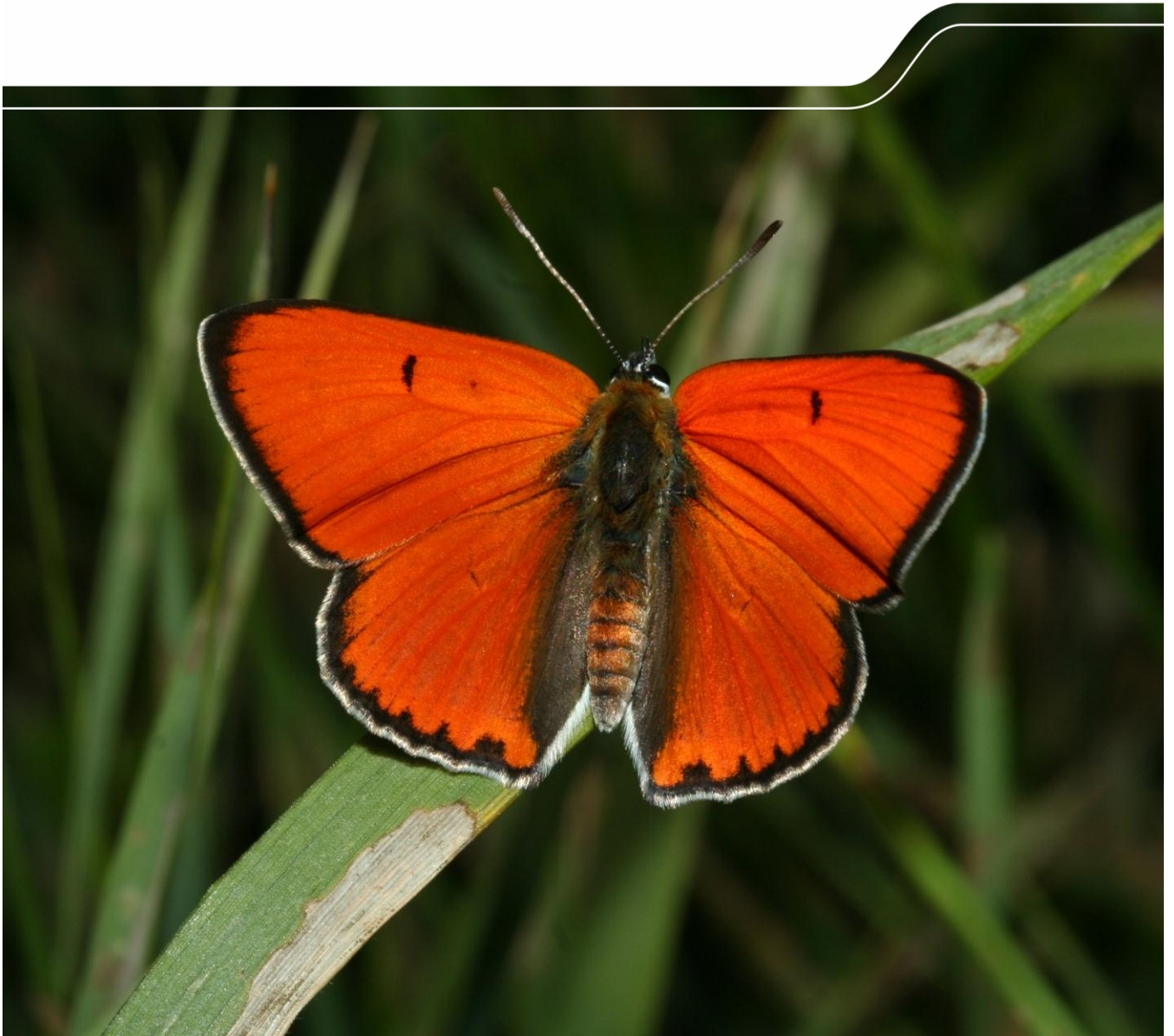




Monitoring Klimawandel und Biodiversität – Grundlagen

Schriftenreihe, Heft 24/2013



Naturschutzfachliches Monitoring Klimawandel und Biodiversität

Teil 1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität, Ziele und Grundlagen des Monitorings

Marten Winter, Martin Musche, Michael Striese, Ingolf Kühn

1	Vorbemerkung.....	10
2	Notwendigkeit eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität.....	11
3	Aktivitäten in Sachsen und benachbarten Bundesländern im Bereich Klimawandel- Biodiversitätsmonitoring	14
3.1	Sachsen.....	14
3.2	Sachsen-Anhalt	19
3.3	Thüringen.....	19
3.4	Brandenburg	20
3.5	Bayern	20
3.6	Nordrhein-Westfalen	21
3.7	Aktivitäten des Bundes	22
3.8	Ausgewählte europäische Aktivitäten	23
4	Zielstellung eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität	23
5	Klimatische Ausgangssituation und Projektionen	24
5.1	Datengrundlage, Auswahl von Szenarien und Klimaparametern für die vorliegende Arbeit	24
5.2	Klimatische Ausgangslage in Sachsen	25
5.2.1	Maximaltemperatur im Sommer.....	25
5.2.2	Temperaturminimum im Winter.....	26
5.2.3	Niederschlag in der Vegetationsperiode	27
5.2.4	Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode	28
5.3	Projektionen zu Klimaänderungen	29
5.3.1	Maximaltemperatur im Sommer.....	30
5.3.2	Temperaturminimum im Winter.....	31
5.3.3	Niederschlag in der Vegetationsperiode	32
5.3.4	Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode	34
5.3.5	Schlussfolgerung	34
6	Biodiversitätsindikatoren.....	35
6.1	Existierende Indikatoren und Bewertungssysteme zum Klimawandel	35
6.2	Erläuterungen zu den verwendeten Indikatoren	36
6.2.1	Sensitivität von Biotop- und Lebensraumtypen nach PETERMANN et al. (2007)	36
6.2.2	Empfindlichkeitsanalyse von Tierarten, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen nach BEHRENS et al. (2009).....	36
6.2.3	Empfindlichkeitsanalyse von Tier-, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Sachsen nach SCHLUMPRECHT et al. (2005).....	38
6.2.4	Klima-Empfindlichkeit europäischer Tagfalter (SETTELE et al. 2008).....	39
6.2.5	Analyse der Klimasensitivität von Tierarten (RABITSCH et al. 2010).....	40
6.2.6	Auswertung der Gefährdungskategorien der europäischen FFH-Meldebögen (ETC/BD 2008).....	41
6.2.7	Einfluss des Klimawandels auf Vogelpopulationen nach GREGORY et al. (2009, siehe auch EEA 2009).....	42
7	Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenartengruppen und Lebensräume – Ergebnisse der Literaturrecherche	43
7.1	Vögel.....	43
7.2	Säugetiere	45
7.3	Amphibien und Reptilien	46
7.4	Fische	47
7.5	Tagfalter.....	48
7.6	Weichtiere.....	49
7.7	Käfer	49
7.8	Spinnentiere.....	50
7.9	Libellen	50
7.10	Gefäßpflanzen	51

7.11	Moose und Flechten	54
7.12	Lebensräume.....	54
8	Auswahl klimasensitiver Arten und Lebensräume	56
8.1	Erste Arten- und LRT-Auswahl	56
8.1.1	Vögel.....	57
8.1.2	Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Fische und Rundmäuler	57
8.1.3	Tagfalter.....	57
8.1.4	Weichtiere.....	58
8.1.5	Gefäßpflanzen	58
8.1.6	Moose und Flechten	59
8.1.7	Lebensräume.....	59
8.2	Zweite Arten- und LRT-Auswahl	59
8.2.1	Vögel.....	60
8.2.2	Säugetiere	61
8.2.3	Amphibien und Reptilien	63
8.2.4	Fische und Rundmäuler.....	64
8.2.5	Libellen	65
8.2.6	Tagfalter.....	67
8.2.7	Käfer	69
8.2.8	Sonstige Wirbellose	70
8.2.9	Moose, Flechten, Gefäßpflanzen	72
8.2.10	Lebensräume.....	75
8.2.11	Zusammenfassung	77
8.2.12	Gebietsfremde Arten.....	78
9	Monitoringmethoden/-programme	79
9.1	Kurzvorstellung relevanter biotischer Monitoring-Programme in Sachsen.....	79
9.1.1	FFH-Monitoring.....	79
9.1.2	Tagfaltermonitoring Deutschland (TMD)	82
9.1.3	Vogelmonitoring in Sachsen	83
9.2	Geeignete Monitoringmethoden für die ausgewählten klimasensitiven Taxa und Lebensräume.....	84
9.2.1	Stichprobenumfang.....	84
9.2.2	Monitoringmethoden	85
9.2.3	Vögel.....	86
9.2.4	Säugetiere	87
9.2.5	Amphibien und Reptilien	88
9.2.6	Fische	89
9.2.7	Libellen	90
9.2.8	Tagfalter.....	91
9.2.9	Käfer	93
9.2.10	Sonstige Wirbellose	94
9.2.11	Moose, Flechten, Gefäßpflanzen.....	95
9.2.12	Lebensräume.....	99
9.3	Räumliche Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Taxa und Lebensräume.....	100
9.3.1	Vögel.....	101
9.3.2	Säugetiere	101
9.3.3	Amphibien und Reptilien	102
9.3.4	Libellen	102
9.3.5	Tagfalter.....	103
9.3.6	Käfer	104
9.3.7	Sonstige Wirbellose	104
9.3.8	Gefäßpflanzen	105
9.3.9	Moose und Flechten	106
9.3.10	Lebensräume.....	106

9.4	Möglichkeiten der Einbindung relevanter abiotischer und biotischer Monitoring-Programme in Sachsen außerhalb des Natura 2000-Monitorings.....	107
9.4.1	Eignung des Tagfaltermonitorings Deutschland (TMD) für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität	107
9.4.2	Eignung bestehender abiotischer und biotischer Messnetze für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität	107
10	Weiterentwicklung des Konzeptes – Ausblick	109
10.1	Vorschläge und Diskussion der Datenhaltung	109
10.2	Räumliche Konzeption	110
10.3	Klimawandel und andere Einflussfaktoren	111
11	Zusammenfassung	112
12	Literaturverzeichnis.....	116
13	Anhang	128
13.1	Räumliche Verteilung der ausgewählten klimasensitiven FFH-Lebensraumtypen in Sachsen	128
13.2	Artenlisten ausgewählter klimasensitiver Arten und Lebensraumtypen mit Klimasensitivitätsbewertung	141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der auf den Dauerbeobachtungsflächen BDF I aufgenommenen Parameter (Quelle: LfUG et al. 2001)	16
Tabelle 2:	Übersicht der auf den Dauerbeobachtungsflächen BDF II zusätzlich aufgenommenen Parameter (Quelle: LfUG et al. 2001).	16
Tabelle 3:	Verwendete Systeme zur Klimasensitivitätsbewertung.....	35
Tabelle 4:	Mögliche nutzbare Indikatorensysteme zur Abbildung von Klimawandeleffekten auf die Biodiversität	35
Tabelle 5:	Einzelkriterien zur Bewertung der Klimasensitivität von Tierarten in Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009).....	37
Tabelle 6:	Kategorisierung der Klimasensitivität für Tier- und Pflanzenarten sowie FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen nach BEHRENS et al. (2009)	37
Tabelle 7:	Bewertung der Klimasensitivität basierend auf Klima-Nischenmodellen nach SETTELE et al. (2008) und den daraus ermittelten Arealverlusten bei Tagfaltern	40
Tabelle 8:	Bewertungskriterien der Klimasensitivitätsanalyse deutscher Tierarten nach RABITSCH et al. (2010).....	41
Tabelle 9:	Anzahl der durch den Klimawandel gefährdeten FFH-LRT je Lebensraumgruppe.....	42
Tabelle 10:	Anzahl der durch den Klimawandel gefährdeten FFH-Arten je Artengruppe	42
Tabelle 11:	Voraussichtliche Änderung der klimatischen Wasserbilanz in ausgewählten Biotoptypen bis 2050 (aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)	55
Tabelle 12:	Erklärung verwendeter klimarelevanter Zeigerwerte (nach ELLENBERG et al. 1992); verändert nach SCHLUMPRECHT et al. 2005)	59
Tabelle 13:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Vogelarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	61
Tabelle 14:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Säugetierarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen.....	62
Tabelle 15:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Amphibien- und Reptilienarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen.....	63
Tabelle 16:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Fisch- und Rundmaularten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen.....	65
Tabelle 17:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Libellenarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	66
Tabelle 18:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Tagfalterarten, welche für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	68
Tabelle 19:	Auswahl klimasensitiver sächsischer Käferarten, welche für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	70
Tabelle 20:	Auswahl klimasensitiver sonstiger Wirbelloser Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen.....	71
Tabelle 21:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Gefäßpflanzen-, Moos- und Flechtenarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen, mit Bewertungen der Klimasensitivität.....	73
Tabelle 22:	Ausgewählte klimasensitive, vom Klimawandel vsl. negativ betroffene FFH-Lebensraumtypen Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	76
Tabelle 23:	Ausgewählte klimasensitive, vom Klimawandel vsl. positiv beeinflusste FFH-Lebensraumtypen Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen	77
Tabelle 24:	Zusammenfassung der Auswahl klimasensitiver sächsischer Tier- und Pflanzenarten sowie FFH-Lebensraumtypen, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen ..	77
Tabelle 25:	Erfassungsmethodik und -häufigkeit im Arten-Feinmonitoring.....	81
Tabelle 26:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver Vogelarten in Sachsen	86
Tabelle 27:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Säugetierarten.....	87
Tabelle 28:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Amphibien- und Reptilienarten	88

Tabelle 29:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Fisch- und Rundmaularten	89
Tabelle 30:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Libellenarten	90
Tabelle 31:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Tagfalterarten	91
Tabelle 32:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Käferarten	93
Tabelle 33:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sonstiger Wirbellosenarten Sachsens	94
Tabelle 34:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Moos-, Flechten- und Gefäßpflanzenarten	96
Tabelle 35:	Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Lebensräume/Biotope	99

Tabellenverzeichnis Anhang:

Tabelle 36:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Vogelarten mit Bewertungen der Klimasensitivität ..	141
Tabelle 37:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Säugetierarten mit Bewertungen der Klimasensitivität	142
Tabelle 38:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Amphibien- und Reptilienarten mit Bewertungen der Klimasensitivität	143
Tabelle 39:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Fisch- und Rundmaularten mit Bewertungen der Klimasensitivität	144
Tabelle 40:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Libellenarten mit Bewertungen der Klimasensitivität	144
Tabelle 41:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Tagfalterarten mit Bewertungen der Klimasensitivität	145
Tabelle 42:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Käferarten mit Bewertungen der Klimasensitivität ..	146
Tabelle 43:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sonstigen Wirbellosen mit Bewertungen der Klimasensitivität	147
Tabelle 44:	Artenliste der ausgewählten klimasensitiven Gefäßpflanzen mit Bewertungen der Klimasensitivität	148
Tabelle 45:	Stichprobenhäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven FFH-Lebensraumtypen laut sächsischem FFH-Monitoringkonzept	151
Tabelle 46:	Biotoptypenschlüssel für die Aktualisierung der Biotopkartierung in Sachsen	152
Tabelle 47:	Nachweishäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven Tierarten	154
Tabelle 48:	Nachweishäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven Flechten und Moose	156

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage ausgewählter abiotischer/biotischer Monitoringmessstellen (Datenquelle: LfULG 2010).....	17
Abbildung 2:	Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Juli 1961-1990 (WEREX IV)	26
Abbildung 3:	Mittlere Minimumtemperatur [°C] im Januar 1961-1990 (WEREX IV).....	27
Abbildung 4:	Mittlerer Niederschlag [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) für den Zeitraum 1961-1990 (WEREX IV).....	28
Abbildung 5:	Absolute Klimatische Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) für den Zeitraum 1961-1990 (Quelle: SMUL 2008a)	29
Abbildung 6:	Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Juli vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV).....	30
Abbildung 7:	Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Juli vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010)	31
Abbildung 8:	Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Januar vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV).....	31
Abbildung 9:	Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Januar vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010)	32
Abbildung 10:	Änderung des mittleren Niederschlags [%] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV).....	33
Abbildung 11:	Änderung des mittleren Niederschlags [%] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010).....	33
Abbildung 12:	Rückgang der mittleren klimatischen Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV)	34
Abbildung 13:	Einstufungssystem der Klimasensitivität der Biotoptypen nach PETERMANN et al. (2007)	36
Abbildung 14:	Schematische Darstellung des Verfahrens zur Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenarten Nordrhein-Westfalens	38
Abbildung 15:	Modellierte Florenveränderung in Deutschland in % (nach POMPE et al. 2008)	52
Abbildung 16:	Kartiertes und modelliertes Vorkommen des Alpen-Milchlattichs (<i>Cicerbita alpina</i>) in Sachsen (nach FESKE 2006)	53
Abbildung 17:	Punktgenaues Vorkommen der ausgewählten 17 sächsischen klimasensitiven Libellenarten (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG)	66
Abbildung 18:	Methode des Tagfaltermonitorings Deutschland (TMD)	82
Abbildung 19:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Vögel, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	101
Abbildung 20:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Säugetiere, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	101
Abbildung 21:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Amphibien und Reptilien, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	102
Abbildung 22:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Libellen, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	102
Abbildung 23:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Tagfalter, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	103
Abbildung 24:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Käfer, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	104
Abbildung 25:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Schrecken, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	104
Abbildung 26:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven sonstigen wirbellosen Tierarten, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	105
Abbildung 27:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Gefäßpflanzen, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Quelle: floristische Kartierung Sachsens)	105
Abbildung 28:	Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Moose und Flechten, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster	106
Abbildung 29:	Lage der ÖFS-Flächen in Sachsen (Ökologische Flächenstichprobe)	110

Abbildungsverzeichnis Anhang:

Abbildung 30: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer (3130) in Sachsen ...	128
Abbildung 31: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Oligo- bis mesotrophe, kalkhaltige Stillgewässer (3140) in Sachsen	128
Abbildung 32: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Dystrophe Stillgewässer (3160) in Sachsen	129
Abbildung 33: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Fließgewässer mit Unterwasservegetation (3260) in Sachsen	129
Abbildung 34: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Feuchte Heiden (4010) in Sachsen	130
Abbildung 35: Vorkommen des FFH-LRT Kalk-Trockenrasen (6210) in Sachsen	130
Abbildung 36: Vorkommen des FFH-LRT Artenreiche Borstgrasrasen (6230) in Sachsen	131
Abbildung 37: Vorkommen des FFH-LRT Steppen-Trockenrasen (6240) in Sachsen	131
Abbildung 38: Vorkommen des FFH-LRT Pfeifengraswiesen (6410) in Sachsen	132
Abbildung 39: Vorkommen des FFH-LRT Feuchte Hochstaudenfluren (6430) in Sachsen	132
Abbildung 40: Vorkommen des FFH-LRT Brenndolden-Auenwiesen (6440) in Sachsen	133
Abbildung 41: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Berg-Mähwiesen (6520) in Sachsen	133
Abbildung 42: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Lebende Hochmoore (7110) in Sachsen	134
Abbildung 43: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Regenerierbare Hochmoore (7120) in Sachsen	134
Abbildung 44: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Übergangs- und Schwingrasenmoore (7140) in Sachsen	135
Abbildung 45: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Torfmoor-Schlenken (7150) in Sachsen	135
Abbildung 46: Vorkommen des FFH-LRT Kalktuff-Quellen (7220) in Sachsen	136
Abbildung 47: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Kalkreiche Niedermoore (7230) in Sachsen	136
Abbildung 48: Vorkommen des FFH-LRT Schlucht- und Hangmischwälder (9180) in Sachsen	137
Abbildung 49: Vorkommen des FFH-LRT Moorwälder (91D0: dazu gehören Moorbirken-, Waldkiefern-, Bergkiefern- und Fichten-Moorwälder) in Sachsen	137
Abbildung 50: Vorkommen des FFH-LRT Erlen-, Eschen- und Weichholzaunenwälder (91E0) in Sachsen	138
Abbildung 51: Vorkommen des FFH-LRT Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder (91T0) in Sachsen	138
Abbildung 52: Vorkommen des FFH-LRT Montane Fichtenwälder (9410) in Sachsen	139
Abbildung 53: Vorkommen ausgewählter gefährdeter Offenland-FFH-LRT in Sachsen	139
Abbildung 54: Vorkommen ausgewählter gefährdeter Wald-FFH-LRT in Sachsen	140
Abbildung 55: Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Winterhalbjahr (Oktober-März) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060	157
Abbildung 56: Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060	157
Abbildung 57: Änderung der mittleren klimatischen Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060	158
Abbildung 58: Änderung des mittleren Niederschlags [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060	158

1 Vorbemerkung

Die vorliegende Schriftenreihe (Teil 1 des Gesamtprojektes) entstand aus dem Vorhaben „Erarbeitung einer Konzeption für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität“, das vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) durchgeführt wurde.

Das LfULG hat sich in Abstimmung mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) zum Ziel gesetzt, ein Monitoringkonzept zur Erfassung und Auswertung der Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche biologische Vielfalt in Sachsen zu erarbeiten. Dies trägt einerseits der Tatsache Rechnung, dass der Klimawandel mit erheblichen Auswirkungen auf die Biodiversität verbunden sein wird und andererseits, dass die Erkenntnisse über diese Auswirkungen bisher nur sehr lückenhaft vorliegen bzw. anhand von Modellierungen abgeschätzt werden können. Erst ein systematisches Monitoring macht es möglich, die Folgewirkungen des Klimawandels auf Schutzgüter auch anhand von Messdaten genauer zu beschreiben und daraus die erforderlichen Anpassungsstrategien und -maßnahmen des Naturschutzes abzuleiten und zu begründen. Für das zu konzipierende Monitoring Klimawandel und Biodiversität wird dabei von Beginn an eine enge Verknüpfung mit bereits etablierten Monitoringprogrammen Sachsens angestrebt, um mögliche und sinnvolle Synergien konsequent zu nutzen. Weil die schon bestehenden Monitoring-Programme jedoch nicht mit dem Ziel entwickelt wurden, Auswirkungen des Klimawandels zu untersuchen, ist in jedem Fall eine Einbeziehung spezifischer Aspekte des Klimawandels notwendig, z. B. eine besondere Berücksichtigung stark klimasensitiver Arten und Biotope als Monitoringindikatoren oder die Beachtung phänologischer Aspekte bei den Monitoringmethoden.

Die Konzipierung und Umsetzung eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität soll in drei Stufen erfolgen:

1. Voruntersuchungen für ein entsprechendes Monitoringkonzept (entspricht Teil 1)
2. FuE-Vorhaben zur weiteren Qualifizierung und inhaltlich-räumlichen Präzisierung des Monitoringkonzeptes sowie zur Auswertung von ausgewählten vorhandenen naturschutzfachlichen Daten (entspricht Teil 2, veröffentlicht in Heft 25/2013 der Schriftenreihe)
3. schrittweise Etablierung und Durchführung des Monitorings Klimawandel und Biodiversität

Der nachfolgende Teil 1 stellt den Abschluss der ersten Phase zur Konzipierung eines Monitorings zur Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität dar. Er enthält Ergebnisse von Recherchen und eigenen Auswertungen zu folgenden Themen- bzw. Aufgabenstellungen:

- Notwendigkeit und rechtliche Grundlagen für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität
- Zielstellung eines solchen Monitorings
- Skizzierung der klimatischen Ausgangssituation und der prognostizierten Klimaveränderungen in Sachsen
- Aktivitäten des Bundes und ausgewählter Bundesländer
- Literaturoswertung zu bisher bekannten und erwarteten Folgewirkungen des Klimawandels für Arten(gruppen) der Flora und Fauna sowie für Lebensräume
- Identifikation geeigneter Monitoringindikatoren (klimasensitive Arten und Biotope), Entwicklung einer Methode für deren Auswahl und Begründung ihrer Eignung
- Beschreibung geeigneter Monitoringmethoden
- Möglichkeiten zur Datenhaltung und -auswertung
- Abgleich des Monitoringkonzeptes mit bereits bestehenden Monitoringprogrammen

Weil es sich, wie schon erwähnt, um die 1. Projektphase handelt (Werkvertrag mit etwa einjähriger Laufzeit), war es nicht möglich, alle der aufgezählten Themen bereits umfassend oder abschließend zu bearbeiten, sodass eine Weiterentwicklung und Konkretisierung in der 2. Stufe (FuE-Vorhaben) erforderlich war. Die Ergebnisse des FuE-Vorhabens sind in Teil 2 (Heft 25/2013 der Schriftenreihe) enthalten. Hier erfolgte u. a. eine detaillierte Prüfung und Erläuterung der Synergien zu bereits laufenden Monitoringvorhaben in Sachsen, die Zusammenführung der Ergebnisse zu einem modulweise aufgebauten anwendbaren Monitoringkonzept sowie die Entwicklung komplexer Indikatoren zur Auswertung naturschutzfachlicher (Monitoring-)Daten unter dem Gesichtspunkt Klimawandel. Die beiden Hefte der Schriftenreihe bauen aufeinander auf und ergänzen sich. An geeigneten Stellen sind deshalb jeweils Querverweise eingefügt.

2 Notwendigkeit eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität

Der Klimawandel gilt zunehmend weltweit neben Landnutzungsänderungen, invasiven Arten und Eutrophierung als Hauptfaktor für den Rückgang der biologischen Vielfalt. Durch die zu erwartende Entmischung, Auflösung und Neubildung von Lebensgemeinschaften wird auch mit einer Beeinträchtigung bestimmter Schutzgüter und -ziele des Naturschutzes zu rechnen sein. So erwartet zum Beispiel die EU-Kommission (EU-Kommission 2009), dass sich der Klimawandel negativ auf den Erhaltungszustand von 42 FFH-Lebensraumtypen und 144 FFH-Arten auswirken wird. Artenverluste infolge des Klimawandels könnten schon in den nächsten Jahrzehnten ebenso bedeutend werden wie solche durch direkte Lebensraumverluste. Über die Wirkungen und Folgen des Klimawandels auf regionaler Ebene ist jedoch noch wenig bekannt. Je nach Lage der einzelnen Regionen sind die Auswirkungen von Klimaveränderungen in Deutschland aber unterschiedlich einzuschätzen. Deshalb bedarf es regionaler Klima- und Wirkungsszenarien. Um den Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität besser beobachten und beurteilen zu können sowie Reaktionsmöglichkeiten zu erarbeiten, ist ein entsprechendes Monitoring unverzichtbar. Ein Monitoring kann als ein Bestandteil der Datengrundlage zur Steuerung von Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen bezüglich des Klimawandels dienen. Nur auf Grundlage solider historischer Vergleichsdaten lassen sich sichere Aussagen über aktuelle und zukünftige Veränderungen treffen. Biomonitoring bietet dabei die Möglichkeit, besonders sensitive Arten, Lebensgemeinschaften oder Ökosysteme als vordringliche Schutzgüter zu identifizieren (LEUSCHNER & SCHIPKA 2004). Erst im Rahmen eines kontinuierlichen Biomonitorings werden Klimafolgen erkennbar, die sich nach längerer Zeit einstellen oder auf komplexen Wechselwirkungen (z. B. Vegetation-Boden-Klima) und zwischenartlichen Beziehungen (trophische Beziehungen, Konkurrenz, Symbiosen) beruhen und deshalb so nur im ökosystemaren Gefüge auftreten (vgl. auch RAMMERT 2004). Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, sind mittel- bis langfristig ausgelegte Untersuchungsprogramme und eine systematische Konzeption, u. a. die gezielte Auswahl von Indikatoren und Lebensräumen nach einheitlichen Kriterien sowie Beobachtung nach standardisierten Methoden erforderlich (LEUSCHNER & SCHIPKA 2004).

Die zukünftigen Ergebnisse des in der vorliegenden Studie vorgestellten Monitoringkonzeptes lassen sich vielfältig im Naturschutz und darüber hinaus verwerten, z. B. für

- Anpassung der Zielkonzepte des Naturschutzes (z. B. stärkere Dynamisierung der Zielstellungen weg von statischen Leitbildern hin zu dynamischen Entwicklungen; Sicherung weniger von aktuellen Zuständen, sondern von Entwicklungspotenzialen; Erweiterung des traditionellen Naturschutzes hin zu einem dynamischen integrativen Biodiversitätsschutz),
- Anpassung der Biotopverbund- und Schutzgebietssysteme an den Klimawandel (z. B. Überprüfung und ggf. Neudefinition bzw. Ergänzung der Schutzgüter und Schutzziele; Anpassung des Managements, „Adaptives Management“, vgl. IBISCH & KREFT 2008),
- Identifizierung von Schutzgütern des Naturschutzes, auf die sich vor dem Hintergrund des Klimawandels Schutzbemühungen zukünftig konzentrieren sollten,
- ggf. auch Aufgabe aussichtsloser Schutzbemühungen, z. B. für Arten, die infolge des Klimawandels in Zukunft keine geeigneten Habitate in Sachsen mehr finden können,
- Identifizierung und Durchführung von Projekten/Maßnahmen mit Synergiepotenzial zwischen Naturschutz, Klimaschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz (ein herausragendes Beispiel dafür ist die Renaturierung von Mooren),
- Aufzeigen von Möglichkeiten, welche Beiträge der Naturschutz zur Eindämmung des Klimawandels und seiner Folgen leisten kann,
- Beitrag zur Entwicklung von Strategien im Umgang mit gebietsfremden invasiven Arten,
- Weiterentwicklung der Landschaftsplanung unter dem Aspekt Klimawandel als Managementansatz für flexible Entwicklungsmöglichkeiten von Natur und Landschaft,
- Planung und Durchführung von Renaturierungsprojekten, z. B. zur Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushaltes von Moor- und Auenökosystemen,
- Verstärkung der Bemühungen zur Pufferung naturschutzfachlich bedeutender Biotope und Ökosysteme, um deren Belastbarkeit zu stärken (vgl. z. B. Bundesregierung 2008, IBISCH & KREFT 2008, LANA 2011).

Rechtliche Grundlagen

Die Beobachtung der Biodiversität ist Bestandteil verschiedener Konventionen, Richtlinien, Gesetze und Strategiepapiere. Die Verpflichtung zur Durchführung eines Biodiversitätsmonitorings ergibt sich vor allem aus folgenden Dokumenten:

- **CBD (Biodiversitätskonvention):** Im Artikel 7 „Bestimmung und Überwachung“ wird gefordert, dass durch Probennahme und andere Verfahren bedeutende Bestandteile der biologischen Vielfalt zu überwachen sind.
- **FFH-Richtlinie:** In den Artikeln 11 und 17 der FFH-Richtlinie wird festgelegt, dass die Mitgliedstaaten den Erhaltungszustand der FFH-Arten und FFH-Lebensraumtypen überwachen und alle sechs Jahre einen Bericht mit den Ergebnissen dieser Überwachung an die EU-Kommission übermitteln müssen.
- **EU-Vogelschutzrichtlinie:** Aus den Artikeln 4 und 12 sowie dem Anhang V ergibt sich die Notwendigkeit zu Forschungs- und Beobachtungsaufgaben sowie zur Überwachung des Zustandes ausgewählter Vogelarten.
- **EU-Wasserrahmenrichtlinie:** Aus dem Artikel 8 leitet sich die Pflicht für die Mitgliedstaaten ab, den Zustand der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Schutzgebiete mit geeigneten Programmen zu überwachen.
- **SächsNatSchG § 2:** Im § 2 Abs. 5 heißt es: *„Der Freistaat Sachsen führt ... eine Umweltbeobachtung durch. Zweck der Umweltbeobachtung ist, den Zustand des Naturhaushaltes und seine Veränderungen ... und die Wirkung von Umweltschutzmaßnahmen auf den Zustand des Naturhaushaltes zu ermitteln, auszuwerten und zu bewerten.“*
- **Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt des BMU von 2007:** Es wird gefordert: *„Einrichtung oder Modifizierung des bestehenden Monitorings zur Optimierung des naturschutzfachlichen Managements von Arten- und Gebietsschutzprogrammen unter Berücksichtigung der Erfordernisse des Klimawandels“* (S. 82). *„Einführung eines Monitorings mit Umwelt- und Naturschutzindikatoren“* (S. 84). Die Entwicklung von *„Konzept[e]n für Biodiversitätsmonitoring“* soll einen Forschungsschwerpunkt darstellen (S. 90).
- **Programm zur Biologischen Vielfalt im Freistaat Sachsen des SMUL von 2009:** Der Grundsatz im Handlungsfeld Naturschutz *„Umweltüberwachung / Monitoring“* lautet wie folgt: *„Zustand und Entwicklung der Biologischen Vielfalt sowie die Wirkung der Instrumente zu ihrer Sicherung werden mit wissenschaftlichen Methoden (insbesondere Monitoring) überwacht und auf dieser Grundlage bewertet.“*
- **Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen von 2008: Anpassungsstrategien im Bereich Naturschutz:** *„Ergänzung und Etablierung von Monitoringsystemen für europäisch bedeutsame Arten und Lebensraumtypen“*. Im Jahr 2013 wurde das **Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012** und der **zugehörige Maßnahmenplan¹** beschlossen. Im Energie- und Klimaprogramm wird an verschiedenen Stellen die Thematik Monitoring von Klimaveränderungen im Bereich Natur und Landschaft thematisiert. Im Abschnitt 4.2. Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel heißt es bei Natur und Landschaft: *„Allerdings sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Sachsen nur mit Unsicherheit vorherzusehen. Einerseits gibt es bisher noch keine systematischen, im Rahmen eines Monitorings erhobenen diesbezüglichen Daten. Andererseits ist die Reaktion sehr komplexer biologischer Systeme wie von Lebensgemeinschaften oder ganzer Ökosysteme auf den Klimawandel auch im Rahmen von Modellierungen nur mit Einschränkungen prognostizierbar. Um die Erkenntnisse zu erweitern, werden die Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotop[e] in Sachsen seit 2005 untersucht, ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität befindet sich in der konzeptionellen Entwicklung.“* Im Abschnitt 6.2.2. Betroffenheiten ermitteln, Klimafolgen abschätzen und Anpassungsstrategien entwickeln wird ausgeführt: *„Über die Wirkungen und Folgen des Klimawandels auf regionaler Ebene ist jedoch häufig noch zu wenig bekannt. Deshalb bedarf es regionaler Klima- und Wirkungsszenarien, regionaler Vulnerabilitätsstudien und eines entsprechenden Monitorings. ... Für die zielgerichtete Planung, Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien und konkreten Anpassungsmaßnahmen sowie die Erfolgskontrolle umgesetzter Anpassungsmaßnahmen ist es unerlässlich, ein darauf abgestimmtes Klimafolgenmonitoring (KLIMAMONITOR Sachsen) aufzubauen. ... Die unvermeidbare Verschiebung im natürlichen Artenspektrum und Biotopinventar bedarf der Überwachung durch ein Monitoring Biodiversität und Klimawandel.“* Auf Seite 70 im Energie- und Klimaprogramm und S. 18 im zugehörigen Maßnahmenplan wird ausgeführt: *„Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, die Vulnerabilität der verschiedenen Sektoren gegenüber dem Klimawandel zu analysieren, die entsprechenden Klimafolgen zu ermitteln und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Dazu sollen ...ein Klimafolgenmonitoring auf der Grundlage von Impact- und Response-Indikatoren aufgebaut werden, das den Einfluss des Klimawandels bzw. Erfolge von Anpassungsmaßnahmen dokumentiert, ...“*. An Instrumenten sollen im Verantwortungsbereich des SMUL bereitgestellt werden: *„Klimafolgenmonitoring*

¹ Online: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Energie-_und_Klimaprogramm_Sachsen_2012.pdf und <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Massnahmenplan.pdf> (Abfrage 18.04.2013)

für Sachsen, Erhaltung und Prüfung des klimabedingten Anpassungsbedarfs der bestehenden Messnetze, Monitoring- und Erfassungssysteme“ (S. 18 im Maßnahmenplan).

- **Umweltschadensgesetz (USchadG) von 2007:** Die EU-Richtlinie 2004/35/EG zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden wurde von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft im Jahr 2007/2008 in nationales Recht umgesetzt. Der Bundestag hat daher das Umweltschadensgesetz (USchadG) verabschiedet, das am 14.11.2007 in Kraft getreten ist. Dieses Gesetz normiert eine öffentlich-rechtliche Haftung für drei Kategorien von Umweltschäden. Das sind Schäden an geschützten Tieren, Pflanzen und Lebensräumen (sog. Biodiversität), eigenen und fremden Böden, eigenen und fremden Gewässern. Für Schäden an der Biodiversität haften bei Verschulden alle beruflich und wirtschaftlich Tätigen in Deutschland. Im Schadensfall besteht die Verpflichtung zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes sowie zur Geldleistung für die so genannten zwischenzeitlichen Verluste. Deshalb ist die Kenntnis über den Zustand der Biodiversität besonders wichtig sowohl für die Behörden, die den Nachweis der Erheblichkeit eines Biodiversitätsschadens erbringen müssen als auch für die Verursacher und deren Haftpflichtversicherer, die den vorherigen Zustand kennen müssen, um ihn wiederherstellen zu können.
- **Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel:** Ähnlich wie im Energie- und Klimaprogramm des Freistaates Sachsen findet sich in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (BUNDESREGIERUNG 2008) eine direkte Aufforderung zur Etablierung entsprechender Monitoring-Programme. Auf der Seite 27 heißt es: *„Bund und Länder sollten in Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen und Verbänden Monitoring- und Forschungsprogramme einrichten, die Auswirkungen von Klimaveränderungen sowie von Maßnahmen zu Klimaschutz und Anpassung dokumentieren und über Indikatoren nachvollziehbar abbilden, belastbare Aussagen über zu erwartende Entwicklungen liefern und diese im Abgleich mit den Monitoringergebnissen validieren. Dabei soll soweit möglich auf bestehende Monitoring- und Forschungsprogramme aufgebaut werden. Bund und Länder sollten die Ergebnisse der Klima(folgen)forschung einschließlich deren Unsicherheiten aus Gründen der Vorsorge stärker in Programmen und Instrumenten des Naturschutzes (u. a. Artenschutz-, Biotopschutz-, Gebietsschutz- und Vertragsnaturschutzprogrammen) berücksichtigen.“* Weiter wird auf der Seite 61 ausgeführt: *„Das zwischen Bundes- und Länderebene angestrebte, abgestimmte Vorgehen zur Anpassung erfordert ein systematisches Vorgehen mit der Schaffung einer gemeinsamen Basis an Methoden, Daten und Erkenntnissen zu den Wirkungen des Klimawandels, der zu erwartenden Folgen und der bereits zu beobachtenden Effekte. ... Grundlage ist in jedem Fall eine aussagekräftige Datenlage durch Klimafolgenmonitoring. Ein wichtiges methodisches Instrument sind zudem Indikatorensysteme, welche Klimaänderungen und deren Ausmaß sowie die Wirkungszusammenhänge abbilden.“*
- **Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG):** Die Novelle des BNatSchG vom 29.07.2009 trat am 01.03.2010 in Kraft. Der Gesetzestext unterstreicht die Notwendigkeit von verstärkten Umweltbeobachtungen. Mit § 6 des BNatSchG wird die im Jahre 2002 erstmals in das Bundesnaturschutzgesetz aufgenommene rahmenrechtliche Regelung über die Umweltbeobachtung aus dem der Landschaftsplanung gewidmeten Kapitel in das die allgemeinen Vorschriften umfassende Kapitel verlagert und zu einer unmittelbar geltenden Vorschrift („allgemeiner Grundsatz“) umgeformt. Der Beobachtung von Natur und Landschaft kommt damit eine maßgebliche Bedeutung für die Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu. Unter anderem im Bereich der gebietsfremden Arten fordert der Gesetzestext den Aufbau von Früherkennungssystemen und Überwachungsprogrammen (§ 40 BNatSchG).

3 Aktivitäten in Sachsen und benachbarten Bundesländern im Bereich Klimawandel-Biodiversitätsmonitoring

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es kein bundesweites Monitoringsystem, das die zu erwartenden Veränderungen, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden, ausreichend abbilden könnte (DRÖSCHMEISTER & SUKOPP 2009). Jedoch existieren erste Ansätze in einzelnen Bundesländern. Weiterhin stellt das nationale Brutvogelmonitoring des DDA ein zumindest in Ansätzen relevantes Monitoring-Programm dar. Obwohl es hierbei vor allem um das Vorhandensein von Brutvögeln geht, werden darüber hinaus auch Daten zur Phänologie der Vogelarten und Arealverschiebungen aufgenommen. Ein ähnliches Potenzial weist das bundesweite Tagfalter-Monitoring auf. Ein bis 2014 laufendes Forschungsprojekt des BfN entwickelt ein Indikatoren-system zur Abbildung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität und zur Dokumentation der ergriffenen Anpassungsmaßnahmen (vgl. in Teil 2, Kapitel 3.2.2).

Von hoher Relevanz sind auch die Arbeiten des Unterarbeitskreises (UAK) **Klima-Biomonitoring** des AK Bioindikation der Landesumweltämter. Das von diesem UAK konzipierte Klima-Biomonitoring befasst sich mit Klimaveränderungen und deren Auswirkungen. Mittels Bioindikatoren sollen die Wirkungen des Klimawandels auf Pflanzen, Tiere, Biotope, den Menschen und sein Lebensumfeld aufgezeigt und ein Set von Klima-Indikatoren entwickelt werden. Besonders aktiv war bisher die Arbeitsgruppe Phänologie, die sich mit phänologischen Veränderungen v. a. bei Pflanzen befasst (z. B. Vorverlegung phänologischer Phasen). Federführend begleitet und publiziert wurde das Konzept u. a. von Herrn Prof. Dr. Uwe Rammert (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, vgl. z. B. RAMMERT 2004, GEBHARDT et al. 2010, <http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/jahrbe04/Internes/Klima-Monitoring.pdf>, Abfrage 24.04.2013). Das LfULG war in Person von Wilfried Kuchler an der Erstellung des Konzeptes Klima-Biomonitoring ebenfalls beteiligt (<http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ina/vortraege/2011/Rammert.pdf>, Abfrage 24.04.2013). Der UAK Klima-Biomonitoring verfolgt das Ziel, geeignete anfallende Daten aus bereits laufenden Monitoringprogrammen in ein Klimawandel-Biodiversitätsmonitoring einzubinden und unter dem Aspekt Klimawandel auszuwerten. Er kann eine geeignete Plattform sein, die Initiativen und Konzepte der einzelnen Bundesländer hinsichtlich eines Klimafolgenmonitorings Biodiversität zu vernetzen und für dieses Thema zu sensibilisieren.

3.1 Sachsen

Für das Gebiet des Freistaates Sachsen existiert eine Reihe an Vorarbeiten, die für die Erstellung der Konzeption „Monitoring Klimawandel und Biodiversität“ von Bedeutung sind. Eine wesentliche Grundlage bildete der „Aktionsplan Klima und Energie“ des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL 2009a). Darin werden die Durchführung eines Klimafolgenmonitorings sowie die Erhaltung und integrative Ausrichtung bestehender Messnetze als wesentliche Maßnahmen im Rahmen der Klimafolgenabschätzung genannt. Hinsichtlich notwendiger Anpassungsmaßnahmen nennt der Aktionsplan unter anderem die Fortschreibung des forstlichen Umweltmonitorings sowie die Ergänzung und Etablierung von Monitoringsystemen für europäisch bedeutsame Arten und Lebensraumtypen. Der benannte Aktionsplan wurde durch das im Jahr 2013 vom Kabinett beschlossene Energie- und Klimaprogramm Sachsen inkl. des zugehörigen Maßnahmenplans abgelöst. Darin sind die relevanten Aspekte eines Klimafolgenmonitorings einschließlich Monitoring Klimawandel und Biodiversität verankert (vgl. Ausführungen im Kapitel 2).

Die Entwicklung von Anpassungsstrategien erfolgt durch eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Klimafolgen“ unter Leitung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt- und Landwirtschaft (SMUL). Die Arbeitsgruppe legt in zweijährigem Rhythmus einen Fortschrittsbericht vor. Der Fortschrittsbericht von 2008 (SMUL 2008b) nennt existierende und geplante Monitoringvorhaben, die einen direkten Bezug zum Klimawandel haben oder deren Integration in die Beobachtung von Klimafolgen angeregt wird. Dazu gehört ein über 50 Standorte umfassendes Bodenmonitoring, das in ein bundesweites Beobachtungsprogramm eingebettet ist und vor allem chemische und physikalische Parameter erfasst. Der derzeitige Umfang des Bodenmonitorings muss jedoch nach Ansicht der Arbeitsgruppe erweitert werden, um die Auswertungen des Klimawandels auf Böden flächendeckend zu erfassen.

ckend bewerten zu können. Das forstliche Umweltmonitoring basiert auf einer rasterbezogenen Aufnahme von Daten zum Wald- und Bodenzustand sowie der Erhebung von klimarelevanten Parametern auf 8 Dauerbeobachtungsflächen. Im Bereich der Forst- und Landwirtschaft existieren weiterhin landesweite Programme zur regelmäßigen Erfassung landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich bedeutsamer Schädlinge, deren Anpassung zum Zweck des Klimafolgenmonitorings gefordert wird (SMUL 2008b).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Biodiversitätskomponenten in Sachsen sind Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte sowie wissenschaftlicher Abschlussarbeiten. Den Schwerpunkt bilden Moore (SCHLUMPRECHT et al. 2006, EDOM et al. 2008), ausgewählte Ökosysteme und Arten (SCHLUMPRECHT et al. 2005, FESKE 2006) sowie die Vegetationsentwicklung (CHMIELEWSKI et al. 2004, ÖKODATA 2007). Des Weiteren existiert bereits ein Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring im Offenland für Sachsen (KLEWEN et al. 2009), das jedoch nicht speziell auf die Erfassung von Klimafolgen ausgerichtet ist. Eine Bewertung der möglichen Integration der erwähnten Programme und Projektergebnisse in das Monitoringkonzept Klimawandel und Biodiversität erfolgt im Rahmen der Kapitel 9.4 und 10.

In Sachsen wird unter Federführung der Klimareferate des SMUL und LfULG sowie der AG Klimafolgen gegenwärtig ein ressortübergreifendes Klimafolgenmonitoring entwickelt. Die 1. Stufe soll mittels Impact-Indikatoren die Folgewirkungen des Klimawandels u. a. auf verschiedene Schutzgüter und Landnutzungsbereiche abbilden (vgl. hierzu die Ausführungen in Teil 2, Kapitel 3.7).

Weiterhin wurden verschiedene Vulnerabilitätsstudien unter dem Aspekt Klimawandel/Regionale Klimaanpassungsstrategien erarbeitet, so u. a. für die Planungsregionen Westsachsen² und Oberlausitz-Niederschlesien³. Eine entsprechende Vulnerabilitätsstudie für ganz Sachsen ist derzeit vom LfULG beauftragt. Zu nennen ist weiterhin das Projekt REGKLAM (Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden), wo durch ein breites Konsortium regionaler Akteure aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft Strategien für den Umgang mit den regionalen Auswirkungen des Klimawandels entwickelt werden (<http://www.regklam.de/home/>, Abfrage 18.04.2013).

Relevante abiotische und biotische Monitoring-Programme außerhalb Natura 2000

Bodenmonitoring

In Sachsen existiert ein Bodenmonitoring (LfUG et al. 2001), das der Überwachung des Bodenzustands und der Ableitung von Prognosen zu zukünftigen Veränderungen der Böden dient. Die Grundlage des Monitoringsystems bilden Dauerbeobachtungsflächen, die in ein bundesweites Beobachtungsprogramm eingebunden sind. Die Flächen werden in zwei Kategorien eingeteilt. Zum einen handelt es sich um 50 Dauerbeobachtungsflächen, die der Überwachung gebietstypischer Böden dienen (BDF I). Zum anderen wurden fünf Beobachtungsflächen gezielt an Sonderstandorten eingerichtet (BDF II, Stand 2010, Abbildung 1), denen aus Sicht des Bodenschutzes eine besondere Bedeutung zukommt (z. B. mit Altlasten belastete Flächen). Die Standorte der Kategorie BDF I wurden so ausgewählt, dass alle Naturräume, Bodenlandschaften und geologischen Einheiten durch mindestens eine Beobachtungsfläche repräsentiert werden. Berücksichtigt wurden außerdem die Landnutzungsformen entsprechend ihrer prozentualen Verteilung. Auf allen Dauerbeobachtungsflächen werden bestimmte physikalische und chemische Parameter in einem fünfjährigen Zyklus erfasst (Tabelle 1). Auf den Flächen der Kategorie BDF II werden darüber hinaus zusätzliche Parameter in kurzen Zeitintervallen aufgenommen. Oberirdisch installierte Messgeräte erheben kontinuierliche Daten zur Meteorologie sowie zur Gesamtdosition von Hauptelementen und Schwermetallen. Zu den unterirdisch erhobenen Größen zählen ausgewählte bodenphysikalische Parameter und die Stoffinhalte des Sickerwassers (Tabelle 2).

² Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) "Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel", Online: <http://www.rpv-vestsachsen.de/projekte/moro.html>, Abfrage 18.04.2013

³ Regionales Energie- und Klimaschutzkonzept / Regionale Klimaanpassungsstrategie, Online: <http://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de/projekte/regionales-energie-und-klimaschutzkonzept-klimaanpassungsstrategie.html>, Abfrage 18.04.2013

Tabelle 1: Übersicht der auf den Dauerbeobachtungsflächen BDF I aufgenommenen Parameter (Quelle: LfUG et al. 2001)

Allgemeine Charakterisierung	Bodenphysikalische Eigenschaften	Bodenchemische Eigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bodenregion ■ Bodenform ■ Bodentyp ■ Substrat ■ Naturraum ■ Klima 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Korngrößenzusammensetzung ■ Wasserdurchlässigkeit ■ Rohdichte ■ Gesamtporenvolumen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ pH-Wert ■ potenzielle und effektive Austauschkapazität (KAKpot, KAKeff) ■ Gesamtgehalte von Hauptelementen (Fe, Al, K, Na usw.) ■ Gesamtgehalte von Schwermetallen (Cd, Cr, Pb usw. und As) ■ Gesamtgehalte von Nichtmetallen (C, N, F, PO₄, SO₄, CO₃) ■ mobile Anteile von Schwermetallen und As (Extraktion) ■ pflanzenverfügbare Nährstoffe (K, P usw.)

Tabelle 2: Übersicht der auf den Dauerbeobachtungsflächen BDF II zusätzlich aufgenommenen Parameter (Quelle: LfUG et al. 2001).

Oberirdisch	Unterirdisch
Meteorologie: <ul style="list-style-type: none"> ■ Globalstrahlung ■ Luftfeuchtigkeit ■ Lufttemperatur ■ Windgeschwindigkeit ■ Windrichtung ■ Niederschlagsmenge 	Bodenphysikalische Parameter: <ul style="list-style-type: none"> ■ Bodentemperatur ausgewählter Horizonte ■ Wassersaugspannung ausgewählter Horizonte ■ Wassergehalt ausgewählter Horizonte
Stoffeinträge aus der Atmosphäre: <ul style="list-style-type: none"> ■ Niederschlagsmenge ■ Hauptelemente, Schwermetalle 	Stoffinhalte des Bodensickerwassers: <ul style="list-style-type: none"> ■ pH, elektrische Leitfähigkeit ■ Hauptelemente, Schwermetalle

Luftmessnetz

Zur Überwachung der Luftqualität wird in Sachsen ein aus 29 Multikomponentenmessstationen bestehendes Luftmessnetz betrieben. Dabei wurden die Standorte so gewählt, dass eine flächendeckende Immissionsüberwachung gewährleistet werden kann. Gegenwärtig werden die folgenden gas- und partikelförmigen Stoffe aufgenommen (Quelle: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3649.htm>, Abfrage 18.04.2013):

- Schwefeldioxid (SO₂),
- Feinstaub < 10 bzw. 2,5 µm (PM₁₀, PM_{2,5}),
- Staubbiederschlag,
- Ozon (O₃),
- Stickoxide (NO_x),
- Benzol, Toluol und Xylol (BTX).

Zudem erfolgt die Messung von Staubinhaltsstoffen an ausgewählten Stationen und die Messung meteorologischer Größen.

Gewässermonitoring

Pegelmessnetz

Die Erfassung des Wasserablaufs erfolgt an 250 Pegelstationen (Stand 2010). Davon sind inzwischen ca. 165 Pegel mit Datenfernübertragungssystemen ausgestattet (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/1386.htm>, Abfrage 18.04.2013).

Gewässergütemessnetz

Die Überwachung der Gewässergüte von Oberflächengewässern in Sachsen orientiert sich an den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Dabei wird zwischen der Überblicksüberwachung und der operativen Überwachung unterschieden. Die Überblicksüberwachung wird in Sachsen an sechs Gewässergüte-Messstationen realisiert (LfUG 2007, <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/1387.htm>, Abfrage 18.04.2013). Berücksichtigt werden die Flüsse Mulde (1 Station), Neiße (1 Station), Pleiße (1 Station) sowie die Elbe (3 Stationen). Dort werden die folgenden chemischen, physikalischen

und biologischen Parameter permanent aufgenommen (Quelle: Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft 2008):

- Meteorologische Parameter (Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung, Temperatur des Luftkörpers, Windgeschwindigkeit und Windrichtung)
- Sauerstoffgehalt
- Wassertemperatur
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Trübung
- Nitrat-Stickstoff
- Ammonium-Stickstoff
- Spektraler Absorptionskoeffizient (SAK) 254 nm (Gewässerbelastung durch gelöste organische Substanzen)
- Gesamtchlorophyll
- AOV (ausblasbare organische Verbindungen)
- Probenahmesysteme (Wochenmischproben, schwebstoffbürtiges Sediment)
- Biomonitoring (Daphnientoximeter, Algentoximeter)
- Fluoreszenzmonitor (organische Komponenten)

Es bestehen Unterschiede hinsichtlich des Erfassungsumfangs zwischen den einzelnen Stationen. Das Gewässergütemessnetz wird von der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt- und Landwirtschaft betrieben.

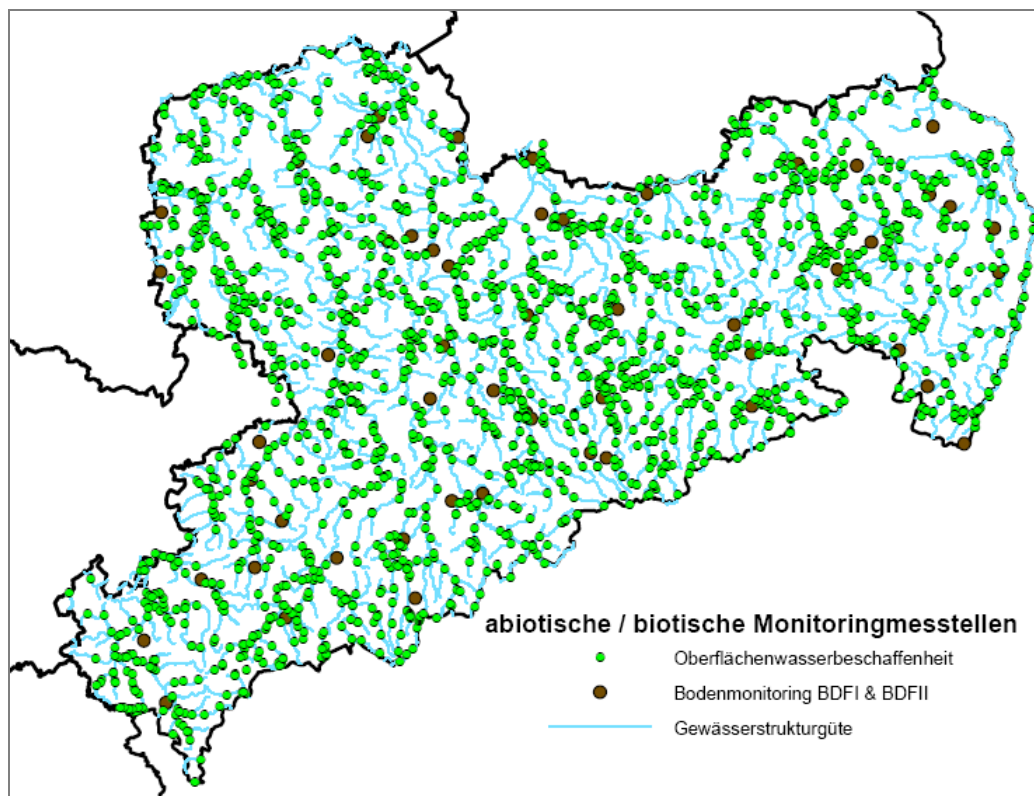


Abbildung 1: Lage ausgewählter abiotischer/biotischer Monitoringmesstellen (Datenquelle: LfULG 2010)

Zur operativen Gewässergüteüberwachung wurden an rund 650 Fließgewässerkörpern Messstellen zur Erfassung von Schadstoffen sowie chemisch/physikalischen und biologischen Qualitätskomponenten ausgewiesen (Abbildung 1). Biologische Qualitätskomponenten umfassen Makrophyten sowie Indikatorarten des Phytobenthos und des Makrozoobenthos. Fische werden im Rahmen eines fischereilichen Bestandsmonitorings erfasst, welches durch das Referat Fischerei des LfULG koordiniert wird. Bisher (Stand 2010) wurden pro Jahr ca. 300 Messstrecken an ca. 250 Fließgewässern beprobt (LfULG 2008, 2009). Daneben erfolgte die Beprobung ausgewählter Standgewässer. Der Umfang der Befischungen variiert von Jahr zu Jahr. Eine Übersicht wird in LfULG (2008) präsentiert.

Operative Messstellen zur Gewässergüteüberwachung befinden sich auch an Standgewässern. Insgesamt decken 96 Messpunkte 78 Standgewässer ab (Stand 2010). Neben chemisch/physikalischen Qualitätskomponenten wird als biologische Qualitätskomponente vor allem das Phytoplankton erfasst. An Fließ- und Standgewässern erfolgt zudem die Aufnahme hydromorphologischer Parameter (Wasserhaushalt, Morphologie, Durchgängigkeit).

Ausführlichere Angaben zum Monitoring nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und dessen Relevanz für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität sind im Teil 2, Kapitel 3.3.6 zu finden.

Forstliches Umweltmonitoring

Das forstliche Umweltmonitoring umfasst ein Netz an Stichprobenflächen, auf denen die Datenaufnahme in bestimmten, teilweise größeren Zeitabständen erfolgt (Level I) und wenigen kontinuierlich und intensiv beprobten Flächen (Level II).

Waldzustandserhebung (Level I)

Die Waldzustandserhebung ist ein bundesweites Monitoring-Programm, mit dem die physiologische Verfassung wichtiger Baumarten dokumentiert wird. Dazu werden in einem jährlichen Rhythmus Daten zum Kronenzustand (Blatt- und Nadelverluste, Verfärbungen) aufgenommen. Das Programm ist auf die Erkennung langfristig wirkender Faktoren ausgelegt, z. B. Schadstoffeinwirkungen und Klimaveränderungen. In Sachsen werden derzeit (Stand 2010) an 282 Standorten 24 systematisch ausgewählte Bäume beurteilt.

Bodenmonitoring (Bodenzustandserhebung) (Level I)

Das Ziel des forstlichen Bodenmonitorings ist die Dokumentation der Stoffbelastung von Waldböden. Im Rahmen der Bodenzustandserhebung werden die folgenden physikalischen und chemischen Parameter erfasst (Landesforstpräsidium 2004):

- pH-Werte (in der organischen Auflage und im Mineralboden)
- C_{org}- und N-Gehalte von Nadel-, Humusaufgabe- und Mineralbodenproben
- Gehalte von K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, S, P, Pb, Cu, Zn, Cd in Humus- und Nadelproben
- effektive Kationenaustauschkapazität von Mineralbodenproben

In Sachsen werden dazu 77 Standorte in einem Raster von 8 km x 8 km beprobt. Bislang liegen Daten aus den Erhebungen von 1992-1997 und 2006-2008 vor. Das forstliche Bodenmonitoring ist in das allgemeine Bodenmonitoring sowie das bundesweite und paneuropäische Level I-Programm eingebunden.

Forstliche Dauerbeobachtungsflächen (Level II)

Auf insgesamt acht Dauerbeobachtungsflächen werden kontinuierliche oder jährliche Erhebungen chemischer, physikalischer und biologischer Parameter durchgeführt (Quelle: SMUL 2009b):

- Meteorologie
- Bodenzustand
- Streufall
- Baumwachstum
- Bodenvegetation (auf sechs Flächen)
- Stoffeinträge
- Bodensicker-/quellwasser
- Kronenzustand
- Baumernährung

Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen sind in das EU-weite Level II-Programm eingebunden. Ausführlichere Angaben zum Forstlichen Umweltmonitoring (Waldmonitoring) und dessen Relevanz für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität sind im Teil 2, Kapitel 3.3.5 zu finden.

Waldklimastationen

Der Staatsbetrieb Sachsenforst betreibt ein Netz an Waldklimastationen, die ein umfangreiches Set meteorologischer Daten erfassen (LAF 1997). Die Lage der Stationen wurde so gewählt, dass ein Spektrum verschiedener Waldtypen und unterschiedliche Regionen berücksichtigt werden. Es existieren Messstationen sowohl innerhalb als auch außerhalb von Waldbeständen.

Zum Teil sind die Standorte deckungsgleich mit denen der forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Level II. Gegenwärtig (Stand 2010) werden Daten an 17 Waldklimastationen erhoben (SMUL 2009b).

Phänologisches Beobachtungsnetzwerk des Deutschen Wetterdienstes

Der Deutsche Wetterdienst betreibt ein bundesweites Beobachtungsprogramm zur Erfassung phänologischer Daten der Vegetation⁴. Aufgenommen werden Merkmale wie der Zeitpunkt des Blattaustriebs, der Blüte, Fruchtreife und des Blattfalls. In die Betrachtungen fließen ausgewählte Arten aus den Kategorien (1) Wildpflanzen, Forst- und Ziergehölze, (2) landwirtschaftliche Kulturpflanzen und (3) Obst und Weinreben ein. Erfasst werden auch Saat- und Erntezeitpunkte.

Zusätzlich zu dem phänologischen Beobachtungsprogramm des DWD gibt es in Sachsen, in Tharandt-Hartha noch einen IPG (Internationaler Phänologischer Garten), betrieben durch die TU Dresden⁵. Dort werden auch Daten im Zuge des *Global Phenological Monitoring* erhoben.

3.2 Sachsen-Anhalt

Im Juni 2007 wurde eine ressort- und fachübergreifende Arbeitsgruppe „Klimawandel“ eingerichtet, in der die Ministerien für Wirtschaft und Arbeit, Landesentwicklung und Verkehr, Gesundheit und Soziales, Kultus, des Innern, die Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, das Landesamt für Umweltschutz, das Landesamt für Geologie und Bergwesen, die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, die Universitäten Magdeburg und Halle, der Deutsche Wetterdienst (Niederlassung Leipzig), die Hochschulen Magdeburg-Stendal, Anhalt und Harz sowie das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ mitwirken.

Im Bereich des Monitorings wird z. B. das laufende Wald- und Forstmonitoring genutzt, um die Risiken für die untersuchten Waldbestände in Bezug auf Insektenkalamitäten abzuschätzen. In der Anpassungsstrategie wird auf die Entwicklung bzw. Erarbeitung eines Klimafolgenmonitorings hingewiesen. Dabei sind schon neben kriminologischen Messnetzen einige naturschutzfachliche Elemente vorhanden, wie z. B. Erfassung und Bereitstellung der Phänologiedaten von Pflanzen, Boden-Dauerbeobachtung, Dauerfeldversuche, Intensiv-Waldmonitoringflächen, Waldzustandserhebung (WZE), Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), waldbaulich-ertragskundliches Versuchswesen, sowie Daten der Bundeswaldinventur (BWI). Weiterhin heißt es dazu in der Anpassungsstrategie des Landes Sachsen Anhalt: *„Die vorhandenen Messnetze und Monitoringsysteme müssen erfasst, gezielt ergänzt und zu einem System des Klima- und Klimafolgenmonitorings für Sachsen-Anhalt vernetzt werden. Die hierfür entwickelten Umsetzungsvarianten gilt es daher kontinuierlich auszubauen und so Synergieeffekte zu verstärken. Dazu gehören neben den bereits aufgeführten Elementen auch Monitoringsysteme zu Lebensraumtypen und zu bedrohten Pflanzen und Tieren, Brutvogelkartierungen, Flechtenkartierungen sowie Meldesysteme für übertragbare Krankheiten im Gesundheitssektor. Ein besonderes Augenmerk ist auf die effektive Vernetzung mit den durch Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen betriebenen Monitoringprogrammen zu richten.“*

Obwohl die Schwerpunkte des Landesamtes für Umweltschutz im Bereich des Klimaschutzes u. a. auch im Klimafolgenmonitoring liegen (Klimaparameter, Treibhausgasmonitoring, Phänologie und Biomonitoring), konnten bisher (Stand 2010) keine direkten naturschutzfachlich relevanten Projekte recherchiert werden.

3.3 Thüringen

In der Anpassungsstrategie des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2009) wird auch auf den zusätzlichen Handlungsbedarf beim Erfassen und Bewerten der Auswirkungen des Klimawandels auf die Agrobiodiversität hingewiesen. Weiterhin wird die Notwendigkeit u. a. auch zur Analyse und Begleitung der Folgen des Klimawandels hinsichtlich möglicher Schädigung von Arten durch Schaderreger aufgezeigt. Weitere Schwerpunktthemen umfassen die Vernetzung und Erhaltung wichtiger naturschutzrelevanter Gebiete, um Beeinträchtigungen ihrer biologischen Systeme, z. B. durch den Klimawandel, abfedern zu können. Bis 2011 soll eine Schutzgebietskonzeption erarbeitet

⁴ Online: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_klima_umwelt&_nfls=false, Abfrage 18.04.2013

⁵ Online: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/meteorologie/forschung/stationen/station_phaeno, Abfrage 18.04.2013

werden, die bei weiteren Schutzgebietsausweisungen auch die unter dem Klimawandel zu erwartenden Veränderungen berücksichtigt.

Derzeit sind keine laufenden Monitoringvorhaben zur Erfassung von Effekten des Klimawandels auf die Biodiversität aus Thüringen bekannt (Stand 2010).

3.4 Brandenburg

Im Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (MLUV 2008) wird auf die Unerlässlichkeit des Forstmonitorings zur Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren hingewiesen. Dabei soll es kurzfristig zur Ausweisung von Risikogebieten für die Forstwirtschaft (Wachstumsbedingungen, Waldbrand, Insekten, Stürme unter Einbeziehung verschiedener Klimaszenarien) kommen, jedoch eher unter ökonomischen als naturschutzfachlichen Aspekten. Unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Biodiversität heißt es: „Auf Grund der dynamischen und sehr vielschichtigen Veränderungsprozesse sind kurzfristig bestehende Umweltbeobachtungsprogramme auf ihre Eignung für ein Klimamonitoring zu prüfen. Dies ist zur genauen Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels und zur Bestimmung von künftigen Maßnahmen notwendig. Der schnelle Aufbau eines Monitoringsystems zur Verifizierung der Klimaprognosen und der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen ist die Voraussetzung, um rechtzeitig Korrekturen bewirken zu können.“ Außerdem wird auf die Verwendung schon etablierter Standardmonitorings wie Beringungsprogramme verwiesen. Es soll überprüft werden, inwieweit bestehende Umweltbeobachtungsprogramme für ein Klimabiomonitoring geeignet sind (zum Beispiel Brutvogelmonitoring, Aufrechterhaltung bzw. Anpassung von Vogelberingungsprogrammen).

Ein recherchierbares, laufendes Monitoring-Programm, das Teilaspekte des Klimawandels abdeckt, ist das *Jährliche Monitoring zur Situation der Libellenzönosen und deren Lebensräume im Naturpark Niederlausitzer Landrücken* unter der Leitung des Landesumweltamtes Brandenburg, Abt. Großschutzgebiete, Naturpark Niederlausitzer Landrücken (Helmut Donath) mit dem NABU und der Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen als Partner. Bei diesem Projekt werden jährlich Daten zum Vorkommen der Libellenarten an relevanten Gewässern in FFH-Gebieten (teilweise auch außerhalb) des Naturparks erhoben. Für den Zeitraum von über 30 Jahren lassen sich deutliche Veränderungen im Vorkommen und der Häufigkeit feststellen. Mediterrane Libellenarten sind eingewandert und nehmen überwiegend im Bestand (Zahl der Vorkommen, Abundanzen) zu. Kontinental verbreitete Arten sind teilweise verschwunden oder sehr selten geworden, ihre Abundanzen sind überwiegend im kritischen Bereich angekommen. In den letzten Jahren ist eine erhebliche phänologische Veränderung zu beobachten. Der Beginn der Flugzeit verschiebt sich bei Frühjahrsarten in den April. Bei Herbstarten kann sich die Flugzeit bis in den Dezember erstrecken. Eine gezielte Auswertung fehlt hierzu jedoch noch (Stand 2010).

3.5 Bayern

In Bayern wurde bereits im Jahr 2000 ein Klimaschutzkonzept beschlossen, das zum Ziel hat, die vorhandenen CO₂-Einsparpotenziale unter Beachtung der Kosten-Nutzen-Relation bestmöglich auszuschöpfen und Forschungslücken zu schließen. Im Jahr 2003 wurde daraufhin die "Initiative klimafreundliches Bayern" gegründet. Das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (StMWFK) fördert unter anderem im Rahmen des "Klimaprogramms Bayern 2020" seit 2009 das Projekt „Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien“ (FORCAST). In FORCAST sollen Monitoring, Modellierung und Experimente als wichtigste Elemente entwickelt werden, um die Folgen des Klimawandels abzuschätzen und daraus ableitend geeignete Strategien zur Klimaanpassung zu entwickeln.

In der Bayerischen Anpassungsstrategie wird unter anderem von behördlicher Seite das „Einrichten von Monitoring- und Forschungsprogrammen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet einschließlich der Auswirkungen von Klimaschutz und Anpassung“ gefordert (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2009). Dabei sollen vor allem die vorhandenen Messsysteme abiotischer Daten und Artenmonitoringprogramme (z. B. Geobotanisches Langzeitmonitoring, Monitoring ausgewählter, besonders klimasensitiver Arten, endemische & invasive Arten, Monitoring von Arten, die in Bayern ihren Verbreitungsschwerpunkt haben) weitergeführt und intensiviert werden.

Im Zuge der „Bayerischen Klima-Allianz“ haben sich der Bayerische Landesbund für Vogelschutz e.V. (LBV) und die Bayerische Staatsregierung verpflichtet, das bestehende „*Monitoring auf hohem fachlichen Niveau weiterzuführen und auszubauen sowie mit seiner Arbeit zur Biotoperhaltung und -optimierung beizutragen, z. B. durch Renaturierung von Mooren als Maßnahme zur Bindung von CO₂.*“. Dabei will die Bayerische Staatsregierung nach Maßgabe verfügbarer Haushaltsmittel Fördermittel zur Verfügung stellen (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2009).

Beim Landesbund für Vogelschutz (LBV) laufen Monitoring-Programme, die sich direkt mit den Effekten des Klimawandels beschäftigen. Ein Programm dokumentiert phänologische Aspekte (Ankunft in Bayern) des Kuckucks (*Cuculus canorus*), des Vogels des Jahres 2008 (Näheres unter <http://www.lbv.de/unsere-arbeit/vogelschutz/kuckuck.html>, Abfrage 18.04.2013). Weiterhin untersuchte der LBV im Projekt „Erfassung der arktisch-alpin verbreiteten Eiszeit-Reliktflora in den Hochlagen des Bayerischen Waldes vor dem Hintergrund des Klimawandels“ die Bestandsveränderungen von Pflanzenarten mit arktisch-alpiner Verbreitung (näheres unter <http://www.die-natur-gewinnt-immer.de/index.php?id=503>, Abfrage 18.04.2013).

Die Biologen der „*Callistus* - Gemeinschaft für Zoologische & Ökologische Untersuchungen“ (<http://callistus.de/>) untersuchen seit 2008 in einem Projekt die Auswirkungen des Klimawandels auf den Hochlagenwald im bayerischen Fichtelgebirge. Mit dieser Untersuchung von 20 Waldstandorten in Höhenlagen über 800 m NN versucht das Büro, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Spinnen- und Laufkäferfauna zu dokumentieren. Das aus Mitteln des Ökobüros vorfinanzierte Projekt wurde im Herbst 2008 begonnen. Ziel der Untersuchung ist es, einen Referenzpunkt zu setzen, der bei späteren Folgeuntersuchungen präzise Aussagen im Hinblick auf eine Veränderung der Temperatur und deren Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Spinnen- und Laufkäferzönosen erlaubt. Methodisch erfolgt die Erfassung der Zönosen der beiden wichtigsten epigäischen Raubarthropodengruppen mit Bodenfallenuntersuchungen über ein ganzes Jahr hinweg. Begleitend wird die Bodentemperatur an den Standorten mittels Datenloggern erfasst.

Im Forstbereich soll das *Waldschutz-Klimaprojekt* (2008-2011) der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zum Anpassungsprozess einen wesentlichen Beitrag leisten. Dabei geht es nicht darum, über ein Modell ein zukünftiges Schicksal zu prognostizieren, sondern Maßnahmen zur Erhaltung der Reaktionsfähigkeit zu entwickeln. Das Waldschutz-Klimaprojekt gliedert sich in fünf Arbeitspakete, denen drei Forschungs- und Entwicklungsbereiche (Prognose, Schadorganismen, Reaktion) zugeordnet werden können. Diese bauen inhaltlich aufeinander auf und sind untereinander verknüpft (mdl. Auskunft T. Immler, LWF, Online: <http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/waldschutz/aktuell/2009/36671/>, Abfrage 18.04.2013).

3.6 Nordrhein-Westfalen

Nordrhein-Westfalen nimmt im Bereich des Klimafolgenmonitorings in Deutschland eine führende Position ein. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (MUNLV) hat dazu ein Konzept erstellt und setzt dieses bereits um. NRW ist damit das einzige Bundesland, welches bereits ein umfassendes Biodiversitätsmonitoring mit integriertem Klimafolgenmonitoring betreibt. Die Basis dafür bildet die vom MUNLV in Auftrag gegebene Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009). In dieser Studie wurden folgende Fragestellungen umfangreich bearbeitet:

- Auf welche Lebensräume und Arten lässt sich in Nordrhein-Westfalen bereits ein Einfluss durch den Klimawandel erkennen und welche Lebensräume und Arten sind voraussichtlich zukünftig besonders betroffen?
- In welcher Weise (Wirkpfade, positive/negative Auswirkungen) sind die klimaempfindlichen Arten und Lebensräume durch den Klimawandel betroffen?
- Für welche Arten und Lebensräume sind Habitatvernetzung bzw. Biotopverbund eine geeignete Anpassungsstrategie des Naturschutzes an den Klimawandel?
- Welche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel können zur Erhaltung der Biodiversität in Nordrhein-Westfalen empfohlen werden? Wie kann der Biotopverbund in Nordrhein-Westfalen gestaltet und weiterentwickelt werden, um für bestimmte Arten und Lebensräume als wirkungsvolle Anpassungsmaßnahme zu funktionieren?
- Welche Synergien ergeben sich mit anderen Handlungsfeldern? Welche Konflikte entstehen mit anderen Handlungsfeldern und welche Lösungsansätze gibt es?

Weiterhin werden in NRW Indikatoren zur Abbildung der Klimafolgen entwickelt. Dabei sollen im ersten Quartal 2011 etwa 15 Indikatoren im Abgleich mit den Indikatoren der *European Environmental Agency* (EEA) entwickelt und ausgewählt sein (mdl. Mitt. C. Seidenstücker, MUNLV).

Andere Bundesländer wie z. B. Schleswig-Holstein sind dabei, das NRW-Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring zu übernehmen. Ausführlichere Angaben zum Biodiversitätsmonitoring in Nordrhein-Westfalen, welches auch wichtige Impulse für das in diesem Bericht vorgestellte sächsische Konzept gegeben hat, finden sich in Teil 2, Kapitel 3.2.1.

3.7 Aktivitäten des Bundes

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es kein bundesweites Monitoringsystem, das die zu erwartenden Veränderungen, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden, ausreichend abbilden könnte (DRÖSCHMEISTER & SUKOPP 2009). Jedoch gibt es bundesweite Monitoring-Programme, mit deren Hilfe bzw. deren Auswertung auch mögliche Effekte der Klimaveränderungen auf ausgewählte Arten untersucht werden könnten (z. B. bundesweites Vogelmonitoring des DDA). So ist unter anderem ein wichtiges Ziel des Wasservogelmonitorings über die Auswertungen der Langzeiterfassungen die Auswirkungen der Klimaänderungen auf die überwinterten Wasservogelarten nachweisen zu können (WAHL & SUDFELDT 2005).

Auf Bundesebene beschäftigen sich vor allem das Umweltbundesamt und das Bundesamt für Naturschutz mit dem Thema Klimafolgen und Anpassung. Parallel zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (BUNDESREGIERUNG 2008) werden Indikatorensysteme erarbeitet, die die Folgen des Klimawandels in verschiedenen Bereichen abbilden sollen. So werden zum Teil Daten aus anderen Monitoringprogrammen zur Auswertung klimaspezifischer Fragestellungen herangezogen, z. B. die phänologischen Datenreihen des Deutschen Wetterdienstes. Mit Hilfe solcher phänologischer Daten hat das Bundesministerium für Umwelt einen daraus entwickelten Indikator für Klimawandeleffekte „Klimawandel und Frühlingsbeginn“ in ihren Indikatorenbericht 2010 aufgenommen (BMU 2010). Dieser Indikator stellt die zeitliche Verschiebung des Beginns der Apfelblüte (Beginn des phänologischen Vollfrühlings) unter dem Einfluss der Klimaerwärmung dar.

Ein oben schon erwähntes Forschungsprojekt des BfN entwickelt gegenwärtig ein umfassendes Indikatorensystem zur Abbildung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität (vgl. in Teil 2, Kapitel 3.2.2). Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) beschäftigt sich intensiv mit der Problemstellung Klimawandel, Biodiversität und Naturschutz (http://www.bfn.de/0307_klima.html, Abfrage 18.04.2013) und hat hierzu zahlreiche Forschungsvorhaben durchgeführt, u. a. zu/zum

- Einfluss veränderter Landnutzungen auf Klimawandel und Biodiversität,
- Auswirkungen der Ausbauziele zu den Erneuerbaren Energien auf Natur- und Landschaftsschutz,
- Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und ihre monetäre Bewertung
- Verbreitungsänderungen von Vogelarten und Analyse des Einflusses des Klimawandels,
- Invasive Arten und Klimawandel in Deutschland und Österreich – Ausarbeitung eines Prognose- und Frühwarnsystems,
- Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland,
- Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora,
- Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel?,
- Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen,
- Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes,
- Noch wärmer, noch trockner? – Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel,
- Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels
(Verzeichnis aller Vorhaben und Links Online unter http://www.bfn.de/0307_klima_forschung.html, Abfrage 18.04.2013).

Das BfN organisiert des Weiteren an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm die Workshopreihe „Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland“. Im September 2013 findet diese bereits zum 10. Mal statt. Die Beiträge der Workshops wurden jeweils als BfN-Skript publiziert.

3.8 Ausgewählte europäische Aktivitäten

Im Gegensatz zu Deutschland haben andere europäische Staaten schon sehr weit entwickelte Biodiversitätsmonitoring-Programme erarbeitet. An erster Stelle ist dabei das schon seit mehreren Jahren laufende Biodiversitätsmonitoring der Schweiz zu nennen, das die Entwicklung wesentlicher Biodiversitätskomponenten flächendeckend und nach standardisierten Methoden erfasst (DRAEGER 2007). Ähnlich gut entwickelte Programme gibt es in Österreich (Umweltbüro Klagenfurt 2008) und Großbritannien (ECN 2009). Bestrebungen, Konzepte und bereits laufende Programme existieren in fast allen europäischen Staaten. Diese unterscheiden sich jedoch beträchtlich hinsichtlich ihrer Ausrichtung und ihres Umfangs. Eine Übersicht ist in einer Publikation der Europäischen Umweltagentur zu finden (EEA 2009a).

Das SEBI 2010-Indikatorenset der Europäischen Umweltagentur (EEA)

Mit dem 6. Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union (EU 2002) haben sich die Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, den Verlust an Biodiversität auf ihrem Territorium bis zum Jahr 2010 zu stoppen. Um den Fortschritt bei der Erreichung dieses Zielles dokumentieren zu können, wurde durch die Europäische Umweltagentur die Initiative „SEBI 2010-Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators“ gestartet. Im Rahmen dieser Initiative wurden Biodiversitätsindikatoren entwickelt, die den gegenwärtigen Status und zukünftige Trends der biologischen Vielfalt abbilden sollen (EEA 2009a). Einen Teilaspekt bilden Indikatoren, die der Messung des Einflusses des Klimawandels auf die Biodiversität in Europa dienen. Aufgrund der guten Datenlage und der fortgeschrittenen Entwicklungsarbeit wurde zunächst der „Climate Impact Indicator for Birds“ (GREGORY et al. 2009) in das Indikatorenset der EEA aufgenommen (EEA 2009b). Zwei weitere Indikatoren befanden sich während der Bearbeitung der 1. Projektphase (2010) des sächsischen Monitorings Klimawandel und Biodiversität noch in der Entwicklung. Zum einen handelt es sich um einen Tagfalterindikator (VAN SWAAY et al. 2008) und einen Indikator alpiner Pflanzenarten (PAULI et al. 2008).

4 Zielstellung eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erarbeitung eines Konzeptes für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität im Freistaat Sachsen. Das Konzept dient der Etablierung eines Frühwarnsystems, um rechtzeitig auf klimabedingte Veränderungen der biologischen Vielfalt reagieren zu können. Gleichzeitig soll das Monitoring Schnittstellen zu bundesweiten Aktivitäten liefern. Die wesentlichen Teilziele des Monitorings können in folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- Darstellung der Veränderung der biologischen Vielfalt von Biotoptypen und Ökosystemen durch den Klimawandel
- Ermittlung und Darstellung von Gefährdungen und Chancen für Pflanzen, Tiere und Biotoptypen auf Grund des Klimawandels
- Aufzeigen des Ausmaßes und der Begünstigung des Eindringens (invasiver) gebietsfremder Arten durch den Klimawandel
- Schaffung bzw. Bereitstellung der Datengrundlage für ein fachlich ausreichendes, politik- und handlungsorientiertes Set von Klima-Indikatoren, z. B. für ein fachübergreifendes sächsisches Klimafolgenmonitoring
- Entwicklung und Standardisierung von Methoden, mit denen Klima-Effekte auf die natürliche biologische Vielfalt nachgewiesen und von anderen Einflussgrößen getrennt werden können
- Ableitung von Strategien und Handlungskonzepten des Naturschutzes zur Anpassung an den Klimawandel, z. B. zur Qualifizierung des Schutzgebietssystems und zur Entwicklung des Biotopverbundes

5 Klimatische Ausgangssituation und Projektionen

5.1 Datengrundlage, Auswahl von Szenarien und Klimaparametern für die vorliegende Arbeit

Die Darstellung der verschiedenen absoluten und projizierten Klimaparameter orientiert sich an der Verfügbarkeit der Daten (z. B. waren für WETTREG 2010 noch nicht alle Daten zum Zeitpunkt des Endberichts verfügbar). Die absoluten Beobachtungswerte wurden einerseits SMUL (2008a) entnommen, andererseits den entsprechenden Modellen und Läufen der regionalisierten Klimaprojektionen, damit eine Vergleichbarkeit mit den Szenariendaten gewährleistet ist.

Die WEREX IV-Karten, basierend auf den Rasterdaten aus dem *RaKliDa*-System, wurden am 16.08.2010 geliefert. Die genauere Charakterisierung ist den Abbildungsunterschriften zu entnehmen. Die WEREX IV-Karten, von Udo Mellentin (LfULG) erstellt, wurden am 28.05.2010 den Autoren zugesandt und stellen gegenüber den WEREX IV-Rasterdaten aus *RaKliDa* noch eine bessere räumliche Interpolation in Verbindung mit dem zu Grunde liegenden sächsischen Höhenmodell dar.

Die WETTREG 2010-Daten wurden den Autoren ebenfalls vom LfULG zur Verfügung gestellt (06.09.2010). Die genauere Charakterisierung ist den Abbildungsunterschriften zu entnehmen. Die Daten stellen den ersten Schritt der räumlichen Interpolation von den reinen Stationsdaten hin zu einem 0,125° aufgelösten Raster dar.

Nach Abschluss des 1. Teilprojekts des Forschungsvorhabens Monitoring Klimawandel und Biodiversität Anfang 2011, dessen Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden, haben sich die Erkenntnisse zur Klimaentwicklung und zu Klimaprojektionen in Sachsen weiter entwickelt. Deshalb wird an dieser Stelle auch auf entsprechende aktuelle Darstellungen auf der Internetseite des LfULG verwiesen:

- Klimaentwicklung in Sachsen: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/1285.htm>,
- Regionales Klimainformationssystem ReKIS, ein interaktives Werkzeug zur fachgerechten Bereitstellung, Dokumentation, Bewertung und Interpretation von Klimadaten und Klimainformationen der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/26700.htm>,
- Kompendium Klima - Sachsen im Klimawandel, eine Veröffentlichung, die wichtige und aktuelle Informationen über den Klimawandel in Sachsen, seine Folgen und die praxisrelevanten Anpassungsoptionen in kompakter und allgemein verständlicher Form beinhaltet und eine Übersicht über sächsische Forschungsprojekte zum Thema Klimawandel enthält: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/24253.htm>, Abfrage jeweils 18.04.2013.

Erwähnt werden soll auch der neue Landesentwicklungsplan Sachsens, der erstmals umfassend die Thematik Klimawandel berücksichtigt und z. B. einen Umweltbericht mit integriertem Klimacheck und Karten mit Klimaprojektionen aufweist (<http://www.landesentwicklung.sachsen.de/11117.htm>, Abfrage 18.04.2013).

Um die Veränderung der klimatischen Verhältnisse sowohl für die Ausgangssituation als auch für projizierte Entwicklungen besser vergleichen zu können, ist es schon im Vorfeld wichtig, geeignete Klimaparameter und Modelle sowie Szenarien auszuwählen. Die Basis für die vorliegende Monitoringkonzeption bilden Projektionen auf Grundlage des Regionalisierungsverfahrens WEREX IV und WETTREG 2010. Um die Unsicherheiten abschätzen zu können, wird aber auch auf Ergebnisse aus WEREX III (aufbereitet in SCHLUMPRECHT et al. 2005) zurückgegriffen.

Die Identifizierung klimasensitiver Räume als Basis für das räumliche Konzept des Monitorings soll anhand von ökologisch relevanten Klimaparametern erfolgen. Diese richten sich nach den ökophysiologischen Anforderungen der Arten, müssen aber generell genug sein, damit sie für eine Reihe von Organismengruppen relevant sind. Allgemein sind viele Organismengruppen durch einen bestimmten Temperaturbereich gekennzeichnet, in dem sie überhaupt nur leben und sich erfolgreich fortpflanzen können. Die Temperaturgrenzen werden im allgemeinen durch die Sommermaxima sowie Winterminima definiert (SITCH et al. 2003). Weiterhin sind für die Vegetation der Niederschlag in der Vegetationsperiode sowie die klimatische Wasserbilanz wichtig.

Diese stellen ein Maß für die Feuchtigkeit dar und bestimmen die Vegetationsentwicklung maßgeblich (HICKLER et al. 2009, 2011). Damit haben diese Parameter auch für eine Reihe von Konsumentengruppen große Bedeutung, die direkt oder indirekt von der Vegetation abhängig sind. Diese Parameter wirken aber über Wasserstress bzw. Habitatverfügbarkeit und Mikroklima auch direkt auf viele Tiergruppen. Für die nachfolgenden Analysen werden dementsprechend die folgenden Klimaparameter genauer betrachtet:

- Mittlere Tagesmaxima der Lufttemperatur im Juli
- Mittlere Tagesminima der Lufttemperatur im Januar
- Niederschlag in der Vegetationsperiode
- Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

5.2 Klimatische Ausgangslage in Sachsen

Sachsen befindet sich im Übergangsbereich zwischen maritimem westeuropäischem und kontinentalem osteuropäischem Klima. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt in Dresden ca. 9 °C (SMUL 2008a), wobei der Wert in den Jahren 1961-1970 noch 7,65 °C betrug. Angaben zu den mittleren jährlichen Niederschlagsmengen sind sehr heterogen und mitunter zu gering angegeben (600 mm als mittlerer Jahresniederschlag; siehe SMUL 2008a, S. 11). Der mittlere Jahresniederschlag fällt mit ca. 700 mm (1961-1990; mdl. Mitteilung Mellentin) im Vergleich zum Durchschnitt Deutschlands (800 mm) geringer aus. Innerhalb Sachsens bestehen klimatische Unterschiede, die vor allem auf das Relief und die Lage zum Meer zurückzuführen sind. So ist der Osten Sachsens bereits stärker subkontinental geprägt, was sich unter anderem in höheren Jahrestemperaturamplituden bemerkbar macht (SMUL 2008a). Die Temperatur und die Windgeschwindigkeit werden vor allem durch die Höhe bestimmt. Die Ausrichtung der Mittelgebirge bestimmt maßgeblich die Niederschlagsverteilung. Je nach Windrichtung kommt es zu Stau- oder Abschirmungseffekten. Zu den durch das Relief bedingten regionalen klimatischen Besonderheiten Sachsens zählen unter anderem die Niederschlagsarmut des Osterzgebirges, der Niederschlagsreichtum des Westerzgebirges, Föhneffekte am Nordrand des Erzgebirges bei Südwindlagen im Winter und winterliche Kaltlufteinströmungen aus dem Böhmischem Becken in das Elb- und Neißetal (SMUL 2008a).

Die klimatische Entwicklung in Sachsen seit 1961 ist durch tiefgreifende Änderungen hinsichtlich verschiedener Klimaparameter gekennzeichnet (SMUL 2008a). Verglichen wurde die Ausprägung des Klimas in der Referenzperiode zwischen 1961-1990 mit dem Klima des Vergleichszeitraumes zwischen 1991-2005. Im Unterschied zu Klimaszenarien werden hier reale gemessene Werte oder Modelle von Klimaparametern der Klimanormalperiode dargestellt, die zum Ausdruck bringen, wie sich das Klima in den zurückliegenden Jahrzehnten bereits verändert hat. Die Entwicklung ausgewählter, für die Biodiversität wesentlicher Klimaparameter (zu den Auswahlkriterien siehe oben), soll im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

5.2.1 Maximaltemperatur im Sommer

Während die mittleren modellierten Maximumtemperaturen im Juli für die Klimanormalperiode im Tiefland bei bis zu knapp 25 °C lagen, erreichten diese in den Hochlagen der Gebirge teilweise nur gut 15 °C (Abbildung 2). Zwischen den oben genannten Zeiträumen wurde ein Anstieg der Maximaltemperatur im Sommer von 1,0 °C verzeichnet, der je nach Region unterschiedlich stark ausfällt. Am stärksten vom Anstieg betroffen sind die Regionen Westsachsen (+1,3 °C), Nordsachsen (+1,0 °C) und Ostsachsen (+0,9 °C). Die geringste Erwärmung wurde im Erzgebirge (+0,4 °C) und in Mittelsachsen (+0,5 °C) festgestellt.

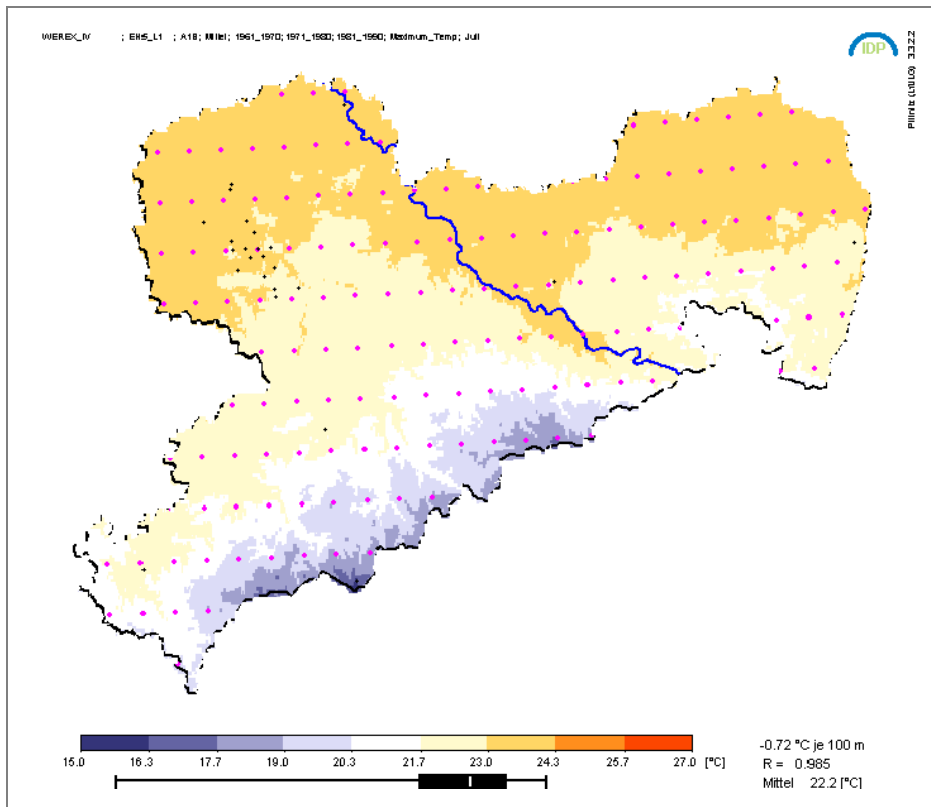


Abbildung 2: Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Juli 1961-1990 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B; Lauf 1; Datenquelle: LfULG). Die schwarzen Punkte geben die Lage der Klimastationen wieder (inkl. Sondermessnetz Parthe). Die rötlichen Punkte stellen ein 0.125°-Rasternetz der interpolierten Werte dar.

5.2.2 Temperaturminimum im Winter

Die modellierte mittlere Minimumtemperatur im Januar liegt in den Hochlagen der Gebirge bei weniger als -5 °C. In den Tieflagen werden im Mittel Temperaturen von knapp unter dem Gefrierpunkt erreicht (Abbildung 3). An allen analysierten Referenzstationen Sachsens wurde zwischen der Klimanormalperiode (1961-1990) und dem Vergleichszeitraum (1991-2005) ein Anstieg der Minimumtemperatur im Winter festgestellt. Jedoch konnten keine allgemeingültigen Aussagen zu einzelnen Regionen getroffen werden, weil die Minimumtemperatur eine sehr stark von lokalen Einflüssen geprägte Größe ist und eine Extrapolation daher nicht möglich war. Es deutet sich jedoch an, dass der Norden Sachsens und die Kammlagen des Erzgebirges am stärksten vom Anstieg der Minimumtemperatur im Winter betroffen sind.

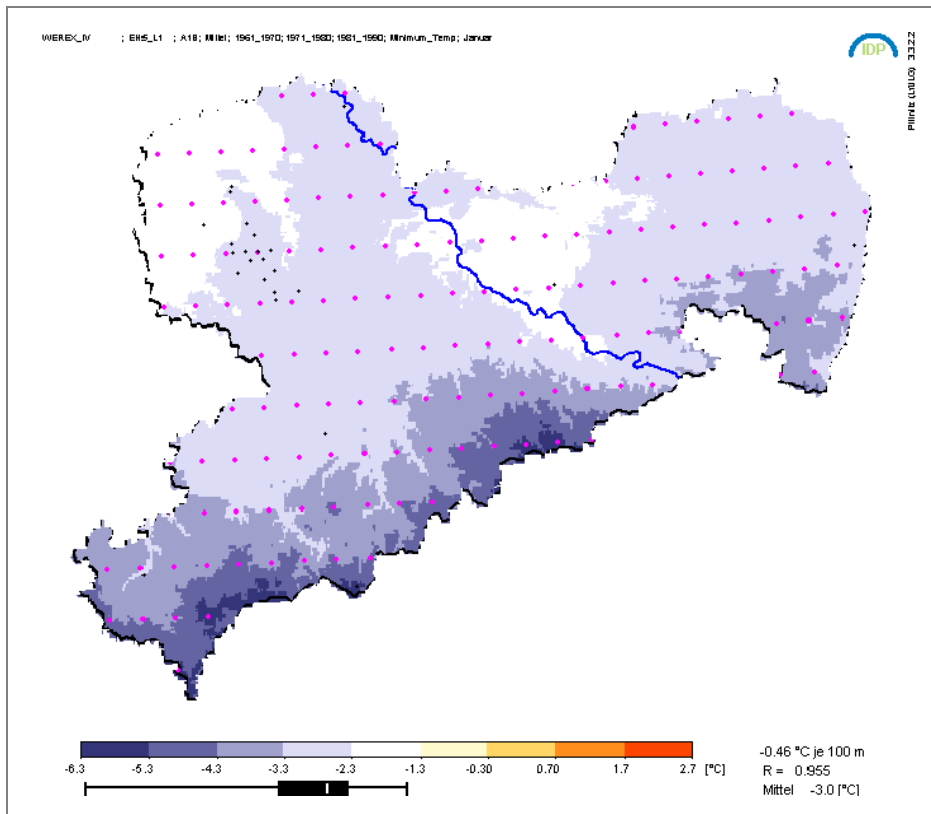


Abbildung 3: Mittlere Minimumtemperatur [°C] im Januar 1961-1990 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B EH; Lauf 1; Datenquelle: LfULG). Die schwarzen Punkte geben die Lage der Klimastationen wieder (inkl. Sondermessnetz Parthe). Die rötlichen Punkte stellen ein 0.125° Rasternetz der interpolierten Werte dar.

5.2.3 Niederschlag in der Vegetationsperiode

Der mittlere Niederschlag im Sommerhalbjahr (April bis September) wurde in der Klimanormalperiode mit Werten von weniger als 350 mm für den Nordwesten Sachsens und bis zu 650 mm für die Hochlagen der Gebirge modelliert (Abbildung 4). In mittleren Lagen beträgt der modellierte Niederschlag für das Sommerhalbjahr ca. 400-500 mm. Zum Vergleich: die modellierten Werte sind damit um ca. 150-200 mm höher als die Beobachtungswerte für die kürzere Sommerperiode (Juni bis August, vgl. SMUL 2008a). Diese Unterschiede basieren auf der Modellparametrisierung; da die Modellergebnisse für die rezente Klimanormalperiode jedoch grundsätzlich die Basiswerte für die Änderungen unter Szenariobedingungen bilden, sollen sie hier dargestellt werden (soweit die entsprechenden Daten vorhanden sind). Eine Zunahme des Frühjahrsniederschlags zwischen beiden Zeitperioden wurde für die nördliche Oberlausitz, die Königsbrück-Ruhlander Heiden und die Elbtalniederung um Dresden festgestellt. Dagegen verzeichneten die übrigen Gebiete Sachsens eine Abnahme der Niederschläge in dieser Jahreszeit. Eine stärkere Abnahme wurde im Lösshügelland (-5 %) und im Erzgebirgsvorland (-5 %) festgestellt. In den Kammlagen des Erzgebirges gingen die Frühjahrsniederschläge um 3,6 % und in Nordwestsachsen um 1,5 % zurück.

Für den Sommer ist eine Zunahme der Niederschlagssumme in ganz Sachsen zu verzeichnen, den die Autoren der Studie (SMUL 2008a) jedoch auf ein Starkniederschlagsereignis im Sommer 2002 zurückführen. Jedoch wird auf Zeitreihenanalysen von FRANKE et al. (2004) verwiesen, wo eine Abnahme des Sommerniederschlags im Tiefland Sachsens (-10 % bis -30 %) und eine Zunahme im Mittelgebirge (+10 %) ermittelt wurde. Generell kann seit einigen Jahrzehnten in Sachsen eine Umverteilung der Niederschläge von April-Juni in die Periode Juli-September beobachtet werden (mdl. Mitteilung Mellentin).

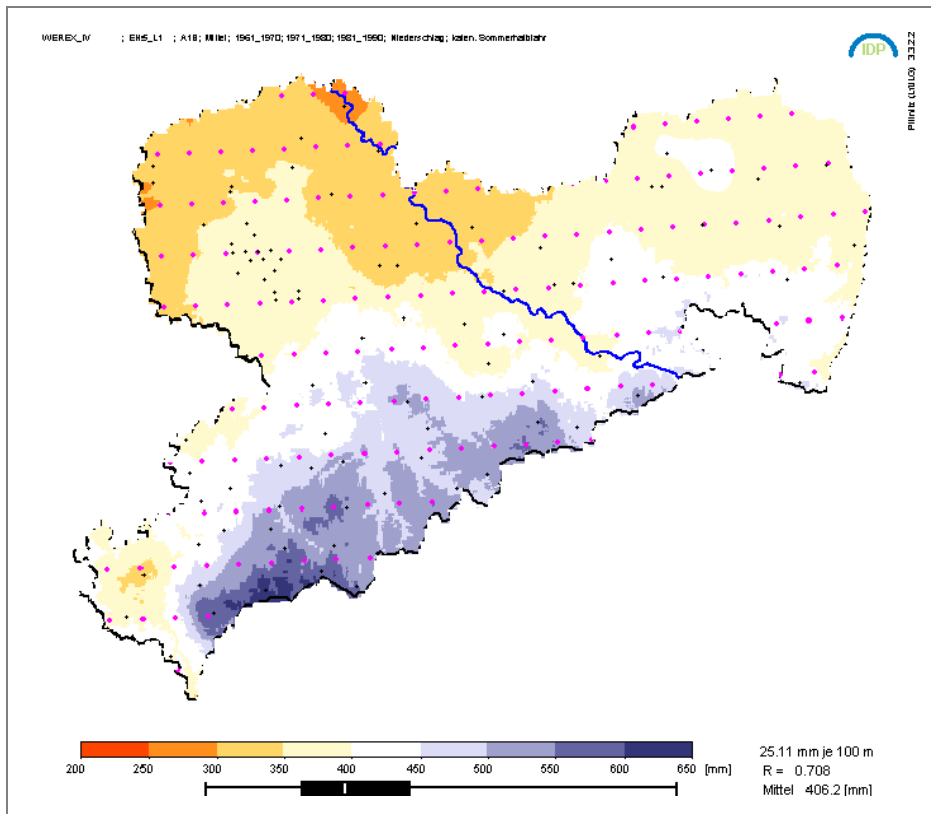


Abbildung 4: Mittlerer Niederschlag [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) für den Zeitraum 1961-1990 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B; Lauf 1; Datenquelle: LfULG). Die schwarzen Punkte geben die Lage der Klimastationen wieder (inkl. Sondermessnetz Parthe). Die rötlichen Punkte stellen ein 0.125° Rasternetz der interpolierten Werte dar.

5.2.4 Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

Für die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag abzüglich potenzieller Verdunstung) in der Vegetationsperiode liegen leider keine modellierten Werte für die Klimanormalperiode vor, sodass ein korrekter Vergleich mit Projektionen der Zukunft auf Grundlage der Szenarien nur ungenau möglich ist. Auch hier liegen die geringsten Werte mit -100 bis -200 mm im Nordwesten Sachsens und die höchsten Werte mit 200 bis 300 mm in den Hochlagen der Gebirge. In mittleren Lagen beträgt die klimatische Wasserbilanz ca. -50 bis 100 mm (Abbildung 5). Niederschlag und potenzielle Verdunstung zeigen eine hohe räumliche und zeitliche Heterogenität. Demzufolge ist die klimatische Wasserbilanz sowohl räumlich als auch zeitlich starken Schwankungen ausgesetzt. Im Winter ist die klimatische Wasserbilanz überall positiv, während im Sommerhalbjahr die Tieflandbereiche einen negativen Wert aufweisen. Sowohl die Niederschläge als auch die potenzielle Verdunstung haben zwischen beiden Untersuchungszeiträumen in ungefähr gleichen Größenordnungen zugenommen. Daher hat sich die klimatische Wasserbilanz nur unwesentlich geändert. Für das Sommerhalbjahr wurde für das Westerzgebirge ein Rückgang der klimatischen Wasserbilanz von 280 mm auf 260 mm festgestellt, im Tiefland Nordsachsens ein Rückgang von -150 mm auf -170 mm.

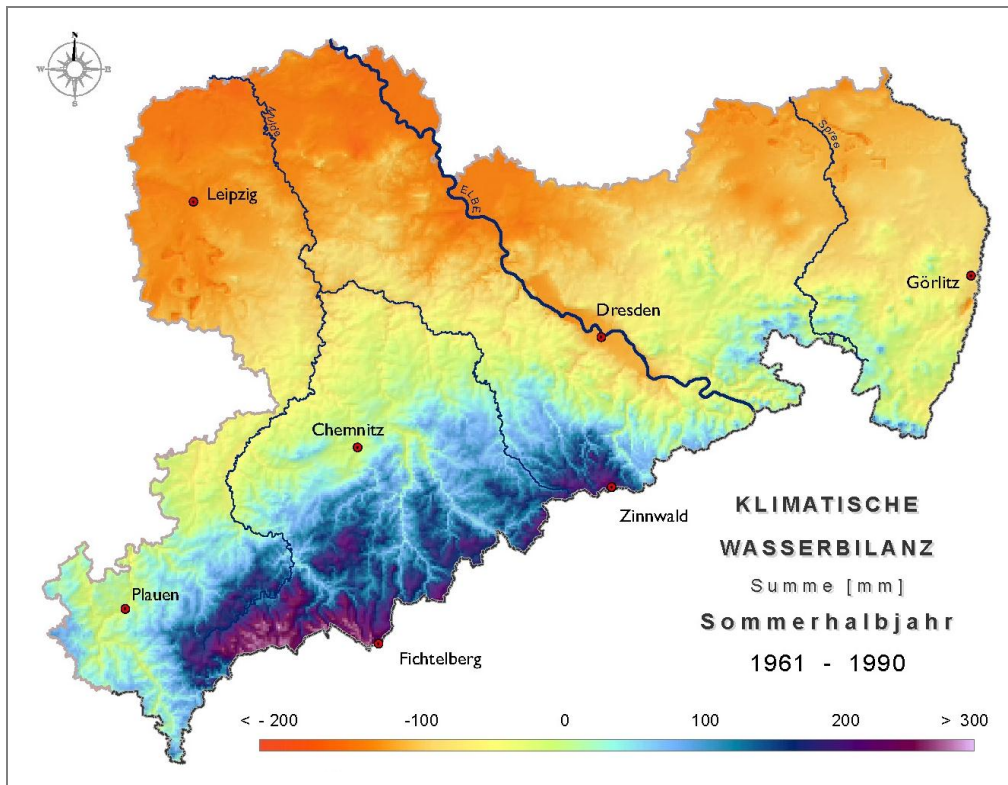


Abbildung 5: Absolute Klimatische Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) für den Zeitraum 1961-1990 (Quelle: SMUL 2008a)

5.3 Projektionen zu Klimaänderungen

Die Aussagen verschiedener Klimaprojektionen für das Gebiet Sachsens unterliegen einer gewissen Schwankungsbreite, die durch die Wahl des Emissionsszenarios, der für die Projektionen verwendeten globalen und regionalen Klimamodelle sowie Unsicherheiten bei der Modellierung verursacht wird. Daher ist immer eine Gegenüberstellung verschiedener Projektionen nötig, da so Unsicherheiten besser beurteilt werden können. Eine entsprechende Übersicht der aus verschiedenen Projektionen abgeleiteten Temperatur- und Niederschlagssignale (bezogen auf den Zeitraum 2001-2100) wird von MELLENTIN (2009) gegeben, d. h. die folgenden grundlegenden Tendenzen basieren auf dem Kontext der Ergebnisse der in MELLENTIN (2009) diskutierten Modellensembles:

- Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 2-4 K/100 a (bis zum Ende des Jahrhunderts)
- leichte Abnahme der Jahresniederschläge
- Anstieg der Frühjahrstemperatur um 1-5 K/100 a (hohe Schwankungsbreite weist auf hohe Unsicherheit hin)
- keine wesentliche Änderung der Niederschläge im Frühjahr (hohe Unsicherheit); seit einigen Jahrzehnten ist in Sachsen allerdings eine Umverteilung der Niederschläge von April-Juni in den Zeitraum Juli-September zu beobachten (schriftl. Mitteilung Mellentin)
- Anstieg der Sommertemperatur um 2-4 K/100 a
- Rückgang der Sommerniederschläge bis zu einer Halbierung im sächsischen Tiefland (robuste Aussage)
- Anstieg der Temperatur im Herbst um 2-4 K/100 a (hohe Unsicherheit)
- Niederschlagsentwicklung im Herbst uneinheitlich zwischen Projektionen (hohe Unsicherheit)
- starke Erwärmung um 3-5 K/100 a im Winter (robuste Aussage)
- leichte Zunahme der Winterniederschläge (robuste Aussage, aber Ausmaß nicht abschätzbar)

(vgl. auch Abschnitt zu Klimaprojektionen im Klimakompodium Sachsens, BOBETH et al. 2010).

Allerdings gibt es bei allen Projektionen für die Zukunft hohe Unsicherheiten. Während die Tendenz klar ist, zeigt sich diese Unsicherheit in den modellierten Differenzen des Projektionszeitraumes (2071-2100) zur Klimanormalperiode, die voneinander abweichen (aber innerhalb der jeweils anderen Vertrauensbereiche liegen). In der räumlichen Verteilung der Änderungen

kommt es aber zu stark unterschiedlichen Aussagen zwischen WEREX III, Emissionsszenario B2, 2041-2060 (siehe Abbildung 55 bis Abbildung 58), WEREX IV, Emissionsszenario A1B; Lauf 1, 2071-2100 (siehe Abbildung 6) und WETTREG 2010, Regionalisierung des AOGCM ECHAM5, 2071-2100 (siehe Abbildung 7). Die gewählten Emissionsszenarien legen keine extremen Änderungen zu Grunde; A1B ist ein mittleres Szenario, B2 liegt leicht darunter. Generell repräsentieren WEREX IV und WETTREG 2010 eher den unteren Teil der Spanne des möglichen Temperaturanstieges bis 2100 in Sachsen (WEREX IV 2,3 Grad, WETTREG 2010 3,5 Grad für das Szenario SRES A1B).

Allerdings ist es nicht unwahrscheinlich, dass diese Szenarien das Ausmaß der zukünftigen Klimaveränderungen unterschätzen, weil der beobachtete atmosphärische Kohlendioxidanstieg in den vergangenen Jahren über dem Mittelwert (aber im Konfidenzintervall) des extremen A1FI-Szenarios lag (LE QUERE et al. 2009).

Im Folgenden werden in Kurzform die Änderungen am Beispiel von WEREX IV genauer beschrieben, weil dies die Modellergebnisse sind, die zum Projektbearbeitungszeitraum (2010) höher aufgelöst verfügbar waren. Differenzen zu den anderen Modellierungsergebnissen werden nur kurz angerissen. Es lagen nicht für alle ausgewählten Klimaparameter die Daten in gleicher Qualität und Ausprägung vor, sodass sich die Darstellungsweise der Abbildungen zwischen den Klimaparametern z. T. unterscheidet.

5.3.1 Maximaltemperatur im Sommer

Die Maximaltemperaturen im Juli steigen nach dem mittleren A1B-Szenario (WEREX IV) in Sachsen um rund 2,8 °C an (Abbildung 6). Die mit einer Temperaturzunahme von über 2,8 °C am stärksten betroffenen Bereiche liegen nach diesem Modellergebnis im nordsächsischen Tiefland und im mittleren Sachsen (v. a. Dresdener Elbtalweitung, Großenhainer Pflege, Königsbrück-Ruhlander Heiden). Anstiege von weniger als 2,7 °C werden hingegen für Ostsachsen und die Mittelgebirge projiziert. Allerdings fallen nach WETTREG 2010 die Temperaturanstiege mit 4,7 bis 5,3 °C deutlich höher aus, und die stärksten Änderungen liegen im Bereich der Düben-Dahleener Heide, dem Vogtland und der Lausitz (Abbildung 7). In WEREX III waren die Temperaturanstiege noch geringer und es gab keine klaren Gegensätze zwischen den nördlichen Tieflands- und Hügellandsbereichen und dem Erzgebirge (Abbildung 56).

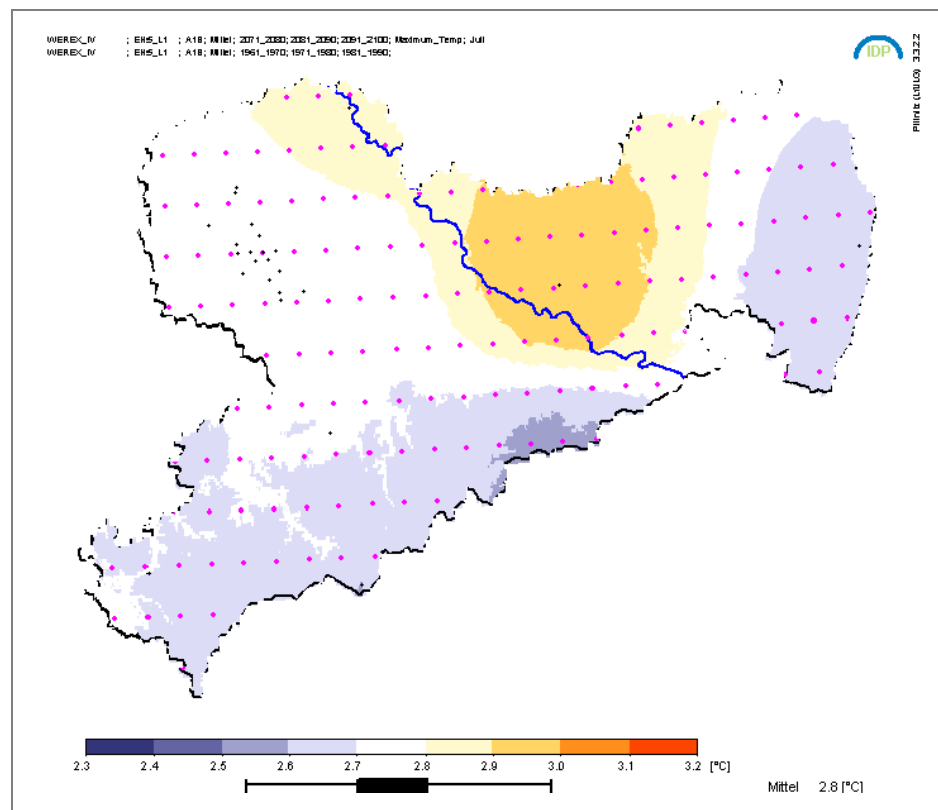


Abbildung 6: Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Juli vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B EH; Lauf 1; Datenquelle: LfULG). Die schwarzen Punkte geben die Lage der Klimastationen wieder (inkl. Sondermessnetz Parthe). Die rötlichen Punkte stellen ein 0.125° Rasternetz der interpolierten Werte dar.

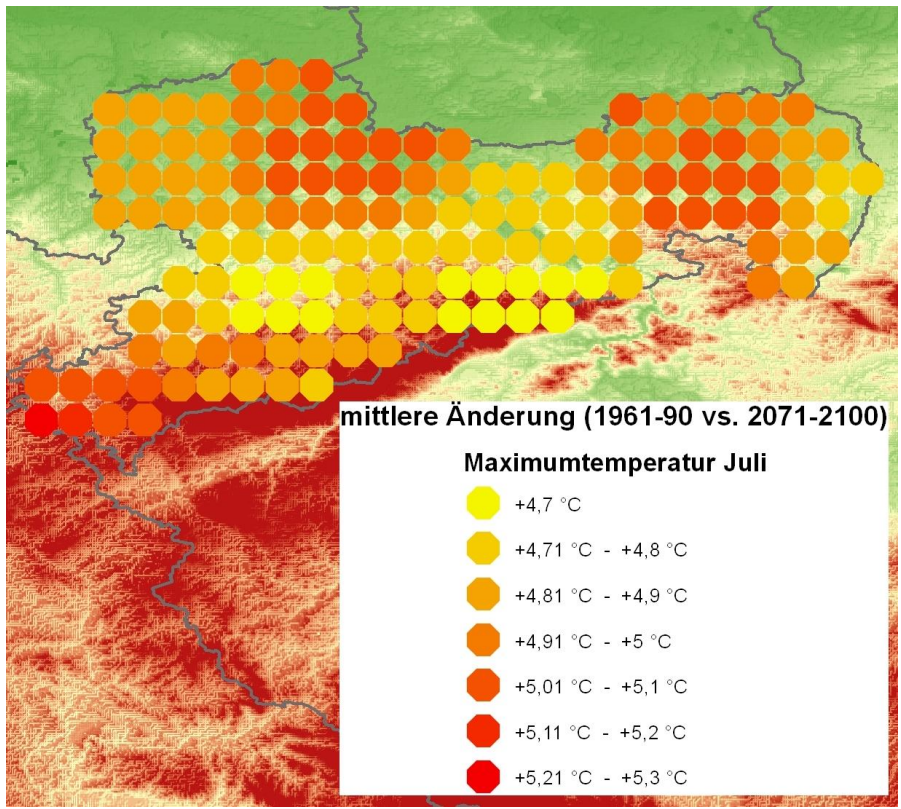


Abbildung 7: Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Juli vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010)

(Regionalisierung des AOGCM ECHAM5, Lauf 1; Emissionsszenario A1B; Datenquelle: LfULG)

5.3.2 Temperaturminimum im Winter

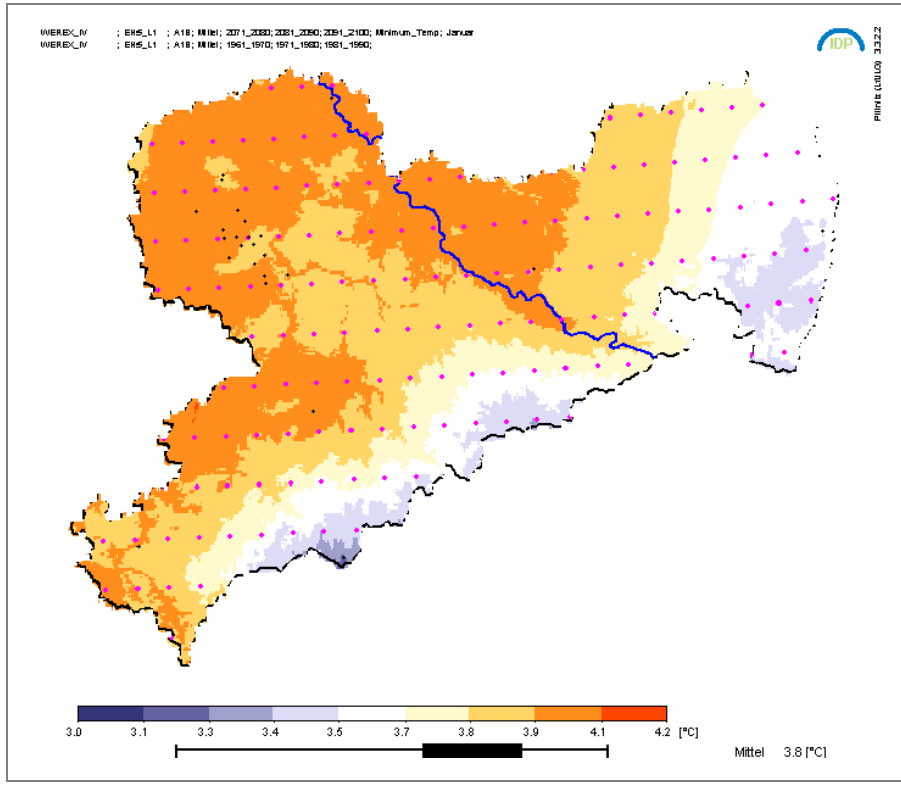


Abbildung 8: Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Januar vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B; Lauf 1, normale Realisierung; Datenquelle: LfULG)

Das Emissionsszenario A1B aus WEREX IV ergab einen mittleren projizierten Anstieg von 3,8 °C für Sachsen (Abbildung 8). Damit liegt der projizierte Temperaturanstieg des Winterminimums deutlich über dem des Sommermaximums. Die geringste Erwärmung wird hier für die mittleren und oberen Lagen des Erzgebirges sowie für Ostsachsen modelliert, die stärkste für das Altenburg-Zeitzer Lössgebiet, das Erzgebirgsbecken, Nordwestsachsen, das Elbtalgebiet und die Großenhainer Pflege. Auch hier gibt WETTREG 2010 mit einem mittleren Anstieg von bis zu 4,7 °C eine größere Erwärmung an (Abbildung 9). Außerdem liegen die Gebiete mit der höchsten (z. B. in Ostsachsen) bzw. niedrigsten (z. B. Nordwestsachsen) projizierten Erwärmung räumlich z. T. konträr. Die größten modellierten Temperaturanstiege nach WETTREG 2010 befinden sich im Norden und Osten Sachsens sowie dem Erzgebirgsbecken (Abbildung 9). Nach WEREX III ist die Änderung des mittleren Januarminimums räumlich vergleichbar mit dem Modellergebnis der maximalen Julitemperaturen für WEREX III (Abbildung 55). Große regionale Unterschiede sind aus der Kartendarstellung in Abbildung 55 nicht erkennbar.

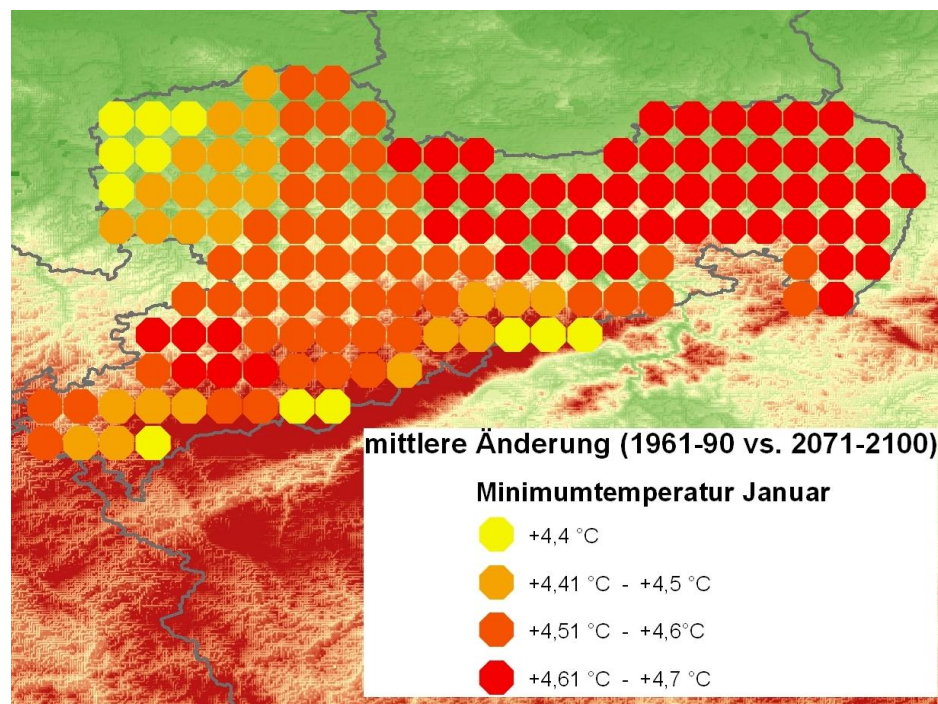


Abbildung 9: Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Januar vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010)

(Regionalisierung des AOGCM ECHAM5, Lauf 1; Emissionsszenario A1B; Datenquelle: LfULG)

5.3.3 Niederschlag in der Vegetationsperiode

Die Niederschläge in der Vegetationsperiode gehen nach dem mittleren A1B-Szenario (WEREX IV) in Sachsen um bis zu 30 % zurück (Abbildung 10). Die stärksten Rückgänge werden für große Bereiche Ost- und Mittelsachsens angegeben, insbesondere ist das Lössgebiet und das Osterzgebirge betroffen. Tendenziell ist die räumliche Ausprägung nach den verwendeten WETTREG 2010 Daten ähnlich (Abbildung 11), während die verwendeten vorliegenden WEREX III-Ergebnisse weitaus stärkere Änderungen anzeigen, insbesondere im Osten Sachsens (und leichte Niederschlagszunahmen im Vogtland; Abbildung 58). Die WEREX III-Projektion zeigt den deutlichsten Südwest-Nordost-Trend hinsichtlich des Niederschlagsrückgangs in der Vegetationsperiode an, der aber auch noch bei den anderen analysierten Projektionen zu erkennen ist.

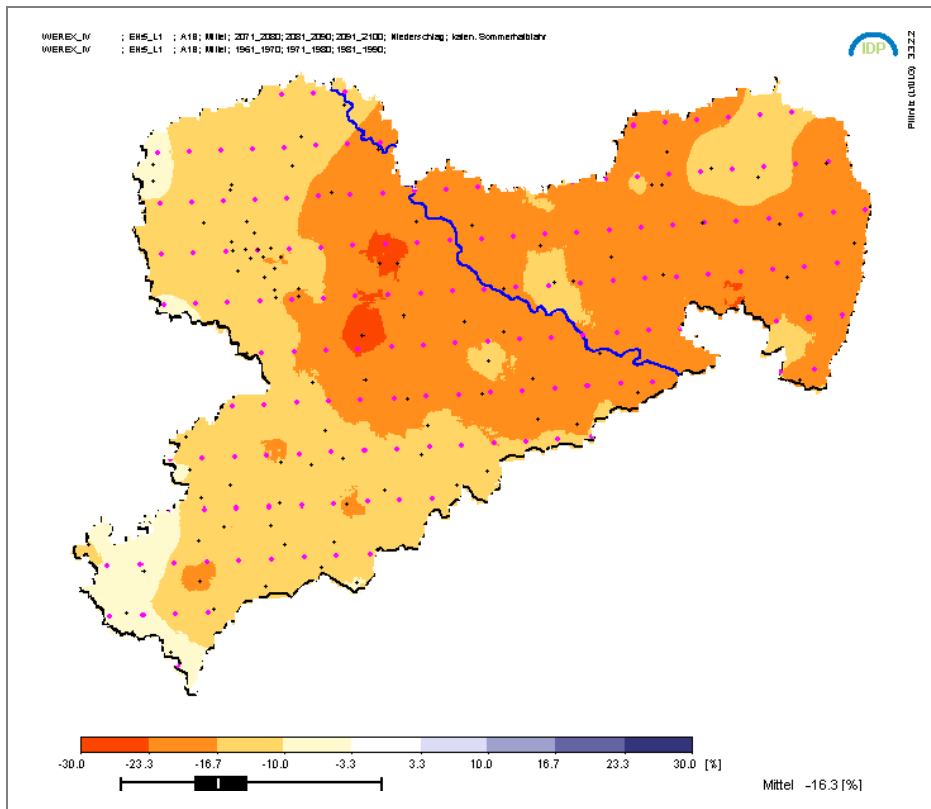


Abbildung 10: Änderung des mittleren Niederschlags [%] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B; Lauf 1; Datenquelle: LfULG). Die schwarzen Punkte geben die Lage der Klimastationen wieder (inkl. Sondermessnetz Parthe). Die rötlichen Punkte stellen ein 0.125° Rasternetz der interpolierten Werte dar.

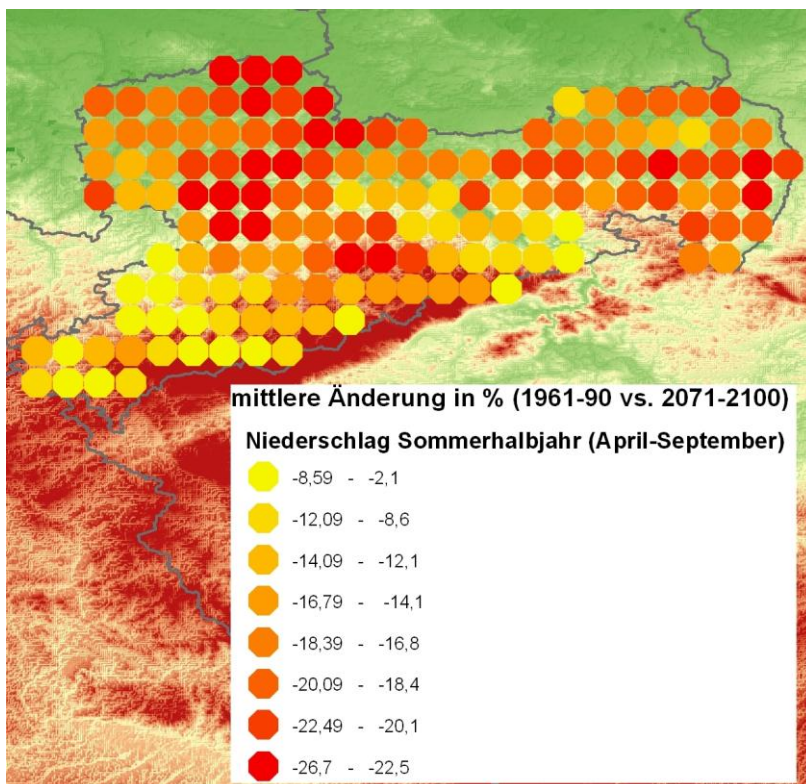


Abbildung 11: Änderung des mittleren Niederschlags [%] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WETTREG 2010)

(Regionalisierung des AOGCM ECHAM5, Lauf 1; Emissionsszenario A1B; Datenquelle: LfULG)

5.3.4 Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

Die Rasterklimadaten des Emissionsszenarios A1B aus WEREX IV ergaben eine projizierte Abnahme der klimatischen Wasserbilanz von bis zu mehr als 150 mm im Sommerhalbjahr für Sachsen (Abbildung 12). Starke Abnahmen werden für verschiedene Regionen Sachsens projiziert, so u. a. für das Nordsächsische Platten- und Hügelland, das Lössgebiet Mittelsachsens, die Sächsische Schweiz, das Erzgebirgsbecken, Oberlausitzer Bergland und Oberlausitzer Gefilde (vgl. Abbildung 12). Geringe Abnahmen werden für höhere Lagen des Mittel- und Westerzgebirges sowie für Teile des Vogtlands projiziert. Auch hier gibt es deutliche Unterschiede zu den vorliegenden WEREX III-Daten (SCHLUMPRECHT et al. 2005), in denen analog zur Niederschlagsverteilung insbesondere für den Osten Sachsens ein starker Rückgang der klimatischen Wasserbilanz modelliert wurde (Abbildung 57). Im Ergebnis der WEREX III-Projektion ist wieder ein deutlicher Südwest-Nordost-Trend der Abnahme der klimatischen Wasserbilanz zu verzeichnen (im NO höhere Abnahme), der bei der WEREX IV-Projektion nicht mehr so deutlich ist.

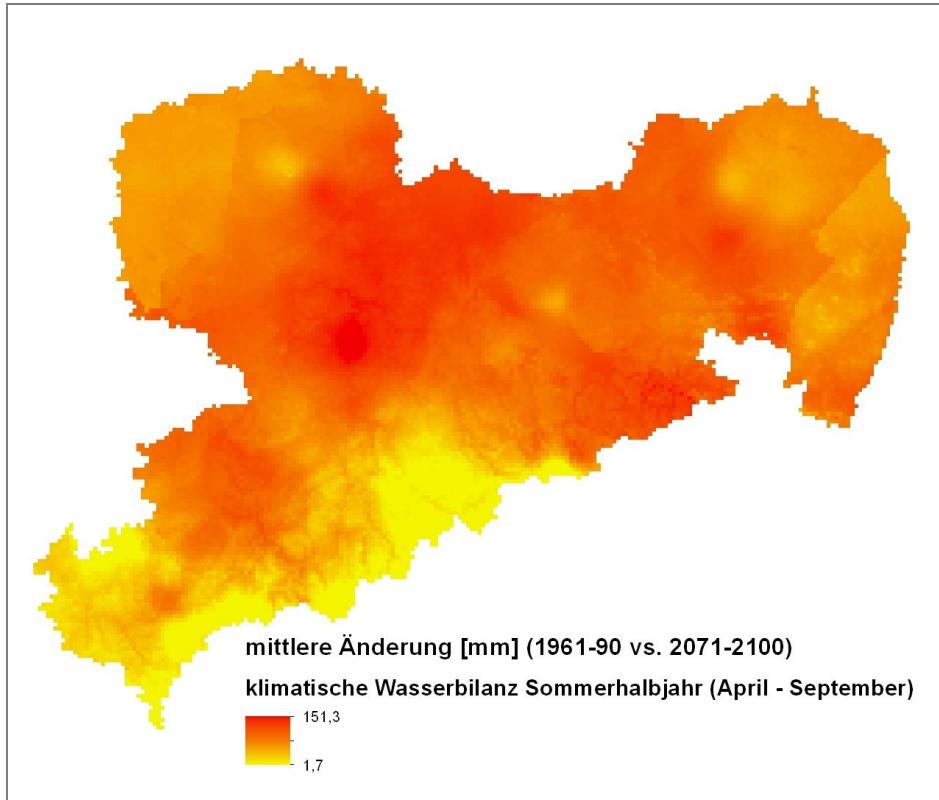


Abbildung 12: Rückgang der mittleren klimatischen Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1961-1990 zu 2071-2100 (WEREX IV)

(Emissionsszenario A1B; Lauf 1, normale Realisierung; Datenquelle: LfULG)

5.3.5 Schlussfolgerung

Die verschiedenen Regionalisierungen der Klimaszenarien unterscheiden sich in der Stärke des Änderungssignals, insbesondere aber auch in der räumlichen Verteilung der projizierten Klimaänderungen deutlich voneinander. Die daraus resultierenden Unsicherheiten und die ungenügende Kenntnis über kleinräumige Änderungen der klimatischen Verhältnisse lassen vorerst noch keine abgesicherte räumliche Ausweisung von Gebieten Sachsens zu, die stärker durch den Klimawandel betroffen sein werden. Eine Ausweisung besonders klimasensitiver Räume, die im Rahmen eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität bevorzugt untersucht werden sollten, erscheint derzeit nicht ausreichend abgesichert. Die Gefahr, dass potenzielle Monitoringflächen in ungeeigneten Räumen ausgewiesen werden, wäre bei dieser Herangehensweise zur Auswahl von Untersuchungsgebieten oder gar spezieller Monitoringflächen vergleichsweise groß. **Daher erachten es die Autoren dieser Studie für sinnvoller, klimatische Erwägungen bei der Auswahl der Monitoringflächen nicht vordergründig zu beachten, sondern die Auswahl in Abhängigkeit vom Vorkommen klimasensitiver Arten bzw. Lebensraumtypen und einer anzustrebenden repräsentativen räumlichen Verteilung der Monitoringflächen vorzunehmen.**

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass sich für die Verbreitung von Arten und Biotopen relevante Klimaparameter in Größenordnungen verändern werden, die nicht ohne Folgewirkungen für die Biodiversität bleiben können. Die projizierten Änderungssignale haben mit dem Erkenntniszuwachs und Modellfortschritten von WEREX III über WEREX IV zu WETTREG 2010 zuge-

nommen. Das legt die Schlussfolgerung nahe, dass mit den älteren Modellen die möglichen Änderungen des Klimas bis zum Jahr 2100 noch unterschätzt worden sind. Sinnvollerweise sollten deshalb für das Aufzeigen möglicher Klimaveränderungen Ensembles verschiedener Modelle und Szenarien verwendet werden, welche die Spannbreiten der Veränderungen aufzeigen. „Es ist grundsätzlich Vorsicht geboten, einzelnen Modell-Resultaten im Detail (Raum-Zeit-Struktur) zu große Belastbarkeit beizumessen. ... Die raum-zeitliche Auflösung kann nicht überstrapaziert werden.“ (Klimakompodium Sachsen, Regionale Klimaprojektionen, S. 6, BOBETH et al. 2010).

Modellierte und bereits beobachtete Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität sind im Kapitel 7 dargestellt.

6 Biodiversitätsindikatoren

6.1 Existierende Indikatoren und Bewertungssysteme zum Klimawandel

Nachfolgend werden existierende Indikatoren bzw. Bewertungssysteme, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt beschäftigen, hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für das zu bearbeitende Monitoringkonzept aufgeführt und diskutiert. Noch nicht enthalten sind die in Entwicklung befindlichen Indikatoren aus dem bis 2014 laufenden BfN-Vorhaben „Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (vgl. Teil 2, Kapitel 3.2.2). Tabelle 3 umfasst alle Bewertungssysteme, die in der vorliegenden Arbeit genutzt wurden, um Arten Klimasensitivitäten zuzuweisen. Tabelle 4 führt abgeleitete Indikatoren und Bewertungssysteme auf, die die Einflüsse des Klimawandels abbilden. Einige dieser Indikatoren (z. B. Trends in der Abundanz und Verteilung von Tagfaltern, Blütezeitpunkt von Zeigerpflanzen) nutzen Langzeit-Artebeobachtungen oder Arteigenschaften, um die Auswirkungen des Klimawandels darzustellen und bewerten nicht direkt Arten nach ihren Klimasensitivitäten.

Tabelle 3: Verwendete Systeme zur Klimasensitivitätsbewertung

Nr.	Bewertungssystem	Quelle	Indikatorensystem	Anwendbar auf Sachsen	verwendet
1	Sensitivität von Biotop- und Lebensraumtypen	PETERMANN et al. (2007)		Ja	Ja
2	Empfindlichkeitsanalyse von Tier-, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen	BEHRENS et al. (2009)		bedingt	Ja
3	Empfindlichkeitsanalyse von Tier-, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Sachsen	SCHLUMPRECHT et al. (2005)	ELLENBERG et al. (1992), GEBERT (2003)	Ja	Ja
4	Klima-Empfindlichkeit Europäischer Tagfalter	SETTELE et al. (2008)		Ja	Ja
5	Analyse der Klimasensitivität von Tierarten	RABITSCH et al. (2010)	verändert nach PETERMANN et al. (2007)	bedingt	Ja
6	Auswertung der Gefährdungskategorien der europäischen FFH-Meldebögen	ETC/BD (2008)		bedingt	Ja
7	Einfluss des Klimawandels auf Vogelpopulationen	EEA (2009b); GREGORY et al. (2009)		bedingt	Ja

Tabelle 4: Mögliche nutzbare Indikatorensysteme zur Abbildung von Klimawandeleffekten auf die Biodiversität

Nr.	Bewertungssystem	Quelle	Anwendbar auf Sachsen	Klimasensitiv
1	Anzahl gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten in Deutschland	BMU (2007)		bedingt
2	Alpiner Pflanzen Indikator	SEBI, MOBI	bedingt	Ja
3	Blütezeitpunkt von Zeigerpflanzen	BMU (2007)		Ja
4	Trends in der Abundanz von Tagfaltern	EEA (2009b)	Ja	Ja

6.2 Erläuterungen zu den verwendeten Indikatoren

6.2.1 Sensitivität von Biotop- und Lebensraumtypen nach PETERMANN et al. (2007)

PETERMANN et al. (2007) verwenden verschiedene Kriterien und Beurteilungsgrundlagen für die Bewertung der Sensitivität der Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie. In der Arbeit kommen folgende sechs jeweils dreistufige Kriterien zur Anwendung: Regenerierbarkeit (aus der Roten Liste der Biotoptypen, RIECKEN et al. 1994), horizontale (Arealgrenzen) und vertikale Verbreitung (Höhenstufen), Flächenrückgang, Einfluss von Neophyten und qualitative Gefährdung. Die Zuordnung dieser Sensitivitätsindikatoren zu den drei Sensitivitätsstufen basierte auf Experteneinschätzungen. Durch Aggregation der Einzelindikatoren wird anschließend die allgemeine Sensitivität des FFH-LRT berechnet.

Sensitivität		Qualitative Gefährdung	Regenerierbarkeit	Arealgrenzen	auf Hochlagen beschränkt	Tendenz Fläche	Invasionen (Neobiota)	GW- bzw. Oberflächenwasserabhängigkeit
1	gering	bis 3, *	B (X)	keine, geschlossen	planar, kollin vorhanden	Zunahme oder gleichbleibend; bis 3, *, T =, +	keine	keine
2	mittel	bis 2, R	S	keine, fragmentiert	nur ab Montanstufe	mittlere Rückgänge; bis 2, R; T =	eine Art	nur best. Ausbildungen
3	hoch	bis 1	N, K	vorhanden oder disjunkte Teilareale	nur subalpin und alpin	starke Rückgänge; bis 1; T -	mehrere Arten	abhängig
Quelle:		CD/RL	RL	FFH-Handb.	CD	BfN/ RL	Kowarik 2005	BfN/RL

Abbildung 13: Einstufungssystem der Klimasensitivität der Biotoptypen nach PETERMANN et al. (2007)

Qualitative Gefährdung - RL Kategorien: 0 - vernichtet, 1 - von vollständiger Vernichtung bedroht, 2 - stark gefährdet, 3 - gefährdet, * - nicht gefährdet; Regenerierbarkeit: N - nicht regenerierbar, K - kaum regenerierbar (> 150 Jahre), S - schwer regenerierbar (ca. 15-150 Jahre), B - bedingt regenerierbar (bis 15 Jahre), X - keine Einstufung sinnvoll; Tendenz Fläche (T): + - positiv, „-“ – Bestandsentwicklung negativ, = - Bestandsentwicklung weitgehend stabil

6.2.2 Empfindlichkeitsanalyse von Tierarten, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen nach BEHRENS et al. (2009)

Eine umfassende Analyse der Klimasensitivität von in Nordrhein-Westfalen vorkommenden Tier- und Pflanzenarten sowie FFH-Lebensraumtypen (FFH-LRT) wurde durch BEHRENS et al. (2009) erstellt. Als Grundlage für die Bewertung dienen Klimaprojektionen, die mit Hilfe des regionalen statistischen Klimamodells STAR erstellt wurden (GERSTENGARBE et al. 2004, SPEKAT et al. 2006). Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei der Beurteilung der Klimasensitivität der Tier- und Pflanzenarten Sachsens mit berücksichtigt. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine Übertragung der Bewertung auf Sachsen nicht in jedem Fall möglich ist, weil sich der regionale Kontext zum Teil unterscheidet. Unterschiede bestehen unter anderem bezüglich der zu erwartenden klimatischen Veränderungen sowie der Verbreitungssituation der Arten bzw. Lebensräume. Die Beurteilungen für Nordrhein-Westfalen müssen daher in erster Linie als Hinweise auf Klimasensitivität gewertet werden. Im Einzelfall sollte immer eine gesonderte Interpretation erfolgen.

Die Bewertung der Tierarten erfolgte auf der Basis von Literaturrecherchen und Expertenmeinungen. Dazu wurde für jede Art ein Katalog von fünf Einzelkriterien abgearbeitet (siehe Tabelle 5). Die Gesamtbewertung erfolgte auf Grundlage dieser Einzelkriterien in Form einer Expertenabschätzung. Dabei wurde die Klimasensitivität in Form einer Kategorie ausgedrückt (siehe Tabelle 6). Bearbeitet wurden Weichtiere, Libellen, Heuschrecken, Laufkäfer, Tagfalter, Widderchen, Fische, Rundmäuler, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere.

Tabelle 5: Einzelkriterien zur Bewertung der Klimasensitivität von Tierarten in Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009)

Kriterium	Erläuterung
Temperaturveränderung	Bewertung ob und wie sich die prognostizierten Veränderungen der Temperatur unter Berücksichtigung der Temperaturpräferenz der Arten auswirkt
Niederschlagsveränderung	Bewertung ob und wie sich die prognostizierten Veränderungen der Niederschläge unter Berücksichtigung der Feuchtepräferenz der Arten auswirken
Lebensraum	Bewertung ob und wie sich der Lebensraum verändert
Areal	Bewertung hinsichtlich möglicher Veränderungen des Verbreitungsgebietes
Lebenszyklus	Betrachtung einzelner Entwicklungsstadien, Phänologie, interspezifischer Interaktionen etc.

Die Bewertung der Pflanzenarten erfolgte schrittweise anhand von sechs Kriterien. Zunächst wurde jede Art daraufhin überprüft, ob sie aufgrund ihres Arealtyps (OBERDORFER 1983) und des Ellenberg-Zeigerwertes für Feuchte oder Temperatur (ELLENBERG et al. 1992) positiv oder negativ auf die zu erwartenden Klimaveränderungen reagieren könnte. Indifferente Arten wurden in diesem Schritt als nicht klimasensitiv eingestuft und in der weiteren Analyse nicht bewertet. In einem zweiten Schritt wurden für die als potenziell klimasensitiv erkannten Arten zwei weitere Kriterien in die Bewertung einbezogen. Dabei handelt es sich zum einen um die Permeabilität der Landschaft, die anhand des Ellenberg-Zeigerwertes Stickstoff (ELLENBERG et al. 1992) beurteilt wurde. Zum anderen wurde das Mobilitätspotenzial jeder Art anhand ihrer Ausbreitungsfähigkeit und Lebensstrategie (FRANK & KLOTZ 1990) bewertet. Zum Zusammenhang mit dem Stickstoff-Zeigerwert und dem Mobilitätspotenzial schreiben die Autoren: *„Wärmeliebende Arten nährstoffreicher Standorte mit gutem Ausbreitungspotenzial werden durch den Klimawandel stark gefördert. Ist eine starke Konkurrenz nur auf Magerstandorten gegeben, wird sich der Klimawandel nur im Bereich bereits besiedelter Lebensräume positiv auf diese Arten auswirken, während eine Arealexpansion in der heutigen stark eutrophierten Normallandschaft kaum möglich erscheint. Vom Klimawandel negativ beeinflusste Arten nährstoffreicher Standorte, die zudem ein gutes biologisches Ausbreitungspotenzial besitzen, können eher ihre Areale verschieben und sich so der für sie negativen Temperaturerhöhung entziehen („ausweichen“). Sind die entsprechenden Arten auf Magerstandorte begrenzt und verfügen zugleich nur über ein geringes biologisches Ausbreitungspotenzial, so werden sie als infolge des Klimawandels besonders stark gefährdet angesehen.“* (BEHRENS et al. 2009, S. 185).

Die Gesamtbewertung der Klimasensitivität erfolgte in den gleichen Kategorien wie bei den Tierarten (siehe Tabelle 6 und Abbildung 14).

Tabelle 6: Kategorisierung der Klimasensitivität für Tier- und Pflanzenarten sowie FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen nach BEHRENS et al. (2009)

Kategorie	Erläuterung
0	indifferent, kein Einfluss des Klimawandels laut Szenario zu erwarten oder positive
+	leicht positiver Einfluss des Klimawandels laut Szenario
++	stark positiver Einfluss des Klimawandels laut Szenario
-	leicht negativer Einfluss des Klimawandels laut Szenario
--	stark negativer Einfluss des Klimawandels laut Szenario
?	keine Bewertung möglich, Datengrundlage nicht ausreichend

Die Klimasensitivität der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie wurde durch BEHRENS et al. (2009) anhand von fünf Einzelkriterien beurteilt. Betrachtet wurden mögliche Änderungen des Wasserhaushalts, Nährstoffhaushalts, veränderte biotische Interaktionen, Änderungen des Störungsregimes, sowie Arealveränderungen. Die Gesamtbewertung erfolgte ebenfalls innerhalb der in Tabelle 6 dargestellten Kategorien.

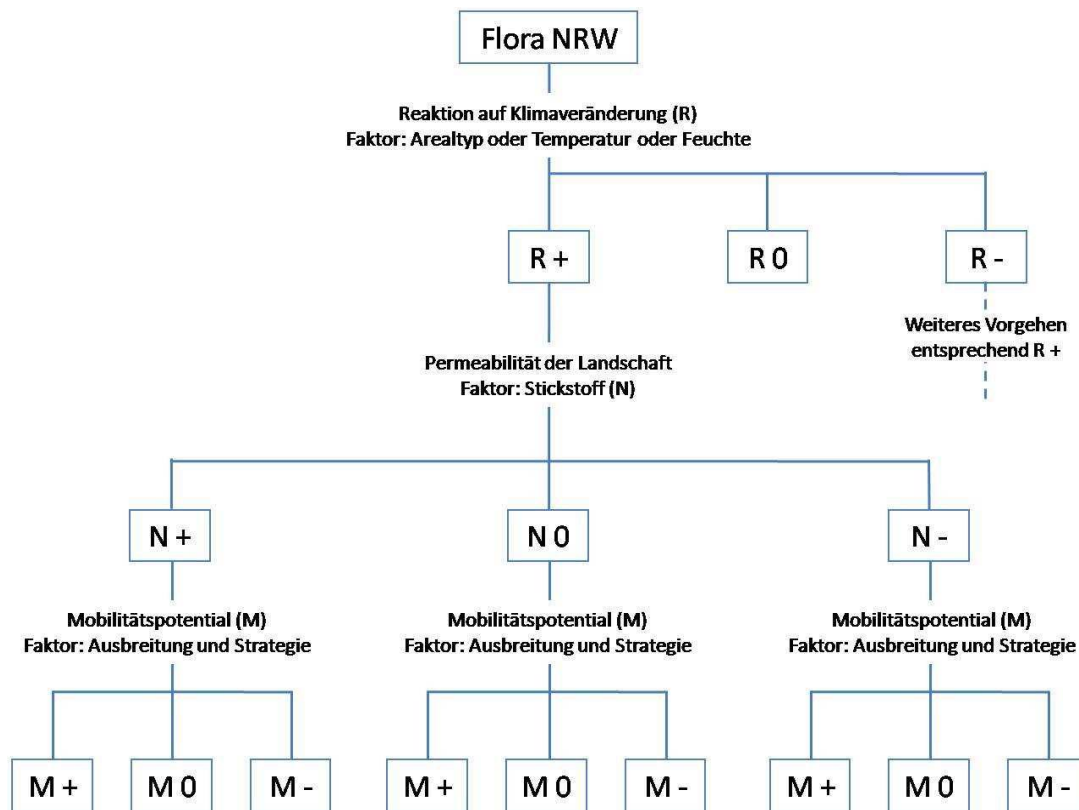


Abbildung 14: Schematische Darstellung des Verfahrens zur Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenarten Nordrhein-Westfalens nach den Hauptkriterien der Ellenberg-Zeigerwerte für Temperatur und Feuchte sowie des Arealtyps (nach BEHRENS et al. 2009). Eine Gesamtbewertung der klimasensitiven Arten erfolgt über ein Bewertungsschema mit sechs Kriterien. Für jedes Kriterium wird jede dieser Arten hinsichtlich des Klimawandels in eine der drei Gefährdungskategorien potenziell geförderte Arten (+), potenziell gefährdete Arten (-) oder indifferente Arten (0) eingestuft. Aus diesen Einzelbewertungen der sechs Kriterien ergibt sich dann durch Experteneinschätzung eine Gesamtbewertung pro Art.

6.2.3 Empfindlichkeitsanalyse von Tier-, Pflanzenarten und FFH-Lebensraumtypen in Sachsen nach SCHLUMPRECHT et al. (2005)

Tierarten

Bei ihrer Bewertung der Klimasensitivität ausgewählter Tiergruppen stützten sich SCHLUMPRECHT et al. (2005) hauptsächlich auf Übersichtspublikationen zu deren ökologischen Ansprüchen. Solche Übersichtspublikationen liegen für verschiedene Taxa vor und basieren entweder auf Daten oder aber auch Expertenmeinungen.

Die Bewertung der Klimasensitivität von Fischarten wurde auf Basis einer Publikation von KÜTTEL et al. (2002) vorgenommen. Diese Arbeit listet Temperaturoptima und Temperaturgrenzen für verschiedene Entwicklungsstadien auf. So konnte für ungefähr die Hälfte der sächsischen Fischarten eine Beurteilung vorgenommen werden.

Heuschrecken wurden auf Grundlage einer Kategorisierung von MAAS et al. (2002) bewertet. Grundlage dieser Kategorien bilden die Ansprüche der Arten an bestimmte Temperatur- und Feuchteverhältnisse. Als durch den Klimawandel gefährdet wurden solche Arten angesehen, die als meso- bis hygrophil sowie hygrophil gelten. Als mögliche Profiteure wurden hingegen meso- bis xerophile sowie xerophile Arten angesehen.

Laufkäfer wurden anhand einer Kategorisierung von GEBERT (2003) bewertet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass hygrophile Arten durch den Klimawandel benachteiligt werden und thermophile sowie xerophile Arten gefördert werden.

Die Bewertung von Tagfaltern erfolgte auf Basis von SETTELE et al. (1999). Als klimasensitiv wurden hygrophile und tyrphostene⁶ Arten angesehen. Auch die Reaktion von Arten auf die Temperatur wurde bei der Bewertung berücksichtigt.

Die Klimasensitivität von Weichtieren wurde auf Grundlage ihrer Habitatbindung ermittelt. Als Basis dienten Publikationen von LOZEK (1964) und FALKNER (1991). Als besonders klimasensitiv wurden solche Arten angesehen, die auf einen funktionierenden Feuchtehaushalt ihrer Habitate angewiesen sind.

Pflanzenarten

Die Einschätzung der Klimasensitivität der Pflanzen erfolgte getrennt für Arten des Berglandes, des Tieflandes und Arten mit disjunktem Areal. Dabei wurden die Arten anhand von Ellenberg-Zeigerwerten (ELLENBERG et al. 1992) bewertet. Berücksichtigt wurden die Zeigerwerte für Temperatur, Feuchte und Licht. Als durch den Klimawandel geförderte Pflanzenarten wurden solche Arten angesehen, die eine Lichtzahl zwischen 8 und 9, eine Feuchtezahl zwischen 1 und 4 und eine Temperaturzahl zwischen 7 und 9 aufweisen. Pflanzenarten mit hohen Lichtzahlen werden als Licht liebende Arten eingestuft, d. h. als Arten, die von einer Zunahme der Sonnenscheindauer profitieren sollen. Pflanzenarten mit einer Temperaturzahl zwischen 1 und 4 und einer Feuchtezahl zwischen 7 und 9 wurden als durch den Klimawandel benachteiligte Arten angesehen. Wasserpflanzen (Feuchtezahl 11-12) wurden als klimasensitiv angesehen, wenn sie eine Temperaturzahl von 3-4 (Kühlezeiger) oder 7-8 (Wärmezeiger) aufwiesen.

FFH-Lebensraumtypen

Die Autoren ermittelten zunächst die Ellenberg-Zeigerwerte der kennzeichnenden Pflanzenarten jedes FFH-LRT auf der Grundlage der Arbeitsmaterialien zur Erstellung von FFH-Managementplänen, der Kartier- und Bewertungsschlüssel für Offenland-Lebensraumtypen des Anhangs I der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) Teil I (Grünland, Heiden & Felsen) sowie Teil II (Gewässer & Moore) und Teil III (Wald) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Stand März 2005). Anschließend berechneten die Autoren den Anteil besonders benachteiligter Arten pro Lebensraumtyp (Kategorisierung der Pflanzenarten anhand bestimmter Feuchte- und Temperaturzahlen, siehe vorangegangener Abschnitt). Dieser Anteil benachteiligter Arten wurde als Maß für die Klimasensitivität eines Lebensraumes verwendet. Als vom Klimawandel negativ betroffen gelten demnach FFH-LRT mit hohen prozentualen Anteilen von Feuchte- bis Nässezeigern oder Kühlezeigern oder Beiden in der charakteristischen Artenkombination. Dabei wurden vor allem solche Lebensräume betrachtet, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von Veränderungen des Wasserhaushaltes betroffen wären.

6.2.4 Klima-Empfindlichkeit europäischer Tagfalter (SETTELE et al. 2008)

Die Autoren modellierten für den „*Climatic risk atlas of European butterflies*“ die potenziellen Klimaräume für ungefähr 300 europäische Tagfalterarten. Den verschiedenen Modellvarianten wurden drei unterschiedliche sozioökonomische Szenarien sowie verschiedene Annahmen zur Ausbreitungsfähigkeit der Arten zugrunde gelegt. Auf dieser Basis wurden die Arten durch SETTELE et al. (2008) in sechs Risikokategorien eingeteilt. Demnach verlieren nach dem intermediären Szenario 9 % der modellierten Arten mehr als 95 % und weitere 66 % der Arten mehr als 50 % ihrer derzeitigen klimatischen Nische bis zum Jahr 2080, wenn man davon ausgeht, dass die Arten sich nicht ausbreiten können. Dabei bestimmt die Ausbreitungsfähigkeit, die auch die Verfügbarkeit von Habitaten umfasst, wesentlich darüber, ob eine Art einen neu entstehenden Klimaraum auch besetzen kann. Für insgesamt 149 europäische Arten war aufgrund ihrer räumlich eng begrenzten Vorkommen eine Modellierung nicht möglich. Jedoch wird erwartet, dass insbesondere solche Arten am stärksten vom Klimawandel betroffen sind, weil es sich oftmals um Reliktarten handelt, die an seltene Klimate angepasst sind, z. B. kälte-angepasste Glazialrelikte (OHLEMÜLLER et al. 2008).

Verbreitungsmodelle weisen oft eine Reihe an Limitierungen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden müssen. Diese wären z. B. die limitierte Qualität und Auflösung der Ausgangsdaten, die unzureichende Berücksichtigung von artspezifischen Eigenschaften oder die Ausklammerung von evolutionären Veränderungen und Interaktionen zwischen verschiedenen Arten (SETTELE et al. 2008). Solche Verbreitungsmodelle stellen daher nur einen groben Anhaltspunkt für mögliche zukünftige Veränderungen dar. Trotz dieser Limitierungen erlauben diese Modelle eine erste Risikoabschätzung über eine größere räumliche Skala hinweg (vgl. Tabelle 7).

⁶ Als **tyrphosten** (oder tyrphobiont) werden Arten bezeichnet, die obligatorisch an Hochmoore sowohl hinsichtlich ihrer Ansprüche an kleinklimatische Verhältnisse (z. B. starker Tagesgang der Temperatur, Spätfröste, Feuchtigkeit) als auch an ihre Futterpflanzen (an Nährstoffarmut und saures Milieu angepasste hoch spezialisierte Moorpflanzen) gebunden sind.

Tabelle 7: Bewertung der Klimasensitivität basierend auf Klima-Nischenmodellen nach SETTELE et al. (2008) und den daraus ermittelten Arealverlusten bei Tagfaltern

HHHR - extrem hohes Risiko, HHR - sehr hohes Risiko, HR - hohes Risiko, R - Risiko, LR - niedriges Risiko, PR - potenzielles Risiko. In der Kategorie PR befinden sich solche Arten, deren Verbreitung nicht genau modelliert werden konnte.

Risikoklasse	Arealverlust (%)
HHHR	> 95
HHR	> 85-95
HR	> 70-85
R	> 50-70
LR	≤ 50
PR	0-100

6.2.5 Analyse der Klimasensitivität von Tierarten (RABITSCH et al. 2010)

Für die Bewertung der Klimasensitivität der Tierarten wurde auf die Arbeit von RABITSCH et al. (2010) zurückgegriffen. Angelehnt an das System von PETERMANN et al. (2007) wurden acht Kriterien ausgewählt, um klimarelevante Eigenschaften der Arten in Deutschland zu erfassen (Biotopbindung, thermisch-ökologische Amplitude, Migrationsfähigkeit, Arealgröße, semiquantitative Bestandssituation, Vorkommen in klimawandel-sensiblen Zonen, Taxa spezifische Vermehrungsraten, aktueller Rote Liste Status; siehe Tabelle 8). Die Bewertung erfolgt mittels eines Punktesystems und einer Risikoklassenbildung. Im Unterschied zu PETERMANN et al. (2007) wird nicht die Summe, sondern der Mittelwert für die Bewertung herangezogen und dadurch eine Unabhängigkeit des Wertes von der Anzahl der Klassen je Kriterium erreicht. Die Bewertung erfolgt in einem Drei-Klassen-System (hohe, mittlere, niedrige Sensitivität).

Tabelle 8: Bewertungskriterien der Klimasensitivitätsanalyse deutscher Tierarten nach RABITSCH et al. (2010)

Kriterium	Bewertung	Punkte
Biotopebindung	gering (z. B. Arten, die zugleich im Offenland und Wald vorkommen)	3
	mittel (z. B. Arten von Laub- oder Mischwald)	2
	hoch (z. B. Arten der Flussufer-Sandbänke)	1
ökologische Amplitude	eurytop, indifferent	3
	stenotop (inkl. warm-stenotop)	2
	kalt-stenotop	1
Migrationsfähigkeit	hoch	3
	mittel	2
	gering	1
Arealgröße	groß (z. B. Paläarktisch, Holarktisch, Eurosibirisch, Eurasien, Atlantik)	3
	mittel (z. B. Europa, West-Paläarktis, Atlanto-Mediterran, Ponto-Mediterran)	2
	klein (z. B. Süd-Schwarzwald, Bodensee, Chiemsee)	1
aktuelle Bestandessituation	extrem selten und sehr selten	5
	selten	4
	mäßig häufig	3
	häufig	2
	sehr häufig	1
Vorkommen in klimasensitiven Zonen	regional ausgestorben	0
	wenig sensible Zone (z. B. planar-collin im Binnenland, weite Höhenamplitude)	3
	mittel sensible Zone (z. B. geringe Höhenamplitude, Vorkommen in montaner Höhenstufe)	2
	hoch sensible Zone (z. B. geringe Höhenamplitude, Vorkommen in alpiner Höhenstufe, planar-collin in direktem Küsteneinfluss)	1
	gering	0
Vermehrungsrate	hoch	3
	mittel	2
	gering	1
Rote Liste Status	*, D, V	3
	R, G, 3, 2	2
	1, 0	1
mittlere Gesamtbewertung	1-1,75	Hohes Risiko (HR)
	1,76-2,50	Mittleres Risiko (MR)
	2,51-3,25	Niedriges Risiko (LR)

6.2.6 Auswertung der Gefährdungskategorien der europäischen FFH-Meldebögen (ETC/BD 2008)

Obwohl der Klimawandel nicht in der Liste der Gefährdungskategorien der FFH-Meldebögen 2001-2006 aufgeführt war, wurden die Auswirkungen des Klimawandels von vielen Staaten genannt. Klimawandel wurde als Gefährdungsursache für insgesamt 42 FFH-LRT (19 % von 218 europäischen FFH-LRT; siehe Tabelle 9) und für 144 Tier- und Pflanzenarten (12 % von 1.156 europäischen FFH-Anhangsarten II, IV & V; siehe Tabelle 10) erwähnt. Es wurden in diesem Meldeverfahren nur Habitate und Arten von den Staaten aufgeführt, bei denen die Auswirkungen des Klimawandels schon deutlich zu erkennen sind (ETC/BD 2008).

Tabelle 9: Anzahl der durch den Klimawandel gefährdeten FFH-LRT je Lebensraumgruppe

(die von mindestens einem Staat in den FFH-Meldebögen 2001-2006 gemeldet wurden)

Lebensraumgruppe	Anzahl durch Klimawandel gefährdeter Lebensräume	Anzahl Lebensräume in der Gruppe	gefährdete Lebensräume in %
Niedermoore	6	12	50%
Dünen	6	21	29%
Wälder	16	72	22%
Heide	2	10	20%
Hartlaubgebüsche	2	13	15%
Küstenbereiche	4	28	14%
Felsige Lebensräume	2	14	14%
Grasland	3	29	10%
Süßwasserlebensräume	1	19	5%
Gesamt	42	218	19%

Tabelle 10: Anzahl der durch den Klimawandel gefährdeten FFH-Arten je Artengruppe

(die von mindestens einem Staat in den FFH-Meldebögen 2001-2006 gemeldet wurden)

Artengruppe	durch Klimawandel gefährdete Arten	Anzahl der Arten in dieser Gruppe	gefährdete Arten in %
Amphibien	23	51	45%
Arthropoden	34	118	29%
Fische	4	100	4%
Säugetiere	32	125	26%
Mollusken	6	35	17%
Reptilien	11	87	13%
Moose & Flechten	8	38	21%
Gefäßpflanzen	18	602	3%
Gesamt	142	1156	12%

Die Aussagekraft dieser Bewertung ist aufgrund der unklaren Bewertungsschlüssel als sehr grob einzuschätzen, zumal die Bewertungen aus ganz Europa zusammengetragen wurden und somit kaum regionale Aspekte abbilden oder regionale Unterschiede sichtbar machen. Trotzdem kann auch eine solche summative Einschätzung aus ganz Europa, die eine große Bandbreite der klimatischen Nische einer Art berücksichtigt, ein erster Hinweis sein, ob und wie manche Arten auf klimatische Veränderungen reagieren können. Dieser Bewertungsschlüssel wurde aufgrund seines breiten geographischen Hintergrundes als letzter Bewertungsmaßstab (mit der geringsten Relevanz) bei der Auswahl klimasensitiver Arten Sachsens hinzugezogen. Die Unterrepräsentanz einzelner Taxa bei den durch den Klimawandel gefährdeten Arten, wie die der Fische oder Pflanzen, kann vielfältige Ursachen haben und wird auch nicht weiter im EEA-Bericht erläutert. Daraus kann aber nicht abgeleitet werden, dass Gefäßpflanzen und Fische kaum durch den Klimawandel bedroht sind.

6.2.7 Einfluss des Klimawandels auf Vogelpopulationen nach GREGORY et al. (2009, siehe auch EEA 2009)

Der Klima Einfluss-Indikator (CII) stellt ein Verhältnis zwischen den Populationstrends solcher Vogelarten auf, denen eine Arealvergrößerung prognostiziert wird, und jenen, die wahrscheinlich ihr Areal aufgrund des Klimawandels verkleinern werden. Der Indikator basiert auf einer Kombination eines 26-jährigen Monitorings der Populationstrends von 122 häufigen Vogelarten in 20 europäischen Ländern und projizierten Arealveränderungen für die Jahre 2070-2099 (siehe auch GREGORY et al. 2009). Die modellierten Projektionen basieren auf „*climate envelope*“ Modellen und sind die gemittelten Vorhersageergebnisse von sechs unterschiedlichen Zukunftsszenarien. Dieser Indikator konnte zur Projektbearbeitungszeit (Stand 2010) nicht für Deutschland berechnet werden, weil die Verbreitungsgebiete bzw. Dichten häufiger Arten in Deutschland hierfür nicht zur Verfügung standen (vgl. DRÖSCHMEISTER 2009). Dies ist mittlerweile aber der Fall, sodass der Climate Impact Indicator für Vögel (CII) als ein Vorschlag für einen Vogelindikator in das bundesweite Indikatorensystem Klimawandel und biologische Vielfalt eingeflossen ist (ein weiterer Vorschlag ist der Community Temperature Index (CTI) für Vögel (vgl. in Teil 2, Kapitel 2.1.1, 2.3.6 und 3.2.2)).

Die Ergebnisse der „*climate envelope*“ Modelle geben qualitative Auskünfte darüber, ob und wie die untersuchten Vogelarten auf den prognostizierten Klimawandel reagieren könnten. Der CII-Indikator wurde in der vorliegenden Studie nicht als Indikator zur Aussage der Vitalität gesamter Populationen verwendet, sondern die darin enthaltenen Aussagen wurden lediglich als Hinweis auf die Klimasensitivität einzelner Arten genutzt.

7 Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenartengruppen und Lebensräume – Ergebnisse der Literaturrecherche

Die dargestellten Ergebnisse basieren auf einer intensiven Literaturrecherche internationaler, nationaler und sächsisch-lokaler Literatur (einschließlich wissenschaftlicher Abschlussarbeiten, Projektberichte und grauer Literatur, Stand 04/2010). Sofern es kein gesondert aufgeführtes Kapitel zu Beobachtungen bzw. Modellergebnissen für den sächsischen Raum gibt, konnten bis zum o. g. Zeitpunkt keine Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf sächsische Arten oder Lebensräume gefunden werden.

Die einzelnen Taxakapitel sind hierarchisch aufgebaut. Am Anfang stehen allgemeine Erkenntnisse, gefolgt von zum Großteil europäischen, hin zu deutschen und - wenn vorhanden - sächsischen Ergebnissen.

Weil das Thema Klimawandel und Biodiversität ein sehr aktuelles und noch junges Forschungsfeld ist, sind inzwischen zahlreiche weitere wissenschaftliche Arbeiten erschienen oder bekannt geworden. Für die Entwicklung von Biodiversitätsindikatoren besonders relevant sind die Arbeiten von DEVICTOR et al. (2008), VAN SWAAY et al. (2010), GODET et al. (2011) und CLAVERO et al. (2011) (vgl. auch Kapitel 3.7 in Teil 2). Des Weiteren sind etliche nicht auf bestimmte Artengruppen oder LRT fokussierte Arbeiten veröffentlicht worden, u. a. von KROMP-KOLB & GERERSDORFER (2003); RAMMERT (2004); FRANKE et al. (2006); EEA (2008); EPPLE (2009); KÜHN et al. (2009); LEPETZ et al. (2009); BÄSSLER et al. (2010); DOERPINGHAUS et al. (2010); GEBHARDT et al. (2010); KHAROUBA & KERR (2010); KNOWLTON & GRAHAM (2010); KÖLLNER et al. (2010); MAES et al. (2010); NOWAK et al. (2010); OTT, K. et al. (2010); RABITSCH & ESSL (2010); SCHLUMPRECHT et al. (2010); SINCLAIR et al. (2010); TRAILL et al. (2010); ELLWANGER et al. (2011); PEARMAN et al. (2011); ROWLAND et al. (2011), MOSBRUGGER et al. (2012), TRAUTMANN et al. (2012).

Die nachfolgend dargestellten Auswirkungen des Klimawandels auf Artengruppen konzentrieren sich auf die direkten Folgewirkungen, z. B. durch höhere Temperaturen, größere Trockenheit, längere Vegetationsperioden, vermehrte Extremereignisse. Nicht betrachtet in der vorliegenden Arbeit wurden indirekte Auswirkungen aufgrund von anthropogenen Klimaschutzmaßnahmen und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (z. B. verstärkter Hochwasserschutz, Biomasseanbau, Ausbau der Windkraftnutzung). Die Wirkungen solcher Schutz- und Anpassungsmaßnahmen auf die Biodiversität übersteigen derzeit sehr wahrscheinlich die direkten Klimawandelfolgen.

7.1 Vögel

Aufgrund der guten Kenntnisse zur historischen und aktuellen Verbreitung, basierend auf langjährigen Untersuchungen und Beobachtungen des Zug- und Brutverhaltens, sind Vögel sehr gut geeignet, Auswirkungen von Klimaänderungen nachweisen zu können. Es wurden vor allem Veränderungen phänologischer Ereignisse (z. B. Zugzeiten, Brutbeginn), Veränderungen des Zugverhaltens (z. B. Zugbereitschaft, Zugweglänge), demografische Veränderungen und Änderungen der geografischen Verbreitung festgestellt (z. B. CRICK & SPARKS 1999, VISSER et al. 2004, BOTH et al. 2006, LEMOINE et al. 2007, BAIRLEIN & HÜPPOP 2008, BAIRLEIN et al. 2009, MØLLER et al. 2010, BEZZEL & SCHUSTER 2010, TRAUTMANN et al. 2012). So können steigende Frühjahrstemperaturen und damit verbundene verbesserte Nahrungsangebote, kombiniert mit günstigeren Aufzuchtbedingungen zu einer bis zu drei Wochen früheren Rückkehr aus den Überwinterungsgebieten führen (z. B. HÜPPOP & HÜPPOP 2005, GORDO

2007). Obwohl kein einheitliches Herbstzugmuster zu erkennen ist, verweilen generell mehr Arten länger in ihrem Brutgebiet (HÜPPOP et al. 2008). Einige Arten zeigen außerdem einen früheren Beginn des Brutverhaltens (z. B. BOTH & TE MARVELDE 2007). Dies kann zu Problemen bei der Aufzucht der Jungtiere aufgrund mangelnden Nahrungsangebotes oder aber zu einer erhöhten interspezifischen Nestprädation führen (AHOLA et al. 2004, BAIRLEIN et al. 2009). Erste Hinweise auf eine genetische Fixierung als Anpassung an rezente Klimaveränderungen wurden kürzlich nachgewiesen (PULIDO & BERTHOLD 2010). Die beobachteten Zugveränderungen stellen eher ein Maß für die phänotypische Plastizität der Vogelarten dar (COPPACK 2008, BAIRLEIN et al. 2009). NUSSEY et al. (2005) konnten jedoch zeigen, dass z. B. das Ausmaß der phänotypischen Plastizität der Selektion unterworfen ist und sich in den letzten 32 Jahren bei der Kohlmeise (*Parus major*) in den Niederlanden verstärkt hat. Eine verstärkte Änderung des Zugverhaltens als Anpassung an den Klimawandel wird auch für europäische Zugvögel erwartet (SCHAEFER et al. 2008, TRAUTMANN et al. 2012) und ist mitunter auch schon beobachtet worden. So untersuchte FIEDLER (2008) Auswirkungen auf das Zugverhalten, welches sich vor allem durch verkürzte Zugstrecken äußerte. Solche Veränderungen können zu Verschiebungen in den Artzusammensetzungen von Lang-, Mittel- und Kurzstreckenziehern führen. Es könnte durch den Klimawandel auch dazu kommen, dass bei einigen Arten das Zugverhalten zunehmend verloren geht.

Einen direkten Einfluss der Temperatur auf den Brutbeginn von Vögeln konnten VISSER et al. (2009) in einem Klimakammer-Experiment ohne Nahrungsressourcenbeschränkung nachweisen. Solche klimainduzierten, phänologischen Änderungen bringen oft auch demografische Änderungen mit sich. So sind u. a. schon erhöhte Sterblichkeiten bzw. geringere Bruterfolge aufgrund erhöhter Nestprädation (z. B. durch den Siebenschläfer *Glis glis*; KOPPMANN-RUMPF et al. 2003) und steigender Konkurrenz mit anderen Vogelarten (AHOLA et al. 2007) nachgewiesen worden. Auch eine zeitliche Entkoppelung des Nahrungsangebotes mit der Ankunft im Brutgebiet aufgrund von Änderung im Zugverhalten kann eine erhöhte Gefährdung für Vogelarten darstellen (z. B. BOTH et al. 2006, LEECH & CRICK 2007, GROSBOIS et al. 2008, BAIRLEIN et al. 2009). Wie auch bei den Säugetieren sind vor allem bei Arten der nördlichen Breiten nordwärts gerichtete Arealveränderungen bzw. Arealverschiebungen von thermophilen Arten nachgewiesen worden (HICKLING et al. 2006, HUNTLEY et al. 2006, BAIRLEIN et al. 2009). HUNTLEY et al. (2006, 2007) modellierten zukünftige Arealzentren basierend auf anzunehmenden Klimaszenarien und fanden maximale Arealveränderungen aufgrund des Klimawandels von bis zu 1000 km, wobei sich die Zentren durchschnittlich um 550 km nach Nordosten verschieben könnten. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass im Schnitt die zukünftigen Areale unter den angenommenen Klimaänderungen um 20 % kleiner sein werden als heute (HUNTLEY et al. 2007). Jedoch muss einschränkend gesagt werden, dass diese Ergebnisse von HUNTLEY et al. (2007) nur auf Szenarien von Temperaturänderungen basieren und nicht die ebenso wichtigen Landnutzungs- und Lebensraumbedingungen beinhalten. Für Zugvögel im Bodenseegebiet übersteigen nach neuesten Erkenntnissen allerdings die Auswirkungen des aktuellen Klimawandels bereits jene durch Landnutzung (LEMOINE et al. 2007).

In Deutschland konnten für verschiedene Vogelarten klimainduzierte phänologische Änderungen nachgewiesen werden (RABITSCH et al. 2010). HÜPPOP & HÜPPOP (2005) und HÜPPOP et al. (2008) fanden bei 23 Vogelarten eine deutliche Vorverlegung des Frühjahrsdurchzuges auf Helgoland von durchschnittlich 8,6 Tagen für die Jahre 1960–2007 (1,9 Tage pro Jahrzehnt). Die Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*) kommt heute sogar durchschnittlich fast 17 Tage früher auf Helgoland an als 1960 (HÜPPOP et al. 2008). Zusätzlich wurde bei 20 Vogelarten eine Verlängerung ihres Aufenthaltes im deutschen Brutgebiet von durchschnittlich 10,3 Tagen seit 1960 festgestellt (2,2 Tage pro Jahrzehnt; HÜPPOP et al. 2008). Seit 1960 konnten auch auf Helgoland Verschiebungen in den Artzusammensetzungen der Vogelzönosen aufgrund der Änderungen im Zugverhalten von abnehmenden durchziehenden Langstreckenziehern hin zu mehr Kurzstreckenziehern beobachtet werden (FIEDLER 2008, BAIRLEIN et al. 2009). Immer häufiger kommt es zu Beobachtungen, dass Arten den Winter im Gebiet verbringen, statt in den Süden zu ziehen (z. B. Weißstörche am Bodensee). BRAUNISCH (2008) erwartet Arealveränderungen und damit verbundene Bestandsrückgänge in Deutschland bei anhaltenden Klimatrends vor allem für kalt-stenotope bzw. an Hochlagen angepasste Arten wie z. B. den Auerhahn (*Tetrao urogallus*). Dahingegen konnten Bestandszunahmen z. B. beim Bienenfresser (*Merops apiaster*) oder dem Silberreiher (*Casmerodius albus*) beobachtet werden. Eine indirekte Gefährdung für Arten, z. B. über den Verlust von Biotopen, sehen BAIRLEIN & EXO (2007) vor allem für die gefährdeten Salzwiesen der Nordseeküste und deren Vogelzönosen.

7.2 Säugetiere

Als regulierender Faktor wirkt das Klima eher indirekt via Licht, Wärme oder Niederschlag auf Säugetiere. Nichtsdestotrotz gibt es eine Vielzahl an Hinweisen, dass Klimaänderungen Auswirkungen auf das Verhalten, die Verbreitung oder aber die Phänologie von terrestrischen, aber auch marinen Säugetieren haben können (z. B. INOUE et al. 2000, PAMPUS 2005, SIMMONDS & ISAAC 2007). So ist beispielsweise für die aus Südamerika stammende Nutria (*Myocastor coypus*), deren Bestände in Mitteleuropa vor allem durch strenge Winter reguliert werden, eine Bestandeszunahme zu erwarten. Ein Großteil der Ergebnisse betrifft jedoch Arten der nördlichen Breiten oder kalten Klimate (z. B. POST & FORCHHAMMER 2004, FORCHHAMMER et al. 2005, KUTZ et al. 2005, MACLEOD et al. 2005, LEVINSKY et al. 2007).

Beobachtete Auswirkungen, wie z. B. Verschiebungen in den Artzusammensetzungen von Kleinsäugerzönosen hin zu mehr thermophilen Arten sind aus der Schweiz und Italien bekannt (VOGEL et al. 2002, SZPUNAR et al. 2008). Die Arealerweiterungen der Flughörnchen (*Pipistrellus nathusii*) in Polen sind wahrscheinlich auch auf mildere Klimate zurückzuführen (SACHANOWICZ & CIECHANOWSKI 2006). Ein verkürzter Winterschlaf konnte bei Siebenschläfern (*Glis glis*) in Hessen und der Tschechischen Republik sowie auch bei Murmeltieren (*Marmota flaviventris*) in Nordamerika festgestellt werden (INOUE et al. 2000, PAMPUS 2005, ADAMIK & KRAL 2008). Phänologische Änderungen können außerdem auch indirekte Effekte des Klimawandels anzeigen. So wiesen ADAMIK & KRAL (2008) beim Siebenschläfer nach, dass das frühere Erwachen aus dem Winterschlaf aufgrund höherer Frühjahrstemperaturen zu einer höheren Abundanz der Art im Frühjahr und somit auch zu einem erhöhten Prädationsdruck auf Nester des Halsbandschnäppers (*Ficedula albicollis*) geführt hat. BRIGHT & MORRIS (1996) zeigten für eine andere hibernierende Art⁷, die Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*), dass schon geringfügige Klimaänderungen zu lokalen Gefährdungen von britischen Haselmauspopulationen führen können. LIOW et al. (2009) argumentieren etwas gegensätzlich und schätzen Arten, die Winterschlaf oder Torpor⁸ halten, als Profiteure des Klimawandels und der dadurch zu erwartenden steigenden Temperaturen ein. Über die Auswirkungen veränderten Winterschlafverhaltens bei den physiologisch ständig in einem engen Grenzbereich lebenden Fledermäusen ist sehr wenig bekannt. WEISE (2009) modellierte die Effekte des Klimawandels auf die Überwinterung von vier Fledermausarten in Deutschland und Europa (*Barbastella barbastellus*, *Myotis daubentonii*, *Myotis myotis* und *Pipistrellus pipistrellus*). Dabei fand die Autorin eine Reduktion des Energiebedarfs als Folge milderer Winter und prognostizierte eine nach Norden gerichtete Arealerweiterung für *B. barbastellus* von 600 km in den nächsten 60 Jahren.

In Deutschland gibt es generell nur sehr wenige Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die rezente Säugetierfauna. KOPPMANN-RUMPF et al. (2003) fanden z. B. eine Verschiebung des Endes des Winterschlafes bei Siebenschläfern in Hessen in den letzten 30 Jahren um durchschnittlich vier Wochen nach vorne. Dies führte aufgrund der dadurch höheren Schläferabundanzen im Frühjahr zu einer erhöhten Nestprädation bei einigen Singvogelarten. Für die beiden wandernden Fledermausarten Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und Flughörnchen (*Pipistrellus nathusii*) konnten in Ostbrandenburg in einer fast 30-jährigen Beobachtungsreihe frühere Erstbeobachtungen um vier bzw. zwei Wochen und um sechs bzw. vier Wochen verlängerte Aufenthaltszeiten festgestellt werden (SCHMIDT 2002). Basierend auf Modellierungen mit zu erwartenden Klimaänderungsszenarien projizieren LEVINSKY et al. (2007) einen starken Artenrückgang der Säugetiere vor allem in den Tieflandregionen Deutschlands. Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Fledermäuse ist 2010 ein NYCTALUS Themenheft erschienen (Band 15, Heft 2-3, z. B. OHLENDORF 2010).

Beobachtungen in Sachsen

Als Folge der Erwärmung und der daraus resultierenden Verlängerung der Vegetationsperiode (neun Tage seit 1960; KÜCHLER & SOMMER 2005) konnten unter anderem die thermophilen Weißzahnmausarten Hausspitzmaus (*Crocidura russula*) und die kleinere Gartenspitzmaus (*C. suaveolens*) ihre Areale deutlich nach Norden bzw. Nordwesten ausweiten (ZÖPHEL et al. 2009). Anzeichen für eine gestiegene Abundanz gibt es jedoch nicht (ZÖPHEL et al. 2009). Phänologische Veränderungen aus Sachsen sind bisher vom Siebenschläfer (*Glis glis*) bekannt. So hat sich die Aufwachphase dieser Art aufgrund der gestiegenen Frühjahrstemperaturen seit den letzten 30 Jahren in der Sächsischen Schweiz um ca. vier Wochen nach vorne verschoben

⁷ Hibernation ist die Überwinterung von Lebewesen im aktiven oder passiven Zustand (Letzteres bspw. als Winterschlaf, Winterruhe, Winterstarre)

⁸ Unter dem Torpor (lat. Erstarrung, Betäubung) versteht man einen physiologischen Schlafzustand einiger kleinerer Säugetier- und Vogelarten. Dabei werden Stoffwechsel- und Energieumsatzprozesse auf ein Minimum gesenkt. Die betroffenen Tiere sind vollkommen inaktiv und verharren in einem Zustand der körperlichen Starre. Reaktionen auf Außenreize finden in diesem Zustand kaum statt. Der Torpor dient den Tieren vor allem dazu, längere Zeiten des Nahrungsmangels oder Wassermangels zu überstehen, sie können so einige Tage bis mehrere Wochen ohne Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme überleben.

(BÜCHNER 2009). Weiterhin werden die guten Reproduktionserfolge der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) und des Großen Mausohrs (*Myotis myotis*) seit den 1990er-Jahren den höheren Frühjahrs- und Sommertemperaturen zugeschrieben (ZÖPHEL et al. 2009). Bei größeren Säugerarten wie Wildschwein (*Sus scrofa*) und Mufflon (*Ovis ammon*) konnten Veränderungen in der Reproduktionsbiologie beobachtet werden. Beim Wildschwein kann man seit der Zunahme milderer Winter vor allem im sächsischen Tiefland das ganze Jahr über Frischlinge beobachten (ZÖPHEL et al. 2009). Ähnlich wie beim Wildschwein werden beim Mufflon mitunter die Lämmer auch noch im Herbst geboren. Bezüglich gebietsfremder Arten haben sicherlich die milderen Winter die Etablierung z. B. des Nutrias (*Myocastor coypus*) auch außerhalb urbanisierter Areale ermöglicht.

7.3 Amphibien und Reptilien

Ihre wechselwarme, aquatische Lebensweise, die semipermeable Haut, die starke Abhängigkeit von feuchten Lebensräumen und die schalenlosen Eier machen Amphibien besonders sensibel gegenüber kleinen Änderungen des Temperatur- und Feuchtigkeitsregimes ihrer Lebensräume. Auch Reptilien sind sehr sensibel gegenüber Temperaturänderungen. Besonders bei Arten, deren Geschlechtsdifferenzierung temperaturabhängig ist, werden Auswirkungen vermutet (ARAUJO et al. 2006). Nichtsdestotrotz gibt es bisher vergleichsweise wenige Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Amphibien und Reptilien in den gemäßigten Klimaten und insbesondere in Europa. Ein Großteil der Ergebnisse basiert auf (Nischen-)Modellierungen (z. B. GIRARDELLO et al. 2010).

In Nordamerika und Großbritannien konnten von CORN et al. (2005) bzw. BEEBEE (1995) eine Veränderung der Brutphänologie von Amphibien hin zu einem früheren Erwachen aus der Winterruhe und damit ein früherer Brutbeginn aufgrund der steigenden Frühjahrstemperaturen festgestellt werden. So fanden beispielsweise READING (2007) bei den frühlaichenden Erdkröten (*Bufo bufo*) in England eine Reduktion der Fitness, die auf höheren Temperaturen während der Wintermonate basiert. Die Reduktion der Fitness war auf einen erhöhten Energieverbrauch der Tiere in den wärmeren Winterquartieren zurückzuführen, der zu einer deutlichen Abnahme der Reproduktionsleistung der Weibchen führte. Es wird weiterhin vermutet, dass gerade längere Trockenperioden und die Niederschlagsabnahme zur Gefährdung von Amphibienpopulationen beitragen können (ARAUJO et al. 2006). Indirekte Effekte wie Lebensraumverluste und der Rückgang von Beutetieren durch reduzierte Bodenfeuchte bzw. steigende Evapotranspiration werden von CORN et al. (2005) als mögliche Gefährdungsursachen für Amphibienpopulationen diskutiert.

Neben Arealverkleinerungen wurden aber auch schon Arealerweiterungen aufgrund gestiegener Frühjahrstemperaturen für Großbritannien nachgewiesen (HICKLING et al. 2006) und für weite Teile Europas durch Modellierungen prognostiziert (ARAUJO et al. 2006). Ist die Ausbreitung der Arten aufgrund der Landschaftszerschneidung nicht gewährleistet, wie es in der heutigen anthropogen geprägten Landschaft fast zwangsläufig für alle heimischen Amphibien und Reptilien anzunehmen ist, zeigen die Modelle Arealverluste bis zum Aussterben für fast alle untersuchten Arten in Europa (ARAUJO et al. 2006). So ist z. B. mit den gestiegenen Frühjahrstemperaturen die Ausbreitungsfähigkeit juveniler Waldeidechsen (*Lacerta vivipara*) in Süd-Frankreich in den letzten 16 Jahren stark zurückgegangen (MASSOT et al. 2008). Die Modelle der Autoren zeigten außerdem, dass die Überlebensfähigkeit von isolierteren, kleineren Teilpopulationen bedingt durch den Klimawandel einem erhöhten Aussterberisiko unterliegt (MASSOT et al. 2008). RÖDDER & SCHULTE (2010) zeigten mit Hilfe von Climate-Envelope Modellen, dass die potenzielle Verbreitung von *Ichthyosaura alpestris* (syn. *Triturus alpestris*, *Mesotriton alpestris*; Bergmolch) in Europa tendenziell abnimmt und sich nach Nordosten verschiebt. Auch in seinem südlichen Areal ist für den eher kaltstenothermen Bergmolch ein Arealverlust anzunehmen. In beiden Zukunftsszenarien (RÖDDER & SCHULTE 2010) wird zudem ein Arealverlust im französischen Tiefland modelliert. Die Autoren vermuten zukünftig eine erhöhte Austrocknungsgefahr für die vom Bergmolch als Laichhabitate genutzten, sich schnell erwärmenden oftmals temporären Kleinstgewässer. Inwieweit eine Arealverschiebung in nordöstliche Richtung stattfinden kann, bleibt unklar, zu groß sind die Unsicherheiten der Faktoren begrenzte Mobilität und Landnutzung (RÖDDER & SCHULTE 2010).

Diskutiert wird dagegen noch, ob die Ausbreitung des für das globale Amphibiensterben verantwortlichen pathogenen Pilzes *Batrachochytrium dendrobatidis* (verursacht Chytridiomycose) durch den Klimawandel verstärkt wird (CORN et al. 2005). Die zunehmende Bedeutung gebietsfremder Arten als weiterer Gefährdungsfaktor für die Vorkommen der Europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) ist aufgrund der zunehmenden Freilandreproduktionsnachweise z. B. der Rotwangenschmuckschildkröte (*Trachemys scripta elegans*) nicht auszuschließen (FICETOLA et al. 2009).

Bei ungehinderter Ausbreitung sind die größten Gewinne an Arten vor allem im Norden und den Mittelgebirgsregionen Deutschlands zu erwarten (ARAUJO et al. 2006). Bei den realistischeren Modellen mit limitierten Ausbreitungsmöglichkeiten zeigen sich die stärksten Arealrückgänge in den Flachlandregionen, besonders im Zentrum und im Osten Deutschlands.

7.4 Fische

Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässerökosysteme und aquatische Biozönosen sind vielschichtig und vermutlich komplexer als in terrestrischen Ökosystemen (ALLAN et al. 2005, MATULLA et al. 2007, RABITSCH et al. 2010). Neben den Auswirkungen durch veränderte Niederschlagsverteilungen und Extremereignisse beeinflusst auch eine Erhöhung der Wassertemperatur die Längsverbreitung der Arten innerhalb der Fließgewässer und die Lebenszyklen (z. B. ELLIOTT 2000, FICKE et al. 2007). Auf einen Temperaturanstieg reagieren die meisten aquatischen Organismen mit erhöhtem Metabolismus (Stoffwechsel), wodurch Sauerstoff- und Nahrungsbedarf steigen, wobei aber besonders der Sauerstoffgehalt im Wasser bei zunehmender Wassertemperatur sinkt. Darüber hinaus verkürzen sich auch die Reproduktionszyklen, was wiederum zu einer Entkoppelung der Räuber-Beute-Beziehungen führen könnte. Auch Areale der Arten würden sich bei Klimaänderungen aufgrund artspezifisch unterschiedlicher Toleranzbereiche und hydromorphologischer Ansprüche ändern. Temperaturanstiege könnten so z. B. zu Arealerweiterungen warm-stenothermer Arten führen. Auch eine strukturelle Veränderung des Lebensraums ist denkbar (z. B. durch Massenbestände aquatischer Vegetation; RABITSCH et al. 2010).

Die deutlichste Auswirkung des Klimawandels wird wahrscheinlich die steigende Wassertemperatur der marinen und v. a. der leichter erwärmbaren, flacheren Süßwasserbereiche sein. So sind Arten, die in Oberflächennähe leben bzw. pelagische Arten⁹ stärker betroffen. Wärmeangepasste Arten würden profitieren und kälteadaptierte Arten zurück gehen (EHRICH & STEIN 2005, BUISSON et al. 2008, HIDDINK & TER HOFSTED 2008, JEPPESEN et al. 2010). Wechselwirkungen, wie zum Beispiel die höhere Toxizität von Schadstoffen und Änderungen der Sedimentationsraten sind bei diesen projizierten Klimaänderungen zu erwarten (OSTENDORP et al. 2007).

BUISSON et al. (2008) fanden bei einer Untersuchung der Fischzönosen französischer Fließgewässer eine Reduktion geeigneter Habitats für kaltstenotherme Arten und eine Zunahme von Habitats für kühl- und warmstenotherme Arten. So stellten BUISSON & GRENOUILLET (2009) einen Gradienten innerhalb der französischen Fließgewässer fest: in den Rhytal-Abschnitten waren die Änderungen der Artengemeinschaften gravierender als in den Potamal-Abschnitten. In einem solchen Fall würden kälteadaptierte Arten flussaufwärts verdrängt (z. B. PERRY et al. 2005, ROSE 2005, HARI et al. 2006, RIJNSDORP et al. 2009). HARI et al. (2006) zeigten, dass die Forelle (*Salmo trutta*) in alpinen Flüssen mit steigenden Temperaturen in höher gelegene, kältere Bereiche wanderte. Dabei kam es zu einem häufigeren Auftreten einer temperaturabhängigen Nierenerkrankung bei dieser Fischart. ALLAN et al. (2005) erwartet auch für andere Tiergruppen typische Arealverschiebungen nach Norden, sofern eine Nord-Süd-Wanderung möglich ist. Die Wassertemperatur ist (neben der Stauhaltung und Unterbrechung der Kontinuität von Fließgewässern) auch für anadrome Arten entscheidend, weil der Beginn des Laichaufstiegs in der Regel temperaturabhängig ist.

Modellierungen sind im aquatischen Bereich jedoch ungleich komplexer und noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Daher gibt es aktuell nur sehr wenige Ergebnisse aus diesem Bereich. So sollte man das gesamte – mitunter sehr große – Einzugsgebiet des Gewässers berücksichtigen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf ein Fließgewässer beurteilen zu können. In einem globalem Modell wird prognostiziert, dass bei Flüssen mit abnehmenden Abflüssen 4–22 % der lokalen Fisch-Biodiversität aufgrund von steigendem Wasserverbrauch bis zum Jahr 2070 verschwindet (XENOPOULOS et al. 2005).

Auch die Erwärmung deutscher Gewässer ist bereits dokumentiert. Die Temperatur der Treene (Schleswig-Holstein) hat sich seit 1970 um ca. 2 °C erhöht (BRUNKE 2008), wobei die jahreszeitliche Ausprägung des Anstieges stark schwankt. Im April betrug der Anstieg durchschnittlich sogar ca. 4 °C, also rund 1 °C pro Jahrzehnt. FREYHOF (2009) sieht im Klimawandel eine der wichtigsten Gefährdungsursachen für Fische und schlägt vor, potenzielle Klima-Refugialräume zu identifizieren und diese mit aktuellen Arealen zu vernetzen. WIESNER et al. (2010) untersuchten mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf gebietsfremde Fische in Deutschland und Österreich.

⁹ Das Pelagial (gr. Meer) beschreibt den uferfernen Freiwasserbereich. Heimische, pelagisch lebende Süßwasserfische sind z. B. die Kleine und Große Maräne, Plötze, Ukelei, Binnenstint, Barsch oder der Zander.

In Sachsen hat das LfULG (Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe) in den letzten Jahren Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Wassertemperaturen und auf die biologischen Umweltqualitätskomponenten der Wasserrahmenrichtlinie durchgeführt (vgl. hierzu Teil 2, Kapitel 3.3.6).

7.5 Tagfalter

Wetter und Klima beeinflussen nahezu alle Aspekte der Ökologie von Tagfaltern, z. B. die Flugfähigkeit, Paarung, Eiablage und Larvalentwicklung (WICKMAN 2009). Aufgrund ihrer Temperatursensitivität und ihrer raschen Generationenfolge reagieren sie schnell auf sich ändernde klimatische Bedingungen (PARMESAN et al. 1999). Tagfalter sind zudem eine sehr gut erforschte Insektenordnung, über die detaillierte Erkenntnisse zur Biologie (BINK 1992), Verbreitung (KUDRNA 2002, REINHARDT et al. 2007) und Bestandsentwicklung vorliegen (DENNIS & SPARKS 2007, THOMAS et al. 2004, VAN SWAAY et al. 2008). **Aufgrund dieser Eigenschaften und Voraussetzungen eignen sich Tagfalter sehr gut, klimabedingte Effekte nachzuweisen.** Zu den bislang dokumentierten Phänomenen gehören vor allem Arealverschiebungen, veränderte Phänologien sowie Veränderungen der Ressourcenspezifität und der Ausbreitungsfähigkeit. Klimaeffekte können dabei direkt auf die Physiologie einer Art wirken oder aber auch indirekt, z. B. über die Beeinflussung der Verfügbarkeit und Qualität von Habitaten und Nahrungspflanzen.

Der Klimawandel wird meist dort sichtbar, wo temperatursensitive Arten an ihre Verbreitungsgrenzen stoßen. In Europa sind das die nördlichen und südlichen Verbreitungsgrenzen sowie jene entlang von Höhengradienten. Verschiebungen der nördlichen Verbreitungsgrenzen wurden zum Beispiel in Großbritannien (WARREN et al. 2001) und Finnland (PÖYRY et al. 2009) dokumentiert. Vor allem warme Winter führen dazu, dass sich südlich verbreitete Arten nach Norden ausbreiten können (PARMESAN et al. 1999). Doch auch die südlichen Verbreitungsgrenzen sind klimaempfindlich; ein Rückzug von Arten nach Norden wurde sowohl im Mittelmeerraum (THOMAS et al. 2006) als auch im Norden Großbritanniens (FRANCO et al. 2006) festgestellt. Ähnliche Verschiebungen von Artvorkommen wurden entlang von Höhengradienten beobachtet (FORISTER et al. 2010, WILSON et al. 2007). Die Phänologie von Tagfaltern wird stark von der Witterung beeinflusst (WILSON & ROY 2009) und zeigt daher entsprechend variable Muster zwischen den Jahren. Insbesondere die Temperatur bestimmt die Entwicklungsgeschwindigkeit und damit den Flugzeitpunkt (WILSON & ROY 2009). Erste umfassende Analysen von Monitoringdaten zeigen, dass sich die Flugzeit vieler Arten im Verlauf der letzten zwei Jahrzehnte nach vorn verschoben hat (ROY & SPARKS 2000, STEFANESCU et al. 2003). Dabei reagieren einzelne Arten jedoch sehr unterschiedlich (UKBMS 2008). Eine beschleunigte Entwicklung kann verschiedene Konsequenzen haben. Unter anderem kann sie zu einer Entkopplung mit der Phänologie der Wirtspflanze führen (VISSER & HOLLEMAN 2001) oder auch veränderte Beziehungen zu Mutualisten¹⁰ und Antagonisten zur Folge haben (SETTELE & KUHN 2009).

Neben der Entkopplung von Arten von ihren Ressourcen kann ein verändertes Klima auch die Erschließung neuer Ressourcen ermöglichen. So wurde z. B. gezeigt, dass einige Arten mit sich ändernden Temperaturen in der Lage sind, Wirtspflanzen in vorher ungeeigneten (kühlen) Habitaten zu nutzen (THOMAS et al. 2001) oder sogar auf alternative Wirtspflanzen zu wechseln (BRASCHLER & HILL 2007). Solche Möglichkeiten hängen jedoch stark vom Spezialisierungsgrad und der Mobilität einer Art ab. Die Ausweitung des Verbreitungsareals kann auch mit evolutionären Veränderungen innerhalb von Organismen einhergehen. So konnte z. B. gezeigt werden, dass Populationen des Waldbrettspiels (*Pararge aegeria*) an sich ausbreitenden Arealgrenzen ein höheres Dispersalvermögen¹¹ zeigen als etablierte Populationen im Zentrum der Verbreitung (HILL et al. 2006), was auf die Wirkung von Selektionsdrücken hinweist.

Der potenziell geeignete Klimaraum vieler Tagfalterarten wird sich, abhängig von der Zugrundelegung bestimmter Klimawandelszenarien, zum Teil erheblich ändern (Auswertungen für Sachsen vgl. Tabelle 50 in Teil 2). Eine umfassende Übersicht über mögliche Änderungen des Klimaraumes europäischer Tagfalter gibt der „*Climatic Risk Atlas of European Butterflies*“ (SETTELE et al. 2008). Neue Analyseansätze bei Tagfaltern beziehen auch die Interaktion zwischen Tagfaltern und ihren Wirtspflanzen oder andere Kriterien wie z. B. den Spezialisierungsgrad mit ein. So zeigten SCHWEIGER et al. (2008), dass der Klimawandel zu einer räumlichen Entkopplung des Natterwurz-Perlmutterfalters (*Boloria titania*) und ihrer Wirtspflanze, dem Schlangenknöterich (*Polygonum bistorta*) führen könnte, insbesondere bei einer eingeschränkten Ausbreitungsfähigkeit sowohl des Tagfalters als auch der Wirtspflanze. Ähnliche Analysen für 36 europäische Arten deuten an, dass bei vielen Arten eine stärkere Verkleinerung der realisierten Nische (realisiert durch die Anwesenheit der Wirtspflanze) als der fundamentalen Nische (ohne die Berücksichti-

¹⁰ Mutualismus bezeichnet eine Wechselbeziehung zwischen Lebewesen zweier Arten, aus der beide Partner Nutzen ziehen.

¹¹ Zerstreuungswanderung, die die Individuen von ihrem Geburtsort, beziehungsweise vom Ort der letzten Brut, wegführen (ausgelöst durch endogene Faktoren)

gung der Wirtspflanze) durch den Klimawandel zu erwarten ist (SCHWEIGER et al. 2012). Eine Risikoanalyse unter Einbeziehung multipler Kriterien für 100 europäische Arten verdeutlicht, dass der Klimawandel insbesondere solche Tagfalterarten negativ beeinträchtigen könnte, die ein geringes Ausbreitungsvermögen, einen hohen Spezialisierungsgrad sowie eine nördliche Verbreitung aufweisen (HEIKKINEN et al. 2010).

Ob eine Art einen neu entstandenen oder verschobenen Klimaraum tatsächlich besiedeln kann, hängt von einer Reihe an Faktoren ab. Zum einen müssen die notwendigen Ressourcen (z. B. Habitate, Wirtspflanzen) verfügbar sein, zum anderen ist die Ausbreitungsfähigkeit von entscheidender Bedeutung. Diese ist von Art zu Art sehr unterschiedlich. Während Wanderarten in der Lage sind, hunderte Kilometer zurückzulegen, sind andere Arten praktisch ortstreu.

Weitere Arbeiten zum Thema Tagfalter und Klimawandel wurden u. a. publiziert von PÖYRY et al. (2008); HARDY et al. (2010); KONVIČKA et al. (2010); PARSONS (2010); BONELLI et al. (2011); CORMONT et al. (2011); ROBINET et al. (2011).

Beobachtungen in Sachsen

Aus Sachsen sind derzeit keine Entwicklungen bekannt, die direkt auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Allerdings gibt es Arten, die eine Ausbreitungstendenz zeigen, die auch klimatische Ursachen haben könnte. So zeigt zum Beispiel der Große Feuerfalter (*Lycaena dispar*) eine stetige Erweiterung seines Areals in Sachsen (REINHARDT et al. 2007). Ähnliche Entwicklungen sind auch aus Süddeutschland bekannt (HERMANN & BOLZ 2003). Ebenso verhält es sich mit dem Kleinen Sonnenröschenbläuling (*Aricia agestis*), dem REINHARDT et al. (2007) eine Ausbreitung bescheinigen. Diese Art zeigt auch in anderen Gebieten Europas eine Erweiterung ihres Areals (THOMAS et al. 2001). Die Ausbreitung des thermophilen Segelfalters (*Iphiclides podalirius*) führen REINHARDT et al. (2007) auf die Zunahme geeigneter Habitate in den Bergbaufolgelandschaften zurück, wobei sich bei dieser Art eine Tendenz zur Ausbildung einer zusätzlichen Generation zeigt, die auch klimatische Ursachen haben könnte. Eine Analyse möglicher potenzieller Einwanderer infolge des Klimawandels nach Sachsen am Beispiel der Tagfalter findet sich in Teil 2, Kapitel 2.4.

7.6 Weichtiere

Vor allem Habitatveränderung und -verlust sind die Hauptgefährdungsursache für Weichtiere. Die Bedeutung des Klimawandels wird eher geringer eingeschätzt (CAMERON & KILLEEN 2001). Jedoch gibt es nur sehr wenige Untersuchungen über die möglichen Auswirkungen. So könnten mildere Wintertemperaturen ein vorzeitiges Beenden der Winterruhe und eine Entkoppelung mit dem Auftreten der bevorzugten Nahrung bewirken (RABITSCH et al. 2010). Wie oben für Fische ausgeführt, beeinflussen höhere Gewässertemperaturen den Lebenszyklus und die Längsverbreitung aquatischer Arten.

Auch in Deutschland ist wenig Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels auf diese Artengruppe bekannt. Es wird jedoch vermutet, dass veränderte Niederschlagsverhältnisse und steigende Temperaturen Quellen und Quellregionen besonders betreffen und sich negativ auf deren Bewohner (z. B. Quellschnecken) auswirken könnten (BUßLER 2007). Quellschnecken als kaltstenotherme Organismen reagieren besonders empfindlich auf Temperaturerhöhungen ihrer Lebensräume. Erhöht sich die Umgebungstemperatur, so erhöht sich auch die Temperatur des Quellwassers und gefährdet die Fortpflanzungsfähigkeit dieser Arten (BUßLER 2007).

7.7 Käfer

MÜLLER-MOTZFELD (2008) resümiert, dass bei der zu beobachtenden Veränderung der mitteleuropäischen Laufkäferfauna kaltstenotherme Arten sowie Salz- und Küstenarten betroffen sind. So zeigen beispielsweise arktisch-sibirische *Bembidion*-Arten in Deutschland rückläufige Bestandstrends oder deren Vorkommen gelten schon als erloschen. Von ähnlichen Dominanzverschiebungen innerhalb von Laufkäferzönosen berichtet HANDKE (2000) aus den Bremer Flussmarschen. Die Temperatur ist für die Entwicklung der Käfer als limitierender Faktor oft von entscheidender Bedeutung. So limitiert die Kältetoleranz der Larven des Eremiten (*Osmoderma eremita*) von ca. -10 °C die Besiedlung höherer Lagen. Dieser mäßig thermophile Käfer könnte demzufolge von einer Klimaerwärmung profitieren. Weitere thermophile Arten mit eurytopen Habitatansprüchen, die Bestandszunahmen vor allem in urbanen Bereichen zeigen, sind z. B. der Grüne Wacholderprachtkäfer (*Palmar festiva*) in Zierkoniferen (Thujen) und der Schmalflügelige Pelzbienenölkäfer (*Sitaris muralis*) in Mauerwerken (z. B. BRECHTEL & KOSTENBADER 2002,

LÜCKMANN 2006). Dürre bzw. längere Trockenheit könnte sich negativ auf das Wachstum der von manchen Käferlarven als Nahrung genutzten Pilze und somit auch negativ auf die Larvenentwicklung der Käfer auswirken (RABITSCH et al. 2010).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Laufkäferzönosen an den Küsten der Nord- und Ostsee unter Berücksichtigung einer Veränderung des Meeresspiegels und weiterer Parameter (z. B. Erosion, Sedimentation) wurden von DORMANN et al. (2008) modelliert. Dort werden unter anderem für die in RABITSCH et al. (2010) mit einem mittleren Risiko bewerteten Arten *Agonum monachum* und *Cicindela maritima* eine potenzielle östliche Ausbreitung bzw. ein Rückzug nach Norden prognostiziert (DORMANN et al. 2008). Generell haben Küstenlaufkäfer die Fähigkeit, bei ansteigendem Meeresspiegel in höhere Zonen auszuweichen (IRMLER et al. 2002). Indirekt könnte sich der Klimawandel auf Laufkäferzönosen über den Rückgang momentan besiedelter, selten vorkommender naturnaher Fichtenwaldstandorte außerhalb der Hochgebirge auswirken. Diese Lebensräume sind auf Höhenlagen oberhalb der Buchenstufe und kleinflächige Sonderstandorte beschränkt und sind aufgrund der zu erwartenden Temperaturerhöhung und Reduktion der Sommerniederschläge hochgradig gefährdet. In diesen Habitaten vorkommende hochspezialisierte Laufkäfer würden sich im Fall des Lebensraumverlustes in andere geeignete Lebensräume, wie Blockhalden und Fichtenmoore zurückziehen müssen (MÜLLER-KROEHLING et al. 2009).

Zu Beobachtungen in Sachsen gibt es nur sehr wenige konkrete Aussagen. Die Rote Liste der Laufkäfer Bayerns (LfU 2003) verzeichnet die auch in Sachsen vorkommende Art Hochmoor-Grubenhalsläufer *Patrobis assimilis* als eine u. a. durch den Klimawandel direkt bedrohte Art.

7.8 Spinnentiere

Das Vorkommen von standorttreuen Spinnen, die zu den wechselwarmen Arthropoden zählen, eignet sich gut als Indikator von Änderungen mikroklimatischer Bedingungen und der Vegetationsstruktur. Als Gefährdungsursachen für Spinnen werden in den Roten Listen daher auch vor allem Lebensraumverlust und -degradation genannt. Zahlreiche Meldungen von Arealerweiterungen häufig thermophiler Arten machen die Effekte des Klimawandels auf diese Artengruppe jedoch deutlich. So sei hier auf die Arealerweiterungen der mediterranen Wespenspinne (*Argiope bruennichi*), der Webspinne (*Zoropsis spinimana*), der amerikanischen Baldachinspinne (*Eperigone trilobata*) oder des Ammen-Dornfingers (*Cheiracanthium punctorium*) verwiesen (GUTTMANN 1979, HÄNGGI & BOLZERN 2006, KREUELS 2006, SACHER 1990). Jedoch vermutet KREUELS (2008), dass sich mit milderen Wintern die Bedingungen für Arten, die wie die Baldachinspinnen im Winter an Schneedecken und Temperaturen unter 0 °C angewiesen sind, sogar verschlechtern und es in dieser Gruppe womöglich zu Arealverkleinerungen kommen könnte. Außerdem treten mit neuen Arten auch neue Interaktionen mit vorhandenen Spinnen- bzw. Beute- oder Prädatorenarten auf. So ist bekannt, dass *Zoropsis spinimana* als Fraßfeind der heimischen Hauswinkelspinne (*Tegenaria domestica*) gilt.

7.9 Libellen

Für kaum eine Insektengruppe ist der Kenntnisstand der Verbreitung so gut dokumentiert. Trotz regionaler und bundeslandweiter Erhebungen fehlt bislang aber eine bundesweite Verbreitungsdarstellung. Diese Lücke soll demnächst durch die Herausgabe eines Verbreitungsatlas der Libellen Deutschlands geschlossen werden (<http://www.libellen-verbreitungsatlas.de>, Abfrage 23.04.2013). Für diese Artengruppe ist ein Themenheft zum Klimawandel erschienen (OTT 2010b). **Libellen eignen sich neben den Tagfaltern sehr gut als Indikatorgruppe für ein Klimawandel-Monitoring** (MCNEELY 2010).

Zahlreiche Arten haben in den letzten Jahren bereits in Deutschland und anderen europäischen Ländern durch Arealexpansion auf die Klimaerwärmung reagiert (OTT 2010a). Vor allem die Ausbreitung thermophiler und häufig mediterraner Arten nach Norden ist auch in Deutschland gut dokumentiert (z. B. OTT 2008, HICKLING et al. 2005). Andererseits sind die möglichen Verluste kalte-angepasster Arten (z. B. Arten von Moorstandorten höherer Lagen) durch den Klimawandel weniger gut nachweisbar und werden oftmals durch die Verschlechterung oder Zerstörung ihrer Habitate überlagert. So ist beispielsweise das Aussterben der borealen, an Moorstandorte gebundenen Kleinen Moosjungfer (*Leucorrhinia dubia*) in Großbritannien dem Habitatverlust zuzuschreiben, der aber vermutlich durch den Klimawandel verstärkt wurde (BROOKS 2001). Aber auch negative Auswirkungen der Klimaerwärmung sind schon erkennbar. So wird das Verschwinden der in der Schweiz seit 1990 verschollenen Zwerglibelle (*Nehalennia speciosa*) mit zwei außergewöhnlich warmen Sommern in Verbindung gebracht (GONSETH & MONNERAT 2003). In den Niederlanden und Flandern ist eine Zunahme thermophiler Arten erkennbar, während der Rückgang früher weit verbreiteter

Arten oder Arten mit Bindung an oligotrophe Gewässer vermutlich mehrere Ursachen hat (DE KNIJF 2008, TERMAAT et al. 2008). An Schwedens borealen Waldseen haben sich die Artenzusammensetzungen der Libellenzönosen in den letzten Jahren auch verändert (FLENNER & SAHLÉN 2008). Auf die Veränderung des Wasserhaushaltes der sogenannten Woogen (im Mittelalter angelegte Teiche) im Biosphärenreservat Pfälzerwald im besonders trockenen Jahr 2003 führt OTT (2008) die Änderungen der dortigen Libellenzönosen zurück. Spezialisierte Arten wurden durch euryöke Arten ersetzt.

Auch phänologische Änderungen bei den Libellenarten sind dokumentiert worden. In Großbritannien wurde zwischen 1960 und 2004 eine signifikante Verschiebung der Emergenzzeiten (Schlupf der Imagines) um 1,5 Tage pro Dekade oder 3,1 Tage pro Grad Temperaturanstieg festgestellt (HASSALL et al. 2007). Weiterhin konnten auch Erhöhungen der Generationenzahl (semivoltin => univoltin; univoltin => bivoltin¹²), frühere und spätere Flugzeiten und schnellere Larvalentwicklungen beobachtet werden (OTT 2000).

Beobachtungen in Sachsen

Die Libellen sind als verhältnismäßig artenarme Gruppe in Sachsen sehr gut dokumentiert. In der aktuellen Libellenfauna Sachsens (BROCKHAUS & FISCHER 2005) wird ein sehr guter Überblick über die Gruppe gegeben und auch das Thema Klimawandel aufgegriffen: „... Die Neunachweise (z. B. *A[nax]. ephippiger*, *O[rthetrum]. brunneum*, *S[ympetrum]. fonscolombii*) betreffen überwiegend südliche Arten. Südliche Arten, wie *E[rythromma]. viridulum* oder *L[estes]. barbarus* zeigen deutliche Ausbreitungstendenzen. Andererseits befinden sich einige sibirische Faunenelemente wie *C[oenagrion]. lunulatum* oder *N[ehalennia]. speciosa* in starkem Bestandsrückgang bzw. sind aktuell gar nicht mehr in Sachsen zu finden.“ (vgl. auch Teil 2, Kapitel 2.3.4). Weitere klimatisch bedingte Veränderungen erfahren die Libellen in Sachsen aufgrund der hydrologischen und trophischen Veränderungen in den Mooren (besonders in Tieflandsmooren), die über Sukzession und Verlandung die Entwicklungsgewässer und damit auch die Populationen von Libellen gefährden (GÜNTHER et al. 2006).

7.10 Gefäßpflanzen

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzen sind verhältnismäßig gut untersucht und sehr vielfältig. Im Folgenden sind dadurch auch nur zusammenfassende Ergebnisse beispielhaft aufgeführt.

Durch die Änderung klimatischer Bedingungen im Zuge des Klimawandels könnte die Verbreitung von Pflanzenarten starken geografischen Wandlungen und höhenzonalen Verschiebungen unterworfen sein (z. B. BAKKENES et al. 2002, THUILLER et al. 2005, POMPE et al. 2008, BÄSSLER et al. 2010, BERGMANN et al. 2010, SOMMER et al. 2010). Mit der gestiegenen globalen Mitteltemperatur haben sich u. a. in den letzten Jahrzehnten phänologische Aspekte (Beginn und Ende der Vegetationsperiode), aber auch andere so genannte bioklimatische Faktoren verlagert (SCHABER & BADECK 2005). Die rezente Veränderung bioklimatischer Bedingungen (z. B. Verringerung der Frosttage, weniger kalte Extreme; ALEXANDER et al. 2006, BADECK et al. 2008) zeigt deutliche Auswirkungen auf die Pflanzenwelt. So konnten in den verschiedensten Ökosystemen und Klimaregionen der Erde Trends in zeitlichen (Blühverhalten und Blattaustrieb) und räumlichen (Arealverschiebungen) Mustern festgestellt und eindeutig klimabedingten Veränderungen zugeordnet werden (u. a. PARMESAN & YOHE 2003, ROOT et al. 2003, LEUSCHNER & SCHIPKA 2004, WALTHER 2004, MENZEL et al. 2006, SPARKS et al. 2009). Die Mehrzahl dieser Beispiele zeigt Arealveränderungen an den Kältengrenzen der Verbreitungen, so z. B. an den nördlichen Ausläufern der Areale bzw. als vertikale Arealverschiebungen entlang von Höhengradienten. Während sich derartige pflanzengeographische Veränderungen in der Natur abzeichnen, bei denen klimatisch geeignete Gebiete für Pflanzen neu entstehen, d. h. diese dem Klima geografisch folgen, könnten andere Arten bei fortlaufendem Trend des Klimawandels lokal an die Grenzen ihrer Toleranz gegenüber Erwärmung oder Trockenheit gelangen.

Für Deutschland sind zahlreiche Belege der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora vorhanden, sowohl als Beobachtungen als auch Modellergebnisse mit Projektionen in die Zukunft. So könnte sich u. a. die Zusammensetzung von Artgemeinschaften, z. B. durch potenzielle Wanderung von aktuell gebietsfremden Arten in klimatisch passende Gebiete ändern (POMPE et al. 2008, siehe Abbildung 15). Letztere modellierten Arealveränderungen von 474 Pflanzen in Deutschland unter der Annahme einer starken Klimaänderung (mittlere Änderung der Temperatur +3,8 °C bis 2080) und fanden eine Reduktion gemeinsamer Artvorkommen pro Biotoptyp im Mittel um 24 % (±13 %). Die Artreaktionen variierten sowohl zwischen den Szenarien als

¹² Voltinismus ist ein Begriff aus der Insektenkunde und beschreibt die Zahl der jährlich vollendeten Generationen einer Art. univoltin = eine Generation pro Jahr; bivoltin = zwei Generationen pro Jahr; trivoltin = drei Generationen pro Jahr; polyvoltin = mit immer aufeinander folgenden Generationen z. B. in Gebieten ohne Jahreszeiten; semivoltin = die Vollendung einer Generation beansprucht länger als ein Jahr

auch den Biotoptypen, sodass der Verlust an potenziellem Verbreitungsgebiet in Deutschland von 18 % (± 14 %; für Arten der urbanen Gebiete bei moderater Klimaänderung $+2,2^\circ\text{C}$) bis zu 56 % (± 29 % für Arten montaner Gemeinschaften unterhalb der alpinen Zone bei $+3,8^\circ\text{C}$) reicht (POMPE et al. 2008).

Arealerweiterungen von thermophilen und frostempfindlichen Arten, wie der Stechpalme (*Ilex aquifolium*), der Lorbeerkische (*Prunus laurocerasus*), des Affen-Knabenkrautes (*Orchis simia*) oder des Meerfenchels (*Crithmum maritimum*) sind auch in Deutschland in den letzten Jahrzehnten zu verzeichnen gewesen (KREMER & WAGNER 2000, WALTHER et al. 2005, LÜBBERT et al. 2008, POMPE et al. 2009). POMPE et al. (2009) stellen zusammenfassend fest, dass die Einwanderungen bzw. Arealerweiterungen von Pflanzenarten in Deutschland momentan auffälliger erscheinen als der Rückgang von Arten, der sich vermutlich auch erst als Abundanzänderung zeigen würde. Auch für phänologische Änderungen gibt es zahlreiche Hinweise. Hierbei gibt es die stärksten Verschiebungen der Pflanzenentwicklung in den sehr frühen Frühlingsphasen. So hat sich die Forsythienblüte in Hamburg seit 1945 um etwa vier Wochen verfrüht (PAMPUS 2005). In Baden-Württemberg setzt die Blüte der Haselnuss (*Corylus avellana*) durchschnittlich 15 Tage, die Blüte des Schneeglöckchens (*Galanthus nivalis*) durchschnittlich fünf Tage und die Blüte der Forsythie (*Forsythia x intermedia*) im Schnitt neun Tage eher ein als im Zeitraum 1961-1990 (SCHRÖDER et al. 2007). Die Blattverfärbung der Stiel-Eiche und das Auflaufen des Winterweizens erfolgte zwischen 1991 und 1999 mit durchschnittlich fünf bzw. sechs Tagen ebenfalls deutlich früher als in den 30 Jahren davor (SCHRÖDER et al. 2007).

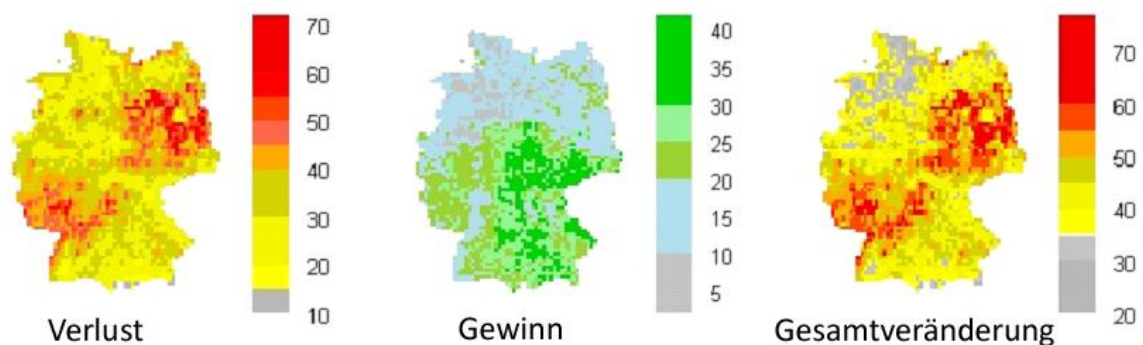


Abbildung 15: Modellierter Florenveränderung in Deutschland in % (nach POMPE et al. 2008)

basierend auf einem $+4^\circ\text{C}$ -Szenario bis 2080 (Referenzzeitraum 1961-1990) mit Daten von 845 Pflanzenarten und 2.995 Rasterzellen (Gesamtveränderung entspricht dem Artenumsatz, d. h. der Bilanz aus Artenverlust und -gewinn).

Beobachtungen in Sachsen

CHMIELEWSKI et al. (2004) konnten eindeutig zeigen, dass einige untersuchte Baumarten (z. B. Hänge-Birke *Betula pendula*, Stiel-Eiche *Quercus robur*) der natürlichen Vegetation als auch Obstgehölze und andere landwirtschaftliche Kulturen auf die rezenten Klimaveränderungen deutlich in ihrer Phänologie reagiert haben. Generell zeigten die Frühjahrsphasen den stärksten Trend zur Verfrüfung.

Mögliche zukünftige Entwicklungen in Sachsen

Der projizierte Anstieg der Lufttemperatur in Sachsen (MELLENTIN 2009) könnte zu einer Abnahme der Anzahl der jährlichen Frosttage und damit einer weiteren Verlängerung der frostfreien Zeit führen. Weiterhin könnte sich die temperaturabhängige Vegetationszeit gegenüber heutigen Zuständen nochmals um bis zu einen Monat verlängern, insbesondere in tieferen Lagen bis ca. 450 m NN (CHMIELEWSKI et al. 2004). Es ist anzunehmen, dass die Pflanzen auf die milder werdenden Winter mit einem zeitigeren Austrieb reagieren werden. Große Veränderungen der Eintrittstermine sind eher bei den frühen Phasen der Phänologie zu erwarten. So prognostizieren CHMIELEWSKI et al. (2004) für den Blühbeginn der Sal-Weide bis zum Jahr 2050 im Mittel eine Verfrüfung um 27 Tage und für die Blattentfaltung der Stachelbeere um 24 Tage. Zusätzlich zum vorhergesagten Anstieg der Sommertemperaturen wird auch die Zunahme der Trockenheit in Sachsen, z. B. in den Monaten März bis Mai, das Risiko des Trockenstresses für Pflanzen signifikant erhöhen.

FESKE (2006) weist in seiner Masterarbeit für ausgewählte Pflanzenarten (*Acer campestre*, *Cicerbita alpina*, *Galium sylvaticum*, *Lonicera nigra*, *Picea abies*, *Prenanthes purpurea*) mit Hilfe von Klimamodellen Gebiete aus, in welche die Arten potenziell ihre Areale ausweiten bzw. aus denen sich die Arten zurückziehen könnten. So sind z. B. für den Feld-Ahorn (*Acer campestre*) die Gebiete Nordwest- und Nordostsachsens, das Lösshügelland und die unteren Berglagen sowie das Elbtal mit seinen Randlagen Regionen, in denen der Feld-Ahorn aufgrund der zu erwartenden Klimaänderungen sein Areal ausweiten könnte (FESKE

2006). Für den Alpen-Milchlattich ergeben die Modelle, dass es nach 2060 mit Ausnahme der höchsten Berglagen Sachsens (Fichtelberggebiet) keine geeigneten Lebensräume mehr für diese Art geben könnte (Abbildung 16; FESKE 2006).

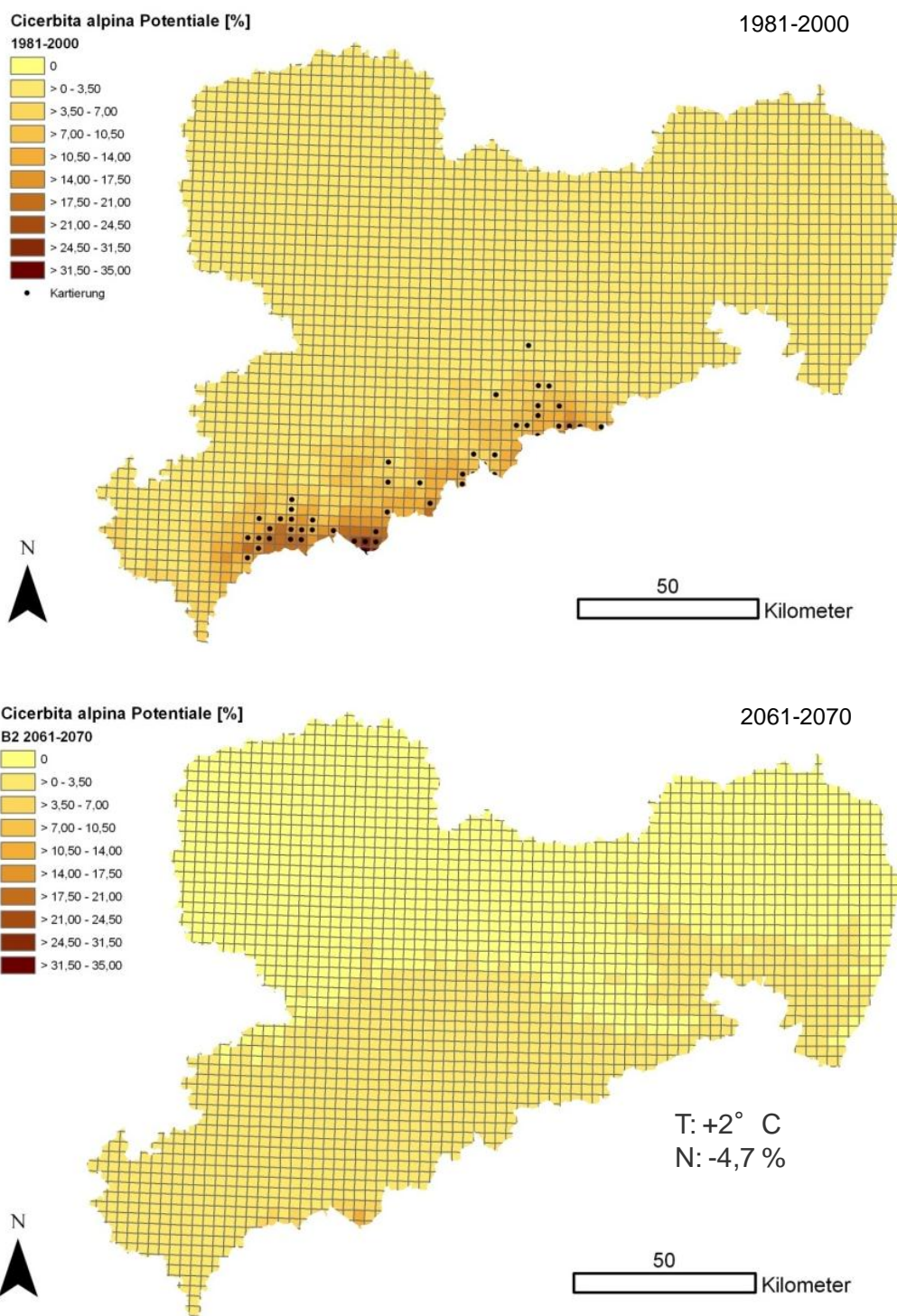


Abbildung 16: Kartiertes und modelliertes Vorkommen des Alpen-Milchlattichs (*Cicerbita alpina*) in Sachsen (nach FESKE 2006)

basierend auf dem B2 Szenario für den Zeitraum 2061-2070

7.11 Moose und Flechten

Moose sind poikilohydrische Pflanzen¹³ und haben aufgrund dessen ihre Hauptvegetationsperiode in den temperaten Breiten vor allem in den feuchteren und frostfreien Herbst- bis Frühjahrsmonaten. Es ist anzunehmen, dass Moose somit eher auf mildere Winter reagieren. Moose reagieren außerdem noch sensibler als die auch über Wurzeln versorgten Gefäßpflanzen auf Trockenperioden (GIGNAC 2001).

FRAHM (2003) zählt einige thermophile, meist südlich verbreitete Moosarten auf, die in den letzten Jahren nach Deutschland eingewandert sind bzw. sich dort an wärmebegünstigten Standorten etablieren konnten. In verschiedenen Arbeiten des Autors konnte gezeigt werden, dass Arealausweitungen, Neufunde etc. sich mit der Verschiebung der Isothermen für die Monate Dezember, Januar und Februar korrelieren ließen und statistisch signifikant mit früheren positiven Temperaturanomalien zusammenfielen (FRAHM 2003). Während 1980 nur elf Arten mit mediterranem bzw. atlantischem Arealtyp in Mitteleuropa bekannt waren, so waren es im Jahr 2000 schon über 30 (FRAHM & KLAUS 2000). Auch Höhenverlagerungen sind bei Moosen beobachtet worden. Das Lockige Gabelzahnmoos (*Dicranoweisia cirrata*) ist beispielsweise in den Vogesen in den letzten zehn Jahren von einer maximalen Fundhöhe von 450 m ü. NN auf 675 m ü. NN gewandert (FRAHM & KLAUS 2000). GIGNAC (2001) führt an, dass Effekte des Klimawandels bei Moosen viel eher z. B. am veränderten jährlichen Wachstum festgestellt werden könnten (Wachstum ist stark mit Niederschlag korreliert), bevor Arealverschiebungen nachweisbar sind. HOHENWALLNER et al. (2002) formulieren, dass ein Aussterben von Moosarten im Hochgebirge aufgrund der Klimaerwärmung, wie es bei höheren Pflanzen prognostiziert wird, zum gegenwärtigen Kenntnisstand noch nicht verifiziert oder falsifiziert werden kann.

Obwohl Flechten vorrangig als Indikatoren für Luftgüte bekannt sind, gibt es auch in diesem Taxon Veränderungen, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Im Rahmen eines Monitorings in den Niederlanden wurde festgestellt, dass der Anteil arktisch-alpiner bzw. boreo-montaner Flechten in den letzten Jahren abgenommen hat und verstärkt thermophile Arten eindringen (VAN HERK et al. 2002). Diese Veränderungen seit 1995 korrelieren eben nicht nur mit erhöhten Stickstoffwerten, sondern auch mit erhöhten Temperaturen. So dringen verstärkt in Holland sogar (sub)-tropische Arten (z. B. *Physcia tribacioides*, *Heterodermia obscurata*) ein. Auch für Deutschland gibt es solche Tendenzen. Beispiele sind die Ausbreitung von Arten, wie z. B. *Hyperphyscia adglutinata*, *Parmelia caperata* agg. oder *Parmelia soledians*, die eher einen mediterranen Verbreitungsschwerpunkt haben (DE BRUYN et al. 2009).

Wie komplex gerade die Reaktionen und Interaktionen epiphytischer Flechten mit klimatischen Bedingungen sind (z. B. NH₃- oder Temperatureinflüsse), zeigt eine Analyse von CEZANNE et al. (2008). Die Autoren zeigten, dass die 2007er-Version der VDI-Richtlinie „Kartierung von Flechten zur Indikation von lokalen Klimaverschiebungen“ auch Arten enthielt, welche die Anforderungen als Wärmezeiger nicht optimal erfüllten (*Caloplaca decipiens*, *Xanthoria calcicola*, CEZANNE et al. 2008).

Beobachtungen in Sachsen

Zu der thermophilen Moosart *Phascum leptophyllum* (FRAHM 2003) bemerkt MÜLLER (2004): "Verbreitung: Bislang sehr selten, die sehr leicht zu übersehende Sippe ist vermutlich in wärmebegünstigten Lößgebieten noch weiter verbreitet." Es ist wohl mit zunehmenden mittleren Temperaturen damit zu rechnen, dass sich diese Art wie an anderen Standorten in Deutschland auch in Sachsen ausbreiten wird. Weiterhin wird die Ausbreitung des Streifensternmooses (*Aulacomnium androgynum*), des Hübschen Goldhaarmooses (*Orthotrichum pulchellum*) und des neophytischen Mondbechermooses (*Lunularia cruciata*) in Sachsen der Klimaerwärmung zugeschrieben (schriftl. Mitteilung F. Müller; KIEBLING & STETZKA 1997, BORSODORF & MÜLLER 2002). Deutliche Rückgangstendenzen von Moosen mit montan-alpinem bzw. arktisch-borealem Vorkommensschwerpunkt werden in Sachsen momentan noch nicht beobachtet (schriftl. Mitteilung F. Müller).

7.12 Lebensräume

Nicht nur die Erfassung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, sondern vor allem der Einfluss auf Lebensräume und ganze Schutzgebiete als planerische Einheit spielt für den Naturschutz eine große Rolle. Veränderungen des Klimas wirken im biotischen, z. B. über Änderungen der Artengemeinschaften, aber auch im abiotischen Bereich, z. B. durch Änderung der Wasserverfügbarkeit. Dies kann in seinem Wirkungsgefüge auch Einfluss auf den Zustand von Lebensräumen haben. Bis-

¹³ Wechselfeuchte Pflanzen, die keine Einrichtungen zur Regulation der Aufnahme und Abgabe von Wasser besitzen.

her gibt es relativ wenige Beobachtungen in Mitteleuropa von Lebensraumveränderungen, die direkte Reaktionen auf die Klimaveränderungen sind.

Eine Methode zur Bewertung der Klimasensitivität von Lebensräumen ist die bioklimatische Modellierung auf der Basis sehr genauer Umweltdaten (z. B. NORMAND et al. 2007). Ein anderer Ansatz ist die Bewertung der Effekte des Klimawandels auf Lebensräume mit Hilfe von aus verschiedenen Bewertungsfaktoren zusammengesetzten Indikatoren (PETERMANN et al. 2007, siehe Kapitel 6.2.1; BEHRENS et al. 2009, siehe Kapitel 6.2.2). Darüber hinaus werden Lebensraumtypen hinsichtlich ihrer Klimasensitivität z. B. auch über die Feuchte- und Temperaturcharakteristika mit Hilfe von Ellenberg-Zeigerwerten der dort jeweils vorkommenden Pflanzenarten bewertet (SCHLUMPRECHT et al. 2005, siehe Kapitel 6.2.3). Darauf aufbauend sind in der vorgenannten Studie auch die direkten abiotischen Eigenschaften der Lebensräume und der zu erwartenden Reaktionen auf deren Erhaltungszustand bei Änderungen z. B. der Temperaturen und Wasserverfügbarkeit analysiert worden (weiter diskutiert für Sachsen in SLOBODDA 2007).

Trotz unterschiedlicher Ansätze charakterisieren beide Indikatorensysteme (PETERMANN et al. 2007 bzw. SCHLUMPRECHT et al. 2005) beispielsweise feuchtesensitive Moorbiotope als stark klimasensitiv bzw. stark durch die zu erwarteten Klimaänderungen (weniger Niederschlag, höhere Temperaturen, Verringerung der Klimatischen Wasserbilanz) gefährdet.

Aufgrund der Verfügbarkeit der Indikatoren, die sich zum großen Teil mit FFH-LRT beschäftigen, beschränkt sich die Auswahl und Bewertung klimasensitiver Lebensräume in Sachsen in Teil 1 nur auf die FFH-Lebensraumtypen (Referenzliste der LRT der FFH-Richtlinie (Anhang I) in Sachsen: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/natur/19273.htm>). Diese Auswahl ist jedoch auch auf Nicht-FFH-LRT ausweitbar, indem weitere Biotoptypen wie z. B. bestimmte Feuchtgrünlandtypen ergänzt werden. Die Ergänzung ist im FuE-Vorhaben erfolgt und in Teil 2, Kapitel 3.1.5 enthalten.

Voraussichtliche Entwicklungen in Sachsen

Tabelle 11: Voraussichtliche Änderung der klimatischen Wasserbilanz in ausgewählten Biotoptypen bis 2050 (aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)

Dargestellt sind für die Biotoptypen Moore, Teiche, Nasswiesen und naturnahe Laubwälder (ohne Auwälder), Auwälder und -gebüsche sowie Moor- und Bruchwälder der sächsischen Selektiven Biotopkartierung (SBK2) ihre Flächenanteile in Sachsen (in ha) in Bezug auf Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz (klassifiziert in sechs Klassen).

Biotoptypen	Gesamt	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
	Änderung mm/a	0 bis -20	-20 bis -40	-40 bis -60	-60 bis -80	-80 bis -100	-100 bis -120
Moore	2493 ha	42 ha	177 ha	1072 ha	601 ha	444 ha	157 ha
	100%	2%	7%	43%	24%	18%	6%
Teiche	12053 ha	145 ha	357 ha	3225 ha	1779 ha	4374 ha	2175 ha
	100%	1%	3%	27%	15%	36%	18%
Nasswiesen	6364 ha	302 ha	601 ha	2595 ha	1851 ha	732 ha	282 ha
	100%	5%	9%	41%	29%	11%	4%
Naturnaher Laubwald	1821 ha	14 ha	83 ha	850 ha	293 ha	385 ha	195 ha
	100%	1%	5%	47%	16%	21%	11%
Auwälder und -gebüsche	796 ha	28 ha	20 ha	385 ha	182 ha	109 ha	71 ha
	100%	4%	3%	48%	23%	14%	9%
Moor- und Bruchwälder	447 ha	0 ha	2 ha	161 ha	180 ha	67 ha	36 ha
	100%	0%	0%	36%	40%	15%	8%

Tabelle 11 zeigt beispielsweise, dass über 67 % der Moorbiotopflächen von Rückgängen der klimatischen Wasserbilanz von 40 bis 80 mm pro Jahr (Klassen 3 und 4) betroffen sind. Ca. 25 % aller Moor-Biotope liegen in Gebieten mit den beiden höchsten Rückgangsklassen der klimatischen Wasserbilanz.

8 Auswahl klimasensitiver Arten und Lebensräume

Vulnerabilität (Verwundbarkeit) umfasst die Aspekte Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Die Verwundbarkeit oder besondere Empfindlichkeit von Ökosystemen und ihren Arten gegenüber negativen Faktoren steht im Gegensatz zu ihrer Resilienz, also der Fähigkeit Störungen auszugleichen ohne ihre Funktion zu verlieren. Inwieweit Arten auf die Klimaveränderungen reagieren können (z. B. mit Arealanpassungen), hängt sowohl von der Verfügbarkeit geeigneter Habitats in für die Arten erreichbaren Entfernungen, als auch vom Ausbreitungspotenzial ab.

Generell haben Arten mit gutem Ausbreitungspotenzial in der relativ stark fragmentierten Landschaft Sachsens bessere Chancen, geeignete Standorte zu erreichen als ausbreitungsschwache Arten und sollten daher im direkten Vergleich weniger stark gefährdet sein. Aus diesen Gründen haben auch BEHRENS et al. (2009) bei der Einschätzung der Klimasensitivität der Pflanzenarten Nordrhein-Westfalens nicht nur die Reaktion auf die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen (Faktoren Temperatur, Feuchte, Ozeanität), sondern auch die Permeabilität der Landschaft bezüglich der Nährstoffsituation (Landschafts-Matrix, Dichte geeigneter Habitats) sowie das Mobilitätspotenzial der Arten (Faktoren biologisches Ausbreitungspotenzial, Strategietyp) berücksichtigt. Ähnlich fließen in die Bewertung von RABITSCH et al. (2010) die Nischenweiten der Arten ein. Eurytopen (Generalisten) und indifferenten Arten wird dabei ein größeres Anpassungspotenzial unterstellt als stenotopen Arten (an ganz bestimmte Habitatstrukturen gebundene Arten). Letztere schließen hier auch warm-stenotope Arten ein, die zwar oft (xero)thermophil sind, jedoch nicht unbedingt von einer Klimaerwärmung profitieren müssen. Diese Arten sind aufgrund der Stenotopie stärker gefährdet bei klimatischen Veränderungen als eurytopen Arten (z. B. durch Isolation ihrer Vorkommen). Das höchste Gefährdungsrisiko besitzen kalt-stenotope Arten, die gesondert bewertet wurden (RABITSCH et al. 2010). Arten nährstoffreicher Standorte mit gutem Ausbreitungspotenzial, die durch den Klimawandel gefährdet sein sollten, könnten eher ihre Areale verschieben und sich so der für sie negativen Temperaturerhöhung entziehen („ausweichen“). Sind jedoch Arten auf Magerstandorte spezialisiert (d. h. stenotop) und verfügen zugleich nur über ein geringes Ausbreitungspotenzial, so sind sie durch den Klimawandel besonders stark gefährdet (BEHRENS et al. 2009, RABITSCH et al. 2010). Arten, die in kleinen Arealen in klimasensitiven Zonen, also Regionen in denen die Effekte der zu erwartenden Klimaänderungen am größten sind, vorkommen, sind demnach stärker gefährdet als Arten mit größeren Arealen in verschiedenen bzw. unkritischen Biomen.

Entsprechend der Klimaszenarien für Sachsen (siehe Kapitel 5.2) ist aufgrund der projizierten Temperaturerhöhung und der ansteigenden Häufigkeit von ausgeprägten Hitze- und Dürreperioden im Sommer eine Ausbreitung xero(thermophiler) Arten und ein Rückzug bzw. Rückgang kälte-angepasster Arten zu erwarten. Zudem werden die ebenfalls milder werdenden Winter eine zusätzliche negative Wirkung auf solche kälteangepassten Arten haben. Diese Arten werden sich sehr wahrscheinlich in höher gelegene geeignete Habitats zurückziehen, soweit ein Ausweichen nach oben in den Gebirgen möglich ist, bzw. es kann im Falle von Lebensräumen auch zu einer Reduktion der Flächen kommen. Aufgrund der Änderung der Temperatur- und Feuchteverhältnisse kann es innerhalb von Lebensraumtypen zu Änderungen der Artzusammensetzung und der Konkurrenzverhältnisse kommen. Insbesondere stark wasserabhängige Moor-Lebensraumtypen wären davon betroffen (SCHLUMPRECHT et al. 2005).

8.1 Erste Arten- und LRT-Auswahl

Bei den Bewertungen des Einflusses des Klimawandels auf die Arten und Lebensräume wurde vor allem auf relevante Literatur, vorhandene Listen klimasensitiver Arten aus verschiedenen Indikatoren oder auf Expertenwissen zurückgegriffen. Dabei wurde versucht, die Bewertungen zu harmonisieren und vor allem aus der Überschneidung der Einzelergebnisse die wichtigsten relevanten Arten herauszuziehen.

Wenn nicht explizit in den folgenden Abschnitten zu den jeweiligen Taxa zusätzlich erklärt, wurden die Bewertungen aus verschiedenen taxaübergreifenden Klimasensitivitätsanalysen verwendet. Dabei wurden zum einen die Daten aus RABITSCH et al. (2010, verändert nach PETERMANN et al. 2007) genutzt, die im Zuge des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland“ des BfN entstanden sind (siehe Kapitel 6.2.5). Die für das Monitoring in Sachsen vorgeschlagenen Arten wurden hinsichtlich ihrer Klimasensitivitätsbewertung mit den Einstufungen in

SCHLUMPRECHT et al. (2010) abgeglichen. Dort wird ein indexbasierter Ansatz zur Abschätzung der Gefährdungsdiskposition von FFH-Tierarten Deutschlands vorgestellt. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Artengruppen der Käfer, Libellen und „sonstigen Arten“ (v. a. Großkrebse) die relativ höchste Gefährdungsdiskposition aufweisen, Säugetiere dagegen die relativ niedrigste. Dazwischen liegen Amphibien, Reptilien, Fische, Tagfalter und Weichtiere. Große Spannbreiten der Gefährdung weisen Fische, Reptilien, Säuger, Käfer, Weichtiere und Tagfalter auf, d. h. in diesen Artengruppen gibt es sowohl Einzelarten mit vergleichsweise hoher und solche mit niedriger Gefährdungsdiskposition im Klimawandel. Einen weiteren Hinweis auf klimasensitive FFH-Pflanzen- und -Tierarten, aber auch Lebensräume, lieferte die Auswertung der Gefährdungsdiskpositionen der FFH-Meldebögen (ETC/BD 2008, siehe Kapitel 6.2.6). Außerdem wurden die zusammenfassenden Bewertungen klimasensitiver Arten aus den Arbeiten bzw. Berichten zu Sachsen (SCHLUMPRECHT et al. 2005, siehe Kapitel 6.2.3) und zu Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009, siehe Kapitel 6.2.2) ausgewertet und eingearbeitet. Um Synergien mit dem vorhandenen FFH-Monitoring/SPA-Vogelmonitoring zu erreichen, wurden außerdem, wenn nicht schon durch andere Kriterien bewertet, alle FFH-Anhangsarten der Anhänge II, IV und V und alle in Sachsen natürlich vorkommenden Vogelarten im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 79/409/EWG (VRL; Vogelschutzrichtlinie Anhang I) mit einbezogen. Arten der RL-Kategorie 0 „verschollen“/„ausgestorben“ wurden nicht mit betrachtet, weil ein späteres Monitoring ein Nochvorhandensein der Arten in Sachsen voraussetzt. Die verwendeten, zum Projektbearbeitungszeitraum aktuellen Roten Listen Sachsens waren: Heuschrecken (KLAUS & MATZKE 2010), Bockkäfer (KLAUSNITZER 1994), Blatthorn- und Hirschkäfer (KLAUSNITZER 1995), Spinnen (TOLKE 1996), Gefäßpflanzen (SCHULZ 1999), Laufkäfer (GEBERT 2009), restliche Wirbeltiere (RAU et al. 1999), Fische und Rundmäuler (FÜLLNER et al. 2005), Libellen (GÜNTHER et al. 2006), Mollusken (SCHNIEBS et al. 2006), Tagfalter (REINHARDT 2007), Moose (MÜLLER 2008) und Flechten (GNÜCHTEL 2009).

Insgesamt wurden von allen sächsischen Arten 580 Gefäßpflanzen, 42 Moose, neun Flechten und 1.191 Tiere als klimasensitiv bewertet (digitale Tabelle liegt im LfULG vor).

8.1.1 Vögel

Die Vorkommen sächsischer Vogelarten sind vergleichsweise gut durch die verschiedenen Vogelkartierungsprogramme des Landes, des Bundes und des DDA (Dachverband Deutscher Avifaunisten) untersucht (z. B. Brutvogel-(Raster)Kartierungen, SPA-Kartierungen, Wasservogelzählungen). In Sachsen liegen daher für die Vögel sowohl sehr viele historische als auch aktuelle Daten vor (vgl. Teil 2, Kapitel 2.2.1). Insbesondere seit den 1970er-Jahren wurden sehr viele Daten auf Probeflächen bzw. landesweit erhoben. Hierzu zählen insbesondere die Daten der international/landesweit durchgeführten Wasservogel-, Gänse-, Kormoran- und Graureiherzählungen, der drei Durchgänge der flächendeckenden landesweiten Brutvogel(raster)kartierungen, der Daten aus der SPA-Ersterfassung und dem SPA-Monitoring sowie aus den Erfassungen des Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft. Neben diesen meist flächenbezogenen Daten sind für einige Arten (insbesondere Großvogelarten – z. B. Seeadler *Haliaeetus albicilla*, Weißstorch *Ciconia ciconia*, Wanderfalke *Falco peregrinus*) noch punktgenaue Daten zum jährlichen Vorkommen vorhanden.

Die Auswahl klimasensitiver Vögel erfolgte zusätzlich zu den im Kapitel 8.1 beschriebenen Bewertungskriterien aus RABITSCH et al. (2010) und BEHRENS et al. (2009), der VRL und RL mit Hilfe der Bewertungen des Klimaindikatoren aus GREGORY et al. (2009, siehe Kapitel 6.2.7).

8.1.2 Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Fische und Rundmäuler

Die Auswahl klimasensitiver Säugetiere, Amphibien und Reptilien sowie der Fische und Rundmäuler erfolgte mit den im Kapitel 8.1 beschriebenen Bewertungskriterien aus RABITSCH et al. (2010), BEHRENS et al. (2009), dem Bericht der EEA (ETC/BD 2008, siehe Kapitel 6.2.6) und mittels der Kategorisierung als FFH-Anhangsarten und dem Gefährdungsgrad der Roten Liste.

8.1.3 Tagfalter

Zur Einschätzung der Klimasensitivität der in Sachsen vorkommenden Tagfalterarten wurden vor allem drei Indikatoren verwendet.

1. Der erste Schritt war die Bewertung auf Basis des „*Climatic Risk Atlas of European Butterflies*“ (siehe Kapitel 6.2.4). Zunächst wurde geprüft, in welchem Maß die in Sachsen vorkommenden oder ehemals vorkommenden Arten auf der europäischen Ebene von Änderungen ihres Klimaraumes betroffen sein könnten. Eine direkte Übertragung dieser Risikoeinschätzung von der europäischen Skala auf die regionale Skala Sachsens ist jedoch nicht zulässig, weil die regionale Verbreitung einer Art von Arealveränderungen in anderen Teilen Europas nicht zwangsweise betroffen sein muss. Dies beträfe mit hoher Wahrscheinlichkeit solche Arten, deren Verbreitungszentrum Sachsen umfasst. Jedoch erlaubt die Betrachtung der europäi-

schen Risikoklassen nach SETTELE et al. (2008) erste Schlüsse darüber, ob eine Art überhaupt klimasensitiv ist und wie gut die gegenwärtige europäische Verbreitung durch Klimavariablen erklärt werden kann (siehe auch Tabelle 7).

2. Neben der Risikoklassifizierung von SETTELE et al. (2008) wurden auch die von BEHRENS et al. (2009; Kapitel 6.2.2) für Nordrhein-Westfalen sowie RABITSCH et al. (2010) für das Bundesgebiet getroffenen Einschätzungen betrachtet.

8.1.4 Weichtiere

Bei der Bewertung der zu erwartenden Reaktionen einzelner Arten auf prognostizierte Klimaänderungen sind neben den im Kapitel 8.1 beschriebenen Bewertungs- und Schutzkriterien auch ökologische Parameter wie Temperatur und Feuchtepräferenzen bzw. relevante Habitatbindungen mit eingeflossen (u. a. HARTENAUER 2008).

8.1.5 Gefäßpflanzen

Bei der Bewertung der zu erwartenden Reaktionen einzelner Arten auf prognostizierte Klimaänderungen wurden auch hier verschiedene Methoden angewandt. Außerdem ist es hier wichtig zu erwähnen, dass gerade bei der Vielzahl an Pflanzen und dem vorhandenen Wissen über die Arten und deren Verbreitung, die Artenauswahl dieser Gruppe unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse und Expertenwissen weiterhin veränderbar sein sollte.

1. Eine erste Bewertung erfolgte ähnlich wie bei SCHLUMPRECHT et al. (2005) mittels der Ellenberg-Zeigerwerte, wobei die Auswahl nur anhand der in diesem Zusammenhang relevanten Extremwerte der klimarelevanten Temperatur- und Feuchtezeigerwerte erfolgte (siehe Tabelle 12). Hierbei wurden die Arten als klimasensitiv eingestuft, die in ihren Temperaturansprüchen als Kälte- bis Kühle-, sowie als Wärme- bis extreme Wärmezeiger gelten (T 1-3 & 7-8). Diese sehr enge Umgrenzung der klimasensitiven Arten (enger als z. B. in SCHLUMPRECHT et al. 2005) wurde angewendet, um die Anzahl der Arten im Artenkorb gering zu halten und möglichst nur die am stärksten klimasensitiven Arten herauszufiltern. Für die Feuchteansprüche wurden nur Arten ausgewählt, die in ihren Feuchteansprüchen als Starktrockenheits- bis Trockenheits- und als Feuchte- bis Nässezeiger gelten (1-3 & 7-9). Auf die Auswahl von Wasserpflanzen bzw. Pflanzen stark wechselfeuchter Standorte (F 10-12) wurde für diese Artenauswahl verzichtet, weil vor allem Feuchteregimes durch anthropogene Eingriffe relativ schnell veränderbar und deren Folgen somit sehr schwer abschätzbar sind.

Die Verwendung der Ellenberg-Zeigerwerte sollte aber nur ein erster Hinweis sein und auf jeden Fall mit weiteren Kriterien verbunden werden. Die Zeigerwerte der Temperatur beruhen auf der Lage und Größe des Gesamtareals der Arten und stellen eine Art „Kennzeichnung der Jahresdurchschnittstemperatur“ im besiedelten Verbreitungsgebiet dar. Das ist aber in vielen Fällen problematisch. Arten mit relativ hohen Temperatur-Zeigerwerten könnten z. B. von milderen Wintern profitieren, wobei heiße Sommer dabei nicht unbedingt eine Rolle spielen würden. Hierzu gehören viele atlantisch verbreitete Sippen (z. B. *Ilex*). Arten mit submediterraner und mediterraner Verbreitung profitieren wiederum sowohl von milderen Wintern als auch wärmeren Sommern. Ein weiteres Beispiel sind einjährige, insbesondere auch kontinental verbreitete Arten. Diese brauchen hohe Keimtemperaturen im späten Frühjahr und hohe Sommertemperaturen (z. B. *Amaranthus*-Arten). Jedoch haben diese Taxa oft eine niedrige Temperaturzahl, weil ihr Areal weit in kontinentale Gebiete mit geringeren Jahresdurchschnittstemperaturen reicht. Die Aussage solcher Zeigerwerte kann die mitunter verschiedenen ökologischen Ansprüche über das gesamte Jahr hinweg in einem Wert oft nicht gänzlich abbilden und könnte bei einer alleinigen Nutzung als Kriterium zur Klimasensitivität zu falschen Schlüssen führen.

2. Ein zweiter Bewertungsansatz war die Verwendung der Gesamtbewertung aus der Klimasensitivitätsanalyse nach BEHRENS et al. (2009), übertragen auf die sächsischen Pflanzen. Aufgrund des zeitlichen Bearbeitungsrahmens im Projekt ist es aber nicht möglich gewesen, diese Bewertungskriterien in ihrer Komplexität direkt auf die sächsische Flora zu übertragen. Jedoch sind die Bewertungsunsicherheiten, die sich aufgrund der Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und Sachsen aus verschiedenen Gründen ergeben, eher als gering zu betrachten. Zum einen ist diese Bewertungsgrundlage nur eine von mehreren, aus deren Gesamtergebnis eine Liste mit möglichen klimasensitiven Pflanzenarten in Sachsen erstellt wurde. Zum anderen basiert die nordrhein-westfälische Bewertung vor allem auf allgemeinen Charakteristika der Arten, die unabhängig von ihren geografischen Fundpunkten sind. Aufgrund der zahlenmäßig großen Gruppe wurde an diesem Punkt die Artenauswahl auf die Arten beschränkt, die am stärksten klimasensitiv reagieren („-“ & „+“ nach BEHRENS et al. 2009).
3. Ein dritte Bewertung erfolgte für die Gefäßpflanzen durch die Experten Dr. Ingolf Kühn, Dr. Stefan Klotz (beide Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ) und Dr. Maik Denner (LfULG). Dabei wurden folgende Auswirkungen als Gründe für die mögliche Populationszunahme bzw. -abnahme bewertet: generelle Erwärmung, Sommerwärme, mildere Winter, Sommertrockenheit, Trockenheit allgemein (siehe dazu auch Punkt 1).

4. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Auswahlkriterien, die eingesetzt wurden, um klimasensitive Arten zu bestimmen, wurden in diesem Schritt auch solche Arten ausgewählt, die in Sachsen zu den arktisch-alpinen Florenelementen (z. B. *Homogyne alpina*) oder zu den Arten wärmebegünstigter Gebiete (z. B. *Acer campestre*) zählen.

Tabelle 12: Erklärung verwendeter klimarelevanter Zeigerwerte (nach ELLENBERG et al. 1992); verändert nach SCHLUMPRECHT et al. 2005)

Zeigerwert	Bedeutung nach Ellenberg	Artcharakterisierung
Feuchte - F	1: Starktrockenheitszeiger 2: zwischen 1 und 3 3: Trockenheitszeiger	an Trockenheit angepasste Arten
Feuchte - F	7: Feuchtezeiger 8: zwischen 7 und 9 9: Nässezeiger	an Nässe angepasste Arten
Temperatur - T	1: Kältezeiger 2: zwischen 1 und 3 3: Kühlzeiger	an Kälte angepasste Arten
Temperatur - T	7: Wärmezeiger 8: zwischen 7 und 9 9: extremer Wärmezeiger	an Wärme angepasste Arten

8.1.6 Moose und Flechten

Weil für diese Artengruppen keine Indikatoren bzw. Bewertungssysteme vorliegen, wurde hierbei auf Literaturangaben (z. B. FRAHM & KLAUS 2000, FRAHM 2003) und auf die Expertenmeinungen von Dr. Frank Müller (TU Dresden) und Dr. Maik Denner (LfULG) zurückgegriffen. Auf verbesserte Luftgüte hinweisende (und sich dadurch wieder ausbreitende) epiphytische Arten (z. B. *Orthotrichum spec.*, *Ulotia spec.*, *Ramalina spec.*, *Usnea spec.*) wurde weitgehend verzichtet und dafür schwerpunktmäßig Arten klimasensitiver Lebensräume ausgewählt (z. B. von Moorhabitaten oder montanen Lebensräumen).

8.1.7 Lebensräume

Die Auswahl klimasensitiver FFH-LRT basierte auf der Nutzung der Bewertungssysteme von PETERMANN et al. (2007, siehe Kapitel 6.2.1), den Angaben über die sächsischen FFH-LRT aus SCHLUMPRECHT et al. (2005; siehe Kapitel 6.2.3), aus den Meldungen der FFH-Meldebögen der EEA (ETC/BD 2008; siehe Kapitel 6.2.6) und aus den Bewertungen der FFH-LRT in Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009; siehe Kapitel 6.2.2).

8.2 Zweite Arten- und LRT-Auswahl

Die erste Artenauswahl erfolgte auf Basis der für verschiedene Taxa verfügbaren Informationen zur Klimasensitivität unter Zuhilfenahme der oben erwähnten unterschiedlichen Bewertungssysteme (siehe Kapitel 8.1).

Die Umsetzung eines Monitorings richtet sich nach verschiedenen Kriterien. Vor allem eine bearbeitbare, mit vorhandenen Mitteln beobachtbare Anzahl an Arten und Lebensräumen ist eine der Grundvoraussetzungen dafür. Aus diesem Grund musste die erste Artenauswahl reduziert werden. Diese Reduktion der umfangreichen Artenlisten erfolgte hauptsächlich unter Beachtung vor allem qualitativer Merkmale (z. B. Stärke der Klimasensitivität), aber auch unter Berücksichtigung von Aspekten der Datenverfügbarkeit und Praktikabilität.

Die nachfolgenden Artenlisten klimasensitiver, für ein Monitoring vorzugsweise in Frage kommender Arten sind nicht als endgültig anzusehen, sondern stellen eine Diskussionsgrundlage dar, die bei Vorliegen neuer Erkenntnisse ergänzt bzw. verändert werden kann.

Veränderungen sind aus den unterschiedlichsten Gründen im Zuge der direkten Einarbeitung in das zu erstellende Monitoringkonzept möglich. So ist es vor allem bei der Bewertung artenreicher Gruppen auf der einen Seite notwendig, objektive Kriterien (aus vorhandenen Bewertungssystemen) anzuwenden, um relativ schnell auf bearbeitbare Größen von Artenlisten zu kommen. Auf der anderen Seite ist es aber auch notwendig, sich den Einzelarten zuzuwenden, und diese unter artspezifischen ökologi-

schen, aber auch lokalen Aspekten zu betrachten. Mit der Bereitstellung der sächsischen Vorkommensdaten aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG MultiBaseCS hatten die Autoren erste Möglichkeiten, die Artenauswahl auch von der Verfügbarkeit von in diesem Zusammenhang verwendbaren Vorkommensangaben (v. a. Anzahl und Toleranz bzw. Genauigkeit der Fundpunkte) abhängig zu machen. Jedoch sind bei einigen Artengruppen (z. B. Amphibien und Reptilien) die Angaben zahlreich und sehr heterogen hinsichtlich der Toleranz und der Ortsbeschreibungen, sodass im Rahmen dieses Vorhabens noch keine genaueren tiefgründigeren Analysen möglich waren. Diese erfolgten im anschließenden FuE-Vorhaben, wo geprüft wurde, auf welchen bestehenden Monitoringflächen Sachsens die ausgewählten klimasensitiven Arten vorkommen oder sogar bereits gezielt in Monitoringprogrammen erfasst werden (s. Teil 2, Kapitel 3.4, 3.5 und 6.2). Die Daten aus der Zentralen Artdatenbank wurden, soweit es möglich war, verwendet, um eine erste Abschätzung ihrer Nutzbarkeit für die jeweiligen Taxa zu machen. Lücken im Bearbeitungsstand werden aufgezeigt. Ein Hauptkriterium für ein Monitoring sollte das Vorhandensein bekannter Vorkommen sein, an deren Entwicklung man Populationstrends ablesen kann. Aus diesem Grund wurden, soweit einsehbar, Arten ohne Vorkommensnachweise in Sachsen nicht in die Artenauswahl aufgenommen.

Die folgenden Punkte beschreiben die allgemeinen Schritte der Reduktion des Artenpools von der 1. zur 2. Artenauswahl. Für die jeweils wichtigsten Artengruppen sind diese Schritte nochmals detaillierter erklärt.

1. FFH-Arten und Arten der Vogelschutzrichtlinie (VRL), sofern sie als klimasensitiv bewertet wurden, wurden generell in den Artenpool mit aufgenommen. Die Einbindung klimasensitiver FFH-Arten über das laufende FFH-Monitoring stellt im gesamten zu erarbeitenden Konzept die wichtigste Säule dar.
2. Im nächsten Schritt wurden die Verbreitungsdaten der Arten und die Genauigkeitstoleranz dieser Angaben aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG für jede Artengruppe einzeln bewertet.
3. Der nächste Auswahlschritt orientierte sich an der Stärke der Klimasensitivität. Um eine bearbeitbare Artenanzahl zu erhalten, beschränkte sich die Auswahl in den meisten Fällen auf die klimasensitivsten Arten. Das heißt aber nicht, dass Arten, die weniger klimasensitiv sind, gleichzeitig aber Gegenstand des FFH-Monitorings oder anderer relevanter Erfassungsprogramme im Naturschutz sind, ausgeschlossen wurden (siehe Punkt 1). Sofern möglich, wurden dabei die verfügbaren Bewertungssysteme eingesetzt. Dabei wurden möglichst regionalisierte Bewertungen berücksichtigt. So wurden die Informationen aus Sachsen (SCHLUMPRECHT et al. 2005) denen aus Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009) oder Deutschland (RABITSCH et al. 2010) vorgezogen. Dann erst wurden die Bewertungen auf europäischer Skala der EEA (ETC/BD 2008) und von GREGORY et al. (2009) oder SETTELE et al. (2008) herangezogen.
4. Ein zusätzlicher Aspekt ist der Gefährdungsgrad nach den aktuellen sächsischen Roten Listen (Quellen siehe Kapitel 8.1), welcher bei der Auswahl der Arten und Lebensräume einen Einfluss hatte. So konnte es sein, dass z. B. Arten ausgeschlossen wurden, über die wenig bekannt ist („D“), oder naturschutzfachlich weniger relevante Arten der Kategorien „3“ und „V“ (als stärker gefährdete oder stark klimasensitive häufigere Arten) Dabei wurden z. B. gebietsfremde Arten, sofern sie nicht besonders relevant für das Monitoring sind, ausgeschlossen.

8.2.1 Vögel

Die Vorkommensdaten aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG sind in ihrer Genauigkeit (aus Gründen der Methodik der Vogelkartierungen) für alle Vogelarten ausreichend, um diese in ein Monitoring einzubinden. Es ist jedoch zu erwähnen, dass in der vorliegenden Version die Daten der laufenden Brutvogel-Kartierung (Erfassung von 2004-2007, einzelne Nachkartierungen 2010) noch nicht mit eingeflossen sind (mdl. Mitteilung LfULG).

Bei der Bewertung der Klimasensitivität der Vögel fiel vor allem auf, dass in den verschiedenen Bewertungssystemen keine Arten als extrem klimasensitiv bewertet wurden. Effekte der Landnutzung sind für die allermeisten Vögel immer noch als wichtigster Einfluss auf die Vorkommen und Häufigkeiten dieser Arten zu nennen. Nichtsdestotrotz gibt es einige wenige Arten, von denen bekannt ist bzw. vermutet wird, dass sie auf Klimaveränderungen reagieren. Aufgrund der im Gegensatz zum vorhandenen Wissen über das Vorkommen der Arten relativ geringen Anzahl an Informationen über deren Klimasensitivität wurde auch bei den Vögeln (ebenso wie bei einigen anderen Taxa) eine lokale Expertenmeinung (Michael Striese, LUTRA; Hendrik Trapp, LfULG) als Bewertungskriterium hinzugezogen. Dabei wurden Aspekte der lokalen Häufigkeit, Abundanzen, aber auch der jeweiligen artspezifischen Habitatbindung in Sachsen (z. B. an stark anthropogen überformte und genutzte Tagebaue oder Truppenübungsplätze) einbezogen. Vor allem sehr seltene Vogelarten lassen sich nur schwer erfassen, wenn nicht großflächige Gebiete regelmäßig überwacht bzw. begangen werden. Somit sind gerade solche seltenen (Gast)Arten, die keinen festen Brutplatz haben (im Gegensatz zu eher statischen Pflanzenpopulationen) für ein Monitoring ungeeignet. Weil die Einbindung vorhandener Monitoringsysteme eine Grundvoraussetzung ist, wurde versucht, Arten des Anhangs I der Vogelschutzrichtlinie

im Artenpool zu behalten. Jedoch sind die wenigsten dieser Arten als klimasensitiv bewertet worden bzw. aufgrund ihrer geringen Häufigkeit oder Gefährdung durch veränderte Landnutzung ungeeignete Arten für ein Klimafolgenmonitoring. Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien der vorläufig **nicht** weiter verwendeten Arten aufgeführt.

1. (LR (Lower Risk) in RABITSCH et al. (2010)) UND („0“ ODER „?“ in BEHRENS et al. (2009))
2. keinerlei Klimasensitivitätsinformation
3. („0“ in BEHRENS et al. (2009)) UND (kein RL-Status ODER RL V ODER RL 3)
Dies waren trotzdem oftmals Arten, die von GREGORY et al. (2009) als negativ bzw. positiv bewertet wurden (vgl. die Ausführung zum Kuckuck unten).
4. (LR in RABITSCH et al. (2010)) UND (RL 3 ODER RL V)
5. (keine Bewertung in BEHRENS et al. (2009) ODER RABITSCH et al. (2010)) UND (kein RL-Status)
6. alle RL 3 ODER alle ohne RL-Status
7. Experteneinschätzung (basierend auf den Hauptkriterien: Häufigkeit, Gefährdung durch Landnutzungsänderungen, spezifische Bindung an anthropogene Habitate).

Das Ergebnis dieses Auswahlsschrittes ergab neben drei Arten des Anhangs I der VRL noch acht weitere Vogelarten (siehe Tabelle 13 und Tabelle 36). Der Kuckuck (*Cuculus canorus*) wurde auch in die Liste mit aufgenommen, obwohl er nach den Ausschlusskriterien nicht dabei wäre. Diese Art zeigt auch in Deutschland vor allem aufgrund von klimatisch bedingten Desynchronisationsprozessen mit seinen Brutwirten deutliche Anzeichen für einen Rückgang. Außerdem ist diese Art leicht erkennbar (vor allem durch den Ruf), und das Beispiel in Bayern zeigte (siehe Kapitel 3.5), dass sich die Art gut in ein Phänologie-Monitoring einbinden lässt.

Tabelle 13: Auswahl klimasensitiver sächsischer Vogelarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

inkl. entsprechender Arten des Anhangs I der Vogelschutzrichtlinie; Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt

Artname (lat.)	Artname (dt.)	VRL
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Schilfrohrsänger	
<i>Alcedo atthis</i>	Eisvogel	VRL-Anh. I
<i>Cuculus canorus</i>	Kuckuck	
<i>Cygnus cygnus</i>	Singschwan	VRL-Anh. I
<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolan	VRL-Anh. I
<i>Gallinago gallinago</i>	Bekassine	
<i>Jynx torquilla</i>	Wendehals	
<i>Merops apiaster</i>	Bienenfresser	
<i>Saxicola torquata</i>	Schwarzkehlchen	
<i>Tringa ochropus</i>	Waldwasserläufer	
<i>Upupa epops</i>	Wiedehopf	

8.2.2 Säugetiere

Die Vorkommensdaten der Säugetiere aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG sind durch den kürzlich veröffentlichten Säugetieratlas sehr genau dokumentiert und hochaktuell (HAUER et al. 2009).

Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien der vorläufig **nicht** weiter verwendeten Arten aufgeführt. Die Artenauswahl erfolgte neben der Bewertung mit den oben beschriebenen Kriterien durch Expertenwissen (Dr. Marten Winter, Dr. Ulrich Zöphel) und Literaturangaben:

1. (RL 3 ODER V) UND („0“ ODER „+“ ODER „-“ nach BEHRENS et al. (2009)) – davon ausgenommen wurde der in Sachsen mit klimatisch bedingten phänologischen Änderungen bekannte Siebenschläfer (*Glis glis*)
2. (kein RL-Status) UND („-“ ODER „+“ nach BEHRENS et al. (2009))
3. Experteneinschätzung, basierend auf Häufigkeiten, Machbarkeit der Nachweisführung (v. a. bei Fledermäusen ist der reine Detektornachweis nicht immer sicher). Die Alpenspitzmaus (*Sorex alpinus*) ist seit 2002 in Sachsen nicht wieder nachgewie-

sen worden. Sie ist zwar aufgrund ihrer sehr engen Bindung an Gebirgslagen hoch klimasensitiv, doch kann sie nach gegenwärtigem Kenntnisstand aufgrund der unklaren Populationsgröße vorerst nicht in das Monitoring mit aufgenommen werden.

Das Einbeziehen der im Zuge des FFH-Monitorings bearbeiteten Arten steht auch bei dieser Gruppe, vor allen bei den Fledermausarten, im Vordergrund. Im Entwurf des FFH-Monitoringkonzeptes (LfULG Abteilung 6 2010, S. 71) wird darauf verwiesen, dass bei den in Sachsen vorkommenden Anhang II- bzw. Anhang IV-Säugerarten (Luchs *Lynx lynx*, Wildkatze *Felis silvestris*, Teichfledermaus *Myotis dasycneme*, Nymphenfledermaus *Myotis alcathoe*) sich das Monitoring auf eine kontinuierliche Datensammlung durch Abfrage aller verfügbaren Quellen und ein darauf basierendes Expertenvotum beschränkt. So werden von den in Sachsen vorkommenden 20 Fledermausarten im geplanten Feinmonitoring gemäß den Vorgaben des Bundeskonzeptes über Ausflugszählungen bzw. Zählungen in/an Wochenstubenquartieren 15 Arten und in den Winterquartieren drei Arten erfasst (Details siehe LfULG Abteilung 6 2010, S. 88). Weiterhin werden noch Arten wie der Wolf (*Canis lupus*) oder der Biber (*Castor fiber*) durch das FFH-Feinmonitoring erfasst (LfULG Abteilung 6 2010). Generell ist jedoch zu vermerken, dass Landnutzungsveränderungen vorrangige Gefährdungsgründe für Säugetiere sind. Terrestrische Säugetiere sind aufgrund ihrer Ökologie und Habitatnutzungen generell weniger klimasensitiv als andere Taxa, z. B. Amphibien, Insekten. Obwohl die Daten der FFH-Arten zur Verfügung stehen würden, macht es aus Sicht der Autoren beim momentanen Stand des Wissens keinen Sinn, die z. T. weniger klimasensitiven, sondern stark durch Landnutzungswandel oder aufgrund (ehemaliger) Verfolgung durch den Menschen bedrängten terrestrischen Arten (z. B. Wildkatze *Felis silvestris*, Wolf *Canis lupus*, Feldhamster *Cricetus cricetus*) mit aufzunehmen. Im Gegensatz zu diesen Arten wurden die drei Weißzahnspitzmausarten (Feldspitzmaus *Crocidura leucodon*, Hausspitzmaus *Crocidura russula* und Gartenspitzmaus *Crocidura suaveolens*) mit aufgenommen, weil es für sie, gerade in Sachsen am Arealrand, und aus anderen Regionen wie z. B. Polen, Anzeichen für klimabedingte Arealveränderungen gibt (siehe auch Kapitel 7.2). Die Fledermäuse wurden vor allem durch Dr. Ulrich Zöphel eingehend bewertet und auf die klimasensitivsten und für ein Monitoring geeignetsten Arten reduziert.

So verbleiben neben den ausgewählten Fledermäusen noch sechs weitere Arten im Artenpool. Es ergibt sich für die Säugetiere eine Artenauswahl von 15 Arten, wobei neun FFH-Anhangsarten sind (siehe Tabelle 14 und Tabelle 37).

Tabelle 14: Auswahl klimasensitiver sächsischer Säugetierarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Crocidura leucodon</i>	Feldspitzmaus	
<i>Crocidura russula</i>	Hausspitzmaus	
<i>Crocidura suaveolens</i>	Gartenspitzmaus	
<i>Glis glis</i>	Siebenschläfer	
<i>Muscardinus avellanarius</i>	Haselmaus	FFH IV
<i>Neomys anomalus</i>	Sumpfspitzmaus	
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus	FFH IV
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügel-Fledermaus	FFH IV
<i>Myotis daubentonii</i>	Wasserfledermaus	FFH IV
<i>Myotis myotis</i>	Großes Mausohr	FFH II/IV
<i>Nyctalus noctula</i>	Großer Abendsegler	FFH IV
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	FFH IV
<i>Plecotus austriacus</i>	Graues Langohr	FFH IV
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Kleine Hufeisennase	FFH II/IV
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarb-Fledermaus	FFH IV

8.2.3 Amphibien und Reptilien

Amphibien und Reptilien stellen mit ihrer Ökologie und vor allem ihren Habitatansprüchen die Wirbeltiergruppen dar, die von den Auswirkungen des Klimawandels (insbesondere Temperatur und Feuchtigkeitsregime) am meisten betroffen sein werden. Aus diesem Grund werden vorerst alle FFH-Arten im Artenpool belassen. Bezüglich der Arten des FFH-Anhangs V vermerkt das zur Projektbearbeitungszeit verfügbare FFH-Monitoringkonzept: „Bei der Untersuchung des Kleinen Wasserfrosches sind Präsenzkontrollen zum Vorkommen der Anhang V-Arten Teichfrosch und Seefrosch mit vorgesehen, da das keinen erheblichen Mehraufwand bedeutet. Ähnliches ist bei den Untersuchungen zum Springfrosch sowie zum Moorfrosch vorgesehen, bei denen zumindest teilweise der Grasfrosch als Art des Anhangs V ohne nennenswerten Mehraufwand mit auf Präsenz geprüft werden kann.“ Demzufolge werden auch die Anhang V-Arten mit in den Artenpool einbezogen. Die Vorkommensdaten aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG sind für diese Taxa relativ gut, vor allem aufgrund der Kartierungsarbeiten im Zuge des Amphibienatlases (ZÖPHEL & STEFFENS 2002) bzw. Reptilienatlases (in Arbeit). Jedoch ist zu bemerken, dass die Verbreitungshinweise der Arten *Anguis fragilis*, *Natrix natrix*, *Vipera berus*, *Salamandra salamandra*, *Lacerta vivipara* bisher nur Zufallsfunde bzw. Beibeobachtungen sind, weil diese Arten bisher in keinem Monitoring-Programm kontinuierlich erfasst werden (mdl. Mitteilung Iris John). Für die Östliche Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) gibt es momentan keine belegten Nachweise in Sachsen. Der Fadenmolch (*Lissotriton helveticus*) ist für ein Monitoring zu selten und wird auch nur als Beifund zufällig mit aufgenommen. Die Mauereidechse als Neozoon wird hier vorerst auch nicht mit aufgenommen, obwohl diese Art vom Klimawandel profitieren könnte (RÖDDER & SCHULTE 2010).

Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien der vorläufig **nicht** weiter verwendeten Arten (ausgenommen der FFH-Arten) aufgeführt:

1. keinerlei Klimasensitivitätsinformationen ODER „0“ nach BEHRENS et al. (2009)
2. Expertenmeinung (Iris John LfULG) & Literaturhinweise

Obwohl die Erdkröte (*Bufo bufo*) nach diesen Kriterien nicht ausgewählt wurde, ist sie genau wie der Bergmolch (*Ichthyosaura alpestris*) aufgrund der Experteneinschätzung und Literaturhinweisen auf Klimasensitivität (siehe Kapitel 7.3) in den Artenpool mit eingeflossen. Weiterhin ist es möglich, die Daten der Erdkröten aus den laufenden Amphibienzaunkontrollen (B4-Monitoring) zu erhalten. Die Nachweisdaten des Bergmolches werden bisher zum größten Teil aus der Miterfassung beim Kammolchmonitoring generiert.

Generell ergibt sich eine Auswahl von 19 sächsischen Amphibien- und Reptilien-Arten, wobei 14 FFH Anhangsarten (II, IV und V) sind (siehe Tabelle 15 und Tabelle 38).

Tabelle 15: Auswahl klimasensitiver sächsischer Amphibien- und Reptilienarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Anguis fragilis</i>	Blindschleiche	
<i>Bombina bombina</i>	Rotbauchunke	FFH II/IV
<i>Bufo bufo</i>	Erdkröte	
<i>Bufo calamita</i>	Kreuzkröte	FFH IV
<i>Bufo viridis</i>	Wechselkröte	FFH IV
<i>Coronella austriaca</i>	Glattnatter	FFH IV
<i>Hyla arborea</i>	Laubfrosch	FFH IV
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	Bergmolch	
<i>Lacerta agilis</i>	Zauneidechse	FFH IV
<i>Natrix natrix</i>	Ringelnatter	
<i>Pelobates fuscus</i>	Knoblauchkröte	FFH IV
<i>Rana arvalis</i>	Moorfrosch	FFH IV
<i>Rana dalmatina</i>	Springfrosch	FFH IV
<i>Rana kl. esculenta</i>	Teichfrosch	FFH-V

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Rana lessonae</i>	Kleiner Wasserfrosch	FFH IV
<i>Rana ridibunda</i>	Seefrosch	FFH-V
<i>Rana temporaria</i>	Grasfrosch	FFH-V
<i>Triturus cristatus</i>	Kammolch	FFH II/IV
<i>Vipera berus</i>	Kreuzotter	

8.2.4 Fische und Rundmäuler

Zum Zeitpunkt des Endberichtes lagen den Autoren die Verbreitungsangaben der Fischarten noch nicht als Datenbank vor. Jedoch wurden die Vorkommen mit Hilfe des Fischatlasses (FÜLLNER et al. 2005) verglichen und hinsichtlich der Verwendbarkeit in einem Monitoring bewertet.

Im vorliegenden FFH-Monitoring Entwurf ist für sieben Fischarten und zwei Rundmaularten des Anhangs II der FFH-Richtlinie ein Feinmonitoring geplant. Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien der vorläufig **nicht** weiter verwendeten Arten (ausgenommen der verbliebenen FFH-Arten) aufgeführt:

1. (RL 3 ODER V ODER kein RL-Status) UND (0 ODER „+“ ODER „-“ nach BEHRENS et al. (2009)).
Bei diesen Arten handelt es sich oft um Nutzfische, deren Klimasensitivität häufig nicht feststellbar ist, weil Referenzgebiete ohne Bewirtschaftung der entsprechenden Fischarten fehlen.
2. Weil die FFH-Arten schon fast alle der stärker klimasensitiven Fischarten in den verwendeten Bewertungen beinhalten, wurden im letzten Schritt nur noch die zusätzlichen stark klimasensitiven Arten einbezogen, die nicht in der FFH-Richtlinie aufgeführt sind: nach BEHRENS et al. (2009) „++“ ODER „--“
3. Literatursauswertung & Experteneinschätzung (Malte Dorow, IGB - Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Rostock sowie Matthias Pfeifer vom Referat Fischerei des LfULG). Von den FFH-Arten weisen jeweils zwei Arten keine (Bitterling *Rhodeus amarus*, Stromgründling *Romanogobio belingi*) bzw. eine sehr geringe Klimasensitivität (Steinbeißer *Cobitis taenia*, Flussneunauge *Lampetra fluviatilis*) auf. Alle vier genannten Arten sind in Sachsen sehr selten bzw. vom Aussterben bedroht. Zusätzlich sind vor allem die Gewässerzustände und hier insbesondere die Habitatänderungen aufgrund von baulichen Eingriffen Gefährdungsursachen. Diese Arten sind daher für ein Monitoring – obwohl gefährdet – weniger geeignet. Außer den in der Tabelle genannten Anhang II-Arten ist für ein Monitoring auch noch die klimasensitive kaltstenotheurme Europäische Äsche (*Thymallus thymallus*) als Anhang V-Art geeignet. Allerdings sind die Bestände der Äsche seit Mitte des Jahrzehnts in Sachsen stark zurückgegangen, was eine genauere Prüfung der Entwicklung der Artverbreitungsdaten vor der Verwendung dieser Art notwendig macht (schriftl. Mitteilung Pfeifer). Die Anhang V-Art Barbe (*Barbus barbus*) ist stärker durch die Bebauung in den Flussoberläufen gefährdet als durch den Klimawandel. Diese Art wurde bei BEHRENS et al. (2009) und RABITSCH et al. (2010) als nicht klimasensitiv bewertet. Somit fällt auch diese Art aus dem Artenpool. Die sächsischen Bestände des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) sind noch nicht selbsttragend und werden durch Besatzmaßnahmen stetig gestärkt. Aufgrund dessen sind Trends in Populations- und Arealentwicklungen schwer abschätzbar und machen diese Art für das Monitoring ungeeignet. Der Bitterling (*Rhodeus amarus*) ist sehr stark an das Vorhandensein von Muscheln als Eiablageplatz angewiesen. Viele Muschelarten jedoch sind heutzutage stark durch Verschmutzungen und Eingriffe in die Gewässerstruktur gefährdet. Diese Art wurde deshalb und weil sie auch nicht als klimasensitiv bewertet wurde (s. o.) aus dem Artenpool genommen. Der Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*) kann aufgrund seiner Lebensweise temporäre Austrocknung und erhöhte Temperaturen seines Lebensraumes ertragen und macht diese sehr robuste Art für ein Klimafolgenmonitoring ebenfalls eher ungeeignet. Die Eignung der Bachforelle (*Salmo trutta f. fario*) ist vor allem auf Wassertempertursensitivität dieser Art zurückzuführen. Die Art ist einer der wichtigsten und charakteristischen Fließgewässerfische in Sachsen (schriftl. Mitteilung Pfeifer).

Somit ergibt sich für die Fische und Rundmäuler eine Artenauswahl aus sieben Arten, wovon vier FFH-Anhangsarten (II und V) sind (siehe Tabelle 16 und Tabelle 39).

Tabelle 16: Auswahl klimasensitiver sächsischer Fisch- und Rundmaularten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Alburnus alburnus</i>	Ukelei	
<i>Aspius aspius</i>	Rapfen	FFH II
<i>Cottus gobio</i>	Groppe	FFH II
<i>Lota lota</i> ¹⁴	Quappe	
<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	FFH V
<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	FFH II
<i>Salmo trutta f. fario</i>	Bachforelle	

8.2.5 Libellen

Nach einer vorläufigen Prüfung der Vorkommenspunkte aus der Zentralen Artdatenbank des LfULG zeigte sich, dass auch in dieser Artengruppe ein Großteil der Fundpunktangaben ausreichend genau ist, um die Arten in den Artenpool mit aufzunehmen. Gerade auch die Arbeit an der Libellenfauna Sachsens (BROCKHAUS & FISCHER 2005) hat sicherlich zur Steigerung der Qualität und Quantität der Nachweise beigetragen. Die Auswahl der klimasensitiven Libellen erfolgte auch hier unter Einbeziehung der FFH-Arten (Anhänge II bzw. IV). Bei der Auswahl wurde neben objektiven Kriterien auch die Expertenmeinung von Michael Striese (Büro Lutra) und die sächsische Literatur genutzt.

Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien, die zum vorläufigen Artenpool geführt haben (ausgenommen in den Artenpool aufgenommener FFH-Arten), aufgeführt:

1. Es wurden alle Arten im Artenpool belassen, für die nach BEHRENS et al. (2009) die stärksten positiven Reaktionen prognostiziert werden (++).
2. Alle Arten mit „0“ ODER „?“ nach BEHRENS et al. (2009) UND ohne ODER positiver Bewertung in SCHLUMPRECHT et al. (2005) wurden entfernt.
3. Alle Arten mit einer geringen positiven (+) oder geringen negativen (-) Reaktion nach BEHRENS et al. (2009) wurden entfernt.
4. Alle Arten ohne Bewertung nach BEHRENS et al. (2009) UND NICHT „negativer“ Bewertung nach SCHLUMPRECHT et al. (2005) wurden entfernt.
5. Alle Arten ohne Klimasensitivitätsbewertung wurden entfernt.
6. Laut Literatur zeigt die Mond-Azurjungfer (*Coenagrion lunulatum*) als sibirisches Faunenelement in Sachsen und dem restlichen Verbreitungsgebiet aufgrund der Klimaerwärmungen Rückzugstendenzen (GÜNTHER et al. 2006). Daher erschien es sinnvoll, diese Art mit ihrem Verbreitungsschwerpunkt im Raum Görlitz mit aufzunehmen.
7. Die Blauflügel-Prachtlibelle (*Calopteryx virgo*) ist derzeit gerade in Sachsen vor allem aufgrund der Verbesserung der Wasserqualität in Ausbreitung, sie ist aber auch schwach klimasensitiv (SCHLUMPRECHT et al. 2005) bis indifferent (BEHRENS et al. 2009) bewertet worden. Diese Art wurde auch aus dem Artenpool entfernt.
8. Für die Grüne Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*) und die Sibirische Winterlibelle (*Sympecma paedisca*) gibt es keine ausreichend gesicherten Nachweise in Sachsen. Aus diesem Grund fallen die beiden FFH-Arten aus dem Artenpool.

Daraus ergibt sich eine Artenauswahl von 17 Libellenarten, wovon sieben FFH-Anhangsarten sind (s. Tabelle 17, Tabelle 40).

¹⁴ Die Quappe wurde vom Referat Fischerei des LfULG als in Sachsen vom Aussterben bedrohte Art wegen ihrer momentanen Seltenheit als nur bedingt geeignet für das Monitoring eingeschätzt (schriftl. Mitteilung Pfeifer).

Tabelle 17: Auswahl klimasensitiver sächsischer Libellenarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Aeshna affinis</i>	Südliche Mosaikjungfer	
<i>Aeshna subarctica</i>	Hochmoor-Mosaikjungfer	
<i>Brachytron pratense</i>	Kleine Mosaikjungfer	
<i>Coenagrion lunulatum</i>	Mond-Azurjungfer	
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Helm-Azurjungfer	FFH II
<i>Coenagrion ornatum</i>	Vogel-Azurjungfer	FFH II
<i>Crocothemis erythraea</i>	Feuerlibelle	
<i>Gomphus flavipes</i>	Asiatische Keiljungfer	FFH IV
<i>Lestes barbarus</i>	Südliche Binsenjungfer	
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Östliche Moosjungfer	FFH IV
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	Zierliche Moosjungfer	FFH IV
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	Große Moosjungfer	FFH II/IV
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Grüne Keiljungfer	FFH II/IV
<i>Somatochlora alpestris</i>	Alpen-Smaragdlibelle	
<i>Sympetrum flaveolum</i>	Gefleckte Heidelibelle	
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Frühe Heidelibelle	
<i>Sympetrum meridionale</i>	Südliche Heidelibelle	

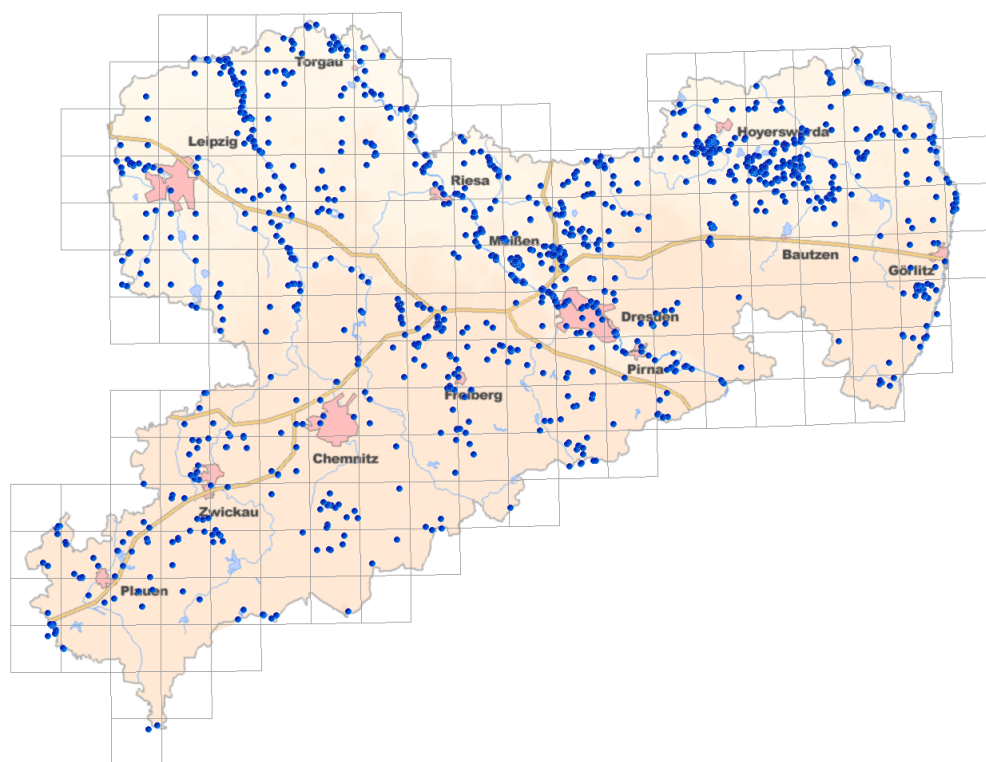


Abbildung 17: Punktgenaues Vorkommen der ausgewählten 17 sächsischen klimasensitiven Libellenarten
(Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG; siehe Tabelle 17; Datenstand 11.5.2010; alle Fundpunkte seit 1990)

8.2.6 Tagfalter

Das wichtigste Kriterium für die Auswahl von Arten für das Monitoring ist deren Klimasensitivität. Beim Vergleich der Ergebnisse der Risikoklassifizierung von SETTELE et al. (2008) mit den von BEHRENS et al. (2009) getroffenen Einschätzungen werden zum Teil deutliche Unterschiede sichtbar. Zum Beispiel projizieren SETTELE et al. (2008), dass der Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*) den größten Teil seines Klimaraums in Europa verlieren könnte. Hingegen stufen RABITSCH et al. (2010) die Art in eine mittlere Risikokategorie ein, während diese von BEHRENS et al. (2009) als nicht klimasensitiv angesehen wird. Die unterschiedlichen Einschätzungen spiegeln sowohl methodische Unterschiede als auch die Betrachtung unterschiedlicher räumlicher Skalen wieder. Keine der erwähnten Arbeiten ist auf das Gebiet Sachsens zugeschnitten. Da die Modellierungen der klimatischen Nische bei SETTELE et al. (2008) auf Rasterdatenbasis erfolgte, war es jedoch möglich, zu berechnen, ob und in welchem Umfang sich der potenzielle Klimaraum für jede Art auf der Skala Sachsens verändert. Aufgrund des geeigneten räumlichen Bezugs wurden die Ergebnisse dieser Analyse in den folgenden Auswahlritten vorrangig behandelt. Die Basis für die Berechnung bildete das ALARM-Klimaszenario GRAS, welches annähernd dem Klimawandelszenario A1FI des IPCC entspricht und von einem sehr schnellen wirtschaftlichen Wachstum unter Nutzung fossiler Energieträger ausgeht. Die Kalkulation erfolgte auf der Basis eines Rasters mit der Größe von $10' \times 10'^{15}$. Als Bezugszeitraum wurde 2051-2080 gewählt. Sowohl das Klimawandelszenario als auch der Bezugszeitraum wurden so gewählt, um die stärksten möglichen Veränderungen der Klimaräume herausarbeiten und eine robuste Abschätzung etwaiger Auswirkungen auf die in Sachsen lebenden Tagfalterarten treffen zu können. Mit wenigen Ausnahmen konnten die Berechnungen für alle Tagfalterarten durchgeführt werden, die in der aktuellen Checkliste (REINHARDT 2007) aufgeführt werden. Allerdings wurden solche Arten nicht behandelt, die in Sachsen als ausgestorben gelten (Rote Liste Kategorie 0) oder aufgrund ihrer nur historischen oder sporadischen Vorkommen in der Roten Liste nicht bewertet wurden (Rote Liste Kategorie „nb“).

Für insgesamt 98 der rezent in Sachsen vorkommenden Tagfalterarten konnten die oben beschriebenen Analysen durchgeführt werden. Davon sind voraussichtlich 90 Arten von Veränderungen ihres Klimaraums betroffen. Dabei muss für die meisten Arten sowohl mit Verlusten als auch mit Zugewinnen an Klimaraum gerechnet werden. Das heißt, innerhalb von Sachsen könnte es zu Arealverschiebungen kommen. Betrachtet man die prozentualen Nettoverluste bzw. -gewinne, so wird deutlich, dass für die meisten Arten die Verluste überwiegen. Insgesamt 71 Arten würden einen Nettoverlust ihres potenziellen Klimaraums erfahren. Dagegen würde es für 8 Arten keine Veränderungen geben und 17 Arten würden von einem Nettogewinn an Klimaraum profitieren. Die Werte für die einzelnen Arten sind in Tabelle 41 im Anhang enthalten.

Im nächsten Schritt wurde eine handhabbare Anzahl an Arten für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität ausgewählt. Dabei kamen folgende Kriterien zur Anwendung:

1. FFH-Arten (wenn klimasensitiv) wurden grundsätzlich im Artpool behalten
2. Alle Arten, für die eine Veränderung von weniger als 20 % ihres potenziellen Klimaraums zu erwarten ist, wurden aus der Liste entfernt
3. Arten, die von SETTELE et al. (2008) in der Kategorie „potential risk-PR“ (Tabelle 7) geführt werden, wurden aus der Liste entfernt. Die gegenwärtige Verbreitung dieser Arten lässt sich nur ungenügend durch Klimavariablen erklären. Daher sind die Modellierungen der zukünftigen Klimaräume dieser Arten mit großen Unsicherheiten behaftet.
4. Arten, die aufgrund praktischer oder taxonomischer Gründe nicht für ein Monitoring geeignet sind, wurden aus der Liste entfernt. Es handelt sich entweder um Arten, die im Gelände nicht unterscheidbar sind (z. B. *Leptidea reali* und *Leptidea sinapis*) oder um Arten, die einem Artkomplex zuzuordnen sind (z. B. *Pontia medusa* und *Pontia daplidice*) (vgl. hierzu auch die Aktualisierung der Liste der für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität in Frage kommenden Arten in Teil 2, Kapitel 3.1.1).

Daraus ergibt sich eine Auswahl von 47 Arten, von denen vier FFH-Arten sind (siehe Tabelle 18 und Tabelle 41). Die hohe Anzahl an Arten relativiert sich, wenn man bedenkt, dass viele dieser Arten im schon existierenden Tagfaltermonitoring mit erfasst werden, allerdings nur sechs Arten auf mindestens 30 TMD-Transekten (vgl. Teil 2, Kapitel 3.5.8).

¹⁵ Geografische Minuten. Die Breitenminuten (also die Strecke, die die Nord-Süd-Ausdehnung der Rasterzelle beschreiben) sind immer konstant 1,85 km. Die Längenminuten (beschreiben die Ost-West-Strecke) variieren vom Äquator zum Nordpol. In Deutschland betragen sie ungefähr 1,2 km. Eine $10' \times 10'$ -Rasterzelle hat also eine ungefähre Größe von 12 km x 18,5 km.

Tabelle 18: Auswahl klimasensitiver sächsischer Tagfalterarten, welche für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Aglais urticae</i>	Kleiner Fuchs	
<i>Apatura ilia</i>	Kleiner Schillerfalter	
<i>Apatura iris</i>	Großer Schillerfalter	
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Schornsteinfeger	
<i>Araschnia levana</i>	Landkärtchenfalter	
<i>Argynnis adippe</i>	Feuriger Perlmutterfalter	
<i>Argynnis aglaja</i>	Großer Perlmutterfalter	
<i>Argynnis paphia</i>	Kaisermantel	
<i>Boloria aquilonaris</i>	Hochmoor-Perlmutterfalter	
<i>Brenthis ino</i>	Mädesüß-Perlmutterfalter	
<i>Carterocephalus palaemon</i>	Gelbwüfelfiger Dickkopffalter	
<i>Coenonympha glycerion</i>	Rotbraunes Wiesenvögelchen	
<i>Coenonympha tullia</i>	Großes Wiesenvögelchen	
<i>Colias crocea</i>	Wander-Gelbling	
<i>Colias palaeno</i>	Hochmoor-Gelbling	
<i>Cupido minimus</i>	Zwerg-Bläuling	
<i>Erebia ligea</i>	Weißbindiger Mohrenfalter	
<i>Erebia medusa</i>	Rundaugen-Mohrenfalter	
<i>Euphydryas maturna</i>	Eschen-Scheckenfalter	FFH II/IV
<i>Hesperia comma</i>	Komma-Dickkopffalter	
<i>Hipparchia semele</i>	Ockerbindiger Samtfalter	
<i>Hipparchia statilinus</i>	Eisenfarbener Samtfalter	
<i>Iphiclides podalirius</i>	Segelfalter	
<i>Issoria lathonia</i>	Kleiner Perlmutterfalter	
<i>Limnitis camilla</i>	Kleiner Eisvogel	
<i>Limnitis populi</i>	Großer Eisvogel	
<i>Lycaena alciphron</i>	Violetter Feuerfalter	
<i>Lycaena dispar</i>	Großer Feuerfalter	FFH II/IV
<i>Lycaena hippothoe</i>	Lilagold-Feuerfalter	
<i>Lycaena tityrus</i>	Brauner Feuerfalter	
<i>Lycaena virgaureae</i>	Dukaten-Feuerfalter	
<i>Maculinea nausithous</i>	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV
<i>Maculinea teleius</i>	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV
<i>Maniola lycaon</i>	Kleines Ochsenauge	
<i>Melanargia galathea</i>	Schachbrettfalter	
<i>Melitaea athalia</i>	Wachtelweizen-Scheckenfalter	
<i>Nymphalis antiopa</i>	Trauermantel	
<i>Nymphalis io</i>	Tagpfauenauge	
<i>Plebeius optilete</i>	Hochmoor-Bläuling	
<i>Polyommatus amandus</i>	Vogelwicken-Bläuling	
<i>Polyommatus coridon</i>	Silbergüner Bläuling	
<i>Polyommatus semiargus</i>	Rotklee-Bläuling	
<i>Satyrium pruni</i>	Pflaumen-Zipfelfalter	
<i>Satyrium w-album</i>	Ulmen-Zipfelfalter	
<i>Scolitantides orion</i>	Fetthennen-Bläuling	
<i>Scolitantides schiffermuelleri</i>	Östlicher Quendel-Bläuling	
<i>Thecla betulae</i>	Nierenfleck-Zipfelfalter	

8.2.7 Käfer

Nach einer vorläufigen Prüfung der umfangreichen MultiBaseCS Daten der Zentralen Artdatenbank des LfULG zu den Vorkommen der Coleopteren scheint es so, dass es sehr detaillierte Fundbeschreibungen der Arten gibt, auch wenn sehr oft keine Toleranzwerte der Fundgenauigkeit angegeben waren. Die Auswahl der klimasensitiven Coleopteren erfolgte auch hier unter Einbeziehung der FFH-Arten (Anhänge II bzw. IV). Alle Anhangsarten sind zumindest nach dem Bewertungsmaßstab aus RABITSCH et al. (2010) als mittel bis hoch klimasensitiv bewertet worden. Die Gruppe der Käfer ist besonders artenreich und auch in der vorläufigen Auswahl eine verhältnismäßige artenreiche Gruppe geblieben. Dennoch ist vor allem durch die gut bearbeitete Gruppe der Laufkäfer sehr viel Wissen über Vorkommen und ökologische Ansprüche vorhanden, um dieses Taxon auch in ein Klimafolgenmonitoring mit einzubinden.

Das FFH-Feinmonitoring der FFH-Anhang II-Arten sieht für einige dieser Arten sogar noch Erweiterungen des bisherigen Monitorings vor (LfULG Abteilung 6 2010, S. 83ff.). So gibt es beim Hochmoor-Laufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) und dem Hirschkäfer (*Lucanus cervus*) noch Unklarheiten über die Ursachen und Zusammenhänge von Populationsrückgängen der letzten Jahre. Die Datenerfassung für diese relativ seltenen Arten ist demzufolge im Zuge des FFH-Monitorings gewährleistet.

Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien, die zur Artenauswahl geführt haben, benannt:

1. Alle Arten mit „-“ in BEHRENS et al. (2009) UND *HR* UND die FFH-Arten mit *MR* in RABITSCH et al. (2010) bleiben im Artenpool als am stärksten klimasensitiv bewertete Arten bzw. naturschutzfachlich wichtige Arten, die schon in einem Monitoring aufgenommen werden (FFH-Arten).

Arten mit folgenden Merkmalen entfallen aus dem Artenpool:

2. keinerlei Klimasensitivitätsangaben
3. „0“ in BEHRENS et al. (2009)
4. (kein RL Status) UND (keine Bewertung außer in BEHRENS et al. 2009)
5. keine Angaben aus RABITSCH et al. (2010) ODER BEHRENS et al. (2009) UND kein RL Status
6. (kein RL Status) UND (keine Angaben aus BEHRENS et al. 2009) UND (keine Angaben in SCHLUMPRECHT et al. 2005).
7. (keine Angaben in RABITSCH et al. 2010) UND (keine Angaben in SCHLUMPRECHT et al. 2005)
8. Als letzter Schritt, um die Artenanzahl zu minimieren, wurden die Arten in den Artenpool ausgewählt, bei denen die Richtung der Klimareaktion in SCHLUMPRECHT et al. (2005) UND BEHRENS et al. (2009) die gleiche ist ODER Arten, die mit *MR* in RABITSCH et al. (2010) UND „-“ in BEHRENS et al. (2009) bewertet wurden.
9. Um die Artenliste dieser artenreichen Gruppe weiter zu reduzieren, wurden solche Arten aus dem Artenpool genommen, für die keine aktuellen (nach 1990) Vorkommensnachweise in der Zentralen Artdatenbank vorhanden sind. Das waren aber zum Teil auch als sehr klimasensitiv eingestufte Arten (siehe digital am LfULG vorliegende 1. Auswahlliste der Arten).

Somit ergibt sich für die Coleopteren eine Auswahl von 20 Arten, wovon sechs FFH-Anhangsarten (II und IV) sind (siehe Tabelle 19 und Tabelle 42). Einige der ausgewählten Arten (z. B. Breitrandkäfer *Dytiscus latissimus*) sind nur mit sehr wenigen Nachweisen nach 1990 in der Datenbank vorhanden¹⁶. Doch weil diese Arten nicht per se aufgrund ihrer Seltenheit ausgeschlossen worden sind, wurden sie vorerst noch im Artenpool belassen. Eine aktualisierte Artenauswahl klimasensitiver Käfer findet sich in Teil 2, Kapitel 3.1.2.

¹⁶ Die Nachweise nach 1990 waren Zufallsfunde in einem Gewässer, dass als Reproduktionsgewässer nicht in Frage kommt. Recherchen im Zuge der FFH-Berichtspflichten brachten im Umfeld des genannten Fundes keine weiteren Nachweise, sodass der Breitrand im Zuge des FFH-Monitorings nicht bearbeitet wird (mdl. Mitteilung Dr. Steffen Malt 2010, damals Artenschutzreferat LfULG). In der Zentralen Artdatenbank des LfULG finden sich zum Stand 26.04.2013 25 Datensätze dieser Art, davon 22 Nachweise von 1925-1970, zwei Nachweise aus den 1980er-Jahren (1983, 1987) und ein Nachweis von 1994.

Tabelle 19: Auswahl klimasensitiver sächsischer Käferarten, welche für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Agonum ericeti</i>	Hochmoor-Glanzflächläufer	
<i>Amara famelica</i>	Nordöstlicher Kamelläufer	
<i>Amara infima</i>	Heide-Kanalläufer	
<i>Badister meridionalis</i>	Bogenfleck-Wanderläufer	
<i>Bembidion humerale</i>	Hochmoor-Ahlenläufer	
<i>Bembidion nigricorne</i>	Nördlicher Ahlenläufer	
<i>Bembidion octomaculatum</i>	Achtfleck-Ahlenläufer	
<i>Brachinus crepitans</i>	Großer Bombardierkäfer	
<i>Brachinus explodens</i>	Kleiner Bombardierkäfer	
<i>Bradycellus caucasicus</i>	Heller Rundbauchläufer	
<i>Bradycellus ruficollis</i>	Rothals-Rundbauchläufer	
<i>Carabus menetriesi pacholei</i>	Hochmoor-Laufkäfer	FFH II
<i>Carabus nitens</i>	Heide-Laufkäfer	
<i>Cerambyx cerdo</i>	Heldbock	FFH I/IV
<i>Dytiscus latissimus</i>	Breitrand (s. Fußnote)	FFH II/IV
<i>Graphoderus bilineatus</i>	Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer	FFH II/IV
<i>Lucanus cervus</i>	Hirschkäfer	FFH II
<i>Osmoderma eremita</i>	Eremit	FFH II/IV
<i>Pterostichus ovoideus</i>	Flachäugiger Grabläufer	
<i>Trechus rubens</i>	Ziegelroter Flinkläufer	

8.2.8 Sonstige Wirbellose

Die restlichen Wirbellosen (v. a. Saltatoria, Arachnida, Molluska) wurden hier aus pragmatischen Gründen in eine Gesamtgruppe zusammengefasst. Generell muss man sagen, dass relativ wenig Wissen zu den Klimasensitivitäten dieser Gruppe vorhanden ist. Alle FFH-Anhangsarten (II, IV & V) sind durch die verschiedenen Bewertungssysteme als klimasensitiv eingestuft worden. Weil diese artenreichen Taxa auch ökologisch sehr heterogen sind, wurde sich bei der Auswahl vor allem auf schon bewertete Arten beschränkt. Im FFH-Feinmonitoring wird auf den noch unzureichenden Kenntnisstand zur Verbreitung der beiden **Windelschnecken** (Schmale Windelschnecke *Vertigo angustior* und Bauchige Windelschnecke *V. moulinsiana*) zum Zeitpunkt des FFH-Zustandsberichts 2006 hingewiesen (LfULG Abteilung 6 2010, S. 97ff.). So wurde für 2009/2010 eine gezielte Nachsuche in 20 habitatstrukturell geeigneten MTB (Messtischblätter, TK 25) beauftragt. Bis dato sind bis 2010 insgesamt Vorkommen (ab 1990) der beiden Arten auf elf MTB bekannt geworden¹⁷, für die im Totalzensus vertiefende Feinmonitoringuntersuchungen vorgesehen sind. So heißt es weiter in LfULG Abteilung 6 2010 (S. 98): „Für die Schmale und die Bauchige Windelschnecke wird auch zukünftig im Rahmen des Präsenzmonitorings eine gezielte Nachsuche in weiteren MTB mit potenziellen Habitaten für erforderlich erachtet, um mittelfristig ein vollständigeres Bild zur aktuellen Verbreitung in Sachsen zu erlangen.“ Zum Feinmonitoring der dritten FFH-Anhangs II-Art unter den Weichtieren heißt es weiter (LfULG Abteilung 6 2010, S. 98): Für das Feinmonitoring der **Flussperlmuschel** konnte bisher auf Daten aus dem bis Anfang 2010 laufenden Artenschutzprojekt bzw. aus der Artbetreuung zurückgegriffen werden. Des Weiteren ist eine Fortsetzung der Artenschutzbemühungen (Muschelzucht, Auswilderung, habitatverbessernde Maßnahmen, Monitoring) im Rahmen eines Drittmittelprojektes (Programm Ziel 3) „Lebende Auen im sächsisch-tschechischen Vogtland/Schutz der Flussperlmuschel“ vorgesehen (Laufzeit 2011-12). Für nachfolgende Berichtsperioden ist zu entscheiden, ob die für die Berichtspflichten erforderliche Überwachung der derzeit vier sächsischen Vorkommen ggf. durch eigenständige Feinmonitoringbeauftragungen zur standardgerechten Erfassung und Bewertung nach den Vorgaben des bundesweiten Monitoring abgesichert werden muss.

Generell ist also für die vorgenannten klimasensitiven Mollusken eine weitere Einbindung in ein funktionierendes Monitoring gegeben. Im Folgenden werden stichpunktartig die Auswahlkriterien aufgeführt, die zum vorläufigen Artenpool (ausgenommen der FFH-Arten) geführt haben:

¹⁷ aktualisierte Angaben mit Stand 27.02.2013: Schmale Windelschnecke elf MTB, Bauchige Windelschnecke drei MTB, vgl. Teil 2, Kapitel 3.5.11

1. alle RL Arten mit Status *D* wurden entfernt
2. alle Arten ohne Klimabewertungen wurden entfernt
3. alle Arten mit einer „0“ nach BEHRENS et al. (2009) UND sonst keinerlei Klimasensitivitätsbewertung wurden entfernt
4. alle Arten mit einer schwach sensitiven oder indifferenten Bewertung nach BEHRENS et al. (2009) UND sonst keinerlei Informationen (RL / Bewertung) wurden entfernt
5. Alle Arten mit RL-Status 3 UND ohne Bewertung nach RABITSCH et al. (2010) wurden entfernt
6. Bei den Saltatoria (Springschrecken) wurden die beiden durch RABITSCH et al. (2010) bewerteten Arten im Artenpool belassen UND jene Arten, bei denen die Bewertung aus BEHRENS et al. (2009) UND SCHLUMPRECHT et al. (2005) den gleichen Trend angeben.
Außerdem wurde noch die als stark gefährdete und durch SCHLUMPRECHT et al. (2005) als negativ beeinflusst kategorisierte Art Gemeine Plumpschrecke (*Isophya kraussii*) im Artenpool behalten.
7. alle weiteren wirbellosen Arten, die bei RABITSCH et al. (2010) bewertet wurden (*MR* und *HR*) verbleiben im Artenpool
8. Bei den Mollusken wurden die in BEHRENS et al. (2009) am stärksten bewerteten („++“ und „--“) UND auch jene Arten im Artenpool beibehalten, bei denen die Bewertung aus BEHRENS et al. (2009) UND SCHLUMPRECHT et al. (2005) den gleichen Trend angeben.
9. Um die Artenliste dieser artenreichen Gruppe weiter zu reduzieren, wurden solche Arten aus dem Artenpool genommen, für die keine aktuellen (nach 1990) Vorkommensnachweise in der Zentralen Artdatenbank vorhanden sind.

Somit führt die vorläufige Liste insgesamt 23 Arten auf (Hymenoptera, Crustacea, Saltatoria, Arachnida, Molluska), von denen sechs FFH-Anhangsarten (II & V) sind (siehe Tabelle 20 und Tabelle 43).

Tabelle 20: Auswahl klimasensitiver sonstiger Wirbelloser Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH
<i>Anisus spirorbis</i>	Gelippte Tellerschnecke	
<i>Arctosa cinerea</i>	Sand-Wolfsspinne	
<i>Astacus astacus</i>	Edelkrebs	FFH V
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs	FFH II/V
<i>Chorthippus mollis</i>	Verkannter Grashüpfer	
<i>Chorthippus vagans</i>	Steppengrashüpfer	
<i>Gyraulus laevis</i>	Glattes Posthörnchen	
<i>Gyraulus rosmaessleri</i>	Rossmässlers Posthörnchen	
<i>Helix pomatia</i>	Weinbergschnecke	FFH V
<i>Isophya kraussii</i>	Plumpschrecke	
<i>Lasius jensi</i>		
<i>Margaritifera margaritifera</i>	Flussperlmuschel	FFH II/V
<i>Metrioptera bicolor</i>	Zweifarbige Beißschrecke	
<i>Omphiscola glabra</i>	Längliche Sumpfschnecke	
<i>Phaneroptera falcata</i>	Gemeine Sichelschrecke	
<i>Sphaerium rivicola</i>	Flusskugelmuschel	
<i>Tetrix ceperoi</i>	Westliche Dornschrecke	
<i>Tettigonia cantans</i>	Zwitscherschrecke	
<i>Unio pictorum</i>	Malermuschel	
<i>Unio tumidus</i>	Große Flussmuschel	
<i>Vertigo angustior</i>	Schmale Windelschnecke	FFH-II
<i>Vertigo moulinsiana</i>	Bauchige Windelschnecke	FFH-II
<i>Viviparus viviparus</i>	Stumpfe Flussdeckelschnecke	

8.2.9 Moose, Flechten, Gefäßpflanzen

Die Recherche der wissenschaftlichen Literatur und die Berücksichtigung erster Expertenmeinungen ergab eine Liste klimasensitiver Pflanzenarten, die aufgrund ihrer Länge so nicht in ein Monitoringkonzept integriert werden konnte. Eine Reduzierung war daher unumgänglich. Weil der Wissensstand über die relevanten Arten sehr umfangreich ist, musste dabei jede Art sehr genau betrachtet werden. Insbesondere müssen die Arealgrenzen und Arealgrößen in eine Bewertung einfließen. Dies geschah in Zusammenarbeit mit zwei weiteren Fachkollegen (Dr. Stefan Klotz, Dr. Ingolf Kühn, beide UFZ).

Es wurden Arten ausgewählt, bei denen aufgrund des Klimawandels sowohl mit Bestandszunahmen als auch -abnahmen zu rechnen ist. **Die wichtigsten Kriterien, die zur Einschätzung der potenziellen Bestandsdynamik unter dem Klimawandel herangezogen wurden, sind die Reaktionen der Arten auf Temperatur- und Niederschlagsentwicklungen. Unterschieden wurde dabei zum Beispiel, ob für die Arten eher Sommerwärme und/oder mildere Winter entscheidend sind.**

Um eine möglichst breite Streuung der Arten über die verschiedenen Biotoptypen Sachsens zu erreichen, wurden alle Arten pflanzensoziologisch eingeordnet (nach SCHUBERT et al. 2001) und jeweils in den zehn Haupteinheiten bewertet (Süßwasser-; Ufer-; Quell- und Verlandungs-Gesellschaften; Pflanzengesellschaften der Sümpfe und Moore; Salzwasser- und Salzboden-Gesellschaften; Pioniervegetation auf Fels und Gestein; Pflanzengesellschaften der Dünen; Wiesen, Trocken- und Magerrasen; Ruderal- und Segetal-Gesellschaften; Waldnahe Staudenfluren; Zwergstrauchheiden; Gebüsche; Hecken, Gestrüppe; Wälder, Forste und Gehölze).

Bei der Beurteilung der Gefährdungskriterien wurden Veränderungen der Temperatur prioritär vor denen des Feuchtigkeitsregimes bewertet. Menschliche Eingriffe in den Wasserhaushalt durch Melioration o. ä. sind sehr häufig und haben dadurch einen hohen Einfluss auf Artverbreitungen. **Pflanzenarten, die vordergründig entweder aufgrund ihrer Habitatansprüche oder anderer ökologischer Aspekte vor allem durch Landnutzung bzw. Flächenmanagement in ihren Bestandsentwicklungen beeinflusst sind, wurden nicht mit aufgenommen. Dies betrifft vor allem Arten von Ruderal- und Wiesenstandorten.**

Außerdem wurden alle FFH-Arten mit aufgeführt. Gerade weil es zu den Pflanzenarten viel Wissen gibt, haben die Autoren sich in dieser Artengruppe dazu entschlossen, vorerst auch solche FFH-Arten mit aufzunehmen, die ihrer Meinung nach nicht relevant für ein Klimafolgenmonitoring bzw. nicht geeigneter als andere ausgewiesene Arten sind. Die Einbeziehung dieser FFH-Arten (z. B. *Lindernia procumbens*, *Luronium natans*) sollte zukünftig noch weiter diskutiert werden.

Die Auswahl der Moose und Flechten stellt noch mehr als bei den Gefäßpflanzen eine vorläufige Diskussionsgrundlage dar. Gerade bei diesen Gruppen ist das Wissen über klimaempfindliche Arten gering. Es wurde weitgehend auf epiphytische Arten verzichtet, weil viele dieser Arten sich aufgrund der verbesserten Luftqualität derzeit in Ausbreitung befinden (z. B. *Usnea spec.*, *Ulotia spec.*, *Orthotrichum spec.*). Vor allem die Verbreitungsangaben für Flechten sind sehr heterogen, weil diese Artengruppe nur von wenigen Spezialisten beachtet wird und die Verbreitungsdaten bisher noch nicht systematisch in der Zentralen Artendatenbank des LfULG erfasst sind. Dennoch gibt es Hinweise, dass einige Flechtenarten geeignet wären, sie in ein entsprechendes Klimafolgenmonitoring mit aufzunehmen. Bei den Moosen sind vorerst noch alle Torfmoose (Sphagnen), die in Sachsen vorkommen, in der Auswahlliste enthalten, weil es sich um FFH-Anhangsarten (Anhang V) handelt. Die Anzahl der Torfmoose, die später tatsächlich in das Monitoring einbezogen werden, sollte aber noch auf die wichtigsten klimasensitiven Arten reduziert werden (vgl. hierzu auch Ausführungen in Teil 2, Kapitel 3.5.12).

Die getroffene Auswahl enthält nunmehr 114 Arten, darunter sieben Flechten, 44 Moose und 63 Gefäßpflanzen (siehe Tabelle 21 und für Gefäßpflanzen auch Tabelle 44 im Anhang). Die große Anzahl der Moose erklärt sich vor allem aus der hohen Anzahl an eingeschlossenen FFH-Arten (35 Moose).

Tabelle 21: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Gefäßpflanzen-, Moos- und Flechtenarten, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen, mit Bewertungen der Klimasensitivität

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt. Die deutschen Artnamen sind in Tabelle 44 im Anhang verzeichnet, für die Moose und Flechten in den Tabellen 40 und 41 in Teil 2.

Art (lat.)	Kommentare, vsl. Reaktion auf Klimawandel	FFH	Taxa
<i>Cladonia arbuscula</i>		FFH V	Flechte
<i>Cladonia ciliata</i>		FFH V	Flechte
<i>Cladonia portentosa</i>		FFH V	Flechte
<i>Cladonia rangiferina</i>		FFH V	Flechte
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Zunahme (Wärmezeiger, Literatur)		Flechte
<i>Physconia grisea</i>	Zunahme (Literatur)		Flechte
<i>Punctelia subrudecta</i>	Zunahme (Wärmezeiger, Literatur)		Flechte
<i>Aconitum variegatum</i>	Rückgang, Sommerwärme, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Agrimonia procera</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Ailanthus altissima</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Arnica montana</i>	Rückgang, Sommerwärme, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Artemisia annua</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Asplenium adulterinum</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit	FFH II/IV	Gefäßpflanze
<i>Atriplex sagittata</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Bromus inermis</i>	Zunahme, Sommerwärme, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Bunias orientalis</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Cicerbita alpina</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Coleanthus subtilis</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH II/IV	Gefäßpflanze
<i>Cornus mas</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Diphasiastrum complanatum</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Diphasiastrum issleri</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Diphasiastrum tristachyum</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Diphasiastrum zeilleri</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Echinocystis lobata</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Gentiana asclepiadea</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Hesperis matronalis</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Homogyne alpina</i>	Rückgang, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Huperzia selago</i>	Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Ilex aquifolium</i>	Zunahme, mildere Winter		Gefäßpflanze
<i>Juglans regia</i>	Zunahme, mildere Winter		Gefäßpflanze
<i>Lactuca virosa</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Ligustrum vulgare</i>	Zunahme im Gebirge, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Lindernia procumbens</i>		FFH IV	Gefäßpflanze
<i>Linnaea borealis</i>	Rückgang, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Lonicera nigra</i>	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Lonicera periclymenum</i>	Zunahme im Gebirge, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Luronium natans</i>		FFH II/IV	Gefäßpflanze
<i>Luzula sudetica</i>	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Lycopodiella inundata</i>	sehr starker Rückgang, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze

Art (lat.)	Kommentare, vsl. Reaktion auf Klimawandel	FFH	Taxa
<i>Lycopodium annotinum</i>	starker Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Lycopodium clavatum</i>	mäßiger Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit	FFH V	Gefäßpflanze
<i>Moneses uniflora</i>	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Onopordum acanthium</i>	Zunahme im Bergland, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Petasites albus</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Phyteuma nigrum</i>	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Poa chaixii</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Polygala chamaebuxus</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Prenanthes purpurea</i>	Rückgang am Nordarealrand erkennbar		Gefäßpflanze
<i>Prunus mahaleb</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Pseudofumaria lutea</i>	Zunahme, mildere Winter		Gefäßpflanze
<i>Rubus saxatilis</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Rumex arifolius</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Salvinia natans</i>	Zunahme, Sommerwärme		Gefäßpflanze
<i>Senecio hercynicus</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Senecio inaequidens</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Senecio vernalis</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Streptopus amplexifolius</i>	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Teucrium scorodonia</i>	Zunahme, Erwärmung		Gefäßpflanze
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Trichomanes speciosum</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit, Klimarelikt, nur noch als Gametophyt	FFH II/IV	Gefäßpflanze
<i>Trientalis europaea</i>	Zunahme, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Ulex europaeus</i>	Zunahme, mildere Winter		Gefäßpflanze
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Rückgang, Sommertrockenheit		Gefäßpflanze
<i>Valeriana sambucifolia</i>	Rückgang, Trockenheit, westliche Arealgrenze		Gefäßpflanze
<i>Viola biflora</i>	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit		Gefäßpflanze
<i>Anastrophyllum michauxii</i>	Moos, Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Aulacomnium androgynum</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Dicranodontium asperulum</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Dicranum bergeri</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Dicranum viride</i>		FFH II	Moos
<i>Didymodon australasiae</i> var. <i>umbrosus</i> ¹	Zunahme (Wärmezeiger, Neufund; Literatur)		Moos
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>		FFH II	Moos
<i>Leucobryum glaucum</i>		FFH V	Moos
<i>Lunularia cruciata</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Mylia taylorii</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Orthotrichum pulchellum</i>	Expertenmeinung F. Müller		Moos
<i>Orthotrichum rogeri</i>		FFH II	Moos
<i>Pterygoneurum lamellatum</i>	Zunahme (Wärmezeiger, Literatur)		Moos
<i>Sphagnum affine</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum angustifolium</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum balticum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum centrale</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum compactum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum contortum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos

Art (lat.)	Kommentare, vsl. Reaktion auf Klimawandel	FFH	Taxa
<i>Sphagnum denticulatum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum fallax</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum flexuosum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum fuscum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum majus</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum molle</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum obtusum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum palustre</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum papillosum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum riparium</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum rubellum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum russowii</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum squarrosum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum subnitens</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum subsecundum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum tenellum</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum teres</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	Feuchte- bis Nässezeiger	FFH V	Moos

¹ Gemeint ist hier die Varietät *umbrosus*, die tlw. auch als eigene Art *Didymodon umbrosus* (Müll. Hal.) R.H.Zander eingestuft wird. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um einen aus Amerika eingeschleppten Neophyten, der in Europa z. B. aus England, Spanien, Deutschland und Tschechien angegeben wird. In Sachsen wurde die wärmeliebende Art in Dresden gefunden, zunächst im Gewächshaus (in den Warmhäusern) des Botanischen Gartens, später auch im Freiland. Es bleibt abzuwarten und zu untersuchen, ob sich diese bisher sehr seltene, wärmeliebende Art im Zuge der Klimaerwärmung in Sachsen ausbreiten kann.

8.2.10 Lebensräume

Wie für die Tier- und Pflanzenarten wurde die erste Auswahl von Lebensräumen auf die in den vorhandenen Bewertungen am stärksten klimasensitiv eingestuften Lebensraumtypen reduziert.

Dabei wurden zum einen nur die von SCHLUMPRECHT et al. (2005) für den Freistaat Sachsen als durch den Klimawandel gefährdeten („*sehr starke Gefährdung*“ und „*gefährdet*“) FFH-LRT/Biotope in die Auswahl mit aufgenommen (siehe dazu auch Kapitel 6.2.3). Weil innerhalb der Studie von SCHLUMPRECHT et al. (2005) allerdings nicht alle sächsischen FFH-LRT/Biotope berücksichtigt wurden (vor allem keine aquatischen), erfolgte zum anderen auch die Aufnahme der von PETERMANN et al. (2007) in die höchste Klimasensitivitätskategorie „3“ eingeordneten Lebensraumtypen in die Liste der klimasensitivsten Lebensraumtypen (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Ausgewählte klimasensitive, vom Klimawandel vsl. negativ betroffene FFH-Lebensraumtypen Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

mit Bewertungen der Klimasensitivität

LRT Code	Bezeichnung des LRT	möglicher Biotopcode nach selektiver Biotopkartierung	SCHLUMPRECHT et al. (2006)	PETERMANN et al. (2007)	BEHRENS et al. (2009)	Klimasensitiv nach ETC/ BD (2008)
3130	Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer	SKT, SKA, SSA, SRA, SYA, SOW, SOS		hohe Sensitivität	indifferent	
3140	Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer	SKA, SSA, SRA, SOW		hohe Sensitivität	indifferent	
3160	Dystrophe Stillgewässer	SM, SMN, SMM		hohe Sensitivität	indifferent	
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	FBB, FBN, FBA, FFB, FFN, FFA, FG		hohe Sensitivität	leicht negativ	Ja
4010	Feuchte Heiden	HZF	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	leicht negativ	Ja
6210	Kalk-Trockenrasen (* orchideenreiche Bestände)	RHS, RHM, RHC		hohe Sensitivität	leicht positiv	Ja
6230	Artenreiche Borstgrasrasen*	RB, RBM, RBF	sehr starke Gefährdung	mittlere Sensitivität	leicht negativ	
6240	Steppen-Trockenrasen*	RHS, RHK		hohe Sensitivität		
6410	Pfeifengraswiesen	GP, GPR, GPA	sehr starke Gefährdung	mittlere Sensitivität	leicht negativ	
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	LFS, LFU, LFB, LMR	sehr starke Gefährdung	mittlere Sensitivität	fraglich	
6440	Brenndolden-Auenwiesen	GFA	gefährdet	mittlere Sensitivität		
6520	Berg-Mähwiesen	GMM, GMS, GYM	bedeutsame Gefährdung	mittlere Sensitivität	leicht negativ	
7110	Lebende Hochmoore*	MH, MHH	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	stark negativ	Ja
7120	Regenerierbare Hochmoore	MTW, MTZ, MTP	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	stark negativ	Ja
7140	Übergangs- und Schwinggrasmoore	MHN, MHB, MTW, MTZ, MTP, MKA, MGA	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	stark negativ	Ja
7150	Torfmoor-Schlenken	MHN, MHB	sehr starke Gefährdung	geringe Sensitivität	stark negativ	Ja
7220	Kalktuff-Quellen*	FQK		hohe Sensitivität	leicht negativ	
7230	Kalkreiche Niedermoore	MKR, FQR		hohe Sensitivität	stark negativ	Ja
9180	Schlucht- und Hangmischwälder*	WSE, WSL	gefährdet	hohe Sensitivität	indifferent	Ja
91D0	Moorwälder* ¹⁸	WM, WMB, WMK, WML, WMF, WMS	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	leicht negativ	Ja
91E0	Erlen-Eschen- und Weichholz-Auenwälder*	WW, WAN, WAB, WAQ, BFA	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität	indifferent	Ja
91F0	Hartholzauenwälder	WH	gefährdet	hohe Sensitivität	leicht positiv	
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	WKF		hohe Sensitivität		
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	WKK		hohe Sensitivität		
9410	Montane Fichtenwälder	WFB, WFS	sehr starke Gefährdung	hohe Sensitivität		Ja

* prioritärer Lebensraumtyp nach FFH-Richtlinie

Die Aufnahme der Kalk- und Steppen-Trockenrasen sowie der Flechten-Kiefernwälder/Kiefernwälder der sarmatischen Steppe in die Liste der vom Klimawandel vsl. negativ betroffenen LRT geht auf die hohe Sensitivitätsbewertung von PETERMANN et al. (2007) zurück. Die Autoren führen Argumente wie geringe Regenerierbarkeit, Flächenrückgang, qualitative Veränderungen

¹⁸ In der Kategorie Moorwald sind die in Sachsen vorkommenden Moorbirken-, Waldkiefern-, Bergkiefern-, Fichten-Moorwälder zusammengefasst.

durch Stoffeinträge/Eutrophierung und Gefährdung durch Invasionen für die Einstufung an. Diese Faktoren lassen eher einen weiteren Rückgang der genannten LRT erwarten, auch wenn sie rein klimatisch tlw. gut an Wärme und Trockenheit angepasst sind.

Natürlich werden einigen Lebensräumen auch positive Entwicklungen aufgrund der projizierten Klimaänderungen vorausgesagt. Dabei handelt es sich vor allem um xerotherme bzw. xerophile Biotope wie z. B. Binnendünen (FFH-LRT 2310) oder bestimmte Eichenwaldgesellschaften. Wenn man sich die vorhandenen Klimasensitivitäts-Bewertungssysteme für die FFH-LRT anschaut, so zeigen sich für Sachsen wichtige Biotope als mögliche „Gewinner“ des Klimawandels ab, die in Tabelle 23 aufgeführt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei diesen LRT neben den natürlichen Faktoren (es handelt sich überwiegend um Waldgrenzstandorte) auch die Landnutzung einen starken Effekt hat. Ohne Pflegemaßnahmen führt Sukzession bspw. zur Verbuschung von Heidehabitaten. Nutzungen durch die Forst- und Landwirtschaft sind ein wichtiger Faktor, die den Erhalt und die mögliche Ausbreitung von Lebensräumen bestimmen.

Momentan beschränkt sich die Auswahl der klimasensitiven Lebensräume auf FFH-LRT. Jedoch ist es möglich und ggf. notwendig, auch andere relevante klimasensitive Biotope mit aufzunehmen (vgl. dazu Teil 2, Kapitel 3.1.5). Dies könnten z. B. Grünlandbiotope (Nasswiesen, wechselfeuchte Grünländer) sein, die hinsichtlich der Änderung der klimatischen Wasserbilanz auch als relativ klimasensitiv einzustufen sind (SCHLUMPRECHT et al. 2005; siehe auch Tabelle 11).

Tabelle 23: Ausgewählte klimasensitive, vom Klimawandel vs. positiv beeinflusste FFH-Lebensraumtypen Sachsens, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

mit Bewertungen der Klimasensitivität

LRT Code	Bezeichnung des LRT	möglicher Biotopcode nach selektiver Biotopkartierung	PETERMANN et al. (2007)	BEHRENS et al. (2009)	Klimasensitiv nach ETC/ BD (2008)
2310	Binnendünen mit Sandheiden	YBH	geringe Sensitivität	leicht positiv	
5130	Wacholder-Heiden	HW	geringe Sensitivität	leicht positiv	
8150	Silikatschutthalden	YG, YGR, YGA, YGS	mittlere Sensitivität	stark positiv	
8220	Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation	YFA, YFR, YFS	mittlere Sensitivität	stark positiv	
8230	Silikatfelsen mit Pioniervegetation	YFA, YFS	mittlere Sensitivität	stark positiv	
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder	WET, WTH	geringe Sensitivität	leicht positiv	Ja
91G0	Pannonische (subkontinentale) Eichen-Hainbuchenwälder*	WES	geringe Sensitivität		

* prioritärer Lebensraumtyp nach FFH-Richtlinie

8.2.11 Zusammenfassung

Die vorliegende Auswahl klimasensitiver Tier- und Pflanzenarten und FFH-LRT umfasst 272 Arten und 32 FFH-LRT (siehe Tabelle 24). Eine genaue Bewertung der Effektrichtung (positiv bzw. negativ) ist noch nicht bei allen Gruppen durch Experten nochmals evaluiert worden. Bisher sind ca. 95 Arten und sieben FFH-LRT als „Klimawandelgewinner“ und ca. 175 Tier- und Pflanzenarten sowie 25 FFH-LRT als „Klimawandelverlierer“ bewertet worden.

Tabelle 24: Zusammenfassung der Auswahl klimasensitiver sächsischer Tier- und Pflanzenarten sowie FFH-Lebensraumtypen, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität vorzugsweise in Frage kommen

Taxon	Anzahl der ausgewählten klimasensitiven Arten	davon auf FFH-RL/VRL	Reduktion der 1. Auswahl um %
Amphibien/Reptilien	19	14	14%
Fische und Rundmäuler	7	4	80%
Hautflügler	1		75%
Käfer	20	6	93%
Krebse	2	1	33%
Libellen	17	7	73%
Säugetiere	15	9	77%
Tagfalter	47	4	69%

Taxon	Anzahl der ausgewählten klimasensitiven Arten	davon auf FFH-RL/VRL	Reduktion der 1. Auswahl um %
Schrecken	7		85%
Spinnentiere	1		86%
Vögel	10	3	97%
Weichtiere	12	3	92%
Gefäßpflanzen, Moose, Flechten	114	54	82%
FFH-Lebensraumtypen	32	32	32%

8.2.12 Gebietsfremde Arten

Ein Effekt der Klimaerwärmung kann das Einwandern gebietsfremder Arten sein. Als gebietsfremd kann in diesem Zusammenhang jede neue Art für Sachsen gewertet werden. Dabei können diese Arten aber auch für Deutschland insgesamt gebietsfremd sein. Ob diese Arten als invasiv angesehen werden können, hängt von verschiedenen Kriterien ab und muss artspezifisch bewertet werden.

Modellierungen zeigen, dass sich schon bei einem angenommenen Erwärmungsszenario von +3 °C zwischen 30 und 55 neophytische Arten je Messtischblatt in Sachsen etablieren könnten (ALARM Emissions- und Landnutzungsszenario A2 BAMBUI; ca. +3 °C; für den Zeitraum 2051-80, schriftl. Mitteilung Pompe). Für eine Bewertung ist vor allem entscheidend, welche dieser Arten schon in benachbarten Regionen vorkommen. Für Tiere gibt es noch keine solchen Aussagen für Deutschland. Jedoch gibt es für eine Vielzahl von Arten Beobachtungen der Ausbreitungen (siehe auch Kapitel 7 ff.). So profitiert der kälteempfindliche Nutria (*Myocastor coypus*; Heimat Südamerika) seit einigen Jahren von den milderen Wintern und ist in Ausbreitung begriffen. Weiterhin erweitert der schon als invasiv geltende Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis*) auch aufgrund klimatischer Veränderungen stetig sein Areal. Unter den Pflanzen gibt es eine Vielzahl von Arten, die als invasiv eingestuft werden und auch in Sachsen in Ausbreitung befindlich sind (z. B. Götterbaum *Ailanthus altissima*). Eine generelle Bewertung und Einbeziehung gebietsfremder oder invasiver Arten in das vorliegende Konzept des Klimafolgenmonitorings ist noch nicht in aller Tiefe erfolgt. In die vorliegende Artenauswahl sind aber auch gebietsfremde Arten aufgenommen worden, von denen klimatisch bedingte Arealausbreitungen bekannt sind, deren Status aber zum größten Teil nicht als invasiv anzusehen ist (z. B. das Moos *Didymodon australasiae* var. *umbrosus*, die Feuerlibelle *Crocothemis erythraea*). Die Eignung dieser thermophilen Arten basiert auf der starken Zeigerwirkung für klimatische Veränderungen.

Ein rein auf die Beobachtung bereits bekannter Vorkommen bestimmter klimasensitiver Arten ausgerichtetes Monitoringprogramm ist alleinig nicht in der Lage, Arealveränderungen dieser Arten zu dokumentieren und die Einwanderung/Ausbreitung neuer Arten zu verfolgen. Deshalb wurde das Einzelartenmonitoring im anschließenden FuE-Vorhaben um eine Komponente des Monitorings klimasensitiver Artengruppen erweitert (vgl. Teil 2, Kapitel 3.1.6 und 3.6).

9 Monitoringmethoden/-programme

9.1 Kurzvorstellung relevanter biotischer Monitoring-Programme in Sachsen

9.1.1 FFH-Monitoring

Im Folgenden werden aus dem Entwurf des FFH-Monitoring-Konzeptes (LfULG Abteilung 6 2010) wichtige Bausteine beispielhaft vorgestellt. Inhalte des FFH-Monitoringkonzeptes wurden zum Teil bereits bei der zweiten Artenauswahl für die Monitoringkonzeption Klimawandel und Biodiversität berücksichtigt. Dabei wurde darauf geachtet, dass FFH-Arten und deren Aufnahmemethodik aus dem FFH-Monitoring-Entwurf bei gegebener Klimasensitivität in die Artenliste des hier vorgestellten Monitoringkonzeptes eingingen.

Das FFH-Monitoring in Sachsen stellt als regelmäßige landesweite Kontrolle des Erhaltungszustandes und der Veränderungen von Lebensraumtypen (LRT) und Arten das wichtigste Instrument dar, um die Berichtspflichten gegenüber der EU-Kommission effizient zu erfüllen. Für diese Aufgabe wurde ein modular aufgebautes System entwickelt, das aus vier Hauptteilen besteht. Bei den LRT existieren ein *Grobmonitoring* sowie ein *Feinmonitoring*, die sich vor allem in ihrem räumlichen Umfang und der Erfassungstiefe ergänzen. Bei den FFH-Arten unterscheidet man ein *Präsenzmonitoring* und ein *Feinmonitoring*.

Ziel des **LRT-Grobmonitorings** ist die Erfassung des Flächenumfanges, der Flächengrenzen, der Verbreitung und des Gesamterhaltungszustands häufiger Lebensraumtypen in ganz Sachsen. Im Grobmonitoring werden bei den häufigen LRT landesweit Daten für die Berichtspflicht zu den Parametern „aktuelle Fläche“, „aktuelles natürliches Verbreitungsgebiet“ und „Zukunftsaussichten“ erhoben. Das Grobmonitoring der Offenland-LRT wird vom LfULG betreut, während die Wald-LRT im Rahmen der Waldbiotopkartierung im Auftrag vom Staatsbetrieb Sachsenforst erhoben werden. Die Erfassung erfolgt als flächenhafte Kartierung. Durch wiederholte Erfassungen unter Verwendung möglichst identischer Methoden sollen Veränderungen des Umfangs und des Zustands der LRT dokumentiert werden. In diesem Zusammenhang werden auch Erwartungsflächen erfasst, auf denen mit der Neuentstehung von LRT gerechnet werden muss. Die Kartierungen erfolgen auf MTB-Basis. Innerhalb von FFH-Gebieten erfolgte im Zuge der FFH-Managementplanungen eine tiefer gehende Erfassung als dies außerhalb im Zuge des Grobmonitorings möglich ist. In die Bewertung des Gesamterhaltungszustands von Offenland-LRT fließen u. a. die Beurteilungen des Artinventars sowie lebensraumtypischer Strukturen ein. Bei Waldlebensraumtypen erfolgt eine gutachterliche Bewertung der Kriterien Struktur, Arteninventar, Beeinträchtigung. Es ist geplant, die Wiederholungskartierungen von Offenland-LRT in einem max. 12-jährigen Zyklus und die von Waldlebensraumtypen in einem Zyklus von max. 18 Jahren durchzuführen.

Das Ziel des **LRT-Feinmonitorings** ist die vertiefte Erfassung und Bewertung des Erhaltungszustandes auf ausgewählten Untersuchungsflächen. Die Bewertung erfolgt nicht nur gutachterlich, sondern auch durch eine tiefer gehende Beurteilung anhand von Einzelkriterien, die durch Grundlagendaten quantitativ unterlegt werden. Insgesamt kommen in Sachsen 47 FFH-LRT vor. Davon unterliegen vier Lebensraumtypen (Feuchte Heiden 4010, Pannonische (subkontinentale) Eichen-Hainbuchenwälder 91G0, Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder 91T0 und Kiefernwälder der sarmatischen Steppe 91U0) einem Totalzensus, während die restlichen LRT, für die nach Bundesvorgabe ein Feinmonitoring durchzuführen ist, auf Basis von Stichproben erfasst werden. Dabei richtet sich der Stichprobenumfang nach dem Flächenanteil jedes LRT, der innerhalb der deutschen kontinentalen biogeografischen Region auf Sachsen entfällt. Weil die resultierende Stichprobenzahl oftmals sehr gering ist, werden zusätzliche Flächen in Sachsen bearbeitet, um repräsentative landesweite Aussagen treffen zu können. Bei sehr seltenen LRT ist ein Totalzensus vorgesehen, also die Erfassung von allen bekannten Vorkommen des LRT (s. o.). Die Flächenauswahl der stichprobenbasierten Erfassungen erfolgt nach einem stratifizierten Design, welches die Zuordnung zu naturräumlichen Haupteinheiten berücksichtigt. Schwerpunkte der Erfassung bilden LRT innerhalb von FFH-Gebieten, wobei in Sachsen auch für 21 LRT eine Erfassung außerhalb von FFH-Gebieten vorgesehen ist. Im Rahmen des Feinmonitorings erfolgt die Dokumentation der Lage sowie der Flächenabgrenzung und des Erhaltungszustands. Die Bewertung des Erhaltungszustands geschieht sowohl auf Basis bundeseinheitlicher als auch spezifisch auf Sachsen zugeschnittener Kartier- und Bewertungsschlüssel. Ein wichtiges Element des Feinmonitorings stellt die Erfassung des Artinventars dar. Aufgenommen wird die Präsenz ausgewählter lebensraumtypischer Arten sowie von Störungszeigern. In Sachsen ist zudem vorgesehen, Pflanzenarten vollständig zu erfassen und eine halbquantitative Dokumentation der Bestände vorzunehmen. Dazu erfolgt auch die Durchführung mindestens einer Vege-

tationsaufnahme pro Fläche. Wiederholungen der Erfassungen im Rahmen des Feinmonitorings sind jeweils einmal pro Berichtszeitraum, also alle sechs Jahre, vorgesehen. Dabei sollte der zeitliche Abstand zwischen den Erfassungen möglichst einheitlich sein. Soweit faunistische Artengruppen untersucht werden müssen, die starke Populationsschwankungen zeigen, wird die Kartierung in zwei aufeinander folgenden Jahren durchgeführt.

Für derzeit 97 (nicht im Totalzensus erfasste) Arten der insgesamt 135 in Sachsen vorkommenden FFH-Arten der Anhänge II, IV und V der FFH-Richtlinie ist ein landesweites **Arten-Präsenzmonitoring** zu realisieren, um die Berichtsanforderungen für das aktuelle natürliche Verbreitungsgebiet abzudecken, die Vorkommenskarten zu den Populationen der Arten erstellen und deren Habitatgröße ermitteln zu können. Das Präsenzmonitoring erfolgt als einmaliger Vorkommensnachweis innerhalb des Berichtszeitraums pro MTB bzw. MTB-Q, in Ausnahmefällen auch pro Einzelvorkommen (jeweils artspezifisch festgelegt). Das Präsenzmonitoring basiert in Sachsen auf Ergebnissen von Arterfassungsprogrammen, Artenbetreuungssystemen und gezielten Überprüfungen. Um dies möglichst kostengünstig zu gewährleisten, wurden und werden vor allem die Ergebnisse aus landesweiten Arterfassungsprogrammen genutzt. Diese meist artengruppenbezogenen Projekte bieten sich für die Aufgabe an, weil sie aktuelle Informationen zur landesweiten Verbreitung liefern. Jedoch ist eine Fortschreibung solcher Verbreitungsatlanten und der dahinter stehenden landesweiten Kartierungsprogramme aufwandsbedingt nur noch in größeren Zeitintervallen (>> zwei Berichtszeiträume) möglich. Für den Bericht 2013 kann nur noch ein Teil der den oben genannten Verbreitungsatlanten zu Grunde liegenden Arterfassungsdaten letztmalig für die Ableitung des aktuellen Verbreitungsgebietes herangezogen werden. Bezüglich der in den Anhängen der FFH-RL gelisteten Amphibien, Farn- und Samenpflanzen sind die Atlantendaten bereits für den laufenden Berichtszeitraum nicht mehr nutzbar, weil die Kartierungen deutlich mehr als zwölf Jahre zurückliegen.

Das **Feinmonitoring der Arten** liefert die nach dem Bundeskonzept notwendigen Grundlagendaten für die Einschätzung des Erhaltungszustandes der Arten der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie und ermöglicht die Bewertung der Kriterien Population, Habitatqualität und Beeinträchtigungen. Ferner ermöglicht es die Analyse von Trendgründen. Von den zurzeit 135 in Sachsen bekannten FFH-Arten mit bodenständigen Vorkommen sind 79 Arten in den Anhängen II und/oder IV gelistet. Davon werden 71 Arten mittels reproduzierbarer Standardmethoden im Feinmonitoring überwacht (38 Arten im Totalzensus, 33 Arten im Stichprobenmonitoring). Aus Effizienzgründen ist z. B. das Amphibien-Feinmonitoring so organisiert, dass Synergieeffekte genutzt werden können. Zu diesem Zwecke werden z. B. die Untersuchungen verschiedener Amphibienarten immer dann miteinander kombiniert, wenn Arten gemeinsame Habitate besiedeln und auf Grund ähnlicher Phänologie und Verhaltensmuster mit gleicher Erfassungsmethodik untersucht werden können. Dies ist insbesondere bei Rotbauchunke und Laubfrosch sowie bei Kreuz- und Wechselkröte der Fall. Die Methoden und der Stichprobenumfang des Feinmonitorings richten sich vor allem nach bundeseinheitlichen Vorgaben. Darüber hinaus werden bei Bedarf zusätzliche Stichproben bearbeitet und ergänzende Bewertungskriterien zugrunde gelegt, um spezifische Aussagen für das Gebiet Sachsen treffen zu können. Es ist vorgesehen, Arten mit starken jährlichen Populationsschwankungen mehrfach pro Berichtszeitraum (z. T. jährlich) zu erfassen. Dagegen sollen Arten mit stabilen Populationen nur einmal pro Berichtszeitraum erfasst werden. Eine Übersicht über die Erfassungszyklen wird in Tabelle 25 gegeben. Die Aufnahme von Habitatparametern und die Bewertung von Beeinträchtigungen sind einmal pro Berichtszeitraum vorgesehen.

Tabelle 25: Erfassungsmethodik und -häufigkeit im Arten-Feinmonitoring

(Quelle: LfULG, Abteilung 6, 2010)

Artengruppe bzw. Art	Anzahl FFH-Arten Anhang II bzw. IV	Methoden der Populationserfassung	Erfassungshäufigkeit in sechs Jahren
Reptilien	3	Zählungen, Fang-Wiederfang-Untersuchung (Glatt- und Würfelnatter), Ermittlung der Aktivitätsabundanz bei Zauneidechse	1-2 Untersuchungsjahre
Amphibien	9	Rufer- bzw. Reproduktionserfassung bei Froschlurchen; Fang mit Flaschenfallen beim Kammmolch	2 Folgejahre
Insekten	18	Zählungen bei Imagines, Präimaginalstadien auf Transekten, Dauerflächen, Nahrungsflächen, Brutstätten (Hochmoor-Laufkäfer; Heldbock; Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer; Hirschkäfer; Eremit; Helm- und Vogel-Azurjungfer; Asiatische und Grüne Keiljungfer; Östliche, Zierliche und Große Moosjungfer; Skabiosen-Scheckenfalter; Kleiner Maivogel; Spanische Flagge; Großer Feuerfalter; Heller- sowie Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling)	2-3 Folgejahre
	1	kontinuierliche Datensammlung durch Abfrage aller verfügbaren Datenquellen und Expertenvotum für den Nachtkerzenschwärmer	kontinuierlich
Fledermäuse	3	Bestandszählung in Winterquartieren (Mops-; Wasser- und Fransenfledermaus)	2-6 Untersuchungsjahre
	15	Ausflugszählung/Erfassung in Wochenstuben	3 Untersuchungsjahre
	2	Datensammlung durch Abfrage aller verfügbaren Datenquellen und Expertenvotum (Teichfledermaus, Nymphenfledermaus)	kontinuierlich
Haselmaus	1	Bestandszählung in ausgebrachten Haselmausnistkästen	3 Untersuchungsjahre
Biber	1	Präsenzerfassung mittels Aktivitätsmerkmalen in Biberrevieren	einmalig
Wolf	1	Übernahme aller verfügbaren Daten aus dem Wolfsmanagement-Projekt	kontinuierlich
Luchs, Wildkatze	2	kontinuierliche Datensammlung durch Abfrage aller verfügbaren Datenquellen und Datenübernahme aus dem Luchs-Erfassungsprojekt der TU Dresden/Forstzoologie und Expertenvotum	kontinuierlich
Feldhamster	1	Ermittlung Baudichte; Übernahme aller verfügbaren Daten aus dem Artenschutzprojekt Feldhamster	jährlich
Fischotter	1	Präsenz-/Absenz-Erfassung an 4 Stichprobenorten je MTB im aktuellen Verbreitungsgebiet	einmalig
Mollusken	2	Auszählen auf Probeflächen (Schmale und Bauchige Windelschnecke)	einmalig
	1	Übernahme aller verfügbaren Daten aus dem Artenschutzprojekt Flussperlmuschel	kontinuierlich
Moose	3	Auszählen auf Probeflächen (<i>Dicranum viride</i> , <i>Hamatocaulis vernicosus</i> und <i>Orthotrichum rogeri</i>)	einmalig
Gefäßpflanzen	5	Auszählen auf Probeflächen (Braungrüner Streifenfarn; Scheidenblütgras; Liegendes Büchsenkraut; Froschkraut und Prächtiger Dünnpflanz)	1-2 Untersuchungsjahre
Fische, Rundmäuler	6	Elektro-Befischung (WRRL-Messnetz und ergänzende Probestellen)	1-3 Untersuchungsjahre
	3	Datensammlung durch Abfrage aller verfügbaren Datenquellen und Expertenvotum (Lachs, Stromgründling und Flussneunauge)	kontinuierlich
Steinkrebs	1	Nächtliche Zählung Adulte und Subadulte	zweimalig

Weitere Informationen zum FFH-Monitoring finden sich in Teil 2, Kapitel 3.3.1 und auf der Internetseite des LfULG (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/natur/20036.htm>, Abfrage 26.04.2013). Das FFH-Monitoringkonzept wurde in den letzten Jahren laufend vervollständigt und liegt in aktueller Form im LfULG vor.

9.1.2 Tagfaltermonitoring Deutschland (TMD)

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 1.500 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 Habitattypen 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 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 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.

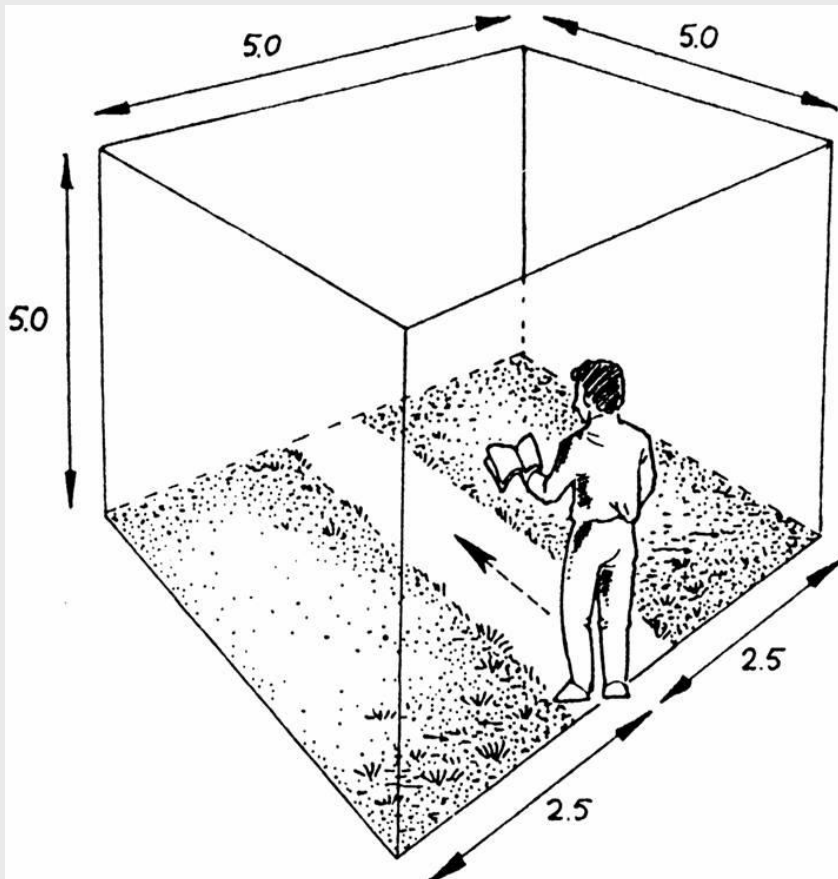


Abbildung 18: Methode des Tagfaltermonitorings Deutschland (TMD)

Populationen von Tagfaltern unterliegen enormen jährlichen und jahreszeitlichen Abundanzschwankungen, die auf eine Reihe von Einflussfaktoren zurückzuführen sind, z. B. kurze Generationszeiten, zeitlich beschränkte Flugzeiten, Einfluss des Wetters, intraspezifische Konkurrenz, Ressourcenverfügbarkeit, Migrationsereignisse, sowie die Interaktion mit Predatoren und Parasiten (SHAW et al. 2009, WILSON & ROY 2009). Daher erfordert die Analyse der Populationsdynamik von Tagfaltern zeitlich hoch aufgelöste Bestandsdaten. Solche Daten werden durch die in verschiedenen europäischen Ländern etablierten Tagfalter-Monitoringsysteme gewonnen. Die nach einer einheitlichen Methode (Abbildung 18) 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).

In Deutschland erfolgt die Erhebung von Daten seit 2005 auf derzeit ca. 300 Transekten im Rahmen des Tagfaltermonitorings Deutschland (www.tagfalter-monitoring.de, Abfrage 27.04.2013). Spezielle Art-Transekte existieren derzeit nicht, werden aber für die Zukunft geplant. In Sachsen gibt es ca. 70 aktive Transekte. Weitere Informationen zum TMD finden sich in Teil 2, Kapitel 3.3.3.

9.1.3 Vogelmonitoring in Sachsen

Für die Artengruppe der Vögel liegen für das Territorium von Sachsen sehr viele historische und aktuelle Daten vor. Vor allem seit den 1970er-Jahren wurden sehr viele Daten innerhalb internationaler und landesweiter Erfassungsprogramme erhoben. Dazu zählen die Wasservogel-, Gänse-, Kormoran- und Graureiherzählungen, die drei Durchgänge der flächendeckenden landesweiten Brutvogel(raster)kartierungen (vgl. hierzu Teil 2, Kapitel 2.2.1), die Daten aus der SPA-Ersterfassung und dem SPA-Monitoring sowie aus den Erfassungen des Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft. Für einige Arten (insbesondere Großvogelarten wie Seeadler, Weißstorch, Wanderfalke) sind weiterhin noch punktgenaue Daten zum jährlichen Vorkommen vorhanden. **Die Vögel sind damit eine der am besten untersuchten Artengruppen in Sachsen.**

Entsprechend dieser Datenlage und den bereits bestehenden Untersuchungsflächen und Untersuchungsintervallen können nach der Auswahl der klimasensitiven Arten bereits zum jetzigen Zeitpunkt ggf. Trends abgeleitet werden. Weil über diese bereits bestehenden Programme in der Regel nur Daten zum Vorkommen und Bestand erfasst werden, sind für weiterführende Erhebungen, die z. B. phänologische Aspekte betrachten, Modifizierungen notwendig oder es müssen dazu neue Programme aufgelegt werden.

Begünstigend kommt bei dieser Artengruppe hinzu, dass die Interpretation des Einflusses anderer Faktoren (insbesondere Landnutzung) weniger schwierig sein sollte, weil die ökologischen Ansprüche der Einzelarten sehr gut untersucht und bekannt sind.

Wasservogelzählung:

Seit 1966/67 werden in Deutschland und anderen Ländern an ausgewählten Gewässern im Rahmen des *International Waterbird Census* (IWC, Internationale Wasservogelzählung) regelmäßig im Winterhalbjahr die Bestände der Wasservögel erfasst. Wichtigste Ziele der Internationalen Wasservogelzählung sind die Ermittlung der Größe und Entwicklung der Wasservogelbestände sowie der Identifikation bedeutsamer Rastgebiete. In Sachsen wird diese Zählung in 175 Zählgebieten, die fast alle wichtigen Wasservogel-Rastgewässer umfassen, durchgeführt. Die Zählungen werden – jeweils an einem Sonntag zur Monatsmitte – generell in den Monaten November, Januar („Mittwinterzählung“) und März durchgeführt. In einem Teil der Gebiete finden außerdem Erfassungen im September, Oktober, Dezember, Februar und April statt. Die Datensatzzahlen der Wasservogelzählung aus Sachsen der Jahre 1966-2006 finden sich in Teil 2, Kapitel 2.2.1. Weitere Informationen, u. a. zu den Zählgebieten und die Wasservogelberichte Sachsen ab Saison 2007/08, sind auf der Internetseite der Sächsischen Vogelschutzwarte Neschwitz zu finden (<http://www.vogelschutzwarte-neschwitz.de/arbeit1.html>, Abfrage 27.04.2013).

Gänsezählung:

Die Erfassung der Gänserastbestände erfolgt in Sachsen in 34 Gebieten im Zeitraum von September bis März an mehreren Terminen synchron.

SPA-Ersterfassung/-Monitoring:

Mit der Nachmeldung im Jahr 2007 existieren aktuell 77 SPA-Gebiete in Sachsen. Sie nehmen 13,6 % der Landesfläche ein. Für die Auswahl der Gebiete wurde das Vorkommen von über 100 relevanten Vogelarten herangezogen und in einer Ersterfassung für diese Gebiete der jeweilige Bestand/das Vorkommen ermittelt. Um den Berichtspflichten gegenüber der EU nachkommen zu können, muss in regelmäßigen Zeitabständen über die Bestandssituation der relevanten Vogelarten und den Gebietszustand berichtet werden. Dazu wurde eine einheitliche Erfassungsmethodik ermittelt, die landesweit bei den Wiederholungserfassungen eingesetzt wird (vgl. Kapitel 9.2.3) Die Sächsische Vogelschutzwarte ist vom Freistaat Sachsen mit der Betreuung, Durchführung und Auswertung dieses SPA-Monitorings beauftragt. Weitere Informationen zum SPA-Monitoring sind in Teil 2, Kapitel 3.3.2 enthalten.

Flächendeckende landesweite Brutvogel(raster)kartierungen:

In Sachsen fanden bisher landesweite Brutvogelkartierungen in den Zeitabschnitten 1978-1982, 1993-1996 und 2004-2007 statt. Im ersten Durchgang wurde als Erfassungseinheit auf der Basis von Messtischblättern (TK 25) gearbeitet, der zweite und dritte Durchgang erfolgte auf der Basis von Messtischblattquadranten (TK 10 – ca. 32 km² Fläche) (weitere Informationen auf der Internetseite des LfULG unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/natur/23211.htm>, Abfrage 27.04.2013).

Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft:

Der Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) begann 2004 deutschlandweit mit dem Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft auf den ÖFS-Stichprobenflächen („Monitoring häufiger Brutvögel“). Dieses bundesweit mit einheitlicher Methodik durchgeführte Programm umfasst in Sachsen insgesamt 140 Probeflächen, wovon 49 bundesrelevante und 91 landesweite Relevanz besitzen. Die Kartierung erfolgt an vier Terminen beiderseits einer festgelegten, drei bis vier Kilometer langen Route, die in ihrem Verlauf alle bedeutenden Lebensräume der 1 km² großen Probefläche durchläuft. Das Ergebnis einer Kartiersaison beinhaltet die Zahl der Brutpaare oder Reviere für jede Vogelart, unterteilt nach Lebensräumen entlang der Kartierroute. Bisher ist in Sachsen ca. die Hälfte dieser Flächen bearbeitet (weitere Informationen in Teil 2, Kapitel 3.3.4).

Alle Erfassungsarbeiten laufen im Wesentlichen über ehrenamtliche Vogelkundler, woraus sich teilweise Bearbeitungslücken/engpässe ergeben.

9.2 Geeignete Monitoringmethoden für die ausgewählten klimasensitiven Taxa und Lebensräume

9.2.1 Stichprobenumfang

Die Auswahl der Anzahl von Monitoringflächen muss unter Gesichtspunkten der Praktikabilität sowie der statistischen Auswertbarkeit erfolgen. Ziele einer statistischen Analyse sollten hierbei v. a. die Möglichkeit der Ableitung robuster Aussagen zu Trends in Veränderungen der Artverbreitungen und phänologischer Aspekte sein. Ein umfassendes Verfahren zur Bestimmung der genauen Stichprobenanzahl, um ebensolche Robustheit zu gewährleisten, war im Rahmen des Werkvertrages „Erarbeitung einer Konzeption für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität“ allerdings nicht möglich.

Für die theoretische Umsetzung der hier erarbeiteten Monitoringansätze wurde eine vorläufige Mindeststichprobenanzahl für alle nicht seltenen Arten von 30 Monitoringflächen bestimmt. Als Daumenregel (in Fällen, in denen genauere Analysen zur Teststärke nicht möglich sind) wird in der Statistik angenommen, dass der Stichprobenumfang ca. dreimal so hoch sein sollte, wie die Anzahl der zu verwendenden unabhängigen Prädiktoren (Variablen). Die Mindestanzahl von 30 Beobachtungsflächen stellt an diesem Punkt eine Größe dar, die auf der Annahme beruht, dass es drei am häufigsten verwendete Parameter gibt, um Effekte des Klimawandels zu erklären: Änderungen der Temperatur, des Niederschlags und der Landnutzung.

Es befinden sich jedoch auch seltenere Arten mit weniger als 30 Vorkommen in Sachsen, deren Veränderungen vom statistischen Standpunkt her gesehen oftmals schwieriger zu bewerten sind, im Artenpool. Bei diesen Arten wird ein Totalzensus vorgeschlagen, d. h. ein Monitoring aller bekannten Vorkommen.

Die Anzahl von Beobachtungsflächen richtet sich generell nach den Auswertungsmöglichkeiten und der Repräsentanz. Zum einen muss der Stichprobenumfang die Grundgesamtheit mit ausreichender Sicherheit widerspiegeln. Zum anderen lassen sich belastbare Aussagen über Trends z. B. in Arealverschiebungen nur dann treffen, wenn die Anzahl der räumlich unabhängigen Beobachtungspunkte statistisch belastbar ist. Das richtet sich je nach Auswertungsmethode grob nach der Anzahl der verwendeten Prädiktoren bzw. Umweltparameter, die als Erklärung der beobachteten Muster herangezogen werden. Weiterhin müssen, um einen Stichprobenumfang zum Nachweis von Trends festzulegen, das Signifikanzniveau (üblicherweise 0,05), die Teststärke (Wahrscheinlichkeit, einen vorhandenen Unterschied bzw. Trend auch nachzuweisen) und die Effektgröße bekannt sein bzw. vorher festgelegt werden (siehe auch tiefergehende Diskussion in SACHTELEBEN & BEHRENS 2010).

Für das aufgrund der Synergieeigenschaften hier stark eingebundene FFH-Monitoring gibt es ein relativ aufwändiges statistisches, artspezifisches Verfahren, um eine belastbare Anzahl an Monitoringflächen zu ermitteln. Es wurde die Stichprobengröße auf 63 Monitoringflächen je Art und Lebensraumtyp pro biogeografische Region festgelegt. Arten und Lebensraumtypen mit

mehr als 63 Vorkommen in einer biogeografischen Region werden stichprobenartig erfasst, bei einer geringeren Anzahl von Vorkommen ist ein Totalzensus erforderlich. Der Stichprobenumfang von 63 beruht auf statistischen Berechnungen basierend auf in Klassen eingeteilten Erhebungsdaten (ABC-Stufen). So wird beispielsweise zum Nachweis von Änderungen bei einer Stichprobengröße von 63 eine Power von 0,2 und ein Konfidenzintervall von 90 % erreicht (SACHTELEBEN & BEHRENS 2010).

Weil die hier bewerteten Lebensraumtypen alle der FFH-Richtlinie und somit der damit verbundenen Monitoringpflichten unterliegen, ist es sinnvoll, sich bei der Anzahl der Monitoringflächen auf die dort erfassten Flächen zu stützen (LfULG Abteilung 6 2010, Anlage 2, siehe auch Tabelle 45). Für alle FFH-Arten des Anhangs II und IV wird in ähnlicher Weise verfahren. Häufigere Arten werden stichprobenartig auf maximal 63 Monitoringflächen untersucht.

Der hier geforderte Mindest-Stichprobenumfang von 30 liegt damit unter dem des FFH-Monitorings. Allerdings wird davon ausgegangen, dass Arten gemeinsam zu „Reaktionsgruppen“ (Arten mit ähnlicher Reaktion auf den Klimawandel) zusammengefasst werden können. Hierdurch wird der Stichprobenumfang automatisch erhöht und das Ergebnis der Analyse stärker verallgemeinerbar, als dies bei Einzelartenanalysen möglich wäre. Der Ansatz ist analog zur Analyse so genannter „funktioneller Gruppen“ (KÜHN et al. 2006). Aus diesem Grund sind Artengruppen als aggregierte Indikatoren auch bei kleinerem Stichprobenumfang als 63 statistisch sicher auszuwerten (vgl. hierzu auch die Diskussion klimasensitive Arten versus Indikatorgruppen in Kapitel 3.1.6 in Teil 2).

Generell sei hier noch auf das Kapitel 10.2 verwiesen, in dem beispielhaft auf mögliche Ansätze eingegangen wird, um die Anzahl der Beobachtungsflächen artspezifisch anzupassen.

9.2.2 Monitoringmethoden

Für die Erfassung der klimasensitiven Arten und Lebensräume ist eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen, die einerseits die Erhebungen der Daten im Gelände selbst und andererseits die Auswertung dieser Daten betreffen.

Bei der Betrachtung der Effekte des Klimawandels auf Arten sind oftmals phänologische Änderungen erkennbar (siehe Kapitel 7ff.). Daher sollten auch Methoden angewandt werden, welche die Aufnahme und die Auswertung (Zeitreihen) phänologischer Parameter ermöglichen. Bei der Auswahl der Erhebungsmethoden wurde davon ausgegangen, dass eine höhere Anzahl von Geländebegehungen bzw. eine artspezifische Erfassung insbesondere im Hinblick auf die Erhebung phänologischer Daten (z. B. Ankunft/erstes Auftreten im Gebiet, Beginn/Länge der Fortpflanzungsperiode, ggf. Anzahl der Generationen pro Jahr) deutlich bessere Ergebnisse erbringt. Aus diesem Grund wurde bei Vorliegen mehrerer etablierter Methoden die Methode mit der höheren Begehungsanzahl bzw. die artspezifische Erfassung favorisiert. Mögliche alternative Methoden werden benannt.

Die in den nachfolgenden Artengruppenkapiteln aufgeführten Methoden sind weitgehend auf Stichprobeflächen/Vorkommen ausgerichtet. Mit diesen lassen sich zwar Präsenz bzw. Absenz, Häufigkeit, Gefährdung usw. auf den jeweiligen untersuchten Flächen feststellen. Aussagen zu landesweiten Trends, insbesondere im Hinblick auf Tendenzen zu Ausbreitung oder Rückgang, können damit jedoch nicht oder nur in eingeschränktem Maße vorgenommen werden. Diese Fragestellung lässt sich nur eindeutig durch die wiederholte landesweite Erfassung (z. B. Rasterkartierung, FFH-Grob- und Präsenzmonitoring) der entsprechenden Arten/Artengruppen und Lebensräume oder in eingeschränktem Maße durch die regelmäßige gezielte Auswertung der vorhandenen Daten (Datensammlung in der Zentralen Artdatenbank des LfULG) aus anderen Erfassungen klären. Für die meisten der aufgeführten Artengruppen liegen hierzu bereits gute Grundlagen aus vorangegangenen Erhebungen als Vergleichsmaterial vor. Da landesweite Erhebungen einen enormen organisatorischen und meist auch finanziellen Aufwand hervorrufen, werden sie in der Regel nur in größeren Zeiträumen durchgeführt. Für ein Monitoring klimasensitiver Arten und Lebensräume sind die Daten zur landesweiten Entwicklung der Vorkommen zwar von ausgesprochen großem Interesse, die Durchführung entsprechender landesweiter Erhebungen ausschließlich zum Zweck dieses Vorhabens ist jedoch auf Grund der vorgenannten Fakten nicht sinnvoll. Deshalb werden nachfolgend keine Ausführungen zur methodischen Durchführung dementsprechender landesweiter Erhebungsmethoden vorgenommen. Werden in Zukunft landesweite Erhebungen für in diesem Konzept aufgeführte Arten/Artengruppen und Lebensräume geplant, sind bei den Erhebungen die Aspekte dieses Konzeptes, insbesondere phänologische Daten, mit zu berücksichtigen. Die Auswertung im Rahmen anderer Erhebungen erfasster Daten (FFH-, SPA-Pläne/-Monitoring, UVP, UVS usw.) ist jedoch unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der Erhebung sinnvoll und bildet eine wichtige Grundlage möglicher Aussagen über die Effekte der Klimaänderungen auf die Biodiversität in Sachsen.

Des Weiteren werden Vorschläge zum Untersuchungszyklus der Arten/Artengruppen und Lebensräume unterbreitet. Um klimarelevante Veränderungen erfassen zu können, wurde davon ausgegangen, dass pro Dekade mindestens zwei Untersuchungs-

durchgänge erfolgen – auf Grund der langsameren Entwicklungen bei den Waldlebensräumen nur ein Durchgang. Bei seltenen, kurzlebigen Arten und solchen, die sehr schnell auf Klimaveränderungen reagieren können (z. B. Insekten), wurden teilweise auch häufigere Erfassungen vorgeschlagen.

Hinweise zu den Methodenvorschlägen

In den Tabellen der nachfolgenden Artengruppenkapitel wird für jede Art ein Vorschlag zur Erfassung angeführt. Bei notwendigen umfangreicheren Beschreibungen ist in der Tabelle die Methodik kursiv gedruckt und wird nachfolgend genauer beschrieben. Aus logistischen und finanziellen Gründen werden die in den Freilandhebungen aufgenommenen Daten für die Beurteilung der phänologischen Aspekte entsprechend ausgewertet.

9.2.3 Vögel

Tabelle 26: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver Vogelarten in Sachsen

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	VRL	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Cygnus cygnus</i>	Singschwan	Anh. I	- an Winterrastplätzen im Zeitraum Oktober bis März monatlich einmal zu erfassen; - neben Bestandszahlen sind Ankunfts- und Abzugstermin von großer Bedeutung	jährlich; Einbindung in die bestehenden Wasservogel- bzw. Schwanenerfassungen ist sinnvoll
<i>Merops apiaster</i>	Bienenfresser		- gezielte Erfassung möglicher Brutplätze nach bekannt werden von Bruten/ Brutversuchen im größeren Umfeld dieser Ansiedlung - zwei Kontrollen in der Zeit von Mitte Mai bis Ende Juli	jährlich (nach dem Auftreten)
<i>Saxicola torquata</i>	Schwarzkehlchen		- Methodik zur Erfassung im Rahmen des SPA-Monitoring wird verwendet	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungstakten beträgt 3 Jahre
<i>Upupa epops</i>	Wiedehopf			
<i>Tringa ochropus</i>	Waldwasserläufer			
<i>Jynx torquilla</i>	Wendehals			
<i>Gallinago gallinago</i>	Bekassine		alternativ: - Methodik wie bei Monitoring häufiger Brutvögel	
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Schilfrohsänger			
<i>Alcedo atthis</i>	Eisvogel	Anh. I		
<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolan	Anh. I		
<i>Cuculus canorus</i>	Kuckuck		- es sind die Ankunftsdaten im Brutgebiet zu erfassen (Einbeziehung in phänologisches Monitoring)	jährlich; im Rahmen von öffentlichkeitswirksamen Aktionen

Methodenbeschreibung - Methodik des SPA-Monitorings (SVN – Sächsische Vogelschutzwarte Neschwitz 2007)

Im Rahmen des Monitorings für die Vogelschutzgebiete wird in zwei aufeinander folgenden Jahren eine Artenauswahl kartiert. Standardmäßig sind sechs komplette Gebietsbegehungen in der Zeit von Ende März bis Anfang August durchzuführen. Die Begehungen sind so vorzunehmen, dass auch dämmerungs- bzw. nachtaktive Arten vollständig erfasst werden können. Daneben erfolgen gebietsspezifisch für schwer nachweisbare Arten (z. B. Rallen und Käuze) und die Nestsuche von Greifvögeln zusätzliche Begehungen. In Gebieten mit Wasservogelbrutmonitoring erfolgt zur dritten Begehung eine obligatorische Nachkontrolle. Für alle zu erfassenden Brutvogelarten sind die Vorkommen im Untersuchungsgebiet punktgenau zu ermitteln und Bestandszahlen anzugeben. Die äußeren Voraussetzungen für die Kartierung sind dem Monitoring häufiger Brutvögel zu entnehmen (s. u.). Der anzustrebende Nachweisgrad sollte entweder in der Kategorie „D“ (sicherer Brutvogel) bzw. „C“ (wahrscheinlicher Brutvogel) erfolgen.

Von den klimasensitiven Arten wird im SPA-Monitoring derzeit lediglich der Kuckuck nicht erfasst. Um zusätzliche Daten aus den SPA-Gebieten zu erhalten, müsste diese Art somit noch in die Liste zu erfassender Arten aufgenommen werden.

Beschreibung alternativer Methoden - Methodik des Monitorings häufiger Brutvögel (MITSCHKE et al. 2005)

Pro Saison finden vier Begehungen zwischen Mitte März und Mitte Juni in den frühen Morgenstunden (Beginn um oder kurz nach Sonnenaufgang) und bei geeigneter Witterung (niederschlagsfrei, Wind < 4 Bft.) statt. Dabei soll zwischen zwei Begehungsterminen ein mindestens einwöchiger Abstand eingehalten werden.

Begehungszeiträume:

- 10. bis 31. März
- 1. bis 30. April
- 1. bis 20. Mai
- 21. Mai bis 20. Juni

Nur in den höheren Lagen oberhalb von 800 m ist eine Verschiebung der vier Zählperioden um jeweils maximal zwei Wochen nach hinten möglich. Mittags- und Abendzählungen sind nicht möglich. Die Begehungen erfolgen entlang einer festgelegten Route, dabei werden alle Beobachtungen in die Geländekarte eingetragen. Begonnen wird immer an demselben Startpunkt. Kartiert werden alle potenziellen Brut- bzw. Reviervögel. Durchzügler und Gäste, die kurzfristig auch revieranzeigende Verhaltensweisen zeigen können, werden nach Ende der Brutsaison bei der Ermittlung des Bestandes ausgeschlossen. Das Ergebnis einer Kartiersaison ist die Zahl der Brutpaare oder Reviere für jede Vogelart, unterteilt nach Lebensräumen entlang der Route. Schätzwerte für die gesamte Probefläche sind nicht das Ziel der Kartierungen.

9.2.4 Säugetiere

Tabelle 27: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Säugetierarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Crocidura leucodon</i>	Feldspitzmaus		- Lebendfang mittels Trichterfallen mit Köder	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungstakten beträgt 3 Jahre
<i>Crocidura russula</i>	Hausspitzmaus		- Gewöllanalyse	
<i>Crocidura suaveolens</i>	Gartenspitzmaus		- Sammlung von Zufallsnachweisen	
<i>Neomys anomalus</i>	Sumpfspitzmaus			
<i>Glis glis</i>	Siebenschläfer		- Kastenkontrolle - Gewöllanalyse - Sammlung von Zufallsnachweisen	im Rahmen des FFH-Monitoring: Untersuchung in drei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungstakten beträgt 3 Jahre
<i>Muscardinus avellanarius</i>	Haselmaus	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring Haselmaus in Sachsen - Gewöllanalyse - Sammlung von Zufallsnachweisen	
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus	FFH IV		im Rahmen des FFH-Monitoring: Untersuchung in drei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungstakten beträgt 3 Jahre
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügelfledermaus	FFH IV		
<i>Myotis myotis</i>	Großes Mausohr	FFH II/IV		
<i>Nyctalus noctula</i>	Großer Abendsegler	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	FFH IV		
<i>Plecotus austriacus</i>	Graues Langohr	FFH IV		
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Kleine Hufeisennase	FFH II/IV		
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbflledermaus	FFH IV		
<i>Myotis daubentonii</i>	Wasserfledermaus	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring alternativ: - Zählung an Gewässern	

Methodenbeschreibung - Erfassung von Spitzmäusen über Lebendfang mittels Trichterfallen mit Köder

Hierbei werden auf jeder Probefläche 20 Trichter/Fangeimer pro Hektar ausgebracht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Fanggeräte ebenerdig eingegraben und mit einem Stück Köder (Leber ca. 50 - 75 g je Falle) versehen werden. Die Fallen sind mit Ablauflöchern für ggf. eindringendes Wasser zu versehen. Die Erfassung ist in der Zeit der höchsten Populationsdichte (Spätsommer bis Frühherbst) vorzunehmen. Eine Fangperiode erstreckt sich dabei über drei Tage/Nächte. In diesem Zeitraum sind die Fallen alle sechs Stunden zu kontrollieren. Um Aussagen zur Dichte zu ermöglichen, sind die gefangenen Tiere farblich zu markieren und anschließend wieder frei zu lassen.

Erfassung von Haselmaus und Siebenschläfer

Die Erfassung dieser beiden Schläferarten erfolgt gemäß der Methodik des Monitorings der Haselmaus in Sachsen über Kastentkontrollen. Dabei werden in den Stichprobeflächen alle vorhandenen Nistkästen (ca. 50 pro 10 ha) auf die Anwesenheit der Arten kontrolliert und die biologischen Daten entsprechend dem Erhebungsbogen aufgenommen. Eine zweimalige Kontrolle (Mitte Juli bis Anfang September) ist notwendig.

Erfassung der Fledermausarten

Für das Monitoring der Fledermäuse werden zwei Zählungen je Saison durchgeführt. Bei nicht frei im Quartier hängenden Arten (z. B. Breitflügelfledermaus) oder nicht einsehbaren/begehbaren Quartieren (z. B. Baumhöhlen, nicht betretbare Hausquartiere) werden Ausflugszählungen durchgeführt. Die 1. Zählung erfolgt vor der Reproduktion, die 2. nach dem Flüggewerden der Jungtiere.

Beschreibung alternativer Methoden - Zählung der Wasserfledermaus an Gewässern

Die Erfassungen werden an mindesten zwei Terminen zwischen Mitte Mai und Mitte Juli sowie Mitte August durchgeführt. Hierzu werden in der ersten Nachthälfte (ab einer Stunde nach Sonnenuntergang) Gewässer mit einem starken Rotlichtscheinwerfer dreimal mit einminütigem Abstand abgeleuchtet und die anwesenden Wasserfledermäuse gezählt. Der größte ermittelte Wert ist dabei relevant. Bei großen Gewässern sind mehrere Zählstandorte zu bearbeiten (DOERPINGHAUS et al. 2005).

9.2.5 Amphibien und Reptilien

Tabelle 28: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Amphibien- und Reptilienarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Bombina orientalis</i>	Rotbauchunke	FFH II/IV		
<i>Bufo calamita</i>	Kreuzkröte	FFH IV		
<i>Bufo viridis</i>	Wechselkröte	FFH IV		
<i>Hyla arborea</i>	Laubfrosch	FFH IV		
<i>Pelobates fuscus</i>	Knoblauchkröte	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	
<i>Rana arvalis</i>	Moorfrosch	FFH IV		
<i>Rana dalmatina</i>	Springfrosch	FFH IV	alternativ:	
<i>Rana kl. esculenta</i>	Teichfrosch	FFH V	- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Amphibien	
<i>Rana lessonae</i>	Kleiner Wasserfrosch	FFH IV		im Rahmen des FFH-Monitoring; in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungstakten beträgt 4 Jahre
<i>Rana ridibunda</i>	Seefrosch	FFH V		
<i>Rana temporaria</i>	Grasfrosch	FFH V		
<i>Bufo bufo</i>	Erdkröte			
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	Bergmolch		- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	
<i>Triturus cristatus</i>	Kammolch	FFH II/IV	alternativ: - Erfassung der Molche durch Ableuchten des Gewässergrundes im Uferbereich bei Nacht	
<i>Coronella austriaca</i>	Glattnatter	FFH IV		
<i>Lacerta agilis</i>	Zauneidechse	FFH IV		
<i>Anguis fragilis</i>	Blindschleiche		- Methodik wie FFH-Art-Monitoring Schlingnatter	
<i>Natrix natrix</i>	Ringelnatter			
<i>Vipera berus</i>	Kreuzotter			

Methodenbeschreibung - FFH-Art-Monitoring Froschlurche

Es wird bei der Erstbegehung zunächst die Präsenz der Arten in der Untersuchungsfläche mittels Verhören an Abenden mit optimaler Witterung für die Rufaktivität geprüft und die Anzahl der Rufer je Art abgeschätzt bzw. bei wenigen Rufern gezählt. Bei nachgewiesener Präsenz sind zwei weitere Begehungen zur Erfassung der Ruferanzahl an Abenden mit optimaler Witterung für die Rufaktivität durchzuführen. Bei den früh im Jahr laichenden Arten (Erd-, Knoblauchkröte, Moor-, Spring- und Grasfrosch) ist die erste Begehung Ende Februar bis Mitte März (je nach Eisauflauf) und die beiden folgenden Mitte März bis Anfang Mai durchzuführen. Bei den übrigen Arten erfolgen die erste Begehung je nach Witterung im April/Mai und die weiteren Begehungen bis Juni. Zwei der Begehungen sollten bei diesen Arten im Mai erfolgen. Der Reproduktionsnachweis erfolgt durch Keschern nach Kaulquappen und Suchen von Jungfröschen in der Ufervegetation, ggf. ist dafür eine weitere, gesonderte Begehung erforderlich.

Bei Kreuz- und Wechselkröte ist zu beachten, dass es sich um Pionierarten handelt und somit das Festhalten an definierten Stichprobengewässern nicht sinnvoll ist. Vielmehr ist im Vorkommensgebiet weiträumig auf die Anwesenheit der Arten zu kontrollieren.

FFH-Art-Monitoring Schwanzlurche

Fang der Molche mittels unbeköderter Flaschen- oder Reusenfallen in möglichst drei aufeinander folgenden Nächten. Je Gewässergroße sind 10 bis 30 Fallen zu verwenden. Der optimale Erfassungszeitraum liegt zwischen Mitte April und Mitte Mai, wobei zu beachten ist, dass die Wassertemperatur 15 °C nicht übersteigt. Bei Wiederholungsdurchgängen ist je Stichprobengewässer immer mit der gleichen Fallenzahl bzw. Anzahl an Reusen zu arbeiten.

FFH-Art-Monitoring Schlingnatter

Auf Grund der versteckten Lebensweise der Reptilien (mit Ausnahme der Zauneidechse) ist eine gezielte Erfassung durch reine Sichtbeobachtungen nur mit sehr hohem zeitlichem und personellem Aufwand möglich. Durch die Ausbringung von so genannten Schlangenbrettern kann eine wesentlich höhere Effektivität erzielt werden. Je Stichprobenfläche sind sechs Schlangenbretter auszubringen und über die Saison (von Mai bis September) wöchentlich zu kontrollieren. Die bei den Kontrollen festgestellten Tiere sind anhand individueller Merkmale aufzunehmen. Bei den Schlangenbrettern handelt es sich um dunkle Platten definierter Größe (z. B. 1 x 1 m), die auf den Erdboden gelegt werden, sodass sich die Schlangen darunter verkriechen können.

Beschreibung alternativer Methoden - Methodik nach Standard-Methodenkatalog Amphibien (LfUG 2006)

Die Erfassung der Amphibien erfolgt durch Verhören, Sichtbeobachtung, Keschern, Laich- und Larvensuche. Je Untersuchungsgewässer werden vier Begehungen à zwei Stunden durchgeführt. Je zwei Begehungen erfolgen dabei im April und Mai, jeweils eine davon abends/nachts.

9.2.6 Fische

Tabelle 29: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Fisch- und Rundmaularten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Aspius aspius</i>	Rapfen	FFH II	- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Fische/Rundmäuler	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 3 Jahre
<i>Cottus gobio</i>	Groppe	FFH II		
<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	FFH V		
<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	FFH II		
<i>Alburnus alburnus</i>	Ukelei			
<i>Lota lota</i>	Quappe			
<i>Salmo trutta fario</i>	Bachforelle			

Methodenbeschreibung - Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren – Fische/Rundmäuler (LfUG 2006)

An jeweilige Gewässersituation angepasste Elektrofischung (Boot- oder Wattfischerei) mit Gleichstrom zur Ermittlung von Arteninventar und Bestand. Die zu beprobende Strecke an der Stichprobenfläche entspricht in der Länge ca. 35 x der mittleren Gewässerbreite. Im Bereich der Forellen- und Äschenregion ist eine Befischung, in der Barben- und Brassenregion sind zwei Befischungen pro Saison vorzunehmen. Alle bei der Befischung festgestellten Individuen sind je Art, Größe usw. zu dokumentieren.

9.2.7 Libellen

Tabelle 30: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Libellenarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Helm-Azurjungfer	FFH II		
<i>Coenagrion ornatum</i>	Vogel-Azurjungfer	FFH II		
<i>Gomphus flavipes</i>	Asiatische Keiljungfer	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	im Rahmen des FFH-Monitoring: drei aufeinander folgende Jahre; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 3 Jahre
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Östliche Moosjungfer	FFH IV		
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	Zierliche Moosjungfer	FFH IV		
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	Große Moosjungfer	FFH II/IV		
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Grüne Keiljungfer	FFH II/IV		
<i>Aeshna affinis</i>	Südliche Mosaikjungfer			
<i>Aeshna subarctica</i>	Hochmoor-Mosaikjungfer			
<i>Brachytron pratense</i>	Kleine Mosaikjungfer			
<i>Coenagrion lunulatum</i>	Mond-Azurjungfer			
<i>Crocothemis erythraea</i>	Feuerlibelle		- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Libellen	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 4 Jahre
<i>Lestes barbarus</i>	Südliche Binsenjungfer			
<i>Somatochlora alpestris</i>	Alpen-Smaragdlibelle			
<i>Sympetrum flaveolum</i>	Gefleckte Heidelibelle			
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Frühe Heidelibelle			
<i>Sympetrum meridionale</i>	Südliche Heidelibelle			

Methodenbeschreibung - Methodik wie FFH-Art-Monitoring

Je Stichprobenfläche sind drei Begehungen in der jeweiligen Hauptflugzeit durchzuführen. Als Maß für die Bestandsgröße dient bei Kleinlibellen die maximale mittlere Anzahl von Imagines pro 50-100 m Untersuchungsstrecke, bei der Asiatischen Keiljungfer die relative Häufigkeit bezogen auf 500 m. Ergänzend sind die Exuvienanzahlen auf jeweils definierter Uferlänge zu ermitteln. Die Bestandsgröße nach Exuvien wird als relative Häufigkeit, bezogen auf eine definierte Uferstrecke bei Kleinlibellen und als Jahressumme auf 250 m bei Asiatischer Keiljungfer, angegeben.

Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren – Libellen (LfUG 2006)

Der Nachweis der Arten erfolgt bei dieser Methode über Sichtbeobachtung und Kescherfang von Imagines. Ergänzend erfolgt die Aufsammlung von Exuvien. Für die Untersuchung sind ca. 1 ha große Probeflächen bzw. 10 Linientransekte von 100 m x 10 m entsprechend 1.000 m begehbarer Uferlänge mit Erfassung 5 m landseitig und 5 m wasserseitig vorgeschrieben. Pro Saison sind sechs Begehungen à 1,5 h (je 1x Mitte/Ende April sowie jeweils Mitte Mai, Juni, Juli, August und September) unter Berücksichtigung phänologischer Aspekte (angepasst an die Höhenlage) und bei geeigneter Witterung (inkl. ergänzende Ab-sammlung von Exuvien) durchzuführen. Bei der Ergebnisdarstellung wird der höchste festgestellte Abundanzwert (Häufigkeitsklassen: A: 1; B: 2; C: 3-5; D: 6-10; E: 11-20; F: 21-50; G: 51-100; H: 101-500), bezogen auf die Untersuchungsfläche, sowie die Anwesenheit von seltenen/gefährdeten Arten (Rote Liste Sachsen und Deutschland) angegeben. Die Beobachtungen sind nach Mad: Männchen adult; Wad: Weibchen adult; LV: Larven, Exuvien; KO: Kopula; Paarungsrad; LA: Laich, Eier (bzw. Eiablage) und speziellen weiteren Statusangaben zu spezifizieren.

Die Verwendung dieser Methodik bietet sich auf Grund der gleichzeitigen Erfassung sämtlicher Arten einer Untersuchungsstelle an, wodurch deutlich mehr Daten, bei vergleichsweise niedrigen Kosten, erhoben werden können.

9.2.8 Tagfalter

Tabelle 31: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Tagfalterarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Euphydryas maturna</i>	Eschen-Scheckenfalter	FFH II/IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	im Rahmen des FFH-Monitoring: in drei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 3 Jahre
<i>Lycaena dispar</i>	Großer Feuerfalter	FFH II/IV		
<i>Maculinea nausithous</i>	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV		
<i>Maculinea teleius</i>	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV		
<i>Aglais urticae</i>	Kleiner Fuchs			
<i>Apatura ilia</i>	Kleiner Schillerfalter			
<i>Apatura iris</i>	Großer Schillerfalter			
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Schornsteinfeger			
<i>Araschnia levana</i>	Landkärtchenfalter			
<i>Argynnis adippe</i>	Feuriger Perlmutterfalter			
<i>Argynnis aglaja</i>	Großer Perlmutterfalter			
<i>Argynnis paphia</i>	Kaisermantel			
<i>Boloria aquilonaris</i>	Hochmoor-Perlmutterfalter			
<i>Brenthis ino</i>	Mädesüß-Perlmutterfalter			
<i>Carterocephalus palaemon</i>	Gelbwürliger Dickkopffalter			
<i>Coenonympha glycerion</i>	Rotbraunes Wiesenvögelchen			
<i>Coenonympha tullia</i>	Großes Wiesenvögelchen			
<i>Colias crocea</i>	Wander-Gelbling		alle Nicht-FFH-Arten: - Methodik wie bei Tagfalter-Monitoring (TMD) alternativ: - Methodik nach Standard-Methodenkatalog Tagfalter/Widderchen	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 4 Jahre
<i>Colias palaeno</i>	Hochmoor-Gelbling			
<i>Cupido minimus</i>	Zwerg-Bläuling			
<i>Erebia ligea</i>	Weißbindiger Mohrenfalter			
<i>Erebia medusa</i>	Rundaugen-Mohrenfalter			
<i>Hesperia comma</i>	Komma-Dickkopffalter			
<i>Hipparchia semele</i>	Ockerbindiger Samtfalter			
<i>Hipparchia statilinus</i>	Eisenfarbener Samtfalter			
<i>Iphiclydes podalirius</i>	Segelfalter			
<i>Issoria lathonia</i>	Kleiner Perlmutterfalter			
<i>Limenitis camilla</i>	Kleiner Eisvogel			
<i>Limenitis populi</i>	Großer Eisvogel			
<i>Lycaena alciphron</i>	Violetter Feuerfalter			
<i>Lycaena hippothoe</i>	Lilagold-Feuerfalter			
<i>Lycaena tityrus</i>	Brauner Feuerfalter			
<i>Lycaena virgaureae</i>	Dukaten-Feuerfalter			
<i>Maniola lycaon</i>	Kleines Ochsenauge			
<i>Melanargia galathea</i>	Schachbrettfalter			
<i>Melitaea athalia</i>	Wachtelweizen-Scheckenfalter			
<i>Nymphalis antiopa</i>	Trauermantel			
<i>Nymphalis io</i>	Tagpfauenauge			
<i>Plebeius optilete</i>	Hochmoor-Bläuling			
<i>Polyommatus amandus</i>	Vogelwicken-Bläuling			
<i>Polyommatus coridon</i>	Silbergüner Bläuling			
<i>Polyommatus semiargus</i>	Rotklee-Bläuling			
<i>Satyrrium pruni</i>	Pflaumen-Zipfelfalter			
<i>Satyrrium w-album</i>	Ulmen-Zipfelfalter			

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Scolitantides orion</i>	Fetthennen-Bläuling			
<i>Scolitantides schiffermuelleri</i>	Östlicher Quendel-Bläuling			
<i>Thecla betulae</i>	Nierenfleck-Zipfelfalter			

Methodenbeschreibung - Methodik wie FFH-Art-Monitoring

FFH-Monitoring von Arten des Anhangs II und/oder IV:

■ *Euphydryas maturna* - Eschen-Scheckenfalter:

- Erfassung der Falter auf drei Begehungen je Transekt in der Zeit von Ende Mai bis Anfang Juli. Ermittlung der Anzahl Präimaginalstadien durch standardisierte Gespinstsuche auf dem Raupennahrungspflanzenbestand auf zwei Begehungen je Fläche im Juli.

■ *Lycaena dispar* - Großer Feuerfalter:

- Erfassung der Falter-, Puppen-, Raupen- und Eieranzahl auf zwei Begehungen (Mai und August) auf ausgewählten Vorkommensflächen. Für die Erfassung der Eieranzahl sind ca. 30 geeignete *Rumex*-Stauden je ausgewählter Vorkommensfläche zu untersuchen.

■ *Maculinea nausithous* und *M. teleius* - Dunkler und Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling:

- Erfassung der Falteranzahl auf drei Begehungen in der Zeit von Ende Juni bis August auf ausgewählten Vorkommensflächen.

Methodenbeschreibung - Tagfalter Monitoring (TMD)

Das Monitoring-Programm erfolgt auf Basis von Transekt-Erfassungen. Ein Transekt ist ein nach bestimmten Kriterien festgelegter Abschnitt aus der Landschaft entlang einer geraden Linie. Ein Transekt hat eine Gesamtlänge von etwa 0,5 bis 1,5 km und wird in 50 m-Abschnitte unterteilt.

Für die Zählung wird das Transekt in einem langsamen und gleichmäßigen Tempo abgeschritten und alle Tagfalter registriert, die bis etwa 2,5 m rechts und links des Weges sowie 5 m davor und darüber zu sehen sind. Dieser gedachte „Beobachtungsraum“ von 5 x 5 x 5 m bewegt sich mit dem Kartierer über das Transekt und ist strikt einzuhalten, damit die Daten mit denen anderer Transekte verglichen werden können. Für 50 m nimmt man sich ca. fünf Minuten Zeit. Unterbrechungen sind hierbei nicht mitgerechnet. Zum Vergleich: das Wandertempo von 6 km/h ist zehnmal so schnell.

Die Begehungen finden von April bis Ende September wöchentlich zwischen 10 und 17 Uhr statt. Sollten einzelne Termine ausfallen, weil z. B. in einer Woche das Wetter nicht geeignet ist oder wegen Krankheit, Urlaub oder ähnlichem, so hat das in der Regel keine negative Wirkung auf die Auswertung. Es ist dennoch sinnvoll, eine andere Person als Vertretung „anzulernen“. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen finden keine Erfassungen statt. Dazu zählen Temperaturen unter 13 °C bzw. bei stärkerer Bewölkung (40 %-80 %) unter 17 °C. Außerdem darf die Windstärke maximal 4 (entspricht 20 km/h) betragen (kleine Äste bewegen sich, Papier und Laub wird aufgewirbelt). Auch ist darauf zu achten, dass es bei heißem Wetter vorkommen kann, dass die Falter eine sogenannte „Hitzevlucht“ zeigen, d. h. sie verstecken sich in der Vegetation oder ziehen sich in schattige Bereiche zurück.

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

Die Bestimmung der Art sollte so genau wie möglich erfolgen. In Fällen, in denen das nicht möglich ist, sollte der Artkomplex dokumentiert werden (z. B. *Pieris rapae/napi*) (vgl. auch Kapitel 9.1.2).

Beschreibung alternativer Methoden - Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren - Tagfalter/Widderchen (LfUG 2006)

Der Nachweis der Arten erfolgt bei dieser Methode über Sichtbeobachtung von Imagines und Kescherfang. Für die Untersuchung sind ca. 1 ha große Probeflächen bzw. 10 Linientransekte von 100 m x 10 m vorgeschrieben. Pro Saison sind sechs Begehungen à 1 h (je 1x Mitte April/Mitte Mai und 5 x Ende Mai – Mitte September) unter Berücksichtigung phänologischer Aspekte und bei geeigneter Witterung (i. d. R. Temperatur >13 °C, sonnig bis bewölkt, Wind bis 3 Beaufort) durchzuführen.

Bei der Ergebnisdarstellung wird der höchste festgestellte Abundanzwert (Häufigkeitsklassen: A: 1; B: 2; C: 3-5; D: 6-10; E: 11-20; F: 21-50; G: 51-100; H: 101-500) bezogen auf die Untersuchungsfläche und die Anwesenheit von seltenen/gefährdeten Arten (Rote Liste Sachsen und Deutschland) angegeben. Die Beobachtungen sind nach Mad: Männchen adult; Wad: Weibchen adult; LV: Larven, Exuvien; KO: Kopula; LA: Eier (bzw. Eiablage) und speziellen weiteren Statusangaben zu spezifizieren.

9.2.9 Käfer

Tabelle 32: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Käferarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Carabus menetriesi pacholei</i>	Hochmoor-Laufkäfer	FFH II	- Lebendfang mit 20 <i>Sphagnum</i> -bestückten Bodenfallen in Fallenreihen im Raster von 4 x 5 m im Zeitraum Ende Mai	im Rahmen des FFH-Monitoring: in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 4 Jahre
<i>Cerambyx cerdo</i>	Heldbock	FFH II/IV		
<i>Dytiscus latissimus</i> ¹⁹	Breitrand			
<i>Graphoderus bilineatus</i>	Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer	FFH II/IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	
<i>Lucanus cervus</i>	Hirschkäfer	FFH II		
<i>Osmoderma eremita</i>	Eremit	FFH II/IV		Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 4 Jahre
<i>Amara infima</i>	Heide-Kanalläufer			
<i>Badister meridionalis</i>	Bogenfleck-Wanderläufer			
<i>Bembidion humerale</i>	Hochmoor-Ahlenläufer			
<i>Bembidion nigricorne</i>	Nördlicher Ahlenläufer			
<i>Bembidion octomaculatum</i>	Achtfleck-Ahlenläufer			
<i>Brachinus crepitans</i>	Großer Bombardierkäfer		- Methodik nach Standard-Methodenkatalog	
<i>Brachinus expulso</i>	Kleiner Bombardierkäfer		Laufkäfer	
<i>Bradycellus caucasicus</i>	Heller Rundbauchläufer			
<i>Bradycellus ruficollis</i>	Rothals-Rundbauchläufer			
<i>Carabus nitens</i>	Heide-Laufkäfer			
<i>Pterostichus ovoideus</i>	Flachäugiger Grabläufer			
<i>Trechus rubens</i>	Ziegelroter Flinkläufer			

Methodenbeschreibung - Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren - Laufkäfer (LfUG 2006)

Die Erfassung erfolgt mittels Fallenfang in Barberfallen. Dabei werden die ebenerdig eingegrabenen Bodenfallen mit einer 4 %-igen Formaldehydlösung (mit etwas Detergensmittel, das die Oberflächenspannung senkt) als Konservierungsflüssigkeit befüllt. Der Öffnungsdurchmesser der Fallen beträgt 7 cm. Je Stichprobenfläche werden fünf Fallen im Linientransekt mit einem Fallenabstand von ca. 10 m gestellt. Die Leerung erfolgt 14-tägig. Dabei wird jeder Falleninhalte separat behandelt. Es sind zwei Fangperioden Mitte/Ende April bis Mitte/Ende Juni (acht Wochen) und Ende August bis Mitte Oktober (sechs Wochen), in Kammlagen der Mittelgebirge unter Berücksichtigung phänologischer Gesichtspunkte von Mitte Mai bis Mitte Juli bzw. Mitte August bis Anfang Oktober je Saison durchzuführen. Bei der Auswertung sind Artenlisten mit Angabe der Fangzahlen je Art (pro Falle, pro Leerung und insgesamt) sowie exakte Angaben zu ggf. auftretenden Fallenausfällen zu erstellen.

¹⁹ Die Nachweise nach 1990 waren Zufallsfunde in einem Gewässer, das als Reproduktionsgewässer nicht in Frage kommt. Recherchen im Zuge der FFH-Berichtspflichten brachten im Umfeld des genannten Fundes keine weiteren Nachweise, sodass der Breitrand im Zuge des FFH-Monitorings nicht bearbeitet wird (mdl. Mitteilung Malt, LfULG 2010).

FFH-Art-Monitoring Heldbock

Erfassung der aktuellen Baumbesiedlung der Stichprobenfläche über die Schätzung oder Zählung von frischen Ausbohrlöchern auf einer Begehung vorzugsweise in der „laubfreien“ Zeit. Bestimmung der Bestandsgröße der Metapopulation durch Ermittlung der Anzahl als „aktuell besiedelt“ (durch frisches Bohrmehl, diesjährige Ausbohrlöcher) verifizierter Bäume. Ehemalige Brutbäume sind nicht bei der Ermittlung der Populationsgröße zu berücksichtigen und sollten separat registriert werden.

FFH-Art-Monitoring Breitrand²⁰ und Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer

Je Stichprobenfläche zwei Untersuchungstermine mit jeweils 10 bis 20 Reusenfallen im Zeitraum zwischen Ende April und Anfang Mai sowie zwischen Anfang Juli und Mitte August. Pro Termin max. zehn Tage Standzeit der Fallen, bei Präsenznachweis wird die Erfassung beendet. Als Fallenstandorte sind Bereiche mit einer Wassertiefe von 20 – 40 cm auszuwählen. Die Fallen sind mit Fisch oder Leber zu beködern.

FFH-Art-Monitoring Hirschkäfer

Insgesamt erfolgen drei Begehungen je Saison. Die erste Begehung ist Ende Mai in der Zeit vom Nachmittag bis in den späten Abend, bei warmer Witterung (mindestens 18 °C, vorzugsweise bei hoher Luftfeuchte) zum Nachweis ggf. schwärmender Käfer durchzuführen. Hierbei erfolgt die Kartierung größerer Saftflüsse v. a. an Eichen sowie die Suche nach toten Käfern und Käferresten an möglichen Brutstubben in sonnenexponierter Lage. Die zweite und dritte Begehung erfolgen ebenfalls abendlich (mindestens 25 °C, vorzugsweise bei schwülwarmer Witterung) im Juni und Juli zum Nachweis schwärmender Käfer. Vorhandene Saftflüsse sind durch Ableuchten auf anwesende Hirschkäfer zu kontrollieren. Ergänzend zu diesen Begehungen ist eine gezielte Suche nach Erdschlupflöchern, toten Käfern, Käferresten an möglichen Brutstubben (Wurzelaum fauler, morscher Stubben und Stümpfe sowie abgestorbener oder absterbender, weißfauler Laubbäume in sonnenexponierter Lage) vorzunehmen. Bei allen Begehungen sind die Anzahl der Käfer getrennt nach Geschlecht aufzunehmen.

FFH-Art-Monitoring Eremit

Kontrolle der aktuellen Besiedlung einer Stichprobenfläche durch Kontrolle aller potenziellen Brutbäume auf frischen Larvenkot und gezielte Nachsuche auf Larven durch vorsichtiges Graben im Mulm in dafür geeigneten, zugänglichen Baumhöhlen an vier Begehungsterminen von Mai bis September in der Zeit vom Nachmittag bis in den späten Abend (besonders günstig an warmen Tagen mit mindestens 25 °C Lufttemperatur).

9.2.10 Sonstige Wirbellose

Tabelle 33: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sonstiger Wirbellosenarten Sachsens

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Astacus astacus</i>	Edelkrebs	FFH V	- Erfassung der Tiere bei 3 nächtlichen Begehungen (zwischen IV - VI und IX - X) durch Ableuchten von 100 m Uferlinie	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; Abstand zwischen den Untersuchungen 4 Jahre
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs	FFH II/V		
<i>Helix pomatia</i>	Weinbergschnecke	FFH V	- einmalige Erfassung aller Individuen > 1,5 cm Gehäusehöhe auf Transekten von 1 x 20 m (im Wald 2 x 50 m) zwischen Mitte IV - Mitte VI innerhalb einer Stunde; bei oder nach Regen	eine Untersuchung alle 5 Jahre
<i>Vertigo angustior</i>	Schmale Windelschnecke	FFH II	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring	ein Jahr; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 2 Jahre
<i>Vertigo moulinsiana</i>	Bauchige Windelschnecke	FFH II		
<i>Anisus spirorbis</i>	Gelippte Tellerschnecke		- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Wassermollusken	
<i>Gyraulus laevis</i>	Glattes Posthörnchen			
<i>Gyraulus rossmaessleri</i>	Rossmässlers Posthörnchen			
<i>Omphiscola glabra</i>	Längliche Sumpfschnecke			
<i>Viviparus viviparus</i>	Stumpfe Flussdeckelschnecke			

²⁰ Die Nachweise nach 1990 waren Zufallsfunde in einem Gewässer, das als Reproduktionsgewässer nicht in Frage kommt. Recherchen im Zuge der FFH-Berichtspflichten brachten im Umfeld des genannten Fundes keine weiteren Nachweise, sodass der Breitrand im Zuge des FFH-Monitorings nicht bearbeitet wird (mdl. Mitteilung Malt, LfULG 2010).

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Margaritifera margaritifera</i>	Flusssperlmuschel	FFH II/V	- Erfassung erfolgt durch eine sommerliche Begehung (bei kleinen Bächen vom Ufer aus)	im Rahmen des FFH-Monitoring: ein Jahr; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 5 Jahre
<i>Sphaerium rivicola</i>	Flusskugelmuschel		- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Wassermollusken	
<i>Unio pictorum</i>	Malermuschel			
<i>Unio tumidus</i>	Große Flussmuschel			
<i>Arctosa cinerea</i>	Sand-Wolfsspinnne		- Gezielte Handaufsammlung (1 h) in der Stichprobenfläche an 2 Terminen (Mitte V bis Mitte VIII) zu Ermittlung der Abundanz	
<i>Lasius jensi</i>	-		- Erfassung der Nesterdichte in der Stichprobenfläche durch gezielte Suche bei einer Begehung im VI/VII bei trocken-warmem Wetter	Untersuchung in zwei aufeinander folgenden Jahren; der Abstand zwischen den Untersuchungen beträgt 4 Jahre
<i>Chorthippus mollis</i>	Verkannter Grashüpfer			
<i>Chorthippus vagans</i>	Steppegrashüpfer			
<i>Isophya kraussii</i>	Plumpschrecke			
<i>Metrioptera bicolor</i>	Zweifarbige Beißschrecke		- Methodik nach Standard-Methodenkatalog Heuschrecken	
<i>Phaneroptera falcata</i>	Gemeine Sichelschrecke			
<i>Tetrix ceperoi</i>	Westliche Dornschrecke			
<i>Tettigonia cantans</i>	Zwitscherschrecke			

Methodenbeschreibung - FFH-Art-Monitoring Schmale Windelschnecke und Bauchige Windelschnecke

Auf der Stichprobenfläche ist bei einer Begehung im Zeitraum Anfang Mai bis Anfang September bei länger anhaltender, feuchter Witterung eine Gesamtfläche von 1 m² zu bearbeiten. Die Gesamtbearbeitungsfläche ist auf vier Teilflächen von 0,5 m x 0,5 m zu verteilen. In jeder der vier Teilflächen ist die gesamte Vegetation, die Streu und, soweit vorhanden, weiteres Lockersubstrat systematisch abzusammeln und zu sieben. Zur einheitlichen Erfassung der Juvenilen ist ein 0,7 mm-Sieb zu verwenden. Alle Individuen unterhalb dieser Größe werden nicht erfasst.

Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren – Wassermollusken (LfUG 2006)

In Stillgewässern gezielte Handaufsammlung (Absuchen geeigneter Strukturen) und Abkeschern von Wasserpflanzen; Abkämmen bei drei Begehungen/Saison á 1,5 h in ca. 0,5 ha großen Stichprobenflächen. Je eine Begehung sollte dabei in den Monaten April-Mai, Juni-Juli und September-November erfolgen.

In Fließgewässern erfolgt die Aufsammung nach Zeitsammelmethode (Absammeln, Sieben und Schlämmen von Substraten in Querprofilen) in einem ca. 100 m langen Fließgewässerabschnitt. Hierzu erfolgen drei Begehungen à zwei Stunden (je einmal im Mai, Juli/August, September/Oktober).

Sächsischer Standard-Methodenkatalog zu faunistischen Indikatoren – Heuschrecken (LfUG 2006)

Erfassung der Abundanz durch sechs einstündige Begehungen auf der ca. 1 ha großen Stichprobenfläche bzw. zehn Transekte von je 100 m x 10 m (2x Mitte Mai bis Ende Juni und 4x Anfang August bis Mitte September) unter Beachtung der verschiedenen Aktivitätszeiten sowie phänologischer Gesichtspunkte (angepasst an die Höhenlage) und geeigneten Witterungsbedingungen.

9.2.11 Moose, Flechten, Gefäßpflanzen

Der Vorschlag des Untersuchungszyklus richtet sich vor allem nach der Lebenserwartung der jeweiligen Arten, der „Ausbreitungsfähigkeit“ durch reinen Zuwachs der Pflanzen (z. B. durch Polykormonbildung) und Veränderungen des Habitates, die durch menschliche Nutzung etc. hervorgerufen werden. Für langlebigere Arten, Arten mit geringer „Ausbreitungsfähigkeit“ und Arten, deren Habitate nicht oder nur über längere Zeiträume vom Menschen verändert oder beeinflusst werden, ist eine Untersuchung alle fünf Jahre vorgesehen (sonst alle drei Jahre). Bei den Moosen wurde darüber hinaus die relativ geringe zur Verfügung stehende Bearbeiteranzahl berücksichtigt. Ausgenommen sind hier die drei Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie, deren wenige Vorkommen eine intensivere Untersuchungsichte erfahren sollten.

Tabelle 34: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Moos-, Flechten- und Gefäßpflanzenarten

Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt. Die deutschen Artnamen sind in Tabelle 44 im Anhang verzeichnet, für die Moose und Flechten in den Tabellen 40 und 41 in Teil 2.

Art (lat.)	Taxa	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Cladonia arbuscula</i>	Flechte	FFH V	- Als Stichprobenfläche dient ein Biotop mit Vorkommen der jeweiligen Art (Deckung in % ist anzugeben). Die Aufnahmefläche in einem Bestand beträgt 10 x 10 m (Vegetationsaufnahme (VA) nach Braun-Blanquet, erweitert um die Werte 2m, 2a und 2b). Die VA wird ergänzt um kleinere Aufnahmen der Flechtensynusien.	eine Untersuchung im Abstand von 5 Jahren
<i>Cladonia ciliata</i>	Flechte	FFH V		
<i>Cladonia portentosa</i>	Flechte	FFH V		
<i>Cladonia rangiferina</i>	Flechte	FFH V		
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Flechte			
<i>Physconia grisea</i>	Flechte			
<i>Punctelia subrudecta</i>	Flechte			
<i>Arnica montana</i>	Gefäßpflanze	FFH V	- <i>Auszählen der Pflanzen</i>	alle drei Jahre
<i>Asplenium adulterinum</i>	Gefäßpflanze	FFH II/IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Zählung der Pflanzen	eine Untersuchung im Abstand von 5 Jahren
<i>Coleanthus subtilis</i>	Gefäßpflanze	FFH II/IV		alle drei Jahre
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Diphasiastrum complanatum</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Diphasiastrum issleri</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Diphasiastrum tristachyum</i>	Gefäßpflanze	FFH V	- <i>Auszählen der Pflanzen</i>	alle drei Jahre
<i>Diphasiastrum zeilleri</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Huperzia selago</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Lindernia procumbens</i>	Gefäßpflanze	FFH IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Zählung der Pflanzen/Sprosse	
<i>Luronium natans</i>	Gefäßpflanze	FFH II/IV		
<i>Lycopodiella inundata</i>	Gefäßpflanze	FFH V		alle drei Jahre
<i>Lycopodium annotinum</i>	Gefäßpflanze	FFH V	- <i>Auszählen der Pflanzen</i>	
<i>Lycopodium clavatum</i>	Gefäßpflanze	FFH V		
<i>Trichomanes speciosum</i>	Gefäßpflanze	FFH II/IV	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Zählung der Teilpopulationen/Lokalität	eine Untersuchung im Abstand von 5 Jahren
<i>Aconitum variegatum</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Agrimonia procera</i>	Gefäßpflanze			
<i>Ailanthus altissima</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Gefäßpflanze			
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Gefäßpflanze			
<i>Artemisia annua</i>	Gefäßpflanze			
<i>Atriplex sagittata</i>	Gefäßpflanze			
<i>Bromus inermis</i>	Gefäßpflanze		- <i>Auszählen der Pflanzen</i>	alle drei Jahre
<i>Bunias orientalis</i>	Gefäßpflanze			
<i>Cicerbita alpina</i>	Gefäßpflanze			
<i>Cornus mas</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Gefäßpflanze			
<i>Echinocystis lobata</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Gentiana asclepiadea</i>	Gefäßpflanze			
<i>Hesperis matronalis</i>	Gefäßpflanze			
<i>Homogyne alpina</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Ilex aquifolium</i>	Gefäßpflanze			
<i>Juglans regia</i>	Gefäßpflanze		- <i>Auszählen der Pflanzen</i>	alle fünf Jahre
<i>Lactuca virosa</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Ligustrum vulgare</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Linnaea borealis</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre

Art (lat.)	Taxa	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Lonicera nigra</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Lonicera periclymenum</i>	Gefäßpflanze			
<i>Luzula sudetica</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Moneses uniflora</i>	Gefäßpflanze			
<i>Onopordum acanthium</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Petasites albus</i>	Gefäßpflanze			
<i>Phyteuma nigrum</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Gefäßpflanze			
<i>Poa chaixii</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Polygala chamaebuxus</i>	Gefäßpflanze			
<i>Prenanthes purpurea</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Prunus mahaleb</i>	Gefäßpflanze			
<i>Pseudofumaria lutea</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Rubus saxatilis</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Rumex arifolius</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Salvinia natans</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Senecio hercynicus</i>	Gefäßpflanze			
<i>Senecio inaequidens</i>	Gefäßpflanze		- Auszählen der Pflanzen	alle drei Jahre
<i>Senecio vernalis</i>	Gefäßpflanze			
<i>Streptopus amplexifolius</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Teucrium scorodonia</i>	Gefäßpflanze			
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Trientalis europaea</i>	Gefäßpflanze			
<i>Ulex europaeus</i>	Gefäßpflanze			alle fünf Jahre
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Valeriana sambucifolia</i>	Gefäßpflanze			
<i>Viola biflora</i>	Gefäßpflanze			alle drei Jahre
<i>Dicranum viride</i>	Moos	FFH II	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Zählung der Trägerbäume/-strukturen	im Rahmen des FFH-Monitoring: jährlich auf ausgewählten Stichprobeflächen
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	Moos	FFH II	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Angabe der Fläche der Population	
<i>Leucobryum glaucum</i>	Moos	FFH V	- Auszählen der Polster und Angabe zur eingenommenen Fläche	alle fünf Jahre
<i>Orthotrichum rogeri</i>	Moos	FFH II	- Methodik wie FFH-Art-Monitoring über Zählung der besiedelten Gehölze, Polster und Angabe zur eingenommenen Fläche	im Rahmen des FFH-Monitoring: jährlich auf ausgewählten Stichprobeflächen
<i>Sphagnum affine</i>	Moos	FFH V	- Auszählen der Polster und Angabe zur eingenommenen Fläche in der Stichprobenfläche	alle fünf Jahre
<i>Sphagnum angustifolium</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum balticum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum centrale</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum compactum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum contortum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum denticulatum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum fallax</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum flexuosum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum fuscum</i>	Moos	FFH V		

Art (lat.)	Taxa	FFH	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum majus</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum molle</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum obtusum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum palustre</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum papillosum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum riparium</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum rubellum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum russowii</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum squarrosum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum subnitens</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum subsecundum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum tenellum</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum teres</i>	Moos	FFH V		
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	Moos	FFH V		
<i>Anastrophyllum michauxii</i>	Moos			
<i>Aulacomnium androgynum</i>	Moos		- Auszählen der Polster und Angabe zur eingenommenen Fläche in der Stichpro-	alle fünf Jahre
<i>Dicranodontium asperulum</i>	Moos		benfläche	
<i>Dicranum bergeri</i>	Moos			
<i>Didymodon australasiae</i> var. <i>umbrosus</i>	Moos			
<i>Lunularia cruciata</i>	Moos			
<i>Mylia taylorii</i>	Moos			
<i>Orthotrichum pulchellum</i>	Moos			
<i>Pterygoneurum lamellatum</i>	Moos			

Methodenbeschreibung - FFH-Art-Monitoring

- *Asplenium adulterinum* – Braungrüner Streifenfarn:
 - pro lokalem – nicht weiter als 200 m entferntem – Vorkommen (Felsgebiet, Steinbruch, Einzelfels) Zählung sämtlicher Pflanzen; Beurteilung Vitalität an Hand der Wedellänge, Fertilität und Altersstruktur
- *Coleanthus subtilis* – Scheidenblütgras:
 - Mehrfache Begehung zwei bis sechs Wochen nach Trockenfallen der Gewässerböden je nach Bespannung im April bis Oktober; Ermittlung der Bestandsgröße durch Zählung der Pflanzen zum Zeitpunkt der Blüte oder Frucht. Bei größeren Beständen Schätzung bzw. Hochrechnung auf den Bezugsraum aus mindestens vier ausgezählten Teilflächen
- *Lindernia procumbens* – Liegendes Büchsenkraut:
 - Ermittlung der Populationsgröße durch Zählung der Individuen, bei größeren Beständen Hochrechnung auf den Bezugsraum aus mindestens vier ausgezählten Teilflächen; Einschätzung zur Populationsstruktur qualitativ (Blüten- und Fruchtbildung)
- *Luronium natans* – Froschkraut:
 - Ermittlung der besiedelten (= bedeckten) Fläche der – nicht weiter als 200 m entfernten – Einzelvorkommen; Zählung der Individuen/Grundsprosse oder Hochrechnung aus mindestens vier Zählflächen bei großen Populationen; Einschätzung der Vitalität der Pflanzen: Anteil blühender/fruchtender Grundsprosse an der Gesamtzahl der Individuen
- *Trichomanes speciosum* – Prächtiger Dünnfarn:
 - Kartierung der – nicht weiter als 200 m entfernt liegenden und zugleich auch in einem zusammenhängenden Felsgebiet bzw. Blockmeer gelegenen – Kolonien durch Absuchen geeigneter Felsbildungen im Frühjahr bis Herbst; Zählung der Teilpopulationen und Ermittlung der summarischen Größe [cm²] aller Kolonien pro lokalem Vorkommen (Felswand, Blockmeer etc.)

- *Dicranum viride* – Grünes Besenmoos:
 - Linientaxierung auf 0,5 km x 20 m oder 1 km x 10 m zur Erfassung der Anzahl besetzter Trägerstrukturen wie Trägerbäume, Findlinge/Blocksteine und summarischen Polstergröße aller besiedelten Trägerstrukturen
- *Hamatocaulis vernicosus* – Firnisglänzendes Sichelmoos:
 - Absuche aller geeignet erscheinenden Standorte im Vorkommensbereich und Wuchsortkartierung (Kartenskizze im Luftbild Maßstab 1:5.000 o. größer); Ermittlung der absolut von der Art bedeckten Fläche (Konturdeckung in m²) und des Deckungsgrades auf einer 25 m² Dauerbeobachtungsfläche in einem typischen Wuchsort – die nicht weiter als 200 m entfernt sind – je Vorkommen
- *Orthotrichum rogeri*:
 - Ermittlung der Anzahl und der Artzugehörigkeit der besiedelten Trägergehölze; Ermittlung der Anzahl der Polster und der von ihnen besiedelten Fläche je Einzelvorkommen (Wuchsorte sind nicht weiter als 200 m entfernt voneinander)

Methodenbeschreibung - Auszählen der Pflanzen

Je Stichprobenfläche, die einem Vorkommen entspricht, Auszählen der Pflanzen während der Blüte bzw. Fruchtreife. Dies kann bei großen Vorkommen auf Probeflächen erfolgen, deren Ergebnis zur Hochrechnung/Schätzung des Gesamtbestandes dient. Bei rasig/polsterartig wachsenden Arten sind die Deckung sowie die besiedelte Fläche im Vorkommen anzugeben.

9.2.12 Lebensräume

Tabelle 35: Methodenvorschläge für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität hinsichtlich der Untersuchung klimasensitiver sächsischer Lebensräume/Biotope

Lebensräume/Biotope, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

LRT Code	Bezeichnung des LRT	möglicher Biotopcode nach selektiver Biotopkartierung	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
2310	Binnendünen mit Sandheiden	YBH		
3130	Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer	SKT, SKA, SSA, SRA, SYA, SOW, SOS		
3140	Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer	SKA, SSA, SRA, SOW		
3160	Dystrophe Stillgewässer	SM, SMN, SMM		
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	FBB, FBN, FBA, FFB, FFN, FFA, FG		
4010	Feuchte Heiden	HZF		
5130	Wacholder-Heiden	HW		
6210	Kalk-Trockenrasen (* orchideenreiche Bestände)	RHS, RHM, RHC	- für die Beurteilung der LRT werden je Monitoringfläche (dabei entspricht die komplette LRT-Fläche i. d. R. der Monitoringfläche) eine Vegetationsaufnahme, das Gesamtarteninventar sowie Wert bestimmende Strukturen und Beeinträchtigungen dokumentiert; Grundlage für die Erhebung sind die Vorgaben des Kartier- und Bewertungsschlüssels für den jeweiligen Lebensraumtyp, dies gilt sowohl für die aufzunehmenden Daten als auch für den jeweiligen Erfassungszeitraum	alle sechs Jahre
6230	Artenreiche Borstgrasrasen*	RB, RBM, RBF		
6240	Steppen-Trockenrasen*	RHS, RHK		
6410	Pfeifengraswiesen	GP, GPR, GPA		
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	LFS, LFU, LFB, LMR		
6440	Brenndolden-Auenwiesen	GFA		
6520	Berg-Mähwiesen	GMM, GMS, GYM		
7110	Lebende Hochmoore*	MH, MHH		
7120	Regenerierbare Hochmoore	MTW, MTZ, MTP		
7140	Übergangs- und Schwinggrasmoore	MHN, MHB, MTW, MTZ, MTP, MKA, MGA		
7150	Torfmoor-Schlenken	MHN, MHB		
7220	Kalktuff-Quellen*	FQK		
7230	Kalkreiche Niedermoore	MKR, FQR		
8150	Silikatschutthalden	YG, YGR, YGA, YGS		
8220	Silikatfelsen mit Felsspaltvegetation	YFA, YFR, YFS		
8230	Silikatfelsen mit Pionierv egetation	YFA, YFS		
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder	WET, WTH		alle zwölf Jahre

LRT Code	Bezeichnung des LRT	möglicher Biotopcode nach selektiver Biotopkartierung	Methodenvorschlag	Untersuchungszyklus
9180	Schlucht- und Hangmischwälder*	WSE, WSL		
91D0	Moorwälder* ²¹	WM, WMB, WMK, WML, WMF, WMS		
91E0	Erlen- Eschen- und Weichholzaunenwälder*	WW, WAN, WAB, WAQ, BFA		
91F0	Hartholzaunenwälder	WH		
91G0	Pannonische (subkontinentale) Eichen-Hainbuchenwälder*	WES		
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	WKF		
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	WKK		
9410	Montane Fichtenwälder	WFB, WFS		

* prioritärer Lebensraumtyp nach FFH-Richtlinie

9.3 Räumliche Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Taxa und Lebensräume

Die Lage der Vorkommen der ausgewählten klimasensitiven Tier- und Pflanzenarten ist zum Teil sehr heterogen im Land verteilt. Die folgenden Karten zeigen auf der Basis der Messtischblattquadranten (TK 10) die aufsummierten Artdiversitäten der ausgewählten klimasensitiven Arten. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts lagen noch keine GIS Daten zur Verbreitung der Fische vor. Die Darstellung beruht auf der Projektion des *World Geodetic System 1984* (WGS84).

Für die Auswahl der Lage der Monitoringflächen sollten vor allem die Vorkommen der ausgewählten Arten das wichtigste Kriterium sein. Bei der Betrachtung der Diversitätskarten ist jedoch zu beachten, dass es bei vielen Arten noch kein systematisches Monitoring gibt und die tatsächliche Verbreitung der Arten nicht genau beschrieben werden kann. Dies gilt vor allem für die nicht durch FFH- und SPA-Monitoring erfassten Arten. Bei einigen Artengruppen, die durch aktuelle Erfassungen im Zuge der Verbreitungsatlanten landesweit bearbeitet wurden, ist die Datenlage jedoch vergleichsweise gut und aktuell, wie z. B. bei den Säugetieren. Viele Arten sind Habitatspezialisten, sodass deren Verbreitung auch die räumliche Lage der damit verbundenen Lebensräume widerspiegelt.

²¹ In der Kategorie Moorwälder sind die in Sachsen vorkommenden Moorbirken-, Waldkiefern-, Bergkiefern-, Fichten- und sonstige Moorwälder zusammengefasst.

9.3.1 Vögel

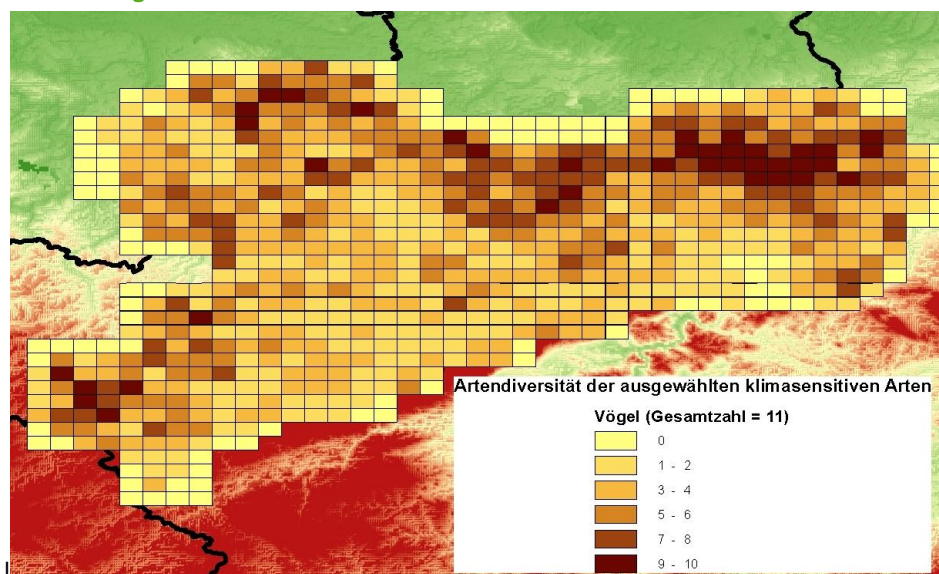


Abbildung 19: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Vögel, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

In diese Darstellung flossen alle Daten der Wasservogelzählungen und der Brutvogelkartierungen ein. Deutlich zu erkennen ist eine Ballung der Artenanzahl im Gebiet der Lausitz, der Königsbrücker-, Ruhlander- und Dübener Heide und im Vogtland. In diesen Diversitätszentren der klimasensitiven Arten (siehe Kapitel 8.2.1) kommen fast alle ausgewählten Arten gleichzeitig vor. Das Vogelmonitoring (siehe Kapitel 9.1.3) wird vor allem durch das SPA- und Brutvogelmonitoring abgedeckt. Die Einbindung dieser Flächen und der dort aufgenommenen Daten ist unumgänglich und stellt eine wichtige Datenquelle zur Auswertung dar.

9.3.2 Säugetiere

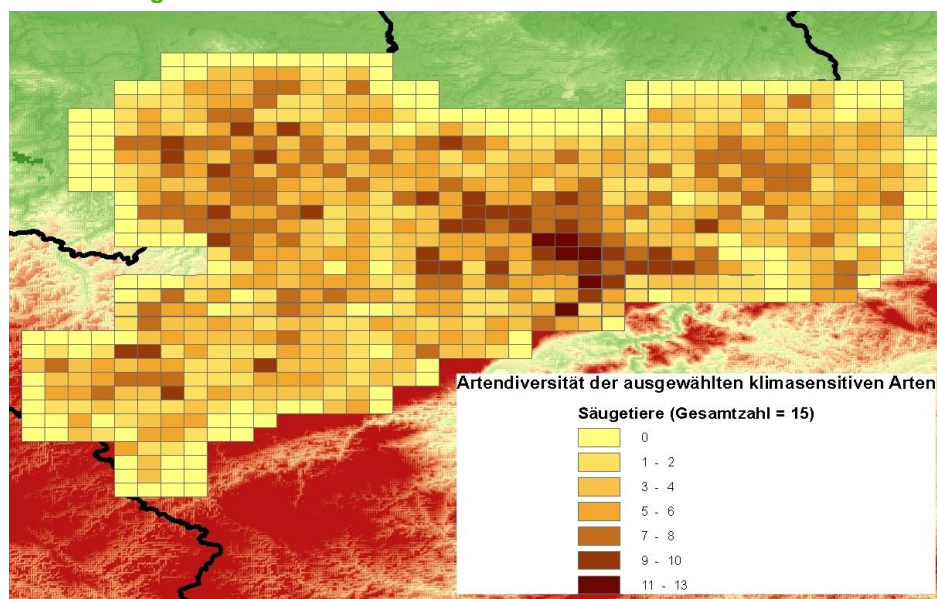


Abbildung 20: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Säugetiere, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Bei den ausgewählten klimasensitiven Säugetieren (siehe Kapitel 8.2.2) sind Diversitätszentren vor allem im Elbtal, der Lausitz und im nordwestlichen Teil Sachsens zu finden. Dort kommen fast alle bzw. über sieben Arten gleichzeitig vor.

9.3.3 Amphibien und Reptilien

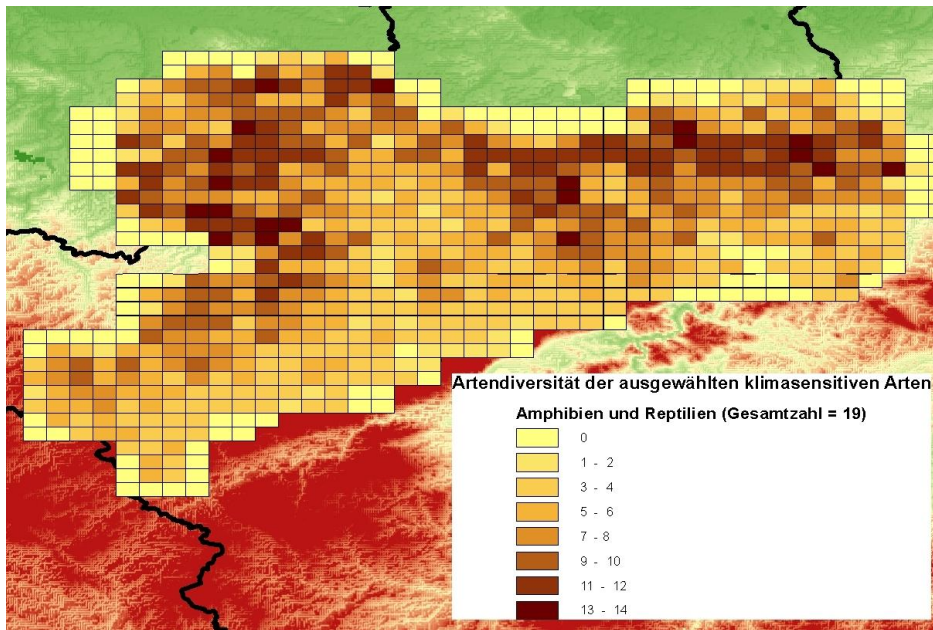


Abbildung 21: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Amphibien und Reptilien, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Die Diversität der ausgewählten klimasensitiven Amphibien und Reptilien (siehe Kapitel 8.2.3) zeigt ein starkes Nord-Südgefälle. Von 19 Arten kommen maximal 14 in einem MTB-Quadranten vor. Vor allem das Oberlausitzer Teichgebiet, das Leipziger Land, das Elbtal und die westlichen Lössgebiete sind die diversesten Regionen.

9.3.4 Libellen

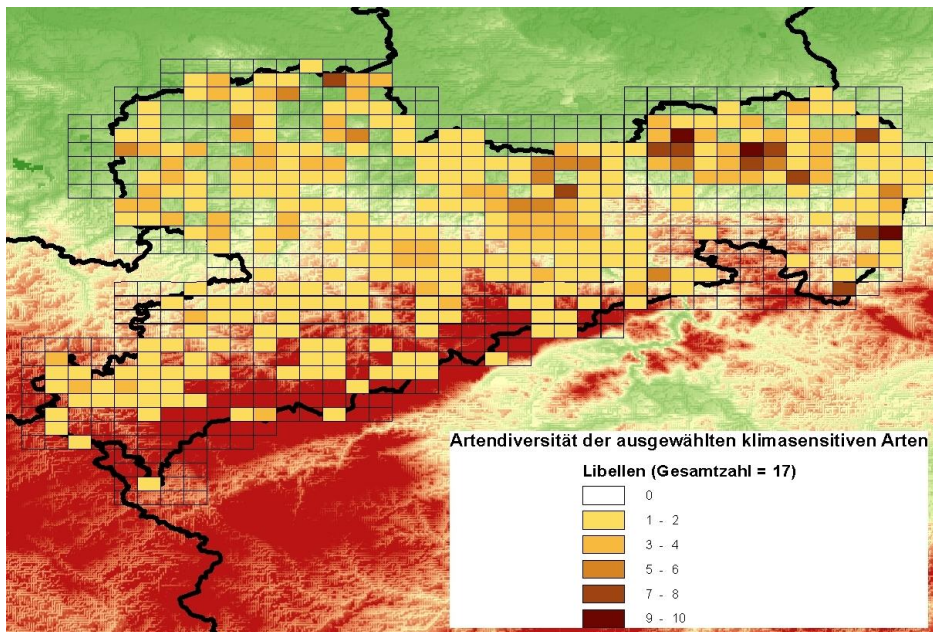


Abbildung 22: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Libellen, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Bei der Verbreitung der ausgewählten klimasensitiven Libellen (siehe Kapitel 8.2.5) ist gut zu erkennen, dass es viele Regionen gibt, in denen keine Art nachgewiesen wurde bzw. aus denen keine Vorkommen gemeldet wurden. Vor allem die Lausitzer Teichgebiete und die Königsbrücker Heide sind hier die Zentren der höchsten Diversität, wobei maximal zehn der 17 Arten zusammen in einem Messtischblattquadranten gemeldet wurden. Das zeigt auch, dass einige Arten sehr selten sind und nur kleine Vorkommensgebiete besitzen.

9.3.5 Tagfalter

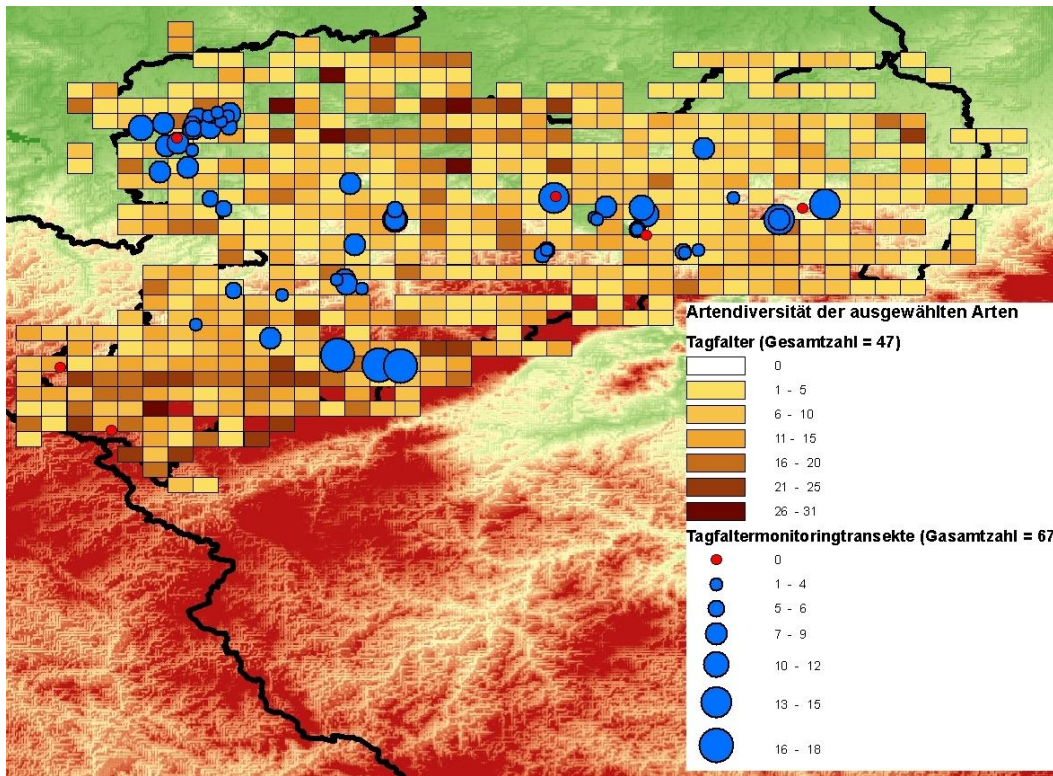


Abbildung 23: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Tagfalter, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990) und Artendiversität auf den Untersuchungsflächen des Tagfaltermonitoring Deutschland (TMD)

Die Diversitätskarte der ausgewählten klimasensitiven Tagfalter (siehe Kapitel 8.2.6) zeigt eine zumeist relative geringe Anzahl an nachgewiesenen Arten je Messtischblattquadrant. Quadranten der höchsten Diversität liegen vor allem im Vogtland, dem Westerzgebirge und im Norden Sachsens, wo maximal 31 von 47 ausgewählten klimasensitiven Arten in einem Quadranten vorkommen. Die Karte zeigt außerdem die Diversität klimasensitiver Arten auf den Untersuchungsflächen des Tagfaltermonitoring Deutschland (TMD). Auf einigen Transekten wurden keine dieser Arten nachgewiesen, während auf anderen Transekten bis zu 18 der 47 klimasensitiven Arten Vorkommen besitzen.

Weil das Tagfaltermonitoring auf ehrenamtlicher Basis durchgeführt wird, spiegelt die Lage der Transekte vor allem die Verteilung aktiver Erfasser wider. Daher gibt es zum Beispiel im Bereich der großen Städte eine Konzentration an Untersuchungsflächen (besonders auffällig in Leipzig und Umgebung). Ein nach Natur- und Lebensräumen stratifiziertes Erhebungsdesign wäre aus wissenschaftlichen Gründen vorzuziehen, ist aber derzeit aufgrund fehlender finanzieller Mittel nicht umsetzbar.

9.3.6 Käfer

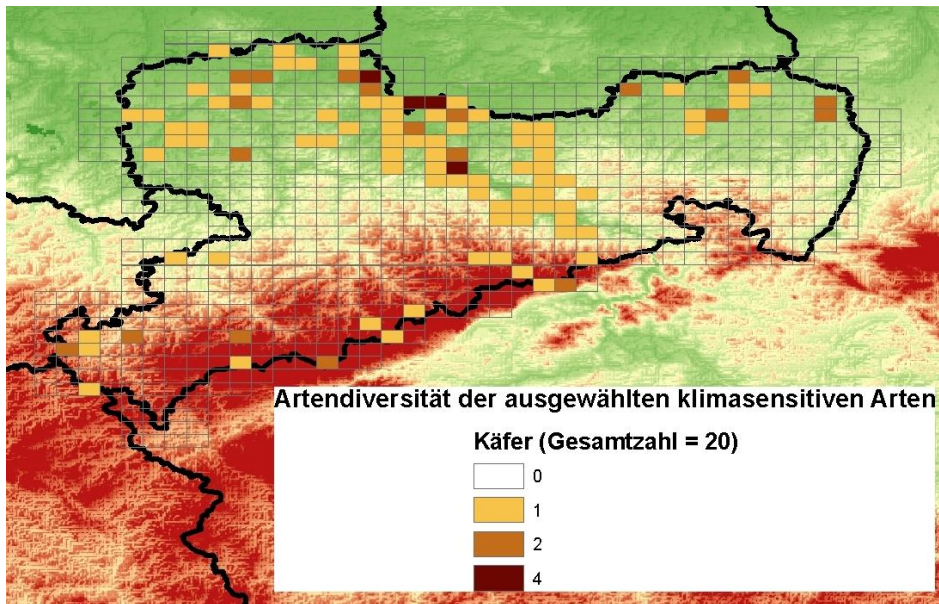


Abbildung 24: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Käfer, basierend auf dem TK 10 Messstischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Die Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Käferarten in Sachsen (siehe Kapitel 8.2.7) zeigt deutliche Lücken. Die meisten der Arten sind sehr selten (siehe Häufigkeiten in Tabelle 47). Viele dieser Arten sind Habitatspezialisten und für nur sechs der 20 Arten gibt es bisher schon ein systematisches Monitoring (FFH). Vier der 20 Arten kommen im Bereich der Großenhainer Pflege vor.

9.3.7 Sonstige Wirbellose

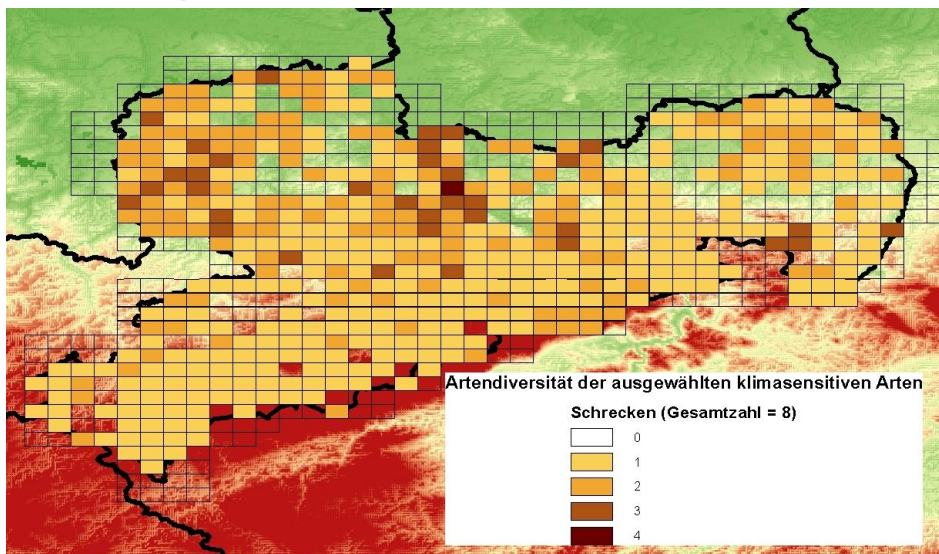


Abbildung 25: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Schrecken, basierend auf dem TK 10 Messstischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Die Diversitätszentren der ausgewählten klimasensitiven Heuschreckenarten (siehe Kapitel 8.2.8) liegen im Leipziger Land und im Mittelsächsischen Lössgebiet. Dort kommen bis zu vier der acht Arten innerhalb eines MTB-Quadranten gleichzeitig vor. Alle ausgewählten Schreckenarten unterliegen keinem systematischen Monitoring.

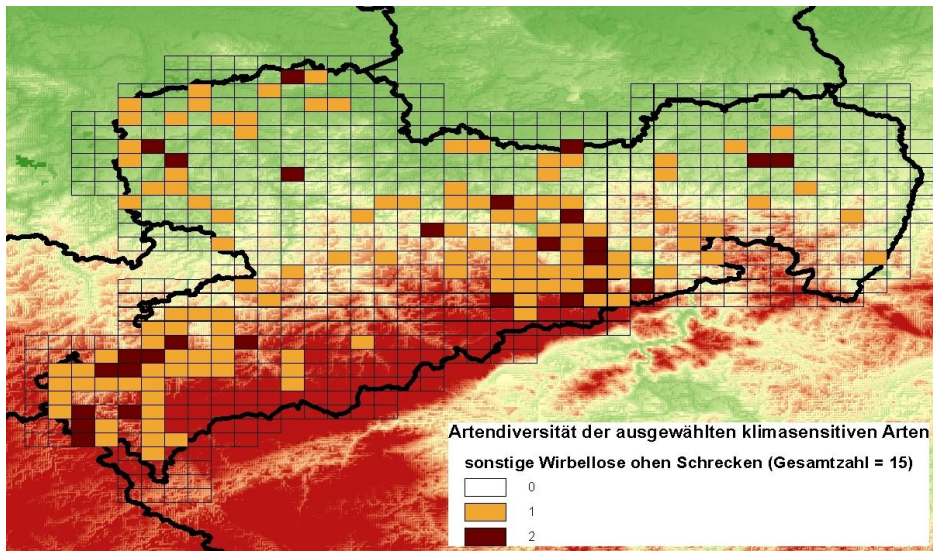


Abbildung 26: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven sonstigen wirbellosen Tierarten, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Die Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Wirbellosen (außer Heuschrecken, siehe Kapitel 8.2.8) zeigt zum einen eine sehr heterogene räumliche Verteilung der Arten in Sachsen. Zum anderen zeigt sie auch, dass die Arten sehr selten sind (siehe auch Häufigkeiten in Tabelle 47). Maximal von zwei der 15 Arten sind aus denselben Messtischblattquadranten Vorkommen gemeldet. Diese taxonomisch zusammengefasste (heterogene) Gruppe (2 Crustacea, 1 Hymenoptera, 1 Arachnida & 11 Mollusken) besteht außerdem aus Habitatspezialisten unterschiedlichster Lebensräume (terrestrisch und aquatisch). Nur sechs dieser 15 Arten werden im FFH-Monitoring erfasst. Die häufigsten Meldungen in einem Messtischblattquadranten kamen z. B. aus dem Vogtland und dem Elbtal.

9.3.8 Gefäßpflanzen

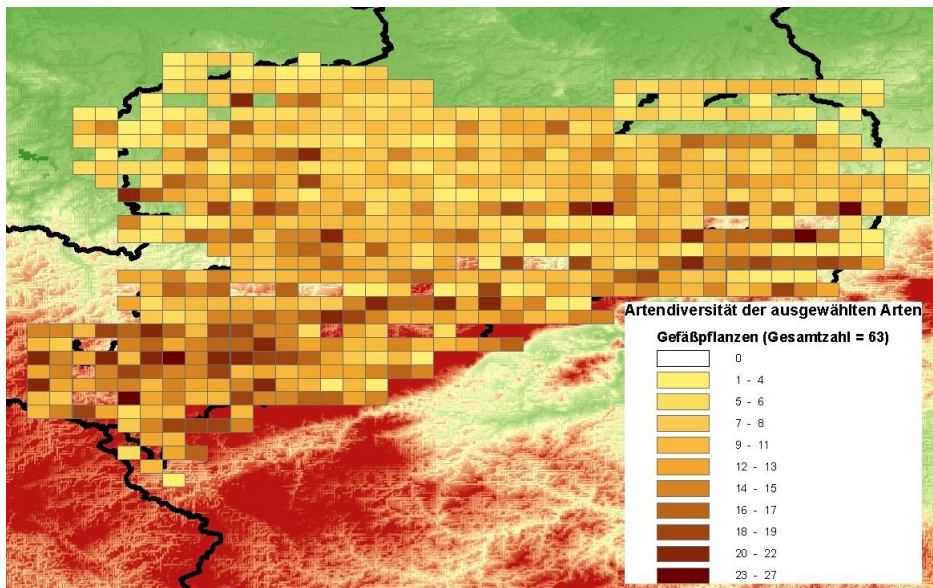


Abbildung 27: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Gefäßpflanzen, basierend auf dem TK 10 Messtischblattquadrantenraster (Quelle: floristische Kartierung Sachsens)

Die Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Gefäßpflanzenarten (siehe Kapitel 8.2.9) zeigt einen Diversitätsschwerpunkt im westlichen bis nordwestlichen Sachsen und im Südosten. Von 63 Arten sind maximal 27 Arten zusammen in einem Messtischblattquadranten gemeldet worden. Die räumliche Verteilung über ganz Sachsen ist auch darauf zurückzuführen, dass die Arten repräsentativ für die pflanzensoziologischen Zuordnungen (nach SCHUBERT et al. 2001), die räumlich über ganz Sachsen verteilt sind, ausgewählt wurden (Süßwasser-; Ufer-; Quell- und Verlandungs-Gesellschaften; Pflanzengesellschaften der Sümpfe und Moore; Salzwasser- und Salzboden-Gesellschaften; Pioniervegetation auf Fels und Gestein; Pflanzengesellschaft

ten der Dünen; Wiesen, Trocken- und Magerrasen; Ruderal- und Segetal-Gesellschaften; Waldnahe Staudenfluren; Zwergstrauchheiden; Gebüsche; Hecken, Gestrüppe; Wälder, Forste und Gehölze).

9.3.9 Moose und Flechten

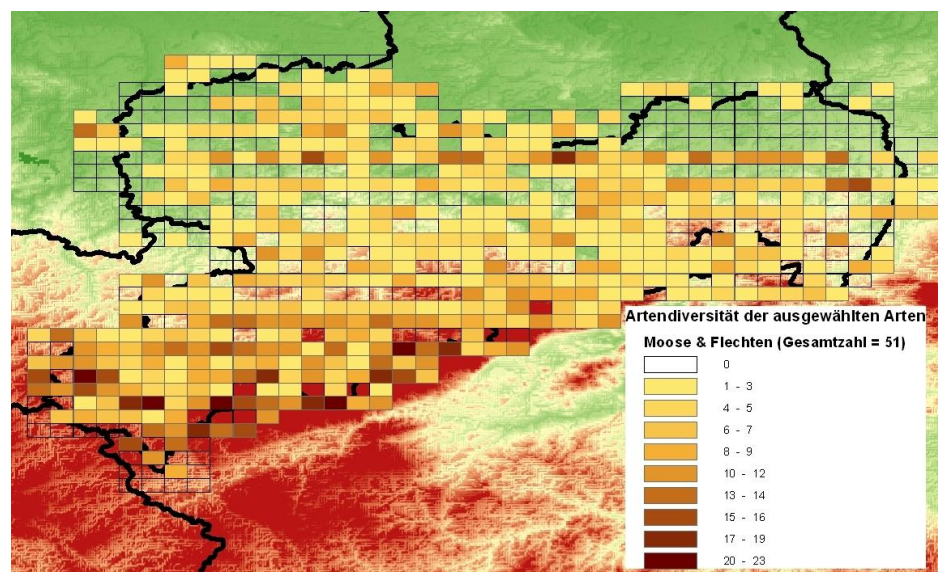


Abbildung 28: Artendiversität der ausgewählten klimasensitiven Moose und Flechten, basierend auf dem TK 10 Messischblattquadrantenraster (Datenquelle: Zentrale Artdatenbank des LfULG, Stand: 19.5.2010, Vorkommen ab 1990)

In die Artenauswahl der klimasensitiven Moose und Flechten (siehe Kapitel 8.2.9) flossen zum einen 44 Moosarten (darunter alle *Sphagnum*-Arten) ein. Diese Anzahl sollte noch durch Experten evaluiert und ggf. reduziert werden. Zum anderen befinden sich in der Auswahl mitunter Arten, von denen sehr vereinzelte, zum Teil erst kürzlich nachgewiesene Vorkommen existieren. Es handelt sich vor allem um thermophile Arten (z. B. *Didymodon australasiae* var. *umbrosus*, siehe auch FRAHM 2003), deren Verbreitung noch nicht in der Zentralen Artdatenbank des LfULG erfasst ist (siehe Häufigkeiten in Tabelle 48). Hinzu kommt, dass es vor allem für die Flechten kein systematisches Monitoring gibt. Somit ist die lückenhafte Verbreitung der dargestellten Arten, zumindest bei den Flechten, auch auf eine geringe Datendichte zurückzuführen. Ein Diversitätszentrum ist im Erzgebirge zu erkennen, wo die *Sphagnum*-Arten einen Verbreitungsschwerpunkt besitzen.

9.3.10 Lebensräume

Die räumliche Verteilung der ausgewählten klimasensitiven Lebensraumtypen in Sachsen ist für eine erste Übersicht im Anhang dargestellt (siehe Anhang 13.1). Dabei wurden für die Erstellung der Verbreitungskarten der klimasensitiven LRT drei Quellen mit dem zur Projektbearbeitungszeit verfügbaren Datenstand von Mai 2010 verwendet.

1. Daten aus der FFH-Ersterfassung (LRT-Flächen und LRT-Entwicklungsflächen)
2. Daten aus der selektiven Biotopkartierung 2. Durchgang (SBK)
3. Daten aus dem Projekt „Auswahl von Erwartungsflächen für FFH-LRT und für nach § 26 SächsNatSchG geschützte Biotope für die Aktualisierung der selektiven Biotopkartierung ab 2008“ des LfULG

Die Genauigkeit der Zuordnung zu den jeweiligen LRT verringert sich entsprechend der Auflistung. Insbesondere die aus Pkt. 3 stammenden Daten geben nur Hinweise auf das Vorkommen der jeweiligen LRT, weil hierzu verschiedene Geodatenquellen ausgewertet wurden, jedoch keine Kontrollen vor Ort erfolgten.

9.4 Möglichkeiten der Einbindung relevanter abiotischer und biotischer Monitoring-Programme in Sachsen außerhalb des Natura 2000-Monitorings

9.4.1 Eignung des Tagfaltermonitorings Deutschland (TMD) für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 47 klimasensitive Tagfalterarten identifiziert. Davon werden 33 Arten durch die in Sachsen liegenden Transekte erfasst. Allerdings zeichnen sich nur wenige häufige Arten durch Vorkommen auf einer großen Anzahl an Transekten aus. Für nur sechs Arten wird das gesetzte Kriterium von 30 Stichprobenflächen erfüllt (siehe Kapitel 9.2.1 und Teil 2, Kapitel 3.5.8). Für alle anderen Arten wäre eine Erweiterung durch die Neueinrichtung von Transekten notwendig. Diese Zahl an neuen Beobachtungsflächen könnte dadurch minimiert werden, dass möglichst solche Habitattypen und Standorte einbezogen werden, in denen mehrere der ausgewählten klimasensitiven Arten gemeinsame Vorkommen besitzen. Dazu müsste aber zunächst eine räumliche Analyse der Arten und Habitate erfolgen.

Die Erfassung einiger klimasensitiver Arten ist durch die Transektmethode nicht effektiv zu gewährleisten. Es handelt sich um Arten, die aufgrund spezifischer Merkmale, z. B. geringe Populationsdichten oder besonderes Flugverhalten, eine geringe Nachweiswahrscheinlichkeit aufweisen. Solche Arten müssen durch artspezifische Methoden erfasst werden, z. B. die gezielte Suche nach Präimaginalstadien. Dies trifft vor allem auf die Zipfelfalterarten (*Satyrrium pruni*, *Satyrrium w-album*, *Thecla betulae*) zu, die durch eine gezielte Suche nach Eiern effektiver nachgewiesen werden können (vgl. hierzu auch Teil 2, Kapitel 3.1.1).

Ausführlichere Angaben zum TMD, dessen Eignung für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität und Vorschläge für Erweiterungen finden sich in Teil 2, Kapitel 3.3.3 und 3.6.4.

9.4.2 Eignung bestehender abiotischer und biotischer Messnetze für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität

Bestehende Messnetze und Monitoring-Programme sind für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität insbesondere dann relevant, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt wird:

- das Programm muss in der Lage sein, die Effekte des Klimawandels anzuzeigen
- das Programm liefert Daten, die für die Analyse von Klimawandeleffekten notwendig sind (Trennung von Landnutzungs- und Klimawandeleffekten)
- das Programm liefert Daten, die für die Interpretation von Daten aus dem Monitoring Klimawandel und Biodiversität herangezogen werden können

Die Nutzbarkeit eines bestehenden Monitoring-Programms für das zu konzipierende Monitoring Klimawandel und Biodiversität entscheidet sich aber auch anhand anderer Kriterien:

- Stichprobenumfang – statistische Belastbarkeit
- Raumrepräsentativität – Repräsentanz für das gesamte Untersuchungsgebiet sowie räumlicher Bezug zu den Untersuchungsflächen
- Anbindung an überregionale Beobachtungsprogramme – Vergleichbarkeit mit Trends auf größeren Skalen

Unter Beachtung dieser Kriterien lassen sich nach einer ersten Einschätzung folgende Nutzungsmöglichkeiten identifizieren:

Bodenmonitoring

Die auf den Dauerbeobachtungsflächen erhobenen Bodenparameter könnten zur Analyse von Biodiversitätsdaten herangezogen werden, weil sie Aufschluss über Veränderungen der Landnutzung und die Wirkung weiterer anthropogener Einflüsse (z. B. atmosphärische Stoffeinträge) geben können. Die Daten könnten somit dazu beitragen, die Effekte des Klimawandels von denen anderer Einflussgrößen zu trennen. Der gute Stichprobenumfang ermöglicht zudem räumliche Aussagen. Eine eingeschränkte Nutzbarkeit ergibt sich jedoch aus der niedrigen Beprobungsfrequenz von fünf Jahren. Daher sind Trendanalysen unter Einbeziehung von Bodenparametern erst nach vielen Jahren aussagekräftig.

Einige der an den intensiv beprobten Dauerbeobachtungsflächen (BDF II) aufgenommenen bodenphysikalischen Parameter, wie z. B. die Bodentemperatur und der Wassergehalt verschiedener Bodenhorizonte, geben einen direkten Aufschluss darüber, welche Auswirkungen klimatische Veränderungen auf die Böden haben könnten. Allerdings ist der Stichprobenumfang der Le-

vel II Flächen sehr gering, weshalb die dort erhobenen Daten allenfalls eine Interpretationshilfe für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität darstellen. Außerdem wäre noch zu klären, ob auf den Flächen des Bodenmonitorings (BDF I und II) überhaupt klimasensitive Arten und/ oder LRT vorkommen.

Luftmessnetz

Einige Indikatoren (z. B. diverse Flechten und Moose, bestimmte Pflanzenarten) reagieren sowohl empfindlich auf klimatische Veränderungen als auch auf Luftverunreinigungen (z. B. Schwefeldioxid). Zur Analyse und Interpretation von Populationstrends und Verbreitungsmustern solcher schadstoffempfindlichen Arten können daher die Daten des Luftmessnetzes mit herangezogen werden.

Gewässermonitoring

Der für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität relevanteste Teil des Gewässermonitorings ist das fischereiliche Monitoring im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Das Programm erfasst alle der in Tabelle 16 als klimasensitiv eingestuften Fischarten. Die Anzahl der Probestellen und die Berücksichtigung der wichtigsten Fließgewässer stellen zudem sehr gute Voraussetzungen für die Datenanalyse dar. Durch die Erhebung weiterer Daten zur Gewässergüte und zum hydromorphologischen Gewässerzustand wird die Identifizierung von klimatisch bedingten Veränderungen erleichtert. Zu prüfen wäre, ob die wesentlichen Vorkommen der einzelnen klimasensitiven Arten durch das fischereiliche Monitoring erfasst werden. Die Daten zur Entwicklung der Gewässergüte stellen zudem eine Hilfe bei der Interpretation von Populationstrends klimasensitiver Komponenten des Makrozoobenthos dar, z. B. Muscheln, Schnecken, Krebse, Libellenlarven. Zu prüfen wäre, ob der gegenwärtige Monitoringzyklus ausreichend ist, um Fragestellungen mit Bezug zum Klimawandel zu beantworten.

Ausführlichere Angaben zum Gewässermonitoring und dessen Eignung für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität finden sich in Teil 2, Kapitel 3.3.6.

Forstliches Umweltmonitoring

Obwohl die Waldzustandserhebung keine direkten Messungen an den in Tabelle 21 aufgeführten klimasensitiven Pflanzenarten durchführt, können die Daten zum physiologischen Zustand forstlich relevanter Baumarten Hinweise zur Wirkung klimatischer Faktoren auf die Vegetation geben. Zur Interpretation sollten aber auch die übrigen auf den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen gewonnenen Daten und die Daten des forstlichen Bodenmonitorings herangezogen werden, weil diese Aufschlüsse über Klimawandeleffekte auf ökosystemare Prozesse liefern können (z. B. Stoffumsätze).

Die Waldklimastationen liefern Daten, die die klimatische Entwicklung innerhalb von Waldbeständen widerspiegeln. Diese sind unter Umständen relevanter für die Interpretation von Biodiversitätsdaten aus Waldökosystemen als Daten, die von Standard-Wetterstationen stammen. Von Bedeutung für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität sind unter den biotischen Daten des Forstlichen Umweltmonitorings insbesondere die Vegetationsaufnahmen, die auf Level I-Flächen in mehrjährigen Zeitabständen und auf sechs intensiv untersuchten Level II-Flächen jährlich erhoben werden (vgl. hierzu die ausführlicheren Angaben in Teil 2, Kapitel 3.3.5).

Phänologisches Beobachtungsnetzwerk des Deutschen Wetterdienstes

Die phänologischen Datenreihen können Aufschluss darüber geben, ob sich Klimaveränderungen auf die Vegetationsentwicklung auswirken. Diese Datenreihen stellen somit eine wichtige Interpretationshilfe für das Monitoring Klimawandel und Biodiversität dar. Allerdings können die auf Basis ausgewählter Pflanzenarten erhobenen Daten nicht generell auf andere Pflanzenarten übertragen werden, weil aufgrund unterschiedlicher Reaktionsnormen nicht per se von synchronen Entwicklungen ausgegangen werden kann. Inwiefern der Stichprobenumfang der phänologischen Messpunkte in Sachsen für robuste Aussagen ausreichend ist, muss noch analysiert werden. Ein entsprechender Indikator „Veränderung phänologischer Phasen wildwachsender Pflanzen“ wurde in das Impact-Indikatorenset des übergreifenden Klimafolgenmonitorings in Sachsen aufgenommen. Datenquelle dafür ist das phänologische Beobachtungsprogramm des DWD mit Daten für Sachsen ab 1951 (Daten aber tlw. lückenhaft). Einbezogen werden die phänologischen Phasen Blühbeginn Sal-Weide (Vorfrühling), Blühbeginn Schwarzer Holunder (Frühsommer) und Blattverfärbung Hänge-Birke (Vollherbst). Die Auswertung erfolgt im Referat Klima, Luftqualität des LfULG. Einschränkend ist anzumerken, dass die phänologischen Beobachtungsdaten des DWD, die von forstlichen Gehölzen in phänologischen Gärten und die von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen i. d. R. keine naturschutzfachlich bedeutsamen Arten erfassen.

10 Weiterentwicklung des Konzeptes – Ausblick

10.1 Vorschläge und Diskussion der Datenhaltung

Bei der Erarbeitung der vorliegenden Konzeption wurde deutlich, dass die gegenwärtige Form der Datenhaltung (Stand 2010) für eine Umsetzung eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität nicht geeignet ist. So war es nur unter Umwegen bzw. gar nicht möglich, eine räumliche und inhaltliche Verknüpfung aller FFH-relevanten Daten zu den Flächen und den dort vorkommenden Arten bzw. Lebensraumtypen zu erarbeiten. Relevante Daten liegen zum Teil in verschiedenen Datenbanken und als verschiedene Datentypen (z. B. GIS-Daten, Artdatenbanken, IS SaND) vor. Hier wäre z. B. eine übergeordnete Verwaltungseinheit ratsam. Auch eine Metadatenbank mit den Informationen, wo welche Daten aufgenommen werden und wo diese und wie diese abgelegt sind, wäre hilfreich. Innerhalb der Endkonzeption eines Klimafolgenmonitorings sollte daher über zentrale Datenbanken bzw. Datenverwaltungsportale nachgedacht werden, die die Haltung und Auswertung der sehr heterogenen Daten der verschiedenen abiotischen und biotischen Monitoring-Programme gewährleistet.

Für die Datenhaltung von ökologischen Langzeitbeobachtungsdaten scheinen insbesondere Ontologie basierte Systeme sehr vielversprechend (MADIN et al. 2007, 2008). Ontologien sind formale Modelle, die Konzepte und ihre Beziehungen untereinander in einem gemeinsamen Kontext definieren. Auf Grund der in Ontologien hinterlegten Inferenz- und Integritätsregeln kann somit Wissen strukturiert gespeichert werden. Somit stellen sie ein Netzwerk von Informationen mit logischen Bezügen dar. Derartige Ontologie basierte Systeme ermöglichen daher die Datenhaltung von zerstreut vorgehaltenen Daten einer breiten Reihe von Datentypen, Datenstrukturen oder semantischen Konzepten. Ontologien bieten eine geeignete Grundlage, um wissenschaftliche Daten mit semantischen Anmerkungen zu verknüpfen, um die inhärente Bedeutung ökologischer Beobachtungsdaten zu verdeutlichen. Dadurch können Ontologien genutzt werden, um den Kontext einer Beobachtung (z. B. in Raum und Zeit) und hierarchische Abhängigkeiten voneinander zu dokumentieren.

Ein im Rahmen ökologischer Langzeituntersuchungen in Europa eingesetztes System ist das *Monitoring and Research Information System* MORIS (SCHENTZ & MIRTIL 2003). MORIS ist ein integratives Informationssystem zur Verwaltung und Speicherung von Daten aus ökologischen Langzeituntersuchungen. Ursprünglich im Rahmen des UNECE Programms Langzeitmonitoring von Ökosystemen (*Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems*) in Österreich entwickelt, wird es heute bereits in unterschiedlichsten anderen Anwendungsgebieten, wie z. B. zur Abbildung von meteorologischen Extremereignissen (MEDEA) oder für Schwermetalluntersuchungen in Moosen, eingesetzt. MORIS ist konzipiert, um nicht nur Rohdaten, sondern auch Informationen zum methodischen und räumlichen Design der Datenerhebung (primäre Metainformation) zu speichern. Ein generisches Design der Datenstruktur und die Verwendung von Ontologien zur Abbildung der Information ermöglichen dem Anwender einerseits größtmögliche Flexibilität in der Abbildung der Information und andererseits größtmögliche Kompatibilität mit anderen Arbeitsgruppen durch die Vernetzung von Ontologien. MORIS wird auch im Rahmen von LTER Europe (*Long Term Ecological Research Networks in Europe*) sowie dem europäischen ALTER-Net (<http://www.alter-net.info>, Abfrage 24.04.2013) Konsortium Verwendung finden; es handelt sich daher bei diesem Vorschlag nicht um eine Insellösung.

Generell sind die im Zuge der Erstellung des vorliegenden Konzeptes zur Verfügung gestellten Datenbanksysteme nach Erfahrung der Autoren nur bedingt interoperabel. Zudem erscheint unter den bisherigen Nutzungsmöglichkeiten vor allem das Artdatenbanksystem MultiBaseCS nur teilweise geeignet, langfristige biotische Monitoringdaten adäquat vorhalten und die Interoperabilität mit relevanten abiotischen Datenquellen gewährleisten zu können. Die Arbeit mit MultiBaseCS ist prinzipiell zu befürworten, sofern das System keine Insellösung (im Sinne der anderen Bundesländer) darstellt, d. h. eine relativ einfache Verknüpfung mit externen Daten möglich ist. Jedoch ist zu erwähnen, dass die Möglichkeiten zur Bearbeitung und vor allem Auswertung innerhalb dieses Systems begrenzt sind und dadurch notwendige Exportschritte sehr zeit- und arbeitsaufwendig sind.

10.2 Räumliche Konzeption

Lage der Monitoringflächen

Die Auswahl der Untersuchungsflächen sollte auf die Artvorkommen abgestimmt sein. Dabei sind vor allem Habitatsprüche und die zu erwartenden artspezifischen Klimareaktionen im Raum zu beachten. Eine Ausweisung basierend auf der Lage klimatisch sensibler Räume erscheint den Autoren dieser Studie derzeit nicht geeignet, weil die Projektionen je nach Klimamodell stark schwanken und daher eine Abgrenzung solcher Räume noch mit zu großen Unsicherheiten behaftet wäre (siehe Kapitel 5.3.5).

Zur Optimierung der unterschiedlichen Monitoringansätze und der Kombination des Monitorings der nicht unter das FFH-Monitoring fallenden Arten bietet sich eine Verknüpfung mit den ÖFS-Flächen an. Diese sind für das Monitoring prinzipiell gut geeignet, weil sie mit Hilfe eines statistischen Verfahrens (stratifiziert nach verschiedenen Klassifikationssystemen, z. B. Klima, Böden, hpnV) bestimmt wurden und daher sowohl vom Umfang als auch der räumlichen Lage her eine repräsentative Größe darstellen. Spezifisch wäre zu prüfen, inwiefern die Vorkommen der bislang nicht unter Dauerbeobachtung fallenden Arten mit der Lage der ÖFS-Flächen übereinstimmen. Darüber hinaus sollte zu allen ÖFS-Flächen geprüft werden, welche zu beobachtenden Arten in der Nähe vorkommen und abgeschätzt werden, inwieweit diese auch (obwohl bislang nicht dort nachgewiesen) in den ÖFS-Flächen vorkommen. Sollte dies nicht der Fall sein, würde es sich anbieten, die den ÖFS-Flächen nächstgelegenen Vorkommen in das Monitoring mit aufzunehmen. Damit wäre auch zu einem Teil sichergestellt, dass die Auswahl der neuen Monitoringgebiete zufällig verteilt ist (weil sie der Auswahl der ÖFS-Flächen teilweise nachempfunden ist). Vertiefende Informationen zur ÖFS-Flächenkulisse sind in Teil 2 enthalten: zu bestehenden Monitoringprogrammen auf dieser Kulisse vgl. Kapitel 3.3.4; Abgleich der Vorkommen klimasensibler Arten mit der ÖFS-Kulisse vgl. Kapitel 3.4, 3.5.1, 6.2; Vorschläge für Ergänzungen der sächsischen Monitoring-Programme im Hinblick auf ein Klimawandel-Biodiversitätsmonitoring unter Heranziehung der ÖFS-Flächenkulisse vgl. Kapitel 3.6 (inkl. 3.6.2 bis 3.6.8) in Teil 2.

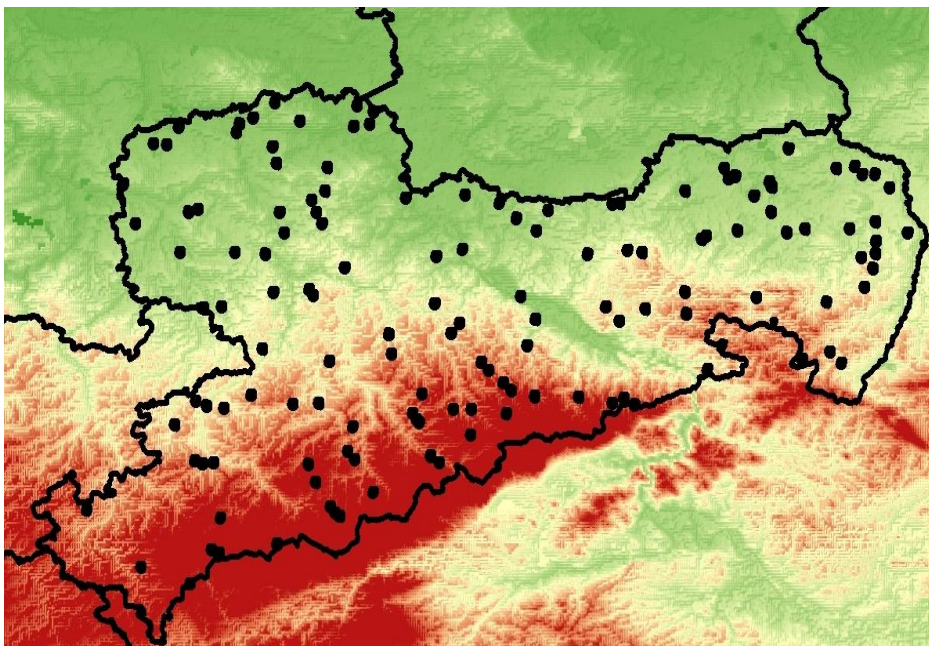


Abbildung 29: Lage der ÖFS-Flächen in Sachsen (Ökologische Flächenstichprobe)

Ein weiterer Ansatz, die Monitoringflächen im Raum zu verteilen, könnte die Betrachtung von ganzen Lebensräumen sein. Klimasensitive Arten müssten dazu nach ihren Habitatpräferenzen eingeteilt werden und klimasensitive Lebensräume dahingehend ausgewiesen (siehe dazu auch Diskussion zur Eignung des TMD in Kapitel 9.4.1). Methodisch könnte man so Lebensraumtypen und für sie typische ausgewählte klimasensitive Arten auf einer Fläche erfassen. Dafür müssten aber flächentreue und genaue Vorkommensangaben zur Ausweisung dieser Flächen vorliegen und geprüft werden. Ganze Lebensgemeinschaften zu erfassen ist mit gängigen Monitoringmethoden nicht möglich, aber Bewertungen anhand der Analyse des Monitorings mehrerer trophischer Stufen eines Lebensraumes lassen gegebenenfalls Schlüsse auf den Gesamtzustand eines solchen zu. Beachtet werden sollte, dass sich Habitatpräferenzen von Arten im Verlauf des Klimawandels verändern könnten. In einem solchen Fall müssten neu genutzte Lebensraumtypen nachträglich in die Betrachtung einbezogen werden.

Ein auf die aktuellen Artvorkommen zugeschnittenes Monitoring ist aber kaum in der Lage, Arealveränderungen zu erfassen oder die Neueinwanderung von Arten zu dokumentieren. Ein ideal konzipiertes Monitoring sollte daher auch potenzielle Habitats mit berücksichtigen. Insbesondere in der Nähe von Arealgrenzen sollten potenzielle Habitats regelmäßig auf eventuelle neue Vorkommen kontrolliert werden.

Eine Weiterentwicklung der Monitoringkonzeption Klimawandel und Biodiversität erfolgte im FuE-Vorhaben und ist somit in Teil 2, Kapitel 3, enthalten.

10.3 Klimawandel und andere Einflussfaktoren

Eine Diskussion, inwieweit Einflüsse des Klimawandels auf Arten und Lebensräume von denen der Landnutzung (z. B. Nährstoffeintrag, Flächenbewirtschaftung, Landschaftszerschneidung) zu trennen sind, ist sehr komplex. Bei der vorliegenden Studie wurde vor allem bei der Artenauswahl versucht, solche Arten auszuschließen, von denen bekannt ist, dass sie empfindlich auf geringfügige Nutzungsänderungen reagieren. Die Einbindung abiotischer Monitoringdaten kann bei der analytischen Trennung der Einflussfaktoren eine wichtige Rolle spielen. So können Daten zu Stoffeinträgen, z. B. innerhalb des Bodenmonitorings (siehe Kapitel 3.1) oder des Oberflächenwassermonitorings, Informationen liefern, die bei den Auswertungen als Korrekturgrößen mit einfließen. Allerdings sind hier auch methodische Grenzen gesetzt. Wenn sich gleichzeitig unterschiedliche Parameter ändern (z. B. Niederschlag, Temperatur und Stickstoffdepositionen), ist eine Partitionierung der einzelnen Faktoren sehr schwierig. Hier wird es zumeist nur möglich sein, einen so genannten „Überlappungsbereich“ aufzuzeigen, in denen zwei oder mehr Faktoren statistisch gleichzeitig mit der Areal- oder Abundanzveränderung von Monitoringarten in Beziehung gesetzt werden können. Dabei lässt sich i. d. R. nicht entscheiden, ob einer dieser Faktoren auch tatsächlich ursächlich mit den Änderungen zusammenhängt, wenn die relevanten ökologischen Prozesse nicht genauer bekannt sind. Sind die relevanten Prozesse bekannt bzw. lassen sich spezifische Landnutzungsänderungen auf spezifische Klimaänderungen zurückführen, lässt sich über eine so genannte Pfadanalyse (LEGENDRE & LEGENDRE 1998) analysieren, wie stark der direkte Effekt des Klimas auf die Flächennutzung (auch aquatischer Systeme) und auf die Monitoringarten ist, wie stark der indirekte Effekt über die Landnutzung ist und wie stark der direkte Landnutzungseffekt auf die Monitoringarten ist.

Die Überwachung und Auswertung des Flächenmanagements auf den später auszuweisenden Monitoringflächen kann ebenso Hinweise geben, ob eventuell beobachtete Veränderungen auf Änderungen in der Flächennutzung zurückzuführen sind.

Eine Möglichkeit, Managementeffekte zu erfassen, ist die Ausweisung von Referenzflächen, deren Nutzung stark reglementiert ist bzw. von Flächen, die unter Prozessschutz stehen.

Eine weitere Möglichkeit, den Einfluss anderer Faktoren möglichst gering zu halten, ist die Auswertung von Daten klimasensitiver Artengruppen mittels komplexer, von Klimaparametern abhängiger Biodiversitäts-Indikatoren. Werden die (Monitoring-) Daten ganzer Artengruppen anstelle von Einzelarten über einen größeren geographischen Raum (z. B. ganz Sachsen) hinweg ausgewertet, so ergeben sich bei Vorliegen längerer Zeitreihen robustere Aussagen in Bezug zu Veränderungen mit dem Treiber Klimawandel. Das ist v. a. dann der Fall, wenn eine Abhängigkeit der Indikatoren von Klimaparametern, wie z. B. der Temperaturentwicklung, durch Korrelationsanalysen nachweisbar ist. Diese Herangehensweise wurde mit den Indikatoren „Community Temperature Index“ (CTI) und „Areal-Index“ (AI) im anschließenden FuE-Vorhaben verfolgt und vertieft (vgl. Kapitel 2.1.1, 2.2.2, 2.3 und 3.7 in Teil 2).

11 Zusammenfassung

Der Klimawandel erlangt weltweit, neben Lebensraumzerstörung, Landnutzungsänderungen, Zerschneidung und Fragmentierung der Habitats, invasiven Arten und Eutrophierung, als Ursache für den Rückgang der biologischen Vielfalt zunehmende Bedeutung. Es gibt zahlreiche Erkenntnisse und Hinweise, dass sich der rezente Klimawandel auf die Verbreitung, die Bestandssituation und das Verhalten von wildlebenden Tier- und Pflanzenarten sowie auf ganze Lebensräume in Mitteleuropa auswirkt bzw. auswirken wird. Die zu erwartende Veränderung der Artenzusammensetzung von Lebensgemeinschaften kann auch vielfältig die Schutzgüter und -ziele des Naturschutzes (z. B. FFH-Arten und -Lebensraumtypen) beeinflussen. So müssen die Konzepte und Maßnahmen des Artenschutzes, Biotopschutzes und Biotopverbundes auf zu erwartende Änderungen der Ökosysteme abgestimmt werden. Über die Wirkungen und Folgen des Klimawandels auf die Biodiversität, insbesondere auch auf regionaler Ebene, ist jedoch noch vergleichsweise wenig bekannt. Die hier vorgestellte Studie „Erarbeitung einer Konzeption für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität“ bildet eine erste fachliche Grundlage für die (kontinuierliche) Erfassung und Bewertung von durch den Klimawandel induzierten Biodiversitätsveränderungen in Sachsen.

Der vorliegende Teil 1 enthält die Grundlagen für ein Monitoringkonzept zur Erfassung und Auswertung der Auswirkungen des Klimawandels auf die natürliche biologische Vielfalt in Sachsen. Dazu zählen insbesondere die Darstellungen der möglichen und schon beobachteten Auswirkungen des Klimawandels auf Arten(gruppen) und Biotope, die Auswahl klimasensitiver, für ein Monitoring in Frage kommender Arten und Lebensraumtypen (Monitoringindikatoren) sowie die Beschreibung geeigneter Monitoringmethoden.

Biodiversitätsmonitoring ist Bestandteil verschiedener nationaler und internationaler Konventionen, Gesetze und Strategiepapiere (z. B. Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Energie- und Klimaprogramm des Freistaates Sachsen, Bundesnaturschutzgesetz, Sächsisches Naturschutzgesetz, CBD Konvention), woraus sich Handlungsrichtlinien auf politischer Ebene ergeben (siehe Kapitel 2).

Erst im Rahmen eines kontinuierlichen Monitorings biotischer, aber auch relevanter abiotischer Parameter, werden Klimafolgen erkennbar, die sich nach längerer Zeit einstellen oder auf komplexen Wechselwirkungen (z. B. Vegetation-Boden-Klima) und zwischenartlichen Beziehungen (trophische Beziehungen, Konkurrenz, Symbiosen) beruhen und deshalb so nur im ökosystemaren Gefüge auftreten. Ein Monitoring kann als wesentlicher Bestandteil der Datengrundlage zur Steuerung von Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen bezüglich des Klimawandels dienen.

Vor allem die Einbindung schon vorhandener Monitoring-Programme in Sachsen bildet eine wichtige Voraussetzung für das zu konzipierende Monitoring Klimawandel und Biodiversität, um mögliche und sinnvolle Synergien konsequent zu nutzen. Weil die schon bestehenden Monitoring-Programme jedoch nicht mit dem Ziel entwickelt wurden, Auswirkungen des Klimawandels zu untersuchen, ist in jedem Fall eine Einbeziehung spezifischer Aspekte des Klimawandels notwendig (z. B. besondere Berücksichtigung stark klimasensitiver Arten und Biotope als Monitoringindikatoren, Beachtung der Phänologie bei den Monitoringmethoden).

Zusammenfassung relevanter Monitoringaktivitäten

Der erste Arbeitsschritt (siehe Kapitel 3) stellt eine Zusammenfassung relevanter Aktivitäten im Bereich des Klimafolgenmonitorings in Sachsen, des Bundes und an Sachsen angrenzender Bundesländer dar. Weiterhin wurden ausgewählte internationale Monitoring-Programme und beispielhaft die Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen (NRW) als Bundesland mit den fortgeschrittensten Projekten in diesem Bereich vorgestellt.

Aus Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen konnten keine konkreten biotischen Monitoring-Programme recherchiert werden, welche gezielt und systematisch die Folgen des Klimawandels auf die Biodiversität untersuchen. In Bayern gibt es mit dem vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (StMWFK) entwickelten Programm FORKAST (Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien) ein relevantes Programm. Einzig in NRW wird bereits ein umfassenderes Biodiversitätsmonitoring mit integriertem Klimafolgenmonitoring betrieben, welches die Flächenkulisse der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) nutzt. Inzwischen hat sich ein weiteres Bundesland (Schleswig-Holstein) entschlossen, das Monitoringkonzept von NRW zu übernehmen.

Auch auf nationaler Ebene gibt es noch keine direkt auf die Folgen des Klimawandels ausgerichteten Monitoring-Programme. Allerdings wird im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) ein Set von Monitoringindikatoren vorgestellt, in welches auch mehrere Biodiversitätsindikatoren einfließen sollen. Ein BfN-Vorhaben zur Ermittlung dieser und weiterer Indikatoren für Nachweise direkter und indirekter Folgen des Klimawandels auf die Biodiversität und zur Erfassung von Anpassungsmaßnahmen des Naturschutzes läuft bis 2014. Durch die sächsische AG Klimafolgen, das LfULG und SMUL wurde eine Übersicht von Impact-Indikatoren für ein Klimafolgenmonitoring erarbeitet und mit den DAS-Indikatoren abgeglichen. Diese Übersicht enthält auch zwei komplexe Biodiversitätsindikatoren, die im vorliegenden Projekt erarbeitet wurden (CTI und AI, vgl. Teil 2).

Unter Mitwirkung verschiedener Bundesländer wurde vom Unterausschuss „Klima-Biomonitoring“ der Landesumweltämter ein gleichnamiges Konzept zur Darstellung der Wirkungen des Klimawandels mittels Bioindikation erarbeitet. Dieser UAK könnte als Plattform zur Vernetzung der Aktivitäten der Bundesländer hinsichtlich eines Klimawandel-Biodiversitätsmonitorings dienen und allgemein für diese Thematik sensibilisieren.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es derzeit sowohl national als auch sachsenweit noch keine bzw. erst wenige geeignete Biodiversitätsindikatoren gibt, welche schon regelmäßig erhoben werden und die Auswirkungen des Klimawandels repräsentativ widerspiegeln könnten. Entsprechende Indikatoren befinden sich noch in der Entwicklung bzw. Erprobung. Beispielfähig ist das Vogelmonitoring des DDA zu erwähnen, dessen Daten grundsätzlich auch dazu geeignet sind und auch schon verwendet werden, Klimawandeleffekte auf die Vogelwelt Deutschlands nachzuweisen. Außerdem wird auf das Tagfaltermonitoring Deutschland (TMD) verwiesen, als mögliches einzubindendes Arterfassungsprogramm, das am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ koordiniert wird.

Für Sachsen wurden gezielt bereits laufende biotische und abiotische Monitoring-Programme aufgelistet und beschrieben, deren mögliche Einbindung in das Konzept als sinnvoll und notwendig eingeschätzt wurde (z. B. Natura 2000-Monitoring, Bodenmonitoring, Luftmessnetz, Gewässermonitoring, forstliches Umweltmonitoring, phänologisches Beobachtungsnetzwerk).

Klimawandel in Sachsen

Im zweiten Arbeitsabschnitt der vorliegenden Studie (siehe Kapitel 5) wurden die Klimabedingungen Sachsens hinsichtlich der schon bekannten Auswirkungen des Klimawandels kurz dargestellt. Ziel war es hierbei nicht, die vorliegenden Ergebnisse der Klimaprojektionen noch einmal zusammenfassend darzustellen, sondern solche Aspekte herauszugreifen, welche für ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität von Belang sind. Deshalb wurden verschiedene biodiversitätsrelevante Klimaparameter (mittlere Tagesmaxima der Lufttemperatur im Juli, mittlere Tagesminima der Lufttemperatur im Januar, Niederschlag in der Vegetationsperiode, klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode), Szenarien und Regionalisierungsverfahren verglichen (WEREX III & IV, WETTREG 2010, soweit die Daten im Projektbearbeitungszeitraum schon verfügbar waren). Dies dient auch zur Diskussion der projizierten Klimaänderungen und deren räumlichen Unsicherheiten. Als ein Hauptergebnis kann festgehalten werden, dass die verschiedenen Regionalisierungen der Klimaszenarien sich deutlich in der Stärke des Änderungssignals, insbesondere aber auch in der räumlichen Verteilung der projizierten Klimaänderungen, also der Lage besonders klimasensitiver Regionen Sachsens, unterscheiden. Aufgrund dieser Unsicherheiten erscheint eine Ausweisung besonders klimasensitiver Räume, die im Rahmen eines Monitorings Klimawandel und Biodiversität bevorzugt untersucht werden sollten, auf der reinen Basis klimatischer Daten derzeit noch nicht ausreichend abgesichert. Es wird deshalb dafür plädiert, die Monitoringflächen anhand der Vorkommen der ausgewählten klimasensitiven Arten und Biotope festzulegen.

Bewertungssysteme zu Klimafolgen und Methodik der Auswahl klimasensitiver Arten und Lebensräume

Im nächsten Arbeitsschritt wurden Bewertungs- bzw. Indikatorensysteme vorgestellt, die zur Ermittlung der Klimasensitivität der sächsischen Tier- und Pflanzenarten sowie der Lebensräume herangezogen wurden (siehe Kapitel 6). Neben den verwendeten schon vorhandenen Bewertungen wurde außerdem auf Literaturhinweise und Experteneinschätzungen zurückgegriffen. Falls vorhanden, wurden quantitative Aussagen zur Stärke der Klimasensitivität vor qualitativen Aussagen und regionale Einschätzungen bzw. Expertenbewertungen prioritär vor grobskaligen Bewertungen bzw. Einschätzungen auf der Basis größerer geografischer Räume gestellt. Insgesamt wurde auf sieben verschiedene schon vorhandene Bewertungen klimasensitiver Arten bzw. Lebensraumtypen zurückgegriffen (siehe Tabelle 3). Einige davon bewerten nur einzelne Artengruppen (z. B. Vögel, Tagfalter). Sie basieren auf unterschiedlichen Methoden (z. B. Modellszenarien, zusammengesetzt aus ökologischen Merkmalen und Experteneinschätzungen).

Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität

Der vierte Arbeitsschritt fasst bekannte Klimawandeleffekte auf die Biodiversität zusammen und stellt das hierzu existierende Wissen auf dem aktuellen Stand übersichtsartig vor (siehe Kapitel 7). Dafür wurden intensiv internationale, nationale und regionale Studien ausgewertet. Dargestellt sind für einzelne Artengruppen und Lebensräume, welche Beobachtungen es zu den Auswirkungen des Klimawandels gibt bzw. welche Auswirkungen aufgrund von Modellprojektionen erwartet werden. Der geografische Fokus hierbei lag auf Deutschland und Sachsen. Generell gibt es bisher nur vereinzelte wissenschaftliche Studien in Deutschland und noch in viel geringerem Maße in Sachsen, welche die Auswirkungen des Klimawandels anhand von Beobachtungsdaten aufzeigen (z. B. Veränderungen in der Phänologie, Arealveränderungen). Vor allen Dingen bei den gut untersuchten Vögeln, Libellen und einigen Pflanzenarten sind die Auswirkungen des Klimawandels schon heute deutlich nachweisbar. Eine größere Anzahl von Arbeiten, aber darunter wiederum nur ganz wenige aus Sachsen, untersuchen die möglichen Folgen des Klimawandels anhand von Klimaprojektionen und Art-Verbreitungsmodellen.

Die Zusammenfassung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zeigt zum einen deutlich, dass es für einige Arten, die auch in Sachsen vorkommen, schon Hinweise auf klimasensitive Reaktionen gibt. Zum anderen zeigen ausgewertete Modellergebnisse, dass durch den Klimawandel auch in Sachsen starke Veränderungen der Biodiversität in der Zukunft zu erwarten sind. Dies macht deutlich, dass Monitoring-Programme zur Erfassung solcher Auswirkungen erforderlich sind, um klimasensitive Biodiversitätskomponenten identifizieren und die Veränderungen langfristig beobachten zu können. Damit lassen sich angemessene und wirksame Anpassungsstrategien und -maßnahmen für den Biodiversitätsschutz (z. B. Anpassungen im Bereich Management, Biotopverbund unter Beachtung des Klimawandels) ableiten und gezielter umsetzen.

Erstellung von Listen klimasensitiver Arten und Lebensräume in Sachsen (Ermittlung von Monitoringindikatoren)

Bei der Erstellung der Listen konnten nur solche Taxa und Lebensraumtypen berücksichtigt werden, über die ein ausreichend gutes Hintergrundwissen bzw. eine schon vorhandene Bewertung hinsichtlich der Klimasensitivität vorlag und die eine nachgewiesene und ausreichend gut dokumentierte Verbreitung in Sachsen haben (siehe Kapitel 8). Es wurden folgende Artengruppen einbezogen und bewertet: Vögel, Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Fische/Rundmäuler, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Käfer, sonstige Wirbellose, Gefäßpflanzen, Moose und Flechten. Weiterhin wurden Lebensraumtypen bewertet, wobei hier ein deutlicher Schwerpunkt auf den FFH-LRT lag.

Insgesamt wurden in einem ersten Auswahlschritt (siehe Kapitel 8.1) von allen sächsischen Arten 580 Gefäßpflanzen, 42 Moose, neun Flechten und 1.191 Tiere als klimasensitiv und damit möglicherweise relevant für ein Klimafolgenmonitoring bewertet. Bewusst wurden sowohl Arten und Lebensräume einbezogen, die voraussichtlich durch den Klimawandel profitieren, als auch diejenigen Arten und LRT, die durch den Klimawandel gefährdet sind bzw. zurückgehen könnten.

In einem zweiten Auswahlschritt folgte eine Reduktion der umfangreichen Listen hauptsächlich unter Beachtung der Stärke der Klimasensitivität, aber auch unter Berücksichtigung von Aspekten der Datenverfügbarkeit, des Schutzstatus (insbesondere nach Natura 2000-Richtlinien), des Gefährdungsgrades (anhand der Roten Listen Sachsens) und der Praktikabilität bezüglich eines Monitorings. Diese Artenauswahl erfolgte in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Experten, u. a. auch aus den Fachreferaten des LfULG. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Einbindung schon vorhandener Monitoringaktivitäten und somit auch der dort untersuchten klimasensitiven Arten und Lebensraumtypen, die v. a. aufgrund der Natura 2000-Richtlinien einem systematischen Monitoring unterliegen, allerdings bisher nicht unter dem Aspekt des Klimawandels. Sofern diese Arten und Lebensräume (nach FFH-RL, VRL) als besonders klimasensitiv bewertet wurden, sind sie vollständig in die Auswahl mit aufgenommen worden.

Die damit vorliegende Auswahl klimasensitiver Tier- und Pflanzenarten und Lebensraumtypen in Sachsen, die für ein Klimafolgenmonitoring vorrangig in Frage kommen, umfasst zum derzeitigen Bearbeitungsstand ca. 270 Arten und 32 FFH-Lebensraumtypen (siehe Tabelle 24). Eine genaue Bewertung der Effektrichtung (positiv bzw. negativ) ist zum momentanen Stand noch nicht bei allen Arten sicher möglich. Ca. 95 Arten und sieben FFH-Lebensraumtypen sind als voraussichtliche „Gewinner“ des Klimawandels (wahrscheinliche Zunahme und Arealerweiterung) und ca. 175 Tier- und Pflanzenarten sowie 25 FFH-Lebensraumtypen als „Klimawandelverlierer“ bewertet worden. In Teil 2 wurde die Auswahl klimasensitiver Arten für das Monitoring teilweise weiterentwickelt, z. B. für Tagfalter, Käfer und Pflanzen. Außerdem wurde neben einem Einzelartenmonitoring bei der Weiterentwicklung des Monitoringkonzeptes auch stärker auf ein Artengruppen-Monitoring fokussiert.

Monitoringmethoden und Hinweise zur Umsetzung

Neben der Erstellung der Listen klimasensitiver Arten und Lebensräume war ein wichtiger Bestandteil der Konzeption, geeignete Monitoringmethoden vorzuschlagen, mit denen die Klimawandeleffekte erfasst und von anderen relevanten Einflussfaktoren auf die Biodiversität getrennt werden können (siehe Kapitel 9.2). Außerdem wurde geprüft und diskutiert, inwieweit Synergien mit vorhandenen biotischen und abiotischen Monitoringprogrammen möglich sind (siehe Kapitel 9.4). Das vorhandene Natura 2000-Monitoring, die Monitoring-Programme des DDA (Vogelmonitoring) und das Tagfaltermonitoring (TMD) stellen eine gute Basis auch für ein zu konzipierendes Klimafolgenmonitoring dar. Für einige Artengruppen (z. B. Flechten, bestimmte Wirbellose) gibt es allerdings überhaupt noch keine systematischen Monitoringaktivitäten. Die Einbindung abiotischer Monitoring-Programme wird ebenfalls diskutiert, um z. B. die Trennung der Effekte der Landnutzung von denen des Klimawandels bei späteren Auswertungen möglich zu machen.

In die Erarbeitung geeigneter Monitoringmethoden der einzelnen Artengruppen und Lebensräume flossen v. a. die Methoden des FFH-Monitorings ein. Hierbei wurden außerdem geeignete Bearbeitungsintervalle, die klimarelevante Aspekte wie z. B. die Phänologie berücksichtigen, mit eingearbeitet bzw. angepasst.

Aufgrund des Umfangs an Themen für diese Studie war es nicht möglich, alle Fragen der räumlichen und statistischen Umsetzung des Monitorings Klimawandel und Biodiversität zu klären. Erste Vorschläge möglicher statistischer Auswertungen und zum Stichprobenumfang wurden aber diskutiert. Aufgrund der heterogenen Vorkommenshäufigkeit und Vorkommensverbreitung der Arten wird vorgeschlagen, artspezifisch den Stichprobenumfang zu bestimmen. Dies stellt sicher, dass Auswertungen auch statistisch robuste Ergebnisse liefern. Dazu wird u. a. die Einbindung der mit statistischen Verfahren in der Landschaft verteilten ÖFS-Flächen diskutiert (Ökologische Flächenstichprobe).

Erste räumliche Analysen zeigen ein heterogenes Verbreitungsbild der ausgewählten klimasensitiven Arten und Lebensraumtypen und unterstreichen die Notwendigkeit einer gründlichen artspezifischen Auswahl des Stichprobenumfangs sowie der Lage der Monitoringflächen.

Weitere Schritte

Der Bearbeitungsstand der vorliegenden Konzeption eines Klimafolgenmonitorings Biodiversität ist noch nicht als endgültig anzusehen. Vor allem die räumliche Ausweisung der Monitoringflächen und die Festlegung der Stichprobenumfänge erfordern eine tiefere artspezifische Analyse der räumlichen Verteilung, Habitatpräferenzen und Häufigkeitsmuster unter Berücksichtigung der projizierten Klimaveränderungen.

Weitere Schritte, die in einem Folgevorhaben zu bearbeiten wären, sind bspw. genauere Analysen der zu erwartenden gebietsfremden Arten, die bei gegebener Klimarelevanz auch in ein Klimafolgenmonitoring mit einfließen sollten. Außerdem ist es möglich und sinnvoll, die Liste der klimarelevanten Lebensräume noch auf ausgewählte Nicht-FFH-Lebensraumtypen auszuweiten. Der Abgleich mit den schon bestehenden Monitoringprogrammen des Bundes und Sachsens ist noch zu intensivieren, um Doppelerfassungen zu vermeiden und mögliche Synergien dieser Programme zu einem Klimafolgenmonitoring konsequent zu nutzen.

Diese und weitere Schritte wurden in einem anschließenden zweijährigen FuE-Vorhaben umgesetzt, in welchem die Monitoringkonzeption weiterentwickelt und erste Auswertungen von Naturschutzfachdaten unter dem Aspekt Klimawandel vorgenommen wurden. Die Ergebnisse dieses FuE-Vorhabens sind im Teil 2 „Monitoring Klimawandel und Biodiversität“ dargestellt.

12 Literaturverzeichnis

- ADAMIK, P. & KRAL, M. (2008): Climate- and resource-driven long-term changes in dormice populations negatively affect hole-nesting songbirds. *Journal of Zoology* 275: 209-215.
- AHOLA, M., LAAKSONEN, T., SIPPOLA, K., EEVA, T., RAINIO, K. & LEHIKONEN, E. (2004): Variation in climate warming along the migration route uncouples arrival and breeding dates. *Glob. Change Biol.* 10: 1610-1617.
- AHOLA, M.P., LAAKSONEN, T., EEVA, T. & LEHIKONEN, E. (2007): Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. *J. Anim. Ecol.* 76: 1045-1052.
- ALEXANDER, L.V., ZHANG, X., PETERSON, T.C., CAESAR, J., GLEASON, B., TANK, A., HAYLOCK, M., COLLINS, D., TREWIN, B., RAHIMZADEH, F., TAGIPOUR, A., KUMAR, K.R., REVADEKAR, J., GRIFFITHS, G., VINCENT, L., STEPHENSON, D.B., BURN, J., AGUILAR, E., BRUNET, M., TAYLOR, M., NEW, M., ZHAI, P., RUSTICUCCI, M. & VAZQUEZ-AGUIRRE, J.L. (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 111: 22.
- ALLAN, J.D., PALMER, M. & POFF, N.L. (2005): Climate change and freshwater ecosystems. In: LOVEJOY, T.E. & HANNAH, L. (eds): *Climate change and biodiversity*. Yale University Press, New Haven CT, pp. 274-290.
- ARAUJO, M.B., THUILLER, W. & PEARSON, R.G. (2006): Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *J. Biogeogr.* 33: 1712-1728.
- BADECK, F.W., POMPE, S., KÜHN, I. & GLAUER, A. (2008): Wetterextreme und Artenvielfalt. Zeitlich hochauflösende Klimainformationen auf dem Messtischblattraster und für Schutzgebiete in Deutschland. *Nat.Schutz Landschplan.* 40 :343-345.
- BAIRLEIN, F. & EXO, K.M. (2007): Climate change and migratory waterbirds in the Wadden Sea. *Wadden Sea Ecosystem* 23: 43-52.
- BAIRLEIN, F., FANSA, M. & RITZAU, C. (2009): Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Vogelwelt. In: *Klimawandel - globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts*. Landesmuseum Natur und Mensch, Oldenburg, S. 85-95.
- BAIRLEIN, F. & HÜPPOP, O. (2008): *Klimawandel und Vogelwelt - eine kurze Übersicht*. Tagungsbericht NABU-Konferenz „Klimawandel und Biodiversität“. Berlin.
- BAKKENES, M., ALKEMADE, J.R.M., IHLE, F., LEEMANS, R. & LATOUR, J.B. (2002): Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Glob. Change Biol.* 8: 390-407.
- BÄSSLER, C., MÜLLER, J. & DZIOCK, F. (2010): Detection of Climate-Sensitive Zones and Identification of Climate Change Indicators: A Case Study from the Bavarian Forest National Park. *Folia Geobotanica* 45 (2): 163-182.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (Hrsg., 2009): *Bayerische Klima-Allianz - Gemeinsame Erklärung der Bayerischen Staatsregierung und des Landesbundes für Vogelschutz in Bayern e.V. für eine Zusammenarbeit zum Schutz des Klimas*. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (Hrsg., 2009): *Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS)*. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, München.
- BEEBEE, T.J.C. (1995): Amphibian Breeding and Climate. *Nature* 374: 219-220.
- BEHRENS, M., FARTMANN, T. & HÖLZEL, N. (2009): *Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen*. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW), Düsseldorf.
- BERGMANN, J., POMPE, S., OHLEMÜLLER, R., FREIBERG, M., KLOTZ, S. & KÜHN, I. (2010): The Iberian Peninsula as a potential source for the plant species pool in Germany under projected climate change. *Plant Ecology* 207: 191-201.
- BEZZEL, E. & SCHUSTER, S. (2010): Reagieren wärmeliebende Vogelarten in Bayern nicht auf die Klimaerwärmung? *Ornithologische Mitteilungen* 62 (10): 349-354.
- BINK, F.A. (1992): *Ecologische Atlas van de Dagvlinders van Noordwest-Europa*. Schuyt, Haarlem.
- BMU (Hrsg., 2007): *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- BMU (Hrsg., 2010): *Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt*. Stand 8.11.2010.
- BOBETH, A., KÜCHLER, W., MELLENTIN, U. & VÖLLINGS, A. (2010): *Kompendium Klima - Sachsen im Klimawandel*. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, Online: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/24253.htm>, Abfrage 18.04.2013.
- BONELLI, S., CERRATO, C., LOGLISCI, N. & BALLETO, E. (2011): Population extinctions in the Italian diurnal lepidoptera: an analysis of possible causes. *Journal of Insect Conservation* (23 February 2011), pp. 1-12, doi:10.1007/s10841-011-9387-6.
- BORSODORF, W. & MÜLLER, F. (2002): Verbreitungskarten sächsischer Moose III. *Limprichtia* 20:129-146.

- BOTH, C., BOUWHUIS, S., LESSELLS, C.M. & VISSER M.E. (2006): Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
- BOTH, C. & TE MARVELDE, L. (2007): Climate change and timing of avian breeding and migration throughout Europe. *Clim. Res.* 35: 93-105.
- BRASCHLER, B. & HILL, J.K. (2007): Role of larval host plants in the climate-driven range expansion of the butterfly *Polygonia c-album*. *Journal of Animal Ecology* 76: 415-423.
- BRAUNISCH, V. (2008): Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf borealmontane Vogelarten. *FVA-einblick* 1: 40-43.
- BRECHTEL, F. & KOSTENBADER, H. (2002): Die Pracht- und Hirschkäfer Baden-Württembergs. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart.
- BRIGHT, P.W. & MORRIS, P.A. (1996): Why are dormice rare? A case study in conservation biology. *Mammal Rev.* 26: 157-187.
- BROCKHAUS, T. & FISCHER, U. (2005): Die Libellenfauna Sachsens. Verlag Natur & Text, Rangsdorf.
- BROOKS, S.J. (2001): Dragonflies and Damselflies. In: HAWKSWORTH, D.L. (ed.): *The Changing Wildlife of Great Britain and Ireland*. Taylor & Francis, London, pp. 340-354.
- BRUNKE, M. (2008): Klimawandel und Fließgewässer in Schleswig-Holstein. Jahresbericht des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/08. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.
- BÜCHNER, S. (2009): Siebenschläfer. In: HAUER, S., ANSORGE, H. & ZÖPHEL, U. (Hrsg.): *Atlas der Säugetiere Sachsens*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, S. 260-262.
- BUISSON, L. & GRENOUILLET, G. (2009): Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient. *Divers. Distrib.*: 1-14.
- BUISSON, L., THUILLER, W., LEK, S., LIM, P. & GRENOUILLET, G. (2008): Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. *Glob. Change Biol.* 14: 2232-2248.
- BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie. Beschlossen am 17.12.2008.
- BUßLER, H. (2007): ...und immer wieder kleine Sensationen. *LWF Aktuell* 58: 35-37.
- CAMERON, R.A.D. & KILLEEN, I. (2001): Land slugs and snails. In: HAWKSWORTH, D.L. (ed.): *The Changing Wildlife of Great Britain and Ireland*. Taylor & Francis, London, pp. 355-366.
- CEZANNE, R., EICHLER, M., KIRSCHBAUM U. & WINDSICH, U. (2008): Flechten als Anzeiger des Klimawandels. *Sauteria* 15: 159-174.
- CHMIELEWSKI, F.-M., MÜLLER, A. & KÜCHLER, W. (2004): Mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen - Abschlussbericht zum Forschungsprojekt. Humboldt Universität Berlin.
- CLAVERO, M., VILLERO, D. & BROTONS, L. (2011): Climate Change or Land Use Dynamics: Do We Know What Climate Change Indicators Indicate? *Plos One* 6 (4): e18581.
- COPPACK, T. (2008): Vögel in der evolutionären Falle? *Falke* 55: 300-304.
- CORMONT, A., MALINOWSKA, A., KOSTENKO, O., RADCHUK, V., HEMERIK, L., WALLISDEVRIES, M. & VERBOOM, J. (2011): Effect of local weather on butterfly flight behaviour, movement, and colonization: significance for dispersal under climate change. *Biodiversity and Conservation* 20 (3): 483-503.
- CORN, P.S., MUTHS, E., ADAMS, M. & DODD, C.K. (2005): The U.S. Geological Survey's Amphibian Research and Monitoring Initiative. *Alytes (Paris)* 22: 65-71.
- CRICK, H.Q.P. & SPARKS, T.H. (1999): Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423-424.
- DE BRUYN, U., LINDERS, H.W. & MOHR, K. (2009): Epiphytische Flechten im Wandel von Immissionen und Klima - Ergebnisse einer Vergleichskartierung 1989/2007 in Nordwestdeutschland. *Bioindikation und Monitoring* 21: 63-75.
- DE KNIJF, G. (2008): The dragonfly inventory project in Flanders (Belgium): thirty years of collecting data. Are there any trends detectible? (abstract). International Symposium "Monitoring Dragonflies in Europe". Wageningen, the Netherlands.
- DENNIS, R.L.H. & SPARKS, T.H. (2007): Climate signals are reflected in an 89 year series of British Lepidoptera records. *Eur. J. Entomol.* 104: 763-767.
- DEVICTOR, V., JULLIARD, R., COUVET, D. & JIGUET, F. (2008): Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 275: 2743-2748.
- DOERPINGHAUS, A., EICHEN, C., GUNNEMANN, H., LEOPOLD, P., NEUKIRCHEN, M., PETERMANN, J. & SCHRÖDER, E. (2005): Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 449 S.
- DOERPINGHAUS, A., DRÖSCHMEISTER, R. & FRITSCHKE, B. (2010): Naturschutz-Monitoring in Deutschland. Stand und Perspektiven; Tagungsband zum Statusseminar an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm vom 14. bis 18. April 2008. Landwirtschaftsverlag, Münster.

- DORMANN, W., METZING, D. & MOSSAKOWSKI, D. (2008): Klimafolgen und Küsten: Auswirkungen auf die Verteilung und Verbreitung von Laufkäfern der Salzwiesen (Carabidae). *Insecta* 11: 51-62.
- DRAEGER, U. (2007): Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM - Das BDM ist gewappnet für den Klimawandel. *HOTSPOT* 16: 20-21.
- DRÖSCHMEISTER, R. (2009): *Climatic Impact Indicator* – ein Indikator der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. In: KORN, H., SCHLIEP, R. & STADLER, J. (Hrsg.): Biodiversität und Klima - Vernetzung der Akteure in Deutschland V - Ergebnisse und Dokumentation des 5. Workshops. Bundesamt für Naturschutz, Bonn Bad Godesberg, S. 32-34.
- DRÖSCHMEISTER, R. & SUKOPP, U. (2009): Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. *Natur und Landschaft* 84: 13-17.
- ECN (2009): Environmental Change Network. Online: <http://www.ecn.ac.uk/> (Abfrage 15.04.2013).
- EDOM, F., DITTRICH, I., KEßLER, K., MÜNCH, A. & PETERS, R. (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf wasserabhängige Ökosysteme II. Teilprojekt Erzgebirgsmoore. Abschlussbericht des FuE-Vorhabens im Auftrag des LfULG. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz; Schriftenreihe des LfULG, Heft 1/2011: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14922>.
- EEA (2008): Impacts of Europe's changing climate - 2008 Indicator based assessment. Online: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4, Abfrage 19.04.2013
- EEA (2009a): Progress towards the European 2010 biodiversity target. EEA Report 4. European Environment Agency (EEA), Copenhagen.
- EEA (2009b): Progress towards the European 2010 biodiversity target – indicator fact sheets. EEA Report 4. European Environment Agency (EEA), Copenhagen.
- EHRICH, S. & STEIN, M. (2005): Fisch und Klima. Senat der Bundesforschungsanstalten, Braunschweig.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULIßEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Göttingen.
- ELLIOTT, J.M. (2000): Pools as refugia for brown trout during two summer droughts: trout responses to thermal and oxygen stress. *J. Fish Biol.* 56: 938-948.
- ELLWANGER, G., SSYMANK, A., PAULSCH, A. & PAULSCH, C. (2011): Natura 2000 und Klimawandel - Stand der Kenntnisse. Erste Ergebnisse eines internationalen Workshops auf Vilm. *Natur und Landschaft* 86 (1): 15-18.
- EPPLE, C. (Koord.) (2009): Biologische Vielfalt und Klimawandel. *Natur und Landschaft* 84 (1), 52 S. (Themenheft).
- ETC/BD (2008): Habitats Directive Article 17 Report (2001-2006) – Some Specific Analysis On Conservation Status. European Commission (DG Environment), European Topic Centre on Biological Diversity, Paris.
- EU (2002): 6. Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L242/1.
- EU KOMMISSION (2009): Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Zusammenfassender Bericht über den Erhaltungszustand von Arten und Lebensraumtypen gemäß Artikel 17 der Habitatrichtlinie. KOM (2009), 17 S.
- FALKNER, G. (1991): Vorschlag für eine Neufassung der Roten Liste der in Bayern vorkommenden Mollusken (Weichtiere). Mit einem revidierten systematischen Verzeichnis der in Bayern nachgewiesenen Molluskenarten. Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 97.
- FESKE, N. (2006): Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Verbreitung ausgewählter Pflanzenarten in Sachsen. Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Landeskultur und Naturschutz, Masterarbeit, 187 S. (unpub.).
- FICETOLA, G.F., THUILLER, W. & PADOA-SCHIOPPA, E. (2009): From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle. *Divers. Distrib.* 15: 108-116.
- FICKE, A.D., MYRICK, C.A. & HANSEN, L.J. (2007): Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.* 17: 581-613.
- FIEDLER, W. (2008): Zugstrecken ändern sich. *Falke* 55: 305-309.
- FLENNER, I. & SAHLÉN, G. (2008): Dragonfly community re-organisation in boreal forest lakes: rapid species turnover driven by climate change? *Insect Conservation and Diversity* 1: 169-179.
- FORCHHAMMER, M.C., POST, E., BERG, T.B.G., HOYE, T.T. & SCHMIDT, N.M. (2005): Local-scale and short-term herbivore-plant spatial dynamics reflect influences of large-scale climate. *Ecology* 86: 2644-2651.
- FORISTER, M.L., MCCALL, A.C., SANDERS, N.J., FORDYCE, J.A., THORNE, J.H., O'BRIEN, J., WAETJEN, D.P. & SHAPIRO, A.M. (2010): Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 2088-2092.
- FRAHM, J.-P. (2003): Weitere Auswirkungen des Klimawandels auf die Moosflora in Mitteleuropa. *Limprichtia* 22: 147-155.
- FRAHM, J.-P. & KLAUS, D. (2000): Mosse als Indikatoren von rezenten und früheren Klimafluktuationen in Mitteleuropa. *NNA Berichte* 2: 69-75.

- FRANCO, A.M.A., HILL, J.K., KITSCHKE, C., COLLINGHAM, Y.C., ROY, D.B., FOX, R., HUNTLEY, B. & THOMAS, C.D. (2006): Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology* 12: 1545-1553.
- FRANK, D. & KLOTZ, S. (1990): Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle.
- FRANKE, J., GOLDBERG, V., EICHELMANN, U., FREYDANK, E. & BERNHOFER, C. (2004): Statistical analysis of regional climate trends in Saxony, Germany. *Climate Research* 27: 145-150.
- FRANKE, J., GOLDBERG, V., MELLENTIN, U. & BERNHOFER, C. (2006): Risiken des regionalen Klimawandels in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 55: 97-104.
- FREYHOF, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Neunaugen und Fische (Cyclostomata & Pisces). *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70: 291-316.
- FÜLLNER, G., PFEIFER, M. & ZARSKE, A. (2005): Atlas der Fische Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- FÜLLNER, G., PFEIFER, M. & ZARSKE, A. (2005): Rote Liste - Rundmäuler und Fische. In: Atlas der Fische Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, S. 343-347.
- GEBERT, J. (2003): Kommentiertes Verzeichnis der Sandlaufkäfer und Laufkäfer des Freistaates Sachsen (Coleoptera: Cicindelidae, Carabidae) (Stand 5.2.2003), *Mitteilungen Sächsischer Entomologen* 63: 3-17.
- GEBERT, J. (2009): Rote Liste Laufkäfer Sachsens. *Naturschutz und Landschaftspflege*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. 49 S.
- GEBHARDT, H., RAMMERT, U., SCHRÖDER, W. & WOLF, H. (2010): Klima-Biomonitoring: Nachweis des Klimawandels und dessen Folgen für die belebte Umwelt. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung* 22: 7-19.
- GERSTENGARBE, F.W., WERNER, P.C. & HAUF, Y. (2004): Erstellung regionaler Klimaszenarien für Nordrhein-Westfalen. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- GIGNAC, L.D. (2001): Bryophytes as Indicators of Climate Change. *The Bryologist* 104: 410-420.
- GIRARDELLO, M., GRIGGIO, M., WHITTINGHAM, M. & RUSHTON, S. (2010): Models of climate associations and distributions of amphibians in Italy. *Ecological Research* 25: 103-111.
- GNÜCHTEL, A. (2009): Rote Liste Flechten Sachsens. *Naturschutz und Landschaftspflege*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. 56 S.
- GODET, L., JAFFRE, M. & DEVICTOR, V. (2011): Waders in winter: long-term changes of migratory bird assemblages facing climate change. *Biological Letters* rsbl20110152.
- GONSETH, Y. & MONNERAT, C. (2003): Recent changes in distribution of dragonflies in Switzerland (Odonata). In: REEMER, M, VAN HELSDINGEN, P.J. & KLEUKERS, R.M.J.C. (eds): 13th International Colloquium of the European Invertebrate Survey 2001. European Invertebrate Survey, Leiden, the Netherlands. pp. 23-31.
- GORDO, O. (2007): Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology. *Clim. Res.* 35: 37-58.
- GREGORY, R.D., WILLIS, S.G., JIGUET, F., VORIŠEK, P., KLVANOVA, A., HUNTLEY, B., COLLINGHAM, Y.C., COUVET, D. & GREEN, R.E. (2009): An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *PLoS ONE* 4: e4678.
- GROSBOIS, V., GIMENEZ, O., GAILLARD, J.M., PRADEL, R., BARBRAUD, C., CLOBERT, J., MOLLER, A.P., WEIMERSKIRCH, H. (2008): Assessing the impact of climate variation on survival in vertebrate populations. *Biological Reviews* 83: 357-399.
- GÜNTHER, A., OLIAS, M. & BROCKHAUS, T. (2006): Rote Liste Libellen Sachsens. *Naturschutz und Landschaftspflege*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. 24 S.
- GUTTMANN, R. (2003): Zur Arealentwicklung und Ökologie der Wespenspinne (*Argiope bruennichi*) in der Bundesrepublik Deutschland und den angrenzenden Ländern (Aranea). *Bonner zoologische Beiträge* 30: 454-486.
- HANDKE, K. (2000): Veränderungen in der Insektenfauna der Bremer Flussmarschen 1982-1999 – Zeichen eines Klimawandels? *NNA Berichte* 13: 36-54.
- HÄNGGI, A. & BOLZERN, A. (2006): *Zoropsis spinimana* (Araneae: Zoropsidae) neu für Deutschland. *Arachnol. Mitt.* 32: 8-10.
- HARDY, P.B., KINDER, P.M., SPARKS, T.H. & DENNIS, R.L. (2010): Elevation and habitats: the potential of sites at different altitudes to provide refuges for phytophagous insects during climatic fluctuations. *Journal of Insect Conservation* 14 (3): 297-303.
- HARI, R.E., LIVINGSTONE, D.M., SIBER, R., BURCKHARDT-HOLM, P. & GÜTTINGER, H. (2006): Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Glob. Change Biol.* 12: 10-26.

- HARTENAUER, K. (2008): Weichtiere (Gastropoda et Bivalvia) (FFH Anh. II, IV, V). In: Arten- und Biotopschutzprogramm Sachsen-Anhalt - Biologische Vielfalt und FFH-Management im Landschaftsraum Saale-Unstrut-Triasland. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Hall (Saale), S. 188-234.
- HASSALL, C., THOMPSON, D.J., FRENCH, G.C. & HARVEY, I.F. (2007): Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Glob. Change Biol.* 13: 933-941.
- HAUER, S., ANSORGE, H. & ZÖPHEL, U. (2009): Atlas der Säugetiere Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- HEIKKINEN, R.K., LUOTO, M., LEIKOLA, N., PÖYRY, J., SETTELE, J., KUDRNA, O., MARMION, M., FRONZEK, S. & THUILLER, W. (2010): Assessing the vulnerability of European butterflies to climate change using multiple criteria. *Biodiversity and Conservation* 19: 695-723.
- HERMANN, G. & BOLZ, R. (2003): Erster Nachweis der Großen Feuerfalters, *Lycaena dispar* (Haworth 1803), in Bayern mit Anmerkungen zu seiner Arealentwicklung in Süddeutschland (Insecta: Lepidoptera: Lycaenidae). *Beiträge zur Bayerischen Entomofaunistik* 5: 17-23.
- HICKLER, T., FRONZEK, S., ARAUJO, M.B., SCHWEIGER, O., THUILLER, W. & SYKES, M.T. (2009): An ecosystem model-based estimate of changes in water availability differs from water proxies that are commonly used in species distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 18: 304-313.
- HICKLER, T., VOHLAND, K., MILLER, P.A., SMITH, B., COSTA, L., FEEHAN, J., GIESECKE, T., FRONZEK, S., CARTER, T., CRAMER, W., KÜHN, I. & SYKES, M.T. (2012): Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 21: 50-63.
- HICKLING, R., ROY, D.B., HILL, J.K., FOX, R. & THOMAS, C.D. (2006): The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Glob. Change Biol.* 12: 450-455.
- HICKLING, R., ROY, D.B., HILL, J.K. & THOMAS, C.D. (2005): A northward shift of range margins in British Odonata. *Glob. Change Biol.* 11: 502-506.
- HIDDINK, J.G. & TER HOFSTEDÉ, R. (2008): Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Glob. Change Biol.* 14: 453-460.
- HILL, J.K., HUGHES, C.L., DYTHAM, C. & SEARLE, J.B. (2006): Genetic diversity in butterflies: interactive effects of habitat fragmentation and climate-driven range expansion. *Biology Letters* 2: 152-154.
- HOHENWALLNER, D., ZECHMEISTER, H.G. & GRABHERR, G. (2002): Bryophyten und ihre Eignung als Indikatoren für den Klimawandel im Hochgebirge - erste Ergebnisse. 10. Österreichisches Botanikertreffen. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, S. 19-21.
- HUNTLEY, B., COLLINGHAM, Y.C., GREEN, R.E., HILTON, G.M., RAHBEK, C. & WILLIS, S.G. (2006): Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds. *Ibis* 148: 8-28.
- HUNTLEY, B., GREEN, R.E., COLLINGHAM, Y.C. & WILLIS, S.G. (2007): A Climatic Atlas of European Breeding Birds. Lynx Edicions, Barcelona.
- HÜPPOP, K. & HÜPPOP, O. (2005): Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland - Teil 3: Veränderungen von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. *Vogelwarte* 43: 217-248.
- HÜPPOP, K., HÜPPOP, O. & BAIRLEIN, F. (2008): Veränderungen von Zugzeiten. *Falke* 55: 294-299.
- IBISCH, P.L. & KREFT, S. (2008): Anpassung an den Klimawandel: eine systematische Analyse von Handlungsoptionen für den Naturschutz. *Anliegen Natur* 32: 3-23.
- INOUE, D.W., BARR, B., ARMITAGE, K.B. & INOUE, B.D. (2000): Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 97: 1630-1633.
- IRMLER, U., HELLER, K., MEYER, H. & REINKE, H.D. (2002): Zonation of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneida) in salt marshes at the North and the Baltic Sea and the impact of the predicted sea level increase. *Biodivers. Conserv.* 11: 1129-1147.
- JEPPESSEN, E., MEERHOFF, M., HOLMGREN, K., GONZÁLEZ-BERGONZONI, I., TEIXEIRA-DE MELLO, F., DECLERCK, S., DE MEESTER, L., SØNDERGAARD, M., LAURIDSEN, T., BJERRING, R., CONDE-PORCUNA, J., MAZZEO, N., IGLESIAS, C., REIZENSTEIN, M., MALMQUIST, H., LIU, Z., BALAYLA, D. & LAZZARO, X. (2010): Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. *Hydrobiologia* 646: 73-90.
- KHAROUBA, H.M. & KERR, J.T. (2010): Just passing through: global change and the conservation of biodiversity in protected areas. *Biological Conservation* 143 (5): 1094-1101.
- KIEßLING, J. & STETZKA, K. (1997): Die Moosflora des Forstbotanischen Gartens Tharandt - Vorkommen, Ökologie, Gefährdung. *Limprichtia* 10: 1-176.

- KLAUS, D. & MATZKE, D. (2010): Heuschrecken, Fangschrecken, Schaben und Ohrwürmer. Rote Liste und Artenliste Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 40 S.
- KLAUSNITZER, B. (1994): Rote Liste Bockkäfer. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul. 12 S.
- KLAUSNITZER, B. (1995): Rote Liste Blatthornkäfer und Hirschkäfer. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul. 10 S.
- KLEWEN, R., HÖLZEL, M., GAHSCHKE, J., SCHNEIDER, K. & REIKE, H.-P. (2009): FuE-Vorhaben "Untersuchungen zur Biodiversität in Sachsen", Endbericht. Fakultät Landbau/Landespflege; Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden im Auftrag des LfULG (unpub.).
- KNOWLTON, J.L. & GRAHAM, C.H. (2010): Using behavioral landscape ecology to predict species' responses to land-use and climate change. *Biological Conservation* 143 (6): 1342-1354.
- KÖLLNER, B., STRAUB, W., JACOB, S., MEHLIG, B., HÄDICKE, A. & SEIDENSTÜCKER, C. (2010): Folgen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen - Aktivitäten des LANUV NRW. Jahresbericht. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen 2009.
- KONVIČKA, M., BENES, J. & SCHMITT, T. (2010): Ecological Limits Vis-à-vis Changing Climate: Relic *Erebia* Butterfly in Insular Sudeten Mountains, pp. 341-355. In: HABEL, J.C. & ASSMANN, T. [eds.]: *Relict Species*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- KOPPMANN-RUMPF, B., HEBERER, C. & SCHMIDT, K.H. (2003): Long term study of the reaction of the edible dormouse *Glis glis* (Rodentia : Gliridae) to climatic changes and its interactions with hole-breeding passerines. *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* 49: 69-76.
- KREMER, B.P. & WAGNER, A. (2000): *Crithmum maritimum* L. - Neu für Deutschland. *Florist. Rundbr.* 34: 1-8.
- KREUELS, M. (2008): Klimawandel: Potentielle Auswirkungen auf die Spinnenfauna (Arachnida: Araneae) im Münsterland. *Naturzeit im Münsterland*, 5: 6-7.
- KROMP-KOLB, H. & GERERSDORFER, T. (Red.) (2003): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt - derzeitiger Wissensstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich, 141 S. Online: <http://www.boku.ac.at/imp/klima/Literatur/tiere.pdf>, Abfrage 23.04.2013.
- KÜCHLER, W. & SOMMER, W. (2005): Klimawandel in Sachsen - Sachstand und Ausblick 2005. Dresden. Online: [http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/klima/Klimawandel_ges\(1\).pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/klima/Klimawandel_ges(1).pdf), Abfrage 23.04.2013
- KUDRNA, O. (2002): *The distribution atlas of European butterflies*. Apollo Books, Stenstrup.
- KÜHN, I., BIERMAN, S.M., DURKA, W. & KLOTZ, S. (2006) Relating geographical variation in pollination types to environmental and spatial factors using novel statistical methods. *New Phytol.* 172: 127-139.
- KÜHN, I., VOHLAND, K., BADECK, F., HANSPACH, J., POMPE, S. & KLOTZ, S. (2009): Aktuelle Ansätze zur Modellierung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die biologische Vielfalt. *Natur und Landschaft* 84 (1): 8-12.
- KÜTTEL, S., PETER, A. & WÜEST, A. (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhône Revitalisierung. EWAG Publikation Nr. 1 (März 2002).
- KUTZ, S.J., HOBERG, E.P., POLLEY, L. & JENKINS E.J. (2005): Global warming is changing the dynamics of Arctic host-parasite systems. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 272: 2571-2576.
- LAF (1997): *Waldklimastationen*. Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF), Graupa.
- LANA (Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung) (2011): Thesenpapier „Klimawandel und Naturschutz“, 6 S., Online: <http://www.la-na.de/servlet/is/26724/>, Abfrage 18.04.2013.
- LANDESFORSTPRÄSIDIUM (2004): *Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern*. Pirna.
- LE QUERE, C., RAUPACH, M.R., CANADELL, J.G., MARLAND, G., BOPP, L., CIAIS, P., CONWAY, T.J., DONEY, S.C., FEELY, R.A., FOSTER, P., FRIEDLINGSTEIN, P., GURNEY, K., HOUGHTON, R.A., HOUSE, J.I., HUNTINGFORD, C., LEVY, P.E., LOMAS, M.R., MAJKUT, J., METZL, N., OMETTO, J.P., PETERS, G.P., PRENTICE, I.C., RANDERSON, J.T., RUNNING, S.W., SARMIENTO, J.L., SCHUSTER, U., SITCH, S., TAKAHASHI, T., VIOVY, N., VAN DER WER, F.G.R. & WOODWARD, F.I. (2009): Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2: 831-836.
- LEECH, D.I. & CRICK, H.Q.P. (2007): Influence of climate change on the abundance, distribution and phenology of woodland bird species in temperate regions. *Ibis* 149: 128-145.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (1998): *Numerical ecology*. Elsevier Science, Amsterdam.
- LEMOINE, N., BAUER, H.G., PEINTINGER, M. & BOHNING-GAESE, K. (2007): Effects of climate and land-use change on species abundance in a central European bird community. *Conserv. Biol.* 21 (2): 495-503.
- LEMOINE, N., SCHAEFER, H.C. & BOHNING-GAESE, K. (2007): Species richness of migratory birds is influenced by global climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16 (1): 55-64.

- LEPETZ, V., MASSOT, M., SCHMELLER, D. S. & CLOBERT, J. (2009): Biodiversity monitoring: some proposals to adequately study species' responses to climate change. *Biodiversity and Conservation* 18: 3185-3203 DOI 10.1007/s10531-009-9636-0.
- LEUSCHNER, C. & SCHIPKA, F. (2004): Vorstudie Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. BfN-Skripten 115. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. 40 S. Online: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript115.pdf>, Abfrage 23.04.2013
- LEVINSKY, I., SKOV, F., SVENNING, J.C. & RAHBK, C. (2007): Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. *Biodivers Conserv* 16: 3803-3816.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz) (Hrsg.) (2003): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz, 391 S.
- LfUG (2006): Methodik Standardartengruppe Amphibien, Fische/Rundmäuler, Libellen, Tagfalter/Widderchen, Laufkäfer, Wassermollusken und Heuschrecken (unpub).
- LfUG (2007): Europäische Wasserrahmenrichtlinie. Aufstellung der Überwachungsprogramme - Ausweisung von Messstellen. Dresden.
- LfUG, LFL & LAF (2001): Materialien zum Bodenschutz. Bodenmonitoring in Sachsen. Landesamt für Umwelt und Geologie, Landesanstalt für Landwirtschaft, Landesanstalt für Forsten Dresden.
- LfULG (2008): Jahresbericht 2008 zur fischereilichen Bewertung der Oberflächenwasserkörper in Sachsen nach WRRL. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- LfULG (2009): Abschlussbericht (Kurzfassung) Befischung im Rahmen der EU-WRRL 2009. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- LfULG, ABTEILUNG 6 (2010): Monitoring von Arten und Lebensraumtypen von gemeinschaftlicher Bedeutung - zur Erfüllung der Berichtspflichten nach Artikel 17 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie - Entwurf 15.3.2010. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Natur, Landschaft, Boden, Freiberg/Dresden (unpub.).
- LIOW, L.H., FORTELIUS, M., LINTULAAKSO, K., MANNILA, H. & STENSETH, N.C. (2009): Lower Extinction Risk in Sleep-or-Hide Mammals. *Am Nat.* 173 (2): 264-272.
- LOZEK, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozpr. ústred. úst. geol.* 31: 374.
- LÜBBERT, J., BERGER, S. & WALTHER, G.-R. (2008): Klimatisch bedingt treten neue Pflanzenarten auf. In: Lozán, J.L. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken - Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen. Wissenschaftliche Auswertungen und GEO Verlag, Hamburg, S. 82-85.
- LÜCKMANN, J. (2006): *Sitaris muralis* (Foerster, 1771) - neu für Niedersachsen und Stand der aktuellen Verbreitung der Art in Deutschland (Coleoptera: Meloidae). *Entomol. Z.* 116: 107-112.
- MAAS, S., DETZEL, P. & STAUDT, A. (2002): Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, Landwirtschaftsverlag, 402 S.
- MACLEOD, C.D., BANNON, S.M., PIERCE, G.J., SCHWEDER, C., LEARMONTH, J.A., HERMAN, J.S. & REID, R.J. (2005): Climate change and the cetacean community of north-west Scotland. *Biol. Conserv.* 124: 477-483.
- MADIN, J., BOWERS, S., SCHILDHAUER, M., KRIVOV, S., PENNINGTON, D. & VILLA, F. (2007): An ontology for describing and synthesizing ecological observation data. *Ecological Informatics* 2 (3): 279-296.
- MADIN, J.S., BOWERS, S., SCHILDHAUER, M.P. & JONES, M.B. (2008): Advancing ecological research with ontologies. *Trends Ecol. Evol.* 23 (3): 159-168.
- MAES, D., TITEUX, N., HORTAL, J., ANSELIN, A., DECLER, K., KNIJF, G.D., FICHEFET, V. & LUOTO, M. (2010): Predicted insect diversity declines under climate change in an already impoverished region. *Journal of Insect Conservation* 14 (5): 485-498.
- MASSOT, M., CLOBERT, J. & FERRIERE, R. (2008): Climate warming, dispersal inhibition and extinction risk. *Glob. Change Biol.* 14 (3): 461-469.
- MATULLA, C., SCHMUTZ, S., MELCHER, A., GERERSDORFER, T. & HAAS, P. (2007): Assessing the impact of a downscaled climate change simulation on the fish fauna in an Inner-Alpine River. *Int. J. Biometeorol.* 52 (2): 127-137.
- MCNEELY, J.A. (2010): Monitoring climate change with dragonflies: Foreword. *Biorisk* 5: 1-2.
- MELLENTIN, U. (2009): Klimasignale regionaler Klimaprojektionen für Sachsen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 58: 39-44.
- MENZEL, A., SPARKS, T.H., ESTRELLA, N., KOCH, E., AASA, A., AHAS, R., ALM-KUBLER, K., BISSOLLI, P., BRASLAVSKA, O., BRIEDE, A., CHMIELEWSKI, F.M., CREPINSEK, Z., CURNEL, Y., DAHL, A., DEFILA, C., DONNELLY, A., FILELLA, Y., JATCZA, K., MAGE, F., MESTRE, A., NORDLI, O., PENUELAS, J., PIRINEN, P., REMISOVA, V., SCHEIFINGER, H., STRIZ, M., SUSNIK, A., VAN VLIET, A.J.H., WIELGOLASKI, F.E., ZACH, S. & ZUST, A. (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob. Change Biol.* 12 (10): 1969-1976.
- MITSCHE, A., SUDFELDT, C., HEIDRICH-RISKE, A. & DRÖSCHENMEISTER, R. (2005): Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethodik und erste Ergebnisse. *Vogelwelt* 126: 127-140.

- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (Hrsg.) (2008): Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, 40 S. Online: http://brandenburg.de/cms/media.php/2328/mk_klima.pdf, Abfrage 23.04.2013.
- MØLLER, A.P., FIEDLER, W. & BERHOLD, P. (eds.) (2010): Effects of climate change on birds. Oxford University Press, Oxford.
- MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, G., SCHALLER, M. & STRIBRNY, B. (Hrsg.) (2012): Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 420 S.
- MÜLLER-KROEHLING, S., WALENTOWSKI, H., BUßLER, H. & KÖLLING, C. (2009): Natürliche Fichtenwälder im Klimawandel - Hochgradig gefährdete Ökosysteme. LWF Wissen 63: 70-85.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (2005): Zur Taxonomie, Entdeckungsgeschichte und Verbreitung der "FFH-Art" *Carabus menetriesi* Faldermann in Hummel, 1827 (Coleoptera: Carabidae). Angewandte Carabidologie Suppl. IV: 11-18.
- MÜLLER, F. (2004): Verbreitungsatlas der Moose Sachsens. Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft b. R., Tauer.
- MÜLLER, F. (2008): Rote Liste Moose Sachsens. Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- NORMAND, S., SVENNING, J.-C. & SKOV, F. (2007): National and European perspectives on climate change sensitivity of the habitats directive characteristic plant species. J. Nat. Conserv. 15 (1): 41-53.
- NUSSEY, D.H., POSTMA, E., GIENAPP, P. & VISSER, M.E. (2005): Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. Science 310 (5746): 304-306.
- NOWAK, C., BÁLINT, M. & PAULS, S. (2010): Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die genetische Vielfalt – eine bislang unerkannte Bedrohung? Natur und Museum 140 (9/10): 252-254.
- OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart.
- OHLEMÜLLER, R., ANDERSON, B.J., ARAUJO, M.B., BUTCHART, S.H.M., KUDRNA, O., RIDGELY, R.S. & THOMAS, C.D. (2008): The coincidence of climatic and species rarity: high risk to small-range species from climate change. Biology Letters 4 (5): 568-572.
- OHLENDORF, B. (2010): Klimawandel - Veränderungen der Areale bei Fledermausarten in Deutschland *Nyctalus* Neue Folge 15, Heft 2-3, S. 99-100.
- ÖKODATA (2007): Einfluss der Klimaänderung auf die potenziell natürliche Vegetation in Sachsen und Anpassung der forstlichen Klimagliederung. Abschlussbericht im Auftrag des SBS. Graupa (unpub.).
- OSTENDORP, W., BREM, H.J., DIENST, M., JÖHNK, K., MAINBERGER, M., PEINTINGER, M., REY, P., ROSSKNECHT, H., SCHLICHTERLE, H., STRAILE, D. & STRANG, I. (2007): Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Bodensee. Ver.Gesch.Bodensee 125:199-244. Online: http://www.bodensee-ufer.de/Inhalt/Ostendorp-SVGB-Klimawandel_2007.pdf, Abfrage 25.04.2013.
- OTT, J. (2000): Die Ausbreitung mediterraner Libellenarten in Deutschland und Europa - die Folge einer Klimaveränderung. NNA Berichte 13: 13-35.
- OTT, J. (2008): Libellen als Indikatoren der Klimaänderung - Ergebnisse aus Deutschland und Konsequenzen für den Naturschutz. Insecta 11: 75-89.
- OTT, K., EPPEL, C., KORN, H., PIECHOCKI, R., POTTHAST, T., VOGET, L. & WIERSBINSKI, N. (2010): Vilmer Thesen zum Naturschutz im Klimawandel. Natur und Landschaft 85 (6): 229-233.
- OTT, J. (2010a): Dragonflies and climatic change - recent trends in Germany and Europe. Biorisk 5: 253-286.
- OTT, J. (ed.) (2010b): Monitoring climatic change with dragonflies. Pensoft, Sofia, 286 S.
- PAMPUS, M. (2005): Einschätzungen zu möglichen und bereits nachweisbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Biodiversität in Hessen. 151 S. Online: <http://klimawandel.hlug.de/fileadmin/dokumente/klima/inklim/endberichte/naturschutz.pdf>, Abfrage 25.04.2013.
- PARMESAN, C., RYRHOLM, N., STEFANESCU, C., HILL, J.K., THOMAS, C.D., DESCIMON, H., HUNTLEY, B., KAILA, L., KULLBERG, J., TAMMARU, T., TENNENT, W.J., THOMAS & J.A., WARREN, M. (1999): Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. Nature 399: 579-583.
- PARMESAN, C. & YOHE, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- PARSONS, M. (2010): The changing moth and butterfly fauna of Britain - the first decade of the twenty-first century (2000-2009). Entomologist's Record and Journal of Variation 122 (1): 13-22.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M. & GRABHERR, G. (2008): Developing a methodology for using plant species for an indicator of climate change impacts on biodiversity. Report to the European Topic Centre on Biological Diversity/ European Environment Agency. University of Vienna, Vienna.

- PEARMAN, P.B., GUIBAN, A. & ZIMMERMANN, N.E. (2011): Impacts of climate change on Swiss biodiversity: An indicator taxa approach. *Biological Conservation* 144: 866-875.
- PERRY, A.L., LOW, P.J., ELLIS, J.R. & REYNOLDS, J.D. (2005): Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308: 1912-1915.
- PETERMANN, J., BALZER, S., ELLWANGER, G., SCHÖDER, E. & SSYMANK, A. (2007): Klimawandel - Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: BALZER, S., DIETERICH, M. & BEINLICH, B. (Hrsg.): *Natura 2000 und Klimaänderungen*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, S. 127-148.
- POLLARD, E. & YATES, T.J. (1993): *Monitoring butterflies for ecology and conservation: The British Butterfly Monitoring Scheme*. Conservation biology series No. 1. Chapman & Hall, London.
- POMPE, S., BADECK, F.W., HANSPACH, J., KLOTZ, S., THUILLER, W. & KÜHN, I. (2008): Projecting impact on plant distributions under climate change - a case study from Germany. *Biology Letters* 4 (5): 564-567.
- POMPE, S., BERGER, S., WALTHER, G.R., BADECK, F.W., HANSPACH, H., SATTLER, S., KLOTZ, S. & KÜHN, I. (2009): Mögliche Konsequenzen des Klimawandels auf Pflanzenareale in Deutschland. *Natur und Landschaft* 84 (1): 2-7.
- POST, E. & FORCHHAMMER, M.C. (2004): From The Cover: Spatial synchrony of local populations has increased in association with the recent Northern Hemisphere climate trend. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 101 (25): 9286-9290.
- PÖYRY, J., LUOTO, M., HEIKKINEN, R.K. & SAARINEN, K. (2008): Species traits are associated with the quality of bioclimatic models. *Global Ecology and Biogeography* 17: 403-414.
- PÖYRY, J., LUOTO, M., HEIKKINEN, R.K., KUUSSAARI, M. & SAARINEN, K. (2009): Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15 (3): 732-743.
- PULIDO, F. & BERTHOLD, P. (2010): Current selection for lower migratory activity will drive the evolution of residency in a migratory bird population. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 107 (16): 7341-7346.
- RABITSCH, W. & ESSL, F. (Hrsg.) (2010): *Aliens. Neobiota und Klimawandel - eine verhängnisvolle Affäre?* Verlag publication PN 1, Bibliothek der Provinz, Weitra, 160 S.
- RABITSCH, W., WINTER, M., KÜHN, I., KÜHN, E., ESSL, F. & GRUTTKE H. (2010): *Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland*. Naturschutz und Biologische Vielfalt Band 98, Bonn, Bad Godesberg, 268 S.
- RAMMERT, U. (2004): *Monitoring von Klimaveränderungen mit Hilfe von Bioindikatoren (Klima-Biomonitoring)*. Jahresbericht Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2004, S. 7-22, Online: <http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/jahrbe04/Internes/Klima-Monitoring.pdf>, Abfrage 18.04.2013.
- RAU, S., STEFFENS, R. & ZÖPHEL, U. (1999): *Rote Liste Wirbeltiere*. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. 24 S.
- READING, C.J. (2007): Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia* 151 (1): 125-131.
- REINHARDT, R. (2007): *Rote Liste Tagfalter Sachsens*. Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. 32 S.
- REINHARDT, R., SBIESCHNE, H., SETTELE, J., FISCHER, U. & FIEDLER, G. (2007): *Tagfalter von Sachsen*. Beiträge zur Insektenfauna Sachsens Band 6. *Entomol. Nachr. Ber. Beiheft* 11, 696 S.
- RIECKEN, U., FINCK, P., RATHS, U., SCHRÖDER, E. & SSYMANK, A. (1994): *Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands*. Kilda Verlag, Greven.
- RIJNSDORP, A.D., PECK, M.A., ENGELHARD, G.H., MÖLLMANN, C. & PINNEGAR, J.K. (2009): Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES Journal of Marine Science* 66 (7): 1570-1583.
- ROBINET, C., IMBERT, C.-E., ROUSSELET, J., SAUVARD, D., GARCIA, J., GOUSSARD, F. & ROQUES, A. (2011): Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biological Invasions* 14 (8): 1557-1569.
- RÖDDER, D. & SCHULTE, U. (2010): Amphibien und Reptilien im anthropogenen Klimawandel: Was wissen wir und was erwarten wir? *Zeitschrift für Feldherpetologie* 17: 1-22.
- ROOT, T.L., PRICE, J.T., HALL, K.R., SCHNEIDER, S.H., ROSENZWEIG, C. & POUNDS, J.A. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- ROSE, G.A. (2005): Capelin (*Mallotus villosus*) distribution and climate: a sea "canary" for marine ecosystem change. *ICES Journal of Marine Science* 62 (7):1524-1530.
- ROWLAND, E.L., DAVISON, J.E. & GRAUMLICH, L.J. (2011): Approaches to Evaluating Climate Change Impacts on Species: A Guide to Initiating the Adaptation Planning Process. *Environmental Management* 47 (3): 322-337.
- ROY, D.B. & SPARKS, T.H. (2000): Phenology of British butterflies and climate change. *Glob. Change Biol.* 6 (4): 407-416.
- SACHANOWICZ, K. & CIECHANOWSKI, M. (2006): First winter record of the migratory bat *Pipistrellus nathusii* (Keyserling and Blasius 1839) (Chiroptera : Vespertilionidae) in Poland: yet more evidence of global warming? *Mammalia* 70: 168-169.

- SACHER, P. (1990): Neue Nachweise der Dornfingerspinne *Cheiracanthium punctorium* (Arachnida: Clubionidae). *Hercynia N.F.* 27: 326-334.
- SACHTLEBEN, J. & BEHRENS, M. (2010): Konzept zum Monitoring des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Erarbeitet im Rahmen des F+E-Vorhabens „Konzeptionelle Umsetzung der EU-Vorgaben zum FFH-Monitoring und Berichtspflichten in Deutschland“, Förderkennzeichen (UFOPLAN) 805 82 013. BfN Skripten 278. Bundesamt für Naturschutz, 180 S. Online: http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/skript_278.pdf, Abfrage 24.04.2013.
- SCHABER, J. & BADECK, F.-W. (2005): Plant phenology in Germany over the 20th century. *Regional Environmental Change* 5 (1): 37-46.
- SCHAEFER, H.C., JETZ, W. & BOHNING-GAESE, K. (2008): Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus adaptation. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 17: 38-40.
- SCHENTZ, H. & MIRTIL, M. (2003): MORIS: a universal information system for environmental monitoring. In: SCHIMAK, G.P., SWAYNE, D.A., QUINN, N.W.T. & DENZER, R. (eds.): *Environmental Software Systems*. Springer, pp. 60-68.
- SCHLUMPRECHT, H., FLEMMING, D., SCHNEIDER, P., TUNGER, B. & LÖSER, R. (2005): Folgewirkungen der Klimaänderungen für den Naturschutz - Ausgewählte Ökosysteme und Arten. Büro für ökologische Studien - BFÖS, Chemnitz. Abschlussbericht im Auftrag des LfUG, Freiberg (unpub.).
- SCHLUMPRECHT, H., LAUBE, J., SCHNEIDER, P. & LÖSER, R. (2006): Auswirkungen des Klimawandels auf wasserabhängige Ökosysteme I. Büro für ökologische Studien - BFÖS, Chemnitz. Abschlussbericht im Auftrag des LfUG, Freiberg (unpub.).
- SCHLUMPRECHT, H., BITTNER, T., JAESCHKE, A., JENTSCH, A., REINEKING, B. & BEIERKUHNEIN, C. (2010): Gefährdungsdiskussion von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42: 293-303.
- SCHMIDT, A. (2002): Veränderungen bei Erst- und Letztbeobachtung von Abendseglern (*Nyctalus noctula*) und Rauhhautfledermäusen (*Pipistrellus nathusii*) in den letzten drei Jahrzehnten in Ostbrandenburg. *Nyctalus N.F.* 8: 339-344.
- SCHNIEBS, K., REISE, H. & BÖßNECK, U. (2006): Rote Liste Mollusken Sachsens. *Naturschutz und Landschaftspflege*. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. 24 S.
- SCHRÖDER, W., ENGLERT, C., PESCH, R. & SCHMIDT, G. (2007): Phänologische Änderungen bei Obstbäumen und anderen Pflanzen sowie weitere mögliche Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft. *Landinfo* 5: 15-28.
- SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (2001): *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Spektrum, Heidelberg.
- SCHULZ, D. (1999): Rote Liste Farn- und Samenpflanzen. *Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege*. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, 36 S.
- SCHWEIGER, O., SETTELE, J., KUDRNA, O., KLOTZ, S. & KÜHN, I. (2008): Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. *Ecology* 89 (12): 3472-3479.
- SCHWEIGER, O., HEIKKINEN, A., HARPKE, A., HICKLER, T., KLOTZ, S., KUDRNA, O., KÜHN, I., PÖYRY, J. & SETTELE, J. (2012): Increasing range mismatching of interacting species under global change is related to their ecological characteristics. *Global Ecology and Biogeography* 21 (1): 88-99.
- SETTELE, J., FELDMANN, R. & REINHARDT, R. (1999): *Die Tagfalter Deutschlands*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SETTELE, J., KUDRNA, O., HARPKE, A., KÜHN, I., VAN SWAAY, C., VEROVNIK, R., WARREN, M., WIEMERS, M., HANSPACH, J., HICKLER, T., KÜHN, E., VAN HALDER, I., VELING, K., VLIEGENTHART, A., WYNHOFF, I. & SCHWEIGER, O. (2008): *Climatic risk atlas of European butterflies*. Biorisk 1.
- SETTELE, J. & KUHN, E. (2009): Insect Conservation. *Science* 325: 41-42.
- SHAW, M.R., STEFANESCU, C. & VAN NOUHUYS, S. (2009): Parasitoids of European butterflies. In: SETTELE, J., SHREEVE, T., KONVIČKA, M. & VAN DYCK, H. (eds.): *Ecology of butterflies in Europe*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.130-156.
- SIMMONDS, M.P. & ISAAC, S.J. (2007): The impacts of climate change on marine mammals: early signs of significant problems. *Oryx* 41 (1): 19-26.
- SINCLAIR, S.J., WHITE, M.D. & NEWELL, G.R. (2010): How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? *Ecology and Society* 15 (1), Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art8/>, Abfrage 19.04.2013.
- SITCH, S., SMITH, B., PRENTICE, I.C., ARNETH, A., BONDEAU, A., CRAMER, W., KAPLAN, J.O., LEVIS, S., LUCHT, W., SYKES, M.T., THONICKE, K. & VENEVSKY, S. (2003): Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model. *Glob. Change Biol.* 9 (2): 161-185.

- SLOBODDA, S. (2007): Klimawandel in Sachsen - Auswirkungen auf Ökosysteme, Lebensräume und Arten. In: BALZER, S., DIET-
RICH, M. & BEINLICH, B. (Hrsg.): Natura 2000 und Klimaänderungen. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godes-
berg, S. 105-126.
- SMUL (Hrsg.) (2008a): Sachsen im Klimawandel - Eine Analyse. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt- und Landwirt-
schaft, Dresden, 211 S.
- SMUL (Hrsg.) (2008b): Fortschrittsbericht der Arbeitsgruppe Klimafolgen für den Berichtszeitraum 2006/2007. Sächsisches
Staatsministerium für Umwelt- und Landwirtschaft, Dresden.
- SMUL (Hrsg.) (2009a): Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt-
und Landwirtschaft, Dresden.
- SMUL (Hrsg.) (2009b): Waldzustandsbericht 2009. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt- und Landwirtschaft, Dresden.
- SMWA & SMUL (Hrsg.) (2013): Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Verkehr sowie Sächsisches Staatsministerium für Umwelt- und Landwirtschaft, Dresden, 76 S. Online:
http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Energie-_und_Klimaprogramm_Sachsen_2012.pdf, Abfrage
25.04.2013.
- SOMMER, J.H., KREFT, H., KIER, G., JETZ, W., MUTKE, J. & BARTHLOTT, W. (2010): Projected impacts of climate change on regional
capacities for global plant species richness. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 277: 2271-
2280.
- SPEKAT, A., GERSTENGARBE, F.W., KREIENKAMP, F. & WERNER, P.C. (2006): Fortschreibung der Klimaszenarien für Nordrhein-
Westfalen. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- STEFANESCU, C., PENUELAS, J. & FILELLA, I. (2003): Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest
Mediterranean Basin. *Glob. Change Biol.* 9 (10): 1494-1506.
- SPARKS, T.H., JAROSZEWICZ, B., KRAWCZYK, M. & TRYJANOWSKI, P. (2009): Advancing phenology in Europe's last lowland primeval
forest: non-linear temperature response. *Climate Research* 39: 221-226.
- SVN (SÄCHSISCHE VOGELSCHUTZWARTE NESCHWITZ) (2007): Methodische Vorgaben für die Leistungsbeschreibung im Rahmen
des „Monitoring in Besonderen Schutzgebieten (Special Protection Area, SPA)“ (unpub.).
- SZPUNAR, G., ALOISE, G., MAZZOTTI, S., NIEDER, L. & CRISTALDI, M. (2008): Effects of Global Climate Change on Terrestrial Small
Mammal Communities in Italy. *Fresenius Environmental Bulletin* 17 (9B): 1526-1533.
- TERMAAT, T., KALKMAN, V. & BOUWMAN, J. (2008): Trends in ranges of dragonflies in the Netherlands: does climate change play a
role? (abstract). International Symposium "Monitoring Dragonflies in Europe". Wageningen, the Netherlands.
- THOMAS, C.D., BODSWORTH, E.J., WILSON, R.J., SIMMONS, A.D., DAVIES, Z.G., MUSCHE, M. & CONRADT, L. (2001): Ecological and
evolutionary processes at expanding range margins. *Nature* 411: 577-581.
- THOMAS, C.D., FRANCO, A.M.A. & HILL, J.K. (2006): Range retractions and extinction in the face of climate warming. *Trends in
Ecology & Evolution* 21 (8): 415-416.
- THOMAS, J.A., TELFER, M.G., ROY, D.B., PRESTON, C.D., GREENWOOD, J.J.D., ASHER, J., FOX, R., CLARKE, R.T. & LAWTON, J.H.
(2004): Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-
1881.
- THULLER, W., LAVOREL, S., ARAUJO, M.B., SYKES, M.T. & PRENTICE, I.C. (2005): Climate change threats to plant diversity in Eu-
rope. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 102 (23): 8245-8250.
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2009): Anpassung der Thüringer Landwirtschaft an den Klimawandel. Thürin-
ger Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Jena.
- TOLKE, D. (1996): Rote Liste Weberknechte und Webspinnen. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Radebuel, 12 S.
- TRAILL, L.W., LIM, M.L., SODHI, N.S. & BRADSHAW, C.J. (2010): Mechanisms driving change: altered species interactions and eco-
system function through global warming. *Journal of Animal Ecology* 79 (5): 937-947.
- TRAUTMANN, S., LÖTTERS, ST., OTT, J., BUSE, J., FILZ, K., RÖDDER, D., WAGNER, N., JAESCHKE, A., SCHULTE, U., VEITH, M., GRIEBE-
LER, E.-M. & BÖHNING-GAESE, K. (2012): Auswirkungen auf geschützte und schutzwürdige Arten. In: MOSBRUGGER, V. et
al. (Hrsg.) (2012): Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland, S. 260-289.
- UKBMS (2009): Annual Report 2008. United Kingdom Butterfly Monitoring Scheme.
- UMWELTBÜRO KLAGENFURT (2008): Österreichisches Biodiversitätsmonitoring MOBI. Interpretation ausgewählter Indikatoren.
Klagenfurt, 40 S.
- VAN HERK, C.M., APTROOT, A. & VAN DOBBEN, H.F. (2002): Long-time monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond
to global warming. *Lichenologist* 34 (2): 141-154.

- VAN SWAAY, C., VAN STRIEN, A.J., JULLIARD, R., SCHWEIGER, O., BRERETON, T., HELIÖLÄ, J., KUUSSAARI, M., ROY, D.B., STEFANESCU, C., WARREN, M.S. & SETTELE, J. (2008): Developing a methodology for a European butterfly climate change indicator. De Vlinderstichting, Wageningen.
- VAN SWAAY, C., NOWICKI, P., SETTELE, J., VAN STRIEN, A.J. (2008): Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodivers. Conserv.* 17 (14): 3455-3469.
- VAN SWAAY, C., HARPKE, A., STRIEN, A. V., FONTAINE, B., STEFANESCU, C., ROY, D., 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. De Vlinderstichting, Wageningen, 22 pp.
- VISSER, M.E., BOTH, C. & LAMBRECHTS, M.M. (2004): Global climate change leads to mistimed avian reproduction. ACADEMIC PRESS LTD, London.
- VISSER, M.E. & HOLLEMAN, L.J.M. (2001): Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 268: 289-294.
- VISSER, M.E., HOLLEMAN, L.J.M. & CARO, S.P. (2009): Temperature has a causal effect on avian timing of reproduction. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 276: 2323-2331.
- VOGEL, P., JUTZELER, S., RULENCE, B. & REUTTER, B.A. (2002): Range expansion of the greater white-toothed shrew *Crociodura russula* in Switzerland results in local extinction of the bicoloured white-toothed shrew *C. leucodon*. *Acta Theriol.* 47 (1): 15-24.
- WAHL, J. & SUDFELDT, C. (2005): 40 Jahre Wasservogelzählung: Welche Spuren hinterlassen Klimaschwankungen? 138. Jahresversammlung der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft. Stuttgart, S. 78.
- WALTHER, G.-R. (2004): Plants in a warmer world. *Perspect Plant Ecol. Evol. Syst.* 6 (3): 169-185.
- WALTHER, G.R., BERGER, S. & SYKES, M.T. (2005): An ecological 'footprint' of climate change. *Proceedings of the Royal Society Series B-Biological Sciences* 272: 1427-1432.
- WARREN, M.S., HILL, J.K., THOMAS, J.A., ASHER, J., FOX, R., HUNTLEY, B., ROY, D.B., TELFER, M.G., JEFFCOATE, F., HARDING, P., JEFFCOATE, G., WILLIS, F.G., GREATOREX-DAVIES, J.N., MOSS, D. & THOMAS, C.D. (2001): Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* 414: 65-69.
- WEISE, H. (2009): Modeling Effects of Climate Change on the Hibernation of Four Bat Species in Europ. Freie Universität Berlin, Diploma Thesis, 46 pp.
- WICKMAN, P.O. (2009): Thermoregulation and habitat use in butterflies. In: SETTELE, J., SHREEVE, T., KONVIČKA, M. & VAN DYCK, H. (eds.): *Ecology of butterflies in Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WIESNER, C., WOLTER, C., RABITSCH, W. & NEHRING, S. (2010): Gebietsfremde Fische in Deutschland und Österreich und mögliche Auswirkungen des Klimawandels. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 806 82 330. Deutschland / Bundesamt für Naturschutz, Bonn, BfN-Skripten 279, 192 S. Online: http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/skript_279.pdf, Abfrage 23.04.2013.
- WILSON, R.J., GUTIERREZ, D., GUTIERREZ, J. & MONSERRAT, V.J. (2007): An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Glob. Change. Biol.* 13 (9): 1873-1887.
- WILSON, R.J. & ROY, D.B. (2009): Butterfly population structure and dynamics. In: SETTELE, J., SHREEVE, T., KONVIČKA, M. & VAN DYCK, H. (eds.): *Ecology of butterflies in Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.
- XENOPOLOUS, M., LODGE, D.M., ALCAMO, J., MARKER, M., SCHULZE, K. & VAN VUUREN, D.P. (2008): Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. *Glob. Change. Biol.* 11 (10): 1557-1564.
- ZÖPHEL, U. & STEFFENS, R. (2002): Atlas der Amphibien Sachsens. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- ZÖPHEL, U., STEFFENS, R., HAUER, S. & WOLF, R. (2009): Trends und Veränderungen in der rezenten Säugetierfauna. In: HAUER, S., ANSORGE, H. & ZÖPHEL, U.: Atlas der Säugetiere Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, S. 65-74.

13 Anhang

13.1 Räumliche Verteilung der ausgewählten klimasensitiven FFH-Lebensraumtypen in Sachsen

Die Datenquellen für die folgenden Abbildungen sind im Kapitel 9.3.10 beschrieben.

Datenstand: Mai 2010

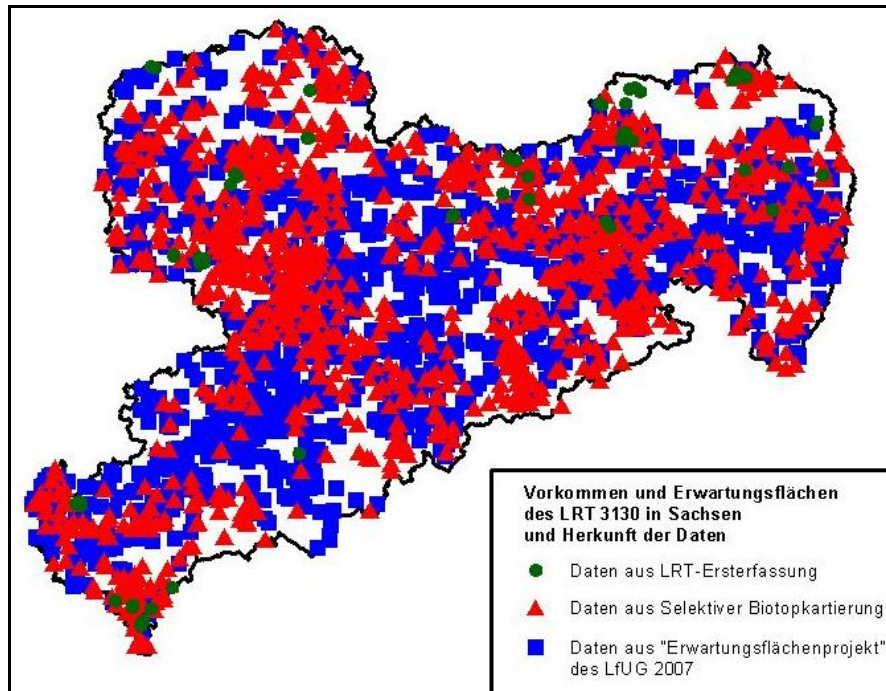


Abbildung 30: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer (3130) in Sachsen

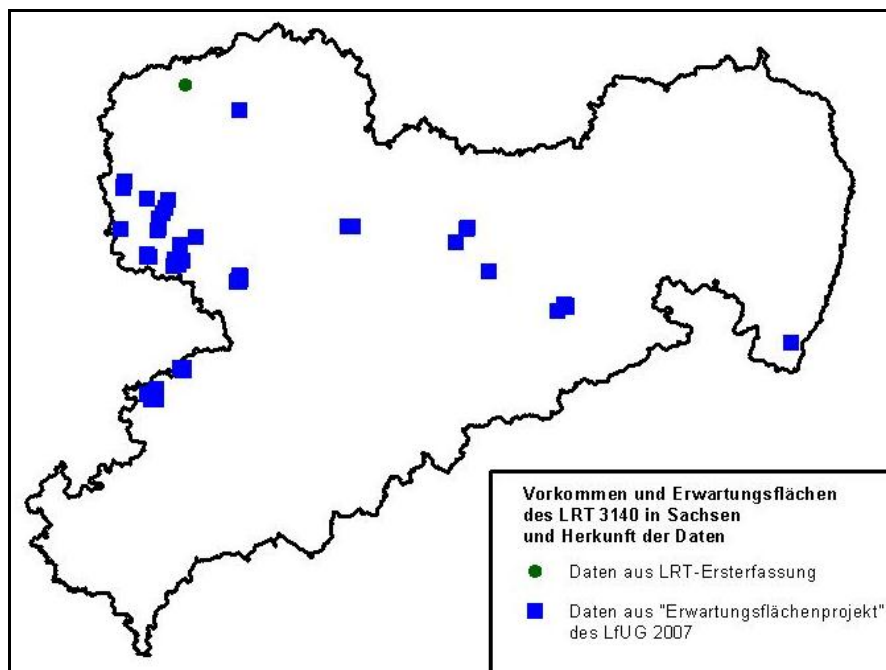


Abbildung 31: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Oligo- bis mesotrophe, kalkhaltige Stillgewässer (3140) in Sachsen

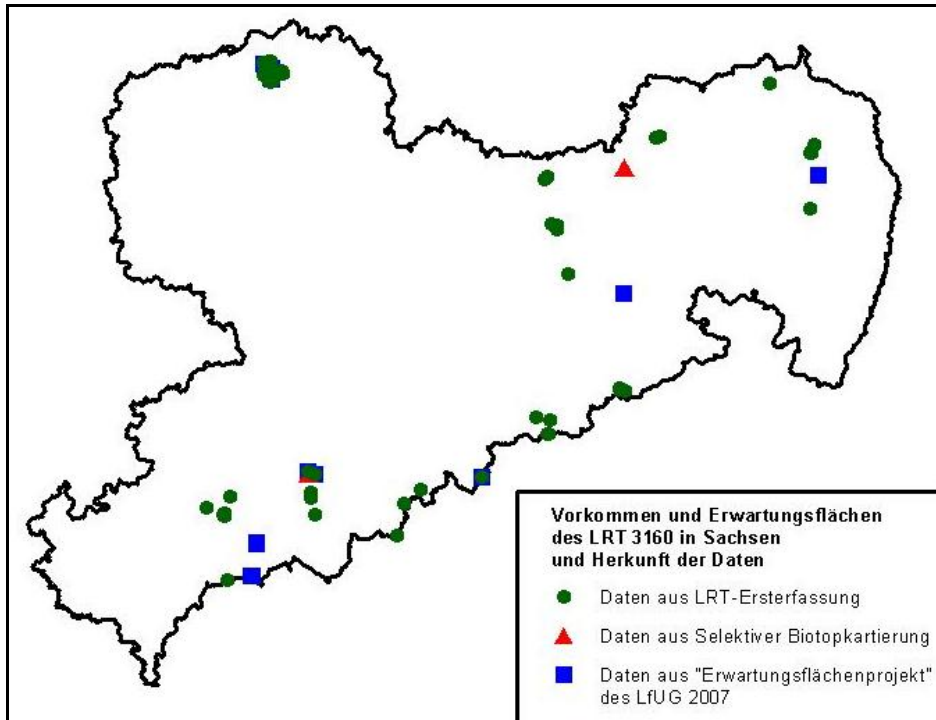


Abbildung 32: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Dystrophe Stillgewässer (3160) in Sachsen

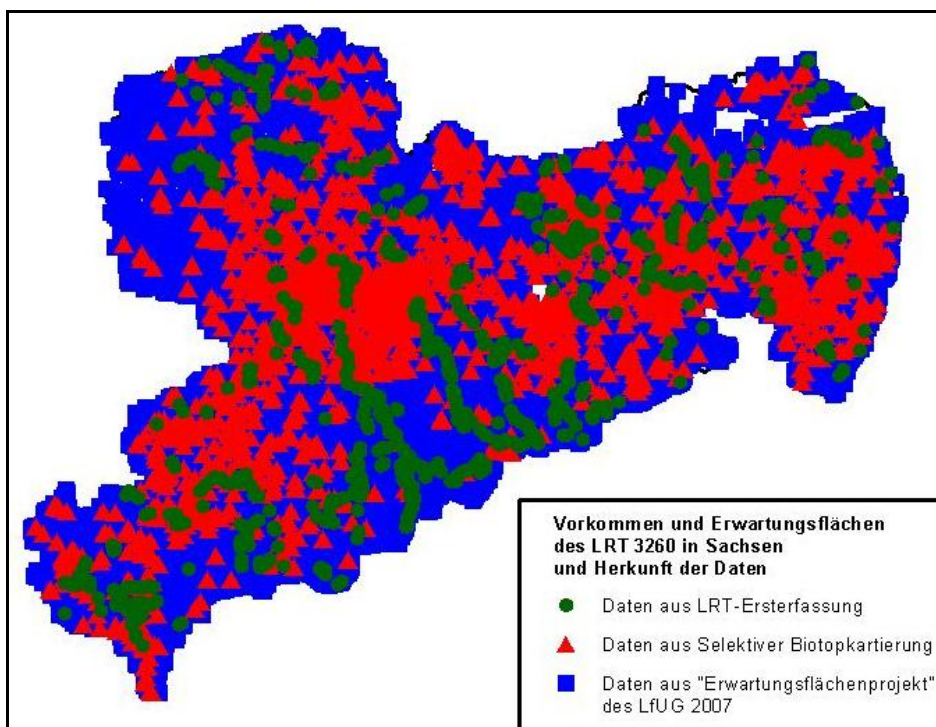


Abbildung 33: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Fließgewässer mit Unterwasservegetation (3260) in Sachsen

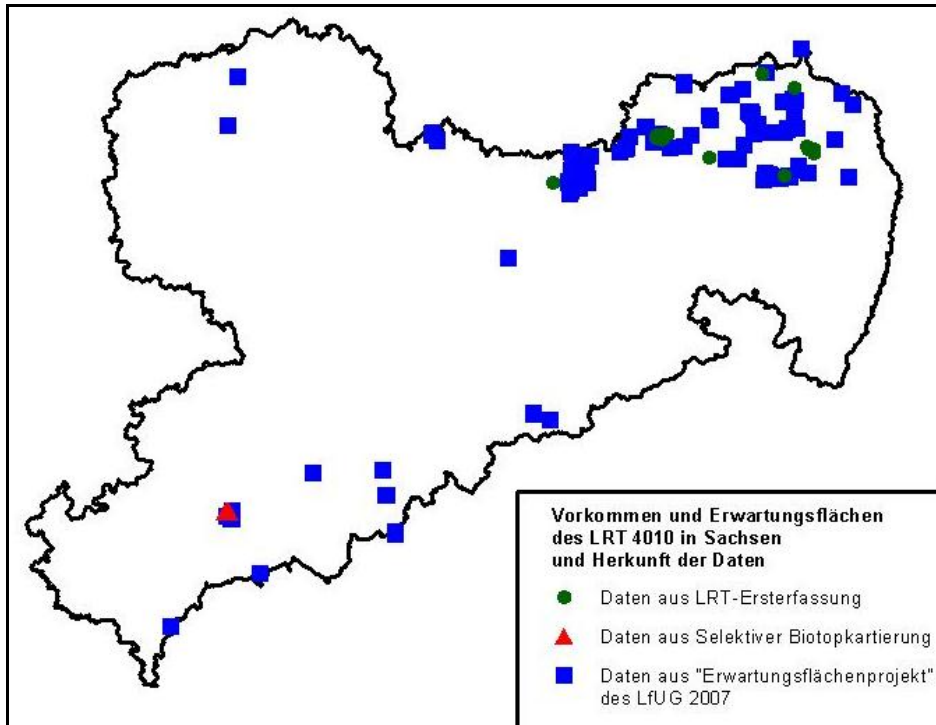


Abbildung 34: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Feuchte Heiden (4010) in Sachsen

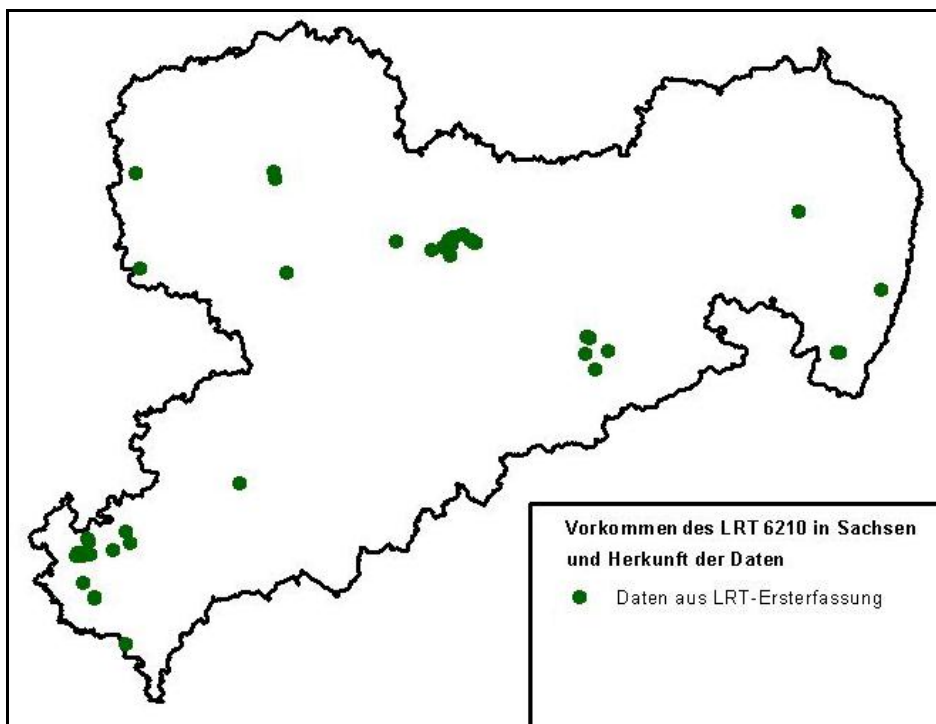


Abbildung 35: Vorkommen des FFH-LRT Kalk-Trockenrasen (6210) in Sachsen

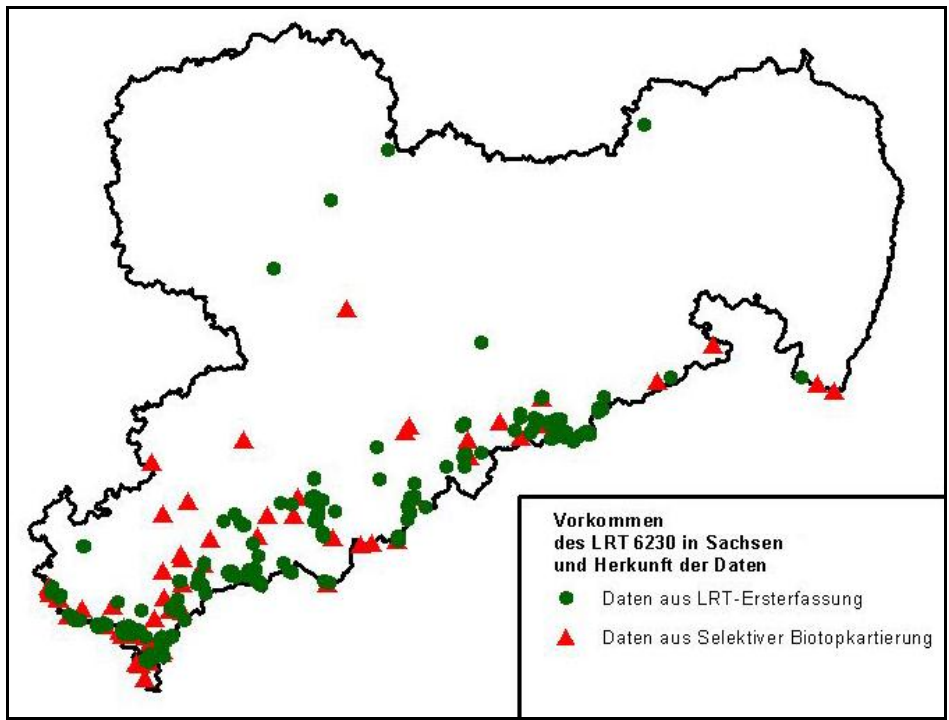


Abbildung 36: Vorkommen des FFH-LRT Artenreiche Borstgrasrasen (6230) in Sachsen

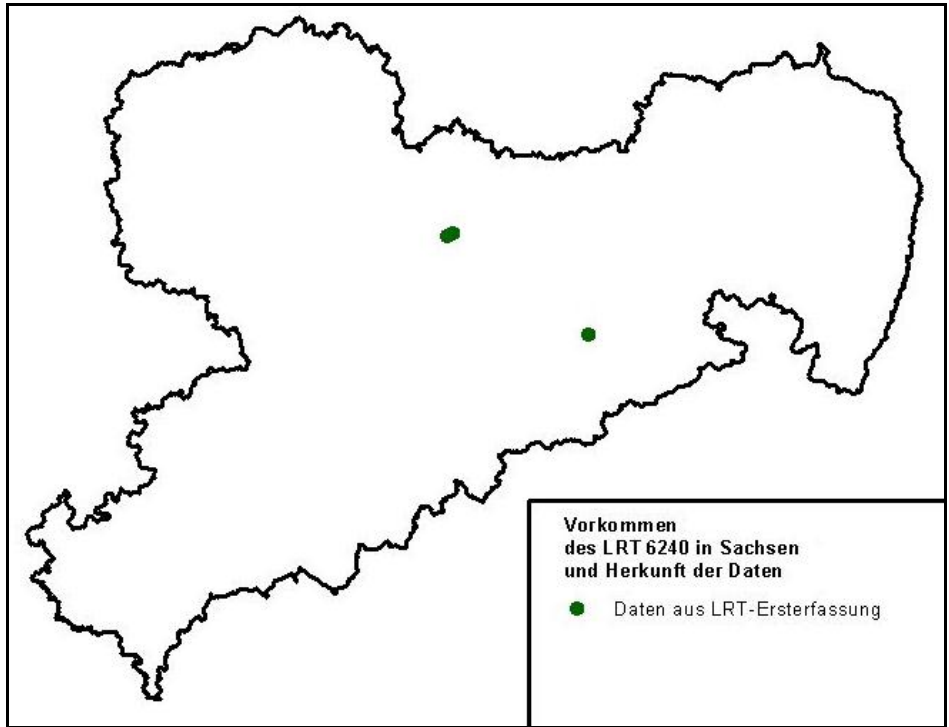


Abbildung 37: Vorkommen des FFH-LRT Steppen-Trockenrasen (6240) in Sachsen

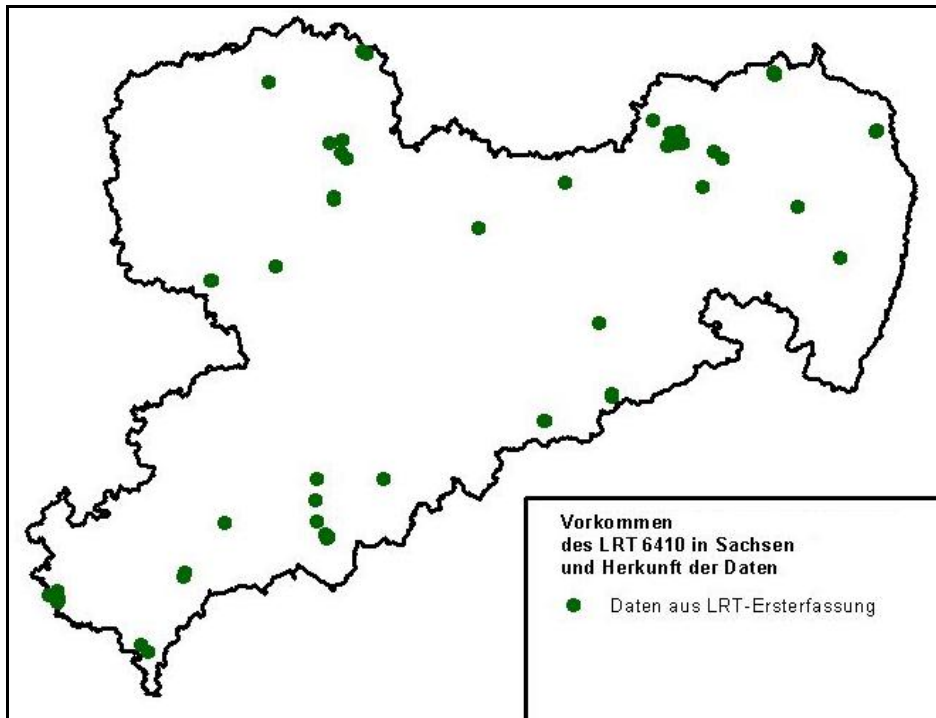


Abbildung 38: Vorkommen des FFH-LRT Pfeifengraswiesen (6410) in Sachsen

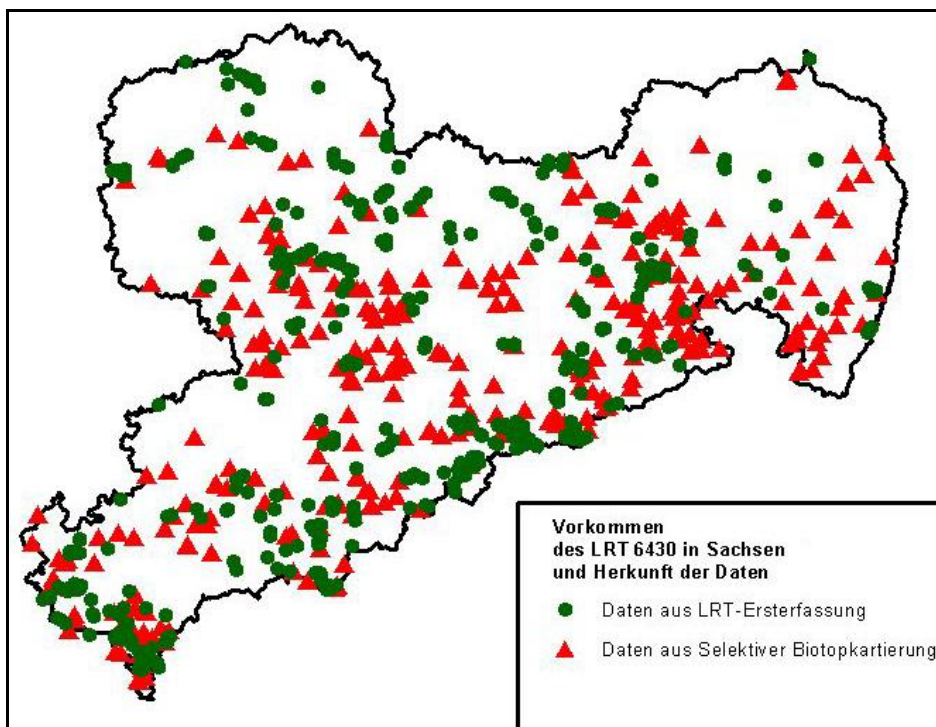


Abbildung 39: Vorkommen des FFH-LRT Feuchte Hochstaudenfluren (6430) in Sachsen

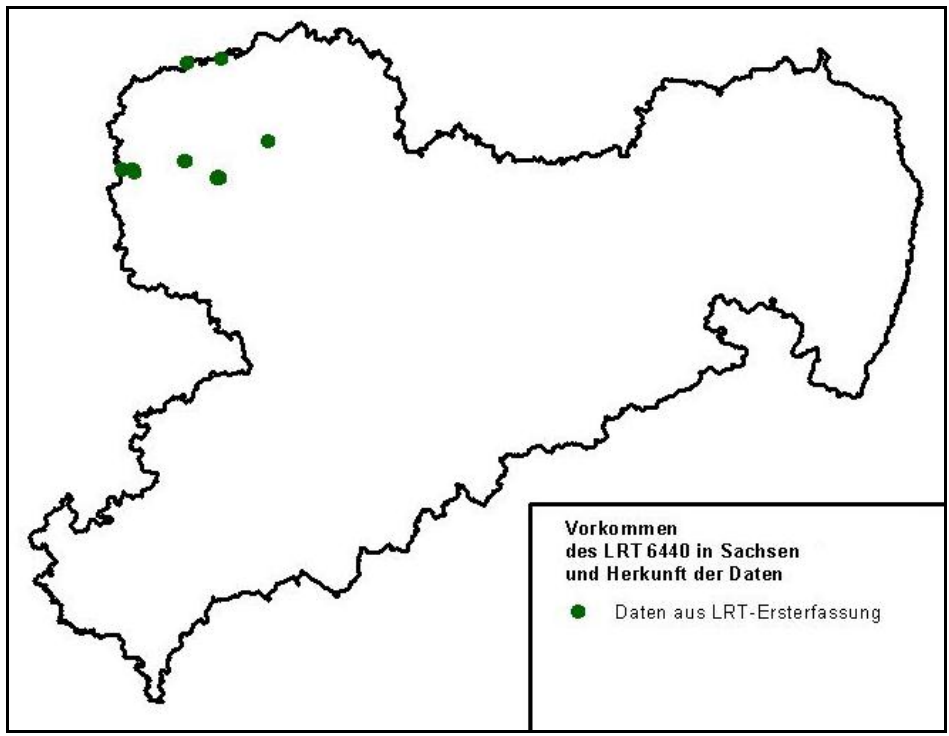


Abbildung 40: Vorkommen des FFH-LRT Brenndolden-Auenwiesen (6440) in Sachsen

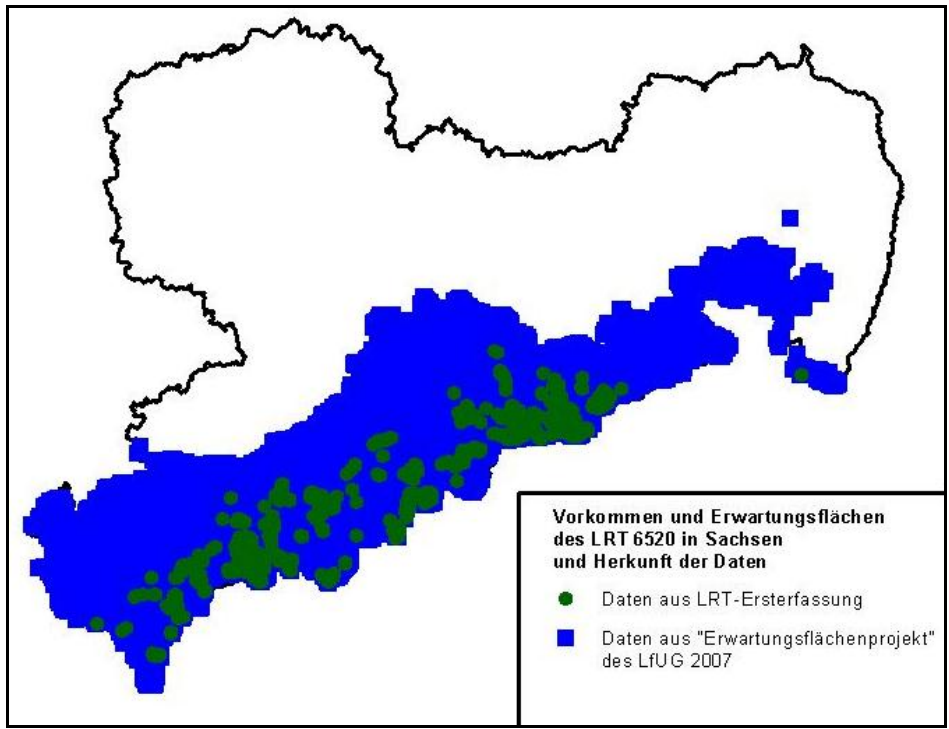


Abbildung 41: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Berg-Mähwiesen (6520) in Sachsen

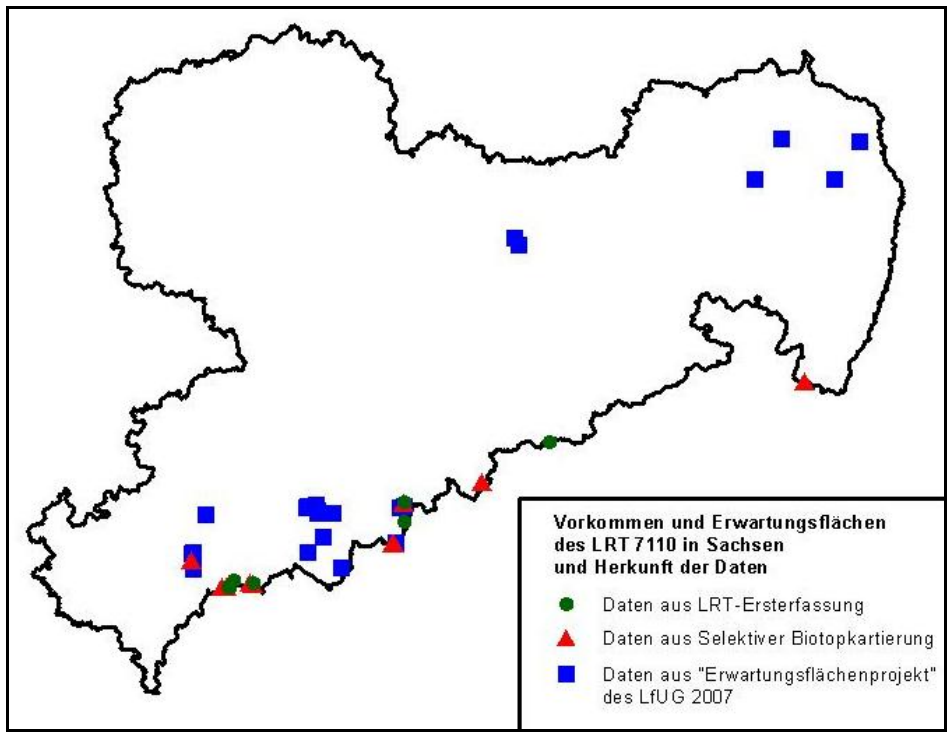


Abbildung 42: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Lebende Hochmoore (7110) in Sachsen

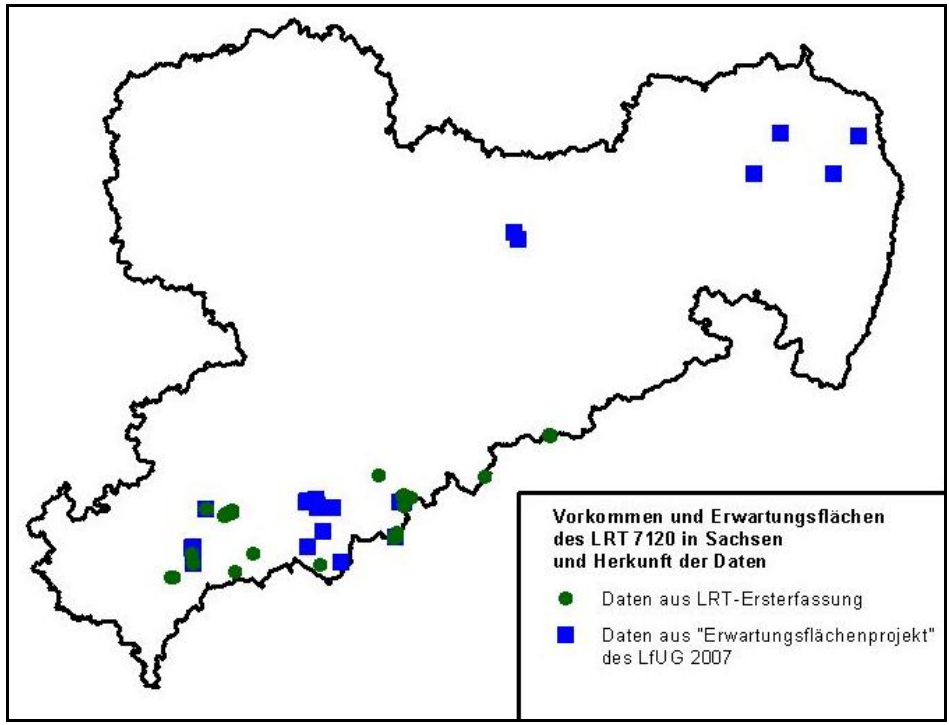


Abbildung 43: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Regenerierbare Hochmoore (7120) in Sachsen

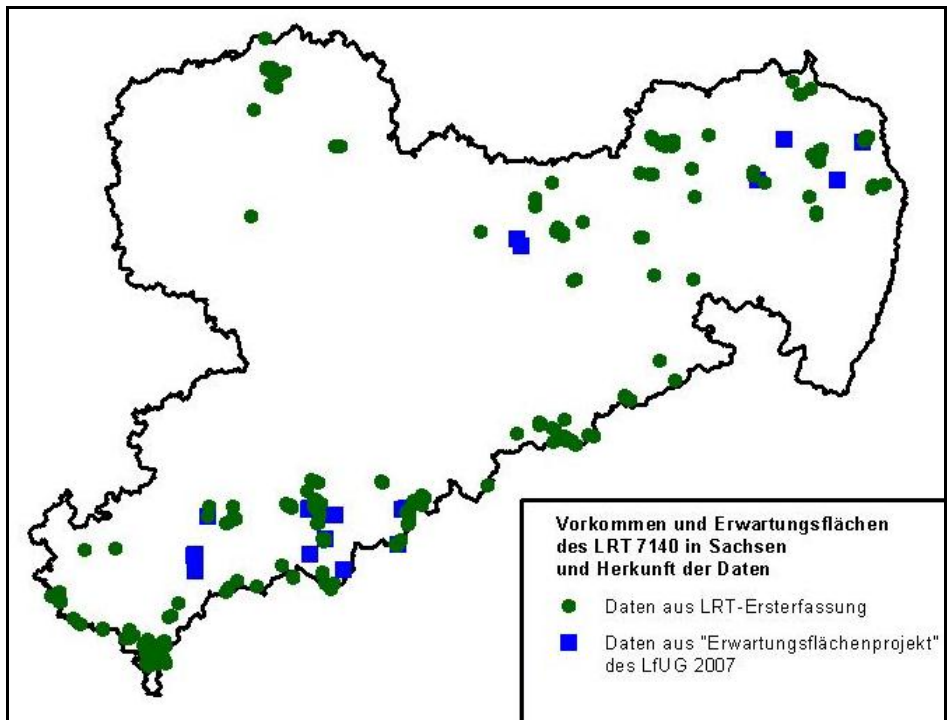


Abbildung 44: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Übergangs- und Schwingrasenmoore (7140) in Sachsen

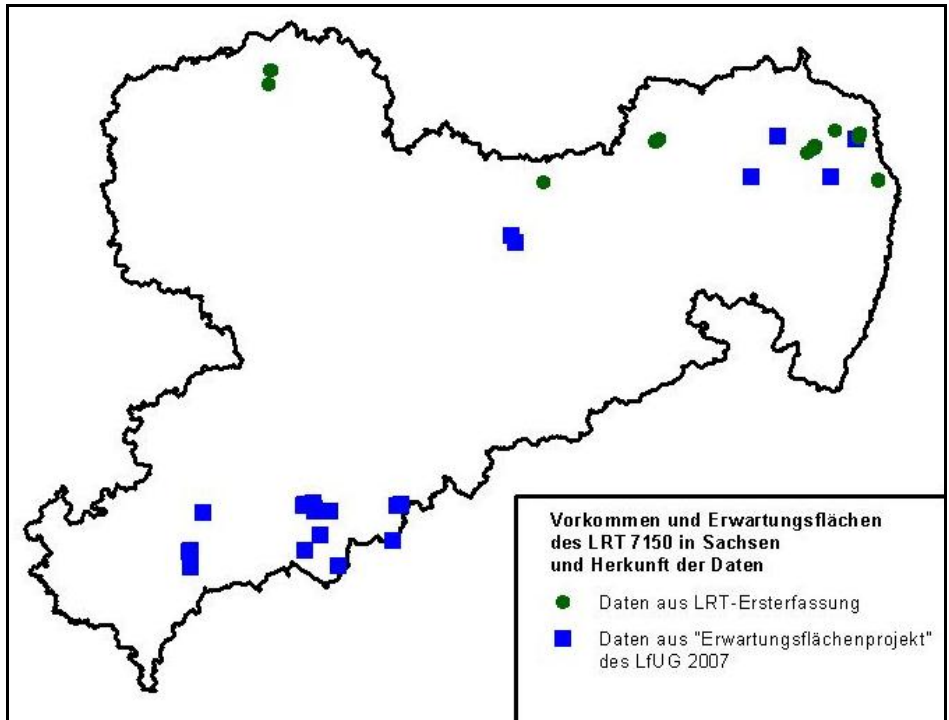


Abbildung 45: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Torfmoor-Schlenken (7150) in Sachsen

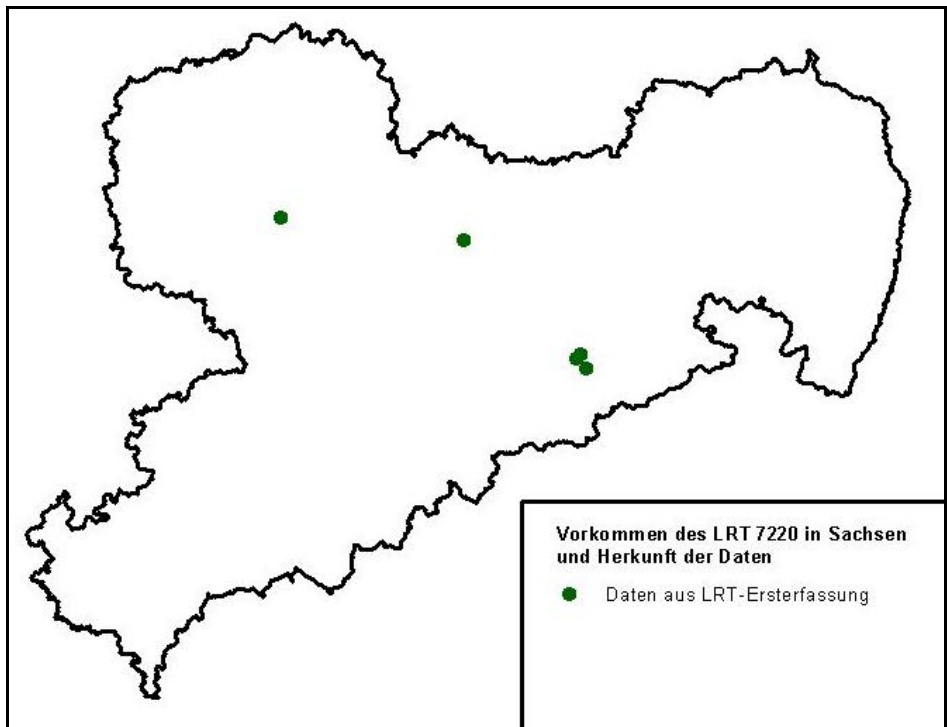


Abbildung 46: Vorkommen des FFH-LRT Kalktuff-Quellen (7220) in Sachsen

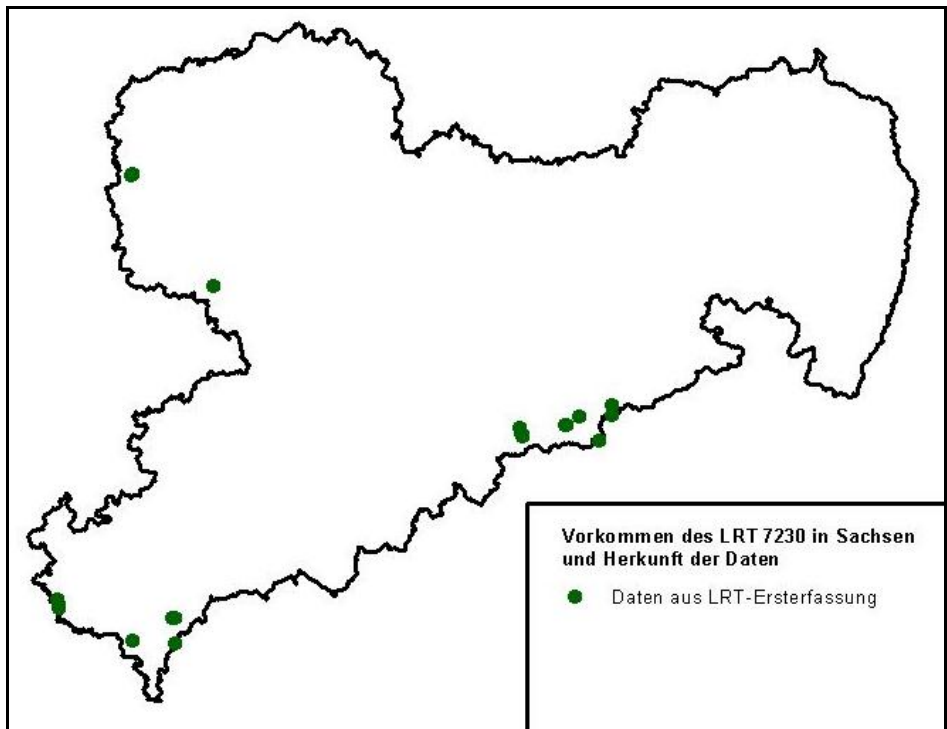


Abbildung 47: Vorkommen und Erwartungsflächen des FFH-LRT Kalkreiche Niedermoore (7230) in Sachsen

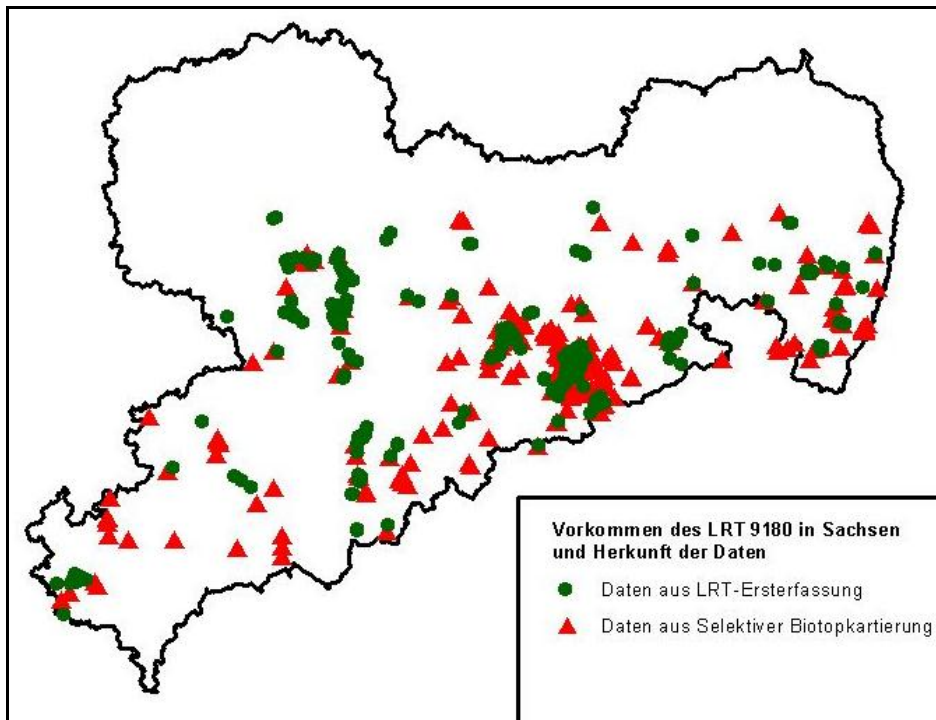


Abbildung 48: Vorkommen des FFH-LRT Schlucht- und Hangmischwälder (9180) in Sachsen

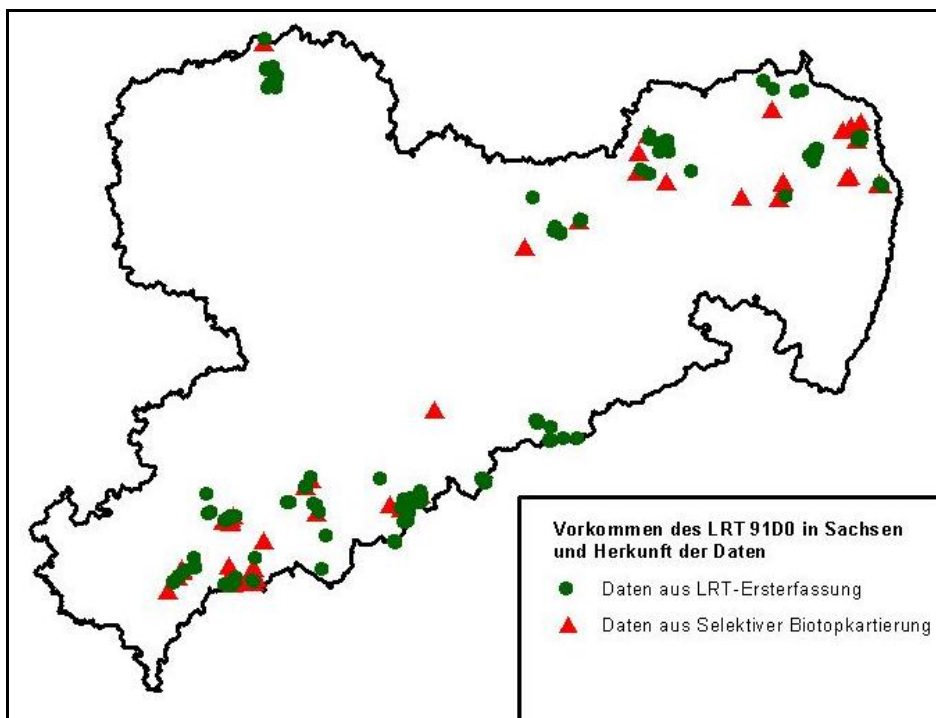


Abbildung 49: Vorkommen des FFH-LRT Moorwälder
(91D0: dazu gehören Moorbirken-, Waldkiefern-, Bergkiefern- und Fichten-Moorwälder) in Sachsen

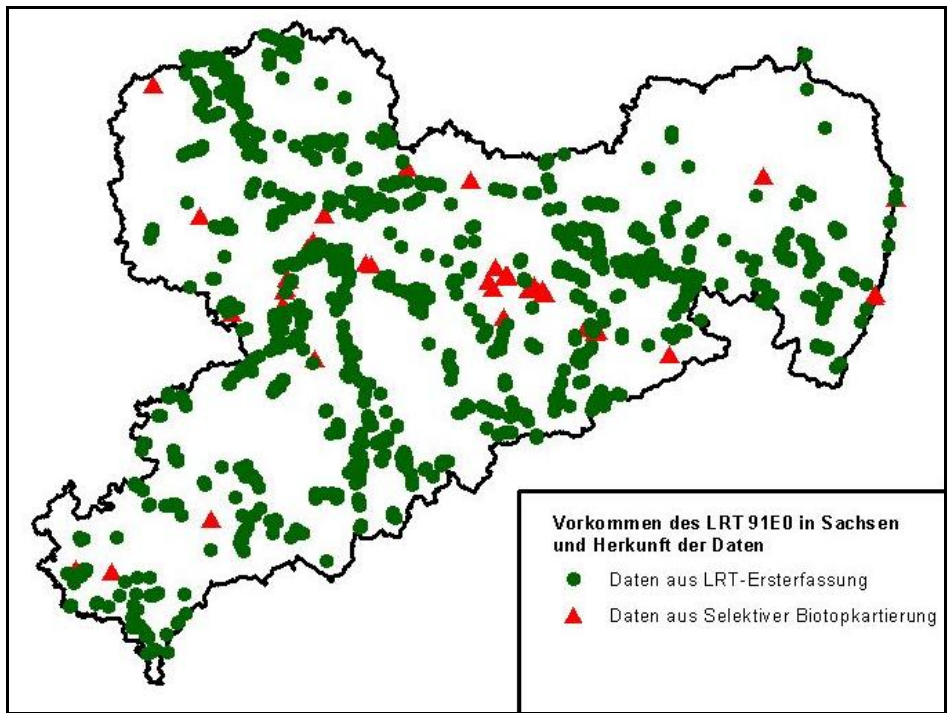


Abbildung 50: Vorkommen des FFH-LRT Erlen-, Eschen- und Weichholzauewälder (91E0) in Sachsen

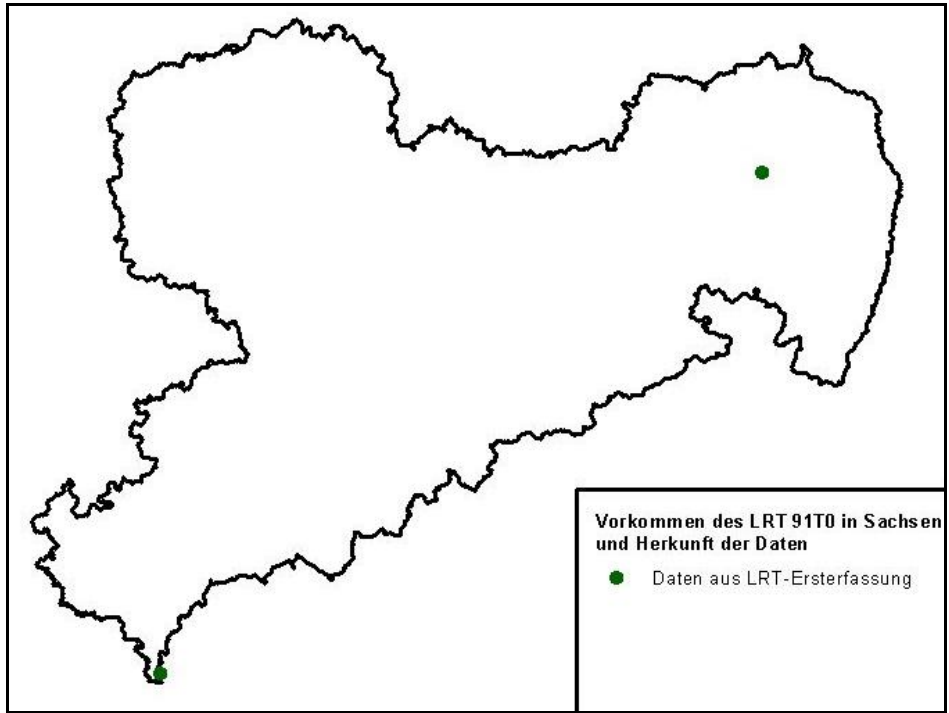


Abbildung 51: Vorkommen des FFH-LRT Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder (91T0) in Sachsen

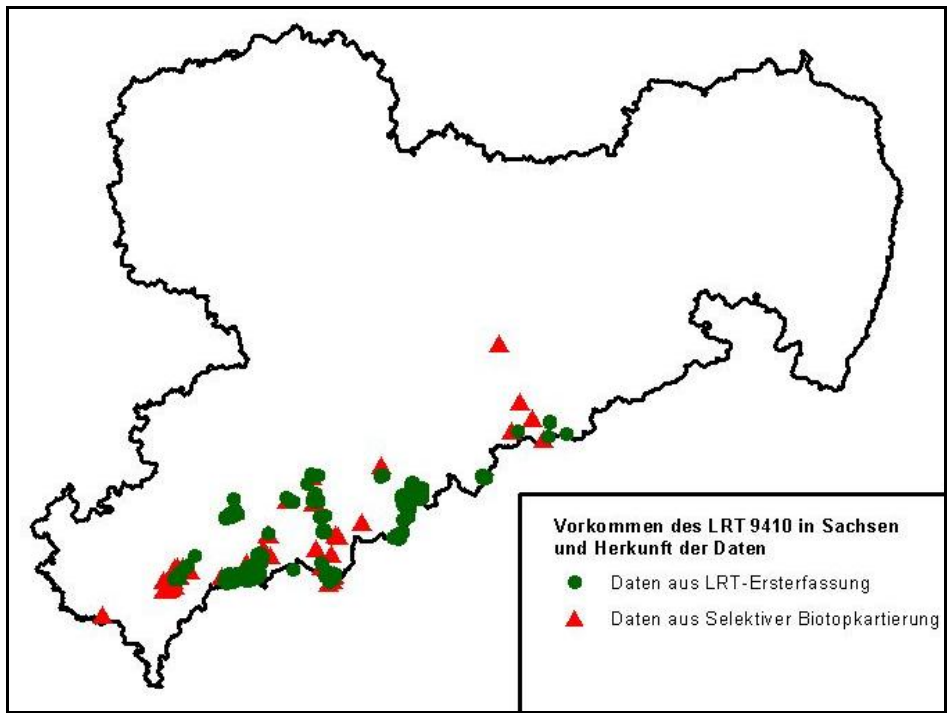


Abbildung 52: Vorkommen des FFH-LRT Montane Fichtenwälder (9410) in Sachsen

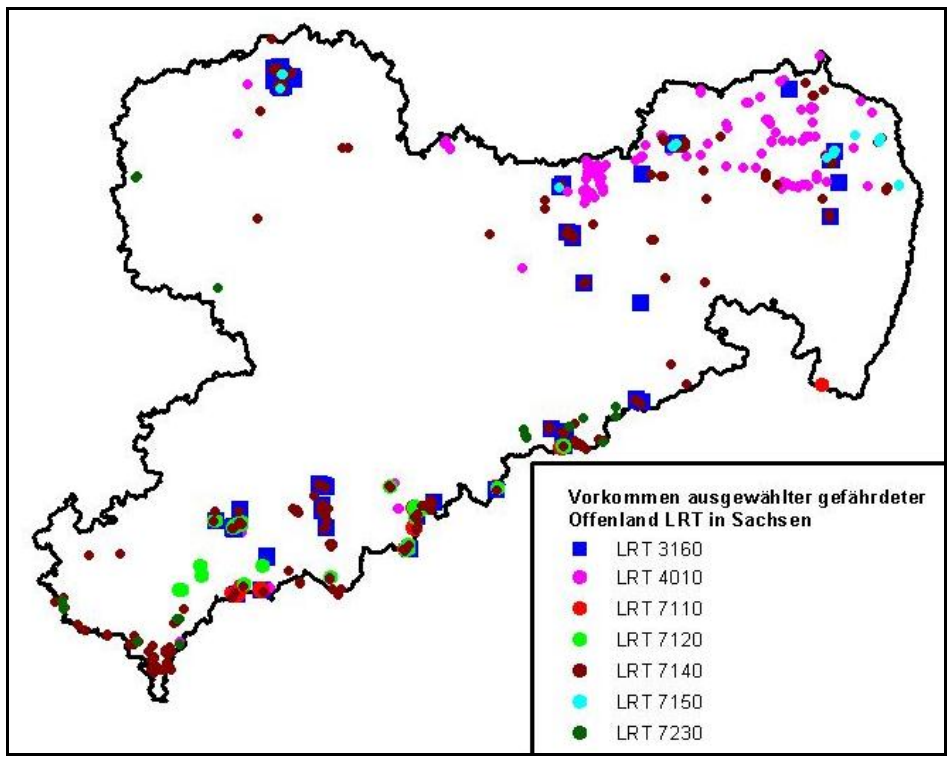


Abbildung 53: Vorkommen ausgewählter gefährdeter Offenland-FFH-LRT in Sachsen

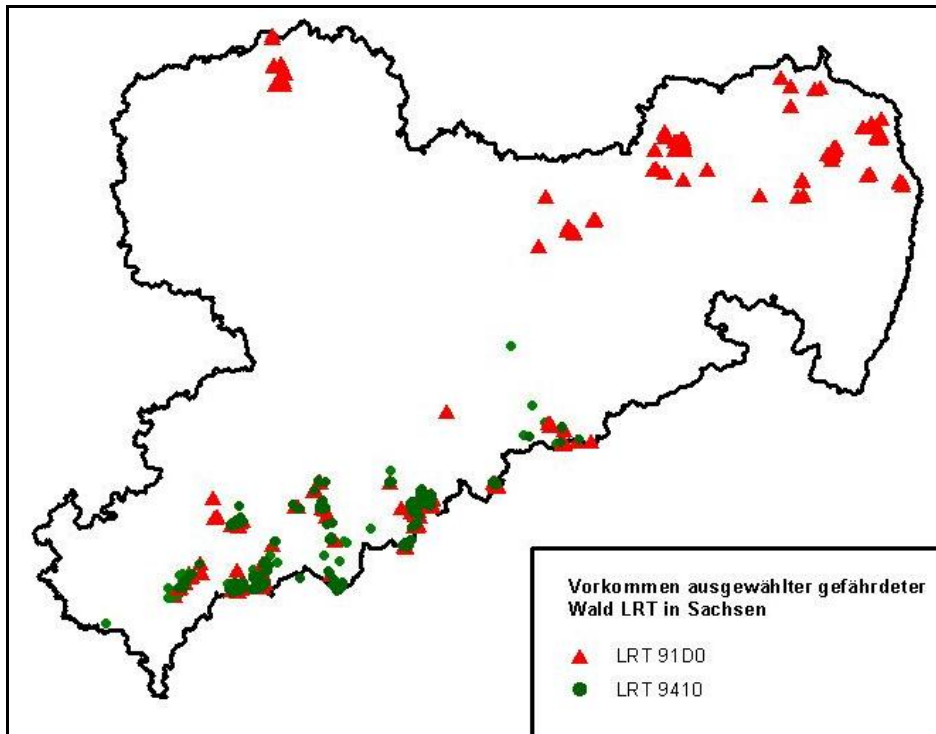


Abbildung 54: Vorkommen ausgewählter gefährdeter Wald-FFH-LRT in Sachsen

13.2 Artenlisten ausgewählter klimasensitiver Arten und Lebensraumtypen mit Klimasensitivitätsbewertung

Tabelle 36: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Vogelarten mit Bewertungen der Klimasensitivität (siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.1), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Artnamen (lat.)	Artnamen (dt.)	RL Sachsen Kategorie ¹	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	GREGORY et al. (2009)	VRL	Bemerkung
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Schilfrohrsänger	2	leicht negativ	niedrig	negativ		übereinstimmende Bewertungen
<i>Alcedo atthis</i>	Eisvogel	3	leicht positiv	niedrig		VRL Anh. I	Art profitiert von milderen Wintern und damit frostfreien Gewässern
<i>Cuculus canorus</i>	Kuckuck	V	indifferent		negativ		einfach zu beobachtender Vogel, im Rückgang befindlich auch aufgrund des Klimawandels
<i>Cygnus cygnus</i>	Singschwan	R	leicht negativ	mittel		VRL Anh. I	Obwohl der Bestand in Sachsen gering ist, ist die Art als von milderen Wintern profitierender Wintergast geeignet
<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolan	2	leicht positiv	mittel	positiv	VRL Anh. I	übereinstimmende Bewertungen
<i>Gallinago gallinago</i>	Bekassine	2	leicht negativ	mittel	negativ		Die Bindung an klimasensitive Biotope macht die Art geeignet
<i>Jynx torquilla</i>	Wendehals	2	leicht positiv	niedrig	negativ		Thermophile Art mit Bindung an Insektenarten, die von milderen Wintern und wärmeren Sommern profitieren
<i>Merops apiaster</i>	Bienenfresser	R	leicht positiv	mittel	positiv		Obwohl der Bestand in Sachsen gering ist, ist diese thermophile Art (mit starken klimabedingten Ausbreitungstendenzen auch in anderen Regionen) geeignet
<i>Saxicola torquata</i>	Schwarzkehlchen	R			positiv		Die Bindung an klimasensitive Biotope macht die Art geeignet
<i>Tringa ochropus</i>	Waldwasserläufer	R		mittel			Die Bindung an klimasensitive Biotope macht die Art geeignet
<i>Upupa epops</i>	Wiedehopf	1	leicht positiv	mittel	positiv		Thermophile Art mit starker ökologischer Bindung an Klimaschwankungen

¹ nach RAU et al. (1999)

Tabelle 37: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Säugetierarten mit Bewertungen der Klimasensitivität

(siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.2), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sachsen Kategorie ¹	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	klimasensitiv nach ETC/BD (2008)	Bemerkungen
<i>Crocidura leucodon</i>	Feldspitzmaus						klimasensitiv (Lit.) & Arealrand; Besiedlung höherer Regionen bei milderem Klima möglich
<i>Crocidura russula</i>	Hausspitzmaus						klimasensitiv (Lit.) & Arealrand; Besiedlung höherer Regionen bei milderem Klima möglich
<i>Crocidura suaveolens</i>	Gartenspitzmaus						klimasensitiv (Lit.) & Arealrand
<i>Glis glis</i>	Siebenschläfer		3	indifferent			
<i>Muscardinus avelanarius</i>	Haselmaus	FFH IV	3	indifferent	mittel	ja	
<i>Neomys anomalus</i>	Sumpfspitzmaus		3	stark negativ	mittel		
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus	FFH IV	2			ja	Bisher nur in Gebirgslagen
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügel-fledermaus	FFH IV	3	leicht positiv	mittel	ja	Nicht in Gebirgslagen vorkommend
<i>Myotis daubentonii</i>	Wasserfledermaus	FFH IV		indifferent	niedrig	ja	vergleichsweise niedrige Gefährdungsd disposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Myotis myotis</i>	Großes Mausohr	FFH II/IV	2	indifferent	niedrig	ja	Gute Datenlage & gute Reproduktion in kontinentalen Sommern; vergleichsweise niedrige Gefährdungsd disposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Nyctalus noctula</i>	Großer Abendsegler	FFH IV	3	indifferent	niedrig		Veränderungen der Phänologie spannend; vergleichsweise niedrige Gefährdungsd disposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	FFH IV	R		niedrig		zwar in Sachsen sehr selten; aber Arealausweitung und SN an Grenze des Reproduktionsgebietes; hier wäre auch Phänologie von Interesse (Daten aus Kastengebieten in Brandenburg), positive Zusammenhänge zu kontinentalen Verhältnissen; möglicherweise Zusammenhänge zu Mücken-Entwicklung (Austrocknen temporärer Kleingewässer); vergleichsweise niedrige Gefährdungsd disposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Plecotus austriacus</i>	Graues Langohr	FFH IV	2	zu wenig Daten	mittel	ja	sollte positiv auf kontinentale Verhältnisse reagieren
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Kleine Hufeisennase	FFH II/IV	1	leicht positiv	mittel	ja	gute Datenlage
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarb-	FFH	R	stark negativ	niedrig		Vorkommen am westlichen Rand

	fledermaus	IV					des Reproduktionsgebietes, scheinbar Zunahme; vergleichsweise niedrige Gefährdungsdiskposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
--	------------	----	--	--	--	--	--

¹ nach RAU et al. (1999)

Tabelle 38: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Amphibien- und Reptilienarten mit Bewertungen der Klimasensitivität

(siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.3), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sachsen Kategorie ¹	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	Klimasensitiv nach ETC/BD (2008)	Bemerkungen
<i>Anguis fragilis</i>	Blindschleiche			leicht positiv		ja	
<i>Bombina bombina</i>	Rotbauchunke	FFH II/IV	2		mittel	ja	Spätlaicher, profitiert von wärmeren Wassertemperaturen
<i>Bufo bufo</i>	Erdkröte			indifferent			Frühlaicher, Literaturhinweise
<i>Bufo calamita</i>	Kreuzkröte	FFH IV	2	indifferent	mittel	ja	
<i>Bufo viridis</i>	Wechselkröte	FFH IV	2	indifferent	mittel	ja	
<i>Coronella austriaca</i>	Glattnatter	FFH IV	2	stark positiv	mittel	ja	
<i>Hyla arborea</i>	Laubfrosch	FFH IV	3	leicht negativ	niedrig	ja	Spätlaicher, profitiert von wärmeren Wassertemperaturen
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	Bergmolch			indifferent			Frühlaicher, Literaturhinweise
<i>Lacerta agilis</i>	Zauneidechse	FFH IV	3	stark positiv	niedrig	ja	vergleichsweise niedrige Gefährdungsdiskposition gegenüber Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Natrix natrix</i>	Ringelnatter		3	leicht positiv			
<i>Pelobates fuscus</i>	Knoblauchkröte	FFH IV	3	leicht negativ	mittel	ja	In Ausbreitung
<i>Rana arvalis</i>	Moorfrosch	FFH IV	3	leicht negativ	mittel	ja	vergleichsweise hohe Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)
<i>Rana dalmatina</i>	Springfrosch	FFH IV	3	indifferent	mittel	ja	
<i>Rana kl. esculenta</i>	Teichfrosch	FFH V		indifferent	niedrig	ja	Spätlaicher, profitiert von wärmeren Wassertemperaturen
<i>Rana lessonae</i>	Kleiner Wasserfrosch	FFH IV	2	leicht negativ	mittel	ja	Spätlaicher, profitiert von wärmeren Wassertemperaturen
<i>Rana ridibunda</i>	Seefrosch	FFH V	3		niedrig	ja	Spätlaicher, profitiert von wärmeren Wassertemperaturen; abweichende Bewertung nach SCHLUMPRECHT et al. (2010): vergleichsweise hohe Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel
<i>Rana temporaria</i>	Grasfrosch	FFH V		indifferent	niedrig	ja	
<i>Triturus cristatus</i>	Kammolch	FFH II/IV	2	indifferent	niedrig	ja	
<i>Vipera berus</i>	Kreuzotter		2	leicht negativ			

¹ nach RAU et al. (1999)

Tabelle 39: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Fisch- und Rundmaularten mit Bewertungen der Klimasensitivität

(siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.4), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sachsen Kategorie ¹	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	klimasensitiv nach ETC/BD (2008)
<i>Alburnus alburnus</i>	Ukelei			stark positiv		
<i>Aspius aspius</i>	Rapfen	FFH II	3	leicht positiv	niedrig	
<i>Cottus gobio</i>	Groppe	FFH II	2	stark negativ	mittel	
<i>Lota lota</i>	Quappe		1	stark negativ		
<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	FFH V	2	stark negativ	mittel	ja
<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	FFH II	2	leicht negativ	mittel	ja

¹ nach FÜLLNER et al. (2005)

Tabelle 40: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Libellenarten mit Bewertungen der Klimasensitivität

(siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.5), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sachsen Kategorie ¹	SCHLUMPRECHT et al. (2005)	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	klimasensitiv nach ETC/BD (2008)
<i>Aeshna affinis</i>	Südliche Mosaikjungfer		D	Einwanderer, positiv	stark positiv		
<i>Aeshna subarctica</i>	Hochmoor-Mosaikjungfer		1	negativ			
<i>Brachytron pratense</i>	Kleine Mosaikjungfer			negativ	indifferent		
<i>Coenagrion lunulatum</i>	Mond-Azurjungfer			eher positiv			
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Helm-Azurjungfer	FFH II	R		indifferent	mittel	ja
<i>Coenagrion ornatum</i>	Vogel-Azurjungfer	FFH II	1	²	indifferent	mittel	ja
<i>Crocothemis erythraea</i>	Feuerlibelle			Einwanderer, positiv	stark positiv		
<i>Gomphus flavipes</i>	Asiatische Keiljungfer	FFH IV	G		leicht positiv	mittel	
<i>Lestes barbarus</i>	Südliche Binsenjungfer		V	positiv	stark positiv		
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Östliche Moosjungfer	FFH IV	2		zu wenig Daten	mittel	ja
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	Zierliche Moosjungfer	FFH IV	1		zu wenig Daten	mittel	ja
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	Große Moosjungfer	FFH II/IV	2		zu wenig Daten	mittel	ja
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Grüne Keiljungfer	FFH II/IV	3	²	leicht positiv	niedrig	ja
<i>Somatochlora alpestris</i>	Alpen-Smaragdlibelle		1	negativ		hoch	
<i>Sympetrum flaveolum</i>	Gefleckte Heidelibelle		3	negativ	indifferent		
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Frühe Heidelibelle				stark positiv		
<i>Sympetrum meridionale</i>	Südliche Heidelibelle				stark positiv		

¹ nach GÜNTHER et al. (2006)

² vergleichsweise hohe Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)

Tabelle 41: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Tagfalterarten mit Bewertungen der Klimasensitivität

Aufgelistet werden die Risikoeinstufung nach SETTELE et al. (2008), die zu erwartenden prozentualen Veränderungen des Klimaraums in Sachsen, basierend auf Daten aus SETTELE et al. (2008, siehe dazu Tabelle 7) sowie die Einstufungen nach RABITSCH et al. (2010) und BEHRENS et al. (2009) (siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.6). Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sachsen Kategorie ¹	SETTELE et al. (2008)	Veränderung (%) ²	Gefährdungsrisiko nach RABITSCH et al. (2010)	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)
<i>Aglais urticae</i>	Kleiner Fuchs		*	R	-76		zu wenig Daten
<i>Apatura ilia</i>	Kleiner Schillerfalter		3	HR	-25		leicht positiv
<i>Apatura iris</i>	Großer Schillerfalter		2	HHR	-77		leicht negativ
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Schornsteinfeger		*	HR	-85		indifferent
<i>Araschnia levana</i>	Landkärtchenfalter		*	HR	-60		indifferent
<i>Argynnis adippe</i>	Feuriger Perlmutterfalter		3	HR	-64		leicht negativ
<i>Argynnis aglaja</i>	Großer Perlmutterfalter		3	R	-77		indifferent
<i>Argynnis paphia</i>	Kaisermantel		*	R	-39		leicht positiv
<i>Boloria aquilonaris</i>	Hochmoor-Perlmutterfalter		1	R	-100		leicht negativ
<i>Brenthis ino</i>	Mädesüß-Perlmutterfalter		*	HR	-91		indifferent
<i>Carterocephalus palaemon</i>	Gelbwürfeligter Dickkopffalter		V	LR	-59		indifferent
<i>Coenonympha glycerion</i>	Rotbraunes Wiesenvögelchen		3	R	-38		indifferent
<i>Coenonympha tullia</i>	Großes Wiesenvögelchen		1	R	-100		leicht negativ
<i>Colias crocea</i>	Wander-Gelbling		*	LR	+24		leicht positiv
<i>Colias palaeno</i>	Hochmoor-Gelbling		1	R	-100		indifferent
<i>Cupido minimus</i>	Zwerg-Bläuling		G	R	-73		indifferent
<i>Erebia ligea</i>	Weißbindiger Mohrenfalter		3	R	-86		indifferent
<i>Erebia medusa</i>	Rundaugen-Mohrenfalter		2	HR	-31		indifferent
<i>Euphydryas maturna</i>	Eschen-Schreckenfalter	FFH II/IV	1	LR	+38	mittel	indifferent
<i>Hesperia comma</i>	Komma-Dickkopffalter		2	HR	-74		leicht positiv
<i>Hipparchia semele</i>	Ockerbindiger Samtfalter		2	HR	-75		indifferent
<i>Hipparchia statilinus</i>	Eisenfarbener Samtfalter		1	HR	+43	hoch	indifferent
<i>Iphiclides podalirius</i>	Segelfalter		2	LR	+52		leicht positiv
<i>Issoria lathonia</i>	Kleiner Perlmutterfalter		*	HR	-23		leicht positiv
<i>Limenitis camilla</i>	Kleiner Eisvogel		1	HR	-74		indifferent
<i>Limenitis populi</i>	Großer Eisvogel		2	HR	-83		stark negativ
<i>Lycaena alciphron</i>	Violetter Feuerfalter		2	HR	-31		indifferent
<i>Lycaena dispar</i>	Großer Feuerfalter	FFH II/IV	*	R	+82	niedrig	stark positiv
<i>Lycaena hippothoe</i>	Lilagold-Feuerfalter		2	R	-94		leicht negativ
<i>Lycaena tityrus</i>	Brauner Feuerfalter		V	HR	-35		leicht positiv
<i>Lycaena virgaureae</i>	Dukaten-Feuerfalter		3	HR	-77		leicht negativ
<i>Maculinea nausithous</i>	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV	*	HHHR	-87	mittel	indifferent
<i>Maculinea teleius</i>	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	FFH II/IV	1	HHR	-53	mittel ³	
<i>Maniola lycaon</i>	Kleines Ochsenauge		2	HR	-49		indifferent
<i>Melanargia galathea</i>	Schachbrettfalter		*	R	+20		leicht positiv
<i>Melitaea athalia</i>	Wachtelweizen-		2	R	-41		leicht negativ

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sach-sen Kate-gorie ¹	SETTELE et al. (2008)	Verände-rung (%) ²	Gefährdungs- risiko nach RABITSCH et al. (2010)	Klimawandeleinfluss nach BEHRENS et al. (2009)
	Schneckenfalter						
<i>Nymphalis antiopa</i>	Trauermantel		*	LR	-62		leicht negativ
<i>Nymphalis io</i>	Tagpfauenauge		*	R	-31		indifferent
<i>Plebeius optilete</i>	Hochmoor-Bläuling		1	R	-100		indifferent
<i>Polyommatus amandus</i>	Vogelwicken-Bläuling		*	HHR	-86		indifferent
<i>Polyommatus coridon</i>	Silbergüner Bläuling		2	HR	-29		zu wenig Daten
<i>Polyommatus semiargus</i>	Rotklee-Bläuling		2	LR	-42		zu wenig Daten
<i>Satyrrium pruni</i>	Pflaumen-Zipfelfalter		2	R	-66		leicht positiv
<i>Satyrrium w-album</i>	Ulmen-Zipfelfalter		3	HR	-77		indifferent
<i>Scolitantides orion</i>	Fethennen-Bläuling		1	HHR	+70	mittel	indifferent
<i>Scolitantides schiffermuel- leri</i>	Östlicher Quendel-Bläuling		1	R	+100		
<i>Thecla betulae</i>	Nierenfleck-Zipfelfalter		*	HR	-68		indifferent

¹ * = ungefährdet, nach REINHARDT (2007)

² zu erwartende prozentuale Veränderungen des Klimaraums in Sachsen; zur Methode der Berechnung vgl. Ausführungen in Kapitel 8.2.6

³ vergleichsweise hohe Gefährdungsdisposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)

Tabelle 42: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sächsischen Käferarten mit Bewertungen der Klimasensitivität (siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.7), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sach-sen Kate-gorie ¹	SCHLUM- PRECHT et al. (2005)	Klimawandel- einfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungs- risiko nach RABITSCH et al. (2010)	klima- sensitiv nach ETC/ BD (2008)
<i>Agonum ericeti</i>	Hochmoor-Glanzflächläufer		1	negativ	stark negativ		
<i>Amara famelica</i>	Nordöstlicher Kamelläufer		3	positiv	stark negativ		
<i>Amara infima</i>	Heide-Kanalläufer		G		stark negativ		
<i>Badister meridionalis</i>	Bogenfleck-Wanderläufer		G	negativ	leicht negativ		
<i>Bembidion humerale</i>	Hochmoor- Ahlenläufer		2		stark negativ		
<i>Bembidion nigricorne</i>	Nördlicher Ahlenläufer		2		stark negativ		
<i>Bembidion octomaculatum</i>	Achtfleck- Ahlenläufer		2	negativ	leicht negativ		
<i>Brachinus crepitans</i>	Großer Bombardierkäfer		R	positiv	leicht positiv		
<i>Brachinus explosens</i>	Kleiner Bombardierkäfer		D	positiv	leicht positiv		
<i>Bradycellus caucasicus</i>	Heller Rundbauchläufer		V		stark negativ		
<i>Bradycellus ruficollis</i>	Rothals-Rundbauchläufer		3	negativ	stark negativ		
<i>Carabus menetriesi pacholei</i>	Hochmoor-Laufkäfer	FFH II	1	²		hoch	
<i>Carabus nitens</i>	Heide-Laufkäfer		1	negativ	stark negativ		
<i>Cerambyx cerdo</i>	Heldbock	FFH II/IV	1			mittel	ja
<i>Dytiscus latissimus</i> ²²	Breitrand		1			mittel	
<i>Graphoderus bilineatus</i>	Schmalbindiger Breitflügel- Tauchkäfer	FFH II/IV	2			mittel	
<i>Lucanus cervus</i>	Hirschkäfer	FFH II	2	³		mittel	
<i>Osmoderma eremita</i>	Eremit	FFH II/IV	2			mittel	
<i>Pterostichus ovoideus</i>	Flachhäugiger Grabläufer		3	negativ	leicht negativ		

²² Die Nachweise nach 1990 waren Zufallsfunde in einem Gewässer, das als Reproduktionsgewässer nicht in Frage kommt. Recherchen im Zuge der FFH-Berichtspflichten brachten im Umfeld des genannten Fundes keine weiteren Nachweise, sodass der Breitrand im Zuge des FFH-Monitorings nicht bearbeitet wird (mdl. Mitt. MALT, LfULG).

¹ nach GEBERT (2009), KLAUSNITZER (1994, 1995)² vergleichsweise hohe Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)³ vergleichsweise niedrige Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)**Tabelle 43: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven sonstigen Wirbellosen mit Bewertungen der Klimasensitivität**

(siehe auch Kapitel 8.2.8), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	FFH	RL Sach- sen Kate- gorie ¹	SCHLUM- PRECHT et al. (2005)	Klimawandel- einfluss nach BEHRENS et al. (2009)	Gefährdungs- risiko nach RABITSCH et al. (2010)	klimasen- sitiv nach ETC/ BD (2008)
<i>Anisus spirorbis</i>	Gelippte Tellerschnecke		1	negativ	leicht negativ		
<i>Arctosa cinerea</i>	Sand-Wolfsspinne		1			mittel	
<i>Astacus astacus</i>	Edelkrebs	FFH V				mittel	ja
<i>Austropotamobius torrenti- um</i>	Steinkrebs	FFH II/V		²		mittel	
<i>Chorthippus mollis</i>	Verkannter Grashüpfer			positiv	leicht positiv		
<i>Chorthippus vagans</i>	Steppengrashüpfer			positiv	leicht positiv		
<i>Gyraulus laevis</i>	Glattes Posthörnchen		1	negativ	leicht negativ		
<i>Gyraulus rossmaessleri</i>	Rossmässlers Posthörnchen		1			mittel	
<i>Helix pomatia</i>	Weinbergschnecke	FFH V		³	indifferent	mittel	ja
<i>Isophya kraussii</i>	Plumpschrecke		2	negativ			
<i>Lasius jensi</i>				positiv	leicht positiv		
<i>Margaritifera margaritifera</i>	Flussperlmuschel	FFH II/V	1	negativ ²		mittel	ja
<i>Metrioptera bicolor</i>	Zweifarbige Beißschrecke		3	positiv	leicht positiv		
<i>Omphiscola glabra</i>	Längliche Sumpfschnecke		R		stark negativ		
<i>Phaneroptera falcata</i>	Gemeine Sichelschrecke			positiv	stark positiv		
<i>Sphaerium rivicola</i>	Flusskugelmuschel		1	negativ	-		
<i>Tetrix ceperoi</i>	Westliche Dornschrecke		G	positiv	leicht positiv		
<i>Tettigonia cantans</i>	Zwitscherschrecke			negativ	leicht negativ		
<i>Unio pictorum</i>	Malermuschel		2		leicht negativ	mittel	
<i>Unio tumidus</i>	Große Flussmuschel		1		leicht negativ	mittel	
<i>Vertigo angustior</i>	Schmale Windelschnecke	FFH II	1	negativ	leicht negativ	mittel	ja
<i>Vertigo moulinsiana</i>	Bauchige Windelschnecke	FFH II	1		leicht negativ	mittel	
<i>Viviparus viviparus</i>	Stumpfe Flussdeckelschne- cke		1	negativ	leicht negativ		

¹ nach KLAUS & MATZKE (2010), SCHNIEBS et al. (2006), TOLKE (1996); ² vergleichsweise hohe Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010); ³ vergleichsweise niedrige Gefährdungsdiskposition durch Klimawandel nach SCHLUMPRECHT et al. (2010)

Tabelle 44: Artenliste der ausgewählten klimasensitiven Gefäßpflanzen mit Bewertungen der Klimasensitivität

(siehe zu Auswahlritten Kapitel 8.2.9), Arten, von denen angenommen wird, dass sie vom Klimawandel profitieren, sind grün hinterlegt.

Art (lat.)	Art (dt.)	Vorkommen in Sachsen Anzahl von MTB- Quadranten ¹	RL Sachsen Kategorie ²	FFH II/IV/V	Ellenberg Zeigerwerte		Reliktart	Klimasen- sitiv nach ETC/ BD (2008)	Klimawandel- einfluss nach BEHRENS et al. (2009)	UFZ Kommentare
					T	F				
<i>Aconitum variegatum</i>	Bunter Eisenhut	67	V		4	7				Rückgang, Sommerwärme, Trockenheit
<i>Agrimonia procera</i>	Großer Odermennig	30	2		6	5				Zunahme, Erwärmung
<i>Ailanthus altissima</i>	Götterbaum	40			8	5			stark positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Beifußblättriges Traubenkraut	73			7	4			stark positiv	Zunahme, Sommerwärme
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Echte Bärentraube	7	1		*	3			leicht positiv	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Arnica montana</i>	Arnika	155	2	FFH V	4	5		ja	stark negativ	Rückgang, Sommerwärme, Sommertrockenheit
<i>Artemisia annua</i>	Einjähriger Beifuß	11			7	4			stark positiv	Zunahme, Sommerwärme
<i>Asplenium adnigrum</i>	Braungrüner Streifenfarne	4		FFH II/IV						Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Atriplex sagittata</i>	Glanz-Melde	454								Zunahme, Sommerwärme
<i>Bromus inermis</i>	Unbegrannte Trespe	548			*	4				Zunahme, Sommerwärme, Sommertrockenheit
<i>Bunias orientalis</i>	Orientalische Zackenschote	94			6	5				Zunahme, Sommerwärme
<i>Cicerbita alpina</i>	Alpen-Milchlattich	49	3		3	6			leicht negativ	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Coleanthus subtilis</i>	Scheidenblütgras	18		FFH II/IV						Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Cornus mas</i>	Kornelkirsche	50			7	4			leicht positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Alpen-Flachbärlapp	2 ¹³		FFH V	3				Kaltzeit- relikt	Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Diphasiastrum complanatum</i>	Gewöhnlicher Flachbärlapp	32		FFH V						Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Diphasiastrum issleri</i>	Isslers Flachbärlapp	10		FFH V						Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Diphasiastrum tristachyum</i>	Zypressen Flachbärlapp	12		FFH V						Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Diphasiastrum zeilleri</i>	Zeillers Flachbärlapp	12		FFH V						Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Diploxys tenuifolia</i>	Schmalblättriger Doppelsame	200			7	3			stark positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Echinocystis lobata</i>	Stachelgurke	15			8	9				Zunahme, Sommerwärme
<i>Gentiana asclepiadea</i>	Schwalbenwurz-Enzian	5			*	6				Zunahme, Sommerwärme
<i>Hesperis matronalis</i>	Gewöhnliche Nachtsviole	328			5	7				Zunahme, Erwärmung
<i>Homogyne alpina</i>	Grüner Alpenlattich	18	2		4	6				Rückgang, Erwärmung

Art (lat.)	Art (dt.)	Vorkommen in Sachsen Anzahl von MTB- Quadranten ¹	RL Sachsen Kategorie ²	FFH II/IV/V	Ellenberg Zeigerwerte		Reliktiert	Klimasen- sitiv nach ETC/ BD (2008)	Klimawandel- einfluss nach BEHRENS et al. (2009)	UFZ Kommentare
					T	F				
<i>Huperzia selago</i>	Tannen-Bärlapp	44	2	FFH V	3	6			leicht negativ	Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Ilex aquifolium</i>	Stechpalme	7			5	5			leicht positiv	Zunahme, mildere Winter
<i>Juglans regia</i>	Echte Walnuss	21			8	6				Zunahme, mildere Winter
<i>Lactuca virosa</i>	Gift-Lattich	4			8	4			stark positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Ligustrum vulgare</i>	Liguster	401			6	4				Zunahme im Gebirge, Erwärmung
<i>Lindernia procumbens</i>	Liegendes Büchsenkraut	8		FFH IV				ja		
<i>Linnaea borealis</i>	Moosglöckchen	1	2		*	5				Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Lonicera nigra</i>	Schwarze Heckenkirsche	132	V		4	5				Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Lonicera periclymenum</i>	Deutsches Geißblatt	181			5	*				Zunahme im Gebirge, Erwärmung
<i>Luronium natans</i>	Froschkraut	13		FFH II/IV	6	11				Zunahme Sommerwärme; stark abhängig von Feuchtehaushalt-/Habitat-bewirtschaftung
<i>Luzula sudetica</i>	Sudeten-Hainsimse	10	2		3	5				Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Lycopodiella inundata</i>	Sumpfbärlapp	35	1	FFH V	4	9		ja	stark negativ	sehr starker Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Lycopodium annotinum</i>	Sprossender Bärlapp	56	2	FFH V	4	6		ja	leicht negativ	starker Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Lycopodium clavatum</i>	Keulen-Bärlapp	236	3	FFH V	4	4		ja	leicht negativ	mäßiger Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Moneses uniflora</i>	Moosauge	54	3		*	5				Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Onopordum acanthium</i>	Gewöhnliche Eselsdistel	367			7	4			stark positiv	Zunahme im Bergland, Erwärmung
<i>Petasites albus</i>	Weißer Pestwurz	212			4	6			leicht negativ	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Phyteuma nigrum</i>	Schwarze Teufelskralle	143	V		4	5			leicht negativ	Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Gemeines Fettkraut	47							stark negativ	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Poa chaixii</i>	Wald-Rispengras	140	V		5	5				Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Polygala chamaebuxus</i>	Zwergbuchs	10	1		4	3				Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Prenanthes purpurea</i>	Purpur-Hasenlattich	229			4	5				Rückgang am Nordarealrand erkennbar
<i>Prunus mahaleb</i>	Steinweichsel	130			7	3			leicht positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Pseudofumaria lutea</i>	Gelber Lerchensporn	133			7	6				Zunahme, mildere Winter
<i>Rubus saxatilis</i>	Steinbeere	36								Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Rumex arifolius</i>	Gebirgs-Sauerampfer	9	R		3	6				Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Salvinia natans</i>	Gemeiner Schwimmpflanz	3					Warmzeit- relikt			Zunahme, Sommerwärme

Art (lat.)	Art (dt.)	Vorkommen in Sachsen Anzahl von MTB- Quadranten ¹	RL Sachsen Kategorie ²	FFH II/IV/V	Ellenberg Zeigerwerte		Reliktart	Klimasen- sitiv nach ETC/ BD (2008)	Klimawandel- einfluss nach BEHRENS et al. (2009)	UFZ Kommentare
					T	F				
<i>Senecio hercynicus</i>	Harz-Greiskraut	25	3		4	6			leicht negativ	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Senecio inaequidens</i>	Schmalblättriges Greiskraut	54			7	3			stark positiv	Zunahme, Erwärmung
<i>Senecio vernalis</i>	Frühlings-Greiskraut	429			6	4				Zunahme, Erwärmung
<i>Streptopus amplexifolius</i>	Stängelumfassender Knoten- fuß	5	2		3	5	Kaltzeitre- likt			Rückgang, Erwärmung, Sommertrockenheit
<i>Teucrium scorodonia</i>	Salbei-Gamander	174	V		5	4				Zunahme, Erwärmung
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Gebirgs-Hellerkraut	315			*	*				Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Trichomanes speciosum</i>	Prächtiger Dünnfarn	12		FFH II/IV				ja	leicht positiv	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit, Klimarelikt, nur noch als Gametophyt
<i>Trientalis europaea</i>	Europäischer Siebenstern	262	V		5	*				Rückgang, Erwärmung, Trockenheit
<i>Ulex europaeus</i>	Stechginster	17			6	5				Zunahme, mildere Winter
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Rauschbeere	79	3		*	*				Rückgang, Sommertrockenheit
<i>Valeriana sambucifolia</i>	Holunderblättriger Baldrian	379			6	8				Rückgang, Trockenheit, westliche Arealgrenze
<i>Viola biflora</i>	Zweiblütiges Veilchen	6	1		3	6	Kalt- zeitrelikt		leicht negativ	Rückgang, Erwärmung, Trockenheit

¹ Berücksichtigt wurden alle Nachweise ab 1990. Insgesamt gibt es 665 Messtischblattquadranten (MTB-Q) in Sachsen. Nach Angaben der Zentralen Artdatenbank vom 27.02.2013.

Die Angaben stellen nur Orientierungswerte dar. Aufgrund von diversen Unsicherheiten bei der Datenqualität und Datenbankabfrage dürfen die Zahlenangaben, auch wenn sie eine hohe Genauigkeit vortäuschen, nicht für wissenschaftliche Zwecke weiterverwendet werden!

² nach SCHULZ (1999)

Tabelle 45: Stichprobenhäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven FFH-Lebensraumtypen laut sächsischem FFH-Monitoringkonzept

(LfULG Abteilung 6 2010; siehe auch Kapitel 9.2.1)

FFH-LRT Code	Bezeichnung des FFH-LRT	Reaktion auf Klimawandel	Monitoring (Stichprobe/ Totalzensus)	Anzahl Flächen Gesamtkonzept (Schätzung 10/2009)
3130	Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer	negativ	Stichprobe	63
3140	Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer	negativ	Totalzensus Land	6
3160	Dystrophe Stillgewässer	negativ	Stichprobe	63
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	negativ	Stichprobe	63
4010	Feuchte Heiden	negativ	Totalzensus Land	38
6210	Kalk-Trockenrasen (* orchideenreiche Bestände)	negativ	Stichprobe	63
6230	Artenreiche Borstgrasrasen*	negativ	Stichprobe	63
6240	Steppen-Trockenrasen*	negativ	Totalzensus Land	3
6410	Pfeifengraswiesen	negativ	Stichprobe	63
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	negativ	Stichprobe	63
6440	Brenndolden-Auenwiesen	negativ	Totalzensus Land	26
6520	Berg-Mähwiesen	negativ	Stichprobe	63
7110	Lebende Hochmoore*	negativ	Totalzensus	8
7120	Regenerierbare Hochmoore	negativ	Totalzensus	36
7140	Übergangs- und Schwingrasenmoore	negativ	Stichprobe	63
7150	Torfmoor-Schlenken	negativ	Totalzensus Land	30
7220	Kalktuff-Quellen*	negativ	Totalzensus Land	7
7230	Kalkreiche Niedermoore	negativ	Totalzensus Land	25
9180	Schlucht- und Hangmischwälder*	negativ	Stichprobe	63
91D0	Moorwälder*	negativ	Stichprobe	63
91E1	Erlen-, Eschen- und Weichholzaunenwälder*	negativ	Stichprobe	63
91F0	Hartholzaunenwälder	negativ	Stichprobe	63
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	negativ	Totalzensus Bund	1
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	negativ	Totalzensus Bund	5
9410	Montane Fichtenwälder	negativ	BWI (Stichpr. 11 Flächen)	63
2310	Binnendünen mit Sandheiden	positiv	Totalzensus Land	26
5130	Wacholder Heiden	positiv	Totalzensus Land	1
8150	Silikatschutthalden	positiv	Stichprobe	63
8220	Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation	positiv	Stichprobe	63
8230	Silikatfelsen mit Pioniervegetation	positiv	Stichprobe	63
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder	positiv	Stichprobe	63
91G0	Pannonische (subkontinentale) Eichen-Hainbuchenwälder*	positiv	Totalzensus Land	3

* prioritärer Lebensraumtyp nach FFH-Richtlinie

Tabelle 46: Biotoptypenschlüssel für die Aktualisierung der Biotopkartierung in Sachsen

Code	Biotoptyp	FFH-LRT
WM	Moorwald	91D0*
WMB	Moorbirken-Moorwald	91D1*
WMK	Waldkiefern-Moorwald	91D2*
WML	Bergkiefern-Moorwald	91D3*
WMF	Fichten-Moorwald	91D4*
WMS	Sonstiger Moorwald	91D0*
WW	Weichholz-Auwald (Weiden-Auwald)	91E0*
WH	Hartholz-Auwald (Eichen-Eschen-Ulmen-Auwald)	91F0
WAN	Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald der Niederungen	91E0*
WAB	Erlen- und Eschen-Bachwald des Berg- und Hügellandes	91E0*
WAQ	Erlen-Eschen-Quellwald	91E0*
WSE	Ahorn-Eschenwald felsiger Schatthänge und Schluchten	9180*
WSL	Ahorn-Linden-Schutthaldenwald	9180*
WKF	Flechten-Kiefernwald	91T0
WKK	Kontinentaler Kiefernwald	91U0
WFB	Naturnaher Fichtenwald des Berglandes	9410
WFS	Naturnaher Fichten-Blockschuttwald	9410
BFA	Weiden-Auengebüsch	91E0*
FQR	Kalkreiche Sickerquelle	7230
FQK	Kalktuffquelle	7220*
FBB	Naturnaher sommerkalter Bach (Berglandbach)	3260
FBN	Naturnaher sommerwarmer Bach (Tieflandbach)	3260
FBA	Begradigter/ausgebauter Bach mit naturnahen Elementen	3260
FFB	Naturnaher sommerkalter Fluss	3260
FFN	Naturnaher sommerwarmer Fluss	3260
FFA	Begradigter/ausgebauter Fluss mit naturnahen Elementen	3260
FG	(Naturnaher) Graben/Kanal	3260
SKT	Naturnahes temporäres Kleingewässer	3130
SKA	Naturnahes ausdauerndes nährstoffarmes Kleingewässer	3130, 3140
SM	Moorgewässer	3160
SMN	Moorgewässer natürlicher Entstehung	3160
SMM	Naturnahes anthropogenes Moorgewässer	3160
SSA	Naturnaher mesotropher Teich/Weiher	3130, 3140
SRA	Naturnahes nährstoffarmes Rest- und Abbaugewässer	3130, 3140
SYA	Sonstiges naturnahes nährstoffarmes Stillgewässer	3130
SOW	Tauch- und Schwimmblattvegetation mesotropher Stillgewässer	3130, 3140
SOS	Strandlingsfluren und Zwergbinsengesellschaften	3130
MH	Hoch- und Zwischenmoor	7110*
MHH	Hochmoor	7110*
MHN	Zwischenmoor des Tieflandes	7140, 7150
MHB	Zwischenmoor des Berglandes	7140, 7150
MTW	Moorstadium mit Dominanz von Wollgräsern	7120, 7140
MTZ	Moorstadium mit Dominanz von Zwergsträuchern	7120, 7140
MTP	Moorstadium mit Dominanz von Pfeifengras	7120, 7140
MKA	Kleinseggenried basenarmer Standorte	7140
MKR	Kleinseggenried basenreicher Standorte	7230
MGA	Großseggenried nährstoffarmer Standorte	7140
GP	Pfeifengraswiese	6410

Code	Biotyp	FFH-LRT
GPR	Pfeifengras-Wiese basenreicher Standorte	6410
GPA	Pfeifengras-Wiese basenarmer Standorte	6410
GFA	Wechselfeuchte Stromtalwiese	6440
GMM	Magere Frischwiese	6520
GMS	Submontane Goldhafer-Frischwiese	6520
GYM	Sonstige extensiv genutzte Frischwiese	6520
LFS	Hochstaudenflur sumpfiger Standorte	6430
LFU	Uferstaudenflur	6430
LFB	Hochmontan-subalpine Hochstaudenflur	6430
LMR	Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte	6430
HZF	Feuchtheide	4010
RB	Borstgrasrasen	6230*
RBM	Borstgrasrasen frischer bis trockener Standorte	6230*
RBF	Borstgrasrasen feuchter Standorte	6230*
RHS	Subkontinentaler Halbtrockenrasen	6210, 6240*
RHK	Kontinentaler Steppen-Trockenrasen	6240*
RHM	Submediterraner Halbtrockenrasen	6210(*)
RHC	Halbtrockenrasen bodensaurer Standorte	6210(*)

* prioritärer Lebensraumtyp nach FFH-Richtlinie, (*) orchideenreiche Bestände

Tabelle 47: Nachweishäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven Tierarten

außer Tagfalter und Fische, basierend auf Gruppierung der Ortsbeschreibungen der Zentralen Artdatenbank des LfULG MultiBaseCS (Stand 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Art (lat.)	Anzahl der Fundorte	Taxa
<i>Bombina bombina</i>	2317	Amphibien/Reptilien
<i>Bufo bufo</i>	9557	Amphibien/Reptilien
<i>Bufo calamita</i>	721	Amphibien/Reptilien
<i>Bufo viridis</i>	1988	Amphibien/Reptilien
<i>Hyla arborea</i>	3029	Amphibien/Reptilien
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	2246	Amphibien/Reptilien
<i>Pelobates fuscus</i>	3274	Amphibien/Reptilien
<i>Rana arvalis</i>	2416	Amphibien/Reptilien
<i>Rana dalmatina</i>	1599	Amphibien/Reptilien
<i>Rana kl. esculenta</i>	5051	Amphibien/Reptilien
<i>Rana lessonae</i>	740	Amphibien/Reptilien
<i>Rana ridibunda</i>	1112	Amphibien/Reptilien
<i>Rana temporaria</i>	9441	Amphibien/Reptilien
<i>Triturus cristatus</i>	2348	Amphibien/Reptilien
<i>Chorthippus mollis</i>	318	Heuschrecken
<i>Chorthippus vagans</i>	20	Heuschrecken
<i>Isophya kraussii</i>	23	Heuschrecken
<i>Metrioptera bicolor</i>	13	Heuschrecken
<i>Phaneroptera falcata</i>	371	Heuschrecken
<i>Tetrix ceperoi</i>	45	Heuschrecken
<i>Tettigonia cantans</i>	959	Heuschrecken
<i>Agonum ericeti</i>	2	Käfer
<i>Amara famelica</i>	5	Käfer
<i>Amara infima</i>	1	Käfer
<i>Badister meridionalis</i>	3	Käfer
<i>Bembidion humerale</i>	3	Käfer
<i>Bembidion nigricorne</i>	2	Käfer
<i>Bembidion octomaculatum</i>	1	Käfer
<i>Brachinus crepitans</i>	1	Käfer
<i>Brachinus explosens</i>	5	Käfer
<i>Bradycellus caucasicus</i>	12	Käfer
<i>Bradycellus ruficollis</i>	2	Käfer
<i>Carabus menetriesi pacholei</i>	1	Käfer
<i>Carabus nitens</i>	1	Käfer
<i>Cerambyx cerdo</i>	224	Käfer
<i>Dytiscus latissimus</i>	2	Käfer
<i>Graphoderus bilineatus</i>	19	Käfer
<i>Osmoderma eremita</i>	171	Käfer
<i>Pterostichus ovoideus</i>	7	Käfer
<i>Trechus rubens</i>	2	Käfer
<i>Aeshna affinis</i>	68	Libellen
<i>Aeshna subarctica</i>	7	Libellen
<i>Brachytron pratense</i>	346	Libellen
<i>Coenagrion lunulatum</i>	10	Libellen
<i>Coenagrion mercuriale</i>	1	Libellen
<i>Coenagrion ornatum</i>	12	Libellen

Art (lat.)	Anzahl der Fundorte	Taxa
<i>Crocothemis erythraea</i>	26	Libellen
<i>Gomphus flavipes</i>	33	Libellen
<i>Lestes barbarus</i>	116	Libellen
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	40	Libellen
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	3	Libellen
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	192	Libellen
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	392	Libellen
<i>Somatochlora alpestris</i>	17	Libellen
<i>Sympetrum flaveolum</i>	454	Libellen
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	31	Libellen
<i>Sympetrum meridionale</i>	14	Libellen
<i>Crocidura leucodon</i>	460	Säugetiere
<i>Crocidura russula</i>	353	Säugetiere
<i>Crocidura suaveolens</i>	304	Säugetiere
<i>Eptesicus nilssonii</i>	279	Säugetiere
<i>Eptesicus serotinus</i>	921	Säugetiere
<i>Glis glis</i>	433	Säugetiere
<i>Muscardinus avellanarius</i>	261	Säugetiere
<i>Myotis daubentonii</i>	1485	Säugetiere
<i>Myotis myotis</i>	933	Säugetiere
<i>Neomys anomalus</i>	61	Säugetiere
<i>Nyctalus noctula</i>	1857	Säugetiere
<i>Pipistrellus nathusii</i>	572	Säugetiere
<i>Plecotus austriacus</i>	352	Säugetiere
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	254	Säugetiere
<i>Vespertilio murinus</i>	336	Säugetiere
<i>Anisus spirorbis</i>	7	Sonstige Wirbellose
<i>Arctosa cinerea</i>	1	Sonstige Wirbellose
<i>Astacus astacus</i>	126	Sonstige Wirbellose
<i>Austropotamobius torrentium</i>	1	Sonstige Wirbellose
<i>Gyraulus laevis</i>	3	Sonstige Wirbellose
<i>Gyraulus rossmaessleri</i>	1	Sonstige Wirbellose
<i>Helix pomatia</i>	149	Sonstige Wirbellose
<i>Lasius jensi</i>	1	Sonstige Wirbellose
<i>Margaritifera margaritifera</i>	12	Sonstige Wirbellose
<i>Omphiscola glabra</i>	3	Sonstige Wirbellose
<i>Sphaerium rivicola</i>	2	Sonstige Wirbellose
<i>Unio pictorum</i>	3	Sonstige Wirbellose
<i>Unio tumidus</i>	2	Sonstige Wirbellose
<i>Vertigo angustior</i>	4	Sonstige Wirbellose
<i>Vertigo moulinsiana</i>	9	Sonstige Wirbellose
<i>Viviparus viviparus</i>	1	Sonstige Wirbellose

Tabelle 48: Nachweishäufigkeiten der ausgewählten klimasensitiven Flechten und Moose (Angabe der Häufigkeiten der Gefäßpflanzen siehe Tabelle 44), basierend auf Gruppierung der Ortsbeschreibungen der Zentralen Artdatenbank des LfULG MultiBaseCS (Stand 19.5.2010; Vorkommen ab 1990)

Art (lat.)	Anzahl der Fundorte	Taxa
<i>Cladonia arbuscula</i>	13	Flechte
<i>Cladonia ciliata</i>	1	Flechte
<i>Cladonia rangiferina</i>	3	Flechte
<i>Dicranum viride</i>	4	Moos
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	35	Moos
<i>Leucobryum glaucum</i>	197	Moos
<i>Orthotrichum rogeri</i>	6	Moos
<i>Pterygoneurum lamellatum</i>	10	Moos
<i>Sphagnum affine</i>	102	Moos
<i>Sphagnum angustifolium</i>	61	Moos
<i>Sphagnum balticum</i>	16	Moos
<i>Sphagnum capillifolium</i>	220	Moos
<i>Sphagnum centrale</i>	15	Moos
<i>Sphagnum compactum</i>	71	Moos
<i>Sphagnum contortum</i>	49	Moos
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	97	Moos
<i>Sphagnum denticulatum</i>	9	Moos
<i>Sphagnum fallax</i>	834	Moos
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	487	Moos
<i>Sphagnum flexuosum</i>	191	Moos
<i>Sphagnum fuscum</i>	17	Moos
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	311	Moos
<i>Sphagnum magellanicum</i>	76	Moos
<i>Sphagnum majus</i>	7	Moos
<i>Sphagnum molle</i>	5	Moos
<i>Sphagnum obtusum</i>	5	Moos
<i>Sphagnum palustre</i>	383	Moos
<i>Sphagnum papillosum</i>	169	Moos
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	4	Moos
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	24	Moos
<i>Sphagnum riparium</i>	112	Moos
<i>Sphagnum rubellum</i>	57	Moos
<i>Sphagnum russowii</i>	256	Moos
<i>Sphagnum squarrosum</i>	471	Moos
<i>Sphagnum subnitens</i>	163	Moos
<i>Sphagnum subsecundum</i>	118	Moos
<i>Sphagnum tenellum</i>	44	Moos
<i>Sphagnum teres</i>	173	Moos
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	61	Moos

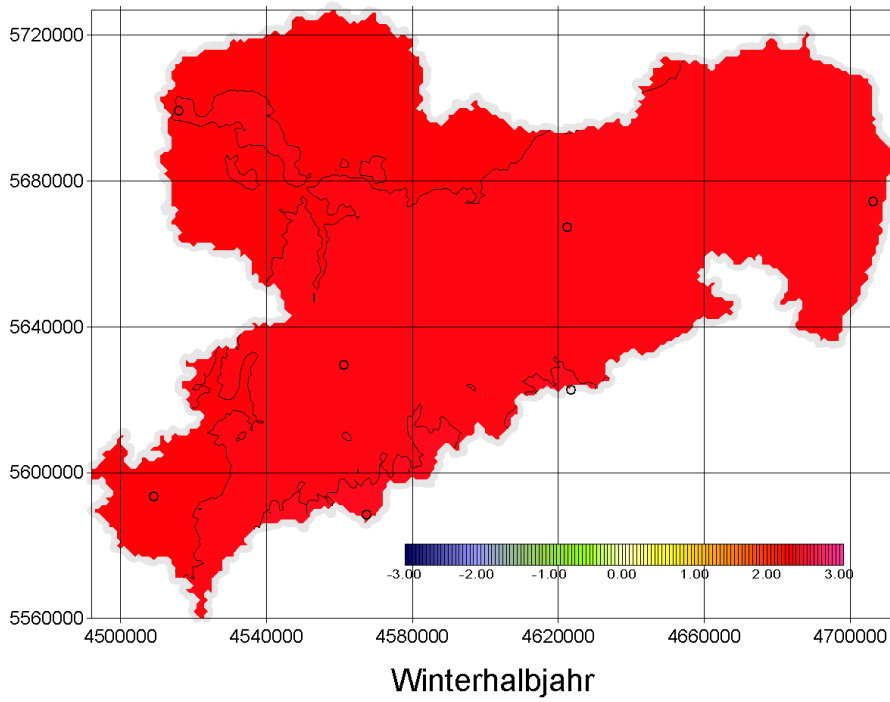


Abbildung 55: Änderung der mittleren Minimumtemperatur [°C] im Winterhalbjahr (Oktober-März) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060 (Projektion WEREX III; Emissionsszenario B2; aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)

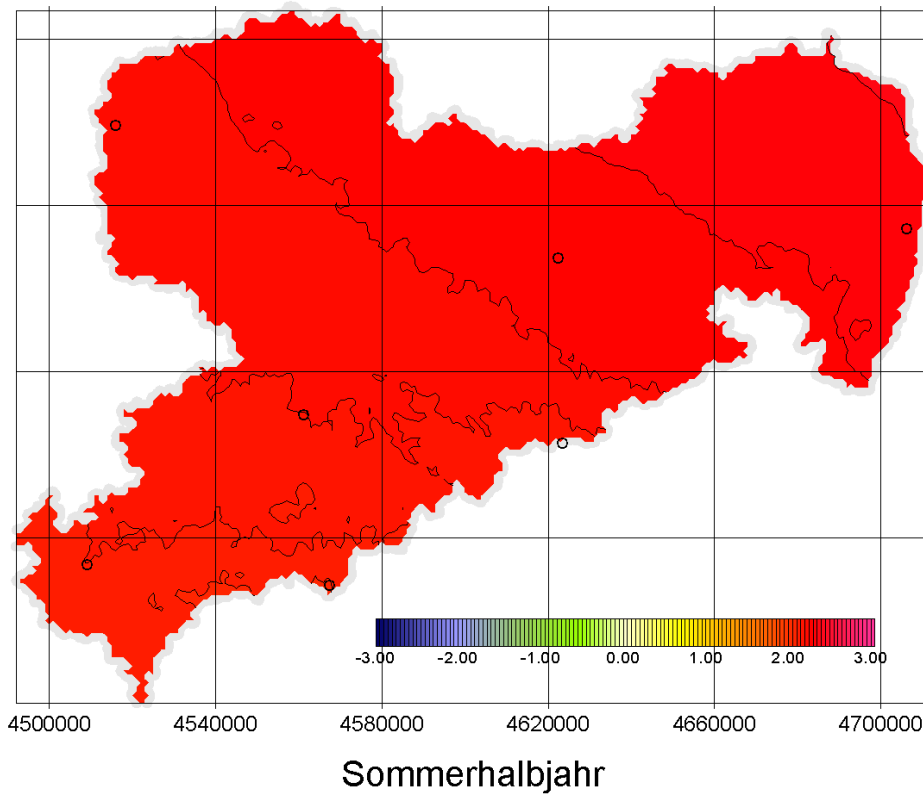


Abbildung 56: Änderung der mittleren Maximumtemperatur [°C] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060 (Projektion WEREX III; Emissionsszenario B2; aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)

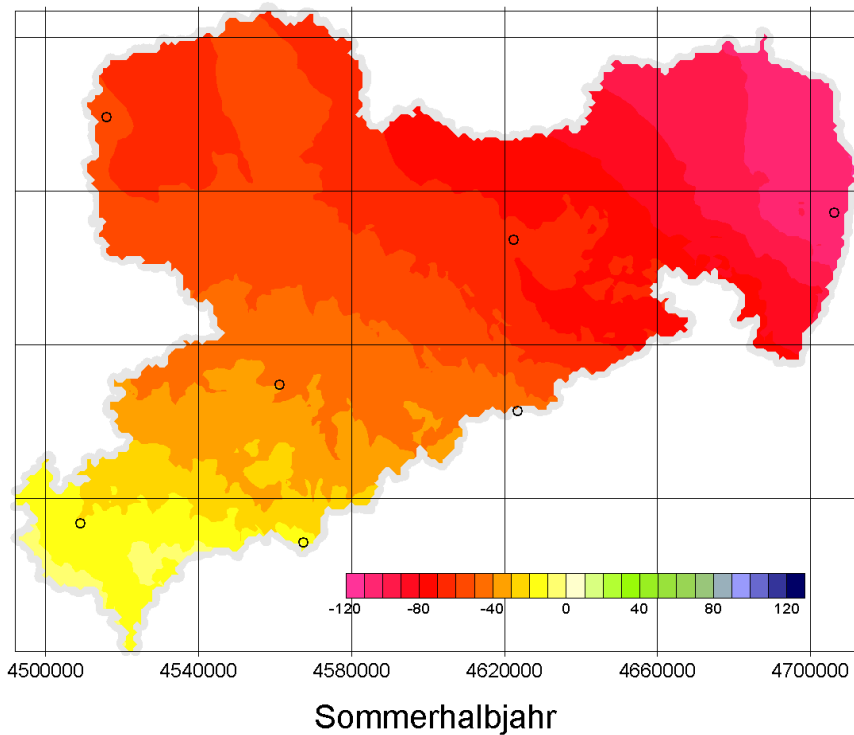


Abbildung 57: Änderung der mittleren klimatischen Wasserbilanz [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060 (Projektion WEREX III; Emissionsszenario B2; aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)

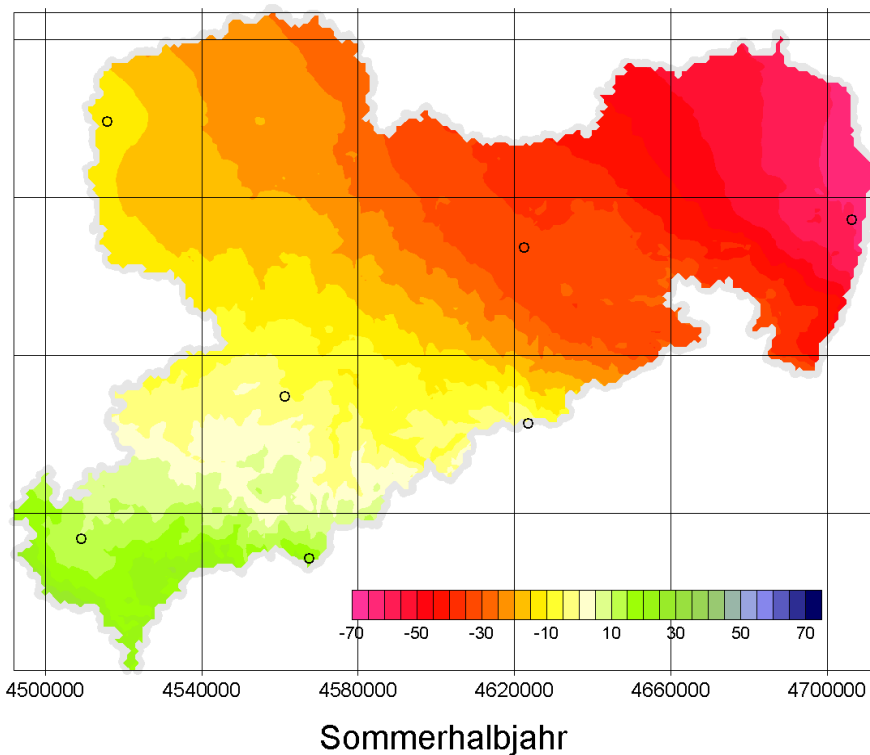


Abbildung 58: Änderung des mittleren Niederschlags [mm] im Sommerhalbjahr (April-September) vom Zeitraum 1981-2000 zu 2041-2060 (Projektion WEREX III; Emissionsszenario B2; aus SCHLUMPRECHT et al. 2005)

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. Marten Winter, Dr. Martin Musche, Dr. Ingolf Kühn
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Department Biozönoseforschung
Theodor-Lieser-Straße 4, 06120 Halle (Saale), Telefon: +49 345 558-5311,
Telefax: +49 345 558-5329, E-Mail: ingolf.kuehn@ufz.de
Michael Striese
Iutra - Gesellschaft für Naturschutz und landschaftsökologische Forschung
Förstgener Str. 9, 02943 Boxberg OT Tauer, Telefon: +49 35895 50389,
Telefax: +49 35895 50380, E-Mail: lutra-lausitz@t-online.de

Redaktion:

Dr. Maik Denner, Christoph Hettwer
Abteilung Naturschutz, Landschaftspflege/Referat Landschaftsökologie, Flächenna-
turschutz; Referat Artenschutz
Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-2206
Telefax: +49 3731 294-115
E-Mail: Maik.Denner@smul.sachsen.de; Christoph.Hettwer@smul.sachsen.de

Titel:

Großer Feuerfalter (*Lycaena dispar*), Männchen
(Dr. Martin Wiemers)

Redaktionsschluss:

30.10.2013

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei
unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer
verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.
Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum
von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet wer-
den. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Infor-
mationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben partei-
politischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an
Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer
bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden,
dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Grup-
pen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig
davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem
Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift
zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.