dieser hängt von den Eigenschaften der betrachteten Organismen und Prozesse, insbesondere deren Mobilität, Aktions- oder Wirkungsradius ab.

Die jeweilige Vorgehensweise für die wichtigsten Erhebungsgrößen wird in Kapitel 10.3 anhand des Beispielgebietes Prora dargestellt.

### 8.4.2 Räumliche Koppelung der Erhebungen

Um detaillierte Analysen zur Beziehung zwischen verschiedenen Parametern durchführen zu können und um Synergieeffekte bei der Erfassung zu nutzen, sollten bestimmte Erfassungen räumlich gekoppelt erfolgen:

- Stichprobeninventur,
- Vegetationsaufnahmen,
- Erhebung bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter und
- Erhebungen zur Bodenbiodiversität.

Die durch die Erhebung von Bodenparameter verursachten Störungen können zu Veränderungen der Vegetation führen. Sie sollten daher nicht unmittelbar auf den Flächen der Vegetationserfassung stattfinden.

Die Nutzung der Tagfaltertransekte für die Heuschreckenerfassung sollte geprüft werden. Aufgrund der hohen Individuendichten der Heuschrecken können jedoch nur Teilabschnitte des Tagfaltertransektes bearbeitet werden.

## 9 Infrastrukturelle Aspekte

### 9.1 Abschätzung des Arbeitsaufwandes

Für die meisten obligatorisch zu erhebenden Parameter konnten bei der Recherche der Fachliteratur Schätzungen zum Zeitaufwand gefunden werden. Oftmals ist der Erfassungsaufwand abhängig von variablen Faktoren, wie z. B. Gebietsgröße, zu erwartendes Arteninventar und Art der Habitate. Der Aufwand für Laboranalysen wird durch die Kapazitäten und die technische Ausstattung der jeweiligen Labore bestimmt. Daher sind die in Tabelle 43 dargestellten Zeitangaben nur als grobe Schätzung zu betrachten. Für manche Parameter war es nicht möglich, den Zeitaufwand abzuschätzen. Das betrifft vor allem biotische und abiotische Parameter der Gewässer. Die Ermittlung des Aufwandes für Fernerkundungsverfahren ist generell schwierig, da sich viele Verfahren noch in der Entwicklungsphase befinden und bisher kaum in etablierte Monitoringprogramme Einzug gehalten haben.

**Tabelle 43. Abschätzung des Zeitaufwandes für die Erhebung ausgewählter Parameter**

Parameter	Zeitaufwand	Quelle
<b>Flora und Vegetation</b>		
Vegetationsaufnahme (Gefäßpflanzen)	1-2h pro Aufnahme <sup>1</sup> 15-45 Minuten pro Aufnahme <sup>2</sup> abhängig von der Artenzahl	<sup>1</sup> Luthardt et al. (2006) <sup>2</sup> Lorenz (pers. Mitt.) und eigene Schätzung
Vegetationsstrukturerhebung mit Makroplots (ohne Vegetationsaufnahme)	2-2,5h pro Aufnahme	A. Lorenz (pers. Mitt.)
Biomassebestimmung durch Ernte (Offenland)	4h pro 5m <sup>2</sup>	Luthardt et al. (2006)
<b>Waldstruktur</b>		
Stichprobeninventur	3,3h pro Probekreis inklusive Wege-, Rüst- und Messzeiten für ein 2-Personen-Team (davon 2,6h für stehenden und liegenden Bestand; 0,7h für Verjüngung)	Meyer et al. (2009)
<b>Fauna</b>		
Vögel	30-40h pro Jahr und Erfassungsfläche für das Monitoring häufiger Arten  Aufwand für seltene Arten und Rastvögel abhängig von der Artenauswahl und der Gebietsgröße	Mitschke et al. (2005) DDA (2011)
Amphibien	1-1,5h pro Gewässer und Begehung (Kleingewässer)	Luthardt et al. (2006)
Tagfalter	50 Minuten für ein Transekt einer Länge von 500m (5 Minuten pro 50m-Abschnitt)	Tagfaltermonitoring Deutschland
Libellen	1,5-2,5h pro Gewässer und Begehung, variierend nach Gewässertyp und Erfassungsart	Luthardt et al. (2006)
Laufkäfer	Installation einer Bodenfalle: ca. 10 Minuten Leerung: ca. 8 Minuten pro Falle und Termin Aussortieren: 20-30 Minuten pro Falle	Luthardt et al. (2006)

Parameter	Zeitaufwand	Quelle
	Bestimmung: 45-60 Minuten pro Falle	
Spinnen	Probenahme siehe Laufkäfer Bestimmung: 90-120 Minuten pro Falle und Fangperiode	Luthardt et al. (2006)
Regenwürmer	Probenahme: 7-12h pro 1-1,5m <sup>2</sup> Probefläche für ein 3-Personen-Team Bestimmung der Arten und der Biomasse: 3-5h für 1m <sup>2</sup>	Luthardt et al. (2006)
Heuschrecken	Semiquantitative Erfassung: 30-45 Minuten pro Transekt (Länge 25m, Breite 4m) Quantitative Erfassung: 3045 Minuten für 20m <sup>2</sup>	Luthardt et al. (2006)
Amphibien	0,5h pro Fläche und Begehung (an Grabenabschnitten)	Luthardt et al. (2006)
<b>Boden</b>		
Bestimmung der Mächtigkeit der Auflagehorizonte und des Mineralbodens und Entnahme für Laboranalysen	20-30 Minuten pro Bohrstockeinschlag	Luthardt et al. (2006)
Trockenrohdichte	48h/Probe im Labor	Luthardt et al. (2006)
pH-Wert	10 Minuten/ Probe	Luthardt et al. (2006)
CaCO <sub>3</sub>	10 Minuten/ Probe	Luthardt et al. (2006)
Gesamt – C und N	8 Minuten /Probe	Luthardt et al. (2006)
C <sub>org</sub>	2 Minuten/ Probe	Luthardt et al. (2006)
NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub>	1 Tag / 50 Proben, abhängig von der Laborausstattung	A. Herrmann (pers. Mitt.)
P, K	2,8h/ 24 Proben (dürfte für Ca und Mg ähnlich sein, alle vier Elemente können mit Doppellactat-Extraktion simultan bearbeitet werden)	Luthardt et al. (2006)
<b>Oberflächengewässer</b>		
Makrozoobenthos Fließgewässer	6,85h pro Probe	Haase & Sundermann (2004)
<b>Grundwasser</b>		
Pegelmessung	10 Minuten pro Ablesevorgang bei manueller Ablesung	Luthardt et al. (2006)
pH	5-10 Minuten /Probenahme	Luthardt et al. (2006)
O <sub>2</sub>	1 Minute/ Probenahme	Luthardt et al. (2006)
<b>Flächig zu erhebende Parameter</b>		
Wasserstufenkartierung	1 Tag für 5ha Fläche	Luthardt et al. (2006)

## 9.2 Datenhaltung

Bei der Etablierung des Monitorings in den Naturerbegebieten fallen große Datenmengen an, die in Datenbanken abgelegt werden müssen. Die Anforderungen an das zu wählende Datenbankmanagementsystem (DBMS) und dessen Implementierung werden durch Typ, Umfang und Verwendungsplanung der zu erwartenden Daten bestimmt. Diese Daten haben einen unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Bezug und können aus unterschiedlichen Quellen stammen (eigene Erhebungen und Datenbezug aus anderen Programmen).

Das zu wählende DBMS sollte einen objektrelationalen Ansatz verfolgen. Geeignete DBMS, sind z. B. Lösungen von Oracle (kostenpflichtige Lizenz) oder PostgreSQL (Open Source Lizenz). Bei der Entwicklung des Datenflussmodells bzw. des Entity relationship Modells (ERM) für die zu nutzende Datenbank sind grundlegende Designprinzipien zu berücksichtigen. Die Datenbank bzw. die zu speichernden Datensätze sollten die Regeln der ACID Kriterien und der Normalform (3.NF oder Boyce-Codd NF) erfüllen.

Das ACID Prinzip verfolgt den Ansatz, dass Datensätze atomar, konsistent, integrativ und dauerhaft in der Datenbank gespeichert werden können. Die Datenbank liegt dann in 3.NF vor wenn jedes Attribut einer Relation in einem atomaren Wertebereich vorliegt und kein Nichtschlüsselattribut funktional von einer echten Teilmenge eines Schlüsselkandidaten oder eines anderen Nichtschlüsselattributs abhängig ist. Für die Entwicklung des entsprechenden ERM können gängige Softwarelösungen (z. B. ERD Concepts, TOAD, DBDesigner) verwendet werden. Diese ermöglichen auch die physische Erstellung der finalen DB inkl. Möglichkeiten zum Reverse engineering. Der administrative Zugang zur Datenbank und den gespeicherten Daten kann systemnah über Softwarelösungen wie PL/SQL Developer oder TOAD erfolgen. Für die Nutzung durch eine breitere bzw. nicht mit SQL Grundlagen vertraute Anwenderschicht ist die Bereitstellung einer Nutzeroberfläche, eines so genannten Frontends notwendig. Diese kann z. B. Webbasiert via ODBC Schnittstelle realisiert werden. Für Aufgaben der Visualisierung und für räumliche Analysen bietet sich die Nutzung von GIS basierten Lösungen (z. B. ESRI ARCGIS) an. In diesen GIS Umgebungen kann die Datenbank unter Nutzung unterschiedlicher Protokolle (z. B. ODBC) eingebunden werden. Auf diesem Wege sind direkt vom GIS selektive Abfragen von Datensätzen auf der Datenbank möglich.

### 9.3 Datenanalyse

Tabelle 44 enthält eine Übersicht relevanter Softwareanwendungen, die zur Analyse der im Monitoring anfallenden Daten benötigt werden. Daneben wird für bestimmte Erfassungen und Datenbearbeitungsschritte diverse Spezialsoftware benötigt, die an dieser Stelle nicht genannt werden. Dazu zählen z. B. Anwendungen zur Verarbeitung von Fernerkundungsdaten oder spezielle Softwarelösungen für forstliche Stichprobeninventuren.

**Tabelle 44. Beispiele relevanter Softwareanwendungen**

Software	Anwendung	Informationen
R	Allgemeine Statistische Analyse der anfallenden Daten, vielfältige Pakete für Spezialanwendungen und komplexe Modelle	<a href="http://www.r-project.org/">http://www.r-project.org/</a>
Canoco	Analyse der Struktur von Artengemeinschaften und der Beziehungen zwischen Artengemeinschaften und ihrer Umwelt	<a href="http://www.pri.wur.nl/uk/products/canoco/">http://www.pri.wur.nl/uk/products/canoco/</a>
Fragstats	Analyse von Landschaftsstrukturen	<a href="http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html">http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html</a>
ArcGIS	Bearbeitung und Analyse von Flächendaten, kartographische Darstellungen	<a href="http://www.esri-germany.de/products/arcgis/index.html">http://www.esri-germany.de/products/arcgis/index.html</a>
TRIM	Software zur Berechnung von Indizes und Trends aus Monitoringprogrammen	<a href="http://www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuurmilieu/methoden/trim/default.htm">http://www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuurmilieu/methoden/trim/default.htm</a>
Phytofluss 2.1	Bewertung von Fließgewässern mit Phytoplankton	<a href="http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/#Downloads">http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/#Downloads</a>

Software	Anwendung	Informationen
PhytoSee vs 3.0	Bewertung von Seen mit Phytoplankton	<a href="http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/#Downloads">http://unio.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/mischke/#Downloads</a>
PHYLIB 4.1-DV-Tool	Bewertung von Fließgewässern und Seen mit Makrophyten und Phytobenthos	<a href="http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm">http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm</a>
ASTERICS inkl. PERLODES vs 3.3.1	Bewertung von Fließgewässern mit Makrozoobenthos	<a href="http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/berechnung/">http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/berechnung/</a>
fiBS8.0.6a	Bewertung von Fließgewässern mit Fischen	<a href="https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296703/index.html">https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296703/index.html</a>

#### 9.4 Fachbeirat

Das Monitoring ist gekennzeichnet durch eine hohe thematische Vielfalt. Außerdem bestehen vielfältige Interaktionen mit anderen Monitoringprogrammen auf unterschiedlichen räumlichen und administrativen Skalen. Aufgrund dieser thematischen und organisatorischen Komplexität sollte ein Fachbeirat etabliert werden, der folgenden Personenkreis umfasst:

- Entscheidungsträger der DBU Naturerbe GmbH mit Zuständigkeiten für Monitoring und Flächenmanagement
- Wissenschaftler aus folgenden Themenbereichen
  - Wald und Forst
  - Ökologie (mit botanischem und zoologischem Schwerpunkt)
  - Bodenkunde
  - Gewässerkunde
  - Fernerkundung
- Vertreter des Bundesamtes für Naturschutz
- Vertreter der Bundesländer
- Vertreter nationaler Erfassungsprogramme, an die das Monitoring thematisch oder organisatorisch angegliedert ist
- Vertreter anderer Verbände, die Flächen des Nationalen Naturerbes betreuen

Dieser Personenkreis sollte sich einmal im Jahr zu einem Workshop zusammenfinden, um das Monitoring zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

## 10 Fallstudie Prora

Anhand des Naturerbegebietes Prora wird gezeigt, wie das vorliegende Monitoringkonzept auf der Fläche umgesetzt werden könnte. Die Grundlage bilden der Entwurf des Naturerbeentwicklungsplans (BIMA 2011) und die dazugehörigen Kartenwerke, die dankenswerterweise von der DBU Naturerbe GmbH und der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben zur Verfügung gestellt wurden. In Kapitel 10.3 werden die obligatorisch zu erhebenden Parameter dargestellt, die zur Quantifizierung der Indikatoren für die Erfolgskontrolle benötigt werden. Auf räumlich explizite Darstellungen wurde verzichtet, da dieser Schritt detaillierte Voruntersuchungen vor Ort erfordert, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geleistet werden konnten. Ein qualitativer Ansatz zur Abschätzung der Ökosystemintegrität und der auf der Fläche des Gebietes bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen ist in Kapitel 10.4 dargestellt.

### 10.1 Gebietsbeschreibung

Das Naturerbegebiet Prora befindet sich im östlichen Teil der Insel Rügen. Es handelt sich um ein ehemaliges militärisches Übungsgelände, das zwischen 1949-1993 als Schießplatz genutzt wurde. Es umfasst eine Fläche von 1895,6 ha, von denen 1512,8 ha dem Wald und 382,4 ha dem Offenland zugerechnet werden (BIMA 2011). Das Gebiet ist durch ein abwechslungsreiches Relief und eine ausgeprägte standörtliche Diversität gekennzeichnet. Es sind sowohl mittelfrische, kräftige Standorte, mittelfrische mäßig nährstoffversorgte Standorte und mittelfrische arme und sehr arme Standorte (skelettreiche Sande und organische Feucht- und Nassstandorte) zu finden (BIMA 2011). Die abwechslungsreichen Standortverhältnisse spiegeln sich in einer hohen Biotoptypendiversität wider. So sind im Wald 33 und im Offenland (inklusive Gewässer) 45 Biotoptypen (Kartierungsschlüssel des Landes Mecklenburg-Vorpommern) kartiert worden (BIMA 2011). Darunter befinden sich viele nach dem Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommerns geschützte Biotoptypen (Tabelle 48, Tabelle 49). Außerdem befinden sich folgende FFH-Lebensraumtypen im Gebiet:

- 1150 – Lagunen des Küstenraums (Strandseen)
- 2180 – Bewaldete Dünen der atlantischen, kontinentalen und borealen Region
- 3150 – Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions
- 4010 – Feuchte Heiden des nordatlantischen Raumes mit *Erica tetralix*
- 4030 – Trockene Europäische Heiden
- 5130 – Formationen von *Juniperus communis* auf Kalkheiden und –rasen
- 6410 – Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden
- 7210 – Kalkreiche Sümpfe mit *Cladium mariscus* und Arten des Caricion davallianae
- 7230 – Kalkreiche Niedermoore
- 9110 – Hainsimsen-Buchenwald
- 9130 – Waldmeister-Buchenwald

Das Naturerbegebiet Prora ist Bestandteil eines Landschaftsschutzgebietes, dreier Naturschutzgebiete, eines FFH-Gebietes und eines SPA-Gebietes.

## 10.2 Entwicklungsziele und geplante Maßnahmen

Die übergeordneten Schutz- und Entwicklungsziele für das Naturerbegebiet Prora sind in einem Leitbild festgelegt, welches auf Basis fachlicher Abstimmungen zwischen der DBU Naturerbe GmbH, dem Bundesamt für Naturschutz sowie dem Land Mecklenburg-Vorpommern erstellt wurde (DBU 2010). Es enthält spezifische Ziele für die Wälder, Offenlandkomplexe, Gewässer und Feuchtgebiete. Die konkreten Ziele, auf die sich die Maßnahmenplanung stützt, sind im Naturerbeentwicklungsplan (BIMA 2011) festgelegt. Die Ziele und die wichtigsten geplanten Maßnahmen werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

### 10.2.1 Wald

Das Leitbild für das Naturerbegebiet Prora (DBU 2011) nennt für die Wälder folgende übergeordnete Ziele:

- Sicherung zusammenhängender Flächen mit natürlicher Waldentwicklung nach Entnahme fremdländischer Arten, auch ohne weitere forstliche Nutzung auf den Halbinseln Pultz, Stedar, Thiessow und Buhlitz sowie im Bereich Fangerien spätestens in 10 Jahren
- Natürliche Entwicklung in naturnahen Schlucht- und Hangmischwäldern sowie in Moor-, Erlenbruch-, Buchen- und Eichenwäldern
- Umbau strukturarmer Nadelwälder in naturnahe strukturreiche Mischwälder durch Naturverjüngung mit Arten der potenziell natürlichen Vegetation mit anschließender natürlicher Entwicklung

Im Naturerbeentwicklungsplan (BIMA 2011) werden die Entwicklungsziele auf konkrete Biotoptypen und Flächeneinheiten bezogen. Der größte Teil der Wälder des Naturerbegebietes Prora soll langfristig einer natürlichen Entwicklung überlassen werden. Der zeitliche Horizont der Überführung ist in den Waldbehandlungskategorien (siehe Tabelle 10, Kapitel 6.1.1) festgelegt. Von insgesamt 1506,6 ha Waldfläche sollen 781,6 ha sofort aus der Nutzung genommen werden. Damit nehmen die Bestände der Waldbehandlungskategorie N den größten Teil (52%) an der gesamten bewaldeten Fläche ein. Die Waldbehandlungskategorie ÜK (kurzfristige Überführung in die natürliche Waldentwicklung) umfasst 190,3 ha (12,6%) und die Kategorie ÜL (langfristige Überführung) 350,3 ha (23,2%) Fläche. Wälder, die einer dauerhaften Entwicklungssteuerung bedürfen, nehmen eine Fläche von 184 ha (12,2%) ein. Tabelle 47 zeigt eine Übersicht der Biotoptypen, die in den einzelnen Waldbehandlungskategorien vertreten sind.

Die kurz- und langfristige Überführung der Waldbestände in eine natürliche Entwicklung und die dauerhafte Entwicklungssteuerung in bestimmten Waldbiotopen der Waldbehandlungskategorie S wird durch verschiedene Maßnahmen begleitet, die in Tabelle 45 dargestellt sind.

**Tabelle 45. Tabelle Maßnahmen zur Zielerreichung in den Waldbehandlungskategorie ÜK, ÜL und S**

Quelle: BIMA (2011)

Planung zur Biotoppflege (ha)				
Maßnahmenart	Summe	Waldbehandlungskategorie		
		ÜK	ÜL	S
Laubbäume fördern	363,6	100,9	242,7	20,0
Feinerschließung	139,6	74,6	45,1	19,9
Totholzanreicherung	446,7	156,7	290	
Totholzanteile belassen	140,6	65,3	60,3	15
Belassen von Horst- und Höhlenbäumen	123,0	54,1	53,9	15
Anlage/ Erhalt von Lichtungen	41,7	2,8	16,6	22,3
Anlage von Waldinnen- und Außenmänteln und -säumen	149,0	40,6	85,5	22,9
Beseitigung von nicht org. Ablagerungen (Müll)	4,2	2,9	1,3	
Unbegrenzte Sukzession	95,4		12,0	83,4
Altholzanteile belassen	4,5	1,3	3,2	

### 10.2.2 Offenland, Feuchtgebiete und Gewässer

Das Leitbild für das Naturerbegebiet Prora (DBU 2011) nennt für die Offenlandbereiche folgende übergeordnete Ziele:

- Erhalt und Optimierung der natürlichen und naturnahen Überflutungsdynamik in den Boddenrandbereichen auch vor dem Hintergrund internationaler Schutzvereinbarungen
- Erhalt und Renaturierung von Mooren (Übergangs- und Schwingmoore, kalkreiche Sümpfe sowie kalkreiche Niedermoore) über die Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushalts
- Sicherung des boddennahen Extensivgrünlands
- Erhalt des offenen Landschaftscharakters der Feuersteinfeldern inklusive der Formationen von Wacholder auf Heiden sowie deren Einbindung in einen größeren Komplex mit boddennahem Extensivgrünland

Für den Wasserhaushalt wurden folgende Ziele festgelegt:

- Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalts in Boddenüberflutungsräumen und Moorniederungen
- Rückbau des Damms zur Insel Pulitz zur Verbesserung des Wasseraustausches im Kleinen Jasmunder Bodden

Weitere übergeordnete Ziele werden im Naturerbe-Entwicklungsplan (BIMA 2011) genannt:

- Erhalt des Offenlandes in seiner flächigen Gesamtheit

- Erhalt der derzeitigen räumlichen Verteilung von Biotoptypen, Arten und Biotopen auf Teilflächen (insbesondere auf Teilflächen mit Schutzgebietsverordnungen)

Spezifische Ziele für das Offenland und die Gewässer sind:

- Schaffung eines Mosaiks aus Rasen, Hochstaudenfluren und weiteren Biotopkomplexen durch Beweidung (auch Mahd oder Brennen)
- Schutz des Wildobstes vor Schälen durch Weidetiere
- Zurückdrängung des Gehölzaufwuchses durch Entkusselung auf allen Flächen (Priorität: Feuersteinfeld)
- Erhalt und Förderung der schützenswerten Ackerwildkrautflur auf einem Teil der Äcker
- Umwandlung intensiv genutzter Äcker in Extensivgrünland
- Extensivierung bislang intensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen
- Wasserretention durch regulierbare Staus und Verschluss von untergeordneten Gräben
- Gewährleistung der Durchgängigkeit der Gewässer im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie

Die Ziele sollen durch die in Tabelle 46 dargestellten Maßnahmen erreicht werden. Dabei kommen zum Teil verschiedene Maßnahmen auf einer Fläche zur Anwendung.

**Tabelle 46. Geplante Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen für das Offenland im Naturerbegebiet Prora**

(Quelle: BIMA 2011).

<b>Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen</b>	<b>Fläche (ha)</b>
Beweidung unterschiedlicher Art (Wasserbüffel, Esel, Rinder, Pferde)	287,9
Entbuschung/ Entkusselung	226,2
Wasserstandsregulierung/ -anhebung	98,3
Mahd unterschiedlicher Zielsetzung	44,2
Keine Maßnahme, Entwicklung beobachten	35,9
Umwandlung Acker in Extensivgrünland	21,9
Beseitigung von militärischen Restbauten/ Anlagen	8,2
Gehölzentfernung an Gewässerrändern	5,2
Unbegrenzte Sukzession	4,8
Extensivierung der Ackernutzung/Schutzacker	2,9
Abschieben von Oberboden	2,6
Offenlegen verfallter Quellen/ Kleingewässer	0,1

### **10.2.3 Wildtiermanagement**

Die Ziele des Wildtiermanagements laut Naturerbe-Entwicklungsplan (BIMA 2011) sind:

- Sicherstellung der im Leitbild für das Naturerbegebiet vorgegebenen natürlichen Waldentwicklung
- Verhinderung nicht vertretbarer Wildschäden innerhalb und außerhalb des Gebietes
- Risikominimierung hinsichtlich des Ausbruchs der Schweinepest
- Erlegung kranker Tiere aus Tierschutzgründen

Um die Ziele des Wildmanagements zu erreichen, werden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Regulation der Wildbestände durch bedarfsorientierte Anpassung der Jagdstrecke
- Verdrängung des Schwarzwildes aus bestimmten Bereichen (landwirtschaftlich genutzte Flächen im Süden des Gebietes)

Das wesentliche Kriterium für die Jagdplanung ist die Verbissituation an den Hauptbaumarten. Die Erhebung von Verbissdaten erfolgt nach dem Vergleichsflächenverfahren unter Einbeziehung von zehn Weisergattern.

### **10.2.4 Öffentlichkeitsarbeit und Bildung**

Ein wesentliches Ziel der DBU Naturerbe GmbH ist die Förderung eines nachhaltigen Naturbewusstseins der Bevölkerung. Dazu sind im Naturerbegebiet Prora folgende Programme geplant:

- Errichtung eines Baumkronenpfades
- Ausarbeitung eines Wegeleitsystems
- Einrichtung eines Schaugatters, in dem der Öffentlichkeit Weidetiere für das Offenlandmanagement gezeigt werden BIMA (2011)

## **10.3 Umsetzung des Monitorings zur Erfolgskontrolle**

### **10.3.1 Physikalische und chemische Bodenparameter**

Die Probenahmen für die in Tabelle 30 aufgelisteten bodenphysikalischen und bodenchemischen Parameter sollten in unmittelbarer räumlicher Nähe zu den Vegetationsaufnahmen erfolgen. Um den Aufwand einzugrenzen, werden pro Biotoptyp nur 3 Stichproben angesetzt. Diese sollten möglichst auf verschiedene Managementkategorien aufgeteilt werden. Soll neben dem Oberboden auch der Mineralboden beprobt werden, so muss dafür der Stichprobenumfang stark eingeschränkt werden, da in diesem Fall Profilgruben angelegt werden müssen.

### **10.3.2 Physikalisch-chemische Gewässerparameter**

Für den Kleinen Jasmunder Bodden sollte auf die Datenerhebungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern zurückgegriffen werden. Eine Übersicht in Berichtform wird im Gewässergütebericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LUNG 2008) gegeben. Dieser wie auch andere Dokumente zur Wasserrahmenrichtlinie sind auf der sehr gut dokumen-

tierten Internetseite <http://www.wrrl-mv.de/> abrufbar. Daneben gibt es eine Reihe an kleineren Standgewässern, für die eigene Erhebungen durchgeführt werden sollten. Es handelt sich um nährstoffreiche Stillgewässer einer Fläche von 3,3ha. Berücksichtigung finden sollten die ehemaligen Torfstiche im Bereich der Hochspannungstrasse mit Vorkommen der Wasserfeder (*Hottonia palustris*) und die im Bereich Dollahn vorhandenen Gewässer mit Laichkraut- und Wasserrosen-Schwimmblattfluren. Laut Naturerbeerwicklungsplan ist auf Pultz die Entschlammung eines im Wald gelegenen Kleingewässers zur Verbesserung der Wasserqualität vorgesehen. Diese Maßnahme sollte ebenfalls durch eine Erhebung allgemeiner chemisch-physikalischer Gewässerparameter begleitet werden.

### 10.3.3 Grundwasserstand

In den Bereichen der Blomer Weide und der Lubkower Niederung sind Wiedervernäsungsmaßnahmen vorgesehen, die durch den Rückbau vorhandener Drainagesysteme umgesetzt werden sollen. Diese Maßnahmen sollten durch Pegelmessungen begleitet werden. Dabei sollten sowohl die betroffenen Flächen als auch angrenzenden Gebiete berücksichtigt werden. Die genaue Zahl und Verteilung von Grundwassermessstellen kann nur auf Grundlage eines hydrologischen Gutachtens bestimmt werden.

### 10.3.4 Klima

Von folgenden Wetterstationen in der Region Ostrügen könnten Daten bezogen werden:

- Putbus (Deutscher Wetterdienst)
- Göhren (MeteoMedia)

Aufgrund ihrer räumlichen Nähe sollte die Station Putbus bevorzugt werden.

### 10.3.5 Atmosphärische Stoffeinträge

Eine Übersicht der Messstationen zur Erfassung von Stoffeinträgen befindet sich im Luftgütebericht des Landes Mecklenburg-Vorpommerns (LUNG 2010). Auf Rügen sind keine Stationen vorhanden, die für einen Bezug von Depositionsdaten in Frage kommen.

### 10.3.6 Waldstruktur-Stichprobeninventur

Bei der Ermittlung der Stichprobenzahl für die Stichprobeninventur wird davon ausgegangen, dass ein Probekreis eine Fläche von 4ha repräsentieren sollte, was einem Raster von 200m entspräche (siehe Nationalpark Kellerwald, Meyer et al. 2009). Tabelle 47 zeigt die Anzahl an Probekreisen, die bei einer Rasterweite von 200m pro Biotoptyp und Waldbehandlungskategorie eingerichtet werden müssten (Zahlen gerundet). Bei dieser Vorgehensweise würden zwei flächenmäßig schwach vertretene Biotoptypen nicht mit erfasst werden. Unter Berücksichtigung der Maßgabe, dass jeder Biotoptyp durch mindestens eine Stichprobe repräsentiert sein sollte, würde sich die Zahl der Probekreise auf 379 erhöhen. Die Einrichtung der Probekreise sollte wie folgt vorgenommen werden:

- Festlegung eines Rasters mit einer Maschenweite von 200m, das in das überregionale Raster der Bundeswaldinventur eingehängt ist,
- Überprüfung, inwiefern die ermittelte Lage der Probekreise Waldbehandlungskategorien und Biotoptypen gemäß Tabelle 47 abdecken,
- Ergänzung nicht abgedeckter Waldbehandlungskategorien und Biotoptypen durch Verdichtung.

**Tabelle 47. Anzahl der Stichprobenpunkte pro Waldbiotoptyp und Waldbehandlungskategorie bei einer Rasterweite von 200m inklusive Ergänzungen.**

§ geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

(§) in bestimmten Ausprägungen geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

Waldbiotoptypen nach Landeskartierungsschlüssel			Schutz	Fläche pro Waldbehandlungskategorie					Anzahl der Stichprobenpunkte pro Waldbehandlungskategorie				
Typ	Untertyp			N	UK	UL	S	Gesamt	N	UK	UL	S	Summe
KK	KKI	Moränenkliff inaktiv		15,9				<b>15,9</b>	4	0	0	0	<b>4</b>
MD	MDB	Birken- Kiefernmoorwald	§	20,3				<b>20,3</b>	5	0	0	0	<b>5</b>
MZ	MZS	Gebüschstadium der Basen- Zwischenmoore	§	0,9				<b>0,9</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
VW	VWD	Feuchtgebüsch stark entwässerter Standorte		0,2			36,2	<b>36,4</b>	0	0	0	9	<b>9</b>
	VWN	Feuchtgebüsch eutropher Moor und Sumpfstandorte	§	5,9			0,8	<b>6,7</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
WB	WBD	Frischer bis trockener Buchenwald armer bis ziemlich armer Standorte		22,9	4,0			<b>26,9</b>	6	1	0	0	<b>7</b>
	WBL	Frischer bis trockener Buchenwald mäßig nährstoffversorgter Standorte		190,6	15,1		1,5	<b>207,2</b>	48	4	0	0	<b>52</b>
	WBW	Frischer bis trockener Buchenwald kräftiger Standorte		95,6	3,3			<b>98,9</b>	24	1	0	0	<b>25</b>
	WBX	sonstiger Buchenmischwald		6,6	2,0			<b>8,6</b>	2	1	0	0	<b>3</b>
WE	WEA	Frischer bis trockener Eichenwald armer bis ziemlich armer Standorte		4,5				<b>4,5</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
	WEX	sonstiger Eichen- und Eichenmischwald		123,2			5,2	<b>128,4</b>	31	0	0	1	<b>32</b>
WF	WFA	Birken- und Erlenbruch feuchter mesotropher Standorte	§	7,4			5,8	<b>13,2</b>	2	0	0	1	<b>3</b>
	WFE	Eschenmischwald frisch feuchter Standorte		10,8				<b>10,8</b>	3	0	0	0	<b>3</b>
	WFR	Erlen- Birkenbruch feuchter eutropher Standorte	§	0,9			2,8	<b>3,7</b>	0	0	0	1	<b>1</b>
	WFX	sonstiger Uferwald feuchter Standorte	§	8,3			0,4	<b>8,7</b>	2	0	0	0	<b>2</b>
WK	WKX	Kiefernmischwald trockener bis frischer Standorte		70,6	28,1	143,7	10,9	<b>253,3</b>	18	7	36	3	<b>64</b>
	WKZ	Sonstiger Kiefernwald trockener bis frischer Standorte	(§)	3,1	13,2	35,3	29	<b>81,7</b>	1	3	9	7	<b>20</b>
WL	WLT	Schlagflur trockener bis frischer Standorte		2,8				<b>2,8</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
WN	WNA	Birken und Erlenbruch nasser mesotropher Standorte	§	3,1				<b>3,1</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
	WNE	Erlen- Eschenwald	§	6,5				<b>6,5</b>	2	0	0	0	<b>2</b>
	WNR	Erlen- und Birkenbruch nasser eutropher Standorte	§	32,3			9,4	<b>41,7</b>	8	0	0	2	<b>10</b>
	WNÜ	Erlen- Eschenwald auf überflutungsnassen eutrophen Standorten	§	3,2				<b>3,2</b>	1	0	0	0	<b>1</b>
WV	WVB	Vorwald aus heimischen Baumarten frischer Standorte		18,1	7,8		12,9	<b>38,8</b>	5	2	0	3	<b>10</b>
	WVT	Vorwald aus heimischen Baumarten trockener Standorte		16,6		7,2	27,1	<b>51,5</b>	4	0	2	7	<b>13</b>

Waldbiotoptypen nach Landeskartierungsschlüssel			Schutz	Fläche pro Waldbehandlungskategorie					Anzahl der Stichprobenpunkte pro Waldbehandlungskategorie				
Typ	Untertyp			N	ÜK	ÜL	S	Gesamt	N	ÜK	ÜL	S	Summe
WX	WXE	Eschenbestand		10,6				10,6	3	0	0	0	3
	WXS	sonstiger Laubholzbestand heimischer Arten		98	25,8		18,9	142,9	25	6	0	5	36
Wy	WYP	Hybridpappelbestand			1,1	1,6	2,5	5,2	0	0	0	1	1
	WYS	sonstiger Laubholzbestand nichtheimischer Arten				1,9	0,3	2,2	0	0	0	0	0
WZ	WZD	Douglasienbestand			9,5	15,6		25,1	0	2	4	0	6
	WZF	Fichtenbestand			50,9	106,4	7,3	165,6	0	13	27	2	42
	WZI	Sitkafichtenbestand			5,1	3,8	4,9	13,8	0	1	1	1	3
	WZL	Lärchenbestand		0,8	24,4	24,8	8,5	68,5	0	6	6	2	14
	WZX	Nadelholzbestand sonstiger nichtheimischer Arten		1,9				1,9	1	0	0	0	1
<b>Summe:</b>				<b>781,6</b>	<b>190,3</b>	<b>350,3</b>	<b>184,4</b>	<b>1506,6</b>	<b>200</b>	<b>47</b>	<b>85</b>	<b>45</b>	<b>377</b>

### 10.3.7 Verbiss

Im Naturerbegebiet werden bereits Erhebungen zu Wildverbiss mit Hilfe des Vergleichsflächenverfahrens durchgeführt. Insgesamt sind 10 Weisergatter vorhanden bzw. geplant. Die Erhebungen sollten in dieser Form fortgeführt werden. Für das Offenland wird im Naturerbeentwicklungsplan explizit der Schutz des Wildobstes vor Verbiss und Fege-schäden genannt. Dort sollten stichprobenhaft Verbisserhebungen durchgeführt werden.

## 10.3.8 Vegetation

### 10.3.8.1 Wald

Analog zur Vorgehensweise in den Nationalparks Eifel und Kellerwald sollten die Vegetationsaufnahmen im Wald in die Probekreise der Stichprobeninventur integriert werden. Im Unterschied zur Erfassung der Waldstruktur ist für die Vegetationsaufnahmen jedoch eine disproportionale Stratifizierung vorgesehen (Kapitel 8.4).

Vorgehensweise:

- Festlegung der Stichprobenzahl pro Biotoptyp
  - jeder Biotoptyp sollte durch 10 Stichproben repräsentiert werden
  - die Aufnahmefläche sollte einen Anteil von 10% der Gesamtfläche des Biotoptyps nicht überschreiten, um Nachbarschaftseffekte zu minimieren
- möglichst gleichmäßige Aufteilung der Stichproben auf die Waldbehandlungskategorien innerhalb jedes Biotoptyps
  - 4 Waldbehandlungskategorien: 3+3+2+2 Stichproben (Gewichtung der beiden flächenmäßig stärksten Kategorien)
  - 3 Waldbehandlungskategorien: 4+3+3 Stichproben (Gewichtung der flächenmäßig stärksten Kategorie)
  - 2 Waldbehandlungskategorien: 5+5 Stichproben
  - 1 Waldbehandlungskategorie: 10 Stichproben
- Integration der Vegetationsplots in die Probekreise der Stichprobeninventur
- Ergänzende Anlage von Vegetationsplots außerhalb der Probekreise, falls diese nicht ausreichen
- Abschließende Überprüfung, ob Biotoptypen von besonderer Bedeutung sowie FFH-Lebensraumtypen ausreichend berücksichtigt sind

Die Zahl und Verteilung der Probeflächen für Vegetationsaufnahmen im Wald ist in Tabelle 48 dargestellt.

**Tabelle 48. Zahl der Probeflächen für die Vegetationsaufnahme pro Biotoptyp und Waldbehandlungskategorie im Naturerbegebiet Prora**

§ geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

(§) in bestimmten Ausprägungen geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

Waldbiotypen nach Landeskartierungsschlüssel			Schutz	Fläche pro Waldbehandlungskategorie					Anzahl der Probeflächen pro Waldbehandlungskategorie				
Typ	Untertyp			N	ÜK	ÜL	S	Gesamt	N	ÜK	ÜL	S	Summe
KK	KKI	Moränenkliff inaktiv		15,9				15,9	10				10
MD	MDB	Birken- Kiefernmoorwald	§	20,3				20,3	10				10
MZ	MZS	Gebüschstadium der Basen- Zwischenmoore	§	0,9				0,9	10				10
VW	VWD	Feuchtgebüsch stark entwässerter Standorte		0,2			36,2	36,4	5			5	10
	VWN	Feuchtgebüsch eutropher Moor und Sumpfstandorte	§	5,9			0,8	6,7	5			5	10
WB	WBD	Frischer bis trockener Buchenwald armer bis ziemlich armer Standorte		22,9	4,0			26,9	5	5			10
	WBL	Frischer bis trockener Buchenwald mäßig nährstoffversorgter Standorte		190,6	15,1		1,5	207,2	4	3		3	10
	WBW	Frischer bis trockener Buchenwald kräftiger Standorte		95,6	3,3			98,9	5	5			10
	WBX	sonstiger Buchenmischwald		6,6	2,0			8,6	5	5			10
WE	WEA	Frischer bis trockener Eichenwald armer bis ziemlich armer Standorte		4,5				4,5	10				10
	WEX	sonstiger Eichen- und Eichenmischwald		123,2			5,2	128,4	5			5	10
WF	WFA	Birken- und Erlenbruch feuchter mesotropher Standorte	§	7,4			5,8	13,2	5			5	10
	WFE	Eschenmischwald frisch feuchter Standorte		10,8				10,8	10				10
	WFR	Erlen- Birkenbruch feuchter eutropher Standorte	§	0,9			2,8	3,7	5			5	10
	WFX	sonstiger Uferwald feuchter Standorte	§	8,3			0,4	8,7	5			5	10
WK	WKX	Kiefern-mischwald trockener bis frischer Standorte		70,6	28,1	143,7	10,9	253,3	3	2	3	2	10
	WKZ	Sonstiger Kiefernwald trockener bis frischer Standorte	(§)	3,1	13,2	35,3	29	81,7	2	2	3	3	10
WL	WLT	Schlagflur trockener bis frischer Standorte		2,8				2,8	10				10
WN	WNA	Birken und Erlenbruch nasser mesotropher Standorte	§	3,1				3,1	10				10
	WNE	Erlen- Eschenwald	§	6,5				6,5	10				10
	WNR	Erlen- und Birkenbruch nasser eutropher Standorte	§	32,3			9,4	41,7	5			5	10
	WNU	Erlen- Eschenwald auf überflutungsnassen eutrophen Standorten	§	3,2				3,2	10				10

Waldbiotypen nach Landeskar- tierungsschlüssel			Schutz	Fläche pro Waldbehandlungskate- gorie					Anzahl der Probeflächen pro Waldbehandlungskate- gorie				
Typ	Untertyp			N	ÜK	ÜL	S	Gesamt	N	ÜK	ÜL	S	Summe
WV	WVB	Vorwald aus heimischen Baumarten frischer Standorte		18,1	7,8		12,9	<b>38,8</b>	4	3		3	<b>10</b>
	WVT	Vorwald aus heimischen Baumarten trockener Standorte		16,6		7,2	27,1	<b>51,5</b>	3		3	4	<b>10</b>
WX	WXE	Eschenbestand		10,6				<b>10,6</b>	10				<b>10</b>
	WXS	sonstiger Laubholzbestand heimischer Arten		98	25,8		18,9	<b>142,9</b>	4	3		3	<b>10</b>
Wy	WYP	Hybridpappelbestand			1,1	1,6	2,5	<b>5,2</b>		3	3	4	<b>10</b>
	WYS	sonstiger Laubholzbestand nichtheimischer Arten				1,9	0,3	<b>2,2</b>			5	5	<b>10</b>
WZ	WZD	Douglasienbestand			9,5	15,6		<b>25,1</b>		5	5		<b>10</b>
	WZF	Fichtenbestand			50,9	106,4	7,3	<b>165,6</b>		3	4	3	<b>10</b>
	WZI	Sitkafichtenbestand			5,1	3,8	4,9	<b>13,8</b>		4	3	3	<b>10</b>
	WZL	Lärchenbestand		0,8	24,4	24,8	8,5	<b>68,5</b>	2	3	3	2	<b>10</b>
	WZX	Nadelholzbestand sonstiger nichtheimischer Arten		1,9				<b>1,9</b>	10				<b>10</b>
<b>Summe:</b>				<b>781,6</b>	<b>190,3</b>	<b>350,3</b>	<b>184,4</b>	<b>1506,6</b>	<b>182</b>	<b>46</b>	<b>32</b>	<b>70</b>	<b>330</b>

### 10.3.8.2 Offenland, Feuchtgebiete und Gewässer

Auch im Offenland erfolgt die Stratifizierung anhand der Biotypen und Managementkategorien. Da oftmals verschiedene Maßnahmen auf einer Fläche durchgeführt werden, orientiert sich die Stichprobenauswahl an den im Naturerbeentwicklungsplan genannten prioritären Maßnahmen für jede Fläche. Es wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Festlegung der Stichprobenzahl pro Biotyp
  - jeder Biotyp sollte durch 10 Stichproben repräsentiert werden
  - die Aufnahmefläche sollte nicht mehr als 10% der Gesamtfläche eines Biotyps überschreiten
- gleichmäßige Aufteilung der Probeflächen auf alle prioritären Maßnahmen
  - Übergewichtung flächenmäßig stärker vertretener Maßnahmen wenn gleichmäßige Aufteilung nicht möglich ist
- Keine gesonderte Berücksichtigung nicht-prioritärer Maßnahmen
- Randomisierte räumliche Verteilung nach erfolgter Stratifizierung
- Abschließende Überprüfung, ob Biotypen von besonderer Bedeutung sowie Lebensraumtypen ausreichend berücksichtigt sind

#### *Sonstige Erhebungen*

Auf der Halbinsel Stedar befindet sich eine Streuobstwiese. Hier wäre eine Sortenerfassung anzulegen.

**Tabelle 49 Anzahl und Verteilung der Vegetationsaufnahmen im Offenland des Naturerbegebietes Prora**

§ geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

(§) in bestimmten Ausprägungen geschützter Biotoptyp nach Landesnaturschutzgesetz Mecklenburg-Vorpommern

Managementkategorien: SP = Sukzessionspflege, KM = keine Maßnahme, BE = Beweidung, MA = Mahd, SM = sonstige Maßnahmen, GP = Gewässerpflege

Biotoptyp MVP Kürzel	Biotoptyp MVP	Schutz	Fläche pro Managementkategorie (ha)							Stichprobenzahl pro Managementkategorie							
			SP	KM	BE	MA	SM	GP	Ge-samt	SP	KM	BE	MA	SM	GP	Sum-me	
ABO	Ackerbrache ohne Magerkeitszeiger					1,2				1,2				10			10
ACL	Lehm- bzw. Tonacker			0,8	21,8			2,9		25,5		3	4		3		10
AGS	Streuobstwiese					1,8				1,8				10			10
BFX	Feldgehölz aus überwiegend heimischen Baumarten	§		0,2	0,3					0,5		5	5				10
BLS	Laubgebüsch bodensaurer Standorte		0,7							0,7	10						10
BLT	Gebüsch trockenwarmer Standorte	§		0,2	40,0	4,4				44,5		2	6	2			10
FGN	Graben mit extensiver bzw. ohne Instandhaltung								1,7	1,7						10	10
FGX	Graben trockengefallen oder zeitweilig wasserführend, extensive oder keine Instandhaltung								2,5	2,5						10	10
GFD	Sonstiges Feuchtgrünland				16,8					16,8			10				10
GFP	Pfeifengraswiese auf Moor- und Sumpfstandorten	§			26,6					26,6			10				10
GFR	Nasswiese eutropher Moor- und Sumpfstandorte	§			12,7					12,7			10				10
GIM	Intensivgrünland auf Mineralstandorten				3,1					3,1			10				10
GIO	Intensivgrünland auf Moorstandorten				27,1					27,1			10				10
GMB	Aufgelassenes Frischgrünland			0,9	7,1	2,7				10,7		3	4	3			10

Biotoptyp MVP Kürzel	Biotoptyp MVP	Schutz	Fläche pro Managementkategorie (ha)							Stichprobenzahl pro Managementkategorie						
			SP	KM	BE	MA	SM	GP	Ge- samt	SP	KM	BE	MA	SM	GP	Sum- me
<b>GMF</b>	Frischwiese					3,4			3,4				10			10
<b>GMW</b>	Frischweide				38,6				38,6			10				10
<b>MZK</b>	Kalk-Zwischenmoor	§				7,4			7,4				10			10
<b>NIF</b>	Meeresboden mit Fein- bis Mittelsanden der inneren Küstengewässer der Ostsee östlich der Darßler Schwelle	§		10,5					10,5							0
<b>OVP</b>	Parkplatz, versiegelte Freifläche								0,1							0
<b>RHK</b>	Ruderaler Kriechrasen			7,8	29,5	25,0			62,3		3	4	3			10
<b>RHU</b>	Ruderales Staudenflur frischer bis trockener Mineralstandorte			1,2	1,2				2,2		5	5				10
<b>SET</b>	Laichkraut- und Wasserrosen- Schwimmblatt	§						2,2	2,2						10	10
<b>SEV</b>	Vegetationsfreier Bereich nährstoffreicher Stillgewässer	§						1,1	1,1							0
<b>TKD</b>	Ruderalisierter Halbtrockenrasen	§			3,1				3,1			10				10
<b>TMD</b>	Ruderalisierter Sandmagerrasen	§	0,7						0,7	10						10
<b>TMS</b>	Sandmagerrasen	§	0,8		4,4				5,2	5		5				10
<b>TPS</b>	Pionier-Sandflur saurer Standorte	§			0,8				0,8			10				10
<b>TWW</b>	Wacholderheide	§			13,7				13,7			10				10
<b>TZF</b>	Feuchte Zwergstrauchheide	§			0,5				0,5			10				10
<b>TZT</b>	Trockene Zwergstrauchheide	§			16,1				16,1			10				10
<b>VGR</b>	Rasiges Großseggenried	§		0,2					0,2		8					8

Biotoptyp MVP Kürzel	Biotoptyp MVP	Schutz	Fläche pro Managementkategorie (ha)							Stichprobenzahl pro Managementkategorie							
			SP	KM	BE	MA	SM	GP	Ge- samt	SP	KM	BE	MA	SM	GP	Sum- me	
VGS	Sumpfreitgrasried	§			8,4				8,4			10				10	
VHD	Hochstaudenflur stark entwässerter Moor- und Sumpfstandorte			0,6	6,7	0,1			7,4		3	4	3			10	
VHF	Hochstaudenflur feuchter Moor- und Sumpfstandorte	§		1,1					1,1		10					10	
VRC	Schneidenröhricht	§			0,2				0,2			8				8	
VRK	Kleinröhricht an stehenden Gewässern	§						0,4	0,4						10	10	
VRL	Schilf-Landröhricht	§			5,3				5,3			10				10	
KVR	Brackwasserbeeinflusstes Röhricht	§		5,1					5,1		10					10	
VSX	Standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	§		0,4					0,4		10					10	
WKZ	Sonstiger Kiefernwald trockener bis frischer Standorte			1,1					1,1		10					10	
WLF	Schlagflur / Waldlichtungsflur feuchter Standorte			0,8	0,3				1,2		5	5				10	
WLT	Schlagflur / Waldlichtungsflur trockener bis frischer Standorte			6,1	0,4				6,5		5	5				10	
WVT	Vorwald aus heimischen Baumarten trockener Standorte			0,6					0,6		10					10	
WXS	Sonstiger Laubbaumbestand heimischer Arten			0,2					0,2		8					8	
WZF	Fichtenbestand			1,0					1,0		10					10	
	<b>Summe</b>			<b>2,2</b>	<b>38,8</b>	<b>284,7</b>	<b>46</b>	<b>2,9</b>	<b>7,9</b>	<b>382,4</b>	<b>25</b>	<b>110</b>	<b>185</b>	<b>51</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>414</b>

### 10.3.9 Vögel

#### *Häufige Brutvögel*

Es bestehen Überlagerungen von insgesamt 2 Quadranten des bundesweiten Monitorings häufiger Brutvögel mit dem Naturerbegebiet Prora. Allerdings ist der Flächenanteil des Naturerbegebietes am nördlich gelegenen Quadranten nur gering. Dieser ist daher für gebietsspezifische Aussagen kaum geeignet. Der südlich gelegene Quadrant umfasst Offenland- und Waldflächen, deren Erhalt durch Mahd bzw. Beweidung (Waldbehandlungskategorie S) gewährleistet werden soll. Dieser könnte so für das Monitoring übernommen werden. Entsprechend der in Kapitel 8.2.3.1 formulierten Kriterien zur Festlegung der Probenflächenzahl müsste bei einer Gesamtfläche des Gebietes von 1895ha ein zweiter Quadrant zur Erfassung der häufigen Brutvogelarten eingerichtet werden. Die exakte Lage sollte im Rahmen des angestrebten einheitlichen Flächenziehungsverfahrens für die Naturerbegebiete ermittelt werden (in Kapitel 8.2.3.1).

#### *Seltene Brutvögel*

Aus dem Naturerbegebiet Prora ist eine ganze Reihe von Arten bekannt, die mit Hilfe der speziellen Ansätze des Monitorings seltener Arten erfasst werden müssen. Die Daten stammen aus einer Erfassung, die im Rahmen des Naturschutzgroßprojektes „Ostrügensche Boddenlandschaft“ im Jahr 1996 durchgeführt wurde. Das Projektgebiet umfasst neben großen Teilen des Naturerbegebietes Prora weitere Landstriche im östlichen Teil der Insel Rügen. Die Artenliste, die dankenswerterweise durch das Bundesamt für Naturschutz zur Verfügung gestellt wurde, enthält somit Arten, die entweder im Naturerbegebiet vorkommen oder potenziell vorkommen könnten. In Tabelle 50 werden diese Arten und Details zu ihrer Erfassung dargestellt. Der Erfassungsansatz „TK“ muss jedoch für das Naturerbegebiet Prora modifiziert werden, da Messtischblattquadranten und Minutenfelder keine geeigneten Skalen für ein sehr unregelmäßig geschnittenes und eng begrenztes Gebiet darstellen. Entsprechend der in Kapitel 8.2.3.1 genannten Kriterien müssen auch diese Arten in abgegrenzten Zählgebieten erfasst werden.

Zur Umsetzung dieses Moduls ist die Unterteilung des Naturerbegebietes in feste Zählgebiete zu empfehlen (Kapitel 8.2.3.1). In der Artenliste sind sowohl Arten mit Bindung an Wälder, Offenländer (Agrarland und Feuchtgrünland) sowie Gewässer (Küsten- und Stillgewässer) vertreten. Diese Lebensräume sollten daher repräsentativ durch Zählgebiete abgedeckt werden. Die Abgrenzung der Zählgebiete sollte sich an den Grenzen der Hauptlebensräume, Managementkategorien und dauerhaften Infrastrukturen, wie z. B. Straßen und Hauptwegen orientieren. Eine generell zu klärende Frage betrifft den Schilfgürtel, der der eigentlichen Uferlinie des Boddens vorgelagert ist. Dieser Bereich befindet sich teilweise außerhalb der Eigentumsgrenzen, bildet aber eine Einheit mit dem angrenzenden Naturerbegebiet. Da in diesen Bereichen viele Arten der Feuchtgebiete und Gewässer zu erwarten sind, wird vorgeschlagen, den Schilfgürtel in seiner vollen Breite mit zu bearbeiten.

#### *Rastvögel*

Teile des Naturerbegebietes Prora beherbergen potenzielle Rasthabitats. Der Kleine Jasmunder Bodden hat eine große Bedeutung für ziehende und überwinternde Wasservögel. Untersuchungen von Nehls (1996, unveröffentlicht), die im Rahmen des Naturschutzgroßprojektes „Ostrügensche Boddenlandschaft“ ausgewertet wurden, heben insbesondere die Bedeutung des Gewässers für ziehende Tauch- und Schwimmenten, Zwergschwäne und Gänse hervor. Im nordöstlichen Teil des Boddens treten bei Ostwind Schlammbänke zuta-

ge, die von Limikolen zur Nahrungssuche genutzt werden. Aber auch die extensiv genutzten Grünländer stellen potenzielle Rasthabitate für Limikolenarten und Gänsearten dar.

Die Boddengewässer gehören größtenteils nicht zur Liegenschaft Prora, bilden aber als Rasthabitate eine Einheit mit den angrenzenden Schilfgürteln und terrestrischen Habitaten. Es sollte geprüft werden, ob die Uferzone bereits im Rahmen der internationalen Wasservogelzählung bearbeitet wird. In diesem Fall könnte auf bestehende Daten zurückgegriffen werden. Die Bedeutung der Feuchtgrünländer für rastende Vogelarten kann derzeit nicht eingeschätzt werden. Dazu müssten Voruntersuchungen vom Spätsommer bis zum Frühjahr durchgeführt werden.

**Tabelle 50. Potenziell im Naturerbegebiet Prora vorkommende Brutvogelarten, die im Monitoring seltener Arten enthalten sind.**

Erfassungsansatz nach DDA (unveröffentlicht a): KH-Einzelerfassung von Kolonie- und seltenen Horstbrütern, TK - Erfassung von weit verbreiteten Arten (auf TK25-Quadranten und Minutenfeldern), ZG - Erfassung von Arten der Küsten, Fließ- und Stillgewässer sowie Feuchtgrünländer in Zählgebieten

Einstufung in der Roten Liste Deutschlands (Südbeck 2007): 1 - vom Aussterben bedroht, 2 - stark gefährdet, 3 - gefährdet, V - Vorwarnliste, \* - ungefährdet

Lebensräume nach DDA (unveröffentlicht a): Wf - Wald früh, Ws - Wald spät, Af - Agrarland früh, As - Agrarland spät, Fe - Feuchtgrünland, K - Küste, St - Stillgewässer, Fl - Fließgewässer, S - Siedlungen, A - Alpen, Angaben „früh“ und „spät“ beziehen sich auf den Erfassungszeitpunkt nach DDA (unveröffentlicht)

Wertgebende Arten sind grau hinterlegt.

Erfassungsansatz	Artnome dt.	Artnome lat.	Anhang I EU-VSchRL	RL	Wf	Ws	Af	As	Fe	K	St	Fl	S	A
KH	Flußseeschwalbe	<i>Sterna hirundo</i>	x	2										
KH	Weißstorch	<i>Ciconia ciconia</i>	x	3										
KH	Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	x	*										
KH	Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>		*										
KH	Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>		*										
KH	Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>		*										
KH	Uferschwalbe	<i>Riparia riparia</i>		*										
TK	Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	x	*	x		x							
TK	Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>	x	*	x									
TK	Zwergschnäpper	<i>Ficedula parva</i>	x	*	x	x								
TK	Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>	x	V	x		x							
TK	Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	x	V		x								
TK	Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>		1		x	x			x			x	x
TK	Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>		2			x		x	x				
TK	Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>		2	x								x	
TK	Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>		3	x	x	x		x					
TK	Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>		3			x		x	x				
TK	Grauwammer	<i>Miliaria calandra</i>		3			x							
TK	Erlenzeisig	<i>Carduelis spinus</i>		*	x								x	
TK	Fichtenkreuzschnabel	<i>Loxia curvirostra</i>		*	x									x
TK	Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>		*	x								x	
TK	Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>		*	x									x
TK	Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>		*	x		x		x					
TK	Schleiereule	<i>Tyto alba</i>		*			x						x	
TK	Sperber	<i>Accipiter nisus</i>		*	x								x	
TK	Sprosser	<i>Luscinia luscinia</i>		*		x					x	x		
TK	Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>		*			x		x				x	x
TK	Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>		*				x	x					
TK	Waldkauz	<i>Strix aluco</i>		*	x								x	

Erfas- sungs- ansatz	Artname dt.	Artname lat.	An- hang I EU- VSchR L	RL	Wf	Ws	Af	As	Fe	K	St	Fl	S	A
TK	Waldohreule	<i>Asio otus</i>		*	x								x	
TK	Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>		V	x				x		x	x		
TK	Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>		V	x		x		x					
ZG	Kleines Sumpfhuhn	<i>Porzana parva</i>	x	1							x			
ZG	Tüpfelralle	<i>Porzana porzana</i>	x	1					x		x			
ZG	Wachtelkönig	<i>Crex crex</i>	x	2					x	x	x			
ZG	Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	x	*			x		x	x	x			
ZG	Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>		1					x	x				
ZG	Knäkente	<i>Anas querquedula</i>		2					x	x	x			
ZG	Krickente	<i>Anas crecca</i>		3					x	x	x			
ZG	Löffelente	<i>Anas clypeata</i>		3					x	x	x			
ZG	Bartmeise	<i>Panurus biarmicus</i>		*	x	x								
ZG	Beutelmeise	<i>Remiz pendulinus</i>		*					x		x			
ZG	Bläßralle	<i>Fulica atra</i>		*					x	x	x		x	
ZG	Brandgans	<i>Tadorna tadorna</i>		*						x	x	x		
ZG	Flußregenpfeifer	<i>Charadrius dubius</i>		*			x				x		x	
ZG	Gebirgsstelze	<i>Motacilla cinerea</i>		*								x		
ZG	Graugans	<i>Anser anser</i>		*						x	x			
ZG	Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>		*						x	x			
ZG	Höckerschwan	<i>Cygnus olor</i>		*						x	x			
ZG	Karmingimpel	<i>Carpodacus erythrinus</i>		*		x				x	x			
ZG	Reiherente	<i>Aythya fuligula</i>		*						x	x			
ZG	Rohrschwirl	<i>Locustella luscinioides</i>		*						x	x			
ZG	Rothalstaucher	<i>Podiceps grisegena</i>		*						x	x			
ZG	Schellente	<i>Bucephala clangula</i>		*	x						x			
ZG	Schlagschwirl	<i>Locustella fluviatilis</i>		*		x					x			
ZG	Schnatterente	<i>Anas strepera</i>		*						x	x			
ZG	Tafelente	<i>Aythya ferina</i>		*						x	x			
ZG	Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>		*			x		x	x	x	x		
ZG	Waldwasserläufer	<i>Tringa ochropus</i>		*	x						x			
ZG	Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>		V						x	x			
ZG	Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>		V					x	x				
ZG	Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>		V			x		x	x	x			
ZG	Teichralle	<i>Gallinula chloropus</i>		V			x		x		x		x	
ZG	Wasserralle	<i>Rallus aquaticus</i>		V					x	x	x			
ZG	Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>		*						x	x			

### 10.3.10 Amphibien

Amphibien werden im vorliegenden Konzept nicht als prioritäre Organismen behandelt. Im Naturerbeentwicklungsplan wird jedoch auf die Bedeutung des Gebietes für Populationen des Springfrosches hingewiesen. Außerdem werden verschiedene Maßnahmen zum Erhalt und Verbesserung von Laichgewässern genannt. Dazu zählen Gewässer im Bereich der Blomer Weide (Schwerpunkt Springfrosch), Lubkower Niederung (Schwerpunkt Laubfrosch) und Pulitz. An diesen Gewässern sollten Amphibien erfasst werden, insbesondere im Rahmen der geplanten Maßnahmen.

### 10.3.11 Tagfalter

Tagfalter werden entlang von Transekten erfasst, die idealerweise eine Länge von 500m (10 Abschnitte a 50m) aufweisen. Tabelle 51 zeigt die Offenlandkomplexe, in denen Tagfalter auf je einem Transekt erfasst werden sollten und die Biotoptypen, die von den Transekten tangiert werden sollten. Die Auswahl berücksichtigt die wichtigsten Habitate der zu erwartenden Offenlandarten. Außerdem wurden Biotoptypen berücksichtigt, in denen durch die geplanten Maßnahmen eine Verbesserung der Lebensbedingungen für Tagfalter zu erwarten ist.

**Tabelle 51. Offenlandkomplexe und Biotoptypen für die Tagfaltererfassung**

Offenlandkomplex	Biotoptypen
Nördliche Schmale Heide, Blomer Weide und Feuersteinfeld	GFR-Nasswiese eutropher Moor- und Sumpfstandorte GFP-Pfeifengraswiese auf Moor- und Sumpfstandorten MZK – Kalk-Zwischenmoor
Südliche Schmale Heide, Seesandebene und Kranichbruch	TZT-Trockene Zwergstrauchheide RHK-Ruderaler Kriechrasen
Buhlitz	BLT-Gebüsch trockenwarmer Standorte TMS-Sandmagerrasen GMB-Aufgelassenes Frischgrünland RHK-Ruderaler Kriechrasen
Hochspannungstrassen und Torfstiche	WLT-Schlagflur trockener bis frischer Standorte WLF- Schlagflur feuchter Standorte TMD – Ruderalisierter Sandmagerrasen
Dollahn	BLT-Gebüsch trockenwarmer Standorte RHK-Ruderaler Kriechrasen
Mustitzer Weide	GFD-Sonstiges Feuchtgrünland GIM-Intensivgrünland auf Mineralstandorten GMF-Frischwiese RHU- Ruderale Staudenflur frischer bis trockener Mineralstandorte
Lubkower Niederung	BLT-Gebüsch trockenwarmer Standorte TPS-Pionier-Sandflur saurer Standorte TMS-Sandmagerrasen TKD-Ruderalisierter Halbtrockenrasen

## 10.4 Ökosystemintegrität und Ökosystemdienstleistungen

Für das Naturerbegebiet Prora werden hier Ergebnisse der qualitativen Ökosystemdienstleistungsabschätzung dargestellt. Diese Pilotstudie dient als Testfall, um die Anwendbarkeit eines regionalisierenden Verfahrens zur Ermittlung von Ökosystemdienstleistungen zu prüfen und hypothetische Entwicklungsrichtungen bei der Umgestaltung des Naturerbegebietes vorzustellen.

### *Methodenbeschreibung*

Basierend auf der Methode nach Burkhard et al. (2009 und 2011), wurden mit Hilfe von Expertenurteilen die Potenziale zur Erbringung von Ökosystemdienstleistungen sowie zur Veränderung von Parametern der Ökologischen Integrität für das Gebiet auf einer qualitativen Ebene ermittelt.

In der ursprünglichen Methode werden die aktuellen genutzten Kapazitäten von Landbedeckungsklassen aus den CORINE-Datensätzen zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen und Ökologischer Integrität auf einer Skala von 0 (keine Kapazität) bis 5 (sehr hohe relevante Kapazität) für ein Gebiet abgeschätzt. Anschließend werden diese Expertenevaluationen in Übersichtskarten übertragen. Dadurch wird ein Überblick über die räumliche Verteilung der einzelnen Dienstleistungen und der Ökologischen Integrität in einem Gebiet ermöglicht. Des Weiteren können potenzielle Veränderungen anhand von Szenarien verglichen werden, um Managementstrategien und Optionen abzuschätzen. Auch Angebot und Nachfrage von Ökosystemdienstleistungsindikatoren und Indikatoren der Ökologischen Integrität können ermittelt werden.

Für das Naturerbegebiet Prora wurden anstatt der CORINE-Landbedeckungen die Biotoptypen aus der Biotoptypenkartierung aus den Jahren 2009/2010 als kartographische Grundlage verwendet, da die CORINE-Daten für ein kleineres Gebiet zu grob sind und die Abschätzung somit einen zu allgemeinen Charakter aufweisen würde. Die 77 kartierten Biotoptypen in Prora (Abbildung 6) wurden für die Abschätzungsmethode nochmals zusammengefasst. Dabei wurden ähnliche Biotope oder Biotopvariationen in einer aggregierten Kategorie zusammengestellt, um die resultierende Abschätzungsmatrix überschaubar und ausfüllbar zu halten. Tabelle 52 stellt die zusammengefassten und kartierten Biotoptypen für Wald und Offenland dar.



**Tabelle 52. Zusammengefasste Biotoptypen aus der Biotoptypenkarte für Wald und Offenland in Pro-ra**

Zusammenfassung	Biotyp MV Kürzel	Biotyp MVP
Verkehrsfläche	OVP	Parkplatz, versiegelte Freifläche
	OVW	Wirtschaftsweg, versiegelt
Acker	ACL	Lehm- bzw. Tonacker
Ackerbrache	ABO	Ackerbrache ohne Magerkeitszeiger
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	AGS	Streuobstwiese
Intensivgrünland	GIM	Intensivgrünland auf Mineralstandorten
	GIO	Intensivgrünland auf Moorstandorten
Feucht- und Nassgrünland	GFD	Sonstiges Feuchtgrünland
	GFP	Pfeifengraswiese auf Moor- und Sumpfstandorten
	GFR	Nasswiese eutropher Moor- und Sumpfstandorte
Frischwiesen und -weiden	GMB	Aufgelassenes Frischgrünland
	GMF	Frischwiese
	GMW	Frischweide
Feldgehölze und Gebüsche	BFX	Feldgehölz aus überwiegend heimischen Baumarten
	BLS	Laubgebüsch bodensaurer Standorte
	BLT	Gebüsch trockenwarmer Standorte
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	TKD	Ruderalisierter Halbtrockenrasen
	TMD	Ruderalisierter Sandmagerrasen
	TMS	Sandmagerrasen
	TPS	Pionier-Sandflur saurer Standorte
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	RHK	Ruderaler Kriechrasen
	RHU	Ruderaler Staudenflur frischer bis trockener Mineralstandorte
Buchenwälder	WBD	Frischer bis trockener Buchenwald armer bis ziemlich armer Standorte
	WBL	Frischer bis trockener Buchenwald mäßig nährstoffversorgter Standorte
	WBW	Frischer bis trockener Buchenwald kräftiger Standorte
	WBX	sonstiger Buchenmischwald
Eichenwälder	WEA	Frischer bis trockener Eichenwald armer bis ziemlich armer Standorte
	WEX	sonstiger Eichen- und Eichenmischwald
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	WFA	Birken- und Erlenbruch feuchter mesotropher Standorte
	WFE	Eschenmischwald frisch feuchter Standorte
	WFR	Erlen- Birkenbruch feuchter eutropher Standorte
	WFX	sonstiger Uferwald feuchter Standorte
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	WXE	Eschenbestand
	WXS	sonstiger Laubholzbestand heimischer Arten
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	WYP	Hybridpappelbestand
	WYS	sonstiger Laubholzbestand nichtheimischer Arten
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	WNA	Birken und Erlenbruch nasser mesotropher Standorte
	WNE	Erlen- Eschenwald
	WNR	Erlen- und Birkenbruch nasser eutropher Standorte
	WNÜ	Erlen- Eschenwald auf überflutungsnassen eutrophen Standorten
Kiefernwälder	WKZ	Sonstiger Kiefernwald trockener bis frischer Standorte

Zusammenfassung	Biotoptyp MV Kürzel	Biotoptyp MVP
	WKX	Kiefernmischwald trockener bis frischer Standorte
Nadelholzforste	WZD	Douglasienbestand
	WZF	Fichtenbestand
	WZI	Sitkafichtenbestand
	WZL	Lärchenbestand
	WZX	Nadelholzbestand sonstiger nichtheimischer Arten
Vorwälder	WVT	Vorwald aus heimischen Baumarten trockener Standorte
	WVB	Vorwald aus heimischen Baumarten frischer Standorte
Schlagfluren	WLF	Schlagflur / Waldlichtungsflur feuchter Standorte
	WLT	Schlagflur / Waldlichtungsflur trockener bis frischer Standorte
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	MZK	Kalk-Zwischenmoor
	MDB	Birken- Kiefernmoorwald
	MZS	Gebüschstadium der Basen- Zwischenmoore
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	VWD	Feuchtgebüsch stark entwässerter Standorte
	VWN	Feuchtgebüsch eutropher Moor und Sumpfstandorte
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	VGR	Rasiges Großseggenried
	VGS	Sumpfreitgrasried
	VHD	Hochstaudenflur stark entwässerter Moor- und Sumpfstandorte
	VHF	Hochstaudenflur feuchter Moor- und Sumpfstandorte
Heiden	TWW	Wacholderheide
	TZF	Feuchte Zwergstrauchheide
	TZT	Trockene Zwergstrauchheide
Moränenkliff inaktiv	KKI	Moränenkliff inaktiv
Röhricht und Standorttypischer Gehölz-Saum an stehenden Gewässern	KVR	Brackwasserbeeinflusstes Röhricht
	VRC	Schneidenröhricht
	VRK	Kleinröhricht an stehenden Gewässern
	VRL	Schilf-Landröhricht
	VRP	Schilfröhricht
	VSX	Standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern
Nährstoffreiche Stillgewässer	SET	Laichkraut- und Wasserrosen- Schwimmblatt
	SEV	Vegetationsfreier Bereich nährstoffreicher Stillgewässer
Gräben und naturferne Stillgewässer	FGN	Graben mit extensiver bzw. ohne Instandhaltung
	FGX	Graben trocken gefallen oder zeitweilig wasserführend, extensive oder keine Instandhaltung
Flachwasserzone Bodden	NIF	Meeresboden mit Fein- bis Mittelsanden der inneren Küstengewässer der Ostsee östlich der Darßer Schwelle

Die zusammengefassten Biotoptypen wurden als Grundlage für die Abschätzung der Ökosystemdienstleistungen und der Ökologischen Integrität auf der Y-Achse der Abschätzungsmatrix (Abbildung 8) für den aktuellen Zustand (Ist-Zustand) verwendet. Dabei ist zu beachten, dass die Feuersteinfelder als lokale Besonderheit gesondert als eigenständiger „Biotoptyp“ aufgeführt wurden, trotz ihrer formellen Zugehörigkeit zur Wacholderheide. Die Unterkategorien der Ökologischen Integrität sowie der regulierenden Dienstleistungen, Versorgungsdienstleistungen und der Kulturellen Dienstleistungen (vgl. Tabellen aus Kapitel 7.2 für genauere Definitionen) wurden mit allen im Gebiet vorhandenen bzw. relevanten Leistungen auf der X-Achse aufgetragen. Im Vergleich zur ursprünglichen Matrix aus

Burkhard et al. (2009) wurden für das Gebiet Prora die kulturellen Leistungen auf fünf Kategorien erweitert (Landschaftsästhetik, Inspiration, Erholung und Tourismus, Bildung und Intrinsischer Wert der Biodiversität), um das übergeordnete Ziel der DBU, Menschen für die Natur zu begeistern und gezielt in das Gebiet zu lenken, stärker hervorzuheben. Anschließend wurden für jeden Biotoptypen alle Klassen der X-Achse auf der Skala von 0-5 abgeschätzt. Die daraus resultierende Kapazitätsmatrix des Ist-Zustandes (d.h. der Biotoptypenzusammensetzung von 2009/2010) ist in Abbildung 8 dargestellt. Diese zeigt die aktuell genutzten Kapazitäten der einzelnen Biotoptypen für alle Integritätsindikatoren sowie für die Dienstleistungsindikatoren. Die Skala ist in derselben Farbskala wie die folgenden Hypothesen-Karten eingefärbt.

Um die Maßnahmen aus dem Naturerbeentwicklungsplan ebenfalls abzuschätzen und um den Ziel-Zustand zu beschreiben, wurden sechs weitere Matrizen mit derselben Skala für alle zusammengefassten Biotoptypen bewertet. Somit wurde auch der angestrebte Zustand nach den geplanten Maßnahmen (hier definiert als hypothetisch-potenzieller Zustand in 20 Jahren nach Durchführung der im Naturerbeentwicklungsplan beschriebenen Management-Eingriffe). Der Ziel-Zustand beruht auf den sechs Abschätzungsmatrizen (vgl. Abbildung 23 und Folgende im Anhang) für die Hauptmaßnahmen:

- Mahd,
- Beweidung,
- Sukzessionspflege,
- Gewässerpflege,
- Waldweidennutzung,
- Natürliche Waldentwicklung.

Der Ziel-Zustand (nach 20 Jahren; vgl. Abbildung 9) wurde als Mittelwert aller Maßnahmen je Biotoptyp beschrieben, da teils mehrere Maßnahmen im gleichen Biotoptyp durchgeführt werden sollen. Die Abbildung 7 gibt eine Übersicht über die betroffenen Flächen und die jeweiligen Maßnahmen im Naturerbegebiet Prora. Jedoch ist zu beachten, dass ein Biotoptyp im Gesamtgebiet die nicht generell identischen Maßnahmen erfahren sollte. Mitunter müssen kleinräumige Anpassungen der Matrix-Bewertungen durchgeführt werden. Die Feuersteinfelder wurden beispielsweise als Besonderheit hervorgehoben und als eigener „Biotoptyp“ auf der Y-Achse aufgetragen, da diese Fläche insbesondere für die Besucherlenkung von großer Bedeutung ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass durch die Maßnahmen einige aktuell vorherrschende Biotoptypen (z.B. Nadelholzforste oder Schlagfluren) im Zuge der Maßnahmen in andere Biotoptypen überführt werden sollen (z.B. naturnaher Mischwald) und deswegen in den Maßnahmenmatrizen dieselben Abschätzungswerte aufweisen wie die Ziel-Biotope (z.B. Nadelholzforste und Schlagfluren wie Buchenwald; für alle Abschätzungsmatrizen siehe Anhang).

Diese sechs Hauptmaßnahmen treten nicht in allen Biotoptypen auf und somit werden einige Biotoptypen nur eine geringe Veränderung erfahren. Zu beachten ist ebenfalls, dass sich die Abschätzungsmatrizen allgemein auf die jeweiligen Biotoptypen insgesamt beziehen, obwohl Biotope gleichen Typs unterschiedliche Zustände aufweisen können und unterschiedliche Vorprägungen besitzen, wodurch teilweise eine Abschätzung jeder einzelnen Fläche von Nöten ist. Es werden beispielsweise nicht alle Waldflächen in das Beweidungskonzept mit eingebunden.

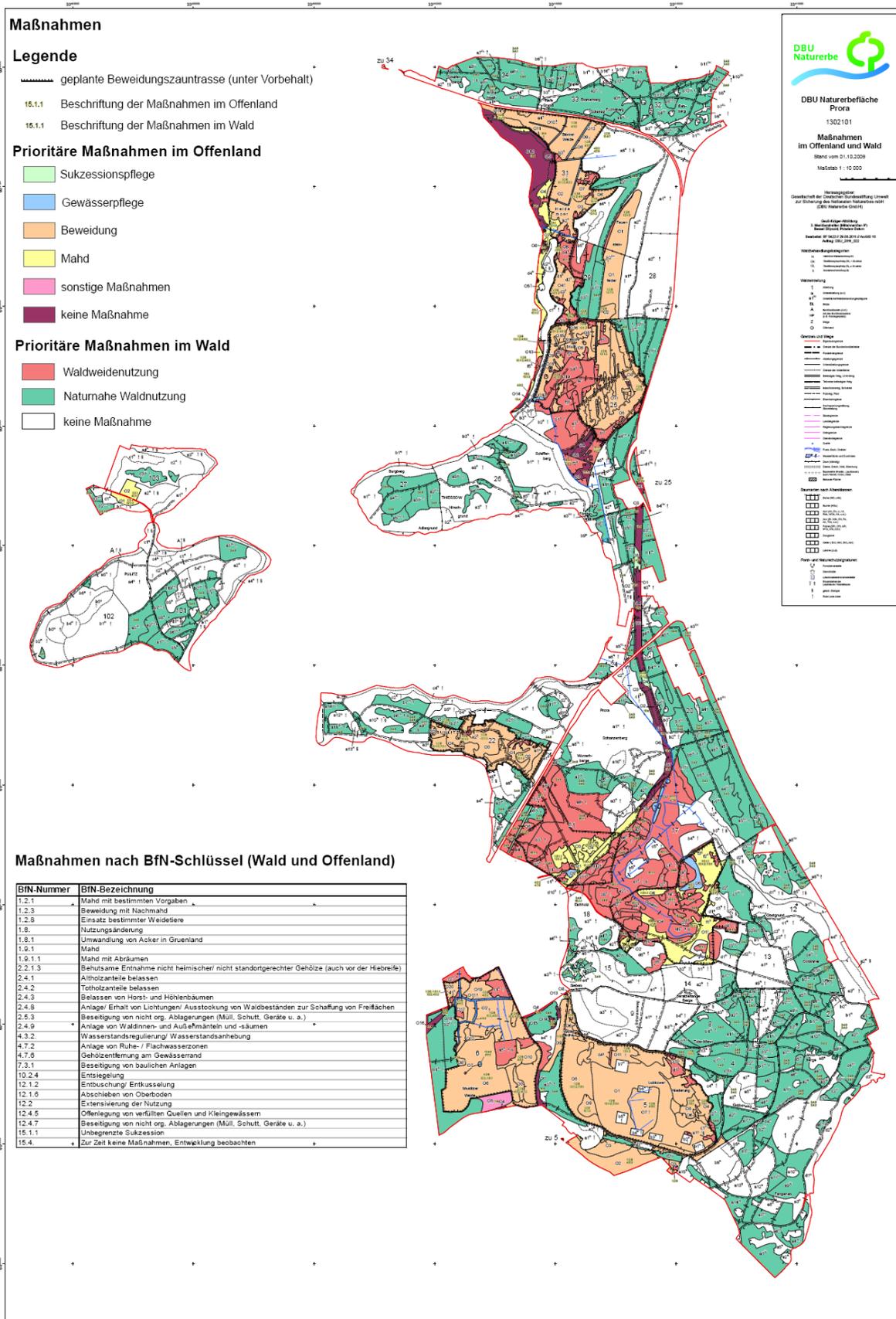


Abbildung 7. Maßnahmen im Offenland und auf den Waldflächen (Quelle: BIMA 2011)

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biotische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffauftrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutztierhaltung	Viehfutter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität				
Verkehrsfläche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Acker	1.9	1	1	4	1	5	0	1	0.3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ackerbrache	2.6	2	3	4	3	2	2	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.7	3	5	4	4	3	4	3	2.6	3	2	2	0	3	3	3	2	5	0.7	4	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Intensivgrünland	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Feucht- und Nassgrünland	3.3	3	3	5	4	3	2	3	2.9	3	4	0	3	3	3	4	4	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Frischwiesen und -weiden	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Feldgehölze und Gebüsche	3.0	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.3	4	4	2	3	1	1	1	1.4	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.7	4	3	3	3	2	2	2	2.1	2	2	1	1	3	2	2	3	3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3.9	4	4	4	4	4	4	3.4	3	4	4	0	5	4	4	4	3	1.2	0	0	4	4	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kiefernwälder	2.9	2	2	4	2	5	2	3	2.9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nadelholzforste	2.9	2	2	4	2	5	2	3	3.0	4	3	5	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vorwälder	3.7	4	4	3	3	5	4	3	3.0	2	4	3	1	3	3	3	4	4	0.5	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Schlagfluren	1.1	2	1	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	4	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.3	4	3	4	3	3	3	3	2.3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	0.3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutroper Moor- und Sumpfstandorte	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.0	3	3	3	3	3	3	3	1.6	2	2	1	1	2	1	1	1	3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Heiden	2.6	4	4	2	2	2	2	1.9	1	1	1	0	2	2	2	4	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.4	2	3	1	1	1	1	1	1.4	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.7	2	4	5	4	4	4	3	3.0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0.4	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.3	2	3	2	3	4	1	1	1.4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	3	4	2	4	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Flachwasserzone Bodden	3.1	3	4	4	4	4	1	2	1.7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Abbildung 8. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotypen auf Ökologische Integrität sowie die Ökosystemdienstleistungen (Ist-Zustand)

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biotische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Energie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffauftrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzierhaltung	Viehfutter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	2	0	0	
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.6	4	5	4	4	3	4	3	2.4	3	2	2	3	3	3	2	5	0.7	4	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	4.5	5	5	4	4	5
Acker	2.7	2	3	4	3	4	2	3	1.6	2	3	0	1	2	2	2	2	1.1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	2.1	3	2	2	2	2	
Ackerbrache	2.9	3	4	4	3	3	1	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.4	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0.6	1	0	0	1	1		
Intensivgrünland	3.4	3	3	4	4	4	2	4	2.5	1	4	0	2	3	3	4	3	2	0.3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2.3	4	2	2	2	3		
Feucht- und Nassgrünland	3.5	4	4	5	4	3	2	4	2.7	2	4	0	3	2	3	4	4	2	0.0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3		
Frischwiesen und -weiden	3.2	3	3	4	4	3	2	3	2.3	1	3	0	2	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3		
Feldgehölze und Gebüsche	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.0	3	2	1	1	1	2	3	1	4	0.2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2.5	4	3	2	1	3		
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.2	4	4	2	3	1	1	1	1.5	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	2	2	1	4		
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.6	4	3	3	3	2	2	2	2.1	2	2	1	1	3	2	2	3	3	0.2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1.4	2	1	1	1	2	
Buchenwälder	4.9	5	5	4	5	5	5	5	4.1	5	5	5	0	5	5	5	4	3	1.4	0	0	0	0	0	0	5	1	0	4.8	5	4	5	5	5		
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	5	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	0	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4		
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.8	5	5	5	5	5	4	4	4.1	5	5	4	3	3	5	5	5	4	0.9	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	4.7	5	5	5	4	5	
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	1.2	0	0	0	0	0	0	5	1	0	4.8	5	4	5	5	5		
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	1.2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.6	5	5	5	5	4	4	4	4.2	5	5	4	3	3	5	4	5	4	0.9	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.8	5	5	5	4	5		
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	1.2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Kiefernwälder	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	1.2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Nadelholzforste	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	0.5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Vorwälder	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	0.1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Schlagfluren	4.6	5	5	4	5	4	5	4	4.0	4	5	5	0	5	5	4	4	4	0.2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.2	4	3	4	3	3	3	3	2.3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	0.1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3.0	4	2	2	3	4		
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.1	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.8	3	3	2	2	3		
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.5	4	4	4	3	3	3	3	1.7	3	3	1	1	2	1	1	1	3	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.7	4	3	4	3	4		
Heiden	1.6	2	2	1	1	1	1	1	1.3	1	1	1	0	1	1	1	3	3	0.4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2.5	3	3	3	1	2		
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3		
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.6	3	4	1	1	1	1	1	1.4	2	0	1	0	1	1	1	4	3	0.5	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	4.6	5	4	5	5	4	
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.9	2	4	5	4	5	4	3	3.0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0.1	0	0	0	0	0	2	3	0	1	3.0	3	3	3	2	4		
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.6	3	4	2	3	4	1	1	1.0	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3.2	4	4	3	2	3		
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	3	4	2	4	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1.7	2	2	2	1	2		
Flachwasserzone Bodden	3.6	4	5	4	4	4	2	2	1.9	3	2	0	5	2	2	2	0	1	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.0	4	4	4	4	4		

Abbildung 9. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoptypen auf Ökologische Integrität sowie die Ökosystemdienstleistungen (Ziel-Zustand)

### Ergebnisse der Abschätzungen

Der generelle Einfluss der sechs Hauptmaßnahmen auf die Ökosystemdienstleistungen und die Ökologische Integrität wird im Folgenden exemplarisch mit Hilfe von sogenannten Amöben-Diagrammen dargestellt, da hierdurch sowohl die einzelnen Maßnahmen als auch der Gesamteindruck und die jeweiligen Abweichung des Ziel-Zustandes vom Referenzzustand (hier: Ist-Zustand; entspricht 100%) aufgezeigt werden können. Die folgenden Abbildungen zeigen für ausgewählte Dienstleistungen sowie für die Biodiversität als Integritätsindikator die abgeschätzten Auswirkungen der sechs Hauptmaßnahmen.

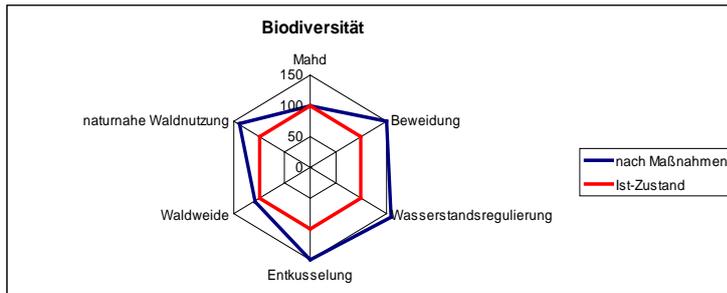


Abbildung 10. Abgeschätzte Auswirkungen der Maßnahmen auf die Biodiversität

Für die Biodiversität (Abbildung 10) wird insgesamt eine Zunahme vermutet, da sich die Maßnahmen vor allem positiv auf die biotischen und abiotischen Strukturen auswirken. Bei der Mahd wird neben der Förderung erwünschter Arten eine geringere Zunahme der Gesamt-Biodiversität vermutet aufgrund der zeitnahen Abfolge der Mahdereignisse und der Entnahme des Materials. Das Beweidungskonzept sowie die Schaffung neuer Habitats durch Wasserstandsregulierungen führen zur Artenzunahme. Die Stärke der Zunahme kann auf einzelnen Flächen unterschiedlich sein. Diese Hypothese steht mit den funktionalen Zielen in Übereinstimmung.

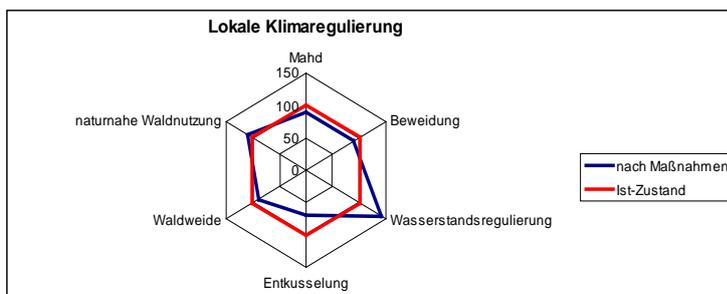
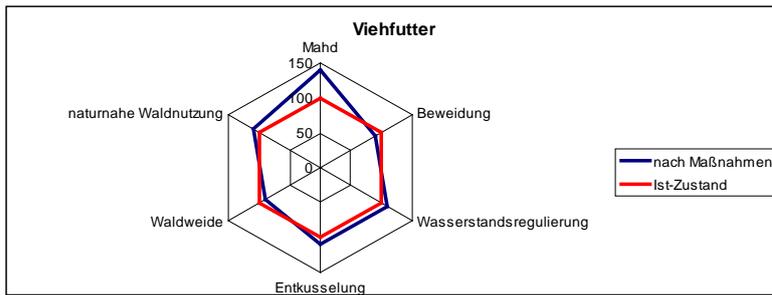


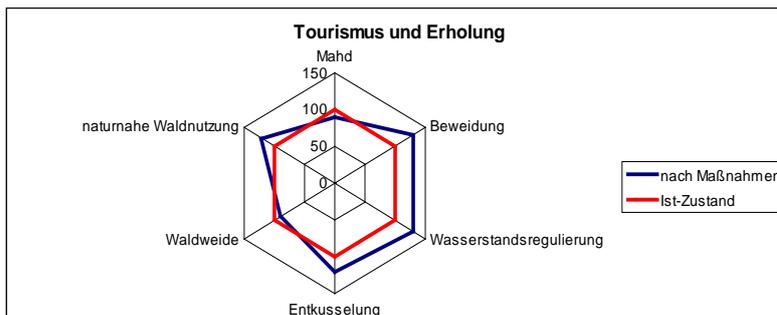
Abbildung 11. Abgeschätzte Auswirkungen der Maßnahmen auf die Lokale Klimaregulierung

Die Auswirkungen auf die lokale Klimaregulierung fallen voraussichtlich gering aus und beziehen sich insbesondere auf die Vegetationsentnahme, wodurch kleinräumig Windeinwirkung und Schattenbildung verändert werden (Abbildung 11). Die Wiedervernässung von Biotopen und die Förderung der Überflutungsdynamik wirken sich positiv auf das lokale Klima aus.



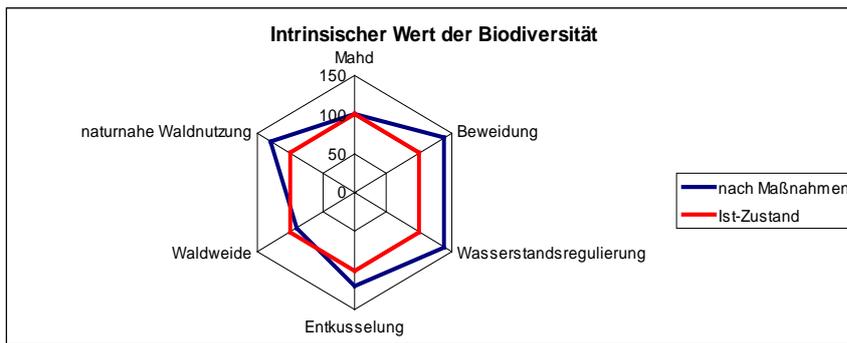
**Abbildung 12. Abgeschätzte Auswirkungen der Maßnahmen auf die Bereitstellende Dienstleistung „Viehfutter“**

Die Beweidung wirkt sich negativ auf die Viehfutterversorgung, dargestellt in Abbildung 12, aus, da das in Prora vorhandene Vieh auf diesen Flächen weidet sodass das Areal nicht als Mähwiese zur Versorgung mit Viehfutter dienen kann. Mahd und Entkusselung führen zur Erhöhung des Viehfutteranteils auf Flächen, die nicht beweidet werden. Dieses Material kann entweder den in Prora weidenden Tieren zugeführt werden oder anderweitig verwendet werden.



**Abbildung 13. Abgeschätzte Auswirkungen der Maßnahmen auf die Kulturelle Dienstleistung „Tourismus und Erholung“**

Da voraussichtlich keine Touristen die Waldweidegebiete betreten dürfen, wirkt sich diese Maßnahme zunächst negativ auf diese kulturelle Dienstleistung aus. Jedoch bezieht sich das nur auf die direkten Flächen der Waldweide (Abbildung 13). Bei der Offenlandbeweidung wird davon ausgegangen, dass Touristen und Einheimische durch das Betrachten der Großherbivoren außerhalb der Weideflächen kulturelle Dienstleistungen erfahren. Hierzu zählen eine als ästhetisch bewertete Landschaft durch die Vielfalt an Lebewesen und Lebensräumen, aber auch potenzielle Bildungsmöglichkeiten durch Informationstafeln zu den jeweiligen Weidetieren sowie ein erhöhter intrinsischer Wert der Biodiversität (siehe Abbildung 14). Mahdereignisse könnten ggf. durch das Entfernen von blühender Vegetation, kurzfristige Rückgänge der kulturellen Dienstleistungen (z.B. der Landschaftsästhetik) verursachen. Entkusselung übt einen positiven Einfluss, durch die Freihaltung der Landschaft auf, was sich wiederum auf die anderen kulturellen Dienstleistungen, wie Landschaftsästhetik, Inspiration und Bildung auswirkt. Dies lässt sich durch Befragungen der Besucher bestätigen.



**Abbildung 14. Abgeschätzte Auswirkungen der Maßnahmen auf den intrinsischen Wert der Biodiversität**

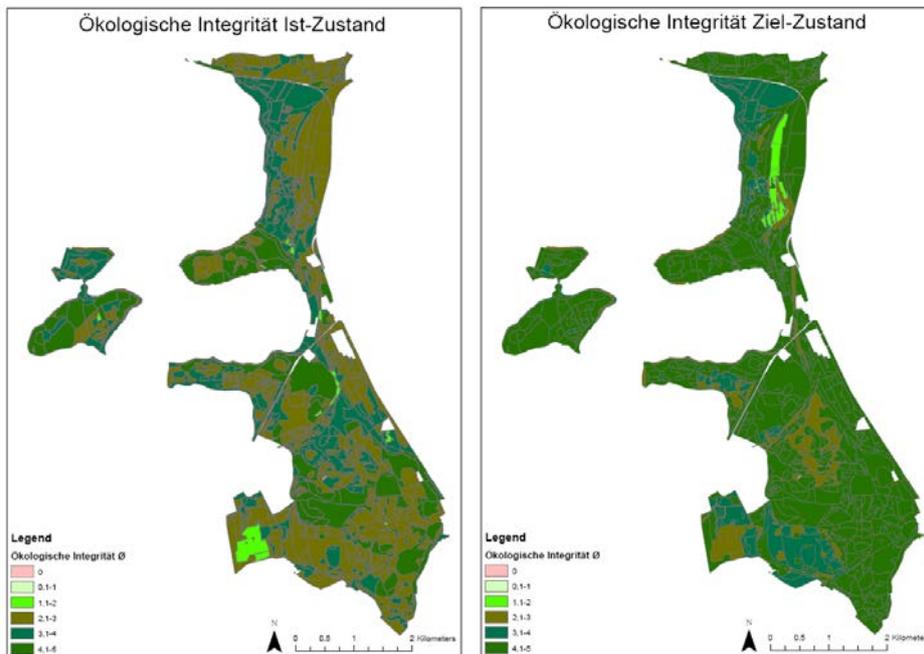
Für einige Werte der Abschätzungsmatrix im Ist- und Zielzustand muss eine gezielte Hinterfragung stattfinden. Aus dem Entwicklungsplan ist beispielsweise nicht ersichtlich, was mit dem Mahdmaterial geschieht. Dieses würde, wenn es als Futtermaterial verwendet wird, eine höhere Kapazität in der Klasse „Viehfutter“ nach sich ziehen. Das gleiche gilt für lokale Besonderheiten zum Hobbyfischfang, zur Jagd und zum Sammeln von Wald- und Wildprodukten. Diese Dienstleistungen beziehen sich eher auf einzelne Flächen/Bereiche als auf ganze Biotoptypen. Sie werden durch entsprechende Regulierungen und Verbote (z. B. Sammelverbote in Naturschutzgebieten) geregelt.

Da die Besucherlenkung in Prora in Kürze konkreter beschrieben werden soll, können diese Aspekte in die Abschätzung mit aufgenommen werden. Für die Verifizierung der Hypothesenarten zu den kulturellen Dienstleistungen sind die Planungen zur Besucherlenkung, insbesondere zum Wegekonzept und den Informationsangeboten von äußerster Bedeutung bei dieser räumlich expliziten Abschätzungsmethode. Das geplante Informationszentrum sowie der diskutierte Baumkronenpfad haben einen erheblichen Einfluss auf das Erholungs- und Tourismusangebot und somit auf die kulturellen Dienstleistungen. Dadurch erhöhen sich die Kapazitäten der Bereitstellung von Dienstleistungen in diesen Bereichen von Prora.

Zur Visualisierung der räumlichen Effekte der Maßnahmen und der Zielentwicklung lassen sich Karten einsetzen. Im Folgenden werden beispielhaft verschiedene Dienstleistungen und Integritätsindikatoren im Ist- und Zielzustand nebeneinander gestellt um potenzielle Unterschiede zu verdeutlichen. Diese Karten korrespondieren mit den Farbwerten der Abschätzungsmatrix, wodurch sich beide Methoden verbinden lassen und zur Kommunikation dieser Ergebnisse dienen. Diese Karten stellen Hypothesen dar, die anhand von Vorort-Begehungen und Quantifizierungen der einzelnen Parameter verifiziert werden müssen.

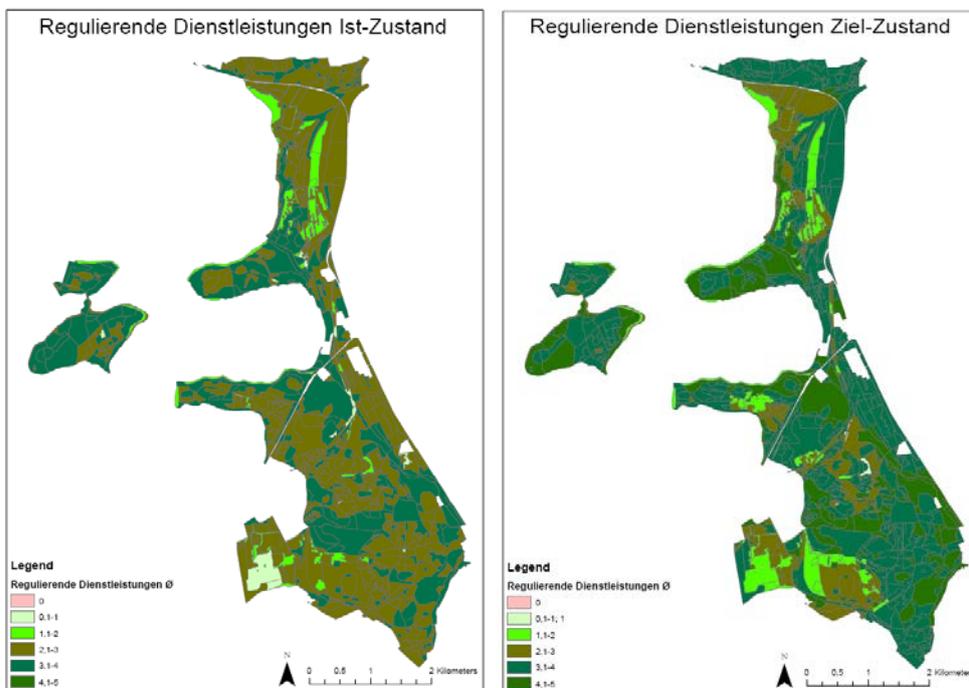
Die Durchschnittswerte für die abgeschätzte ökologische Integrität werden voraussichtlich wie im Kartenvergleich des Ist-Zustandes mit dem Ziel-Zustand sichtbar auf den meisten Flächen des Gesamtgebietes (Abbildung 15) zunehmen. Dies trifft auch für die regulierenden Dienstleistungen z.B. aufgrund der Wiedervernässung von Feuchtgebieten auf (Abbildung 16). Durch die Aufgabe der Waldnutzung werden im Ziel-Zustand die Versorgungsdienstleistungen im Durchschnitt zurückgehen (Abbildung 17). Jedoch sind hier auch kleinräumig Unterschiede zu erwarten, etwa durch das verstärkte Einbinden von Weidetieren, die auch als verwertbares Vieh zum Verkauf als Dienstleistung anzurechnen sind. Die Maßnahmen sowie die verstärkte Förderung des Tourismus führen zu einer Zunahme der kulturellen Dienstleistungen im Ziel-Zustand (Abbildung 18). Die sicher schon stark fre-

quentierten Feuersteinfelder werden weiterhin stark besucht und zukünftig werden die sehr hohen relevanten kulturellen Kapazitäten auch auf die umliegenden Biotoptypen ausgeweitet werden. Hier muss eine Anpassung der Karten mit dem noch auszuarbeitenden Besucherlenkungskonzept erfolgen.



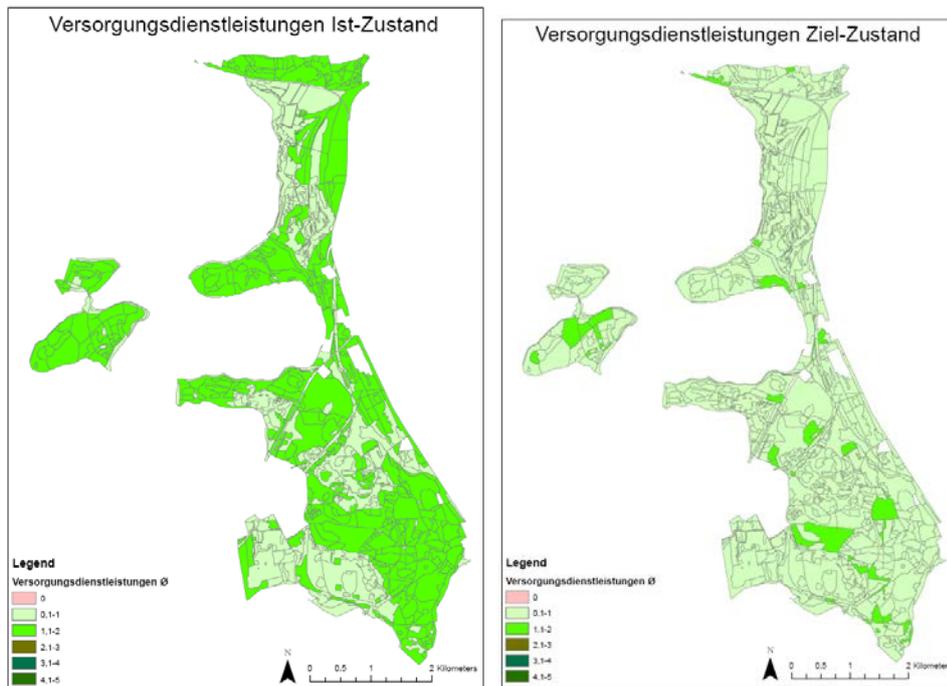
**Abbildung 15. Vergleich des Ist-Zustandes und Ziel-Zustandes der qualitativ bewerteten Ökologischen Integrität (Mittelwert) im Naturerbegebiet Prora**

Kartengrundlage: BIMA (2011)



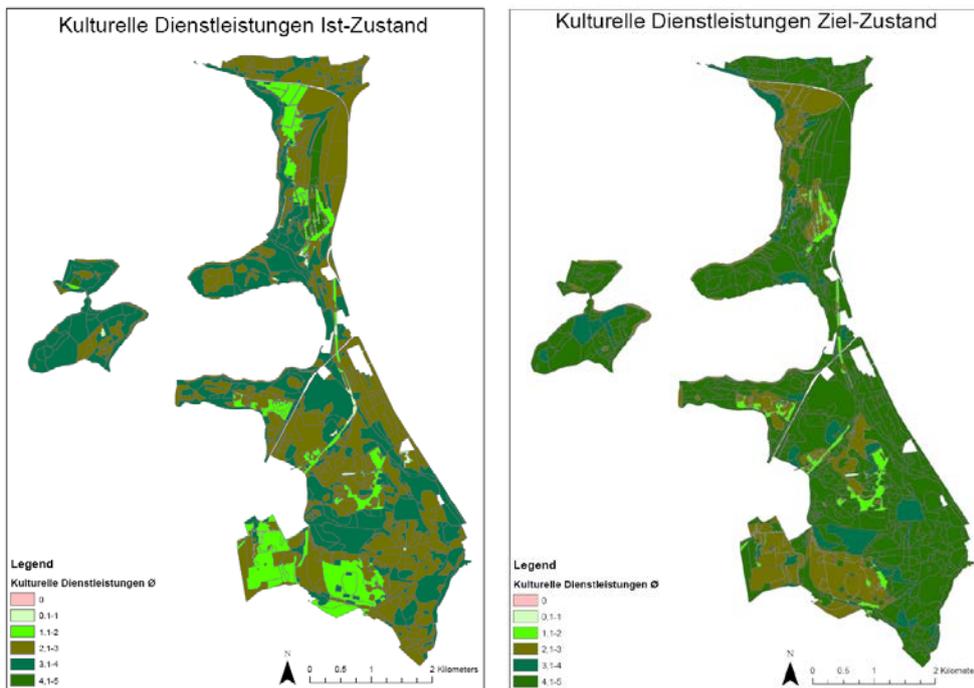
**Abbildung 16. Vergleich des Ist-Zustandes und Ziel-Zustandes der qualitativ bewerteten Regulierenden Dienstleistungen (Mittelwert) im Naturerbegebiet Prora**

Kartengrundlage: BIMA 2011



**Abbildung 17. Vergleich des Ist-Zustandes und Ziel-Zustandes der qualitativ bewerteten Versorgungsdienstleistungen (Mittelwert) im Naturerbegebiet Prora**

Kartengrundlage: (BIMA 2011)



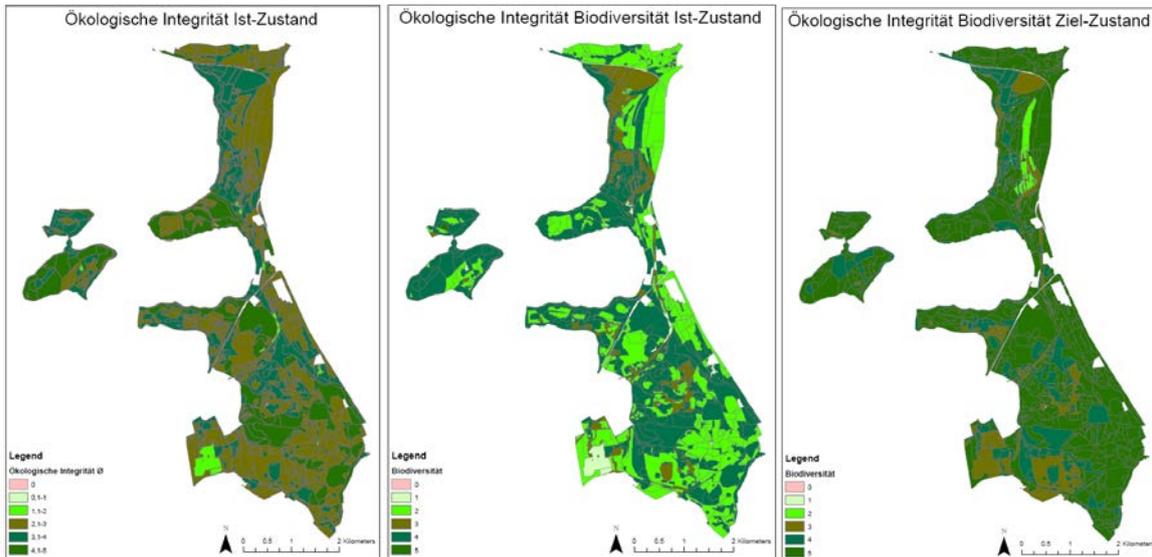
**Abbildung 18. Vergleich des Ist-Zustandes und Ziel-Zustandes der qualitativ bewerteten Kulturellen Dienstleistungen (Mittelwert) im Naturerbegebiet Prora (Kartengrundlage: BIMA 2011)**

Kartengrundlage: (BIMA 2011)

Es ist bei der Analyse der Hypothesenkarten zu berücksichtigen, dass die einzelnen Indikatoren trotz der durchschnittlichen Zunahme der Hauptklassen räumlich stark vom Durchschnittswert abweichen können.

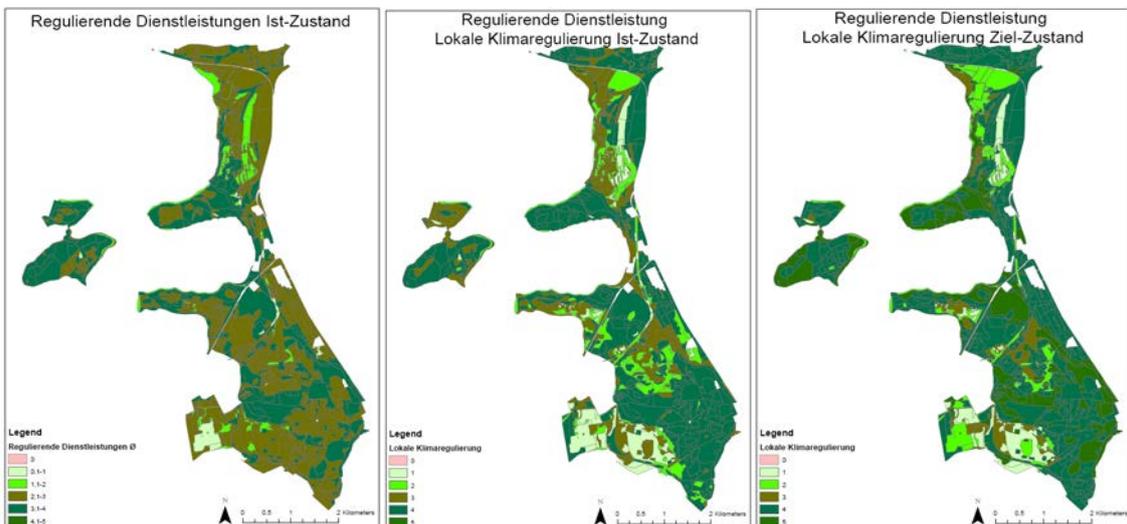
Als Beispiele werden der Indikator Biodiversität mit der Mittelwert-Karte der ökologischen Integrität im Ist-Zustand und Ziel-Zustand verglichen (Abbildung 19). Die heutige

Biodiversität ist in einigen Biotopen geringer als der Mittelwert aller sieben Integritäts-Indikatoren. Im Ziel-Zustand ist aufgrund der Maßnahmen eine deutliche Zunahme zu „sehr hohe relevante Kapazität“ der Biodiversität im Gesamtgebiet mit kleinräumigen Abweichungen mit geringeren Kapazitäten zu erwarten.



**Abbildung 19. Vergleich des Mittelwertes der Ökologischen Integrität mit dem Indikator Biodiversität im Ist-Zustand und im Ziel-Zustand**

Kartengrundlage: (BIMA 2011)



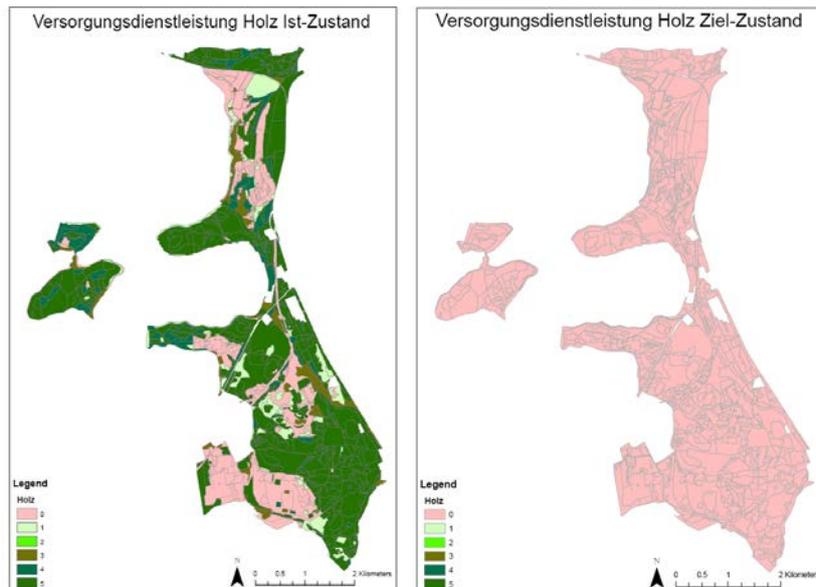
**Abbildung 20. Vergleich des Mittelwertes der Regulierenden Dienstleistungen mit dem Indikator Lokale Klimaregulierung im Ist-Zustand und im Ziel-Zustand**

Kartengrundlage: (BIMA 2011)

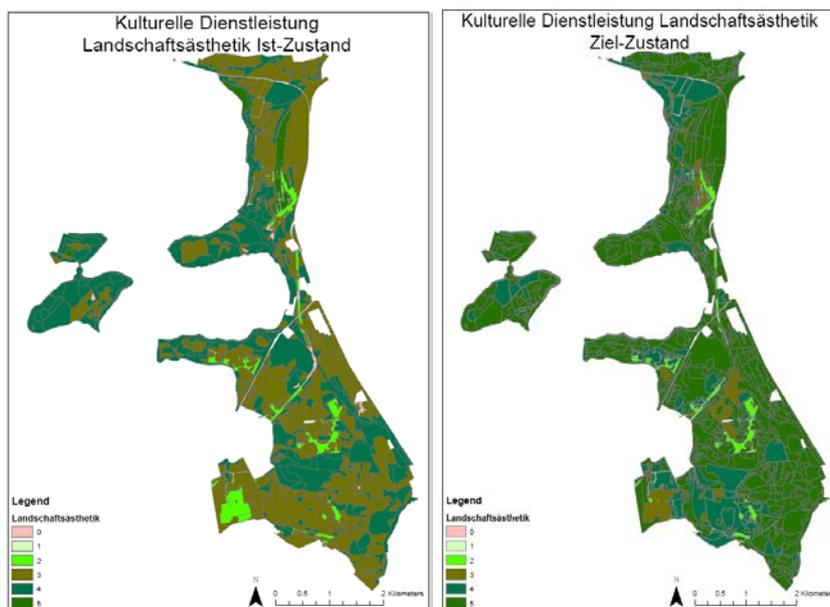
Abbildung 20 zeigt als weiteres Beispiel die Abweichung des Einzel-Indikators vom Mittelwert im Ist-Zustand für die Lokale Klimaregulierung als einer der neun Regulierenden Dienstleistungen. Im Vergleich zum Ziel-Zustand ist vor allem für die Waldgebiete aufgrund der natürlichen Waldentwicklung und der Etablierung des Mischwaldes eine Erhöhung der Kapazität zur lokalen Klimaregulierung zu erwarten.

Vergleicht man andere Ökosystemdienstleistungsindikatoren ergeben sich große räumliche Unterschiede und zeitliche Veränderungen. Der Ziel-Zustand des Naturerbegebietes erlaubt keine Holzentnahme mehr nach einer Übergangsphase in den nächsten 10-15 Jahren, während der die Holzentnahme kontinuierlich abnehmen wird. Dadurch weist die Ziel-Zustandskarte für die Versorgungsdienstleistung Holz keine relevante Kapazität (obwohl theoretisch Holz vorhanden ist, das aber nicht genutzt wird, Abbildung 21).

Die durch die großen Waldflächen bereits mittlere bis hohe relevante Kapazität der Landschaftsästhetik für viele der Biotoptypen, wird im Ziel-Zustand für die meisten Flächen zunehmen bzw. für wenige gleich bleiben (Abbildung 21).



**Abbildung 21. Holz als Versorgungsdienstleistung im Ist-Zustand und Ziel-Zustand**



**Abbildung 22. Landschaftsästhetik als Indikator der kulturellen Dienstleistungen im Ist-Zustand und Ziel-Zustand**

Kartengrundlage: BIMA (2011)

### *Fazit und Ausblick*

Die vorgestellten Hypothesen zur angenommenen Entwicklung des Prora-Gebietes geben einen ersten Überblick über die räumliche Verteilung der Indikatoren und deren Zustand unter den gegebenen Szenario-Bedingungen wider. Diese müssen gebietsspezifisch im nächsten Schritt anhand der vorgeschlagenen Parameter verifiziert werden. Lokale Besonderheiten (z.B. besonderes Vorkommen von Rote-Liste-Arten auf einzelnen Flächen) müssen dabei gesondert berücksichtigt werden.

Die Entwicklung des Naturerbegebietes Prora aufgrund der geplanten Maßnahmen ist gut zu erkennen. Einige Dienstleistungen besitzen momentan eine hohe Kapazität (z.B. Holz), die im Ziel-Zustand auf keine relevante Kapazität zurückgeht durch die Aufgabe der Holzentnahme und somit in Prora nicht mehr gegeben ist. Dafür werden andere Bereitstellungen der regulierenden und kulturellen Dienstleistungen stark zunehmen. Die trifft auch auf die Indikatoren der Ökologischen Integrität.

Trotz der qualitativ abgeschätzten Ökosystemdienstleistungen und Integritätsindikatoren, können bereits anhand dieser Karten potenzielle Auswirkungen der geplanten Maßnahmen aufgezeigt werden. Die funktionalen Entwicklungsziele (Kapitel 6.2) lassen sich anhand der Hypothesen-Karten und Hypothesen-Diagramme belegen und dokumentieren. Zur Verifizierung der Expertenabschätzung und der gebietsspezifischen Besonderheiten müssen diese 0-5-Werte jedoch mit Messungen, Modellierungen und Statistiken quantifiziert und langfristig beobachtet werden. Hierfür dienen die potenziellen Parameter (Tabelle 26-5). Dabei bleibt festzuhalten, dass die Beschriebene Analyse und Bewertung der Fallstudie Prora einen rein qualitativen und in Bezug auf die Zielzustände hypothetischen Charakter aufweisen. Erst durch Quantifizierungen im Rahmen des Gebietsmonitorings und partizipative Festlegungen der quantitativen Entwicklungsziele wird das Potenzial des Ansatzes ausgeschöpft.

Die Anwendung dieser Methode auf anderen Naturerbeflächen kann in ähnlicher Weise erfolgen, sollte aber unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten erfolgen (z.B. die starke Zergliederung der Flächen auf Borkum, besondere Artenvorkommen oder Managementziele). Daher müssen die Dienstleistungsklassen gemeinsam mit den Planern und Managern für das jeweilige Naturerbegebiet angepasst werden. Diese relativ einfache Hypothesen-Methode kann auch zur Entwicklung der Naturerbeentwicklungspläne herangezogen werden, da dadurch die räumlichen Auswirkungen von Maßnahmen und Veränderungen abgeschätzt werden können sowie einzelne Austauschbeziehungen (*trade-offs*) zwischen Dienstleistungen sichtbar und kommunizierbar werden).

Abschließend bleibt anzumerken, dass in der zusammengefassten Pilotstudie ein regionales Abschätzungsverfahren zur Ermittlung von Indikatoren zur Integrität und zu Ökosystemdienstleistungen exemplarisch vorgelegt wurde. Es umfasst das Gesamtgebiet und kann durch quantitative und empirische Beobachtungen an einzelne Messstellen hervorragend ergänzt werden. Dadurch können die regionalisierten Arbeiten durch empirische Stützstellen abgesichert werden.

## 11 Literaturverzeichnis

- Achtziger R, Stickroth H & Zieschank R (2003). F+E-Projekt "Nachhaltigkeitsindikator für den Naturschutzbereich. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Halle) Sonderheft1: 138-142.
- Achtziger R, Stickroth H, Zieschank R, Wolter C & Schlumprecht H (2007). F+E-Projekt "Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt"-unveröffentlichter Forschungsbericht im Auftrag des BfN (FKZ 804 86 010).
- AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung. Stuttgart, Schweizerbart.
- Ahrens U (2007). Gewässerstruktur: Kartierung und Bewertung der Fließgewässer in Schleswig-Holstein. Jahresbericht Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2006/2007: 115-126.
- Albrecht L (1990). Grundlage, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Schriftenreihe Naturwaldreservate in Bayern 1.
- Ammer S & Makeschin F (1994). Auswirkungen experimenteller saurer Beregnung und Kalkung auf die Regenwurmfauna (Lumbricidae, Oligochaeta) und die Humusform in einem Fichtenaltbestand (Höglwaldexperiment). Forstwissenschaftliches Centralblatt 113: 70-85.
- Assmann E (1961). Waldertragskunde. Münschen, Bonn, Wien, BLV-Verlag.
- Atauri JA & de Lucio JV (2001). The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology* 16(2): 147-159.
- BAFU (2007). Basisdaten aus dem Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM - Alle Indikatoren in Kürze, Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Barbier S, Gosselin F & Balandier P (2008). Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved - A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254(1): 1-15.
- Barkmann J, Baumann R, Meyer U, Müller F & Windhorst W (2001). Ökologische Integrität: Risikovorsorge im nachhaltigen Landschaftsmanagement. *GAIA* 10: 97-108.
- Barth N, Brandtner W, Cordsen E, Dann T, Emmerich KH, Feldhaus D, Kleefisch B, Schilling B & Utermann J (2000). Boden-Dauerbeobachtung. Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Rosenkranz D, Bachmann G, König W & Einsele G. Berlin, Erich Schmidt Verlag. 3, 9152: 1-127.
- Bauchhenss J (1997). Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Bericht nach 10-jähriger Laufzeit 1985-1995. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau 6/97 Teil III: 219-234.
- Baumann R (2001). Indikation der Selbstorganisationsfähigkeit terrestrischer Ökosysteme, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Dissertation.
- Berg A, Ahrne K, Ockinger E, Svensson R & Soderstrom B (2011). Butterfly distribution and abundance is affected by variation in the Swedish forest-farmland landscape. *Biological Conservation* 144(12): 2819-2831.
- Berg C & Dengler J (2005). Moose und Flechten als diagnostische Arten von Pflanzengesellschaften – eine Übersicht aus Mecklenburg-Vorpommern. *Herzogia* 18: 145-161.
- BfN (2008). Forschung und Monitoring in den deutschen Biosphärenreservaten. Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- BfN (2011). Erfassungsanleitung für den HNV Farmland-Indikator - Version 3. Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- BIMA (2007). Geschäftsanweisung Forsteinrichtung GA FE 2007, Bundesanstalt für Immobilienaufgaben - Sparte Bundesforst.

- BIMA (2011). Entwicklungsplan für die Naturerbefläche Prora-Entwurf, Bundesanstalt für Immobilienaufgaben-Sparte Bundesforst.
- Binimelis R, Monterroso I & Rodriguez-Labajos B (2009). Catalan agriculture and genetically modified organisms (GMOs) - An application of DPSIR model. *Ecological Economics* 69(1): 55-62.
- Binot M, Bless R, Boye P, Gruttke H & Pretscher P (1998). Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55: 168-230.
- BLAG KliNa (2010). 3. Erfahrungsbericht 2010 zu umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität-Nachhaltigkeit.
- Blaschke M, Helfer W, Ostrow H, Hahn C, Loy H, Bussler H & Krieglsteiner L (2009). Naturnähezeiger - Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald. *Natur und Landschaft* 48: 560-566.
- BLMP (2012). Monitoring-Handbuch. Kiel, Arbeitsgemeinschaft Bund-Länder-Messprogramm (ARGE BLMP) für Nord- und Ostsee.
- BMELV (2006). Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berlin, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft, und Verbraucherschutz (BMELV).
- BMELV (2009). Handbuch Forstliche Analytik. Berlin, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- BMELV (2011). Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2011, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- BMU (2007). Nationale Strategie zu biologischen Vielfalt. Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: 1-180.
- BMU (2011). Aufnahmeanweisung für die dritte Bundeswaldinventur (BWI 3) 2011-2012, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Bongers T (1990). The Maturity Index - an Ecological Measure of Environmental Disturbance Based on Nematode Species Composition. *Oecologia* 83(1): 14-19.
- Bornebusch CH (1930). The fauna of forest soil. Kopenhagen, Det Forstlike Forsogsverhandling Danmark
- Bossel H (1998). Ecological orientors: emergence of basic orientors in evolutionary self-organization. Eco targets, goal functions, and orientors. Müller F & Leupelt M. Berlin, Heidelberg, Springer: 19-33.
- Bossel H (2000). Sustainability: application of systems theoretical aspects to societal development. Handbook of ecosystem theories and management. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 519-536.
- Bouche M (1972). Lombriciens de France. *Ecologie et Systematique*. Paris, Institut National de recherche Agronomique.
- Bouche M (1977). Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletin* 25: 122-132.
- Bradtka J, Bässler C & Müller J (2010). Baumbewohnende Flechten als Zeiger für Prozessschutz und ökologische Kontinuität im Nationalpark Bayerischer Wald. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 9: 49-63.
- Brändli UB, Bühler C & Zangger A (2007). Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 158: 243-254.
- Braun-Blanquet (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Berlin, Wien, New York, Springer.
- Briemle G (1996). *Farbatlas Kräuter und Gräser in Feld und Wald*. Stuttgart, Ulmer.
- Bundesforst (2004). Aufnahmeanweisung zur Wildverbisserhebung -Vergleichsflächenverfahren - ( Stand März 2004 ), Bundesforst.
- Bundesregierung (2002). *Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung*. Berlin.
- Burkhard B (unveröffentlicht). ENVEurope-Action 2 parameters and methods elaboration. Kiel, Universität Kiel.

- Burkhard B, De Groot RS, Costanza R, Seppelt R, Jorgensen SE & Potschin M (in press) Solutions for sustaining natural capital and ecosystem services. *Ecological Indicators*.
- Burkhard B, Kroll F, Müller F & Windhorst W (2009). Landscape's capacities to provide ecosystem services - a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online* 15: 1-22.
- Burkhard B, Kroll F, Nedkov S & Müller F (2011). Mapping supply, demand and budgets of ecosystem services. *Ecological Indicators*.
- Bußler H, Müller J & Simon U (2004). Erfassung xylobionter Käfer in Waldökosystemen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 36:197-201.
- Camargo JA (1993). Must Dominance Increase with the Number of Subordinate Species in Competitive Interactions. *Journal of Theoretical Biology* 161(4): 537-543.
- Carre G, Roche P, Chifflet R, Morison N, Bommarco R, Harrison-Cripps J, Krewenka K, Potts SG, Roberts SPM, Rodet G, Settele J, Steffan-Dewenter I, Szentgyorgyi H, Tscheulin T, Westphal C, Woyciechowski M & Vaissiere BE (2009). Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agriculture Ecosystems & Environment* 133(1-2): 40-47.
- Castin-Buchet V & André P (1998). The influence of intensive thinning on earthworm populations in the litters of Norway spruce and Douglas fir. *Pedobiologia* 42: 63-70.
- CBD (1992). Convention on Biological Diversity.
- CBD (2004). COP 7 Decision VII/30 Strategic plan: future evaluation of progress. Kuala Lumpur.
- CBD (2006a). COP 8 Decision VIII/15 Framework for monitoring implementation of the achievement of the 2010 target and integration of targets into the thematic programmes of work. Curitiba.
- CBD (2006b). Decisions adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity at its eighth meeting. Curitiba, Convention on Biological Diversity: 289.
- CBD (2008). Statement by the executive secretary Ahmed Djoghlaif on the occasion of the World Cities Summit. Singapore, Convention on Biological Diversity.
- CBD (2010). User's manual for the city biodiversity index, Convention on Biological Diversity.
- Cierjacks A, Kleinschmit B, Babinsky M, Kleinschroth F, Markert A, Menzel M, Ziechmann U, Schiller T, Graf M & Lang F (2010). Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173(5): 644-653.
- Clark PJ & Evans FC (1954). Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology* 35(4): 445-453.
- Corral-Rivas JJ (2006). Models of tree growth and spatial structure for multi-species, uneven-aged forests in Durango (Mexico), Universität Göttingen.
- Daniel TC & Boster RS (1976). Measuring Landscape Esthetics. The Scenic Beauty Estimation Method. USDA Forest Service Research Paper RM 167.
- Davies ZG, Tyler C, Stewart GB & Pullin AS (2008). Are current management recommendations for saproxylic invertebrates effective? A systematic review. *Biodiversity and Conservation* 17(1): 209-234.
- DBU (2009). Grundsätze zum Wildmanagement auf den DBU-Naturerbeflächen, DBU Naturerbe GmbH.
- DBU (2010). Naturnahe Waldentwicklung auf DBU-Naturerbeflächen. Grundsätze zur Entwicklungssteuerung, DBU Naturerbe GmbH.
- DBU (2010). Leitbild Prora, DBU Naturerbe GmbH.
- DBU (2011). 4. Feuchtgebiete – Gleichgewicht wiederherstellen. DBU Naturerbe GmbH. [http://www.dbu.de/1317ibook59863\\_28458\\_.html](http://www.dbu.de/1317ibook59863_28458_.html).
- DBU (2011). DBU Naturerbe - 46.000 Hektar für den Naturschutz. DBU Naturerbe GmbH. <http://www.dbu.de/naturerbe>.
- DDA (unveröffentlicht a). Konzept für ein Monitoring seltener Brutvögel - Kurzfassung, Dachverband Deutscher Avifaunisten.
- DDA (unveröffentlicht b). Monitoring von Vögeln in Schutzgebieten, Dachverband Deutscher Avifaunisten.

- De Groot RS, Alkemade R, Braat L, Hein L & Willemsen L (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7(3): 260-272.
- Dengler J (2004). Phytodiversitätsmuster in nordostdeutschen Trockenrasen. *Kieler Notizen zur Pflanzenkunde in Schleswig-Holstein und Hamburg* 32: 14-19.
- Devictor V, van Swaay C, Brereton T, Brotons L, Chamberlain D, Heliola J, Herrando S, Julliard R, Kuussaari M, Lindstrom A, Reif J, Roy DB, Schweiger O, Settele J, Stefanescu C, Van Strien A, Van Turnhout C, Vermouzek Z, WallisDeVries M, Wynhoff I & Jiguet F (2012). Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2(2): 121-124.
- Dierschke H (1994). *Pflanzensoziologie*. Stuttgart, Ulmer.
- Dierssen K (2000). Ecosystems as states of ecological successions. *Ecological orientors - a path to environmental applications of ecosystem theories*. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 427-438.
- Duelli P, Obrist MK & Schmatz DR (1999). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74(1-3): 33-64.
- Düll R (2001). *Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Ellenberg H, Weber HE, Düll R, Wirth V & Werner W. Göttingen, Goltze.
- Dupre C, Stevens CJ, Ranke T, Bleeker A, Pepller-Lisbach C, Gowing DJG, Dise NB, Dorland E, Bobbink R & Diekmann M (2010). Changes in species richness and composition in European acidic grasslands over the past 70 years: the contribution of cumulative atmospheric nitrogen deposition. *Global Change Biology* 16(1): 344-357.
- Dußling U (2009). *Handbuch zu fiBS*. Friedberg, Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V.
- Dziöck F, Foeckler F, Scholz M, Stab S & Henle K (2006). Bioindication and functional response in flood plain systems based on the results of the project RIVA - Preface. *International Review of Hydrobiology* 91(4): 269-270.
- EEA (1999). *Environmental indicators: typology and overview*. Technical Report. Copenhagen. 25: 1-19.
- EEA (2007). *CLC2006 technical guidelines*. Copenhagen. EEA Technical Report No. 17.
- EEA (2007). *Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe*, European Environmental Agency EEA Technical Report 11/ 2007.
- EEA (2009). *Progress towards the European 2010 biodiversity target — indicator fact sheets*. EEA Report 5. Copenhagen, European Environment Agency (EEA): 52.
- EG (2000). *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*.
- Eisenhauer N, Migunova VD, Ackermann M, Ruess L & Scheu S (2011). Changes in Plant Species Richness Induce Functional Shifts in Soil Nematode Communities in Experimental Grassland. *PLoS ONE* 6(9).
- Ellenberg H, Weber HE, Düll R, Wirth V & Werner W (2001). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen, Goltze.
- Fath B & Patten BC (1998). Network orientors: a utility goal function based on network synergism. *Eco targets, goal functions, and orientors*. Müller F & Leupelt M. Berlin, Heidelberg, Springer: 161-176.
- Feilhauer H, Faude U & Schmidlein S (2011). Combining Isomap ordination and imaging spectroscopy to map continuous floristic gradients in a heterogeneous landscape. *Remote Sensing of Environment* 115(10): 2513-2524.
- Felinks B, Tischew S, Lorenz A & Osterloh S (2010). *Entwicklung von kosteneffizienten Strategien zum Erhalt und zur Entwicklung von FFH-Offenlandlebensräumen auf großen Flächen. Erarbeitung, Umsetzung und Evaluierung von Pflegestrategien für das Modellgebiet "Oranienbaumer Heide". 2. Zwischenbericht*. Bernburg, Hochschule Anhalt (FH): 108.
- Fisher B, Turner RK & Morling P (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68(3): 643-653.

- Frahm J (1998). Moose als Bioindikatoren. Wiesbaden, Quelle & Meyer.
- Földner K (1995). Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. Göttingen, Universität Göttingen.
- Gee K & Burkhard B (2010). Cultural ecosystem services in the context of offshore wind farming: A case study from the west coast of Schleswig-Holstein. *Ecological Complexity* 7(3): 349-358.
- Gemesi O, Skambracks D & Topp W (1995). Einfluß eines geregelten forstlichen Eingriffs auf die Besiedlungsdichte und den Streuabbau der Regenwürmer im Flysch der Tegernseer Berge. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 114: 272-281.
- Gergocs V & Hufnagel L (2009). Application of Oribatid Mites as Indicators (Review). *Applied Ecology and Environmental Research* 7(1): 79-98.
- Getzin S, Wiegand K & Schöning I (2012). Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmanned aerial vehicles. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 397-404.
- Glante F (2008). Biodiversität im Boden. Dessau, Umweltbundesamt.
- Grime JP (1974). Vegetation classification by reference to strategies. *Nature* 250: 26-31.
- Grime JP (1979). Vegetation classification by reference to strategies. Chichester, Wiley.
- Grime JP, Hodgson JG & Hunt R (1988). Comparative plant ecology. London, Unwin Hyman.
- Grünvogel H & Heurich M (2002). Anweisung zur Waldinventur 2002. Berichte aus dem Nationalpark(2): 1-20.
- Gustafson EJ & Parker GR (1992). Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. *Landscape Ecology* 7: 101-110.
- Haase P & Sundermann A (2004). Standardisierung der Erfassungs- und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthos-Untersuchungen in Fließgewässern. Biebergemünd, Forschungsinstitut Senckenberg: 88.
- Hachtel M, Schlüpman M, Thiesmeier B & Weddeling K (2009). Methoden der Feldherpetologie. Bielefeld, Laurenti Verlag.
- Haeupler H (2002). Die Biotope Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38: 247-272.
- Haines-Young R & Potschin M (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*. Raffaelli D & Frid C. Cambridge: 110-139.
- Haines-Young R & Potschin M (2010). Proposal for a common international classification of ecosystem goods and services (CICES) for integrated environmental and economic accounting. Background document, Report to the EEA.
- Hainich N (2010). Kontrollstichprobeninventur im Nationalpark Hainich, Nationalpark Hainich.
- Hammer S & Zeh A (2007). Einfluss der Landnutzungsform und -intensität sowie Bodenchemie auf Vielfalt, Verteilung und räumliche Struktur der Regenwurmfauna (Lumbricidae) – Mit einem Vergleich der Habitatheterogenität zwischen Natur- und Wirtschaftswald von Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*). Eberswalde, Fachhochschule Eberswalde.
- Harmon ME (2009). Woody detritus mass and its contribution to carbon dynamics of old-growth forests: the temporal context. *Old-growth forests*. Wirth C, Gleixner G & Heimann M. Berlin-Heidelberg, Springer. 207: 159-190.
- Harmon ME, Franklin JF, Swanson FJ, Sollins P, Gregory SV, Lattin JD, Anderson NH, Cline SP, Aumen NG, Sedell JR, Lienkaemper GW, Cromack K & Cummins KW (1986). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133-302.
- Heidrich-Riske H (2004). Bericht zur Durchführung der Ziehung einer räumlichen Stichprobe für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring von Vogelarten in Deutschland“ des Bundesamtes für Naturschutz. Modul I: Zustand der Normallandschaft. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- Heikkinen RK, Luoto M, Virkkala R & Rainio K (2004). Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology* 41(5): 824-835.

- Heilmann-Clausen J & Christensen M (2005). Wood-inhabiting macrofungi in Danish beech-forests - conflicting diversity patterns and their implications in a conservation perspective. *Biological Conservation* 122(4): 633-642.
- Hellawell JM (1991). Developing a rationale for monitoring. *Monitoring for Conservation and Ecology*. Goldsmith FB. London, Chapman & Hall: 1-14.
- Hendrickx F, Maelfait JP, Van Wingerden W, Schweiger O, Speelmans M, Aviron S, Augenstein I, Billeter R, Bailey D, Bukacek R, Burel F, Diekotter T, Dirksen J, Herzog F, Liira J, Roubalova M, Vandomme V & Bugter R (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 44(2): 340-351.
- Henze S & Henkel U (2007). Zum Einfluss des Waschbären auf den Graureiher-Brutbestand im ehemaligen Landkreis Bernburg. *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* 44: 45-52.
- Hintermann U, Weber D & Zangger A (2000). Biodiversity monitoring in Switzerland. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 62: 47-58.
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I & Tscharnke T (2010). How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* 79(2): 491-500.
- Hui GY, Albert M & Von Gadow K (1998). Das Umgebungsmaß als Parameter zur Nachbildung von Bestandsstrukturen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 117: 258-266.
- Humphrey JW, Davey S, Peace AJ, Ferris R & Harding K (2002). Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biological Conservation* 107(2): 165-180.
- Hurford C (2010). Monitoring in cultural habitats- an introduction. *Monitoring nature conservation in cultural habitats: a practical guide and case studies*. Hurford C & Schneider M. Dordrecht, Springer.
- ICP Forests (2010). Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part XIV. Sampling and analysis of deposition. Hamburg.
- ICP Forests (2011). Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part XI. Soil solution collection and analysis. Hamburg.
- Im J & Gleason CJ (2011). A Review of Remote Sensing of Forest Biomass and Biofuel: Options for Small-Area Applications. *Giscience & Remote Sensing* 48(2): 141-170.
- Jehl H (2001). Die Waldentwicklung nach Windwurf in den Hochlagen des Nationalparks Bayerischer Wald. *Wissenschaftliche Reihe*(14): 49-97.
- Jelaska LS, Dumbovic V & Kucinic M (2011). Carabid beetle diversity and mean individual biomass in beech forests of various ages. *Zookeys*(100): 393-405.
- Jørgensen SE (1997). *Integration of ecosystem theories-a pattern*. Dordrecht, Kluwer.
- Jørgensen SE (2000). The tentative fourths law of thermodynamics. *Handbook of ecosystem theories and management*. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 561-576.
- Jørgensen SE & Müller F (2000). Ecological orientors - a path to environmental applications of ecosystem theories. *Handbook of ecosystem theories and management*. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 561-576.
- Kandziora M, Burkhard B & Müller F (submitted) Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators -A theoretical matrix exercise.
- Kay JJ (2000). Ecosystems as self-organised holarchig open systems: narratives and the second law of thermodynamics *Handbook of ecosystem theories and management*. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 135-160.
- Keitel W & Schlechte BG (2008). Gutachten zur Erfassung der Weiß- und Braunfäuleerreger in den NWZ Nr. 17, 21, 36 und 41 im Auftrag des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen.

- Kemkes W (2009). Wildtiermanagement im Nationalpark Hainich. Nationalparkarbeit in Deutschland - Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung. Scherflose V. Bonn, Bundesamt für Naturschutz. 72: 121-132.
- Kirschbaum U & Windisch U (1995). Beurteilung der lufthygienischen Situation Hessens mittels epiphytischer Flechten. Schriftreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt 171.
- Klapp E, Boeker P, König F & Stählin A (1953). Wertzahlen der Grünlandpflanzen. – Das Grünland. Hannover, Schaper.
- Klotz S (2007). Drivers and pressures on biodiversity in analytical frameworks. *Biodiversity under threat*. Hester RE & Harrison RM. Cambridge, RSC: 252-262.
- Klotz S & Kühn I (2002). Ökologische Strategietypen. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38: 197-201.
- Klotz S, Kühn I & Durka W (2002). Bioflor - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38.
- Koch B, Walentowski H, Dees M & Seitz R (2010). Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten von amtlichen Laserscannerdaten für den Wald-Forst-Bereich. Entwicklung von Methoden für forstliche Inventur- und Monitoringaufgaben im Rahmen der FFH Kartierung. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 9: 23-37.
- Koehler HH (1999). Gamasina in a succession of thirteen years. Ecology and evolution of the Acari. Bruin J, Van der Geest LPS & Sabelis MW. Dordrecht, Boston London, Kluwer Academic Publishers.
- Koepke V (1989). Bodenwasserregulierung: Anleitung zur Standortkennzeichnung und Anlagendiagnose. Müncheberg, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.
- Koepke V, Menning P, Succow M, Stüdemann O & Vetterlein E (1985). Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme. Bad Freienwalde, VEB Ingenieurbüro für Meliorationen.
- Kohsaka R (2010). Developing biodiversity indicators for cities: applying the DPSIR model to Nagoya and integrating social and ecological aspects. *Ecological Research* 25(5): 925-936.
- Kopeszki H & Meyer E (1996). Artenzusammensetzung und Abundanz von Collembolen in Waldböden der Provinzen Bozen und Trient (Italien). *Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins Innsbruck* 83: 221-237.
- Kowarik I (2010). Biologische Invasionen. Stuttgart, Ulmer.
- Kowatsch A, Hampicke U, Kruse-Graumann L & Plachter H (2011). Indikatoren für ein integratives Monitoring in deutschen Großschutzgebieten. *BfN-Skripten* 302.
- Kriebitzsch WU, von Oheimb G, Ellenberg H, Engelschall B & Heuvelink J (2000). Development of woody plant species in fenced and unfenced plots in deciduous forests on soils of the last glaciation in northernmost Germany. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 171(1): 1-10.
- Kühle JC (1986). Modelluntersuchungen zur strukturellen und ökotoxikologischen Belastung von Regenwürmern in Weinbergen Mitteleuropas (Oligochaeta: Lumbricidae), Universität Bonn. Dissertation.
- Kuijper DP, Jedrzejewska B, Brzeziecki B, Churski M, Jedrzejewski W & Zybura H (2010). Fluctuating ungulate density shapes tree recruitment in natural stands of the Bialowieza Primeval Forest, Poland. *Journal of Vegetation Science* 21(6): 1082-1098.
- Kumar P (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, Earthscan.
- Landolt E (2010). *Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Bern, Haupt.
- Larsen T, Schjonning P & Axelsen J (2004). The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. *Applied Soil Ecology* 26(3): 273-281.
- LAU (2006). Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFH-Richtlinie in Deutschland. Halle, Landesamt für Umweltschutz Sachsen Anhalt.
- LAWA (2000a). Empfehlungen zu Konfiguration von Meßnetzen sowie zu Bau und Betrieb von Grundwassermeßstellen (qualitativ). Berlin, Kulturbuch-Verlag.

- LAWA (2000b). Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Berlin, Kulturbuch-Verlag.
- LAWA (2002). Gewässerstrukturkartierung in der Bundesrepublik Deutschland Übersichtsverfahren Berlin, Kulturbuch-Verlag.
- Leibundgut H (1956). Empfehlungen für die Baumklassenbildung und Methodik bei Versuchen über die Wirkung von Waldpflegemaßnahmen, IUFRO Sekt. 23. 10.
- Liess M, Schafer RB & Schriever CA (2008). The footprint of pesticide stress in communities-Species traits reveal community effects of toxicants. *Science of the Total Environment* 406(3): 484-490.
- Lindberg N, Engtsson JB & Persson T (2002). Effects of experimental irrigation and drought on the composition and diversity of soil fauna in a coniferous stand. *Journal of Applied Ecology* 39(6): 924-936.
- LMVP (2006). Wildbestandsmonitoring der Landesforstanstalt. Auswertung der vierten Durchführung des Lösungszählverfahrens (LZV) 05/06, Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern.
- Londo G (1976). Decimal Scale for Relevés of Permanent Quadrats. *Vegetatio* 33(1): 61-64.
- Loveland PJ & Thompson TRE (2002). Identification and development of a set of national indicators for soil quality. Bristol, Environment Agency. R&D Technical report P5-053/2/TR.
- LUA (2001). Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer. Merkblätter. Essen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. 26.
- LUNG (2004). Entwicklung eines Kartierverfahrens zur Bestandsaufnahme des Strukturzustandes der Ufer von Seen  $\geq 50$  ha in Mecklenburg-Vorpommern, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Informus GmbH.
- LUNG (2008). Ergebnisse der Güteüberwachung der Fließ-, Stand- und Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie.
- LUNG (2010). Luftgütebericht 2008/ 2009. Güstrow, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie.
- Luthardt V, Brauner O, Dreger F, Friedrich S, Garbe H, Hirsch A-K, Kabus T, Krüger G, Mauersberger H, Meisel J, Schmidt D, Täuscher L, Vahrson W-G, Witt B & Zeidle M (2006). Methodenkatalog zum Monitoring-Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. Eberswalde, FH Eberswalde.
- MA (2003). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington DC, Island Press.
- MA (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, Island Press.
- Mandelbrot B (1983). The fractal geometry of Nature. New York, W.H. Freeman and Co.
- Maxim L, Spangenberg JH & O'Connor M (2009). An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics* 69(1): 12-23.
- McGarigal K, Cushman SA, Neel MC & Ene E (2002). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts. 2010, from <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- McGarigal K & Marks BJ (1994). Fragstats. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Corvallis, Oregon State University.
- McGeoch MA (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73(2): 181-201.
- Meier C, Böhmer J, Rolauffs P & Hering D (2006). Kurzdarstellung "Bewertung Makrozoobenthos" & "Core Metrics Makrozoobenthos".
- Meier C, Haase P, Rolauffs P, Schindehütte K, Schöll F, Sundermann A & Hering D (2006). Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- Menke N (2006). Untersuchungen zur Struktur und Sukzession der saproxylen Käferfauna (Coleptera) an Eichen- und Buchentholz. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. Göttingen, Georg-August-Universität Göttingen. PhD.

- Meyer P, Menke N, Nagel J, Hansen J, Kawaletz H, Paar U & Evers J (2009). Abschlussbericht des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts "Entwicklung eines Managementmoduls für Totholz im Forstbetrieb", Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsische Landesforsten.
- Meyer P, Schmidt M & Steffens R (2009). Permanente Stichprobeninventur im Nationalpark Kellerwald-Edersee. Verfahren und Ablauf. Göttingen, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt.
- Mischke U (2006). Bundesweiter Praxistest eines Bewertungsverfahrens für Phytoplankton in Fließgewässern Deutschlands zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Verfahrensvereinfachung und -überprüfung mit Handbuchentwurf. Berlin, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB): 70.
- Mischke U & Behrend H (2007). Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Berlin, Weißensee Verlag.
- Mischke U & Nixdorf B (2008). Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. BTU Cottbus.
- Mitschke A, Sudfeldt C, Heidrich-Riske H & Dröschmeister R (2005). Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands - Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. Vogelwelt 126: 127-140.
- Miura N & Jones SD (2010). Characterizing forest ecological structure using pulse types and heights of airborne laser scanning. Remote Sensing of Environment 114(5): 1069-1076.
- Motz K, Sterba H & Pommerening A (2010). Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management 260(11): 1985-1996.
- Müller-Using S & Bartsch N (2003). Totholzdynamik eines Buchenbestandes (*Fagus sylvatica* L.) im Solling. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 174: 122-130.
- Müller F (1997). State-of-the-art in ecosystem theory. Ecological Modelling 100(1-3): 135-161.
- Müller F (2005). Indicating ecosystem and landscape organisation. Ecological Indicators 5(4): 280-294.
- Müller F, Baessler C, Schubert H & Klotz S (2010). Long-term ecological research. Between theory and application. Dordrecht, Springer.
- Müller F & Burkhard B (2007). An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services. Multifunctional land use - meeting future demands for landscape goods and services. Mander Ü, Wiggering H & Helming K. Berlin, Springer: 37-64.
- Müller F & Burkhard B (2010). Ecosystem indicators for the integrated management of landscape health and integrity. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. Jorgensen SE, Xu F-L & Costanza R. Boca Raton, CRC Press: 391-423.
- Müller F & Leupelt M (1998). Eco targets, goal functions, and orientors. Berlin, Heidelberg, Springer.
- Müller J (2005). Waldstrukturen als Steuergrößen für Artengemeinschaften in kollinen bis submontanen Buchenwäldern. Weihenstephan, TU München.
- Müller J, Bußler H, Bense U, Brustel H, Flechtner G, Fowles A, Kahlen M, Möller G, Mühle H, Schmidl J & Zabransky P (2005). Urwaldrelikt-Arten - Xylobionte Käfer als Indikatoren für die Strukturqualität und Habitattradition. Waldökologie online 2: 106-113.
- Naasset E & Gobakken T (2004). Estimation of diameter and basal area distributions in coniferous forest by means of airborne laser scanner data. Scandinavian Journal of Forest Research 19(6): 529-542.
- Naasset E & Gobakken T (2005). Estimating forest growth using canopy metrics derived from airborne laser scanner data. Remote Sensing of Environment 96(3-4): 453-465.
- Nationalpark Müritz (unveröffentlicht) Richtlinie zur Durchführung des Kontrollzaunverfahrens im Wald der Nationalparke von Mecklenburg-Vorpommern, Nationalpark Müritz.
- Nehls H-W (1996). Die Nutzung der südostrügenschon Boddendlandschaft durch überwinternde Wasservögel. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Niemeijer D & De Groot RS (2008). Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. Environment, Development and Sustainability 10: 89-106.

- Odum EP (1969). Strategy of Ecosystem Development. *Science* 164(3877): 262-&.
- OGewV (2011). Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV).
- Oheimb VG, Kriebitzsch WU & Ellenberg H (2003). Dynamics of species diversity and composition of herbaceous vegetation in fenced and unfenced plots. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 174(1): 1-7.
- Ohlson M, Soderstrom L, Hornberg G, Zackrisson O & Hermansson J (1997). Habitat qualities versus long-term continuity as determinants of biodiversity in boreal old-growth swamp forests. *Biological Conservation* 81(3): 221-231.
- Ott J (2010). Monitoring climate change with dragonflies. Sofia, Pensoft Publishers.
- Paillet Y, Berges L, Hjalten J, Odor P, Avon C, Bernhardt-Romermann M, Bijlsma RJ, De Bruyn L, Fuhr M, Grandin U, Kanka R, Lundin L, Luque S, Magura T, Matesanz S, Meszaros I, Sebastia MT, Schmidt W, Standovar T, Tothmeresz B, Uotila A, Valladares F, Vellak K & Virtanen R (2010). Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology* 24(1): 101-112.
- PAN (2011). Umsetzung des High Nature Value Farmland-Indikators in Deutschland. München, PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH: 1-54.
- Pesonen A, Maltamo M & Kangas A (2010). The comparison of airborne laser scanning-based probability layers as auxiliary information for assessing coarse woody debris. *International Journal of Remote Sensing* 31(5): 1245-1259.
- Podßun D (2003). Strukturgütekartierung von Fließgewässern in Mecklenburg-Vorpommern durch Luftbildauswertung - Verfahrensbeschreibung.
- Pollard E & Yates TJ (1993). Monitoring butterflies for ecology and conservation: The British Butterfly Monitoring Scheme. Conservation biology series No. 1. London, Chapman & Hall.
- Pommerening A (2002). Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75(3): 305-324.
- Poulsen BO (2002). Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables important to birds and their conservation. *Biodiversity and Conservation* 11(9): 1551-1566.
- Pouska V, Svoboda M & Lepsova A (2010). The diversity of wood-decaying fungi in relation to changing site conditions in an old-growth mountain spruce forest, Central Europe. *European Journal of Forest Research* 129(2): 219-231.
- Rakosy L & Schmitt T (2011). Are butterflies and moths suitable ecological indicator systems for restoration measures of semi-natural calcareous grassland habitats? *Ecological Indicators* 11(5): 1040-1045.
- Raskin R (2006). Bewertung von Feuchtgebieten und Grundwasserentnahmen anhand von Laufkäfern. *Angewandte Carabidologie* 7: 71-77.
- Reiche E-W (1996). WASMOD- Ein Modellsystem zur gebietsbezogenen Simulation von Wasser und Stoffflüssen, Darstellung des aktuellen Entwicklungsstandes. Modellbildung und Simulation im Projektzentrum Ökosystemforschung, Ökosysteme und ökologische Prozesse im Bereich der Bornhöveder Seenkette. Breckling B & Asshoff M. Kiel, Universität Kiel.
- Reiter S & Meitzner V (2010). Ökologische Bewertung und Planung mit Laufkäfern: Ein Handbuch für die tierökologische Bioindikation, Rohn.
- Riecken U, Finck P, Raths U, Schröder E & Ssymank A (2006). Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Zweite fortgeschriebene Fassung 2006. Bonn - Bad Godesberg.
- Rohrig R, Langmaack M, Schrader S & Larink O (1998). Tillage systems and soil compaction - their impact on abundance and vertical distribution of Enchytraeidae. *Soil & Tillage Research* 46(1-2): 117-127.
- Römbke J & Dreher P (2000). Bodenbiologische Bodengüte-Klassen. Umweltbundesamt. Texte 6/00.
- Römbke J, Dreher P, Beck L, Hund-Rinke K, Jänsch S, Kratz W, Pieper S, Ruf A, Spelda J & Woas S (2002). Entwicklung von bodenbiologischen Güteklassen für Acker- und Grünlandstandorte. Berlin, Umweltbundesamt. Texte 20/02.
- Römbke J, Förster B & Horak F (1997). Boden als Lebensraum für Bodenorganismen. Bodenbiologische Standortklassifikation - Literaturstudie. Texte und Berichte zum Bodenschutz, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 4/97.

- Römbke J & Moser B (1999). Organisation and performance of an international ring test for the validation of the Enchytraeid Reproduction Test. Umweltbundesamt. Texte 4/99.
- Rott E, Binder N, Van Dam H, Ortler K, Pall K, Pfister P & Pipp E (1999). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: 1-248.
- Rott E, Hofmann G, Pall K, Pfister P & Pipp E (1997). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: 1-73.
- Sachteleben J & Behrens M (2010). Konzept zum Monitoring des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. BfN-Skripten 278: 1-180.
- Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M & Wall DH (2000). Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459): 1770-1774.
- Samuelsson J, Gustafsson L & Ingelög T (1994). Dying and dead trees: a review of their importance for biodiversity. Uppsala, Swedish Threatened Species Unit.
- Satchell JE (1983). Earth worm ecology in forest soils. *Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture*. Satchell JE. London, Chapman & Hall: 161-170.
- Schaumburg J, Schmedtje U, Schranz C, Köpf B, Schneider S, Meilinger P, Stelzer D, Hofmann G, Gutowski A & Foerster J (2005). Bewertungsverfahren Makrophyten & Phytobenthos Fließgewässer- und Seen-Bewertung in Deutschland nach EG-WRRL. Informationsbericht, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. 1/05: 245.
- Schaumburg J, Schranz C, Stelzer D & Hofmann G (2011). Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Schaumburg J, Schranz C, Stelzer D, Hofmann G, Gutowski A & Foerster J (2012). Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Schirmel J & Buchholz S (2011). Response of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) to coastal heathland succession. *Biodiversity and Conservation* 20(7): 1469-1482.
- Schmidl J & Bußler H (2004). Ökologische Gilden xylobionter Käfer Deutschlands. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 36: 202-218.
- Schmidt M (2012). Holzbewohnende Pilze als Naturnähezeiger in hessischen Wäldern. *AFZ-Der Wald* 6/2012: 19-21.
- Schmidtlein S, Feilhauer H & Bruelheide H (2012) Mapping plant strategy types using remote sensing. *Journal of Vegetation Science*.
- Schneider ED & Kay JJ (1994). Life as a Manifestation of the 2nd Law of Thermodynamics. *Mathematical and Computer Modelling* 19(6-8): 25-48.
- Schnitter P, Eichen C, Ellwanger G, Neukirchen M & Schröder E (2006). Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFHRichtlinie in Deutschland. *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Halle) Sonderheft 2*.
- Schöning A (2000). Einfluss chemischer Eigenschaften von Waldböden auf deren Besiedlung mit Lumbriciden - Konsequenzen für die Bodenschutzkalkung. Bonn, Institut für Bodenkunde.
- Schramek J (2002). Weiterentwicklung von nationalen Indikatoren für den Bodenschutz-Konkretisierung der international vorgeschlagenen Indikator-Konzepte mit national verfügbaren Parametern, Umweltbundesamt.
- Schubert R (1991). Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Jena, Gustav Fischer Verlag.
- Schweiger O, Frenzel M & Durka W (2004). Spatial genetic structure in a metapopulation of the land snail *Cepaea nemoralis* (Gastropoda : Helicidae). *Molecular Ecology* 13(12): 3645-3655.
- Schweiger O, Musche M, Bailey D, Billeter R, Diekotter T, Hendrickx F, Herzog F, Liira J, Maelfait JP, Speelmans M & Dziock F (2007). Functional richness of local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe. *Oikos* 116(3): 461-472.

- Schwertmann U, Vogl W & Kainz M (1990). Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmassnahmen. Stuttgart, Ulmer.
- Seppelt R, Dormann CF, Eppink FV, Lautenbach S & Schmidt S (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology* 48(3): 630-636.
- Shannon C & Weaver W (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press.
- Shaw MR, Stefanescu C & Van Nouhuys S (2009). Parasitoids of European butterflies. *Ecology of butterflies in Europe*. Settele J, Shreeve T, Konvička M & Van Dyck H. Cambridge, Cambridge University Press.
- Simpson EH (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Smith B & Wilson JB (1996). A consumer's guide to evenness indices. *Oikos* 76(1): 70-82.
- Solberg S (2010). Mapping gap fraction, LAI and defoliation using various ALS penetration variables. *International Journal of Remote Sensing* 31(5): 1227-1244.
- Spangenberg JH (2007). Biodiversity pressure and the driving forces behind. *Ecological Economics* 61(1): 146-158.
- Spangenberg JH, Martinez-Alier J, Omann I, Monterroso I & Binimelis R (2009). The DPSIR scheme for analysing biodiversity loss and developing preservation strategies. *Ecological Economics* 69(1): 9-11.
- Statistisches Bundesamt (2006). *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2006*. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2010). *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2010*. Wiesbaden.
- Steffan-Dewenter I & Tschardt T (1999). Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121(3): 432-440.
- Stetzka K & Stapper NJ (2001). Moose und Flechten im Level-II-Programm: Erste Untersuchungsergebnisse aus Hessen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen. *Dauerbeobachtung der Waldvegetation im Level II-Programm: Methoden und Auswertungen*. Bundesministerium für Verbraucherschutz EuL: 88-157.
- Steven R, Pickering C & Castley JG (2011). A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of Environmental Management* 92(10): 2287-2294.
- Stevens CJ, Dupre C, Dorland E, Gaudnik C, Gowing DJG, Bleeker A, Diekmann M, Alard D, Bobbink R, Fowler D, Corcket E, Mountford JO, Vandvik V, Aarrestad PA, Muller S & Dise NB (2010). Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe. *Environmental Pollution* 158(9): 2940-2945.
- Stevens CJ, Thompson K, Grime JP, Long CJ & Gowing DJG (2010). Contribution of acidification and eutrophication to declines in species richness of calcifuge grasslands along a gradient of atmospheric nitrogen deposition. *Functional Ecology* 24(2): 478-484.
- Stofer S, Catalayud V, Ferretti M, Fischer R, Giordani P, Keller C, Stapper NJ & Scheidegger C (2003). *Epiphytic Lichen Monitoring within the EU/ICP Forests Biodiversity Test-Phase on Level II plots - Methodenentwurf zum Flechtenmonitoring auf Level II-Waldökosystemdaueruntersuchungsflächen*.
- Straub C, Dees M, Weinacker H & Koch B (2009). Using Airborne Laser Scanner Data and CIR Orthophotos to Estimate the Stem Volume of Forest Stands. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*(3): 277-287.
- Succow M (1988). *Landschaftsökologische Moorkunde*. Jena, VEB Gustav-Fischer-Verlag.
- Succow M & Joosten H (2001). *Landschaftsökologische Moorkunde*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Südbeck P (2007). Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. *Berichte zum Vogelschutz* 44: 23-81.
- Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, Gedeon K, Schikore T, Schröder K & Sudfeldt C (2005). *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. Radolfzell.

- Teuber D (2006). Ergebnisse flechtenkundlicher Untersuchungen aus vier bodensauren Buchenwäldern, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.
- Thomas JA (2005). Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360(1454): 339-357.
- UBA (2007). Umweltdaten Deutschland. Umweltindikatoren, Umweltbundesamt.
- UBA (2010). Wasserwirtschaft in Deutschland. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt.
- Ulanowicz RE (2000). Ascendency: a measure of ecosystem performance. *Handbook of ecosystem theories and management*. Jørgensen SE & Müller F. Boca Raton, CRC Press: 303-316.
- Universität Potsdam (2012). Entwicklung und Erprobung eines innovativen, naturschutzfachlichen Monitoringverfahrens auf der Basis von Fernerkundungsdaten am Beispiel der Döberitzer Heide, Brandenburg. Abschlussbericht des DBU-Projektes 26257, Universität Potsdam, Deutsches Geoforschungszentrum (GFZ), Sielmanns Naturlandschaft Döberitzer Heide gemeinnützige GmbH.
- Utschick H (1991). Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. *European Journal of Forest Research* 110: 135-148.
- van Leeuwen M & Nieuwenhuis M (2010). Retrieval of forest structural parameters using LiDAR remote sensing. *European Journal of Forest Research* 129(4): 749-770.
- Van Oudenhoven APE, Petz K, Alkemade R, Hein L & De Groot RS (2012). Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators*.
- Van Swaay C, Harpke A, Van Strien A, Fontaine B, Stefanescu C, Roy DB, Maes D, Kühn E, Öunap E, Regan E, Švitra G, Heliölä J, Settele J, Musche M, Warren M, Plattner M, Kuussaari M, Cornish N, Schweiger O, Feldmann R, Julliard R, Verovnik R, Roth T, Brereton T & Devictor V (2010). The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009. Vlinderstichting BCD. Wageningen. Report VS2010.025.
- Van Swaay C, Van Strien AJ, Julliard R, Schweiger O, Brereton T, Heliölä J, Kuussaari M, Roy DB, Stefanescu C, Warren MS & Settele J (2008). Developing a methodology for a European butterfly climate change indicator. Wageningen, De Vlinderstichting.
- VDI (1995). Messung von Immissionswirkungen: Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten - Flechtenkartierung zur Ermittlung des Luftgütwertes (LGW). VDI-Richtlinie. Berlin. 3799, Blatt 1.
- VDLUFA (2002). VDLUFA Methodenbuch. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- Vehmas M, Packalen P, Maltamo M & Eerikainen K (2011). Using airborne laser scanning data for detecting canopy gaps and their understory type in mature boreal forest. *Annals of Forest Science* 68(4): 825-835.
- Vereinte Nationen (1987). Report of the World Commission on Environment and Development "Our Common Future".
- Von Gadow K, Hui GY & Albert M (1998). Das Winkelmaß - ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 115(1): 1-9.
- VSW L (2011). Monitoring europäischer Vogelarten und ihrer Lebensräume, Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten.
- Wahnhoff W (2010). Naturschutz auf DBU-Naturerbeflächen. Grundsätzliche Überlegungen zur Zielsetzung und langfristigen Strategie. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42: 229-234.
- Warren MS, Hill JK, Thomas JA, Asher J, Fox R, Huntley B, Roy DB, Telfer MG, Jeffcoate F, Harding P, Jeffcoate G, Willis FG, Greatorex-Davies JN, Moss D & Thomas CD (2001). Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* 414: 65-69.
- Wilson RJ & Roy DB (2009). Butterfly population structure and dynamics. *Ecology of butterflies in Europe*. Settele J, Shreeve T, Konvička M & Van Dyck H. Cambridge, Cambridge University Press.
- Wirth V (2010). Ökologische Zeigerwerte von Flechten - erweiterte und aktualisierte Fassung. *Herzogia* 23(2): 229-248.

- Wolff B, Riek W, Hornschuch F & Bielefeldt J (2007). Monitoring-Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) in den Biosphärenreservaten Brandenburgs für Waldökosystemtypen. Eberswalde, FH Eberswalde.
- Zehlius-Eckert W (2001). Möglichkeiten und Grenzen der repräsentativen Auswahl von Arten im Naturschutz. Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt. München, Technische Universität München. PhD.
- Zianis D, Muukkonen P, Mäkipää & Mencuccini M (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4: 1-63.
- Ziemann H, Nolting E & Rustige KH (1999). Bestimmung des Halobienindex. *Biologische Gewässeruntersuchung. Von Tümpling W & Friedrich G.* 2: 310-313.

## 12 Anhang

### 12.1 Indikatoren nationaler Indikatorensysteme

**Tabelle 53. Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (NHS), der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI), des Umwelt-Kernindikatorensystems des Umweltbundesamtes (KIS) sowie die Indikatoren der nationalen Biodiversitätsstrategie (BIO). Die Zuordnungen zum DPSIR-Modell entstammt den Originalquellen: Statistisches Bundesamt (2006), BMU (2007), BLAG KliNa (2010), UBA (2007).**

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
Staatsverschuldung	Staatsdefizit		NHS	
Wirtschaftliche Zukunftsvorsorge	Verhältnis der Bruttoanlageinvestitionen zum BIP		NHS	
Innovation	Private und öffentliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung		NHS	
Bildung	Anteil 18- bis 24-Jähriger ohne Abschluss		NHS	
	Anteil 25-Jähriger mit abgeschlossener Hochschulausbildung		NHS	
	Studienanfängerquote		NHS	
Wirtschaftlicher Wohlstand	BIP je Einwohner		NHS	
Kriminalität	Wohnungseinbruchsdiebstahl		NHS	
Beschäftigung	Erwerbstätigenquote (15-64 Jahre)		NHS	
	Erwerbstätigenquote (55-64 Jahre)		NHS	
Perspektiven für Familien	Ganztagsbetreuung für Kinder (0-2 Jahre)		NHS	
	Ganztagsbetreuung für Kinder (3-5 Jahre)		NHS	
Gleichberechtigung	Verdienstabstand zwischen Frauen und Männern		NHS	
Integration	Ausländische Schulabsolventen mit Schulabschluss		NHS	
Entwicklungszusammenarbeit	Anteil öffentlicher Entwicklungsausgaben am Bruttonationaleinkommen		NHS	
Märkte öffnen	Deutsche Einfuhren aus Entwicklungsländern		NHS	
Umweltbewusstsein	Bedeutsamkeit umweltpolitischer Ziele und Aufgaben		BIO	Response
Energie und Emissionen	Energiebedingte Kohlendioxidemissionen, absolut [Mio. t/a]		NHS, LIKI	Pressure
	Energiebedingte Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen [t/a*E]		LIKI	Pressure
	Emissionen der sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase		KIS	Pressure
	CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Quellkategorien		KIS	Pressure
	Atmosphärische CO <sub>2</sub> -Konzentration		KIS	State
	Spezifische Emissionen des Straßenverkehrs		KIS	Pressure
	Emittierte Kohlendioxidmenge des Straßen-, Luft-, Schienen- und Binnenschiffverkehrs, absolut [1.000 t/a]		LIKI	Pressure

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
	Emittierte Kohlendioxidmenge des Straßen-, Luft-, Schienen- und Binnenschiffverkehrs, einwohnerbezogen [t/a*E]		LIKI	Pressure
	Energieproduktivität	a) Verhältnis des BIP zum Primärenergieverbrauch, Index [1991=100]	NHS, LIKI, KIS	Response
		b) Verhältnis des BIP zum Primärenergieverbrauch, absolut [Mio. EUR/PJ]	LIKI	Response
	Energieverbrauch	a) Primärenergieverbrauch, absolut [PJ/a]	LIKI, KIS	Driver
		b) Primärenergieverbrauch, einwohnerbezogen [GJ/a*E]	LIKI	Driver
		c) Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch [%]	NHS, LIKI, KIS	Response
	Energieeffizienz bei der Stromerzeugung		KIS	Response
	Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Bruttostromverbrauch		KIS	Response
	Kraft-Wärme-Kopplung und deren Bedeutung bei der Fernwärmeerzeugung		KIS	Response
Mobilität	Verkehrsleistung des öffentlichen Personennahverkehrs, einwohnerbezogen [Pkm/a*E]		NHS, LIKI	Response
	Güterverkehrsleistung für Eisenbahn-, Binnenschiffs- und Straßenverkehr, absolut [Mio. tkm/a]		NHS, LIKI	Driver
	Anteil des Eisenbahn- und Binnenschiffsverkehrs an der Güterverkehrsleistung [%]		NHS, LIKI	Response
	Modal Split des Personenverkehrsaufwandes		KIS	Driver
	Modal Split des Güterverkehrsaufwandes		KIS	Response
	Transportintensität für den Personen- und Güterverkehr		KIS	Driver
Klimaentwicklung	Phänologie – Veränderung des Beginns der Apfelblüte [d/10a]		LIKI, KIS, BIO	Impact
	Phänologie Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode [d/10a]		LIKI	Impact
	Jahresmitteltemperatur in Deutschland		KIS	State
Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz	Flächenverbrauch	a) Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen, absolut [ha/d]	NHS, LIKI, KIS, BIO	Driver
		b) Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen an der Landesfläche [%]	LIKI	State
	Landschaftszerschneidung	a) Fläche und Anzahl unzerschnittener Verkehrsarmer Räume	KIS, LIKI, BIO	Pressure
		b) Mittlerer Zerschneidungsgrad ( $m_{eff}$ )[km <sup>2</sup> ]	LIKI	State

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
	Zersiedelung der Landschaft		LIKI, BIO	State
	Stand und Umsetzung der Landschaftsplanung		KIS	State
	Nutzungsabhängige Erosionsgefährdung in Deutschland		KIS	State
	Altlastenverdachtsflächen im Verhältnis zur Anzahl der Sanierungen		KIS	Pressure
	Stickstoffüberschüsse (Flächenbilanz) auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, absolut [kg/ha]		NHS, LIKI, KIS, BIO	Pressure
	Dünge- und Pflanzenschutzmittelabsatz in der Landwirtschaft		KIS	Driver
	Indikatoren zur stofflichen Bodenbelastung des Bodens		KIS	
	Schwermetalleintrag aus der Atmosphäre		LIKI	Pressure
	Säure- und Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre		LIKI	Pressure
	Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff (Eutrophierung)		KIS	State, Impact
	Überschreitung der Critical Loads für Säure (Versauerung)		KIS	State, Impact
Ressourcennutzung	Rohstoffproduktivität	a) Verhältnis des BIP zum Rohstoffverbrauch, Index [1994=100]	NHS, LIKI, KIS	Response
		b) Verhältnis des BIP zum Rohstoffverbrauch, absolut [T EUR/t]	LIKI	Response
	Endenergieverbrauch privater Haushalte	a) Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte, absolut [TJ/a]	LIKI	Driver
		b) Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte, einwohnerbezogen [GJ/a*E]	LIKI	Driver
	Abfallaufkommen	a) Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll), einwohnerbezogen [kg/a*E]	LIKI	Driver
		b) Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll sowie Wertstofffraktionen), einwohnerbezogen [kg/a*E]	LIKI	Driver
		Gesamtabfallaufkommen	KIS	Driver
	Verwertungsquoten der Hauptabfallströme		KIS	Response
	Ablagerungsquoten der Hauptabfallströme		KIS	Response
	Hausmüll		KIS	
	Umweltmanagement	a) Anteil der Beschäftigten in EMAS zertifizierten Betrieben gemessen an der Gesamtzahl	LIKI	Response

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
		Beschäftigter [%]		
		b) Anteil der Beschäftigten in ISO 14001 zertifizierten Betrieben gemessen an der Gesamtzahl Beschäftigter [%]	LIKI	Response
	Anteil der Flächen mit ökologischer Landwirtschaft an der landwirtschaftlich genutzten Fläche [%]		NHS, LIKI, KIS, BIO	Response
	Flächenanteil FSC- oder Naturland-zertifizierter Waldfläche		KIS, BIO	Response
	Agrarumweltförderung: Fördermittel und geförderte Fläche		KIS, BIO	Response
	Einsatz gentechnisch veränderter Organismen		KIS, BIO	
	Bestände ausgewählter, kommerziell genutzter Meeresarten		BIO	Impact
Gesundheit und Lebensqualität	Trinkwasserqualität bei Endverbrauchern (Schwermetalle)		KIS	State
	Schwermetalle in Lebensmitteln		KIS	State
	Dioxine und weitere persistente organische Verbindungen in Lebensmitteln		KIS	
	Blei im Blut		KIS	State
	Organochlorverbindungen im Blut		KIS	State
	Badegewässerqualität	Pathogene Mikroorganismen in Küsten- und Binnengewässern	KIS	State
	Strahlenexposition	Strahlenexposition der Bevölkerung durch Radon in Gebäuden	KIS	Pressure
		Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in der Medizin	KIS	Pressure
	Erholungsflächen	a) Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Kernstädten der Agglomerationsräume [%]	LIKI	Response
		b) Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Kernstädten der verstädterten Räume [%]	LIKI	Response
	Lärmbelastung	a) Anteil Betroffener von $L_{den} > 65$ dB (tags) an der Gesamtbevölkerung [%]	LIKI	State
		b) Anteil Betroffener von $L_{night} > 55$ dB (nachts) an der Gesamtbevölkerung [%]	LIKI	State
	Lärmbelästigung	Anteil der Bevölkerung, der angibt, von Lärm	KIS	State

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
		stark belastigt zu werden		
	Vorzeitige Sterblichkeit von Männern unter 65 Jahren		NHS	
	Vorzeitige Sterblichkeit von Frauen unter 65 Jahren		NHS	
	Raucherquote von Jugendlichen (12-17 Jahre)		NHS	
	Raucherquote ab 15 Jahre		NHS	
	Anteil der Menschen mit Adipositas (Fettleibigkeit)		NHS	
Luftqualität	Jahresmittelwert der PM10-Immissionskonzentration im städtischen Hintergrund [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		LIKI	State
	Jahresmittelwert der Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )-Immissionskonzentration im städtischen Hintergrund [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		LIKI	State
	Ozonkonzentrationen, Anzahl der 1-Stunden-Messwerte für Ozon (Stundenmittelwerte) größer als $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr im städtischen Hintergrund		LIKI, KIS	State
	Index aus $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_x$ , VOC, $\text{NH}_3$		NHS, KIS	
	Überschreitung der Critical Levels für Ozon für die Vegetation		KIS	State
	Benzolbelastung der Luft in Ballungsgebieten		KIS	State
	Feinstaubbelastung der Luft		KIS	State
Gewässergüte	Nitrat im Grundwasser	a) Anteil der Messstellen mit einem Nitratgehalt über $25 \text{ mg}/\text{l}$ [%]	LIKI, KIS	State
		b) Anteil der Messstellen mit einem Nitratgehalt über $50 \text{ mg}/\text{l}$ [%]	LIKI, KIS	State
	Anteil der Fließstrecke von Fließgewässern mit erreichtem Zielwert „mäßig belastet“ (Gewässergüteklasse II) oder besser [%]		LIKI, KIS, BIO	State
	Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands		KIS	Pressure
	Schwermetalleinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands		KIS	Pressure
	Schadstoffkonzentrationen in Organismen der Nordsee		KIS	State
	Marine Trophic Index		CBD	Pressure
Biodiversität	Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt	Entwicklung der Bestände für die Hauptlebensraumtypen repräsentativer Vogelarten	KIS, LIKI, NHS, BIO	State
	Gefährdung von Biotoptypen		KIS	State
	Gefährdete Arten		BIO	Impact
	Anteil an gebietsfremden Tier- und Pflanzenarten in Deutschland		KIS, BIO	State
	Waldzustand	Anteil der deutlich geschädigten Bäume der	LIKI, KIS	State

Themenfeld	Indikator	Bemerkungen	Indikatoren-systeme	DPSIR-Aussage
		Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2-4) [%]		
Gebiets- und Flächenschutz	Natura 2000-Gebietsmeldungen in Deutschland		KIS, BIO	Response
	Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen und -arten		BIO	State
	Streng geschützte Gebiete (Nationalparke und Naturschutzgebiete)		KIS, BIO, LIKI	Response





Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald			
<b>Waldumbau</b>	Umbau von Kiefernwäldern/ Nadelholzwäldern in Mischwäldern			x					x			x			x			x			x	x						x	x							
	Umbau von Kiefernwäldern in natürliche Waldgesellschaften																						x	x		x										
	Umbau von Schwarzkiefernbeständen in birkendominierte Laubholzbestände									x																										
	Umbau von Kiefernwäldern in Kiefern-Mischwäldern					x										x														x				x		
	Umbau von Kiefernwäldern in Buchen-Mischwäldern	x											x					x																		
	Umbau von Kiefernwäldern in Eichen-Mischwäldern												x																							
	Wiederherstellung ungenutzter Weichholzauenwälder																								x											
	Wiederherstellung ungenutzter Hartholzauenwälder																								x											
<b>Erhalt bestimmter Waldtypen</b>	Erhalt von Erlenwäldern																																		x	
	Erhalt von Birkenwäldern																																		x	
	Erhalt von Buchenwäldern																																		x	
	Erhalt der Hainsimsen-Buchenwälder													x																						
	Erhalt der Stieleichenwälder													x																						
	Erhalt von Eschen(misch)wäldern																																		x	
	Erhalt der Eichen-Hainbuchenwälder																						x													
	Erhalt von Eichen-Krattwäldern			x																																
	Erhalt der Hainbuchenwälder													x			x																			

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Gödenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald			
	Erhalt der Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder											x																								
	Erhalt von Steppenheide-Kiefernwäldern																							x												
	Erhalt von Schneeheide-Kiefernwäldern																x																			
	Erhalt von Dünenkiefernwäldern														x							x														
	Erhalt lichter Kiefernwälder																											x								
	Erhalt von Kiefernwald durch naturnahe Waldbewirtschaftung																										x									
	Erhalt von Laubmischwald durch naturnahe Waldbewirtschaftung																										x									
	Erhalt von Hudewäldern																				x								x							
	Erhalt von Feuchtwäldern															x																				
	Erhalt der Niederwälder																							x									x			
	Erhalt der Mittelwälder																							x												
<b>Erhalt bestimmter Strukturen</b>	Erhalt und Optimierung von Wald-Offenland-Übergängen	x			x		x		x				x				x	x					x	x			x		x						x	
	Erhalt und Optimierung eines Mosaiks Erlen-Eschenwäldern und Hochstaudenfluren												x																							
	Erhalt und Optimierung eines Mosaiks aus Gehölz- und Offenlandbiotopen											x							x					x	x											
	Erhalt eines autotypischen Standortmosaiks															x																				
	Erhalt bestimmter Sukzessionsstadien											x								x																
	Erhalt und Optimierung von Vorwäldern																			x						x									x	
	Erhalt und Optimierung lichter Strukturen innerhalb der Wälder											x											x				x									

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald		
	Erhalt von Alt- und Totholz																										x								
	Erhalt von Kalkfelsen in Wäldern																																x		
<b>Spezielle Maßnahmen</b>	Kleinflächige Optimierung eines lichten Dünen-Kiefernwaldes																																		
	Lichtstellung von Waldinseln				x																														
	Schaffung von nutzungsfreien Altholzinseln					x																													
	Plenterwaldartige Bewirtschaftung																																		x
	Entfernung nichtheimischer Gehölzanzpflanzungen									x													x												
	Umbau von nicht standortheimischen Anpflanzungen	x				x			x			x					x	x																	x
	Zurückdrängung invasiver Pflanzenarten					x						x			x						x				x										
	Wiederherstellung des natürlichen Grundwasser- und Nährstoffhaushaltes																											x							
	Wildtiermanagement					x																				x									
	Greifvogelschutz					x																													x
<b>Offenland</b>																																			
<b>Natürliche Entwicklung</b>	Natürliche Entwicklung ehemaliger Grünländer (Sukzession)	x																																	
	Natürliche Entwicklung der Offenlandbereiche (Sukzession)									x																									

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald			
Erhalt bestimmter Biotoptypen	Erhalt und Optimierung von Offenlandbereichen		x	x	x								x							x					x									x		
	Erhalt und Optimierung von Heiden											x			x											x			x					x		
	Erhalt und Optimierung von trockenen europäischen Heiden																						x				x	x								
	Erhalt und Optimierung trockener Heiden	x	x	x	x																									x						
	Erhalt und Optimierung von Calluna-Heiden								x										x	x								x								
	Erhalt und Optimierung feuchter Heiden		x	x	x																								x							
	Erhalt und Optimierung von Magerrasen						x												x																	
	Erhalt und Optimierung von Sandmagerrasen				x			x			x			x						x			x				x		x							
	Erhalt und Optimierung von kalkreichen Sandrasen																																			
	Erhalt und Optimierung von offenen Sandflächen		x	x					x														x			x									x	
	Erhalt und Optimierung von Pionierrasen																		x																	
	Erhalt und Optimierung von Silbergrasfluren		x						x											x			x													
	Erhalt und Optimierung von Borstgrasrasen					x															x									x						
	Erhalt und Optimierung von Dünen		x	x	x							x									x					x	x	x								
	Erhalt und Optimierung von Kalkmagerrasen																		x		x		x										x			
	Erhalt und Optimierung von Halbtrockenrasen						x												x															x		
	Erhalt und Optimierung von Wiesen	x							x								x					x			x					x						
	Erhalt und Optimierung von Flachland-Mähwiesen	x			x	x							x			x		x																x		
	Erhalt und Optimierung von Pfeifengraswiesen				x								x																							

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald			
	Erhalt und Optimierung von Hochstaudenfluren				x								x			x																				
	Erhalt und Optimierung von Brenndoldenwiesen															x									x											
	Erhalt und Optimierung von Feuchtwiesen																												x							
	Erhalt und Optimierung von Streuobstwiesen																		x																	
	Erhalt und Optimierung von Salzgraslandgesellschaften für Vogelschutz																				x															
	Erhalt und Optimierung von feuchten Dünentälern																				x															
	Erhalt der Feuersteinfelder mit Wacholderformationen																					x														
	Erhalt und Optimierung von standortheimischen Feldgehölzen						x																							x						
	Erhalt und Optimierung von Mooren				x																						x		x							
	Erhalt und Optimierung von Übergangsmooren	x		x	x																	x								x						
	Erhalt und Optimierung von Schwingrasenmooren	x		x																		x								x						
	Erhalt und Optimierung von Hochmooren			x							x																									
	Erhalt und Optimierung von Torfmoorschlenken			x																																
	Erhalt und Optimierung von Niedermooren																				x	x														
	Erhalt und Optimierung von kalkreichen Sümpfen																					x														
<b>Erhalt bestimmter Strukturen</b>	Erhalt des Offenland-Mosaiks																x			x						x										
	Erhalt fließender Übergänge zwischen verschiedenen Biotopen		x																																	

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Gödenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald		
	Biotopverbund				x																					x									
	Erhalt und Optimierung von Hecken																	x																	
	Erhalt und Optimierung von Hohlwegen und Lössabbruchkanten						x																												
	Erhöhung des Wald-Offenland-Grenzlinienanteils												x																					x	
<b>Wiederherstellung</b>	Wiederherstellung von Offenlandbiotopen																							x											
	Wiederherstellung von Magerrasen durch Entfernung von Aufforstungen																x																		
	Wiederherstellung ursprünglicher Heideflächen																								x										
	Umwandlung von Mähweiden in Feuchtwiesen																																		
	Renaturierung von Mooren																					x				x		x		x					
	Renaturierung von Übergangsmooren				x																	x													
	Renaturierung von Schwingrasenmooren				x																	x													
	Renaturierung von Hochmooren				x						x																								
	Renaturierung von Torfmoorschlenken				x																														
	Renaturierung von Niedermooren																					x													
	Renaturierung von kalkreichen Sümpfen																					x													
<b>Spezielle Maßnahmen</b>	Erhalt und optimale Bewirtschaftung von Wiesenbrüter-Lebensräumen							x																	x										
	Dezimierung des Diestel- und Wiesenkerbelaufwuchses							x																											
	Temporäre Aufgabe der Grünlandnutzung							x																											
	Extensive Bewirtschaftung von Ackerflächen																	x																	



Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurter Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald				
<b>Renaturierung</b>	Herstellung naturnaher Verhältnisse auf gesamter Fläche	x																																			
	Renaturierung stehender Gewässer und deren Uferbereiche			x																				x		x											
	Renaturierung mesotropher Heideteiche und Seggenriede				x																																
	Renaturierung von Fließgewässern																x																				
	Durchgängigkeit der Fließgewässer				x																																
	Vernässung von Rinnen- und Senkensystemen															x																					
	Großflächige Erhöhung des Grundwasserstands																											x									
	Schaffung von Ruheräumen auf Sandbänken und in Flachwasserbereichen																				x																
	Wiederherstellung der natürlichen Dynamik von Küstenüberflutungsmooren																				x																
	Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalts in Überflutungsräumen und Moorniederungen																					x															
	Dammrückbau zur Verbesserung des Wasseraustauschs																					x															
<b>Spezielle Maßnahmen</b>	Gestaltung und Pflege stehender Gewässer im Sinne des Amphibienschutzes											x																									
	Zurückdrängung invasiver Pflanzenarten				x																																
	Erhöhung der Wasserqualität				x																																
	Extensiver fischereiliche Nutzung				x																																
	Röhrichtmahd																																				

Übergeordnetes Ziel	Detailliertes Ziel	Authausener Wald	Biederitzer Busch	Borkumer Dünen	Cuxhavener Küstenheiden	Daubaner Wald	Ebenberg	Elbwiesen Ostemündung	Glücksburger Heide	Goitzsche	Göldenitzer Moor	Hainberg	Himmelsgrund	Hohe Schrecke	Kellerberge	Kühnauer Heide	Landshut	Lauterberg	Marienfließ	Oranienbaumer Heide	Peenemünde	Prora	Prösa	Reiterswiesen	Ringfurther Elbauen	Rüthnicker heide	Tennenlohe	Uckermünder Heide	Wahner Heide	Weißhaus	Westliche Hainleite	Woldeforst	Zschornoer Wald	
	Förderung der Kalktuffbildung																x																	
	Amphibienschutz																													x				
	Verbesserung des Wasserhaushalts durch forstliche Maßnahmen																														x			x
	Sicherstellung des natürlichen Tideinflusses in Brackwasserbiotopen und Salzwiesen			x																														
	Fischartenschutz	x																																

### 12.3 Abschätzungsmatrizen für ökologische Integrität und Ökosystemdienstleistungen

Die folgenden Abbildungen beziehen sich auf das Kapitel 10.4.

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biologische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaufstrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzfütterung	Viehfütterung	Fasern	Wald- und Waldprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landchaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.7	3	5	4	4	3	4	3	2.6	3	2	2	0	3	3	3	2	5	0.6	4	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4.6	5	5	4	4	5
Acker	2.6	2	3	4	2	4	1	2	0.6	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1.1	0	0	0	0	3	0	0	1	2	0	0	2.6	3	3	2	2	3
Ackerbrache	2.6	2	3	4	3	2	2	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.6	1	0	0	1	1
Intensivgrünland	3.4	3	3	4	4	4	2	4	2.2	1	3	0	2	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3	
Feucht- und Nassgrünland	3.7	4	4	5	4	4	2	3	2.8	3	4	0	3	2	3	4	4	2	0.1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3	
Frischwiesen und -weiden	3.0	3	3	4	3	3	2	3	2.2	1	3	0	2	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3	
Feldgehölze und Gebüsche	3.1	4	4	4	3	3	2	3	2.0	3	2	1	1	1	2	3	1	4	0.3	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2.6	4	3	2	1	3	
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.3	4	4	2	3	1	1	1	1.4	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0.1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3.0	4	3	3	2	3	
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.6	4	3	3	3	2	1	2	2.0	2	2	1	1	2	2	2	3	3	0.1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2.4	3	2	2	2	3	
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	5	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.6	5	5	4	5	5	4	4	3.4	3	3	4	2	3	4	4	4	0.2	0	0	3	3	2	0	0	2	0	0	5.0	5	5	5	5	5		
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3.9	4	4	4	4	4	4	3	3.4	3	4	4	0	5	4	4	4	3	1.2	0	0	4	4	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	2	3	1	
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	0.2	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4	4	
Kiefernwälder	2.9	2	2	4	2	5	2	3	2.9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1	
Nadelholzforste	4.1	4	4	4	5	4	4	4	2.9	4	3	5	0	3	3	3	4	1	1.2	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	3.8	4	4	3	4	4	
Vorwälder	3.7	4	4	3	3	5	4	3	3.0	2	4	3	1	3	3	3	4	4	0.1	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	2.4	3	2	2	2	3	
Schlagfluren	1.4	3	2	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0.1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2.0	2	2	2	2	2	
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.1	4	3	4	3	3	2	3	2.2	2	3	2	3	2	3	2	2	1	0.1	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	3.4	4	3	3	3	4	
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2.4	3	3	2	1	3	
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.1	4	4	3	3	3	2	3	1.6	2	2	1	1	2	1	1	3	0.1	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	3.8	4	4	4	3	4	
Heiden	2.4	4	4	2	2	1	2	1.9	1	1	1	0	2	2	2	4	4	0.2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4.2	5	4	5	3	4	
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3	
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.7	3	4	1	1	1	1	1	1.4	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	4.6	5	4	5	5	4	
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.7	3	4	5	4	4	3	3	2.9	5	2	1	5	3	3	5	0	2	0.3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	3.8	4	4	4	3	4
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.3	2	3	2	3	4	1	1	1.4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.0	4	4	2	2	3
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	3	4	2	4	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1.0	1	1	1	1	1	
Flachwasserzone Bodden	3.1	3	4	4	4	4	1	2	1.7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4.0	5	4	4	3	4	

Abbildung 23. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoptypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen infolge der ‚Beweidung‘

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biologische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaufstrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzfaserhaltung	Viehfutter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	2	0	0	
Erwerbsgartenbau (Streubstwiese)	3.7	3	5	4	4	3	4	3	2.6	3	2	2	0	3	3	3	2	5	0.6	4	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4.6	5	5	4	4	5
Acker	1.9	1	1	4	1	5	0	1	0.3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1.1	5	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	1.2	2	2	1	1	0
Ackerbrache	2.6	2	3	4	3	2	2	1.2	2	1	0	0	0	1	2	2	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0.6	1	0	0	1	1	
Intensivgrünland	3.4	3	3	5	4	3	2	4	2.8	2	4	0	3	3	3	4	4	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3	
Feucht- und Nassgrünland	3.4	4	4	5	3	3	3	2	2.7	4	4	0	2	3	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3	
Frischwiesen und -weiden	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.6	3	1	2	1	1	
Feldgehölze und Gebüsche	3.3	4	4	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.3	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	3	2	1	3	
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.3	4	4	2	3	1	1	1.4	1	1	0	1	1	1	1	1	4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	2	2	1	4	
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	3.0	4	4	4	2	2	3	2.3	3	2	2	1	3	2	2	3	3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	2	2	2	3	
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4		
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4		
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.3	5	5	5	4	4	4	3	4.0	5	5	4	2	4	5	3	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.8	5	5	5	4	5		
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3.9	4	4	4	4	4	4	3	3.4	3	4	0	5	4	4	4	3	1.2	0	0	4	4	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4		
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	2	3	1		
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.3	5	5	5	4	4	4	3	4.0	5	5	4	2	4	5	3	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.8	5	5	5	4	5		
Kiefernwälder	2.9	2	2	4	2	5	2	2.9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1		
Nadelholzforste	2.9	2	2	4	2	5	2	3	3.0	4	3	5	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1		
Vorwälder	4.4	5	5	5	4	4	5	3	3.9	5	5	4	2	3	5	3	4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.8	5	5	5	4	5		
Schlagfluren	1.1	2	1	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.2	0	0	0	1	0	
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.9	5	4	5	3	3	4	3	2.2	3	3	2	2	4	2	2	1	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.0	5	3	3	4	5	
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.3	5	5	4	2	2	3	2.2	4	3	1	1	2	2	2	1	4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.0	5	4	3	3	5		
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.6	4	4	4	3	4	3	2.0	4	3	1	1	3	1	1	1	3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.8	5	4	3	3	4	
Heiden	2.6	4	4	2	2	2	2	1.9	1	1	1	0	2	2	2	4	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.2	5	4	5	2	5		
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3	
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.4	2	3	1	1	1	1	1.4	1	1	1	0	1	1	1	1	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.6	5	4	5	2	3		
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.7	3	5	5	3	4	4	2	2.8	5	2	1	4	4	3	4	0	2	0.3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	4.0	5	4	4	3	4	
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.7	3	4	3	2	4	2	1	1.3	4	1	0	2	1	1	1	1	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.8	5	4	3	3	4		
Gräben und naturferne Stillgewässer	3.3	4	4	4	2	4	3	2	1.6	4	3	0	3	0	1	1	1	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2.2	2	3	2	2	2	
Flachwasserzone Böden	3.6	4	5	4	4	4	2	1.9	3	2	0	5	2	2	2	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4.0	4	4	4	4	4		

Abbildung 24. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen infolge der ‚Gewässerpflege‘

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biotische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaufstrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzfütterung	Vierfütter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	2	0	0	
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.7	3	5	4	4	3	4	3	2.6	3	2	2	0	3	3	3	2	5	0.7	4	0	1	0	0	1	0	2	0	0	4.2	4	5	4	3	5	
Acker	1.9	1	1	4	1	5	0	1	0.3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1.1	5	0	0	0	0	5	0	0	2	0	1.2	2	2	1	1	0	
Ackerbrache	2.9	3	4	4	3	3	1	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.4	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0.6	1	0	0	1	1	
Intensivgrünland	3.3	3	3	4	4	4	2	3	2.4	1	4	0	2	3	3	4	3	2	0.3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1.8	3	1	1	1	3	
Feucht- und Nassgrünland	3.3	3	3	5	4	3	2	3	2.9	3	4	0	3	3	3	4	4	2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	3	1	1	1	2	
Frischwiesen und -weiden	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.6	3	1	2	1	1	
Feldgehölze und Gebüsche	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.0	3	2	1	1	1	2	3	1	4	0.2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2.6	4	3	2	1	3	
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.3	4	4	2	3	1	1	1	1.4	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2.4	3	2	2	1	4	
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.7	4	3	3	3	2	2	2	2.1	2	2	1	1	3	2	2	3	3	0.2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1.4	2	1	1	1	2	
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	5	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4	
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3.9	4	4	4	4	4	4	3	3.4	3	4	4	0	5	4	4	4	3	1.2	0	0	4	4	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	2	3	1	
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4	
Kiefernwälder	2.9	2	2	4	2	5	2	3	2.9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1	
Nadelholzforste	2.9	2	2	4	2	5	2	3	3.0	4	3	5	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1	
Vorwälder	3.7	4	4	3	3	5	4	3	3.0	2	4	3	1	3	3	3	4	4	0.5	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	2.4	3	2	2	2	3	
Schlagfluren	1.1	2	1	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.2	0	0	0	1	0	
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.3	4	3	4	3	3	3	3	2.3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	0.2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3.0	4	2	2	3	4	
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	3	2	1	3	
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.0	3	3	3	3	3	3	3	1.6	2	2	1	1	2	1	1	1	3	0.2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3.0	3	3	3	3	3	
Heiden	2.6	4	4	2	2	2	2	2	1.9	1	1	1	0	2	2	2	4	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.2	5	4	5	2	5	
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3	
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.4	2	3	1	1	1	1	1	1.4	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.6	5	4	5	5	4	
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.9	2	4	5	4	5	4	3	3.0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0.5	0	0	0	0	0	0	2	3	0	1	3.0	3	3	3	2	4	
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.3	2	3	2	3	4	1	1	1.4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.0	4	4	2	2	3	
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	3	4	2	4	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1.0	1	1	1	1	1	
Flachwasserzone Bodden	3.1	3	4	4	4	4	1	2	1.7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4.0	5	4	4	3	4	

Abbildung 25. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoptypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen infolge der Maßnahme ‚Maid‘

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biologische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaustrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzfaserhaltung	Viehfutter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	2	0	0	
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.7	3	5	4	4	3	4	3	2.6	3	2	2	0	3	3	2	5	0.6	4	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	4.6	5	5	4	4	5	
Acker	1.9	1	1	4	1	5	0	1	0.3	1	1	0	0	0	0	0	1	1.1	5	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	1.2	2	2	1	1	0	
Ackerbrache	2.6	2	3	4	3	2	2	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0.6	1	0	0	1	1	
Intensivgrünland	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.4	3	1	1	1	1		
Feucht- und Nassgrünland	3.3	3	3	5	4	3	2	3	2.9	3	4	0	3	3	3	4	4	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.6	3	1	1	1	2		
Frischwiesen und -weiden	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	3	2	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.6	3	1	2	1	1		
Feldgehölze und Gebüsche	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	3	2	1	3	
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.3	4	4	2	3	1	1	1	1.4	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	2	2	1	4		
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.7	4	3	3	2	2	2	2	2.1	2	2	1	1	3	2	2	3	3	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1.4	2	1	1	1	2		
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	5	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4	
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4	
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	4.9	5	5	4	5	5	5	5	4.1	5	5	5	0	5	5	5	4	3	0.5	0	0	0	0	0	0	5	1	0	4.8	5	4	5	5	5		
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	0	3	0	0	2.2	3	2	2	3	1	
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4		
Kiefernwälder	4.9	5	5	4	5	5	5	5	4.1	5	5	5	0	5	5	5	4	3	0.5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Nadelholzforste	4.9	5	5	4	5	5	5	5	4.1	5	5	5	0	5	5	5	4	3	0.5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Vorwälder	4.9	5	5	4	5	5	5	5	4.1	5	5	5	0	5	5	5	4	3	0.5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4.8	5	4	5	5	5		
Schlagfluren	1.1	2	1	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.2	0	0	0	1	0		
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.3	4	3	4	3	3	3	3	2.3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	0.3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3.0	4	2	2	3	4		
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.3	4	4	3	3	3	3	3	2.1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.4	3	3	2	1	3		
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.0	3	3	3	3	3	3	3	1.6	2	2	1	1	2	1	1	1	3	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.0	3	3	3	3	3		
Heiden	2.6	4	4	2	2	2	2	2	1.9	1	1	1	0	2	2	2	4	4	0.2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.2	5	4	5	2	5		
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3		
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.4	2	3	1	1	1	1	1	1.4	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0.2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4.6	5	4	5	5	4		
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.7	2	4	5	4	4	4	3	3.0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0.3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3.6	4	4	4	2	4		
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.3	2	3	2	3	4	1	1	1.4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.0	4	4	2	2	3		
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	3	4	2	4	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0	1	1	1	1	1		
Flachwasserzone Bodden	3.1	3	4	4	4	4	1	2	1.7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.0	5	4	4	3	4		

Abbildung 26. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoptypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen infolge der Maßnahme ‚naturnahe Waldnutzung‘

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biologische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaufstrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenerverbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzierhaltung	Viehfütter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität	
Verkehrsfläche	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3.6	4	5	3	4	3	4	2	2.3	2	2	2	0	2	3	3	2	5	0.7	4	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	4.8	5	5	4	5	5	
Acker	1.9	1	1	4	1	5	0	1	0.3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1.1	5	0	0	0	5	0	0	2	0	0	1.2	2	2	1	1	0		
Ackerbrache	2.6	2	3	4	3	2	2	2	1.2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0.2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0.6	1	0	0	1	1			
Intensivgrünland	2.9	2	2	4	3	3	3	3	2.4	1	4	0	2	4	3	3	2	0.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.4	3	1	1	1	1			
Feucht- und Nassgrünland	3.4	4	5	4	4	3	2	2	2.7	2	4	0	3	2	3	4	4	2	0.3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2.6	4	2	2	2	3			
Frischwiesen und -weiden	3.0	3	4	3	3	3	3	2	2.4	1	4	0	3	3	3	3	2	0.2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2.6	4	2	2	2	2				
Feldgehölze und Gebüsche	3.0	4	4	2	3	3	3	2	1.9	2	2	1	1	1	2	3	1	4	0.5	0	0	2	0	2	0	0	1	0	0	3.4	4	4	3	2	4		
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2.1	4	4	1	3	1	1	1	1.6	1	1	0	2	1	1	1	4	3	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.2	4	3	3	2	4			
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2.4	4	4	1	3	2	2	1	1.8	1	1	1	1	2	2	2	3	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2.4	3	2	2	2	3				
Buchenwälder	4.3	4	4	4	4	5	5	4	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4			
Eichenwälder	4.3	4	4	4	4	5	4	5	3.8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1.4	0	0	5	5	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4			
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4			
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3.9	4	4	4	4	4	4	3	3.4	3	4	4	0	5	4	4	4	3	1.2	0	0	4	4	0	0	4	1	0	4.0	4	4	4	4	4			
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3.4	3	3	4	3	5	3	3	3.2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1.2	0	0	5	5	0	0	3	0	0	2.2	3	2	2	3	1			
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4.0	4	4	4	4	4	4	4	3.6	3	3	4	2	4	4	4	4	0.9	0	0	4	3	0	0	0	3	0	0	4.0	4	4	4	4	4			
Kiefernwälder	2.9	2	2	4	2	5	2	3	2.9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1			
Nadelholzforste	2.9	2	2	4	2	5	2	3	3.0	4	3	5	0	4	3	3	4	1	1.2	0	0	5	5	0	0	3	0	0	2.2	3	2	3	2	1			
Vorwälder	3.7	4	4	3	3	5	4	3	3.0	2	4	3	1	3	3	3	4	4	0.5	0	0	1	1	0	0	3	0	0	2.4	3	2	2	2	3			
Schlagfluren	1.4	3	2	1	1	1	1	1	1.0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0.2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0.2	0	0	0	1	0			
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3.0	4	4	3	3	3	3	1	2.1	1	3	2	3	3	2	2	2	1	0.3	0	0	1	0	2	0	0	0	3.0	4	2	2	3	4				
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3.0	4	4	2	3	3	3	2	1.9	2	2	1	1	1	2	3	1	4	0.3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2.8	4	3	2	2	3		
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3.3	4	4	4	3	3	3	2	1.6	2	3	1	1	1	1	1	3	0.3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3.6	4	3	4	3	4			
Heiden	2.4	4	4	2	2	2	1	1.8	1	1	1	0	1	1	2	2	4	4	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	4.0	5	4	5	2	4				
Moränenkliff inaktiv	2.9	5	4	3	2	3	2	1	1.9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0.4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2.8	4	3	2	2	3		
Feuersteinfelder (Wacholder)	1.7	3	4	1	1	1	1	1	1.3	1	0	1	0	1	1	1	4	3	0.5	0	0	0	0	2	0	0	0	4.6	5	4	5	5	4				
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3.7	2	4	5	4	4	4	3	3.0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0.5	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3.6	4	4	4	2	4			
Nährstoffreiche Stillgewässer	2.6	3	4	2	3	4	1	1	1.4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	4	4	3	2	3			
Gräben und naturferne Stillgewässer	2.9	3	4	4	2	3	2	2	1.6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.2	4	3	3	2	4			
Flachwasserzone Bodden	3.1	3	4	4	4	4	1	2	1.7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4.0	5	4	4	3	4			

Abbildung 27. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen infolge der Maßnahme ‚Sukzessionspflege‘

	Ökologische Integrität Ø	Heterogenität	Biodiversität	Biotische Wasserflüsse	Metabolische Effizienz	Exergie-Aufnahme	Nährstoffe & Reduktion des Nährstoffaufstrages	Speicherkapazität	Regulierende Dienstleistungen Ø	Lokale Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Hochwasserschutz	Erosionsregulierung	Nährstoffregulierung	Wasserreinigung	Grundwasserneubildung	Bestäubung & Samenvbreitung	Versorgungsdienstleistungen Ø	Feldfrüchte	Biomasse zur Energieerzeugung	Holzbrennstoffe	Holz	Nutzfaser	Vielfutter	Fasern	Wald- und Wildprodukte	Biochemikalien/Medizin	Fischfang u.ä.	Süßwasser	Kulturelle Dienstleistungen Ø	Landschaftsästhetik	Inspiration	Tourismus/Erholung	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität	Bildung	Intrinsischer Wert der Biodiversität		
Verkehrsfläche	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erwerbsgartenbau (Streuobstwiese)	3,7	3	5	4	4	3	4	3	2,6	3	2	2	0	3	3	3	2	5	0,6	4	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4,6	5	5	4	4	5	5	5	5	
Acker	1,9	1	1	4	1	5	0	1	0,3	1	1	0	0	0	0	1	0	1,1	5	0	0	0	5	0	0	2	0	0	1,2	2	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0
Ackerbrache	2,6	2	3	4	3	2	2	2	1,2	2	1	0	0	1	2	2	1	2	0,2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,6	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Intensivgrünland	2,9	2	2	4	3	3	3	3	2,4	1	4	0	2	4	3	3	2	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1,4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Feucht- und Nassgrünland	3,3	3	3	5	4	3	2	3	2,9	3	4	0	3	3	3	4	2	0,1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1,6	3	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	
Frischwiesen und -weiden	2,9	2	2	4	3	3	3	3	2,4	1	4	0	2	4	3	3	2	0,1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1,6	3	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	
Feldgehölze und Gebüsche	3,3	4	4	3	3	3	3	3	2,1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0,3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2,4	3	3	2	1	1	3	2	4	4	4	
Halbtrockenrasen, Sandmagerrasen, Pioniersandfluren	2,3	4	4	2	3	1	1	1	1,4	1	1	0	1	1	1	1	4	3	0,1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2,4	3	2	2	1	4	2	4	4	4		
Stauden-, Saum- und Ruderalflur	2,7	4	3	3	3	2	2	2	2,1	2	2	1	1	3	2	2	3	3	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	1,4	2	1	1	1	1	2	2	3	3	3		
Buchenwälder	4,3	4	4	4	5	5	4	3,8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1,5	0	0	5	5	2	0	0	4	1	0	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Eichenwälder	4,3	4	4	4	4	5	4	5	3,8	4	4	5	0	5	4	5	4	3	1,5	0	0	5	5	2	0	0	4	1	0	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Birken-, Erlen-, und Eschenwälder feuchter Standorte	4,0	4	4	4	4	4	4	3,6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	1,1	0	0	4	3	2	0	0	3	0	0	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Sonstige Laubholzwälder einheimischer Arten	3,9	4	4	4	4	4	4	3	3,4	3	4	4	0	5	4	4	4	3	1,4	0	0	4	4	2	0	0	4	1	0	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Laubholzwälder nichteinheimischer Arten	3,4	3	3	4	3	5	3	3	3,2	3	5	3	0	5	3	3	4	3	1,4	0	0	5	5	2	0	0	3	0	0	2,2	3	2	2	3	1	3	1	3	1	
Bruchwälder, Birken-, Erlen-, und Eschenwälder nasser Standorte	4,0	4	4	4	4	4	4	3,6	3	3	4	2	4	4	4	4	4	1,1	0	0	4	3	2	0	0	3	0	0	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Kiefernwälder	2,9	2	2	4	2	5	2	3	2,9	4	3	4	0	4	3	3	4	1	1,4	0	0	5	5	2	0	0	3	0	0	2,2	3	2	3	2	1	2	1	2	1	
Nadelholzforste	2,9	2	2	4	2	5	2	3	3,0	4	3	5	0	4	3	3	4	1	1,4	0	0	5	5	2	0	0	3	0	0	2,2	3	2	3	2	1	2	1	2	1	
Vorwälder	3,7	4	4	3	3	5	4	3	3,0	2	4	3	1	3	3	3	4	4	0,6	0	0	1	1	2	0	0	3	0	0	2,4	3	2	2	2	3	2	3	3	3	
Schlagfluren	1,1	2	1	1	1	1	1	1	1,0	1	0	0	0	1	1	1	4	1	0,3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0,2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Moorwälder, Gebüschstadien der Basen- und Zwischenmoore, Kalkzwischenmoore	3,3	4	3	4	3	3	3	2,3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	0,3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3,0	4	2	2	3	4	3	4	3	4	4	
Feuchtgebüsch entwässerter und/ oder eutropher Moor- und Sumpfstandorte	3,3	4	4	3	3	3	3	2,1	3	2	1	1	2	2	3	1	4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2,4	3	3	2	1	3	2	3	3	3		
Großseggenriede und Staudenfluren der eutrophen Sümpfe und Moore	3,0	3	3	3	3	3	3	1,6	2	2	1	1	1	2	1	1	3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3,0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	
Heiden	2,6	4	4	2	2	2	2	1,9	1	1	1	0	0	2	2	2	4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4,2	5	4	5	2	5	2	5	2	4	4	
Moränenkliff inaktiv	2,9	5	4	3	2	3	2	1	1,9	2	2	3	4	1	1	1	1	2	0,4	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2,8	4	3	2	2	3	2	3	2	3	
Feuersteinfelder (Wacholder)	1,4	2	3	1	1	1	1	1	1,4	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0,2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4,6	5	4	5	5	4	5	4	5	4		
Röhricht und standorttypischer Gehölzsaum an stehenden Gewässern	3,7	2	4	5	4	4	4	3	3,0	5	2	1	5	4	3	5	0	2	0,3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3,6	4	4	4	2	4	2	4	2	4		
Nährstoffreiche Stillgewässer	2,3	2	3	2	3	4	1	1	1,4	4	1	0	3	0	1	1	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3,0	4	4	2	2	3	2	3	2	3		
Gräben und naturferne Stillgewässer	2,9	3	3	4	2	4	2	2	1,6	3	2	0	4	0	1	1	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	1	1	1	1	1	1	1	2	4		
Flachwasserzone Bodden	3,1	3	4	4	4	4	1	2	1,7	3	2	0	4	2	2	1	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4,0	5	4	4	3	4	3	4	3	4		

Abbildung 28. Abschätzungsmatrix für die zusammengefassten Biotoptypen in Bezug auf deren potenzielle Beiträge zur Ökologischen Integrität und zur Bereitstellung von 'Ökosystemdienstleistungen infolge der Maßnahme ,Waldweidennutzung'