



Prognose der Vegetationsentwicklung mit Markov-Ketten

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
am Fachbereich Agrarwissenschaften,
Ökotropologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Dipl.-Ing. agr. Markus Labasch

Dekan: Prof. Dr. Roland Herrmann

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. Annette Otte

2. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Köhler

Gießen, 23. November 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Markov-Ketten	4
2.1.	Definition und Eigenschaften von Markov-Ketten	4
2.1.1.	Die stationäre Markov-Kette	4
2.1.2.	Die Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten bei Mikro- und Markodaten	5
2.2.	Einsatz von Markov-Ketten in Vegetations- und Landschaftsökologie	7
3	Material und Methoden	11
3.1.	Die untersuchten Datensätze	11
3.2.	Definition der Zustände und Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten	11
3.3.	Trendanalyse der Beobachtungsdaten	12
3.4.	Vergleich von Beobachtung und Prognose	15
3.5.	Die verwendete Software	17
4	Trend-Abbildung neun- bis elfjähriger Zeitreihen	18
4.1.	Lippe et al. (1985) – Heide nach Störung (Feuer)	19
4.2.	Runge (1979, 1983) – Heide-Sukzession nach Umbruch bzw. Plaggen	21
4.2.1.	Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide	21
4.2.2.	Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide	23
4.2.3.	Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide	24
4.2.4.	Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse Erica-Heide	26
4.3.	Runge – ungestörte Heide-Sukzession	28
4.3.1.	Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse Erica-Heide	28
4.3.2.	Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse Erica-Heide	29
4.3.3.	Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland	31
4.4.	Runge – Brachen (Wiese, Acker, Viehweide)	33
4.4.1.	Ru98HWb – Aufgelassene Wiese	33
4.4.2.	Ru85HAVb – Auflassung einer ehemals beweideten Ackerbrache	35
4.4.3.	Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache	36
4.5.	Die Weender Brache	39
4.5.1.	Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache	39
4.5.2.	Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache	41
4.5.3.	Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache	43
4.5.4.	Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache	44
4.6.	Rosen (1982) – Brache nach Beweidung im Stora Alvaret	46
4.6.1.	Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, ungezäunt	47
4.6.2.	Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, dann eingezäunt	48
4.6.3.	Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt	50
4.6.4.	Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, dann eingezäunt	51
4.6.5.	Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt	53
4.6.6.	Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt	54
4.6.7.	Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt	56
4.6.8.	Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt	57
4.7.	Bakker(1989) – Heunutzung ohne Düngung	59
4.7.1.	Bk89T10 – Plot Anlo 463T, trockener sandiger Boden	59
4.7.2.	Bk89T11 – Plot Anlo 677T, trockener sandiger Boden	61
4.7.3.	Bk89T12 – Plot Anlo 463N, nasser humoser (peaty) Boden	63
4.7.4.	Bk89T14 – Plot Anlo 677N, nasser humoser (peaty) Boden	64
4.7.5.	Bk89T13 – Plot Anlo 1371A, nasser humoser (peaty) Boden	66
4.7.6.	Bk89T15 – Plot Anlo 1371B, nasser humoser (peaty) Boden	67
4.7.7.	Bk89T16 – Plot Taarlo 431, nasser humoser (peaty) Boden	69
4.7.8.	Bk89T17 – Plot Taarlo 424, nasser humoser (peaty) Boden	70

4.8.	Rosenthal(1992) – Feuchtwiesen (Bewirtschaftungsvarianten)	73
4.8.1.	Rt92BBa – Brands Graben, Brache A	74
4.8.2.	Rt92BBb – Brands Graben, Brache B	76
4.8.3.	Rt92B1uS – Brands Graben, einmal Mulchen (Sommer) – einmal Mähen (Sommer)	77
4.8.4.	Rt92B2 – Brands Graben, zweimal Mähen	79
4.8.5.	Rt92BS3 – Brands Graben, einmal Mähen – dreimal Mähen	80
4.8.6.	Rt92B2u3 – Brands Graben, zweimal Mulchen – dreimal Mähen (Düngung)	82
4.9.	Die Zeitreihen im Vergleich	84
5	Prognosen auf der Basis von zwei bis fünf Jahren	90
5.1.	Darstellung der Prognosen aus Teilmatrizen	90
5.1.1.	Erstes Beispiel: Li85T1 – Heide nach Störung (Feuer) – Lippe et al. (1985)	91
5.1.2.	Zweites Beispiel: Rt92B2S3 – Brands Graben, zweimal Mulchen – dreimal Mähen (Düngung) – Rosenthal (1992)	92
5.2.	Anpassungsgüte der einzelnen Prognosen aus Teilmatrizen	94
5.3.	Vergleich der Kriterien der Anpassungsgüte	96
5.4.	Beurteilung der Schätzverfahren	96
5.5.	Beurteilung der Prognosen nach der Anzahl der Jahre auf denen die Schätzung der Übergangsmatrix basiert	98
5.6.	Beurteilung der Prognosen nach Datensatzgruppen	98
6	Diskussion	100
6.1.	Die Datensatzgruppen	100
6.1.1.	Lippe et al. (1985) – Heide nach Störung (Feuer)	100
6.1.2.	Runge – Heide – Sukzession nach Störung (Umbruch, Plaggen)	101
6.1.3.	Runge – Heide – ungestörte Sukzession	102
6.1.4.	Runge – Brachen (Wiese, Acker, Viehweide)	102
6.1.5.	Die Weender Brache	103
6.1.6.	Rosen (1982) – Brache nach Beweidung im Stora Alvaret	103
6.1.7.	Bakker(1989) – Heunutzung ohne Düngung	104
6.1.8.	Rosenthal (1992) – Feuchtwiesen (Bewirtschaftungsvarianten)	105
6.2.	Trend und Prognose	106
6.2.1.	Zusammenhang von Mantel-Test auf gerichteten Trend und Mantel-Korrelogramm mit der Anpassungsgüte der Prognosen	106
6.2.2.	Eignung der fünf Kriterien zur Beurteilung der Anpassungsgüte	107
6.2.3.	Vergleich der beiden Schätzverfahren	107
6.2.4.	Anzahl der notwendigen Jahre für eine verlässliche Prognose	107
6.3.	Optimierung von Datenerhebung und Modell	108
6.3.1.	Optimierung der Aufnahmemethode	108
6.3.2.	Definition der Zustände	110
6.3.3.	Stationarität der Übergangsmatrizen	110
6.3.4.	Modellerweiterung durch die Einbeziehung von Umweltfaktoren	111
7	Zusammenfassung	113
8	Literatur	116

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Beobachtung und Prognose	19
Abb. 2: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	20
Abb. 3: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose	22
Abb. 4: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	22
Abb. 5: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose	23
Abb. 6: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	24
Abb. 7: Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose	25
Abb. 8: Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	26
Abb. 9: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse Erica-Heide: Beobachtung und Prognose	27
Abb. 10: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse Erica-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	27
Abb. 11: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse Erica-Heide: Beobachtung und Prognose	28
Abb. 12: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse Erica-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	29
Abb. 13: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse Erica-Heide: Beobachtung und Prognose	30
Abb. 14: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse Erica-Heide: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	30
Abb. 15: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland: Beobachtung und Prognose	31
Abb. 16: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	32
Abb. 17: Ru98HWb – Aufgelassene Wiese: Beobachtung und Prognose	34
Abb. 18: Ru98HWb – Aufgelassene Wies: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	34
Abb. 19: Ru85HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache: Beobachtung und Prognose	35
Abb. 20: Ru85HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	36
Abb. 21: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache: Beobachtung und Prognose	37
Abb. 22: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	38
Abb. 23: Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose	40
Abb. 24: Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	41
Abb. 25: Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose	42
Abb. 26: Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	42
Abb. 27: Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache – Beobachtung und Prognose	43
Abb. 28: Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	44
Abb. 29: Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache – Beobachtung und Prognose	45
Abb. 30: Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	45
Abb. 31: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	47
Abb. 32: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	48
Abb. 33: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	49
Abb. 34: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	49
Abb. 35: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	50
Abb. 36: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	51
Abb. 37: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	52
Abb. 38: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	52
Abb. 39: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	53
Abb. 40: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	54
Abb. 41: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	55
Abb. 42: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	55
Abb. 43: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	56
Abb. 44: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	57
Abb. 45: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose	58
Abb. 46: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	58

Abb. 47: Bk89T10 – Plot Anlo 463T: Beobachtung und Prognose	60
Abb. 48: Bk89T10 – Plot Anlo 463T: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	61
Abb. 49: Bk89T11 – Plot Anlo 677T: Beobachtung und Prognose	62
Abb. 50: Bk89T11 – Plot Anlo 677T: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	62
Abb. 51: Bk89T12 – Plot Anlo 463N: Beobachtung und Prognose	63
Abb. 52: Bk89T12 – Plot Anlo 463N: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	64
Abb. 53: Bk89T14 – Plot Anlo 677N: Beobachtung und Prognose	65
Abb. 54: Bk89T14 – Plot Anlo 677N: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	65
Abb. 55: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A: Beobachtung und Prognose	66
Abb. 56: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	67
Abb. 57: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B: Beobachtung und Prognose	68
Abb. 58: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	68
Abb. 59: Bk89T16 – Plot Taarlo 431: Beobachtung und Prognose	69
Abb. 60: Bk89T16 – Plot Taarlo 431: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	70
Abb. 61: Bk89T17 – Plot Taarlo 424: Beobachtung und Prognose	71
Abb. 62: Bk89T17 – Plot Taarlo 424: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	71
Abb. 63: Rt92BBa – Brache A: Beobachtung und Prognose	75
Abb. 64: Rt92BBa – Brache A: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	76
Abb. 65: Rt92BBb – Brache B: Beobachtung und Prognose	77
Abb. 66: Rt92BBb – Brache B: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	77
Abb. 67: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen: Beobachtung und Prognose	78
Abb. 68: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	79
Abb. 69: Rt92B2 – zweimal Mähen: Beobachtung und Prognose	79
Abb. 70: Rt92B2 – zweimal Mähen: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	80
Abb. 71: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen: Beobachtung und Prognose	81
Abb. 72: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen: Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	82
Abb. 73: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung): Beobachtung und Prognose	83
Abb. 74: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung): Mantel-Korrelogramm und Fuzzy-Ordination	83
Abb. 75: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Beobachtung und Prognose aus Teilmatrizen	92
Abb. 76: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung) – Beobachtung und Prognose aus Teilmatrizen	94

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Autokorrelation der beobachteten Zeitreihen (Mantel-Test und Mantel-Korrelogramm)	84
Tab. 2: Vergleich der Kriterien für die Übereinstimmung der Prognosen mit der Beobachtung	86
Tab. 3: Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten	88
Tab. 4: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen der 37 Datensätze.	95
Tab. 5: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen – Vergleich der Kriterien.	96
Tab. 6: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen – Zusammenfassung von Tab. 4.	97
Tab. 7: Überlegenheit eines Schätzverfahrens bzw. Übereinstimmung beider Schätzverfahren.	97
Tab. 8: Anpassung der FMR- und der MCS-Prognosen zusammen [in Prozent der Fälle].	98

1 Einleitung

Die mitteleuropäische Kulturlandschaft ist geprägt durch die landwirtschaftliche Nutzung der vergangenen Jahrhunderte. Die durch Nutzung entstandenen schützenswerten Biotop sind durch Veränderung der Nutzungsart und damit der Vernichtung der Lebensgemeinschaft (z. B. Grünlandumbruch) oder durch Veränderung der Nutzungsintensität durch Intensivierung (z. B. Düngung) oder Extensivierung (z. B. Verbuschung) und damit der Veränderung der Lebensbedingungen gefährdet. Naturschutzfachliche Pflege- und Entwicklungspläne sollen den damit verbundenen Rückgang schützenswerter Arten entgegenwirken. Teilweise sind aber unzureichende naturschutzfachliche Maßnahmen Ursache für den Artenschwund, insbesondere dann, wenn sich diese zu sehr am Schutz weniger, seltener Arten orientieren und die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Biotops vernachlässigen. Beispiele geben OTTE et al. (2000) für ertragsschwache Grünlandbiotop in Mittelhessen und stellen exemplarisch ein systemorientiertes, naturschutzfachlich begründetes Nutzungskonzept für die Salzwiesen von Münzenberg auf.

Bei allen Maßnahmen stellt sich jedoch die Frage, inwiefern sich die beabsichtigten naturschutzfachlichen Ziele und in welcher Zeit realisieren lassen. Dazu muss ein entsprechendes Monitoringprogramm zur Effizienzkontrolle aufgestellt werden (LABASCH & OTTE, 2001). Biologische Systeme reagieren auf Veränderungen der Lebensbedingungen jedoch nur mit teilweise erheblicher zeitlicher Verzögerung, da stabilisierende Systemeigenschaften den Störfaktoren entgegenwirken. Daraus ergibt sich das praktische Problem, das Beobachtungsdaten von etablierten Beständen nach Nutzungsänderungen nur verzögert eine Reaktion durch Veränderung der Deckungsgradanteile anzeigen.

Wenn eine nicht gewünschte Vegetationsentwicklung festgestellt wird, kann der angestrebte Systemzustand u. U. auch durch eine unmittelbare Änderung der Nutzungsweise nicht mehr erreichbar sein, entweder weil die Systemkomponenten so stark verändert worden sind (Artenschwund, neue Arten, Verschiebung der Dominanzverhältnisse), dass neue Mechanismen im System eine Stabilisierung des erreichten Zustands bewirken, oder weil Prozesse fortwirken, die die Systemveränderung unabhängig von der ursprünglich treibenden Kraft (Nutzungsänderung) bewirken.

Deshalb wäre es wünschenswert, ein geeignetes Prognoseinstrument zu haben, mit dem sich aus wenigen Beobachtungsjahren die Vegetationsentwicklung bestimmen ließe. BALZTER (1998) untersuchte Markov-Ketten auf ihre Eignung und konnte eine teilweise gute, aber auch teilweise sehr schlechte Übereinstimmung der prognostizierten Daten mit den Beobachtungsdaten feststellen. Die untersuchten Datensätze bestanden zum größten Teil aus Punkt-Quadrat-Aufnahmen, Phytomasse-

anteilen oder Individuenzahlen; nur bei drei Datensätzen wurden relative Deckungsgradanteile modelliert. Letztere auf BRAUN-BLANQUET zurück gehende Aufnahmemethodik ist jedoch die am weitesten verbreitete in Mitteleuropa. BALZTER verglich die Prognose nur mit den Daten die in die Erstellung des Modells eingeflossen sind, also die Modellanpassung. Wünschenswert wäre aber gerade der Vergleich mit Daten aus künftigen Jahren, die nicht zur Aufstellung des Modells verwendet wurden, also Modellvalidierung.

Aus diesen Feststellungen folgt die Hauptfrage dieser Arbeit: Kann die Entwicklung der Vegetation mit Markov-Ketten hinreichend abgebildet werden, wenn klassische Vegetationsaufnahmen nach dem BRAUN-BLANQUET-Schätzverfahren aus nur wenigen Jahren für einzelne Flächen vorliegen?

Die Prognosen sollen auf der Basis von zwei bis fünf Jahren erstellt und mit den folgenden fünf Jahren verglichen werden: Es werden also jährlich erhobene Daten über mindestens zehn Jahre benötigt. Da eigene Daten über so lange Zeiträume nicht vorliegen, muss die Untersuchung anhand von Literaturdaten erfolgen.

Nach einer Einführung in die Definition und Eigenschaften von Markov-Ketten und deren Verwendung in der Vegetations- und Landschaftsökologie (Kap. 2), werden die in dieser Arbeit verwendeten Methoden beschrieben (Kap. 3).

Man kann grundsätzlich zwischen retrospektiven und prospektiven Ansatz unterscheiden: Bilden die Prognosen den gesamten Verlauf hinreichend ab bzw. findet überhaupt eine gerichtete Vegetationsentwicklung (Sukzession bzw. Trend) auf den einzelnen Flächen statt? Die Ergebnisse der Untersuchungen, die sich mit dieser Frage der „Interpolation“ der Daten bzw. der retrospektiven Betrachtung befassen, sind für den Beobachtungszeitraum von neun bzw. elf Jahren in Kapitel 4 dargestellt.

Wenn nur wenige Jahre in die Schätzung der Übergangsmatrizen einfließen, sind die Prognosen auch für die folgenden Jahre hinreichend genau? Die Ergebnisse der Untersuchungen, die sich mit der weitergehenden Frage der prospektiven Betrachtung bzw. der „Extrapolation“ der Daten befassen, sind für die ersten zwei bis fünf Jahre (Schätzung der Übergangsmatrix) und die folgenden fünf Jahre (Prognose) in Kapitel 5 dargestellt.

Die Diskussion der Ergebnisse für die jeweiligen Datensatzgruppen erfolgt in Kapitel 6.1.

In Kapitel 6.2 werden die einzelne Datensatzgruppen übergreifende Fragen erörtert: Sind starke gerichtete Vegetationsentwicklungen besser zu modellieren? Ist das einfachere Verfahren zur Schätzung der Übergangsmatrizen nach ORLOCI et al. (1993) genauso gut geeignet wie der Maximum-Likelihood-Schätzer nach LEE et al. (1970)? Sind die verwendeten Kriterien geeignet, die Anpassungsgüte zu beurteilen? Aus wie vielen Jahren müssen Beobachtungsdaten vorliegen, um gut angepasste Prognosen erstellen zu können.

In Kapitel 6.3 werden Vorschläge zur Optimierung der Aufnahmemethode, der Versuchsanlage und der Zustandsdefinitionen gemacht sowie zur Erweiterungen des Modells, die die Prognosequalität von Markov-Ketten für Vegetationsdaten verbessern können.

2 Markov-Ketten

2.1. Definition und Eigenschaften von Markov-Ketten

2.1.1. Die stationäre Markov-Kette

Eine stationäre Markov-Kette ist vollständig definiert durch den Anfangsvektor X_0 und die Matrix der Übergangswahrscheinlichkeiten P .

Stationär ist eine Markov-Kette wenn sich die Wahrscheinlichkeit des Übergangs von einem Zustand zu einem anderen Zustand im Lauf der Zeit nicht ändern. Stationarität in diesem Sinne wird auch als zeitliche Homogenität bezeichnet (USHER 1981).

Der Anfangsvektor X_0 gibt die anfängliche Verteilung der Zustände des Systems wieder. Für die hier untersuchten Daten ist das die Vegetationsaufnahme aus dem ersten beobachteten Jahr, mit den Deckungsgraden der einzelnen Arten bzw. der modellierten Zustände. Als Zustände werden oft dominante Arten verwendet (BALZTER 1998) und die nicht dominanten Arten zu einen weiteren Zustand, quasi einer Sammelart bzw. Artengruppe, zusammengefasst. Die aus den Vegetationsaufnahme berechneten Deckungsgrade für die Zustände (Arten) bzw. Deckungsgradsummen für Sammelzustände (Artengruppen) müssen zuvor auf 100 % Gesamtdeckungsgrad normiert werden.

Die Matrix der Übergangswahrscheinlichkeiten P ist eine stochastische Matrix mit so vielen Reihen und Spalten wie Zustände definiert worden sind. Ein Element p_{ij} der i -ten Reihe und j -ten Spalte enthält die Wahrscheinlichkeit, das beim nächsten Zeitschritt ein Wechsel vom Zustand i zum Zustand j stattfindet. Die Summe aller Übergangswahrscheinlichkeiten jeder Reihe beträgt eins. Auf Vegetationsaufnahmen übertragen lässt sich dies veranschaulichen, wenn man die Aufnahme fläche (gedanklich) in so viele Zellen (Subplots) aufteilt, dass diese gerade noch von einem Individuum besiedelt werden können. Zur Vereinfachung soll weiterhin angenommen werden, dass alle Arten den gleichen Raumbedarf haben. Der Wert p_{ij} gibt dann die Wahrscheinlichkeit an, dass eine zum (jetzigen) Zeitpunkt t mit Art i besiedelte Zelle beim nächsten Zeitschritt $t+1$ mit Art j besiedelt ist. Da jede Zelle beim nächsten Zeitschritt in einem definierten Zustand sein muss, wird klar, warum die Reihensumme immer eins betragen muss: Entweder ändert sich der Zustand nicht (mit p_{ii}) oder eine andere Art wächst in dieser Zelle (alle p_{ij} , für $i \neq j$), wobei natürlich auch ein Zustand „unbe-

siedelt“ modelliert werden kann. Wenn an Stelle der Rasterzellen über die Aufnahme­fläche ein Gitter gelegt und notiert wird, zu welcher Art das Individuum am Gitterknoten gehört, kann die zur Veranschaulichung gemachte Einschränkung entfallen, dass alle Arten den gleichen Raumbedarf (eine Rasterzelle) haben müssen. Frequenzdaten dieser Art haben zum Beispiel LIPPE et al. (1985) verwendet (siehe auch Kapitel 3.1). Die Deckungsgrade aus Vegetationsaufnahmen lassen sich nach Transformation auf 100 % somit als Frequenzdaten bzw. als Anteil an den Rasterzellen interpretieren.

Die Verteilung der Zustände berechnet man nach folgender Formel:

$$X_{t+1} = X_t P.$$

Ausgehend vom Anfangsvektor X_0 erhält man die Verteilung der Zustände zu einem beliebigen Zeitpunkt t indem X_0 t -mal mit P multipliziert wird:

$$X_t = X_0 P^t .$$

Zu der Frage ob Markov-Ketten ein „Gedächtnis“ haben, also auch die Vergangenheit einbeziehen, sei ORLOCI (2000) zitiert:

„... the answer is yes for path and no for attractor. This is to be understood in the sense that the initial conditions will define the path, but any initial condition will lead to the same attractor, provided that P stays unchanged. But a constant P is an impossible state of existence in nature.“

Der Attraktor ist die stabile Grenzverteilung, die sich nach vielen Zeitschritten ergibt. Die Grenzverteilung einer Markov-Kette ist erreicht, wenn gilt:

$$X_t P = X_t .$$

2.1.2. Die Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten bei Mikro- und Marko­daten

Während Daten bei denen die Übergänge für jedes Systemelement direkt beobachtet werden (Artenwechsel an einem Gitterknoten) als Mikrodaten bezeichnet werden, werden klassische Vegetationsaufnahmen mit geschätzten Deckungsgraden für die Arten (Zustände) als Makrodaten (BALZTER 1998) oder aggregierte Daten (COOKE 1981) bezeichnet, da sie nur noch Verschiebungen in der Verteilung der Zustände, d. h. der relativen Häufigkeiten der Arten (Deckungsgradanteile) wiedergeben.

Während bei Mikrodaten die Frequenz der beobachteten Übergänge als Schätzwert für die Übergangswahrscheinlichkeiten verwendet wird, ist die Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten für

Makrodaten schwieriger. LEE et al. (1970) verwendeten für Makrodaten ein auf dem Maximum-Likelihood -Schätzer basierendes Verfahren, das auch BALZTER (1998) benutzt hat. Näheres zum Verfahren und zu Alternativen, wenn mit der Maximum-Likelihood-Methode keine Lösung gefunden werden kann, findet sich bei LEE et al. (1970) und BALZTER (1998). Der größte Nachteil des Verfahrens ist – neben dem aufwändigen Berechnungsverfahren – der hohe Bedarf an Daten um eine zuverlässige Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten zu erhalten. Mit jedem zusätzlichen Zustand der modelliert werden soll, steigt die Zahl der zu schätzenden Übergangswahrscheinlichkeiten exponentiell an – bei m Zuständen existieren m^2 Übergänge – und es werden ausreichend Wiederholungen benötigt, um alle möglichen Übergänge mit hinreichender Genauigkeit erfassen zu können.

Um diesen hohen Datenbedarf zu verringern, entwickelten ORLOCI et al (1993) eine einfachere Methodik um die Übergangswahrscheinlichkeiten zu schätzen. Näheres zur Methode findet sich auch bei WAGNER & WILDI (1997) und WILDI (2000). WAGNER & WILDI kommen in ihrer Untersuchung zu dem Schluss, dass viele der von USHER (1981) genannte Probleme bei der Anwendung von Markov-Ketten durch die Methode von ORLOCI et al. (1993) gelöst werden können. Übrig bleiben ihrer Ansicht nach die Nichtberücksichtigung räumlicher Abhängigkeiten und der Umstand, dass zwar die Extinktion von Arten, aber keine Immigration modelliert werden kann.

BALZTER et al. (1998) machen jedoch Vorschläge zur Erweiterung von Markov-Ketten zu „spatial-temporal markov chains (STMC)“: Der Zustand einer Zelle hängt dabei auch vom Zustand der Nachbarzellen einen Zeitschritt zuvor ab, damit verknüpfen sie Zelluläre Automaten bzw. Markov-Zufallfelder als explizit räumliche Modelle mit Markov-Ketten als ausschließlich temporalem Modell. Zur Einbindung der Immigration schlägt BALZTER (1998) vor, in gewissen Abständen neue Zustände (Arten) in die Übergangsmatrix aufzunehmen. Insbesondere die Frage wie die Übergangswahrscheinlichkeiten für die neue Art gewonnen werden sollen, wirft jedoch viele Fragen auf, so dass dieser Ansatz nicht erfolgversprechend erscheint. Hier soll jedoch auf beide Aspekte – die Nichtberücksichtigung von räumlicher Abhängigkeiten und Immigrationsmöglichkeiten – nicht näher eingegangen werden.

2.2. Einsatz von Markov-Ketten in Vegetations- und Landschaftsökologie

VAN HULST (1979) stellt grundsätzliche Überlegungen zum Einsatz von Markov-Ketten an und zeigt eine Anwendung auf Pollendiagramme. Zu Bedenken ist nach VAN HULST (1980), dass eine Vorhersage der Vegetationsentwicklung allein aus den beobachteten Vegetationsaufnahmen daran scheitern kann, dass veränderte Umweltbedingungen nicht unmittelbar zu Veränderungen in der Vegetation führen müssen.

Einen Überblick über Methoden zur Modellierung des Landschaftswandel und über den Einsatz von Markov-Ketten gibt BAKER (1989). Wenn Landschaften modelliert werden, kommen meistens Daten aus Luftbildern zum Einsatz, da diese seit etwa 1940 zu Verfügung stehen. So berechnen DUNCAN et al. (1999) die Übergangsmatrizen aus Luftbildaufnahmen aus sechs Jahren (1943, 1951, 1958, 1969, 1979, 1989).

Satelliten-Bilder stehen in zufriedenstellender Auflösung für die letzten zwanzig Jahre zur Verfügung. Sie bringen aber zahlreiche Probleme, insbesondere der Klassifikation mit sich. BROWN et al. (2000) berechnen aus Landsat-Bildern die Übergangswahrscheinlichkeiten für Wald und waldfreie Standorte in Abhängigkeit von Landnutzungsdaten (Anteil an landwirtschaftlicher, ungenutzter und bebauter Fläche), die sie aus Luftbildern gewonnen haben. Ihre Methode aus zwei binären Bildern Übergangsmatrizen zu berechnen, wird jedoch von HUBER (2001) kritisiert. BROWN & DUH (2001) weisen die Kritik zurück und betonen, dass ihre Methode geeignet ist, Probleme auf Grund von falscher Klassifikation der Rasterpunkte und variabler Zeitspannen zwischen den Bildern zu lösen. Darauf aufbauend entwickelt WENG (2002) eine sehr komplexe Methode Landsat-Daten aufzubereiten, zu klassifizieren und anschließend Übergangsmatrizen für den Landnutzungswandel in China zu berechnen.

Der Einsatz von Markov-Ketten für Landschaftsmodelle ist jedoch wegen des fehlenden räumlichen Bezugs schwierig, so dass sich die Entwicklung von „spatial-temporal markov chains“ (Balzter et al., 1998) als Lösung anbietet. THEOBALD & HOBBS (1998) vergleichen auf Regressionsanalyse basierende Modelle mit auf räumlichen Übergangswahrscheinlichkeiten basierenden Modellen (Spatial transition-based) zur Prognose des Landnutzungswandels in Agrarlandschaften. Letztere sind eine Kombination aus räumlich aggregierender Markov-Kette und räumlich expliziten stochastischem Zellulären Automaten und zeigen nach THEOBALD & HOBBS die bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungsdaten zur Siedlungsentwicklung in Summit County, Colorado, USA. Auch JENERETTE & WU

(2001) verwenden eine Kombination aus Markov-Kette und Zellulären Automaten um die Siedlungsentwicklung von Phoenix in Arizona, USA, zu modellieren.

Ein interessantes Einsatzgebiet für Markov-Ketten zeigen JOHNSON et al. (1999) auf. Sie setzen Markov-Ketten zur Erzeugung von künstlichen Landschaftskarten ein. Dazu ersetzen sie den Zeitschritt in der Markov-Kette durch einen Skalenschritt, um so aus einer ersten sehr grob gerasterten Ausgangskarte immer feiner gerasterte Karten zu erstellen. Dabei können über alle Skalenebenen die gleiche Übergangsmatrix oder skalenabhängige Übergangsmatrizen verwendet werden.

Zur Trendanalyse im Landschaftsmaßstab berechnen MULLER & MIDDLETON (1994) die Übergangsmatrizen für den Landnutzungswandel aus topographischen Karten (Landnutzung an Gitterpunkten). Sie vergleichen die Grenzverteilungen (s. o.) der Übergangsmatrizen unterschiedlicher Zeiträume, um die Trends in den jeweiligen Zeiträumen vergleichen zu können. Diese Methode könnte auch zur Identifizierung von Gebieten mit vergleichbaren Trends eingesetzt werden.

Gelegentlich werden Markov-Ketten auch auf populationsbiologische Fragestellungen angewendet: So verwenden CASWELL & COHEN (1991) ein Markov-Modell, um die Bedeutung von interspezifischer Konkurrenz und Räuber-Beute-Beziehungen für die Koexistenz von Arten und die Musterdiversität von Meta-Populationen zu erklären. TANG & OHSAWA (2002) untersuchen Koexistenz von Baumarten in China.

Markov-Ketten werden mit Erfolg zur Modellierung der Sukzession in Wäldern eingesetzt. Dabei wird jedoch oft eine Variante der Markov-Ketten verwendet, die so genannten Semi-Markov-Ketten. Dabei wird zusätzlich eine „Wartezeit“ nach einer für jeden Zustand spezifischen Zufallsverteilung berücksichtigt, sobald ein neuer Zustand erreicht wird. Die Übergangswahrscheinlichkeiten sind nicht nur vom vorangehenden Zustand, sondern auch von der Wartezeit abhängig. Die Verwendung von Semi-Markov-Ketten bietet sich zur Modellierung von Wäldern in besonderem Maße an, da so die unterschiedliche Lebensdauer der Baumarten über die Wartezeit berücksichtigt werden kann. Einen guten Einblick in die Methodik der Semi-Markov-Ketten bietet MOORE (1990), der Wälder im westlichen Montana (USA) analysiert. Weitere Anwendungsbeispiele finden sich bei ACEVEDO et al. (1995), die einen Wald der Oregon Cascades untersuchen und bei ACEVEDO et al. (1996), die mit künstlichen Walddaten und funktionalen Typen als Zuständen arbeiten.

Es finden sich zahlreiche Abwandlungen und Erweiterungen: So berücksichtigt LERTZMANN (1995) artspezifische Mortalitätsraten. LOGOFET & LESNAYA (2000) nutzen ein verbales Modell zur Dauer einzelner Sukzessionsstadien in Mischwäldern in Zentral-Russland, um eine Übergangsmatrix zu bilden. YEMSHANOV & PERERA (2002) verwenden eine räumlich explizite Markov-Kette und geben Beispiele für den Einsatz von Markov-Ketten zur Modellierung von Landnutzungswandel und Vegetationsdynamik an. BENABDELLAH et al. (2002) betonen anhand ihrer Untersuchungen im Erzgebirge die Nützlichkeit von Markov-Ketten zur Modellierung der Sukzession in Wäldern.

Als Beispiel für andere Vegetationstypen sei VAN GROENENDAEL et al. (1996) genannt, welche mit Markov-Ketten die Vegetationsentwicklung von Seen in Irland untersuchen. AAVIKSOO (1995) modelliert Pflanzengemeinschaften und Landnutzung in Moor-Landschaften in Estland mit Markov-Ketten erster und zweiter Ordnung. CHILDRESS et al. (1998) vergleichen vier Varianten von Markov-Ketten unterschiedlicher Stationarität (zeitlicher Homogenität) anhand einer zwölfjährigen Zeitreihe von Transektdaten (12 x 14 m, 1 m x 1 m Subplots, 51 Klassen bzw. Zustände) der Primärsukzession nach dem Vulkanausbruch am Mount St. Helens, Washington, USA. Insgesamt ist die Anpassung schlecht, was die Autoren auf die starken Schwankungen der einzelnen Arten zurückführen. Dagegen zeigt das Markov-Modell mit jährlich optimierter Übergangsmatrix die beste Anpassung. Auf einer Insel im Nordwesten Floridas untersuchen GIBSON et al. (1997) fünf Jahre lang die Primärsukzession an einem neu aufgespültem Strand und die Entwicklung der etablierten Vegetation oberhalb des neuen Strandabschnittes. Ihre Analyse mit Markov-Ketten zeigten zum einen, dass sich die Primärsukzession aufgrund des Hurrikans Andrew 1992 verlangsamt hat, zum anderen wurde die Entwicklung der höher gelegene Vegetation nicht durch die Strandaufspülung gestört.

Bei Offenlandbiotopen stellt sich häufig die Frage nach dem Erhalt des Graslandes bzw. der Verhinderung der Verbuschung/Verwaldung mittels Beweidung. CALLAWAY & DAVIS (1993) untersuchen den Wechsel zwischen vier Vegetationstypen in Abhängigkeit von Beweidung und Feuer sowie von Exposition, geologischem Ausgangssubstrat und Bodenart in Zentral-Kalifornien. GIBSON et al. (1983) untersuchen die Effekte von Beweidungsausschluss von Schildkröten auf dem Aldaba-Atoll im südlichen Indischen Ozean. Sie bewerten die Anpassung als oftmals schlecht, betonen jedoch den Wert der Modellierung natürlicher Bestände mit Markov-Ketten zur Hypothesenbildung, um daraus kontrollierte Experimente zu entwickeln.

Untersuchungen auf der Ebene von Pflanzengemeinschaften sind eher selten mit Markov-Ketten vorgenommen worden. In dem meisten Fällen werden als Zustände Vegetationstypen modelliert, die z. B. mit Hilfe der Clusteranalyse gebildet wurden. In nur wenigen Fällen werden Arten als Zustände verwendet. HOBBS (1983) bildet 12 bzw. 14 Zustände anhand der dominanten Art bzw. der zwei co-dominanten Arten in je 128 Quadraten (10 cm x 10 cm), die er über maximal drei Jahre in Schottland beobachtet hat. Von den drei Vegetationstypen zeigt die Markov-Kette nur bei der artenarme Heide eine gute Anpassung. HOBBS & LEGG (1983) untersuchen in ähnlicher Weise fünf Transekte mit je 100 Quadraten (10 cm x 10 cm, 14 Zustände) und zehn weitere Transekte mit je 128 Quadraten.

LOUGH et al. (1987) untersuchen die Polstervegetation in den Neuseeländischen Alpen und verwenden dazu Vegetationskarten aus den Jahren 1953, 1965, 1974 und 1984. Auf zwei Quadraten (8 m x 8 m und darin 2 m x 2 m) werden an je 1024 zufällig ausgewählten Punkten die Übergänge registriert. Die Markov-Kette zeigt eine gute Anpassung. Auf vier Flussinseln im Mississippi-Delta untersuchen REJMANEK et al. (1987) die Vegetationsentwicklung auf 110 plots (1 m x 1 m, mit 20 - 40 m Abstand) von 1979 bis 1984, sowie Luftbilder von 1946 und 1956 mit 10.000 Quadraten (50 m x 50 m) mit sechs Zuständen (vier Haupt-Vegetationstypen, „other types“ und „non-vegetated“). DALE et al. (1993) analysieren für je acht bzw. zwölf Arten die Präsenz-Absenz-Daten aus vier 100 m langen Transekten (je 1000 Quadrate, 10 cm x 5 cm) von Seggen-Wiesen auf Ellesmere Island, Kanada. Der Goodness-of-fit Test zeigt nur für die einzelnen Arten eine gute Anpassung, für die Kombination der Arten jedoch nicht. Die Anpassung bezüglich der Länge von Präsenz und Absenz einer Art sowie bezüglich der lokalen Ähnlichkeit ist ebenfalls schlecht.

Während die meisten Anwendungen stationäre Markov-Ketten verwenden, setzt SCANLAN (1994) für verbuschende Savanne im südlichen Texas, USA, wechselnde Übergangsmatrizen ein. Diese Art von Markov-Ketten werden auch als inhomogene Markov-Ketten bezeichnet. Aus gerasterten Luftbildern aus den Jahren 1941, 1960 und 1983 bestimmt SCANLAN zwei Übergangsmatrizen mit sieben Vegetationstypen. Die Jahre 1941 bis 1960 waren ungewöhnlich trocken, während in den Jahren 1960 bis 1983 die Niederschläge normal bis leicht erhöht waren. Er erzeugt eine Reihe von Zufallszahlen zwischen 0 und 1 und erstellt daraus verschiedene Klimaszenarien, in dem er das Intervall in dem die Übergangsmatrix für feuchte Jahre genommen wird variiert – das Intervall $[0; 0,2]$ entspricht den aktuellen Klimaverhältnissen. Aus seinen Simulationen zieht er den Schluss, dass die Sa-

vanne nicht vor der Bewaldung bewahrt werden kann, wenn die derzeitigen feuchten Klimaverhältnisse andauern.

3 Material und Methoden

3.1. Die untersuchten Datensätze

Untersuchungen über mehr als fünf Jahre sind in der Ökologie eher selten. So kam TILMAN (1989) nach einer Auswertung einer Stichprobe der Jahrgänge 1977 – 1987 der Zeitschrift Ecology zu dem Ergebnis, dass von 623 Artikeln weniger als 10 % auf Datenreihen aus mehr als fünf Jahre beruhen. Noch seltener sind Artikel, die die Rohdaten der Vegetationsaufnahmen aus allen Jahren veröffentlichen. Zudem sollten die vorliegenden Untersuchungen auf Offenland-Biotop mit relativ konstanten Umweltbedingungen beschränkt sein. Ausgeschlossen wurden deshalb Wälder und Gebüsche (wesentlich höhere Langlebigkeit der Bäume und Sträucher) sowie Äcker und Gewässerufer (jährliche Zerstörung der Vegetation). Bei der Suche nach geeigneten Zeitreihen konnten 27 elfjährige und 10 neunjährige Datensätze ermittelt werden, die Vegetationsaufnahmen aus Wiesen, Weiden, Heiden und Brachen enthalten. Alle Zeitreihen sind von ihrer Aufnahmemethodik als Makrodaten im Sinne von Kapitel 2.1.2 zu bezeichnen. Die Daten von Lippe et al (1985) wurden zwar als Mikrodaten erhoben, jedoch aggregiert veröffentlicht und stehen somit nur als Makrodaten zur Verfügung. In Kapitel 3 werden zu den einzelnen Datensätzen die Literaturquellen, die Standorte, der Beobachtungszeitraum und besondere Ereignisse in dieser Zeit detailliert beschrieben sowie die Abweichungen zu der im folgenden Abschnitt beschriebenen allgemeinen Methode der Definition der Zustände dargestellt.

3.2. Definition der Zustände und Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten

Für die Modellierung von Vegetationsdaten ist die Definition der Zustände entscheidend für die Aussagekraft der mit Markov-Ketten erstellten Prognosen (USHER 1981) und muss der Fragestellung angepasst werden (RUNKLE 1981). Da hier jedoch der Vergleich der beiden Schätzmethoden und die Prognosequalität auf der Basis weniger Beobachtungsjahre im Vordergrund stehen, werden – wie bei BALZTER (1998) – bei allen Datensätzen einheitlich nur die dominanten Arten als separate Zustände modelliert:

Als Zustände sind die Arten definiert, die in mindestens einem Beobachtungsjahr einen Deckungsgrad von fünf Prozent erreichen. Alle anderen Arten wurden unter der Bezeichnung „restliche

Arten“ („rest_spec“) zusammengefasst. Wenn die Daten als Schätzklassen vorliegen, so sind die mittleren Deckungsgrade entsprechend der jeweils verwendeten Schätzskala eingesetzt worden. Falls für die Zeitreihen Gesamtdeckungsgrade angegeben sind, wurde die Differenz zu 100 % als Zustand „unbedeckter/offener Boden“ bzw. „soil_open“ berücksichtigt. Für alle anderen Zeitreihen wurden für Beobachtungsjahre mit einer Deckungsgradsumme von unter 100 % die Differenz zu 100 % als „unbedeckter/offener Boden“ bzw. „soil_open“ berechnet und als eigener Zustand definiert. Beträgt die Summe aller Deckungsgrade der Arten mehr als 100 %, wurden die Einzelwerte linear skaliert, so dass die Summe bei 100 % liegt.

Die Schätzung der Übergangsmatrizen erfolgte zum einen nach der Methode von ORLOCI et al. (1993). In Anlehnung an sein Programm FitMarkoR wurden alle so geschätzten Übergangsmatrizen und die daraus berechneten Prognosen mit der Abkürzung „FMR“ gekennzeichnet. Zum anderen wurde die Übergangsmatrix nach der Maximum-Likelihood-Methode für Makrodaten nach LEE et al. (1970) mit dem Programm „Markov Chain Simulator“ (MCS) von BALZTER (1998) geschätzt. In Kapitel 4 sind die beobachteten Deckungsgradanteile der Zustände („Original“) und die prognostizierten Deckungsgradanteile der beiden Prognosen („FMR“ bzw. „MCS“) als Balkendiagramme dargestellt.

3.3. Trendanalyse der Beobachtungsdaten

Liegt eine gerichtete Vegetationsentwicklung (Trend) vor? Falls ja, wie stark ist der Trend? Über welchen Zeitraum besteht eine zeitliche Abhängigkeit der Vegetationsaufnahmen?

Die zeitliche Anhängigkeit der Aufnahmen zeigt sich in der Ähnlichkeitsmatrix: Je weiter der zeitliche Abstand zwischen zwei Aufnahmen, desto geringer ist ihre Ähnlichkeit. WILDI (2001) empfiehlt zur Analyse zeitlicher Abhängigkeiten für Dauerbeobachtungsflächen in Pflanzenbeständen die bei LEGENDRE & FORTIN (1989) beschriebenen Methoden der zeitlichen Autokorrelation und Korrelogramme. Durch Bestimmung der zeitlichen Autokorrelation der gesamten Ähnlichkeitsmatrix (overall autocorrelation) wird auf das Vorhandensein eines Trends getestet und dessen Stärke ermittelt. Mit dem Korrelogramm kann der Zeitraum der zeitlichen Abhängigkeit bestimmt werden. Diese beiden Methoden werden im folgenden beschrieben.

Zur Bestimmung der zeitlichen Autokorrelation ist die standardisierte Mantel-Statistik (M_r) zwischen der Ähnlichkeitsmatrix der beobachteten Vegetationsaufnahmen (van-der-Marrel-Koeffizient) und der Distanzmatrix (Euklidische Distanz) der Aufnahmejahre berechnet und mittels Permutations-Test (10.000 Permutationen der Distanzmatrix) auf Signifikanz auf dem fünf Prozentniveau getestet worden (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Die standardisierte Mantel-Statistik (overall M_r) und der p-Wert des Permutations-Tests sind im Mantel-Korrelogramm unterhalb der Diagrammtitels angegeben. Anders als in den Mantel-Korrelogrammen weisen hier negative Werte für M_r auf positive zeitliche Autokorrelationen hin, da eine Ähnlichkeitsmatrix mit einer Distanzmatrix verglichen wird.

Da die Markoveigenschaft besagt, dass der Zustand zum Zeitpunkt $t+1$ allein vom Zustand zum Zeitpunkt t abhängt, sollte die beobachtete Zeitreihe über die Distanz eines Jahres korreliert sein. Mittels Mantel-Korrelogrammen (vgl. LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) kann die Autokorrelation von Aufnahmejahren, die zeitlich gleich weit voneinander entfernt sind, untersucht werden. LEGENDRE & FORTIN (1989) übertrugen ein Verfahren von SOKAL (1986) und ODEN & SOKAL (1986) zur Berechnung von Korrelogrammen für multivariate Daten auf Vegetationsdaten zur Untersuchung der räumlichen Autokorrelation. Hier werden an Stelle der räumlichen Distanzen zwischen Aufnahme-punkten die zeitlichen Distanzen zwischen den Aufnahmejahre verwendet. Dazu wird die Ähnlichkeitsmatrix der Vegetationsaufnahmen mit einer Reihe von Modell-Matrizen verglichen. So wird z. B. die Modell-Matrix für die Korrelation über ein Jahr (D_1) gebildet, indem die Zellen $(t, t+1)$ und $(t+1, t)$, die die aufeinander folgende Jahre verbinden, mit Einsen gefüllt werden; alle anderen Zellen erhalten den Wert Null. Entsprechend werden in der Modell-Matrix für die Korrelation über zwei Jahre (Distanz = 2) die Zellen $(t, t+2)$ und $(t+2, t)$ mit Einsen gefüllt, alle anderen auf Null gesetzt usw. Als Beispiel die drei Modell-Matrizen D_1 , D_2 und D_3 für eine 4jährige Zeitreihe:

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{cccc}
 0 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 1 & 0
 \end{array} &
 \begin{array}{cccc}
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 \\
 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0
 \end{array} &
 \begin{array}{cccc}
 0 & 0 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \\
 D_1 = & D_2 = & D_3 =
 \end{array}$$

Da für die Vegetationsaufnahmen ein Ähnlichkeitskoeffizient mit Werten im Intervall 0 bis 1 berechnet wird und in den Modell-Matrizen die Zellen gleicher Distanz mit 1 gefüllt sind, weisen positive Werte im so erstellten Mantel-Korrelogramm auf positive zeitliche Autokorrelationen hin.

Je größer der zeitliche Abstand zwischen den verglichenen Aufnahmen ist (hohe Distanz), desto weniger Aufnahmepaare werden in die Berechnung einbezogen. Wegen der nur sehr kleinen Fallzah-

len bei den höheren Distanzen empfehlen LEGENDRE & FORTIN (1989) nur die ersten zwei Drittel im Mantel-Korrelogramm zu interpretieren. Bei elf Beobachtungsjahren sind deswegen nur für die Distanzen 1 bis 6 bzw. bei neun Beobachtungsjahren nur für die Distanzen 1 bis 5 die signifikanten Werte in den Abbildungen als ausgefüllte Kreise dargestellt. Die nicht signifikanten Distanzen in den ersten zwei Dritteln sind als offene Kreise dargestellt, ebenso alle Werte im letzten Drittel der Mantel-Korrelogramme.

Die Signifikanz des Ergebnisses des standardisierten Mantel-Tests zwischen Beobachtungs-Matrix und Modell-Matrix wird mittels Permutations-Test (10.000 Permutationen der Modell-Matrix) festgestellt. Es wurde die Bonferroni-Korrektur nach Fisher verwendet, dabei wird das gewählte Signifikanzniveau α (hier 0,05) durch die Zahl der durchgeführten Tests (n) geteilt ($\alpha = \alpha/n$). Weil die Distanzmatrix der Aufnahmejahre (s. o.) mit den Distanzmatrizen der Modell-Matrizen verbunden ist, wurde für die Mantel-Korrelogramme und den ersten Mantel-Test das Signifikanzniveau auf $0,05/6=0,0083$ für die neunjährigen und $0,05/7=0,0071$ für elfjährigen Zeitreihen festgelegt. Der Kurvenverlauf zeigt die Stärke des Trends: Je linearer der Verlauf des Graphen in den Mantel-Korrelogrammen ist, desto stärker ist der Trend in der beobachteten Zeitreihe.

Zur Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Vegetationsdaten werden oft die Ähnlichkeitskoeffizienten des ersten Jahres mit den darauf folgenden Jahren verglichen (SCHMIDT 1981, DIERSCHKE 1985). Die Fixierung auf das erste Jahr kann aber problematisch sein, wenn das erste Jahr besonders stark in der Zusammensetzung von den folgenden Jahren abweicht; was auch auf einige der untersuchten Datensätze zutrifft, gesucht wird also eine Methode, multivariate Daten (Vegetationsaufnahmen) an eine Variable (Zeitgradienten) abzubilden. ROBERTS (1986) führte die Fuzzy Ordination in die Vegetationskunde ein, um die multivariaten Vegetationsdaten mit Messreihen abiotischer Standortfaktoren (univariate Datenreihen) zu verbinden. Nach WILDI (2001) ist das von ROBERTS vorgestellte Ordinationsverfahren bestens geeignet, Vegetationsdaten von Dauerbeobachtungsflächen auf einem zeitlichen Gradienten abzubilden. Das Verfahren in seiner ursprünglichen Anwendung auf Standortsgradienten und die Anpassung an einen zeitlichen Gradienten sei kurz beschrieben (siehe WILDI 2001):

Die Messwerte des Standortfaktors x werden „fuzzifiziert“, d. h. auf das Intervall 0 bis 1 skaliert:

$$y(i) = \frac{x(i) - x(\min)}{x(\max) - x(\min)} \quad \text{und} \quad y'(i) = 1 - y(i) \quad .$$

Die transformierten Werte geben den Zugehörigkeitsgrad zum Fuzzy-Set „hoher Wert des Standortfaktors“ (y) bzw. „niedriger Wert des Standortfaktors“ (y') an.

Für die Vegetationsdaten wird eine Ähnlichkeitsmatrix S berechnet. Vorzugsweise wird ein Ähnlichkeitskoeffizient verwendet, dessen Wertebereich zwischen 0 und 1 liegt; andernfalls müssen die Werte ebenfalls fuzzifiziert werden.

Für jede Vegetationsaufnahme m wird nun der Mittelwert der Ähnlichkeit mit allen anderen Aufnahmen berechnet, gewichtet mit dem Zugehörigkeitsgrad für hohe bzw. niedrige Werte des Standortfaktors:

$$z(m) = \frac{\sum_{i \neq m} S(m, i) \cdot y(i)}{\sum_{i \neq m} y(i)} \quad \text{und} \quad z'(m) = \frac{\sum_{i \neq m} S(m, i) \cdot y'(i)}{\sum_{i \neq m} y'(i)} \quad .$$

Anschließend wird die antikommutative Differenz (ROBERTS 1986) berechnet:

$$u(i) = 1/2 [1 + (z(i)^2 - z'(i)^2)]$$

Dieser „scheinbare Messwert“ („apparent factor“) wird im Ordinationsdiagramm auf der Abszissenachse und der reale, fuzzifizierte Messwert („real factor“) auf der Ordinatenachse abgetragen.

In dieser Arbeit wird das Beobachtungsjahr als „realer Messwert“, beginnend mit 1, und der van-der-Marrel-Koeffizient (VAN DER MARREL et al. 1978) als Ähnlichkeitskoeffizient verwendet. Der van-der-Marrel-Koeffizient für quantitative Daten entspricht dem Jaccard-Index für binäre Daten.

Anders als in der Originalarbeit werden die „realen“ Jahre auf der Abszissenachse und die „scheinbaren“ Jahre auf der Ordinatenachse abgetragen, da in diesem Fall große Unterschiede der Beobachtungsjahre mit großen Abständen auf der y -Achse korrespondieren und eine große Steigung der Verbindungslinie eine starke Veränderung des Bestandes anzeigt. Die Abszissenachse ist mit den letzten zwei Ziffern der Aufnahmejahre beschriftet.

3.4. Vergleich von Beobachtung und Prognose

Die Beurteilung der Anpassungsgüte (goodnes of fit) erfolgt anhand von fünf Kriterien, von denen die ersten drei auch von BALZTER (1998 und 2000) verwendet wurden.

Die mittlere quadratische Abweichung (MSE = mean squared error) ist ein metrisches Streuungsmaß, bei dem die Summe der Abweichungsquadrate zwischen Beobachtungs- und Modelldaten durch die Zahl der Punktepaare ((Beobachtungsjahre-1) * Zustände)) dividiert wird. Der MSE sollte als metrisches Abweichungsmaß nicht überbewertet werden (BALZTER, 1998), da für Pflanzenbestände die relativen Verhältnisse der Arten zueinander wichtiger sind als die absoluten Differenzen.

In Pflanzenbeständen sind typischerweise wenige Arten mit hohen Deckungsgraden und viele Arten mit nur geringen Deckungsgraden vorhanden. Da zudem die Beobachtungsdaten auf Schätzklassen basieren, also ordinalskaliert Daten vorliegen, ist nichtparametrischen / verteilungsfreien Tests, die auf Rangskalen basieren, bei der Analyse von Vegetationsaufnahmen der Vorzug zu geben. Deshalb wird als Maß für die Stärke des Zusammenhangs zwischen Beobachtung und Prognosen Spearmans Rangkorrelationskoeffizient verwendet. Ein hoher Wert für Spearmans r sollte immer zusammen mit dem Wilcoxon-Test betrachtet werden (BALZTER 2000).

Die Signifikanz der Abweichungen wird mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen geprüft, dabei werden Zeitpunkte und Zustände als Wiederholungen betrachtet. Damit ist jedoch die Annahme der Unabhängigkeit verletzt, so dass die p-Werte mit Vorsicht zu interpretieren sind (BALZTER 1998).

WAGNER & WILDI (1997) verglichen den Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993) mit einem auf multivariater Regression basierendem Verfahren von WILDI (1988) zur Beurteilung der Vegetationsentwicklung von Dauerflächen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass das Verfahren von WILDI gut geeignet ist die Rate der Veränderung zu beurteilen, während das Verfahren von ORLOCI et al. dagegen gerichteten Trend sehr gut vom Rauschen bzw. von Fluktuationen unterscheiden kann.

Zur Trendanalyse empfiehlt WILDI (2001) die Fuzzy Ordination (siehe vorherigen Abschnitt). Die Interpretation erfolgt jedoch allein anhand des Verlaufs des Graphen. Als weiteres Streuungsmaß wurde deshalb die mittlere quadratische Abweichung der Fuzzy-Ordination (MSE FO) zwischen Beobachtung und Prognose berechnet. Für die Trendanalyse in Kapitel 3 wurden jeweils die Beobachtungsdaten und die Prognosen nach beiden Methoden (FMR und MCS) gemeinsam ordiniert, je-

doch ohne das jeweils erste Jahr, da dieses in den Markov-Ketten als Anfangsvektor dient. In Kapitel 4 werden alle Prognosen für einen Datensatz (nach beiden Verfahren und allen vier Varianten der in die Schätzung der Übergangsmatrizen einfließenden Jahre) gemeinsam mit der beobachteten Zeitreihe ordiniert, wobei ebenfalls das erste Beobachtungs- bzw. Prognosejahr nicht berücksichtigt wird.

3.5. Die verwendete Software

Die Schätzung der Übergangsmatrizen nach der Methode von ORLOCI et al. (1993) erfolgten mit dem TrueBasic-Programm FitMarkoR (FMR) von ORLOCI et al. (1993). Mit dem Delphi-Programm „Markov Chain Simulator“ (MCS) von BALZTER (1998) wurde die Übergangsmatrix nach der Maximum-Likelihood-Methode für Makrodaten nach LEE et al. (1970) geschätzt. Zur Erstellung der spezifischen Eingabe-Dateien und zum Einlesen der Ausgabe-Dateien dieser beiden Programme wurden Import- und Export-Module in DELPHI 5.0 von Borland geschrieben. Diese Module sind Bestandteil des vom Autor erstellten Programms TPMS mit dem der größte Teil der Auswertungen erfolgte: Mantel-Test auf Trend, Mantel-Korrelogramme für Distanzklassen, Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993) und Fuzzy-Ordinationen.

Der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen und Spearmans Rangkorrelationskoeffizient wurden mit STATICA 6.0 von StatSoft berechnet, die spezifischen Eingabedateien mit TPMS erzeugt. Alle übrigen Berechnungen erfolgten mit EXCEL 2000 von Microsoft.

Die beobachteten Deckungsgradanteile der Zustände („Original“) und die prognostizierten Deckungsgradanteile der beiden Prognosen („FMR“ bzw. „MCS“) sind als Balkendiagramme dargestellt und wurden wie der Text mit OpenOffice erstellt.

Das Programm TPMS bietet darüberhinaus Module zur Bearbeitung numerischer Matrizen, zur Transformation von Reihen, Spalten und kompletten Matrizen und zur Berechnung einfacher Funktionen der beschreibenden Statistik (Minimum, Maximum, Mittelwert, Varianz und Standardabweichung). Der Datenimport und -export erfolgt über Dateien im TAB-separierten-Format (Excel 4.0-Format) oder über die Windows-Zwischenablage (mit und ohne Reihen- und oder Spaltentitel für komplette Matrizen oder selektierte Teilbereiche). Die Ein- und Ausgabedateien werden über eine Projektdatei zusammengefasst. Über das Projektfenster sind weitere Berechnungsmodule angebunden: Ähnlichkeitsmatrizen, Übergangsmatrizen nach ORLOCI et al. (1993), Markov-Ketten (Prognosen), Endverteilungen von Übergangsmatrizen sowie Eigenwerte und Eigenvektoren.

4 Trend-Abbildung neun- bis elfjähriger Zeitreihen

In diesem Kapitel soll untersucht werden, ob die ausgewählten Zeitreihen einen Trend in der Vegetationsentwicklung aufweisen und inwieweit diese Entwicklung mit Markov-Ketten und die beiden Verfahren zur Schätzung der Übergangsmatrizen abgebildet werden kann.

Die Unterkapitel sind nach Autoren und Vegetationstypen gegliedert. Zu Beginn jedes Unterkapitels werden anhand der Originalarbeiten die großräumliche Lage, allgemeine Standortsangaben und die verwendete Aufnahmemethode erläutert. Anschließend wird beschrieben wie die Zustände gebildet worden sind. Insbesondere wird auf eventuell notwendige Abweichungen von der allgemeinen Vorgehensweise – wie in Kap. 3.2 beschrieben – eingegangen.

Bei den einzelnen Dauerflächen werden zuerst – sofern bekannt – weitere Angaben zum Standort, zur Nutzungsgeschichte vor und während der Beobachtungszeit und zur Vegetation des Ausgangsbestandes sowie zur Bewertung der Vegetationsentwicklung in der Originalarbeit gemacht. Anschließend werden die Entwicklung der ausgewählten Arten (Zustände/Klassen), die Ergebnisse des Tests auf zeitliche Autokorrelationen und die Übereinstimmung der beiden Prognosen mit der Beobachtung beschrieben.

Im Anhang A sind die aus den Originaldaten gebildeten Modellmatrizen mit den modellierten Zuständen und deren Deckungsgradanteilen dargestellt. Dort sind auch die Werte für den „offenen Boden“, dem Rest zur Deckungsgradsumme von 100 %, sowie die im Sammel-Zustand „restliche Arten“ (rest_spec in den Abbildungen) zusammengefassten Arten mit nur geringen Deckungsgraden angegeben. In der Legende ist ersichtlich welche Arten dem Zustand „restliche Arten“ angehören. Unterhalb der Modellmatrizen sind die Werte der FMR- und MCS-Prognosen dargestellt.

Wenn im folgenden Deckungsgradanteile angegeben sind, so sind die Werte der Modellmatrix gemeint, hingegen beziehen sich Deckungsgrade auf die Werte der Originalaufnahmen. Mit dem Begriff „Beobachtungsdaten“ sind die aus den Originalaufnahmen gewonnen Daten der Modellmatrix gemeint.

4.1. LIPPE et al. (1985) – Heide nach Störung (Feuer)

Die 12 x 20 m² große Dauerfläche liegt in der „Dwinglose Heide“, einem Naturschutz-Gebiet im Nordosten der Niederlande. Der Heidebestand wird mit Schafen beweidet und wurde 1959 durch ein Feuer fast vollständig zerstört. DE SMIDT (1977, in LIPPE et al., 1985) ordnet den Bestand pflanzensoziologisch als *Genisto-Callunetum*, Subassoziation *typicum* ein. Zur Vegetationsaufnahme wurde ein Gitter im Abstand von 0,5 m über die Dauerfläche gespannt und die einzelnen Arten in eine Vegetationskarte der Gesamtfläche eingezeichnet. Anhand der Vegetationskarte wurde festgestellt, welche Arten an den Schnittpunkten der Gitterlinien vorkamen (percentage point cover). Warum dieser indirekte Weg gewählt wurde und die Arten an den Schnittpunkten nicht im Gelände notiert wurden, wird nicht erklärt.

Die Beobachtungen dauerten 19 Jahre von 1963 bis 1981, von denen hier nur die ersten elf Jahre (1963 – 1973) verwendet werden. Als Zustände wurden alle Arten mit mindestens einmal 5 % Deckungsgrad (percentage point cover) definiert. Die beiden verbleibenden Arten sind mit den von LIPPE et al. als „other species“ aggregierten Arten als Zustand „restliche Arten“ (rest_spec) zusammengefasst worden. Die beobachtete Zeitreihe weist einen deutlichen Trend auf: Die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) nimmt stark zu, in geringerem Umfang auch die Besen-Heide (*Calluna vulgaris*). Der Anteil der offenen Stellen (soil_open) nimmt besonders in den ersten Jahren stark ab, die Glockenheide (*Erica tetralix*) nimmt in den letzten Jahren leicht ab (Abb. 1).

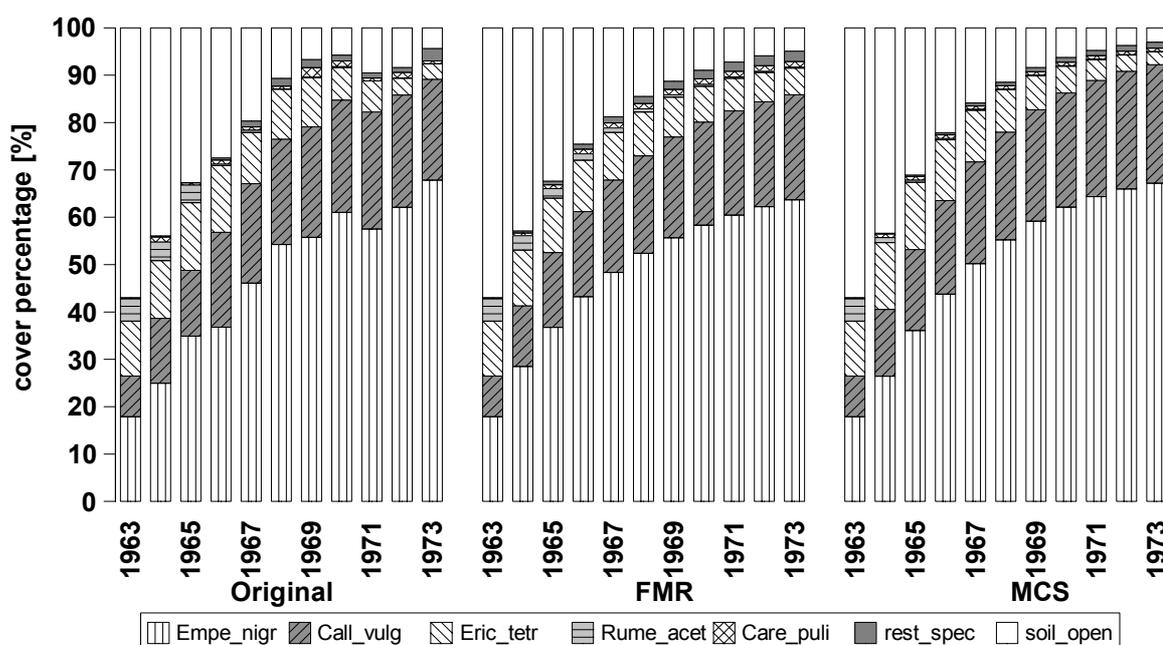


Abb. 1: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Beobachtung und Prognose
 Empe_nigr (*Empetrum nigrum*), Call_vulg (*Calluna vulgaris*), Eric_tetr (*Erica tetralix*), Rume_acet (*Rumex acetosella*),
 Care_puli (*Carex pilulifera*), rest_spec (*Molinia caerulea*, *Juncus squarrosus*, other species) und soil_open (unbedeckter Boden)

Der ausgeprägte Trend ist auch im Mantel-Korrelogramm (Abb. 2) zu erkennen: Die Aufnahmen sind über ein und zwei Jahre signifikant positiv korreliert ($p < 0,0001$ bzw. $p = 0,0035$) und über sechs Jahre signifikant negativ ($p = 0,0009$). Der Wert des standardisierten Mantel-Tests zwischen Vegetationsaufnahmen und Aufnahmejahren ist sehr hoch ($Mr = -0,807$, $p = 0,001$).

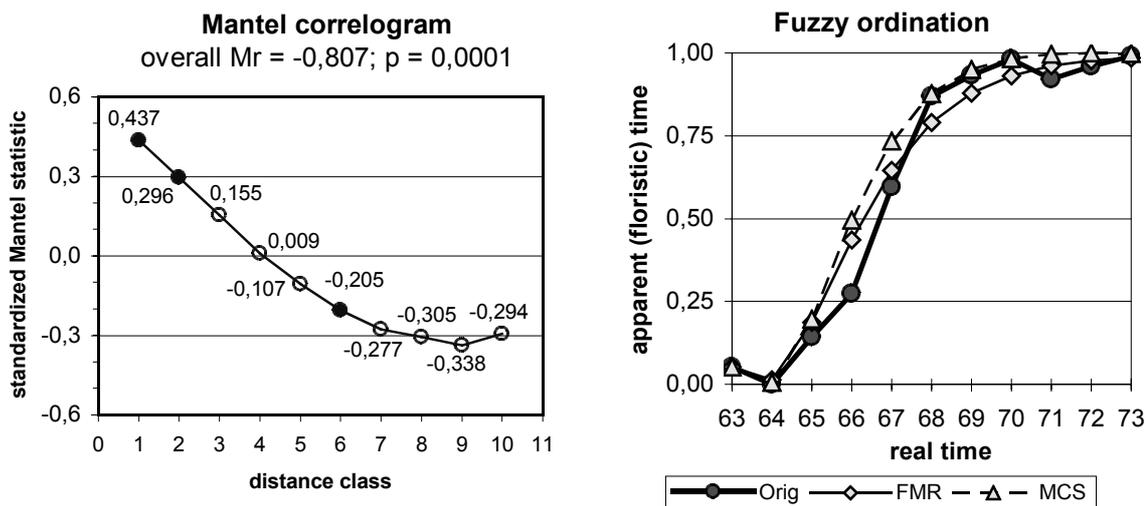


Abb. 2: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Mantel-Korrelogramm (● = signifikant; ○ = nicht signifikant) und Fuzzy-Ordination

Sowohl im Balkendiagramm (Abb. 1) als auch in der Fuzzy Ordination (Abb. 2) wird die hervorragende Übereinstimmung zwischen Beobachtung und den beiden Prognosen sichtbar.

4.2. RUNGE (1979, 1983) – Heide-Sukzession nach Umbruch bzw. Plaggen

Die folgenden vier Dauerflächen liegen alle im NSG „Heiliges Meer“ bei Hopsten, Kreis Steinfurth, und weisen eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf: Die vorhandene Heidevegetation wurden von RUNGE nach der Anfertigung einer Vegetationsaufnahme umgegraben oder abgeplaggt und anschließend jährlich aufgenommen. Für die meisten Arten wurden die Deckungsgrade in Schritte zu 5 %, bei Deckungsgraden unter 5 % und über 95 % in Schritten zu 1 % aufgenommen und teilweise zusätzlich die Individuen gezählt. Für manche Arten ist nur die Zahl der Individuen angegeben.

Als Zustände wurden alle Arten mit mind. einmal 5 % Deckungsgrad definiert. Alle übrigen Blütenpflanzen (*rest_spec*), alle übrigen Moose (*bryo_spec*) und alle übrigen Flechten (*lich_spec*) sind zu je einem eigenen Zustand zusammengefasst. Für die Arten, für die nur Individuenzahlen vorlagen, wurde ein Deckungsgrad von 0,1 % angenommen. Aus der Differenz des Gesamtdeckungsgrades zu 100 % wurde der Deckungsgrad für den Zustand „offener/unbedeckter Boden“ (*soil_open*) berechnet.

4.2.1. Ru83HutH – Umgegrabene, trockene *Calluna*-Heide

Die 1 m² große Dauerfläche liegt in einem trockenen *Genisto-Callunetum*, das „zeitweise von Heidschnucken und Pferden beweidet“ wird. Die Fläche wurde 1970 „mit einem Spaten 23 cm tief“ umgegraben und bis 1982 jährlich aufgenommen (RUNGE, 1979 und 1983a). Hier werden die elf Jahre von 1971 (erstes Jahr nach dem Umbruch) bis 1981 verwendet.

Die Entwicklung auf der Fläche ist im wesentlichen durch die Zunahme der Besen-Heide (*Calluna vulgaris*) und die synchrone Abnahme des offenen Bodens gekennzeichnet (Abb. 3). In den ersten vier Jahren drang *Calluna vulgaris* vom Rande in die Fläche ein, im fünften Jahr liefen zahlreiche Keimlinge in der Mitte des Quadrates auf, anschließend nahm die Besen-Heide kontinuierlich bis 95 % Deckungsgrad im Jahr 1981 zu. Im ersten und im vierten Jahr trat der Kleine Ampfer (*Rumex acetosella*) massenhaft auf (60 bzw. 30 % Deckungsgrad) und eroberte dabei gemeinsam mit zahlreichen Moosen (20 % Deckungsgrad im vierten Jahr) die Hälfte des offenen Bodens des Vorjahres.

Die Aufnahmejahre sind nur über ein Jahr miteinander positiv korreliert ($p=0,0001$), was vermutlich an den Ausnahmejahren 1971 und 1974 liegt, da die gesamte Zeitreihe eine hohe Autokorrelation (overall $M_r=-0,821$, $p=0,0001$) aufweist (Abb. 4).

Die beiden Prognosen zeigen bemerkenswerte Unterschiede (Abb. 3): Für *C. vulgaris* weist die FMR-Prognose in den ersten Jahren einen stärkeren Anstieg auf als beobachtet, erreicht aber bis 1981 nur 60 % Deckungsgrad. Dagegen ist der Anstieg der Besen-Heide in der MCS-Prognose noch viel stärker und erreicht fast exakt die beobachtete Höhe von 92 % Deckungsgrad im Jahr 1981.

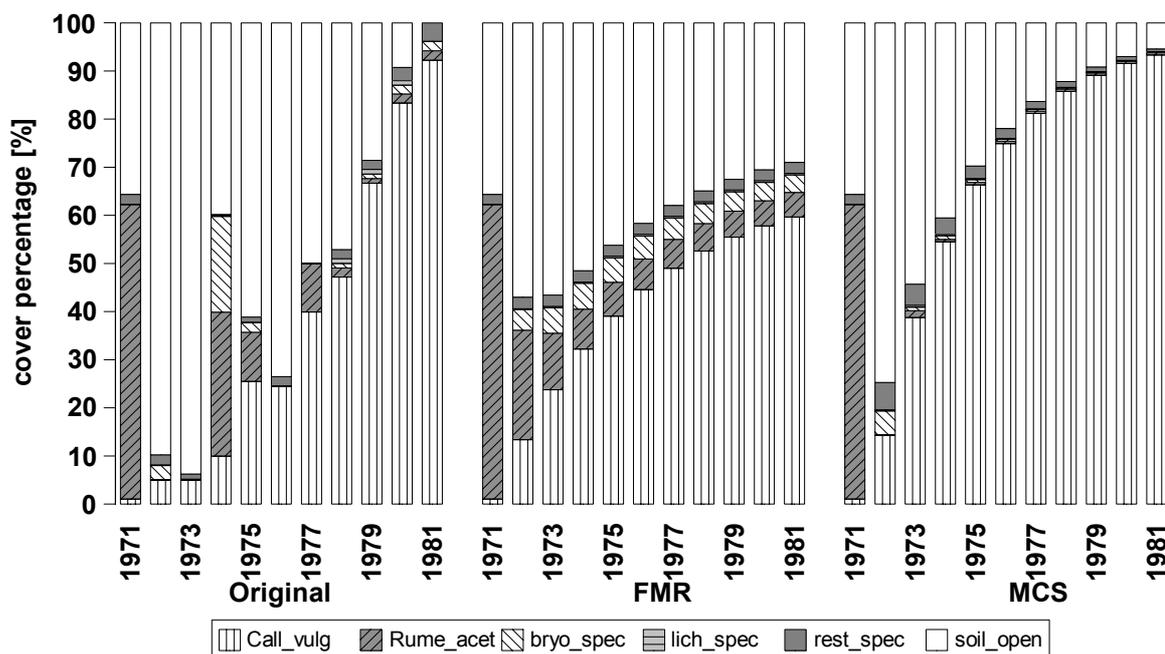


Abb. 3: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose
 Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten),
 rest_spec (*Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Agrostis tenuis*, *Avenella flexuosa* und *Festuca ovina*) und
 soil_open(offener Boden)

Der Zustand „offener Boden“ ist in beiden Fällen umgekehrt proportional zu *C. vulgaris*, den Gesamtdeckungsgrad von 100 % sagt aber auch die MCS-Prognose nicht voraus. Das massenhafte Vorkommen von *R. acetosella* und den Moosen (bryo_spec) bildet keine der Prognose nach: Während die FMR-Prognose diese beiden Zustände für alle Jahre eher überschätzt, werden in der MCS-Prognose diese unterschätzt und erreichen ab 1976 jeweils weniger als 0,5 % Deckungsgrad.

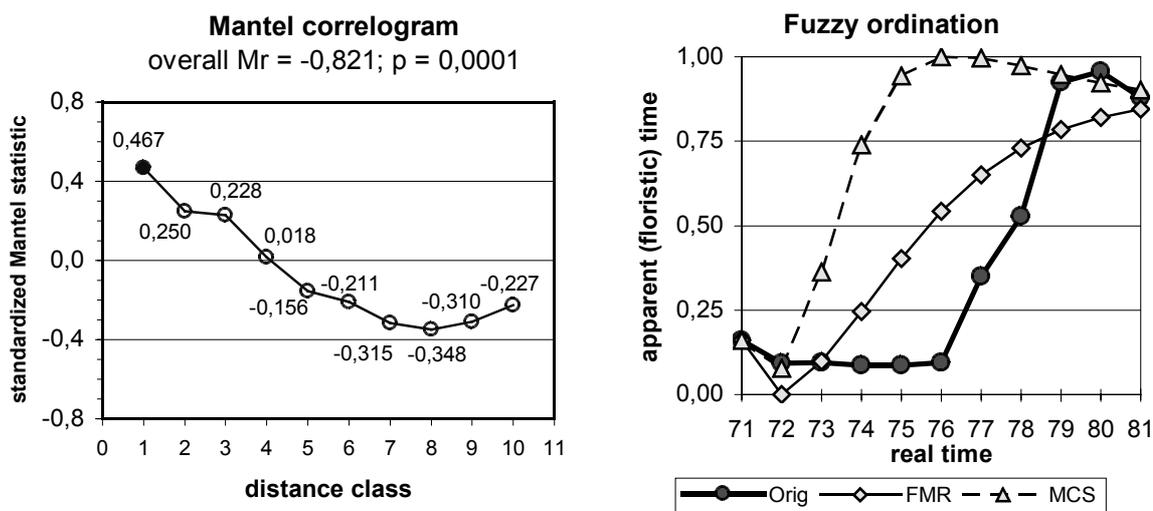


Abb. 4: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Abweichungen, für die insbesondere die Entwicklung von *C. vulgaris* die größte Bedeutung hat, lassen sich gut in der Fuzzy Ordination (Abb. 4) nachvollziehen: Eine rasante Entwicklung in der MCS-Prognose (verbunden mit geringen Deckungsgrad für alle anderen Arten), eine anfangs starke, aber dann gedämpfte Entwicklung in der FMR-Prognose und eine relative Konstanz in den ersten Jahren mit einer anschließend starken Expansion in der beobachteten Zeitreihe.

4.2.2. Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide

Die 1 m² große Dauerfläche liegt 3 m neben dem zuvor beschriebenen Quadrat. Auf der Fläche wurden 1970 die obersten 6 bis 12 cm Boden (O- und Ah-Horizont, teilweise auch der Ae-Horizont) entfernt. Die Aufnahmen erfolgten jährlich von 1970 bis 1982 (RUNGE, 1979 und 1983a). Hier werden die elf Jahre von 1971 (erstes Jahr nach dem Plaggen) bis 1981 verwendet.

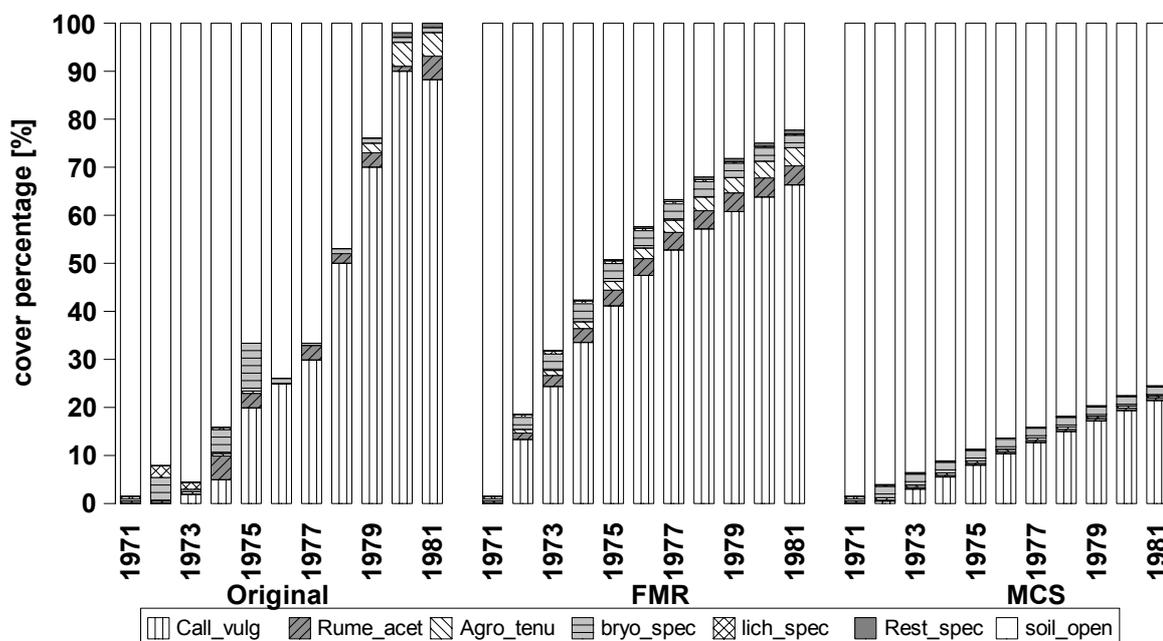


Abb. 5: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose
 Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten), rest_spec(*Betula pubescens*, *Erica tetralix*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Avenella flexuosa* und *Anthoxanthum odoratum*) und soil_open(offener Boden)

Die Vegetationsentwicklung (Abb. 5) ähnelt sehr derjenigen auf der benachbarten Fläche: *Calluna vulgaris* wächst anfangs nur vom Rande ein und erreicht dabei nur geringe Deckungsgrade. Im fünften Jahr treten auch hier die ersten Keimlinge der Besen-Heide auf und diese weitet sich rasant aus, bis ein Deckungsgrad von 90 % erreicht ist. Im Unterschied zur umgegrabenen Fläche (Abb. 3), erreicht der Kleine Ampfer (*Rumex acetosella*) hier in allen Jahren nur geringe Deckungsgrade.

Die Autokorrelation (Abb. 6) über die gesamte Zeitreihe ist fast gleich hoch (overall $Mr = -0,826$, $p = 0,0001$), im Gegensatz zur benachbarten Fläche sind hier die Aufnahmen außer über ein Jahr

($p=0,0001$) auch über zwei Jahre ($p=0,0071$) signifikant positiv und über sechs Jahre ($p=0,0004$) signifikant negativ korreliert.

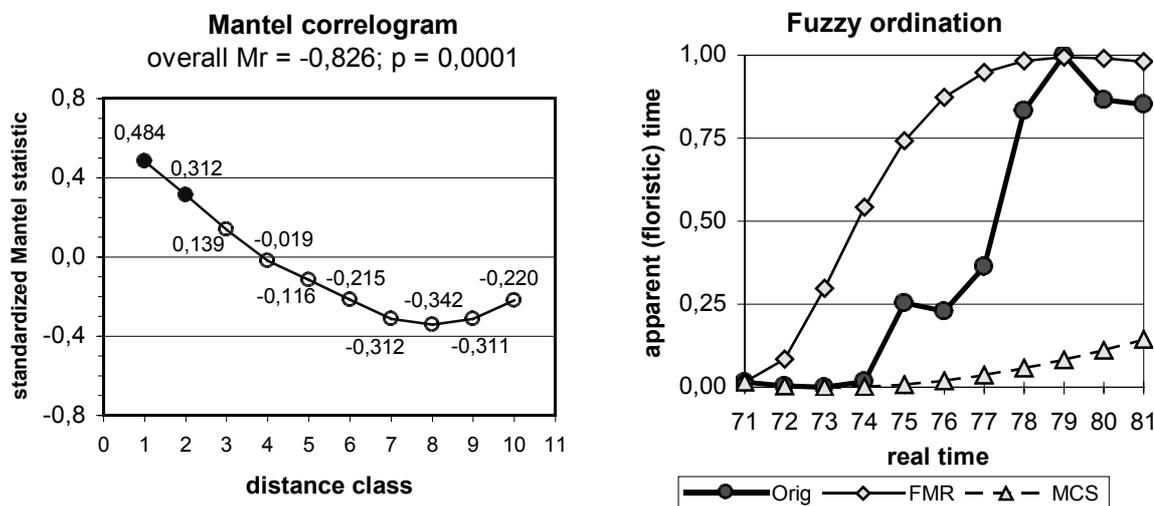


Abb. 6: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die FMR-Prognose (Abb. 5) weist die gleichen Schwächen wie bei der umgegrabenen Fläche auf: Zu schneller Anstieg von *C. vulgaris*, wobei die absolute Höhe in den letzten Jahren zu niedrig ist. Dafür wird das Aufkommen von *Agrostis tenuis* in den letzten Jahren gut abgebildet. Die MCS-Prognose versagt völlig, da auch für das Jahr 1981 nur 20 % Deckungsgrad für die Besen-Heide geschätzt werden, die zu diesen Zeitpunkt aber 90 % erreicht hat. Die Fuzzy Ordination (Abb. 6) bildet diese Unterschiede sehr gut ab.

4.2.3. Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide

Die in einem *Genisto-Callunetum molinietosum* gelegene, 1 m² große Dauerfläche wurde 1970 mit einem Flachspaten 4 bis 7 cm tief abgeplaggt. Dabei wurde der O-Horizont vollständig und der Ah-Horizont teilweise entfernt. Hier werden von den jährlichen Aufnahmen von 1970 bis 1982 (RUNGE, 1979 und 1983a) nur die elf Jahre von 1971 (erstes Jahr nach dem Plaggen) bis 1981 verwendet.

Im Vergleich zu den beiden Quadraten in der trockenen Heide (Abb. 3 und Abb. 5) erfolgt die Besiedelung in der feuchten Heide (Abb. 7) wesentlich schneller: Schon im fünften Jahr (1975) ist die Fläche zu 95 % bedeckt. Im zweiten Jahr erscheint die Besen-Heide (*Calluna vulgaris*) und erreicht nach sieben Jahren mit knapp 70 % ihre größte Verbreitung, nimmt aber anschließend leicht ab auf 55 % Deckungsgradanteil (im hier nicht berücksichtigten Folgejahr erreicht die Besen-Heide nur noch 43 %). Die Glockenheide (*Erica tetralix*) erscheint im dritten Jahr und stabilisiert sich ab dem

fünften Jahr auf ungefähr 15 % Deckungsgradanteil. Dies ist bemerkenswert, da die Fläche vor dem Plaggen zu 75 % mit *Erica tetralix* bedeckt war und *Calluna vulgaris* nur 15 % einnahm.

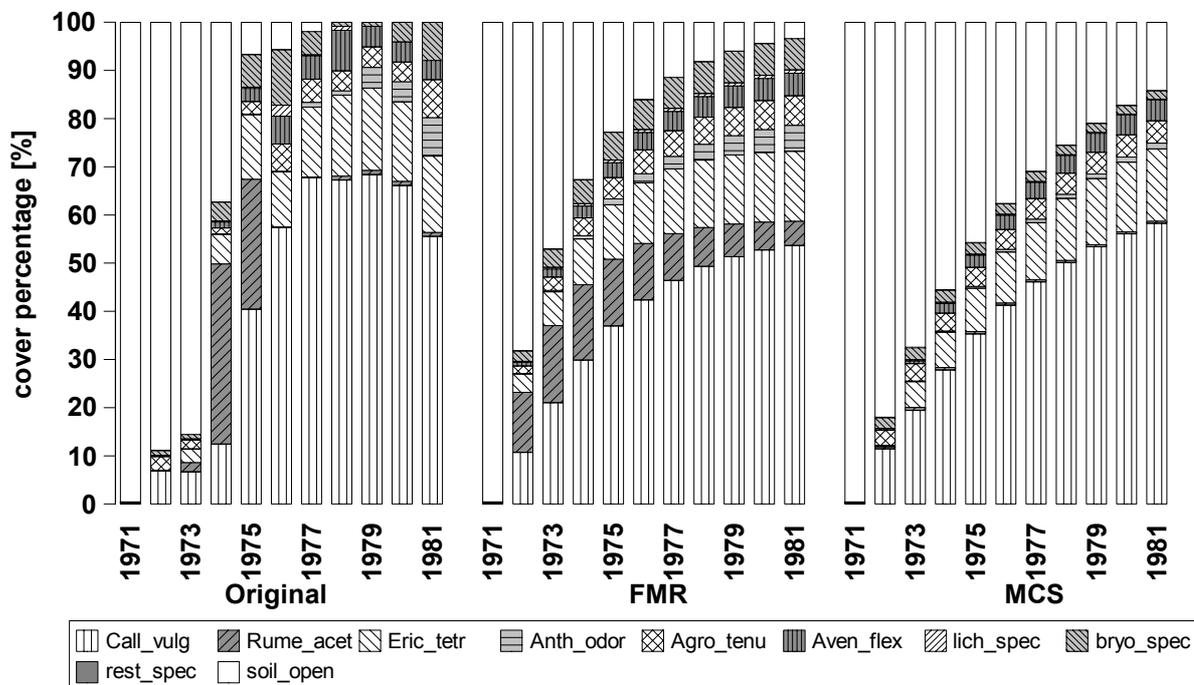


Abb. 7: Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose
 Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), lich_spec(alle Flechten), bryo_spec(alle Moose), rest_spec(*Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*) und soil_open(offener Boden)

In den letzten Jahren nehmen auch die Trockenheit anzeigenden Gräser (*Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum* und *Avenella flexuosa*) stark zu. Diese Entwicklung findet auch ausserhalb des Quadrates statt. Im vierten und fünften Jahr tritt *Rumex acetosella* massenhaft auf (37 bzw. 27 %), hingegen ist der Kleine Ampfer in den Folgejahren nur mit wenigen Exemplaren vertreten oder fehlt völlig.

Die Vegetationsaufnahmen und die Aufnahmejahre weisen über die gesamte Zeitreihe hin eine hohe positive Korrelation auf (overall $Mr = -0,680$, $p = 0,0001$), sind aber nur über direkt aufeinander folgende Jahre signifikant ($p = 0,0001$) positiv korreliert (Abb. 8).

Beide Prognosen bilden die starke Veränderung der Vegetation vom dritten zum sechsten Jahr (1973 – 1976) nur schlecht ab, insbesondere was das massenhafte Auftreten von *Rumex acetosella* betrifft (Abb. 7).

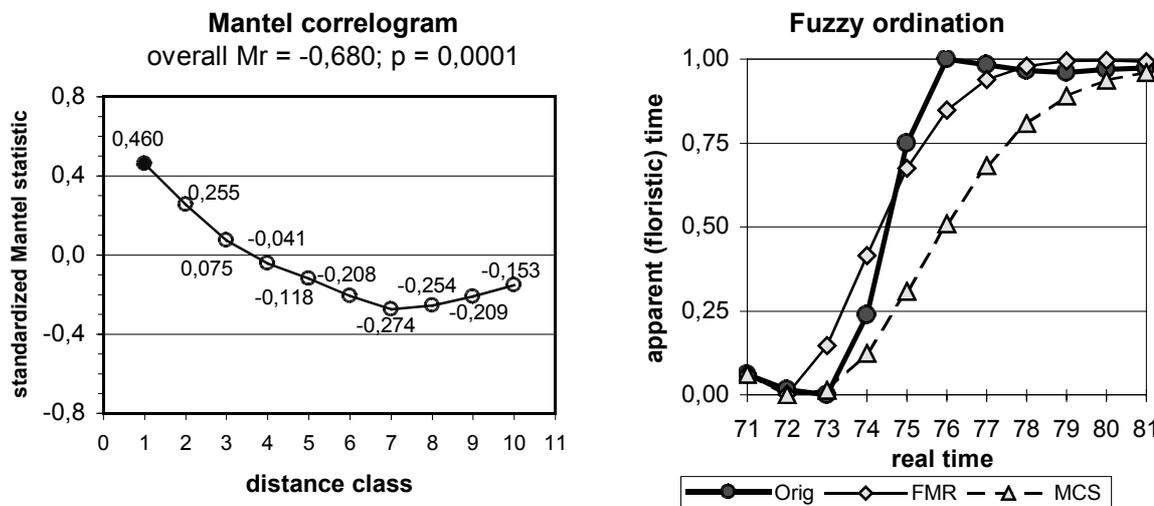


Abb. 8: Ru83HafH – Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

In der MCS-Prognose erreicht der Kleine Ampfer nur 1 % Deckungsgradanteil, während die FMR-Prognose zu geringe Deckungsgradanteile von 16 % statt 30 bis 40 % in den „Massenjahren“, aber zu hohe Deckungsgradanteil in den anderen Jahren prognostiziert.

4.2.4. Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse *Erica*-Heide

Die in einem *Ericetum tetralicis* gelegene, 1 m² große Dauerfläche wurde 1968 etwa 6 cm tief abgeplaggt. Von den 15 jährlichen Aufnahmen von 1968 bis 1982 (RUNGE, 1977a und 1983b), werden hier die elf Jahre von 1969 (erstes Jahr nach dem Plaggen) bis 1979 verwendet.

Vom ersten Jahr an sind das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) und die Glockenheide (*Erica tetralix*) zumindest mit einigen Keimlingen vorhanden. In den ersten sieben Jahren ist *M. caerulea* stärker vertreten als *E. tetralix* und erreicht mit 18 % Deckungsgradanteil 1975 ihr Maximum (Abb. 9). Danach breitet sich *E. tetralix* stark aus und erreicht 1979 einen Deckungsgradanteil von 61 % (diese Entwicklung setzt sich darüber hinaus fort (RUNGE, 1983b).

Auf dieser Fläche erfolgte die Besiedlung mit höheren Pflanzen nur sehr langsam (Abb. 9). Stattdessen bedeckt die Heidealge (*Zygonium ericetorum*) ab dem zweiten Jahr den zuvor noch offener Boden vollständig, nimmt bis 1979 kontinuierlich ab. Zu Beginn bildet sich „eine unvollständige Schnabelried-Gesellschaft (*Rhynchosporium*)“ (RUNGE, 1977a) aus, deren charakteristischen Arten mit Ausnahme der Heidealge unter den „restlichen Arten“ zusammengefasst sind. Die gesamte Zeitreihe weist eine hohe Autokorrelation auf (overall MR=-0,704, p=0,0001) und ist über ein und zwei Jahre signifikant (p=0,0001 und p=0,0059) positiv und über sechs Jahre signifikant (p=0,0002) negativ korreliert (Abb. 10).

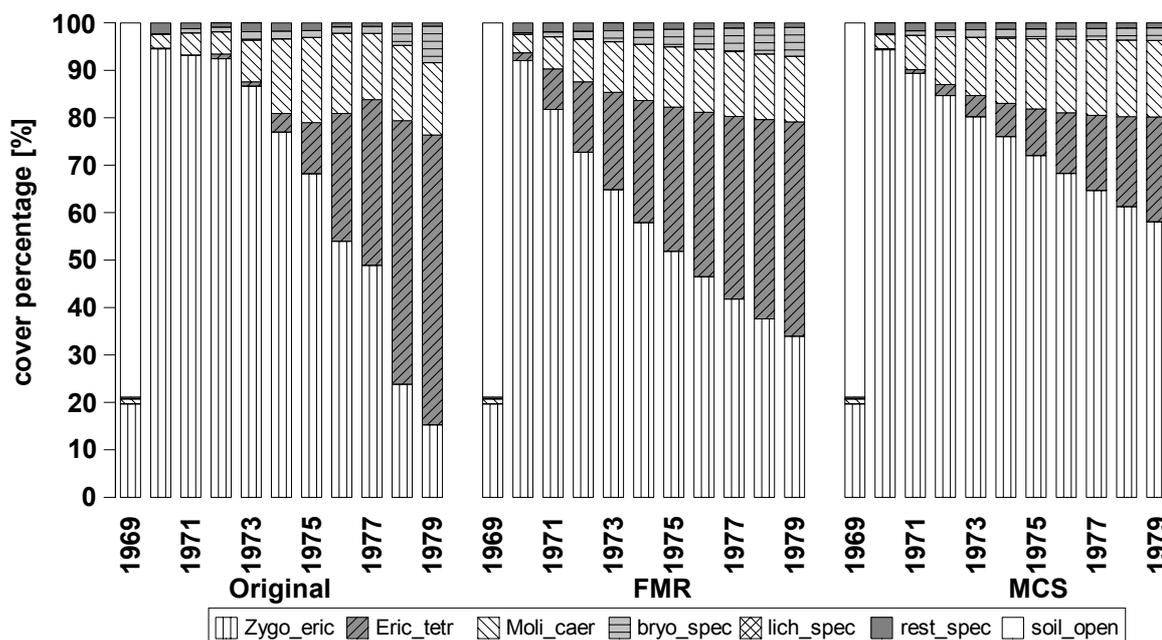


Abb. 9: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose
 Zygo_eric(*Zygonium ericetorum*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Moli_caer(*Molinia caerulea*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten), rest_spec(*Betula spec.*, *Calluna vulgaris*, *Drosera intermedia*, *D. rotundifolia*, *Myrica gale*, *Pinus sylvestris*, *Rhynchospora alba* und *R. fusca*), soil_open(offener Boden)

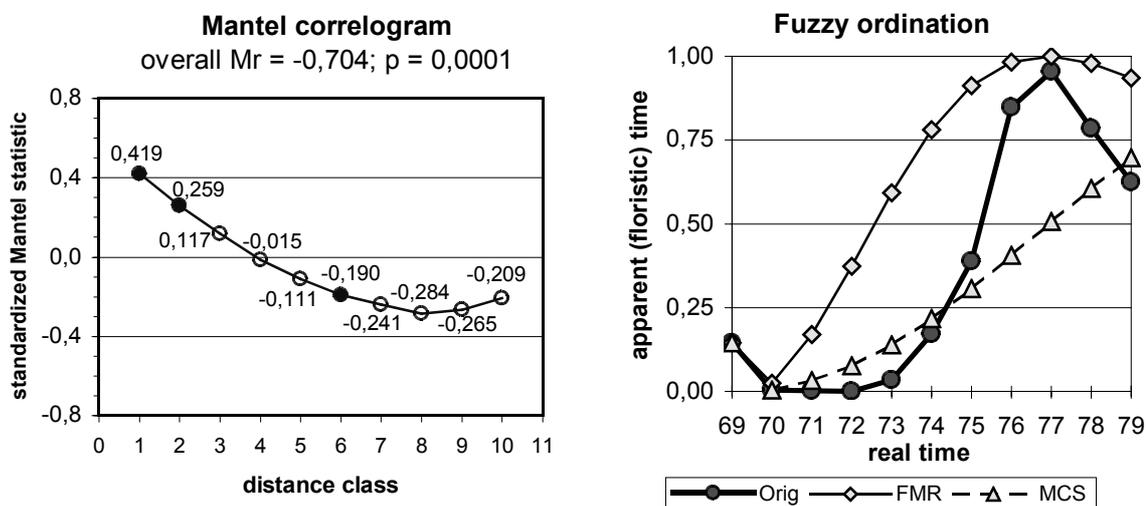


Abb. 10: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse *Erica*-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Während die Entwicklung zu Beginn besser von der MCS-Prognose abgebildet wird (Abb. 10), da eine nur langsame Abnahme von *Zygonium ericetorum* prognostiziert wird, ist in den letzten Jahren die Übereinstimmung von FMR-Prognose und Beobachtung besser, da die Expansion von *Erica tetralix* zwar zu früh, aber in der Höhe besser vorher gesagt wird.

4.3. Runge – ungestörte Heide-Sukzession

4.3.1. Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse *Erica*-Heide

Die Dauerfläche liegt ebenfalls im NSG „Heiliges Meer“ bei Hopsten, Kreis Steinfurth, in einem *Ericetum cladonietosum* und ist 1 x 3 m groß. Die Aufnahmen erfolgten jährlich über 35 Jahre von 1962 bis 1996 (RUNGE 1968a, 1984 und 1997), von denen hier die elf Jahre von 1985 bis 1995 aus der letzten Veröffentlichung betrachtet werden, da in der ersten Arbeit nur sechs Jahre enthalten sind und in dem zweiten Artikel nur jedes zweite Jahr angegeben ist.

In den sechziger und siebziger Jahren war die Glockenheide (*Erica tetralix*) die vorherrschende höhere Pflanzenart, aber auch Flechten und Moose erreichten hohe Deckungsgrad, doch ab 1980 nehmen diese Arten stark ab. Während zuvor Gräser fast gänzlich fehlten, setzt ab 1980 mit der starken Zunahme von Pfeifengras (*Molinia caerulea*) die „Vergrasung“ der Fläche ein, aber auch die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*), eigentlich eine Waldpflanze, konnte sich etablieren.

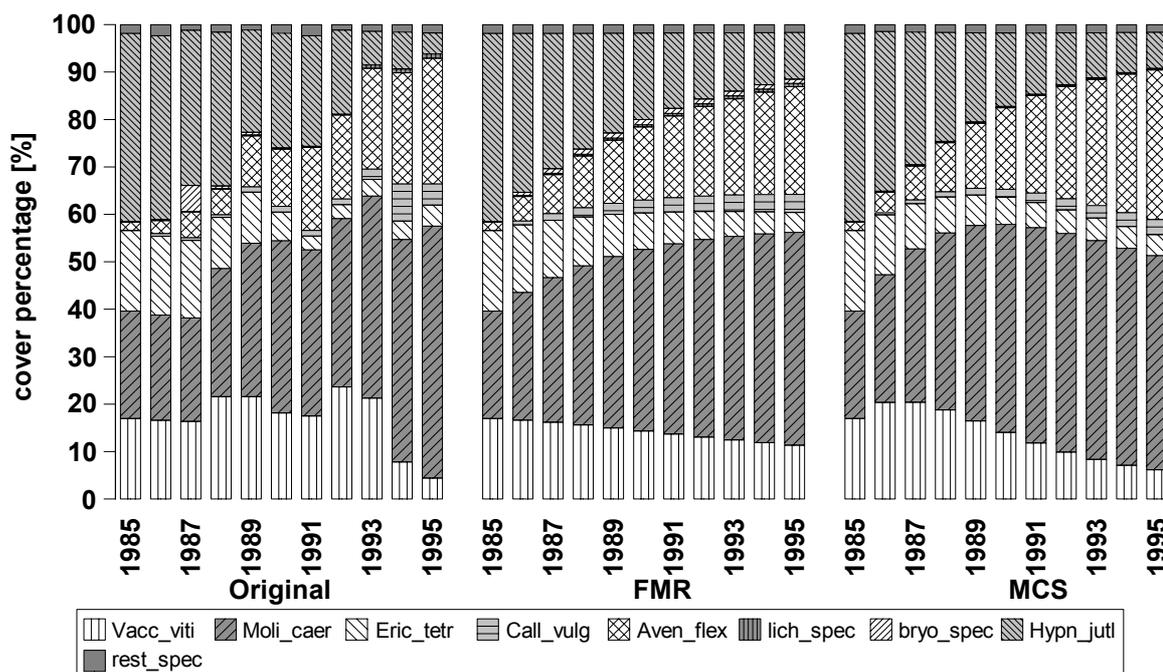


Abb. 11: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose

Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), Moli_caer(*Molinia caerulea*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), lich_spec(*Cladonia portentosa*, *Cladonia chlorophaea* und andere Flechten), bryo_spec(*Parmelia physoides*, *Dicranum scoparium*, *Entodon schreberi* und andere Moose), Hypn_jutl(*Hypnum jutlandicum/ericetorum*) und rest_spec(*Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Betula pendula*, *Rumex acetosella* und *Trifolium repens*)

Diese Entwicklung setzt sich auch nach 1985 fort (Abb. 11): Neben *M. caerulea* nimmt die Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) stark zu, während Glockenheide und Heide-Schlafmoos (*Hypnum jutlandi-*

cum) weiter zurückgehen. Flechten fehlen fast gänzlich, dagegen nimmt in den letzten drei Jahren die Besenheide (*Calluna vulgaris*) zu, während die Preiselbeere zurück geht.

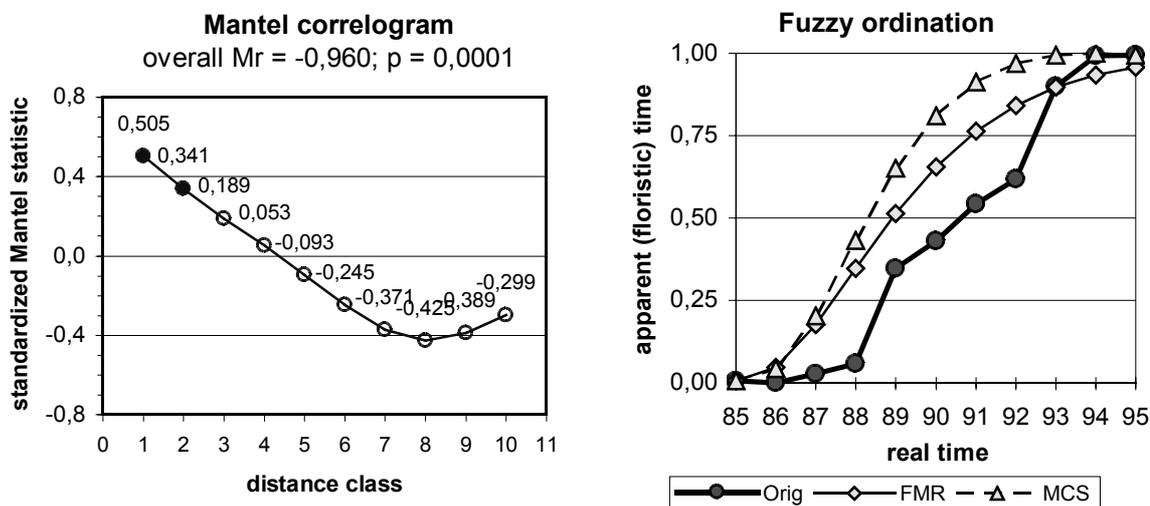


Abb. 12: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse *Erica*-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die gesamte Zeitreihe weist eine außerordentlich hohe positive Autokorrelation (overall $M_r = -0,960$, $p = 0,0001$) auf und ist über ein und zwei Jahre signifikant ($p = 0,0001$ und $p = 0,0028$) positiv korreliert (Abb. 11).

Die beiden Prognosen sind recht ähnlich und stimmen gut mit der Beobachtung überein (Abb. 11), mit der Einschränkung, dass in beiden Fällen eine schnellere Zunahme der Gräser erfolgt, was gut in der Fuzzy Ordination (Abb. 12) zu sehen ist. Ein bemerkenswerter Unterschied ist, dass die MCS-Prognose anfangs eine leichte Zunahme von *Vaccinium vitis-idaea* prognostiziert, die real aber erst später erfolgt, während dieses „Zwischenhoch“ von der FMR-Prognose nicht abgebildet wird, sondern nur die generelle Abnahme über den gesamten Zeitraum von 1985 bis 1995.

4.3.2. Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse *Erica*-Heide

Die Dauerfläche liegt in einem *Ericetum sphagnetosum* im NSG „Heiliges Meer“ bei Hopsten, Kreis Steinfurth, und ist 0,5 m² groß. Hier werden nur die ersten elf Jahre von 1962 bis 1972 verwendet, es liegen jedoch für 35 Jahre (1962 - 1996) veröffentlichte Daten vor (RUNGE 1969a, 1976, 1986 und 1997).

Die Entwicklung (Abb. 13) ist geprägt von der sehr starke Zunahme der Glockenheide (*Erica tetralix*), die ihren Deckungsgradanteil verdoppelt, und der Verringerung des Deckungsgradanteil des Dichten Torfmooses (*Sphagnum compactum*) auf ein Drittel des Ausgangswertes.

Die Aufnahmen sind über ein und zwei Jahre signifikant ($p=0,0001$ und $p=0,0028$) positiv korreliert, wenn auch mit relativ niedrigen Werten, während die gesamte Zeitreihe eine sehr hohe positive Autokorrelation (overall $Mr=-0,860$, $p=0,0001$) aufweist.

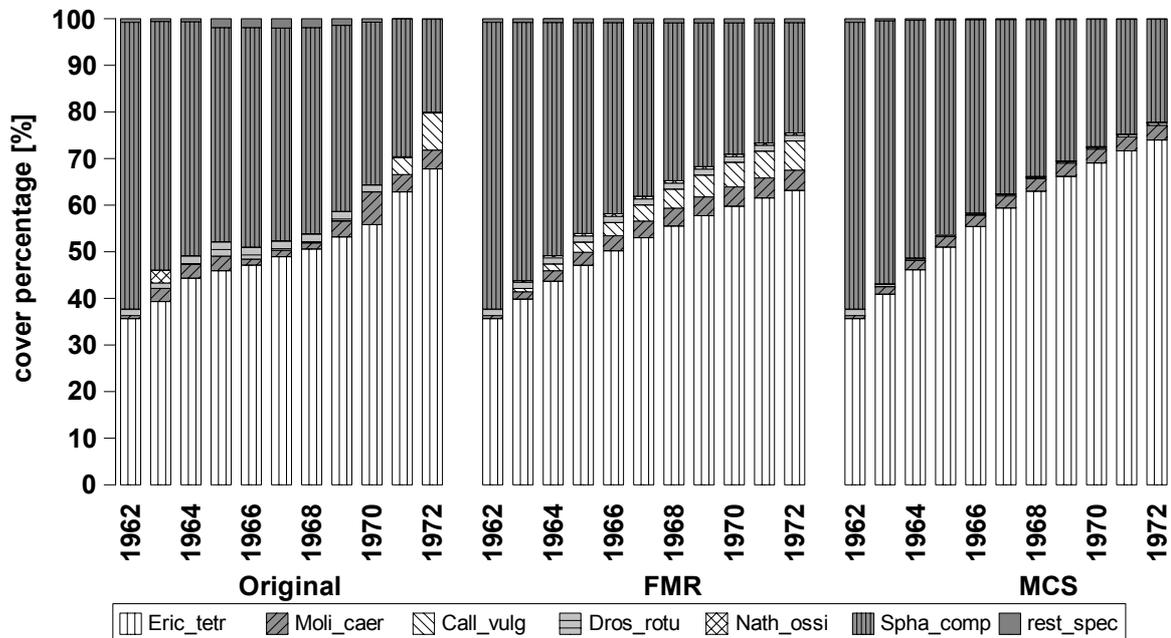


Abb. 13: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose
Eric_tetr(*Erica tetralix*), *Moli_caer*(*Molinia caerulea*), *Call_vulg*(*Calluna vulgaris*), *Dros_rotu*(*Drosera rotundifolia*), *Nath_ossi*(*Nathecium ossifragum*), *Spha_comp*(*Sphagnum compactum*) und *rest_spec*(*Betula pubescens*, *Empetrum nigrum*, *Juncus squarrosus*, *Gentiana pneumonthe*, *Pinus sylvestris* sowie Flechten und andere Moose)

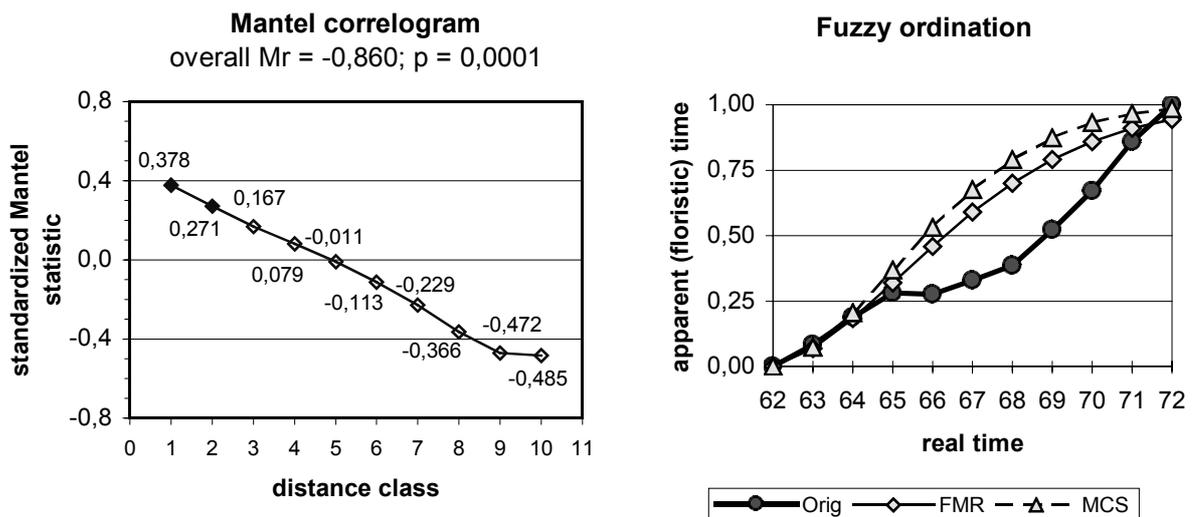


Abb. 14: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse *Erica*-Heide: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

In beiden Prognosen nimmt *E. tetralix* sehr gleichmäßig zu, während sie real im vierten bis sechsten Jahr stagniert. Das Auftreten der Besen-Heide (*Calluna vulgaris*) setzt in der FMR-Prognose zwar zu

früh ein, passt aber im Ausmaß mit der Beobachtung überein, während die MCS-Prognose diesbezüglich völlig versagt, denn *C. vulgaris* erreicht im letzten Jahr nur 1 % Deckungsgradanteil.

4.3.3. Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland

Die 2 x 3 m² große Dauerfläche liegt auf dem Neuen Hagen bei Niedersfeld/Hochsauerland in einer Heidelbeer-Heide (*Calluno-Vaccinietum*). Die „Hochheide“ wurde jährlich von 1960 bis 1975 aufgenommen (RUNGE 1967, 1971 und 1977b), aber hier werden nur die ersten elf Jahre von 1960 bis 1970 betrachtet.

Die Entwicklung (Abb. 15) ist gekennzeichnet durch eine kontinuierliche Abnahme der Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und die Zunahme der Besen-Heide (*Calluna vulgaris*) sowie der Ausbreitung der Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) bis 1966/67 und anschließendem Rückgang. Diese Entwicklung setzt sich in den hier nicht berücksichtigten Jahren 1971 bis 1975 fort.

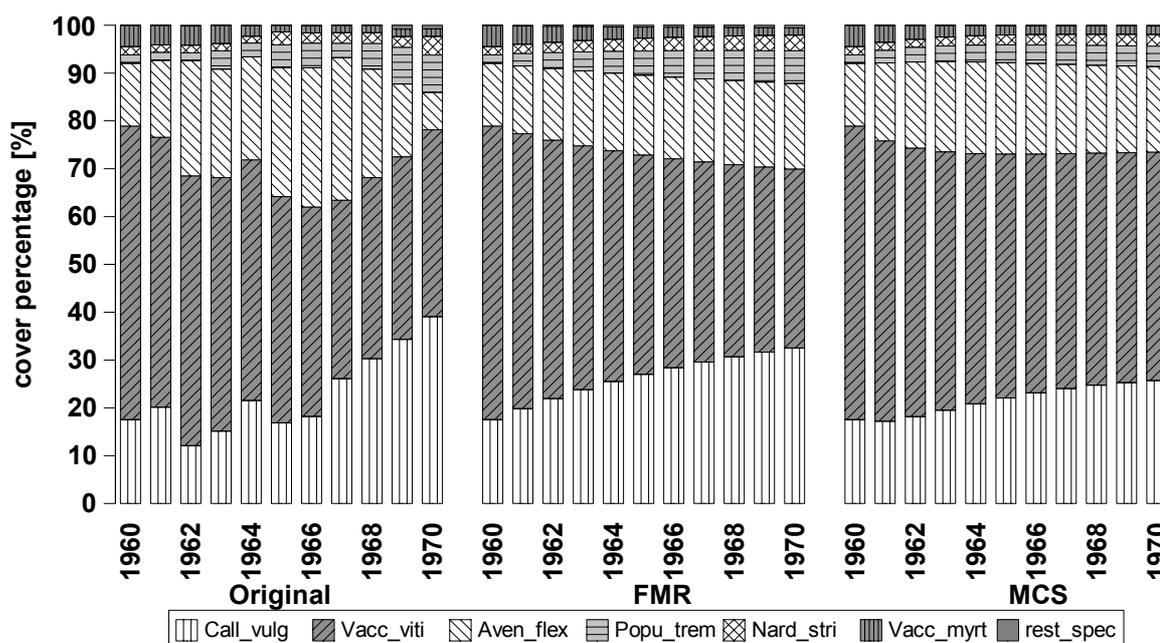


Abb. 15: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland: Beobachtung und Prognose

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), Popu_trem(*Populus tremula*), Nard_stri(*Nardus stricta*), Vacc_myrt(*Vaccinium myrtillus*) und rest_spec(*Carex pilulifera*, *Festuca ovina*, *Luzula multiflora*, *Lycopodium clavatum* und *Sorbus aucuparia*)

Die gesamte Zeitreihe weist eine hohe positive Autokorrelation (overall $Mr = -0,830$, $p = 0,0001$) auf und ist über ein und zwei Jahre signifikant ($p = 0,0001$ und $p = 0,0044$) positiv korreliert (Abb. 15).

In keiner der beiden Prognosen nimmt der Deckungsgradanteil von *Avenella flexuosa* nach 1967 ab. Mit dieser Einschränkung entspricht die FMR-Prognose für das letzte Jahr den realen Verhältnissen noch am besten, während die MCS-Prognose des letzten Jahres dem Entwicklungsstand um das Jahr 1966 entspricht, was sehr gut in der Fuzzy Ordination (Abb. 16) zu sehen ist.

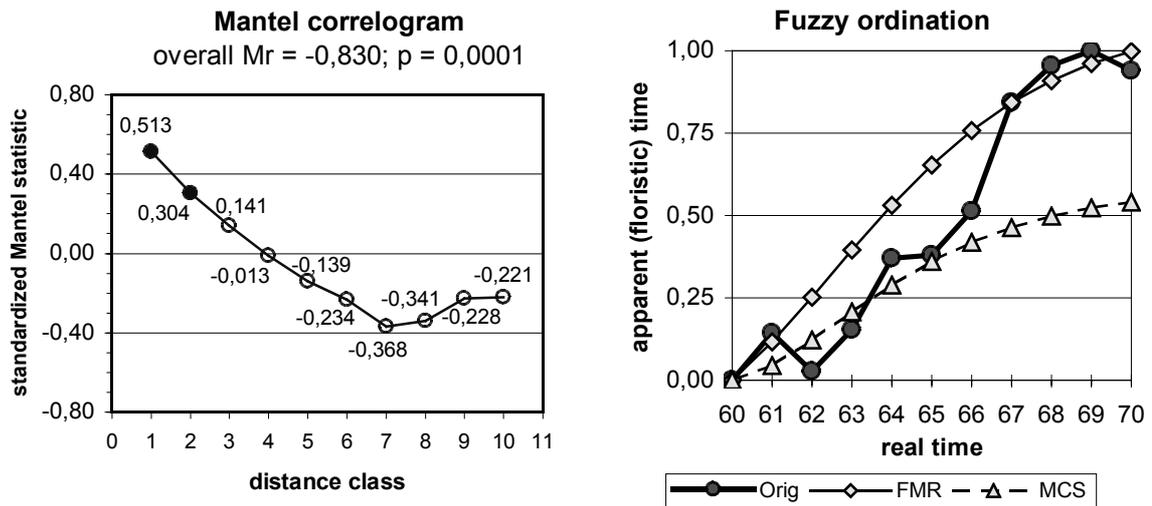


Abb. 16: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

4.4. Runge – Brachen (Wiese, Acker, Viehweide)

Alle drei folgenden Flächen liegen im NSG „Heiliges Meer“ bei Hopsten, Kreis Steinfurth, und wurden in der gleichen Weise aufgenommen: Für die meisten Arten wurden die Deckungsgrade in Schritten zu 5 %, bei Deckungsgraden unter 5 % und über 95 % in Schritten zu 1 % aufgenommen und teilweise zusätzlich die Individuen gezählt. Für manche Arten ist nur die Zahl der Individuen angegeben.

Als Zustände wurden alle Arten mit mindestens einmal 5 % Deckungsgrad definiert. Alle übrigen Blütenpflanzen (*rest_spec*) und alle übrigen Moose (*bryo_spec*) sind zu je einem eigenen Zustand zusammengefasst. Für die Arten, für die nur Individuenzahlen vorlagen, wurde ein Deckungsgrad von 0,1 % angenommen.

4.4.1. Ru98HWb – Aufgelassene Wiese

Das 1 m² große Dauerquadrat liegt in einer 1962 in das NSG einbezogenen feuchten Fettweide (*Lolium-Cynosuretum lotetosum uliginosi*), die bis dahin jeweils im Juli gemäht und anschließend mit Kühen beweidet wurde. Ab 1963 erfolgte keine weitere geregelte Nutzung. Die hier verwendeten Aufnahmen von 1963 bis 1973 sind in RUNGE (1975) veröffentlicht. Die ersten sechs Jahre finden sich auch in RUNGE (1969b), von den Folgejahren sind in RUNGE (1985, Tab. 1) jedes dritte Jahr von 1975 bis 1984 und in RUNGE (1998) jedes zweite Jahr von 1986 bis 1996 angegeben.

Die Fläche ist von einem starken Rückgang der Artenzahl von 23 im ersten Jahr auf 7 im elften Jahr und einem starken Wechsel der dominanten Arten geprägt. In den ersten Jahren (Abb. 17) dominieren das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*), der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) und das Moos *Rhytidiadelphus squarrosus*. Vom zweiten bis sechsten Jahr erreicht der Sauerampfer (*Rumex acetosa*) hohe Deckungsgradanteile. Während der Sumpf-Hornklee (*Lotus uliginosus*) nur im fünften und sechsten Jahr die dominante Art ist, kann sich die schattenverträgliche Drahtschmiele (*Deschampsia caespitosa*) auch unter den aufkommenden Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*) mit hohen Deckungsgradanteilen halten. Ausserhalb des Quadrates waren die ersten Erlen schon im dritten Brachejahr vertreten, in der Dauerfläche erscheinen sie ab dem siebten Jahr (1969) und schaffen im elften Jahr den Lückenschluss (100 % Deckungsgrad) bei einem Deckungsgradanteil von 48 %.

Eine hohe positive Autokorrelation (overall $Mr = -0,771$, $p = 0,0001$) weist die gesamte Zeitreihe auf und die direkt aufeinander folgenden Jahre sind mit dem zweit höchsten in dieser Arbeit gemessenen Wert von 0,604 signifikant ($p = 0,0001$) positiv korreliert (Abb. 18).

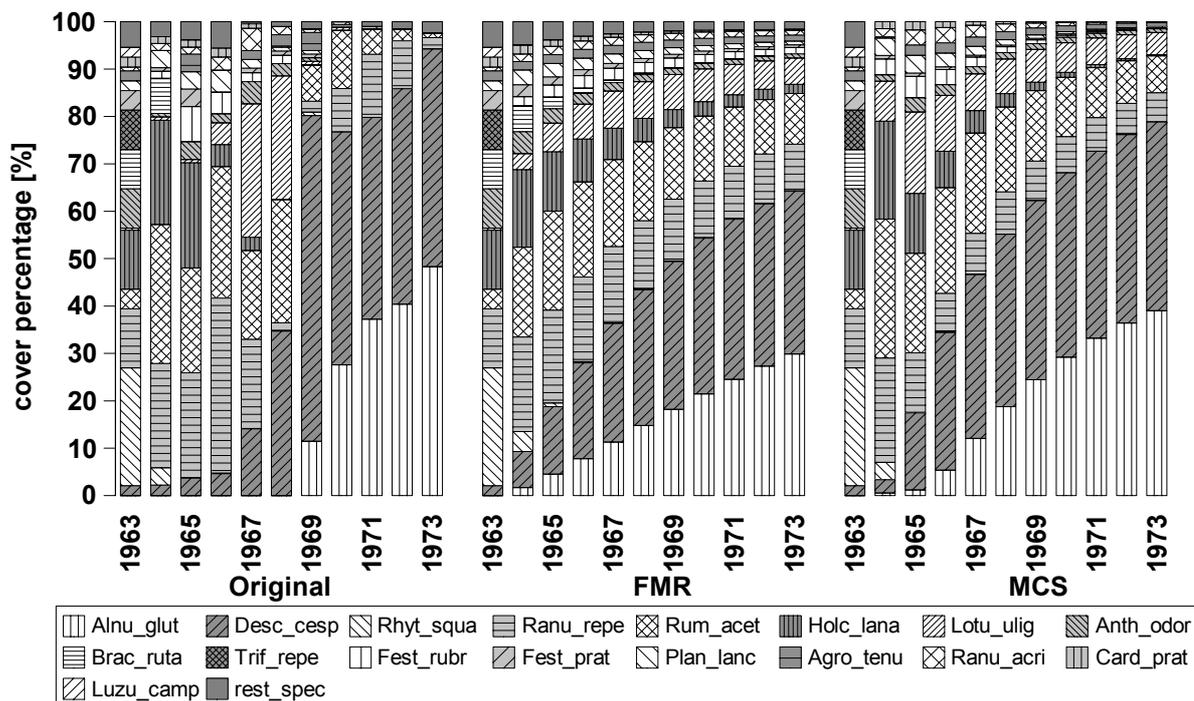


Abb. 17: Ru98HWb – Aufgelassene Wiese: Beobachtung und Prognose

Alnu_glut(*Alnus glutinosa*), *Desc_cesp*(*Deschampsia caespitosa*), *Rhyt_squa*(*Rhytidiadelphus squarrosus*), *Ranu_repe*(*Ranunculus repens*), *Rum_acet*(*Rumex acetosa*), *Holc_lana*(*Holcus lanatus*), *Lotu_ulig*(*Lotus uliginosus*), *Anth_odor*(*Anthoxanthum odoratum*), *Brac_ruta*(*Brachythecium rutabulum*), *Trif_repe*(*Trifolium repens*), *Fest_rubr*(*Festuca rubra*), *Fest_prat*(*Festuca pratensis*), *Plan_lanc*(*Plantago lanceolata*), *Agro_tenu*(*Agrostis tenuis*), *Ranu_acri*(*Ranunculus acris*), *Card_prat*(*Cardamine pratensis*), *Luzu_camp*(*Luzula campestris*) und *rest_spec*(restliche Arten, siehe Anhang)

Diese starke Korrelation über ein Jahr ist jedoch mit starken Schwankungen der einzelnen Arten verbunden, die von beiden Prognosen nur sehr stark geglättet abgebildet werden (Abb. 17).

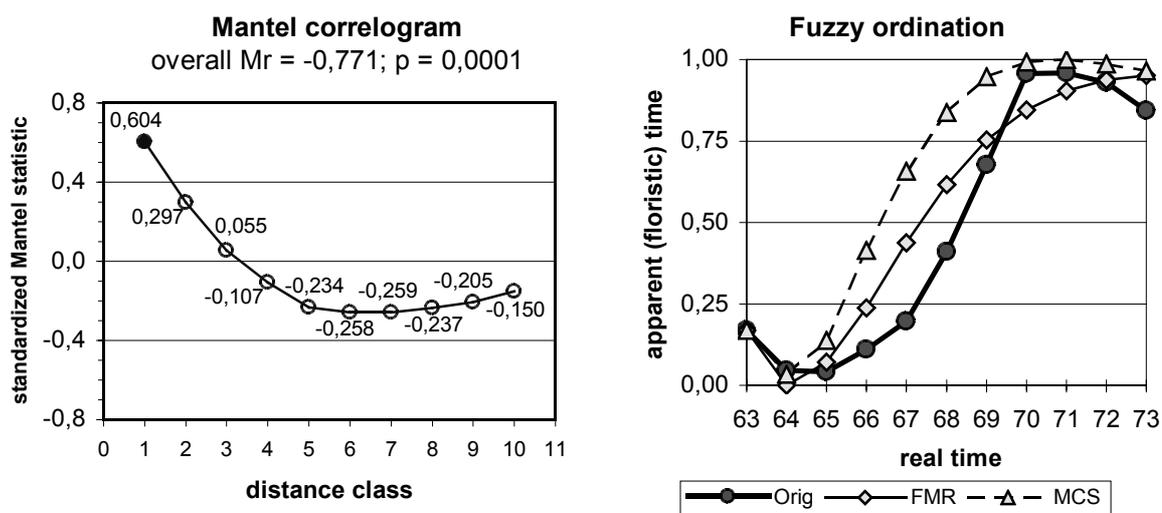


Abb. 18: Ru98HWb – Aufgelassene Wiese: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Alle Arten, die nach wenigen Jahren verschwunden sind, werden in beiden Prognosen weitergeführt, wenn auch mit nur sehr geringen Deckungsgradanteilen. In der MCS-Prognose verschwinden aber drei Arten (*Brachythecium rutabulum*, *Trifolium repens* und *Luzula campestris*) sowie die „restlichen Arten“ vollständig. Insgesamt geben beide Prognosen den allgemeinen Trend gut wieder.

4.4.2. Ru5HAVb – Auflassung einer ehemals beweideten Ackerbrache

Bis 1962 war die Fläche, auf der das 1 m² große Dauerquadrat liegt, ackerbaulich genutzt und nach der Einbeziehung ins NSG bis 1974 mit Schafen und Pferden beweidet worden. 1974 ist ein Teil der sich zu einer trockenen Weidelgras-Weißklee-Weide (*Lolio-Cynosuretum typicum*) entwickelnden Fläche eingezäunt worden und blieb sich selbst überlassen. Im selben Jahr errichtete RUNGE (1985, Tab. 3) auf diesem Teilstück die Dauerfläche und nahm sie bis 1984 jährlich auf. Ab 1980 wurde die abge- zäunte Fläche, die sich zu einer Rot-Straußgras-Trockenrasen (*Agrostietum tenuis*) entwickelt hatte, je- doch wieder wie die übrige Fläche beweidet.

In den Brachejahren bis 1979 nehmen Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*) und Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*) stark zu und unter erneuter Beweidung wieder stark ab (Abb. 19).

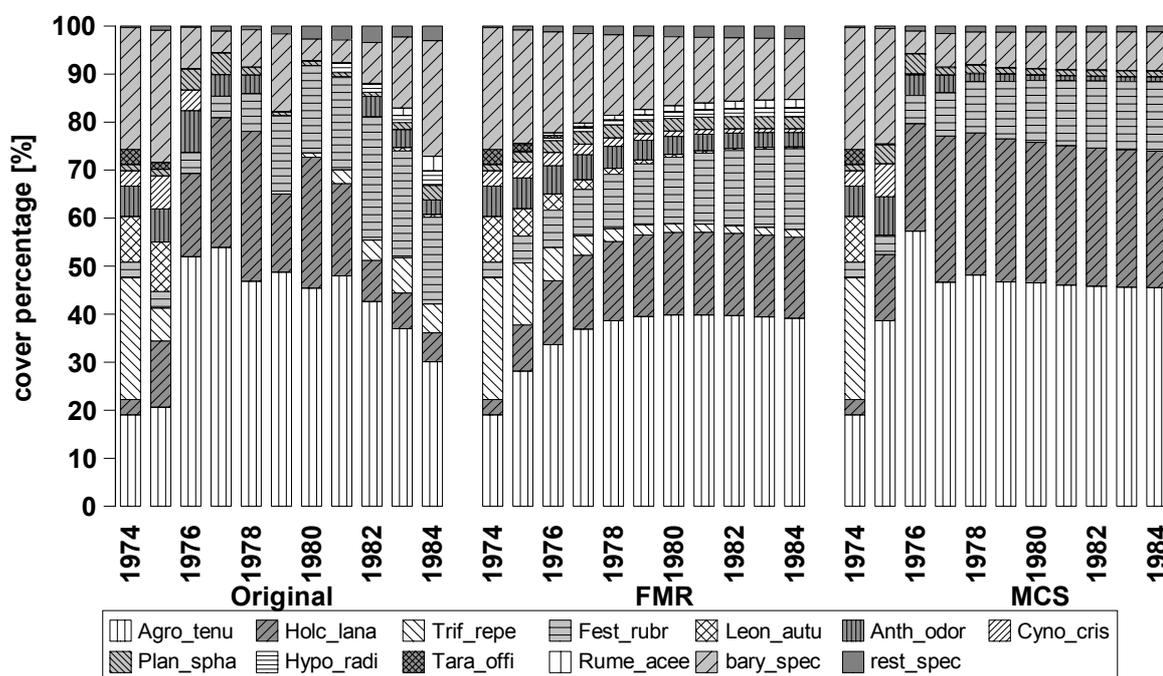


Abb. 19: Ru5HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache: Beobachtung und Prognose
 Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Fest_rubr(*Festuca rubra*),
 Leon_autu(*Leontodon autumnalis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*),
 Plan_spha(*Plantago sphaerostachya*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Tara_offi(*Taraxacum officinalis*),
 Rume_acee(*Rumex acetosella*), bary_spec(alle anderen Moose) und rest_spec(restliche Arten, siehe Anhang)

Typische Arten der gedüngten Viehweiden wie Weiß-Klee (*Trifolium repens*) und Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) verschwinden in den Brachejahren, erscheinen aber nach wenigen Weidejahren wieder. In letzten Jahren erreicht der Rot-Schwingel (*Festuca rubra*) hohe Deckungsgradanteile.

Die gesamte Zeitreihe weist zwar eine signifikant positive Autokorrelation (overall $Mr = -0,499$, $p = 0,0024$) auf, die aber nicht sehr stark ist (Abb. 20). Die Aufnahmen sind über ein Jahr signifikant ($p = 0,0001$) positiv und über sechs Jahre signifikant ($p = 0,0005$) negativ korreliert.

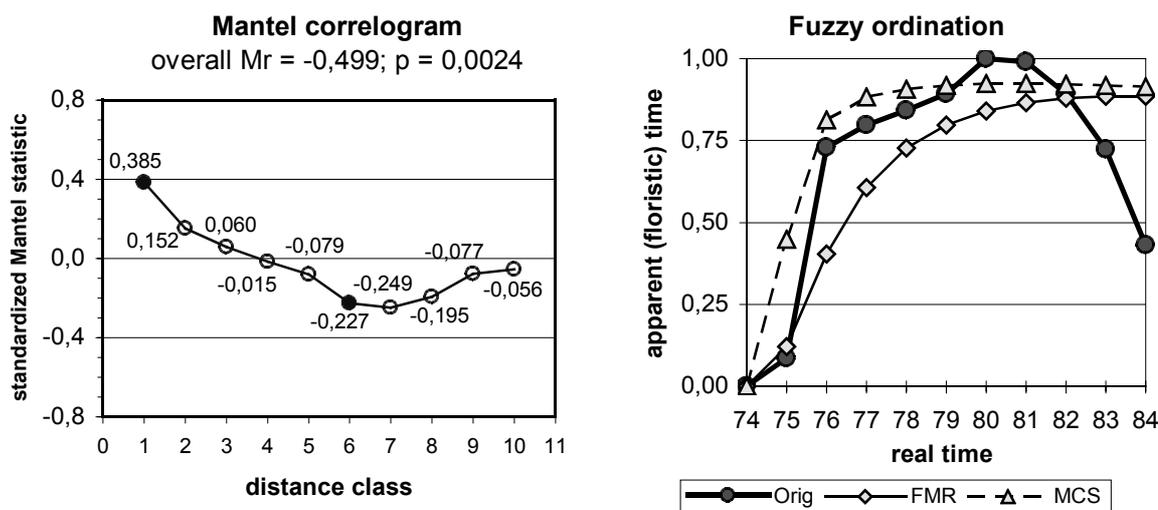


Abb. 20: Ru85HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die MCS-Prognose zeigt die beste Anpassung vom dritten bis sechsten Jahr, vollzieht die Entwicklung nach Wiederaufnahme der Beweidung jedoch nicht nach, sondern verharrt in diesem „Brachestadium“. Auch die FMR-Prognose bleibt in einem Stadium stehen, das ungefähr dem achten bis neuntem beobachteten Jahr (1981/82) entspricht, hat aber eine deutlich andere Zusammensetzung als die MCS-Prognose. Dieses Verhalten wird in der Fuzzy Ordination (Abb. 20) deutlich, in der auch die Rückentwicklung des Bestandes gut abgebildet wird.

4.4.3. Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache

Die 1965 in das NSG einbezogene Ackerfläche diente anschließend einer kleinen Heidschnuckenherde und später auch wenigen Pferden als Weide. 1969 wurde die Fläche das einzige Mal gemäht. Auf einen Teilstück wurde 1974 die zuvor behandelte Dauerfläche eingerichtet.

Das 1 m² große Dauerquadrat wurde jährlich aufgenommen: Die Daten von 1966 bis 1979 sind in RUNGE (1968b und 1980) und jedes zweite Jahr von 1981 bis 1991 in RUNGE (1992) veröffentlicht. Hier werden nur die ersten elf Jahre von 1966 bis 1976 betrachtet.

Die Entwicklung verläuft über eine Windhalm-Gesellschaft zu einer Rotstraußgrasflur (*Agrostietum tenuis*), die sich als sehr stabil erweist (RUNGE, 1992). Der Windhalm (*Apera spica-venti*) kann sich nur drei Jahre behaupten (Abb. 21), viele der von RUNGE auf dem Stoppelacker gefundenen Ackerunkräuter fehlen schon nach zwei Jahren.

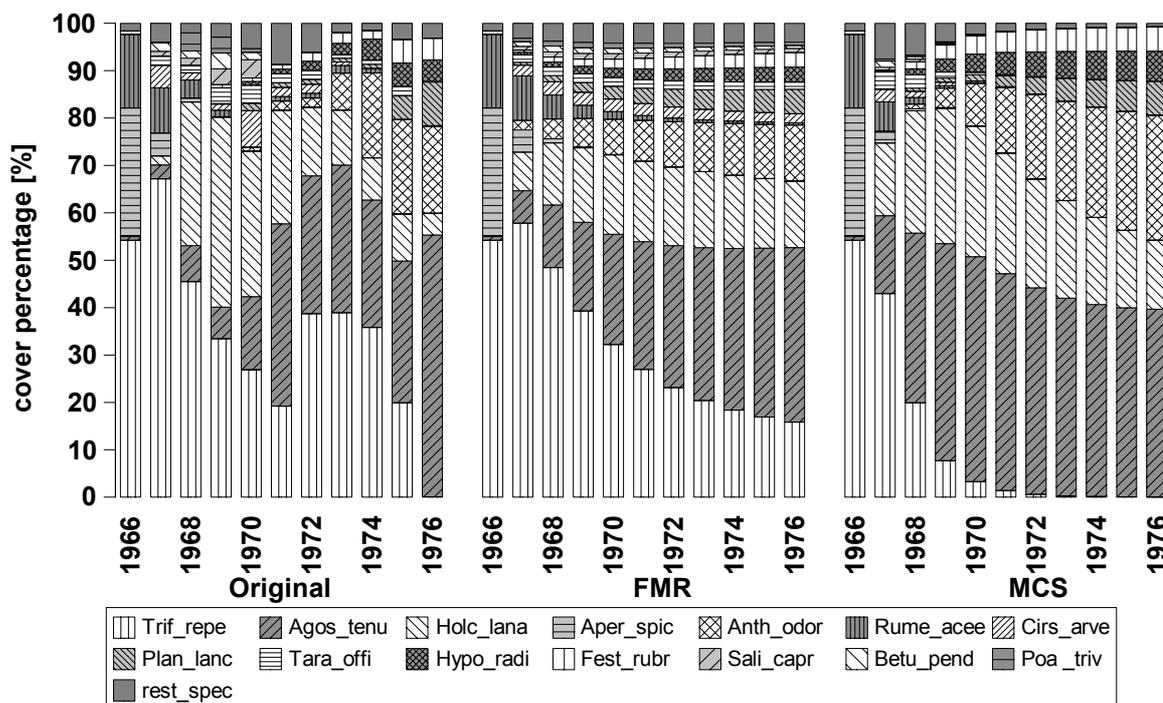


Abb. 21: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache: Beobachtung und Prognose

Trif_repe(*Trifolium repens*), Agos_tenu(*Agrostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Aper_spic(*Apera spica-venti*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rume_acee(*Rumex acetosella*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Tara_offi(*Taraxacum officinale*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Sali_capr(*Salix caprea*), Betu_pend(*Betula pendula*), Poa_triv(*Poa trivialis*) und rest_spec(restliche Arten, siehe Anhang)

Auch der Kleine Ampfer (*Rumex acetosella*) nimmt stark ab. In den ersten Jahren breitet sich der Weiß-Klee (*Trifolium repens*) stark aus, nimmt dann aber kontinuierlich ab und ist nach 1979 nur noch mit einzelnen Exemplaren vertreten. Das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) erreicht im dritten bis fünften Jahr sein Maximum, um anschließend wieder zurück zu gehen. Ab dem fünften Jahr breiten sich die „Magerkeitszeiger“ Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*) und Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) aus und dominieren später die Fläche.

Die Aufnahmen sind über ein Jahr ($p=0,0001$) und über die gesamte Zeitreihe (overall $Mr=-0,770$, $p=0,0001$) signifikant positiv korreliert (Abb. 22).

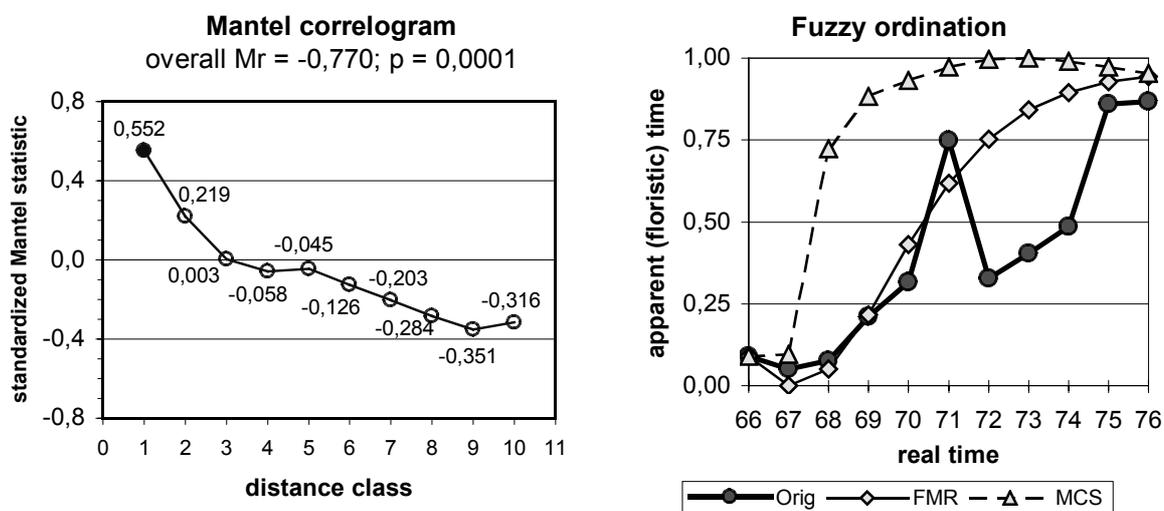


Abb. 22: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

In der MCS-Prognose verläuft die Entwicklung wesentlich schneller und erreicht im vierten Jahr ein Stadium, das dem letzten beobachteten Jahr ähnlich ist. Während *Trifolium repens* in der MCS-Prognose zu früh (fast) verschwindet, bleibt dieser in der FMR-Prognose mit hohem Deckungsgradanteil erhalten (Abb. 21). Die starke Erholung des Weiß-Klees im sechsten Jahr (1972) ist sehr gut in der Fuzzy Ordination (Abb. 22) zu erkennen, wird aber von beiden Prognosen nicht abgebildet.

4.5. Die Weender Brache

Die folgenden Dauerflächen befinden sich im Göttinger Ortsteil Weende. Dort wurde im Nordbereich der Universität im Jahr 1975 Bodenaushub, der dort schon mehrere Jahre gelagert hatte, zu einer etwa 120 x 140 m großen und ca. 10 m hohen Halde ausplaniert. Auf dieser Fläche wurden 128 zusammenhängende Dauerquadrate von 10 x 10 m Größe angelegt und von 1977 bis 1985 jährlich aufgenommen. In den Jahren 1988 und 1989 nahm BRÜHBACH (1990) im Rahmen ihrer Diplomarbeit die gesamte Untersuchungsfläche erneut auf. Für die Arten wurden die Deckungsgrade in Schritten zu 5 %, bei Deckungsgraden unter 5 % und über 95 % in Schritten zu 1 % aufgenommen. Arten mit weniger als 0,5 % Deckungsgrad wurden als „+“ notiert und als mittlerer Deckungsgrad 0,1 % angenommen.

Für die Einzelflächen 28, 61, 68 und 101 gibt BRÜHBACH (1990) die kompletten Vegetationsaufnahmen an, von denen hier die ersten neun Jahre von 1977 bis 1985 verwendet werden; da die Jahre 1986 und 1987 fehlen, konnten die Jahre 1988 und 1989 nicht berücksichtigt werden.

Um die Flächen besser miteinander vergleichen zu können, wurden für alle vier Plots die gleichen Zustände definiert. Wenn der mittlere Deckungsgrad der vier Aufnahmen für eine Art in mindestens einem Jahr größer oder gleich 5 % ist, so wurde für die betreffende Art ein separater Zustand für alle Datensätze definiert. Dies trifft für folgende vierzehn Arten zu, die nach ihrem mittleren Deckungsgrad abnehmend aufgelistet sind:

Weißer Steinklee (*Melilotus alba*), Gemeines Rispengras (*Poa trivialis*), Gemeines Bitterkraut (*Picris hieracoides*), Hopfenklee (*Medicago lupulina*), Pastinak (*Pastinaca sativa*), Gemeines Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), Geruchlose Kamille (*Tripleurospermum inodorum*), Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Gemeine Quecke (*Agropyron repens*), Huflattich (*Tussilago farfara*), Wilde Möhre (*Daucus carota*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*), Weiß-Klee (*Trifolium repens*) und Wiesen-Schafgarbe (*Achillea millefolium*).

Für die einzelnen Plots wurden alle anderen Arten, die im jeweiligen Plot mindestens einmal einen Deckungsgrad von 5 % oder größer erreichen, zum Zustand „lokal dominante Arten“ (loka_domi) zusammengefasst. Alle übrigen Arten sind zum Zustand „restliche Arten“ zusammengefasst worden. Die folgenden vier Einzelflächen wählte BRÜHBACH (1990) als möglichst unterschiedliche Repräsentanten der Vegetation von 1989 aus.

4.5.1. Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache

Die Fläche 28 liegt im südlichen Bereich der Weender Brache und weist eine Neigung von fünf Grad nach Süden auf. In den ersten drei Jahren (genauer im zweiten bis vierten Jahr nach der Planung) dominiert der Weiße Steinklee (*Melilotus alba*), nach dessen Zusammenbruch das Gemeine

Rispengras (*Poa trivialis*) und anschließend das Gemeine Bitterkraut (*Picris hieracoides*) (Abb. 23). Im hier nicht berücksichtigten Jahr 1989 dominieren Gräser, vor allem Gemeines Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) mit 50 % Deckungsgrad sowie Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) und Rot-Schwingel (*Festuca rubra*).

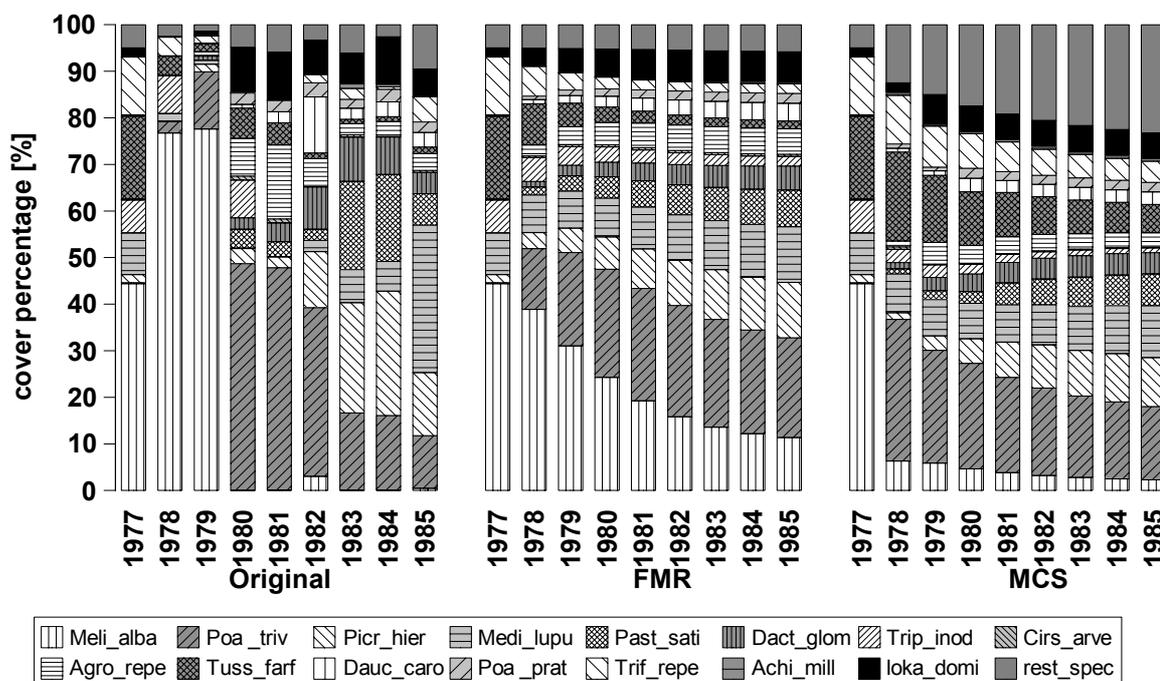


Abb. 23: Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Agrostis stolonifera*, *Festuca arundinacea*, *Arrhenatherum elatius* und *Artemisia vulgaris*) und rest_spec(restliche Arten, siehe Anhang)

Die Aufnahmen sind über ein Jahr ($p=0,0002$) und über die gesamte Zeitreihe (overall $Mr=-0,683$, $p=0,0002$) signifikant positiv korreliert (Abb. 24).

Die Zunahme des Weißen Steinklees (*Meliolotus alba*) vom ersten auf das zweite Jahr und der Zusammenbruch im dritten Jahr (Abb. 23) wird von keiner Prognose nachvollzogen. Die FMR-Prognose zeigt eine extreme Glättung der beobachteten Entwicklung, weist in der Fuzzy-Ordination (Abb. 24) aber eine noch erstaunlich gute Übereinstimmung mit der Original-Zeitreihe auf, da die Entwicklung der weiteren Arten gut abgebildet wird.

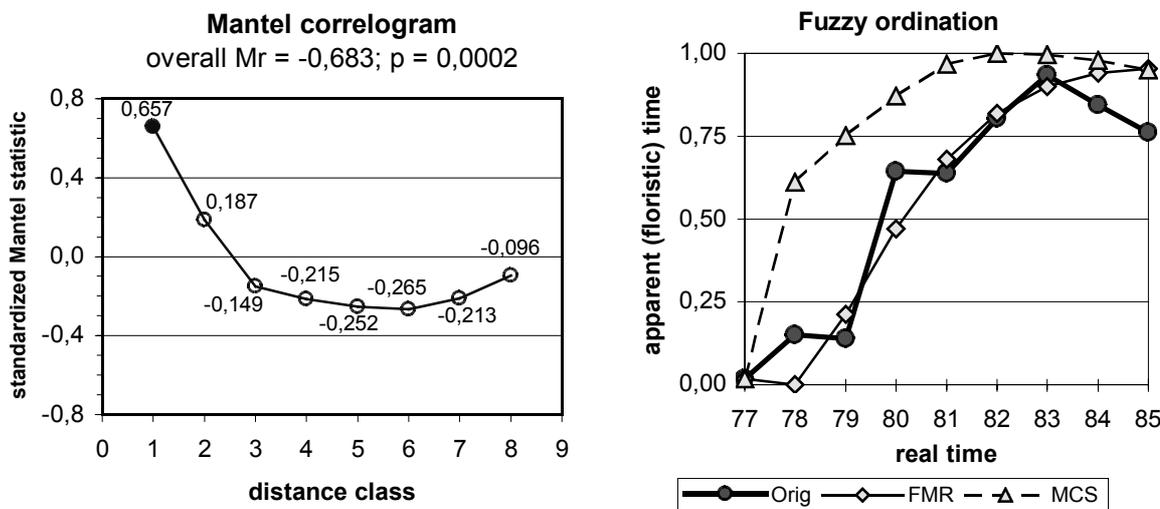


Abb. 24: Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Neben der schlechten Prognose für die drei dominierenden Arten, prognostiziert die MCS-Matrix viel zu hohe Werte für die „restlichen“ Arten, insbesondere in den ersten Jahren.

4.5.2. Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache

Die Vegetationsentwicklung (Abb. 25) der auf der Kuppe des Hügels liegenden Fläche 61 lässt sich in drei dreijährige Phasen einteilen, die durch die Dominanz des Weißen Steinklees (*Meliolotus alba*), des Gemeinen Bitterkrauts (*Picris hieracoides*) bzw. des Hopfenklees (*Medicago lupulina*) gekennzeichnet sind. Diese Phasen sind auch deutlich in der Fuzzy-Ordination (Abb. 26) als Stufen sichtbar. Die Fläche weist auch 1989 keine geschlossene Krautschicht auf und ist geprägt durch die Dominanz (40 % Deckungsgrad) des Gemeinen Knäuelgrases (*Dactylis glomerata*) sowie durch das Gemeine Bitterkraut (*Picris hieracoides*), den Hopfenklee (*Medicago lupulina*), die Wiesen-Schafgarbe (*Achillea millefolium*), den Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*) und das Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) als weitere dominante Arten.

Die beobachtete Zeitreihe ist ebenfalls über ein Jahr ($p=0,0008$) und über die gesamte Zeitreihe (overall Mr=-0,651, $p=0,0023$) signifikant positiv korreliert.

Die starken Wechsel in den Dominanzverhältnissen werden von beiden Prognosen nicht abgebildet. Während die FMR-Prognose über den gesamten Zeitraum der Original-Zeitreihe relativ am nächsten kommt (Abb. 26), weist die MCS-Prognose eine sehr gute Übereinstimmung in der letzten Phase (Dominanz von *Medicago lupulina*) auf.

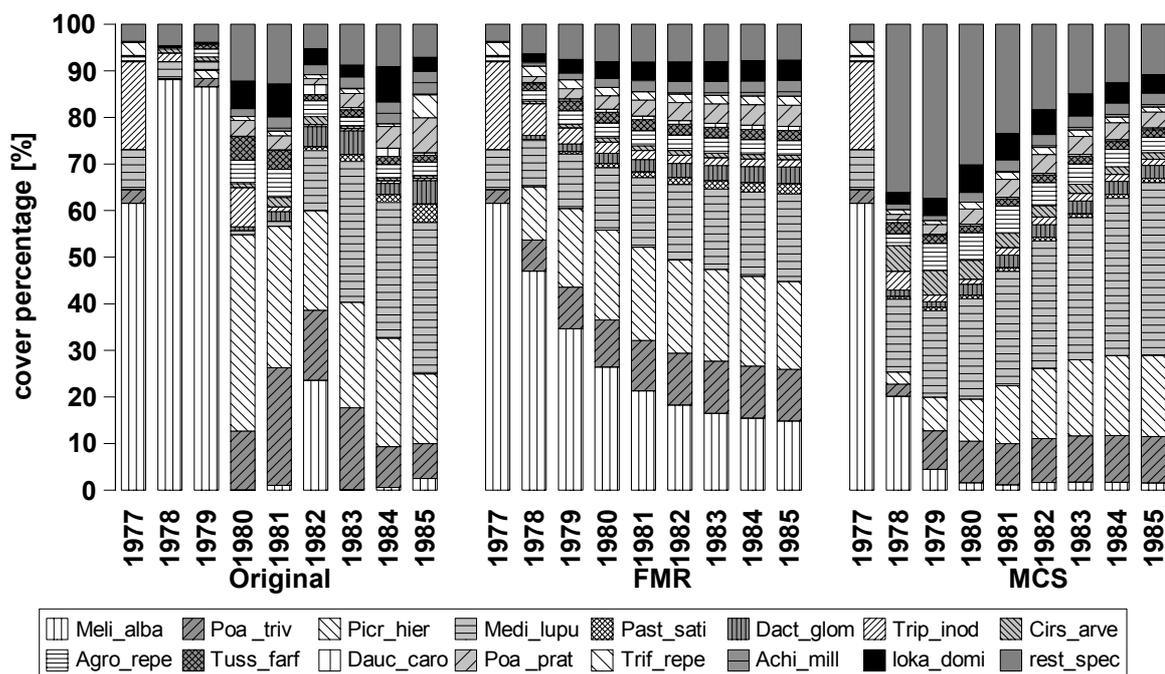


Abb. 25: Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Agrostis stolonifera*, *Apera spica-venti*, *Crepis biennis*, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*, *Arrhenatherum elatius*, *Artemisia vulgaris*, *Ranunculus repens*, *Solidago canadensis*, *Festuca arundinacea*, *Galium aparine*, *Rumex obtusifolius* und *Vicia hirsuta*) und rest_spec(restliche Arten, siehe Anhang)

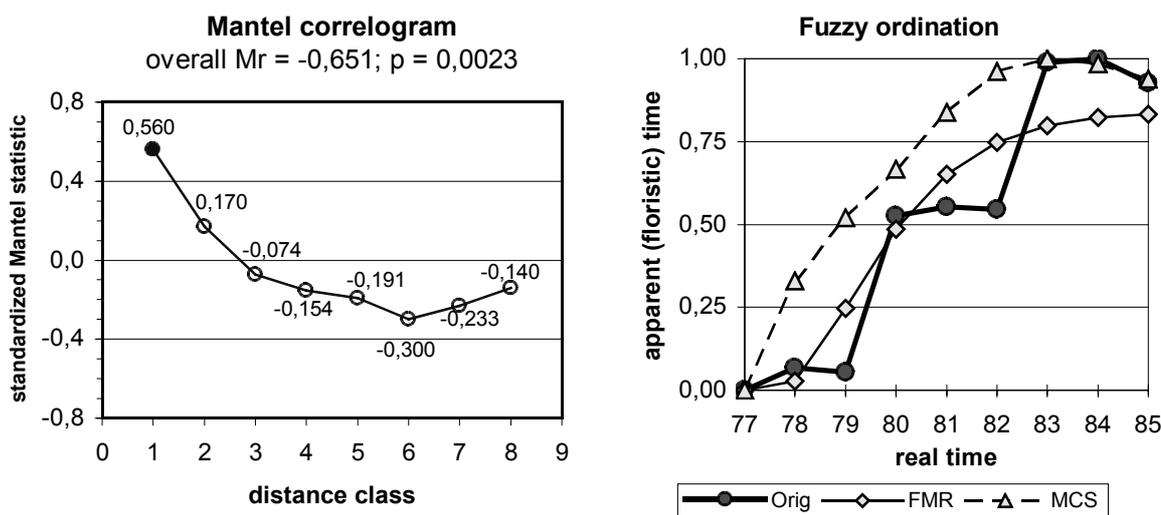


Abb. 26: Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

4.5.3. Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache

In der am westlichen Rand liegenden Fläche 68 dominiert in den ersten drei Jahren ebenfalls der Weiße Steinklee (*Meliolotus alba*) (Abb. 27), jedoch sind die folgenden Jahre durch noch stärkere Schwankungen gekennzeichnet als die anderen Flächen.

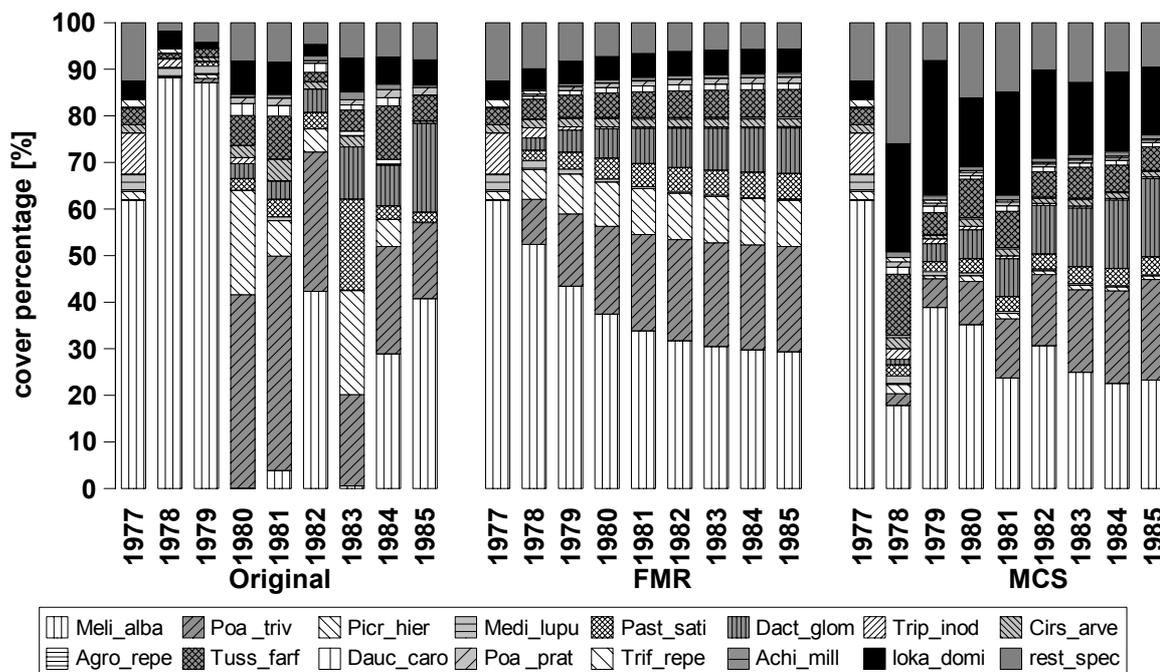


Abb. 27: Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache – Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), *Poa_triv*(*Poa trivialis*), *Picr_hier*(*Picris hieracoides*), *Medi_lupu*(*Medicago lupulina*), *Past_sati*(*Pastinaca sativa*), *Dact_glom*(*Dactylis glomerata*), *Trip_inod*(*Tripleurospermum inodorum*), *Cirs_arve*(*Cirsium arvense*), *Agro_repe*(*Agropyron repens*), *Tuss_farf*(*Tussilago farfara*), *Dauc_caro*(*Daucus carota*), *Poa_prat*(*Poa pratensis*), *Trif_repe*(*Trifolium repens*), *Achi_mill*(*Achillea millefolium*), *loka_domi*(*Solidago canadensis*, *Artemisia vulgaris*, *Galium aparine* und *Apera spica-venti*) und *rest_spec*(restliche Arten, siehe Anhang)

Insbesondere die Deckungsgradverhältnisse zwischen *Meliolotus alba*, Gemeinem Rispengras (*Poa trivialis*) und Gemeinem Bitterkraut (*Picris hieracoides*) schwanken extrem von Jahr zu Jahr (Abb. 27). Das Gemeine Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) erreicht 1989 einen Deckungsgrad von 60 % und die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und der Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) jeweils Deckungsgrade um 10 %.

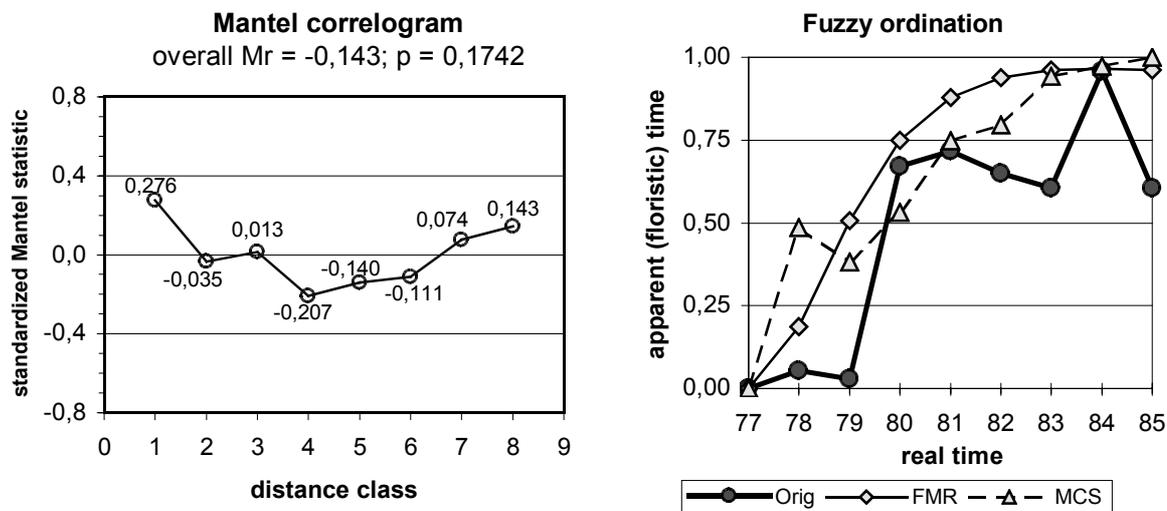


Abb. 28: Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Aufgrund dieser Schwankungen weist die beobachtete Zeitreihe weder über ein Jahr ($p=0,0564$) noch insgesamt (overall Mr=-0,143, $p=0,1742$) signifikante Korrelationen auf (Abb. 28).

Beide Prognosen bilden die beobachtete Entwicklung unzureichend ab (Abb. 28). Während die FMR-Prognose die Deckungsgradsumme der drei dominierenden Arten einigermaßen korrekt wiedergibt, werden von der MCS-Prognose diese auch als Summe unterschätzt und die „lokal dominanten“ Arten überschätzt.

4.5.4. Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache

Im Norden der Weender Brache liegt Fläche 101, die 1989 eine Strauchschicht mit 13 % Deckungsgrad aufweist, in der die Hunds-Rose (*Rosa canina*) die höchsten Deckungsgrade besitzt. In der Krautschicht herrschen Gemeines Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) und Gemeine Quecke (*Agropyron repens*) vor.

Der Weiße Steinklee (*Melilotus alba*) herrscht auch hier in den ersten drei Jahren vor, aber mit wesentlich geringerem Deckungsgradanteil (Abb. 29). Das Gemeine Rispengras (*Poa trivialis*) hingegen hat einen relativ konstanten Anteil an der Gesamtdeckung. Im Unterschied zu den drei anderen Flächen erreichen hier die übrigen dominanten Arten höhere Deckungsgrade, insbesondere Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Pastinak (*Pastinaca sativa*), Gemeine Quecke (*Agropyron repens*) und Gemeines Knäuelgras (*Dactylis glomerata*).

Über ein Jahr ($p=0,0006$) und insgesamt (overall Mr=-0,591, $p=0,0066$) ist die beobachtete Zeitreihe signifikant positiv korreliert (Abb. 30).

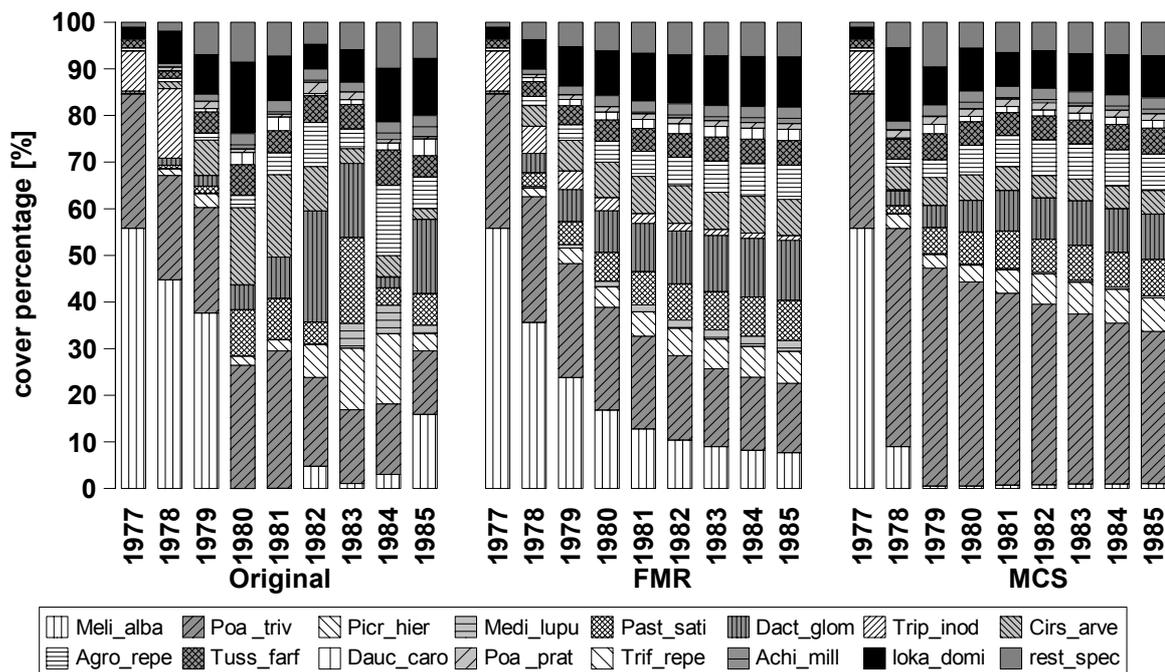


Abb. 29: Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache – Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Crepis biennis*, *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Apera spica-venti*, *Plantago lanceolata*, *Rumex obtusifolius*, *Taraxacum officinale* und *Vicia hirsuta*) und rest_spec(restliche Arten, siehe Anhang)

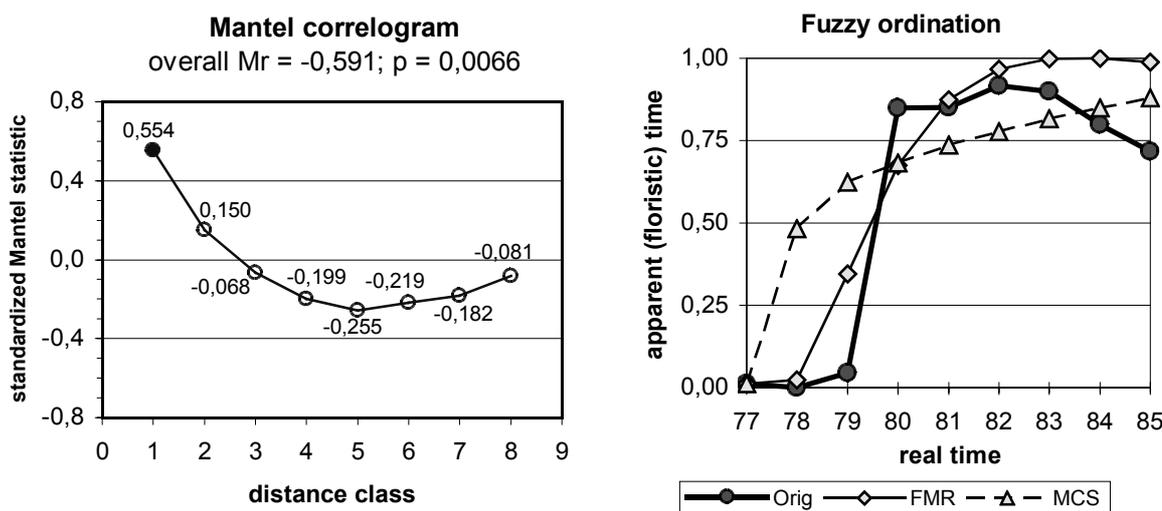


Abb. 30: Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die MCS-Prognose (Abb. 30) überschätzt den Anteil von *Poa trivialis*, während der Rückgang von *Meliolotus alba* zu stark ausfällt. Die FMR-Prognose bildet die beobachtete Entwicklung stark geglättet, aber noch relativ gut ab.

4.6. Rosen (1982) – Brache nach Beweidung im Stora Alvaret

Auf der schwedischen Ostseeinsel Öland legte ROSEN 1969 zahlreiche Dauerflächen an. Diese dienten der Untersuchung von Effekten der Schafbeweidung auf „Stora Alvaret“ im Süden der Insel und wurden von 1969 bis 1974 aufgenommen und zur Messung der Aufwuchsleistung teilweise beerntet (ROSEN 1982). Die unbehandelten Kontrollflächen wurden auch nach 1974 weiter aufgenommen; für diese Auswertung wurden davon acht Flächen verwendet, für die die Aufnahmedaten aus elf Jahren (1969 bis 1979) vorliegen (ROSEN 1982).

Die Vegetation der acht Dauerflächen wird pflanzensoziologisch als *Avenetum alvarense*, ALBERTSON 1950, bezeichnet, wobei die wissenschaftliche Bezeichnung der namensgebende Art, des Gewöhnlichen Wiesenhafers, mehrfach wechselte von *Avena pratensis* L., *Avenula pratensis* (L.) DUMORTIER, *Arrhenatherum pratense* (L.) SAMPAIO (in ROSEN 1982) zu *Helictotrichon pratense* (L.) BESSER.

Die Aufnahme der 1 m² großen Dauerflächen erfolgte nach der Methode von HULT-SERNANDER-DURIETZ, deren Schätzklassen einer strengen geometrischen Reihe von Klasse 5 (1/1 bis 1/2 der Aufnahmefläche bedeckend) bis Klasse 1 (weniger als 1/16 bedeckend) folgen. Zusätzlich wurde von ROSEN die Klasse „x“ für einzelne, sehr kleine Individuen verwendet. Für letztere Schätzklasse wurde als mittlerer Deckungsgrad 0,1 % angenommen und für die anderen Schätzklassen der Mittelwert der Klassengrenzen (1: 3,125 %; 2: 9,375 %; 3: 18,75 %; 4: 37,5 %; 5: 75,0 %). Sofern die Summe der mittleren Deckungsgrade einer Aufnahme weniger als 100 % ergab, wurde die Differenz als „unbedeckt“ bzw. „offener Boden“ gewertet, da keine Angaben zum Gesamtdeckungsgrad der Dauerflächen vorliegen.

Für jede Dauerfläche wurden die Zustände wie folgt definiert: Alle Arten bzw. Taxa die mindestens einmal mit der Schätzklasse 2 (mehr als 6,25 % bedeckend) bewertet wurden, sind als separate Zustände definiert worden. Auf einigen Flächen erfüllen nur drei oder vier Arten dieses Kriterium und erreichen zusammen in manchen Jahren kaum 20 %. Deshalb wurden als weitere separate Zustände die Arten definiert, welche in mindestens fünf Jahren mit der Schätzklasse 1 bewertet worden sind und in mindestens einem weiteren Jahren vorkommen, was einer Summe der mittleren Deckungsgrade von mindestens 15,725 % entspricht. Sofern sich dadurch mehr als 18 Zustände für Einzelarten ergaben, wurden die Arten mit geringeren Deckungsgradsummen zu den „restlichen Arten“ genommen. Diese Beschränkung ist notwendig, da das Programm MCS (BALZTER 1998) nur 20 Zustände verarbeiten kann und davon zwei für die „restliche Arten“ und den „offenen Boden“ benötigt werden.

4.6.1. Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, ungezäunt

Die Fläche 27 ist als einzige der acht Dauerflächen nicht eingezäunt und wurde bis 1971 intensiv mit Schafen und anschließend schwach mit Rindern (Färsen) beweidet.

Von 1969 auf 1970 verringert sich der Deckungsgrad des Schaf-Schwingels (*Festuca ovina*) erheblich (Abb. 31), was ROSEN (1982) auf die starke Trockenheit im Sommer 1969 zurückführt. Bis 1979 erholt sich *Festuca ovina* und erreicht wieder den alten Deckungsgrad von 1969. In den hier nicht berücksichtigten Jahren werden bis 1983 Deckungsgrade von mehr als 50 % erreicht, die nach dem Trockenjahr 1983 aber wieder geringer sind (ROSEN 1984, 1985). Der Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*), das Echte Labkraut (*Galium verum*), der Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*) und Fingerkraut-Arten (*Potentilla spp.*) erreichen in einzelnen Jahren höhere Deckungsgrade, alle anderen Arten verbleiben unterhalb 6,25 % Deckungsgrad, der oberen Grenze der Schätzklasse 1.

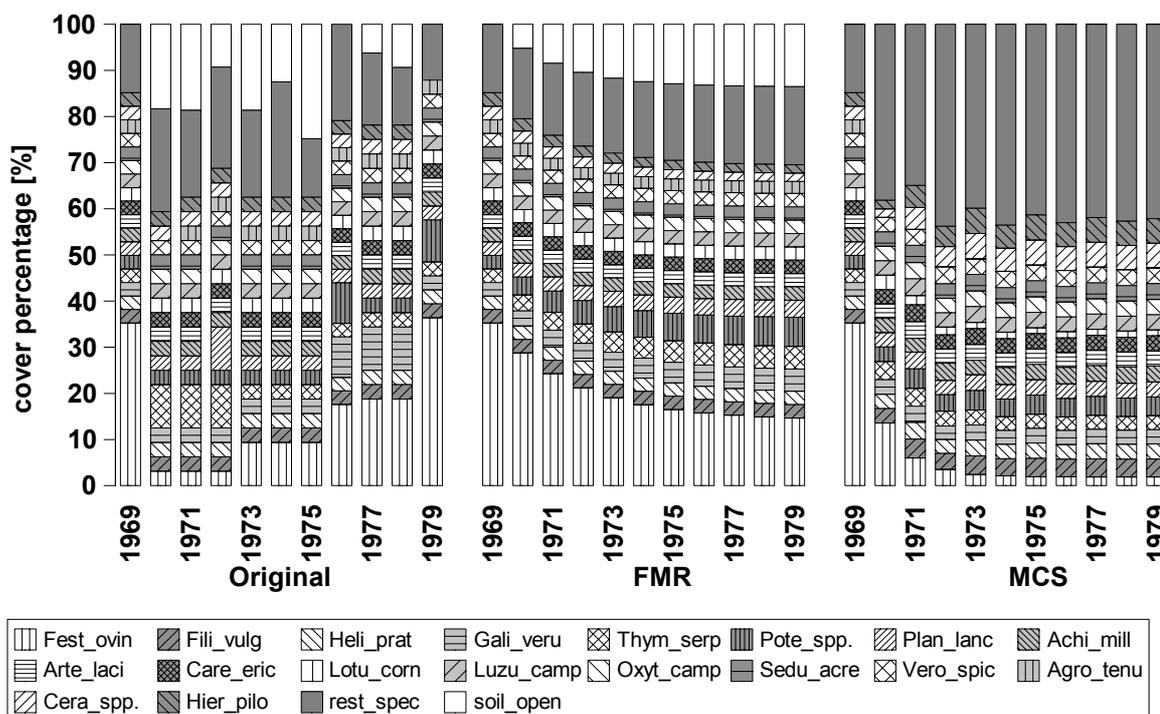


Abb. 31: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), rest_spec(25 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die beobachtete Zeitreihe ist weder über den gesamten Zeitraum (overall $Mr = -0,343$, $p = 0,0281$) noch über aufeinander folgende Jahre ($p = 0,0414$) signifikant positiv korreliert, aber die Aufnahmen sind über sechs Jahre signifikant ($p = 0,0071$) schwach negativ korreliert (Abb. 32).

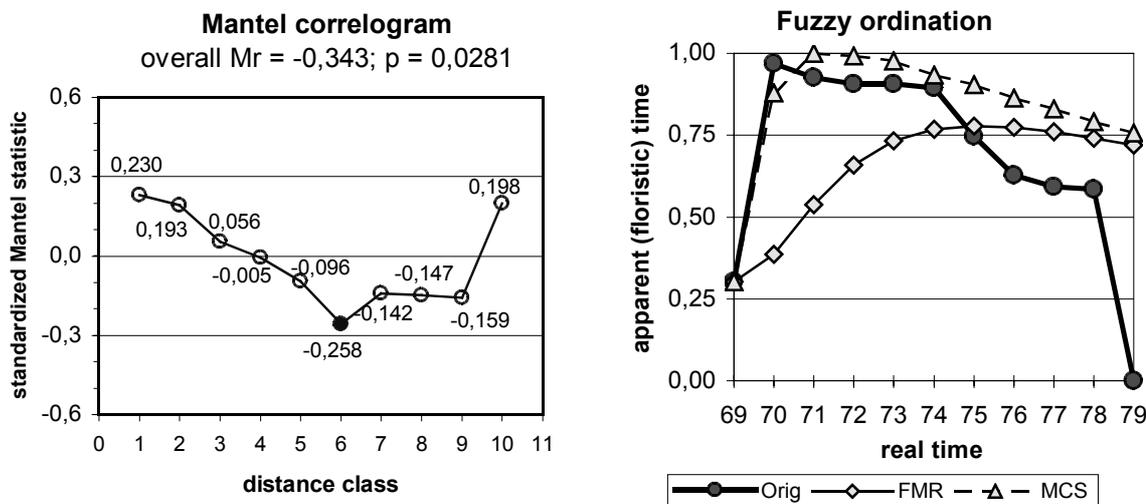


Abb. 32: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Der Zusammenbruch und die allmähliche Erholung der Population von *Festuca ovina* ist in der Fuzzy-Ordination (Abb. 32) gut zu erkennen. Beide Prognosen bilden diese beobachtete Entwicklung nicht ab, stattdessen wird eine langsame (FMR-Prognose) bzw. schnelle (MCS-Prognose) Abnahme des Schaf-Schwingels prognostiziert (Abb. 31). Die anfangs bessere Übereinstimmung von MCS-Prognose und Beobachtung zeigt sich auch in der Fuzzy-Ordination (Abb. 32), wobei das Fehlen des Zustands „offener Boden“ und der hohe Anteil der „restlichen Arten“ auffällig ist (Abb. 31).

4.6.2. Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, dann eingezäunt

Die 1969 eingezäunte Fläche 27 wurde zuvor intensiv mit Schafen beweidet. Auch hier erholt sich der Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*) nach dem Zusammenbruch von 1969 auf 1970 allmählich bis 1979 (Abb. 33). In den hier nicht berücksichtigten Jahren steigt der Deckungsgrad bis 1983 und fällt nach diesem Trockenjahr wieder auf unter 6,25 % (ROSEN 1984, 1985). Über den gesamten Zeitraum nehmen das Echte Labkraut (*Galium verum*), das Gemeine Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*) und - besonders stark - das Kleine Mädesüß (*Filipendula vulgaris*) zu.

Sowohl über ein Jahr ($p=0,0070$) als auch insgesamt (overall $M_r=-0,435$; $p=0,0056$) liegen signifikant schwache Korrelationen vor (Abb. 34). Die Entwicklung des Schaf-Schwingels wird von der FMR-Prognose nicht abgebildet, während die MCS-Prognose den Zusammenbruch der Population in 1970 gut, die Erholung aber nur unzureichend nachvollzieht (Abb. 33).

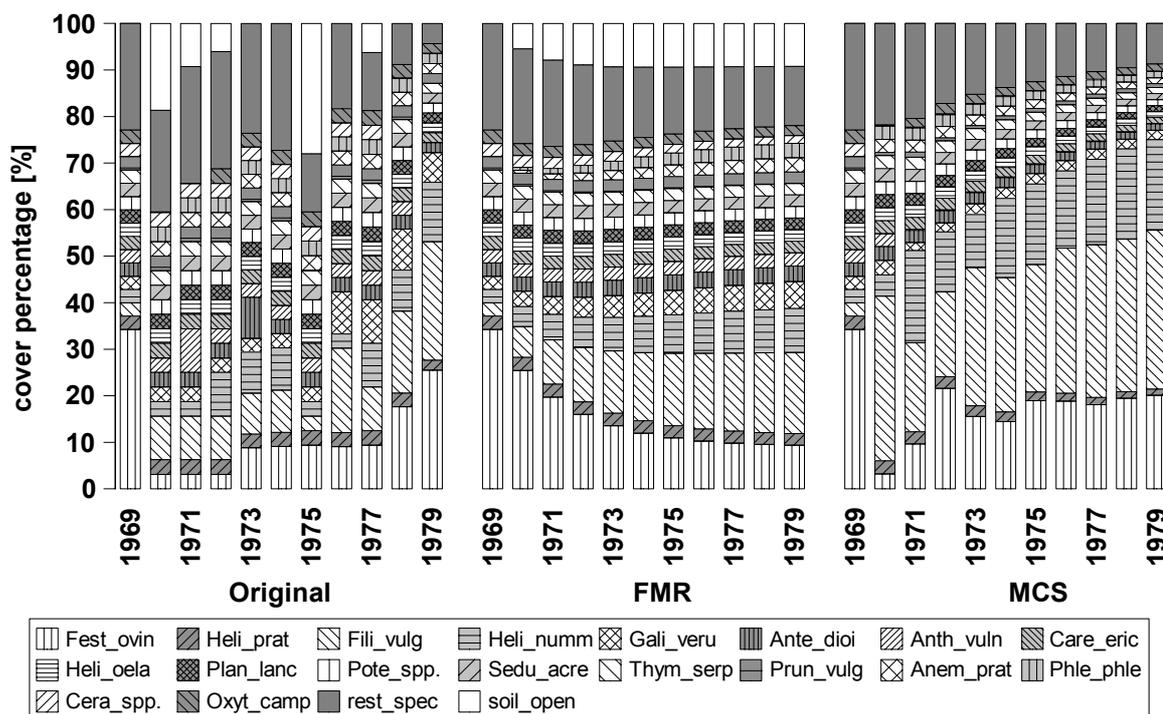


Abb. 33: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Gali_veru(*Galium verum*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Prun_vulg(*Prunella vulgaris*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), rest_spec(25 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

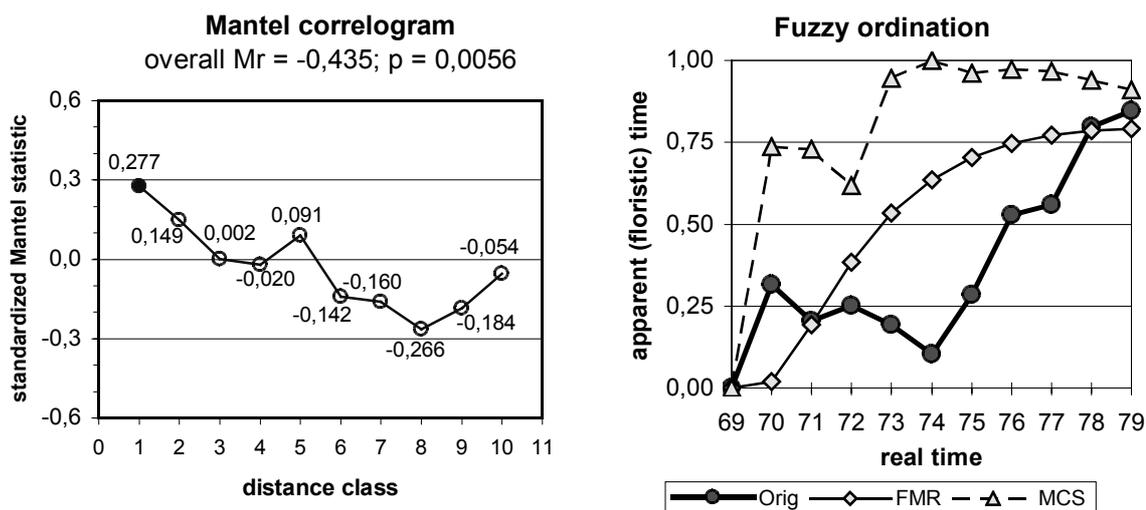


Abb. 34: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Entwicklung der drei zunehmenden Arten (*Filipendula vulgaris*, *Helianthemum nummularium* und *Galium verum*) wird in der FMR-Prognose qualitativ und quantitativ besser abgebildet als in der MCS-

Prognose. Wenn der gesamten Bestand betrachtet wird (Fuzzy-Ordination, Abb. 34), so wird zwar mit beiden Verfahren die Verteilung im letzten Jahr einigermaßen zutreffend prognostiziert, bezüglich der Entwicklungswege versagen aber beide Methoden.

4.6.3. Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt

Die Fläche 36 liegt in einem zuvor nicht beweideten Gebiet und wurde 1969 eingezäunt. Im Vergleich zur Fläche 30 erholt sich hier der Schaf-Schwengel (*Festuca ovina*) schneller, mit leichten Rückgängen 1974 und 1976 (Abb. 35). Das Kleine Mädessüß (*Filipendula vulgaris*) nimmt stark und der Gewöhnliche Wiesenhafer (*Helictotrichon pratense*) leicht zu. Die übrigen Arten haben konstant Deckungsgrade unter 6,25 %.

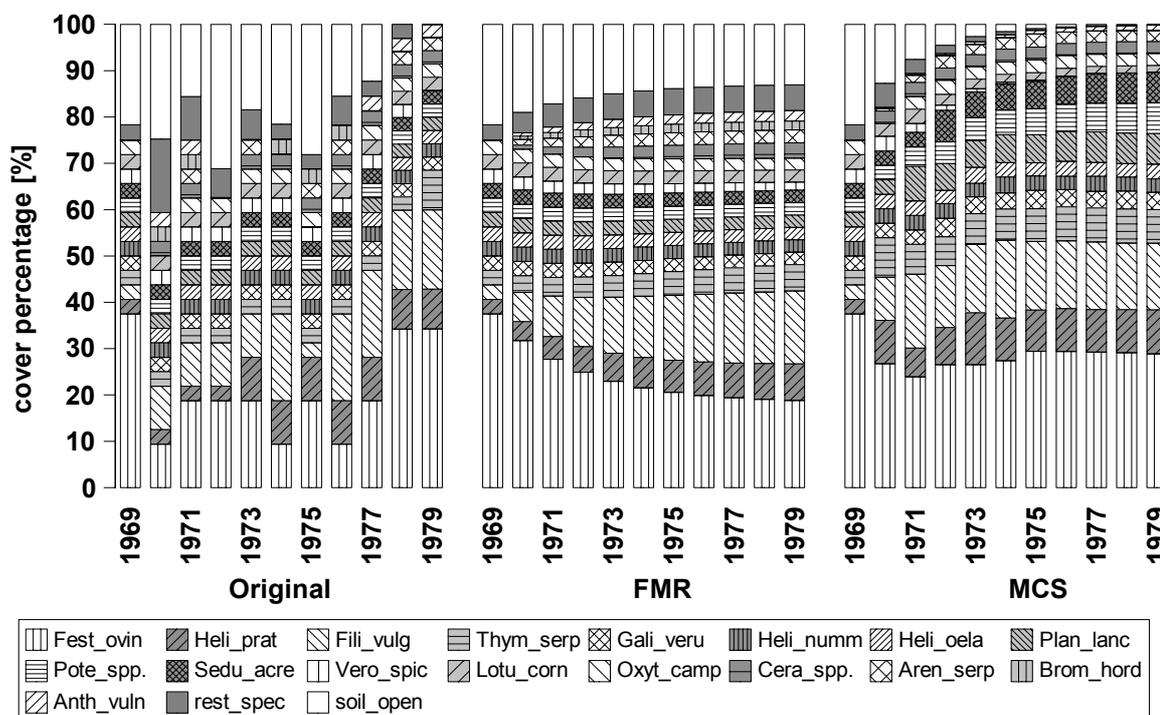


Abb. 35: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratense*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Aren_serp(*Arenaria serpyllifolia*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), rest_spec(10 weitere Taxa , siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die beobachtete Zeitreihe ist über den gesamten Zeitraum (overall $Mr = -0,507$; $p = 0,0040$) signifikant positiv korreliert, hingegen sind die Aufnahmen über ein Jahr ($p = 0,0179$) nicht signifikant korreliert (Abb. 36).

Die FMR-Methode prognostiziert auch hier fälschlicherweise fallende Deckungsgrade für den Schaf-Schwengel, die Zunahme von Mädesüß und Wiesenhafer wird korrekt abgebildet. Eine Abnahme im zweiten Jahr und anschließend konstante Deckungsgrade für den Schaf-Schwengel in der MCS-Prognose, bilden die beobachtete Entwicklung auch nur unzureichend ab.

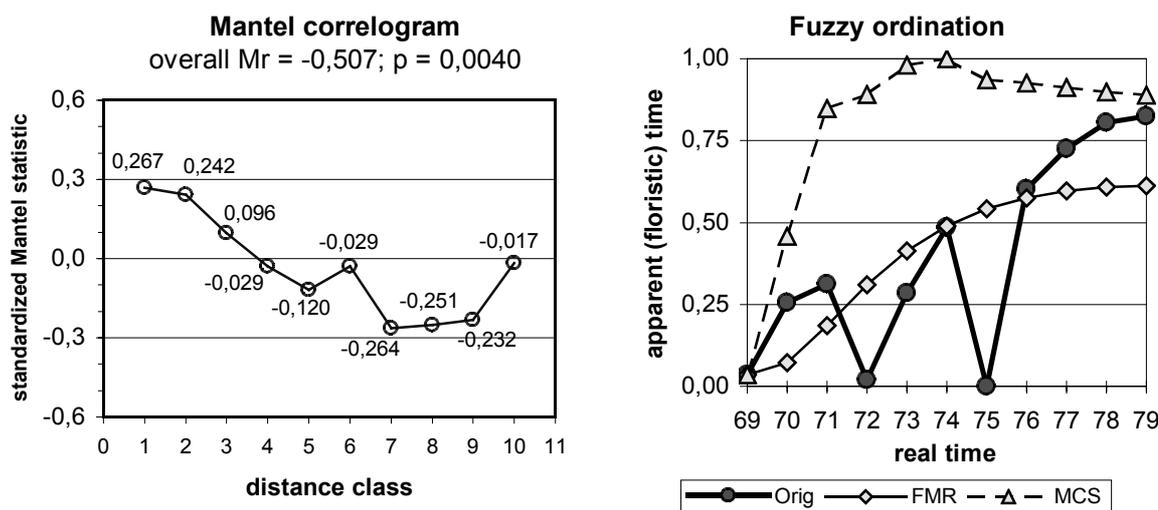


Abb. 36: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Für Mädesüß und Wiesenhafer wird eine leichte Abnahme nach 1973/74 und eine viel früher einsetzende Abnahme des „offenen Bodens“ prognostiziert. In der Summe versagen beide Verfahren bei der Prognose der Vegetationsentwicklung (Fuzzy-Ordination, Abb. 36).

4.6.4. Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret - zuvor beweidet, dann eingezäunt

Die 1969 eingezäunte Fläche 38 wurde zuvor intensiv mit Rindern beweidet. Der Schaf-Schwengel (*Festuca ovina*) erholt sich auf dieser Fläche besonders schnell und nachhaltig (Abb. 37). Auch das Kleine Mädesüß (*Filipendula vulgaris*) nimmt stark zu. Die als „restliche Arten“ zusammengefassten Taxa nehmen in den ersten sechs Jahren stark ab und die Population der Weiche Trespe (*Bromus hordeaceus*) erlischt 1977, nachdem sich ein geschlossener Bestand (ohne „offenen Boden“) ausgebildet hat. Diese Entwicklung lässt sich gut in der Fuzzy-Ordination (Abb. 38) nachvollziehen.

Über ein Jahr ($p=0,0020$) und insgesamt (overall Mr=-0,521; $p=0,0038$) ist die Zeitreihe signifikant positiv korreliert (Abb. 38).

In diesen Fall wird von der FMR-Prognose die Zunahme von *Filipendula vulgaris* gut abgebildet, alle anderen beobachteten und zuvor beschriebenen Veränderungen (Abb. 37) werden, mit Ausnahme der konstanten Arten, von beiden Prognosen falsch prognostiziert, was auch in der Fuzzy-Ordination (Abb. 38) deutlich zu sehen ist.

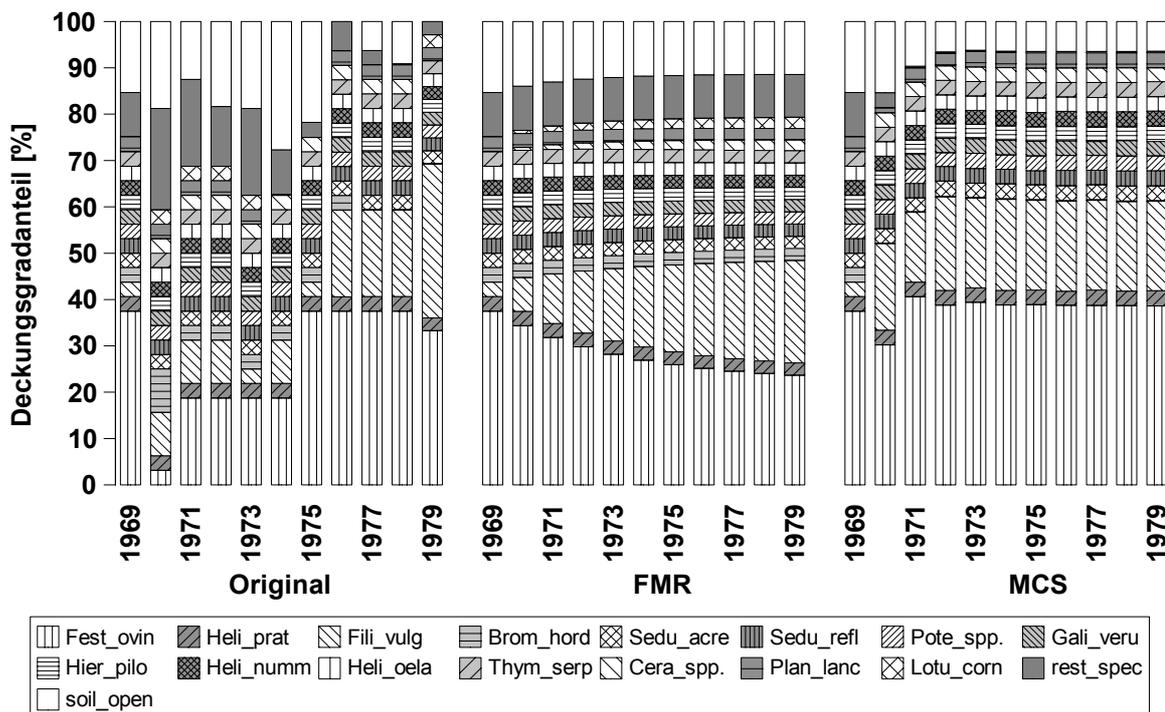


Abb. 37: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Sedu_refl(*Sedum reflexum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Gali_veru(*Galium verum*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), rest_spec(15 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

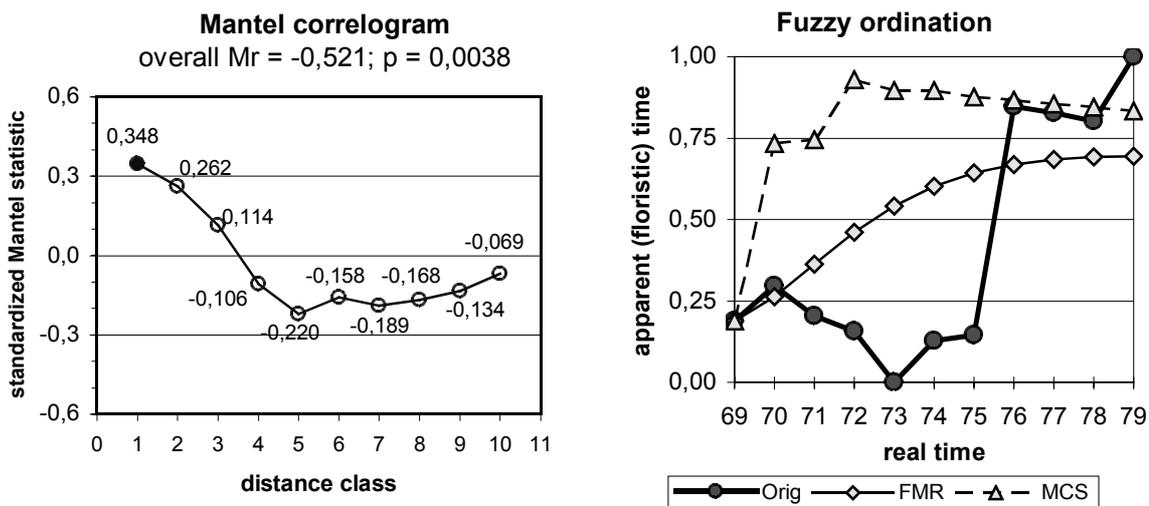


Abb. 38: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

4.6.5. Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt

Die Vegetationsentwicklung auf Fläche 39 unterscheidet sich erheblich von der Entwicklung auf den anderen Flächen. Der Schaf-Schwengel (*Festuca ovina*) ist auch hier 1970 nur schwach vertreten, aber im Folgejahr schon wieder so häufig wie 1969 (Abb. 39). Dann verliert *Festuca ovina* jedoch stark zugunsten des Gewöhnlichen Wiesenhafers (*Helictotrichon pratense*), der sich in den Jahren mit geringem Gesamtdeckungsgrad gut ausbreiten kann. Das Kleine Mädesüß (*Filipendula vulgaris*) nimmt in den letzten Hälfte zu, während alle anderen Taxa auf konstant niedrigem Niveau vertreten sind. Im nicht berücksichtigten Zeitraum 1980 bis 1984 nehmen Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*) und Wachholder (*Juniperus communis*) zu (ROSEN 1984, 1985).

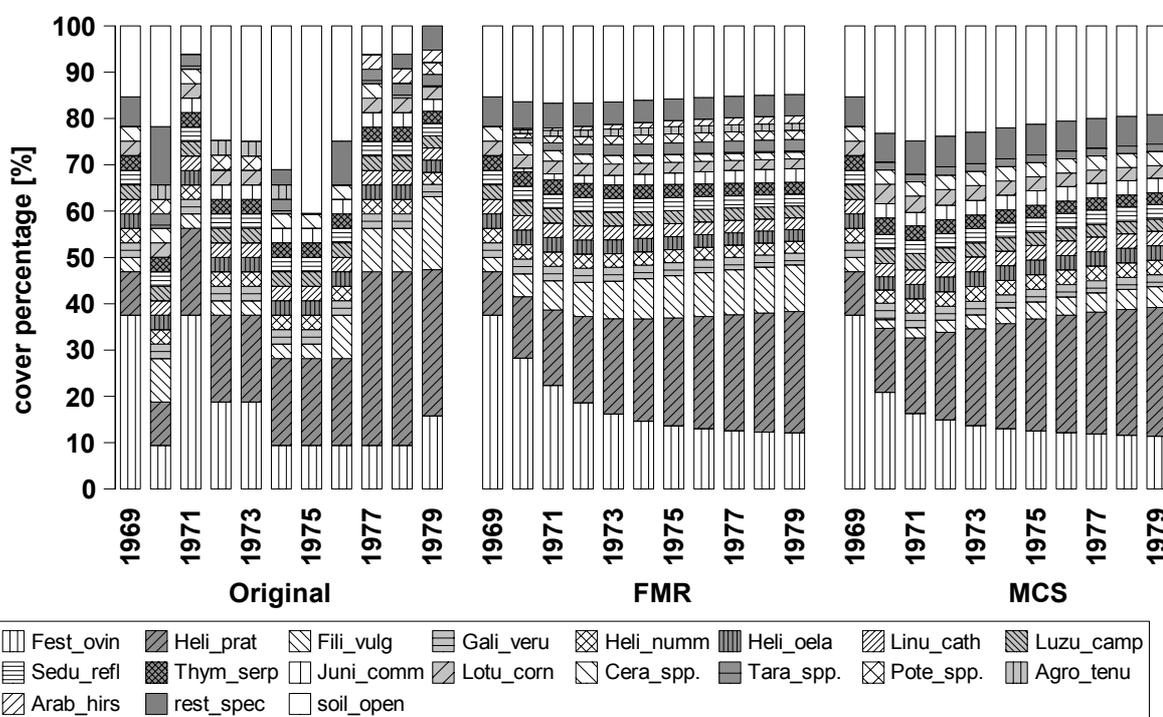


Abb. 39: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Sedu_refl(*Sedum reflexum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Juni_comm(*Juniperus communis*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Tara_spp.(*Taraxacum spp.*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Arab_hirs(*Arabis hirsuta*), rest_spec(17 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die Aufnahmen sind über den gesamten Zeitraum (overall $Mr = -0,570$; $p = 0,0004$) sowie über ein Jahr ($p = 0,0045$) und über zwei Jahre ($p = 0,0118$) signifikant positiv korreliert, was für einen starken Trend in der Vegetationsentwicklung spricht (Abb. 40).

Beide Prognosen bilden die Ablösung des Schaf-Schwingels durch den Wiesenhafer sehr gut ab, die FMR-Prognose vollzieht auch die Zunahme von *Filipendula vulgaris* nach. Die starken Veränderungen des Gesamtdeckungsgrades bzw. des „offenen Bodens“ werden nur unzureichend abgebildet.

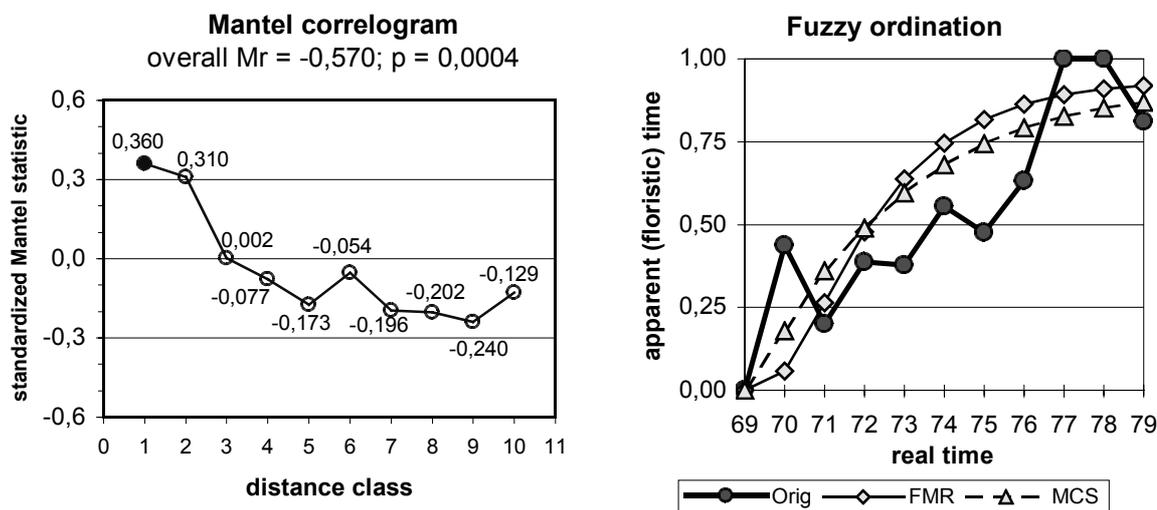


Abb. 40: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Insgesamt wird die Vegetationsentwicklung von beiden Methoden gut prognostiziert, wie es auch in der Fuzzy-Ordination (Abb. 40) zu sehen ist.

4.6.6. Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt

Während auf den bisher behandelten Dauerflächen der Schaf-Schwingel, der Wiesenhafer und das Kleinen Mädesüß dominierten, kommen auf der Fläche 54 (Abb. 41) und den beiden folgenden Flächen weitere krautige Arten mit höheren Deckungsgraden hinzu. Der Schlitzblättrige Beifuß (*Artemisia laciniata*) erreicht in den ersten und letzten Beobachtungsjahren hohe Deckungsgrade, während die Wiesen-Schafgarbe (*Achillea millefolium*) in den letzten vier Jahren stark vertreten ist. Mit schwankenden Deckungsgraden auf mittlerem Niveau kommen das Echte Labkraut (*Galium verum*) und das Gewöhnliche Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*) vor. Die Fläche 54 ist über den gesamten Beobachtungszeitraum sehr dicht. In den hier nicht berücksichtigten Jahren von 1980 bis 1982 können sich der Schaf-Schwingel und der Wiesenhafer stärker ausbreiten, hingegen geht der Anteil der Wiesen-Schafgarbe zurück (ROSEN 1984).

Über den gesamten Zeitraum (overall Mr=-0,508; p=0,0004) und über ein Jahr (p=0,0006) sind die Aufnahmen signifikant positiv korreliert (Abb. 42).

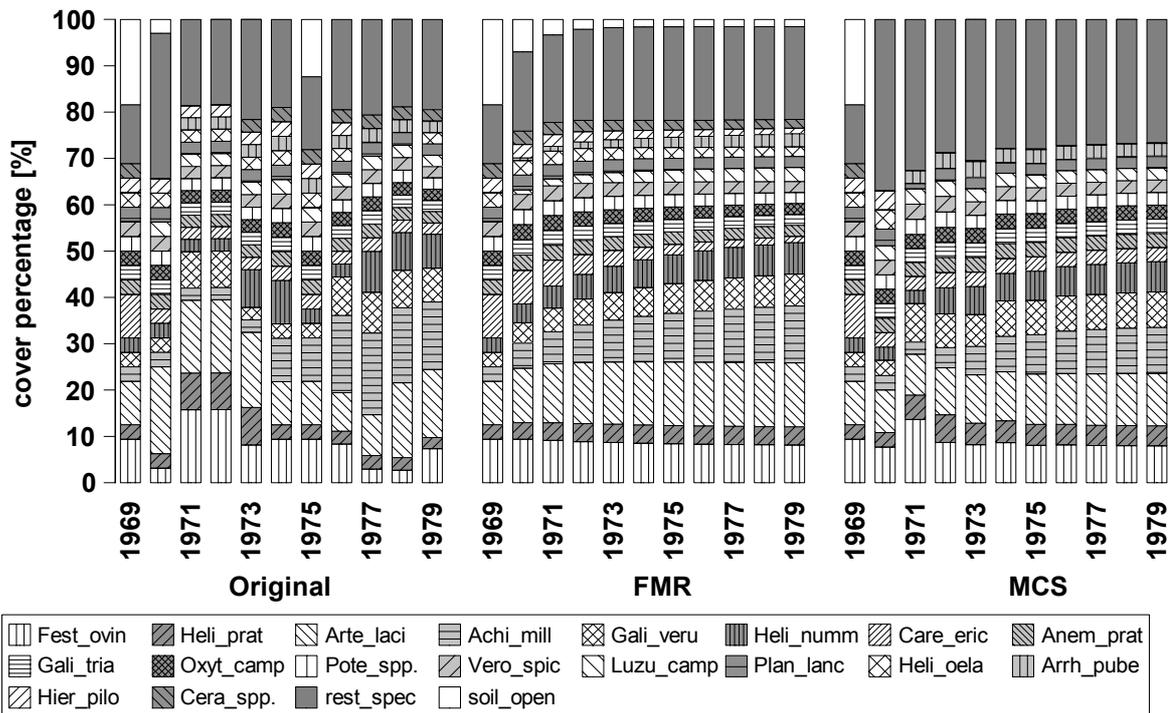


Abb. 41: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Gali_tria(*Galium triandrum*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Arrh_pube(*Arrhenaterum pubescens*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), rest_spec(18 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

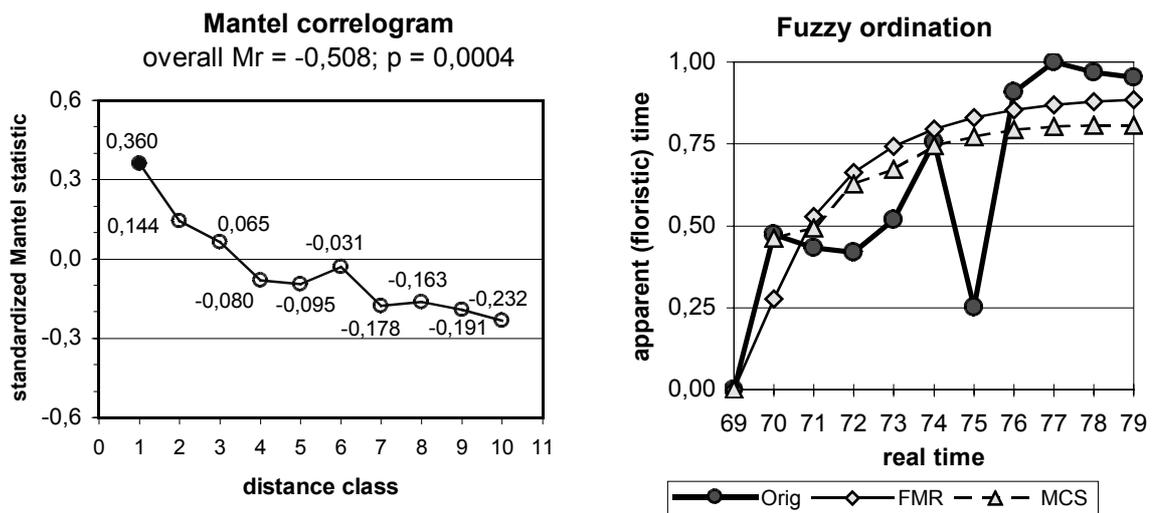


Abb. 42: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Vegetationsentwicklung wird von beiden Prognosen zwar stark geglättet, aber zufrieden stellend abgebildet; mit Ausnahme des Jahres 1975 (Abb. 42), in dem der Gesamtdeckungsgrad nur gering ist (Abb. 41).

4.6.7. Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt

Auf der Fläche 57 dominiert im Jahr 1969 noch der Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*), nach dem Zusammenbruch der Population erholt sich diese aber nur schleppend (Abb. 43). Im zweiten Jahr profitiert keine der anderen Arten vom Rückgang des Schaf-Schwingels, dafür tritt im dritten Jahr der Wundklee (*Anthyllis vulneraria*) massenhaft auf. Als weitere Taxa mit höheren Deckungsgraden vor allem in den letzten Beobachtungsjahren sind der Wiesenhafer (*Helictotrichon pratense*) und Fingerkraut-Arten (*Potentilla spp.*) zu nennen.

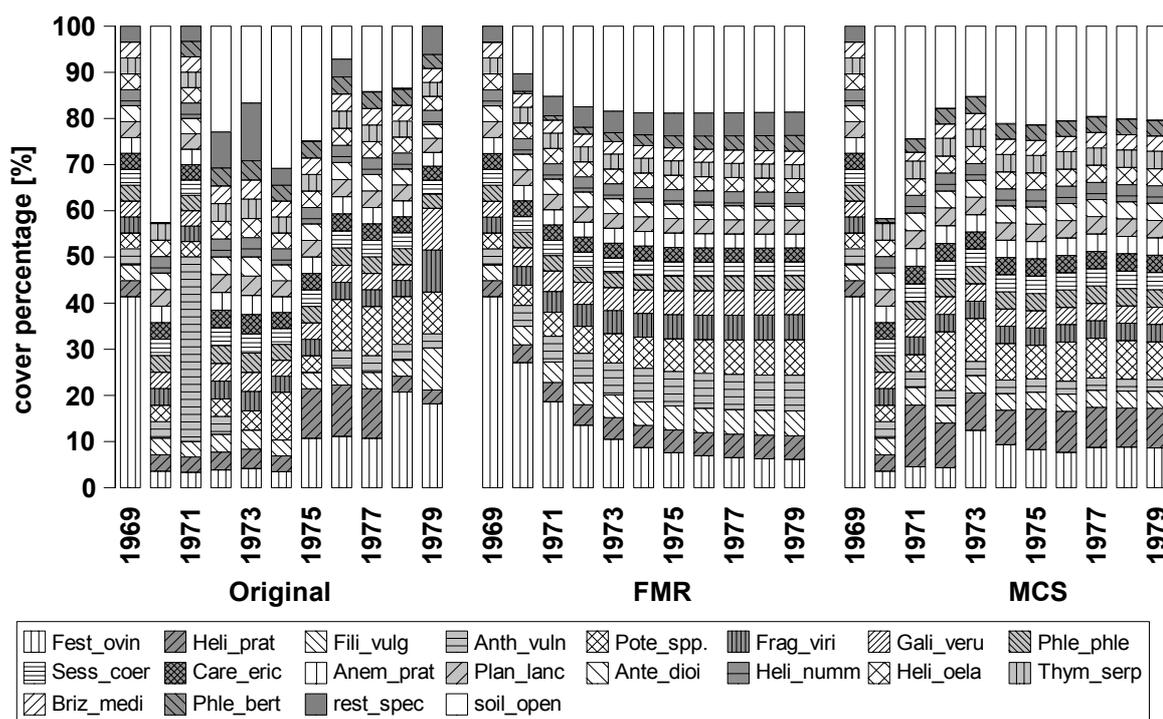


Abb. 43: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose
 Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Frag_viri(*Fragaria viridis*), Gali_veru(*Galium verum*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Sess_coer(*Sessilaria coerulea ssp. ulig.*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Briz_medi(*Briza media*), Phle_bert(*Phleum bertolonii*), rest_spec(20 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die Zeitreihe ist weder insgesamt (overall $Mr = -0,309$; $p = 0,0318$) noch über ein Jahr ($p = 0,0291$) signifikant positiv korreliert (Abb. 44).

Beide Verfahren bilden die Vegetationsentwicklung nur unzureichend ab (Abb. 44). Weder die allmähliche Erholung von *Festuca ovina* noch das massenhafte Auftreten von *Anthyllis vulneraria* in 1975 werden korrekt prognostiziert (Abb. 43).

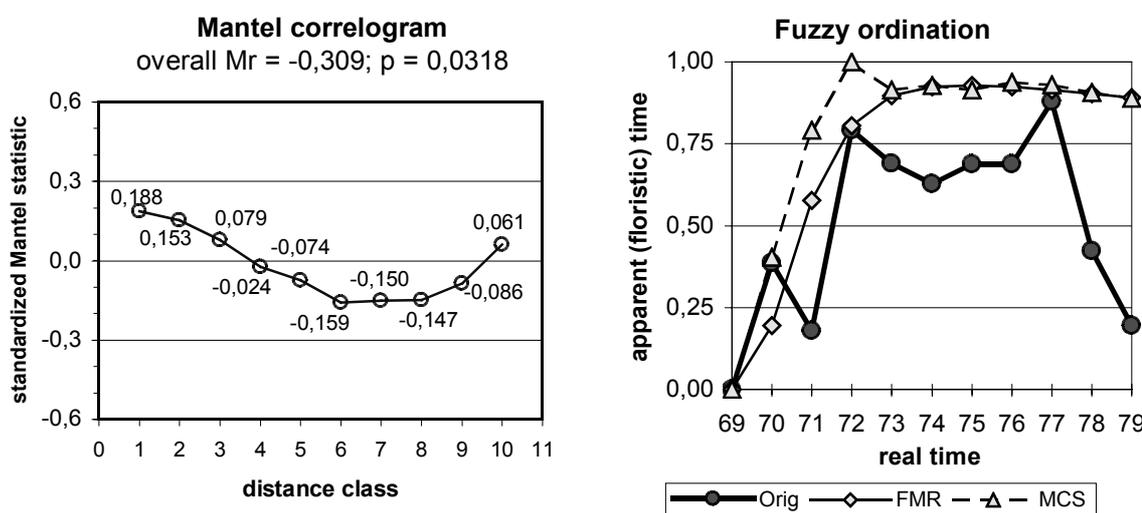


Abb. 44: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Auch die Phasen mit viel *Helictotrichon pratense* bzw. *Potentilla spp.* stimmen nur schlecht mit der Beobachtung überein.

4.6.8. Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret - zuvor nicht beweidet, dann eingezäunt

Die Entwicklung auf Fläche 58 (Abb. 45) ist mit derjenigen auf Fläche 57 vergleichbar: Der Schafschwingel (*Festuca ovina*) breitet sich nach dem Zusammenbruch nur langsam wieder aus und im dritten Jahr dominiert der Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), aber nicht so stark wie auf Fläche 57. Das Kleine Mädesüß (*Filipendula vulgaris*) nimmt in der letzten Hälfte stark zu, wie auf Fläche 39 (Abb. 39). Ebenfalls in den letzten Beobachtungsjahren erreichen das Echte Labkraut (*Galium verum*), der Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*) und die Fingerkraut-Arten (*Potentilla spp.*) höhere Deckungsgrade, so dass sich ein relativ dichter Bestand bildet.

Die Aufnahmen sind über ein Jahr ($p=0,0027$) signifikant positiv korreliert (Abb. 46), nicht jedoch über den gesamten Zeitraum (overall Mr=-0,439; $p=0,0129$).

Die beobachtete Entwicklung bildet keine Prognose auch nur näherungsweise ab (Abb. 45). In der FMR-Prognose nehmen die Deckungsgrade von *Festuca ovina* ab und es verbleiben 17 % „offener Boden“. Auch in der MCS-Prognose verliert *Festuca ovina* Raum, während sich die „restlichen Arten“

stark ausbreiten. Die schlechte Übereinstimmung ist auch in der Fuzzy-Ordination (Abb. 46) gut sichtbar.

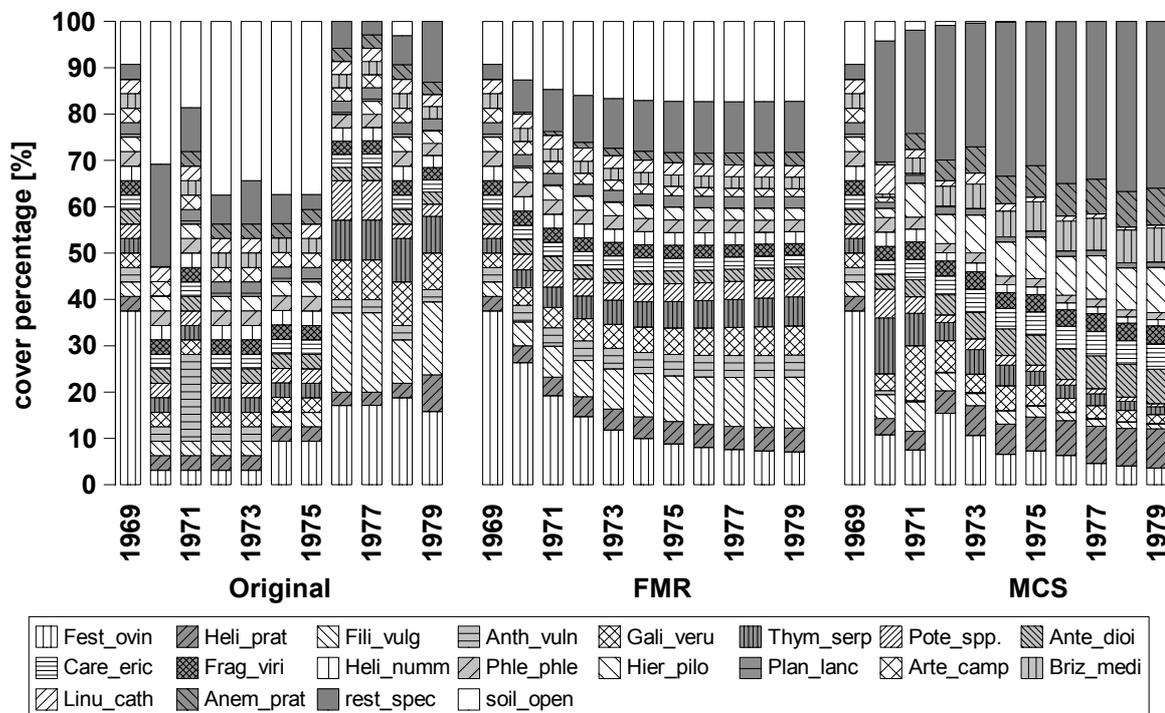


Abb. 45: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret – Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Frag_viri(*Fragaria viridis*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Arte_camp(*Artemisia campestris*), Briz_med(*Briza media*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), rest_spec(12 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

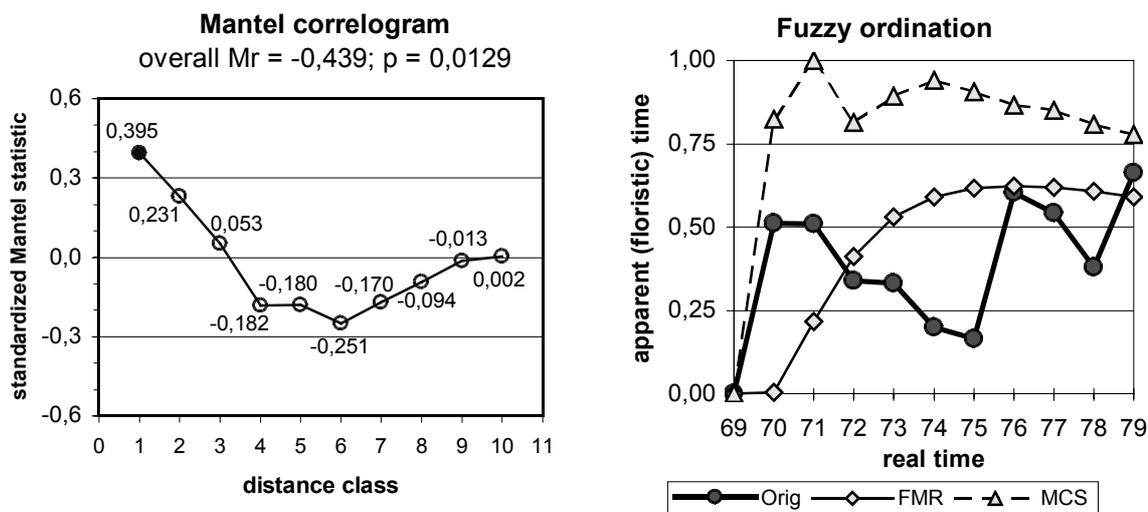


Abb. 46: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret – Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

4.7. BAKKER(1989) – Heunutzung ohne Düngung

Die folgenden acht Dauerflächen von BAKKER (1989) liegen in den Niederlanden im Schutzgebiet „Stroomdallandschap Drentsche A“ an den Zuflüssen Anloover Diepje (Kurzbezeichnung Anlo) und Taarlosche Diep (Taarlo).

Nach der Unterschutzstellung im Jahre 1965 kaufte der Staat Flächen entlang des Flusses und seiner Nebenflüsse auf; so auch die Schläge auf denen die Dauerflächen liegen. Sie waren zuvor zur Heugewinnung mit anschließender Nachbeweidung mit Rindern genutzt worden. Nach dem Kauf wurde die bis dahin übliche Düngung verboten und der Staat ließ die Flächen durch die Forstverwaltung oder Landwirte zur Heugewinnung im Juli mähen. Die illegale Ausbringung von Dünger durch Landwirte wurde durch den jährlichen Wechsel des nutzungsberechtigten Landwirtes verhindert. Seit wann die einzelnen Flächen ohne Düngung bewirtschaftet wurden, wird bei den einzelnen Dauerflächen beschrieben.

Die 2 x 2 m großen Dauerflächen wurden 1972 bzw. 1974 eingerichtet und bis 1975 jährlich nach der von BARKMAN et al. (1964) modifizierten Braun-Blanquet-Skala aufgenommen – mit folgenden Klassen und mittleren Deckungsgraden: r = 1 %; + = 2 %; 1 = 4 %, 2m = 4 %, 2a = 10 %, 2b = 10 %, 3 = 40 %, 4 = 60 % und 5 = 90 %. Ab 1976 wurde die feinere Dezimalskala von LONDO (1976) verwendet. Für sechs der acht Dauerflächen liegen für das Jahr 1975 keine Aufnahmedaten vor, deshalb werden in diesen Fällen nur die neun Aufnahmen von 1976 bis 1984 für die Berechnungen verwendet; zur Beurteilung der Vegetationsentwicklung werden aber teilweise auch die Aufnahmen der vorigen Jahre herangezogen.

Als separate Zustände sind alle Arten definiert worden, die in mindestens einem Aufnahmejahr einen Deckungsgrad von mindestens 8 % erreichen. Zusätzlich wurden die Arten ausgewählt, die mindestens einmal einen Deckungsgrad von 4 % erreichen und deren Deckungsgradsumme über den gesamten Zeitraum mindestens 12 % (neun Jahre) bzw. 15 % (elf Jahre) beträgt. Alle anderen Arten wurden zur Gruppe der „restlichen Arten“ zusammengefasst. Falls die Summe der Deckungsgrade (genauer der Mittelwerte der Schätzklassen) aller Arten unter 100 % liegt, so ist die Differenz zu 100 % als „offener Boden“ berücksichtigt worden.

4.7.1. Bk89T10 – Plot Anlo 463T, trockener sandiger Boden

Diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.10) wird seit 1972 zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt. Davor war – wie auf allen weiteren Flächen der Studie – Mahd mit Nachweide (Rinder) und Düngung üblich.

„In the dry parts of the Anlo study area the transition from stands with Poo-Lolietum elements to stands with Lolio-

Cynosuretum elements is characterized by the decrease of species indicating nutrient-rich soil condition viz. Lolium perenne, Alopecurus geniculatus and Bromus hordeaceus and the increase of intermediate and nutrient-poor species viz. Anthoxanthum odoratum and Rhinanthus angustifolius, but also nutrient-rich species Poa trivialis and Ranunculus repens.“ (BAKKER 1989)

Im hier nicht berücksichtigten Jahr 1974 dominiert das Ausdauernde Weidelgras (*Lolium perenne*) mit 40 % Deckungsgrad, daneben sind Weiche Trespe (*Bromus hordeaceus*) und Knick-Fuchsschwanzgras (*Alopecurus geniculatus*) häufig. Zehn Jahre nach dem Nutzungswechsel (1982/83) fehlen *Lolium perenne* und *Bromus hordeaceus* (Abb. 47).

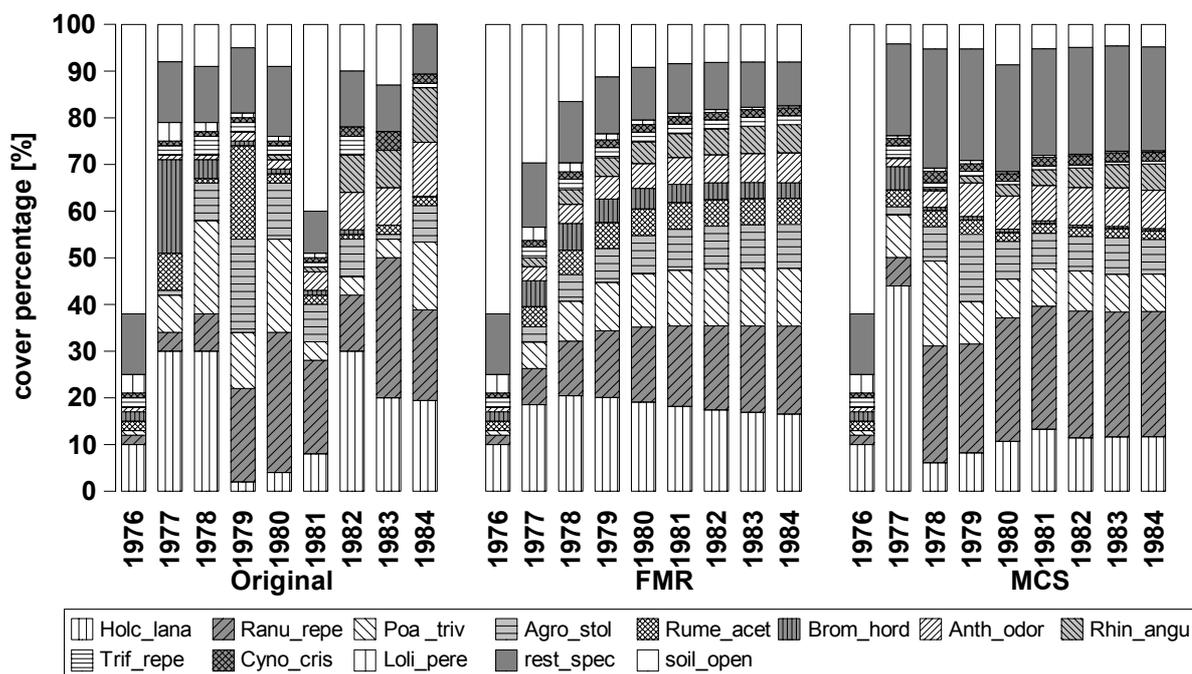


Abb. 47: Bk89T10 – Plot Anlo 463T: Beobachtung und Prognose

Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rhin_angu (*Rhinanthus angustifolius*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Loli_pere(*Lolium perenne*), rest_spec(19 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden)

Das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) unterliegt starken Schwankungen: Nach einem Anstieg bis 1978 bricht die Population zusammen, erholt sich aber wieder insbesondere nachdem 1981 der Bestand recht lückig war (Abb. 47). Das Gewöhnliche Ripsengras (*Poa trivialis*), das Weiße Straußgras (*Agrostis stolonifera*) und der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) sind besonders häufig in den Jahren 1978 bis 1980, während sich der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) relativ konstant ausbreitet (Abb. 47). In den letzten Beobachtungsjahren nehmen die Magerkeitszeiger Gewöhnliches Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) und Großer Klappertopf (*Rhinanthus angustifolius*) zu.

Das Mantel-Korrelogramm (Abb. 48) zeigt einen ungewöhnlichen Verlauf: Die Aufnahmen sind über ein ($p=0,0514$) und fünf ($p=0,0629$) Jahre positiv und über drei Jahre ($p=0,0303$) negativ korreliert. Diese Korrelationen sind aber nicht signifikant. Auch die gesamte Zeitreihe ist nicht signifi-

kant (overall $M_r = -0,221$; $p = 0,1296$) korreliert. Aufgrund des großen Anteil an „offenen Boden“ ähneln sich die Jahre 1976 und 1981 stark, was in der Fuzzy-Ordination (Abb. 48) sehr deutlich zu sehen ist.

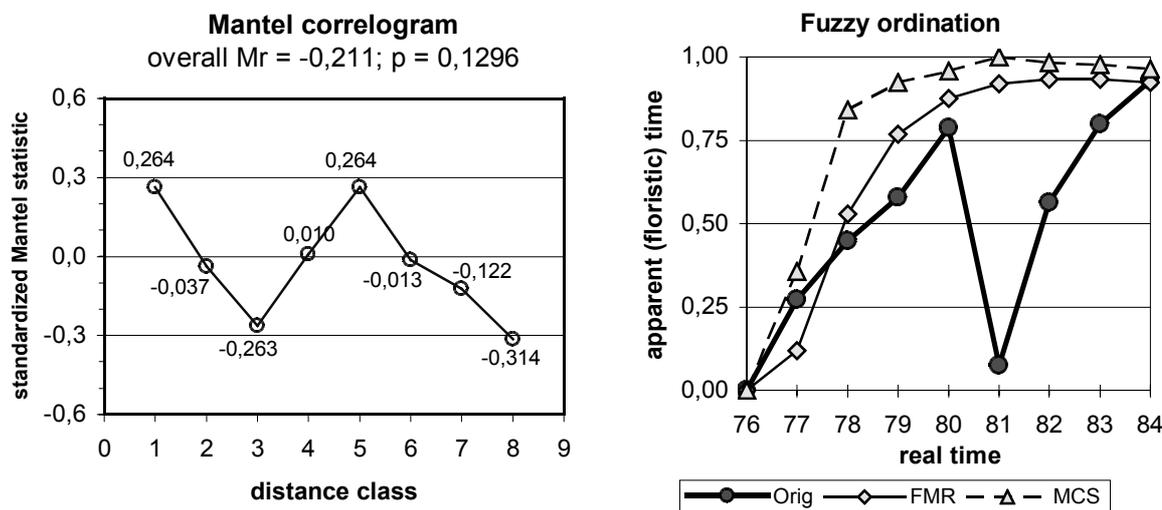


Abb. 48: Bk89T10 – Plot Anlo 463T: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination. Dieser „Rückschlag“ und die Schwankungen von *Holcus lanatus* werden von beiden Prognosen nicht nachvollzogen. Den Schwerpunkt von *Poa trivialis* und *Agrostis stolonifera* bildet die MCS-Prognose gut ab, schätzt aber den Anteil der „restlichen Arten“ zu hoch ein.

4.7.2. Bk89T11 – Plot Anlo 677T, trockener sandiger Boden

Seit 1967 wird diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.11) zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt.

„The transition from stands with *Lolio-Cynosuretum* elements, in its turn, to stands with *Festuco-Cynosuretum* elements is characterized by the decrease of *Festuca pratensis* and *Poa pratensis* and the increase of *Agrostis capillaris*, *Cirsium palustre*, *Deschampsia cespitosa* and *Hypochaeris radicata*.“ (BAKKER 1989)

Der von BAKKER beschriebene Rückgang von Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) und Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) erfolgt in den hier nicht berücksichtigten Jahren 1972 bis 1974. Auf der Fläche dominiert der Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), der sich nach dem sehr lückigen Jahr 1976 stark ausbreiten kann, dann aber allmählich auf ca. 30 % Deckungsgrad zurückgeht (Abb. 49). Über den gesamten Zeitraum nehmen das Rote Straußgras (*Agrostis capillaris*) sowie in geringerem Umfang auch die Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*) und der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) zu. Die übrigen Arten sind relativ konstant mit geringen Deckungsgraden vorhanden, nur der Anteil der „restlichen Arten“ steigt leicht an. Die Schwankungen im Gesamtdeckungsgrad sind auch in der Fuzzy-Ordination (Abb. 50) gut abgebildet.

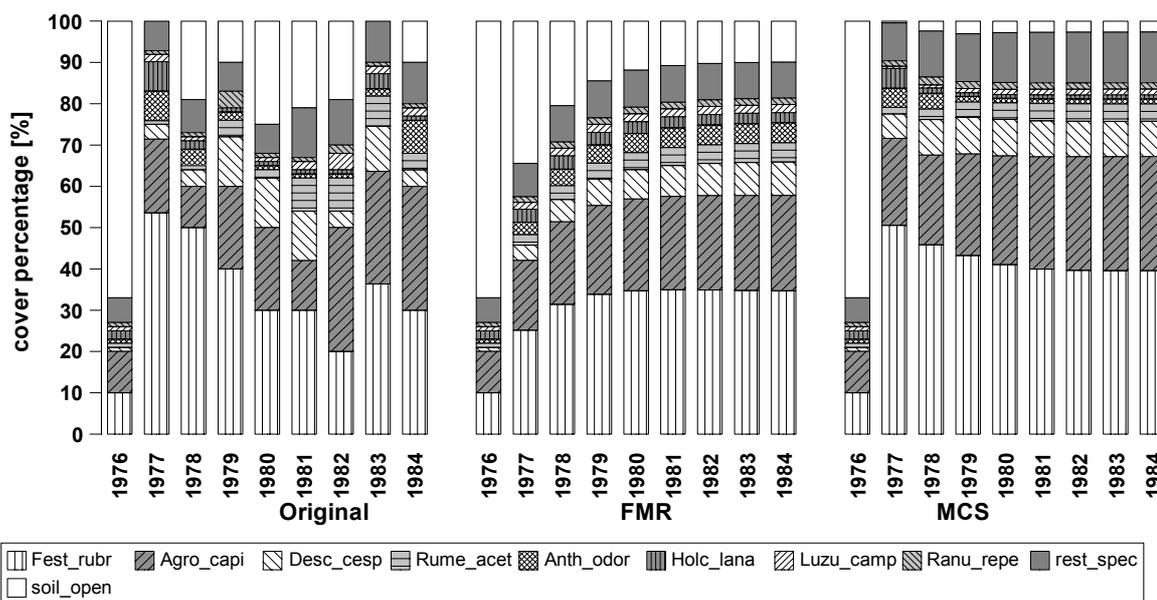


Abb. 49: Bk89T11 – Plot Anlo 677T: Beobachtung und Prognose

Fest_rubr(*Festuca rubra*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Desc_cesp(*Deschampsia cespitosa*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Ranu_repe (*Ranunculus repens*), rest_spec(17 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die Aufnahmen sind weder insgesamt (overall Mr=-0,400; p=0,0195) noch über direkt (p=0,0312) aufeinander folgende Jahre signifikant positiv korreliert (Abb. 50).

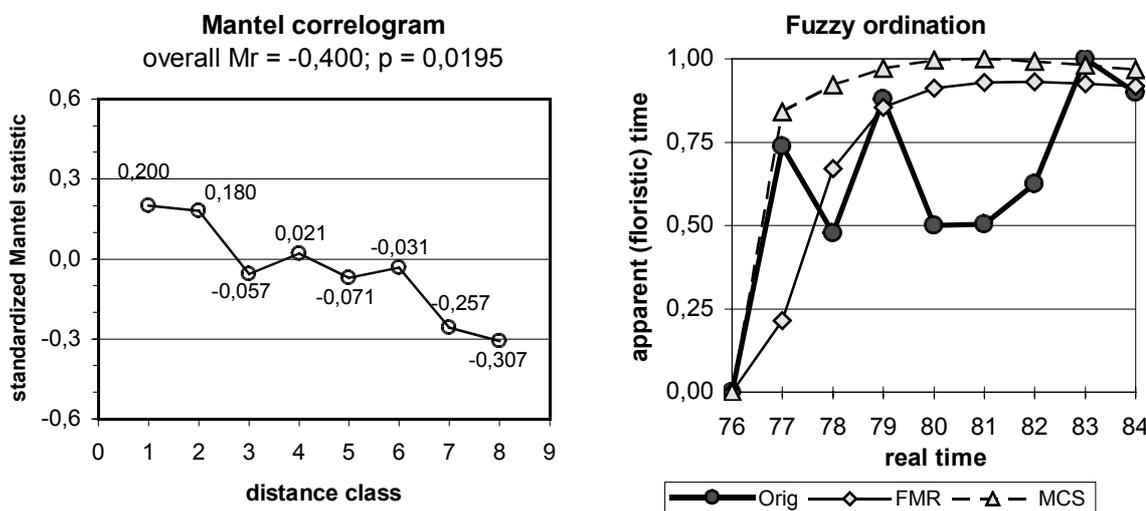


Abb. 50: Bk89T11 – Plot Anlo 677T: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die FMR-Prognose bildet nur die beobachtete Entwicklung von *Agrostis capillaris* relativ gut ab, während der Verlauf von *Festuca rubra* in der MCS-Prognose mit der Beobachtung gut übereinstimmt. Die Schwankungen des Gesamtdeckungsgrades bzw. des „offener Bodens“ werden von beiden Prognosen nicht nachvollzogen.

4.7.3. Bk89T12 – Plot Anlo 463N, nasser humoser (peaty) Boden

Diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.12) wird seit 1972 zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt.

„In the wet parts of the Anlo study area the transition from stands with *Lolio-Cynosuretum* elements to stands with *Cathion palustris* and *Carcion curto-nigrae* elements is found. It is characterized by the decrease of *Cerastium fontanum* and *Alopecurus geniculatus* and the increase of *Rhinanthus angustifolius*, *Galium plaustris*, *Caltha palustris* and *Ranunculus flammula*.“ (BAKKER 1989)

Der Rückgang von Knick-Fuchsschwanzgras (*Alopecurus geniculatus*) und Quellen-Hornkraut (*Cerastium fontanum*), wie von BAKKER beschrieben, findet vom hier nicht berücksichtigten Jahr 1974 bis 1976 statt und ist deshalb aus Abb. 51 nicht ersichtlich, zumal beide Arten zu geringe Deckungsgrade erreichen, um als separate Zustände definiert zu werden.

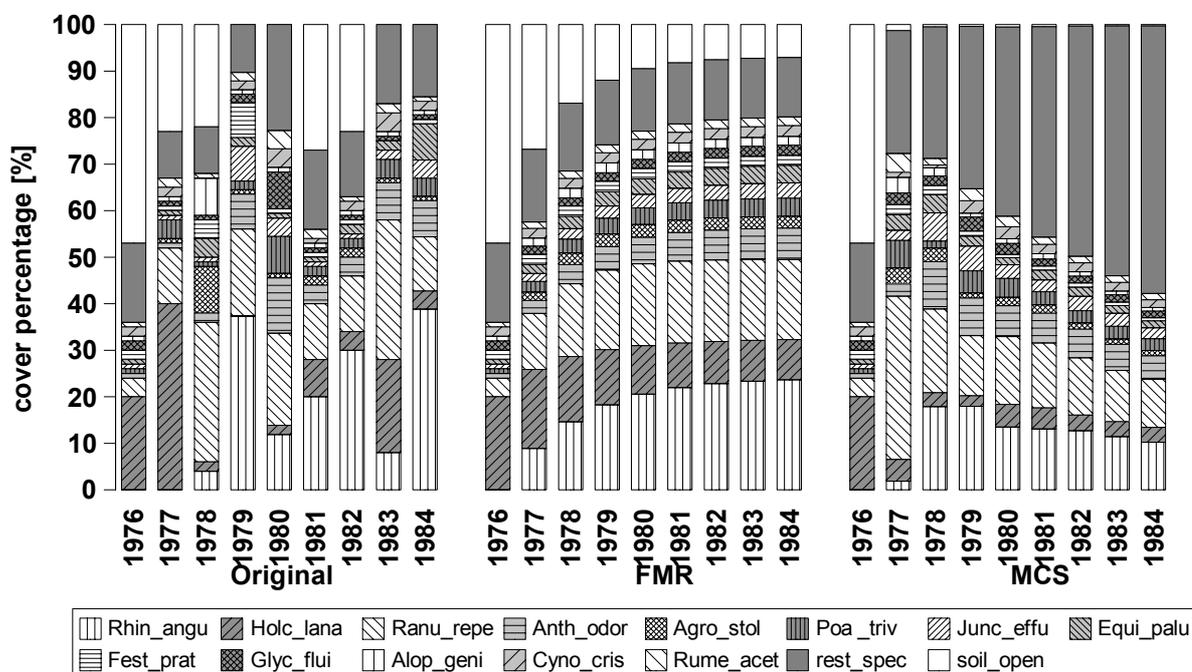


Abb. 51: Bk89T12 – Plot Anlo 463N: Beobachtung und Prognose

Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Anth_odor (*Anthoxanthum odoratum*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Junc_effu(*Juncus effusus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Glyc_flui(*Glyceria fluitans*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), rest_spec(25 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Auffällig sind die extremen Schwankungen der Deckungsgrade von Wolligem Honiggras (*Holcus lanatus*) - mit tendenziellem Rückgang - und von Großem Klappertopf (*Rhinanthus angustifolius*) - mit tendenzieller Zunahme. Auch der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) zeigt große Schwankungen im Deckungsgrad, aber auf relativ hohem Niveau. Die anderen Arten erreichen zwar in einzelnen Jahren höhere Anteile, bleiben aber ansonsten relativ konstant im Bestand, dessen Gesamtdeckungsgrad starken Schwankungen unterworfen ist.

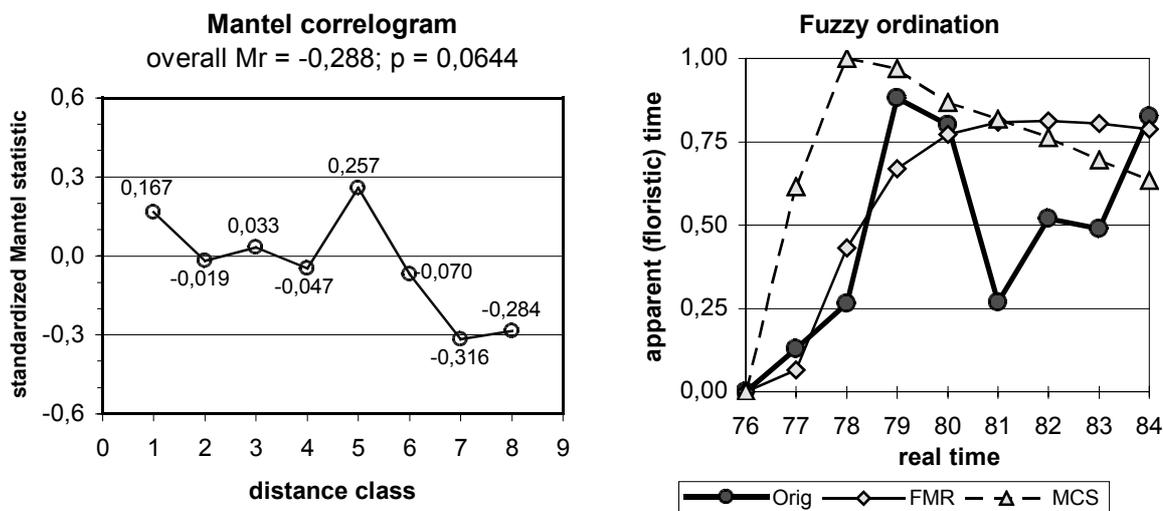


Abb. 52: Bk89T12 – Plot Anlo 463N: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination. Aufgrund der starken Schwankungen sind die Aufnahmen weder insgesamt (overall Mr=-0,288; p=0,0644) noch über ein (p=0,1626) oder mehrere Jahre (Abb. 52) signifikant korreliert.

Die tendenzielle Zunahme von *Rhinanthus angustifolius*, die tendenzielle Abnahme von *Holcus lanatus* und die relative Konstanz von *Ranunculus repens* wird von der FMR-Prognose stark geglättet abgebildet. Die MCS-Prognose vollzieht diese Beobachtung noch nicht einmal qualitativ nach, zudem wird eine enorme Zunahme der „restlichen Arten“ prognostiziert.

4.7.4. Bk89T14 – Plot Anlo 677N, nasser humoser (peaty) Boden

Seit 1967 wird diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.14) zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt.

„*A Cathion palustris/ Carcion curto-nigrae can also develop towards a stand with Juncus acutiflorus (Table VI.14). When this community has completely developed many species indicating nutrient-poor soil conditions are included.*“ (BAKKER 1989)

In den hier nicht berücksichtigten Jahren 1972 bis 1974 erreichen Weiß-Klee (*Trifolium pratense*), Gewöhnliches Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Rotes Straußgras (*Festuca rubra*) und Braun-Segge (*Carex nigra*) höhere Deckungsgrade als in den folgenden Jahren.

Die Gewöhnliche Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) erreicht 1978 bis 1980 (Abb. 53) hohe Deckungsgrade um 20 %, da *C. palustris* jedoch 1974 sogar 30 % erreichte, kann nicht auf eine kontinuierliche Zunahme bis 1979 geschlossen werden. Der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) nimmt über den gesamten Zeitraum beständig zu, während das Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus*) und der Teich-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) abnehmen. In den letzten Jahren taucht die Spitzblütige Segge (*Juncus acutiflorus*) auf. Die anderen Arten erreichen nur in einzelnen Jahren höhere Deckungsgrade.

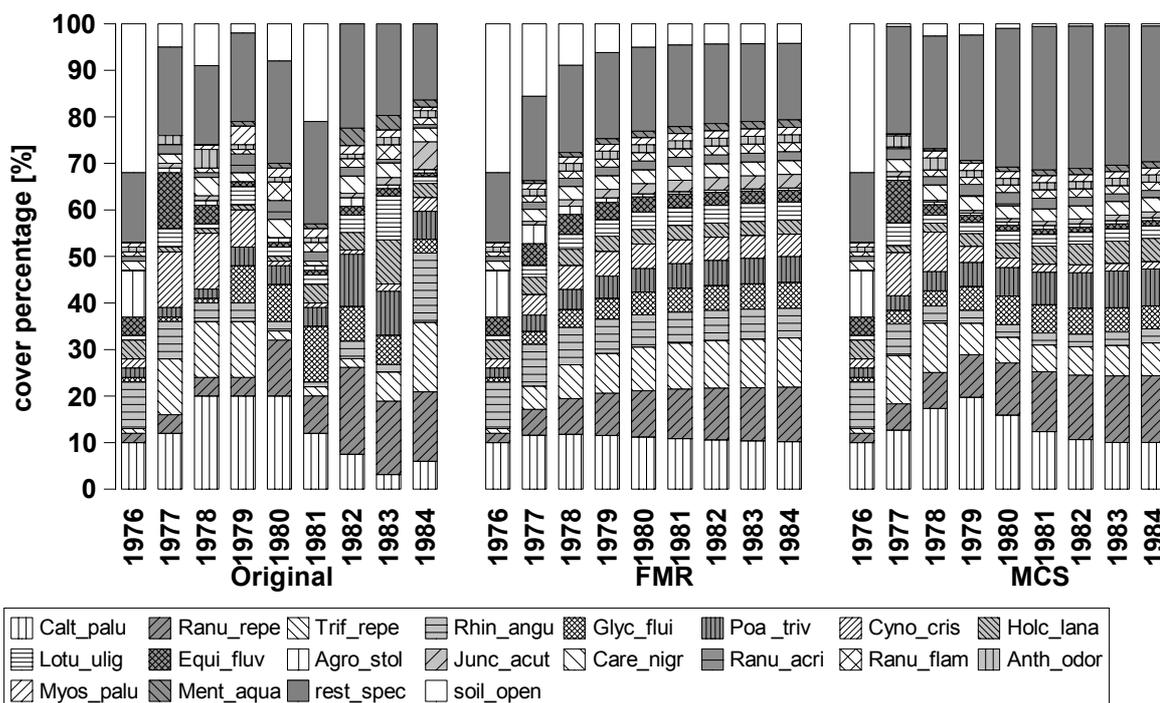


Abb. 53: Bk89T14 – Plot Anlo 677N: Beobachtung und Prognose

Calt_palu(*Caltha palustris*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Glyc_flui(*Glyceria fluitans*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Junc_acut(*Juncus acutiflorus*), Care_nigr(*Carex nigra*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Ranu_flam(*Ranunculus flammula*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Myos_palu(*Myosotis palustris*), Ment_aqua(*Mentha aquatica*), rest_spec(33 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden)

Diese Zeitreihe ist sowohl insgesamt (overall $Mr = -0,635$; $p = 0,0007$) als auch über ein Jahr ($p = 0,0009$) signifikant positiv korreliert (Abb. 54).

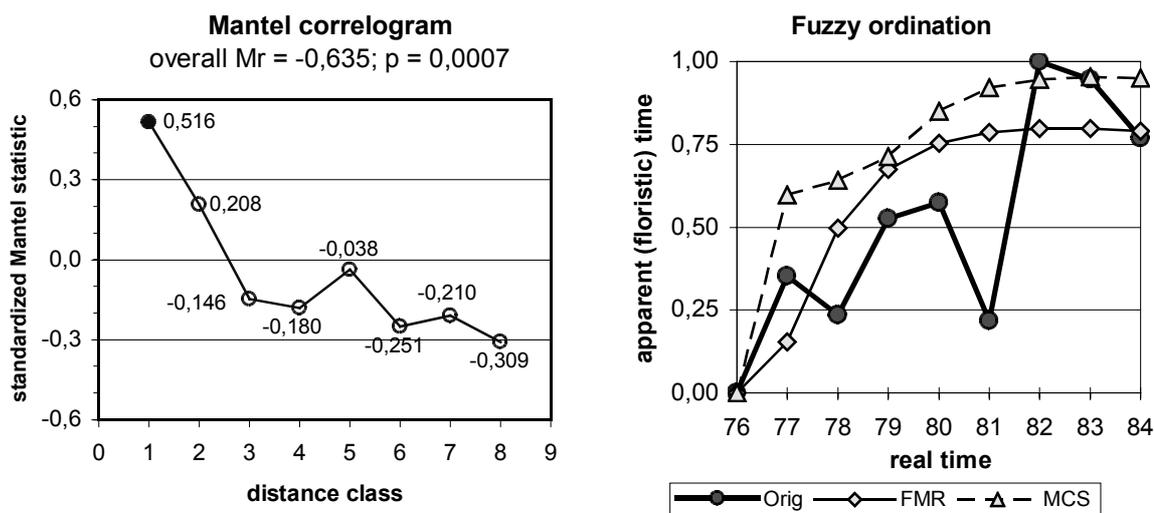


Abb. 54: Bk89T14 – Plot Anlo 677N: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die FMR-Prognose zeichnet die beobachtete Entwicklung nur stark geglättet nach (Abb. 54). Der (scheinbare) Höhepunkt von *Caltha palustris* wird nur von der MCS-Prognose nachvollzogen, aber der Anteil den die „restlichen Arten“ einnehmen wird auch hier zu hoch eingeschätzt. Den Rückgang des Gesamtdeckungsgrades in 1981 (Abb. 53) bilden beide Verfahren nicht ab.

4.7.5. Bk89T13 – Plot Anlo 1371A, nasser humoser (peaty) Boden

Zur Heugewinnung ohne Düngung wird diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.13) seit 1946 genutzt.

„A well developed *Carcion curto-nigrae/Cathion palustris* is characterized by a considerable number of species indicating nutrient-poor soil conditions (Table VI.13). It hardly changed during a ten year period of hay-making without fertilizer application. The appearance of *Succisa pratensis*, however, and the decrease of *Molinio-Arrhenatheretea* and *Lolio-Cynosuretum* elements point to a transition towards a fen meadow community (*Cirsio-Molinietum*), but it will certainly take a long time before such a community develops, if ever.“ (BAKKER 1989)

Die Entwicklung der Fläche ist geprägt von der Zunahme des Fieberklees (*Menyanthes trifoliata*) von 2 auf 60 % Deckungsgrad (Abb. 55).

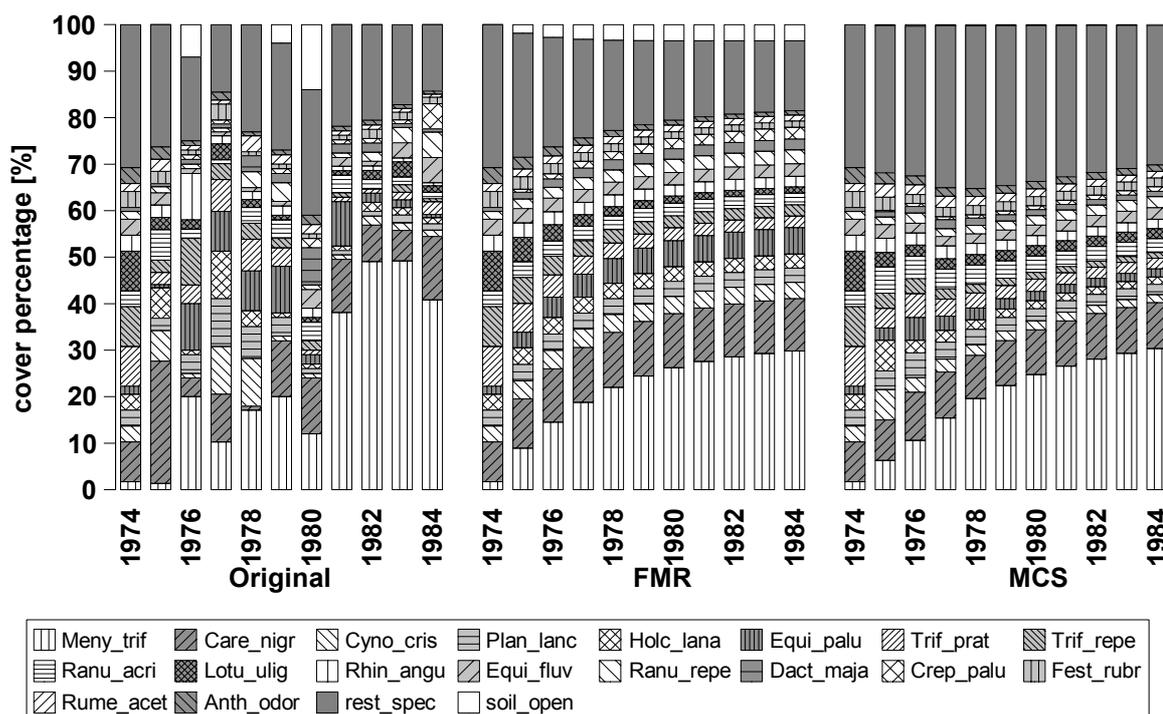


Abb. 55: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A: Beobachtung und Prognose

Meny_trif(*Menyanthes trifoliata*), Care_nigr(*Carex nigra*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Trif_prat(*Trifolium pratense*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Crep_palu(*Crepis paludosa*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), rest_spec(33 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Dass sich der Bestand kaum geändert habe, wie BAKKER feststellt, trifft nur in so weit zu, als dass nur sehr wenige Arten neu hinzukommen bzw. ausfallen. Sehr viele Arten sind dagegen kontinuierlich vorhanden, wenn auch zumeist mit nur geringen Deckungsgraden. Da die Fläche schon seit 1946

ohne Düngung zur Heugewinnung genutzt wird, war offensichtlich ausreichend Zeit zur Anpassung vorhanden.

Die Deckungsgrade der Braun-Segge (*Carex nigra*) und des Sumpf-Schachtelhalms (*Equisetum palustre*) nehmen auch in Jahren mit hohen Deckungsgraden von *Menyanthes trifoliata* zu; alle anderen verlieren zugunsten des Fieberklees.

Die Aufnahmen sind über den gesamten Zeitraum (overall $M_r = -0,687$; $p = 0,0004$) und mit Abstand eines Jahres ($p = 0,0008$) signifikant positiv korreliert (Abb. 56).

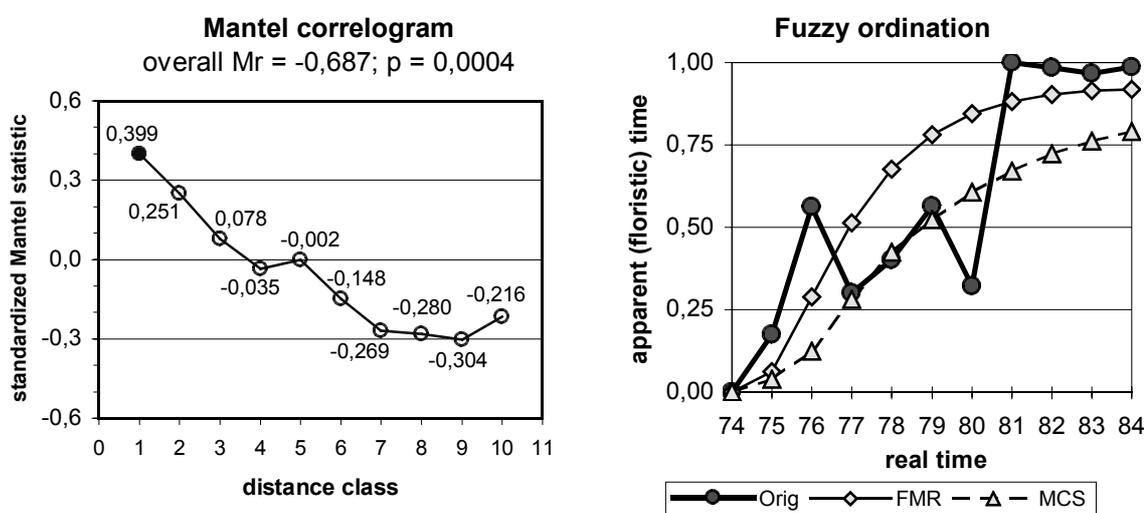


Abb. 56: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination. Eine starke Zunahme von *Menyanthes trifoliata* wird von beiden Prognosen vorhergesagt, aber nur in geringerer Höhe (Abb. 55). Die Schwankungen, insbesondere von *Carex nigra*, werden stark geglättet. Mit der MCS-Matrix wird eine zu starke Zunahme der „restlichen Arten“ prognostiziert. Von beiden Verfahren kommt die FMR-Prognose der Beobachtung noch am nächsten (Abb. 56).

4.7.6. Bk89T15 – Plot Anlo 1371B, nasser humoser (peaty) Boden

Seit 1946 wird diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.15) zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt.

„In fact, an incomplete *Juncetum acutiflori* (*Juncus acutiflorus*) developed, which hardly changed during a ten year period of hay-making without fertilizer application (Table VI.15). Again, it will take a long time before a complete *Juncetum acutiflori* has developed, if ever.“ (BAKKER 1989)

Der Deckungsgradanteil der Spitzblütigen Segge (*Juncus acutiflorus*) fällt in den Jahren 1976 und 1977 bis auf 11 %, anschließend steigt er aber auf etwa 40 % in 1982 um dann wieder leicht zu fallen (Abb. 57). Dabei ist zu beachten, dass in den Jahren 1974 und 1977 die Summe der Deckungsgrade mit 161 bzw. 177 % sehr hoch ist, d. h. die beobachteten Deckungsgrade sind entsprechend höher als die Deckungsgradanteile im Diagramm. Die Population des Spitz-Wegerichs (*Plantago lanceolata*)

schwankt über den gesamten Zeitraum stark zwischen 3 und 28 % Deckungsgradanteil, hingegen hat das Rote Straußgras (*Agrostis capillaris*) einen klaren Schwerpunkt in den Jahren 1976 bis 1978. Die übrigen Arten erreichen nur in einzelnen Jahren höhere Deckungsgradanteile.

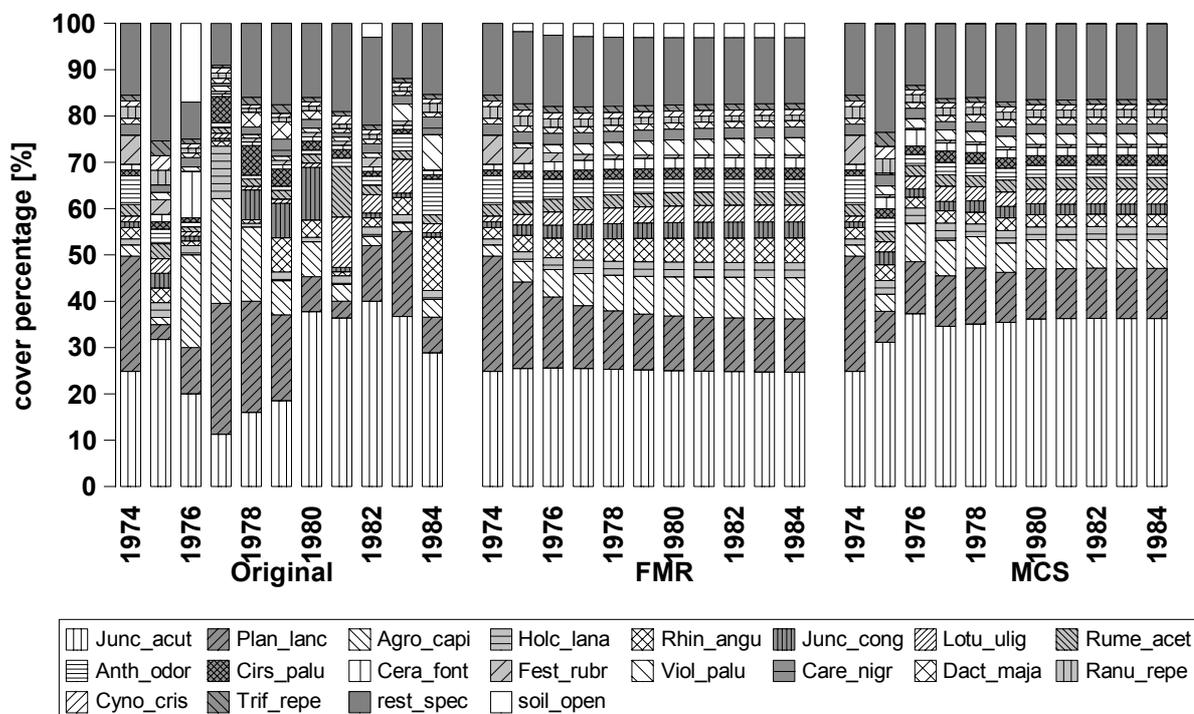


Abb. 57: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B: Beobachtung und Prognose

Junc_acut(*Juncus acutiflorus*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Junc_cong(*Juncus conglomeratus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cirs_palu(*Cirsium palustre*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Viol_palu(*Viola palustris*), Care_nigr(*Carex nigra*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), rest_spec(28 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

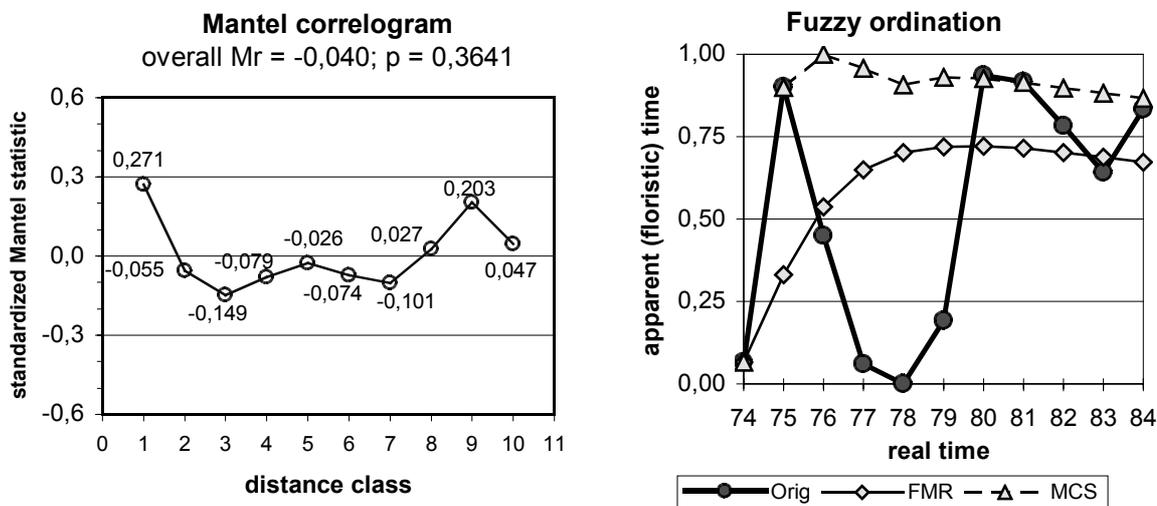


Abb. 58: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Aufgrund der recht starken Schwankungen der Deckungsgradanteile ist die Zeitreihe weder insgesamt (overall $M_r = -0,040$; $p = 0,3641$) noch über die direkt aufeinander folgenden Jahre ($p = 0,0074$) signifikant korreliert (Abb. 58).

Die Fuzzy-Ordination (Abb. 58) zeigt die starken Schwankungen der beobachteten Zeitreihe sehr deutlich. Beide Prognosen bilden die Schwankungen von *Juncus acutiflorus* und *Plantago lanceolata* ab. Der Schwerpunkt von *Agrostis capillaris* wird nur von der MCS-Prognose abgebildet, aber nur sehr vage.

4.7.7. Bk89T16 – Plot Taarlo 431, nasser humoser (peaty) Boden

Zur Heugewinnung ohne Düngung wird diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.16) seit 1967 genutzt.

„In the wet Taarlo study area the transition from stands with *Glyceria maxima* to stands with *Crepis paludosa* within a *Carex acutiformis* community is characterized by the decrease of nutrient-rich species viz. *Rumex crispus*, *Poa pratensis*, *Glyceria maxima*, *Urtica dioica* and *Anthriscus sylvestris* and an increase of the nutrient-poor species *Rhinanthus angustifolius* (Table VI.16).“ (BAKKER 1989)

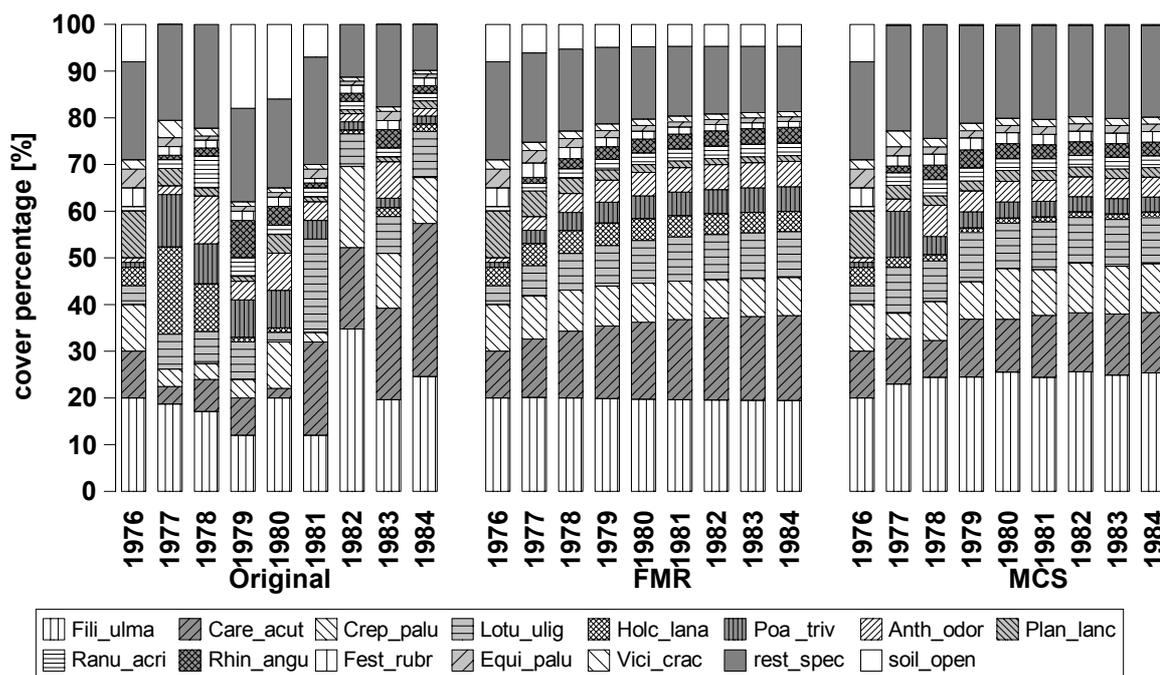


Abb. 59: Bk89T16 – Plot Taarlo 431: Beobachtung und Prognose

Fili_ulma(*Filipendula ulmaria*), Care_acut(*Carex acutiformis*), Crep_palud(*Crepis paludosa*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Equi_palud(*Equisetum palustre*), Vici_crac(*Vicia cracca*), rest_spec(29 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Der von BAKKER beschriebene Rückgang des Wasser-Schwadens (*Glyceria maxima*) findet in den hier nicht berücksichtigten Jahren 1972 bis 1974 statt, ab 1976 fehlt diese Art (Abb. 59). Im gleichen Zeitraum gehen der Wiesen-Kerbel (*Anthriscus sylvestris*), der Teich-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) und die anderen von BAKKER genannten Arten zurück. Das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) nimmt

ebenfalls ab, während sich der Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*) ausbreiten kann. Mit hohen, aber schwankenden Deckungsgraden ist das Echtes Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) vertreten. Die Populationen der Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) und des Sumpf-Hornklee (*Lotus uliginosus* bzw. *L. pedunculatus*) zeigen extreme Schwankungen, was besonders deutlich wird, wenn man das Jahr 1974 mit berücksichtigt, in dem sie beide 40 % Deckungsgrad erreichten.

Die Aufnahmen sind weder insgesamt (overall $Mr = -0,372$; $p = 0,0286$) noch über ein Jahr ($p = 0,0240$) signifikant korreliert (Abb. 60). Die Fuzzy Ordination zeigt für die beobachtete Zeitreihe eine relativ konstante Phase in den ersten fünf Jahren mit wenig *Carex acutiformis* und einem starken Entwicklungssprung durch die Zunahme von *C. acutiformis* und *Crepis paludosa*.

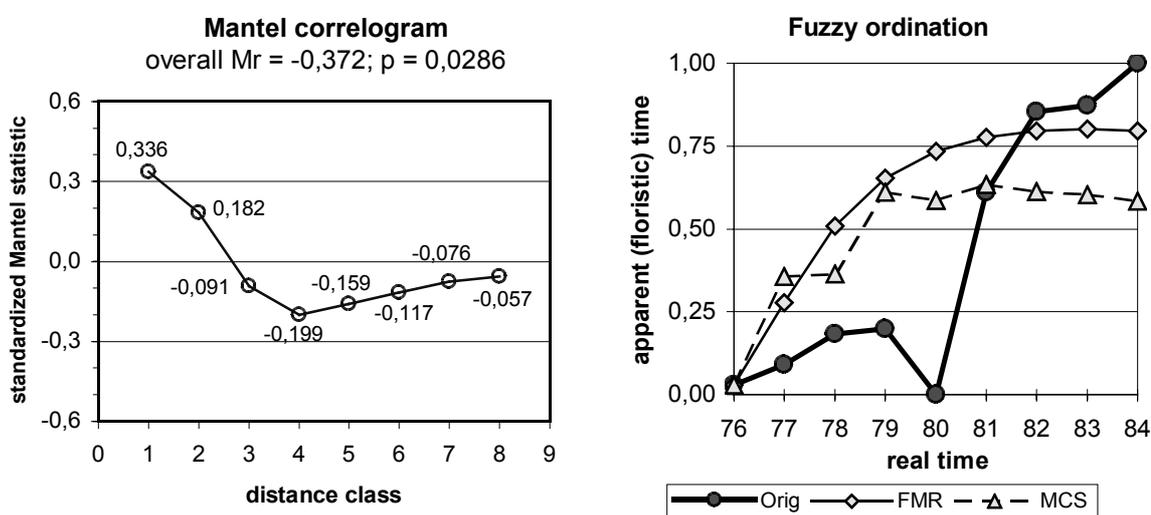


Abb. 60: Bk89T16 – Plot Taarlo 431: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination. Beide Prognosen bilden die Beobachtung nur stark geglättet ab. Während die FMR-Prognose die Zunahme von *Carex acutiformis* besser nachvollzieht als die MCS-Prognose, wird die Entwicklung von *Crepis paludosa* von letzterer besser abgebildet.

4.7.8. Bk89T17 – Plot Taarlo 424, nasser humoser (peaty) Boden

Diese Fläche (BAKKER 1989, Table VI.14) wird seit 1972 zur Heugewinnung ohne Düngung genutzt.

„Once the *Crepis paludosa* stand had been achieved only little change took place during a ten year period of hay-making without fertilizer application (Table VI.17), with the exception of an enormous decrease of *Carex acutiformis*.“ (BAKKER 1989)

Der von BAKKER beschriebene enorme Rückgang der Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) von 40 auf 4 % findet 1973 statt, danach nimmt die Art nur langsam ab. In den hier nicht berücksichtigten Jahren 1972 bis 1974 erreichen die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) und das Echtes Mädesüß (*Filipendula*

ulmaria) ebenfalls 40 % Deckungsgrad, ab 1976 erholen sich die Populationen der beiden Arten, erreichen aber nur mittlere Deckungsgrade (Abb. 61).

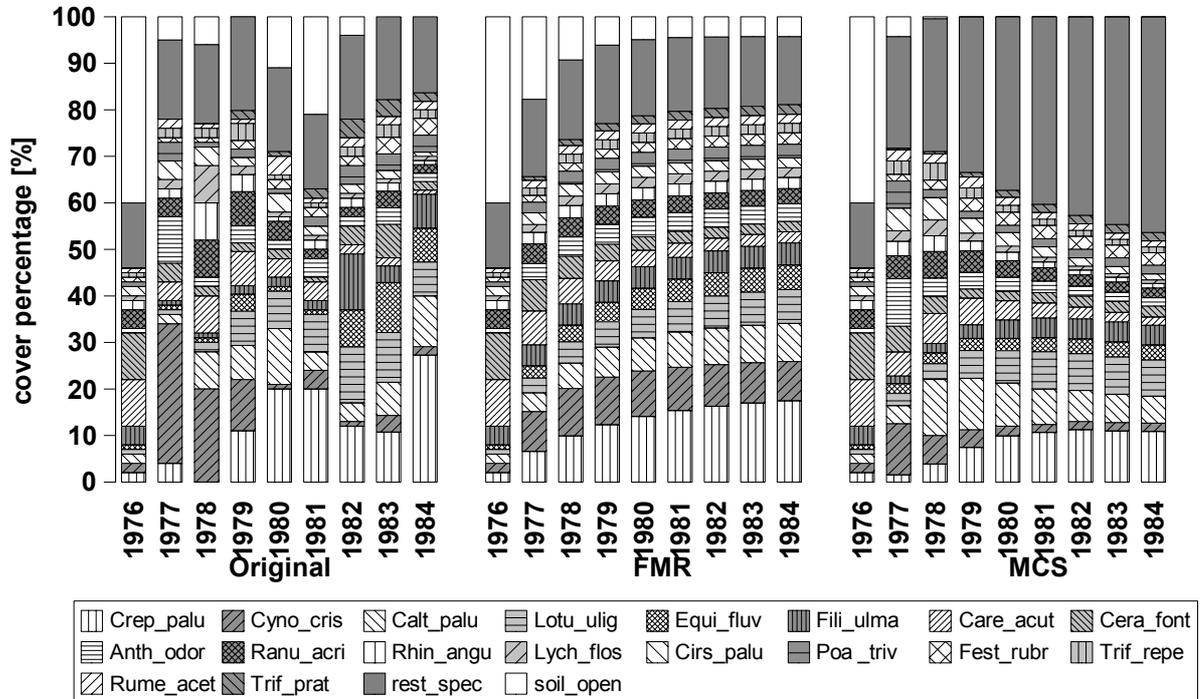


Abb. 61: Bk89T17 – Plot Taarlo 424: Beobachtung und Prognose

Crep_palu(*Crepis paludosa*), *Cyno_cris*(*Cynosurus cristatus*), *Calt_palu*(*Caltha palustris*), *Lotu_ulig*(*Lotus uliginosus*), *Equi_fluv*(*Equisetum fluviatile*), *Fili_ulma*(*Filipendula ulmaria*), *Care_acut*(*Carex acutiformis*), *Cera_font*(*Cerastium fontanum*), *Anth_odor*(*Anthoxanthum odoratum*), *Ranu_acri*(*Ranunculus acris*), *Rhin_angu*(*Rhinanthus angustifolius*), *Lych_flos*(*Lychnis flos-cuculi*), *Cirs_palu*(*Cirsium palustre*), *Poa_triv*(*Poa trivialis*), *Fest_rubr*(*Festuca rubra*), *Trif_repe*(*Trifolium repens*), *Rume_acet*(*Rumex acetosa*), *Trif_prat*(*Trifolium pratense*), *rest_spec*(22 weitere Taxa, siehe Anhang) und *soil_open*(offener Boden).

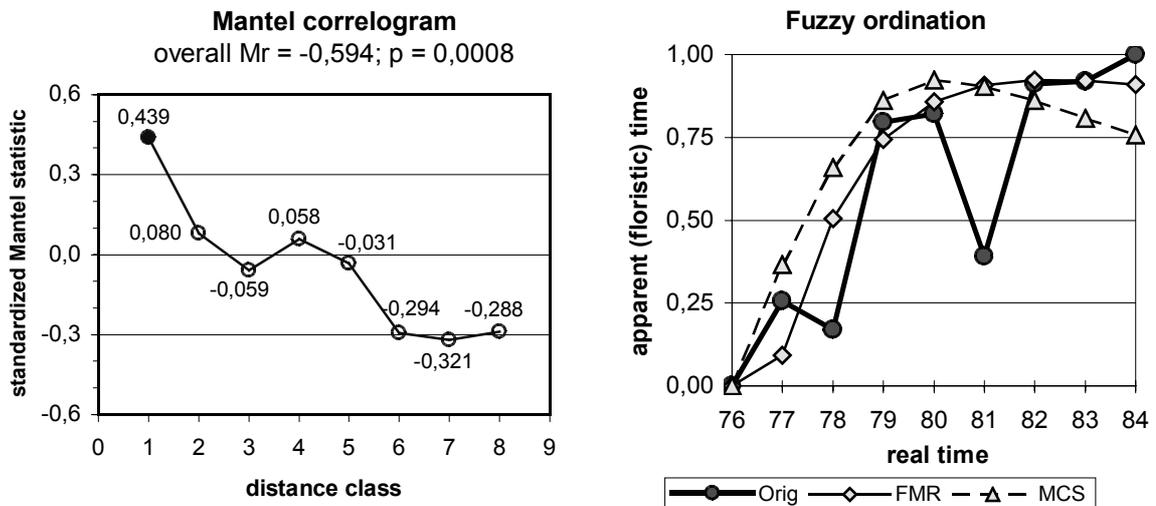


Abb. 62: Bk89T17 – Plot Taarlo 424: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Aufnahmen sind über den gesamten Zeitraum (overall $M_r = -0,594$; $p = 0,0008$) und über ein Jahr ($p = 0,0010$) signifikant positiv korreliert.

Der Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*), der Gewöhnliche Sumpf-Hornklee (*Lotus uliginosus* bzw. *L. pedunculatus*) und der Teich-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) nehmen ab 1976 kontinuierlich zu. Das Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus*) erreicht 1977 im sehr lückigen Bestand einen Deckungsgrad von 30 % und nimmt dann wieder ab. Der Rückgang des Gesamtdeckungsgrades im Jahr 1981 ist gut in der Fuzzy-Ordination (Abb. 62) sichtbar.

Die Aufnahmen sind über den gesamten Zeitraum (overall $M_r = -0,594$; $p = 0,0008$) und über ein Jahr ($p = 0,0010$) signifikant positiv korreliert.

Die Zunahme von *Caltha palustris* wird von der FMR-Prognose in der Höhe besser abgebildet, die MCS-Prognose bildet dagegen die Entwicklung von *Cynosurus cristatus* vor allem qualitativ besser ab. Während beide Prognosen die ersten Jahre relativ gut nachvollziehen, erreichen die „restlichen Arten“ in der MCS-Prognose einen viel zu hohen Deckungsgradanteil von über 40 % statt unter 20 % in der beobachteten Zeitreihe.

4.8. ROSENTHAL(1992) – Feuchtwiesen (Bewirtschaftungsvarianten)

Zur Untersuchung der Regeneration von Feuchtwiesen wurden 1979 in der Wümmeniederung nördlich von Bremen zwischen Ottersberg und Borgfeld die hier verwendeten Dauerflächen angelegt. Die Aufnahmedaten entstammen der Arbeit von ROSENTHAL (1992): Ausgewählt wurden die sechs Flächen im Gebiet „Brands Graben“, die über elf Jahre (1979 – 1989) untersucht worden sind. Der Bodentyp ist nach ROSENTHAL ein „schwach grundnasser“ Anmoor-Gley mit 25 % Humusgehalt und die Bodenart mittellehmiger Sand bis sandigtoniger Lehm. Der Standort wird im Winter regelmäßig und im Frühjahr gelegentlich – so 1983 und 1988 – überschwemmt. Als Ausgangsbestand ist in den Geländemulden das *Rumici-Alopecruetum geniculati* (Flutrasen mit *Agrostis stolonifera*-Dominanz) ausgebildet, während auf den höher gelegenen Flächen Arten der *Molinio-Arrhenatheretea* und des *Cynosurion* hinzukommen. Als dominante Arten kommen Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*), Gewöhnlicher Schwingel (*Poa trivialis*) und Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) vor. Als potenzielle natürliche Vegetation gibt ROSENTHAL einen Erlenbruch mit Übergang zum Birken-Eichenwald an.

Die Parzelle, auf der die Dauerflächen liegen, wurde bis 1975 als intensive Umtriebsweide genutzt – erste Weideperiode in den Monaten Mai und Juni, anschließend Nachmahd und Stallmist- bzw. mineralische Düngung und zweite Weideperiode von August bis in den November. Nachdem 1975 die Bremer Naturschutzgesellschaft die Fläche gekauft hatte, erfolgte eine nur unregelmäßige Nutzung, bei der die Rasen-Schmiele einen mittleren Deckungsgrad von 30 % erreichte. Auf den Dauerflächen wurden seit 1979 Bewirtschaftungsvarianten unterschiedlicher Intensität durchgeführt, die bei den einzelnen Flächen beschrieben sind.

Die sechs hier verwendeten Dauerflächen liegen im Abstand von 25 m parallel zu einem Graben auf einer 100 m langen Linie. Die 5 x 5 m großen Dauerflächen sind zur Schätzung der Artmächtigkeiten in vier 2,5 x 2,5 m große Teilquadrate unterteilt, einzeln geschätzt und die Schätzwerte gemittelt worden. Zur Schätzung wurde die Dezimalskala nach LONDO (1974) in einer modifizierten Form verwendet. Für Arten mit weniger als 1 % Deckungsgrad (Dominanz) wurde die Zahl der Individuen (Abundanz) in den 6,25 m² großen Aufnahmevierteln mit folgenden Schätzwerten codiert, die gleichzeitig als (theoretischer) Deckungsgrad verwendet wurden: 1-3 Ind./6,25 m² = 0,1 %; 4-10 = 0,2 %; 11-20 = 0,4 %; 21-50 = 0,6 % und mehr als 50 = 0,8 %. Die weiteren Schätzklassen und deren mittlere Deckungsgrade waren wie folgt unterteilt (Angaben in Prozent): 1-3 = 2,0; 3-5 = 4,0; 5-10 = 7,0(!); 10-15 = 12,0 (!); 15-25 = 20; in 10er Schritten weiter bis 95; 95-100 = 97,5. Der Gesamtdeckungsgrad der Subplots wurde ebenfalls nach der modifizierten LONDO-Skala geschätzt.

Alle Arten, die mindestens einmal mindestens 5 % Deckungsgrad erreichen sind als separate Zustände definiert worden. Da es sich bei den Daten um die Mittelwerte aus vier Aufnahmen handelt, sind zusätzlich alle Arten, die mindestens einmal mindestens 2,5 % Deckungsgrad erreichen und deren Deckungsgradsumme über die elf Beobachtungsjahre mindestens 5 % beträgt, als separate Zustände definiert worden. Alle übrigen Arten werden als „restliche Arten“ zusammengefasst und die Differenz des Gesamtdeckungsgrades zu 100 % als „offener Boden“ berücksichtigt.

4.8.1. Rt92BBa – Brands Graben, Brache A

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 67) wird seit 1979 nicht mehr bewirtschaftet. Auffällig ist die stark zunehmende Dominanz der Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*), deren Deckungsgrad aber in den Jahren 1984 und 1989 im Vergleich sehr gering ist (Abb. 63).

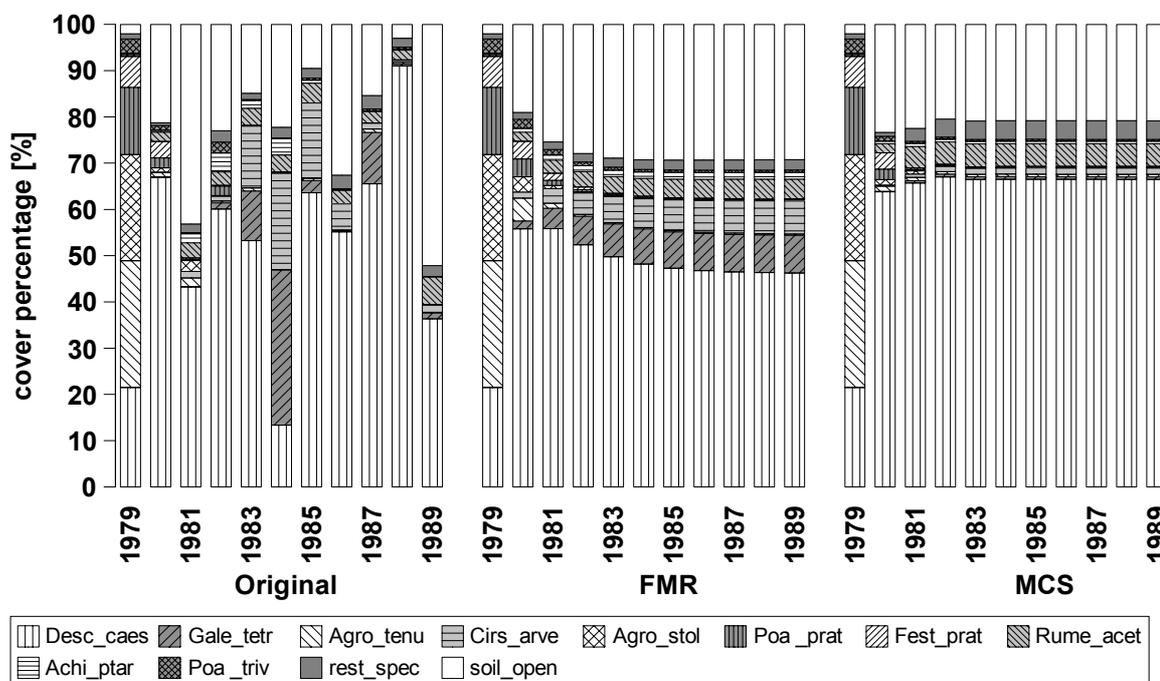


Abb. 63: Rt92BBa – Brache A: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Gale_tetr(*Galeopsis tetrahit*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), Poa_triv(*Poa trivialis*), rest_spec(24 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open (offener Boden)

Für diese beiden Jahren gibt ROSENTHAL keine besonderen Ereignisse an. In den Vorjahren war der Schlag jedoch bis in den März überflutet und auf das sehr lang andauernde Hochwasser folgte im Sommer (1983) bzw. Frühsommer (1988) eine längere Trockenheit. Dies mag zum Rückgang von *Deschampsia caespitosa* geführt haben, da auch auf der zweiten Brachfläche und der einmal gemulchten/gemähten Dauerflächen die Deckungsgrade 1984 und 1989 auffällig gering sind (s. u.). Auf den

häufiger gemulchten/gemähten Dauerflächen ist dieser Rückgang nicht beobachtet worden; leider geht ROSENTHAL (1992) darauf nicht näher ein.

Die im ersten Beobachtungsjahr noch sehr häufigen Gräser Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Weißes Straußgras (*Agrostis stolonifera*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) und Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) sind in den Folgejahren nur mit sehr geringen Deckungsgraden vertreten oder fehlen (Abb. 63). Der Gewöhnliche Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) erreicht nur in einzelnen Jahren höhere Deckungsgrade, insbesondere 1983 und noch stärker im Jahr 1984. Im Zeitraum von 1983 bis 1985 hat die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) ihren Schwerpunkt.

Die Aufnahmen sind weder insgesamt (overall $Mr = -0,117$; $p = 0,2462$) noch über ein ($p = 0,2227$) oder mehrere Jahre signifikant korreliert (Abb. 64). Der Kurvenverlauf in der Fuzzy-Ordination (Abb. 64) wird im wesentlichen durch die Dominanz von *Deschampsia caespitosa* bestimmt.

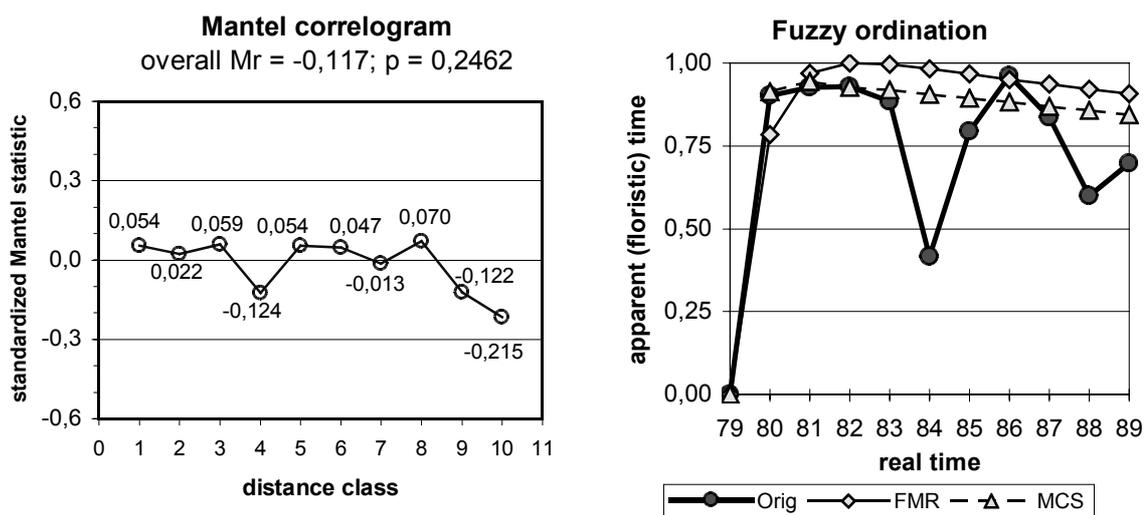


Abb. 64: Rt92BBa – Brache A: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die FMR-Prognose sagt nach einem starken Anstieg im zweiten Jahr einen allmählichen Rückgang von *D. caespitosa* auf ca. 45 % und für *Cirsium arvense* und *Galeopsis tetrahit* einen kontinuierlichen Anstieg auf sieben bis acht Prozent voraus. Dagegen erreicht *Deschampsia caespitosa* in der MCS-Prognose schon im dritten Jahr einen Deckungsgrad von ca. 66 % und bleibt auf diesem Niveau. Auch die übrigen Arten zeigen ab dem dritten Jahr keine Schwankungen im Deckungsgrad. Insgesamt betrachtet bilden beide Verfahren die beobachtete Entwicklung nur unzureichend ab.

4.8.2. Rt92BBb – Brands Graben, Brache B

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 68) liegt etwas tiefer als die vorherige Fläche und wird seit 1979 ebenfalls nicht mehr bewirtschaftet. Sie wurde jedoch im Jahr 1985 versehentlich gemäht, wobei der Zeitpunkt von ROSENTHAL nicht genannt wird.

Die Entwicklung der Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*, Abb. 65) ähnelt stark derjenigen auf der ersten Brachfläche (Abb. 63): Auch hier geht der Deckungsgrad 1984 und 1989 stark zurück, allerdings ist die Zunahme in den ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes nicht ganz so stark.

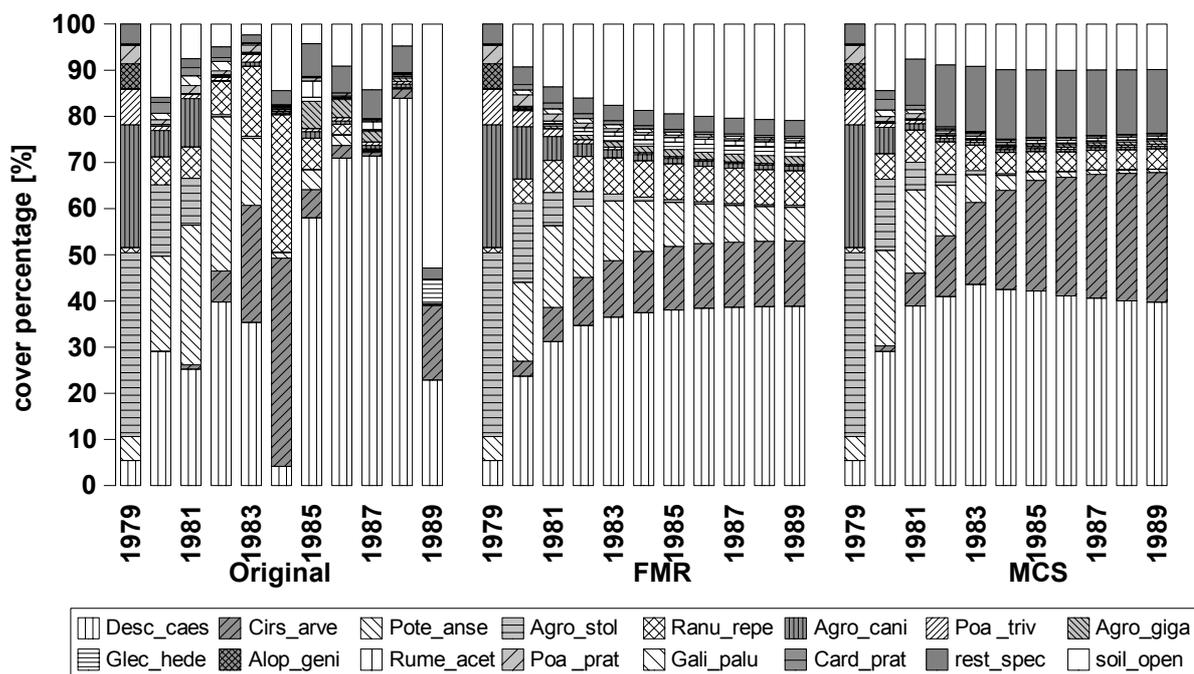


Abb. 65: Rt92BBb – Brache B: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_giga(*Agrostis gigantea*), Glec_hede(*Glechoma hederacea*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(30 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Das Weiße Straußgras (*Agrostis stolonifera*) ist nur bis zum dritten Jahr vorhanden und das zuvor ebenfalls häufige Sumpf-Straußgras (*Agrostis canina*) kommt ab dann mit nur sehr geringen Deckungsgraden vor. Die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) erreicht auch hier in den Jahren 1983 und 1984, aber auch 1989 hohe Deckungsgrade. Das Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*) und der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) können sich in den ersten Jahren bis 1983 bzw. 1984 stark ausbreiten, gehen dann aber wieder zurück. Von den übrigen Arten gehen das Gewöhnliche Rispengras (*Poa trivialis*), der Knick-Fuchsschwanzgras (*Alopecurus geniculatus*) und das Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) zurück. Das Sumpf-Labkraut (*Galium palustre*) und das Wiesen-Schaumkraut (*Cardamine*

pratensis) sind nur in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes vertreten, während das Riesen-Straußgras (*Agrostis gigantea*), der Gewöhnliche Gundermann (*Glechoma hederacea*) und der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) nur in der zweiten Hälfte vorkommen.

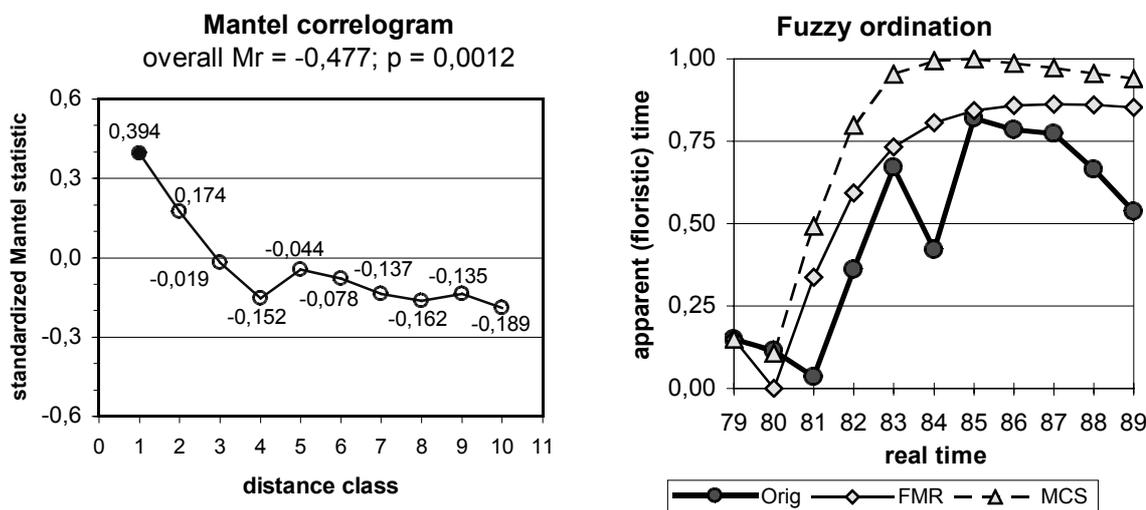


Abb. 66: Rt92BBb – Brache B: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Zeitreihe ist insgesamt (overall Mr=-0,477; p=0,0012) und über ein Jahr (p=0,0001) signifikant positiv korreliert (Abb. 66).

Beide Prognosen bilden die Entwicklung von *Deschampsia caespitosa* nicht richtig ab. Die Abnahme von *Agrostis stolonifera* und *A. canina* vollziehen beide Prognosen nach. Die Entwicklung der übrigen Arten wird nur stark geglättet abgebildet. Die MCS-Prognose sagt für *Cirsium arvense* und die „restlichen Arten“ eine zu starke Zunahme voraus.

4.8.3. Rt92B1uS – Brands Graben, einmal Mulchen (Sommer) – einmal Mähen (Sommer)

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 69) wurde von 1979 bis 1984 einmal jährlich im August (ROSENTHAL, 1992, S. 18) bzw. Anfang Juli (S. 16) gemulcht. Ab 1985 wurde das Mulchen eingestellt und stattdessen im August gemäht.

Die Entwicklung der Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*) verläuft in zwei Wellen (Abb. 67) mit den niedrigsten Deckungsgraden in den Jahren 1979, 1984 und 1989 – wie auf den Bracheflächen (s. o.). Das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*) nimmt anfangs ab, erreicht aber in den beiden letzten Jahren hohe Deckungsgrade, während alle anderen Gräser (*Agrostis stolonifera*, *Agrostis canina*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis* und *Festuca pratensis*) abnehmen. Während das Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*) sich in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes stark ausbreitet und anschließend

wieder zurück geht, erreichen die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) und der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) in der zweiten Hälfte höhere Deckungsgrade.

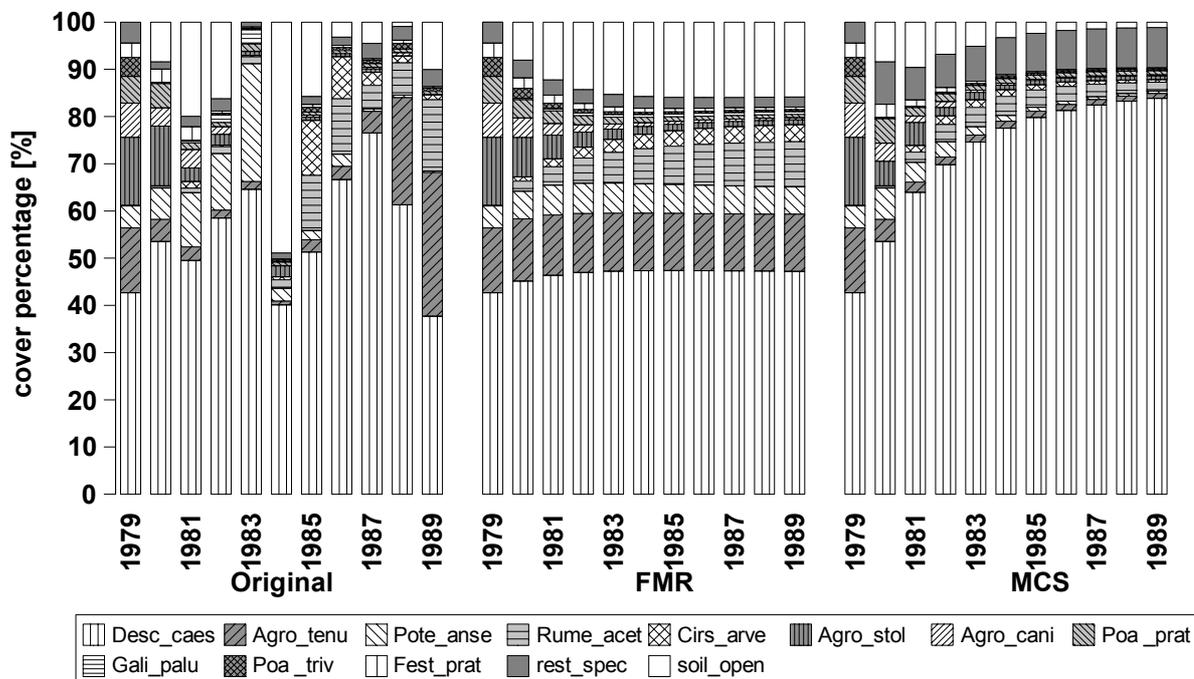


Abb. 67: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), rest_spec(25 weitere Taxa, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden).

Die Aufnahmen sind zwar insgesamt (overall $Mr = -0,229$; $p = 0,0930$) nicht signifikant korreliert, dagegen sind direkt aufeinander folgende Jahre signifikant ($p = 0,0003$) positiv korreliert (Abb. 72).

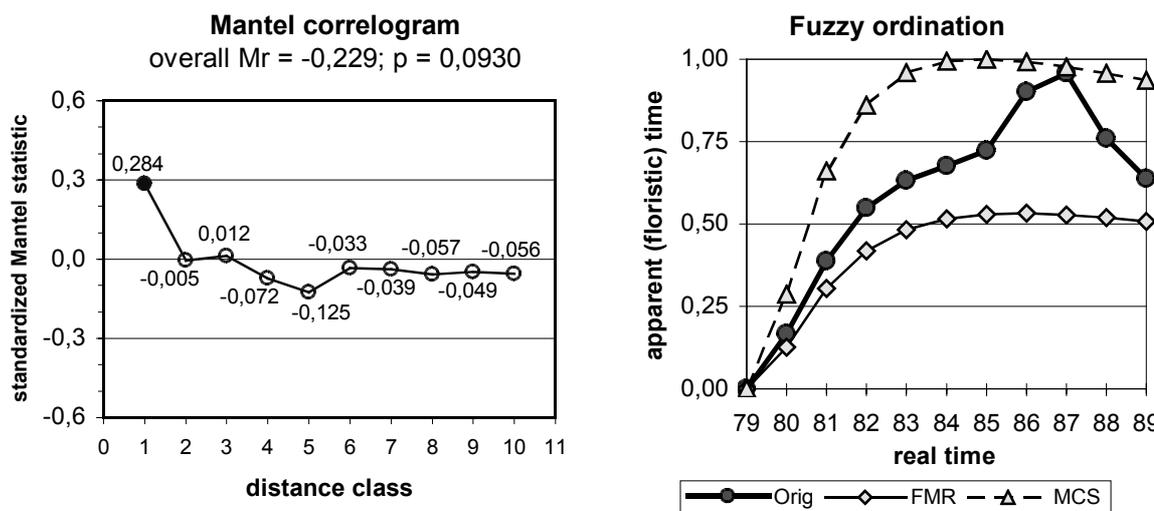


Abb. 68: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen: Mantel-Korrelogram (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Während die FMR-Prognose einen konstanten Deckungsgrad von 47 % für *Deschampsia caespitosa* voraussagt, steigt der Deckungsgrad in der MCS-Prognose auf über 80 %; die Rückgänge der Deckungsgrade werden von keiner Prognose abgebildet. Die Entwicklung von *Agrostis stolonifera* wird von beiden Prognosen falsch prognostiziert: In der FMR-Prognose ist die Art mit konstanten Anteilen vertreten, in der MCS-Prognose geht sie stark zurück. Während der Rückgang der übrigen Gräser mit beiden Verfahren korrekt abgebildet wird, versagen sie bei *Potentilla anserina*, *Rumex acetosa* und *Cirsium arvense*.

4.8.4. Rt92B2 – Brands Graben, zweimal Mähen

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 72) wurde von 1979 bis 1984 zweimal jährlich Ende Juni und Mitte September gemäht. Ab 1985 wurde der erste Mahdtermin auf Mitte Juni vorverlegt.

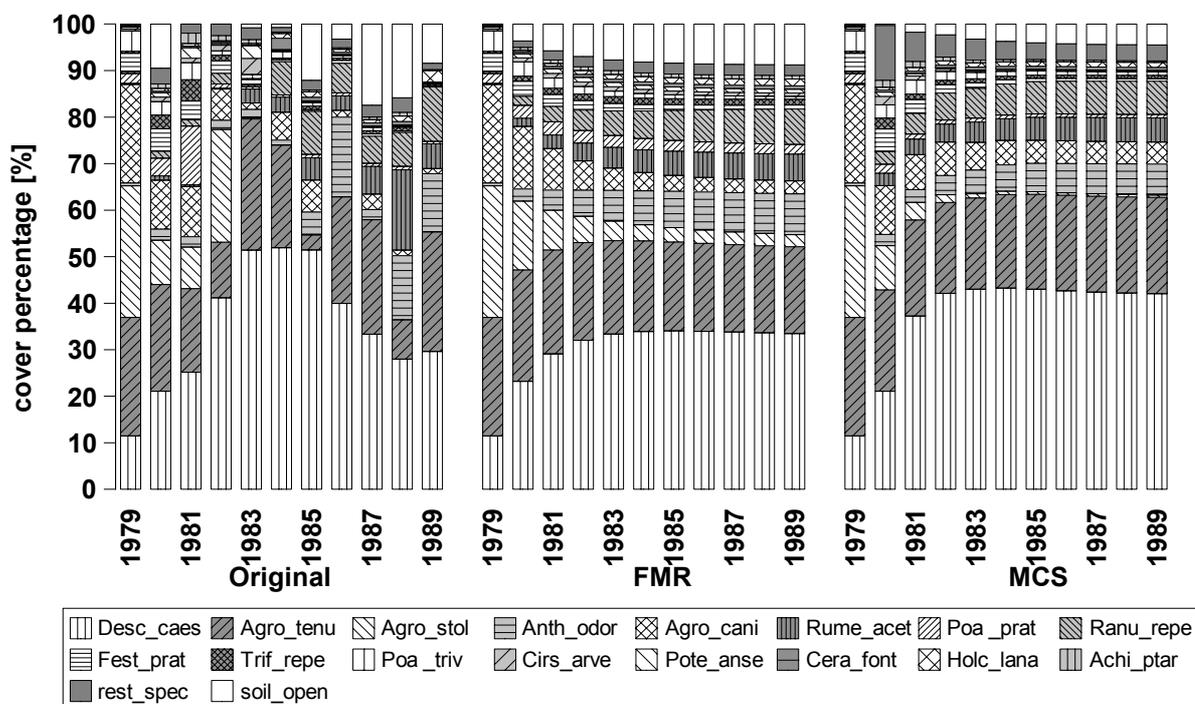


Abb. 69: Rt92B2 – zweimal Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Anth_odor (*Anthoxanthum odoratum*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), rest_spec(20 weitere Arten, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden)

Die Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*) nimmt bis 1983 zu, hat drei Jahre lang Deckungsgrade um 50 % und nimmt – nach Vorverlegung der Mahd – auf 30 % ab (Abb. 69). Das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*) ist in den meisten Jahren mit ca. 25 % vertreten und hat nur in wenigen Jahren niedrigere Deckungsgrade. Die Bestände aller übrigen Gräser gehen zurück - mit Ausnahme des Gewöhnlichen Ruchgrases (*Anthoxanthum odoratum*), das nach der Vorverlegung der Mahd 1985 zu-

nimmt. Der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) und der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) können sich in den letzten Jahren stärker ausbreiten.

Die Aufnahmen sind insgesamt (overall $Mr = -0,622$; $p = 0,0001$) und über ein Jahr ($p = 0,0001$) signifikant positiv korreliert (Abb. 70). In der Fuzzy-Ordination (Abb. 70) zeigen beide Prognosen mit Ausnahme des dritten und vierten Jahres eine gute Übereinstimmung mit der beobachtete Zeitreihe.

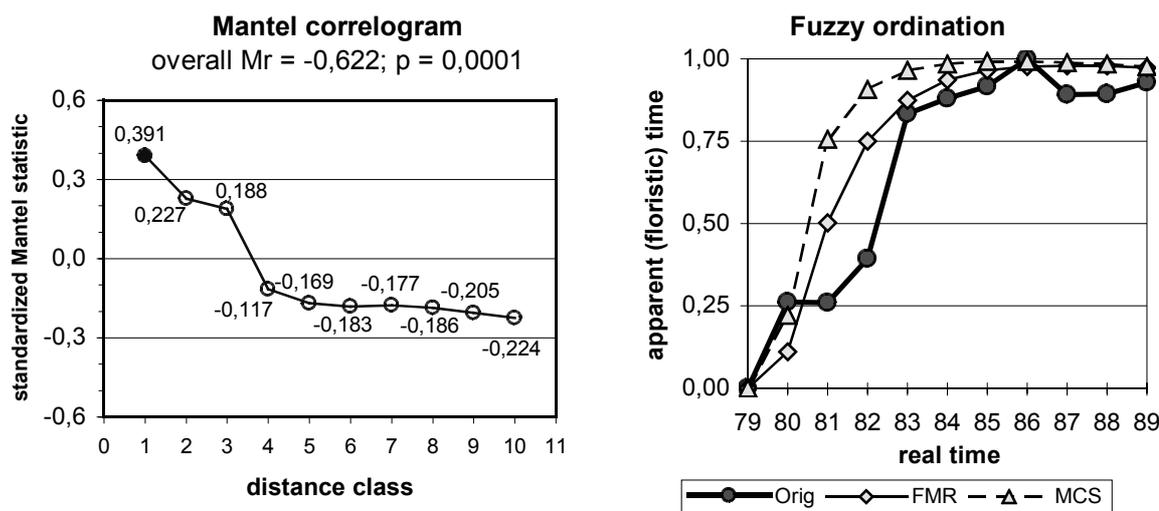


Abb. 70: Rt92B2 – zweimal Mähen: Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination. Die Zunahme von *Deschampsia caespitosa* auf 50 % und die anschließende Abnahme auf 30 % wird jedoch nicht so gut abgebildet: Ab den vierten bzw. fünften Jahre erreicht *D. caespitosa* in den Prognosen einen konstanten Deckungsgrad um 42 bzw. 33 Prozent. Die Werte für *Anthoxanthum odoratum*, *Rumex acetosa* und *Ranunculus repens* erreichen in beiden Prognosen nicht die beobachtete Höhe.

4.8.5. Rt92BS3 – Brands Graben, einmal Mähen – dreimal Mähen

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 71) wurde von 1979 bis 1984 einmal jährlich Anfang August (ROSENTHAL, 1992) gemäht. Ab 1985 wurde die Fläche Mitte Juni, Anfang August und Mitte September, also dreimal pro Jahr gemäht.

Die Entwicklung (Abb. 71) ähnelt der Beobachtung auf der vorherigen Fläche (Abb. 69): Die Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) nimmt jedoch bis zum Beginn der dreimaligen Mahd im Jahr 1985 noch stärker zu. Bis 1985 nehmen – teilweise nach anfänglicher Zunahme – das Weiße Straußgras (*Agrostis stolonifera*), das Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*) und das Sumpf-Straußgras (*Agrostis canina*) sowie – als 1979 nicht so häufige Arten – die Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) und Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*) ab. Das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*) nimmt anfangs ab, kann sich aber – nach Umstellung der Bewirtschaftung – wieder ausbreiten. Während das Gänse-Fingerkraut

(*Potentilla anserina*) in der ersten Hälfte höhere Deckungsgrade erreicht, schafft dies der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) erst in der zweiten Hälfte.

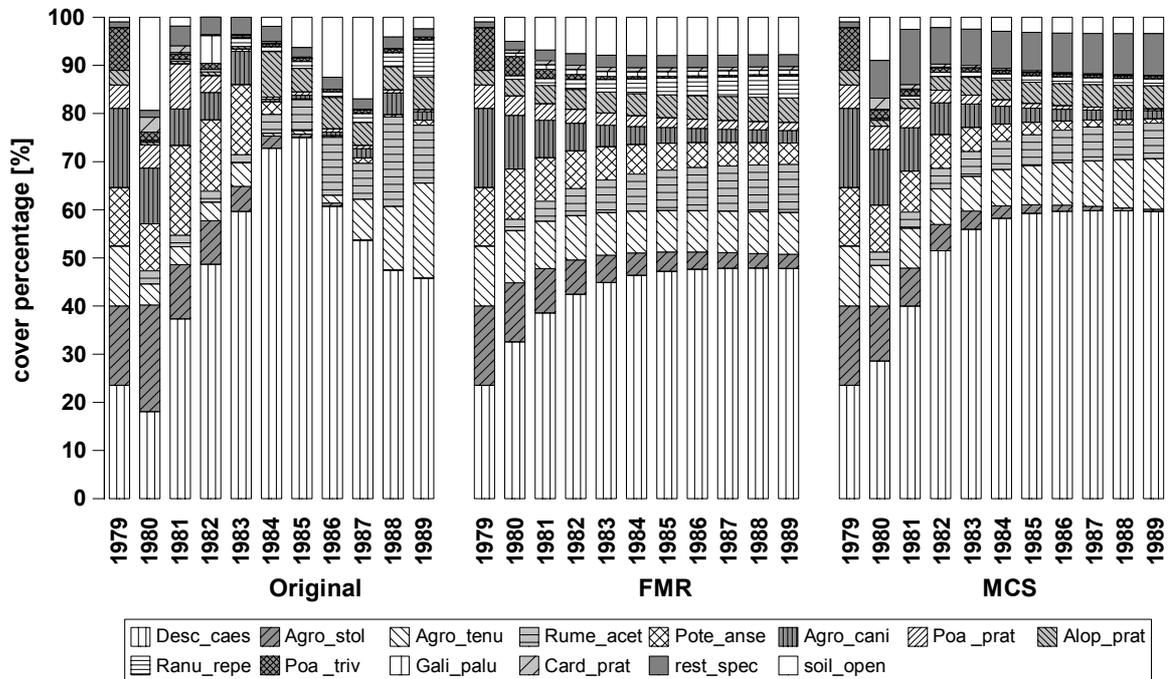


Abb. 71: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Alop_prat(*Alopecurus pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(30 weitere Arten, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden)

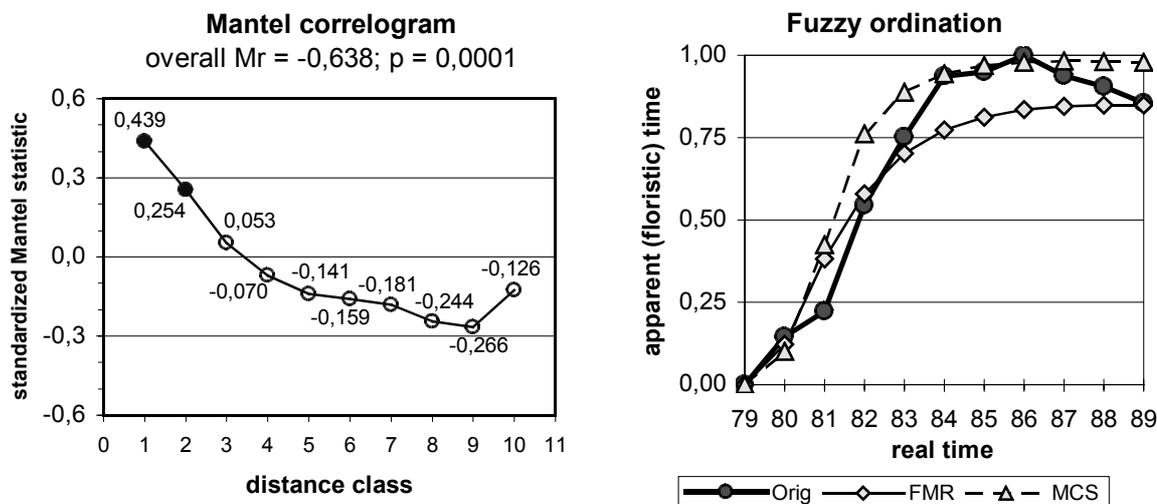


Abb. 72: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen: Mantel-Korrelogram (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die beobachtete Zeitreihe ist insgesamt (overall Mr=-0,638; p=0,0001) sowie über ein (p=0,0001) und über zwei Jahre (p=0,0060) signifikant positiv korreliert (Abb. 72). In der Fuzzy-Ordination (Abb. 72) stimmen Beobachtung und beide Prognosen relativ gut überein.

Auch in diesem Fall wird jedoch die Zunahme und anschließende Abnahme von *Deschampsia caespitosa* von beiden Prognosen nicht abgebildet. Während die FMR-Prognose die beobachtete Entwicklung von *Rumex acetosa* besser abbildet, vollzieht die MCS-Prognose die Entwicklung von *Agrostis tenuis* besser nach.

4.8.6. Rt92B2u3 – Brands Graben, zweimal Mulchen – dreimal Mähen (Düngung)

Diese Fläche (ROSENTHAL, 1992, Tab. 70) wurde von 1979 bis 1984 zweimal jährlich Anfang Juli und Ende September gemulcht. Ab 1985 wurde das Mulchen eingestellt und stattdessen Mitte Juni, Anfang August und Mitte September gemäht. Zusätzlich wurde ein NPK-Volldünger im Frühjahr sowie nach der ersten und der zweiten Mahd ein reiner Stickstoff-Dünger ausgebracht. Die Gesamtstickstoffmenge von 85 kg/ha wurde zu 50, 30 bzw. 20 % auf die drei Gaben aufgeteilt.

Die Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*) nimmt bis 1983 auf ca. 70 % zu, erreicht in den drei folgenden Jahren ca. 60 % und fällt dann auf knapp unter 40 % Deckungsgrad (Abb. 73).

In den ersten Jahren geht das Weiße Straußgras (*Agrostis stolonifera*) von 33 % auf 1 % stark zurück und auch Hunds-Straußgras (*Agrostis canina*) und Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) gehen zurück. Während die beiden Rispengräser (*Poa trivialis* und *P. pratensis*) mit niedrigen Werten konstant vertreten sind, schwankt das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*) anfangs um die 10 %, erreicht jedoch um 24 % in den letzten drei Jahren, in denen sich auch das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) ausbreiten

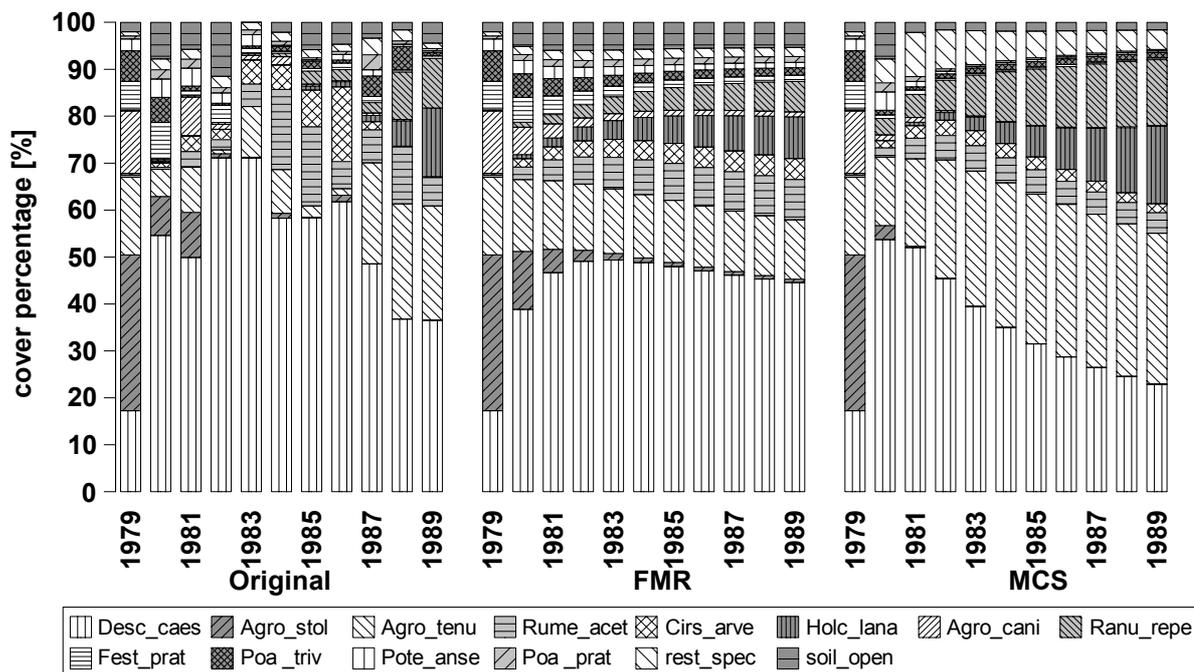


Abb. 73: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung): Beobachtung und Prognose
 Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), rest_spec(26 weitere Arten, siehe Anhang) und soil_open(offener Boden)

kann. Die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) nimmt langsam bis 1986 zu, das Vorkommen erlischt aber bald nach Beginn der dreimaligen Mahd. Der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) erreicht 1984, 1985 und 1988 höhere Deckungsgrade, während der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) erst 1985 auftaucht und kontinuierlich zunimmt.

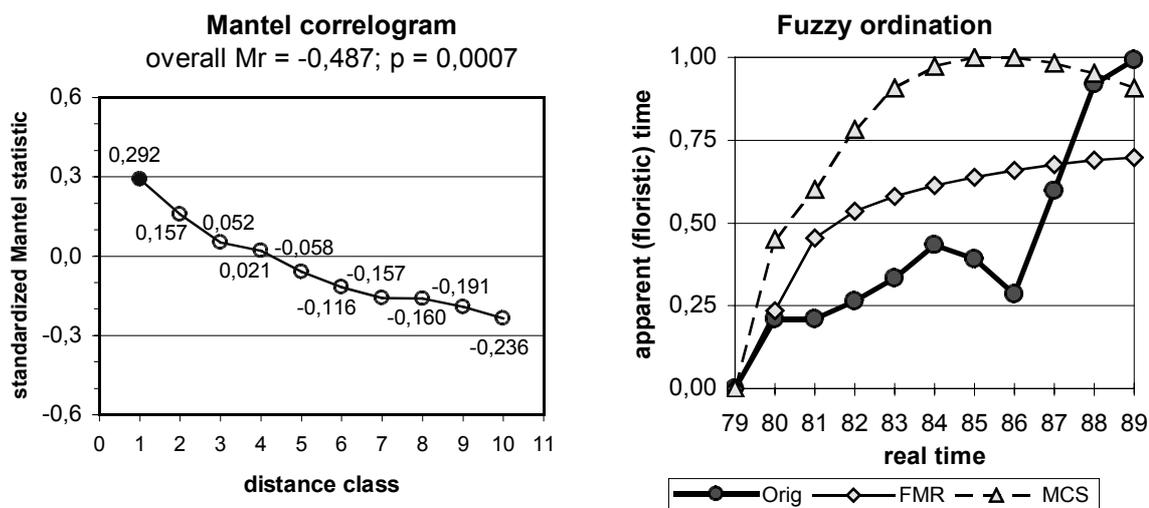


Abb. 74: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung): Mantel-Korrelogramm (● = sign.; ○ = n. s.) und Fuzzy-Ordination

Die Aufnahmen sind insgesamt (overall $M_r = -0,487$; $p = 0,0007$) und über direkt aufeinander folgende Jahre ($p = 0,0001$) signifikant positiv korreliert (Abb. 74).

Die Abnahme von *Agrostis stolonifera* wird von beiden Prognosen sehr gut abgebildet, während die Zunahme von *Holcus lanatus* und *Ranunculus repens* zu früh einsetzt. Das Auf und Ab von *Deschampsia caespitosa* wird von der FMR-Prognose nur sehr stark geglättet nachvollzogen. In der MCS-Prognose erreicht *D. caespitosa* zwar im zweiten Jahr exakt den beobachteten Wert, anschließend wird jedoch eine kontinuierliche Abnahme auf unter 25 % prognostiziert, was der Beobachtung stark widerspricht. Auch nimmt *Agrostis tenuis* in der MCS-Prognose zu stark zu.

4.9. Die Zeitreihen im Vergleich

Sind die untersuchten Datensätze signifikant autokorreliert und zeigen somit einen gerichteten Trend in der Vegetationsentwicklung? Die Ergebnisse der Mantel-Tests für die gesamte beobachtete Zeitreihe (overall) und die Werte aus den Mantel-Korrelogrammen für direkt aufeinander folgende Jahre (dist=1) und mit Abstand von zwei Jahren (dist=2) sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Autokorrelation der beobachteten Zeitreihen (Mantel-Test und Mantel-Korrelogramm)

Datensatz	t=	s=	overall	p	dist=1	p	dist=2	p
Li85T1	11	7	-0,807	0,0001	0,437	0,0001	0,296	0,0035
Ru83HutH	11	6	-0,821	0,0001	0,467	0,0001	0,250	0,0219
Ru83HatH	11	7	-0,826	0,0001	0,484	0,0001	0,312	0,0071
Ru83HafH	11	10	-0,680	0,0001	0,460	0,0001	0,255	0,0227
Ru83HanH	11	7	-0,704	0,0001	0,419	0,0001	0,259	0,0059
Ru97HnHF	11	9	-0,960	0,0001	0,505	0,0001	0,341	0,0028
Ru97HnHT	11	7	-0,860	0,0001	0,378	0,0001	0,271	0,0024
Ru77SHhd	11	7	-0,830	0,0001	0,513	0,0001	0,304	0,0044
Ru98HWb	11	18	-0,771	0,0001	0,604	0,0001	0,297	0,0168
Ru85HAVb	11	13	-0,499	0,0024	0,385	0,0001	0,152	0,0803
Ru92HAb	11	15	-0,770	0,0001	0,552	0,0001	0,219	0,0309
Wb90S28	9	16	-0,683	0,0002	0,657	0,0001	0,187	0,1594
Wb90S61	9	16	-0,651	0,0023	0,560	0,0008	0,170	0,1859
Wb90S68	9	16	-0,143	0,1742	0,276	0,0564	-0,035	0,4316
Wb90S101	9	16	-0,591	0,0066	0,554	0,0006	0,150	0,2032
Ro85P27	11	20	-0,343	0,0281	0,230	0,0414	0,205	0,0753
Ro85P30	11	20	-0,435	0,0056	0,277	0,0070	0,149	0,0906
Ro82P36	11	19	-0,507	0,0040	0,267	0,0179	0,242	0,0282
Ro82P38	11	17	-0,521	0,0038	0,348	0,0020	0,262	0,0225
Ro85P39	11	19	-0,570	0,0004	0,360	0,0039	0,310	0,0142
Ro82P54	11	20	-0,508	0,0004	0,360	0,0006	0,144	0,1020
Ro82P57	11	20	-0,309	0,0318	0,188	0,0291	0,153	0,0698
Ro82P58	11	20	-0,439	0,0129	0,395	0,0027	0,231	0,0525
Bk89T10	9	13	-0,211	0,1296	0,264	0,0514	-0,037	0,4241
Bk89T11	9	10	-0,400	0,0195	0,200	0,0312	0,180	0,0511
Bk89T12	9	15	-0,288	0,0644	0,167	0,1626	-0,019	0,4667
Bk89T14	9	20	-0,635	0,0007	0,516	0,0009	0,208	0,0951
Bk89T13	11	20	-0,687	0,0004	0,399	0,0008	0,251	0,0305
Bk89T15	11	20	-0,040	0,3641	0,271	0,0074	-0,055	0,3206
Bk89T16	9	15	-0,372	0,0286	0,336	0,0240	0,182	0,1333
Bk89T17	9	20	-0,594	0,0008	0,439	0,0010	0,080	0,2857
Rt92BBa	11	12	-0,117	0,2462	0,054	0,2227	0,022	0,3937
Rt92BBb	11	16	-0,477	0,0012	0,394	0,0001	0,174	0,0458
Rt92B1uS	11	13	-0,229	0,0930	0,284	0,0003	-0,005	0,4818
Rt92B2	11	18	-0,622	0,0001	0,391	0,0001	0,227	0,0153
Rt92BS3	11	14	-0,638	0,0001	0,439	0,0001	0,254	0,0060
Rt92B2u3	11	14	-0,487	0,0007	0,292	0,0001	0,157	0,0329

p **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau mit Bonferroni-Korrektur)

(Bonferroni-Korrektur: t=9: 6 Tests = 0,0083; t=11: 7 Tests = 0,0071)

overall Mr **fett** = Mantel's r (standardisiert) <= -0,60 (negative Werte = positive Korrelation)

dist=1 / dist=2 **fett** = Mantel's r (standardisiert) >= 0,40 (positive Werte = positive Korrelation)

Von den 37 untersuchten Datensätzen sind:

- 26 Datensätze (70,3 %) über den gesamten Zeitraum,
- 27 Datensätze (73,0 %) über ein Jahr und
- 7 Datensätze (18,9 %) über zwei Jahre signifikant positiv sowie
- 5 Datensätze (13,5 %) über sechs Jahre signifikant negativ korreliert.

Sieben Datensätze weisen eine besonders deutliche Autokorrelation auf, da sie über den gesamten Zeitraum sowie über ein und zwei Jahre signifikant positiv korreliert sind: Die Heidefläche in den Niederlanden (Li85T1), zwei Calluna-Bestände (Ru83HatH und Ru83HanH) und zwei Erica-Bestände (Ru97HnHF und Ru97HnHT) im NSG „Heiliges Meer“, die Hochheidefläche im Sauerland (Ru77SHhd) und eine Feuchtwiese der Wümmeniederung (Rt92BS3). Die ersten drei genannten Flächen sind zusätzlich über sechs Jahre signifikant negativ korreliert.

Neun Datensätze weisen signifikanten Autokorrelationen weder über ein oder zwei Jahre noch insgesamt auf: Eine der Weender Bracheflächen (Wb90S68), zwei Flächen auf Öland (Ro85P27 und Ro82P57), fünf der acht Stromtalwiesen in den Niederlanden (Bk89T10, Bk89T11, Bk89T12, Bk89T15, Bk89T16) und eine Fläche der Wümmeniederung (Rt92BBa).

Alle übrigen Zeitreihen sind über ein Jahr und insgesamt signifikant positiv korreliert; mit drei Ausnahmen: Eine Fläche auf Öland (Ro82P36) ist nur insgesamt signifikant positiv korreliert, während eine Öland-Fläche (Ro82P58) und eine Wümme-Wiese (Rt92B1uS) nur über ein Jahr signifikant positiv korreliert sind.

Von den 37 Datensätzen sind 25 sowohl über die gesamte Zeitreihe als auch für direkt aufeinanderfolgende Jahre signifikant autokorreliert, während 9 Datensätze in beiden Fällen nicht autokorreliert sind.

Beim Vergleich der Originaldaten mit den beiden Prognosen zeigt der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen (Wilcox. p in Tab. 2), dass für die FMR-Prognose in 21 Fällen und für die MCS-Prognose in 26 Fällen **keine** signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median vorliegen. In acht Fällen liegen für beide Prognosen signifikante Abweichungen vor, in 18 Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig, so dass der Wilcoxon-Test in 70% der Fälle zum gleichen Ergebnis kommt.

Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (Spear. r in Tab. 2) zwischen der Beobachtung und der FMR- bzw. der MCS-Prognose liegt in 22 bzw. 24 Fällen über 0,7. In 20 Fällen liegt r für beide Prognosen über 0,7 und in elf Fällen unter 0,7, was einer Übereinstimmung von 84 % entspricht.

Unter 0,01 liegt die mittlere quadratische Abweichung (MSE in Tab. 2) für die FMR-Prognose in 35 Fällen und für die MCS-Prognose in 30 Fällen. Übereinstimmung liegt bei 87 % der Fälle vor: In 30 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in zwei Fällen über 0,01.

Tab. 2: Vergleich der Kriterien für die Übereinstimmung der Prognosen mit der Beobachtung

Datensatz	Wilcox. p		Spear. r		MSE		Stress p		FO MSE			
	t=	s=	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M		
Li85T1	11	7	,905	,676	,980	,973	,0004	,0005	,000	,000	,004	,008
Ru83HutH	11	6	,110	,718	,729	,756	,0174	,0348	,000	,001	,050	,267
Ru83HatH	11	7	,070	,909	,823	,752	,0135	,0444	,005	,000	,142	,272
Ru83HafH	11	10	,048	,421	,777	,758	,0061	,0099	,000	,000	,009	,057
Ru83HanH	11	7	,410	,124	,942	,968	,0063	,0105	,000	,000	,128	,046
Ru97HnHF	11	9	,212	,500	,953	,958	,0013	,0021	,000	,000	,029	,068
Ru97HnHT	11	7	,408	,288	,766	,881	,0009	,0019	,000	,000	,031	,056
Ru77SHhd	11	7	,313	,951	,969	,974	,0018	,0020	,000	,002	,028	,078
Ru98HWb	11	18	,001	,291	,733	,685	,0035	,0034	,000	,000	,015	,059
Ru85HAVb	11	13	,219	,097	,809	,808	,0024	,0028	,001	,001	,044	,043
Ru92HAb	11	15	,004	,261	,833	,741	,0028	,0092	,000	,000	,058	,238
Wb90S28	9	16	,009	,003	,609	,637	,0070	,0136	,015	,070	,013	,105
Wb90S61	9	16	,117	,002	,667	,697	,0069	,0146	,016	,031	,021	,070
Wb90S68	9	16	,094	,021	,758	,715	,0073	,0131	,057	,246	,077	,078
Wb90S101	9	16	,183	,372	,783	,802	,0018	,0060	,001	,001	,118	,171
Ro85P27	11	20	,000	,006	,435	,023	,0018	,0052	,089	,153	,119	,078
Ro85P30	11	20	,001	,000	,546	,594	,0017	,0037	,059	,077	,078	,280
Ro82P36	11	19	,028	,537	,678	,515	,0015	,0028	,046	,129	,055	,286
Ro82P38	11	17	,000	,039	,673	,336	,0025	,0037	,025	,295	,104	,304
Ro85P39	11	19	,440	,610	,708	,647	,0017	,0018	,015	,004	,046	,032
Ro82P54	11	20	,949	,671	,643	,701	,0006	,0010	,000	,000	,053	,044
Ro82P57	11	20	,478	,304	,316	,291	,0026	,0019	,048	,034	,115	,139
Ro82P58	11	20	,466	,447	,519	,150	,0028	,0079	,017	,004	,081	,234
Bk89T10	9	13	,327	,562	,752	,803	,0045	,0052	,021	,024	,118	,171
Bk89T11	9	10	,659	,719	,780	,834	,0048	,0037	,005	,000	,095	,106
Bk89T12	9	15	,077	,563	,621	,658	,0035	,0114	,005	,005	,070	,154
Bk89T14	9	20	,248	,610	,687	,796	,0013	,0012	,014	,015	,069	,108
Bk89T13	11	20	,009	,033	,581	,661	,0016	,0023	,001	,001	,056	,055
Bk89T15	11	20	,002	,012	,566	,722	,0019	,0019	,478	,411	,157	,255
Bk89T16	9	15	,221	,015	,703	,793	,0022	,0024	,556	,707	,121	,115
Bk89T17	9	20	,219	,473	,586	,706	,0015	,0036	,000	,000	,052	,075
Rt92BBa	11	12	,044	,021	,835	,896	,0069	,0079	,132	,106	,054	,035
Rt92BBb	11	16	,001	,392	,800	,851	,0073	,0085	,042	,048	,046	,117
Rt92B1uS	11	13	,017	,853	,753	,755	,0047	,0085	,450	,463	,051	,061
Rt92B2	11	18	,002	,028	,715	,808	,0018	,0019	,000	,003	,023	,057
Rt92BS3	11	14	,005	,108	,730	,817	,0029	,0020	,001	,000	,011	,013
Rt92B2u3	11	14	,008	,864	,700	,623	,0026	,0076	,019	,006	,057	,214
Anzahl positiver W.:			21	26	22	24	35	30	30	27	26	19

Erläuterung:

Wilcox. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)

Spear. r = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient; **fett** = Werte $\geq 0,70$

MSE = Mittlere quadratische Abweichung; **fett** = Werte $\leq 0,01$

Stress p = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)

FO MSE = Mittlere quadratische Abweichung der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte $\leq 0,08$

Der Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993) ist auf dem 5 %-Signifikanzniveau in 30 Fällen für die FMR-Prognose und in 27 Fällen für die MCS-Prognose positiv (Stress p in Tab. 2). In 26 Fällen trifft dies auf beide Prognosen zu und in sieben Fällen ist der Stress-Wert Z für beide Prognosen nicht signifikant, was einer Übereinstimmung von 89 % entspricht.

Für die Fuzzy-Ordination wurde ebenfalls die mittlere quadratische Abweichung (FO MSE in Tab. 2) errechnet: Der MSE liegt beim Vergleich der Ordinationswerte der Beobachtung mit der FMR- bzw. MCS-Prognose in 26 bzw. 19 Fällen unter 0,08. Die Übereinstimmung liegt bei 70 %: In 17 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,08 und in neun Fällen über 0,08.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtungen mit den beiden zugehörigen Prognosen von 70 % (Wilcox. p und FO MSE) bis 89 % (Stress p). Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine vergleichbare und relativ hohe Anpassungsgüte.

Für die Beurteilung der Anpassungsgüte sollten jedoch alle Kennwerte gemeinsam betrachtet werden, da sie jeweils verschiedene Aspekte der Übereinstimmung von Beobachtung und Prognose messen. Die Datensätze wurden in Tab. 3 hinsichtlich der Anpassungsgüte zwischen beobachteten und prognostizierten Daten geordnet: Eine sehr gute Anpassung zeigen die Datensätze, die alle fünf Kriterien erfüllen. Die Datensätze, welche „nur“ vier Kriterien erfüllen, weisen auf eine gute Anpassung hin, während diejenigen mit weniger als vier erfüllten Kriterien keine ausreichende Anpassung zeigen.

In der ersten Gruppe stehen die sechs Datensätze, bei denen für beide Prognosen alle fünf Kriterien erfüllt sind: Li85T1, Ru97HnHF, Ru97HnHT, Ru77SHhd, Ru85HAVb und Bk89T11.

Für einen Fall (zweite Gruppe) treffen für die FMR-Prognose fünf Kriterien zu und für die MCS-Prognose „nur“ vier: Ro85P39

In der dritten Gruppe stehen drei Datensätze, mit fünf Kriterien für eine gute Anpassung für die MCS-Prognose und vier Kriterien für die FMR-Prognose: Ru83HafH, Ro82P54 und Rt92BS3.

Für die sieben Datensätze der vierten Gruppe treffen für beide Prognosen vier Kriterien zu: Ru83HanH, Ru98HWb, Ru92HAb, Wb90S101, Bk89T12, Bk89T14 und Bk89T17.

In der fünften bzw. sechsten Gruppe stehen die Datensätze, bei den nur für eine Prognose vier Kriterien zu treffen. Innerhalb dieser beiden Gruppen sind die Datensätze in absteigender der Anpassung sortiert, d. h. zuerst die, bei denen drei Kriterien für eine gute Anpassung sprechen, dann

die mit nur zwei usw. Vier Kriterien für eine gute Anpassung nur für die FMR-Prognose weisen sechs Fälle auf (Ru83HutH, Rt92B2, Bk89T10, Bk89T16, Wb90S61 und Wb90S68), während in nur einem Fall (Rt92BBb) nur die MCS-Prognose eine gute Anpassung zeigt.

Tab. 3: Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten

Datensatz	t=	s=	Original/FMR					Original/MCS				
			W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO
Li85T1	11	7	,905	,980	,0004	,000	,004	,676	,973	,0005	,000	,008
Ru97HnHF	11	9	,212	,953	,0013	,000	,029	,500	,958	,0021	,000	,068
Ru97HnHT	11	7	,408	,766	,0009	,000	,031	,288	,881	,0019	,000	,056
Ru77SHhd	11	7	,313	,969	,0018	,000	,028	,951	,974	,0020	,002	,078
Ru85HAVb	11	13	,219	,809	,0024	,001	,044	,097	,808	,0028	,001	,043
Bk89T11	9	10	,659	,780	,0015	,005	,052	,719	,834	,0036	,000	,075
Ro85P39	11	19	,440	,708	,0017	,015	,046	,610	,647	,0018	,004	,032
Ru83HafH	11	10	,048	,777	,0061	,000	,009	,421	,758	,0099	,000	,057
Ro82P54	11	20	,949	,643	,0006	,000	,053	,671	,701	,0010	,000	,044
Rt92BS3	11	14	,005	,730	,0016	,001	,056	,108	,817	,0023	,000	,055
Ru83HanH	11	7	,410	,942	,0063	,000	,128	,124	,968	,0105	,000	,046
Ru98HWb	11	18	,001	,733	,0035	,000	,015	,291	,685	,0034	,000	,059
Ru92HAb	11	15	,004	,833	,0028	,000	,058	,261	,741	,0092	,000	,238
Wb90S101	9	16	,183	,783	,0018	,001	,118	,372	,802	,0060	,001	,171
Bk89T12	9	15	,077	,621	,0069	,005	,054	,563	,658	,0079	,005	,035
Bk89T14	9	20	,248	,687	,0073	,014	,046	,610	,796	,0085	,015	,117
Bk89T17	9	20	,219	,586	,0026	,000	,057	,473	,706	,0076	,000	,214
Ru83HutH	11	6	,110	,729	,0174	,000	,050	,718	,756	,0348	,001	,267
Rt92B2	11	18	,002	,715	,0013	,000	,069	,028	,808	,0012	,003	,108
Bk89T10	9	13	,327	,752	,0022	,021	,121	,562	,803	,0024	,024	,115
Bk89T16	9	15	,221	,703	,0029	,556	,011	,015	,793	,0020	,707	,013
Wb90S61	9	16	,117	,667	,0069	,016	,021	,002	,697	,0146	,031	,070
Wb90S68	9	16	,094	,758	,0073	,057	,077	,021	,715	,0131	,246	,078
Rt92BBb	11	16	,001	,800	,0048	,042	,095	,392	,851	,0037	,048	,106
Ro82P58	11	20	,466	,519	,0028	,017	,081	,447	,150	,0079	,004	,234
Rt92B2u3	11	14	,008	,700	,0019	,019	,157	,864	,623	,0019	,006	,255
Ru83HatH	11	7	,070	,823	,0135	,005	,142	,909	,752	,0444	,000	,272
Bk89T13	11	20	,009	,581	,0047	,001	,051	,033	,661	,0085	,001	,061
Ro82P57	11	20	,478	,316	,0026	,048	,115	,304	,291	,0019	,034	,139
Rt92B1uS	11	13	,017	,753	,0035	,450	,070	,853	,755	,0114	,463	,154
Ro82P36	11	19	,028	,678	,0015	,046	,055	,537	,515	,0028	,129	,286
Bk89T15	11	20	,002	,566	,0018	,478	,023	,012	,722	,0019	,411	,057
Rt92BBa	11	12	,044	,835	,0045	,132	,118	,021	,896	,0052	,106	,171
Wb90S28	9	16	,009	,609	,0070	,015	,013	,003	,637	,0136	,070	,105
Ro82P38	11	17	,000	,673	,0025	,025	,104	,039	,336	,0037	,295	,304
Ro85P30	11	20	,001	,546	,0017	,059	,078	,000	,594	,0037	,077	,280
Ro85P27	11	20	,000	,435	,0018	,089	,119	,006	,023	,0052	,153	,078
Anzahl positiver Werte:			21	22	35	30	26	26	24	30	27	19

Erläuterung:

- W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)
- Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient; **fett** = Werte >= 0,70
- MSE = Mittlere quadratische Abweichung; **fett** = Werte <= 0,01
- Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)
- FO = Mittlere quadratische Abweichung der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08

Schließlich sind die übrigen 13 Datensätze, die für beide Prognosen keine ausreichende Anpassung zeigen, in der siebten Gruppe aufgelistet und in absteigender Anpassungsgüte für beide Prognosen sortiert: Ro82P58, Rt92B2u3, Bk89T13, Ro82P57, Rt92B1uS, Ro82P36, Bk89T15, Rt92BBa, Wb90S28, Ro82P38 und Ro85P27. Die schlechteste Anpassung zeigt die MCS-Prognose für Wb90S28, bei der kein einziges Kriterium auf eine gute Anpassung schließen lässt.

Wenn man die einzelnen Prognosen betrachtet ergibt sich folgendes Bild: Für die FMR-Prognose liegt bei sieben Datensätzen mit sehr guter und 17 Datensätzen mit guter Anpassung eine zufriedenstellende Prognose in 65 % der Fälle vor. In nur 54 % der Fälle ist die MCS-Prognose sehr gut (9 Datensätze) oder gut (11 Datensätze) angepasst.

Von den 19 Datensätzen mit gut bis sehr guter Prognose durch beide Verfahren, sind in 17 Fällen die beobachtete Daten insgesamt und über mindestens ein Jahr signifikant positiv korreliert. Nur die Datensätze Bk89T11 und Bk89T12 zeigen keine signifikanten Korrelationen.

Beide Prognosen stimmen in zwölf Fällen nur schlecht bis gar nicht mit der Beobachtung überein. Davon zeigen vier Datensätze keine signifikanten Korrelationen, einer nur über den gesamten Zeitraum und einer nur über direkt aufeinander folgende Jahre. Hingegen sind sechs Datensätze insgesamt und über ein Jahr signifikant positiv korreliert.

Von den fünf Datensätzen bei denen nur die FMR-Prognose eine gute Übereinstimmung mit der Beobachtung zeigt, sind drei nicht und zwei insgesamt und über ein Jahr korreliert. In dem einzelnen Fall, wo nur die MCS-Prognose eine gute Übereinstimmung zeigt, ist der Datensatz nur über ein Jahr signifikant positiv korreliert.

Von den 25 Datensätzen die im Mantel-Test eine signifikanten Trend zeigen und im Mantel-Korrelogramm zumindest die direkt auf einander folgenden Jahre ($dist = 1$) signifikant positiv korreliert sind, sind die FMR-Prognosen aus den Gesamtmatrizen in 21 von 25 Fällen (84 %) und die MCS-Prognosen in 17 von 25 Fällen (68 %) zufrieden stellend angepasst.

5 Prognosen auf der Basis von zwei bis fünf Jahren

5.1. Darstellung der Prognosen aus Teilmatrizen

Im vorangehenden Kapitel ist jeweils die gesamte Zeitreihe zur Ermittlung der Übergangsmatrizen (Zusatz „ $t=11$ “ für elfjährige bzw. „ $t=9$ “ für neunjährige Zeitreihen) genutzt und die daraus berechneten Prognosen („Prognosen aus der Gesamtmatrix“) mit eben dieser Zeitreihe verglichen worden. Untersucht wurde also die Modellanpassung, da die gleichen Daten, die zur Erstellung des Modells dienten, zur Überprüfung des Modells verwendet wurden.

Im folgenden werden aus den ersten zwei bis fünf Jahren der Beobachtung die Übergangsmatrizen (Zusatz „ $p=2$ “ bis „ $p=5$ “) ermittelt und daraus die Prognosen („Prognosen aus den Teilmatrizen“) berechnet, jeweils mit dem ersten Jahr als „Anfangsvektor“. Für den Vergleich werden die fünf Jahre aus der Prognose und aus der Beobachtung betrachtet, die auf das letzte in die Berechnung der Übergangsmatrix eingeflossene Jahr folgen. Beispiel: Die Übergangsmatrizen werden aus den ersten zwei Jahren ermittelt und das dritte bis siebte Jahr der Beobachtung mit dem dritten bis siebten Jahr der FMR- bzw. MCS-Prognose verglichen.

Es sind die gleichen 37 Datensätze wie in Kapitel 4 verwendet worden. Die Einzelergebnisse sind im Anhang B als Balkendiagramme dargestellt. In den Abbildungen bedeutet „ $p=2$ “, dass die ersten zwei Jahre zur Ermittlung der Übergangsmatrix Verwendung fanden; bei „ $p=3$ “, „ $p=4$ “ und „ $p=5$ “ sind es entsprechend die ersten drei, vier bzw. fünf Jahre. Im ersten Block sind die Deckungsgradanteile der Arten für die ersten zwei bis fünf Beobachtungsjahre dargestellt und im zweiten Block die beobachteten Daten für die fünf folgenden Jahre. Im dritten Block sind die entsprechenden Jahre aus der FMR-Prognose und im vierten Block diejenigen aus der MCS-Prognose abgebildet. Im letzten Balken ist für jede Prognose zusätzlich die stabile Endverteilung dargestellt, das ist die Verteilung, die sich nach sehr vielen Zeitschritten ergibt (wobei sich die Endverteilung in manchen Fällen sogar schon innerhalb des Prognosezeitraums einstellt). Für die Datensätze mit nur neun Beobachtungsjahren sind keine Übergangsmatrizen aus den ersten fünf Jahren ermittelt worden, da für den Vergleich mit der Prognosen (6. - 10. Jahr) das zehnte Beobachtungsjahr fehlt.

Eine Beurteilung aller einzelnen Datensätze erfolgt hier nicht, sondern bleibt dem Leser überlassen, da eine ausführliche Besprechung zu viel Raum benötigen und von den wichtigeren Aspekten, die prinzipielle Eignung von Markov-Ketten und dem Methodenvergleich ablenken würde. Im folgenden werden jedoch zwei Datensätze exemplarisch besprochen: Der Fall mit der besten Anpassung (Li85T1) und der Fall Rt92B2u3 mit einer markanten Nutzungsänderung im Zeitverlauf.

Aus beiden Fällen können wesentliche Schlussfolgerungen für die Verbesserung der Methodik gezogen werden.

5.1.1. Erstes Beispiel: Li85T1 – Heide nach Störung (Feuer) – LIPPE et al. (1985)

Die Dauerfläche weist nur wenige Arten auf, sie wird von drei Zwergstrauch-Arten dominiert und die beobachtete Zeitreihe weist eine starke gerichtete Vegetationsentwicklung auf (Abb. 75).

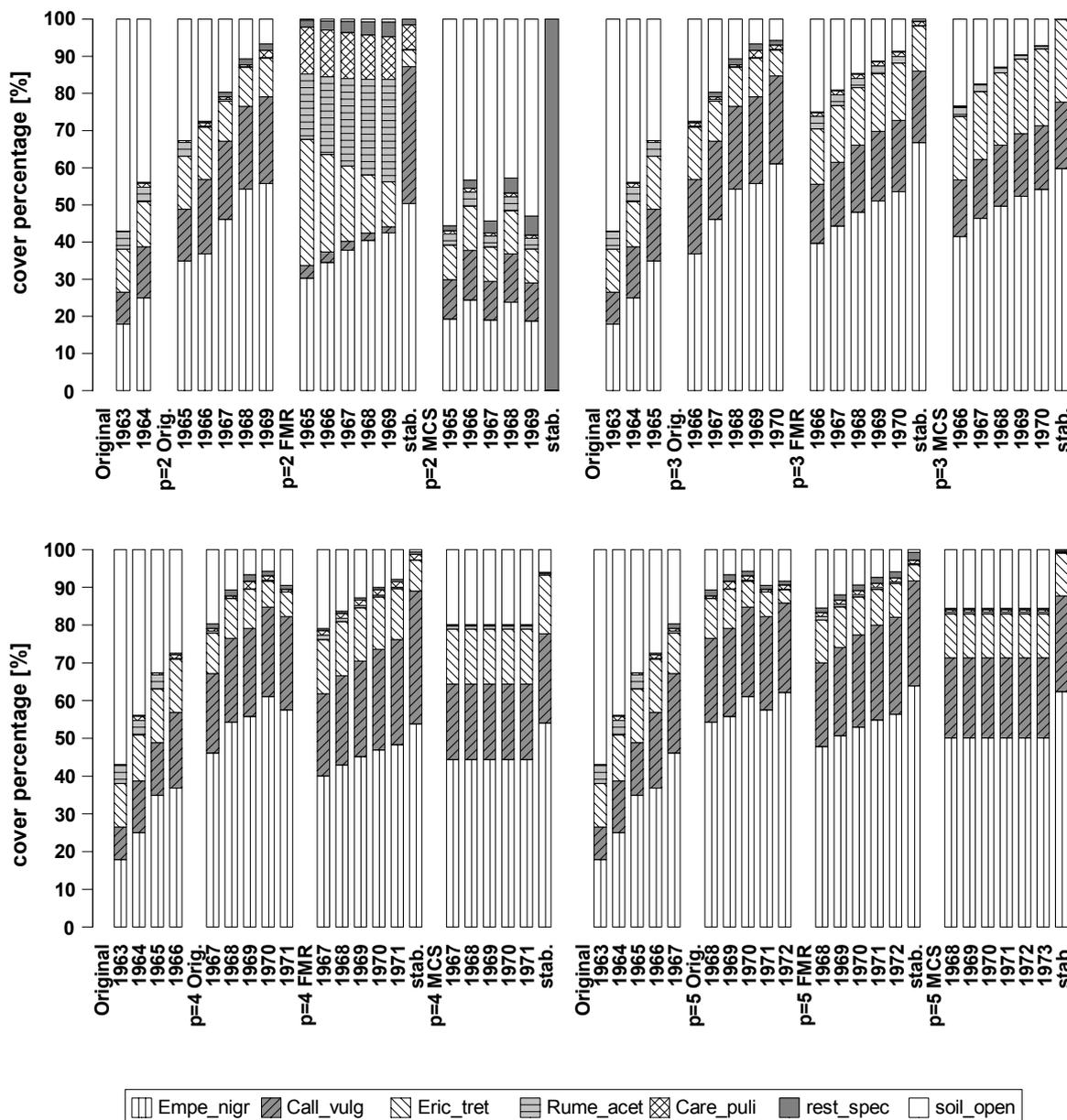


Abb. 75: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) – Beobachtung und Prognose aus Teilmatrizen

Empe_nigr(*Empetrum nigrum*), Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Care_puli(*Carex pilulifera*), rest_spec(*Molinia caerulea*, *Juncus squarrosus*, other species(*Deschampsia flexuosa*, *Eriophorum angustifolium*, *Festuca tenuis*, *Campylopus introflexus*, *C. pyriformis*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum jutlandicum*, *Cladonia occifera*, *C. chloropi*, *C. floerkeana*, *C. portentosa*, *C. unicalis* und *Lecidea granulosa*)) und soil_open(unbedeckter Boden)

Die beobachtete Zeitreihe weist eine stark gerichtete Vegetationsentwicklung auf und die Prognosen aus beiden Schätzverfahren zeigen eine sehr gute Modellanpassung (vgl. Kap. 4.1).

Auch die Prognosen auf der Basis der aus den Teilmatrizen ermittelten Übergangsmatrizen zeigen eine gute bis sehr gute Übereinstimmung mit der Beobachtung – mit Ausnahme der Prognosen auf der Basis von nur zwei Jahren (Abb. 75).

Die Ausbreitung von *Empetrum nigrum* (Krähenbeere) – mit relativer Stabilität ab dem sechsten Jahr – und der weitergehenden Anstieg der Deckungsgrade von *Calluna vulgaris* (Besen-Heide) werden insbesondere von den FMR-Prognosen $p=4$ und $p=5$ sowie teilweise auch von $p=3$ sehr gut abgebildet. Die MCS-Prognose zeigt nur bei $p=3$ eine sehr gute Übereinstimmung. Bei $p=4$ und $p=5$ wird im Vergleichszeitraum keine Veränderung der Deckungsgradanteile prognostiziert – allerdings finden marginale Veränderungen statt, wie der Vergleich mit den Endverteilungen zeigt.

5.1.2. Zweites Beispiel: Rt92B2S3 – Brands Graben, zweimal Mulchen – dreimal Mähen (Düngung) – ROSENTHAL (1992)

Auf dieser Dauerfläche wurde die Nutzung nach fünf Jahren (1985) intensiviert, um die Ausbreitung von *Deschampsia caespitosa* (Rasen-Schmiele) einzudämmen, was auch gelang (vgl. Kap. 4.8.6).

Die Modellanpassung der FMR- und MCS-Prognose auf der Basis aller Beobachtungsjahre ist jedoch schlecht (vgl. Kap. 4.8.6) – was bei Änderung der Bewirtschaftung nicht weiter verwundert. Wenn nur die ersten fünf Jahre als Vergleich genommen werden, ist die Modellanpassung sehr gut ($t=5/t=4$ in Anhang C, Tab. C5).

Von den Prognosen für die Teilmatrizen zeigen die FMR-Prognosen für $p=2$ und $p=3$ eine gute Übereinstimmung, während die FMR-Prognosen $p=4$ und $p=5$ den allmählichen Rückgang von *Deschampsia caespitosa* nicht abbilden. Die MCS-Prognosen aus Teilmatrizen scheitern alle – dies zeigt sich auch in den Balkendiagrammen (Abb. 76).

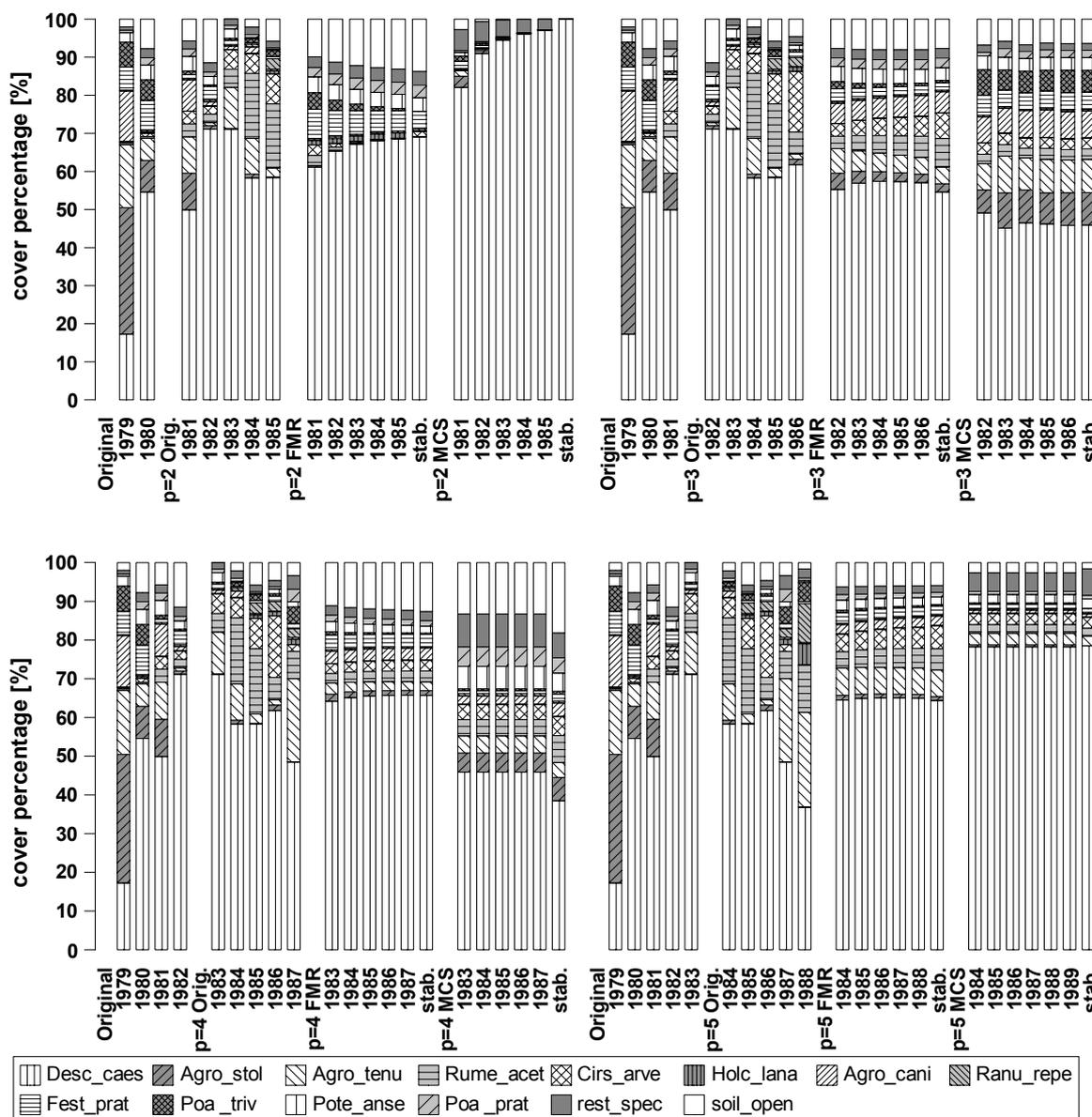


Abb. 76: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung) – Beobachtung und Prognose aus Teilmatrizen

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Chrysanthemum vulgare*, *Festuca rubra*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium aparine*, *Galium palustre*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Stellaria palustris*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

5.2. Anpassungsgüte der einzelnen Prognosen aus Teilmatrizen

Für den Vergleich der fünf Folgejahre der Beobachtung mit den entsprechenden fünf Jahren aus den beiden Prognosen wurden die gleichen Kennwerte berechnet wie in Kapitel 4: Wilcoxon-Test für Paardifferenzen, Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient, mittlere quadratische Abweichung, Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993) und der mittlere quadratische Abweichung für die Fuzzy Ordination. In die Berechnung der Fuzzy-Ordination selbst gingen die Beobachtung und alle Prognosen über dem gesamten Beobachtungszeitraum (elf bzw. neun Jahre) ein.

In Anhang C sind die Werte der fünf Kriterien für alle Datensätze und die verschiedenen Teilmatrizen dargestellt. Die Bewertung der Übereinstimmung von Beobachtung und Prognose erfolgt anhand folgender Regel: Wenn alle fünf Kriterien eine gute Anpassung zeigen (mit „++“ gekennzeichnet), entspricht dies einer insgesamt sehr guten Übereinstimmung und bei „nur“ vier Kriterien einer insgesamt guten „+“ Anpassung. Hingegen weisen drei positive Kriterien auf eine schlechte „-“ und weniger als drei positive Kriterien auf eine sehr schlechte „--“ Übereinstimmung hin.

In Tab. 4 ist die Anpassungsgüte der 138 FMR- und 138 MCS-Prognosen aus den Teilmatrizen ($p=2$ bis $p=5$, siehe auch Anhang C) entsprechend der Bewertungsregeln zusammenfassend dargestellt. Zusätzlich ist für die elfjährigen Zeitreihen die Anpassungsgüte der 54 Prognosen auf der Basis der ersten fünf Jahre ($t=5$) bzw. für die neunjährigen Zeitreihen der 20 Prognosen auf der Basis der ersten vier Jahre ($t=4$) im Vergleich zum zweiten bis sechsten Jahr der Beobachtung dargestellt. In diesen Fällen wurde also nur die erste Hälfte der Beobachtungsjahr zu Schätzung der Übergangsmatrix verwendet (Anfangsmatrizen). In den folgenden Spalten die 74 Prognosen auf der Basis aller elf bzw. neun Jahre aus Kapitel 4 (Schätzung der Übergangsmatrix auf Basis aller Beobachtungsjahre = Gesamtmatrizen) zum Vergleich. Im Unterschied zu den Prognosen aus den Teilmatrizen, die mit den jeweils fünf Folgejahren verglichen werden, werden die letzten beiden Prognosen nur innerhalb des Zeitraums verglichen, aus dem die Übergangsmatrix geschätzt wurde. Zusätzlich zu den insgesamt 424 Prognosen ist für die Beobachtungsdaten die zeitliche Autokorrelation (Trend, siehe Kap. 4) in der letzten Spalte angegeben.

Tab. 4: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen der 37 Datensätze.

Datensatz	t=	s=	p = 2		p = 3		p = 4		p = 5		t=5 / t=4		t=11 bzw. t=9		Trend
			O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	
Li85T1	11	7	++	--	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+++
Ru83HutH	11	6	--	--	--	--	--	--	-	-	--	--	+	-	+
Ru83HatH	11	7	-	+	-	--	--	--	+	-	+	-	-	-	+++
Ru83HafH	11	10	--	--	--	--	-	--	-	--	+	-	+	++	+
Ru83HanH	11	7	+	+	++	++	++	++	+	+	++	++	+	+	+++
Ru97HnHF	11	9	-	+	++	++	+	-	++	++	+	++	++	++	++
Ru97HnHT	11	7	-	+	++	+	++	+	++	-	++	++	++	++	++
Ru77SHhd	11	7	++	-	++	++	++	+	++	+	++	++	++	++	++
Ru98HWb	11	18	--	--	--	--	--	--	-	-	++	++	+	+	+
Ru85HAVb	11	13	--	--	-	+	-	+	--	-	++	++	++	++	++
Ru92HAb	11	15	--	--	-	-	-	-	-	-	++	++	+	+	+
Wb90S28	9	16	--	--	--	--	+	--	.	.	-	--	-	--	+
Wb90S61	9	16	--	--	--	--	+	--	.	.	-	--	+	--	+
Wb90S68	9	16	--	--	--	--	+	--	.	.	+	--	+	--	-
Wb90S101	9	16	-	--	-	--	-	-	.	.	++	++	+	+	+
Ro85P27	11	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-	--	--	-
Ro85P30	11	20	-	--	--	-	--	-	-	-	--	-	--	--	+
Ro82P36	11	19	--	--	--	--	--	--	-	--	--	++	-	--	(+)
Ro82P38	11	17	--	--	--	--	-	-	-	-	--	++	--	--	+
Ro85P39	11	19	-	--	--	--	--	--	--	+	-	--	++	+	+
Ro82P54	11	20	-	--	-	-	--	--	--	--	+	+	+	++	+
Ro82P57	11	20	--	-	--	--	--	--	--	--	-	--	-	-	-
Ro82P58	11	20	--	--	--	-	--	--	--	--	-	+	-	-	(+)
Bk89T10	9	13	--	--	--	--	--	--	.	.	-	+	+	-	-
Bk89T11	9	10	--	--	--	--	-	--	.	.	-	-	++	++	-
Bk89T12	9	15	--	--	--	--	-	--	.	.	+	--	+	+	-
Bk89T14	9	20	-	--	--	--	--	--	.	.	+	-	+	+	+
Bk89T13	11	20	-	--	--	--	-	-	--	--	+	+	-	-	+
Bk89T15	11	20	--	-	-	-	-	-	--	-	--	+	--	--	-
Bk89T16	9	15	--	--	--	-	+	-	.	.	-	+	+	--	-
Bk89T17	9	20	--	--	-	-	--	-	.	.	--	+	+	+	+
Rt92BBa	11	12	--	--	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
Rt92BBb	11	16	-	--	-	--	-	-	+	+	++	++	+	+	+
Rt92B1uS	11	13	-	--	-	-	-	-	+	+	++	++	-	+	(+)
Rt92B2	11	18	+	-	-	--	-	-	-	+	+	-	+	+	+
Rt92BS3	11	14	--	--	-	--	+	+	+	-	+	++	+	++	++
Rt92B2u3	11	14	+	-	+	--	-	-	-	-	++	++	-	-	+

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive Kriterien
 p=2/3/4/5 = Übergangsmatrix berechnet aus den ersten zwei/drei/vier/fünf Jahren der Beobachtung
 Vergleich der fünf folgenden Jahren von Beobachtung und Prognose
 t=4/5/9/11 = Übergangsmatrix berechnet aus den ersten vier/fünf Jahren bzw. allen elf/neun Jahren der Beobachtung
 Vergleich des 2. bis 6. Jahres (t/5) bzw. 2. bis 9./11. Jahres (t=9/11) von Beobachtung und Prognose
 O/F = Vergleich der Beobachtung mit der FMR-Prognose (Ü-Matrix nach Orloci et al. 1993)
 O/M = Vergleich der Beobachtung mit der MCS-Prognose (Ü-Matrix nach Baltzer 1998, Lee et al. 1970)
 Trend = Mantel-Test und Mantel-Korrelogramm der Beobachtungsjahre (Kapitel 4.9)

5.3. Vergleich der Kriterien der Anpassungsgüte

In Tab. 5 ist dargestellt wie oft die fünf Kriterien für die Prognosen aus Teilmatrizen jeweils eine gute Anpassung zeigen. In den letzten zwei Zeilen sind die Werte der Anpassungsgüte für die Prognosen im Vergleich zur ganzen ($t=11/9$) bzw. halben ($t=5/4$) Zeitreihe, auf deren Basis die Schätzung der Übergangsmatrix erfolgte, gegenüber gestellt (Kap. 4).

Tab. 5: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen – Vergleich der Kriterien.

Anzahl posit. Werte:	Original/FMR					Original/MCS				
	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO
p=2 (n=37)	22	5	20	18	19	20	4	22	8	17
p=3 (n=37)	29	5	29	17	14	28	6	29	9	18
p=4 (n=37)	32	9	34	14	21	32	7	28	7	20
p=5 (n=27)	22	8	24	15	17	24	7	22	15	16
t=5/4 (n=37)	36	20	36	17	28	30	25	31	20	30
t=11/9 (n=37)	21	22	35	30	26	26	24	30	27	19

Erläuterung:

- W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; positiv = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)
- Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient; positiv = Werte $\geq 0,70$
- MSE = Mittlere quadratische Abweichung; positiv = Werte $\leq 0,01$
- Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); positiv = signifikante Werte (5 %-Niveau)
- FO = Mittlere quadratische Abweichung der Fuzzy-Ordination; positiv = Werte $\leq 0,08$

Bei allen Prognosen aus Teilmatrizen liegt der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (Sp. r) in nur wenigen Fällen über 0,7 und auch der Stress-Test (Str.) von ORLOCI et al. (1993) ist – insbesondere bei den MCS-Prognosen – in nur wenigen Fällen signifikant. Diese hängt möglicherweise mit dem kürzeren Vergleichszeitraum von nur fünf Jahren zusammen. Bei den anderen drei Kriterien ist die Zahl der Fälle mit guter Anpassung vergleichbar mit den Zahlen für die Prognosen aus den Gesamt- bzw. Anfangsmatrizen.

5.4. Beurteilung der Schätzverfahren

Für den Vergleich zwischen den beiden Methoden zur Schätzung der Übergangsmatrizen ist in Tab. 6 dargestellt, wie gut die Prognosen mit der Beobachtung übereinstimmen.

Die FMR-Prognosen für weisen für p=2 in 13,5 %, für p=3 in 16,2 %, für p=4 in 29,7 %, für p=5 in 37,0 % eine gute Anpassung auf, während dies bei den MCS-Prognosen für p=2 in 10,8 %, für p=3 in 16,2 %, für p=4 in 16,2 % und für p=5 in 33,3 % der Fälle zutrifft. Im Durchschnitt stimmen die Prognosen für Teilmatrizen (p=2 bis p=5) beim FMR-Verfahren in 24,1 % der Fälle und beim MCS-Verfahren in 19,1 % der Fälle gut mit der Beobachtung (der jeweils fünf folgenden Jahre) überein.

Tab. 6: Güte der FMR- und der MCS-Prognosen – Zusammenfassung von Tab. 4.

Datensatz	p = 2		p = 3		p = 4		p = 5		t=5 / t=4		t= 11 bzw. t=9		Trend
	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	O/F	O/M	
Anzahl ++	2	0	5	4	4	2	4	2	11	15	7	9	7
Anzahl +	3	4	1	2	7	4	6	7	11	8	17	11	18
Anzahl –	11	5	12	9	13	14	9	11	8	7	9	8	9
Anzahl – –	21	28	19	22	13	17	8	7	7	7	4	9	0
Anzahl ++ [%]	5,4	0,0	13,5	10,8	10,8	5,4	14,8	7,4	29,7	40,5	18,9	24,3	20,6
Anzahl + [%]	8,1	10,8	2,7	5,4	18,9	10,8	22,2	25,9	29,7	21,6	45,9	29,7	52,9
Anzahl – [%]	29,7	13,5	32,4	24,3	35,1	37,8	33,3	40,7	21,6	18,9	24,3	21,6	26,5
Anzahl – – [%]	56,8	75,7	51,4	59,5	35,1	45,9	29,6	25,9	18,9	18,9	10,8	24,3	0,0

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; – = drei oder zwei; – – = ein oder kein positives Kriterium
 p=2/3/4/5 = Übergangsmatrix berechnet aus den ersten zwei/drei/vier/fünf Jahren der Beobachtung
 Vergleich der fünf folgenden Jahren von Beobachtung und Prognose
 t=4/5/9/11 = Übergangsmatrix berechnet aus den ersten vier/fünf Jahren bzw. allen elf/neun Jahren der Beobachtung
 Vergleich des 2. bis 6. Jahres (t4/5) bzw. 2. bis 9./11. Jahres (t=9/11) von Beobachtung und Prognose
 O/F = Vergleich der Beobachtung mit der FMR-Prognose (Ü-Matrix nach Orloci et al. 1993)
 O/M = Vergleich der Beobachtung mit der MCS-Prognose (Ü-Matrix nach Baltzer 1998, Lee et al. 1970)
 Trend = Mantel-Test und Mantel-Korrelogramm der Beobachtungsjahre

Die FMR-Prognosen aus der Gesamtmatrix (t=11 bzw. t=9) sind in 64,9 % und die FMR-Prognosen aus der Anfangsmatrix im Vergleich zum zweiten bis sechsten Jahr (t=5 bzw. t=4) in 59,5 % der Fälle gut angepasst. Die MCS-Prognosen zeigen für t=11 bzw. t=9 in 54,1 % und für t= 5 bzw. t=4 in 62,2 % der Fälle eine mindestens gute Anpassung. Wenn die Prognosen nur mit den Beobachtungsjahren verglichen werden, aus denen auch die Übergangsmatrix geschätzt wurde, so liegt die Übereinstimmung im Durchschnitt der FMR-Prognosen bei 62,2 % und für die MCS-Prognosen bei 58,1 %. Über alle Datensätze der Teilmatrizen (p=2 bis p=5) und Gesamt- bzw.-Anfangsmatrizen (t=5/4 und t=11/9) betrachtet sind die FMR-Prognosen zu 36,8 % und die MCS-Prognosen zu 32,1 % gut angepasst.

In 14 % der Fälle sind die FMR- und die MCS-Prognosen aus den Teilmatrizen (Durchschnitt von p=2, p=3, p=4 und p=5 in Tab. 7) beide gut angepasst, aber in 71 % der Fälle sind die Prognosen nur schlecht oder sehr schlecht angepasst. Auch wenn das MCS-Verfahren in 5 % der Fälle eine bessere Anpassung für die Prognosen aus den Teilmatrizen aufweist als nach dem FMR-Verfahren, so sind die FMR-Prognosen in durchschnittlich 10 % der Fälle besser angepasst.

Tab. 7: Überlegenheit eines Schätzverfahrens bzw. Übereinstimmung beider Schätzverfahren.

	Anzahl der Fälle						Prozentualer Anteil					
	p=2	p=3	p=4	p=5	t=5/4	t=11/9	p=2	p=3	p=4	p=5	t=5/4	t=11/9
FMR besser	4	1	6	3	6	5	10,8%	2,7%	16,2%	11,1%	16,2%	13,5%
MCS besser	3	1	1	2	7	1	8,1%	2,7%	2,7%	7,4%	18,9%	2,7%
beide gut	1	5	5	7	16	19	2,7%	13,5%	13,5%	25,9%	43,2%	51,4%
beide schlecht	29	30	25	15	8	12	78,4%	81,1%	67,6%	55,6%	21,6%	32,4%

Erläuterung:
 FMR besser = FMR/MCS = ++/--; ++/-; +/-; +/--
 MCS besser = FMR/MCS = --/++; -/++; -/+; --/+

5.5. Beurteilung der Prognosen nach der Anzahl der Jahre auf denen die Schätzung der Übergangsmatrix basiert

Wenn beide Verfahren zur Schätzung der Übergangsmatrizen zusammen betrachtet werden, so stimmen Prognose und Beobachtung i. d. R. desto häufiger überein, je mehr Beobachtungsjahre in die Schätzung der Übergangsmatrix eingehen (Tab. 8).

Tab. 8: Anpassung der FMR- und der MCS-Prognosen zusammen [in Prozent der Fälle].

	sehr gut	gut	schlecht	sehr schlecht
p = 2	2,7%	9,5%	21,6%	66,2%
p = 3	12,2%	4,1%	28,4%	55,4%
p = 4	8,1%	14,9%	36,5%	40,5%
p = 5	11,1%	24,1%	37,0%	27,8%
t=5 / t=4	35,1%	25,7%	20,3%	18,9%
t=11 / t=9	21,6%	37,8%	23,0%	17,6%

Mindestens gut angepasst sind die Prognosen für $p=2$ in 12,2 %, für $p=3$ in 16,2 %, für $p=4$ in 23,0 % und für $p=5$ in 35,2 % der Fälle – bei (fast) identischem Schätz- und Prognosezeitraum sind die Prognosen aus den Gesamtmatrizen ($t=11/9$) in 59,5 % und die aus den Anfangsmatrizen ($t=5/4$) in 60,8 % der Fälle mindestens gut angepasst.

5.6. Beurteilung der Prognosen nach Datensatzgruppen

Im folgenden wird die Anpassung der Prognosen aus den Teilmatrizen für die Datensatzgruppen (nach Quellen und Bestandstypen wie in Kapitel 4 gruppiert) beschrieben. Die Bewertungen der einzelnen Flächen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Für den Datensatz Li85T1 (Heidesukzession nach einem Brand, LIPPE et al. 1985) zeigen alle Prognosen eine sehr gute Anpassung, mit Ausnahme der sehr schlechten MCS-Prognose $p=2$.

Bei den vier Dauerflächen des Umbruch- bzw. Abplaggungsversuchs von RUNGE (1983) zeigen von 16 FMR- bzw. MCS-Prognosen je zwei eine sehr gute und je drei eine gute Anpassung an die beobachteten Daten. Eine nur schlechte Anpassung zeigen fünf FMR- und zwei MCS-Prognosen und eine nur sehr schlechte Anpassung weisen sechs FMR- und neun MCS-Prognosen auf.

Für die Datensätze Ru97HnHF, Ru97HnT und Ru77SHhd (ungestörte Heideflächen, RUNGE) liegen neun sehr gute, eine gute und zwei schlechte FMR-Prognosen vor. Von den zwölf MCS-Prognosen sind drei sehr gut, sechs gut und drei schlecht angepasst.

Auf den drei von RUNGE beobachteten Bracheflächen (Ru98HWb, Ru85HAVb und Ru92HAb) stimmen nur die MCS-Prognose für Ru85HAVb $p=3$ und $p=4$ gut mit den beobachteten Daten überein. Eine schlechte Anpassung zeigen sechs FMR- und fünf MCS-Prognosen. Hingegen sind von den FMR-Prognosen sechs und von den MCS-Prognosen fünf sehr schlecht angepasst.

Die vier Datensätze der Weender Brache (Wb90S28 bis Wb90S101, BRÜHBACH 1990) weisen von den zwölf MCS-Prognosen elf eine sehr schlechte und Wb90S101 $p=4$ eine schlechte Übereinstimmung mit der Beobachtung auf. Von den FMR-Prognosen zeigen alle drei Prognosen für Wb90S101 eine schlechte Anpassung; bei den drei anderen Datensätzen sind die drei Prognosen $p=4$ gut und die sechs Prognosen $p=2$ und $p=3$ sehr schlecht angepasst.

Für die acht Datensätze von ROSEN im Stora Alvaret auf Öland stimmt nur die MCS-Prognose Ro82P39 $p=5$ gut mit den Originaldaten überein. Eine schlechte Anpassung weisen jeweils acht FMR- bzw. MCS-Prognosen auf. Von den 32 FMR-Prognosen stimmen 24 sehr schlecht mit der Beobachtung überein, bei den MCS-Prognosen sind es 23 von 32 Prognosen.

Von den 26 FMR-Prognosen für die acht Datensätze von BAKKER (1989) aus den Wiesen der „Stroomdallandschap Drentsche A“ zeigen acht eine schlechte und 17 eine sehr schlechte Anpassung, während es bei MCS-Prognosen neun gute und 17 schlechte Prognosen sind. Die FMR-Prognose $p=4$ für Bk89T17 stimmt als einzige Prognose für die Teilmatrizen der acht Dauerflächen gut mit den Originaldaten überein.

Bei den sechs Datensätzen von ROSENTHAL (1992) aus den Wümme-Feuchtwiesen sind von den 24 FMR-Prognose neun gut, 13 schlecht und zwei sehr schlecht angepasst, während von den 24 MCS-Prognose fünf eine gute, elf eine schlechte und acht eine sehr schlechte Anpassung zeigen.

6 Diskussion

Die Hauptfrage dieser Arbeit lautet: Kann die Entwicklung der Vegetation mit Markov-Ketten hinreichend abgebildet werden, wenn klassische Vegetationsaufnahmen nach dem BRAUN-BLANQUET-Schätzverfahren aus nur wenigen Jahren für einzelne Flächen vorliegen? Diese Frage wird in Kapitel 6.1 diskutiert.

In Kapitel 6.2 werden dann noch folgende Fragen erörtert:

- Sind die Prognosen besser, wenn eine zeitliche Autokorrelation vorliegt?
- Sind die Kriterien zur Beurteilung der Anpassungsgüte gleich gut geeignet?
- Ist das einfachere Verfahren zur Schätzung der Übergangsmatrizen nach ORLOCI et al. (1993) genauso gut geeignet wie der Maximum-Likelihood-Schätzer nach LEE et al. (1970)?
- Wie viele Jahre werden zur Schätzung einer guten Übergangsmatrix benötigt?

In Kapitel 6.3 werden Vorschläge zur Optimierung der Aufnahmemethode und der Versuchsanlage sowie der Zustandsdefinition und des Prognosemodells unterbreitet, die die Prognosequalität von Markov-Ketten für Vegetationsdaten verbessern können.

6.1. Die Datensatzgruppen

6.1.1. LIPPE et al. (1985) – Heide nach Störung (Feuer)

Die Aufnahmen dieses Datensatzes wurden nicht nach dem BRAUN-BLANQUET-Verfahren angefertigt, sondern es wurde eine besondere Form der Frequenz-Methode angewendet (Kap. 4.1). Aus den Mikrodaten haben LIPPE et al. (1985) die Übergangsmatrizen für jedes Jahr geschätzt und den Mittelwert über alle 19 Jahre berechnet. Da in dieser Arbeit die aggregierten Daten (Makrodaten) und nur die ersten elf Jahre verwendet werden, kann kein direkter Vergleich mit den Analysen von LIPPE et al. (1985) angestellt werden. Bemerkenswert ist aber, dass LIPPE et al. zu dem Ergebnis kommen, dass die Annahme der Stationarität verletzt ist, da sich die Übergangsmatrizen der einzelnen Jahre (aus den Mikrodaten) signifikant unterscheiden. Insgesamt bewerten die Autoren Markov-Ketten als ungeeignet um die Vegetationsentwicklung auf ihrer Dauerfläche zu prognostizieren. Hingegen kommen ORLOCI et al. (1993) für die dieselbe Zeitreihe zu dem Urteil, dass die nach ihrem Verfahren aus den Makrodaten von LIPPE et al. berechnete Übergangsmatrix die Beobachtungen sehr gut abbildet und ihre Testverfahren belegen eine starke Ausbildung der Markoveigenschaft.

Die beobachtete Sekundärsukzession in den ersten elf Jahren weist eine gerichtete Entwicklung der Heidevegetation nach einem Brand auf, was sich sowohl in der hohen Korrelation der gesamten Zeitreihe mit der Distanzmatrix der Jahre zeigt (Mantel-Test $r_M = -0,807$) als auch am „getreckten“ Verlauf des Mantel-Korrelogramms (Abb. 2, S. 20) mit hoher positiver Korrelation direkt aufeinander folgender Jahre, fallender Korrelation bei größer werdender Distanz der Aufnahmejahre und einer signifikanten negativen Korrelation über die Distanz von sechs Jahren. Die Prognosen sind für die gesamte Zeitreihe sehr gut angepasst (Abb. 1, S. 20), aber auch die aus den ersten zwei bis fünf Anfangsjahren erstellten Prognosen ($p=2$ bis $p=5$) stimmen mit einer Ausnahme (MCS $p=2$) sehr gut mit den jeweils fünf Folgejahre überein (Tab. 4, S. 97). Beim Vergleich der FMR- und MCS-Prognosen für $p=4$ und $p=5$ fällt auf, dass nach den hier festgelegten Grenzen alle fünf Kriterien-Prognosen einen hohen Übereinstimmungsgrad anzeigen (Tab. C3 im Anhang), im Balkendiagramm (Abb. 75, S. 93) wird jedoch die bessere Übereinstimmung von Beobachtung und FMR-Prognose deutlich, denn die MCS-Prognose ist nahezu konstant für die fünf Jahre.

6.1.2. RUNGE – Heide – Sukzession nach Störung (Umbruch, Plaggen)

Bei diesen vier Flächen entfernte bzw. zerstörte RUNGE (1977 und 1979) die oberirdische Vegetation und beobachtete die Sekundärsukzession der Heideflächen. Alle Flächen weisen eine gerichtete Sukzession zum ursprünglichen Zustand auf, wenn auch in der abgeplagkten feuchten Heide die Glockenheide (*Erica tetralix*) stärker vertreten ist als vor dem Abplaggen. Die Prognosen auf der Basis aller elf Jahre sind gut bis sehr gut für die feuchte Heide (Abb. 7, S. 26) und die nasse Heide (Abb. 9, S. 28). Dagegen stimmen die Prognosen für die trockene umgegrabene Heide (Abb. 3, S. 23) bzw. abgeplagkte Heide (Abb. 5, S. 24) nur schlecht mit der Beobachtung überein, mit Ausnahme der FMR-Prognose für trockene umgegrabene Heide. Dies kann mit der Beobachtung von RUNGE (1979) erklärt werden, dass auf diesen beiden Flächen die Besenheide (*Calluna vulgaris*) in den ersten fünf Jahren nur vom Rande in die Fläche hinein wächst und erst danach Keimlinge in der Mitte der 1 m² großen Dauerflächen auftauchen, die trockenen Flächen sind also recht lange weitgehend offen. Hingegen werden die feuchte und die nasse Heidefläche sehr schnell besiedelt und anschließend verdrängen die Zwergsträucher die Pionierarten. Für die Schätzung der Übergangsmatrizen ist es evtl. günstiger, wenn zwischen den Zuständen wechselseitige Konkurrenz bzw. Übergänge existieren, der Zustand „offener Boden“ kann andere Arten/Zustände jedoch nicht verdrängen, sondern stellt eine wichtige Ressource für die Pflanzen dar.

Die Prognosen für die Teilmatrizen (Tab. 4, S. 97) stimmen für drei Datensätze nur schlecht mit der Beobachtung überein. Nur auf der nassen abgeplagkten Fläche (Abb. 9, S. 20) wird die explosions-

artige Ausbreitung und anschließende Rückgang der Heidealge (*Zygogonium ericetorum*) korrekt abgebildet. Aber auch auf dieser Fläche wird, wie auf den anderen drei Flächen, die Ausbreitung der Besen- bzw. Glockenheide nur unzureichend vorausgesagt. Die Prognosen aus den Teilmatrizen scheitern daran, dass in den ersten Jahren die Heidearten nur sehr langsam vom Rande einwandern und dabei zusätzlich eine 10 bis 15 cm breite Randzone überwinden müssen. Nachdem die Flächen am Rand bewachsen sind und zusätzlich in der Flächenmitte Jungpflanzen keimen, steigt der Deckungsgradanteil der Zwergsträucher jedoch sehr schnell an – schneller als es nach den Übergangsmatrizen aus den Anfangsjahren prognostiziert wird.

6.1.3. RUNGE – Heide – ungestörte Sukzession

Im Gegensatz zu den Flächen des letzten Abschnittes, verlief auf diesen drei Heideflächen die Entwicklung ohne größere anthropogene Störungen. Alle Prognosen auf der Basis des gesamten Beobachtungszeitraums ($t=11$) sind sehr gut angepasst (Tab. 2, S. 88). Auch die Prognosen aus den Teilmatrizen stimmen gut bis sehr gut mit der Beobachtung überein, wenn auch einzelne Prognosen, insbesondere für $p=2$, eine nur schlechte Übereinstimmung aufweisen (Tab. 4, S. 97). Auf allen drei Flächen finden relativ kontinuierliche Verschiebungen der Deckungsgradanteile zwischen den wenigen (zwei bis fünf) dominanten Arten statt. Diese Entwicklung lässt sich sehr gut mit den Markov-Ketten abbilden und auch prognostizieren. Die Entwicklung auf der torfmossreichen nassen Erica-Heide ist nach RUNGE (1969 und 1976) vom kontinuierlichen Rückgang der Torfmoose und der steten Zunahme der Glockenheide (*Erica tetralix*) geprägt, dies zeigt sich auch sehr klar in den Prognosen (Abb. 13, S. 31). Die von RUNGE für die Hochheide im Sauerland (RUNGE 1967 und 1971) und die flechtenreiche nasse Erica-Heide (RUNGE, 1997) betonten jährlichen Schwankungen werden von den Prognosen nicht nachvollzogen, statt dessen heben die Prognosen mehr den generellen Trend hervor (Abb. 15, S. 32, und Abb. 11, S. 29).

6.1.4. RUNGE – Brachen (Wiese, Acker, Viehweide)

Während bei den vorherigen Datensätze sechs bis zehn Zuständen ausreichten, um die wesentlichen Arten darzustellen, sind bei den folgenden Bracheflächen 13 bis 18 Zustände notwendig. Die aufgelassene Wiese (Abb. 17, S. 35, RUNGE 1975), die in allen Jahren beweidete Ackerbrache (Abb. 21, S. 38, RUNGE 1968 und 1980) und die beweidete, zwischenzeitlich ungenutzte Ackerbrache (Abb. 19, S. 36, RUNGE 1985) sind durch starken Wechsel in den Dominanzverhältnissen gekennzeichnet. Bei letzterer kommt noch ein Nutzungswechsel (Wiederaufnahme der Beweidung) hinzu, der sich auch in einer Rückentwicklung der Vegetation zeigt. Trotz dieser schwierigeren Bedingungen sind die Prognosen auf der Basis der gesamten Zeitreihen gut bis sehr gut angepasst (Tab. 3, S. 90), nur der

Nutzungswechsel (Ru85HAVb, Abb. 19, S. 36) wird nicht nachvollzogen. Aufgrund des starken Wechsels der Dominanzverhältnisse verwundert es nicht, dass die Prognosen aus den Teilmatrizen mit zwei Ausnahmen (MSC $p=3$ und MCS $p=4$) nur schlecht mit der Beobachtung übereinstimmen (Tab. 4, S. 97).

6.1.5. Die Weender Brache

Die Entwicklung dieser vier Bracheflächen ist in den hier untersuchten neun Jahren weitestgehend vom Verhalten der Population des Weißen Steinklees (*Meliolotus alba*) geprägt (BRÜHBACH 1990): Auf allen Flächen bricht die Population nach drei Jahren (viertes Jahre nach der Planierung) zusammen, auf Plot 28 (Abb. 23, S. 41) erlischt die Population fast vollständig, auf Plot 61 (Abb. 25, S. 43) wird die Art nur im sechsten Jahr nochmal dominant, auf Plot 101 (Abb. 29, S. 46) kommt sie im sechsten und achten Jahr nur mit geringer, im neunten Jahr aber mit mittlerer Deckung vor, während der Steinklee auf Plot 68 (Abb. 27, S. 44) in diesen Jahren mit hohen Deckungsgradanteilen vertreten ist. Diese stark von dem teilweise zyklischen Verhalten einer Art geprägte Entwicklung, können von den Prognosen aus den neunjährigen Zeitreihen nur die FMR- und die MCS-Prognosen für Plot 101 und die FMR-Prognosen für die Plots 61 und 68 gut abbilden, allerdings wird die Dynamik der Steinklee-Population in keinen Fall zufriedenstellend nachvollzogen (Tab. 3, S. 90). Die anfängliche Dominanz von *Meliolotus alba* verursacht auch die schlechte Übereinstimmung der Prognosen aus den Teilmatrizen $p=2$ und $p=3$ (Tab. 4, S. 97). Erst bei den Teilmatrizen $p=4$ fließt der Zusammenbruch des Steinklees im vierten Jahr in die Schätzung der Übergangsmatrizen ein, aber nur die FMR-Prognosen für die Plots 28, 61 und 68 stimmen relativ gut mit der Beobachtung überein.

6.1.6. Rosen (1982) – Brache nach Beweidung im Stora Alvaret

Von den acht Dauerflächen von ROSEN (1982) bilden die Prognosen auf der Basis aller elf Beobachtungsjahre nur die Vegetationsentwicklung auf den Plots 39 (Abb. 39, S. 54) und 54 (Abb. 41, S. 56) gut bis sehr gut ab. Auf den anderen sechs Plots geht der Deckungsgradanteil des Schaf-Schwingels (*Festuca ovina*) vom ersten auf das zweite Jahr, auf Grund der großen Trockenheit im Sommer 1969 (ROSEN 1982), stark zurück und erreicht nach zehn Jahren auf den Plots 27 (Abb. 31, S. 48), 30 (Abb. 33, S. 50), 36 (Abb. 35, S. 51) und 38 (Abb. 37, S. 53) wieder das alte Niveau bzw. auf den Plots 57 (Abb. 43, S. 57) und 58 (Abb. 45, S. 59) die Hälfte des Ausgangswertes. Für die Schätzung der Übergangsmatrizen ist es problematisch, dass einem wertmäßig sehr hohem Rückgang zu Beginn der Zeitreihe, nur zwei bis drei Jahre mit relativ schwächerem Zuwachs – beim „Sprung“ von einer Schätzklasse in die nächst höhere – und dazwischen viele Jahre mit scheinbar konstantem Deckungsgradanteil gegenüberstehen, in denen trotz Zunahme keine Klassengrenze übersprungen

wird. Auf dem Plot 39 erreicht der Schaf-Schwingel schon im übernächsten Jahr wieder den alten Deckungsgradanteil, fällt dann aber wieder auf ein niedriges Niveau ab, während der Gewöhnliche Wiesenhafer (*Helictotrichon pratense*) zunimmt. Diese Entwicklung wird von beiden Prognosen aus den Gesamtmatrizen gut abgebildet (Abb. 39, S. 54). Auf Plot 54 ist im Gegensatz zu den anderen Plots die Vegetation sehr dicht und *Festuca ovina* in keinem Jahr dominant (Abb. 41, S. 56). Der Rückgang nach dem ersten, sehr trockenen Jahr ist dem entsprechend wertmäßig viel geringer als auf den anderen Dauerquadraten und wird von den Prognosen ebenso gut abgebildet wie die Entwicklung der übrigen Arten.

Von den Prognosen aus Teilmatrizen scheitern alle mit Ausnahme der MCS-Prognose für Plot 39 $p=5$, die FMR-Prognose ist jedoch qualitativ vergleichbar gut (Tab. 4, S. 97). Die zuvor genannten Gründe für das Scheitern bei Prognosen aus den Gesamtmatrizen gelten auch hier. Für die zwei Dauerflächen mit guten Prognosen aus den Gesamtmatrizen (Plots 39 und 54) kommt hinzu, dass „Sprünge“ zwischen Schätzklassen mit höheren Deckungsgraden sich bei wenigen Basisjahren negativ auf die Qualität der geschätzten Übergangsmatrizen auswirken.

6.1.7. Bakker(1989) – Heunutzung ohne Düngung

Für die Schätzung der Deckungsgrade verwendete BAKKER ab 1976 die fein differenzierte LONDO-Skala. Bei den Flächen T13 (Abb. 55, S. 67) und T15 (Abb. 57, S. 69) handelt es sich um etablierte Bestände, da auf diesen die Düngung 28 Jahre vor der ersten hier berücksichtigten Aufnahme eingestellt wurde; die Flächen T11 (Abb. 49, S. 63), T14 (Abb. 53, S. 66) und T16 (Abb. 59, S. 70) waren seit neun Jahren nicht mehr gedüngt worden. Aber auch auf den Flächen T10 (Abb. 47, S. 61), T12 (Abb. 51, S. 64), T17 (Abb. 61, S. 72), die erst seit vier Jahren nicht mehr gedüngt werden, ist nicht mit so starken Umbrüchen wie z. B. beim Brachfallen der Flächen zu rechnen, da die Nährstoffverfügbarkeit auf den Auenböden nur langsam zurück geht.

Auf der Basis aller neun Beobachtungsjahre sind in vier Fällen (T11, T12, T14, T17) beide Prognosen und in zwei Fällen nur die FMR-Prognosen (T10 und T16) gut angepasst (Tab. 3, S. 90). Die Prognosen aus den Gesamtmatrizen sind für die dreizehnjährigen Zeitreihen (T13 und T15) nur schlecht an die Beobachtung angepasst. Mantel-Test und Mantel-Korrelogramme zeigen in nur drei Fällen einen gerichteten Trend (Tab. 1, S. 86), davon sind in zwei Fällen die Prognosen aus den Gesamtmatrizen gut angepasst (T14 und T17), während diese für T13 schlecht angepasst sind. Hingegen sind die Prognosen aus den Gesamtmatrizen für T11 und T12 gut angepasst, obwohl kein gerichteter Trend und keine signifikante Korrelation direkt aufeinander folgender Jahre vorliegt.

Die Prognosen auf der Basis der Anfangsjahre scheitern alle mit Ausnahme der FMR-Prognose $p=4$ für T16 (Tab. 4, S. 97). Die teilweise sehr starken Schwankungen bzw. die nur in einzelnen Jahren sehr hohen Deckungsgrade einzelner Arten führen zu sehr unterschiedlichen Übergangsmatrizen, so dass sich die Prognosen aus den Teilmatrizen auch untereinander stark unterscheiden.

6.1.8. Rosenthal (1992) – Feuchtwiesen (Bewirtschaftungsvarianten)

Die acht Dauerflächen „Brands Graben“ von ROSENTHAL (1992) lassen sich in die Gruppe der Bracheflächen und der bewirtschafteten Flächen unterteilen. Die Vegetationsentwicklung wird auf allen acht Flächen von der Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*) bestimmt: In den Jahren vor Versuchsbeginn (1975 bis 1979) konnte sich die Rasen-Schmiele stark ausbreiten, doch nahm *Deschampsia* sowohl auf den Bracheflächen als auch auf den genutzten Versuchsvarianten weiter zu. Deshalb wurde die Nutzung ab 1985 (7. Versuchsjahr) auf diesen Flächen intensiviert: Auf allen Flächen wurde der Mahdtermin vorverlegt, teilweise wurde ein weiterer Schnitt durchgeführt und in einem Fall die Düngung wieder aufgenommen. In den folgenden Jahren nimmt die Rasen-Schmiele auf allen genutzten Flächen ab.

Die Prognosen auf der Basis aller elf Beobachtungsjahre sind für die Brache BBa (Abb. 63, S. 75) gut und für die Brache BBb (Abb. 65, S. 77) schlecht angepasst – nur für die letztere sind auch der Mantel-Test auf Trend und die Korrelation aufeinander folgender Jahre signifikant. Der starke Rückgang der Rasen-Schmiele in den Jahren 1984 und 1989 (nach langer Überflutung mit anschließender Trockenheit in den Jahren 1983 und 1988) wird in beiden Fällen von den Prognosen aus den Gesamtmatrizen nicht abgebildet. Diese „Katastrophenjahre“ sind vergleichbar mit dem ersten Beobachtungsjahr in den Aufnahmen von ROSEN (1982), deswegen ließe sich die Anpassung sicher steigern in dem getrennte Übergangsmatrizen für „normale“ und „katastrophale“ Jahre geschätzt und entsprechend der Klimadaten eingesetzt würden (s. u.).

Bei den genutzten Versuchsvarianten sind beide Prognosen aus den Gesamtmatrizen für B2 (Abb. 69, S. 80) und BS3 (Abb. 71, S. 82) sowie die MCS-Prognose für B1uS (Abb. 67, S. 79) gut angepasst, während die FMR-Prognose für B1uS und beide Prognosen für B2u3 (Abb. 73, S. 84) schlecht angepasst sind. Die nach den fünf Gütekriterien gut angepassten Prognosen (Tab. 3, S. 90) weichen aber insbesondere bei den dominanten Arten teilweise deutlich von der Beobachtung ab.

Bei den Prognosen aus den Teilmatrizen stimmen zwar die meisten nur schlecht mit der Beobachtung überein (Tab. 4, S. 97), relativ zu den anderen untersuchten Datensatzgruppen stimmen aber auch viele Prognosen (14 von 48) gut überein – nur bei den ungestörten Heideflächen von RUNGE und der durch Brand gestörten Heidefläche von LIPPE et al. sind noch mehr Prognosen aus Teilma-

trizen gut angepasst. Dies ist umso erstaunlicher, da ab dem siebten Jahr (1985) ein Wechsel in der Entwicklungsrichtung auf den genutzten Flächen eintritt und dies der Vergleichszeitraum für die Prognosen aus den Teilmatrizen ist. Doch gerade für $p=5$, wo dieser Trendwechsel sich im Vergleichszeitraum am stärksten auswirkt, sind vier von acht Prognosen für die genutzten Flächen gut, für die Bracheflächen alle $p=5$ Prognosen gut angepasst.

6.2. Trend und Prognose

6.2.1. Zusammenhang von Mantel-Test auf gerichteten Trend und Mantel-Korrelogramm mit der Anpassungsgüte der Prognosen

Markov-Ketten müssten sich gut für die Abbildung einer gerichteten Vegetationsentwicklung eignen, da sie i. d. R. einen stabilen Zustandsvektor anstreben, der auch als Endverteilung oder Attraktor (ORLOCI 2000) bezeichnet wird und dem Eigenvektor der Übergangsmatrix entspricht.

Die Bewertung kann hier nur anhand der Prognosen für die Gesamtmatrizen erfolgen, da der Mantel-Test und das Mantel-Korrelogramm für kurze Zeitreihen, wie die zwei- bis fünfjährigen Teilmatrizen nicht aussagekräftig ist.

Die 25 Datensätze mit signifikantem Mantel-Test auf Trend und einem Mantel-Korrelogramm mit signifikanter positiver Korrelation zumindest für direkt aufeinander folgende Jahre (Tab. 1, dist=1, S. 86), konnten mit den Prognosen aus den Gesamtmatrizen mit dem FMR-Verfahren in 84 % und mit dem MCS-Verfahren in 68 % der Fälle zufrieden stellend abgebildet werden. Von den sieben Datensätzen die besonders stark autokorreliert sind (Tab. 1, S. 86), stimmen in sechs Fällen die Beobachtung mit beiden Prognosen gut oder sehr gut überein (Tab. 4, S. 97). Die Ausnahme bildet der Datensatz Ru83HatH, wo beide Prognosen qualitativ richtig, aber quantitativ unzureichend sind.

Von den 19 Fällen in denen beide Prognosen aus den Gesamtmatrizen mindestens gut angepasst sind, zeigen nur zwei Gesamtmatrizen keine signifikanten Korrelationen. In den Fällen wo nur eine Prognose mindestens gut angepasst ist, weisen ungefähr jeweils die Hälfte signifikante Korrelationen im Mantel-Test und Mantel-Korrelogramm auf (Tab. 4, S. 97).

Fazit: Signifikante Autokorrelation nach beiden Testverfahren sind somit eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung dafür, dass sich die beobachtete Zeitreihe mit Markov-Ketten abbilden lässt.

6.2.2. Eignung der fünf Kriterien zur Beurteilung der Anpassungsgüte

Für die Beurteilung der Anpassungsgüte der Prognosen aus Teilmatrizen erweist sich der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient bei nur fünf Vergleichsjahren als wenig geeignet, während für längere Vergleichszeiträume – zehn statt fünf Jahre – sich dieses Kriterium ebenso geeignet ist wie die anderen verwendeten Kriterien (Tab. 4, S. 97). Der Wilcoxon-Test auf Paardifferenzen zeigt tendenziell zu oft eine gute Anpassung an. Von den fünf verwendeten Kriterien stimmt der Stress-Test von ORLOCI et al. (1993) am besten mit der Gesamtbewertung überein.

Fazit: Keines der Kriterien genügt für sich allein, um verlässlich eine gute Anpassung der Prognose an die Beobachtung feststellen zu können.

6.2.3. Vergleich der beiden Schätzverfahren

Bei den Prognosen aus den Gesamtmatrizen (Tab. 6, S. 99) erzielt das FMR-Verfahren bei 24 der 37 Datensätze (65 %) eine zufrieden stellende Prognose, während dies in 20 von 37 Fällen (54 %) für das MCS-Verfahren gilt. Im direkten Vergleich ist die FMR-Prognose in 5 von 37 Fällen (14 %) und die MCS-Prognosen in nur einem Fall (3 %) besser angepasst (Tab. 7, S. 99).

Bei den Prognosen aus Teilmatrizen ergibt sich ein ähnliches Bild: Die FMR-Prognose ist durchschnittlich in 24 % der Fälle und die MCS-Prognose in 19 % der Fälle zufrieden stellend angepasst (Tab. 6, S. 99). Das FMR-Verfahren ist dem MCS-Verfahren in 10 % der Fälle überlegen, hingegen ist das MCS-Verfahren in nur 5 % der Fälle überlegen (Tab. 7, S. 99).

Fazit: Für die untersuchten neun bis elfjährigen Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET oder ähnlichen Methoden (Makrodaten) mit relativ vielen Zuständen (Arten) ist das Verfahren von ORLOCI et al. (1993) zur Schätzung von Übergangsmatrizen dem Verfahren von LEE et al. (1970) bezüglich der Anpassung leicht überlegen. Dies gilt auch für die Schätzung der Übergangsmatrizen aus den ersten zwei bis fünf Jahren, auch wenn auf der Basis der Teilmatrizen bei beiden Verfahren nur wenige Prognosen zufrieden stellende Ergebnisse zeigen.

6.2.4. Anzahl der notwendigen Jahre für eine verlässliche Prognose

Für Bestände die einer sehr starken gerichteten Sukzession unterliegen und die nur von wenigen Arten dominiert werden, reichen drei Beobachtungsjahre aus, um eine verlässliche Prognose der Vegetationsentwicklung zu erstellen. Beispiele hierfür sind die Heideflächen (Li85T1) von LIPPE et al. (1985), die Ercia-Heiden (Ru97HnHF, Ru97HnHT) und die Hochheide (Ru77SHhd) von RUNGE (1997, 1977); siehe Tab. 4, S. 97.

Fazit: Eine allgemeine Aussage zu der Zahl der notwendigen Jahre wird dadurch erschwert, dass die insgesamt schlechte Anpassung der Prognosen aus Teilmatrizen zum Teil mit der für die Modellierung ungeeigneten Aufnahmemethodik erklärbar ist. Die Ergebnisse der Untersuchung der Dauerflächen von ROSENTHAL (1992), der seine Dauerflächen in vier Subplots unterteilt, zeigen trotz der Nutzungsänderung eine gute Anpassung (vgl. Kap. 4.8. und Kap. 6.1.8.). Wenn die Prognosen aus den ersten fünf Jahren mit der Beobachtung aus dem zweiten bis sechsten Jahr – bevor die Nutzung geändert wurde – verglichen werden, so zeigt sich eine durchgehend gute Anpassung (Spalte $t=5/t=4$ in Tab. 4, S. 97). Wenn die Aufnahmemethodik optimiert wird (vgl. Kap. 6.3.1.) reichen für zufrieden stellende Prognosen fünf Beobachtungsjahre, bei stark gerichteter Sukzession genügen schon drei Jahre.

6.3. Optimierung von Datenerhebung und Modell

6.3.1. Optimierung der Aufnahmemethode

Die relativ feine LONDO-Skala bzw. Abwandlungen davon erweisen sich als gut geeignet. Skalen mit großen Klassenbreiten – wie die von BRAUN-BLANQUET oder von HULT-SERNANDER-DU RIETZ in den höheren Schätzklassen – sind problematisch für die Schätzung der Übergangsmatrizen:

Veränderungen im Deckungsgrad werden erst dann erfasst, wenn eine Klassengrenze überschritten wird; bei dominanten Arten bedarf es dazu eines erheblichen Zuwachses, da die Klassen 3, 4 und 5 nach BRAUN-BLANQUET eine Klassenbreite von 25 % aufweisen. Wenn die Art sich stark ausbreitet, werden u. U. in mehreren Jahren scheinbar konstante Deckungsgrade dokumentiert; erst beim Überschreiten einer Klassengrenze wird dies im Datensatz sichtbar. Diese Kombination von prozentual großen Sprüngen (von Klassenmitte zu Klassenmitte bei der Umrechnung in Prozentwerte) mit anschließender scheinbarer Konstanz des Deckungsgrades erschwert die Ermittlung guter Übergangsmatrizen. Dieser Effekt könnte bei bereits gemachten Aufnahmen mit groben Skalen durch eine Glättungsfunktion wie z. B. dem Moving-Window-Algorithmus abgeschwächt werden.

Bei Arten mit geringen Deckungsgraden liegt die Klassenmitte der unteren Schätzklassen häufig zu hoch. Dies sei am Beispiel der Daten von ROSEN (1982) erläutert: In die Schätzklasse 1 nach HULT-SERNANDER-DU RIETZ fallen alle Arten, die weniger als $1/16$ der Fläche bedecken, was 25×25 cm auf den 1 m^2 großen Dauerflächen entspricht. Bei der Umrechnung in Prozentwerte wird dadurch – mangels weiterer Informationen – den vermutlich meisten Arten ein viel zu hoher mittlerer De-

ckungsgrad von 3,125 % (18 x 18 cm) zugewiesen. ROSEN hat dieses Problem selbst auch gesehen und für Arten mit nur einem einzigen sehr kleinem Individuen die zusätzliche Klasse „x“ verwendet. Eine Unterteilung der Klasse „1“ in zwei Klassen – z. B. 1a für bis zu 1/32 und 1b von 1/32 bis 1/16 Deckungsgrad – wäre jedoch günstiger gewesen, da der aus diesen Arten gebildete Sammelzustand „restliche Arten“ einen vermutlich zu hohen Deckungsgradanteil einnimmt. Alternativ hätte auch der Gesamtdeckungsgrad aller Arten der Klasse „1“ geschätzt, daraus der mittlere Deckungsgrad in der Klasse „1“ berechnet und für die einzelnen Arten als Wert für die Schätzung der Übergangsmatrizen verwendet werden können.

Ganz ähnlich gelagert ist das Problem des Gesamtdeckungsgrades bzw. des offenen Bodens: Durch die Schätzung des Anteils offenen Bodens wäre ein für viele Vegetationstypen (z. B. die Flächen von ROSEN) wichtiges Merkmal direkt zugänglich und müsste nicht als Differenz berechnet werden. Wenn der Gesamtdeckungsgrad geschätzt wurde, so ist die Bildung der Differenz unproblematisch. Wenn der Anteil offenen Bodens aber als Differenz zwischen der Deckungsgradsumme und 100 % gebildet wird, ist nicht gesichert, dass die Summe der Klassenmitten einen zuverlässigen Schätzwert für die Gesamtdeckung und damit für den Anteil offenen Bodens darstellt. Deshalb sollte grundsätzlich auch der Gesamtdeckungsgrad geschätzt werden, zumal dann auch die Jahreswerte der einzelnen Arten an diesen und nicht dem maximalen Wert von 100 % (inkl. offenen Boden) angepasst werden können.

Um einige der obigen Probleme zu lösen, sollte eine Dauerfläche, die als Gesamtfläche die pflanzensoziologische Mindestfläche abdeckt (DIERSCHKE 1994), in mindestens vier Subplots unterteilt - so wie bei ROSENTHAL - und die einzelnen Subplots jeweils getrennt nach einer verfeinerten, reinen Deckungsgradskala (z. B. PFADENHAUER et al. 1986) geschätzt werden. Die Schätzklassen werden in Prozentwerte umgerechnet (Klassenmitten) und aus diesen der Mittelwert für die Gesamtfläche berechnet. Grundsätzlich sollte auch der Gesamtdeckungsgrad so ermittelt werden. Die Verwendung einer im unteren Bereich verfeinerten Skala nach BRAUN-BLANQUET hat die Vorteile einer höheren Arbeitseffizienz (schneller) und besseren Reproduzierbarkeit, da Abweichungen in der Schätzung sowohl zwischen unterschiedlichen Jahren als auch verschiedenen Bearbeitern geringer ausfallen (DIERSCHKE 1994). Gleichzeitig werden die realen Deckungsgrade durch verfeinerte Klasseneinteilung im unteren Bereich besser abgebildet. Der Mehraufwand durch die Bildung von Subplots ermöglicht u. U. auch weitere Analysen wie z. B. die Betrachtung räumlicher Prozesse. Die Subplots

könnten auch als Dauerflächen nach einem Muster oder jährlich neu zufällig über eine größere Fläche verteilt werden und somit – bei ausreichender Zahl von Subplots – die Repräsentativität der Aufnahmen insbesondere bei Effizienzkontrollen erhöht werden.

6.3.2. Definition der Zustände

Die Definition der Zustände ist für die Validität von Markov-Ketten von großer Bedeutung (USHER 1981) und muss insbesondere die Fragestellung berücksichtigen (RUNKLE 1981). In dieser Arbeit wurde für alle Datensätze als einheitliche Grundregel festgelegt, dass alle Arten mit mindestens 5 % Deckungsgrad in mindestens einem Beobachtungsjahr als separate Zustände definiert werden. Zusätzlich wurden datensatzspezifische Erweiterungen verwendet. So erfüllten nur wenige Arten auf den Flächen von ROSEN (1982) dieses Kriterium und der Sammel-Zustand „restliche Arten“ wäre zu groß geworden. Deshalb wurde die Schwelle, ab wann eine Art als separater Zustand definiert wird, gesenkt.

Für die Anwendung von Markov-Ketten sollte jedoch die Definition der Zustände grundsätzlich anhand der Fragestellung erfolgen. So können die Zustände auch die Deckungsgradsummen ökologischer (vergl. LABASCH & OTTE 1999) oder pflanzensoziologischer Gruppen sein. Im Rahmen von Effizienzkontrollen (LABASCH & OTTE 2001) sind als Zustände insbesondere die Zielarten und deren potenziellen Konkurrenten (Problemarten) vorzusehen – vergleiche dazu OTTE et al. (2000). Das Monitoringkonzept könnte sogar festlegen, dass bei der Aufnahme für die subdominanten Zielarten und die Begleitarten nur deren jeweiligen Gesamtdeckung erfasst wird und nur für die dominanten Ziel- und Problemarten, die auch als einzelne Zustände definiert werden sollen, eine nach Arten getrennte Schätzung der Deckungsgrade erfolgt. Für die pflanzensoziologische Einordnung reichten dann eine Grundaufnahme zu Beginn und Wiederholungsaufnahmen auf einzelnen Flächen im Abstand von vielleicht fünf bis sieben Jahren. Der Arbeitsaufwand für die zur Schätzung der Übergangsmatrizen erforderlichen jährlichen Aufnahmen ließe sich so entscheidend vermindern – ein wichtiger Punkt für die Wirtschaftlichkeit von Effizienzkontrollen.

6.3.3. Stationarität der Übergangsmatrizen

Bei den untersuchten Zeitreihen ist die Annahme der zeitlichen Homogenität (Stationarität) in einigen Fällen sicher nicht gegeben: So geht auf sechs Dauerflächen von ROSEN (1982) der Deckungsgradanteil des Schaf-Schwingels (*Festuca ovina*) vom ersten auf das zweite Jahr stark zurück, was ROSEN auf die extreme Trockenheit im ersten Jahr zurückführt. In den folgenden Jahren erholt sich

der Bestand des Schaf-Schwingels dann wieder. Für einen solchen Fall bietet es sich an zwei verschiedene Übergangsmatrizen zu schätzen: Eine für die Trockenjahre („Katastrophenjahre“) und eine für die Erholungsphase. Anhand realer Klimadaten oder mit einer aus Klimadaten ermittelten Wahrscheinlichkeit kann dann eine Regel erstellt werden, nach der die „normale“ Übergangsmatrix gegen die Übergangsmatrix für Trockenjahre in der Markov-Kette ausgetauscht wird (vgl. SCANLAN 1994).

In analoger Weise ließen sich für drei Dauerflächen (Rt92BBa, RtBBb und RT92B1uS) von ROSENTHAL (1992) für die Extremjahre mit langer Überflutung und anschließender langer Trockenheit separate Übergangsmatrizen schätzen und dadurch der starke Rückgang der Rasen-Schmiele im jeweiligen Folgejahr in die Prognose integrieren.

Aber nicht nur extreme einzelne Jahre legen die Verwendung verschiedener Übergangsmatrizen nahe, auch für verschiedene Entwicklungsphasen auf Bracheflächen (Ru98HWb RUNGE 1975; Ru85HAVb RUNGE 1985; Ru92HAb RUNGE 1968 und 1985; Weender Brache BRÜHBACH 1990) oder bei einem Wechsel in der Nutzung der Flächen (sechs Dauerflächen von ROSENTHAL 1992) sollten offensichtliche Verletzungen der Stationaritätsannahme durch wechselnde Übergangsmatrizen berücksichtigt werden.

6.3.4. Modellerweiterung durch die Einbeziehung von Umweltfaktoren

Wenn zahlreiche Aufnahmen eines Untersuchungsgebietes, insbesondere Transekt- und Rasteraufnahmen, und dazu Daten über (mindestens) einen Umweltfaktor vorliegen, der erwiesenermaßen einen starken Einfluss auf die Vegetation hat, so können die Aufnahmen entsprechend der Umweltdaten klassifiziert und für diese Klassen separate Übergangsmatrizen geschätzt werden. Die Klassifizierung könnte z. B. durch Cluster-Analysen (auch mehrerer Faktoren) wie dem k-means-Verfahren erfolgen, denn dieses Verfahren hat den Vorteil, dass a priori die Anzahl der Cluster festgesetzt wird. Bei gegebener Zahl an Vegetationsaufnahmen sollten möglichst wenige Klassen gewählt werden, um hinreichend Aufnahmepaare zur Schätzung valider Übergangsmatrizen zu haben. Auf Grund der hier gemachten Erfahrungen, ist es ratsam pro Klasse mindestens fünf Jahre bzw. Aufnahmepaare zu verwenden und nur zwei (z. B. trockene und feuchte Jahre) bis drei (trocken, mittlere und feuchte Jahre) Klassen zu bilden.

Alternativ könnte mit dem Schätzverfahren von ORLOCI et al (1993) auch ein Fuzzy-Ansatz verfolgt werden, der am Beispiel des Niederschlags in der Vegetationsperiode erläutert werden soll: Die Niederschlagsdaten werden „fuzzifiziert“, d. h. den einzelnen Jahren wird ein Zugehörigkeitsgrad zum Fuzzy-Set „trockene Jahre“ zugewiesen in dem dem trockensten Jahr der Wert 1, dem feuchtesten

Jahr der Wert 0 und allen anderen Jahren ein entsprechender Zwischenwert zugeordnet wird (zu Fuzzy-Sets siehe ROBERTS, 1986). In gleicher Weise wird der Zugehörigkeitsgrad zum Fuzzy-Set „feuchte Jahre“ ermittelt. Anschließend wird für alle Aufnahmepaare die Übergangsmatrix berechnet. Während im Verfahren von ORLOCI et al. die Übergangsmatrix der Zeitreihe aus dem ungewichteten Mittel der paarweisen Übergangsmatrizen gebildet wird, werden nun die Zugehörigkeitsgrade zum Fuzzy-Set „trockene Jahre“ als Gewichtungsfaktoren bei der Berechnung der Matrix für trockene Jahre verwendet. In analoger Weise werden die Zugehörigkeitsgrade zum Fuzzy-Set „feuchte Jahre“ als Gewichtungsfaktoren eingesetzt und auf diese Weise zwei separate Übergangsmatrizen für „trockene Jahre“ und „feuchte Jahre“ berechnet.

In der so modifizierten Markov-Kette wird der Zustandsvektor $t+1$ berechnet, in dem der Zustandsvektor t mit jeweils einer der beiden Übergangsmatrizen multipliziert und der mit dem Zugehörigkeitsgrad zum jeweiligen Fuzzy-Set (des Umweltfaktors) gewichtete Mittelwert aus diesen beiden Zustandsvektoren gebildet wird. Oder der Zugehörigkeitswert des Umweltfaktors entscheidet darüber, welche Übergangsmatrix gewählt wird.

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden stationäre Markov-Ketten zur Modellierung relativer Deckungsgradanteile von Arten aus Offenlandbiotopen verwendet.

Es werden die Vegetationsaufnahmen von 37 Dauerflächen untersucht: Fünf Heidebestände nach Störung (LIPPE et al. 1985; RUNGE 1983), drei ungestörten Heideflächen (RUNGE 1977b, 1997), drei Bracheflächen nach Nutzungswandel (RUNGE 1998, 1985, 1992), vier Bracheflächen nach Bodenarbeiten (BRÜHBACH 1990), acht beweidete und unbeweidete Magerrasen (ROSEN 1982), acht ungedüngte Heuwiesen (BAKKER 1989) und sechs unterschiedlich bewirtschafteten Feuchtwiesen (ROSENTHAL 1992).

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der Braun-Blanquet-Methode oder vergleichbaren Methoden angefertigt, d. h. die Ausgangsdaten geben nur die relativen Deckungsgradanteile der Arten wider. Für solche „Makrodaten“ liegen keine direkten Daten zu den Übergängen zwischen den Zuständen vor, im Gegensatz zu „Mikrodaten“, bei denen die „individuellen“ Übergänge beobachtet wurden.

Die relativen Deckungsgrade der Arten werden für die einzelnen Aufnahmejahre in Vektorform überführt. Die Zusammensetzung des Bestandes zu Beginn der Zeitreihe stellt den Anfangsvektor einer Markov-Kette dar. Aus den relativen Deckungsgradanteilen der Arten im Zeitverlauf wird die Übergangsmatrix geschätzt. Als Schätzverfahren werden der Maximum-Likelihood-Schätzer nach LEE et al. (1970, BALZTER 1998) und das Verfahren von ORLOCI et al. (1993) verwendet. Eine stationäre Markov-Kette ist durch den Anfangsvektor und die Übergangsmatrix vollständig definiert.

Die Beurteilung der Anpassungsgüte erfolgt anhand der mittleren quadratischen Abweichung (MSE), des Spearman Rangkorrelationskoeffizienten, des Wilcoxon-Test für Paardifferenzen, des Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993) und der mittleren quadratischen Abweichung der Fuzzy-Ordination. Die ersten drei Kriterien verwendet auch BALZTER (1998).

Im ersten Schritt werden die Datensätze über alle neun bzw. elf Jahre mit dem Mantel-Test und dem Mantel-Korrelogramm auf zeitliche Autokorrelation getestet. Von den 37 Datensätzen sind 25 sowohl über die gesamte Zeitreihe als auch für direkt aufeinander folgende Jahre autokorreliert. Werden die Übergangsmatrizen auf der Basis aller neun bzw. elf Jahre ($t=9$ bzw. $t=11$) nach der Methode von ORLOCI et al. (1993), im folgenden als FMR-Methode bezeichnet, geschätzt, so stimmen die Prognosen zu 65 % (24 von 37 Fälle) sehr gut bis gut mit der Beobachtung überein. Bei

Verwendung der Maximum-Likelihood-Methode, nach dem BALZTER (1998) als MCS-Methode bezeichnet, weisen nur 54 % (20 von 37) der Prognosen eine sehr gute bis gute Anpassungsgüte auf.

Im zweiten Schritt werden die Übergangsmatrizen nach der FMR- und der MCS-Methode für die ersten zwei bis fünf Jahre geschätzt und von den damit erstellten Prognosen ($p=2$ bis $p=5$) die darauf folgenden fünf Jahren mit den Beobachtungsdaten der entsprechenden Jahre verglichen. Insgesamt werden 138 FMR-Prognosen und 138 MCS-Prognosen erstellt und analysiert. Zusätzlich werden 54 Prognosen auf der Basis der ersten fünf Jahre ($t=5$) für die elfjährigen Zeitreihen und 20 Prognosen auf der Basis der ersten vier Jahre ($t=4$) für die neunjährigen Zeitreihen erstellt und jeweils mit den zweiten bis sechsten Beobachtungsjahr verglichen.

Die FMR-Prognosen für die Teilmatrizen weisen für $p=2$ in 13,5 %, für $p=3$ in 16,2 %, für $p=4$ in 29,7 %, für $p=5$ in 37,0 % eine gute Anpassung auf, während dies bei den MCS-Prognosen für $p=2$ in 10,8 %, für $p=3$ in 16,2 %, für $p=4$ in 16,2 % und für $p=5$ in 33,3 % der Fälle zu trifft.

Wenn die Prognosen mit den Beobachtungsjahren verglichen werden, aus den auch die Übergangsmatrix geschätzt wurde, so liegt eine gute Übereinstimmung der FMR-Prognosen für $t=11$ bzw. $t=9$ bei 64,9 % und für $t=5$ bzw. $t=4$ bei 59,5 % der Fälle vor. Die MCS-Prognosen zeigen für $t=11$ bzw. $t=9$ in 54,1 % und für $t=5$ bzw. $t=4$ in 62,2 % der Fälle eine mindestens gute Anpassung.

Wenn der Mantel-Test eine signifikante Korrelation über die gesamte Zeitreihe und das Mantel-Korrelogramm eine signifikante positive Korrelation mindestens für direkt aufeinander folgende Jahre anzeigt, kann für die gesamte Zeitreihe gezeigt werden, dass dann für die FMR-Prognose in 84 % (21 von 25) und die MCS-Prognose in 68 % (17 von 25) der Fälle eine gute Übereinstimmung mit der Beobachtung vorliegt. Für die 19 Datensätzen, für die sowohl die FMR- als auch die MCS-Prognose eine gute Anpassung zeigen, sind 17 Datensätze (89 %) nach beiden Tests signifikant autokorreliert.

Das einfachere Schätzverfahren nach ORLOCI et al. (1993), hier als FMR-Verfahren bezeichnet, ist bei den untersuchten Datensätzen dem Maximum-Likelihood-Verfahren (LEE et al. 1970, BALZTER 1998) leicht überlegen: Bei den Prognosen über den gesamten Zeitraum erzielt das FMR-Verfahren in 65 % (24 von 37) eine gute Übereinstimmung, während dies für die MCS-Prognosen in 20 von 37 Fällen (54 %) gilt. Werden zwei bis fünf Jahre zur Schätzung der Übergangsmatrix verwendet, so sind die FMR-Prognosen durchschnittlich in 24 %, die MCS-Prognosen in 19 % der Fälle zufriedenstellend an die Beobachtungsdaten der fünf Folgejahre angepasst .

Liegt eine sehr starke gerichtete Vegetationsentwicklung vor, so können drei Beobachtungsjahre ausreichen, um eine gute Prognose für die folgenden fünf Jahre zu erstellen. Im allgemeinen sollten jedoch die Übergangsmatrizen aus fünf Beobachtungsjahren geschätzt werden.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit lassen sich folgende Empfehlungen zur Optimierung der Datenerhebung und des Prognoseverfahrens ableiten, um gute Prognosen mit Markov-Ketten zu erstellen:

Aufnahmemethodik: Einteilung der Dauerfläche in mindestens vier Teilflächen; Schätzung der Arten mit einer verfeinerten, reinen Deckungsgradskala, wie beispielsweise der von PFADENHAUER et al. (1986), Bildung der Mittelwertes für die Gesamtfläche aus den Prozentwerten (Klassenmitten) der Teilflächen.

Definition der Zustände: Die in dieser Arbeit vorgenommene, rein schematische Definition, dass alle Arten mit mindestens einmal 5 % Deckungsgrad in einem Beobachtungsjahr als einzelne Zustände definiert werden, ist nur für den hier im Vordergrund stehenden Methodenvergleich gerechtfertigt. Die Definition der Zustände sollte stets an die spezielle Fragestellung angepasst werden. So ist es denkbar, für das Monitoring von Schutzgebieten nur die wichtigsten Zielarten und deren potenzielle Konkurrenten als einzelne Zustände zu definieren und alle übrigen Arten in einen Zustand zusammen zu fassen, um die Zahl der zu schätzenden Übergangswahrscheinlichkeiten möglichst klein zu halten.

Wechselnde Übergangsmatrizen: Für verschiedene Entwicklungsphasen auf Bracheflächen sowie für die Berücksichtigung von Nutzungswechseln oder Klimaschwankungen sollten separate Übergangsmatrizen geschätzt werden. So könnten beispielsweise Übergangsmatrizen für trockene und feuchte Jahre geschätzt und entsprechend den angenommenen künftigen Klimaentwicklung eingesetzt werden. Wenn zusätzlich Standortdaten für Transekt- bzw. Rasteraufnahmen vorliegen, könnten auch Übergangsmatrizen in Abhängigkeit von Umweltfaktoren ermittelt werden, um Standortveränderungen zu modellieren.

Fazit: Auch wenn die Prognosen auf der Basis von bis zu fünf Jahren für die verwendeten Literaturdaten nur in wenigen Fällen eine sehr gute Anpassung an die Beobachtungsdaten zeigen, so ist der Einsatz von Markov-Ketten zur Prognose der Vegetationsentwicklung bei Optimierung von Aufnahmemethodik und Prognoseverfahren trotzdem erfolgsversprechend, wenn die oben genannten Vorschläge zur Datenerhebung und Modellierung beachtet werden.

8 Literatur

- AAVIKSOO, K. (1995): Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape using a Markov model. *Landscape and Urban Planning* 31: 129-142.
- ACEVEDO, M. F., URBAN, D. L. & ABLAN, M. (1995): Transition and gap models of forest dynamics. *Ecological Applications* 5 (4): 1040-1055.
- ACEVEDO, M. F., URBAN, D. L. & SHUGART, H. H. (1996): Models of forest dynamics based on roles of tree species. *Ecological Modelling* 87: 267-284.
- BAKER, W. L. (1989): A review of models of landscape change. *Landscape Ecology* 2 (2): 111-133.
- BAKKER, J. P. (1989): Nature management by grazing and cutting. On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- BALZTER, H. (1998): Modellierung der Vegetationsdynamik verschiedener Pflanzengemeinschaften des Grünlandes mit Markov-Ketten. *Boden und Landschaft*, Justus-Liebig-Universität Gießen, S. 152.
- BALZTER, H., BRAUN, P. W. & KÖHLER, W. (1998): Cellular automata models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling* 107: 113-125.
- BALZTER, H. (2000): Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling* 126 (2000) 139-154.
- BARKMAN, J. J., DOING, H. & SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Bot. Neerl.* 13: 394-419.
- BENABDELLAH, B., ALBRECHT, K.-F., POMAZ, V. L., DENISENKO, E. A. & LOGOFET, D. O. (2003): Markov chain models for forest succession in the Erzgebirge, Germany. *Ecological Modelling* 159: 145-160.
- BROWN, D. G. & DUH, B. C. (2001): Reply to Huber. *J. of Environmental Management* 62: 233-236.
- BROWN, D. G., PIJANOWSKI, B. C. & DUH, J. D. (2000): Modelling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *J. of Environmental Management* 69: 247-263.
- BRÜHBACH, M. (1990): Boden- und Vegetationsentwicklung einer Brachfläche. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Systematisch-Geobotanisches Institut, Georg-August-Universität Göttingen.
- CALLAWAY, R. M. & DAVIS, F. W. (1993): Vegetation dynamics, fire, and the physical environment in coastal central California. *Ecology* 74 (5): 1567-1578.
- CASWELL, H. & COHEN, J. E. (1991): Disturbance, interspecific interaction and diversity in metapopulations. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 193-218.
- CHILDRESS, W. M., CRISAFULLI, C. M. & RYKIEL, E. J. (1998): Comparison of Markovian matrix models of a primary successional plant community. *Ecological Modelling* 107: 93-102.

- COOKE, D. (1981): A Markov chain model of plant succession. In: Hiorns, R. W. & Cooke, D. (eds.): The mathematical theory of the dynamics of biological populations II. Academic Press, London.
- DALE, M. R. T., HENRY, G. H. R. & YOUNG, C. (1993): Markov models of spatial dependence in vegetation. *Coenoses* 8 (1): 21-24.
- DE SMIDT, J. T. (1977): Heathland vegetation in The Netherlands. *Wentia* 15: 142-162.
- DIERSCHKE, H. (1985): Experimentelle Untersuchungen zur Bestandesdynamik von Kalkmagerrasen (Mesobromion) in Südniedersachsen. Vegetationsentwicklung auf Dauerflächen 1972 – 1984. In: Schreiber, K.-F. (Hrsg): Sukzession auf Grünlandbrachen. *Münstersche Geographische Arbeiten* 20: 9-24.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensozioökologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer, Stuttgart.
- DUNCAN, B. W., BOYLE, S., BREININGER, D. R. & SCHMALZER, P. A. (1999): Coupling past management practice and historic landscape change on John F. Kennedy Space Center, Florida. *Landscape Ecology* 14: 291-309.
- GIBSON, C. W. D., GUILFORD, T. C., HAMBLER, C. & STERLING, P. H. (1983): Transition matrix models and succession after release from grazing an Aldabra atoll. *Vegetatio* 52: 151-159.
- GIBSON, D. J., ELY, J. S. & LOONEY, P. B. (1997): A Markovian approach to modelling succession on a coastal barrier island following beach nourishment. *J. of Coastal Research* 13 (3): 831-841.
- Hobbs, R. J. (1983): Markov models in the study of post-fire succession in heathland communities. *Vegetatio* 56: 17-30.
- HOBBS, R. J. & LEGG, C. J. (1983): Markov models and initial floristic composition in heathland vegetation dynamics. *Vegetatio* 56: 31-43.
- HUBER, W. A. (2001): Estimating Markov transitions. *J. of Environmental Management* 61: 381-385.
- JENERETTE, G. D. & WU, J. (2001): Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona-Phoenix region, USA. *Landscape Ecology* 16: 611-626.
- JOHNSON, G. D., MYERS, W. L. & PATIL, G.P (1999): Stochastic generating models for simulating hierarchically structured multi-cover landscapes. *Landscape Ecology* 14: 413-421.
- LABASCH, M. & OTTE, A. (1999): Ursachen und Folgen von zur Dominanz neigenden Arten in primären Binnensalzwiesen. – In: Brandes, D. (Hrsg.): *Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland.* – Braunsch. Geobot. Arb. 6: 53-68.
- LABASCH, M. & OTTE, A. (2001): Administration levels and tasks of nature conservation efficiency control. – In: BURGA, C. A. & A. KRATOCHWIL (eds.), 2001: *Biomonitoring – General and applied aspects in regional and global scales.* – *Tasks Veg. Sci.* 35: 41-60.
- LEE, T. C., JUDGE, G. G. & ZELLNER, A. (1970): Estimating the parameters of the Markov probability model from aggregate time series data. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.-J. (1989): Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE L. (1998): *Numerical ecology.* Elsevier, Amsterdam.

- LERTZMANN, K. P. (1995): Forest dynamics, differential mortality and variable recruitment probabilities. *J. of Vegetation Science* 6: 191-204.
- LIPPE, T. C., DE SMIDT, J. T. & GLENN-LEWIN, D. C. (1985): Markov models and succession: A test from a Heathland in the Netherlands. *Journal of Ecology* 73: 775-791.
- LOGOFET, D. & LESNAYA, E. V. (2000): The mathematics of Markov models: what Markov chains can really predict in forest succession. *Ecological Modelling* 126: 285-298.
- LONDO, G. (1974): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: KNAPP, R. (ed.): *Sampling methods in vegetation science*. 45-49. W. Junk Publishers, The Hague.
- LONDO, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61-64.
- LOUGH, T. J., WILSON, J. B., MARK, A. F. & EVANS, A. C. (1987): Succession in a New Zealand alpine cushion community: a Markovian model, *Vegetatio* 71: 129-138.
- MOORE, A. D. (1990): The semi-markov process: A useful tool in the analysis of vegetation dynamics for Management. *J. of Environmental Management* 30: 111-130. [ISSN 0301-4797]
- MULLER, M. R. & MIDDLETON, J. (1994): A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 9 (2): 151-157.
- ODEN, N. L. & SOKAL, R. R. (1986): Directional autocorrelation: an extension of spatial correlograms to two dimensions. *Syst. Zool.* 35: 608-617.
- ORLOCI, L. (2000): From order to causes. A personal view, concerning the principles of syndynamics. Veröffentlicht unter der URL <http://publish.uwo.ca/~lorloci/>
- ORLOCI, L., ANAND, M. & HE, X. (1993): Markov chain: A realistic model for temporal coenosere? *Biom. Praxim.* 33: 7-26.
- OTTE, A., LABASCH, M. & KLINGSHIRN, I. (2000): Indikatoren für landwirtschaftliche Extensivierungserscheinungen in Hessen. – *Geobot. Kolloquien* 15: 3-24.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I. Methodik und Anlage der Aufnahmen. - *Ber. Akad. Natursch. Landschaftspfl.* 10: 41-60. Laufen/Salzach.
- REJMANEK, M., SASSER, C. E. & GOSSELINK, J. G. (1987): Modelling of vegetation dynamics in the Mississippi River deltaic plain. *Vegetatio* 69: 133-140.
- ROBERTS, D. W. (1986): Ordination on the basis of fuzzy set theory. *Vegetatio* 66: 123-131.
- ROSEN, E. (1982): Vegetation development and sheep grazing in limestone grassland of south Öland, Sweden. *Acta Phytogeographica Suecica* 72: 1-104.
- ROSEN, E. (1984): Some short-term changes in the dynamics of limestone grasslands of south Öland. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Serie V:C*, 3: 189-205.
- ROSEN, E. (1985): Succession and fluctuations in species composition in the limestone grasslands of south Öland. In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): *Sukzession auf Grünlandbrachen*. Vorträge Symp. Arbeitsgruppe „Sukzessionsforschung auf Dauerflächen“ in d. Intern. Vereinig. Ve-

- getationskunde (IVV), Stuttgart-Hohenheim 1984. Münstersche Geographische Arbeiten 20: 25-33.
- ROSENTHAL, G. (1992): Erhaltung und Regeneration von Feuchtwiesen. Vegetationsökologische Untersuchung auf Dauerflächen. Dissertationes Botanicae, Band 182, Berlin.
- RUNGE, F. (1967): Vegetationsschwankungen in Hochheiden des Sauerlandes. Decheniana 118 (2): 145-151.
- RUNGE, F. (1968a): Vegetationsänderungen in einem *Ericetum cladonietosum*. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. NF 13: 259-271.
- RUNGE, F. (1968b): Vegetationsänderungen nach Auflassung eines Ackers. Natur und Heimat 28 (4): 157-158.
- RUNGE, F. (1969a): Vegetationsschwankungen in einer nassen Heide. Natur und Heimat 29 (1): 28-30.
- RUNGE, F. (1969b): Vegetationsänderungen in einem *Ericetum cladonietosum*. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. NF 14: 287-290.
- RUNGE, F. (1971): Vegetationsschwankungen in den Hochheiden des Sauerlandes II. Decheniana 123 (1/2): 49-52.
- RUNGE, F. (1975): 18-jährige Erfahrungen mit Dauerquadraten. In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Sukzessionsforschung. Ber. Intern. Symp. Intern. Vereinig. Vegetationskunde. (Rinteln, 16.-19.4.1973): 39-45.
- RUNGE, F. (1976): Vegetationsschwankungen in einer nassen Heide des Zwillbrocker Venns. Natur und Heimat 36 (1): 16-18.
- RUNGE, F. (1977a): Die Vegetationsentwicklung in einer abgeplaggtten nassen Heide. Natur und Heimat 37 (2): 56-60.
- RUNGE, F. (1977b): Vegetationsschwankungen in Hochheiden des Sauerlandes III. Decheniana 130: 42-44.
- RUNGE, F. (1979): Dauerquadratuntersuchungen in einer unbeweideten, einer umgebrochenen und zwei abgeplaggtten Zwergstrauchheiden (*Genisto-Callunetum*). Ber. Naturhist. Ges. Hannover 122: 97-108.
- RUNGE, F. (1980): Vegetationsänderungen nach Auflassung eines Ackers II. Natur und Heimat 40 (3): 69-73.
- RUNGE, F. (1983a): Die Vegetationsentwicklung in einer abgeplaggtten, nassen Heide II. Natur und Heimat 43 (2): 53-55.
- RUNGE, F. (1983b): Weitere Dauerquadratuntersuchungen in einer umgebrochenen und zwei abgeplaggtten Zwergstrauchheiden (*Genisto-Callunetum*). Ber. Naturhist. Ges. Hannover 126: 177-182.
- RUNGE, F. (1984): Vegetationsschwankungen in einem *Ericetum cladonietosum* II. Tuexenia 4: 255-256.

- RUNGE, F. (1985): 21-, 10- und 8-jährige Dauerquadratuntersuchungen in aufgelassenen Grünländereien. In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen. Vorträge Symp. Arbeitsgruppe „Sukzessionsforschung auf Dauerflächen“ in d. Intern. Vereinig. Vegetationskunde (IVV), Stuttgart-Hohenheim 1984. Münstersche Geographische Arbeiten 20: 45-49.
- RUNGE, F. (1986): Vegetationsschwankungen in einer nassen Heide III. *Natur und Heimat* 46 (1): 25-26.
- RUNGE, F. (1992): Vegetationsänderungen nach Auflassung eines Ackers III. *Natur und Heimat* 52 (2): 58-60.
- RUNGE, F. (1997): Dauerquadratuntersuchungen in einer nassen Heide des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“. *Natur und Heimat* 57: 41-44.
- RUNGE, F. (1998): Vegetationsänderungen in einer nordwestdeutschen aufgelassenen Viehweide. *Ber. Naturhist. Ges. Hannover* 140: 173-175.
- RUNKLE, J. R. (1981): Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology* 62: 1041-1051.
- SCHMIDT, W. (1981): Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. *Scripta Geobotanica* 15: 1-199. Göttingen.
- SCANLAN, J. C. (1994): State and transition models for rangelands. 5. The use of state and transition models for predicting vegetation change in rangelands. *Tropical Grasslands* 28: 229-240.
- SOKAL, R. R. (1986): Spatial data analysis and historical processes. 29-43 in : E. DIDAY ET AL (eds.) *Data analysis and informatics, IV*. North-Holland, Amsterdam.
- TANG, C. Q. & OHSAWA, M. (2002): Coexistence mechanisms of evergreen, deciduous and coniferous trees in a mid-montane forest on Mt. Emei, Sichuan, China. *Plant Ecology* 161: 213-230.
- TILMAN, D. (1989): Ecological Experimentation: Strengths and Conceptual Problems. In: LIKENS, G. E. (ed.): *Long-Term-Studies in Ecology: Approaches and Alternatives*. Springer, New York.
- THEOBALD, D. M. & HOBBS, N. T. (1998): Forecasting rural land-use change: A comparison of regression- and spatial transition-based models. *Geographical & Environmental Modelling* 2 (1): 65-82.
- USHER, M. B. (1981): Modelling ecological succession, with particular reference to Markovian models. *Vegetatio* 46: 11-18.
- VAN DER MARREL, E., JANSSEN, J. G. M. & LOUPPEN, J. M. W. (1978): Tabord, a program for structuring phytosociological tables. *Vegetatio* 38, 143-156.
- VAN GROENENDAEL, J. M., ROEPERS, R. G., WOLTJER, I. & ZWEERS, H. R. (1996): Vegetation succession in lakes of West Connemara, Ireland: comparing predicted and actual changes. *J. of Vegetation Science* 7: 211-218.
- VAN HULST, R. (1979): On the dynamics of vegetation: markov chains as models of succession. *Vegetatio* 40 (1): 3-14.

- VAN HULST (1980): Vegetation dynamics or ecosystem dynamics: dynamic sufficiency in succession theory. *Vegetatio* 43: 147-151.
- WAGNER, H. H. & WILDI, O. (1997): Markov chains and vegetation monitoring. *Student* 2 (1): 13-26.
- WENG, Q. (2002): Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *J. of Environmental Modelling* 64: 273-284.
- WILDI, O. (1988): Linear trend and noise in multi-species time series. *Vegetatio* 77: 51-56.
- WILDI, O. (2001): Statistical design and analysis in long-term vegetation monitoring. In: Burga & Kratochwil (eds): *Biomonitoring: General and applied aspects on regional and global scales. Tasks for vegetation science* 35: 17-39, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- YEMSHANOV, D. & PERERA, A. H. (2002): A spatially explicit stochastic model to simulate boreal forest cover transitions: general structure and properties. *Ecological Modelling* 150: 189- 209.

Ich erkläre:

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Anhang

A Gesamtmatrizen: Modellmatrizen und Prognosen (Tabellen)

Tab. A 1: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer) (LIPPE et al.; 1985; Table 1)

Empe_nigr(*Empetrum nigrum*), Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Care_puli(*Carex pilulifera*), rest_spec(*Molinia caerulea*, *Juncus squarrosus*, other species (*Deschampsia flexuosa*, *Eriophorum angustifolium*, *Festuca tenuis*, *Campylopus introflexus*, *C. pyriformis*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum jutlandicum*, *Cladonia occifera*, *C. chloropi.*, *C. floerkeana*, *C. portentosa*, *C. unicalis* und *Lecidea granulosa*)) und soil_open(unbedeckter Boden).

Li85T1	Empe_nigr	Call_vulg	Eric_tetr	Rume_acet	Care_puli	rest_spec	soil_open	
Original	1963	18	9	12	5	0	57	
	1964	25	14	12	4	1	0	44
	1965	35	14	14	4	1		33
	1966	37	20	14	0	1	0	28
	1967	46	21	11	1	1	1	20
	1968	54	22	11		1	2	11
	1969	56	23	10	0	2	2	7
	1970	61	24	7	0	1	1	6
	1971	58	25	7		1	1	9
	1972	62	24	4		1	1	8
	1973	68	21	3		1	3	4
FMR	1963	18	9	12	5	0	57	
	1964	28	13	12	3	1	0	43
	1965	37	16	11	2	1	1	32
	1966	43	18	11	1	1	1	25
	1967	48	19	10	1	1	1	19
	1968	52	21	9	1	1	1	15
	1969	56	21	8	0	1	2	11
	1970	58	22	8	0	1	2	9
	1971	60	22	7	0	1	2	7
	1972	62	22	6	0	1	2	6
	1973	64	22	6	0	1	2	5
MCS	1963	18	9	12	5	0	57	
	1964	26	14	14	1	1	0	43
	1965	36	17	14	0	1	0	31
	1966	44	20	13	0	1	0	22
	1967	50	21	11	0	1	1	16
	1968	55	23	9	0	1	1	11
	1969	59	24	7	0	1	1	8
	1970	62	24	6	0	1	1	6
	1971	64	25	4	0	1	1	5
	1972	66	25	3	0	1	1	4
	1973	67	25	3	0	1	1	3

Tab. A 2: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide

(RUNGE, 1979, Tabelle 2 und 1983, Tabelle 1)

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten), rest_spec (*Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Agrostis tenuis*, *Avenella flexuosa* und *Festuca ovina*) und soil_open(offener Boden).

Ru83HutH		Call_vulg	Rume_acet	bryo_spec	lich_spec	rest_spec	soil_open
Original	1971	1	61	0		2	36
	1972	5		3	0	2	90
	1973	5	0		0	1	94
	1974	10	30	20	0	0	40
	1975	25	10	2		1	61
	1976	25				2	74
	1977	40	10			0	50
	1978	47	2	1	1	2	47
	1979	67	1	1	1	2	29
	1980	83	2	2	1	3	9
	1981	92	2	2		4	
FMR	1971	1	61	0		2	36
	1972	13	23	4	0	2	57
	1973	24	12	5	0	2	57
	1974	32	8	5	0	2	52
	1975	39	7	5	0	2	46
	1976	45	6	5	0	2	42
	1977	49	6	4	0	2	38
	1978	53	6	4	0	2	35
	1979	55	5	4	0	2	33
	1980	58	5	4	0	2	31
	1981	60	5	4	0	2	29
MCS	1971	1	61	0		2	36
	1972	14	0	5	0	6	75
	1973	39	1	1	0	4	54
	1974	54	0	1	0	3	41
	1975	66	1	1	0	3	30
	1976	75	0	0	0	2	22
	1977	81	0	0	0	2	16
	1978	86	0	0	0	1	12
	1979	89	0	0	0	1	9
	1980	92	0	0	0	1	7
	1981	93	0	0	0	1	5

Tab. A 3: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide

(RUNGE, 1979, Tabelle 3 und 1983, Tabelle 2)

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), bryo_spec(*Hypnum ericetorum*, *Dicranum undulatum* und andere Moose), lich_spec(*Cladonia arbusculus* und andere Flechten), rest_spec(*Betula pubescens*, *Erica tetralix*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Avenella flexuosa* und *Anthoxanthum odoratum*) und soil_open(offener Boden).

Ru83HatH	Call_vulg	Rume_acet	Agro_tenu	bryo_spec	lich_spec	Rest_spec	soil_open
Original	1971		0	0	0		99
	1972		0	5	2		92
	1973	2		0	0	1	96
	1974	5	5	0	5	0	84
	1975	20	3	0	10		67
	1976	25			1		74
	1977	30	3		0		67
	1978	50	2		1		47
	1979	70	3	2	1		24
	1980	90	1	5	1		1 2
	1981	88	5	5	1		1
FMR	1971		0	0	0		99
	1972	13	1	1	2	1	0 81
	1973	24	2	1	3	1	0 68
	1974	34	3	1	4	1	0 58
	1975	41	3	2	4	1	0 49
	1976	47	3	2	4	1	0 42
	1977	53	4	3	3	0	0 37
	1978	57	4	3	3	0	1 32
	1979	61	4	3	3	0	1 28
	1980	64	4	4	3	0	1 25
	1981	66	4	4	3	0	1 22
MCS	1971		0	0	0		99
	1972	0	0	1	2	0	0 96
	1973	3	0	1	2	0	0 94
	1974	6	0	0	2	0	0 91
	1975	8	0	0	2	0	0 89
	1976	10	0	0	2	0	0 86
	1977	13	0	0	2	0	0 84
	1978	15	0	0	2	0	0 82
	1979	17	0	0	2	0	0 80
	1980	19	1	0	2	0	0 78
	1981	21	1	0	2	0	0 75

Tab. A 4: Ru83HafH: Abgeplaggte, feuchte Calluna-Heide

(RUNGE, 1979, Tabelle 4 und 1983, Tabelle 3)

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), lich_spec(*Cladonia arbusculus* und andere Flechten), bryo_spec(*Hypnum ericetorum*, *Dicranum undulatum* und andere Moose), rest_spec(*Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*) und soil_open(offener Boden).

Ru83HafH	Call_vulg	Rume_acet	Eric_tetr	Anth_odor	Agro_tenu	Aven_flex	lich_spec	bryo_spec	rest_spec	soil_open	
Original	1971	0	0		0			0		100	
	1972	7		0	3		0	1	0	89	
	1973	7	2	3	2	0	0	1		86	
	1974	12	37	6	1	1	0	4		37	
	1975	40	27	13		3	3	0	7	7	
	1976	57	0	11		6	6	2	11	6	
	1977	68	0	15	1	5	5	0	5	2	
	1978	67	1	17	1	4	8	1	1		
	1979	68	1	17	4	4	4		1		
	1980	66	1	17	4	4	4		4		
	1981	56	1	16	8	8	4		8		
FMR	1971	0		0	0			0		100	
	1972	11	12	4	0	2	1	0	2	0	68
	1973	21	16	7	0	3	2	0	4	0	47
	1974	30	16	10	1	4	2	0	5	0	33
	1975	37	14	11	1	4	3	1	6	0	23
	1976	42	12	13	2	5	4	1	6	0	16
	1977	46	10	13	3	5	4	1	6	0	11
	1978	49	8	14	3	6	4	1	7	0	8
	1979	51	7	14	4	6	4	1	7	0	6
	1980	53	6	14	5	6	5	1	7	0	4
	1981	54	5	15	5	6	5	1	7	0	3
MCS	1971	0		0	0			0		100	
	1972	11	0	0	0	3	0	0	2	0	82
	1973	19	1	5	0	4	1	0	2	0	67
	1974	28	1	7	0	4	2	0	3	0	56
	1975	35	0	9	0	4	3	0	2	0	46
	1976	41	0	11	1	4	3	0	2	0	38
	1977	46	0	12	1	4	3	0	2	0	31
	1978	50	0	13	1	4	4	0	2	0	26
	1979	53	0	14	1	5	4	0	2	0	21
	1980	56	0	14	1	5	4	0	2	0	17
	1981	58	0	15	1	5	4	0	2	0	14

Tab. A 5: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse *Erica*-Heide (RUNGE, 1977 und 1983b)

Zygo_eric(*Zygogonium ericetorum*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Moli_caer(*Molinia caerulea*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten), rest_spec(*Betula spec.*, *Calluna vulgaris*, *Drosera intermedia*, *D. rotundifolia*, *Myrica gale*, *Pinus sylvestris*, *Rhynchospora alba* und *R. fusca*) und soil_open(offener Boden).

Ru83HanH		Zygo_eric	Eric_tetr	Moli_caer	bryo_spec	lich_spec	rest_spec	soil_open
Original	1969	20		1	0		0	79
	1970	95	0	3	0		2	
	1971	93	0	5	1		1	
	1972	92	1	5	1		1	
	1973	87	1	9	2		2	
	1974	77	4	16	2		2	
	1975	68	11	18	1		2	
	1976	54	27	17	1		1	
	1977	49	35	14	1	0	1	
	1978	24	56	16	4		1	
	1979	15	61	15	8		1	
FMR	1969	20		1	0		0	79
	1970	92	2	4	0	0	2	
	1971	82	9	7	1	0	2	
	1972	73	15	9	2	0	2	
	1973	65	21	11	2	0	2	
	1974	58	26	12	3	0	2	
	1975	52	30	13	4	0	1	
	1976	46	35	13	4	0	1	
	1977	42	39	14	5	0	1	
	1978	38	42	14	5	0	1	
	1979	34	45	14	6	0	1	
MCS	1969	20		1	0		0	79
	1970	94	0	3	0	0	2	0
	1971	89	1	7	1	0	2	0
	1972	85	2	10	1	0	2	0
	1973	80	4	12	2	0	1	0
	1974	76	7	14	2	0	1	0
	1975	72	10	15	2	0	1	0
	1976	68	13	16	2	0	1	0
	1977	65	16	16	2	0	1	0
	1978	61	19	16	2	0	1	0
	1979	58	22	16	3	0	1	0

Tab. A 6: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse *Erica*-Heide (RUNGE 1997)

Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), Moli_caer(*Molinia caerulea*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), lich_spec(*Cladonia portentosa*, *Cladonia chlorophaea* und andere Flechten), bryo_spec(*Parmelia physoides*, *Dicranum scoparium*, *Entodon schreberi* und andere Moose), Hypn_jutl(*Hypnum jutlandicum/ericetorum*) und rest_spec(*Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Betula pendula*, *Rumex acetosella* und *Trifolium repens*).

Ru97HnHF		Vacc_viti	Moli_caer	Eric_tetr	Call_vulg	Aven_flex	lich_spec	bryo_spec	Hypn_eric	rest_spec
Original	1985	17	23	17	0	2	0	0	40	2
	1986	17	22	17	1	3	0	0	39	2
	1987	16	22	16	1	5	0	5	33	1
	1988	22	27	11	1	5	0	1	32	2
	1989	22	32	11	1	11	0	1	22	1
	1990	18	36	6	1	12	0	0	24	2
	1991	18	35	3	1	18	0	0	23	2
	1992	24	35	3	1	18	0	0	18	1
	1993	21	43	4	2	21	1		7	1
	1994	8	47	4	8	23	1		8	2
	1995	4	53	4	4	27	1		4	2
FMR	1985	17	23	17	0	2	0	0	40	2
	1986	17	27	14	1	5	0	1	33	2
	1987	16	30	12	1	8	0	1	28	2
	1988	16	34	10	2	11	0	1	24	2
	1989	15	36	9	2	13	0	1	21	2
	1990	14	38	8	3	15	0	1	18	2
	1991	14	40	7	3	17	1	1	16	2
	1992	13	42	6	3	19	1	1	14	2
	1993	12	43	5	3	20	1	1	12	2
	1994	12	44	5	4	22	1	1	11	2
	1995	11	45	4	4	23	1	1	10	2
MCS	1985	17	23	17	0	2	0	0	40	2
	1986	20	27	13	0	4	0	0	34	1
	1987	20	32	10	1	7	0	0	28	2
	1988	19	37	8	1	10	0	0	23	2
	1989	16	41	6	1	14	0	0	19	2
	1990	14	44	6	2	17	0	0	15	2
	1991	12	45	5	2	21	0	0	13	2
	1992	10	46	5	2	24	0	0	11	2
	1993	8	46	5	3	27	0	0	10	2
	1994	7	46	5	3	29	0	0	8	2
	1995	6	45	4	3	32	0	0	8	2

Tab. A 7: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse *Erica*-Heide (RUNGE 1969 und 1976)

Eric_tetr(*Erica tetralix*), *Moli_caer*(*Molinia caerulea*), *Call_vulg*(*Calluna vulgaris*), *Dros_rotu*(*Drosera rotundifolia*), *Nath_ossi*(*Nathecium ossifragum*), *Spha_comp*(*Sphagnum compactum*) und *rest_spec*(*Betula pubescens*, *Empetrum nigrum*, *Juncus squarrosus*, *Gentiana pneumonthe*, *Pinus sylvestris* sowie Flechten und andere Moose).

Ru97HnHT		<i>Eric_tetr</i>	<i>Moli_caer</i>	<i>Call_vulg</i>	<i>Dros_rotu</i>	<i>Nath_ossi</i>	<i>Spha_comp</i>	<i>rest_spec</i>
Original	1962	36	1		1	0	62	1
	1963	39	3		1	3	53	1
	1964	44	3		2	0	50	1
	1965	46	3		3	0	46	2
	1966	47	1		3	0	47	2
	1967	49	1		2	0	46	2
	1968	51	1		2	0	44	2
	1969	53	3	0	2	0	40	1
	1970	56	7	0	1	0	35	1
	1971	63	4	4	0	0	30	0
	1972	68	4	8	0	0	20	0
FMR	1962	36	1		1	0	62	1
	1963	40	2	1	1	0	55	1
	1964	44	2	1	1	0	50	1
	1965	47	3	2	1	1	45	1
	1966	50	3	3	1	1	41	1
	1967	53	4	3	1	1	37	1
	1968	55	4	4	1	1	34	1
	1969	58	4	5	1	1	31	1
	1970	60	4	5	1	1	28	1
	1971	62	4	6	1	1	26	1
	1972	63	4	6	1	1	24	1
MCS	1962	36	1		1	0	62	1
	1963	41	2	0	0	0	56	0
	1964	46	2	0	0	0	51	0
	1965	51	2	0	0	0	46	0
	1966	55	2	0	0	0	41	0
	1967	59	3	0	0	0	37	0
	1968	63	3	0	0	0	34	0
	1969	66	3	0	0	0	30	0
	1970	69	3	0	0	0	27	0
	1971	72	3	0	0	0	25	0
	1972	74	3	1	0	0	22	0

Tab. A 8: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland (RUNGE 1967, 1971 und 1977)

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), Popu_trem(*Populus tremula*), Nard_stri(*Nardus stricta*), Vacc_myrt(*Vaccinium myrtillus*) und rest_spec(*Carex pilulifera*, *Festuca ovina*, *Luzula multiflora*, *Lycopodium clavatum* und *Sorbus aucuparia*).

Ru77SHhd		Call_vulg	Vacc_viti	Aven_flex	Popu_trem	Nard_stri	Vacc_myrt	rest_spec
Original	1960	18	61	13	2	2	4	0
	1961	20	56	16	2	2	4	0
	1962	12	56	24	2	2	4	0
	1963	15	53	23	4	2	4	0
	1964	22	50	22	3	1	2	0
	1965	17	47	27	5	3	1	0
	1966	18	44	29	5	2	1	0
	1967	26	37	30	3	2	1	0
	1968	30	38	23	5	2	2	0
	1969	34	38	15	8	2	2	1
1970	39	39	8	8	4	2	1	
FMR	1960	18	61	13	2	2	4	0
	1961	20	57	14	3	2	4	0
	1962	22	54	15	3	2	3	0
	1963	24	51	16	4	2	3	0
	1964	25	48	16	5	3	3	0
	1965	27	46	17	5	3	2	0
	1966	28	44	17	5	3	2	0
	1967	30	42	17	6	3	2	0
	1968	31	40	18	6	3	2	1
	1969	32	39	18	7	3	2	1
1970	33	37	18	7	3	1	1	
MCS	1960	18	61	13	2	2	4	0
	1961	17	59	16	3	2	3	0
	1962	18	56	18	3	2	3	0
	1963	19	54	19	3	2	2	0
	1964	21	52	19	4	2	2	0
	1965	22	51	19	4	2	2	0
	1966	23	50	19	4	2	2	0
	1967	24	49	19	4	2	2	0
	1968	25	48	18	4	2	2	0
	1969	25	48	18	4	2	2	0
1970	26	48	18	4	2	2	0	

Tab. A 9: Ru98HWb – Aufgelassene Wiese (RUNGE, 1975)

Alnu_glut(*Alnus glutinosa*), *Desc_cesp*(*Deschampsia caespitosa*), *Rhyt_squa*(*Rhytidiadelphus squarosus*), *Ranu_repe*(*Ranunculus repens*), *Rum_acet*(*Rumex acetosa*), *Holc_lana*(*Holcus lanatus*), *Lotu_ulig*(*Lotus uliginosus*), *Anth_odor*(*Anthoxanthum odoratum*), *Brac_ruta*(*Brachythecium rutabulum*), *Trif_repe*(*Trifolium repens*), *Fest_rubr*(*Festuca rubra*), *Fest_prat*(*Festuca pratensis*), *Plan_lanc*(*Plantago lanceolata*), *Agro_tenu*(*Agrostis tenuis*), *Ranu_acri*(*Ranunculus acris*), *Card_prat*(*Cardamine pratensis*), *Luzu_camp*(*Luzula campestris*) und *rest_spec*(*Bromus hordeaceus*, *Carex leporina*, *Carex nigra*, *Cerastium fontanum*, *Cynosurus cristatus*, *Equisetum palustre*, *Galium aparine*, *Galium uliginosum*, *Juncus acutiflorus*, *Lychnis flos-cuculi* und *Poa pratensis*).

Ru98HWb	Alnu_glut	Desc_cesp	Rhyt_squa	Ranu_repe	Rum_acet	Holc_lana	Lotu_ulig	Anth_odor	Brac_ruta	Trif_repe	Fest_rubr	Fest_prat	Plan_lanc	Agro_tenu	Ranu_acri	Card_prat	Luzu_camp	rest_spec	
Original	1963		2	25	12	4	12	0	8	8	8	4	2	2	1	2	2	5	
	1964		2	4	22	29	22	1	1	7	0	1	1	4	1	1		3	
	1965		4	0	22	22	22	1	4		0	7	4	4	4	1	1	0	4
	1966		5	0	37	28	5	5	2			5		5	3	2		6	
	1967		14	0	19	19	3	28	5			2	1	2	2	5	1	0	0
	1968		35		2	26		26	3			2	1	1	3	2			1
	1969	11	69	1	2	8		1	1				1	1	4	1			2
	1970	28	49		9	12		1							1	1			
	1971	37	43		13	5							1						1
	1972	40	45		10	3													2
1973	48	46		2	1													2	
FMR	1963	0	2	25	12	4	12	0	8	8	8	0	4	2	2	1	2	2	5
	1964	2	8	4	20	19	16	3	5	5	0	2	2	3	2	2	2	0	5
	1965	5	14	1	20	21	12	6	3	2	0	3	2	3	2	2	1	0	4
	1966	8	20	0	18	20	9	7	2	1	0	3	1	2	2	2	1	0	3
	1967	11	25	0	16	18	7	8	2	1	0	3	1	2	2	2	1	0	3
	1968	15	29	0	14	17	5	8	2	0	0	2	1	2	2	2	1	0	2
	1969	18	31	0	13	15	4	7	1	0	0	2	1	1	2	1	0	0	2
	1970	21	33	0	12	14	3	7	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	2
	1971	25	34	0	11	13	3	6	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	2
	1972	27	34	0	10	12	2	6	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	2
1973	30	34	0	10	11	2	6	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	2	
MCS	1963	0	2	25	12	4	12	0	8	8	8	0	4	2	2	1	2	2	5
	1964	1	3	4	22	29	21	8	1			3	1	4	0	2	1		
	1965	1	16	0	13	21	13	17	3			5	1	4	2	3	2		
	1966	5	29	0	8	22	8	12	2			3	1	3	2	3	1		
	1967	12	35	0	9	21	5	8	2			2	0	2	2	2	1		
	1968	19	36	0	9	18	3	7	1			1	0	1	2	2	0		
	1969	24	38	0	8	15	2	7	1			1	0	1	1	1	0		
	1970	29	39	0	8	13	1	6	1			0	0	0	1	1	0		
	1971	33	39	0	7	11	1	6	1			0	0	0	1	0	0		
	1972	36	40	0	7	9	0	5	1			0	0	0	1	0	0		
1973	39	40	0	6	8	0	5	1			0	0	0	1	0	0			

Tab. A 10: Ru85HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache (RUNGE, 1985. Tab. 3)

Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Leon_autu(*Leontodon autumnalis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Plan_spha(*Plantago sphaerostachya*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Tara_offi(*Taraxacum officinalis*), Rume_acee(*Rumex acetosella*), bryo_spec(alle anderen Moose) und rest_spec(*Bellis perennis*, *Cerastium fontanum*, *Marasmius oreades*, *Poa trivialis* und *Rumex acetosa*).

Ru85HAVb		Agro_tenu	Holc_lana	Trif_repe	Fest_rubr	Leon_autu	Anth_odor	Cyno_cris	Plan_spha	Hypo_radi	Tara_offi	Rume_acee	bryo_spec	rest_spec
Original	1974	19	3	25	3	10	6	3	1		3		25	0
	1975	21	14	7	3	10	7	7	1		1	0	28	1
	1976	52	17		4	0	9	4	4		0		9	0
	1977	54	27		4		4		4		0		4	1
	1978	47	31		8		4		2		0		8	1
	1979	49	16		16				1		0		16	2
	1980	45	27	1	18				1		0		5	3
	1981	48	19	3	19	0			1	2	0		5	3
	1982	43	9	4	26	0	4		1	2	0	0	9	3
	1983	37	7	7	22	1	4		1	1	0	1	15	2
	1984	30	6	6	18	1	3		3	3	0	3	24	3
FMR	1974	19	3	25	3	10	6	3	1		3		25	0
	1975	28	10	13	6	6	6	3	2	0	1	0	24	1
	1976	34	13	7	8	3	6	3	2	1	1	1	21	1
	1977	37	15	4	10	2	5	2	3	1	0	1	19	2
	1978	39	16	3	11	1	5	2	3	1	0	1	17	2
	1979	40	17	2	13	1	4	1	3	1	0	1	15	2
	1980	40	17	2	14	1	4	1	3	1	0	1	14	2
	1981	40	17	2	15	0	3	1	3	2	0	1	14	2
	1982	40	17	2	16	0	3	1	3	2	0	2	13	2
	1983	39	17	2	16	0	3	1	3	2	0	2	13	3
	1984	39	17	2	17	0	3	1	2	2	0	2	13	3
MCS	1974	19	3	25	3	10	6	3	1		3		25	0
	1975	39	14		4	0	8	7	4		0	0	24	1
	1976	57	22		6	0	4		4		0		5	1
	1977	47	30		9		4		2		0		7	2
	1978	48	30		11		2		2		0		7	1
	1979	47	30		12		1		1		0		7	1
	1980	47	29		13		1		1		0		8	1
	1981	46	29		14		1		1		0		8	1
	1982	46	29		14		1		1		0		8	1
	1983	46	29		14		1		1		0		8	1
	1984	45	28		14		1		1		0		8	1

Tab. A 11: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache (RUNGE, 1968 und 1980)

Trif_repe(*Trifolium repens*), Agos_tenu(*Agostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Aper_spic(*Apera spica-venti*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rume_acee(*Rumex acetosella*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Tara_offi(*Taraxacum officinale*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Sali_capr(*Salix caprea*), Betu_pend(*Betula pendula*), Poa_triv(*Poa trivialis*) und rest_spec(*Aphanes microcarpa*, *Betula pubescens*, *Bromus hordeaceus*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Plantago major*, *Polygonum hydropiper*, *Quercus robur*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*, *Salix cinerea*, *Scleranthus annuus*, *Secale cereale*, *Trifolium dubium* und *Viola arvensis*).

Ru92HAb		Trif_repe	Agos_tenu	Holc_lana	Aper_spic	Anth_odor	Rume_acee	Cirs_arve	Plan_lanc	Tara_offi	Hypo_radi	Fest_rubr	Sali_capr	Betu_pend	Poa_triv	rest_spec	
Original	1966	54	1		27		15			1						2	
	1967	67	3	2	5		10	5		2			1	2		4	
	1968	45	8	30	1	0	4	2		2		0	2	2	4	2	
	1969	33	7	40		0	1	1	0	3		1	3	3	3	3	
	1970	27	15	31		1	0	8	2	4		1	1	4	2	5	
	1971	19	38	24		2	1	2	1	2	1	1					9
	1972	39	29	15		2	1	2	1	2	2	2					6
	1973	39	31	12		8	2	1	1	1	2	2					2
	1974	36	27	9		18	1			1	1	4	2				2
	1975	20	30	10		20				5	2	5	5				3
1976	0	55	5		18			0	9	0	5	5				3	
FMR	1966	54	1		27		15			1						2	
	1967	58	7	8	5	2	9	2	1	2	1	0	1	1	1	3	
	1968	48	13	13	1	4	5	3	1	2	1	1	1	1	1	4	
	1969	39	19	16	0	6	3	3	2	2	2	2	1	1	1	4	
	1970	32	23	17	0	7	2	3	3	2	2	2	1	1	1	4	
	1971	27	27	17	0	9	1	3	3	2	2	2	1	1	1	4	
	1972	23	30	17	0	10	1	2	4	2	3	2	1	1	1	4	
	1973	20	32	16	0	10	1	2	4	2	3	3	1	1	1	4	
	1974	18	34	15	0	11	1	2	5	2	3	3	1	1	1	4	
	1975	17	36	15	0	11	0	2	5	2	3	3	1	1	1	4	
1976	16	37	14	0	12	0	2	5	2	3	3	1	1	1	4		
MCS	1966	54	1		27		15			1						2	
	1967	43	16	15	2	0	6	3	0	4	0	0	1	1	0	8	
	1968	20	36	26	0	1	1	1	1	3	1	2	1	1	0	7	
	1969	8	46	29	0	4	1	1	1	1	3	3	0	0	0	4	
	1970	3	47	28	0	9	0	0	1	1	4	4	0	0	0	2	
	1971	1	46	25	0	14	0	0	2	0	5	4	0	0	0	2	
	1972	1	44	23	0	18	0	0	4	0	5	5	0	0	0	1	
	1973	0	42	21	0	21	0	0	5	0	6	5	0	0	0	1	
	1974	0	41	18	0	23	0	0	6	0	6	5	0	0	0	1	
	1975	0	40	16	0	25	0	0	6	0	6	5	0	0	0	1	
1976	0	40	15	0	26	0	0	7	0	6	5	0	0	0	1		

Tab. A 12: Wb90P28 – Plot 28 der Weender Brache (BRÜHBACH 1990)

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Ioka_domi(*Agrostis stolonifera*, *Festuca arundinacea*, *Arrhenatherum elatius* und *Artemisia vulgaris*) und rest_spec(*Apera spica-venti*, *Arenaria serpyllifolia*, *Argemone eupatoria*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Conyza canadensis*, *Cornus sanguinea*, *Crepis biennis*, *Epilobium tetragonum*, *Festuca rubra*, *Galium aparine*, *Gallium mollugo*, *Holcus lanatus*, *Lactuca serriola*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, *Myosoton aquaticum*, *Papaver rhoeas*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Poa compressa*, *Poa nemoralis*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Senecio jacobaea*, *Solidago canadensis*, *Sonchus asper*, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium hybridum*, *Veronica arvensis*, *Veronica persica*, *Vicia angustifolia*, *Vicia sativa* und *Vicia hirsuta*).

Wb90P28	Meli_alba	Poa_triv	Picr_hier	Medi_lupu	Past_sati	Dact_glom	Trip_inod	Cirs_arve	Agro_repe	Tuss_farf	Dauc_caro	Poa_prat	Trif_repe	Achi_mill	Ioka_domi	rest_spec	
Original	1977	44	0	2	9	0	7	0	0	18	0	0	12	0	2	5	
	1978	77	2	0	2	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	3	
	1979	78	12	2	1	0	1	0	1	2	0	0	2	0	1	1	
	1980	0	49	3	0	4	2	8	1	8	6	1	2	0	10	5	
	1981	0	48	2	0	3	4	0	1	16	5	2	2	0	10	6	
	1982	3	36	12	2	2	9	0	0	6	1	12	3	2	0	7	3
	1983	0	17	24	7	19	9	0	0	2	1	2	2	2	1	7	6
	1984	0	16	27	6	19	8	0	0	3	1	3	3	1	1	10	3
	1985	0	11	14	32	7	5	0	0	4	1	3	2	5	0	6	9
	FMR	1977	44	0	2	9	0	7	0	0	18	0	0	12	0	2	5
1978		39	13	3	8	2	1	5	0	2	9	1	1	6	0	4	5
1979		31	20	5	8	3	2	4	0	4	5	2	1	4	0	5	5
1980		24	23	7	8	5	3	3	0	5	3	2	2	3	0	6	5
1981		19	24	8	9	6	4	3	0	5	3	3	2	2	0	6	5
1982		16	24	10	10	6	4	3	0	6	2	3	2	2	0	7	6
1983		14	23	11	11	7	5	2	0	6	2	4	2	2	0	7	6
1984		12	22	11	11	8	5	2	0	6	2	4	2	2	0	7	6
1985		11	21	12	12	8	5	2	0	5	2	4	2	2	0	7	6
MCS		1977	44	0	2	9	0	7	0	0	18	0	0	12	0	2	5
	1978	6	30	1	8	1	1	3	0	1	19	1	1	10	0	2	12
	1979	6	24	3	8	2	3	3	0	5	14	1	1	9	0	6	15
	1980	5	23	5	8	3	4	2	0	4	12	3	2	7	0	6	17
	1981	4	20	8	8	5	4	2	0	4	9	3	2	6	0	5	19
	1982	3	19	9	9	6	4	1	0	4	8	3	2	6	0	6	21
	1983	3	18	10	9	6	5	1	0	3	7	3	2	5	0	6	22
	1984	2	17	10	10	7	5	1	0	3	7	3	2	5	1	6	23
	1985	2	16	11	11	7	5	1	0	3	6	3	2	5	1	6	23

Tab. A 13: Wb90P61 – Plot 61 der Weender Brache (BRÜHBACH 1990)

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Ioka_domi(*Plantago lanceolata* und *Taraxacum officinale*) und rest_spec(*Agrostis stolonifera*, *Apera spica-venti*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Artemisia vulgaris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Crepis biennis*, *Crepis capillaris*, *Epilobium tetragonum*, *Equisetum arvense*, *Galium aparine*, *Geum urbanum*, *Heracleum sphondylium*, *Holcus lanatus*, *Lactuca serriola*, *Larix decidua*, *Lolium perenne*, *Medicago sativa*, *Misopates orontium*, *Myosotis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa compressa*, *Poa nemoralis*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Prunus avium*, *Ranunculus repens*, *Reseda luteola*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Senecio erucifolius*, *Senecio vulgaris*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Sonchus asper*, *Trifolium campestre*, *Trifolium hybridum*, *Veronica arvensis*, *Vicia sativa* und *Viola arvensis*).

Wb90P61	Meli_alba	Poa_triv	Picr_hier	Medi_lupu	Past_sati	Dact_glom	Trip_inod	Cirs_arve	Agro_repe	Tuss_farf	Dauc_caro	Poa_prat	Trif_repe	Achi_mill	Ioka_domi	rest_spec	
Original	1977	62	3	0	9	0	0	19	0	1	0	0	3	0	0	4	
	1978	88	0	0	4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	5	
	1979	87	2	2	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	4	
	1980	0	13	42	1	0	1	8	1	5	5	0	3	1	2	6	12
	1981	1	25	30	1	0	2	1	2	6	4	0	3	1	3	7	13
	1982	24	15	21	13	1	4	0	2	3	1	2	1	1	2	3	5
	1983	0	18	23	30	2	5	1	1	2	2	1	3	1	3	3	9
	1984	1	9	23	29	2	2	1	1	3	2	2	5	1	5	8	9
	1985	2	7	15	32	4	5	0	0	3	1	0	7	5	5	3	7
FMR	1977	62	3	0	9	0	0	19	0	1	0	0	3	0	0	4	
	1978	47	7	11	10	0	1	7	1	2	1	0	1	2	1	2	6
	1979	35	9	17	12	1	2	3	1	3	2	0	2	2	1	3	8
	1980	26	10	19	13	1	2	2	1	3	2	1	3	2	2	4	8
	1981	21	11	20	15	1	3	2	1	3	2	1	3	2	2	4	8
	1982	18	11	20	16	2	3	2	1	3	2	1	4	2	3	4	8
	1983	16	11	20	17	2	3	2	1	3	2	1	4	2	3	4	8
	1984	15	11	19	18	2	3	2	1	3	2	1	4	2	3	4	8
	1985	15	11	19	19	2	4	2	1	3	2	1	5	2	3	4	8
MCS	1977	62	3	0	9	0	0	19	0	1	0	0	3	0	0	4	
	1978	20	3	3	16	1	1	4	5	3	2	1	1	1	2	36	
	1979	4	8	7	19	1	1	1	5	6	2	0	2	1	1	4	37
	1980	2	9	9	22	1	2	1	4	6	1	0	3	1	2	6	30
	1981	1	9	12	25	1	3	2	3	6	2	0	4	2	3	6	23
	1982	2	9	15	27	1	3	2	2	5	2	0	4	2	3	5	18
	1983	2	10	16	30	1	3	2	2	4	2	0	4	1	3	5	15
	1984	2	10	17	34	1	3	1	2	4	2	0	4	1	3	4	13
	1985	2	10	17	37	1	3	1	1	3	2	0	3	1	3	4	11

Tab. A 14: Wb90P68 – Plot 68 der Weender Brache (BRÜHBACH 1990)

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Ioka_domi(*Solidago canadensis*, *Artemisia vulgaris*, *Galium aparine* und *Apera spica-venti*) und rest_spec(*Agostis stolonifera*, *Anthriscus sylvestris*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Atriplex patula*, *Calamagrostis epigejos*, *Carduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Crepis biennis*, *Crepis capillaris*, *Epilobium tetragonum*, *Fallopia convolvulus*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Gallium mollugo*, *Geum urbanum*, *Holcus lanatus*, *Hypericum perforatum*, *Lactuca serriola*, *Lolium perenne*, *Myosotis arvensis*, *Nigella damascens*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Reseda luteola*, *Rosa cf. canina*, *Rubus ideaus*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Rumex sanguineus*, *Sonchus asper*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale*, *Torilis japonica*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense*, *Trisetum flavescens*, *Urtica dioica*, *Veronica arvensis*, *Veronica persica*, *Vicia angustifolia*, *Vicia sativa* und *Viola arvensis*).

Wb90P68		Meli_alba	Poa_triv	Picr_hier	Medi_lupu	Past_sati	Dact_glom	Trip_inod	Cirs_arve	Agro_repe	Tuss_farf	Dauc_caro	Poa_prat	Trif_repe	Achi_mill	Ioka_domi	rest_spec
Original	1977	62	0	2	4	0	0	9	2	0	4	0	0	2	0	4	13
	1978	88	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	4	2
	1979	87	1	1	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	4
	1980	0	42	22	0	3	3	1	3	0	6	3	1	0	1	7	8
	1981	4	46	8	1	4	4	0	5	0	9	2	2	0	1	7	9
	1982	42	30	5	0	3	5	0	1	0	2	2	0	0	1	2	5
	1983	1	20	22	0	20	11	0	2	1	4	1	1	0	2	7	8
	1984	29	23	6	0	3	9	0	0	1	12	2	2	0	1	6	7
	1985	41	16	0	0	2	19	0	1	0	5	0	2	0	1	5	8
FMR	1977	62	0	2	4	0	0	9	2	0	4	0	0	2	0	4	13
	1978	52	10	6	2	2	3	2	2	0	4	1	0	1	0	4	10
	1979	43	15	9	1	4	5	1	2	0	5	1	1	0	0	5	8
	1980	37	19	10	1	5	6	0	2	0	5	1	1	0	1	5	7
	1981	34	21	10	0	5	7	0	2	0	6	1	1	0	1	5	7
	1982	32	22	10	0	5	8	0	2	0	6	1	1	0	1	5	6
	1983	30	22	10	0	5	9	0	2	0	6	1	1	0	1	5	6
	1984	30	23	10	0	5	9	0	2	0	6	1	1	0	1	5	6
	1985	29	23	10	0	6	10	0	2	0	6	1	1	0	1	5	6
MCS	1977	62	0	2	4	0	0	9	2	0	4	0	0	2	0	4	13
	1978	18	2	2	2	2	1	2	2	1	13	1	1	1	1	23	26
	1979	39	6	1	1	2	4	1	1	0	5	1	1	1	1	29	8
	1980	35	9	1	1	3	6	1	2	0	8	1	1	0	1	15	16
	1981	24	13	1	0	3	8	1	1	0	8	1	1	0	1	22	15
	1982	31	15	1	0	3	10	0	1	0	5	1	1	0	1	19	10
	1983	25	18	1	0	4	13	0	1	0	7	1	1	0	1	15	13
	1984	23	20	1	0	4	15	0	1	0	6	1	1	0	1	17	11
	1985	23	22	1	0	4	17	0	1	0	5	1	1	0	1	15	10

Tab. A 15: Wb90P101 – Plot 101 der Weender Brache (BRÜHBACH 1990)

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Ioka_domi(*Crepis biennis*, *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Apera spica-venti*, *Plantago lanceolata*, *Rumex obtusifolius*, *Taraxacum officinale* und *Vicia hirsuta*) und rest_spec(*Anagallis arvensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Arrhenatherum elatius*, *Artemisia vulgaris*, *Atriplex patula*, *Caly-stegia sepium*, *Cerastium fontanum*, *Ceratium holosteoides*, *Cichorium intybus*, *Cirsium vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Crateagus monogyna*, *Epilobium adenocaulon*, *Epilobium montanum*, *Epilobium tetragonum*, *Equisetum arvense*, *Gallium aparine*, *Gallium mollugo*, *Holcus lanatus*, *Hypericum perforatum*, *Lactuca serriola*, *Leucanthemum vulgare*, *Medi-cago sativa*, *Myosotis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa compressa*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Rosa cf. canina*, *Rumex conglomeratus*, *Rumex crispus*, *Senecio erucifolius*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Sonchus arvensis*, *Sonchus asper*, *Tanacetum vulgare*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense*, *Veronica arvensis*, *Vicia hirsuta* und *Vicia tetrasperma*).

Wb90P101	Meli_alba	Poa_triv	Picr_hier	Medi_lupu	Past_sati	Dact_glom	Trip_inod	Cirs_arve	Agro_repe	Tuss_farf	Dauc_caro	Poa_prat	Trif_repe	Achi_mill	Ioka_domi	rest_spec	
Original	1977	56	29	0	0	1	9	0	1	2	0	0	0	0	2	1	
	1978	45	22	1	0	1	15	1	1	1	0	1	0	1	7	2	
	1979	38	23	3	0	2	2	0	8	2	5	1	2	0	2	8	7
	1980	0	26	2	0	10	5	0	17	3	7	3	1	0	3	15	9
	1981	0	29	2	0	9	9	0	18	5	5	3	1	0	3	9	7
	1982	5	19	7	0	5	24	0	10	10	6	0	2	0	3	5	5
	1983	1	16	13	5	18	16	0	3	4	5	1	2	0	2	7	6
	1984	3	15	15	6	4	2	0	5	15	8	2	1	0	4	11	10
	1985	16	14	4	2	7	16	0	2	7	5	4	0	0	5	12	8
FMR	1977	56	29	0	0	1	9	0	1	2	0	0	0	0	2	1	
	1978	36	27	2	0	3	4	6	4	2	3	1	1	0	1	6	4
	1979	24	24	3	1	5	7	4	7	3	4	1	1	0	2	8	5
	1980	17	22	4	1	6	9	3	8	4	5	2	1	0	2	10	6
	1981	13	20	5	1	7	10	2	8	5	5	2	1	0	3	10	7
	1982	10	18	6	2	8	11	2	8	6	5	2	1	0	3	10	7
	1983	9	17	6	2	8	12	1	8	7	5	2	1	0	3	11	7
	1984	8	16	7	2	8	13	1	8	7	5	2	1	0	3	11	7
	1985	8	15	7	2	9	13	1	8	7	5	2	1	0	4	11	7
MCS	1977	56	29	0	0	1	9	0	1	2	0	0	0	0	2	1	
	1978	9	47	3	0	2	3	0	5	2	4	0	2	0	2	16	5
	1979	1	47	3	0	6	5	0	6	4	6	2	2	0	2	8	10
	1980	1	44	4	0	7	7	0	5	6	5	1	2	0	4	9	6
	1981	1	41	5	0	8	9	0	5	7	5	1	2	0	3	7	6
	1982	1	39	7	0	7	9	0	5	8	5	1	2	0	3	8	6
	1983	1	36	7	0	8	9	0	5	7	5	2	1	0	3	8	7
	1984	1	34	7	0	8	9	0	5	8	5	2	1	0	3	9	7
	1985	1	33	7	0	8	10	0	5	8	6	2	1	0	3	9	7

Tab. A 16: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), rest_spec(*Agrostis canina* ssp. *montans*, *Antennaria dioica*, *Anthoxanthum odoratum*, *Anthyllis vulneraria*, *Arenaria serpyllifolia*, *Artemisia campestris*, *Bromus hordeaceus*, *Euphrasia stricta*, *Galium triandrum*, *Helianthemum nummularium*, *Linum catharticum*, *Myosotis stricta*, *Phleum phleoides*, *Polygala* sp., *Prunella vulgaris*, *Ranunculus bulbosus*, *Satureja acinos*, *Saxifraga granulata*, *Saxifraga tridactylites*, *Scleranthus annus*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum* spp., *Trifolium campestris*, *Trifolium repens* und *Veronica arvensis*) und soil_open(offener Boden).

Ro85P27		Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Gali_veru	Thym_serp	Pote_spp.	Plan_lanc	Achi_mill	Arte_laci	Care_eric	Lotu_corn	Luzu_camp	Oxyt_camp	Sedu_acre	Vero_spic	Agro_tenu	Cera_spp.	Hier_pilo	rest_spec	soil_open	
Original	s20																					
	1969	35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	0
	1970	3	3	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	22	18
	1971	3	3	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	19
	1972	3	3	3	3	9	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	22	9
	1973	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	19
	1974	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	25	13
	1975	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	25
	1976	18	3	3	9	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	0
	1977	19	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	16	6
	1978	19	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	9
1979	36	3	3	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	12	0	
FMR	1969	35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	0
	1970	29	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	5
	1971	24	3	3	4	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	16	8
	1972	21	3	3	4	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	16	10
	1973	19	3	3	4	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	16	12
	1974	18	3	3	4	5	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	16	12
	1975	16	3	3	4	5	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	17	13
	1976	16	3	3	5	5	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	17	13
	1977	15	3	3	5	5	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	17	13
	1978	15	3	3	5	5	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	17	13
	1979	15	3	3	5	5	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	17	14
MCS	1969	35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	0
	1970	14	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	38	0	
	1971	6	4	4	3	4	4	4	3	4	4	2	4	4	4	3	0	5	5	35	0	
	1972	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	2	3	3	3	4	0	4	4	44	0	
	1973	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	1	3	3	3	4	3	0	5	5	40	0
	1974	2	3	4	3	3	4	3	4	3	3	1	3	3	3	4	0	5	5	44	0	
	1975	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	1	3	3	3	4	3	0	5	5	41	0
	1976	2	3	4	3	3	4	3	4	3	3	1	3	3	3	3	3	0	5	5	43	0
	1977	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	0	5	5	42	0
	1978	2	3	4	3	3	4	3	4	3	3	1	3	3	3	3	3	0	5	5	43	0
	1979	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	0	5	5	42	0

Tab. A 17: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenatherum pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Gali_veru(*Galium verum*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Sedu_acre(*Sedum acre*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Prun_vulg(*Prunella vulgaris*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), rest_spec(*Achillea millefolium*, *Agrostis tenuis*, *Arabis hirsuta*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum pubescens*, *Artemisia laciniata*, *Bromus hordeaceus*, *Erophila verna*, *Galium triandrum*, *Galium verum*, *Hypochoeris maculata*, *Linum catharticum*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, *Myosotis stricta*, *Poa angustifolia*, *Ranunculus bulbosus*, *Saxifraga granulata*, *Scleranthus annuus*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum* spp., *Trifolium campestris*, *Trifolium repens*, *Veronica arvensis* und *Veronica spicata*) und soil_open(offener Boden).

Ro85P30	s20																				
	Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Heli_numm	Gali_veru	Ante_dioi	Anth_vuln	Care_eric	Heli_oela	Plan_lanc	Pote_spp.	Sedu_acre	Thym_serp	Prun_vulg	Anem_prat	Phle_phle	Cera_spp.	Oxyt_camp	rest_spec	soil_open	
Original	1969	34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	23	0	
	1970	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	22	19
	1971	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	25	9
	1972	3	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	25	6
	1973	9	3	9	9	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	24	0
	1974	9	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	0
	1975	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	28
	1976	9	3	18	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	18	0
	1977	9	3	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	6
	1978	18	3	18	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	9	0
1979	25	2	25	13	6	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	4	0	
FMR	1969	34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	23	0	
	1970	25	3	7	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	20	5
	1971	20	3	10	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	2	2	19	8
	1972	16	3	12	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	17	9
	1973	14	3	13	7	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	16	9
	1974	12	3	15	8	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	15	9
	1975	11	3	16	8	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	14	9
	1976	10	3	16	9	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	14	9
	1977	10	3	17	9	6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	13	9
	1978	10	3	17	9	6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	13	9
1979	9	2	17	9	6	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	13	9	
MCS	1969	34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	23	0	
	1970	3	3	35	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	0	0	22	0
	1971	10	3	19	20	2	3	0	3	3	3	3	3	3	1	3	3	0	2	20	0
	1972	22	2	18	13	2	3	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	17	0
	1973	16	2	30	11	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	15	0
	1974	14	2	29	17	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	14	0
	1975	19	2	27	17	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	13	0
	1976	19	2	31	17	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	11	0
	1977	18	2	33	18	2	2	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	0	2	10	0
	1978	19	1	33	19	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	10	0
1979	20	1	34	19	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	9	0	

Tab. A 18: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratense*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Sedu_acre(*Sedum acre*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), Aren_serp(*Arenaria serpyllifolia*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), rest_spec(*Campanula rotundifolia*, *Erophila verna*, *Galium triandrum*, *Linum catharticum*, *Myosotis stricta*, *Scleranthus annuus*, *Taraxacum* spp., *Trifolium arvense*, *Trifolium campestre* und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

Ro82P36	s19	Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Thym_serp	Gali_veru	Heli_numm	Heli_oela	Plan_lanc	Pote_spp.	Sedu_acre	Vero_spic	Lotu_corn	Oxyt_camp	Cera_spp.	Aren_serp	Brom_hord	Anth_vuln	rest_spec	soil_open
		Original	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
1970	9		3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	3	16	25
1971	19		3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	16
1972	19		3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	6	31
1973	19		9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6	18
1974	9		9	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	22
1975	19		9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	28
1976	9		9	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	6	16
1977	19		9	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	12
1978	34		9	17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0
1979	34	9	17	9	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	0	0	
FMR	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	22
	1970	32	4	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	4	19
	1971	28	5	9	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	5	17
	1972	25	6	11	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	1	2	5	16
	1973	23	6	12	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	6	15
	1974	22	7	13	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	14
	1975	21	7	14	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	14
	1976	20	7	15	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	14
	1977	19	7	15	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	13
	1978	19	8	15	6	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	13
1979	19	8	16	6	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	6	13	
MCS	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	22
	1970	27	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	1	0	0	5	13
	1971	24	6	16	6	3	3	3	7	4	3	2	3	3	3	2	0	0	3	8
	1972	27	8	13	6	4	3	3	6	5	7	1	2	3	3	3	0	0	2	5
	1973	27	11	15	7	4	3	3	6	5	6	1	2	3	3	2	0	1	1	3
	1974	27	9	17	7	3	3	3	6	5	6	0	2	3	3	2	0	1	1	2
	1975	29	9	15	7	4	3	3	6	6	6	0	2	3	3	3	0	1	0	1
	1976	29	9	15	7	4	3	3	6	6	6	0	2	3	3	2	0	1	0	1
	1977	29	9	15	7	4	3	3	7	6	6	0	2	3	3	2	0	1	0	0
	1978	29	9	14	7	4	3	3	7	6	7	0	2	3	3	2	0	1	0	0
1979	29	9	14	7	4	3	3	7	7	7	0	1	3	3	2	0	1	0	0	

Tab. A 19: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratensis*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Sedu_ace(*Sedum acre*), Sedu_refl(*Sedum reflexum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Gali_veru(*Galium verum*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), rest_spec(*Agrostis tenuis, Arenaria serpyllifolia, Campanula rotundifolia, Euphrasia spp., Linum catharticum, Myosotis stricta, Oxytropis campestris, Satureja acinos, Stellaria graminea, Taraxacum spp., Trifolium arvense, Trifolium campestre, Trifolium repens, Trifolium striatum* und *Veronica praecox*) und soil_open(offener Boden).

Ro82P38		s17	Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Brom_hord	Sedu_ace	Sedu_refl	Pote_spp.	Gali_veru	Hier_pilo	Heli_numm	Heli_oela	Thym_serp	Cera_spp.	Plan_lanc	Lotu_corn	rest_spec	soil_open
Original	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	9	15
	1970	3	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	22	19
	1971	19	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	13
	1972	19	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	18
	1973	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	19
	1974	19	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	10	28
	1975	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	22
	1976	37	3	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	6	0
	1977	38	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	6
	1978	38	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	9
1979	33	3	33	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0
FMR	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	9	15
	1970	34	3	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	9	14
	1971	32	3	11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	9	13
	1972	30	3	13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	9	12
	1973	28	3	16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	9	12
	1974	27	3	17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	9	12
	1975	26	3	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	9	12
	1976	25	3	20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	9	12
	1977	25	3	21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9	11
	1978	24	3	22	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9	11
1979	24	3	22	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9	11	
MCS	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	9	15
	1970	30	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0	3	15
	1971	41	3	15	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	10
	1972	39	3	20	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	7
	1973	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
	1974	39	3	20	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
	1975	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
	1976	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
	1977	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
	1978	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6
1979	39	3	19	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6	

Tab. A 20: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenatherum pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Sedu_refl(*Sedum reflexum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Juni_comm(*Juniperus communis*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Tara_spp.(*Taraxacum spp.*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Arab_hirs(*Arabis hirsuta*), rest_spec(*Achillea millefolium, Anemone pratensis, Arenaria serpyllifolia, Arrhenatherum elatius, Bromus hordeaceus, Campanula rotundifolia, Cirsium sp., Dianthus deltoides, Hieracium pilosella, Myosotis stricta, Plantago lanceolata, Sedum acre, Stellaria graminea, Trifolium campestris, Trifolium repens, Vicia tetrasperma* und *Viola spp.*) und soil_open(offener Boden).

Ro85P39																				
	s19	Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Gali_veru	Heli_numm	Heli_oela	Linu_cath	Luzu_camp	Sedu_refl	Thym_serp	Juni_comm	Lotu_corn	Cera_spp.	Tara_spp.	Pote_spp.	Agro_tenu	Arab_hirs	rest_spec	soil_open
Original	1969	38	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	0	0	6	15
	1970	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	13	22
	1971	38	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	6
	1972	19	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	0	0	25
	1973	19	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	0	0	25
	1974	9	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	0	3	31
	1975	9	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	0	41
	1976	9	19	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	9	25
	1977	9	38	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	0	6
	1978	9	38	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	3	3	6
1979	16	32	16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	5	0	
FMR	1969	38	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	0	0	6	15
	1970	28	13	5	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1	0	6	16
	1971	22	16	6	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	2	1	1	1	5	17
	1972	19	19	7	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	1	5	17
	1973	16	21	8	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	5	16
	1974	15	22	9	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	5	16
	1975	14	23	9	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	5	16
	1976	13	24	9	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	5	16
	1977	13	25	10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2	5	15
	1978	12	26	10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	1	2	5	15
1979	12	26	10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	1	2	5	15	
MCS	1969	38	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	0	0	6	15
	1970	21	14	2	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	2	0	0	0	6	23
	1971	16	16	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	2	0	0	0	7	25
	1972	15	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	7	24
	1973	14	21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	7	23
	1974	13	23	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	7	22
	1975	13	24	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	7	21
	1976	12	25	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	7	21
	1977	12	26	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	6	20
	1978	12	27	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	6	20
1979	11	28	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	6	19	

Tab. A 21: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratensis*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Gali_tria(*Galium triandrum*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Arrh_pube(*Arrhenaterum pubescens*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), rest_spec(*Agrostis tenuis*, *Antennaria dioica*, *Anthyllis vulneraria*, *Arabis hirsuta*, *Arenaria serpyllifolia*, *Briza media*, *Draba incana*, *Filipendula vulgaris*, *Hypochoeris maculata*, *Lotus corniculatus*, *Phleum phleoides*, *Prunella grandiflora*, *Sedum acre*, *Sedum reflexum*, *Sieglingia decumbens*, *Taraxacum spp.*, *Thymus serpyllum* und *Viola ssp.*) und soil_open(offener Boden).

Ro82P54		Fest_ovin	Arrh_prat	Arte_laci	Achi_mill	Gali_veru	Heli_numm	Care_eric	Anem_prat	Gali_tria	Oxyt_camp	Pote_spp.	Vero_spic	Luzu_camp	Plan_lanc	Heli_oela	Arrh_pube	Hier_pilo	Cera_spp.	rest_spec	soil_open
Original	s20																				
	1969	9	3	9	3	3	3	9	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	13	18
	1970	3	3	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	31	3
	1971	16	8	16	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	19	0
	1972	16	8	16	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	18	0
	1973	8	8	16	3	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	22	0
	1974	9	3	9	9	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	0
	1975	9	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	16	12
	1976	8	3	8	17	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	20	0
	1977	3	3	9	18	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	21	0
	1978	3	3	16	16	8	8	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	19	0
1979	7	2	15	15	7	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	19	0	
FMR	1969	9	3	9	3	3	3	9	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	13	18
	1970	9	4	12	5	4	4	7	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	17	7
	1971	9	4	13	7	5	5	6	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	19	3
	1972	9	4	13	8	6	5	4	3	3	3	3	3	2	3	3	1	2	2	20	2
	1973	9	4	13	9	6	6	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	20	2
	1974	9	4	14	10	6	6	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	20	2
	1975	8	4	14	10	6	6	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	20	2
	1976	8	4	14	11	7	6	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	20	2
	1977	8	4	14	11	7	7	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	1	2	20	2
	1978	8	4	14	12	7	7	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	1	2	20	2
	1979	8	4	14	12	7	7	1	2	2	2	2	2	3	2	2	3	1	2	20	2
MCS	1969	9	3	9	3	3	3	9	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	13	18
	1970	8	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	0	4	0	37	0
	1971	14	5	9	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0	3	0	0	33	0
	1972	9	6	10	4	7	6	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	29	0
	1973	8	5	10	6	7	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	31	0
	1974	9	5	11	8	8	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	28	0
	1975	8	5	11	8	7	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	28	0
	1976	8	4	11	9	8	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	27	0
	1977	8	4	11	10	8	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	27	0
	1978	8	4	11	10	8	6	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	27	0
	1979	8	4	11	10	8	7	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	0	0	27	0

Tab. A 22: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Frag_viri(*Fragaria viridis*), Gali_veru(*Galium verum*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Sess_coer(*Sessilaria coerulea ssp. ulig.*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Briz_medi(*Briza media*), Phle_bert(*Phleum bertolonii*), rest_spec(*Achillea millefolium*, *Agrostis tenuis*, *Allium vineale*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenaterum pubescens*, *Artemisia campestris*, *Campanula rotundifolia*, *Cerastium spp.*, *Cotoneaster interrimus*, *Hieracium pilosella*, *Hpericum perforatum*, *Juniperus communis*, *Linum catharticum*, *Lotus corniculatus*, *Polygalla ssp.*, *Ranunculus bulbosus*, *Silene nutans*, *Taraxacum spp.*, *Trifolium campestre* und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

Ro82P57	s20	Fest_ovin	Fili_vulg	Arrh_prat	Anth_vuln	Pote_spp.	Frag_viri	Gali_veru	Phle_phle	Sess_coer	Care_eric	Anem_prat	Plan_lanc	Ante_dioi	Heli_numm	Heli_oela	Thym_serp	Briz_medi	Phle_bert	rest_spec	soil_open	
Original	1969	41	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	
	1970	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	43
	1971	3	3	3	40	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	23
	1973	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	13	17
	1974	3	3	3	0	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	31
	1975	11	4	11	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	25
	1976	11	4	11	4	11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7
	1977	11	4	11	4	11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	14
	1978	21	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	13
1979	18	9	3	3	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	0	
FMR	1969	41	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	
	1970	27	4	4	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	4	10	
	1971	19	4	4	6	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	4	15	
	1972	14	5	4	6	6	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	4	17	
	1973	11	5	5	7	6	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	5	18	
	1974	9	5	5	7	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	5	19	
	1975	8	5	5	7	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	19	
	1976	7	5	5	8	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	19	
	1977	7	5	5	8	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	19	
	1978	6	5	5	8	8	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	19	
1979	6	5	5	8	8	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	19		
MCS	1969	41	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	
	1970	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	1	0	42
	1971	5	4	13	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	0	24
	1972	4	4	10	3	13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	18
	1973	12	4	8	3	9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	0	15
	1974	9	4	7	3	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	21
	1975	8	4	9	3	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	21
	1976	8	4	9	3	9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	20
	1977	9	4	9	3	9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	20
	1978	9	4	8	3	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	20
1979	9	4	9	2	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	0	20	

Tab. A 23: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret (ROSEN 1982)

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Arrh_prat(*Arrhenaterum pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Frag_viri(*Fragaria viridis*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Arte_camp(*Artemisia campestris*), Briz_medi(*Briza media*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), rest_spec(*Allium vineale*, *Hericum perforatum*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, *Medicago lupulina*, *Oxytropis campestris*, *Polygalla spp.*, *Ranunculus bulbosus*, *Sedum acre*, *Taraxacum spp.*, *Trifolium arvense* und *Trifolium campestre*) und soil_open(of-fener Boden).

Ro82P58		s20	Fest_ovin	Arrh_prat	Fili_vulg	Anth_vuln	Gali_veru	Thym_serp	Pote_spp.	Ante_dioi	Care_eric	Frag_viri	Heli_numm	Phle_phle	Hier_pilo	Plan_lanc	Arte_camp	Briz_medi	Linu_cath	Anem_prat	rest_spec	soil_open	
Original	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	9	
	1970	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	0	22	31	
	1971	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	19	
	1972	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	38	
	1973	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	34	
	1974	9	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	6	37
	1975	9	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	37
	1976	17	3	17	3	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	6	0
	1977	17	3	17	3	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
	1978	19	3	9	3	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	3
1979	16	8	16	3	8	8	8	8	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	13	0	
FMR	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	9	
	1970	26	4	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	7	13	
	1971	19	4	7	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	9	15	
	1972	15	4	8	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	10	16	
	1973	12	4	9	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	11	17	
	1974	10	5	9	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	11	17	
	1975	9	5	10	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	11	17	
	1976	8	5	10	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	11	17	
	1977	8	5	11	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	11	17	
	1978	7	5	11	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	11	17	
1979	7	5	11	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	11	17		
MCS	1969	38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	9	
	1970	11	4	5	1	4	12	6	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	6	1	26	4	
	1971	7	4	6	0	12	7	4	4	4	4	4	3	3	7	2	0	3	2	3	22	2	
	1972	15	5	4	0	7	4	2	4	4	4	3	2	2	6	2	0	4	1	4	29	1	
	1973	11	6	3	0	4	5	2	6	5	4	2	2	2	8	1	0	5	2	6	27	0	
	1974	7	7	3	0	5	4	2	6	4	4	3	2	2	7	1	0	6	2	6	33	0	
	1975	7	7	2	0	4	3	1	6	5	4	2	2	2	9	1	0	6	1	7	31	0	
	1976	6	7	2	0	3	3	1	7	5	4	1	2	2	8	1	0	6	1	7	35	0	
	1977	5	8	2	0	3	3	1	7	5	4	2	2	2	9	1	0	7	1	7	34	0	
	1978	4	8	1	0	3	2	1	7	5	4	1	2	2	9	1	0	7	1	8	37	0	
1979	4	8	1	0	2	2	1	7	5	4	1	2	2	10	1	0	7	1	8	36	0		

Tab. A 24: Bk89T10 – Plot Anlo 463T (BAKKER 1989)

Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Loli_pere(*Lolium perenne*), rest_spec(*Agrostis capillaris*, *Alopecurus geniculatus*, *Bellis perennis*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Cerastium fontanum*, *Elymus repens*, *Festuca pratensis*, *Glyceria fluitans*, *Lychnis flos-cuculi*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Phleum pratense*, *Plantago major*, *Poa pratensis*, *Rhinanthus minor*, *Rumex obtusifolius*, *Stellaria media* und *Taraxacum* sp.) und soil_open(offener Boden).

Bk89T10		Holc_lana	Ranu_repe	Poa_triv	Agro_stol	Rume_acet	Brom_hord	Anth_odor	Rhin_angu	Trif_repe	Cyno_cris	Loli_pere	rest_spec	soil_open
Original	1976	10	2	1	0	2	2	1	0	2	1	4	13	62
	1977	30	4	8	1	8	20	1	0	2	1	4	13	8
	1978	30	8	20	8	1	4	1	0	4	1	2	12	9
	1979	2	20	12	20	20	1	2	0	2	1	1	14	5
	1980	4	30	20	12	2	1	2	1	2	1	1	15	9
	1981	8	20	4	8	2	1	4	1	1	1	1	9	40
	1982	30	12	4	8	1	1	8	8	4	2	0	12	10
	1983	20	30	4	1	2	0	8	8	0	4	0	10	13
	1984	19	19	15	8	2	0	12	12	1	2	0	11	0
FMR	1976	10	2	1	0	2	2	1	0	2	1	4	13	62
	1977	19	8	6	3	4	6	3	2	2	1	3	14	30
	1978	20	12	9	6	5	6	4	3	2	2	2	13	17
	1979	20	14	10	7	6	5	5	4	2	2	1	12	11
	1980	19	16	11	8	6	4	5	5	2	2	1	11	9
	1981	18	17	12	9	6	4	6	5	2	2	1	11	8
	1982	17	18	12	9	6	4	6	5	2	2	1	10	8
	1983	17	19	12	9	6	3	6	6	2	2	1	10	8
	1984	17	19	12	9	6	3	6	6	2	2	0	9	8
MCS	1976	10	2	1	0	2	2	1	0	2	1	4	13	62
	1977	44	6	9	2	4	5	2	0	3	2	1	20	4
	1978	6	25	18	7	4	1	4	0	1	2	1	25	5
	1979	8	23	9	14	3	1	7	1	1	2	1	24	5
	1980	11	26	8	8	2	1	7	2	1	2	0	23	9
	1981	13	26	8	8	2	1	8	3	1	2	0	23	5
	1982	11	27	9	7	2	0	8	4	1	2	0	23	5
	1983	12	27	8	8	2	0	8	5	1	2	0	23	5
	1984	12	27	8	7	2	0	8	6	1	2	0	22	5

Tab. A 25: Bk89T11 – Plot Anlo 677T (BAKKER 1989)

Fest_rubr(*Festuca rubra*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Desc_cesp(*Deschampsia cespitosa*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), rest_spec(*Cardamine pratensis*, *Carex nigra*, *Carex ovalis*, *Cirsium palustre*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Hypochaeris radicata*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Lolium perenne*, *Plantago lanceolata*, *Poa annua*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Quercus robur* und *Rhinanthus angustifolius*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T11		Fest_rubr	Agro_capi	Desc_cesp	Rume_acet	Anth_odor	Holc_lana	Luzu_camp	Ranu_repe	rest_spec	soil_open
Original	1976	10	10	1	1	1	2	1	1	6	67
	1977	54	18	4	1	7	7	2	1	7	0
	1978	50	10	4	1	4	2	1	1	8	19
	1979	40	20	12	4	2	1	0	4	7	10
	1980	30	20	12	2	1	1	1	1	7	25
	1981	30	12	12	8	1	1	2	1	12	21
	1982	20	30	4	8	1	1	4	2	11	19
	1983	36	27	11	7	2	4	2	1	10	0
	1984	30	30	4	4	8	1	2	1	10	10
FMR	1976	10	10	1	1	1	2	1	1	6	67
	1977	25	17	4	3	3	3	2	1	8	34
	1978	31	20	5	3	4	3	2	1	9	20
	1979	34	21	6	4	4	3	2	2	9	14
	1980	35	22	7	4	5	3	2	2	9	12
	1981	35	23	8	4	5	3	2	2	9	11
	1982	35	23	8	4	5	3	2	2	9	10
	1983	35	23	8	5	5	2	2	2	9	10
	1984	35	23	8	5	5	2	2	2	9	10
MCS	1976	10	10	1	1	1	2	1	1	6	67
	1977	51	21	6	2	5	5	1	1	9	0
	1978	46	22	9	2	4	1	1	2	11	2
	1979	43	25	9	4	1	1	1	2	12	3
	1980	41	26	9	4	1	1	1	2	12	3
	1981	40	27	9	4	1	1	1	2	12	3
	1982	40	28	9	4	1	1	1	1	12	3
	1983	40	28	9	4	1	1	1	1	12	3
	1984	40	28	9	4	1	1	1	1	12	3

Tab. A 26: Bk89T12 – Plot Anlo 463N (BAKKER 1989)

Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Junc_effu(*Juncus effusus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Glyc_flui(*Glyceria fluitans*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), rest_spec(*Agrostis capillaris*, *Bellis perennis*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Cerastium fontanum*, *Epilobium obscurum*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Juncus articulatus*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Plantago major*, *Poa pratensis*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Sagina procumbens*, *Stellaria glutinosa*, *Taraxacum sp.* und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T12	Rhin_angu	Holc_lana	Ranu_repe	Anth_odor	Agro_stol	Poa_triv	Junc_effu	Equi_palu	Fest_prat	Glyc_flui	Alop_geni	Cyno_cris	Rume_acet	rest_spec	soil_open	
Original	1976	0	20	4	1	0	1	1	2	2	1	2	1	17	47	
	1977	0	40	12	1	1	4	1	1	1	1	2	2	10	23	
	1978	4	2	30	2	10	1	1	4	4	1	8	0	1	10	22
	1979	37	0	19	7	1	2	7	2	7	2	1	2	2	10	0
	1980	12	2	20	12	1	8	4	1	1	8	1	4	4	23	0
	1981	20	8	12	4	2	2	1	1	1	1	1	1	2	17	27
	1982	30	4	12	4	2	2	1	2	1	1	1	2	1	14	23
	1983	8	20	30	8	1	4	2	2	0	1	1	4	2	17	0
	1984	39	4	12	8	1	4	4	8	1	1	1	2	1	16	0
FMR	1976	0	20	4	1	0	1	1	2	2	1	2	1	17	47	
	1977	9	17	12	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	16	27
	1978	15	14	16	4	3	3	2	3	2	2	2	2	2	15	17
	1979	18	12	17	5	3	3	3	3	2	2	2	2	2	14	12
	1980	21	10	18	6	3	4	3	3	2	2	2	2	2	13	9
	1981	22	10	18	6	3	4	3	3	2	2	2	2	2	13	8
	1982	23	9	17	6	3	4	3	4	2	2	2	2	2	13	8
	1983	23	9	17	7	3	4	3	4	2	2	2	2	2	13	7
	1984	24	9	17	7	3	4	3	4	2	2	2	2	2	13	7
MCS	1976	0	20	4	1	0	1	1	2	2	1	2	1	17	47	
	1977	2	5	35	3	3	6	2	3	2	3	3	1	4	26	1
	1978	18	3	18	10	3	1	6	4	2	2	2	1	1	28	1
	1979	18	2	13	8	1	5	5	2	1	3	1	3	3	35	0
	1980	13	5	15	7	2	4	3	2	1	2	1	3	2	41	1
	1981	13	5	14	6	2	3	3	2	1	1	1	2	2	45	0
	1982	13	3	12	6	1	3	3	2	1	1	1	2	1	49	0
	1983	11	3	11	6	1	3	3	2	1	2	1	2	1	54	0
	1984	10	3	10	5	1	2	2	1	1	1	1	2	1	57	0

Tab. A 27: Bk89T14 – Plot Anlo 677N (BAKKER 1989)

Calt_palu(*Caltha palustris*), *Ranu_repe*(*Ranunculus repens*), *Trif_repe*(*Trifolium repens*), *Rhin_angu*(*Rhinanthus angustifolius*), *Glyc_flui*(*Glyceria fluitans*), *Poa_triv*(*Poa trivialis*), *Cyno_cris*(*Cynosurus cristatus*), *Holc_lana*(*Holcus lanatus*), *Lotu_ulig*(*Lotus uliginosus*), *Equi_fluv*(*Equisetum fluviatile*), *Agro_stol*(*Agrostis stolonifera*), *Junc_acut*(*Juncus acutiflorus*), *Care_nigr*(*Carex nigra*), *Ranu_acri*(*Ranunculus acris*), *Ranu_flam*(*Ranunculus flammula*), *Anth_odor*(*Anthoxanthum odoratum*), *Myos_palu*(*Myosotis palustris*), *Ment_aqua*(*Mentha aquatica*), *rest_spec*(*Achillea ptarmica*, *Agrostis capillaris*, *Almus glutinosa*, *Alopecurus geniculatus*, *Bidens tripartita*, *Cardamine pratensis*, *Carex ovalis*, *Carex rostrata*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Dactylorhiza majalis*, *Eleocharis palustris*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Juncus articulatus*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lythrum salicaria*, *Montia fontana*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Polygonum hydropiper*, *Prunella vulgaris*, *Rhinanthus minor*, *Rumex acetosa*, *Sagina procumbens*, *Stellaria glutinosa*, *Stellaria graminea*, *Trifolium dubium* und *Trifolium pratense*) und *soil_open*(offener Boden).

Bk89T14		<i>Calt_palu</i>	<i>Ranu_repe</i>	<i>Trif_repe</i>	<i>Rhin_angu</i>	<i>Glyc_flui</i>	<i>Poa_triv</i>	<i>Cyno_cris</i>	<i>Holc_lana</i>	<i>Lotu_ulig</i>	<i>Equi_fluv</i>	<i>Agro_stol</i>	<i>Junc_acut</i>	<i>Care_nigr</i>	<i>Ranu_acri</i>	<i>Ranu_flam</i>	<i>Anth_odor</i>	<i>Myos_palu</i>	<i>Ment_aqua</i>	<i>rest_spec</i>	<i>soil_open</i>
		Original	1976	10	2	1	10	1	2	2	4	1	4	10	0	2	1	1	1	1	0
	1977	12	4	12	8	1	2	12	1	4	12	1	1	2	2	0	2	0	0	19	5
	1978	20	4	12	4	1	2	12	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	0	17	9
	1979	20	4	12	4	8	4	8	1	4	1	0	0	2	4	1	1	4	1	19	2
	1980	20	12	2	2	8	4	1	1	2	1	1	0	4	4	4	1	2	1	22	8
	1981	12	8	2	1	12	4	1	4	2	1	1	0	1	2	2	1	2	1	22	21
	1982	7	19	2	4	7	11	1	4	4	2	2	1	4	2	2	1	2	4	22	0
	1983	3	16	6	2	6	9	2	9	9	2	1	2	3	1	3	2	2	3	20	0
	1984	6	15	15	15	3	6	3	3	1	1	1	6	3	1	1	1	1	1	16	0
FMR	1976	10	2	1	10	1	2	2	4	1	4	10	0	2	1	1	1	1	0	15	32
	1977	12	6	5	9	3	4	4	4	3	5	4	1	3	2	1	1	1	1	18	16
	1978	12	8	7	8	4	4	5	3	3	4	2	1	3	2	2	2	1	1	19	9
	1979	12	9	9	7	5	5	5	3	4	4	1	2	3	2	2	2	1	1	19	6
	1980	11	10	9	7	5	5	5	3	4	3	1	2	3	2	2	2	2	1	18	5
	1981	11	11	10	7	5	5	5	3	4	3	1	2	3	2	2	2	2	1	18	5
	1982	11	11	10	6	5	5	5	3	4	3	0	3	3	2	2	2	2	2	17	4
	1983	10	11	10	6	5	5	5	3	4	3	0	3	3	2	2	2	2	2	17	4
	1984	10	12	11	6	6	6	5	3	4	3	0	3	3	2	2	2	2	2	16	4
MCS	1976	10	2	1	10	1	2	2	4	1	4	10	0	2	1	1	1	1	0	15	32
	1977	13	6	10	7	3	3	9	1	5	9	1	1	3	2	0	2	0	0	23	1
	1978	17	8	11	4	3	4	8	2	2	2	1	0	3	2	1	3	2	0	24	3
	1979	20	9	7	3	5	5	4	3	2	1	0	1	3	3	1	1	2	1	27	2
	1980	16	11	6	3	6	6	2	3	3	1	1	1	3	3	2	1	1	1	30	1
	1981	12	13	6	3	6	7	2	4	3	1	1	1	3	2	2	1	2	1	31	1
	1982	11	14	6	3	6	8	2	4	3	1	1	1	3	2	2	2	2	1	31	1
	1983	10	14	7	3	5	8	2	5	3	1	1	1	3	2	2	2	1	1	30	0
	1984	10	14	7	3	5	8	2	5	3	1	1	1	3	2	2	2	1	1	29	0

Tab. A 28: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A (BAKKER 1989)

Meny_trif(*Menyanthes trifoliata*), Care_nigr(*Carex nigra*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Trif_prat(*Trifolium pratense*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Crep_palu(*Crepis paludosa*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), rest_spec(*Agrostis canina*, *Agrostis capillaris*, *Ajuga reptans*, *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Carex echinata*, *Carex panicea*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Dactylorhiza maculata*, *Festuca pratensis*, *Galium palustre*, *Galium uliginosum*, *Juncus articulatus*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Lychnis flos-cuculi*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Potentilla erecta*, *Potentilla palustris*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus flammula*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Stellaria palustris*, *Succisa pratensis*, *Taraxacum* sp., *Valeriana officinalis* und *Viola palustris*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T13	Meny_trif	Care_nigr	Cyno_cris	Plan_lanc	Holc_lana	Equi_palu	Trif_prat	Trif_repe	Ranu_acri	Lotu_ulig	Rhin_angu	Equi_fluv	Ranu_repe	Dact_maja	Crep_palu	Fest_rubr	Rume_acet	Anth_odor	rest_spec	soil_open
Original																				
1974	2	9	3	3	3	2	9	9	3	9	3	3	2	1	0	3	2	3	31	0
1975	1	26	7	3	7	1	3	3	7	3	3	3	1	1	0	3	3	3	26	0
1976	20	4	1	4	1	10	4	10	2	2	10	1	1	1	1	1	1	1	18	7
1977	10	10	10	10	10	9	7	3	1	3	2	1	1	1	1	3	1	2	15	0
1978	17	1	10	7	3	9	7	3	3	2	2	1	3	3	0	1	3	1	23	0
1979	20	12	1	4	1	10	4	2	4	1	2	1	4	2	1	1	2	1	23	4
1980	12	12	1	1	1	2	1	2	4	1	2	4	1	8	2	1	2	2	27	14
1981	38	11	1	1	1	10	1	1	4	1	1	2	1	2	1	1	1	1	22	0
1982	49	8	2	1	2	2	1	0	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	21	0
1983	49	7	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	1	1	2	1	1	17	0
1984	41	14	1	1	1	1	3	1	1	1	1	5	5	1	5	1	1	1	14	0
FMR																				
1974	2	9	3	3	3	2	9	9	3	9	3	3	2	1	0	3	2	3	31	0
1975	9	11	4	4	4	3	6	6	3	5	3	3	2	1	1	3	2	2	27	2
1976	15	11	4	3	4	4	5	4	3	3	3	3	2	2	1	2	2	2	24	3
1977	19	12	4	3	3	5	4	3	3	2	3	3	3	2	1	2	2	2	21	3
1978	22	12	4	3	3	5	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1	19	3
1979	24	12	4	3	3	5	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	1	18	3
1980	26	12	4	3	3	6	3	3	3	1	2	3	3	2	2	1	1	1	17	3
1981	28	11	4	3	3	6	3	2	3	1	2	3	3	2	2	1	1	1	16	3
1982	29	11	4	3	3	6	3	2	3	1	2	3	3	2	2	1	1	1	16	3
1983	29	11	4	3	3	6	3	2	3	1	2	3	3	2	2	1	1	1	15	3
1984	30	11	4	3	3	6	3	2	3	1	2	3	3	2	3	1	1	1	15	3
MCS																				
1974	2	9	3	3	3	2	9	9	3	9	3	3	2	1	0	3	2	3	31	0
1975	6	9	7	4	7	3	4	3	6	3	3	3	2	1	0	3	3	2	32	0
1976	11	10	3	5	3	5	5	3	5	2	3	2	2	1	1	2	2	2	32	0
1977	15	10	3	4	3	3	4	2	4	2	3	2	2	2	1	2	2	2	35	0
1978	20	9	2	3	2	3	3	2	4	2	2	2	2	2	1	2	2	2	35	0
1979	22	10	2	3	2	2	3	2	4	2	2	2	2	1	1	2	2	2	34	0
1980	25	10	2	3	2	2	3	1	4	2	2	2	2	1	1	2	2	2	34	0
1981	27	10	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	33	0
1982	28	10	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	1	32	0
1983	29	10	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1	31	0
1984	30	10	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1	30	0

Tab. A 29: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B (BAKKER 1989)

Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Junc_acut(*Juncus acutiflorus*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Junc_cong(*Juncus conglomeratus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cirs_palu(*Cirsium palustre*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Viol_palu(*Viola palustris*), Care_nigr(*Carex nigra*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), rest_spec(*Ajuga reptans*, *Betula pubescens*, *Cardamine pratensis*, *Carex echinata*, *Carex ovalis*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia cespitosa*, *Equisetum fluviatile*, *Equisetum palustre*, *Festuca pratensis*, *Filipendula ulmaria*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Luzula multiflora*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia vulgaris*, *Myosotis discolor*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Potentilla erecta*, *Prunella vulgaris*, *Quercus robur*, *Ranunculus acris*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Taraxacum sp.*, *Valeriana officinalis* und *Veronica chamaedrys*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T15		Plan_lanc	Junc_acut	Agro_capi	Holc_lana	Rhin_angu	Junc_cong	Lotu_ulig	Rume_acet	Anth_odor	Cirs_palu	Cera_font	Fest_rubr	Viol_palu	Care_nigr	Dact_maja	Ranu_repe	Cyno_cris	Trif_repe	rest_spec	soil_open
Original	1974	25	25	2	1	2	1	1	2	6	1	1	6	0	2	1	2	1	1	16	0
	1975	3	32	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	0	3	3	3	25	0
	1976	10	20	20	2	1	1	1	1	1	1	10	0	1	2	1	1	1	1	8	17
	1977	28	11	23	11	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0
	1978	24	16	16	1	1	6	1	2	1	6	1	1	1	2	3	1	1	2	16	0
	1979	19	19	7	2	7	7	1	2	1	4	1	1	1	4	4	1	1	2	18	0
	1980	8	38	8	1	4	11	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	16	0
	1981	4	36	4	2	1	1	11	11	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	19	0
	1982	12	40	2	2	2	1	4	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	19	3
	1983	18	37	2	2	4	1	7	2	4	1	1	1	4	2	1	1	1	1	12	0
	1984	8	29	4	2	12	1	2	2	8	1	1	0	8	4	1	2	1	1	15	0
FMR	1974	25	25	2	1	2	1	1	2	6	1	1	6	0	2	1	2	1	1	16	0
	1975	19	25	4	2	4	2	2	3	5	2	2	3	1	2	1	2	1	1	16	2
	1976	15	26	6	3	4	3	3	3	4	2	2	2	2	2	1	2	1	1	15	3
	1977	14	25	7	3	5	3	3	3	4	2	2	1	2	2	1	2	1	1	15	3
	1978	13	25	8	3	5	3	3	3	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	15	3
	1979	12	25	8	3	5	3	4	3	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	15	3
	1980	12	25	8	3	5	3	4	3	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	15	3
	1981	12	25	9	3	5	3	4	3	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	14	3
	1982	12	25	9	3	5	3	4	3	3	2	2	1	4	2	1	1	1	1	14	3
	1983	12	25	9	3	5	3	4	3	3	2	2	1	4	2	1	1	1	1	14	3
	1984	11	25	9	3	5	3	4	3	3	2	2	1	4	2	1	1	1	1	14	3
MCS	1974	25	25	2	1	2	1	1	2	6	1	1	6	0	2	1	2	1	1	16	0
	1975	7	31	4	3	3	3	2	2	3	2	2	1	2	2	0	3	3	3	23	0
	1976	11	37	8	3	2	2	3	2	2	2	4	0	2	2	1	2	1	1	13	0
	1977	11	35	8	4	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	1	2	1	1	16	0
	1978	12	35	7	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	16	0
	1979	11	35	6	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	17	0
	1980	11	36	6	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	16	0
	1981	11	36	6	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	1	2	1	1	16	0
	1982	11	36	6	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	1	2	1	1	16	0
	1983	11	36	6	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	1	2	1	1	16	0
	1984	11	36	6	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	16	0

Tab. A 30: Bk89T16 – Plot Taarlo 431 (BAKKER 1989)

Fili_ulma(*Filipendula ulmaria*), Care_acut(*Carex acutiformis*), Crep_palu(*Crepis paludosa*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Vici_crac(*Vicia cracca*), rest_spec(*Ajuga reptans*, *Anthriscus sylvestris*, *Bellis perennis*, *Bromus racemosus*, *Cardamine pratensis*, *Carex nigra*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Cynosurus cristatus*, *Equisetum fluviatile*, *Festuca pratensis*, *Galium palustre*, *Glechoma hederacea*, *Glyceria fluitans*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Phyteuma nigrum*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*, *Stellaria media*, *Taraxacum sp.*, *Trifolium dubium*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica*, *Veronica arvensis* und *Veronica chamaedrys*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T16		Fili_ulma	Care_acut	Crep_palu	Lotu_ulig	Holc_lana	Poa_triv	Anth_odor	Plan_lanc	Ranu_acri	Rhin_angu	Fest_rubr	Equi_palu	Vici_crac	rest_spec	soil_open	
Original	1976	20	10	10	4	4	1	1	10	1	0	4	4	2	21	8	
	1977	19	4	4	7	19	11	2	4	2	1	2	2	4	21	0	
	1978	17	7	3	7	10	9	10	2	7	2	2	1	2	22	0	
	1979	12	8	4	8	1	8	4	1	4	8	2	1	1	20	18	
	1980	20	2	10	2	1	8	8	4	2	4	2	1	1	19	16	
	1981	12	20	2	20	0	4	4	1	2	1	1	2	1	23	7	
	1982	35	17	17	7	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	11	0
	1983	20	20	12	8	2	2	2	8	1	2	4	2	2	1	18	0
	1984	25	33	10	10	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	10	0
FMR	1976	20	10	10	4	4	1	1	10	1	0	4	4	2	21	8	
	1977	20	13	9	6	5	3	3	5	2	1	3	3	2	19	6	
	1978	20	14	9	8	5	4	4	3	2	2	2	2	2	18	5	
	1979	20	16	9	9	5	4	5	2	2	3	2	1	1	16	5	
	1980	20	16	8	9	5	5	5	2	2	3	2	1	1	16	5	
	1981	20	17	8	9	5	5	5	1	3	3	2	1	1	15	5	
	1982	20	18	8	10	4	5	5	1	3	3	1	1	1	14	5	
	1983	20	18	8	10	4	5	5	1	3	3	1	1	1	14	5	
	1984	19	18	8	10	4	5	5	1	3	3	1	1	1	14	5	
MCS	1976	20	10	10	4	4	1	1	10	1	0	4	4	2	21	8	
	1977	23	10	5	10	2	10	3	3	3	1	2	2	3	23	0	
	1978	24	8	8	9	1	4	7	2	4	3	2	2	2	24	0	
	1979	24	12	8	11	1	3	5	2	3	4	3	2	2	21	0	
	1980	26	11	11	10	1	3	4	2	3	3	2	2	2	20	0	
	1981	24	13	10	10	1	3	4	2	3	3	2	2	2	20	0	
	1982	26	13	11	10	1	3	4	2	3	3	2	2	2	20	0	
	1983	25	13	10	10	1	3	4	2	3	3	2	2	2	20	0	
	1984	25	13	11	10	1	3	4	2	3	3	2	2	2	20	0	

Tab. A 31: Bk89T17 – Plot Taarlo 424 (BAKKER 1989)

Crep_palu(*Crepis paludosa*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Calt_palu(*Caltha palustris*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Fili_ulma(*Filipendula ulmaria*), Care_acut(*Carex acutiformis*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Lych_flos(*Lychnis flos-cuculi*), Cirs_palu(*Cirsium palustre*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Trif_prat(*Trifolium pratense*), rest_spec(*Achillea millefolium*, *Agrostis canina*, *Ajuga reptans*, *Bellis perennis*, *Bromus racemosus*, *Cardamine pratensis*, *Carex nigra*, *Equisetum palustre*, *Festuca pratensis*, *Galium uliginosum*, *Holcus lanatus*, *Luzula campestris*, *Lythrum salicaria*, *Phyteuma nigrum*, *Plantago lanceolata*, *Pragmites australis*, *Ranunculus repens*, *Stellaria graminea*, *Stellaria palustris*, *Veronica arvensis*, *Veronica chamaedrys* und *Vicia cracca*) und soil_open(offener Boden).

Bk89T17		Crep_palu	Cyno_cris	Calt_palu	Lotu_ulig	Equi_fluv	Fili_ulma	Care_acut	Cera_font	Anth_odor	Ranu_acri	Rhin_angu	Lych_flos	Cirs_palu	Poa_triv	Fest_rubr	Trif_repe	Rume_acet	Trif_prat	rest_spec	soil_open	
Original	1976	2	2	2	1	1	4	10	10	1	4	2	1	2	1	1	1	1	0	14	40	
	1977	4	30	2	1	1	1	4	4	10	4	2	2	4	4	1	2	2	0	17	5	
	1978	0	20	8	2	1	1	8	2	2	8	8	8	4	1	1	2	1	0	17	6	
	1979	11	11	7	7	4	2	7	2	4	7	4	2	2	2	2	4	1	2	20	0	
	1980	20	1	12	8	1	2	4	2	2	4	1	1	4	1	2	1	4	1	18	11	
	1981	20	4	4	8	1	2	4	1	4	2	2	1	2	2	2	1	1	2	16	21	
	1982	12	1	4	12	8	12	2	4	2	2	2	1	2	4	2	2	2	4	18	4	
	1983	11	4	7	11	11	4	2	7	4	4	4	2	1	2	4	4	3	2	4	18	0
	1984	27	2	11	7	7	7	1	2	2	2	1	1	1	4	4	2	2	2	16	0	
FMR	1976	2	2	2	1	1	4	10	10	1	4	2	1	2	1	1	1	1	0	14	40	
	1977	7	9	4	3	3	4	7	7	3	4	2	2	3	2	1	2	2	1	17	18	
	1978	10	10	5	5	4	5	5	5	4	4	3	2	3	3	2	2	2	1	17	9	
	1979	12	10	6	5	4	5	4	4	4	4	3	2	3	3	2	2	2	2	17	6	
	1980	14	10	7	6	5	5	4	3	4	4	3	2	2	3	2	2	2	2	16	5	
	1981	15	9	8	7	5	5	3	3	4	4	3	2	2	3	2	2	2	2	16	5	
	1982	16	9	8	7	5	5	3	2	4	3	3	2	2	3	2	2	2	2	15	4	
	1983	17	9	8	7	5	5	3	2	4	3	2	2	2	3	2	2	2	2	15	4	
	1984	17	8	8	7	5	5	2	2	4	3	2	2	2	3	2	2	2	2	15	4	
MCS	1976	2	2	2	1	1	4	10	10	1	4	2	1	2	1	1	1	1	0	14	40	
	1977	2	11	4	3	2	2	5	6	10	5	3	2	5	6	1	3	2	0	24	4	
	1978	4	6	12	3	2	2	6	4	4	6	3	3	5	2	2	4	2	1	29	0	
	1979	7	4	11	6	3	3	6	2	4	5	2	2	3	1	3	2	2	1	33	0	
	1980	10	2	9	7	3	4	4	2	3	4	2	1	3	2	3	1	2	1	37	0	
	1981	11	2	8	8	3	4	3	2	2	3	1	1	2	2	3	1	1	2	40	0	
	1982	11	2	7	8	3	4	3	2	2	2	1	1	2	2	3	1	1	2	43	0	
	1983	11	2	6	8	3	4	2	2	2	2	1	1	2	2	3	1	1	2	45	0	
	1984	11	2	6	8	3	4	2	2	2	2	1	1	1	2	3	1	1	2	46	0	

Tab. A 32: Rt92BBa – Brache A (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Gale_tetr(*Galeopsis tetrahit*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), Poa_triv(*Poa trivialis*), rest_spec(*Agrostis canina*, *Agrostis gigantea*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Barbarea stricta*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Chenopodium album*, *Cirsium palustre*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Polygonum hydropiper*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Rt92BBa		Desc_caes	Gale_tetr	Agro_tenu	Cirs_arve	Agro_stol	Poa_prat	Fest_prat	Rume_acet	Achi_ptar	Poa_triv	rest_spec	soil_open
Original	1979	22	0	27	0	23	14	7	0	0	3	1	2
	1980	67	0	1	0	1	2	4	2	0	1	1	21
	1981	43	0	2	1	2	0	0	3	2	0	2	43
	1982	60	1	0	1	0	2	0	3	4	2	3	23
	1983	53	11	1	13	0	0	0	4	2	0	1	15
	1984	13	33	0	21	0	0	0	4	4	0	2	22
	1985	64	3	0	16	0	0	0	4	1	0	2	10
	1986	55	0	0	6	0	0	0	3	0	0	3	33
	1987	66	11	1	1	0	0	0	3	0	0	3	15
	1988	91	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	3
1989	36	1	0	2	0	0	0	6	0	0	2	52	
FMR	1979	22	0	27	0	23	14	7	0	0	3	1	2
	1980	56	2	5	1	3	4	4	2	1	2	1	19
	1981	56	4	1	3	1	1	2	3	1	1	2	25
	1982	52	6	0	5	0	0	1	3	1	1	2	28
	1983	50	7	0	6	0	0	0	4	1	1	2	29
	1984	48	8	0	6	0	0	0	4	1	1	2	29
	1985	47	8	0	7	0	0	0	4	1	0	2	29
	1986	47	8	0	7	0	0	0	4	1	0	2	29
	1987	46	8	0	7	0	0	0	4	1	0	2	29
	1988	46	8	0	7	0	0	0	4	1	0	2	29
1989	46	8	0	7	0	0	0	4	1	0	2	29	
MCS	1979	22	0	27	0	23	14	7	0	0	3	1	2
	1980	64	0	1	0	1	2	4	2	1	1	1	23
	1981	66	0	1	1	1	0	0	5	1	0	3	23
	1982	67	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	20
	1983	66	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
	1984	67	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
	1985	67	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
	1986	66	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
	1987	66	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
	1988	66	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21
1989	66	1	1	1	0	0	0	5	1	0	4	21	

Tab. A 33: Rt92BBb – Brache B (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_giga(*Agrostis gigantea*), Glec_hede(*Glechoma hederacea*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agrostis tenuis*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Bidens tripartita*, *Carex fusca*, *Cerastium fontanum*, *Chenopodium album*, *Chrysanthemum vulgare*, *Festuca pratensis*, *Galeopsis tetrahit*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Mentha arvensis*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Rorippa amphibia*, *Rumex crispus*, *Scutellaria galericulata*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum officinalis* und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

Rt92BBb	Desc_caes	Cirs_arve	Pote_anse	Agro_stol	Ranu_repe	Agro_cani	Poa_triv	Agro_giga	Glec_hede	Alop_geni	Rume_acet	Poa_prat	Gali_palu	Card_prat	rest_spec	soil_open	
Original	1979	5	0	5	40	1	27	8	0	0	5	0	4	0	4	0	
	1980	29	0	21	15	6	6	1	0	0	0	0	1	1	2	1	16
	1981	25	1	30	10	7	10	1	0	0	0	0	2	2	2	2	8
	1982	40	7	33	0	7	0	1	0	0	0	0	1	2	1	2	5
	1983	35	25	15	0	15	1	2	0	0	0	0	2	0	0	2	2
	1984	4	45	1	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14
	1985	58	6	4	0	7	1	1	6	1	0	4	1	0	0	7	4
	1986	71	3	2	0	2	1	1	4	0	0	0	1	0	0	6	9
	1987	71	1	0	0	0	1	1	2	0	0	2	0	0	0	6	14
	1988	84	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6	5
1989	23	16	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	53	
FMR	1979	5	0	5	40	1	27	8	0	0	5	0	4	0	4	0	
	1980	24	3	17	17	5	11	4	0	0	0	0	2	1	1	4	9
	1981	31	7	18	7	7	5	2	1	0	0	1	2	1	1	3	14
	1982	35	10	15	3	8	3	1	1	1	0	1	1	1	1	3	16
	1983	36	12	13	2	8	2	1	1	1	0	1	1	1	1	3	18
	1984	37	13	11	1	8	1	0	1	1	0	1	1	1	1	3	19
	1985	38	14	10	1	8	1	0	2	2	0	1	1	1	1	3	19
	1986	38	14	9	0	8	1	0	2	2	0	1	0	1	1	3	20
	1987	39	14	8	0	8	1	0	2	2	0	1	0	1	0	3	20
	1988	39	14	8	0	8	1	0	2	2	0	1	0	0	0	3	21
1989	39	14	7	0	8	1	0	2	2	0	1	0	0	0	3	21	
MCS	1979	5	0	5	40	1	27	8	0	0	5	0	4	0	4	0	
	1980	29	1	21	15	6	6	1	0	0	0	0	1	1	2	2	14
	1981	39	7	18	6	7	1	1	0	0	0	0	1	1	1	10	8
	1982	41	13	11	2	7	1	1	0	0	0	0	1	0	0	13	9
	1983	44	18	6	1	5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	14	9
	1984	43	21	3	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	15	10
	1985	42	24	2	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	15	10
	1986	41	26	1	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	15	10
	1987	41	27	1	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	14	10
	1988	40	28	1	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	14	10
1989	40	28	1	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	14	10	

Tab. A 34: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agrostis gigantea*, *Alopecurus geniculatus*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Bromus hordeaceus*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lysimachia numularia*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Rt92B1uS		Desc_caes	Agro_tenu	Pote_anse	Rume_acet	Cirs_arve	Agro_stol	Agro_cani	Poa_prat	Gali_palu	Poa_triv	Fest_prat	rest_spec	soil_open
Original	1979	43	14	5	0	0	14	7	6	0	4	3	4	0
	1980	54	5	7	0	0	13	4	5	0	0	3	1	8
	1981	50	3	12	1	1	3	4	1	0	0	3	2	20
	1982	59	2	12	1	0	2	2	1	2	0	0	3	16
	1983	65	2	25	1	0	1	0	2	3	0	0	1	0
	1984	40	1	3	2	1	2	0	1	0	0	0	1	49
	1985	51	3	2	12	12	1	0	1	0	1	1	2	16
	1986	67	3	3	12	9	1	0	1	0	1	0	2	3
	1987	77	5	1	5	3	1	0	1	0	1	0	3	4
	1988	61	23	1	7	1	0	1	1	0	1	1	3	1
1989	38	30	0	15	1	0	0	1	0	1	0	4	10	
FMR	1979	43	14	5	0	0	14	7	6	0	4	3	4	0
	1980	45	13	6	2	1	8	4	4	0	2	2	4	8
	1981	46	13	6	4	2	5	2	3	0	1	2	3	12
	1982	47	12	6	5	2	3	2	2	1	1	1	3	14
	1983	47	12	6	7	3	2	1	1	1	1	1	3	15
	1984	47	12	6	7	3	2	1	1	1	0	1	2	16
	1985	47	12	6	8	3	1	1	1	1	0	1	2	16
	1986	47	12	6	9	3	1	1	1	1	0	1	2	16
	1987	47	12	6	9	4	1	1	1	1	0	1	2	16
	1988	47	12	6	9	4	1	0	1	1	0	1	2	16
1989	47	12	6	10	4	1	0	1	1	0	1	2	16	
MCS	1979	43	14	5	0	0	14	7	6	0	4	3	4	0
	1980	54	5	7	0	0	5	4	5	0	0	3	9	8
	1981	64	2	4	2	1	5	1	2	0	0	1	7	10
	1982	70	2	3	4	2	2	1	2	0	0	1	7	7
	1983	75	1	2	4	2	2	0	1	0	0	1	7	5
	1984	78	1	1	4	1	1	0	1	0	0	0	8	3
	1985	80	1	1	4	1	1	0	1	0	0	0	8	2
	1986	81	1	1	3	1	1	0	1	0	0	0	8	2
	1987	82	1	1	3	1	1	0	1	0	0	0	8	1
	1988	83	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	8	1
1989	84	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	9	1	

Tab. A 35: Rt92B2 – zweimal Mähen (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), rest_spec(*Alopecurus geniculatus*, *Alopecurus pratensis*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Festuca rubra*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium palustre*, *Juncus effusus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Phalaris arundinacea*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Sagina procumbens*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Rt92B2	Desc_caes	Agro_tenu	Agro_stol	Anth_odor	Agro_cani	Rume_acet	Poa_prat	Ranu_repe	Fest_prat	Trif_repe	Poa_triv	Cirs_arve	Pote_anse	Cera_font	Holc_lana	Achi_ptar	rest_spec	soil_open
Original	1979	11	25	28	1	21	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
	1980	21	23	10	2	10	1	4	1	5	3	3	1	1	0	1	1	3
	1981	25	18	9	2	11	0	13	1	4	5	4	1	2	0	1	2	2
	1982	41	12	24	2	7	0	1	2	3	1	1	1	0	0	0	1	3
	1983	51	28	0	2	1	3	0	0	1	0	1	3	3	0	0	1	3
	1984	52	22	0	1	6	3	0	7	0	0	1	0	0	3	1	0	1
	1985	51	3	0	5	7	5	1	9	0	1	1	0	0	1	1	0	2
	1986	40	23	0	17	1	3	1	6	1	0	0	0	0	0	1	0	2
	1987	33	25	0	2	3	6	1	6	1	1	1	0	0	1	1	1	3
	1988	28	8	0	14	1	17	1	7	0	1	0	0	0	1	1	1	3
1989	30	26	0	13	1	5	1	12	0	0	0	0	0	0	3	0	1	
FMR	1979	11	25	28	1	21	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
	1980	23	24	15	3	13	2	3	2	3	1	3	1	1	0	0	1	1
	1981	29	22	9	4	9	3	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	2
	1982	32	21	6	6	6	4	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1	2
	1983	33	20	4	7	5	4	3	5	2	1	1	1	1	1	1	1	2
	1984	34	19	3	7	4	5	2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1985	34	19	3	8	3	5	2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1986	34	19	3	8	3	5	2	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1987	34	19	3	8	3	6	2	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1988	34	19	3	9	3	6	2	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2
1989	33	19	3	9	3	6	2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
MCS	1979	11	25	28	1	21	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
	1980	21	22	10	2	10	3	2	3	5	2	3	2	1	0	1	1	12
	1981	37	21	4	3	8	3	1	4	3	1	3	1	1	0	1	1	6
	1982	42	20	2	4	7	4	1	6	2	1	2	0	0	1	1	1	5
	1983	43	20	1	5	6	4	1	6	1	1	1	0	0	1	1	1	5
	1984	43	20	1	6	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	4
	1985	43	20	1	6	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	4
	1986	43	21	1	6	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	3
	1987	42	21	1	6	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	3
	1988	42	21	1	7	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	3
1989	42	21	1	7	5	5	1	7	1	1	1	0	0	1	1	0	3	

Tab. A 36: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Alop_prat(*Alopecurus pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Alopecurus geniculatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Chrysanthemum vulgare*, *Cirsium arvense*, *Festuca pratensis*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Myosotis palustris*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Stellaria palustris*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Veronica scutellata* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Rt92BS3		Desc_caes	Agro_stol	Agro_tenu	Rume_acet	Pote_anse	Agro_cani	Poa_prat	Alop_prat	Ranu_repe	Poa_triv	Gali_palu	Card_prat	rest_spec	soil_open
Original	1979	24	16	12	0	12	16	5	3	0	9	0	0	1	1
	1980	18	22	4	3	10	12	5	1	0	2	0	3	1	19
	1981	37	11	4	2	19	8	9	1	0	1	0	1	4	2
	1982	49	9	4	2	15	6	4	1	1	1	6	0	4	0
	1983	60	5	5	2	15	7	0	0	2	0	0	0	4	0
	1984	73	3	1	4	3	1	0	9	1	1	0	0	3	2
	1985	75	1	1	6	0	1	1	5	1	1	0	0	2	6
	1986	61	1	2	12	0	1	1	7	1	1	0	0	2	12
	1987	54	0	8	7	1	2	1	5	2	1	0	0	2	17
	1988	47	0	13	19	0	4	1	5	3	1	0	0	2	4
1989	46	0	20	12	1	2	0	7	8	0	0	0	2	2	
FMR	1979	24	16	12	0	12	16	5	3	0	9	0	0	1	1
	1980	33	12	11	2	10	11	4	3	1	4	1	1	2	5
	1981	39	9	10	4	9	8	3	4	1	2	1	1	2	7
	1982	42	7	9	6	8	6	3	4	2	1	1	1	2	8
	1983	45	6	9	7	7	4	3	4	3	1	1	1	3	8
	1984	46	5	9	8	6	4	2	5	3	0	1	1	3	8
	1985	47	4	9	8	6	3	2	5	3	0	1	1	3	8
	1986	48	4	9	9	5	3	2	5	4	0	1	1	3	8
	1987	48	3	9	9	5	3	2	5	4	0	1	1	3	8
	1988	48	3	9	10	5	3	2	5	4	0	1	1	3	8
1989	48	3	9	10	4	3	2	5	5	0	1	1	2	8	
MCS	1979	24	16	12	0	12	16	5	3	0	9	0	0	1	1
	1980	29	11	9	3	10	12	5	1	0	2	0	2	8	9
	1981	40	8	8	3	9	9	4	2	1	1	0	1	12	3
	1982	51	5	7	4	7	7	3	3	1	1	0	1	8	2
	1983	56	4	7	5	5	5	2	4	1	1	0	0	8	3
	1984	58	3	8	6	4	4	1	4	1	1	0	0	8	3
	1985	59	2	8	6	3	3	1	4	1	1	0	0	8	3
	1986	60	1	9	7	2	2	1	5	1	1	0	0	8	3
	1987	60	1	9	7	1	2	1	5	1	1	0	0	8	3
	1988	60	1	10	7	1	2	0	5	1	1	0	0	9	3
1989	60	0	11	7	1	2	0	5	1	1	0	0	9	3	

Tab. A 37: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung) (ROSENTHAL 1992)

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Chrysanthemum vulgare*, *Festuca rubra*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium aparine*, *Galium palustre*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Stellaria palustris*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Rt92B2u3		Desc_caes	Agro_stol	Agro_tenu	Rume_acet	Cirs_arve	Holc_lana	Agro_cani	Ranu_repe	Fest_prat	Poa_triv	Pote_anse	Poa_prat	rest_spec	soil_open
Original	1979	17	33	17	0	0	0	13	0	6	6	3	1	1	2
	1980	55	8	6	0	1	0	0	0	8	5	4	2	2	8
	1981	50	10	10	3	3	0	8	0	1	1	4	2	2	6
	1982	71	1	1	2	2	0	1	0	4	0	2	1	2	12
	1983	71	0	11	5	5	0	1	0	1	0	2	1	2	0
	1984	58	1	9	17	5	0	2	1	0	1	0	1	2	2
	1985	58	0	2	17	8	1	0	3	1	2	0	0	2	6
	1986	62	1	1	6	16	1	0	2	1	1	1	1	2	5
	1987	49	0	22	7	2	1	1	2	1	4	1	3	4	3
	1988	37	0	25	12	0	5	0	10	0	5	0	1	2	2
1989	37	0	24	6	0	15	0	11	1	1	0	1	1	4	
FMR	1979	17	33	17	0	0	0	13	0	6	6	3	1	1	2
	1980	39	12	15	3	2	1	6	1	5	5	3	1	2	5
	1981	47	5	15	4	3	2	3	2	4	4	3	1	2	6
	1982	49	2	14	6	3	3	2	3	3	3	2	1	2	6
	1983	49	1	14	7	4	4	2	4	2	2	2	1	2	6
	1984	49	1	14	7	4	5	1	4	2	2	2	1	2	6
	1985	48	1	13	8	4	6	1	5	2	2	1	1	2	6
	1986	47	1	13	8	4	7	1	5	1	2	1	1	2	6
	1987	46	1	13	8	4	7	1	6	1	2	1	1	2	5
	1988	45	1	13	8	4	8	1	6	1	2	1	1	2	5
1989	45	1	13	9	4	9	1	6	1	2	1	1	2	5	
MCS	1979	17	33	17	0	0	0	13	0	6	6	3	1	1	2
	1980	54	3	15	2	2	0	1	4	1	1	4	2	5	8
	1981	52	0	19	4	3	1	1	5	1	1	1	1	9	2
	1982	45	0	25	5	3	2	0	6	0	1	1	1	8	2
	1983	39	0	29	5	3	3	0	9	0	1	0	0	7	2
	1984	35	0	31	5	3	5	0	11	0	1	0	0	6	2
	1985	32	0	32	5	3	7	0	12	0	1	0	0	6	2
	1986	29	0	32	5	3	9	0	13	0	1	0	0	5	2
	1987	26	0	33	5	2	11	0	14	0	1	0	0	5	2
	1988	25	0	33	5	2	14	0	14	0	1	0	0	4	2
1989	23	0	32	4	2	16	0	14	0	1	0	0	4	2	

Anhang

B Teilmatrizen: Modellmatrizen und Prognosen (Abbildungen)

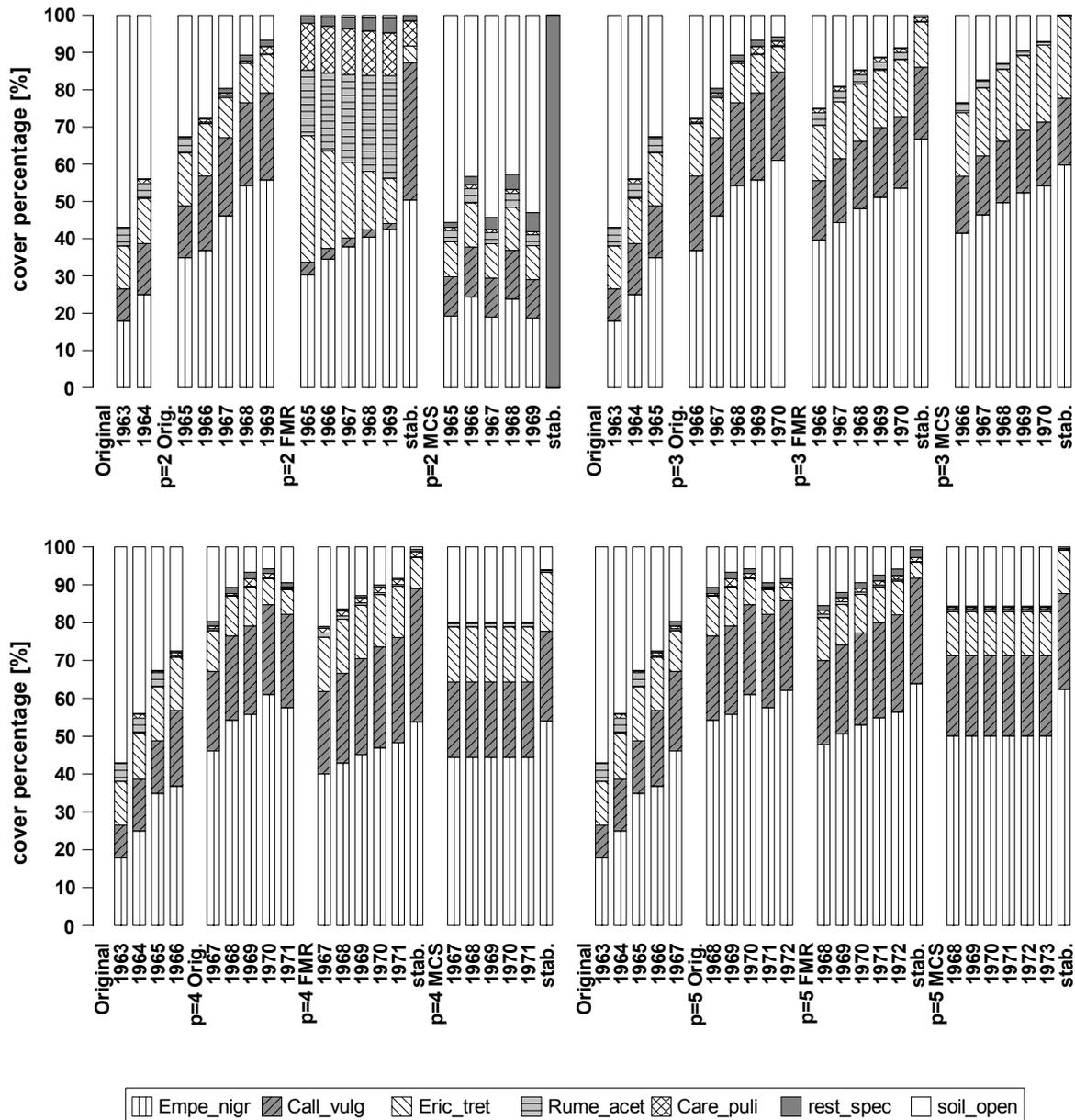


Abb. B 1: Li85T1 – Zwergstrauchheide nach Störung (Feuer): Beobachtung und Prognose

Empe_nigr(*Empetrum nigrum*), Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Care_puli(*Carex pilulifera*), rest_spec(*Molinia caerulea*, *Juncus squarrosus*, other species(*Deschampsia flexuosa*, *Eriophorum angustifolium*, *Festuca tenuis*, *Campylopus introflexus*, *C. pyriformis*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum jutlandicum*, *Cladonia occifera*, *C. chloropi*, *C. floerkeana*, *C. portentosa*, *C. unicalis* und *Lecidea granulosa*)) und soil_open(unbedeckter Boden)

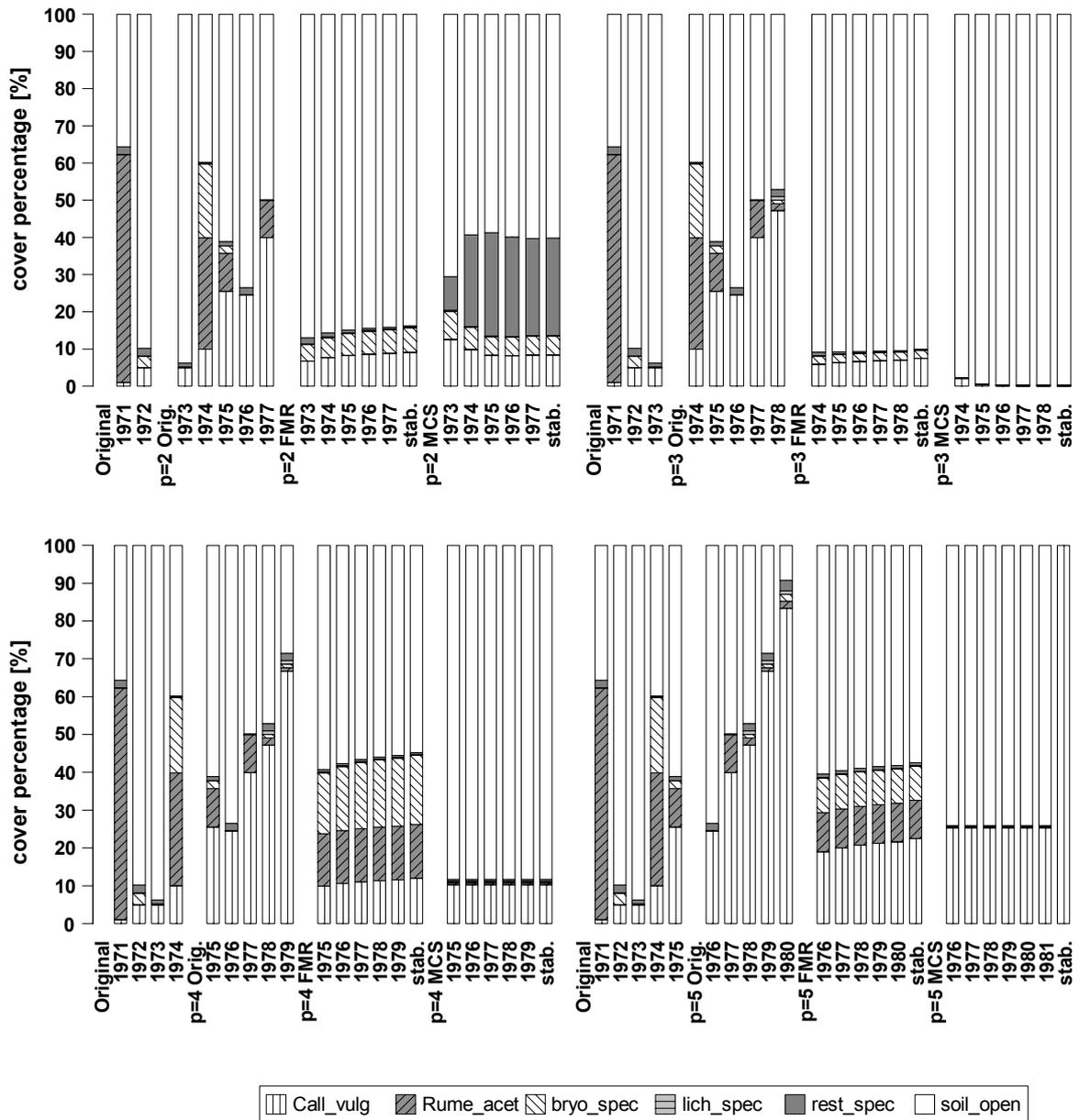


Abb. B 2: Ru83HutH – Umgegrabene, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), bryo_spec(alle Moose), lich_spec(alle Flechten), rest_spec (*Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Agrostis tenuis*, *Avenella flexuosa* und *Festuca ovina*) und soil_open(offener Boden)

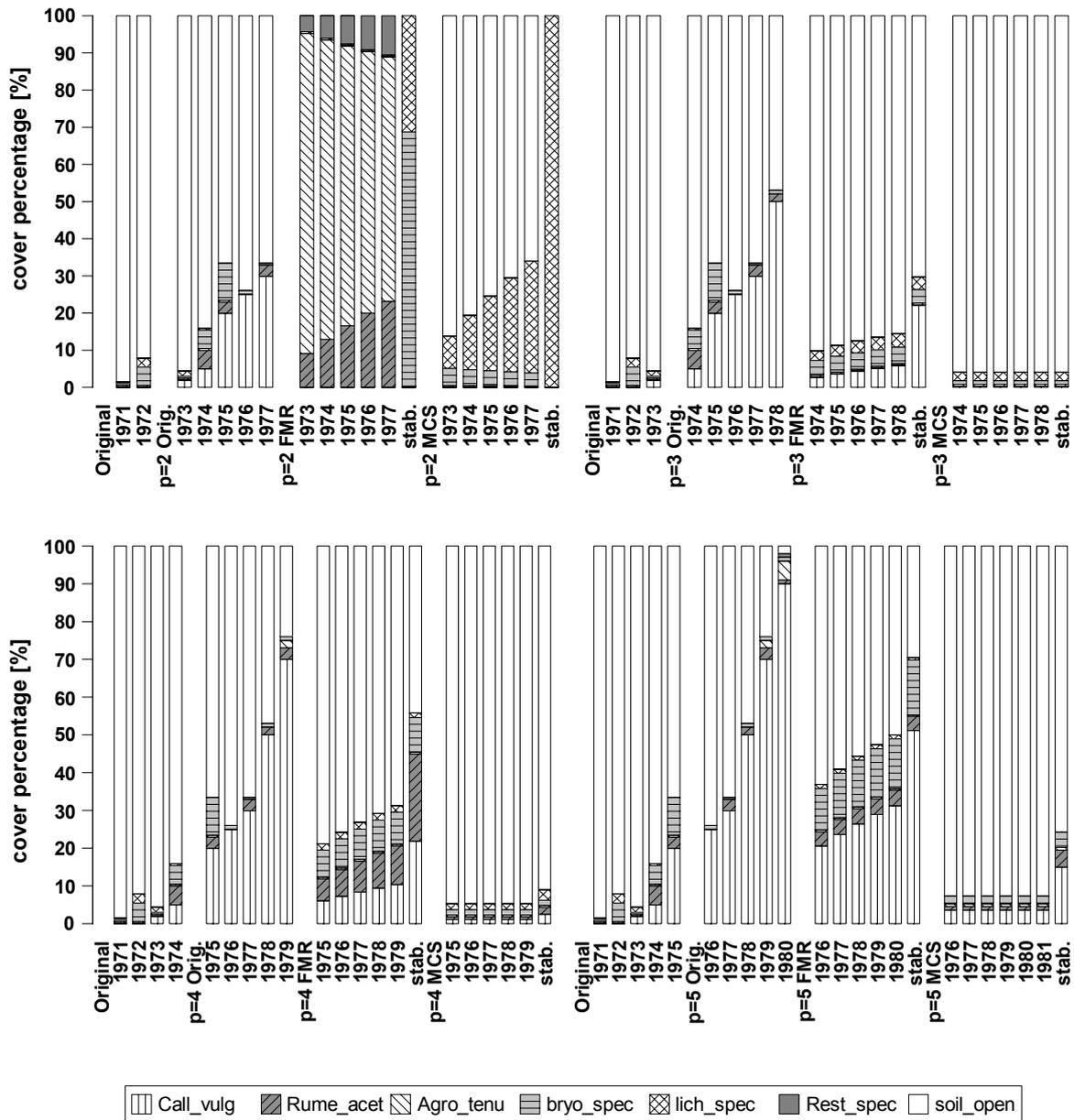


Abb. B 3: Ru83HatH – Abgeplaggte, trockene Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet(*Rumex acetosella*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), bryo_spec(*Hypnum ericetorum*, *Dicranum undulatum* und andere Moose), lich_spec(*Cladonia arbusculus* und andere Flechten), rest_spec(*Betula pubescens*, *Erica tetralix*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Avenella flexuosa* und *Anthoxanthum odoratum*) und soil_open(offener Boden).

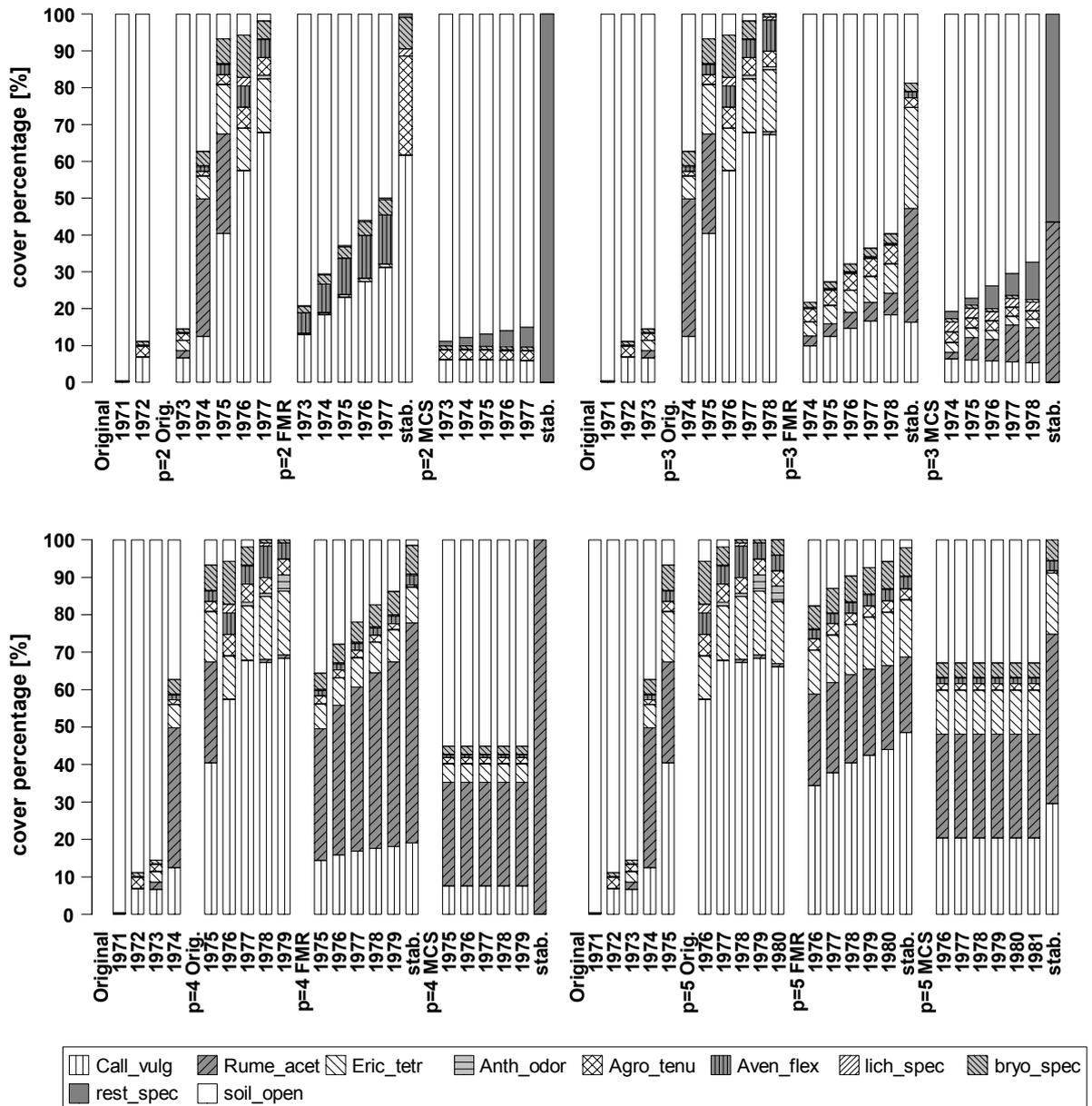


Abb. B 4: Ru83HafH – Abgeplagte, feuchte Calluna-Heide: Beobachtung und Prognose

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Rume_acet (*Rumex acetosella*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), lich_spec(*Cladonia arbusculus* und andere Flechten), bryo_spec(*Hypnum ericetorum*, *Dicranum undulatum* und andere Moose), rest_spec(*Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*) und soil_open(offener Boden).

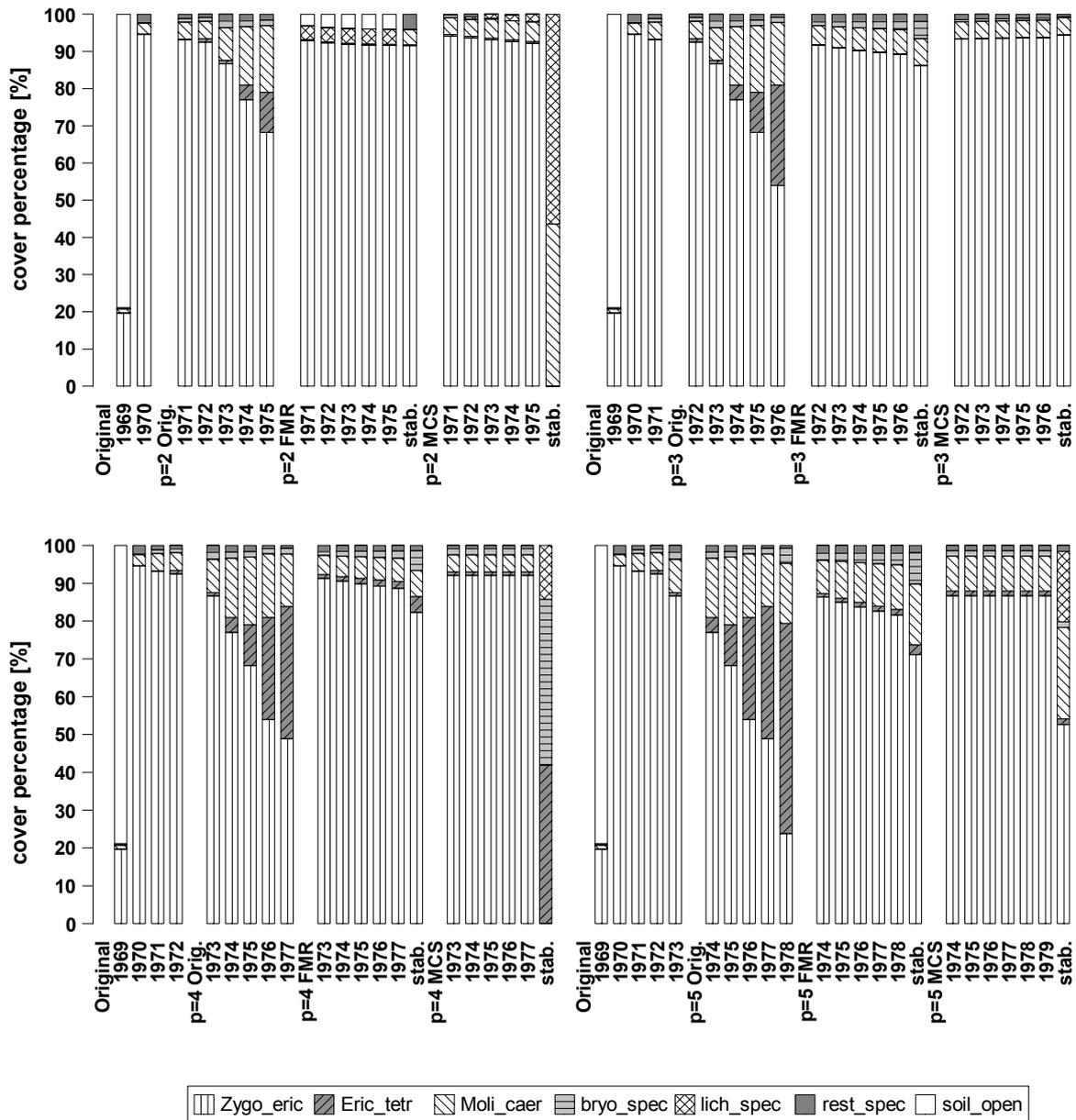


Abb. B 5: Ru83HanH – Abgeplaggte, nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose

Zygo_eric(*Zygonium ericetorum*), Eric_tetr(*Erica tetralix*), Moli_caer(*Molinia caerulea*), bryo_spec(alles Moose), lich_spec(alles Flechten), rest_spec(*Betula spec.*, *Calluna vulgaris*, *Drosera intermedia*, *D. rotundifolia*, *Myrica gale*, *Pinus sylvestris*, *Rhynchospora alba* und *R. fusca*), soil_open(offener Boden)

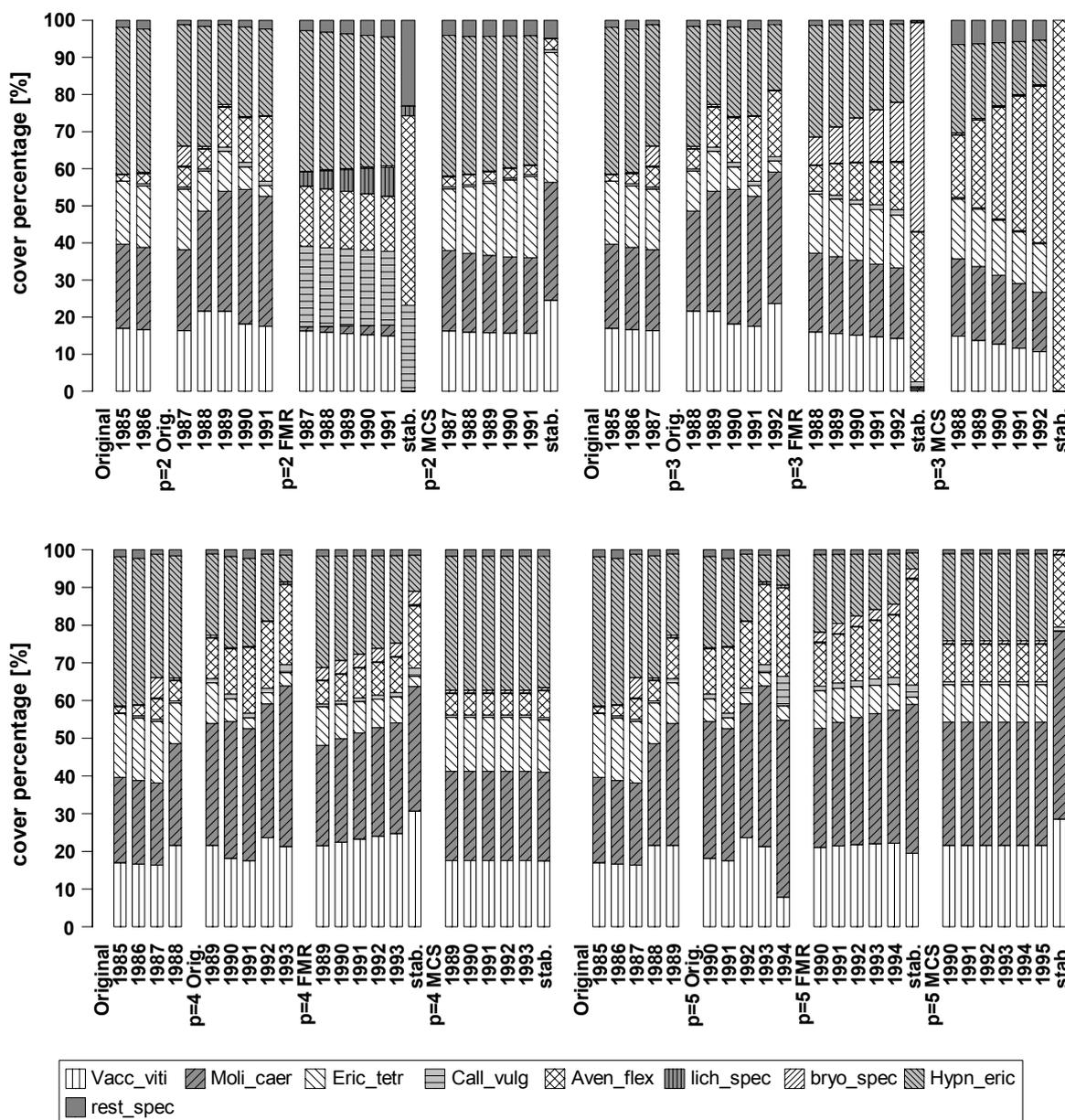


Abb. B 6: Ru97HnHF – Flechtenreiche nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose

Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), *Moli_caer*(*Molinia caerulea*), *Eric_tetr*(*Erica tetralix*), *Call_vulg*(*Calluna vulgaris*), *Aven_flex*(*Avenella flexuosa*), *lich_spec*(*Cladonia portentosa*, *Cladonia chlorophaea* und andere Flechten), *bryo_spec*(*Parmelia physoides*, *Dicranum scoparium*, *Entodon schreberi* und andere Moose), *Hypn_jutl*(*Hypnum jutlandicum/ericetorum*) und *rest_spec*(*Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Betula pendula*, *Rumex acetosella* und *Trifolium repens*)

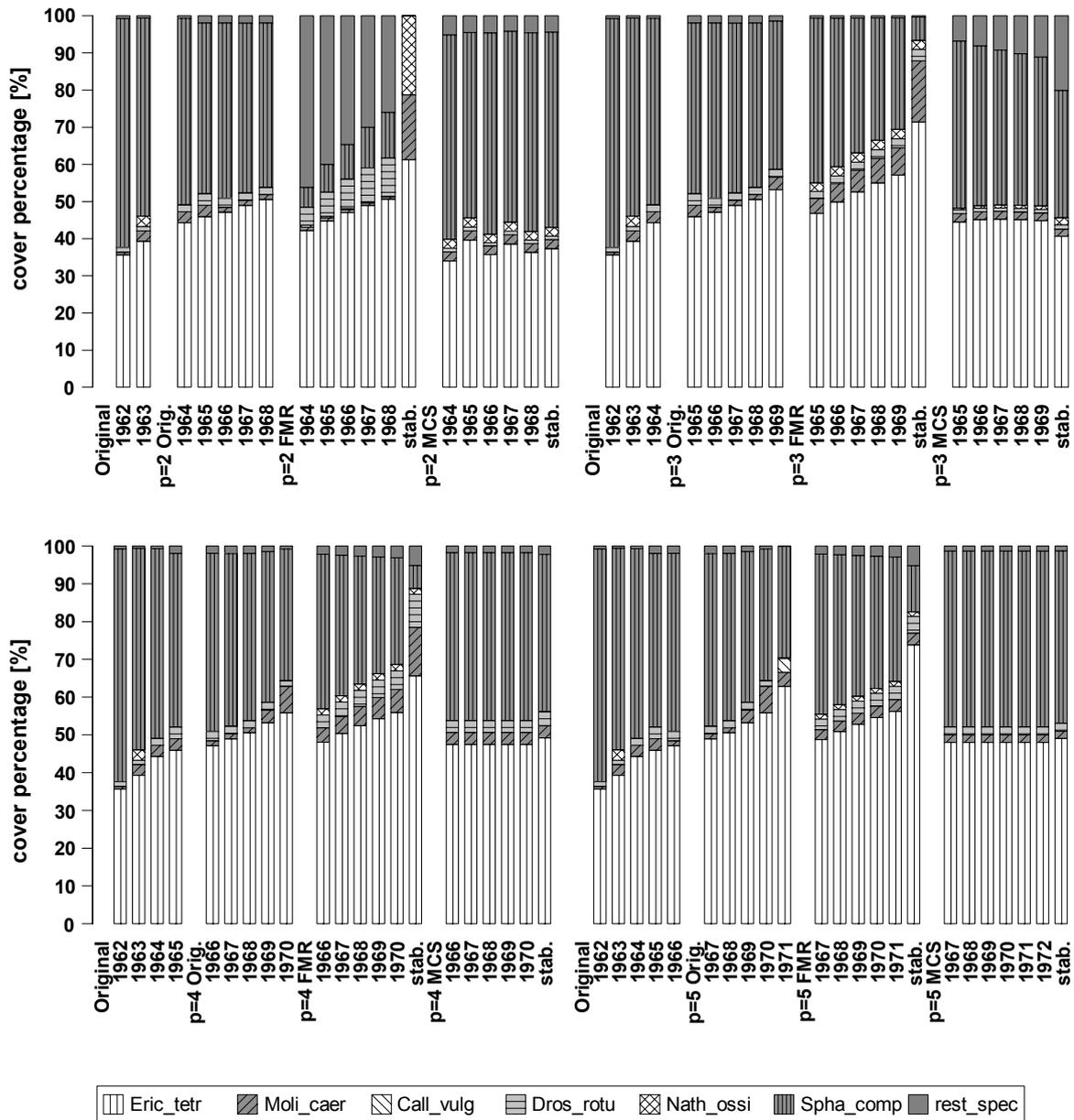


Abb. B 7: Ru97HnHT – Torfmoosreiche nasse *Erica*-Heide: Beobachtung und Prognose

Eric_tetr(*Erica tetralix*), *Moli_caer*(*Molinia caerulea*), *Call_vulg*(*Calluna vulgaris*), *Dros_rotu*(*Drosera rotundifolia*), *Nath_ossi*(*Nathecium ossifragum*), *Spha_comp*(*Sphagnum compactum*) und *rest_spec*(*Betula pubescens*, *Empetrum nigrum*, *Juncus squarrosus*, *Gentiana pneumonthe*, *Pinus sylvestris* sowie Flechten und andere Moose)

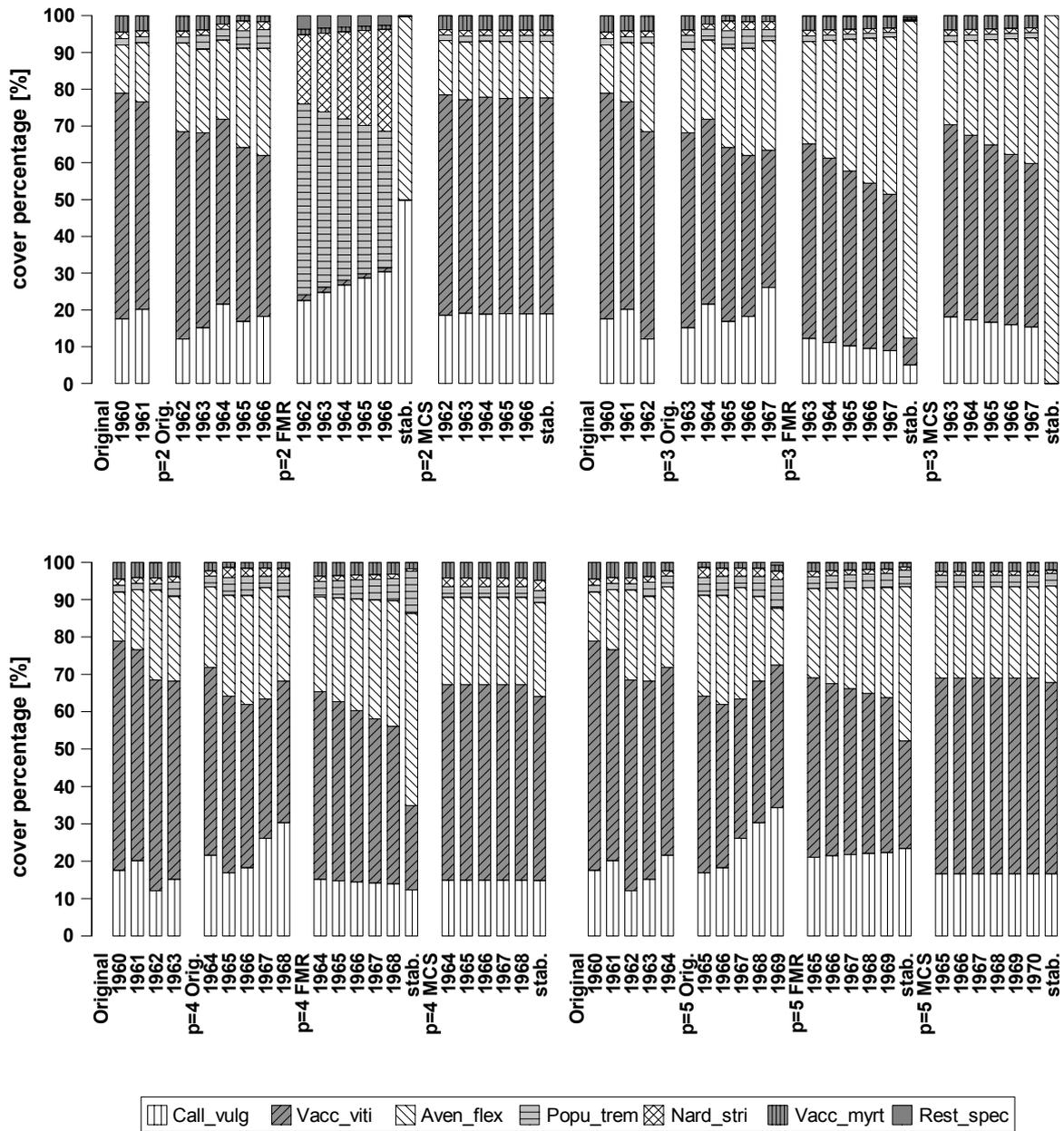


Abb. B 8: Ru77SHhd – Hochheide im Sauerland: Beobachtung und Prognose

Call_vulg(*Calluna vulgaris*), Vacc_viti(*Vaccinium vitis-idea*), Aven_flex(*Avenella flexuosa*), Popu_trem(*Populus tremula*), Nard_stri(*Nardus stricta*), Vacc_myrt(*Vaccinium myrtillus*) und rest_spec(*Carex pilulifera*, *Festuca ovina*, *Luzula multiflora*, *Lycopodium clavatum* und *Sorbus aucuparia*).

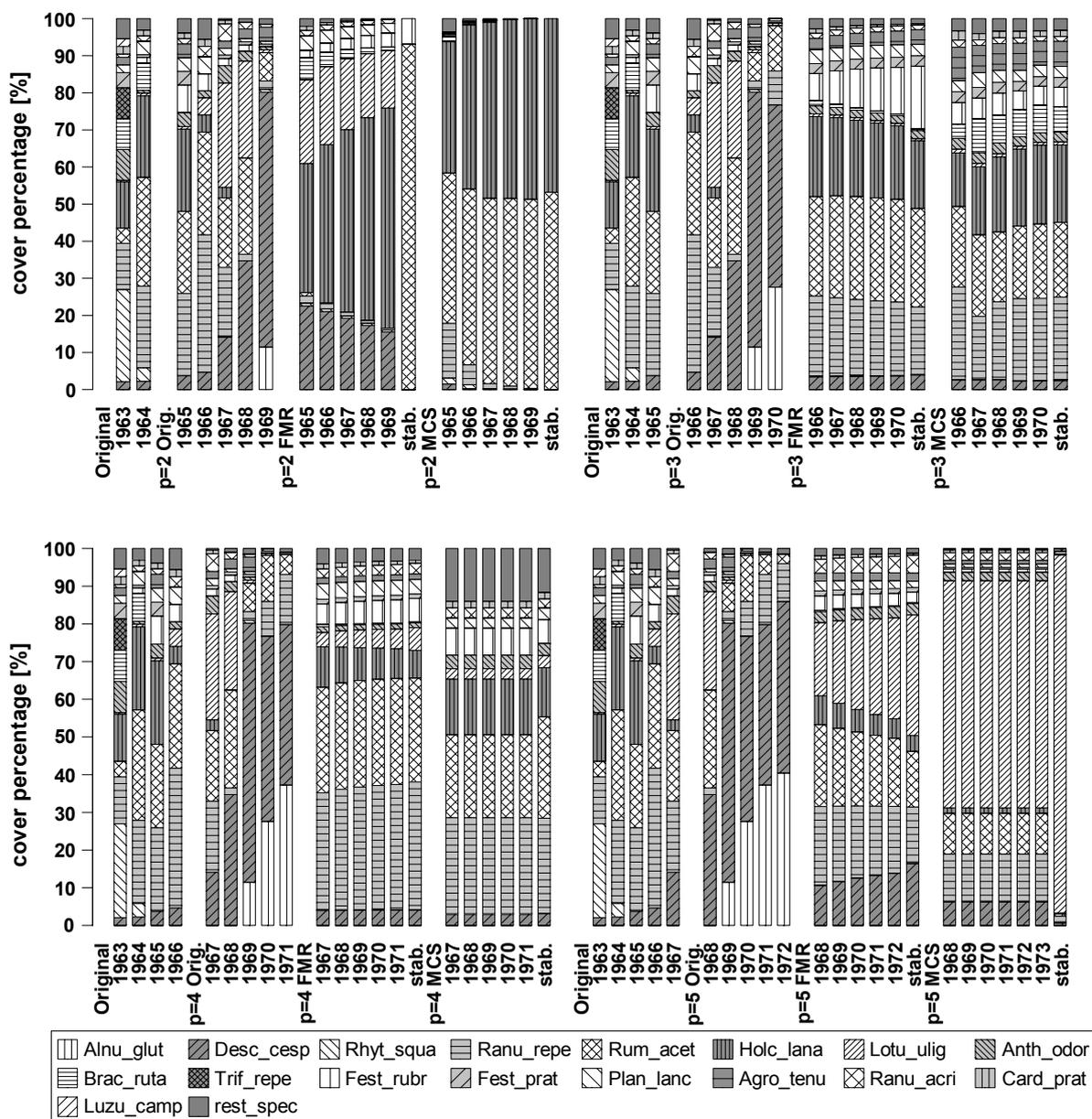


Abb. B 9: Ru98HWb – Aufgelassene Wiese: Beobachtung und Prognose

Alnu_glut(*Alnus glutinosa*), Desc_cesp(*Deschampsia caespitosa*), Rhyt_squa(*Rhynchospora squarosa*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Rum_acet(*Rumex acetosa*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Brac_ruta(*Brachythecium rutabulum*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), Luzu_camp(*Luzula campestris*) und rest_spec(*Bromus hordeaceus*, *Carex leporina*, *Carex nigra*, *Cerastium fontanum*, *Cynosurus cristatus*, *Equisetum palustre*, *Galium aparine*, *Galium uliginosum*, *Juncus acutiflorus*, *Lychnis flos-cuculi* und *Poa pratensis*).

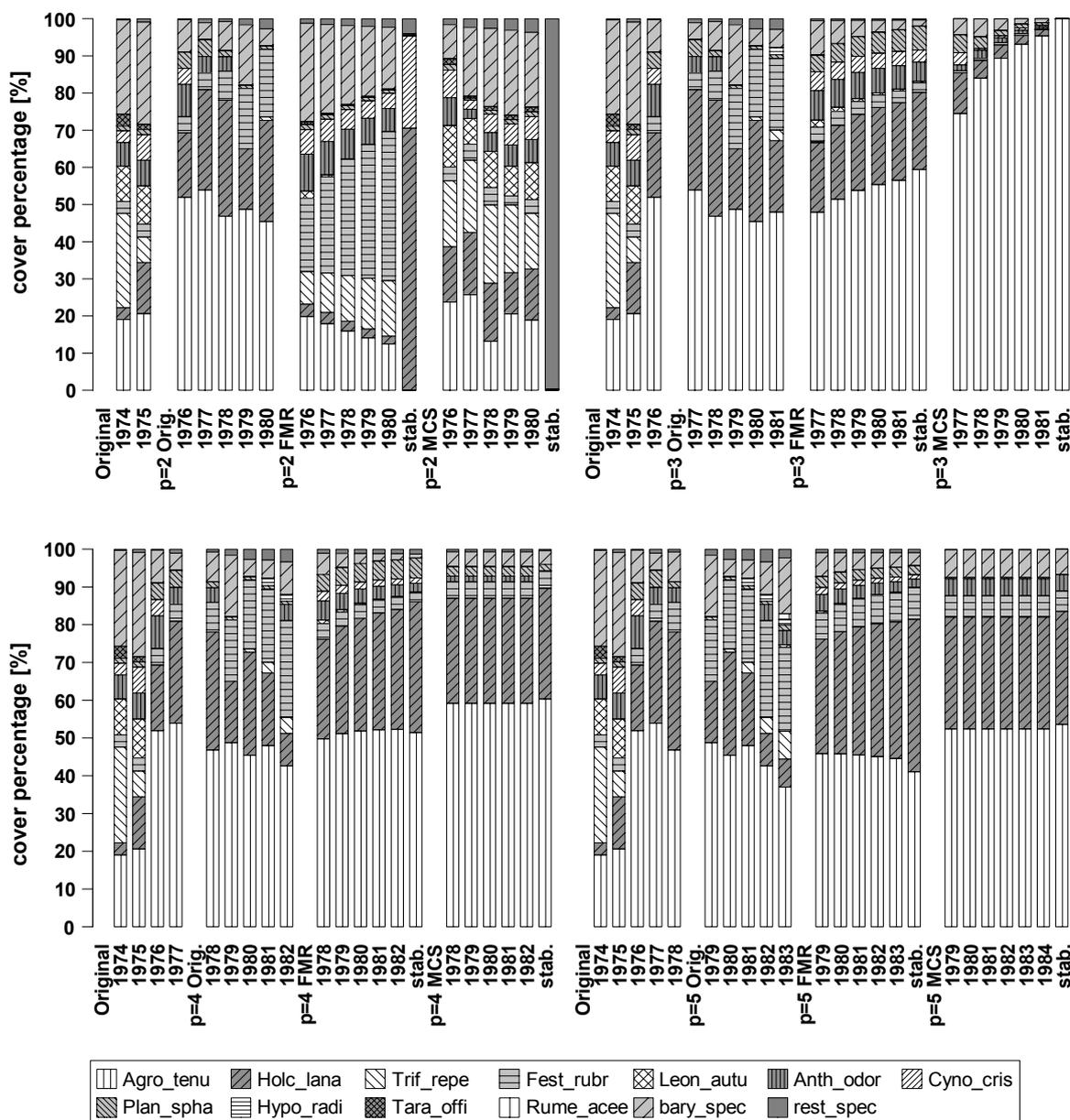


Abb. B 10: Ru85HAVb – Aufgelassene Viehweide/Ackerbrache: Beobachtung und Prognose

Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Leon_autu(*Leontodon autumnalis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Plan_spha(*Plantago sphaerostachya*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Tara_offi(*Taraxacum officinalis*), Rume_acee(*Rumex acetosella*), bary_spec(alle anderen Moose) und rest_spec(*Bellis perennis*, *Cerastium fontanum*, *Marasmius oreades*, *Poa trivialis* und *Rumex acetosa*).

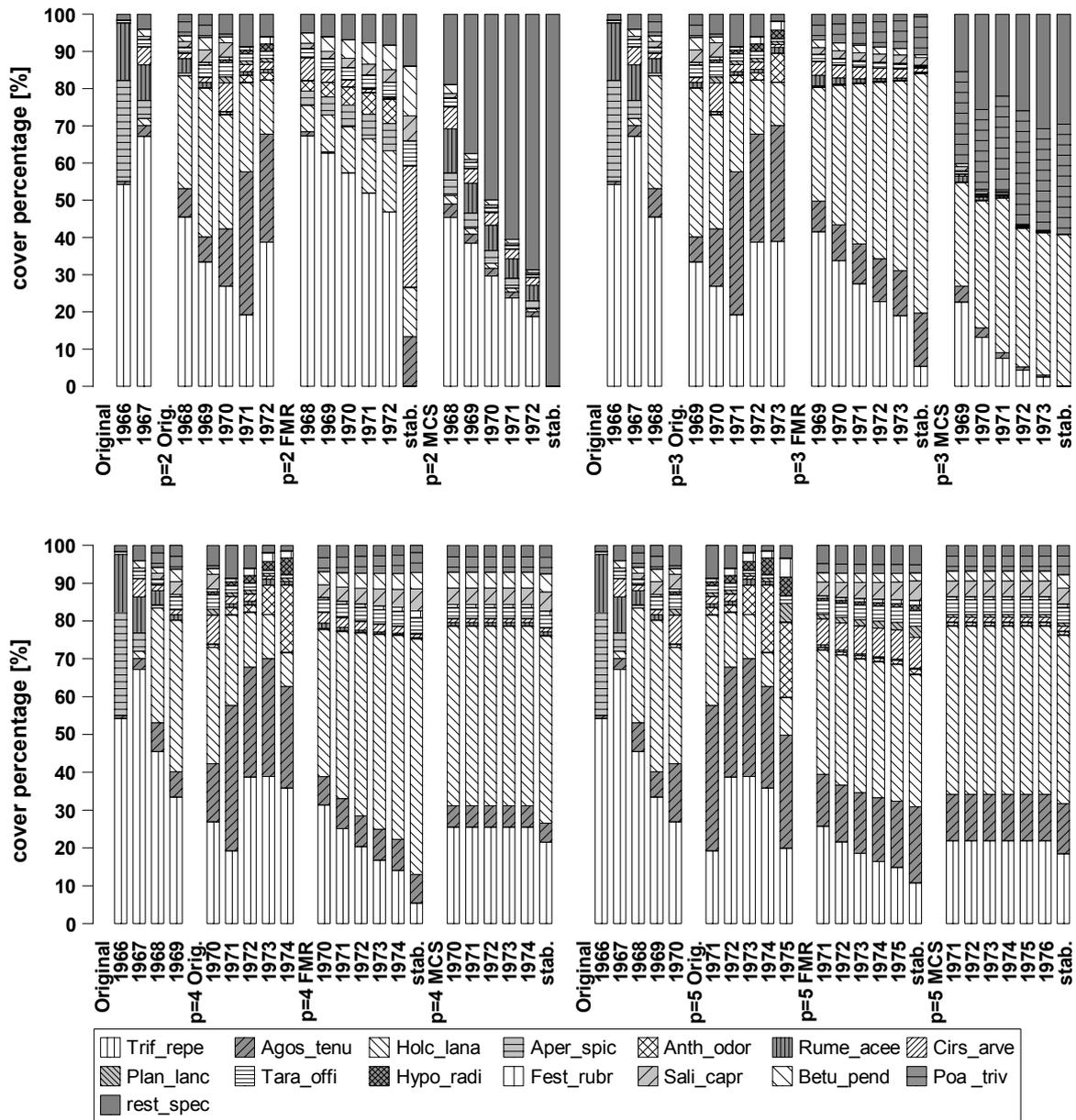


Abb. B 11: Ru92HAb – Beweidete Ackerbrache: Beobachtung und Prognose

Trif_repe(*Trifolium repens*), Agos_tenu(*Agostis tenuis*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Aper_spic(*Apera spica-venti*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rume_acee(*Rumex acetosella*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Tara_offi(*Taraxacum officinale*), Hypo_radi(*Hypochoeris radicata*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Sali_capr(*Salix caprea*), Betu_pend(*Betula pendula*), Poa_triv(*Poa trivialis*) und rest_spec(*Aphanes microcarpa*, *Betula pubescens*, *Bromus hordeaceus*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Plantago major*, *Polygonum hydropiper*, *Quercus robur*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*, *Salix cinerea*, *Scleranthus annus*, *Secale cereale*, *Trifolium dubium* und *Viola arvensis*).

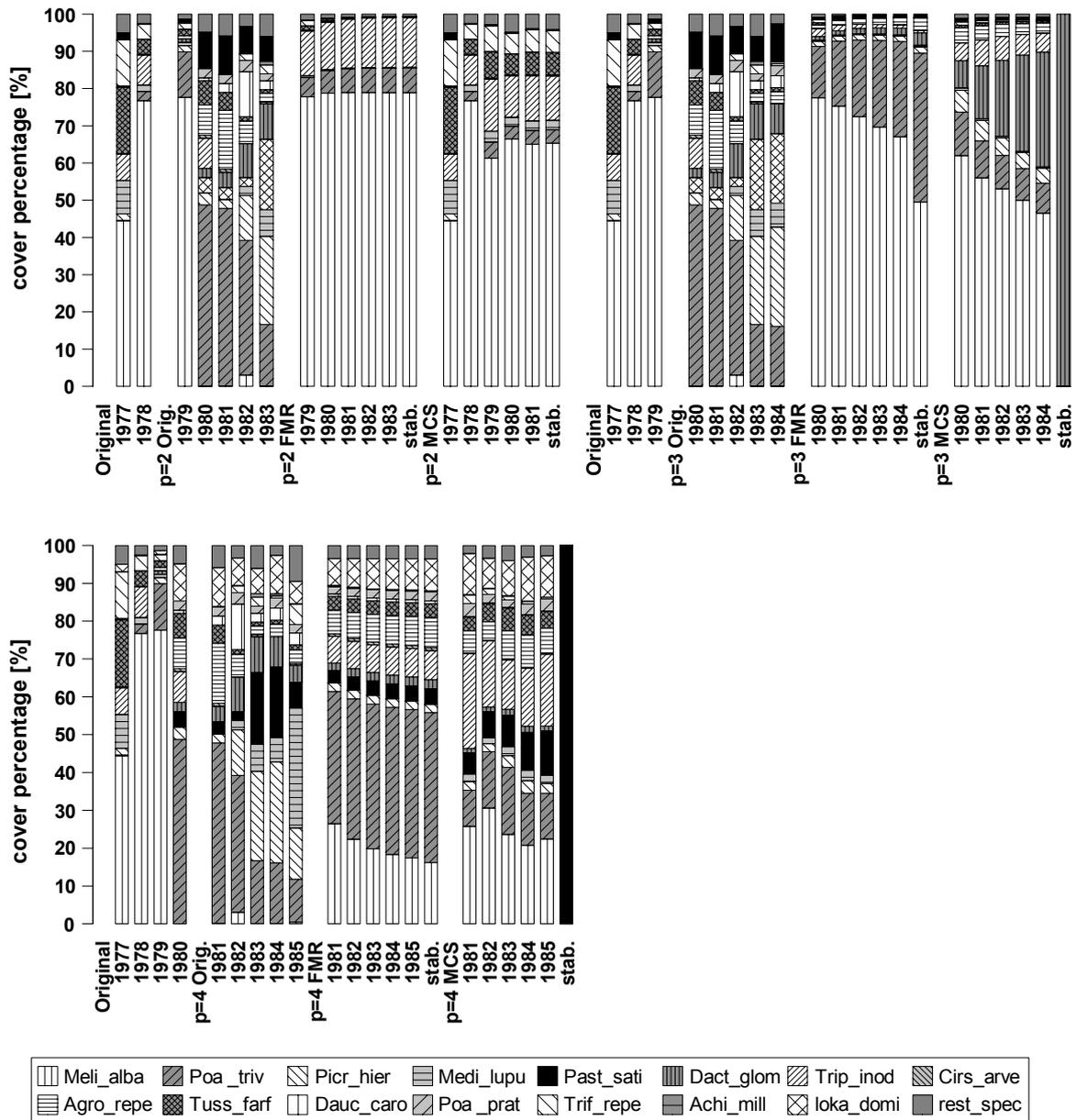


Abb. B 12: Wb90S28 – Plot 28 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Agrostis stolonifera*, *Festuca arundinacea*, *Arrhenatherum elatius* und *Artemisia vulgaris*) und rest_spec(*Apera spicaventi*, *Arenaria serpyllifolia*, *Argimonia eupatoria*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Conyza canadensis*, *Cornus sanguinea*, *Crepis biennis*, *Epilobium tetragonum*, *Festuca rubra*, *Galium aparine*, *Galium mollugo*, *Holcus lanatus*, *Lactuca serriola*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, *Myosoton aquaticum*, *Papaver rhoeas*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Poa compressa*, *Poa nemoralis*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Senecio jacobaea*, *Solidago canadensis*, *Sonchus asper*, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium hybridum*, *Veronica arvensis*, *Veronica persica*, *Vicia angustifolia*, *Vicia sativa* und *Vicia hirsuta*).

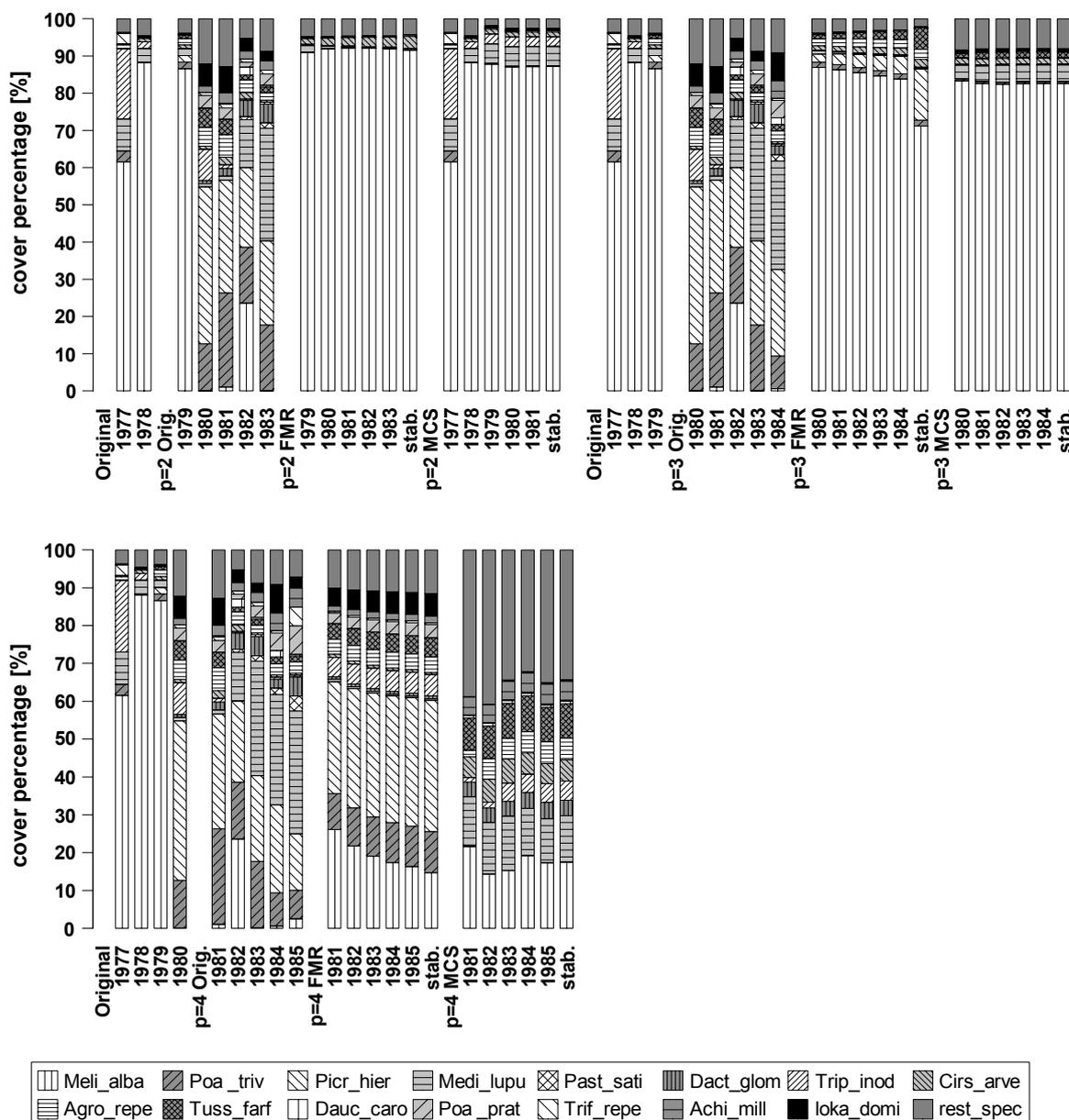


Abb. B 13: Wb90S61 – Plot 61 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Plantago lanceolata* und *Taraxacum officinale*) und rest_spec(*Agrostis stolonifera*, *Apera spica-venti*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Artemisia vulgaris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Ceratum holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Crepis biennis*, *Crepis capillaris*, *Epilobium tetragonum*, *Equisetum arvense*, *Galium aparine*, *Geum urbanum*, *Heracleum sphondylium*, *Holcus lanatus*, *Lactuca serriola*, *Larix decidua*, *Lolium perenne*, *Medicago sativa*, *Misopates orontium*, *Myosotis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa compressa*, *Poa nemoralis*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Prunus avium*, *Ranunculus repens*, *Reseda luteola*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Senecio erucifolius*, *Senecio vulgaris*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Sonchus asper*, *Trifolium campestre*, *Trifolium hybridum*, *Veronica arvensis*, *Vicia sativa* und *Viola arvensis*).

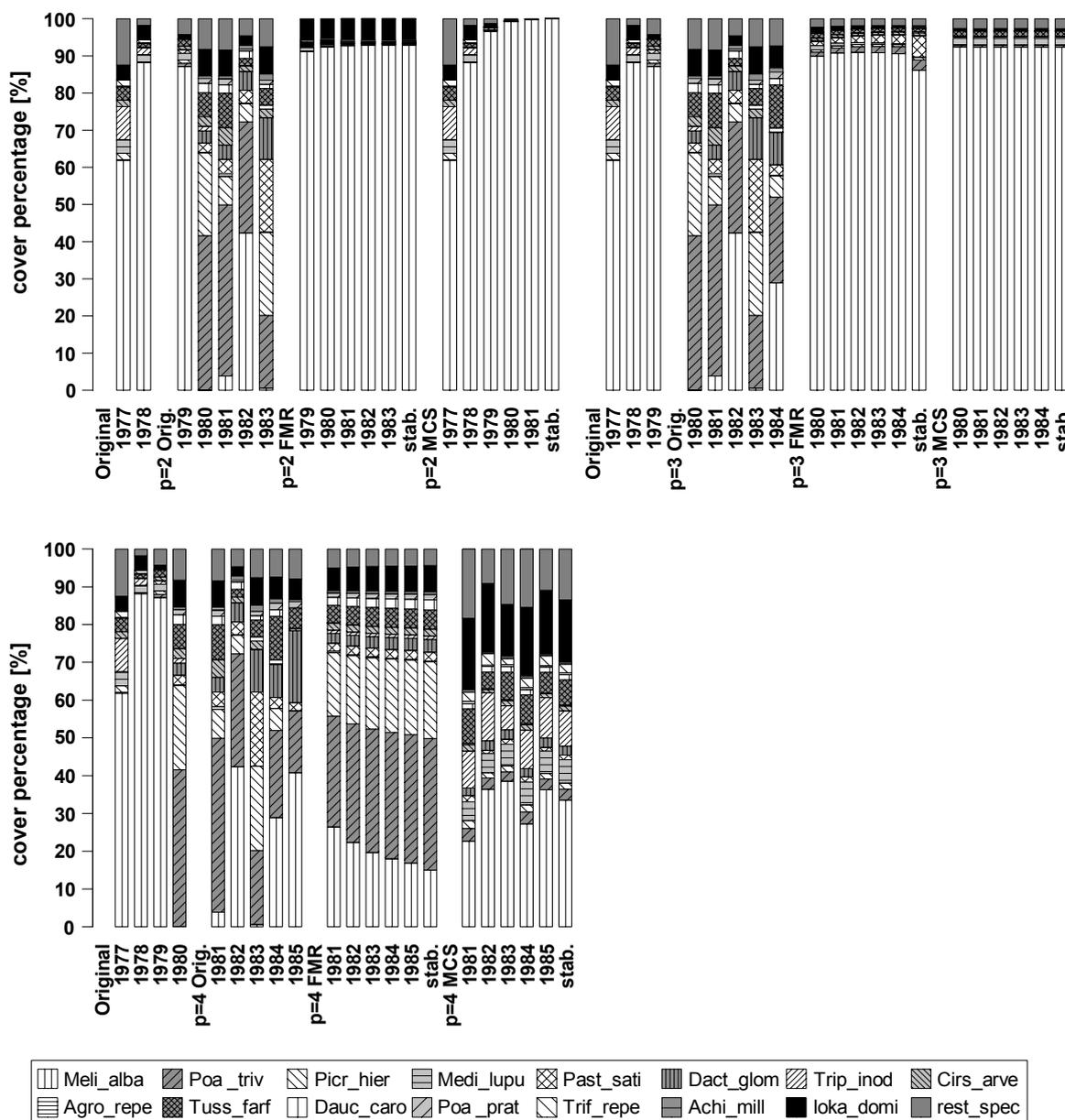


Abb. B 14: Wb90S68 – Plot 68 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Solidago canadensis*, *Artemisia vulgaris*, *Gallium aparine* und *Apera spica-venti*) und rest_spec(*Agostis stolonifera*, *Anthriscus sylvestris*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Atriplex patula*, *Calamagrostis epigejos*, *Cerduus crispus*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Crepis biennis*, *Crepis capillaris*, *Epilobium tetragonum*, *Fallopia convolvulus*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Gallium mollugo*, *Geum urbanum*, *Holcus lanatus*, *Hypericum perforatum*, *Lactuca serriola*, *Lolium perenne*, *Myosotis arvensis*, *Nigella damascens*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Reseda luteola*, *Rosa cf. canina*, *Rubus ideaus*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Rumex sanguineus*, *Sonchus asper*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale*, *Torilis japonica*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense*, *Trisetum flavescens*, *Urtica dioica*, *Veronica arvensis*, *Veronica persica*, *Vicia angustifolia*, *Vicia sativa* und *Viola arvensis*).

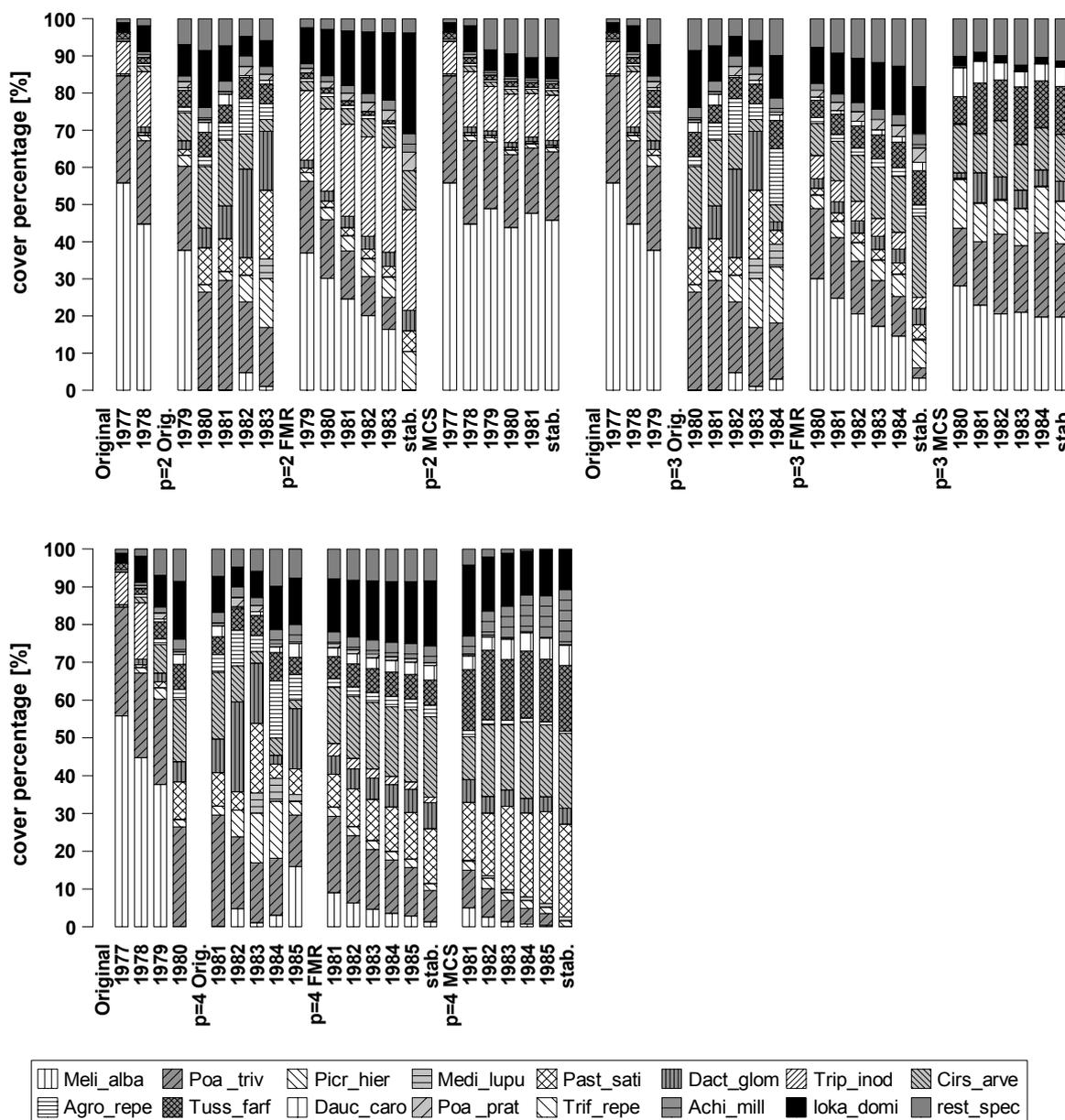


Abb. B 15: Wb90S101 – Plot 101 der Weender Brache: Beobachtung und Prognose

Meli_alba(*Meliolotus alba*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Picr_hier(*Picris hieracoides*), Medi_lupu(*Medicago lupulina*), Past_sati(*Pastinaca sativa*), Dact_glom(*Dactylis glomerata*), Trip_inod(*Tripleurospermum inodorum*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_repe(*Agropyron repens*), Tuss_farf(*Tussilago farfara*), Dauc_caro(*Daucus carota*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), loka_domi(*Crepis biennis*, *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Apera spica-venti*, *Plantago lanceolata*, *Rumex obtusifolius*, *Taraxacum officinale* und *Vicia hirsuta*) und rest_spec(*Anagallis arvensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Arrhenatherum elatius*, *Artemisia vulgaris*, *Atriplex patula*, *Calystegia sepium*, *Cerastium fontanum*, *Cerastium holosteoides*, *Cichorium intybus*, *Cirsium vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Crateagus monogyna*, *Epilobium adenocaulon*, *Epilobium montanum*, *Epilobium tetragonum*, *Equisetum arvense*, *Galium aparine*, *Galium mollugo*, *Holcus lanatus*, *Hypericum perforatum*, *Lactuca serriola*, *Leucanthemum vulgare*, *Medicago sativa*, *Myosotis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Poa compressa*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*, *Rosa cf. canina*, *Rumex conglomeratus*, *Rumex crispus*, *Senecio erucifolius*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Sonchus arvensis*, *Sonchus asper*, *Tanacetum vulgare*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense*, *Veronica arvensis*, *Vicia hirsuta* und *Vicia tetrasperma*).

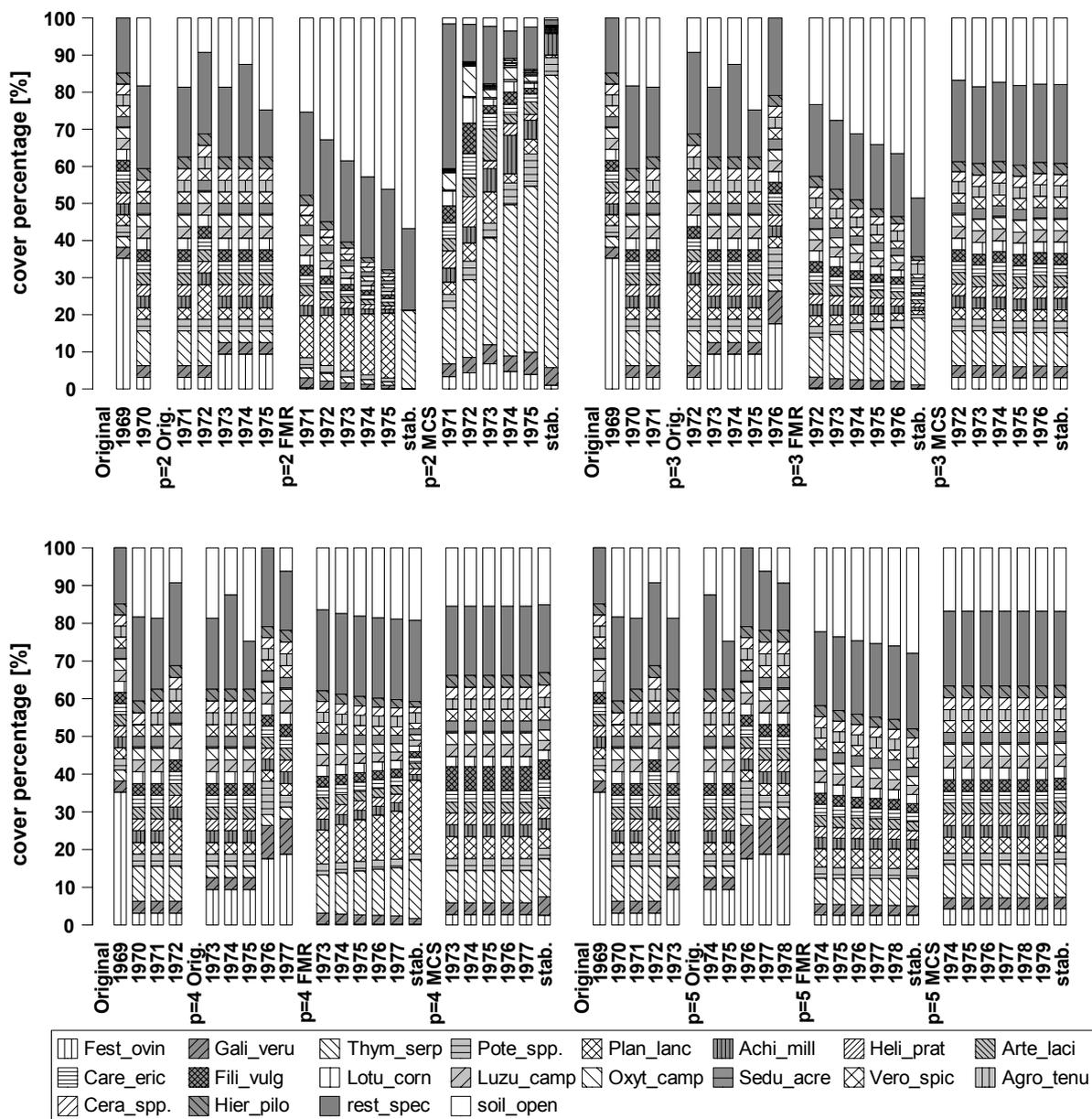


Abb. B 16: Ro85P27 – Plot 27 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Sedu_acre(*Sedum acre*), Vero_spic(*Veronica spicata*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), rest_spec(*Agrostis canina* ssp. *montans*, *Antennaria dioica*, *Anthoxanthum odoratum*, *Anthyllis vulneraria*, *Arenaria serpyllifolia*, *Artemisia campestris*, *Bromus hordeaceus*, *Euphrasia stricta*, *Galium triandrum*, *Helianthemum nummularium*, *Linum catharticum*, *Myosotis stricta*, *Phleum phleoides*, *Polygala* sp., *Prunella vulgaris*, *Ranunculus bulbosus*, *Satureja acinos*, *Saxifraga granulata*, *Saxifraga tridactylites*, *Scleranthus annus*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum* spp., *Trifolium campestris*, *Trifolium repens* und *Veronica arvensis*) und soil_open(offener Boden).

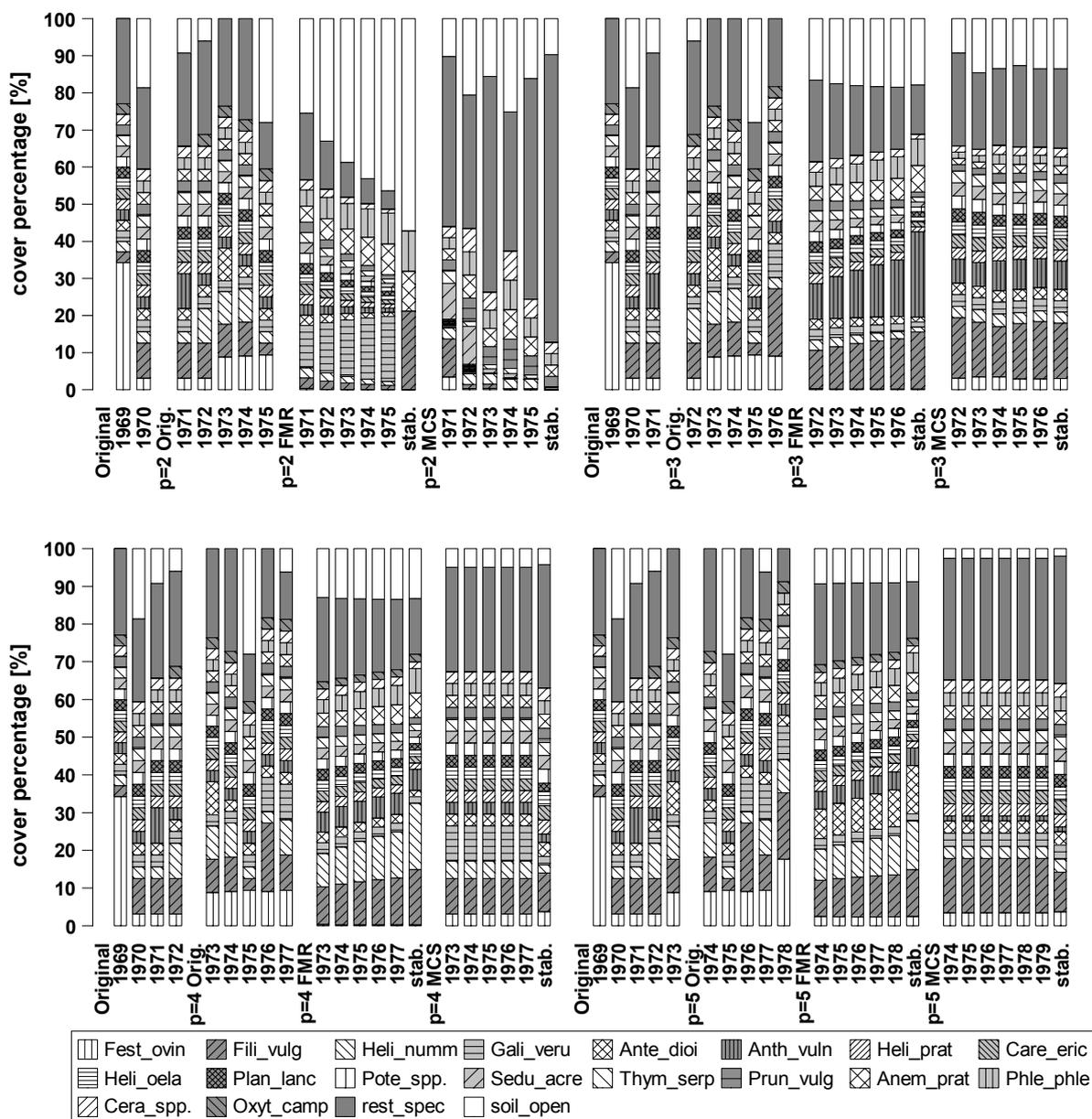


Abb. B 17: Ro85P30 – Plot 30 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Gali_veru(*Galium verum*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Sedu_acre(*Sedum acre*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Prun_vulg(*Prunella vulgaris*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), rest_spec(*Achillea millefolium*, *Agrostis tenuis*, *Arabis hirsuta*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum pubescens*, *Artemisia laciniata*, *Bromus hordeaceus*, *Erophila verna*, *Galium triandrum*, *Galium verum*, *Hypochoeris maculata*, *Linum catharticum*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, *Myosotis stricta*, *Poa angustifolia*, *Ranunculus bulbosus*, *Saxifraga granulata*, *Scleranthus annuus*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum* spp., *Trifolium campestris*, *Trifolium repens*, *Veronica arvensis* und *Veronica spicata*) und soil_open(of-fener Boden).

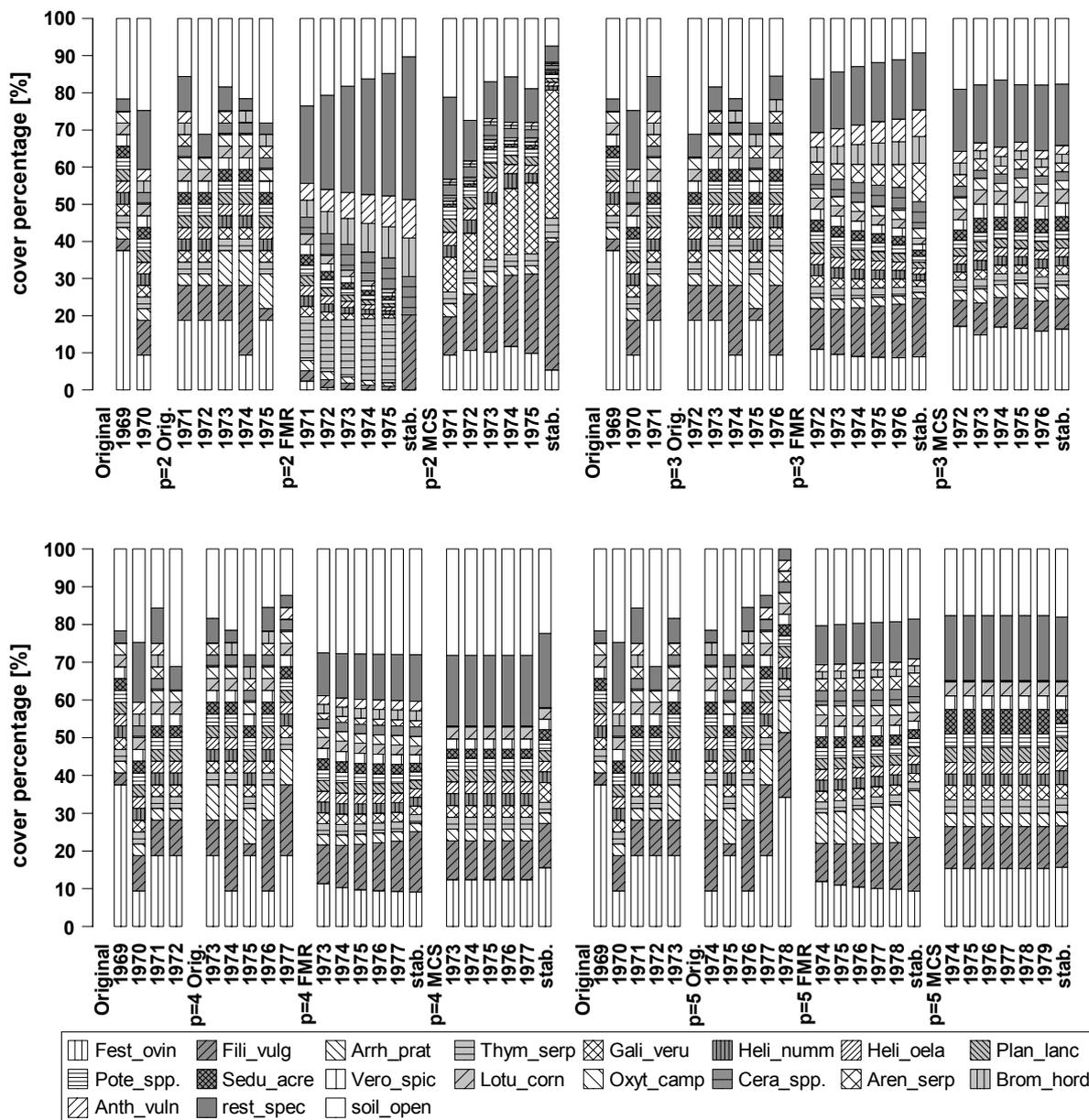


Abb. B 18: Ro82P36 – Plot 36 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin (*Festuca ovina*), *Heli_prat* (*Helictotrichon pratensis*), *Fili_vulg* (*Filipendula vulgaris*), *Thym_serp* (*Thymus serpyllum*), *Gali_veru* (*Galium verum*), *Heli_numm* (*Helianthemum nummularium*), *Heli_oela* (*Helianthemum oelandicum*), *Plan_lanc* (*Plantago lanceolata*), *Pote_spp.* (*Potentilla spp.*), *Sedu_acre* (*Sedum acre*), *Vero_spic* (*Veronica spicata*), *Lotu_corn* (*Lotus corniculatus*), *Oxyt_camp* (*Oxytropis campestris*), *Cera_spp.* (*Cerastium spp.*), *Aren_serp* (*Arenaria serpyllifolia*), *Brom_hord* (*Bromus hordeaceus*), *Anth_vuln* (*Anthyllis vulneraria*), *rest_spec* (*Campanula rotundifolia*, *Erophila verna*, *Galium triandrum*, *Linum catharticum*, *Myosotis stricta*, *Scleranthus annuus*, *Taraxacum spp.*, *Trifolium arvense*, *Trifolium campestre* und *Trifolium repens*) und *soil_open* (offener Boden).

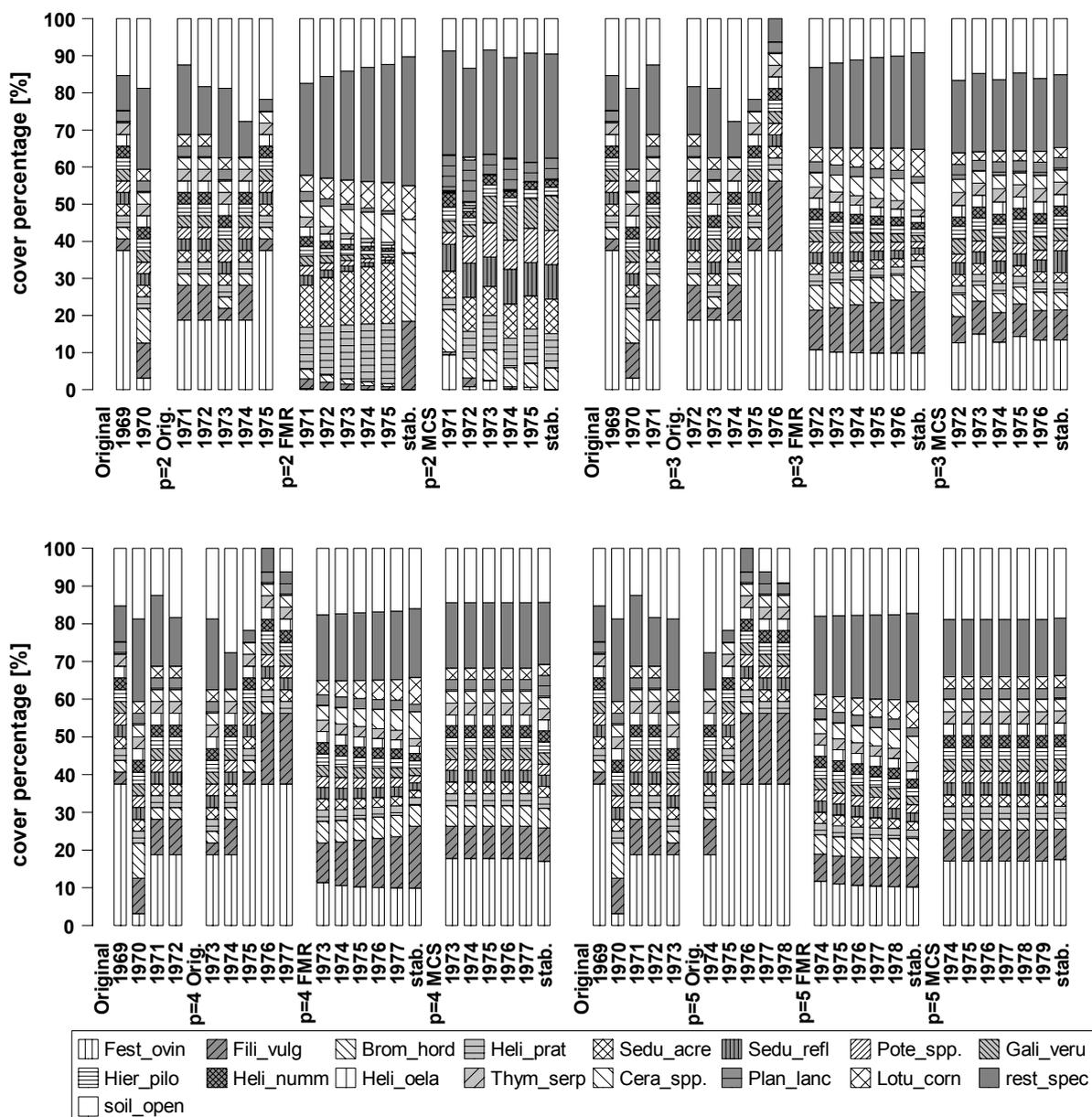


Abb. B 19: Ro82P38 – Plot 38 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), *Fili_vulg*(*Filipendula vulgaris*), *Heli_prat*(*Helictotrichum pratensis*), *Brom_hord*(*Bromus hordeaceus*), *Sedu_acre*(*Sedum acre*), *Sedu_refl*(*Sedum reflexum*), *Pote_spp*(*Potentilla spp.*), *Gali_veru*(*Galium verum*), *Hier_pilo*(*Hieracium pilosella*), *Heli_numm*(*Helianthemum nummularium*), *Heli_oela*(*Helianthemum oelandicum*), *Thym_serp*(*Thymus serpyllum*), *Cera_spp*(*Cerastium spp.*), *Plan_lanc*(*Plantago lanceolata*), *Lotu_corn*(*Lotus corniculatus*), *rest_spec*(*Agrostis tenuis*, *Arenaria serpyllifolia*, *Campanula rotundifolia*, *Euphrasia spp.*, *Linum catharticum*, *Myosotis stricta*, *Oxytropis campestris*, *Satureja acinos*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum spp.*, *Trifolium arvense*, *Trifolium campestre*, *Trifolium repens*, *Trifolium striatum* und *Veronica praecox*) und *soil_open*(offener Boden).

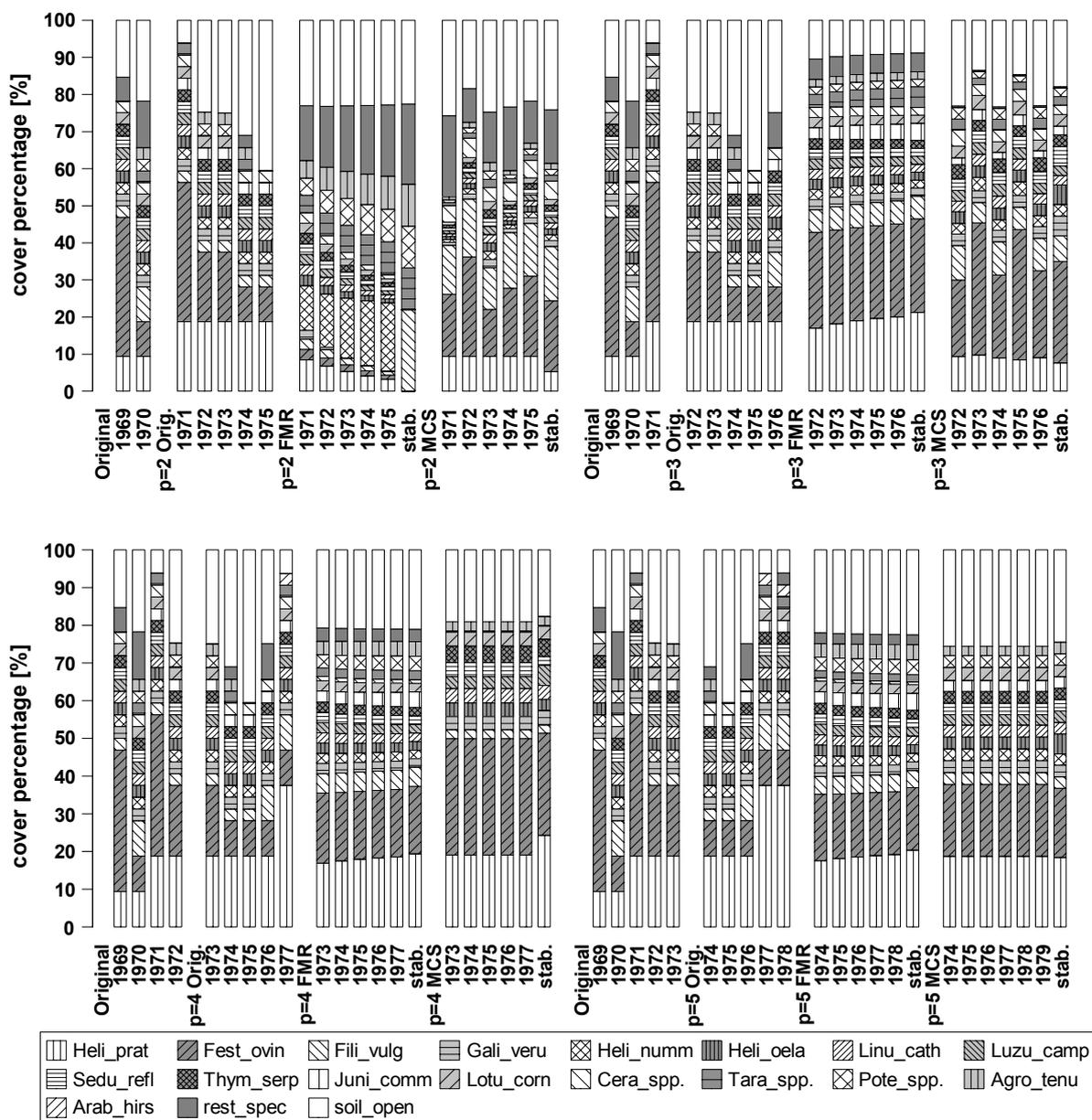


Abb. B 20: Ro85P39 – Plot 39 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Sedu_refl(*Sedum reflexum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Juni_comm(*Juniperus communis*), Lotu_corn(*Lotus corniculatus*), Cera_spp.(*Cerastium spp.*), Tara_spp.(*Taraxacum spp.*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Arab_hirs(*Arabis hirsuta*), rest_spec(*Achillea millefolium*, *Anemone pratensis*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus*, *Campanula rotundifolia*, *Cirsium sp.*, *Dianthus deltoides*, *Hieracium pilosella*, *Myosotis stricta*, *Plantago lanceolata*, *Sedum acre*, *Stellaria graminea*, *Trifolium campestre*, *Trifolium repens*, *Vicia tetrasperma* und *Viola ssp.*) und soil_open(offener Boden).

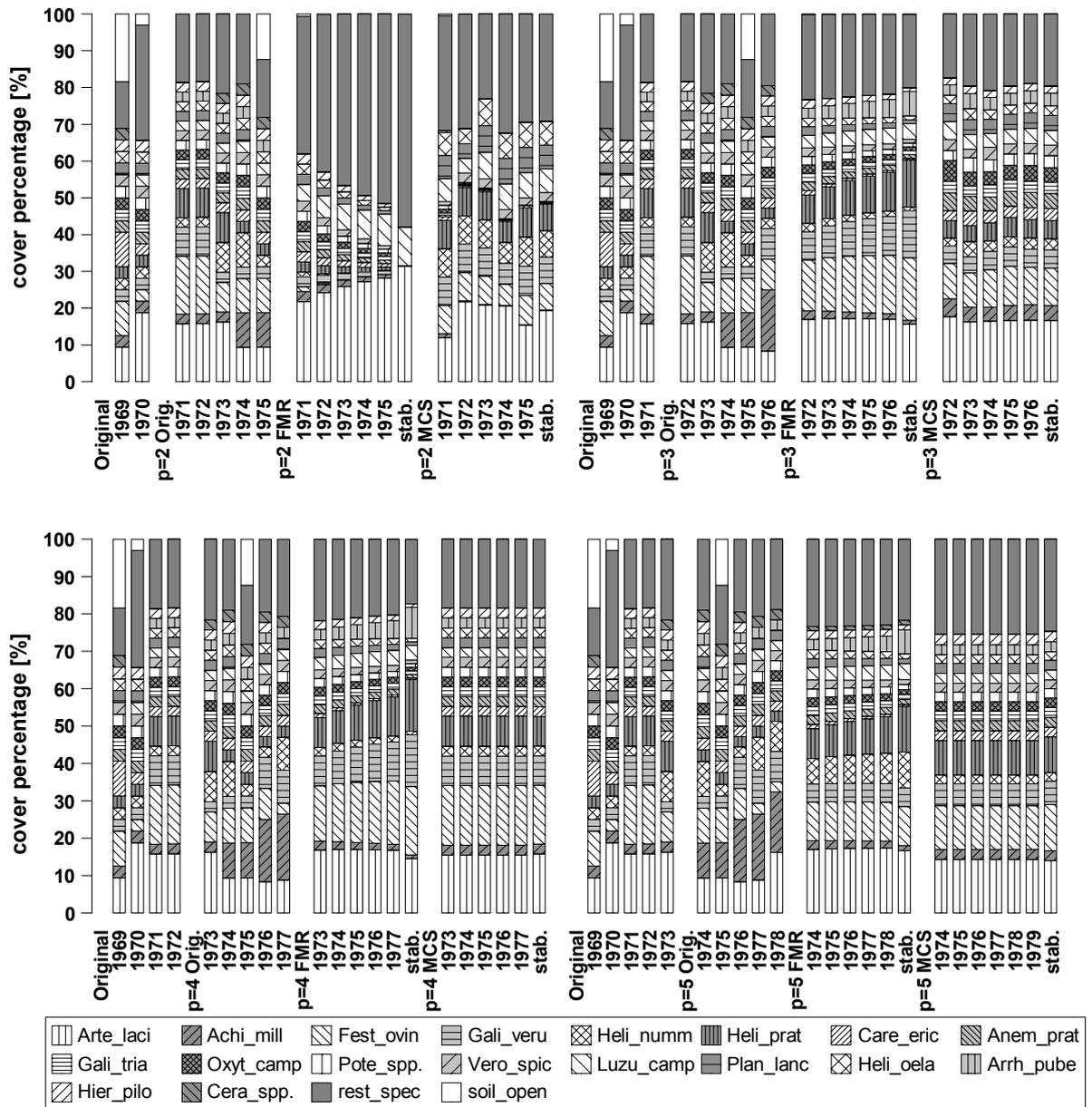


Abb. B 21: Ro82P54 – Plot 54 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Arte_laci(*Artemisia laciniata*), Achi_mill(*Achillea millefolium*), Gali_veru(*Galium verum*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), Gali_tria(*Galium triandrum*), Oxyt_camp(*Oxytropis campestris*), Pote_spp.(*Potentilla* spp.), Vero_spic(*Veronica spicata*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Heli_oela(*Helianthemum oelandicum*), Arrh_pube(*Arrhenaterum pubescens*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Cera_spp.(*Cerastium* spp.), rest_spec(*Agrostis tenuis*, *Antennaria dioica*, *Anthyllis vulneraria*, *Arabis hirsuta*, *Arenaria serpyllifolia*, *Briza media*, *Draba incana*, *Filipendula vulgaris*, *Hypochoeris maculata*, *Lotus corniculatus*, *Phleum phleoides*, *Prunella grandiflora*, *Sedum acre*, *Sedum reflexum*, *Sieglingia decumbens*, *Taraxacum* spp., *Thymus serpyllum* und *Viola* spp.) und soil_open(offener Boden).

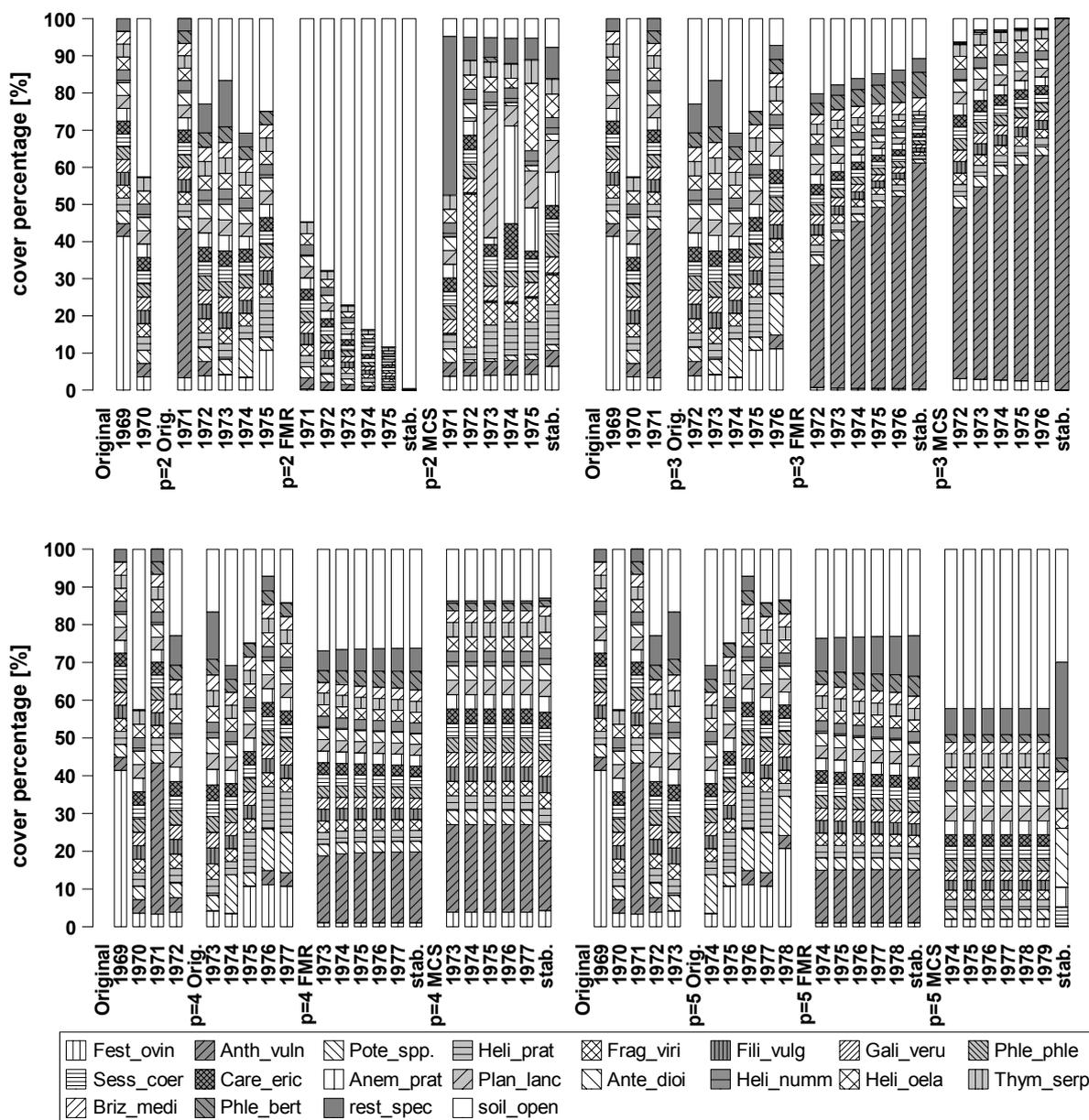


Abb. B 22: Ro82P57 – Plot 57 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), *Heli_prat*(*Helictotrichon pratensis*), *Fili_vulg*(*Filipendula vulgaris*), *Anth_vuln*(*Anthyllis vulneraria*), *Pote_spp.*(*Potentilla spp.*), *Frag_viri*(*Fragaria viridis*), *Gali_veru*(*Galium verum*), *Phle_phle*(*Phleum phleoides*), *Sess_coer*(*Sesslaria coerulea ssp. ulig.*), *Care_eric*(*Carex ericetorum*), *Anem_prat*(*Anemone pratensis*), *Plan_lanc*(*Plantago lanceolata*), *Ante_dioi*(*Antennaria dioica*), *Heli_numm*(*Helianthemum nummularium*), *Heli_oela*(*Helianthemum oelandicum*), *Thym_serp*(*Thymus serpyllum*), *Briz_medi*(*Briza media*), *Phle_bert*(*Phleum bertolonii*), *rest_spec*(*Achillea millefolium, Agrostis tenuis, Allium vineale, Anthoxanthum odoratum, Arrhenaterum pubescens, Artemisia campestris, Campanula rotundifolia, Cerastium spp., Cotoneaster interrimus, Hieracium pilosella, Hpericum perforatum, Juniperus communis, Linum catharticum, Lotus corniculatus, Polygalla spp., Ranunculus bulbosus, Silene nutans, Taraxacum spp., Trifolium campestre und Trifolium repens*) und *soil_open*(offener Boden).

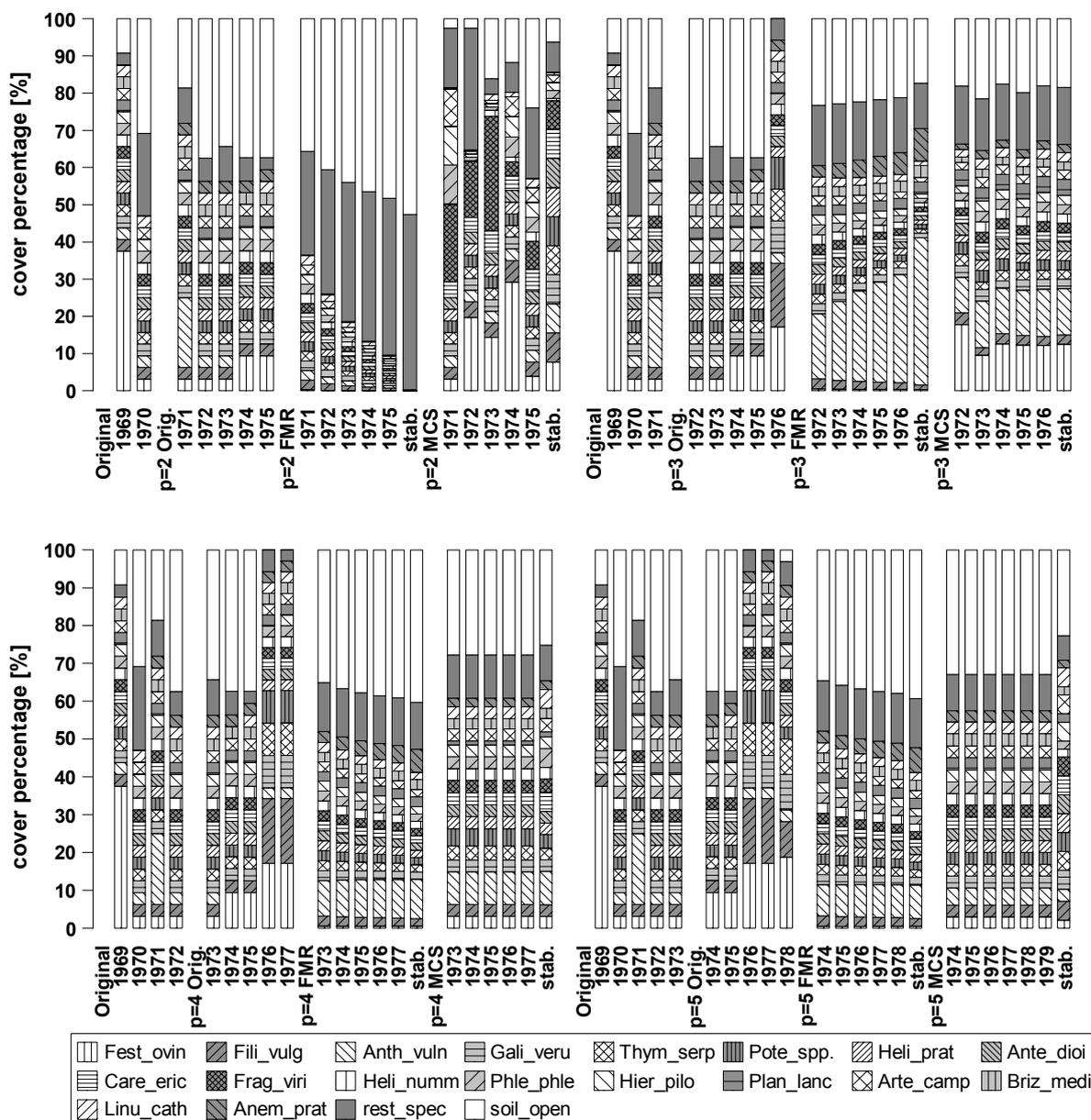


Abb. B 23: Ro82P58 – Plot 58 im Stora Alvaret: Beobachtung und Prognose

Fest_ovin(*Festuca ovina*), Heli_prat(*Helictotrichon pratensis*), Fili_vulg(*Filipendula vulgaris*), Anth_vuln(*Anthyllis vulneraria*), Gali_veru(*Galium verum*), Thym_serp(*Thymus serpyllum*), Pote_spp.(*Potentilla spp.*), Ante_dioi(*Antennaria dioica*), Care_eric(*Carex ericetorum*), Frag_viri(*Fragaria viridis*), Heli_numm(*Helianthemum nummularium*), Phle_phle(*Phleum phleoides*), Hier_pilo(*Hieracium pilosella*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Arte_camp(*Artemisia campestris*), Briz_medi(*Briza media*), Linu_cath(*Linum catharticum*), Anem_prat(*Anemone pratensis*), rest_spec(*Allium vineale*, *Hpericum perforatum*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, *Medicago lupulina*, *Oxytropis campestris*, *Polygalla ssp.*, *Ranunculus bulbosus*, *Sedum acre*, *Taraxacum spp.*, *Trifolium arvense* und *Trifolium campestre*) und soil_open(offener Boden).

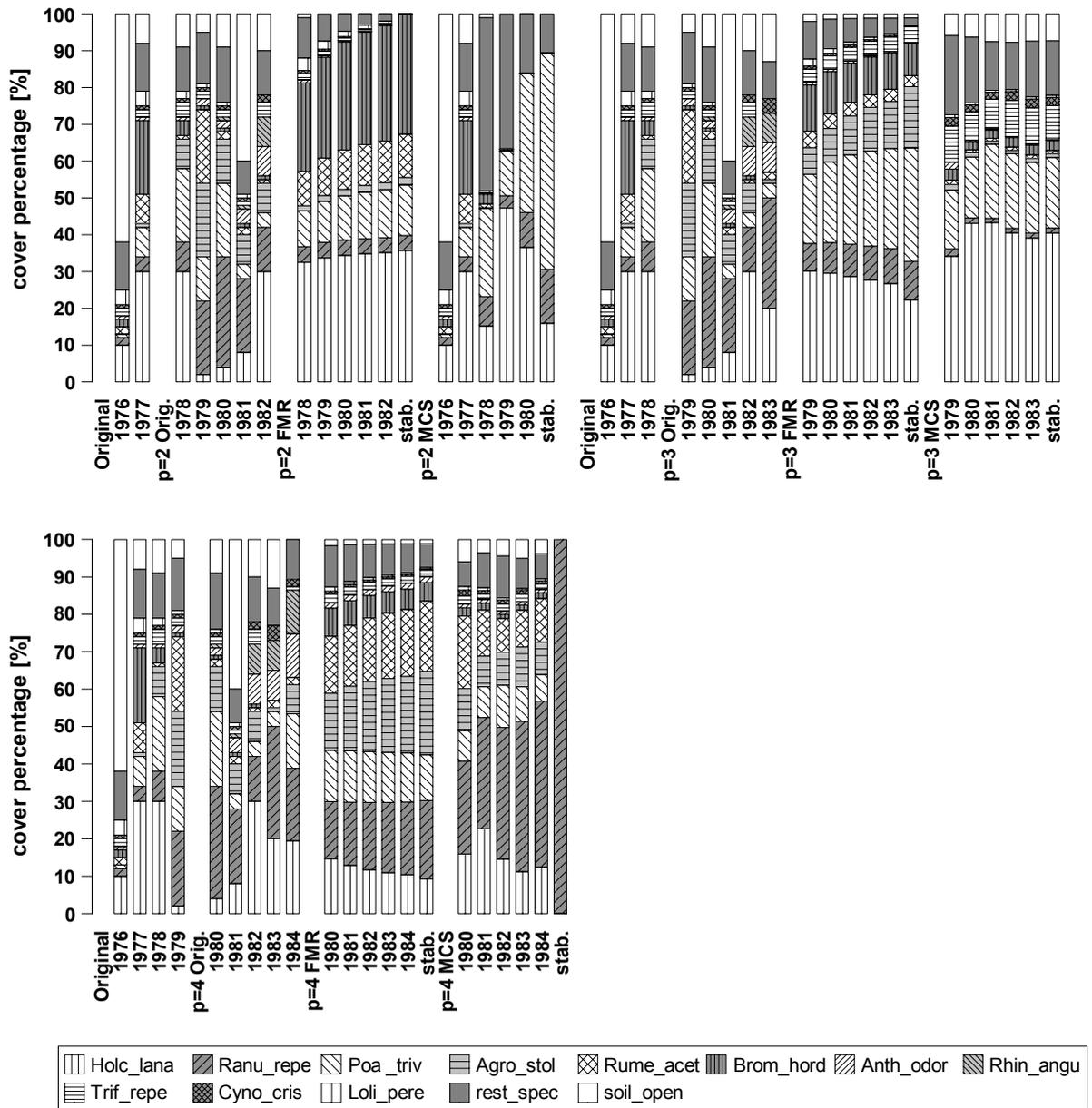


Abb. B 24: Bk89T10 – Plot Anlo 463T: Beobachtung und Prognose

Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Brom_hord(*Bromus hordeaceus*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Loli_pere(*Lolium perenne*), rest_spec(*Agrostis capillaris*, *Alopecurus geniculatus*, *Bellis perennis*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Cerastium fontanum*, *Elymus repens*, *Festuca pratensis*, *Glyceria fluitans*, *Lychnis flos-cuculi*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Phleum pratense*, *Plantago major*, *Poa pratensis*, *Rhinanthus minor*, *Rumex obtusifolius*, *Stellaria media* und *Taraxacum sp.*) und soil_open(offener Boden).

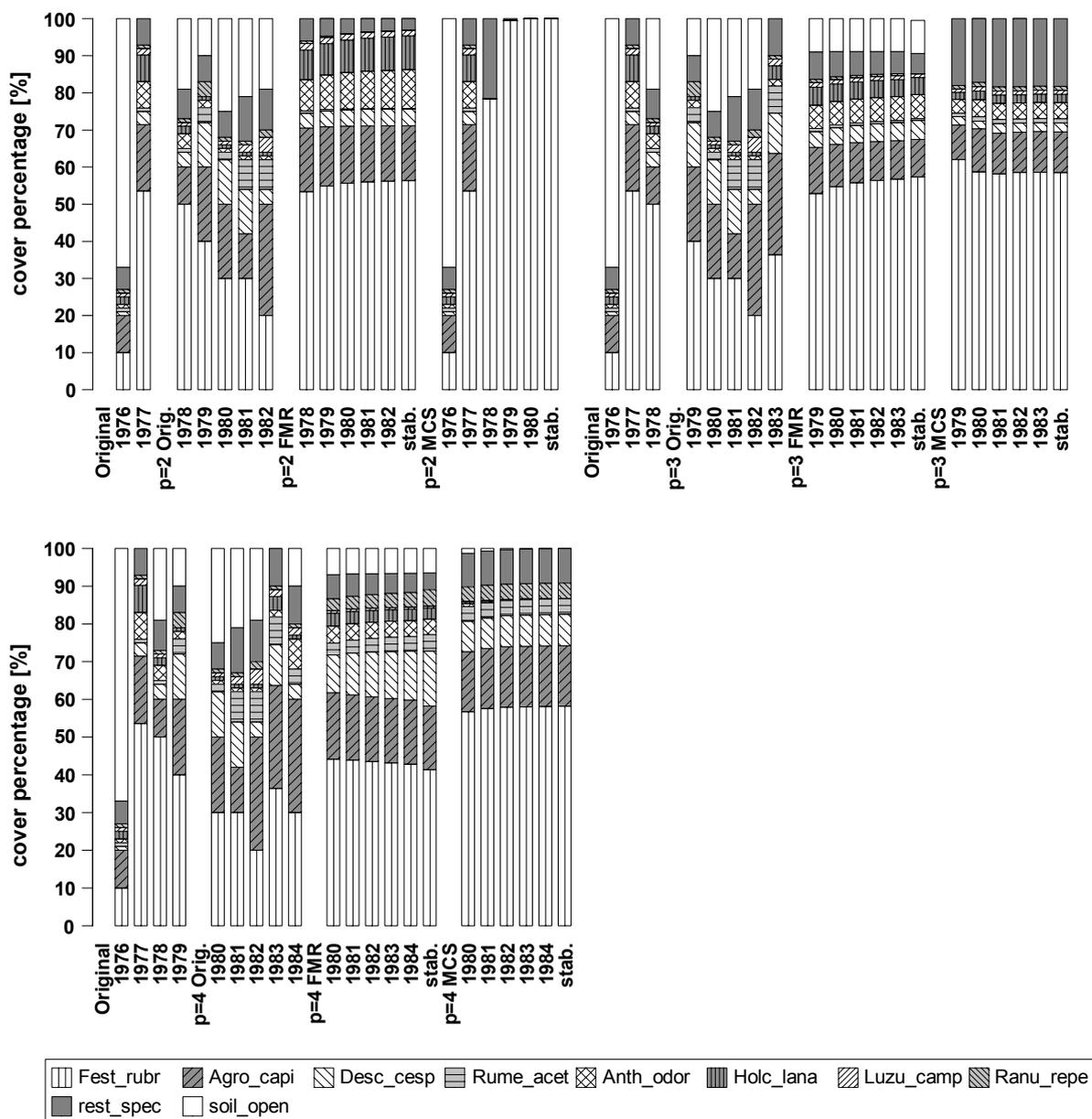


Abb. B 25: Bk89T11 – Plot Anlo 677T: Beobachtung und Prognose

Fest_rubr(*Festuca rubra*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Desc_cesp(*Deschampsia cespitosa*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Luzu_camp(*Luzula campestris*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), rest_spec(*Cardamine pratensis*, *Carex nigra*, *Carex ovalis*, *Cirsium palustre*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Hypochaeris radicata*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Lolium perenne*, *Plantago lanceolata*, *Poa annua*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Quercus robur* und *Rhinanthus angustifolius*) und soil_open(offener Boden).

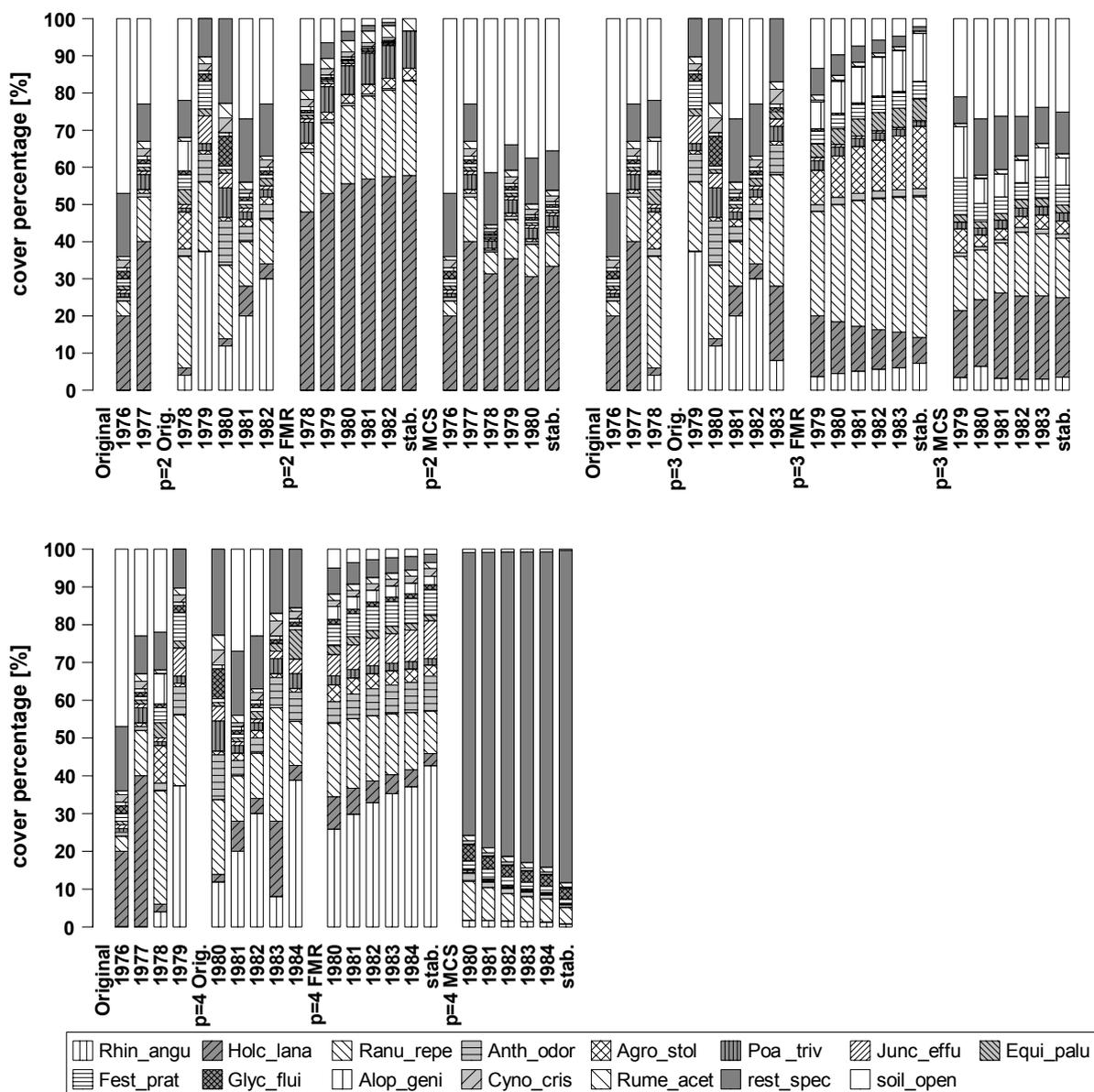


Abb. B 26: Bk89T12 – Plot Anlo 463N: Beobachtung und Prognose

Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Junc_effu(*Juncus effusus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Glyc_flui(*Glyceria fluitans*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), rest_spec(*Agrostis capillaris*, *Bellis perennis*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Cerastium fontanum*, *Epilobium obscurum*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Juncus articulatus*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Plantago major*, *Poa pratensis*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Sagina procumbens*, *Stellaria glutinosa*, *Taraxacum* sp. und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

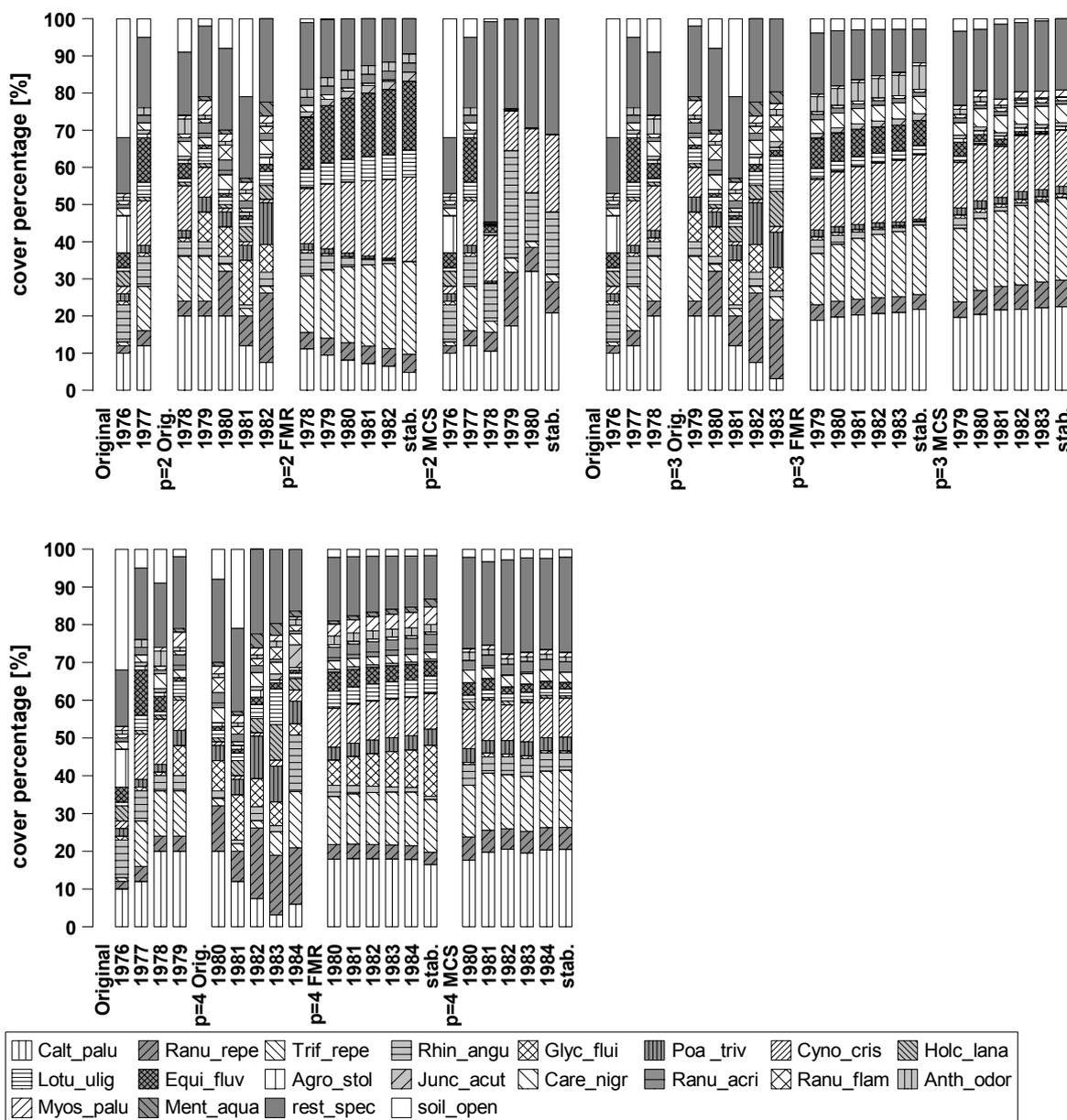


Abb. B 27: Bk89T14 – Plot Anlo 677N: Beobachtung und Prognose

Calt_palu(*Caltha palustris*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Glyc_flui(*Glyceria fluitans*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Junc_acut(*Juncus acutiflorus*), Care_nigr(*Carex nigra*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Ranu_flam(*Ranunculus flammula*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Myos_palu(*Myosotis palustris*), Ment_aqua(*Mentha aquatica*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agrostis capillaris*, *Almus glutinosa*, *Alopecurus geniculatus*, *Bidens tripartita*, *Cardamine pratensis*, *Carex ovalis*, *Carex rostrata*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Dactylorhiza majalis*, *Eleocharis palustris*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Juncus articulatus*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lythrum salicaria*, *Montia fontana*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Polygonum hydropiper*, *Prunella vulgaris*, *Rhinanthus minor*, *Rumex acetosa*, *Sagina procumbens*, *Stellaria glutinosa*, *Stellaria graminea*, *Trifolium dubium* und *Trifolium pratense*) und soil_open(offener Boden).

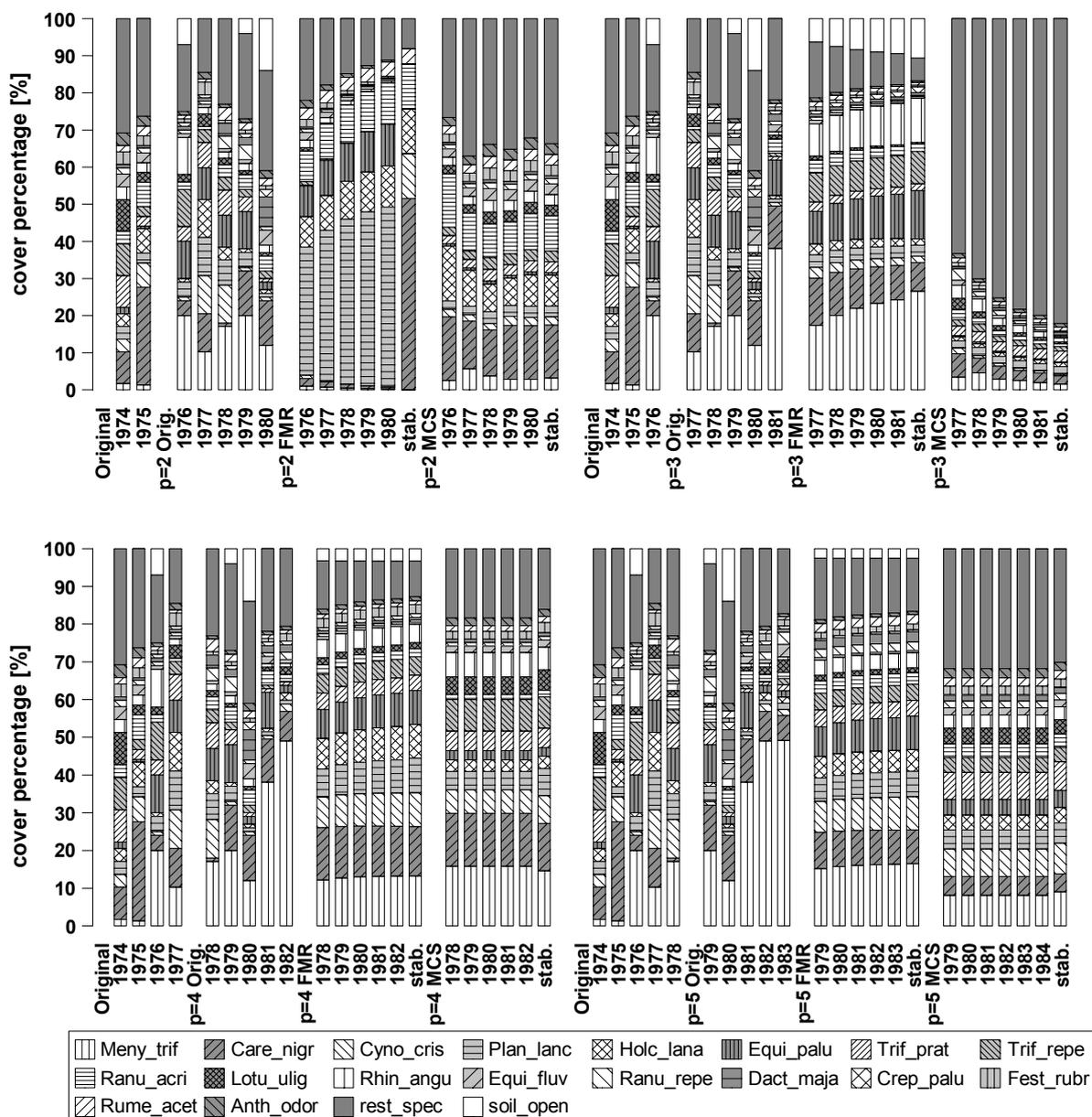


Abb. B 28: Bk89T13 – Plot Anlo 1371A: Beobachtung und Prognose

Meny_trif(*Menyanthes trifoliata*), Care_nigr(*Carex nigra*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Equi_palu(*Equisetum palustre*), Trif_prat(*Trifolium pratense*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Equi_fluv(*Equisetum fluviatile*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Crep_palu(*Crepis paludosa*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), rest_spec(*Agrostis canina*, *Agrostis capillaris*, *Ajuga reptans*, *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Carex echinata*, *Carex panicea*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Dactylorhiza maculata*, *Festuca pratensis*, *Galium palustre*, *Galium uliginosum*, *Juncus articulatus*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Lycchnis flos-cuculi*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Potentilla erecta*, *Potentilla palustris*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus flammula*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Stellaria palustris*, *Succisa pratensis*, *Taraxacum sp.*, *Valeriana officinalis* und *Viola palustris*) und soil_open(offener Boden).

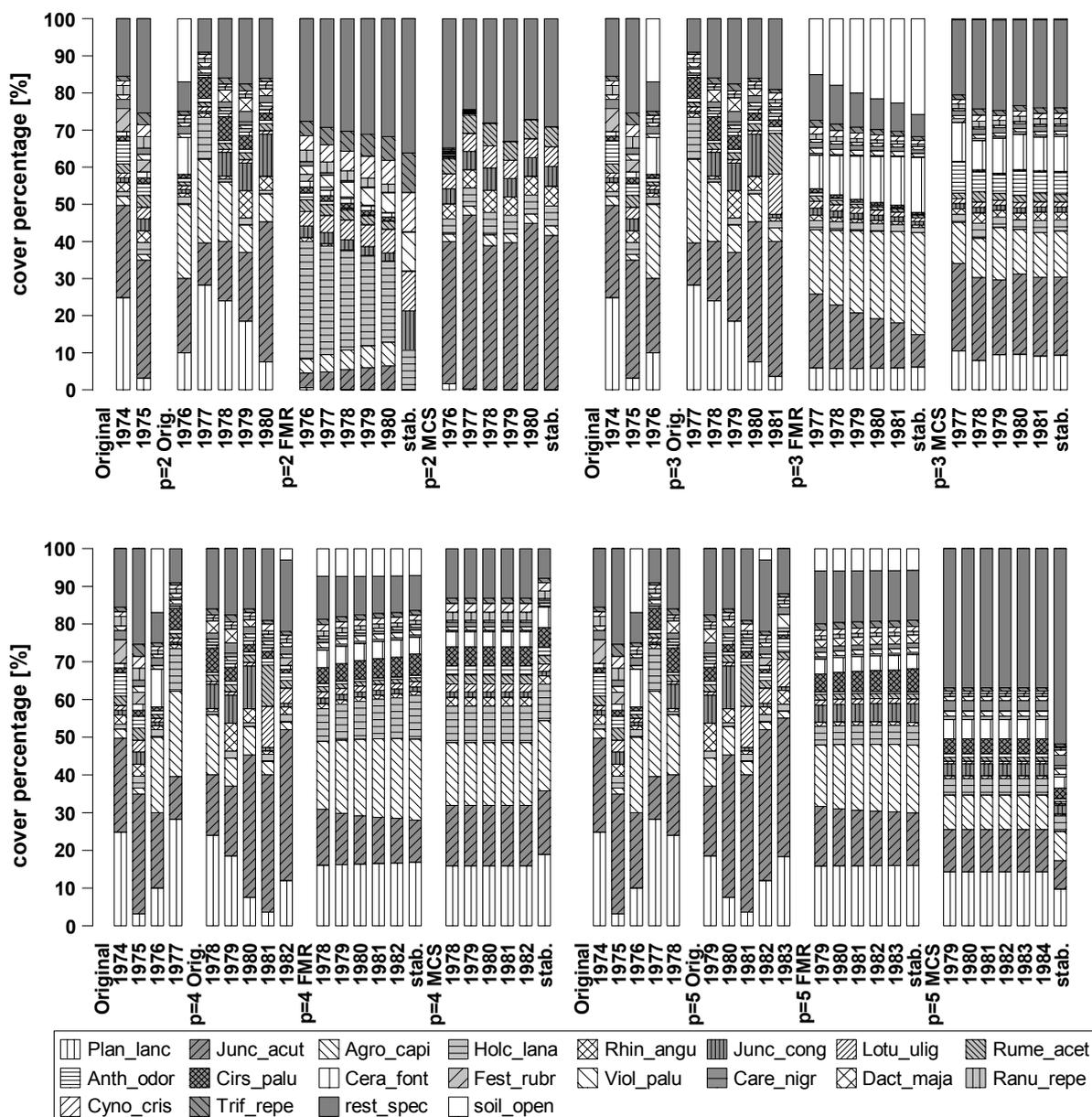


Abb. B 29: Bk89T15 – Plot Anlo 1371B: Beobachtung und Prognose

Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Junc_acut(*Juncus acutiflorus*), Agro_capi(*Agrostis capillaris*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Junc_cong(*Juncus conglomeratus*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Cirs_palud(*Cirsium palustre*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Viol_palud(*Viola palustris*), Care_nigr(*Carex nigra*), Dact_maja(*Dactylorhiza majalis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Cyno_cris(*Cynosurus cristatus*), Trif_repe(*Trifolium repens*), rest_spec(*Ajuga reptans*, *Betula pubescens*, *Cardamine pratensis*, *Carex echinata*, *Carex ovalis*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia cespitosa*, *Equisetum fluviatile*, *Equisetum palustre*, *Festuca pratensis*, *Filipendula ulmaria*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Luzula multiflora*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia vulgaris*, *Myosotis discolor*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Potentilla erecta*, *Prunella vulgaris*, *Quercus robur*, *Ranunculus acris*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Taraxacum sp.*, *Valeriana officinalis* und *Veronica chamaedrys*) und soil_open(offener Boden).

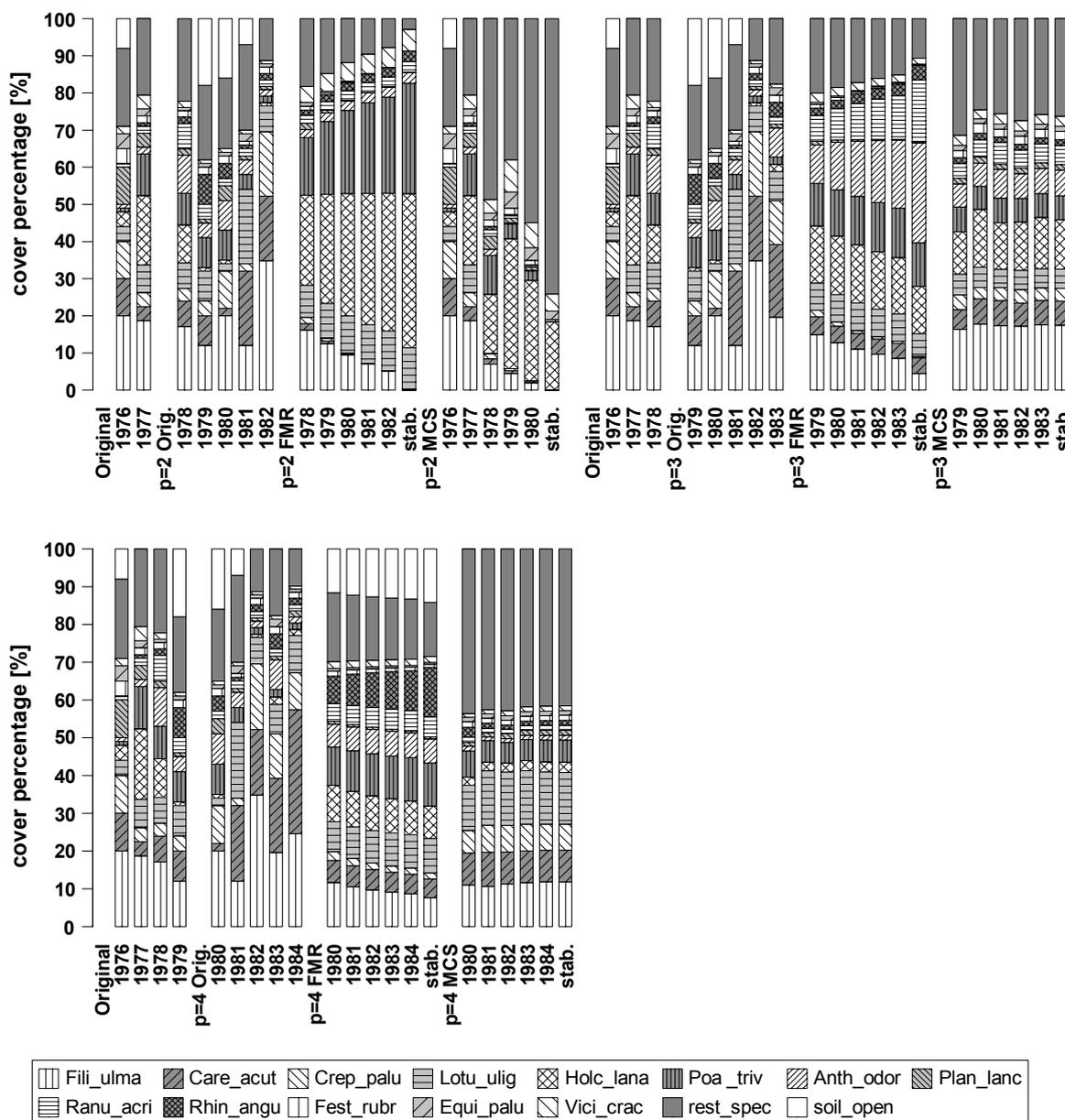


Abb. B 30: Bk89T16 – Plot Taarlo 431: Beobachtung und Prognose

Fili_ulma(*Filipendula ulmaria*), Care_acut(*Carex acutiformis*), Crep_palud(*Crepis paludosa*), Lotu_ulig(*Lotus uliginosus*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Plan_lanc(*Plantago lanceolata*), Ranu_acri(*Ranunculus acris*), Rhin_angu(*Rhinanthus angustifolius*), Fest_rubr(*Festuca rubra*), Equi_palud(*Equisetum palustre*), Vici_crac(*Vicia cracca*), rest_spec(*Ajuga reptans*, *Anthriscus sylvestris*, *Bellis perennis*, *Bromus racemosus*, *Cardamine pratensis*, *Carex nigra*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Cynosurus cristatus*, *Equisetum fluviatile*, *Festuca pratensis*, *Galium palustre*, *Glechoma hederacea*, *Glyceria fluitans*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Mentha aquatica*, *Myosotis palustris*, *Phyteuma nigrum*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*, *Stellaria media*, *Taraxacum sp.*, *Trifolium dubium*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica*, *Veronica arvensis* und *Veronica chamaedrys*) und soil_open(offener Boden).

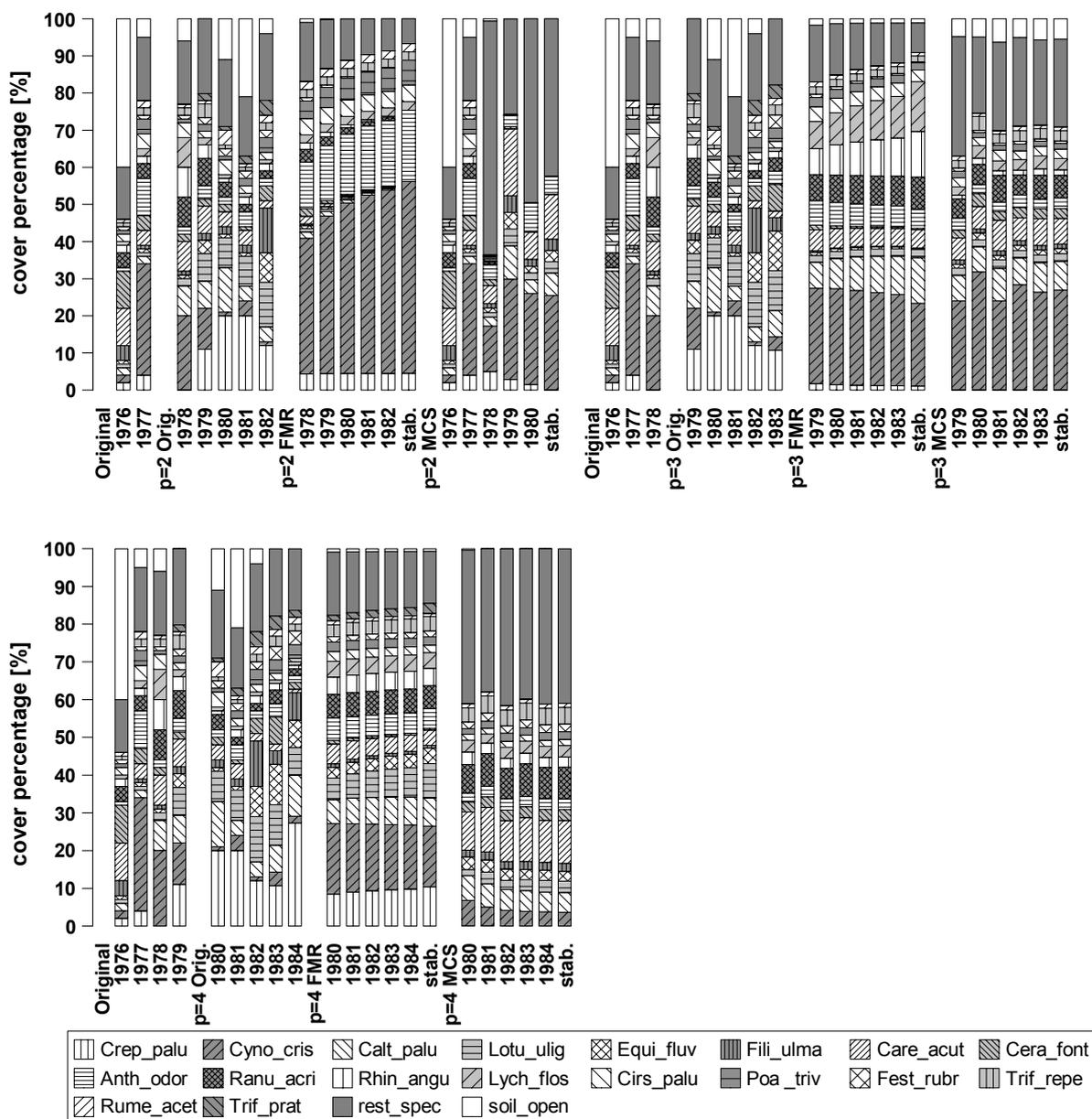


Abb. B 31: Bk89T17 – Plot Taarlo 424: Beobachtung und Prognose

Crep_palü(Crepis paludosa), Cyno_cris(Cynosurus cristatus), Calt_palü(Caltha palustris), Lotu_ulig(Lotus uliginosus), Equi_fluv(Equisetum fluviatile), Fili_ulma(Filipendula ulmaria), Care_acut(Carex acutiformis), Cera_font(Cerastium fontanum), Anth_odor(Anthoxanthum odoratum), Ranu_acri(Ranunculus acris), Rhin_angu(Rhinanthus angustifolius), Lych_flos(Lychnis flos-cuculi), Cirs_palü(Cirsium palustre), Poa_triv(Poa trivialis), Fest_rubr(Festuca rubra), Trif_repe(Trifolium repens), Rume_acet(Rumex acetosa), Trif_prat(Trifolium pratense), rest_spec(Achillea millefolium, Agrostis canina, Ajuga reptans, Bellis perennis, Bromus racemosus, Cardamine pratensis, Carex nigra, Equisetum palustre, Festuca pratensis, Galium uliginosum, Holcus lanatus, Luzula campestris, Lythrum salicaria, Phyteuma nigrum, Plantago lanceolata, Pragmites australis, Ranunculus repens, Stellaria graminea, Stellaria palustris, Veronica arvensis, Veronica chamaedrys und Vicia cracca) und soil_open(offener Boden).

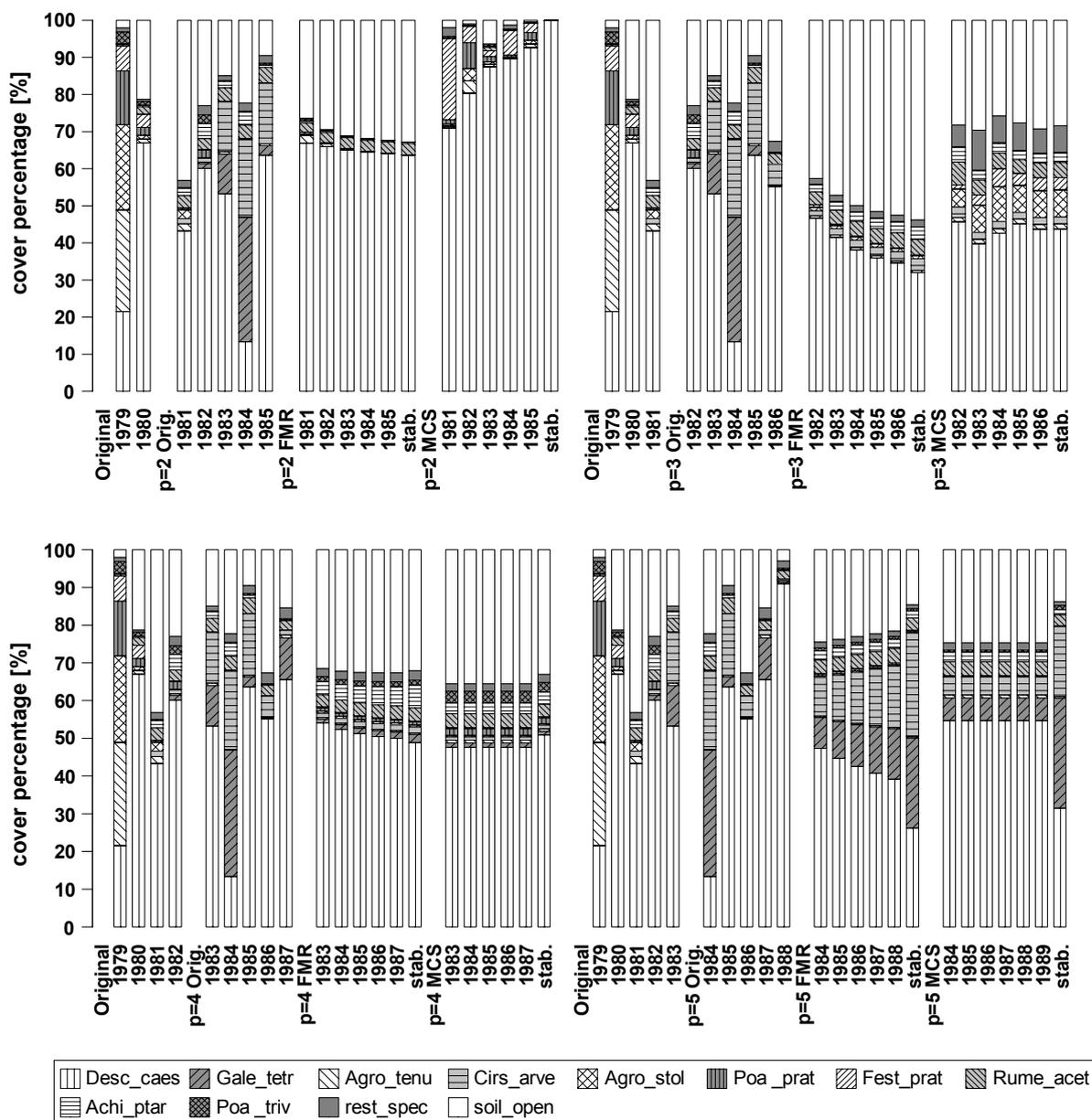


Abb. B 32: Rt92BBa – Brache A: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Gale_tetr(*Galeopsis tetrahit*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), Poa_triv(*Poa trivialis*), rest_spec(*Agrostis canina*, *Agrostis gigantea*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Barbarea stricta*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Chenopodium album*, *Cirsium palustre*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Polygonum hydropiper*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

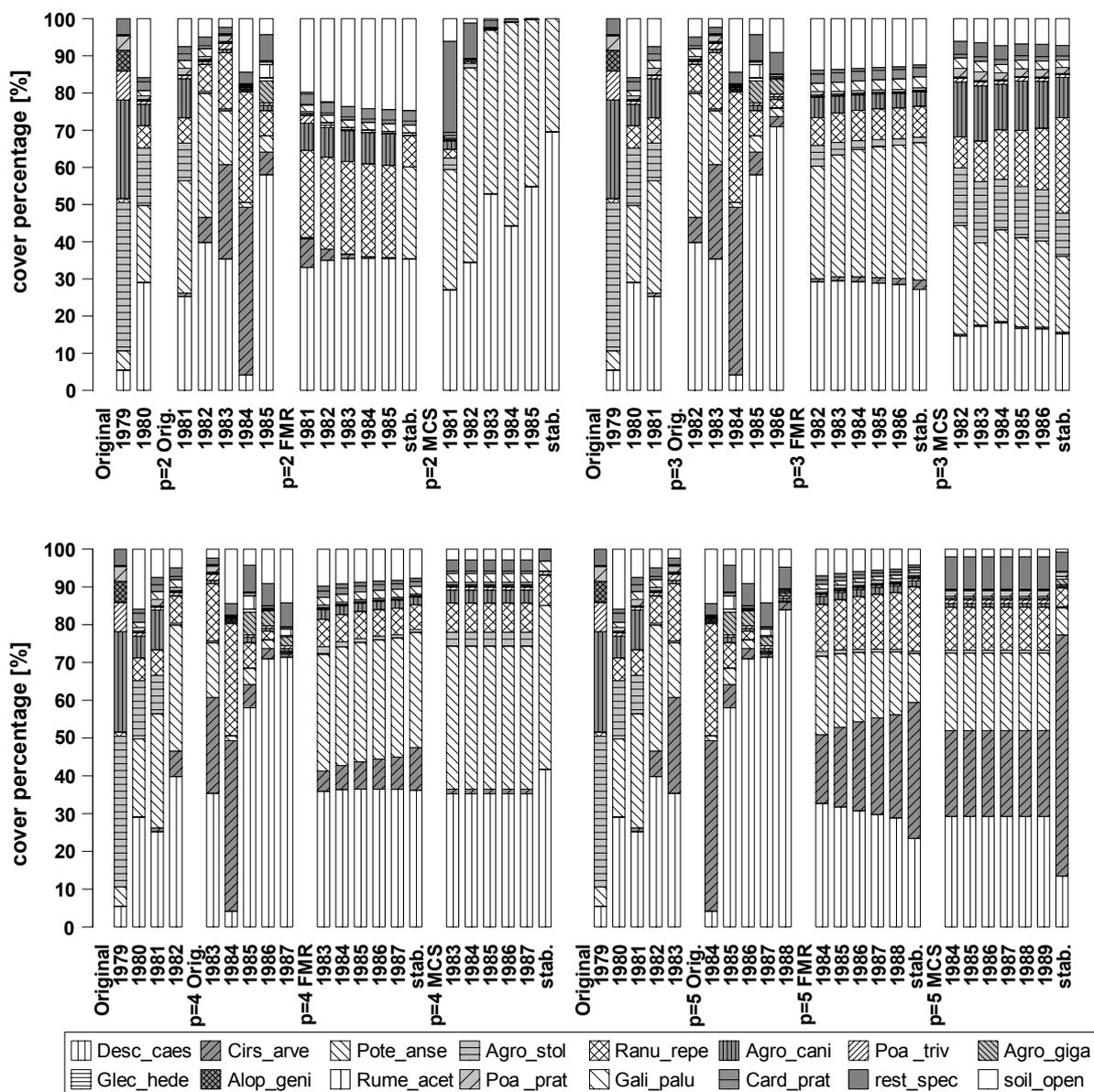


Abb. B 33: Rt92BBb – Brache B: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Agro_giga(*Agrostis gigantea*), Glec_hede(*Glechoma hederacea*), Alop_geni(*Alopecurus geniculatus*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_pal(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agrostis tenuis*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Bidens tripartita*, *Carex fusca*, *Cerastium fontanum*, *Chenopodium album*, *Chrysanthemum vulgare*, *Festuca pratensis*, *Galeopsis tetrahit*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lolium perenne*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Mentha arvensis*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Rorippa amphibia*, *Rumex crispus*, *Scutellaria galericulata*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum officinalis* und *Trifolium repens*) und soil_open(offener Boden).

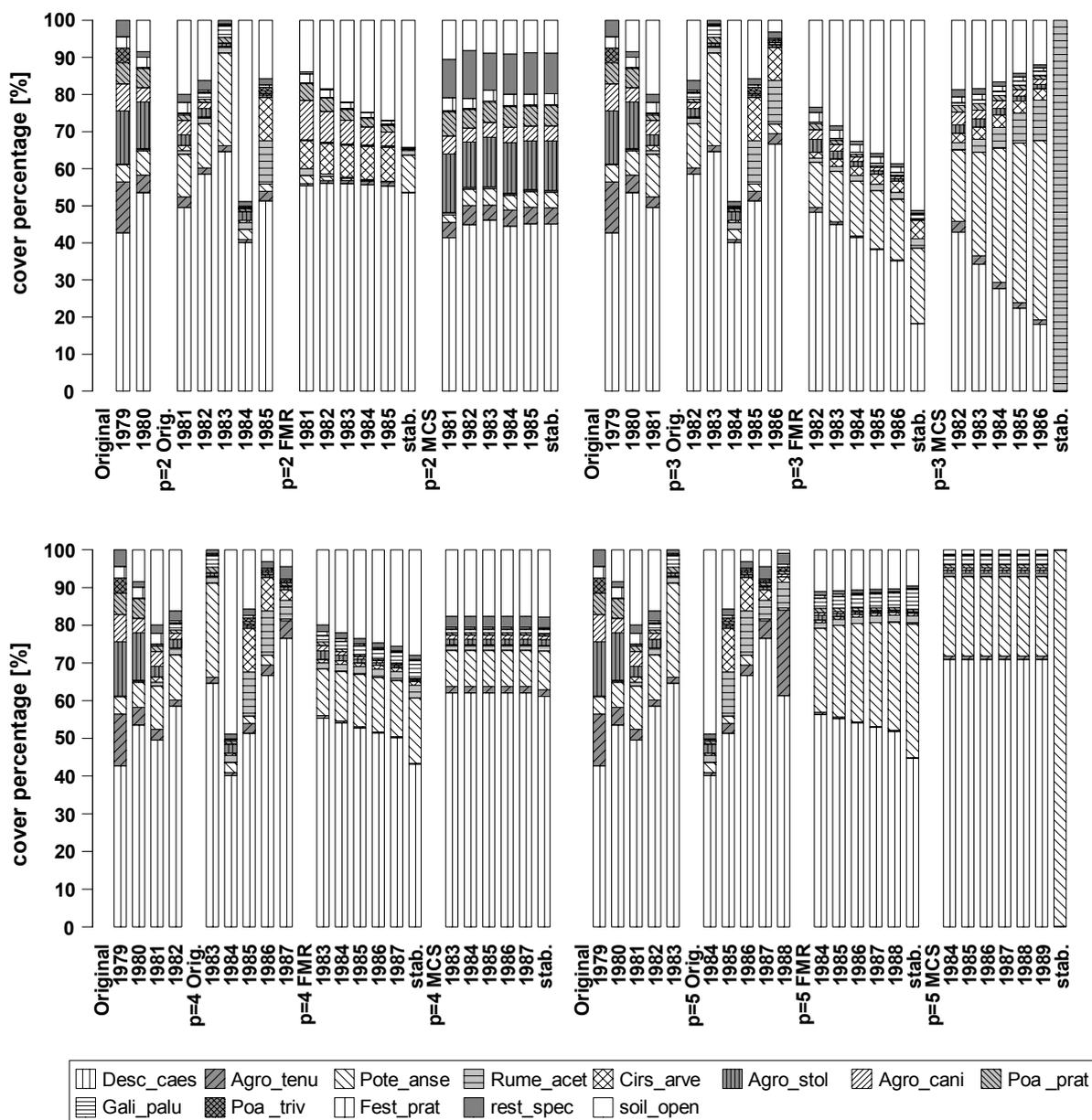


Abb. B 34: Rt92B1uS – einmal Mulchen/Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agrostis gigantea*, *Alopecurus geniculatus*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Bromus hordeaceus*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Cirsium palustre*, *Epilobium palustre*, *Festuca rubra*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lysimachia numularia*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Ranunculus repens*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

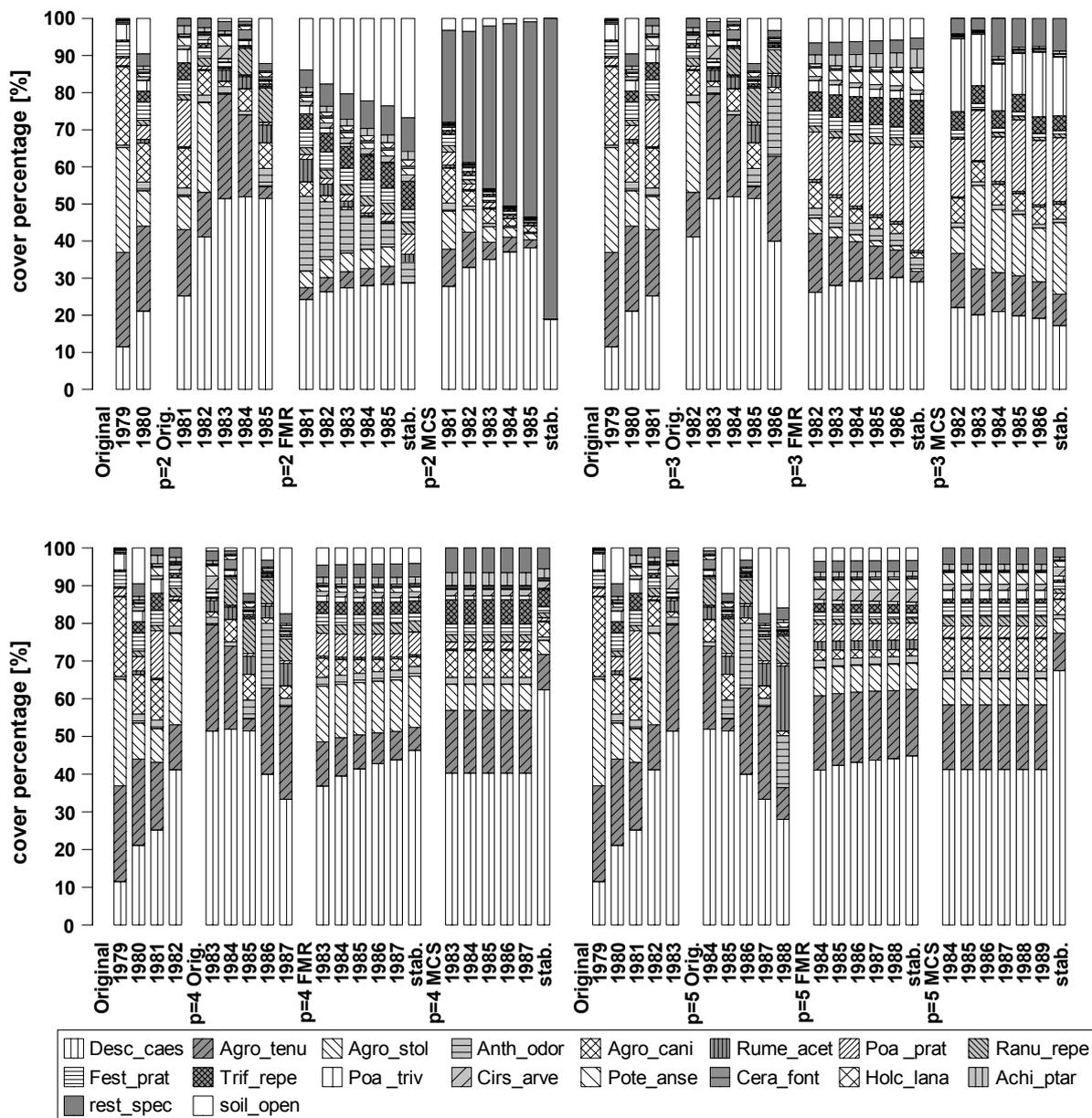


Abb. B 35: Rt92B2 – zweimal Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Anth_odor(*Anthoxanthum odoratum*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Trif_repe(*Trifolium repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Cera_font(*Cerastium fontanum*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Achi_ptar(*Achillea ptarmica*), rest_spec(*Alopecurus geniculatus*, *Alopecurus pratensis*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Festuca rubra*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium palustre*, *Juncus effusus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Phalaris arundinacea*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Sagina procumbens*, *Taraxacum officinalis* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

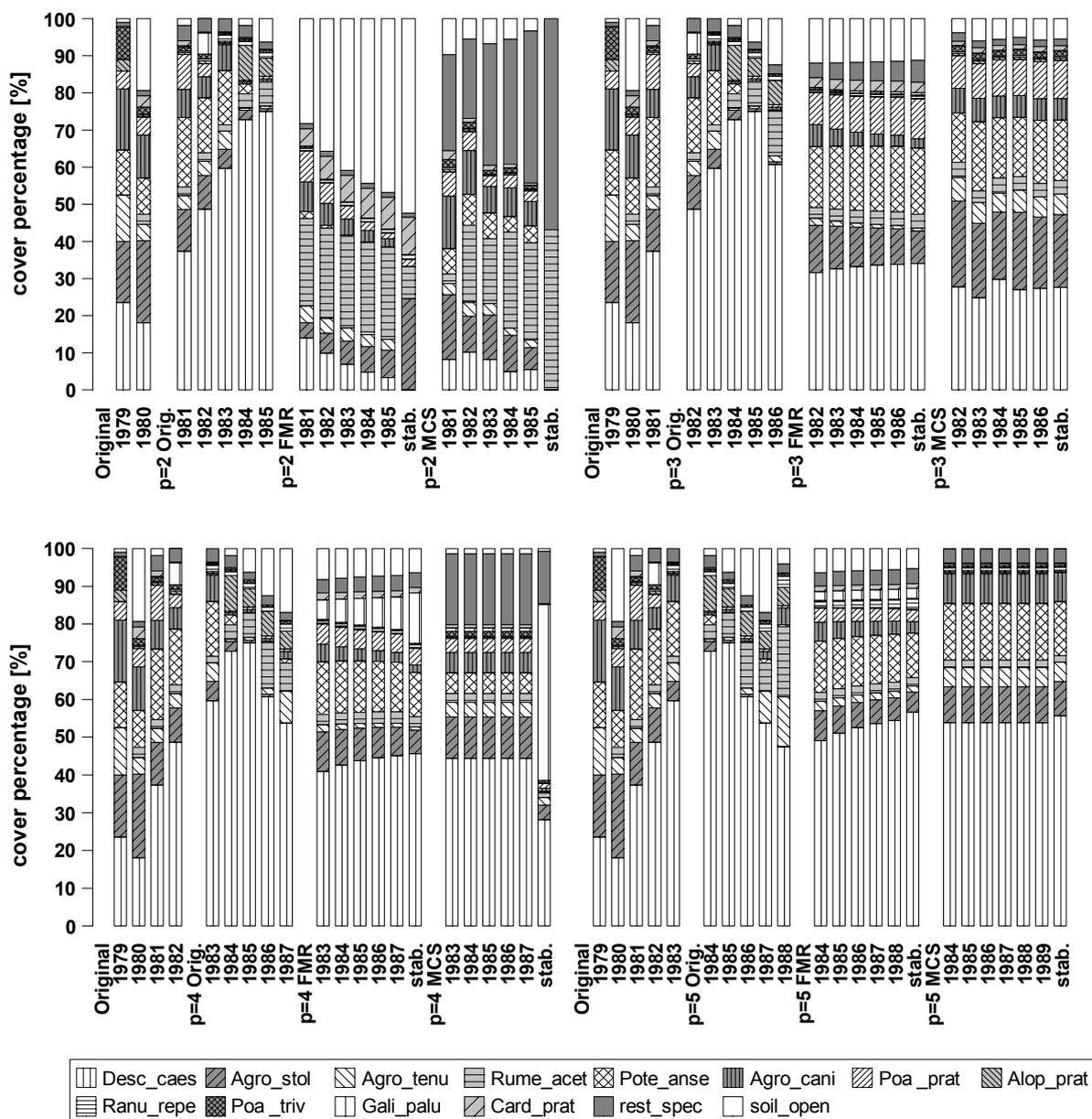


Abb. B 36: Rt92BS3 – einmal/dreimal Mähen: Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), Alop_prat(*Alopecurus pratensis*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Gali_palu(*Galium palustre*), Card_prat(*Cardamine pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Alopecurus geniculatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Chrysanthemum vulgare*, *Cirsium arvense*, *Festuca pratensis*, *Glyceria fluitans*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus uliginosus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Lysimachia numularia*, *Myosotis palustris*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Sonchus asper*, *Stachys palustris*, *Stellaria graminea*, *Stellaria media*, *Stellaria palustris*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Veronica scutellata* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

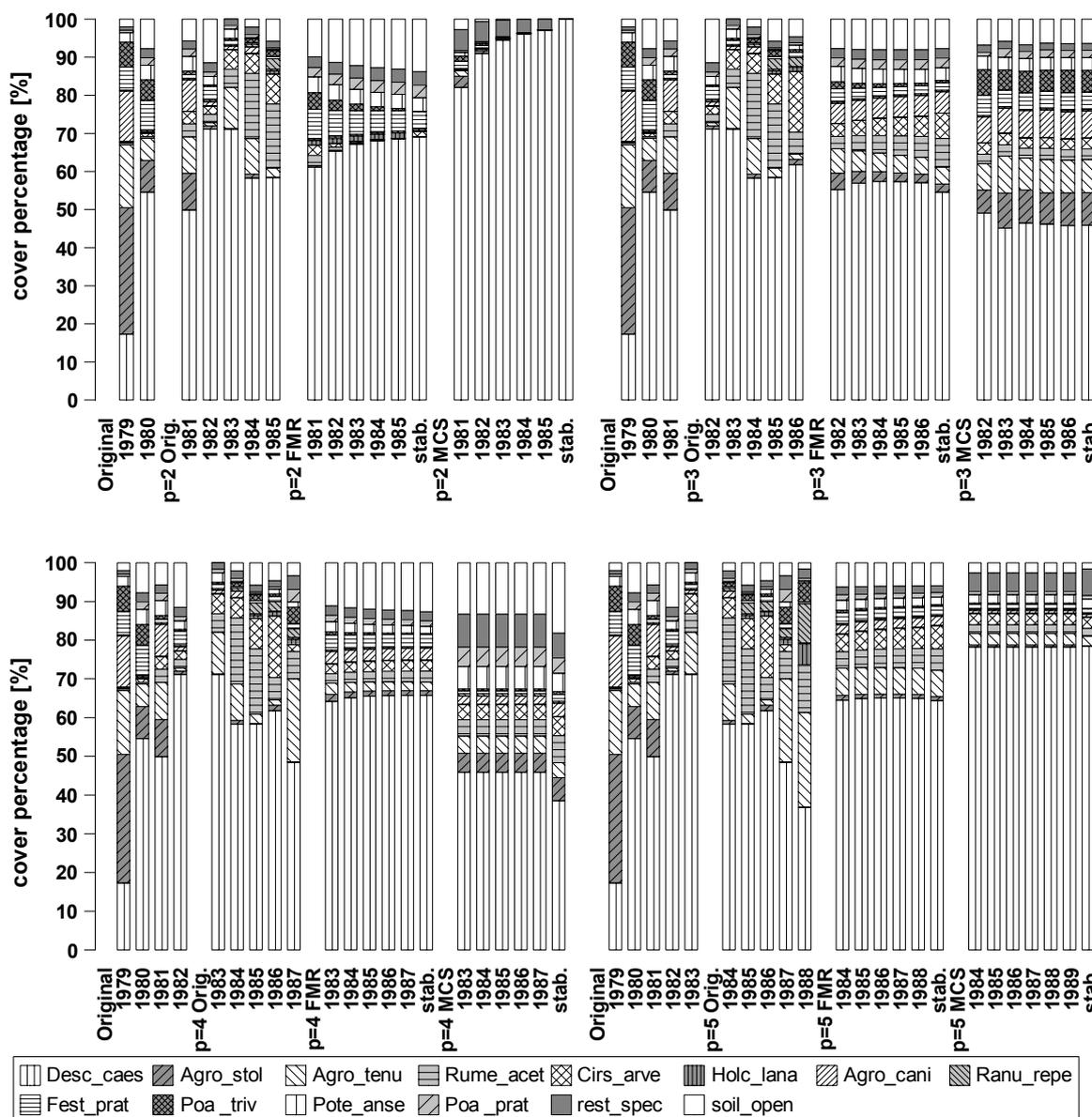


Abb. B 37: Rt92B2u3 – zweimal Mulchen/dreimal Mähen (Düngung): Beobachtung und Prognose

Desc_caes(*Deschampsia caespitosa*), Agro_stol(*Agrostis stolonifera*), Agro_tenu(*Agrostis tenuis*), Rume_acet(*Rumex acetosa*), Cirs_arve(*Cirsium arvense*), Holc_lana(*Holcus lanatus*), Agro_cani(*Agrostis canina*), Ranu_repe(*Ranunculus repens*), Fest_prat(*Festuca pratensis*), Poa_triv(*Poa trivialis*), Pote_anse(*Potentilla anserina*), Poa_prat(*Poa pratensis*), rest_spec(*Achillea ptarmica*, *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cardamine pratensis*, *Carex fusca*, *Carex leporina*, *Cerastium fontanum*, *Chrysanthemum vulgare*, *Festuca rubra*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium aparine*, *Galium palustre*, *Juncus effusus*, *Leontodon autumnalis*, *Poa annua*, *Poa palustris*, *Polygonum hydropiper*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus flammula*, *Rumex crispus*, *Stellaria palustris*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica* und *Veronica serpyllifolia*) und soil_open(offener Boden).

Anhang

C Teilmatrizen: Kriterien für die Anpassungsgüte (Tabellen)

C1. Übergangsmatrix der ersten zwei Jahre ($p=2$)

Für die aus den ersten zwei Jahren erstellten Prognosen ist der Vergleich mit den beobachteten Daten des dritten bis siebten Jahres in Tab. C1 dargestellt.

Für 22 FMR-Prognose und für 20 MCS-Prognose zeigt der **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** ($W. p$ in Tab. C1) **keine** signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median. In sieben Fällen liegen für beide Prognosen signifikante Abweichungen vor und in zwölf Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig, so dass der Wilcoxon-Test in 51 % der Fälle zum gleichen Ergebnis kommt.

Der **Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient** ($Sp. r$ in Tab. C1) zwischen der Beobachtung und der FMR- und der MCS-Prognose liegt in fünf bzw. vier Fällen über 0,7. In vier Fällen liegt r für beide Prognosen über 0,7 und in 32 Fällen unter 0,7, was einer Übereinstimmung von 97 % entspricht.

Der **Mittlere Quadratische Fehler** (MSE in Tab. C1) liegt für die FMR-Prognose in 20 Fällen und für die MCS-Prognose in 22 Fällen unter 0,01. Übereinstimmung liegt bei 84 % der Fälle vor: In 18 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in 13 Fällen über 0,01.

Auf dem 5 %-Signifikanzniveau ist der **Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993)** in 18 Fällen für die FMR-Prognose und in acht Fällen für die MCS-Prognose positiv ($Str.$ in Tab. C1). In sechs Fällen trifft dies auf beide Prognosen zu und in 17 Fällen ist der Stress-Wert Z für beide Prognosen nicht signifikant, was einer Übereinstimmung von 62 % entspricht.

Für die **Fuzzy-Ordination** wurde ebenfalls der Mittlere Quadratische Fehler (FO in Tab. C1) errechnet: Der MSE liegt beim Vergleich der Ordinationswerte der Beobachtung mit der FMR- bzw. MCS-Prognose in 19 bzw. 17 Fällen unter 0,08. Die Übereinstimmung liegt bei 51 %: In neun Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,08 und in zehn Fällen über 0,08.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtung mit den beiden zugehörigen Prognosen von 51 % ($W. p$) bis 97 % ($Sp. r$). Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine teilweise abweichende Anpassungsgüte an.

Tab. C1:Übergangsmatrix der ersten zwei Jahre (p=2): Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten für die folgenden fünf Jahre (3. bis 7. Jahr).

p=2 Datensatz	t=	s=	Original/FMR						Original/MCS					
			W.	p	Sp.	r	MSE	Str.	FO	W.	p	Sp.	r	MSE
Li85T1	11	7	,935	,906	,0018	,008	,019	++	,896	,797	,0130	,850	,499	--
Ru83HutH	11	6	,991	,586	,0232	,167	,051	--	,754	,545	,0115	,325	,054	--
Ru83HatH	11	7	,554	,378	,0101	,008	,022	-	,665	<u>,311</u>	,0064	,008	,019	+
Ru83HafH	11	10	,391	,398	,0296	,008	,284	--	,032	<u>,257</u>	,0330	,008	,616	--
Ru83HanH	11	7	,989	,932	,0037	,225	,010	+	,245	,638	,0018	,025	,010	+
Ru97HnHF	11	9	,000	,926	,0039	,008	,192	-	,531	,847	,0027	,008	,228	+
Ru97HnHT	11	7	,001	,709	,0041	,008	,084	-	,213	,785	,0013	,392	,071	+
Ru77SHhd	11	7	,124	,877	,0022	,008	,032	++	,844	,878	,0015	,408	,153	-
Ru98HWb	11	18	,015	,439	,0159	,042	,029	--	,001	,413	,0122	,217	,040	--
Ru85HAVb	11	13	,001	,597	,0134	,058	,253	--	,190	,463	,0063	,525	,613	--
Ru92HAb	11	15	,205	,616	,0118	,058	,272	--	,568	,443	,0114	,100	,039	--
Wb90P28	9	16	,000	<u>,050</u>	,0400	,075	,360	--	,046	<u>-,035</u>	,0317	,167	,586	--
Wb90P61	9	16	,000	<u>,068</u>	,0457	,083	,447	--	,000	<u>,003</u>	,0412	,050	,511	--
Wb90P68	9	16	,000	<u>-,215</u>	,0435	,158	,292	--	,000	<u>-,108</u>	,0497	,175	,239	--
Wb90P101	9	16	,440	,333	,0094	,008	,132	-	,002	,378	,0144	,458	,580	--
Ro85P27	11	20	,004	,288	,0036	,292	,178	--	,007	,254	,0033	,767	,028	--
Ro85P30	11	20	,719	,573	,0067	,008	,164	-	,031	,443	,0033	,583	,024	--
Ro82P36	11	19	,211	,357	,0058	,617	,339	--	,108	,620	,0012	,542	,200	--
Ro82P38	11	17	,487	,625	,0071	,217	,489	--	,348	,298	,0033	,650	,241	--
Ro85P39	11	19	,000	,277	,0069	,025	,069	-	,431	,311	,0021	,850	,089	--
Ro82P54	11	20	,108	,386	,0062	,150	,057	-	,601	,447	,0010	,967	,095	--
Ro82P57	11	20	,000	<u>-,124</u>	,0179	,042	,039	--	,293	<u>,137</u>	,0041	,342	,055	-
Ro82P58	11	20	,000	,394	,0059	,408	,017	--	,069	,325	,0032	,583	,169	--
Bk89T10	9	13	,551	,490	,0174	,717	,077	--	,022	,527	,0196	,908	,059	--
Bk89T11	9	10	,675	<u>,207</u>	,0124	,017	,214	--	,001	,479	,0512	,225	,060	--
Bk89T12	9	15	,044	<u>,089</u>	,0255	,242	,047	--	,006	<u>,112</u>	,0161	,217	,493	--
Bk89T14	9	20	,115	,274	,0056	,050	,086	-	,001	,436	,0066	,792	,063	--
Bk89T13	11	20	,122	<u>,173</u>	,0100	,383	,029	-	,564	,221	,0019	,492	,251	--
Bk89T15	11	20	,001	<u>,110</u>	,0064	,025	,089	--	,296	,369	,0039	,650	,053	-
Bk89T16	9	15	,119	<u>,187</u>	,0127	,392	,190	--	,071	<u>-,076</u>	,0183	,558	,165	--
Bk89T17	9	20	,005	<u>,112</u>	,0110	,033	,044	--	,004	,395	,0090	,342	,101	--
Rt92BBa	11	12	,009	,443	,0112	,300	,038	--	,165	<u>-,010</u>	,0122	,325	,091	--
Rt92BBb	11	16	,503	,529	,0097	,442	,039	-	,000	,558	,0080	,433	,033	--
Rt92B1uS	11	13	,664	,574	,0038	,875	,032	-	,213	,480	,0036	,908	,314	--
Rt92B2	11	18	,085	,392	,0056	,008	,014	+	,002	,473	,0060	,008	,042	-
Rt92BS3	11	14	,869	,293	,0348	,008	,081	--	,038	,529	,0149	,008	,059	--
Rt92B2u3	11	14	,774	,337	,0028	,042	,015	+	,000	,410	,0045	,042	,026	-
Anzahl positiv. Werte:			22	5	20	18	19		20	4	22	8	17	

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive Kriterien
W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)
Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeff.; **fett** = Werte >= 0,70; unterstrichen = nicht signif. (5 %)
MSE = Mittlerer quadratischer Fehler; **fett** = Werte <= 0,01
Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)
FO = Mittlerer quadratischer Fehler der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08

C2. Übergangsmatrix der ersten drei Jahre ($p=3$)

Für die aus den ersten drei Jahren erstellten Prognosen ist der Vergleich mit den beobachteten Daten des vierten bis achten Jahres in Tab. 2 dargestellt.

Der **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** ($W. p$ in Tab. 2) zeigt für die FMR-Prognose in 29 Fällen und für die MCS-Prognose in 28 Fällen **keine** signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median. Übereinstimmung liegt in 86 % der Fälle vor: In sechs Fällen liegen für beide Prognosen signifikante Abweichungen vor, in 26 Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig.

Für fünf FMR- und sechs MCS-Prognosen liegt der **Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient** ($Sp. r$ in Tab. 2) über 0,7 und in fünf Fällen trifft dies für beide Prognosen zu. Zusammen mit den 31 Fällen in den r für beide Prognosen unter 0,7 liegt, ergibt sich eine Übereinstimmung von 97 %.

Für die FMR-Prognose liegt der **Mittlere Quadratische Fehler** (MSE in Tab. 2) in 29 Fällen unter 0,01 und für die MCS-Prognose in 29 Fällen. Übereinstimmung liegt bei 95 % der Fälle vor: In 28 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in sieben Fällen über 0,01.

Der **Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993)** ist auf dem 5 %-Signifikanzniveau in 17 Fällen für die FMR-Prognose und in neun Fällen für die MCS-Prognose positiv ($Str.$ in Tab. 2). Für beide Prognosen ist der Stress-Wert Z in neun Fällen signifikant und in 20 Fällen nicht signifikant, was einer Übereinstimmung von 78 % entspricht.

Der Mittlere Quadratische Fehler der **Fuzzy-Ordination** (FO in Tab. 2) MSE liegt beim Vergleich der Ordinationswerte der Beobachtung mit der FMR- bzw. MCS-Prognose in 14 bzw. 18 Fällen unter 0,08. In zehn Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,08 und in 15 Fällen über 0,08 und stimmt somit in 68 % der Fälle überein.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtungen mit den beiden zugehörigen Prognosen von 68 % (FO) bis 97 % ($Sp. r$). Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine relativ vergleichbare Anpassungsgüte.

Tab. 2: Übergangsmatrix der ersten drei Jahren (p=3): Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten für die folgenden fünf Jahre (4. bis 8. Jahr).

p=3 Datensatz	Original/FMR								Original/MCS							
	t=	s=	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO		W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO			
Li85T1	11	7	,987	,866	,0006	,008	,008	++	,623	,805	,0011	,008	,009	++		
Ru83HutH	11	6	,586	,631	,0203	,017	,106	--	,136	,416	,0289	,025	,130	--		
Ru83HatH	11	7	,567	,682	,0086	,025	,259	-	,831	<u>,329</u>	,0132	,225	,351	--		
Ru83HafH	11	10	,095	,639	,0272	,008	,588	--	,305	<u>,151</u>	,0353	,008	,696	--		
Ru83HanH	11	7	,989	,890	,0044	,025	,010	++	,115	,888	,0055	,050	,015	++		
Ru97HnHF	11	9	,870	,784	,0026	,008	,053	++	,623	,831	,0042	,008	,037	++		
Ru97HnHT	11	7	,318	,751	,0008	,025	,060	++	,318	,878	,0007	,075	,004	+		
Ru77SHhd	11	7	,922	,880	,0016	,017	,009	++	,1,00	,876	,0004	,017	,007	++		
Ru98HWb	11	18	,006	,493	,0077	,025	,291	--	,002	,270	,0076	,092	,459	--		
Ru85HAVb	11	13	,395	,576	,0013	,058	,016	-	,062	,707	,0087	,058	,018	+		
Ru92HAb	11	15	,603	,554	,0039	,008	,120	-	,032	,487	,0089	,008	,077	-		
Wb90P28	9	16	,000	,343	,0393	,033	,375	--	,007	,272	,0268	,033	,302	--		
Wb90P61	9	16	,000	,405	,0502	,008	,654	--	,000	<u>,029</u>	,0478	,008	,702	--		
Wb90P68	9	16	,000	,477	,0528	,608	,426	--	,000	,329	,0553	,475	,418	--		
Wb90P101	9	16	,705	,428	,0062	,042	,114	-	,601	,467	,0069	,650	,098	--		
Ro85P27	11	20	,014	<u>,162</u>	,0017	,567	,333	--	,126	,315	,0006	,925	,117	--		
Ro85P30	11	20	,553	,575	,0013	,258	,144	--	,678	,675	,0008	,775	,073	-		
Ro82P36	11	19	,352	,336	,0011	,417	,286	--	,084	,607	,0008	,183	,083	--		
Ro82P38	11	17	,535	,611	,0023	,333	,470	--	,458	,508	,0015	,983	,151	--		
Ro85P39	11	19	,000	<u>,077</u>	,0017	,242	,081	--	,008	,220	,0016	,975	,296	--		
Ro82P54	11	20	,176	,394	,0007	,042	,148	-	,082	,499	,0004	,633	,069	-		
Ro82P57	11	20	,000	<u>,137</u>	,0052	,508	,072	--	,000	<u>,115</u>	,0084	,550	,021	--		
Ro82P58	11	20	,000	,368	,0026	,383	,087	--	,087	,308	,0016	,667	,063	-		
Bk89T10	9	13	,713	,311	,0112	,133	,137	--	,899	,318	,0141	,158	,079	--		
Bk89T11	9	10	,308	,596	,0126	,650	,147	--	,629	,418	,0176	,983	,184	--		
Bk89T12	9	15	,849	<u>,085</u>	,0110	,325	,053	--	,453	<u>,157</u>	,0088	,408	,322	--		
Bk89T14	9	20	,343	,218	,0044	,075	,103	--	,028	,396	,0043	,108	,173	--		
Bk89T13	11	20	,839	,503	,0013	,067	,090	--	,000	,390	,0083	,117	,045	--		
Bk89T15	11	20	,587	<u>,184</u>	,0033	,017	,267	-	,126	,481	,0015	,508	,041	-		
Bk89T16	9	15	,928	,298	,0081	,267	,131	--	,414	,468	,0055	,800	,038	-		
Bk89T17	9	20	,599	<u>,079</u>	,0058	,442	,050	-	,487	<u>,134</u>	,0056	,575	,037	-		
Rt92BBa	11	12	,752	,651	,0070	,958	,056	-	,160	,410	,0040	,583	,022	-		
Rt92BBb	11	16	,584	,503	,0067	,442	,053	-	,141	,441	,0079	,508	,480	--		
Rt92B1uS	11	13	,940	,522	,0042	,875	,076	-	,134	,591	,0086	,875	,072	-		
Rt92B2	11	18	,052	,300	,0029	,100	,017	-	,910	,255	,0050	,158	,207	--		
Rt92BS3	11	14	,082	,324	,0052	,025	,235	-	,073	,404	,0071	,300	,602	--		
Rt92B2u3	11	14	,055	,572	,0010	,025	,012	+	,076	,245	,0023	,108	,174	--		
Anzahl positiv. Werte:			29	5	29	17	14		28	6	29	9	18			

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive Kriterien
 W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)
 Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeff.; **fett** = Werte >= 0,70; unterstrichen = nicht signif. (5 %)
 MSE = Mittlerer quadratischer Fehler; **fett** = Werte <= 0,01
 Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)
 FO = Mittlerer quadratischer Fehler der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08

C3. Übergangsmatrix der ersten vier Jahre ($p=4$)

Für die aus den ersten vier Jahren erstellten Prognosen ist der Vergleich mit den beobachteten Daten des fünften bis neunten Jahres in Tab. 3 dargestellt.

Keine signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median zeigt der **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** (W. p in Tab. 3) für die FMR-Prognose und für die MCS-Prognose in jeweils 32 Fällen. Signifikante Abweichungen liegen für beide Prognosen in zwei Fällen vor und in 29 Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig, so dass der Wilcoxon-Test in 84 % der Fälle zum gleichen Ergebnis kommt.

Der **Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient** (Sp. r in Tab. 3) liegt für die FMR-Prognosen in neun Fällen und für die MCS-Prognosen in sieben Fällen über 0,7. Übereinstimmung liegt in 84 % der Fälle vor: In fünf Fällen liegt r für beide Prognosen über 0,7 und in 26 Fällen unter 0,7.

Unter 0,01 liegt der **Mittlere Quadratische Fehler** (MSE in Tab. 3) für die FMR-Prognose in 34 Fällen und für die MCS-Prognose in 28 Fällen. In 28 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in drei Fällen über 0,01 – dies entspricht 84 % Übereinstimmung.

Für 14 FMR- und sieben MCS-Prognosen ist der **Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993)** auf dem 5 %-Niveau signifikant (Str. in Tab. 3). Die Übereinstimmung liegt bei 81 %: In sieben Fällen ist der Stress-Wert Z für beide Prognosen signifikant und in 23 Fällen nicht signifikant.

Für die **Fuzzy-Ordination** liegt der Mittlere Quadratische Fehler (FO in Tab. 3) für 21 FMR- und 20 MCS-Prognose unter 0,08. In 17 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,08 und in 13 Fällen darüber, so dass die Übereinstimmung 81 % beträgt.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtungen mit den beiden zugehörigen Prognosen von 81 % bis 84 %. Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine vergleichbare, relativ hohe Anpassungsgüte.

Tab. 3: Übergangsmatrix der ersten vier Jahre (p=4): Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten für die folgenden fünf Jahre (5. bis 9. Jahr).

p=4 Datensatz	Original/FMR								Original/MCS					
	t=	s=	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO		W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO	
Li85T1	11	7	,225	,925	,0012	,025	,019	++	,404	,861	,0008	,025	,011	++
Ru83HutH	11	6	,629	,456	,0144	,192	,195	--	,136	,836	,0230	,483	,116	--
Ru83HatH	11	7	,094	,843	,0134	,058	,167	--	,492	,538	,0253	,058	,504	--
Ru83HafH	11	10	,320	,460	,0207	,008	,023	-	,073	,433	,0339	,008	,155	--
Ru83HanH	11	7	,551	,910	,0083	,017	,009	++	,600	,907	,0087	,008	,011	++
Ru97HnHF	11	9	,791	,877	,0015	,033	,136	+	,656	,873	,0038	,175	,456	-
Ru97HnHT	11	7	,054	,917	,0006	,033	,044	++	,623	,912	,0003	,208	,017	+
Ru77SHhd	11	7	,258	,937	,0010	,017	,008	++	,743	,881	,0013	,050	,104	+
Ru98HWb	11	18	,000	,416	,0095	,025	,246	--	,002	,291	,0094	,792	,339	--
Ru85HAVb	11	13	,468	,602	,0020	,075	,035	-	,303	,754	,0022	,125	,039	+
Ru92HAb	11	15	,841	,332	,0064	,008	,155	-	,996	,350	,0064	,008	,116	-
Wb90P28	9	16	,506	,228	,0087	,008	,004	+	,770	<u>,146</u>	,0113	,083	,062	--
Wb90P61	9	16	,886	,370	,0070	,008	,010	+	,977	<u>-,045</u>	,0146	,067	,047	--
Wb90P68	9	16	,719	,793	,0052	,367	,045	+	,684	,318	,0143	,175	,137	--
Wb90P101	9	16	,493	,588	,0035	,067	,023	-	,954	,489	,0059	,117	,002	-
Ro85P27	11	20	,411	<u>,036</u>	,0012	,725	,283	--	,038	,227	,0007	,700	,171	--
Ro85P30	11	20	,373	,492	,0009	,308	,143	--	,702	,580	,0010	,492	,015	-
Ro82P36	11	19	,014	,676	,0008	,900	,067	--	,001	,670	,0013	,525	,058	--
Ro82P38	11	17	,559	,451	,0023	,042	,293	-	,053	,507	,0015	,483	,072	-
Ro85P39	11	19	,000	<u>-,017</u>	,0009	,142	,024	--	,449	<u>,151</u>	,0017	,925	,203	--
Ro82P54	11	20	,282	,414	,0010	,067	,139	--	,006	,500	,0008	,100	,085	--
Ro82P57	11	20	,000	<u>,029</u>	,0015	,167	,154	--	,276	<u>,048</u>	,0015	,283	,126	--
Ro82P58	11	20	,000	<u>,162</u>	,0025	,367	,176	--	,387	,224	,0016	,308	,086	--
Bk89T10	9	13	,961	,359	,0092	,300	,173	--	,873	,502	,0102	,142	,206	--
Bk89T11	9	10	,950	,755	,0082	,167	,175	-	,166	,672	,0174	,267	,250	--
Bk89T12	9	15	,123	,425	,0048	,625	,079	-	,000	,272	,0347	,642	,033	--
Bk89T14	9	20	,926	,358	,0034	,083	,117	--	,509	,418	,0034	,250	,107	--
Bk89T13	11	20	,133	,367	,0021	,150	,036	-	,207	,311	,0017	,592	,070	-
Bk89T15	11	20	,762	,359	,0024	,017	,230	-	,492	,496	,0018	,042	,087	-
Bk89T16	9	15	,381	,290	,0073	,033	,033	+	,274	,621	,0094	,058	,038	-
Bk89T17	9	20	,760	,306	,0031	,333	,082	--	,964	<u>,026</u>	,0059	,475	,069	-
Rt92BBa	11	12	,096	,726	,0043	,733	,066	+	,151	,622	,0046	,358	,063	-
Rt92BBb	11	16	,541	,511	,0067	,225	,032	-	,707	,445	,0087	,208	,027	-
Rt92B1uS	11	13	,806	,449	,0035	,350	,039	-	,712	,546	,0027	,267	,022	-
Rt92B2	11	18	,176	,267	,0019	,375	,022	-	,395	<u>,168</u>	,0015	,350	,020	-
Rt92BS3	11	14	,189	<u>,141</u>	,0031	,008	,075	+	,503	,336	,0036	,008	,019	+
Rt92B2u3	11	14	,452	,424	,0015	,350	,008	-	,181	,416	,0028	,367	,057	-
Anzahl positiv. Werte:			32	9	34	14	21		32	7	28	7	20	

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive KriterienW. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeff.; **fett** = Werte >= 0,70; unterstrichen = nicht signif. (5 %)MSE = Mittlerer quadratischer Fehler; **fett** = Werte <= 0,01Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)FO = Mittlerer quadratischer Fehler der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08

C4. Übergangsmatrix der ersten fünf Jahre ($p=5$)

Für die aus den ersten fünf Jahren erstellten Prognosen ist der Vergleich mit dem sechsten bis zehnten Jahr der 27 beobachteten Zeitreihen in Tab. 4 dargestellt.

Der **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** (W. p in Tab. 4) zeigt **keine** signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median bei 22 FMR- und für 24 MCS-Prognosen an. In zwei Fällen liegen für beide Prognosen signifikante Abweichungen vor, in 21 Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig, so dass der Wilcoxon-Test in 85 % der Fälle zum gleichen Ergebnis kommt.

Über 0,7 liegt der **Spearmanische Rangkorrelationskoeffizient** (Sp. r in Tab. 4) zwischen der Beobachtung und der FMR-Prognose in acht Fällen und zwischen Beobachtung und MCS-Prognose in sieben Fällen. Übereinstimmend liegt r in sieben Fällen für beide Prognosen über 0,7 und in 19 Fällen darunter, was zusammen 96 % entspricht.

Der **Mittlere Quadratische Fehler** (MSE in Tab. 4) liegt für die FMR-Prognose in 24 Fällen unter 0,01 und für die MCS-Prognose in 22 Fällen. Übereinstimmung liegt bei 93 % der Fälle vor: In 22 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in 3 Fällen darüber.

Der **Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993)** ist in 15 Fällen für die FMR-Prognose und in 15 Fällen für die MCS-Prognose auf dem 5 %-Signifikanzniveau positiv (Str. in Tab. 4). In zwölf Fällen sind beide Prognosen signifikant positiv und in neun Fällen nicht signifikant, was einer Übereinstimmung von 78 % entspricht.

Der MSE zwischen Beobachtung und Prognose in der **Fuzzy-Ordination** (FO in Tab. 4) liegt in 17 Fällen für die FMR- und in 16 Fällen für die MCS-Prognosen unter 0,08. Die Übereinstimmung liegt bei 67 %: In zwölf Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter und in sechs Fällen über 0,08.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtungen mit den beiden zugehörigen Prognosen von 67 % (FO) bis 96 % (Sp. r). Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine relativ vergleichbare Anpassungsgüte.

Tab. 4: Übergangsmatrix der ersten fünf Jahre (p=5): Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten für die folgenden fünf Jahre (6. bis 10. Jahr).

p=5 Datensatz	Original/FMR								Original/MCS							
	t=	s=	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO		W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO			
Li85T1	11	7	,280	,961	,0004	,042	,006	++	,334	,927	,0004	,042	,004	++		
Ru83HutH	11	6	,517	,712	,0190	,025	,084	-	,079	,496	,0127	,017	,010	-		
Ru83HatH	11	7	,308	,759	,0141	,025	,016	+	,432	,843	,0418	,017	,528	-		
Ru83HafH	11	10	,567	,498	,0066	,058	,010	-	,282	,346	,0167	,067	,007	--		
Ru83HanH	11	7	,869	,792	,0153	,017	,043	+	,768	,798	,0149	,017	,044	+		
Ru97HnHF	11	9	,888	,866	,0010	,033	,009	++	,791	,889	,0011	,033	,026	++		
Ru97HnHT	11	7	,348	,838	,0002	,025	,007	++	,935	,830	,0011	,075	,082	-		
Ru77SHhd	11	7	,756	,931	,0009	,017	,018	++	,422	,931	,0021	,033	,117	+		
Ru98HWb	11	18	,000	,367	,0085	,008	,072	-	,171	,376	,0217	,008	,021	-		
Ru85HAVb	11	13	,570	,619	,0026	,125	,080	--	,277	,695	,0025	,467	,074	-		
Ru92HAb	11	15	,306	,454	,0041	,008	,145	-	,962	,328	,0059	,033	,157	-		
Wb90P28	9	16	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Wb90P61	9	16	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Wb90P68	9	16	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Wb90P101	9	16	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Ro85P27	11	20	,877	,265	,0013	,375	,395	--	,102	,357	,0008	,225	,214	--		
Ro85P30	11	20	,489	,455	,0009	,150	,058	-	,987	,512	,0017	,525	,030	-		
Ro82P36	11	19	,229	,630	,0010	,258	,075	-	,977	,505	,0013	,700	,092	--		
Ro82P38	11	17	,476	,278	,0034	,042	,215	-	,039	,555	,0020	,033	,037	-		
Ro85P39	11	19	,000	-,205	,0012	,083	,026	--	,541	<u>,046</u>	,0014	,025	,061	+		
Ro82P54	11	20	,866	,536	,0009	,242	,114	--	,151	,402	,0009	,342	,093	--		
Ro82P57	11	20	,000	<u>-,110</u>	,0013	,033	,306	--	,001	<u>-,023</u>	,0031	,883	,029	--		
Ro82P58	11	20	,000	<u>,056</u>	,0032	,258	,256	--	,375	,286	,0024	,633	,148	--		
Bk89T10	9	13	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Bk89T11	9	10	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Bk89T12	9	15	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Bk89T14	9	20	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Bk89T13	11	20	,018	,429	,0020	,083	,040	--	,002	,373	,0029	,083	,503	--		
Bk89T15	11	20	,276	,358	,0020	,058	,165	--	,844	,507	,0035	,050	,223	-		
Bk89T16	9	15	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Bk89T17	9	20	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	.		
Rt92BBa	11	12	,060	,836	,0061	,025	,082	+	,074	,873	,0051	,042	,080	+		
Rt92BBb	11	16	,194	,450	,0083	,008	,067	+	,102	,694	,0094	,008	,045	+		
Rt92B1uS	11	13	,271	,362	,0052	,008	,057	+	,137	<u>,130</u>	,0056	,008	,037	+		
Rt92B2	11	18	,220	<u>,152</u>	,0015	,083	,015	-	,231	<u>,085</u>	,0020	,033	,025	+		
Rt92BS3	11	14	,161	<u>,140</u>	,0023	,025	,021	+	,854	<u>,210</u>	,0026	,125	,034	-		
Rt92B2u3	11	14	,553	,465	,0018	,375	,025	-	,253	,496	,0042	,550	,029	-		
Anzahl positiv. Werte:			22	8	24	15	17		24	7	22	15	16			

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive Kriterien

W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)

Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeff.; **fett** = Werte >= 0,70; unterstrichen = nicht signif. (5 %)

MSE = Mittlerer quadratischer Fehler; **fett** = Werte <= 0,01

Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)

FO = Mittlerer quadratischer Fehler der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08

C5. Übergangsmatrix der ersten fünf bzw. vier Jahre – Anpassung an das zweite bis sechste Jahr

Für die 27 Prognosen der elfjährigen Zeitreihen aus den ersten fünf Jahren (Kapitel 4.6) und die zehn Prognosen der neunjährigen Zeitreihen aus den ersten vier Jahren (Kapitel 4.5) ist der Vergleich mit den beobachteten Daten für das zweite bis sechste Jahr in Tab. 5 dargestellt.

Der **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** (W. p in Tab. 5) zeigt **keine** signifikanten (5%-Niveau) Abweichungen vom Median bei 36 FMR- und für 30 MCS-Prognosen an. In keinem Fall liegt für beide Prognosen eine signifikante Abweichung vor, in 29 Fällen sind die Differenzen für beide Prognosen zufällig, so dass der Wilcoxon-Test in 78 % der Fälle zum gleichen Ergebnis kommt.

Über 0,7 liegt der **Spearmanische Rangkorrelationskoeffizient** (Sp. r in Tab. 5) zwischen der Beobachtung und der FMR-Prognose in 20 Fällen und zwischen Beobachtung und MCS-Prognose in 25 Fällen. Übereinstimmend liegt r in 19 Fällen für beide Prognosen über 0,7 und in 11 Fällen darunter, was zusammen 81 % entspricht.

Der **Mittlere Quadratische Fehler** (MSE in Tab. 5) liegt für die FMR-Prognose in 36 Fällen unter 0,01 und für die MCS-Prognose in 31 Fällen. Übereinstimmung liegt bei 86 % der Fälle vor: In 31 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter 0,01 und in einem Fall darüber.

Der **Stress-Test nach ORLOCI et al. (1993)** ist in 17 Fällen für die FMR-Prognose und in 20 Fällen für die MCS-Prognose auf dem 5 %-Signifikanzniveau positiv (Str. in Tab. 5). In 14 Fällen sind beide Prognosen signifikant positiv und in 14 Fällen nicht signifikant, was einer Übereinstimmung von 76 % entspricht.

Der MSE zwischen Beobachtung und Prognose in der **Fuzzy-Ordination** (FO in Tab. 5) liegt in 28 Fällen für die FMR- und in 30 Fällen für die MCS-Prognosen unter 0,08. Die Übereinstimmung liegt bei 73 %: In 24 Fällen liegt der MSE für beide Prognosen unter und in der Fällen über 0,08.

Die fünf verwendeten Kriterien zeigen eine Übereinstimmung beim Vergleich der Beobachtungen mit den beiden zugehörigen Prognosen von 67 % (FO) bis 96 % (Sp. r). Die beiden Verfahren zur Ermittlung der Übergangsmatrizen zeigen bezogen auf die einzelnen Kriterien eine relativ vergleichbare Anpassungsgüte.

Tab. 5: Übergangsmatrix der ersten fünf bzw. vier Jahre (t=5/4): Vergleich der FMR- und der MCS-Prognosen mit den Originaldaten des 2. bis 6. Jahres.

Datensatz	t=5 bzw. t=4		Original/FMR						Original/MCS					
	t=	s=	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO	W. p	Sp. r	MSE	Str.	FO		
Li85T1	5	7	,844	,956	,0003	,008	,005	++	,831	,953	,0003	,008	,004	++
Ru83HutH	5	6	,658	,644	,0133	,133	,039	--	,797	,689	,0122	,075	,032	--
Ru83HatH	5	7	,586	,782	,0024	,167	,026	+	,857	,839	,0060	,083	,090	-
Ru83HafH	5	10	,569	,825	,0091	,092	,045	+	,559	,888	,0118	,058	,058	-
Ru83HanH	5	7	,904	,976	,0005	,008	,001	++	,534	,975	,0004	,008	,001	++
Ru97HnHF	5	9	,756	,941	,0005	,075	,010	+	,995	,969	,0004	,025	,009	++
Ru97HnHT	5	7	,910	,886	,0002	,017	,005	++	,566	,957	,0001	,017	,001	++
Ru77SHhd	5	7	,578	,964	,0005	,025	,002	++	,793	,973	,0004	,017	,008	++
Ru98HWb	5	18	,067	,827	,0022	,025	,043	++	,259	,824	,0056	,008	,047	++
Ru85HAVb	5	13	,571	,892	,0016	,017	,030	++	,781	,938	,0011	,008	,017	++
Ru92HAb	5	15	,227	,861	,0019	,008	,028	++	,952	,830	,0027	,008	,007	++
Wb90P28	4	16	,671	,593	,0070	,158	,019	-	,017	,502	,0156	,150	,114	--
Wb90P61	4	16	,672	,594	,0080	,183	,026	-	,868	,282	,0321	,658	,143	--
Wb90P68	4	16	,298	,733	,0088	,192	,063	+	,020	,354	,0219	,942	,189	--
Wb90P101	4	16	,305	,753	,0021	,050	,040	++	,790	,766	,0047	,050	,070	++
Ro85P27	5	20	,411	,506	,0006	,167	,119	--	,886	,649	,0002	,092	,027	-
Ro85P30	5	20	,224	,526	,0007	,058	,111	--	,039	,421	,0005	,008	,011	-
Ro82P36	5	19	,035	,733	,0009	,192	,100	--	,780	,777	,0013	,042	,055	++
Ro82P38	5	17	,625	,662	,0013	,192	,177	--	,091	,716	,0004	,050	,018	++
Ro85P39	5	19	,072	,675	,0013	,425	,068	-	,042	,626	,0016	,442	,039	--
Ro82P54	5	20	,425	,668	,0006	,025	,015	+	,030	,748	,0004	,050	,006	+
Ro82P57	5	20	,241	<u>-,009</u>	,0027	,183	,061	-	,001	<u>,177</u>	,0039	,108	,038	--
Ro82P58	5	20	,163	,473	,0009	,083	,036	-	,065	,497	,0003	,033	,006	+
Bk89T10	4	13	,544	,696	,0057	,017	,151	-	,175	,838	,0042	,017	,170	+
Bk89T11	4	10	,689	,783	,0041	,125	,153	-	,606	,778	,0062	,067	,165	-
Bk89T12	4	15	,151	,473	,0043	,033	,064	+	,000	,513	,0298	,067	,079	--
Bk89T14	4	20	,794	,711	,0014	,050	,127	+	,779	,756	,0013	,083	,101	-
Bk89T13	5	20	,509	,718	,0011	,292	,002	+	,128	,751	,0019	,183	,003	+
Bk89T15	5	20	,423	,585	,0017	,575	,124	--	,132	,710	,0028	,367	,076	+
Bk89T16	4	15	,788	,611	,0020	,333	,042	-	,657	,724	,0032	,108	,030	+
Bk89T17	4	20	,317	,601	,0020	,058	,093	--	,179	,563	,0030	,008	,070	+
Rt92BBa	5	12	,489	,812	,0048	,133	,048	+	,431	,919	,0055	,075	,037	+
Rt92BBb	5	16	,351	,853	,0038	,008	,056	++	,372	,902	,0032	,008	,050	++
Rt92B1uS	5	13	,420	,816	,0039	,008	,022	++	,292	,828	,0066	,017	,020	++
Rt92B2	5	18	,356	,503	,0014	,042	,009	+	,068	,639	,0015	,092	,021	-
Rt92BS3	5	14	,148	,678	,0025	,050	,022	+	,072	,825	,0019	,025	,019	++
Rt92B2u3	5	14	,481	,772	,0012	,042	,025	++	,656	,830	,0014	,025	,012	++
Anzahl positiv. Werte:			36	20	36	17	28		30	25	31	20	30	

Erläuterung: ++ = fünf; + = vier; - = drei; -- = zwei oder weniger positive Kriterien
W. p = Wilcoxon-Test für Paardifferenzen; **fett** = nicht signifikante Werte (5 %-Niveau)
Sp. r = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient; **fett** = Werte >= 0,70; unterstrichen = nicht signifikant
MSE = Mittlerer quadratischer Fehler; **fett** = Werte <= 0,01
Str. = Markovity-Test nach Orloci et al. (1993); **fett** = signifikante Werte (5 %-Niveau)
FO = Mittlerer quadratischer Fehler der Fuzzy-Ordination; **fett** = Werte <= 0,08