

# Vegetationsentwicklung im Grünland von 1985 bis 2006

 Vegetationsentwicklung auf Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Nutzung, der atmosphärischen Deposition und dem Klima in Baden-Württemberg

ID U51-M31-J08

In den Jahren 1985 bis 2006 wurde die Vegetation an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen wiederholt untersucht. Der vorliegende Bericht beinhaltet statistische Auswertungen dieser Erhebungen (ab Seite 1). Weiterführende Berichte sind im Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung veröffentlicht (Tabelle 1).

An allen Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen waren im Beobachtungszeitraum Veränderungen der Artenzusammensetzung zu beobachten. Der größte Teil der Veränderungen geht dabei auf nutzungs- bzw. pflegebedingte Sukzessionsprozesse zurück. Bei der Beurteilung von durch atmosphärische Depositionen verursachten Veränderungen stehen neben der Bodenreaktion die Stickstoffverhältnisse im Vordergrund.

## NUTZUNG

Die Änderung der Nährstoffversorgung spiegelt sich in der Vegetationszusammensetzung wider. So nimmt beispielsweise der Zeigerwert für Stickstoff am Standort Dellenhäule (Abbildung 1) aufgrund von Schafbeweidung seit einigen Jahren zu. Nutzungsaufgabe von Grün-



Abbildung 1: Grünland DBF Dellenhäule - Wachholderheide mit Esparsetten-Halbtrockenrasen auf Rendzina des Weißjura im Albuch und Härtsfeld [<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/56498/>]

land und die damit eingeleitete Sukzession (Versaumung, Verbrachung, Verbuschung) führt meist zur Veränderung der Lichtverhältnisse und mikroklimatischen Bedingungen am Standort, was sich teilweise an den Bestandentwicklungen belegen lässt. Durch Änderungen der Nutzungsart (z.B. Mahd mit Entfernen des Mähgutes, Mulchen oder Beweidung) oder der Nutzungsintensität kann es zu einem Entzug oder einer Zufuhr von Nähr-



stoffen aus dem bzw. in das Ökosystem kommen. Häufig können Effekte durch nutzungsbedingte Nährstoffzufuhr nicht von den Effekten einer Düngung durch anthropogene Depositionen getrennt werden.

## DEPOSITION

Der allgemeine Rückgang der Schwefelkonzentration in Pflanzenproben der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen steht im Einklang mit dem Rückgang der  $\text{SO}_4^{2-}$ -Deposition im Land. Der Rückgang der Bleikonzentration im Aufwuchs bis Mitte der 1990er Jahre ist ein Beleg für die Wirkung der Maßnahmen des Benzin-Blei-Gesetzes. Die generell beobachteten erhöhten Stickstoffdepositionen können tendenziell in den Elementkonzentrationen der Pflanzenproben nachvollzogen werden.

## KLIMA

Klimabedingte Veränderungen der Vegetation können durch Nutzungsänderungen überprägt sein. Im Beitrag

Tabelle 1: Weiterführende Dokumente im FADO Umweltbeobachtung (Auszug) - Stand 2010

HAUPTTITEL	ID UMWELTBEOBACHTUNG
Beobachtung der Vegetation von 1985 bis 2007	ID U14-M30-J07
Design von Vegetations-Dauerbeobachtungsflächen	ID U22-M30-N10
Multivariate Statistik zur Interpretation der Vegetationsentwicklung	ID U26-M30-N10
Vegetationsentwicklung im Grünland von 1985 bis 2006 ( <i>dieses Dokument</i> )	ID U51-M31-J08
Vegetationsentwicklung im Wald von 1985 bis 2007	ID U51-M32-J08
Analyse der Vegetationsentwicklung von 1985 bis 2007	ID U92-M30-J09

"Analyse der Vegetationsentwicklung von 1985 bis 2007" (ID U92-M30-J09) wird der Einfluss der Klimaentwicklung auf die Vegetationsentwicklung daher vertieft diskutiert.

## IMPRESSUM

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	Dr. Ingo Holz, Dr. Jürgen Franzaring, Dr. Reinhard Böcker & Prof. Dr. Andreas Fangmeier, Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320), 70599 Stuttgart. Für den Inhalt sind die Bearbeiter verantwortlich. Die geäußerten Interpretationen und Einschätzungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.
<b>AUFTRAGGEBER</b>	LUBW, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Projekt ID WV163-2 Kontakt: Dr. Jürgen Zipperle, <a href="mailto:Juergen.Zipperle@lubw.bwl.de">Juergen.Zipperle@lubw.bwl.de</a> , Tel 0721/5600-1635
<b>BEZUG</b>	<a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a> ID Umweltbeobachtung U51-M31-J08
<b>STAND</b>	Juli 2008, Internetausgabe Oktober 2011

Nachdruck und Verteilung für kommerzielle Zwecke – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Untersuchungsgebiete und Datenmaterial</b>	<b>3</b>
2.1 Lage der Untersuchungsgebiete	3
2.2 Standortbedingungen der Untersuchungsgebiete	4
2.3. Vorhandene Vegetationsaufnahmen und Datensätze	7
2.4. Aufnahmedaten der Vegetationsaufnahmen	9
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>11</b>
3.1 Die Vegetationsentwicklung auf den einzelnen Dauerbeobachtungsflächen	11
2030 Falkenhalde	11
2110 Hörnekampf	14
2120 Irrendorfer Hardt	16
2130 Mönchsteig	19
2150 Dellenhäule	21
2180 Filsenberg	23
2220 Kappelberg	25
2240 Küssnach	27
2260 Büchelberg	29
2290 Kaiserberg	31
2330 Apfelberg	34
2400 Bisten	35
2460 Taubergießen	39
2530 Sulzbach	41
2540 Rohrhardsberg	44
2550 Feldberg	46
2560 Belchen	48
2570 Rauhe Wiese	49
3.2. Übersicht über alle Grünland-Dauerbeobachtungsflächen	52
3.2.1 Vegetation und Standortbedingungen	52
3.2.2 Arteninventar und Artenzahlen	58
3.2.3 Diversität	61
3.2.4 Zeigerwerte	66

3.3.	Entwicklung der Stickstoff- und Schwefeldepositionen sowie der Ozonkonzentrationen an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen von 1990 bis 2004	73
3.4.	Entwicklung der Elementkonzentrationen in Aufwuchsproben verschiedener Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 1988 bis 2006	78
3.5	Entwicklung des Klimas an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen	85
<b>4.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>88</b>
4.1.	Methodische Probleme beim Vergleich der Vegetationsaufnahmen langjähriger Grünland-Dauerbeobachtungsflächen	88
4.2	Der Einfluß von Bewirtschaftung und Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung der Grünlandvegetation	90
4.3	Der Einfluß atmosphärischer Depositionen auf die Entwicklung der Grünlandvegetation	91
4.4	Der Einfluß des Klimas auf die Entwicklung der Grünlandvegetation	93
<b>5.</b>	<b>Literatur</b>	<b>96</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang</b>	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>Anlagen (PowerPoint-Dateien, nur auf CD)</b>	<b>151</b>

## Verzeichnis der Abkürzungen

AOT40	Accumulated ozone dose over a threshold of 40 ppb
BW	Baden-Württemberg
DBF	Dauerbeobachtungsfläche(n)
DCA	Detrended Correspondence Analysis
DHM	Digitales Höhenmodell
GIS	Geographisches Informationssystem
GV	Großvieheinheit
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW
MTB	Messtischblatt (= TK 25)
MUB	Medienübergreifende Umweltbeobachtung
MW	Mittelwert
NMDS	Non-Metric Multidimensional Scaling
ÖKWI	Ökologisches Wirkungskataster
RGR	Relative Wachstumsrate von Pflanzen
RIPS	Räumliche Informations- und Planungssystem
SLA	Spezifische Blattfläche von Pflanzenarten
STALA	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
TF	Teilfläche = Sukzessionsquadrat
TK25	Topographische Karte 1:25.000 (= MTB)



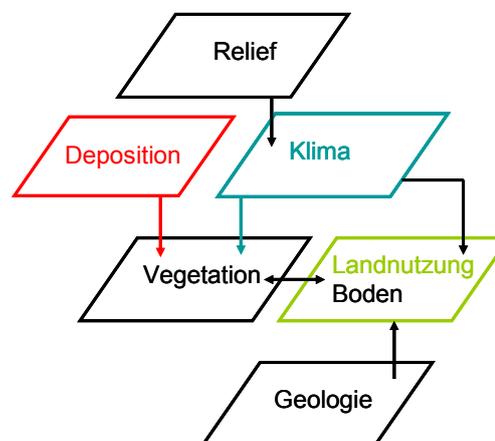
## 1. Einleitung

Pflanzengesellschaften des (Kultur-)Graslandes gehören zu den Vegetationstypen besonders hoher botanischer Diversität. Wegen ihrer biologischen und wirtschaftlichen Bedeutung gehören sie in Mitteleuropa auch zu den besonders gut untersuchten Vegetationstypen, von denen heute tausende von Vegetationsaufnahmen vorliegen (z.B. Oberdorfer 1993a, 1993b). Entsprechend gibt es bereits viele gute Übersichten der Grünlandvegetation Mitteleuropas (z.B. Dierschke 1997, Dierschke & Briemle 2002, Hutter, Briemle & Fink 2002, Burkart et al. 2004, Oberdorfer 1993a, 1993b). Ihre besonders hohe biologische Diversität stellt sie auch in den Mittelpunkt der Bemühungen des Biotop- und Artenschutzes in unserer Kulturlandschaft (Briemle et al. 1991, Nitsche & Nitsche 1994, Oppermann & Gujer 2003, Dierschke 2007, Schumacher & Busenkell 2008).

Die Wirkungen von Umweltbelastungen sind vielfältig und medienübergreifend. Das Land Baden-Württemberg hat die Problematik bereits 1984 mit dem Aufbau und Betrieb eines landesweiten biologischen Messnetzes, dem „Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg“ (ÖKWI), aufgegriffen. Seit Beginn des ÖKWI stellen vegetationskundliche Aufnahmen die Basis der Untersuchungen auf den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen dar (LfU 1991, LfU 1995, LfU 2005). Ziel ist die Erkennung langfristiger, immissions- und klimabedingter Veränderungen der Vegetationsdecke.

Die Hauptursachen der Veränderung der natürlichen Flora und Vegetation sind:

- der Wandel und die Aufgabe traditioneller Nutzungsformen (z.B. als Auswirkung neuer Technologien)
- die Schadstoffbelastung und Eutrophierung unserer Umwelt durch Deposition luftgetragener Stoffe
- sowie der (anthropogen bedingte) Wandel des Klimas



Im ÖKWI werden Wirkungen von Umweltbelastungen mit Hilfe von Bioindikatoren (Pflanzen, Tiere) erfasst und bewertet. Dazu werden auf den Dauerbeobachtungsflächen seit über 20 Jahren Veränderungen der Vegetation und der stofflichen Belastungen fortschreitend dokumentiert. Damit werden **Zeitreihen zum Zustand des Naturhaushaltes** sowie eine **räumliche Differenzierung der Belastungssituation** abgeleitet, die wichtiger Bestandteil der Umweltbeobachtung des Landes Baden-Württemberg sind (LfU 2005).

Bei diesem durch die LUBW geförderten Projekt geht es um die Auswertung der an den baden-württembergischen Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI erhobenen Vegetationsdaten mit modernen, multivariaten, statistischen Verfahren und deren

Verknüpfung mit in der Nähe zu den Dauerbeobachtungsflächen erhobenen Klima- und Immissionsdaten.

Der vorliegende **zweite Projektbericht** konzentriert sich inhaltlich auf die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen und beinhaltet:

- Übersichten zur Lage, zu den Standortbedingungen und zur Zugehörigkeit zu Vegetationseinheiten der Dauerbeobachtungsflächen
- Übersichten zu den vorhandenen Vegetationsaufnahmen an den Dauerbeobachtungsflächen (vorhandene Datensätze, Aufnahmedaten, etc.)
- Eine steckbriefartige Darstellung der Vegetationsentwicklung an den einzelnen Dauerbeobachtungsflächen
- Vergleichende Übersichten zur Vegetationsentwicklung aller Dauerbeobachtungsflächen (Artenzahlen, Diversität, Standortfaktoren, Zeigerwerte)
- Informationen zur Entwicklung der Stickstoff- und Schwefeldepositionen sowie der Ozonkonzentrationen an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen
- Übersichten zur Entwicklung der Elementkonzentrationen in Aufwuchsproben verschiedener Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen
- Erste Informationen zur Entwicklung des Klimas an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (soweit vorhanden)
- Eine Diskussion der dargestellten Ergebnisse

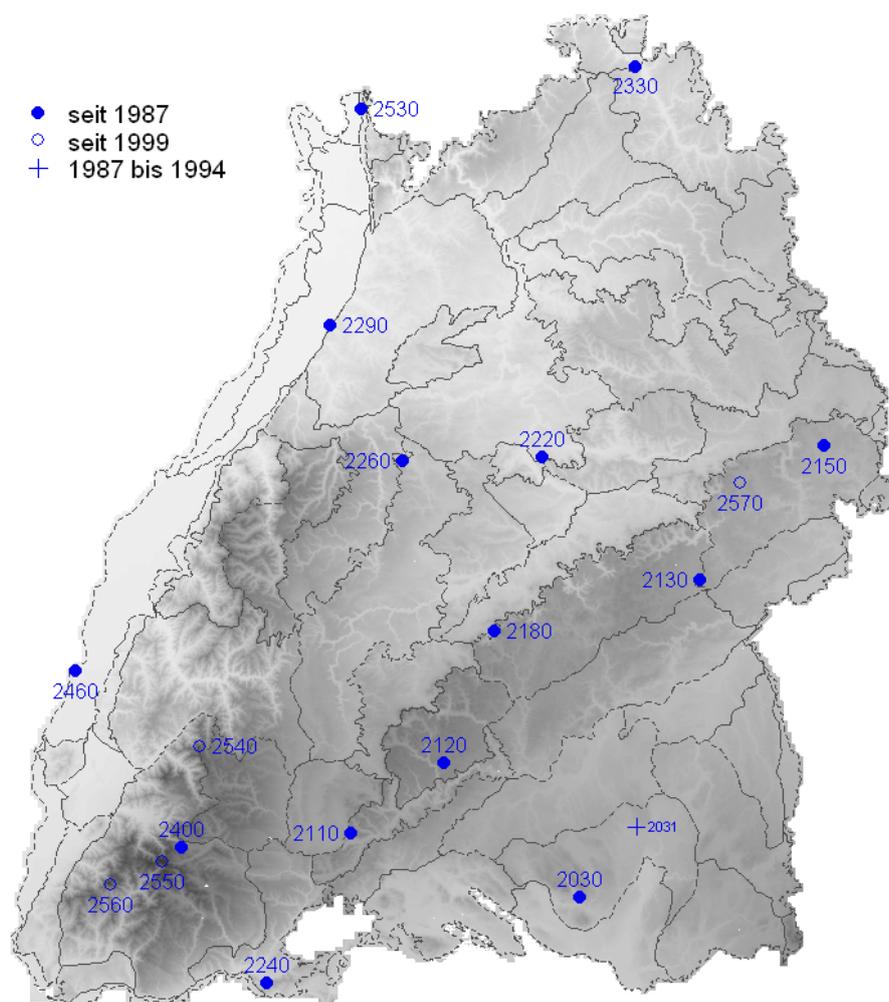
Der Hauptteil des Berichtes wird durch umfangreiche Anhänge und Anlagen ergänzt.

Der zweite Projektbericht soll einen umfassenden Überblick über die bisherigen Ergebnisse zu den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen liefern und als Arbeits- und Diskussionsgrundlage für den weiteren Projektverlauf dienen. Er soll auch die weitere Vorgehensweise bei der Auswertung der hier noch nicht dargestellten Wald-Dauerbeobachtungsflächen umreißen.

## 2. Untersuchungsgebiete und Datenmaterial

### 2.1 Lage der Untersuchungsgebiete

Abb. 2.1 zeigt die Lage der 19 Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (Untersuchungsgebiete) in Baden-Württemberg, sowie deren Verteilung in bezug zu Relief und Naturräumlicher Gliederung. DBF 2031 wurde nach 1994 aufgegeben, DBF 2540, 2550, 2560 und 2570 wurden erst 1999 eingerichtet.



**Abbildung 2.1.** Lage der Grünland-DBF des ÖKWI. Im Hintergrund: Relief und Naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg (nach Meynen & Schmithüsen 1962), Datengrundlage: DHM von Baden-Württemberg, RIPS (2007). Anmerkung: Die DBF 2031 wurde nach 1994 aufgegeben, die DBF 2540, 2550, 2560 und 2570 wurden erst 1999 eingerichtet.

## 2.2 Standortbedingungen der Untersuchungsgebiete

In den Tabellen 2.1 bis 2.3 werden wichtige Informationen zur Lage, zum Standort und zur Zugehörigkeit zu Vegetationseinheiten der Untersuchungsgebiete (DBF) zusammengefasst. Auf diese wird im Text mehrfach verwiesen, um die unterschiedlichen Standortbedingungen an den DBF deutlich zumachen.

**Tabelle 2.1.** Grünland- DBF des ÖKWI: Nummer, Name der DBF, Lage, Gesamtfläche der DBF, Pflanzen-Gesellschaft. Datengrundlage: LUBW

Nr.	Name	Lage			Gesamtfläche				Gesellschaft	
		TK25	R	H	Höhe im UNN	Naturraum	Länge (m)	Breite (m)		Fläche (qm)
2030	Falkenhalde	8222	3530	5295	670	32	8	8	64	Esparetten-Halbtrockenrasen
2031	Aulendorf	8023	3544	5313	590	32	4	4	16	Kammschmielen-Pfeifengraswiesen
2110	Hörnekopf	8017	3472	5311	760	92	10	10	100	Esparetten-Halbtrockenrasen (gemäht)
2120	Irdorfer Hardt	7919	3496	5329	860	93	10	10	100	bodensaurer Magerrasen mit Borstgras (gemäht)
2130	Mönchsteig	7424	3560	5375	680	94	4	10	40	Wachholderheide mit Enzianhalbtrockenrasen (beweidet ?)
2150	Dellenhäule	7127	3591	5409	580	96	5	10	50	Wachholderheide mit Enzianhalbtrockenrasen (beweidet)
2180	Filsenberg	7520	3508	5362	800	101	10	10	100	Esparetten-Halbtrockenrasen (gemäht)
2220	Kappelberg	7221	3520	5406	450	107	5	10	50	artenarmer Pfeifengrasbestand mit Arten der Halbtrockenrasen (gelegentl. gemäht)
2240	Küßnach	8316	3452	5273	610	160	10	10	100	Esparetten-Halbtrockenrasen (gemäht)
2260	Büchelberg	7218	3486	5405	540	122	8	12	96	Wachholderheide mit Esparettenrockenrasen (beweidet)
2290	Kaiserberg	6917	3468	5439	200	125	5	20	100	Halbtrockenrasen (gemäht)
2330	Apfelberg	6323	3544	5504	322	129	5	20	100	Wachholderheide mit Enzianhalbtrockenrasen (beweidet)
2400	Bisten	8014	3430	5307	940	154	10	10	100	Bärwurz-Rotschwingelwiese (gemäht)
2460	Taubergießen	7712	3404	5352	160	210	10	10	100	Esparetten-Halbtrockenrasen (gemäht)
2530	Sulzbach	6417	3475	5493	210	226	10	10	100	Esparetten-Halbtrockenrasen (gemäht)
2540	Rohrhardsberg	7814	3435	5333	1100	153	10	10	100	Borstgrasreiche Flügelginsterweide (extensiv beweidet)
2550	Feldberg	8114	3426	5304	1470	155	10	10	100	Hochmontane Borstgras-Weide (nichtmehr beweidet)
2560	Belchen	8113	3413	5298	1280	155	10	10	100	Borstgrasreiche Bärwurz-Rotschwingeldeide (extensive Schafbeweidung)
2570	Rauhe Wiese	7225	3569	5399	660	96	10	10	100	Borstgras-Torfbinsenrasen mit dom. Pfeifengrasbestand (gemäht)

**Tabelle 2.2.** Grünland- DBF des ÖKWI: Nummer, Name, Hangneigung, Exposition, Geologie und Bodeneigenschaften. Datengrundlage: LUBW

Nr.	Name	Standort		Geologie und Boden				Bodengenetische Einheit	Stratigraphie (nach Wildemann)
		Hangneigung	Abw. n. Wildemann	Exposition	Abw. n. Wildemann	Gründigkeit	Durchwurzelungstiefe [dm]		
2030	Falkenhalde	61	42	S	SW	mittel	4	mittelgründige Pararendzina	Jungmoränen/Tertiärmergelgestein
2031	Aulendorf	0		0		mittel	3.5	mittleres, holozänes Niedermoor	
2110	Hörnekopf	15	22	SSW	SO	mittel	7	pseudovergleyte Pararendzina	Weiß- und Braunjura
2120	Irndorfer Hardt	5	0	SE	0	mittel	5.5	pseudovergleyte Terra fusca-Braunerde	Oberer Jura (Malm Epsilon)
2130	Mönchsteig	3	1	W		sehr flach	3	Terra fusca-Rendzina	Weißjura
2150	Dellenhäule	4	2	NE	SO	flach	2	Braune Rendzina aus Dolomitstein	Weißjura (Malm Epsilon)
2180	Filsenberg	13	12	S		flach	1.5	flachgründige Rendzina	Weißjura
2220	Kappelberg	45		SW	230°	mittel	4.8	podsolige Pelosol-Braunerde	mittlerer Keuper
2240	Küßnach	22	20	S		mittel	7	Pararendzina aus Solifluktionlagen	miozänes Mergelgestein
2260	Büchelberg	2	0	NNW	0	flach	1.8	Braune Rendzina aus Kalkstein	oberer Muschelkalk
2290	Kaiserberg	58	40	SW		mittel	5	mittlere Pararendzina aus lößbeeinflussten Solifluktionlagen	oberer Muschelkalk
2330	Apfelberg	28	40	S		mittel	3.7	Braune Rendzina aus Kalkstein	Unterer Muschelkalk
2400	Bisten	14	20	NE	O	tief	6.2	mäßig tiefgründige Braunerde	Moränenmaterial der Würmeiszeit
2460	Taubergießen	0		0		sehr tief	10	carbonhaltiger Brauner Auenboden	holozäne Sedimente des Rheins
2530	Sulzbach	36	35	W	W-NW	tief	9.5	rigolte Pararendzina aus würmeiszeitlichem Löß	Löß über Granit
2540	Rohrhardsberg		8		O				
2550	Feldberg		13		NNO				
2560	Belchen		20		O				
2570	Rauhe Wiese		0		O				

**Tabelle 2.3.** Grünland-DBF des ÖKWI: Nummer, Name, Relief, Geologie, Boden. Datengrundlage: siehe unten, GIS-Abfragen für die R-, H-Werte aus Tabelle 2.1.

Nr.	Name	Geologie		Kürzel	Boden	Relief
		Gruppe	Name			
2030	Falkenhalde	Tertiär, Molassebecken	Obere Süßwassermolasse	OSM	Braunerden und Parabraunerden aus Molassesedimenten	Höhe (m üNN) 593
2031	Aulendorf	Quartär	Junge Talfüllungen	qj	Moore	589
2110	Hörnekopf	Jura	Mitteljura (Brauner Jura), ungliedert	jm	Pararendzinen aus Fließerdern und Mergelsteinzersatz	751
2120	Imrdorfer Hardt	Quartär	Löss und Lehm	plo	Kolluvien	860
2130	Mönchsteig	Jura	Lacunosamergel und Felsenkalke	ki1-3	Rendzinen und Terra fusca aus Kalksteinzersatz und -verwitterungslehm	689
2150	Dellenhäule	Jura	Lacunosamergel und Felsenkalke	ki1-3	Rendzinen und Terra fusca aus Kalksteinzersatz und -verwitterungslehm	592
2180	Filsenberg	Jura	Lacunosamergel und Felsenkalke	ki1-3	Rendzinen aus Kalksteinschutt und -zersatz	774
2220	Kappelberg	Trias	Sandstein-Keuper	kms	Pelosole und Braunerden aus Fließerdern	457
2240	Küßnach	Jura	Oxford-Schichten	ox	Rendzinen und Pararendzinen aus Kalkstein- und Mergelsteinzersatz sowie Juranagefluh	607
2260	Büchelberg	Trias	Mittlerer Muschelkalk	mm	Rendzinen aus Kalksteinschutt und -zersatz	543
2290	Kaiserberg	Trias	Oberer Muschelkalk	mo	Pararendzinen aus Fließerdern und Mergelsteinzersatz	201
2330	Apfelberg	Trias	Unterer Muschelkalk	mu	Rendzinen aus Kalksteinschutt und -zersatz	328
2400	Bisten	Metamorphe Ganggesteine	Gneise ungliedert, meist Paragneise	pg	Braunerden aus sandigen Fließerdern und Schuttdecken	978
2460	Taubergießen	Quartär	Junge Talfüllungen	qj	Braune Auenböden bis Auengleye	158
2530	Sulzbach	Paläozoische Magmatite	Granodioritische bis tonalitische plutonit- und gangartige Intrusionen	Gdr	Pararendzinen aus Löss	199
2540	Rohrhardsberg	Metamorphe Ganggesteine	Gneise ungliedert, meist Paragneise	pg	Braunerden aus sandigen Fließerdern und Schuttdecken	1106
2550	Feldberg	Metamorphe Ganggesteine	Überwiegend Flasergneise	gf	Braunerden aus sandigen Fließerdern und Schuttdecken	1472
2560	Belchen	Paläozoische Magmatite	Randgranit (Südschwarzwald)	GRA	Braunerden aus sandigen Fließerdern und Schuttdecken	1311
2570	Rauhe Wiese	Jura	Lacunosamergel und Felsenkalke	ki1-3	Pseudogleye aus Bohnerz-, Feuerstein- und Geschiebelehm	666

*Datengrundlage der Tabelle 2.3:*

Geologie: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:350.000, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1998)

Boden: Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1:350.000, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1998)

Relief: DHM von Baden-Württemberg, LUBW, RIPS (2007)

### 2.3. Vorhandene Vegetationsaufnahmen und Datensätze

An dieser Stelle wird ein Überblick über die vorhandenen Vegetationsaufnahmen aus den Grünland-DBF gegeben. Diese Vegetationsaufnahmen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten (verschiedene Aufnahmejahre), mit unterschiedlichen Methoden (Deckungsschätzung in Prozent oder nach Braun-Blanquet) und unterschiedlichen Bezugsflächen (Kernzone, einzelne Sukzessionsquadrate, alle Sukzessionsquadrate gemeinsam) gemacht. Auf Grund der unterschiedlichen Methodik ergeben sich verschiedene zur Auswertung zur Verfügung stehende **Datensätze** (Tab. 2.4 bis 2.6), die nicht in jedem Falle miteinander vergleichbar sind.

Die Kernzonen der Dauerbeobachtungsflächen wurden in den Jahren 1987, 1996 und 2006 aufgenommen. Die DBF 2540, 2550, 2560 und 2570 wurden 1999 neu eingerichtet. Die DBF 2031 Aulendorf wurde bereits vor 1996 aufgegeben. Tab. 2.4 gibt einen Überblick über die vorhandenen Vegetationsaufnahmen der Kernzonen mit einer Deckungsschätzung nach Braun-Blanquet (Datensatzbezeichnung: *AllGrG*).

**Tabelle 2.4.** Übersicht über die vorhandenen Vegetationsaufnahmen der Kernzonen der Grünland-DBF. Deckungsschätzung nach Braun-Blanquet. Datensatzbezeichnung: *AllGrG*

Nr.	Name	Gesamtfläche			Aufnahme Jahre			Anzahl Arten (Taxa)
		Anzahl Flächen	Anzahl Jahre	Anzahl Aufnahmen	1987	1996	2006	
2030	Falkenhalde	1	3	3	X	X	X	59
2110	Hörnekopf	1	3	3	X	X	X	76
2120	Imrdorfer Hardt	1	3	3	X	X	X	59
2130	Mönchsteig	1	3	3	X	X	X	61
2150	Dellenhäule	1	3	3	X	X	X	58
2180	Filsenberg	1	3	3	X	X	X	81
2220	Kappelberg	1	3	3	X	X	X	40
2240	Orchideenwiese Küßnach	1	3	3	X	X	X	71
2260	Büchelberg	1	3	3	X	X	X	57
2290	Kaiserberg	1	3	3	X	X	X	57
2330	Apfelberg	1	3	3	X	X	X	69
2400	Bisten	1	2	2	X		X	63
2460	Taubergießen	1	3	3	X	X	X	74
2530	Steinbruch Sulzbach	1	3	3	X	X	X	73
2540	Rohrhardsberg	1	2	2		1999	X	28
2550	Feldberg	1	2	2		1999	X	31
2560	Belchen	1	2	2		1999	X	31
2570	Rauhe Wiese	1	2	2		1999	X	29
<b>Summe</b>		<b>18</b>		<b>49</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>299</b>
2031	Aulendorf	1		0	X	X		34

In der Kernzone jeder DBF wurden zehn 1 m<sup>2</sup> große Sukzessionsquadrate eingerichtet. An der DBF 2220 Kappelberg wurden nur 6 Sukzessionsquadrate eingerichtet. Tab. 2.5 gibt einen Überblick über die vorhandenen Vegetationsaufnahmen auf den Sukzessionsquadraten der Grünland-DBF (Datensatzbezeichnung: *AllGrSuk*). Die Deckungsschätzung auf den Sukzessionsquadraten erfolgte in Prozent.

**Tabelle 2.5.** Übersicht über die vorhandenen Vegetationsaufnahmen auf den Sukzessionsquadraten der Grünland-DBF. Deckungsschätzung in Prozent. Datensatzbezeichnung: *AllGrSuk*

Nr.	Name	Sukzessionsflächen			Aufnahme Jahre							Anzahl Arten (Taxa)
		Anzahl Flächen	Anzahl Jahre	Anzahl Aufnahmen	1988	1990	1992	1994	1996	1999	2003	
2030	Falkenhalde	10	7	70	X	X	X	X	X	X	X	69
2110	Hörnekopf	10	7	70	X	X	X	X	X	X	X	76
2120	Imrdorfer Hardt	10	6	60	X	X	X	X		X	X	62
2130	Mönchsteig	10	6	60	X	X	X	X		X	2004	65
2150	Dellenhäule	10	6	60	X	X	X	X		X	X	63
2180	Filsenberg	10	7	70	X	X	X	X	X	X	2004	80
2220	Kappelberg	6	6	36	X	X	X	X		X	X	44
2240	Orchideenwiese Kúßnach	10	7	70	X	X	X	X	X	X	X	75
2260	Büchelberg	10	6	60	X	X	X	X		X	X	63
2290	Kaiserberg	10	6	60	X	X	X	X		X	2004	67
2330	Apfelberg	10	7	70	X	X	X	X	X	X	X	63
2400	Bisten	10	6	60	X	X	X	X		X	X	74
2460	Taubergießen	10	6	60	X	X	X	X		X	X	81
2530	Steinbruch Sulzbach	10	5	50	X	X		X		X	X	86
2540	Rohrhardsberg	10	2	20						X	X	27
2550	Feldberg	10	2	20						X	X	31
2560	Belchen	10	2	20						X	X	30
2570	Rauhe Wiese	10	2	20						X	X	25
<b>Summe</b>		<b>176</b>		<b>936</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>337</b>
2031	Aulendorf	10	4	40	X	X	X	X				48

Die Sukzessionsquadrate der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen wurden zuletzt im Jahr 2006 aufgenommen. Hierbei wurde die Deckung jedoch nicht für die einzelnen Sukzessionsquadrate geschätzt, sondern für alle Sukzessionsquadrate einer DBF gemeinsam. Um einen Vergleich dieser Aufnahmen mit den vorhandenen Aufnahmen der einzelnen Sukzessionsquadrate aus früheren Jahren durchführen zu können, wurde über diese ein Mittelwert gebildet.

Tab. 2.6 gibt einen Überblick über den vorhandenen Datensatz aus Mittelwerten der Vegetationsaufnahmen von Sukzessionsquadraten vor 2006 und den im Jahre 2006 gemeinsam geschätzten Sukzessionsquadraten einer DBF (Datensatzbezeichnung: *AllGrSukMW*).

**Tabelle 2.6.** Übersicht über den vorhandenen Datensatz aus Mittelwerten der Vegetationsaufnahmen von Sukzessionsquadrate vor 2006 und den im Jahre 2006 gemeinsam geschätzten Sukzessionsquadraten einer DBF. Datensatzbezeichnung: *AllGrSukMW*.

Nr.	Name	Sukzessionsflächen Mittelwerte + 2006			Aufnahme Jahre							Anzahl Arten (Taxa)
		Anzahl Flächen	Anzahl Jahre	Anzahl Aufnahmen	1988	1990	1992	1994	1996	1999	2003	
2030	Falkenhalde	1	8	8	X	X	X	X	X	X	X	69
2110	Hörnekopf	1	8	8	X	X	X	X	X	X	X	81
2120	Imrdorfer Hardt	1	7	7	X	X	X	X	X	X	X	62
2130	Mönchsteig	1	7	7	X	X	X	X		X	2004	65
2150	Dellenhäule	1	7	7	X	X	X	X		X	X	65
2180	Filsenberg	1	8	8	X	X	X	X	X	X	2004	81
2220	Kappelberg	1	7	7	X	X	X	X		X	X	44
2240	Orchideenwiese Kúßnach	1	8	8	X	X	X	X	X	X	X	76
2260	Büchelberg	1	7	7	X	X	X	X		X	X	63
2290	Kaiserberg	1	7	7	X	X	X	X		X	2004	67
2330	Apfelberg	1	8	8	X	X	X	X	X	X	X	64
2400	Bisten	1	7	7	X	X	X	X		X	X	74
2460	Taubergießen	1	7	7	X	X	X	X		X	X	83
2530	Steinbruch Sulzbach	1	6	6	X	X		X		X	X	87
2540	Rohrhardsberg	1	3	3						X	X	29
2550	Feldberg	1	3	3						X	X	31
2560	Belchen	1	3	3						X	X	31
2570	Rauhe Wiese	1	3	3						X	X	29
<b>Summe</b>		<b>18</b>		<b>114</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>345</b>
2031	Aulendorf	10	4	40	X	X	X	X				

## 2.4. Aufnahmedaten der Vegetationsaufnahmen

In Tab. 2.7 werden die Aufnahmedaten aller Vegetationsaufnahmen zusammengestellt. Die teilweise erheblichen Unterschiede der Aufnahmezeitpunkte, können zu Problemen bei der Interpretation führen, da nicht auszuschliessen ist, dass z.B. bei einer früheren Aufnahme in einem kühlen Jahr bestimmte Arten noch nicht oder noch nicht soweit entwickelt waren.

**Tabelle 2.7.** Grünland-DBF des ÖKWI: Aufnahmedatum der Vegetation der Gesamtflächen und Sukzessionsquadrate. Anmerkungen: siehe unten.

Nr.	Name	Aufnahme Datum			Sukzessionsquadrate							
		Gesamtfläche (BrBl)										
		1987	1996	2006	1988	1990	1992	1994	1996	1999	2003	2006
2030	Falkenhalde	22. Jul	11. Jul	30. Jun	06. Jul	17. Jul	17. Jul	12. Jul	11. Jul	09. Jul	26. Jun	30. Jun
2031	Aulendorf	22. Jun	12. Jul		07. Jul	18. Jul	10. Jul	11. Jul				
2110	Hörmekapf	02. Jun	02. Jul	13. Jun	04. Jul	04. Jul	02. Jul	06. Jul	02. Jul	03. Jul	28. Jun	13. Jun
2120	Irndorfer Hardt	02. Jun	03. Jul	29. Jun	05. Jul	02. Jul	03. Jul	04. Jul		05. Jul	27. Jun	29. Jun
2130	Mönchsteig	11. Jun	04. Jul	06. Jul	20. Jul	24. Jul	09. Jul	04. Jul		30. Jun	10. Jun	06. Jul
2150	Dellenhäule	09. Jun	03. Jul	07. Jul	19. Jul	26. Jul	08. Jul	30. Jun		29. Jun	17. Jul	07. Jul
2180	Filsenberg	10. Jun	09. Jul	20. Jun	18. Jul	12. Jul	16. Jul	07. Jul	09. Jul	05. Jul	09. Jun	20. Jun
2220	Kappelberg	05. Jun	04. Jul	06. Jul	21. Jul	10. Jul	14. Jul	05. Jul		07. Jul	23. Jul	06. Jul
2240	Küßnach	03. Jun	01. Jul	13. Jun	08. Jul	04. Jul	01. Jul	05. Jul	01. Jul	02. Jul	09. Jun	13. Jun
2260	Büchelberg	26. Mai	26. Jun	05. Jul	13. Jul	21. Jul	15. Jul	15. Jul		24. Jun	01. Jul	05. Jul
2290	Kaiserberg	25. Mai	24. Jun	05. Jul	30. Jun	27. Jun	25. Jun	29. Jun		25. Jun	09. Jun	05. Jul
2330	Apfelberg	04. Jun	02. Jul	18. Jul	19. Jul	27. Jul	07. Jul	29. Jun	02. Jul	28. Jun	24. Jul	18. Jul
2400	Bisten	01. Jun		29. Jun	22. Jul	12. Jul	20. Jul	28. Jul		08. Jul	18. Jun	29. Jun
2460	Taubergießen	NB	25. Jun	09. Jun	01. Jul	11. Jul	29. Jun	30. Jun		29. Jun	06. Jun	09. Jun
2530	Sulzbach	NB	27. Jun	19. Jul	12. Jul	29. Jun		28. Jun		01. Jul	25. Jul	19. Jul
2540	Rohrhardsberg		12. Jul	20. Jun						12. Jul	18. Jun	20. Jun
2550	Feldberg		14. Jul	12. Jul						14. Jul	08. Jul	12. Jul
2560	Belchen		13. Jul	12. Jul						13. Jul	08. Jul	12. Jul
2570	Rauhe Wiese		09. Jul	07. Jul						09. Jul	17. Jul	07. Jul

Anmerkungen zur Tabelle 2.7:

a) **Gesamtfläche** (Kernzone, Aufnahme nach Braun-Blanquet): Die DBF 2540, 2550, 2560 und 2570 wurden 1999 neu eingerichtet. Das tatsächliche Aufnahmedatum der DBF 2460 und 2530 im Jahr 1987 ließ sich nicht mehr ermitteln (NB = nicht bekannt).

b) **Sukzessionsquadrate**: Die Aufnahmen der Sukzessionsquadrate der DBF 2120, 2150 und 2260 aus dem Jahr 2003 wurden im Jahr 2004 nachbearbeitet und tragen deshalb als Aufnahmedatum das Datum der Nachbearbeitung. Im Jahr 2006 wurden alle Sukzessionsquadrate einer DBF gemeinsam geschätzt und nicht die einzelnen Sukzessionsquadrate.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Die einzelnen Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Als Einstieg in die Beurteilung der Vegetationsentwicklung auf den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen soll zuerst die Vegetationsentwicklung auf den einzelnen DBF dargestellt werden ohne diese Veränderungen abschließend zu bewerten.

Eine allgemeine Beurteilung der Vegetationsentwicklung der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen, wie sie im Kapitel 3.2 vorgenommen wird, setzt die Kenntnis der lokalen Standortbedingungen und Entwicklungsprozesse auf den einzelnen Dauerbeobachtungsflächen voraus.

Die Darstellung erfolgt im Wesentlichen anhand der Auswertung der Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate. Diese Vorgehensweise erlaubt neben der Darstellung eines zeitlichen Trends auch eine detaillierte Beurteilung der räumlichen Heterogenität und vorhandener ökologischer Gradienten in den Dauerbeobachtungsflächen.

Als ökologische Gradienten innerhalb der DBF können dabei sowohl Gradienten von Standortfaktoren (Lichtverhältnisse, Bodenfeuchte, Bodenreaktion und Nährstoffverhältnisse), als auch nutzungsbedingte Gradienten (verschiedene Nutzungs- und Pflegearten, verschiedene Pflegeintensitäten, verschiedene Versaumungs- und Verbuschungsstadien, etc.) auftreten.

#### **DBF 2030 – Falkenhalde**

##### **Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter Esparsetten-Halbtrockenrasen, stark versaumter Bestand mit vielen Sukzessionszeigern (Pappeljungwuchs).

##### **Pflege:**

wird regelmäßig gemäht (Mahd ab ca. Mitte Juli; gelegentlich Herbstmahd); umfangreiche Entbuschung

##### **Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:**

Die auffälligste Entwicklungstendenz im Bestand ist die stetige Abnahme von *Brachypodium pinnatum* von 1988 (MW 36%) bis 1999 (MW 9%) in allen Teilflächen. Im Jahr 2003 zeigt sich ein sehr heterogenes Bild, während die Art in einigen Teilflächen stark zunahm, nahm sie in anderen stark ab (MW 15%). 2006 nahm *Brachypodium pinnatum* wieder zu (MW 25%).

Einige Arten zeigen von 1988 bis 2006 eine tendenzielle Zunahme. Dies sind: *Ononis repens*, *Carex ornithopoda*, *Sanguisorba minor*, *Thymus pulegioides*. Auffällig sind auch Arten, die von 1988 bis 1999 zunehmen und anschließend wieder zurückgehen: z.B. *Viola hirta* und die Moose *Scleropodium purum* und *Thuidium delicatulum*.

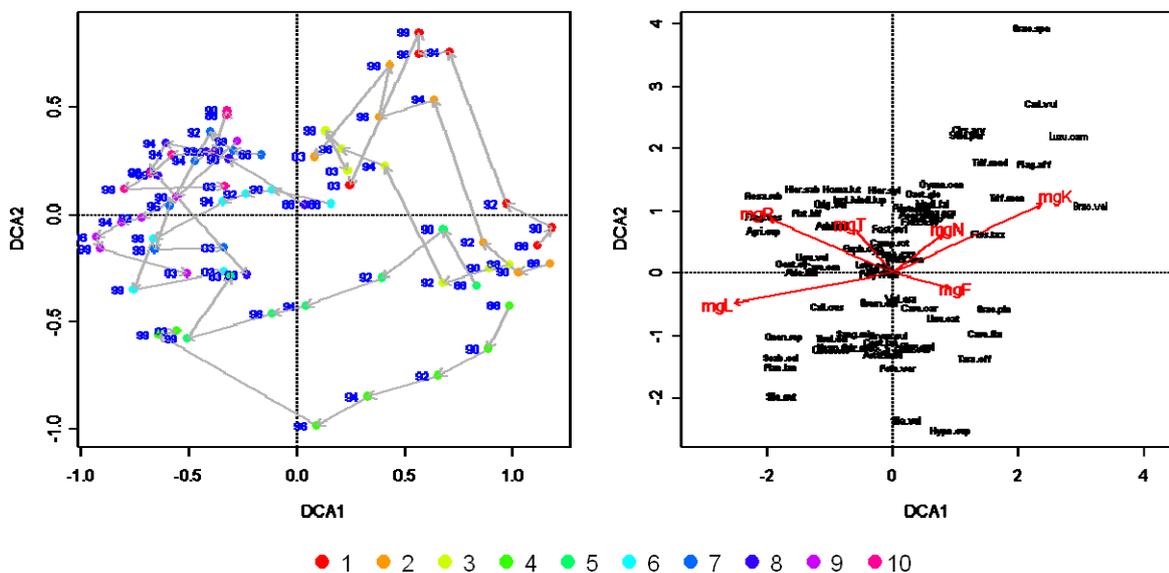
### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.1, siehe auch Abb. A3.1a und A3.1b im Anhang 3):

Die DCA zeigt, dass die 10 Sukzessionsquadrate eine auffallend heterogene Vegetation haben und sich klar in drei Gruppen aufgliedern lassen: Teilfläche 1-3 (rot bis gelbgrün), Teilfläche 4-5 (grün), Teilfläche 6-10 (blau bis violett).

Ein Blick auf die Lage der Sukzessionsquadrate in der DBF zeigt das die Teilflächen 6-10 am östlichen Rand der DBF, in unmittelbarer Nähe zu oder auf einem kleinen Pfad liegen. Die Teilflächen 1-5 liegen am südlichen Rand der DBF und Teilfläche 5 grenzt unmittelbar an Teilfläche 6. Die Teilflächen 4-5 bilden sowohl von ihrer Vegetation, als auch von ihrer Lage einen Übergang von den Teilflächen 1-3 zu den Teilflächen 6-10. Insgesamt hat sich die Vegetation der Teilflächen 1-5 der der Teilflächen 6-10 bezüglich ihrer Artenzusammensetzung angenähert; dies gilt besonders für die Teilflächen 4-5.

Auffallendes Merkmal der Teilflächen 1-5 ist die ursprüngliche Dominanz des Grases *Brachypodium pinnatum* und dessen Abnahme mit der Zeit. Die Teilflächen 6-10 zeichnen sich durch hohe Deckungen der Saumart *Fragaria vesca* aus.

Während alle Teilflächen von 1988 bis 1999 ähnliche Entwicklungstendenzen aufweisen, ist 2003 eine auffallende Richtungsänderung feststellbar. Mögliche Ursachen hierfür sind die klimatische Ausnahmestituation des Jahres 2003, der Bearbeiterwechsel von 1999 auf 2003 oder eine eventuelle Änderung der Pflegemaßnahmen.



**Abbildung 3.1.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2030 Falkenhalde mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2030	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß (6.3-7.3), abnehmend	steigend
mgT	gering (5.2)	leicht steigend, besonders ab 03
mgK	groß (3.5-4.5)	kein Trend, schwankend
mgF	mittel (3.5-4)	kein Trend
mgR	mittel (7.2-7.7)	kein Trend
mgN	groß (3-4)	bis 99 abnehmend, danach zunehmend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2030]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.98245 -0.18655 0.7041 <0.001 ***
mgT -0.65332  0.75708 0.0940  0.051  .
mgK  0.90650  0.42220 0.7359 <0.001 ***
mgF  0.96676 -0.25570 0.0963  0.050  *
mgR -0.91405  0.40560 0.4904 <0.001 ***
mgN  0.78988  0.61326 0.1108  0.030  *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Interpretation:**

Die einzelnen Sukzessionsquadrate der DBF Falkenhalde zeigen seit ihrer Anlage im Jahr 1988 starke Unterschiede in ihrer Vegetation, die sich besonders in den mittleren Zeigerwerten für Licht (mgL), Kontinentalität (mgK) und Stickstoff (mgN, Nährstoffe) widerspiegeln. Die in der Lage der Sukzessionsquadrate in der DBF begründeten Unterschiede belegen vor allem die räumliche Heterogenität der DBF und das Vorhandensein starker Umweltgradienten innerhalb der Fläche. Ursache dieser Heterogenität sind vermutlich der Pfad (Trittbelastung) und die Beschattung am östlichen Rand der Fläche, die Hanglage der DBF und die unterschiedlich starke Versaumung der Teilflächen. Die durchgeführten Pflegemaßnahmen führten zu einer Veränderung der Vegetationszusammensetzung und insgesamt zu einer Nivellierung der Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten, die sich in den räumlichen Unterschieden und den zeitlichen Trends der mittleren Zeigerwerte widerspiegelt.

## DBF 2110 – Hörnekopf

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter Esparsetten-Halbtrockenrasen, mit starker Versaumungstendenz.

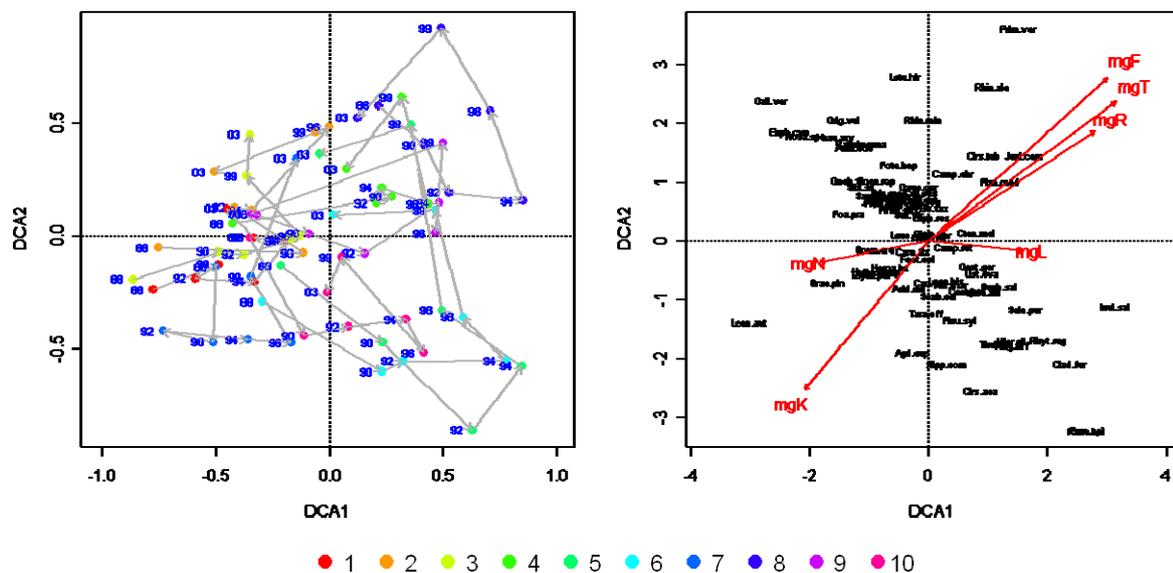
### Pflege:

seit 1983 alle 3 Jahre gemäht (ohne Mulch- oder Kreiselmäher), Räumung des Mähguts, Gehölzschnitt mit Räumung;  
(?) jährliche Mahd (Mahd ab 10. August);

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Die auffälligste Entwicklungstendenz ist auch in diesem Bestand die stetige Abnahme von *Brachypodium pinnatum* von 1988 (MW 24%) bis 2006 (MW 3%) in allen Teilflächen. *Bromus erectus* hat von 1988 (MW 17%) bis 1996 (MW 6%) abgenommen, um 1999 (MW 7%) und 2003 (MW 18%) wieder zu zunehmen. 2006 war die Deckung der Art wieder rückläufig (MW 10%). Auffallend ist die Deckungszunahme oder das neue Auftreten von *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Ranunculus nemorosus* und *Rosa spec.* im Jahre 2006. Von 2003 auf 2006 deutlich zugenommen haben *Tetragonolobus maritimus* und *Thymus pulegioides*.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.2, siehe auch Abb. A3.2a und A3.2b im Anhang 3):



**Abbildung 3.2.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2110 Hörnekopf mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Auffallend sind die Heterogenität der Teilflächen und ihre sehr unterschiedlichen Entwicklungstendenzen. Dabei treten große Unterschiede zwischen unmittelbar benachbarten Teilflächen auf (z.B. 7 und 8, 4 und 5). Auffallend große Unterschiede zwischen den Teilflächen weist der mittlere gewichtete Zeigerwert für Feuchte auf.

Ein Grund für die Heterogenität der Teilflächen ist sicherlich die am Nordrand der DBF (hier liegen auch die Sukzessionsquadrate) vorhandene Hecke. Ein weiterer Grund könnte auch das Vorhandensein von Ameisenhaufen sein (z.B. Teilquadrat 7). Hierdurch werden z.B. Arten wie *Thymus pulegioides* gefördert.

Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2110	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel (6.9-7.4)	steigend
mgT	mittel-groß (5-6)	steigend
mgK	groß (3-4)	kein Trend, schwankend
mgF	groß (3.8-4.8)	kein Trend, schwankend
mgR	mittel (7.5-8)	kein Trend
mgN	mittel (~3)	abnehmend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2110]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.99476 -0.10221 0.1033 0.032 *
mgT  0.79852  0.60196 0.6263 <0.001 ***
mgK -0.63742 -0.77051 0.4336 <0.001 ***
mgF  0.73487  0.67821 0.6732 <0.001 ***
mgR  0.83151  0.55551 0.4543 <0.001 ***
mgN -0.98259 -0.18580 0.1407 0.010 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Die DBF weist auffallende Unterschiede der mittleren gewichteten Zeigerwerte für Feuchte und Kontinentalität zwischen den einzelnen Sukzessionsquadraten auf. Die Unterschiede in den Feuchtwerten könnten in stellenweise stark wechselnden Feuchtebedingungen des Bodens begründet sein (Pseudovergleyte Pararendzina). Die Unterschiede in den Kontinentalitätswerten können ihre Ursache in den, durch die am nördlichen Rand vorhandene Hecke verursachten, mikroklimatischen Unterschieden haben, aber auch im schwankenden Feuchtegehalt des Bodens mitbegründet sein. Die „schwankende“ zeitliche Entwicklung der Flächen spiegelt vermutlich die unregelmäßig durchgeführten Pflegemaßnahmen (Mahd alle 3 Jahre?) wieder.

### **DBF 2120 – Irndorfer Hardt**

#### **Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter bodensaurer Magerrasen mit Borstgras (Trollblumen-Bergwiesen)

#### **Pflege:**

seit 30 Jahren jährlich eine Mahd, meist ohne Düngung;

1993 u. 1996: keine Mahd, 1994, 1995, 1997, 1998: Mahd ab 01.08., bzw.

alle 3 Jahre Pflegepause, Mähgut wird abgeräumt

#### **Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:**

Auffallendes Merkmal dieser bodensauren Magerrasen ist die fleckenhafte Verteilung einzelner großwüchsiger Arten, wie z.B. *Sanguisorba officinalis* und *Arnica montana*, die für die Heterogenität der Sukzessionsquadrate verantwortlich sind (siehe auch DCA). Die Deckung von *Arnica montana* schwankt von Jahr zu Jahr und nimmt in einzelnen Teilquadraten stark ab. *Sanguisorba officinalis* zeigt demgegenüber im Laufe der Jahre im Mittel eine Zunahme der Deckung (insbesondere in den Jahren 2003 und 2006).

Auffallend ist auch die starke Zunahme einiger anderer Arten in den Jahren 2003 und 2006, z.B. *Anthoxanthum odoratum*, *Avenella flexuosa*, *Helianthemum nummularium*, *Plantago lanceolata*, *Polygala vulgaris*, *Thymus pulegioides*, *Poa chaixii*.

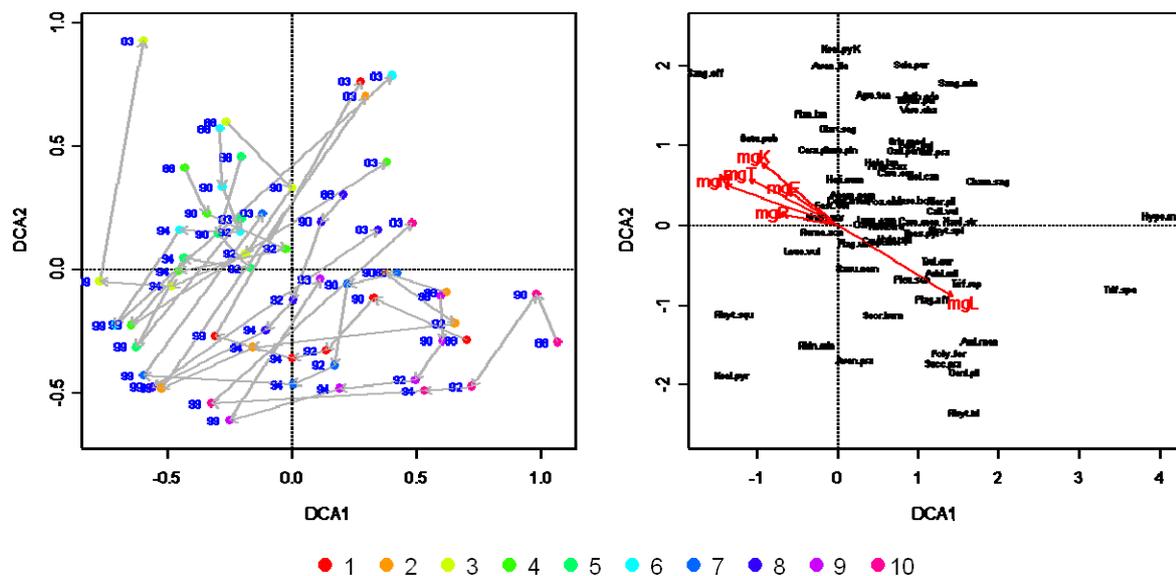
Auch die Veränderung der Deckung des Mooses *Rhytidiadelphus squarrosus* im Laufe der Zeit fällt auf. Bei niedrigen Deckungswerten beginnend (MW 1988: 5%) nimmt die Art stetig bis 1999 zu (MW 67%), um danach wieder abzunehmen (MW 2006: 10 %). Auch andere Moose, wie z.B. *Pleurozium schreberi*, zeigen starke Deckungs-schwankungen.

#### **Ergebnisse der DCA** (Abb. 3.3, siehe auch Abb. A3.3a und A3.3b im Anhang 3):

Auffallend ist einerseits die erwähnte Heterogenität zwischen den Teilflächen. Bemerkenswert ist, dass die Teilflächen im Hauptgradienten der ökologischen Zeigerwerte differenziert sind. Dieser Hauptgradient scheint die Teilflächen 3-6 von den anderen Teilflächen der DBF zu separieren.

Die Heterogenität zwischen den Teilflächen könnte aber auch in der fleckenhaften Verbreitung einiger Arten mit hohen Deckungswerten begründet sein (*Arnica*, *Sanguisorba*).

Alle Teilflächen zeigen ähnliche Entwicklungstendenzen zwischen 1988 und 1999, diese sind 2003 jedoch rückläufig.



**Abbildung 3.3.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2120 Irndorfer Hardt mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2120	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß (7-8)	ab 99: sinkend
mgT	groß (4.5-5.5)	ab 99: räuml. Unterschiede geringer
mgK	groß (3.5-4.5)	ab 99: einige steigend
mgF	mittel(4-4.5)	kein Trend
mgR	sehr groß (4-6)	kein Trend
mgN	groß (2.5-3.5)	schwankend (2003: gering)

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2120]]
      DCA1    DCA2    r2 Pr(>r)
mgL  0.84921 -0.52806 0.8116 <0.001 ***
mgT -0.88430  0.46692 0.4426 <0.001 ***
mgK -0.77074  0.63715 0.4283 <0.001 ***
mgF -0.81930  0.57337 0.1555  0.018 *
mgR -0.98240  0.18678 0.1613  0.012 *
mgN -0.93984  0.34163 0.6308 <0.001 ***
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
P values based on 1000 permutations.

### Interpretation:

Die Sukzessionsquadrate der DBF zeigen auffallend große räumliche Unterschiede bezüglich des Zeigerwertes für die (Boden-)Reaktion. Aber auch die Zeigerwerte für Licht, Temperatur, Kontinentalität und Nährstoffe weisen große Unterschiede zwischen den Teilflächen auf. Die Unterschiede in der mittleren gewichteten

Reaktionszahl sind vor allem durch die spezifischen Eigenschaften des Bodens zu erklären. Die über Oberem Jura entwickelte pseudovergleyte Terra fusca-Braunerde ist vermutlich oberflächlich mehr oder weniger stark versauert. Flachwurzeln (kleinwüchsige) Arten spiegeln diese Versauerung wieder, während große, tiefwurzeln Arten in die besser basenversorgten tieferen Horizonte des Bodens gelangen. Eine Ursache für die Unterschiede in den mittleren gewichteten Zeigerwerten ist sicherlich auch die fleckenhafte Verteilung einiger Arten mit hohen Deckungswerten (*Arnica*, *Sanguisorba*).

Von 1988 bis 1999 entwickeln sich alle Teilquadrate in die gleiche Richtung. Auffallend ist der nach 1999 (in der DCA nur 2003) einsetzende gegenläufige Entwicklungstrend.

## DBF 2130 – Mönchsteig

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Beweidete Wacholderheide mit Enzian-Halbtrockenrasen, mit starker Versaumungstendenz

### Pflege:

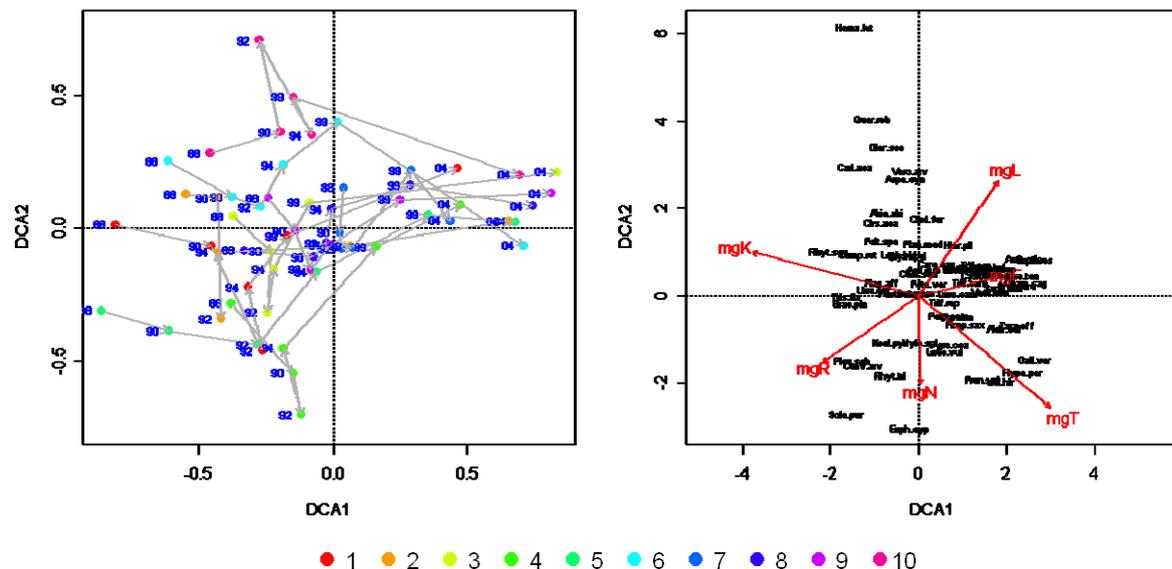
Schafbeweidung: selektiv, extensiv

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Auch in diesem Transekt gibt es einen auffälligen Rückgang von *Brachypodium pinnatum* von 1988 (MW 34%) bis 1992 (MW 9%). Danach schwankt die Deckung der Art zwischen 6 und 13%. Auffallend ist auch die Zunahme einiger Arten in den Jahren 2003 und 2006, z.B. *Achillea millefolium*, *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Chamaespartium sagittale*, *Cynosorus cristatus*, *Euphrasia rostkoviana*, u.a..

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.4, siehe auch Abb. A3.4a und A3.4b im Anhang 3):

Generell zeigt sich eine zeitliche Entwicklung der Vegetation entlang der 1. Hauptachse der DCA. Auffallend ist die offensichtliche Störung dieser generellen Entwicklung im Jahre 1992, die zu einer Verschiebung der Teilflächen entlang der 2. Hauptachse führt. Die Stärke und Richtung dieser Verschiebung ist für die einzelnen Teilflächen aber unterschiedlich (vor allem die Entwicklungsrichtung von Teilfläche 10 weicht ab). Eine auffällig starke Korrelation mit der zweiten Hauptachse der DCA zeigt der mittlere gewichtete Ellenberg N-Wert.



**Abbildung 3.4.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2130 Mönchsteig mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2130	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß-mittel (6.5-7.5), abnehmend	steigend
mgT	gering-mittel (4.8-5.5)	steigend
mgK	groß (3.5-5)	sinkend
mgF	gering (~ 3.8)	kein Trend
mgR	gering (~ 7)	kein Trend
mgN	groß (2.8-3.8)	bis 92 sinkend, dann leicht steigend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```

[[2130]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.569982  0.821657  0.4128 <0.001 ***
mgT  0.761589 -0.648061  0.6297 <0.001 ***
mgK -0.966659  0.256066  0.6209 <0.001 ***
mgF  0.973602  0.228252  0.1392  0.015 *
mgR -0.818272 -0.574831  0.2835 <0.001 ***
mgN  0.017565 -0.999846  0.1660  0.004 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.

```

**Interpretation:**

In der generellen Entwicklungstendenz der DBF (steigende mgL, mgT, sinkende mgK) spiegelt sich der Einfluß der Pflege auf die Fläche wieder. Dieser führte zunehmend auch zu einer Vereinheitlichung der Vegetation der einzelnen Sukzessionsquadrate.

Eine Störung im Jahr 1992 führte vermutlich zu einer kurzfristigen Veränderung der Nährstoffverhältnisse.

## DBF 2150 – Dellenhäule

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Beweidete Wacholderheide mit Esparsetten-Halbtrockenrasen, starke Versaumungstendenz

### Pflege:

mehrmals jahrluch starke Beweidung mit ca. 50 Schafen

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

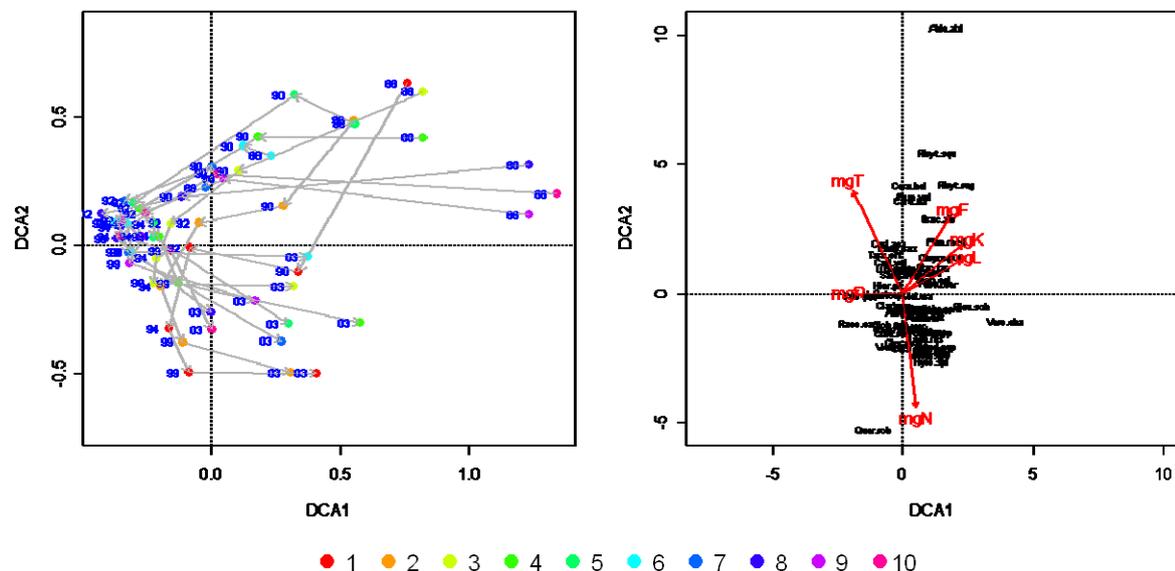
Im Gegensatz zu den bisherigen DBF nimmt in diesem Gebiet die Deckung von *Brachypodium pinnatum* zu. Während sich die Zunahme in den Jahren bis 1999 im Wesentlichen auf die Sukzessionsquadrate 1-3 beschränkte (Rückgang in 9-10), ist 2003 eine Abnahme in diesen Sukzessionsquadraten (1-3), aber eine Zunahme in allen anderen Sukzessionsquadraten zu beobachten. Die generelle Deckungszunahme von *Brachypodium* setzte sich auch 2006 fort.

Zunehmende Deckungswerte zeigen auch *Achillea millefolium*, *Bromus erectus* (vor allem 2003 und 2006), *Euphorbia cyparissia* (vor allem 2003 und 2006), *Koeleria pyramidata* und *Potentilla verna*.

Auffallend ist ein Einbruch der Deckungswerte von *Thymus pulegioides* in den Jahren 1994 und 1999.

*Hypnum cupressiforme* hat von 1998 (MW 18%) bis 1999 (MW 78%) stark zugenommen und sich 2003 und 2006 auf einen MW von etwa 50 % zurückgezogen.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.5, siehe auch Abb. A3.5a und A3.5b im Anhang 3):



**Abbildung 3.5.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2150 Dellenhäule mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA zeigt auffallend große Unterschiede zwischen den Teilflächen im Jahr 1988. Diese Unterschiede werden über die Jahre 1990, 1992 und 1994 nivelliert, nehmen aber 1999 und insbesondere 2003 wieder zu.

Alle Teilflächen entwickeln sich von 1988 bis etwa 1994 in die gleiche Richtung. Ab 1999 und besonders 2003 wird ein gegenläufiger Trend offensichtlich. Die Entwicklung entlang der 2. Hauptachse der DCA spiegelt die N-Verhältnisse der Teilflächen wieder.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2150	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel (7-7.5)	bis 94 abnehmend, danach steigend
mgT	mittel - groß (5-5.8)	kein Trend, schwankend
mgK	groß - sehr groß (3.5-5)	kein Trend, schwankend
mgF	gering (~3.7)	kein Trend (sehr leicht sinkend)
mgR	mittel (~7)	kein Trend
mgN	groß - mittel (1.5-3), abnehmend	steigend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2150]]
          DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.8722189  0.4891158  0.1414  0.016 *
mgT -0.4326815  0.9015468  0.4146 <0.001 ***
mgK  0.7702628  0.6377267  0.1870  0.005 **
mgF  0.5122510  0.8588358  0.2507 <0.001 ***
mgR -0.9999912  0.0041996  0.0738  0.113
mgN  0.1130837 -0.9935855  0.4172 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Wichtiger Hinweis:** Nach Klink & Partner (2007) war die Fläche 2006, wie in den Jahren 1994 und 1999 zum Aufnahmezeitpunkt noch unbeweidet. 2003 erfolgte hingegen, wie in den vorherigen Jahren die Beweidung bereits früher.

### Interpretation:

Die Sukzessionsquadrate der DBF zeigen bis 1994 generell abnehmende mittlere gewichtete Ellenberg-Lichtwerte. Ursache hierfür könnte eine fehlende Pflege/Nutzung der Fläche sein. Seit 1999 steigen die mgL-Werte wieder, allerdings haben sich im Laufe der Zeit die Nährstoffverhältnisse der DBF (steigende mgN) verändert.

## DBF 2180 – Filsenberg

**Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):  
Gemähter Esparsetten-Halbtrockenrasen

### Pflege:

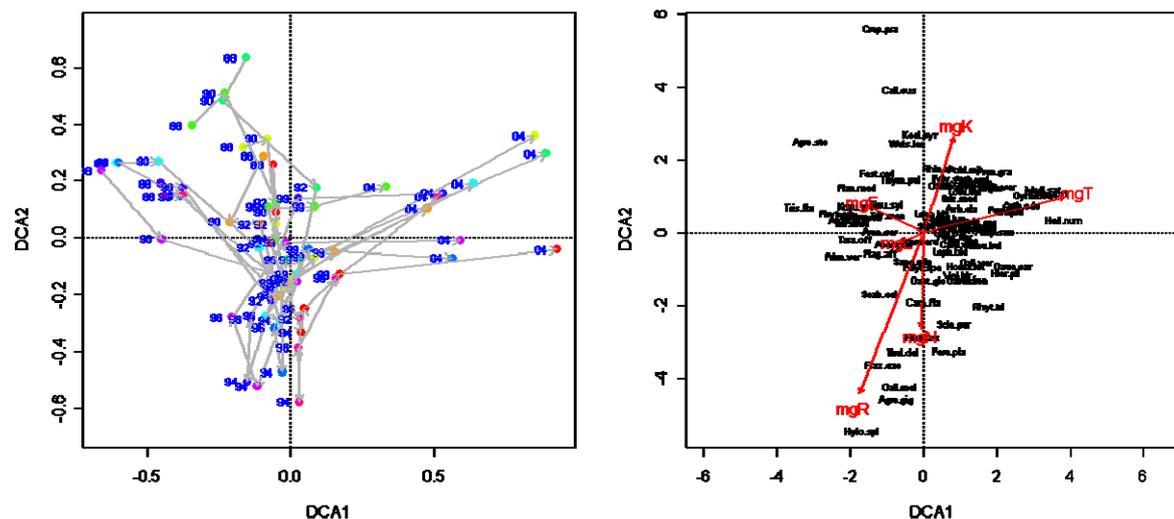
Mahd zur Futtergewinnung, es ist jedoch unklar ob eine Düngung erfolgte

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Bestandsaufbauende Grasart in dieser DBF ist *Bromus erectus*. Die Deckung der Art war jedoch im Laufe der Zeit starken Schwankungen unterworfen (1988 MW 27%, 1994 MW 46%, 1999 MW 24%, 2006 MW 50%). Ebenfalls starken Schwankungen unterworfen sind die Deckungsmittelwerte von einigen anderen Arten wie z.B. *Salvia pratensis*, *Sanguisorba minor*, *Scabiosa columbaria* und *Thymus pulegioides*. Seit 1999 sind das Auftauchen und die stetige Zunahme von Magerkeitszeigern, wie *Anthyllis vulneraria*, *Hieracium pilosella* und *Pimpinella saxifraga* zu beobachten.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.6, siehe auch Abb. A3.6a und A3.6b im Anhang 3):

Die DCA zeigt von 1988 bis 1994 eine kontinuierliche Verschiebung der Teilflächen entlang der 1. Hauptachse. 1996 und 1999 verläuft die Verschiebung entlang der gleichen Achse aber in entgegengesetzter Richtung. Ein neuer Trend zeigt sich im Jahr 2003 (bzw. 2004) mit einer Verschiebung der Flächen entlang der 2. Hauptachse.



**Abbildung 3.6.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2180 Filsenberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2180	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	gering (7.6)	kein Trend
mgT	mittel (5-5.5)	leicht steigend
mgK	mittel (3-3.5)	kein Trend, schwankend
mgF	gering (~3.5)	kein Trend
mgR	gering (~7.9)	kein Trend
mgN	mittel (3-3.5)	kein Trend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```

[[2180]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.91970 -0.39263 0.0129 0.650
mgT  0.96962  0.24463 0.4076 <0.001 ***
mgK  0.30273  0.95308 0.2000 0.002 **
mgF -0.90411  0.42730 0.0750 0.086 .
mgR -0.36653 -0.93041 0.5931 <0.001 ***
mgN -0.02289 -0.99974 0.1820 0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.

```

**Interpretation:**

Die mittleren Zeigerwerte der Fläche belegen die geringen Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF. Insgesamt sind keine zeitlichen Trends bei den mittleren Zeigerwerten zu erkennen.

Besonders auffallend ist aber die Abweichung der Vegetationsentwicklung im Jahr 2003 (bzw. 2004).

## DBF 2220 – Kappelberg

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Gelegentlich gemähter artenarmer Pfeifengrasbestand mit Arten der Halbtrockenrasen („Pfeifengras-Trespenrasen“); Versaumungstendenz

### Pflege:

seit 1970: jährlich Mahd mit Räumung des Mähgutes, sowie jährlich Gehölzschnitt mit Räumung

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

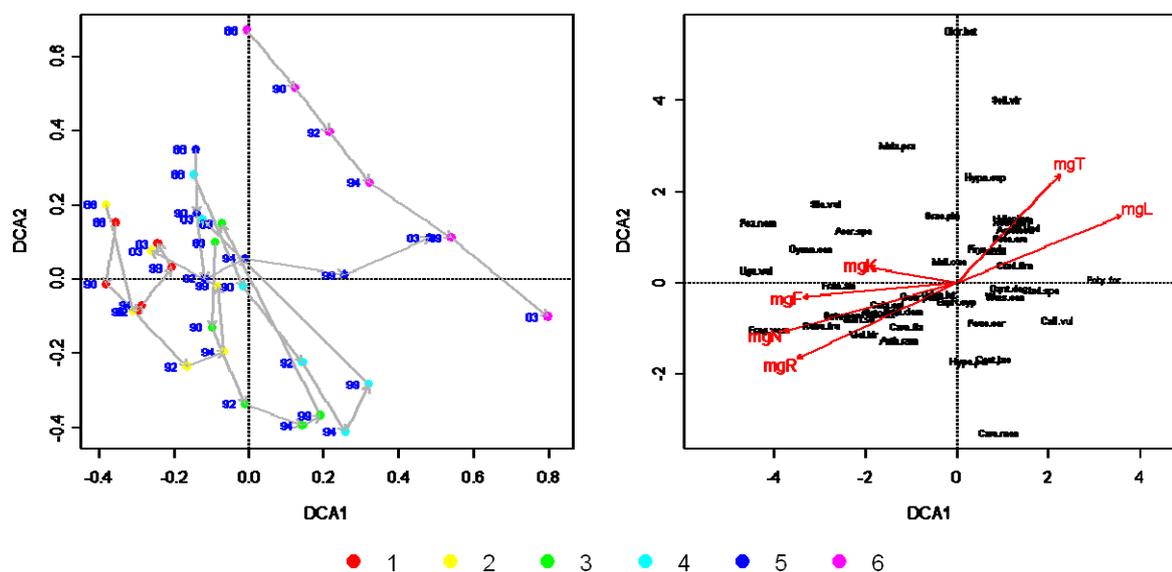
Der Bestand wird von *Molinia caerulea* dominiert (MW 50-60%, leicht schwankend), die nächst häufigste Art ist *Peucedanum cervaria*. *Peucedanum* hat von 1988 (MW 9%) bis 1999 (MW 25 %) kontinuierlich zugenommen. 2003 sank die Deckung auf 10% (MW) und stieg 2006 wieder auf 15% (MW) an.

Eine der auffälligsten Entwicklungstendenzen ist die Zunahme von *Calluna vulgaris*. Während die Deckung der Art bis 2003 in den Sukzessionsquadraten 3-6 zunahm, ist 2006 vor allem eine Zunahme in den Quadraten 5 und 6 zu beobachten (~ 20%). In den Quadraten 3 und 4 hat *Calluna* aber wieder abgenommen.

Auffällig sind auch die hohen Deckungswerte von *Centaurea jacea* in den Jahren 1994, 1996 und 1999.

In den Jahren 2003 und 2006 haben auch die beiden vorkommenden *Anthericum*-Arten zugenommen (besonders *A. liliago*).

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.7, siehe auch Abb. A3.7a und A3.7b im Anhang 3):



**Abbildung 3.7.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2220 Kappelberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA spiegelt den räumlichen (und vermutlich ökologischen) Gradienten in der Lage der Sukzessionsquadrate wieder. Auffällig ist die isolierte Lage von Teilfläche 6, der sich Teilfläche 5 im Laufe der Zeit angenähert hat.

Die Teilflächen 1-4 bilden eine Gruppe ähnlicher Aufnahmen mit ähnlichen Entwicklungstendenzen. Sie zeigen eine kontinuierliche Weiterentwicklung von 1988 bis 1994, die sich ab 1999 wieder umkehrt und 2003 fast wieder den Stand von 1988 erreicht. Im Laufe dieser Entwicklung zeigt Teilfläche 1 die geringsten, und Teilfläche 4 die stärksten Veränderungen.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel - groß (6.7-7.5)	leicht steigend, 2003 stärker zunehmend
mgT	gering (~5.9)	kein Trend
mgK	mittel (3.7-4.3)	kein Trend (sehr leicht abnehmend)
mgF	groß (3.5-5), abnehmend	sinkend
mgR	mittel - groß (4-7), zunehmend	sinkend
mgN	mittel - groß (2.2-3.3), zunehm.	sinkend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2220]]
          DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.924911  0.380185  0.6921 <0.001 ***
mgT  0.686724  0.726918  0.4876 <0.001 ***
mgK -0.985445  0.169994  0.1723  0.044 *
mgF -0.995431 -0.095479  0.5305 <0.001 ***
mgR -0.902770 -0.430125  0.6935 <0.001 ***
mgN -0.961534 -0.274687  0.7201 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Die DBF 2220 Kappelberg zeigt mittlere bis große räumliche Unterschiede bei den mittleren Zeigerwerten für Feuchte, (Boden-)Reaktion und Nährstoffversorgung zwischen den einzelnen Sukzessionsquadraten. Der Bestand eines „Pfeifengras-Trespenrasen“ wächst auf einer podsoligen Pelosol-Braunerde über mittlerem Keuper. Die auf mittlerem Keuper gebildeten Böden neigen zu kleinräumigen Schwankungen der Bodenreaktion (lokale Versauerung des Oberbodens). Diese lokalen Schwankungen des Boden-pH führen zu lokalen Unterschieden bei der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Der stark tonhaltige (als Pelosol-Braunerde charakterisierte) Boden ist für Pflanzen ein wechselfeuchter Standort (sehr feucht im Frühling, sehr trocken im Sommer und Spätsommer). Auch der Tongehalt dieser Böden kann kleinräumig schwanken.

Die Tendenz zur Versauerung des Oberbodens spiegelt sich vor allem in den Teilflächen 5 und 6 wieder, in denen *Calluna vulgaris* stark zugenommen hat. Die schwer zersetzbare Streu dieser Heideart wird akkumuliert und führt zur weiteren Versauerung des Oberbodens sowie zu einer Erhöhung des C:N-Verhältnisses in der organischen Auflage. Dies hat Folgen für den Nährstoff- und Wasserhaushalt des Standortes und bewirkt somit Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung.

## DBF 2240 – Küßnach

**Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):  
Gemähter Esparsetten-Halbtrockenrasen

### Pflege:

jährliche Mahd (zwischen 20.06. und 31.07.) mit Räumung des Mähgutes;  
Gehölzschnitt mit Räumung

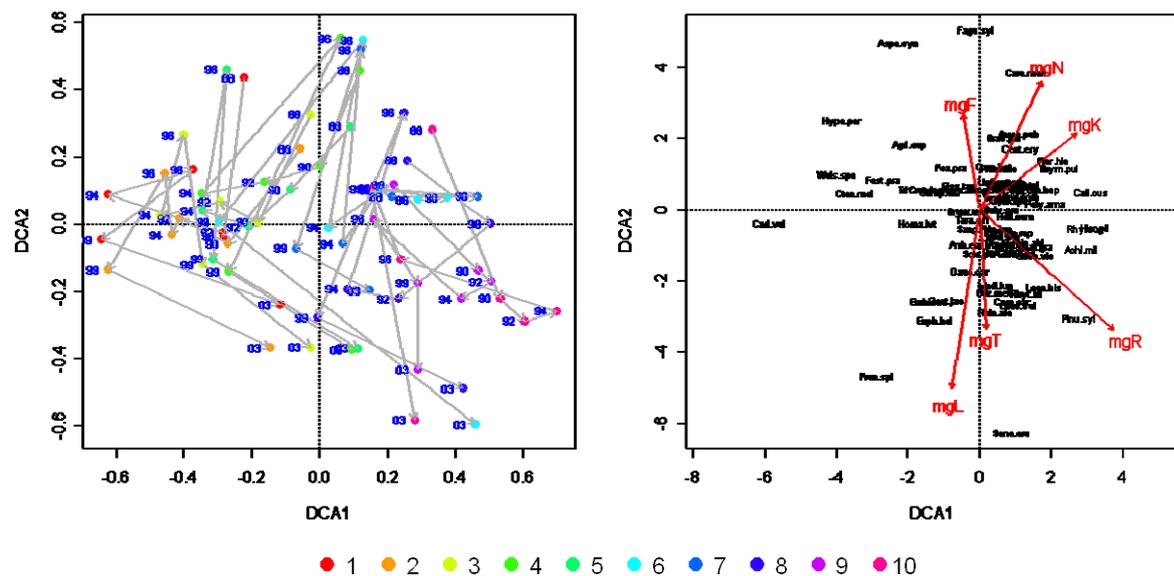
### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

*Brachypodium pinnatum* nimmt von 1988 (MW 16%) bis 1994 (MW 4%) stetig ab. 1996 ist die Deckung der Art relativ hoch (16%), um danach wieder auf niedrige Werte (MW 3-5%) abzufallen. Auffallenden Schwankungen zwischen MW 20% und MW 35% ist die Deckung von *Bromus erectus* unterworfen. Dies gilt auch für *Sanguisorba minor*.

Mit einem MW von 20% hat *Onobrychis vicifolia* seine Deckung im Jahr 2006 wesentlich erhöht (vorher: Schwankungen zwischen 0% und 6%)

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.8, siehe auch Abb. A3.8a und A3.8b im Anhang 3):

Die DCA zeigt einen offensichtlichen räumlichen und vermutlich ökologischen Gradienten entlang der 1. Hauptachse der DCA. Die zeitliche Entwicklung der Flächen verläuft sehr unregelmäßig und hat vermutlich mit den starken Deckungsschwankungen von *Bromus erectus* und *Sanguisorba minor* zutun. Dabei bleibt die ökologische Differenzierung der Flächen jedoch weitestgehend erhalten.



**Abbildung 3.8.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2240 Küßnach mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2240	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel (7-7.5)	steigend (nicht 96)
mgT	gering (5-5.5)	steigend
mgK	mittel – groß (3-4)	von 88 auf 90 Anstieg, danach fallend
mgF	gering (~ 3.5)	kein Trend
mgR	gering (~ 7.5)	kein Trend
mgN	gering (3-3.5)	bis 94 leicht fallend, 96 erhöht, 99 wieder wie 94, danach leicht steigend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2240]]
      DCA1      DCA2      r2  Pr(>r)
mgL -0.154216 -0.988037 0.7266 < 0.001 ***
mgT  0.052076 -0.998643 0.3155 < 0.001 ***
mgK  0.781970  0.623317 0.3330 < 0.001 ***
mgF -0.171408  0.985200 0.2073 < 0.001 ***
mgR  0.739979 -0.672630 0.7062 < 0.001 ***
mgN  0.430626  0.902531 0.4502 < 0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Interpretation:**

Die Sukzessionsquadrate der DBF zeigen eine Differenzierung entlang der 1. Hauptachse der DCA, die vermutlich einen schwachen räumlichen (und ökologischen) Gradienten widerspiegelt. Die Differenzierung entlang dieses Gradienten blieb im Laufe der Jahre erhalten. Möglich wäre z.B. eine Differenzierung durch unterschiedliche Boden-pH-Werte.

Die Differenzierung entlang der 2. Hauptachse spiegelt dagegen die zeitliche Entwicklung der Sukzessionsquadrate wieder. Wesentlicher ökologischer Faktor für diese Differenzierung sind vor allem die Lichtverhältnisse, die sich in den mittleren gewichteten Ellenberg-Lichtwerten (mgL) widerspiegeln. Ihre Schwankungen, sowie die Deckungsschwankungen von *Brachypodium pinnatum* hängen vermutlich mit der Pflege bzw. dem Ausbleiben von Pflegemaßnahmen auf der Fläche zusammen.

## DBF 2260 – Büchelberg

**Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):  
Beweidete Wachholderheide mit Esparsetten-Halbtrockenrasen

### Pflege:

1981-1995: regelmäßige starke Schafbeweidung  
Gehölzschnitt mit Räumung  
anschließend (?) Mahd mit Räumung des Mähgutes

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

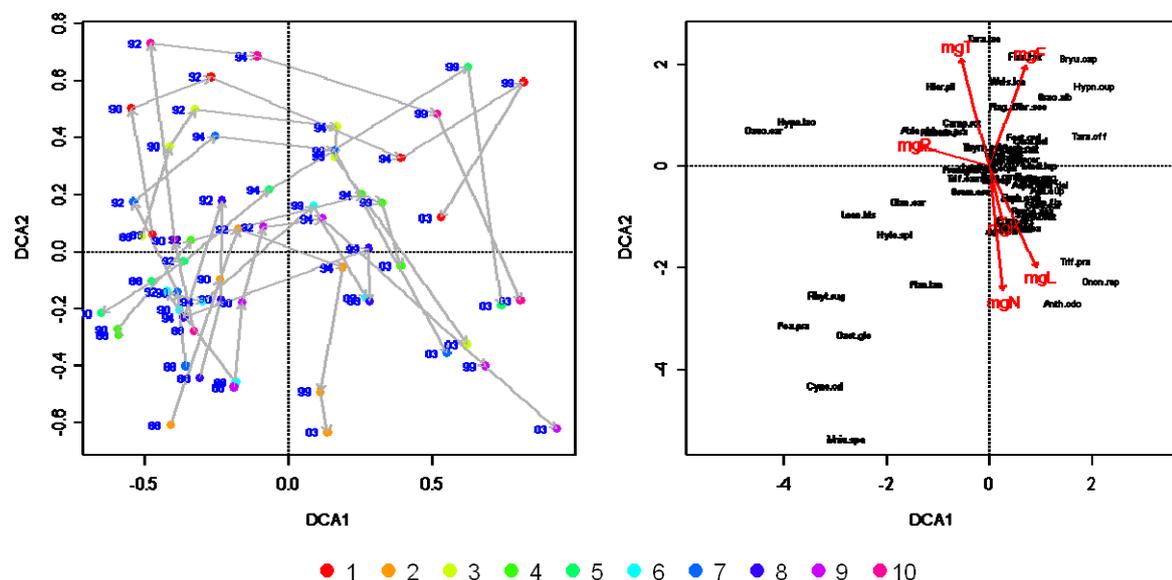
Arten mit den höchsten Deckungswerten in diesem artenreichen Bestand sind *Thymus pulegioides*, *Hieracium pilosella*, *Hylocomium splendens* und *Bromus erectus*.

Während die Deckung von *Bromus erectus* von 1988 bis 1999 tendenziell abnahm, hat sie in den Jahren 2003 und 2006 wieder zugenommen.

Auffällig ist auch die Deckungszunahme anderer Arten in den Jahren 2003 und 2006, z.B. *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Carex caryophyllaea*, *Chamaespartium sagittale*, *Cirsium acaule*, u.a.

Die Moose *Hypnum cupressiforme* und *Thuidium delicatulum* nehmen bis 1999 zu um danach wieder abzunehmen.

**Ergebnisse der DCA** (Abb. 3.9, siehe auch Abb. A3.9a und A3.9b im Anhang 3):



**Abbildung 3.9.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2260 Büchelberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA zeigt keinen ausgeprägten räumlichen Gradienten zwischen den Teilflächen. Die zeitliche Entwicklung nimmt einen umgekehrt U-förmigen Verlauf. Während die Entwicklung der Sukzessionsquadrate bis 1992 zu einer Verschiebung

der Teilflächen entlang der 1. Hauptachse führt, findet 1994 und 1999 eine Verschiebung entlang der 2. Hauptachse statt. 2003 werden die Teilflächen wieder überwiegend entlang der 1. Hauptachse, jedoch in entgegengesetzter Richtung wie zuvor verschoben.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2260	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel (7.3-7.8)	kein Trend, (sehr leicht steigend)
mgT	gering (~ 5.3)	kein Trend
mgK	mittel (3.3-3.8)	kein Trend, schwankend
mgF	gering (3.5-4)	kein Trend, (sehr leicht steigend)
mgR	gering (7-7.5)	kein Trend, schwankend
mgN	mittel (2-3)	88 bis 92 abnehmend; 96 erhöht, 99 wie 92, 03 und 06 stärker erhöht

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2260]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.41929 -0.90785 0.2345 <0.001 ***
mgT -0.25584  0.96672 0.2349  0.001 ***
mgK  0.24453 -0.96964 0.0623  0.151
mgF  0.33899  0.94079 0.2171 <0.001 ***
mgR -0.95913  0.28295 0.0894  0.077 .
mgN  0.10612 -0.99435 0.2923 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Die in den mittleren gewichteten Zeigerwerten festzustellenden räumlichen Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten sind meist nur gering. Auch Zeitliche Trends sind praktisch nicht zu erkennen.

Die zeitlichen Verschiebungen in der Vegetationszusammensetzung haben wohl im Wesentlichen mit der wechselnden Pflege der Fläche, sowie den extremen Witterungsbedingungen im Jahr 2003 zu tun.

## **DBF 2290 – Kaiserberg**

### **Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter Halbtrockenrasen, mit starker Versaumungstendenz und geringem Grasanteil

Nach Hölzer (1978) war die DBF (Flst. 2328) bis 1870 Weinberg und seitdem „Halbtrockenrasen“, was auch heute noch an der Terrassierung des Hanges gut erkennbar ist. Anfang der 1970er Jahre stockte auf der DBF (oder Teilen davon) scheinbar ein Gehölzbewuchs mit einer von *Brachypodium pinnatum* dominierten, halbtrockenrasenartigen Krautschicht.

### **Pflege:**

seit 1981: jährliche Mahd mit Räumung des Mähgutes

seit 1981: Gehölzschnitt mit Räumung

2003: Schafbeweidung geplant (?)

### **Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:**

Der „Halbtrockenrasen“ ist auffallend grasarm. *Brachypodium pinnatum* hat 1988 als MW der Sukzessionsquadrate eine Deckung von 25%, wobei sich die Deckungswerte zwischen den Quadraten sehr stark unterscheiden. Bereits 1990 sinkt der MW auf 6%. In den folgenden Jahren bis 2006 schwankt er um lediglich 4%. *Bromus erectus* hat über die Jahre eine mehr oder weniger gleichbleibende Deckung von etwa 4%. Erst in den Jahren 2003 und 2006 ist eine leichte Zunahme feststellbar.

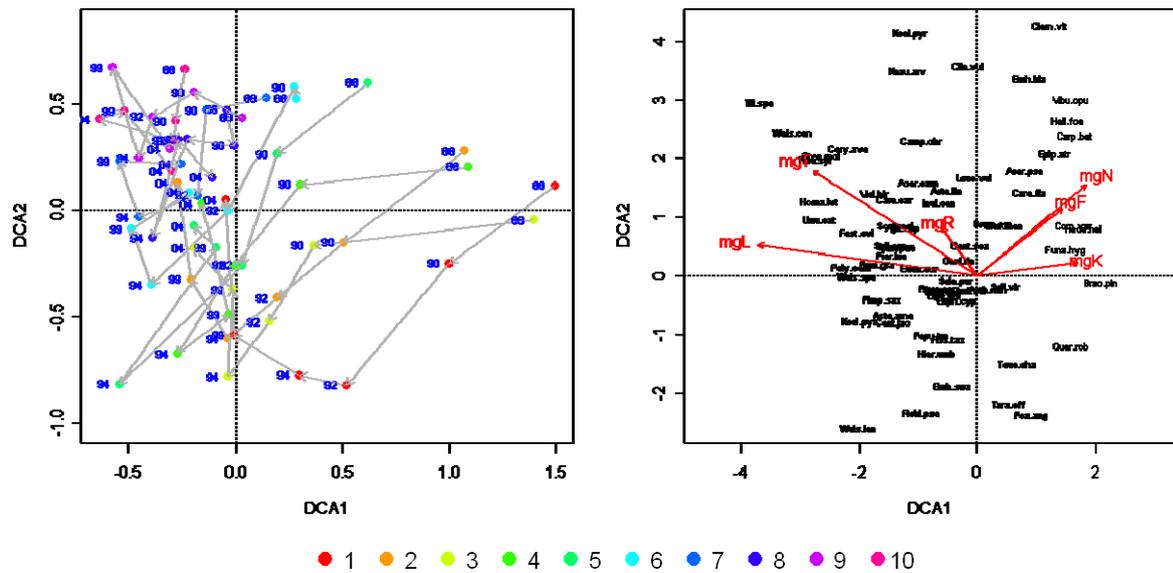
In dem grasarmen Bestand zeigen Kräuter (Saumarten), wie z.B. *Anthericum ramosum*, *Genista tinctoria*, *Geranium sanguineum*, *Origanum vulgare* und *Peucedanum cervaria* hohe Deckungswerte. Die Deckungswerte dieser Arten sind starken Schwankungen unterworfen, können aber in den meisten Fällen als in den Jahren 2003 und 2006 zunehmend gewertet werden.

Auffallend sind die hohen Deckungswerte des Mooses *Weissia longifolia* im Jahr 1994.

Das plötzliche Fehlen von *Solidago virgaurea* und die starke Zunahme von *Solidago canadensis* im Jahr 2003 könnte einen Bearbeitungsfehler darstellen. Das Gleiche gilt für die Moose *Eurhynchium hians* und *E. swartzii* im Jahr 1992.

### **Ergebnisse der DCA** (Abb. 3.10, siehe auch Abb. A3.10a und A3.10b im Anhang 3):

Die DCA zeigt einen auffälligen räumlichen und vermutlich ökologischen Gradienten. Während sich auf den Teilflächen 7-10 im Laufe der Zeit kaum Veränderungen bemerkbar machen, zeigen die Teilflächen 1-6 eine deutliche zeitliche Veränderung. Im Laufe dieser zeitlichen Entwicklung nähern sich die Teilflächen 1-6 den Teilflächen 7-10 an. Während der Gradient zwischen den Sukzessionsquadraten von 1988 bis 1992/94 weitgehend erhalten bleibt, findet die Annäherung der Teilflächen 1-6 an den Zustand der Teilflächen 7-10 im Zeitraum von 1999 bis 2004 (bzw. 2003) statt.



**Abbildung 3.10.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2290 Kaiserberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2290	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß (6.5-7.5), abnehmend	von 1990 auf 1992, starke Zunahme, gleichzeitig Abnahme der räumlichen Unterschiede
mgT	gering (5.5-6)	kein Trend
mgK	groß (3.5-4.5), abnehmend	kein Trend
mgF	gering (3-4)	Rückgang bis 1992/94, danach leichter Anstieg
mgR	gering (~ 7.5)	kein Trend
mgN	groß (2.5-3.5), abnehmend	Rückgang bis 1992, danach Anstieg

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2290]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.99015  0.13999  0.6942 <0.001 ***
mgT -0.84218  0.53920  0.5402 <0.001 ***
mgK  0.99085  0.13494  0.1426  0.019 *
mgF  0.77983  0.62599  0.1652  0.005 **
mgR -0.58732  0.80935  0.0511  0.244
mgN  0.76398  0.64524  0.2829 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Interpretation:**

**Hinweis aus Gutachten 1999:** „Im Bereich der Einzelquadrate 1-4 standen vermutlich noch in den 80er Jahren einzelne Kiefern. Die Baumstümpfe dieser Kiefern waren 1990 noch gut zu erkennen.“

Nach dem Entfernen dieser Kiefern im Rahmen der Pflegearbeiten (ab 1981) konnte vermutlich vorübergehend *Brachypodium pinnatum* an Deckung gewinnen, weil diese Art bereits vorhanden war und so einen „Startvorsprung“ hatte. Gefördert durch die Pflege wanderten später jedoch die lichtbedürftigeren Saumarten ein und konnten den *Brachypodium pinnatum*-Bestand abbauen.

Die räumliche Differenzierung der Sukzessionsquadrate und ihre zeitliche Entwicklung hat vermutlich im Wesentlichen mit den in den 80er Jahren vorhandenen Kiefern im Bereich der Teilquadrate 1-4 zu tun.

Die ursprünglich vorhandenen Unterschiede wurden durch die Pflege der Fläche im Laufe der Zeit nivelliert.

Auch im Jahr 2003 ist keine auffallende Veränderung der Vegetationszusammensetzung zu beobachten.

Hinweis: Kritisch scheint die Anlage der Dauerbeobachtungsfläche auf einer ehemaligen Weinbergsterrasse. Die Sukzessionsquadrate liegen am oberen Rand der Terrasse, in der Nähe der ehemaligen Weinbergsmauer (einer Geländestufe). Die mit dieser Geländestufe assoziierten wühlenden Tiere (Mäuse?) führen vermutlich zu einer Beeinträchtigung der Dauerquadrate.

## DBF 2330 – Apfelberg

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Beweidete Wacholderheide mit Enzian-Halbtrockenrasen, mit starker Versaumungstendenz

### Pflege:

seit 1987: 1-2 mal jährlich (Mai – August) selektiv, extensiv beweidet.

seit Herbst 1996: Mahd mit Räumung des Mähgutes

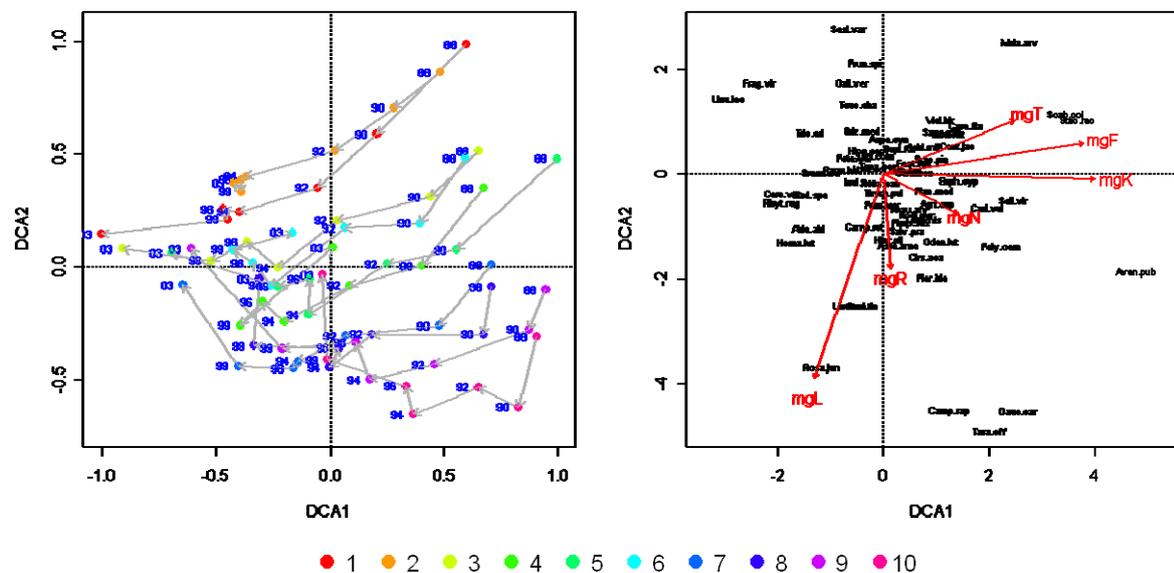
seit 1986: jährlicher Gehölzschnitt mit Räumung

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Der auffälligste Trend am Apfelberg ist die stete Zunahme von *Bromus erectus* von MW 5% im Jahr 1988 auf MW 35 % im Jahr 2006. Diese Zunahme ist mehr oder weniger ausgeprägt in allen Teilquadraten zu beobachten.

1988 werden die Sukzessionsquadrate durch einen starken Gradienten in der Deckung von *Cirsium acaule*, *Melampyrum pratense*, *Prunus spinosa* und *Teucrium chamaedrys* geprägt. Dieser Gradient schwächt sich im Laufe der Entwicklung ab.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.11, siehe auch Abb. A3.11a und A3.11b im Anhang 3):



**Abbildung 3.11.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2330 Apfelberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA zeigt 1988 einen starken räumlichen und vermutlich ökologischen Gradienten entlang der 2. Hauptachse. Trotz einer Fortentwicklung der Flächen bleibt dieser Gradient bis etwa 1994 erhalten. Danach verändern sich die Flächen: Der Gradient entlang der 2. Hauptachse bricht zusammen und wird durch einen neuen

entlang der 1. Hauptachse ersetzt. Dieser entspricht nicht mehr der räumlichen Anordnung der Flächen.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2330	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß - mittel (7-8), leicht abnehmend	bis 94 steigend, danach abnehmend
mgT	mittel - gering (5-5.5)	leicht sinkend
mgK	mittel - groß (2.5-4), zunehmend	sinkend
mgF	gering (3.3-3.8), leicht zunehmend	bis 96/99 leicht sinkend, danach leicht steigend
mgR	gering (~ 7.8)	kein Trend
mgN	mittel – groß (2.3-3), bis 92 zunehmend, dann abnehmend	bis 96 sinkend, danach steigend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```

[[2330]]
          DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.317325 -0.948317 0.7553 <0.001 ***
mgT  0.924084  0.382189 0.3209 <0.001 ***
mgK  0.999655 -0.026273 0.7182 <0.001 ***
mgF  0.988218  0.153052 0.6534 <0.001 ***
mgR  0.072563 -0.997364 0.1493  0.003 **
mgN  0.878579 -0.477597 0.1151  0.016 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.

```

### Interpretation:

Die Sukzessionsquadrate der DBF werden im Jahr 1988 noch durch einen starken räumlichen Gradienten differenziert, der sich vor allem in den mittleren gewichteten Ellenberg-Licht-Werten widerspiegelt. Ursache dafür ist vermutlich eine unterschiedlich starke Versaumungstendenz der senkrecht zum Hang liegenden Sukzessionsquadrate. Vermutlich durch Pflegemaßnahmen wurden diese Unterschiede nach und nach nivelliert. Während eine Differenzierung der Teilflächen durch den Faktor Licht im Laufe der Zeit also an Bedeutung verliert, gewinnt vor allem der Faktor Feuchte (und der Faktor Kontinentalität) zunehmend an Bedeutung für die ökologische Differenzierung der Teilquadrate.

## **DBF 2400 – Bisten**

### **Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):

Gemähte Bärwurz-Rotschwingelwiese (bodensaurer Magerrasen mit Borstgras, Trollblumen-Bergwiesen).

**Wichtiger Hinweis:** Die Vermarkung der Fläche war (im Jahr 2006) mit Suchgerät auch nach langer Suche nicht zu orten. Die Fläche wurde anhand aktueller Winkel- und Entfernungsangaben rekonstruiert und neu vermarkt. Auch war im Jahr 2006 die Grasnarbe der Fläche von Wildschweinen stark aufgewühlt (Klink & Partner 2007).

### **Pflege:**

jährliche Mahd im Juli mit Räumung des Mähgutes

**Gutachten 1999:** „Um *Meum athamanticum* zurückzudrängen, wurde die Wiese am Bisten in den letzten Jahren früher gemäht. Ein Erfolg dieser Maßnahme ist jedoch noch nicht zusehen (...)“.

### **Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:**

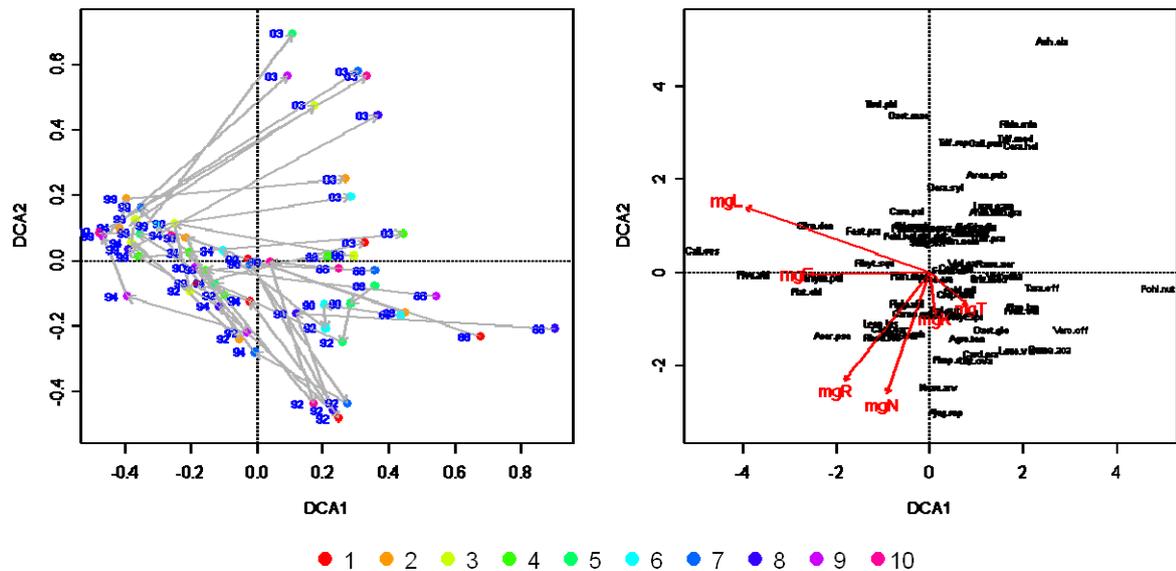
Der Bestand wird von *Meum athamanticum* dominiert, dessen Deckungswerte stark schwanken (MW 20-35%). Ebenfalls sehr häufig ist das Moos *Rhythidiadelphus squarrosus*, bei dem ebenfalls starke Deckungsschwankungen zu beobachten sind (MW zw. 16 und 64 %). Tendenziell sind die Deckungswerte bei beiden Arten in den Jahren 1998, 1992 und 2003 am geringsten.

Die mittlere Deckung von *Leontodon hispidus* hatte von 1988 (MW 3%) bis 1999 (MW 8%) zugenommen und war 2003 wieder eingebrochen (MW 1%).

Auffallend ist auch der stetige Rückgang von *Plantago lanceolata* (1988 MW 8%, 2003 und 2006 MW 1%) und *Leucanthemum vulgare* (1998 MW 3%, 2003 MW 0%). *Leucanthemum* hat aber 2006 wieder auffallend zugenommen.

### **Ergebnisse der DCA** (Abb. 3.12, siehe auch Abb. A3.12a und A3.12b im Anhang 3):

Die DCA zeigt die auffallenden Schwankungen in der Vegetation der DBF. Trotz der mehrfachen starken Richtungsänderungen dieser Schwankungen ist die Entwicklungstendenz der Teilquadrate ähnlich. Eine ähnliche Vegetation hatte die DBF in den Jahren 1990, 1994 und 1999. Davon abweichend sind die Jahre 1988, 1992 und 2003. Tendenziell schwankt die Vegetationszusammensetzung entlang der 1. Hauptachse der DCA. Vor allem in den Aufnahmejahren 1988, 1992 und 2003 erfolgt daneben eine Differenzierung entlang der 2. Hauptachse.



**Abbildung 3.12.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2400 Bisten mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2400	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	gering (7-7.5)	kein Trend (bis 1999 leicht ansteigend, 2003 und 2006 gesunken)
mgT	gering (~ 4.3)	kein Trend (sehr leichter Anstieg)
mgK	gering (2.5-3), zunehmend	kein Trend (sehr leichter Anstieg)
mgF	gering (~ 5)	kein Trend
mgR	gering (~ 4)	kein Trend
mgN	mittel (3.5-4)	kein Trend (von 2000 auf 2002 Anstieg, danach langsamer Rückgang)

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2400]]
          DCA1    DCA2    r2 Pr(>r)
mgL -0.941631  0.336648  0.5526 <0.001 ***
mgT  0.750155 -0.661262  0.0360  0.311
mgK  0.133140 -0.991097  0.0274  0.410
mgF -0.999765 -0.021696  0.2124 <0.001 ***
mgR -0.614369 -0.789019  0.2785 <0.001 ***
mgN -0.330820 -0.943694  0.2436 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

An der DBF Bisten sind die räumlichen Unterschiede in den mittleren gewichteten Zeigerwerten zwischen den Sukzessionsquadraten gering. Auch lässt sich kein klarer zeitlicher Trend erkennen. Die regelmäßigen Schwankungen der Vegetations-

entwicklung entlang der 1. Hauptachse der DCA, die am stärksten mit dem Umweltfaktor Licht verknüpft sind, gehen vermutlich auf Pflegemaßnahmen und/oder Populationsschwankungen von *Meum athamanticum* und *Rhythidiadelphus squarrosus* zurück. Die Differenzierung der Vegetation entlang der 2. Hauptachse der DCA in den Jahren 1988, 1992 und 2003 spiegelt vermutlich geringe Unterschiede in der Nährstoffversorgung der Teilflächen wieder, die ebenfalls auf Pflegemaßnahmen zurückzuführen sein könnten.

## DBF 2460 – Taubergießen

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter, artenreicher Esparsetten-Halbtrockenrasen, mit dichtem Graswuchs und guten Orchideenvorkommen.

### Pflege:

jährliche Mahd (1 Schnitt) zur Futtergewinnung mit Mulchen (= Widerspruch ?)

jährlich abwechselnde Mahd: Anfang Juni (ungerade Jahreszahl) oder Anfang August (gerade Jahreszahl)

1994: an Böschungen von Taubergießen Verbrennen im NSG

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

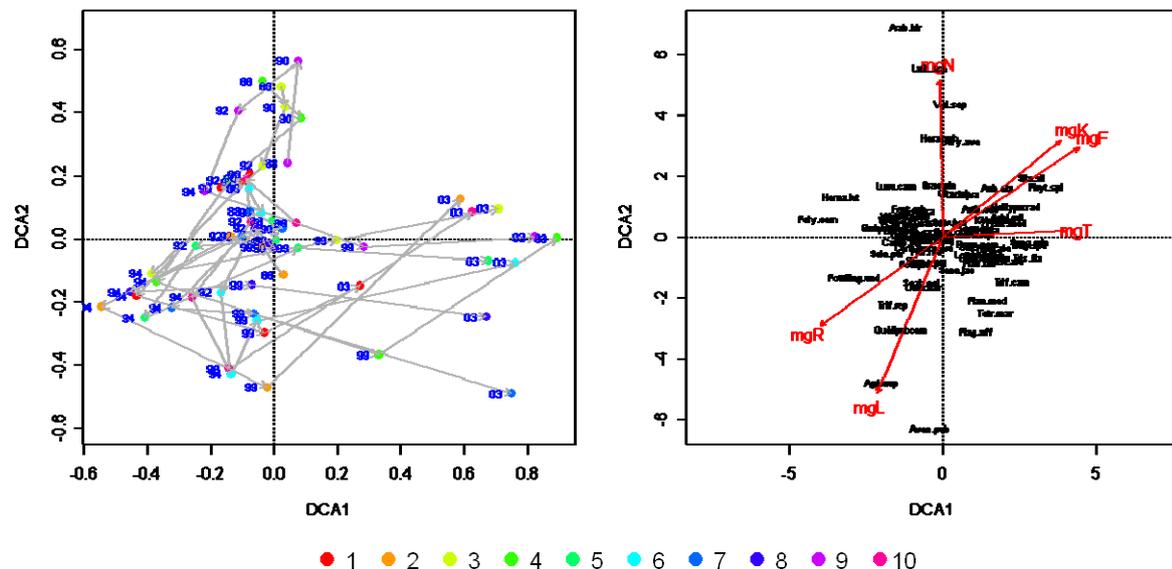
Der Bestand wird durch die beiden Grasarten *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* dominiert. *Bromus erectus* erreichte 2003 seinen niedrigsten Deckungswert (MW 26 %), erreichte 2006 jedoch einen hohen Wert (MW 65%). Zuvor (1988 – 1999) lag die Deckung der Art zw. 60 und 43 % mit leicht abnehmender Tendenz.

*Brachypodium pinnatum* hat von 1998 (MW 16%) bis 1999 (MW 3%) abgenommen, danach sind die Werte bis 2006 wieder angestiegen (MW 10%).

Auffallend war die hohe Deckung des Mooses *Scleropodium purum* im Jahr 1994 (MW 20%, sonst MW ~1-2%). Auch andere Moose (z.B. *Calliergonella cuspidata*, *Plagiomnium undulatum*) hatten ihre höchsten Deckungswerte in diesem Jahr.

*Briza media*, *Carex flacca*, *Helianthemum nummularium* und *Ranunculus nemorosus* haben in den letzten Jahren (insbesondere 2003 und 2006) zugenommen.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.13, siehe auch Abb. A3.13a und A3.13b im Anhang 3):



**Abbildung 3.13.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2460 Taubergießen mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA zeigt keinen räumlichen Gradienten innerhalb der Sukzessionsquadrate der DBF Taubergießen. Die zeitliche Entwicklung der Sukzessionsquadrate verläuft, wenn auch undeutlich, entlang der 2. Hauptachse der DCA. Eine auffallende Verschiebung entlang der 1. Hauptachse wird 2003 deutlich.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2460	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel (7.2-7.8)	kein Trend
mgT	gering (~ 5.3), leicht zunehmend	kein Trend (sehr leicht steigend)
mgK	mittel (2.5-3.5)	kein Trend (schwankend)
mgF	gering (3.5-4)	kein Trend (schwankend)
mgR	gering (~ 7.8)	kein Trend
mgN	gering (3-3.5)	kein Trend (bis 99 leicht sinkend, danach leicht steigend)

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2460]]
      DCA1      DCA2      r2  Pr(>r)
mgL -0.386697 -0.922207 0.5793 < 0.001 ***
mgT  0.998789  0.049203 0.3006 < 0.001 ***
mgK  0.768684  0.639628 0.4721 < 0.001 ***
mgF  0.832036  0.554722 0.5364 < 0.001 ***
mgR -0.808248 -0.588843 0.4603 < 0.001 ***
mgN -0.021272  0.999774 0.5023 < 0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

An der DBF 2460 Taubergießen sind die räumlichen Unterschiede in den mittleren gewichteten Zeigerwerten zwischen den Sukzessionsquadraten gering. Auch lässt sich kein klarer zeitlicher Entwicklungstrend erkennen.

Die DCA belegt von 1988 bis 1999 einen leichten Einfluß der durchgeführten Pflegemaßnahmen auf die Vegetationszusammensetzung der DBF (z.B. Zunahme von *Bromus erectus*).

Auffallend ist die Veränderung der Entwicklungsrichtung und -stärke im Jahr 2003.

## **DBF 2530 – Sulzbach**

### **Kurzbeschreibung Bestand** (nach Klink & Partner 2007):

Gemähter Esparsetten-Halbtrockenrasen, mit starker Versaumungstendenz;  
Teilweise starke Beschattung durch Nussbäume.

### **Pflege:**

Mahd mit Räumung des Mähgutes

2006: zum Zeitpunkt der Kartierung bereits im 2. Aufwuchs

### **Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:**

*Peucedanum cervaria* hat von 1988 (MW 18%) bis 2003 (MW 4%) deutlich abgenommen. 2006 wurde aber wieder eine Deckung von MW 15% erreicht. In ähnlicher Weise, aber nicht so deutlich, reagierten auch *Salvia pratensis* und *Centaurea scabiosa*.

Tendenziell zunehmende Deckungswerte zeigen *Agrimonia eupatoria*, *Festuca ovina*, *Koeleria pyramidata* und *Thymus pulegioides*.

Im Jahr 2003 waren die Deckungswerte von *Agrostis gigantea*, *Brachypodium pinnatum*, *Coronilla varia* und *Festuca pratensis* auffallend hoch.

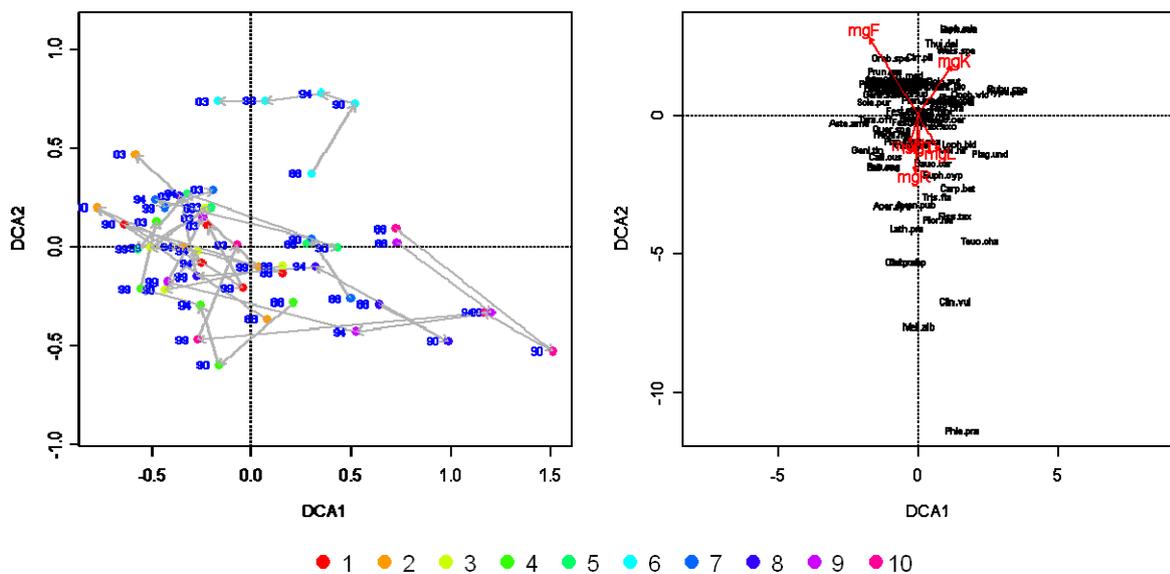
Die Deckung der Moose *Calliergonella cuspidata* und *Scleropodium purum* hat von 1988 bis 1999 stetig zugenommen und ist im Jahr 2003 (und 2006) deutlich zurück gegangen.

Teilfläche 6 wird durch hohe Deckungswerte von *Thuidium delicatulum* geprägt.

### **Ergebnisse der DCA** (Abb. 3.14, siehe auch Abb. A3.14a und A3.14b im Anhang 3):

Die DCA zeigt, daß die Sukzessionsquadrate der DBF in mindestens 3 Gruppen zerfallen. Gruppe 1 wird von den Quadraten 7-10 gebildet, Gruppe 2 besteht aus dem Teilquadrat 6 und Gruppe 3 aus den Teilquadraten 1-5. Während Teilquadrat 6 weitgehend eigenständig ist und bleibt, sind die Quadrate der Gruppe 1 zu Beginn von Gruppe 3 getrennt, nähern sich im Laufe ihrer Entwicklung aber diesen an.

Die 10 Teilquadrate liegen entlang einer Terrassenkante am oberen Rand (Hang) der Dauerbeobachtungsfläche. Insbesondere die Sukzessionsquadrate mit den Nummern 1-5 werden vom Rand stark durch einen Walnussbaum beschattet. Die Teilquadrate mit hohen Nummern liegen im Bereich der umknickenden Terrassenkante, z.T. sogar auf dieser.



**Abbildung 3.14.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2530 Sulzbach mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2530	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	gering-mittel (6.8-7.3), zunehmend	kein Trend
mgT	gering (~ 5.8)	kein Trend
mgK	gering (3.8-4.2), leicht abnehmend	kein Trend (leicht steigend)
mgF	mittel (3.5-4.5)	zunehmend
mgR	gering (~7.7)	kein Trend
mgN	gering-mittel (3.2-3.7)	kein Trend (leicht steigend)

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2530]]
          DCA1    DCA2    r2 Pr(>r)
mgL  0.500434 -0.865775 0.0909 0.099 .
mgT  0.010313 -0.999947 0.0484 0.309
mgK  0.558782  0.829315 0.1824 0.010 **
mgF -0.531888  0.846815 0.4280 <0.001 ***
mgR -0.053479 -0.998569 0.1713 0.009 **
mgN -0.300257 -0.953858 0.0444 0.362
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Die DBF 2530 Sulzbach zeigt in den mittleren gewichteten Zeigerwerten der Sukzessionsquadrate nur geringe räumliche Unterschiede. Lediglich für die Zeigerwerte für Licht, Feuchte und Nährstoffgehalt sind die räumlichen Unterschiede

im mittleren Bereich. Es lässt sich auch kein klarer zeitlicher Entwicklungstrend erkennen. Lediglich die Feuchte nimmt etwas zu.

Die Differenzierung der Sukzessionsquadrate in der DCA begründet sich im Wesentlichen in der Lage der Quadrate in der DBF. Die DBF liegt am Hang und die Sukzessionsquadrate befinden sich unmittelbar unter einer Hangstufe (ehemalige Weinbergsmauer?, Terrassenkante). Einzelne Sukzessionsquadrate (vor allem die Quadrate 9 und 10) liegen praktisch auf dieser Hangstufe. Vor allem die Sukzessionsquadrate 1-5 werden durch angrenzende Walnussbäume stark beschattet; zumindest Teilfläche 1 liegt mittlerweile gänzlich unter dem Baum. Die zunehmenden Feuchtwerte der Flächen und die zunehmenden räumlichen Unterschiede der Lichtwerte sind daher vermutlich durch die zunehmende Beschattung der DBF zu begründen.

## DBF 2540 – Rohrhardsberg

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Borstgrasreiche Flügelginsterweide (*Festuco-Genistetum sagiggalis typicum*, *Nardus stricta*-Variante) mit *Arnica montana*. Die Dauerbeobachtungsfläche wurde erst 1999 angelegt.

**Hinweis aus Klink & Partner 2007:** Zum Zeitpunkt der Kartierung (20.06.2006) Weidebetrieb erst seit 1 Woche. Insgesamt noch wenig entwickelter Bestand. Phänologisch um 1-2 Wochen zurück. DBF zum Zeitpunkt der Kartierung noch nicht beweidet.

### Pflege:

extensiv mit Rindern beweidet („landwirtschaftliches Weidegrünland“)

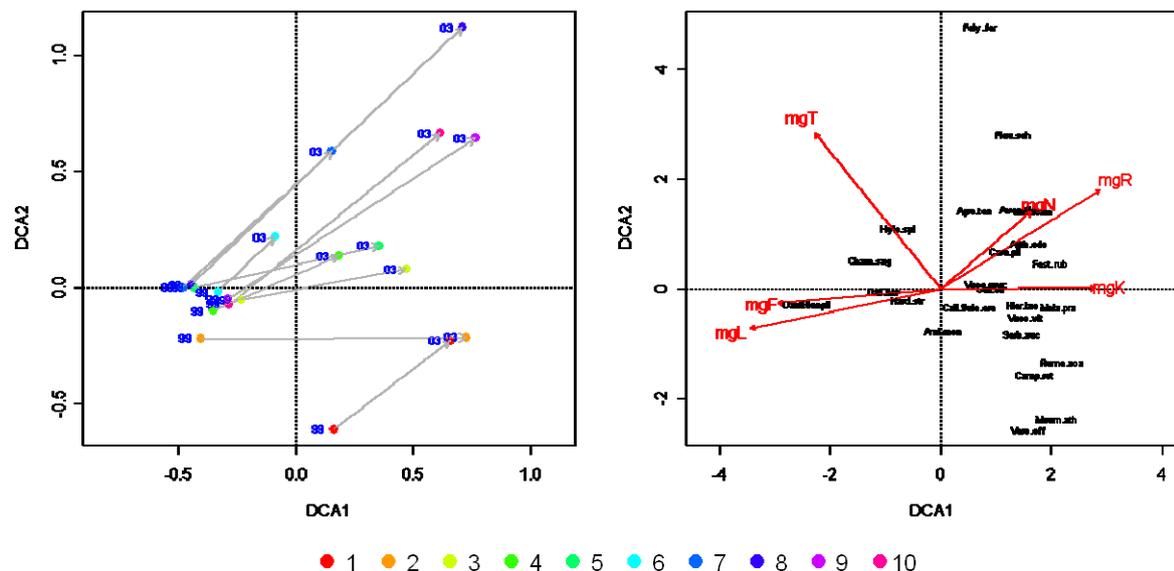
### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Die höchsten Deckungswerte in den Sukzessionsquadraten erreicht *Nardus stricta*. Während sie 1999 und 2006 eine mittlere Deckung von über 50 % erreicht liegt der Mittelwert 2003 deutlich geringer bei 26%. Vor allem in den Teilquadraten 7 bis 10 ist die Art in diesem Jahr auf Werte um 3% zurückgegangen.

Von 1999 bis 2006 steigende Deckungswerte zeigen *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Avenella flexuosa*, *Festuca rubra*, *Luzula campestris*, *Meum athamanticum* und *Potentilla erecta*.

*Galium harcyenicum* ist von 1988 (MW 21%) auf 2003 (MW 4%) stark zurück gegangen, konnte sich aber 2006 (MW 10%) wieder stabilisieren.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.15, siehe auch Abb. A3.15a und A3.15b im Anhang 3):



**Abbildung 3.15.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2540 Rohrhardsberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Auffällig in der DCA ist, dass alle Sukzessionsquadrate 1999 (mit der Ausnahme von Teilquadrat 1) sehr ähnlich waren. 2003 ist die Streuung der Teilflächen bereits viel stärker. Offensichtlich hat sich Teilfläche 2 der Teilfläche 1 angenähert. Für 2003 zeigt sich ein räumlicher und ökologischer Gradient.

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2540	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel-groß (6.5-7.5), zunehmend	1999 -> 2003 abnehmend 2003 -> 2006 zunehmend (?)
mgT	gering (4.5-5), leicht zunehmend	2006 abnehmend (?)
mgK	gering (2.8-3.3)	1999 -> 2003 zunehmend 2003 -> 2006 abnehmend (?)
mgF	gering (4.5-5)	1999 -> 2003 abnehmend
mgR	gering (2-2.5)	zunehmend
mgN	gering-mittel (2-2.7), zunehmend	1999 -> 2003 zunehmend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2540]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.9783123 -0.2071351 0.8024 <0.001 ***
mgT -0.6280081  0.7782068 0.8526 <0.001 ***
mgK  0.9999988  0.0015774 0.5016  0.004 **
mgF -0.9958703 -0.0907869 0.5650  0.002 **
mgR  0.8475213  0.5307614 0.7472 <0.001 ***
mgN  0.7599678  0.6499608 0.2968  0.051 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Insgesamt zeigt die DBF nur geringe bis mittlere räumliche Unterschiede zwischen den mittleren gewichteten Zeigerwerten der Sukzessionsquadrate. Auffallend ist die Zunahme der räumlichen Unterschiede für die Faktoren Licht, Temperatur und Nährstoffe von 1999 auf 2003. Sowohl die zeitlichen Trends, als auch die Zunahme der räumlichen Unterschiede im Jahr 2003 könnten auf die klimatische Ausnahmesituation dieses Jahres zurückzuführen sein.

## DBF 2550 – Feldberg

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Hochmontane Borstgras-Weide (*Leonthodonto helvetici-Nardetum*) mit *Gentiana lutea*, mit geringer Verbuschungstendenz. Floristische Besonderheiten: *Pseudorchis albida*, *Diphysium alpinum*. Die Dauerbeobachtungsfläche wurde erst 1999 angelegt.

### Pflege:

Rinderbeweidung (ursprünglich ?)

**2006:** Die Fläche wird seit längerer Zeit nicht mehr beweidet. Es war keine Gehölzsukzession zu erkennen. Fichten werden wohl von Zeit zu Zeit entfernt (Klink & Partner 2007).

### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

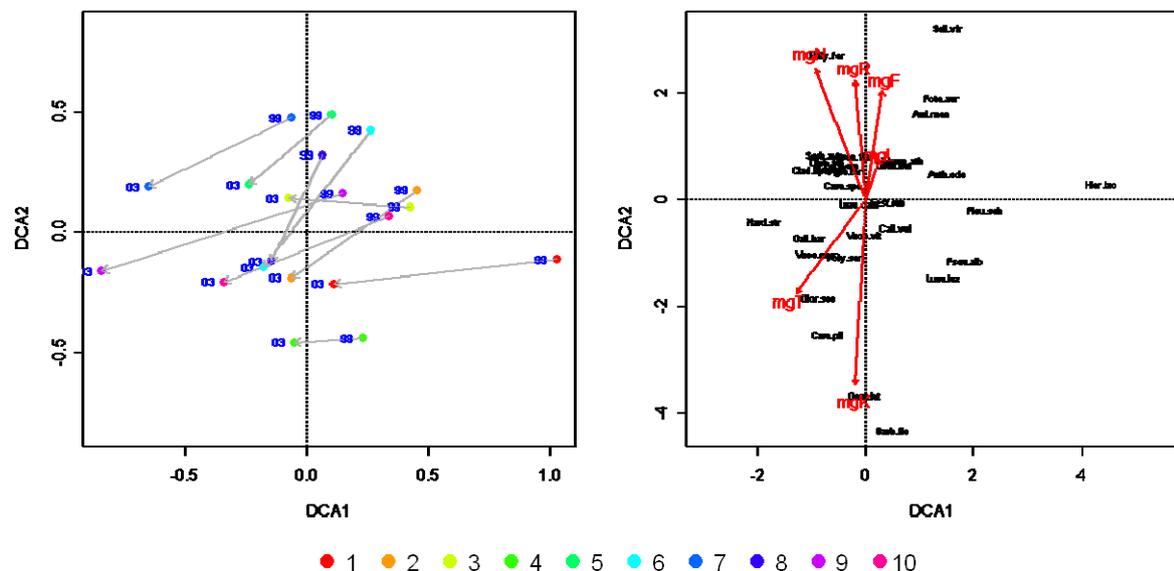
Von 1999 bis 2003 war eine starke Zunahme von *Nardus stricta*, *Avenella flexuosa*, sowie Zunahme von *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idea* und *Calluna vulgaris* zu verzeichnen.

Von 2003 bis 2006 gab es eine Zunahme von *Calluna vulgaris* und *Nardus stricta* und eine Abnahme von *Avenella flexuosa*. Auffallend ist die „plötzliche“ Zunahme von *Galium hircynicum*, *Luzula luzuloides* und *Polygala serpyllifolia* seit 2003.

Die Deckung von *Polytrichum formosum* hat über den Zeitraum von 1999 bis 2003 abgenommen.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.16, siehe auch Abb. A3.16a und A3.16b im Anhang 3):

Die Sukzessionsquadrate zeigen keinen räumlichen Gradienten, die Sukzession ging von 1999 nach 2003 auf allen Teilflächen in die gleiche Richtung.



**Abbildung 3.16.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2550 Feldberg mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2550	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	Mittel (6.5-7.5), von 99 auf 03 zunehmend	99 -> 03 abnehmend 03 -> 06 zunehmend (vergleichbar ?)
mgT	gering (3.5-4)	kein Trend (leicht zunehmend)
mgK	gering (2.7-3.2)	kein Trend (leicht zunehmend)
mgF	gering (~ 4.8)	kein Trend
mgR	gering (~ 2.1)	kein Trend
mgN	gering (1.7-2.2)	kein Trend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2550]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL  0.327129  0.944980  0.0280  0.783
mgT -0.591294 -0.806456  0.2117  0.143
mgK -0.053232 -0.998582  0.5365  0.001 ***
mgF  0.154397  0.988009  0.1875  0.150
mgR -0.087132  0.996197  0.2214  0.119
mgN -0.355178  0.934799  0.3072  0.048 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Interpretation:**

An der DBF 2550 Feldberg sind die räumlichen Unterschiede in den mittleren gewichteten Zeigerwerten zwischen den Sukzessionsquadraten gering. Auch lässt sich bislang kein klarer zeitlicher Entwicklungstrend erkennen.

Auffallend ist die generelle Zunahme der Zwergsträucher *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idea*. Auch *Nardus stricta* hat stark zugenommen.

## DBF 2560 – Belchen

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Borstgrasreiche Bärwurz-Rotschwengelweide (Übergang zwischen *Leontodonto-Nardetum* und *Meo-Festucetum*). Die Dauerbeobachtungsfläche wurde erst 1999 angelegt.

### Pflege:

1999: die Fläche wird vermutlich seit längerer Zeit nicht oder nur sehr extensiv mit Schafen beweidet;

extensive Hüte-Schafbeweidung (über MEKA);

ab 2007 vermutlich wieder Rinderbeweidung

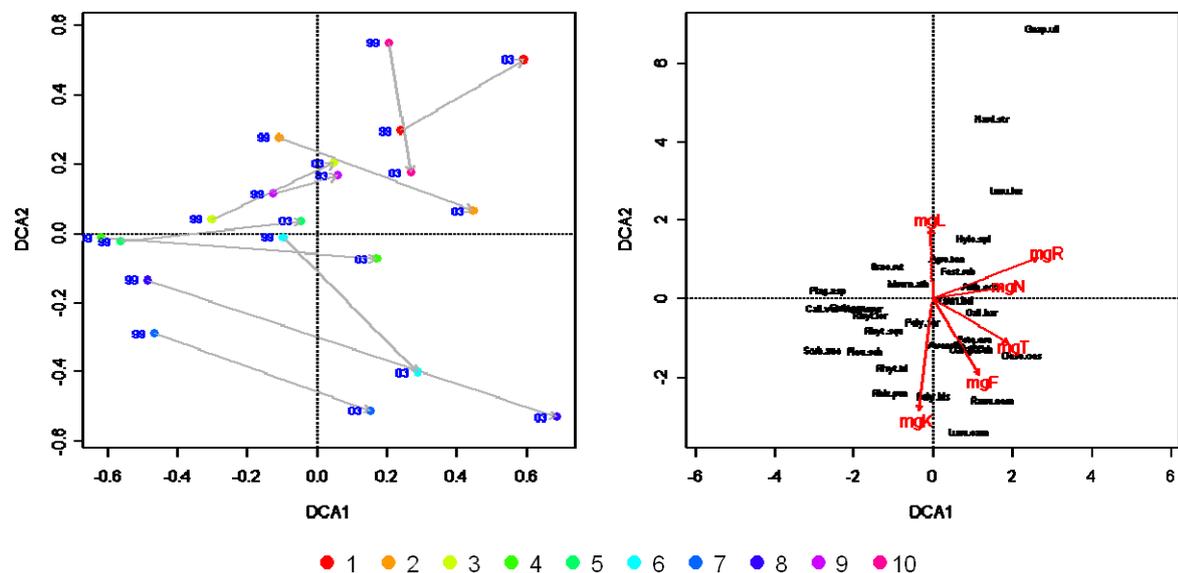
### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Dominante Arten des Bestandes sind *Meum athamanticum*, *Vaccinium myrtillus*, *Festuca rubra* und *Poa chaixii* (zunehmend). Das reichliche Vorkommen von *Poa chaixii*, die von 1999 auf 2003 stärker zugenommen hat, wird als Brachezeiger gewertet.

Zunehmende Arten sind *Anthoxanthum odoratum*, *Avenella flexuosa*, *Deschampsia cespitosa*, *Leonthodon helveticus*, u.a.

Abgenommen hat von 1999 auf 2003 vor allem die Deckung des Mosses *Rhythidiadelphus squarrosus*.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.17, siehe auch Abb. A3.17a und A3.17b im Anhang 3):



**Abbildung 3.17.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2560 Belchen mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgR, mgN, mgT, mgF, mgK, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

Die DCA zeigt einen räumlichen Gradienten, der von Teilfläche 1 zur Teilfläche 7 und wieder zurück zur Teilfläche 10 läuft. Teilfläche 1 und 10 sind sich am ähnlichsten,

davon am stärksten verschieden ist Teilfläche 7. Die zeitliche Entwicklung von 1999 nach 2003 geht bei allen Flächen in die gleiche Richtung (Ausnahmen TF 6 und 10).

### Zeigerwerte:

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2560	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	mittel-groß (6.5-7.5)	leicht sinkend
mgT	gering (4-4.5)	kein Trend (leicht zunehmend)
mgK	mittel-groß (2.5-3.5)	kein Trend
mgF	gering (5-5.5)	kein Trend
mgR	gering (~ 3)	kein Trend
mgN	gering (3.2-3.7)	kein Trend

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2560]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.025849  0.999666  0.2265  0.135
mgT  0.858696 -0.512486  0.3332  0.034 *
mgK -0.125587 -0.992083  0.5710  0.001 ***
mgF  0.513458 -0.858115  0.3542  0.032 *
mgR  0.930318  0.366755  0.5635 <0.001 ***
mgN  0.987404  0.158221  0.2183  0.125
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

### Interpretation:

Abgesehen von den Werten für Licht und Kontinentalität sind die Unterschiede der mittleren gewichteten Zeigerwerte zwischen den einzelnen Sukzessionsquadraten nur gering. Als zeitlicher Trend ist lediglich eine Abnahme des mittleren gewichteten Licht-Zeigerwertes zu beobachten, dieser spiegelt die zunehmende Verbrachung der Fläche mit einer Zunahme von *Poa chaixii* und *Vaccinium myrtillus* wieder.

## DBF 2570 – Rauhe Wiese

### Kurzbeschreibung Bestand (nach Klink & Partner 2007):

Borstgras-Torfbinsenrasen (*Juncetum squarrosi*), mit Dominanz von *Molinia caerulea*. Bemerkenswert ist das Vorkommen der Torfmoose *Sphagnum capillifolium* und *Sph. tenellum*. Die Dauerbeobachtungsfläche wurde erst 1999 angelegt.

### Pflege:

1 mal jährliche Mahd, im September (geplant ?)

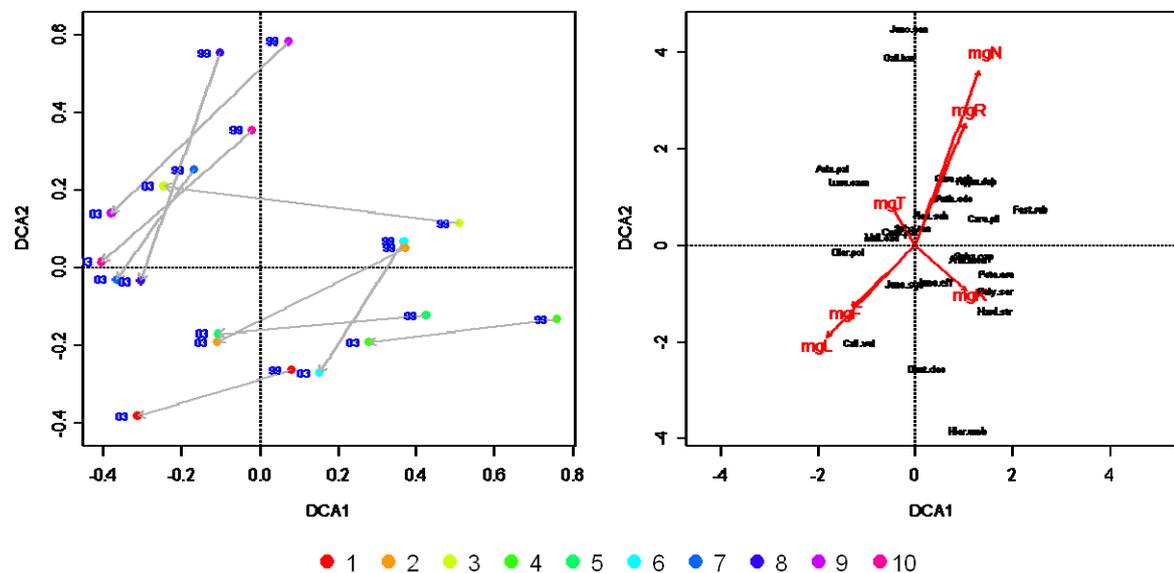
### Auffällige Entwicklungstendenzen der Arten:

Generell hat in den Sukzessionsquadraten die Deckung von *Molinia caerulea* zugenommen, insbesondere von 1999 (MW 28%) auf 2003 (MW 61%). Auffallend hohe Deckungswerte im Jahr 2003 hatte *Calluna vulgaris*, während *Arnica montana* in diesem Jahr eher eine niedrige Deckung hatte.

Die Deckung der Mooschicht blieb trotz der deutlichen Zunahme von *Molinia caerulea* über den Beobachtungszeitraum weitgehend konstant.

### Ergebnisse der DCA (Abb. 3.18, siehe auch Abb. A3.18a und A3.18b im Anhang 3):

Auffallend in der DCA ist der Unterschied zwischen den Teilflächen 1-6 und 7-10. Teilfläche 3 hat sich zwischen 1999 und 2003 aus der ersten Gruppe in die 2. Gruppe entwickelt. Generell zeigen alle Flächen eine ähnliche Entwicklungsrichtung.



**Abbildung 3.18.** Ordination der Sukzessionsquadrate der DBF 2570 Rauhe Wiese mit Hilfe einer DCA (Standardeinstellungen, downweighting of rare species). Links: Ordination der Sukzessionsquadrate im Artenraum mit Sukzessionsvektoren. Farben der Punkte und Pfeile markieren die Entwicklung eines Sukzessionsquadrates im Laufe der Zeit (blaue Zahlen: Aufnahmejahre). Rechts: Ordination der Arten und wichtige Umweltgradienten (mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN)). Weitere Auswertungen im Anhang 3.

**Zeigerwerte:**

Trends der mittleren gewichteten Zeigerwerte (siehe Abbildungen 3.31 bis 3.36 im Kapitel 3.2.4):

2570	Räumliche Unterschiede	Zeitlicher Trend
mgL	groß ((6.5-)7-8), abnehmend	99 -> 03 steigend
mgT	groß - mittel (4-5), abnehmend	99 -> 03 abnehmend
mgK	gering (2.7-3.3), abnehmend	kein Trend
mgF	groß (4.5-6), zunehmend	steigend (?)
mgR	mittel (1.8-3)	99 -> 03 sinkend 03 -> 06 steigend (?)
mgN	groß (1.5-2.5)	99 -> 03 sinkend 03 -> 06 steigend (?)

Korrelationen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten und den ersten beiden Achsen der DCA:

```
[[2570]]
      DCA1      DCA2      r2 Pr(>r)
mgL -0.68969 -0.72410 0.2253 0.130
mgT -0.49607  0.86828 0.0270 0.795
mgK  0.74272 -0.66961 0.0645 0.584
mgF -0.70793 -0.70628 0.1077 0.381
mgR  0.37905  0.92538 0.2438 0.061 .
mgN  0.34409  0.93894 0.4868 0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
P values based on 1000 permutations.
```

**Interpretation:**

Auf der DBF 2570 Rauhe Wiese sind generell eher große räumliche Unterschiede der mittleren gewichteten Zeigerwerte zwischen den Sukzessionsquadraten zu beobachten. Dies gilt vor allem für die Faktoren Licht, Temperatur, Feuchte und Nährstoffe. Wie die Dominanz von *Molinia caerulea* zeigt, handelt es sich um einen eher wechselfeuchten Standort (vermutlich ein Pseudogley). Das fleckige Vorkommen von *Sphagnum capillifolium*, *Sph. fallax* und *Sph. tenellum* belegt zudem die kleinräumigen Unterschiede in den Feuchteverhältnissen.

Die kleinräumigen Unterschiede in den Feuchteverhältnissen sind vermutlich auch die Ursache der kleinräumigen Unterschiede in den Licht- und Nährstoffverhältnissen.

### 3.2. Übersicht über alle Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Nach der Darstellung der Vegetation und Vegetationsentwicklung der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen soll ein Überblick über die Vegetation aller Grünland-Dauerbeobachtungsflächen gegeben werden.

Hierbei werden besonders die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen der Vegetation der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen und ihrer zeitlichen Entwicklung herausgearbeitet. Dazu werden verschiedene Diversitätsparameter und Umweltfaktoren (im Wesentlichen mittlere Ellenberg-Zeigerwerte) in der Übersicht über alle Grünland-Dauerbeobachtungsflächen dargestellt.

Soweit wie möglich wird dabei auf die Vegetationsaufnahmen der einzelnen Sukzessionsquadrate einer DBF zurückgegriffen (für 2006 nicht möglich). Dies erlaubt in der Darstellung als Box-Plot aller Sukzessionsquadrate eines Aufnahmejahres die Beurteilung der räumlichen Heterogenität der DBF und gleichzeitig den Vergleich zwischen den verschiedenen Aufnahmejahren. So kann die Stärke des zeitlichen Entwicklungstrends in einen Zusammenhang mit der räumlichen Heterogenität der Dauerbeobachtungsflächen gebracht und beurteilt werden.

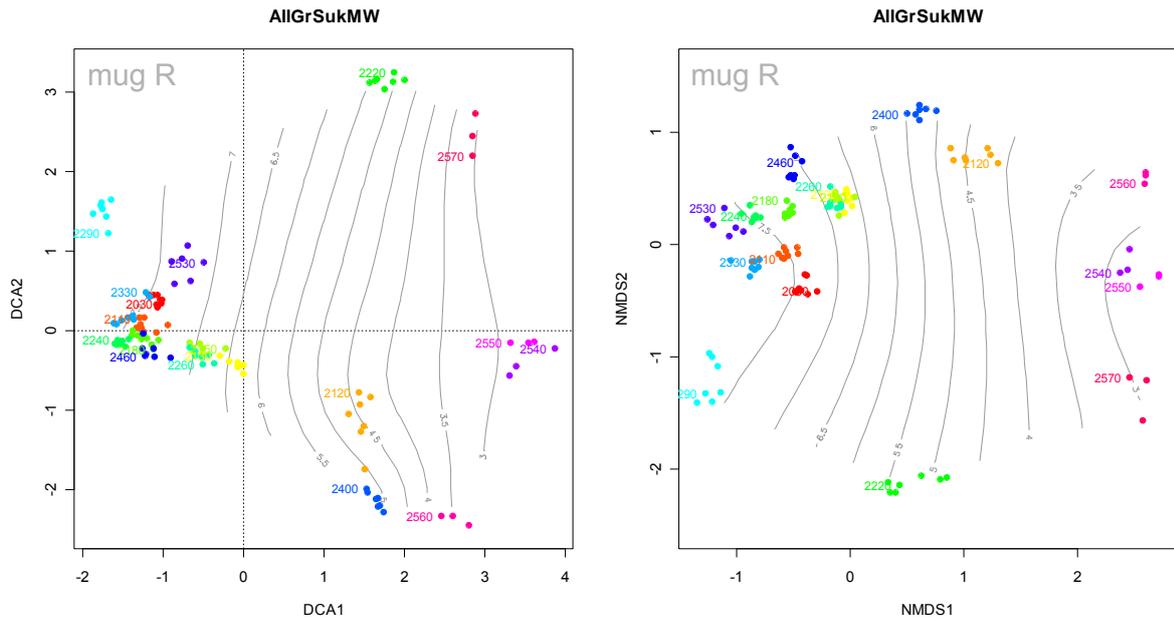
Es ist dabei zu berücksichtigen, dass „allgemeine Trends“ in den Mittelwerten einer Dauerbeobachtungsfläche sich oft bereits aus der räumlichen und ökologischen Heterogenität einer DBF und den dadurch bedingten zeitlichen Entwicklungen erklären lassen. Werden z.B. einzelne Sukzessionsquadrate einer DBF im Laufe der Zeit zunehmend durch angrenzende Bäume oder Sträucher beschattet, so wird dies zu einem Sinken des mittleren Ellenberg-Lichtwertes für die DBF führen. Ebenfalls kann etwa die lokale Ausbreitung (in einzelnen Sukzessionsquadraten) von *Calluna vulgaris* durch klonales Wachstum zu einer Verringerung des mittleren Ellenberg-Reaktionswertes der DBF führen.

#### 3.2.1 Vegetation und Standortbedingungen

##### *Vegetation*

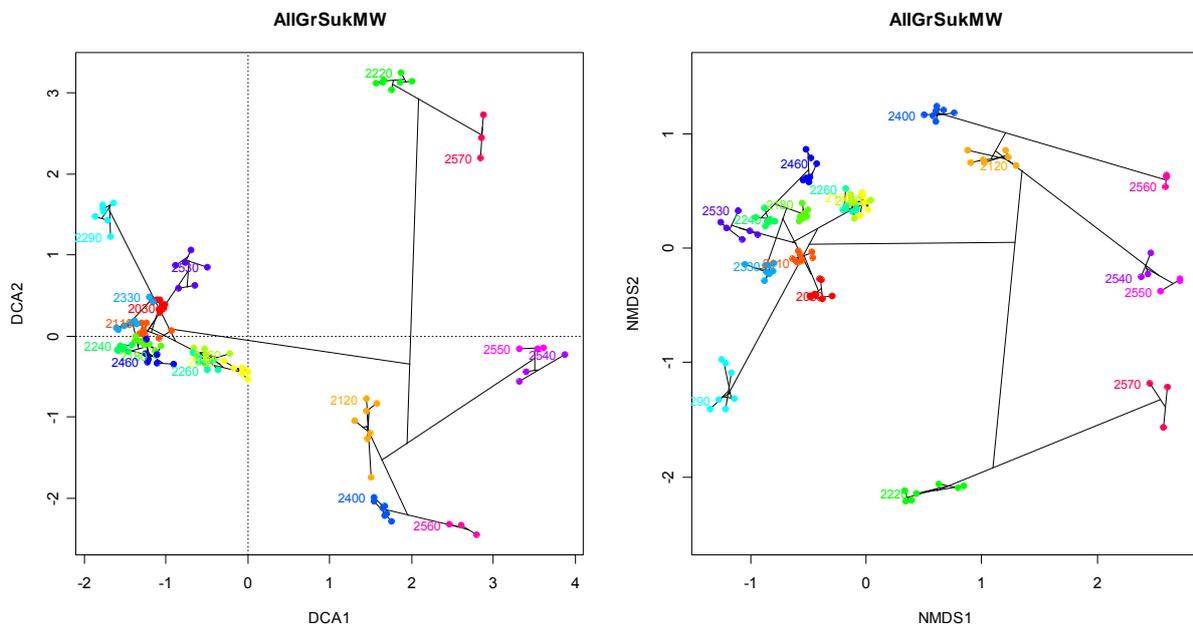
Um einen Überblick über die Vegetation der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zu erhalten, wurde der Datensatz **AllGrSukMW** (siehe Tabelle 2.6) mit Hilfe zweier Methoden zur indirekten Gradientenanalyse ordiniert (DCA = Detrended Correspondence Analysis; NMDS = Non-metric Multidimensional Scaling).

Abb. 3.19 zeigt die Ergebnisse beider Ordinationen. Die farbig unterschiedenen Punktwolken stellen die Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate der DBF aus den verschiedenen Aufnahmejahren dar. Die Größe der jeweils gleichfarbigen Punktwolken kann als Maß für die Stärke der an einer DBF stattgefundenen Vegetationsveränderungen gelten. Die im Hintergrund der Abbildung dargestellten Isolinien der mittleren, ungewichteten Ellenberg R-Werte zeigen die starke Differenzierung der Vegetation entsprechend der Bodenreaktion.

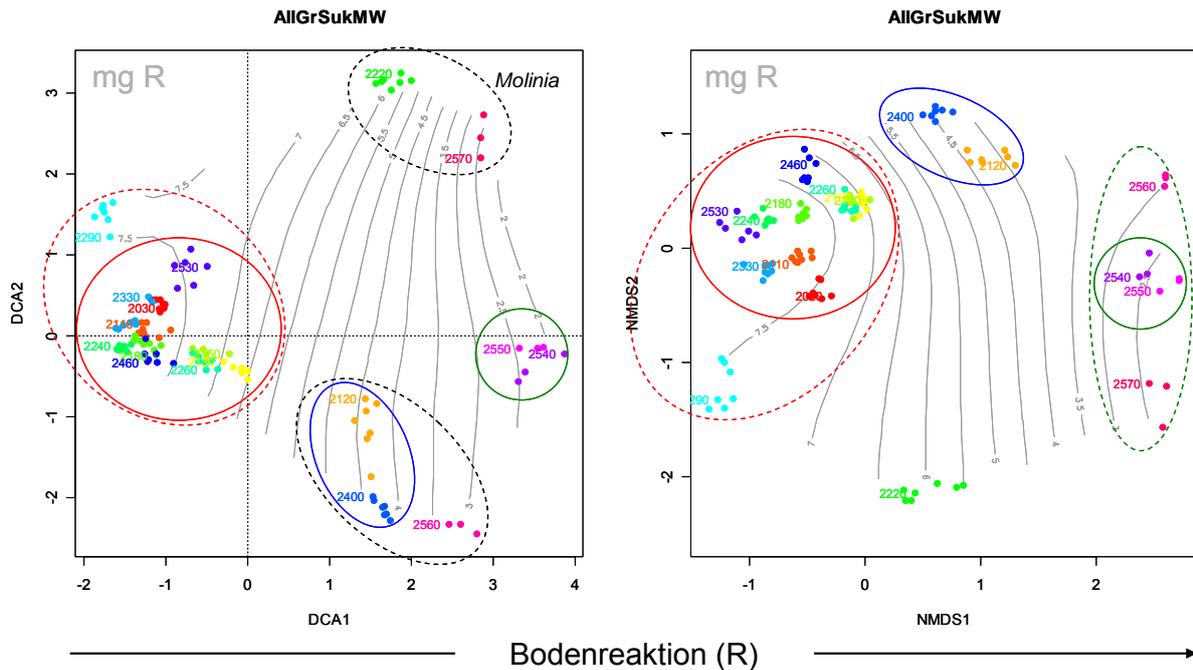


**Abbildung 3.19.** Ordination der Grünland-Vegetationsaufnahmen (Datensatz *AllGrSukMW*) mit Hilfe von DCA (= Detrended Correspondence Analysis) bzw. NMDS (= Non-metric Multidimensional Scaling). Im Hintergrund: Isolinien (grau) der mittleren ungewichteten Ellenberg R-Werte (mugR). Anmerkung: Die Ordination mit Hilfe des NMDS ist im Vergleich zur Ordination mit Hilfe der DCA an der 2. Achse gespiegelt. Dies liegt an der Methode und hat keine ökologische Bedeutung.

In Abb. 3.20 wurde über die Ordinationen der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen eine hierarchische Clusterung gelegt (distance: Bray-Curtis, linkage: complete), um das Maß der floristischen Ähnlichkeit zwischen den Flächen zu betonen.



**Abbildung 3.20.** Ordination der Grünland-Vegetationsaufnahmen mit Hilfe von DCA (Detrended Correspondence Analysis) bzw. NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) entsprechend Abb. 3.3. Gruppenbildung mit Hilfe einer hierarchischen Clusteranalyse (distance: bray-curtis, linkage: complete).



**Abbildung 3.21.** Ordination der Grünland-Vegetationsaufnahmen mit Hilfe von DCA (Detrended Correspondence Analysis) bzw. NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling). Mögliche Gruppenbildung.

Abb. 3.21 zeigt mögliche Gruppierungen der Vegetationszusammensetzung der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen. Folgende Gruppen kann man aus beiden Ordinationen und der Clusteranalyse ableiten:

- Gruppe 1: DBF 2540 und 2550 (grüner Kreis)
- Gruppe 2: DBF 2400 und 2120 (blauer Kreis)
- Gruppe 3: DBF 2030, 2110, 2130, 2150, 2180, 2240, 2260, 2330, 2460 und 2530 (roter Kreis) dieser Gruppe steht DBF 2290 nahe.

Die DBF 2560 und 2570 stehen mit NMDS nahe der Gruppe 1 (Gruppe 1 i.w.S., grüner gestrichelter Kreis), werden aber von der DCA näher an Gruppe 2 (2560) bzw. an DBF 2220 (2570) gestellt. Die beiden letzteren Flächen zeichnen sich durch die Dominanz von *Molinia caerulea* aus.

Gruppe 1 (i.w.S.) enthält alle Aufnahmen auf bodensauren Standorten (Borstgrasrasen). Gruppe 3 (i.w.S., mit 2290) enthält alle Aufnahmen auf basen-/kalkreichen Standorten (Kalk-Halbtrockenrasen). Die DBF 2290 Kaiserberg (ehemaliger Weinberg, ehemals z.T. mit Bäumen bestanden) zeigt eine deutliche Abweichung von den anderen Halbtrockenrasen. Bei Gruppe 2 handelt es sich um Borstgrasrasen auf mäßig-sauren Standorten.

Auffallend sind die DBF 2220 (Kappelberg) und 2570 (Rauhe Wiese). Beide werden von *Molinia caerulea* (Pfeifengras) dominiert. Während es sich bei der Rauhen Wiese um eine bodensaure Streuwiese (z.T. mit Torfmoosen) auf der Ostalb handelt (Naturraum 96: Albbuch & Härtsfeld), handelt es sich am Kappelberg um einen Pfeifengrasbestand mit Arten der Magerrasen (Naturraum 107: Schurwald & Welzheimerwald).



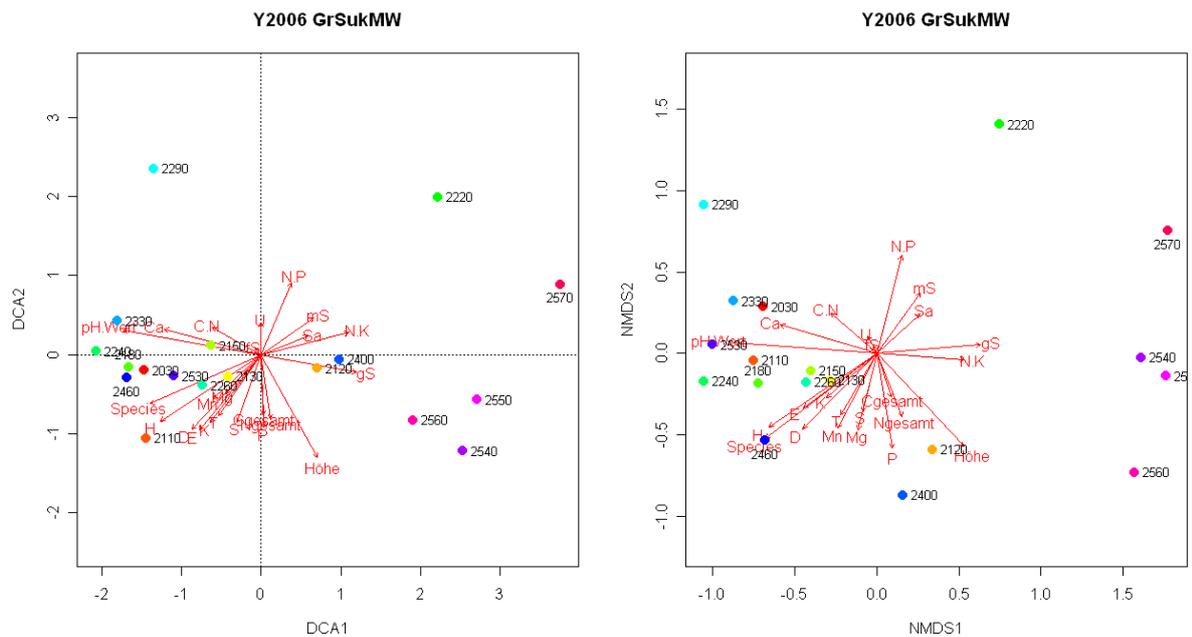
### *Standortbedingungen*

Von Benter et al. (2006) wurden in den Jahren 2004/2005 an den Grünland-DBF physikalische und chemische Bodenanalysen durchgeführt. Diese konkreten Messwerte sollen an dieser Stelle mit der vorhandenen Vegetation in Verbindung gebracht werden. Hierzu wurde aus dem Datensatz AllGrSukMW die Daten aus dem Jahre 2006 extrahiert und ein neuer Datensatz Y2006GrSukMW erstellt. Diese Vegetationsaufnahmen wurden mit Hilfe von DCA und NMDS ordiniert und die vorhandenen Bodenmesswerte mit den Achsen der Ordinationen korreliert. Durch dieses Verfahren sollten die standortbestimmenden Bodenparameter auf der Grundlage der vorhandenen Bodendaten bestimmt werden. Mit in die Analyse einbezogen wurden zudem die Diversitätsparameter Artenzahl, Evenness, Shannon-Index und Simpson-Index.

Bezogen auf die Bodenparameter zeigt sich, dass vor allem Kalzium-Gehalt, pH-Wert, Grobsandanteil, Meereshöhe und N:P-Verhältniss wichtige Faktoren der Vegetationsdifferenzierung sind ( $r^2 > 0.4$ ). Alle genannten Faktoren haben einen signifikanten Einfluß auf die Vegetation ( $p > 0.05$ , bei 1000 Permutationen). Die Faktoren Kalziumgehalt, pH-Wert und Grobsandanteil, sowie die Faktoren Meereshöhe und N:P-Verhältniss sind jeweils miteinander korreliert. Mit steigendem pH-Wert nimmt der Kalzium-Gehalt zu, mit steigendem Grobsandanteil nimmt der pH-Wert ab; mit steigender Meereshöhe nimmt das N:P-Verhältnis ab.

Alle Diversitätsparameter zeigen signifikante Korrelationen mit der Vegetationsdifferenzierung und bestätigen den starken Gradienten in den Artenzahlen zwischen Standorten mit niedrigem pH-Wert und Standorten mit hohem pH-Wert.

Die Analyse zeigt somit, dass die Vegetationsökologischen Merkmale der DBFs insgesamt stark von den Standortfaktoren geprägt werden und sich mögliche anthropogene Depositionen oder Klimaänderungen nur im Rahmen dieses bestehenden Wirkungsgefüges auswirken können.



Faktor	DCA1	DCA2	r2	Faktor	NMDS1	NMDS2	r2	Erläuterung
Species	-9.1338e-01	-4.0710e-01	<b>0.6933</b>	Species	-0.794663	-0.607051	<b>0.8446</b>	Artenzahl
E	-6.3323e-01	-7.7397e-01	<b>0.4446</b>	E	-0.802328	-0.596884	<b>0.3590</b>	Eveness
H	-8.3180e-01	-5.5508e-01	<b>0.6791</b>	H	-0.824596	-0.565722	<b>0.7301</b>	Shannon-Index
D	-6.8077e-01	-7.3250e-01	<b>0.4882</b>	D	-0.699289	-0.714839	<b>0.4820</b>	Simpson-Index
gS	9.8272e-01	-1.8509e-01	<b>0.4364</b>	gS	0.996017	0.089168	<b>0.4624</b>	grober Sand
mS	8.1525e-01	5.7911e-01	0.1891	mS	0.577878	0.816123	0.2394	mittlerer Sand
fS	-6.9260e-01	7.2132e-01	0.0039	fS	-0.374137	0.927374	0.0035	feiner Sand
Sa	9.2734e-01	3.7421e-01	0.1161	Sa	0.731354	0.681998	0.1470	Sand
U	-4.3195e-05	1.0000e+00	0.0473	U	-0.461719	0.887026	0.0178	Schluff
T	-5.6695e-01	-8.2375e-01	0.2630	T	-0.507419	-0.861700	0.2189	Ton
Cgesamt	3.2978e-02	-9.9946e-01	0.1720	Cgesamt	0.307141	-0.951664	0.0899	Kohlenstoff
Ngesamt	1.4709e-01	-9.8912e-01	0.1989	Ngesamt	0.368953	-0.929448	0.2004	Stickstoff
Ca	<b>-9.6672e-01</b>	<b>2.5583e-01</b>	<b>0.4693</b>	Ca	<b>-0.957899</b>	<b>0.287107</b>	<b>0.4345</b>	Calcium
K	-5.9601e-01	-8.0297e-01	0.3389	K	-0.749758	-0.661712	0.1931	Kalium
Mg	-6.6771e-01	-7.4442e-01	0.1306	Mg	-0.234521	-0.972111	0.2686	Magnesium
Mn	-7.3342e-01	-6.7978e-01	0.2001	Mn	-0.467205	-0.884149	0.3071	Mangan
P	2.9551e-02	-9.9956e-01	0.2504	P	0.157665	-0.987493	0.3983	Phosphor
S	-3.3107e-01	-9.4361e-01	0.2433	S	-0.237341	-0.971426	0.1552	Schwefel
pH.Wert	<b>-9.8426e-01</b>	<b>1.7673e-01</b>	<b>0.9121</b>	pH.Wert	<b>-0.997269</b>	<b>0.073857</b>	<b>0.8868</b>	pH-Wert
Höhe	<b>4.7806e-01</b>	<b>-8.7833e-01</b>	<b>0.6437</b>	Höhe	<b>0.679886</b>	<b>-0.733318</b>	<b>0.6957</b>	Höhe m üNN
C.N	-8.7602e-01	4.8227e-01	0.1464	C.N	-0.749338	0.662188	0.1630	C:N-Verhältnis
N.P	<b>3.8212e-01</b>	<b>9.2411e-01</b>	<b>0.2826</b>	N.P	<b>0.241562</b>	<b>0.970385</b>	<b>0.4429</b>	N:P-Verhältnis
N.K	9.6874e-01	2.4809e-01	0.3765	N.K	0.997451	-0.071353	0.3264	N:K-Verhältnis

r2 > 0.5                      r2 > 0.4

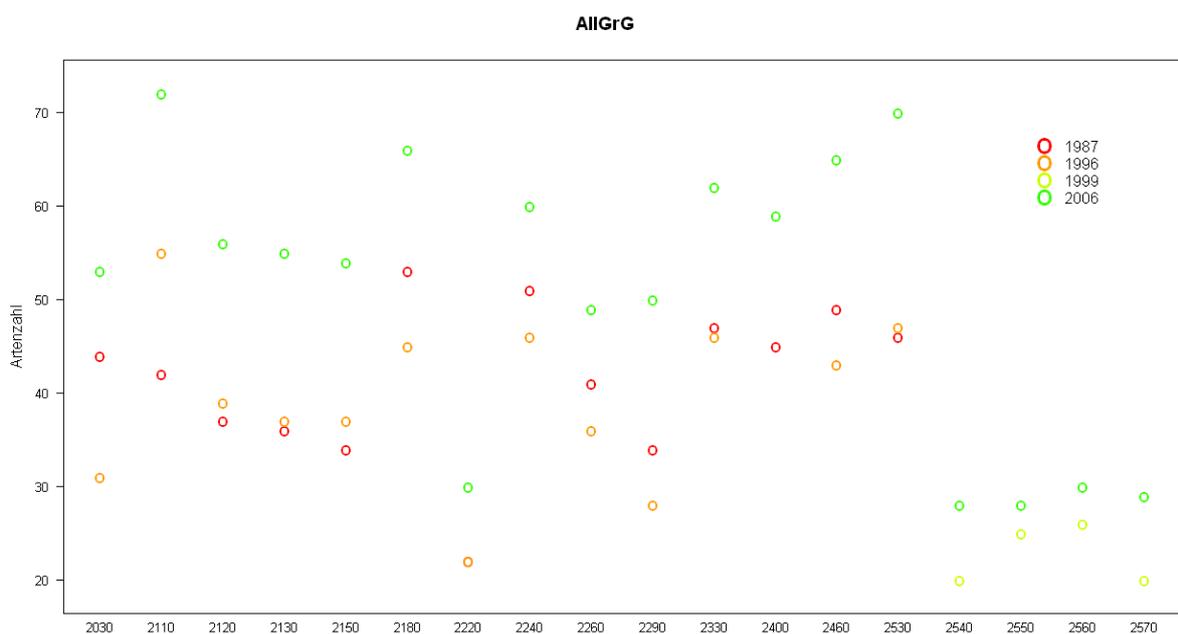
**Abbildung 3.23.** Ordination von Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen aus dem Jahr 2006 (Datensatz *Y2006GrSukMW*) mit Hilfe von DCA (Detrended Correspondence Analysis) bzw. NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling). Rote Pfeile und Tabelle: Korrelation der Hauptordinationsachsen (DCA1, DCA2 bzw. NMDS1, NMDS2) mit den 2004/2005 von Benter et al. (2006) an den Standorten der Grünland-DBF gemessenen Boden- / Standortparametern.

### 3.2.2 Arteninventar und Artenzahlen

#### *Gesamtartenzahl und Artenzahl der Gesamtflächen*

Insgesamt wurden in den Vegetationsaufnahmen der Braun-Blanquet-Aufnahmen und Sukzessionsquadrate auf den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen 360 Taxa (293 Gefäßpflanzen, 61 Moose, 6 Flechten) nachgewiesen (siehe Anhang 1: Gesamtartenliste).

Die Anzahl an Taxa in den einzelnen Grünland-Datensätzen kann den Tabellen 2.5 bis 2.6 entnommen werden (*AllGrG*: 299, *AllGrSuk*: 337, *AllGrSukMW*: 345). Die Datensätze unterscheiden sich in der Bearbeitungsintensität und der Größe der untersuchten Flächen.



**Abbildung 3.24.** Artenzahlen der Gesamtaufnahmen (BrBI) der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in verschiedenen Aufnahmejahren.

Abb. 3.24 zeigt die Artenzahlen der Gesamtaufnahmen (BrBI) der Grünland-DBF in verschiedenen Jahren. Die Artenzahlen der Gesamtaufnahmen liegen zwischen 20 (DBF 2540 im Jahr 1999) und mehr als 70 (DBF 2110 und 2530 im Jahr 2006). Geringe Artenzahlen haben die DBF 2220, 2540, 2550, 2560 und 2570.

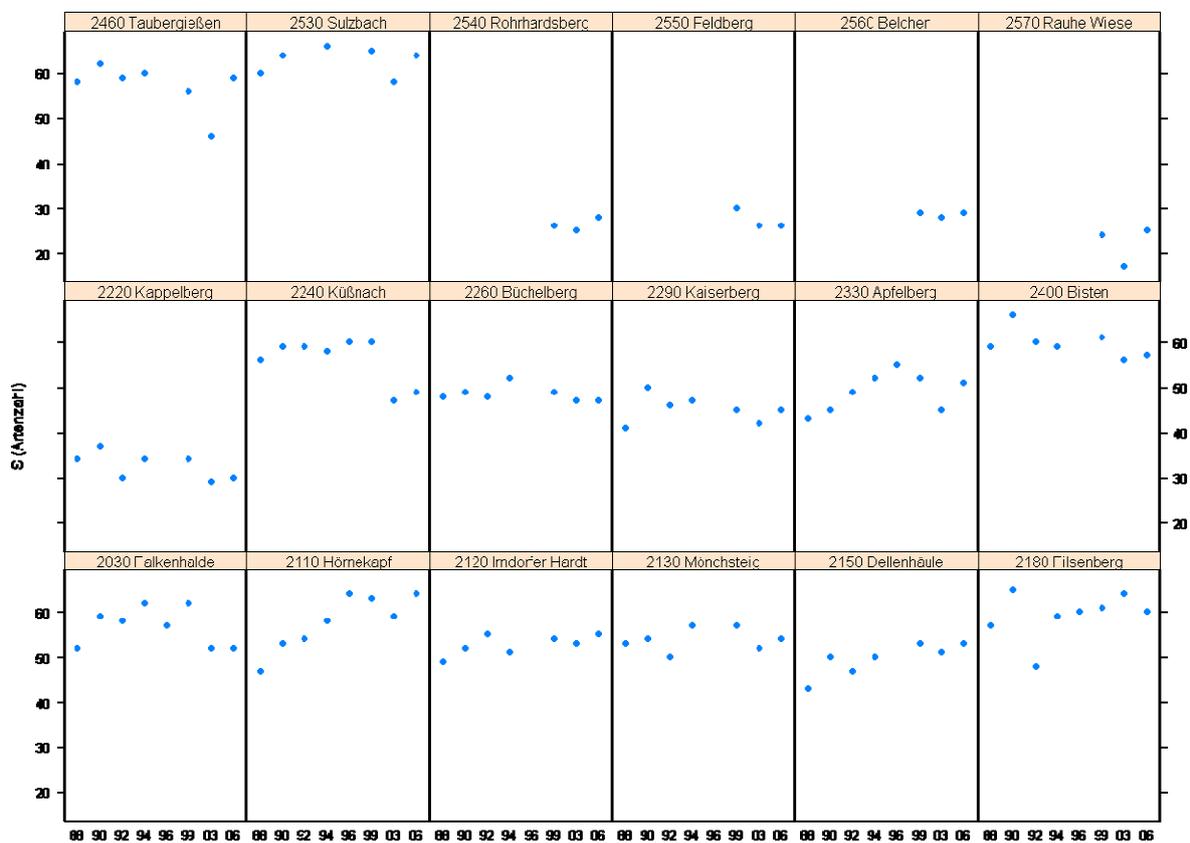
Die auffallende Zunahme der Artenzahl aller DBF im Jahr 2006 hat vermutlich methodische Ursachen. Während in den Gesamtaufnahmen bis 1999 nicht alle Arten aus den Sukzessionsquadraten enthalten sind, sind im Jahr 2006 alle Arten der Sukzessionsquadrate auch in den Gesamtaufnahmen vorhanden. Ursache dieser Unterschiede ist u.a. die Tatsache, dass die Gesamtaufnahmen im Jahr 1987 lediglich mit der Zielsetzung gemacht wurden, potentielle Standorte für die DBF auszuwählen. Auf Vollständigkeit der Aufnahmen wurde aus Zeitgründen jedoch nicht so sehr geachtet (email von Frau Baumann, vom 7. Mai 2008). Warum auch das Arteninventar der Aufnahmen aus dem Jahr 1996 unvollständig ist (zahlreiche Arten der Sukzessionsflächen fehlen), konnte nicht abschließend geklärt werden.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Bearbeitungsintensität sind die Gesamtaufnahmen der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen aus verschiedenen Jahren kaum miteinander vergleichbar. Sie sollen deshalb in diesem Bericht nicht zur Beurteilung der Vegetationsentwicklung herangezogen werden.

Die Tabelle A2.1 (im Anhang 2) gibt einen Überblick über die Anzahl der Arten (Taxa) in den Grünland-Aufnahmen (BrBI und Sukzessionsquadrate) in den verschiedenen Aufnahmejahren.

### Artenzahlen der Sukzessionsquadrate

Im Gegensatz zu den Gesamtaufnahmen einer DBF (nach BrBI) wurden die Sukzessionsquadrate in der Regel intensiver bearbeitet und ihr Arteninventar vollständiger erfasst. Die gleichbleibende Fläche, Methode und Bearbeitungsintensität erlaubt einen direkten Vergleich der Artenzahlen in verschiedenen Aufnahmejahren.



**Abbildung 3.25.** Veränderung der Gesamtartenzahl aller Sukzessionsflächen (n = 10, Kappelberg: n = 6) einer Grünland-DBF im Laufe der Zeit.

Auch hier (siehe Abb. 3.25) sind die Artenzahlen der DBF 2220, 2540, 2550, 2560 und 2570 am geringsten. Die geringe Artenzahl der DBF 2220 Kappelberg ist z.T. mit der im Vergleich zu den anderen DBF geringeren Größe der untersuchten Fläche (nur 6 Sukzessionsquadrate) zu erklären.

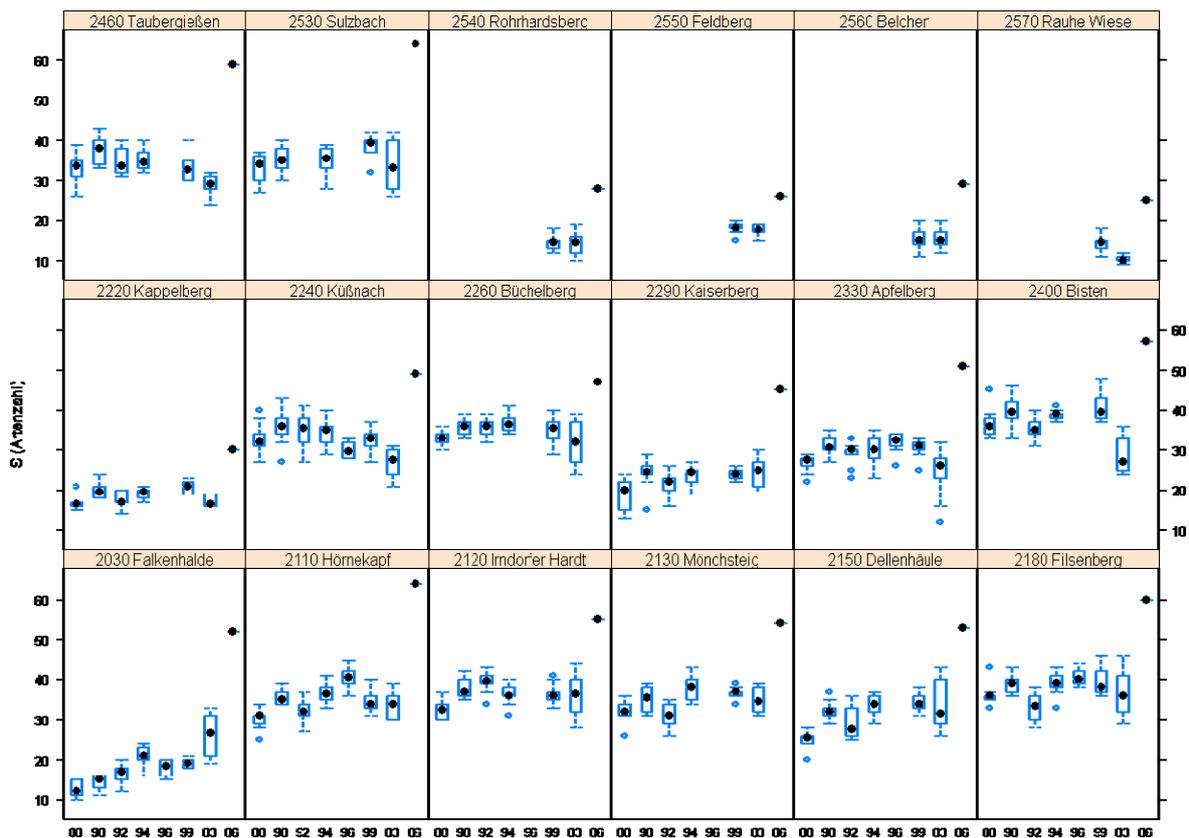
Auffallend ist in vielen DBF's der Rückgang der Artenzahl von 1999 nach 2003. Die meisten Flächen hatten sich 2006 aber wieder von diesem Artenrückgang erholt.

Dies gilt nicht für die DBF 2030, 2240 und 2400. Wenige Flächen zeigen einen allgemeinen Trend der Artenzunahme (z.B. 2110, 2150, 2330 (bis 1996)), keine Fläche zeigt einen allgemeinen Trend der Artenabnahme.

Ursache für eine Artenzunahme kann die tatsächliche Erhöhung der Diversität, z.B. durch Pflegemaßnahmen, aber auch eine zunehmend bessere Untersuchung des Arteninventars der Flächen (Mehrfachaufnahme der gleichen Fläche) sein.

Abb. 3.26 zeigt die Artenzahlen der Sukzessionsquadrate einer DBF (jeweils 1 m<sup>2</sup>) für die verschiedenen Aufnahmejahre als Box-Plot. Betrachtet man die Artenzahlen der Sukzessionsquadrate einer DBF lässt sich bei DBF 2030 ein klarer Anstieg der Artenzahlen pro Sukzessionsfläche beobachten. Weniger deutlich ist diese Tendenz bei den DBF 2110 (bis 1996), 2150 und 2290. Tendenziell abnehmende Artenzahlen der Sukzessionsquadrate zeigen sich bei DBF 2240 und 2460.

Auffallend sind auch die oft niedrigeren Artenzahlen im Jahr 2003 und die stärkeren Schwankungen zwischen den einzelnen Sukzessionsquadraten in diesem Jahr. Lediglich bei der DBF 2030 konnten im Jahr 2003 deutlich mehr Arten pro Sukzessionsquadrat nachgewiesen werden als in den Jahren zuvor.



**Abbildung 3.26.** Veränderung der Artenzahlen der Sukzessionsquadrate der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot über alle Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegen nur die Gesamtartenzahlen aller 10 Sukzessionsquadrate vor (Werte daher nicht vergleichbar).

### 3.2.3 Diversität

Die Pflanzengesellschaften des Grünlandes gehören zu den Vegetationstypen besonders hoher botanischer Diversität; sie bilden geradezu Hotspots der botanischen Diversität in Mitteleuropa. Grünlandgesellschaften können durchaus auf wenigen Quadratmetern (15-30 m<sup>2</sup>) bis über 70 Arten aufweisen (Dierschke 2007, Dierschke in Schumacher & Busenkell 2008). Wälder erreichen meist nichteinmal die Hälfte solcher Werte.

Teilweise lässt sich eine Korrelation zwischen Nutzungs- bzw. Pflegeintensität und der Artenzahl erkennen. So sind die ungedüngt-spätgemähten, nur extensiv genutzten Wiesen besonders artenreich, ebenfalls manche Magerrasen und fast alle Bergwiesen. Dies sind zum großen Teil auch die stärker gefährdeten Grünlandgesellschaften.

Wichtige Diversitätsmerkmale einer Pflanzengemeinschaft sind: 1. die Artenzahl, 2. die Individuenzahl jeder Art, 3. der Raum, der durch die Individuen einer Art eingenommen wird und 4. der Raum, der durch das Individuum selbst eingenommen wird.

Zur Beschreibung der Diversität der einzelnen Sukzessionsquadrate werden folgende Parameter herangezogen:

S Species richness (Artenreichtum einer Untersuchungseinheit)  
(siehe Kap. 3.2.2)

Sum Die Summe der Deckungen aller in der Untersuchungseinheit vorhandenen Arten (spiegelt die Schichtung innerhalb der Pflanzengemeinschaft wieder).

H' Shannon Index (Diversitätsindex) (= Ungewissheit, eine bestimmte Art bei zufälliger Probenahme aufzufinden, der Index wird 0, wenn nur eine Art vorhanden ist).

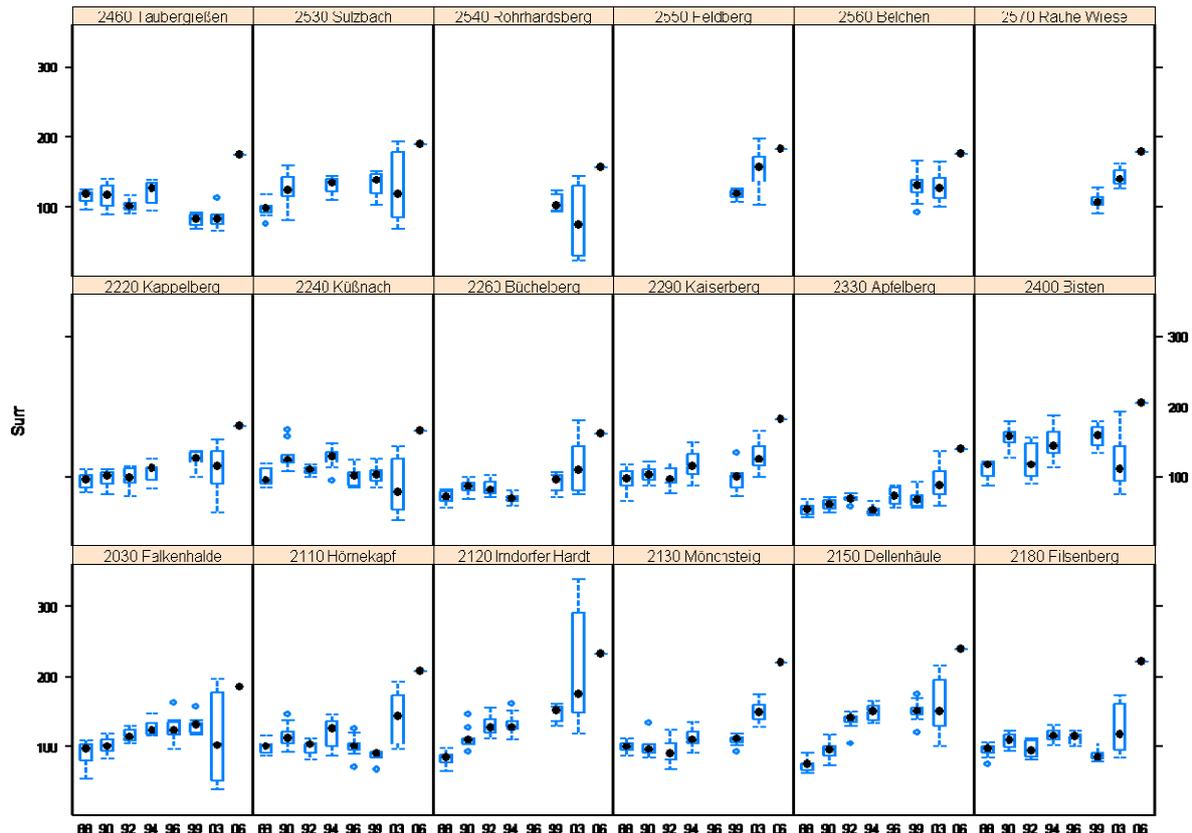
$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

E Evenness (E = H' / ln(S)) (= Parameter für die Ausgeglichenheit bzw. Gleichmässigkeit zwischen den Mengenanteilen der Arten)

D Simpson's Index (Diversitätsindex) (= Wahrscheinlichkeit dafür, dass zwei zufällig ausgewählte Individuen zu verschiedenen Arten gehören)

Die Erhaltung bzw. Erhöhung der Diversität stellt ein zentrales Ziel des Schutzes und der Pflege von Grünland-Gesellschaften dar (BMU 2007, Schumacher & Busenkell 2008).



**Abbildung 3.27.** Veränderung der Gesamtdeckung der Sukzessionsquadrate (Summen der Deckungen aller Arten eines Plots) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot über alle Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegen nur die Deckungen aller Arten in allen 10 Sukzessionsquadraten vor. Die Werte vor 2006 und von 2006 sind auf Grund der unterschiedlichen Größe und der hierdurch bedingten höheren Gesamtartenzahl der Aufnahmefläche nicht vergleichbar.

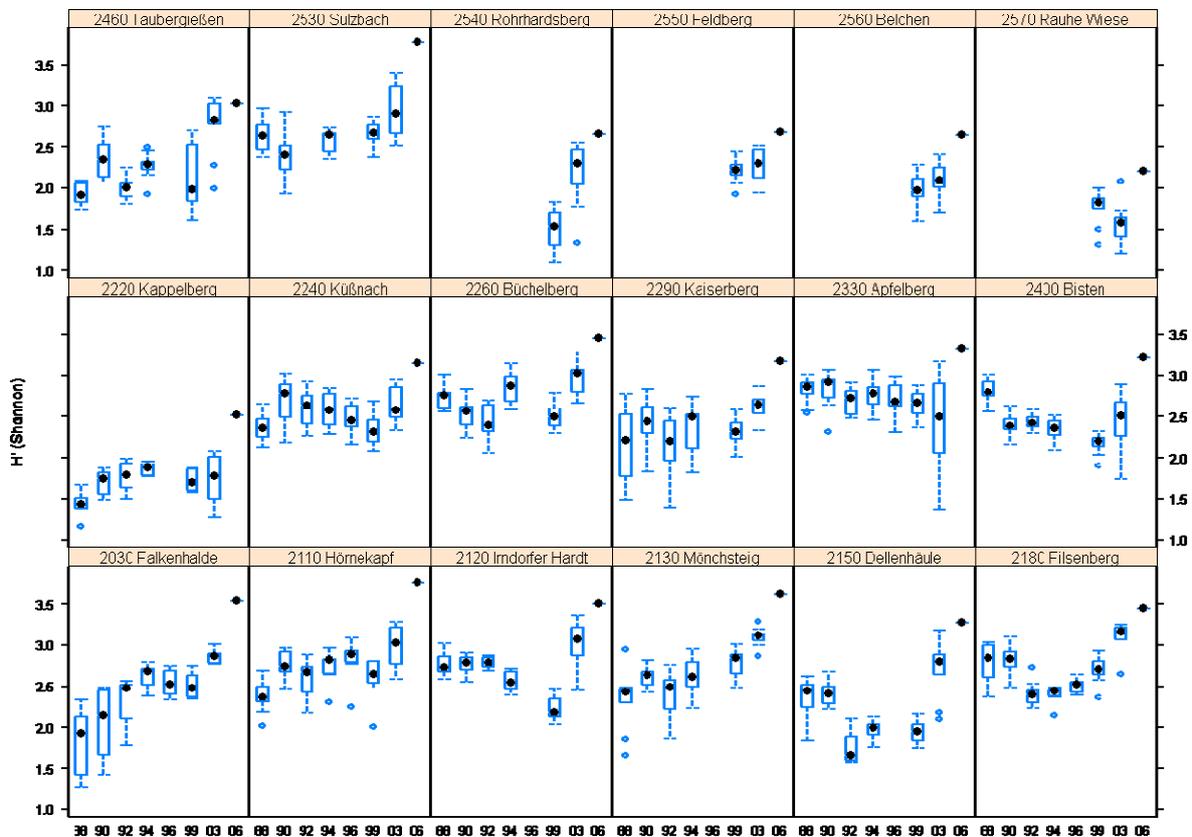
Abb. 3.27 zeigt die Summe der Deckungen aller Arten eines Sukzessionsquadrates dargestellt als Box-Plot aller Sukzessionsquadrate einer DBF für die verschiedenen Aufnahmejahre. Die Werte von vor 2006 und von 2006 sind auf Grund der verschiedenen Flächengröße und der hierdurch bedingten höheren Gesamtartenzahl der Aufnahmefläche nicht vergleichbar.

Im Jahr 2003 gibt es zwei Auffälligkeiten: 1. Die Schwankungen zwischen den Gesamtdeckungswerten der einzelnen Sukzessionsquadrate nehmen extrem zu; 2. Die Gesamtdeckungswerte liegen oft deutlich höher als in den Jahren zuvor.

Während die Zunahme der Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten zumindest z.T. durch die extreme Trockenheit im Jahr 2003 erklärt werden kann, ist die deutliche Zunahme der Deckungswerte bei einigen Flächen vermutlich eher auf einen Bearbeiterwechsel zurückzuführen.

Klammert man die Jahre 2003 und 2006 aus, so zeigt sich bei einigen DBF (z.B. 2030, 2120, 2150, 2260) eine Tendenz zur Zunahme der Gesamtdeckung. Diese Zunahme der Gesamtdeckung ist in der Regel durch die Zunahme der Artenzahlen zu begründen. Die Zunahme der Artenzahl kann auch zur Ausprägung mehrerer Vegetationsschichten beitragen (kleinwüchsige bzw. großwüchsige Arten, räumliche Nischen). Lediglich bei DBF 2460 ist ein Rückgang der Gesamtdeckung zu

beobachten. Dies steht im Einklang mit den zurückgehenden Artenzahlen dieser DBF.



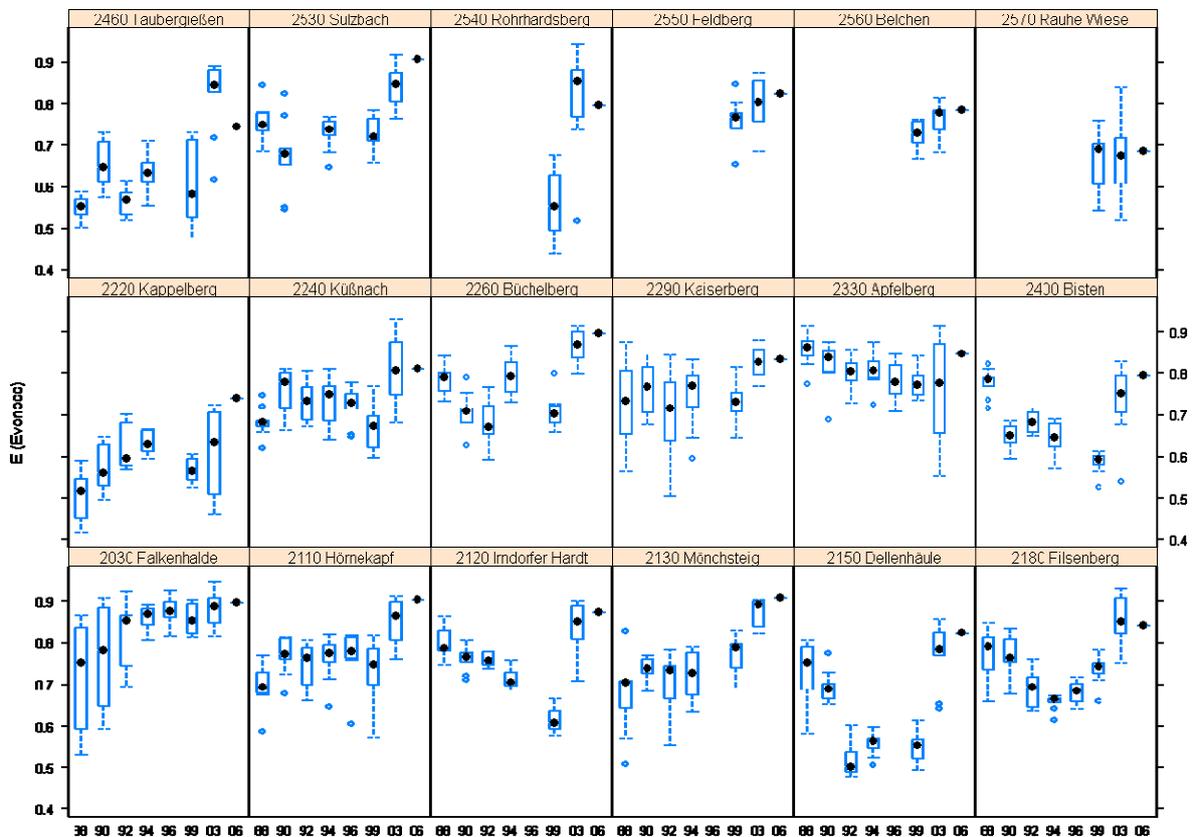
**Abbildung 3.28.** Veränderung des Shannon Index der Sukzessionsquadrate der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot über alle Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Die Werte vor 2006 sind auf Grund der unterschiedlichen Größe der Aufnahmefläche nicht vergleichbar.

Wie oben bereits dargelegt, hat der Shannon Index (Abb. 3.28) mit der „Ungewissheit“ zutun, eine bestimmte Art bei zufälliger Probenahme aufzufinden. Der Index wird 0, wenn nur eine Art vorhanden ist. Der Shannon Index ist Abhängig von der vorhandenen Artenzahl und deshalb nach oben offen. Aus diesem Grund ist er nur bedingt geeignet, um Gesellschaften mit unterschiedlichen Artenzahlen (Borstgrasrasen und Halbtrockenrasen) direkt miteinander zu vergleichen. Aus dem gleichen Grund sollten auch unterschiedlich große Untersuchungsflächen nicht verglichen werden. Das Jahr 2006 sollte deshalb auch nicht mit den Jahren vorher verglichen werden.

Trotz methodischer Probleme, sind folgende Tendenzen festzustellen. Bei den DBF 2030, 2120, 2130, 2220, 2460 und 2530 ist eine Zunahme der Diversität zu erkennen, während bei DBF 2120 (bis 1999), 2330 und 2400 (bis 1999) eher das Gegenteil der Fall ist.

Gründe hierfür sind vor allem in der unterschiedlichen Nutzung bzw. Pflege auf den verschiedenen DBF zu suchen. Generell dürfte die Aushagerung der Standorte zu einer Erhöhung der Diversität führen. Auch extreme (mikro-)klimatische Verhältnisse

können sich dahingehend äußern, wenn z.B. durch Störungen neue Mikrohabitate entstehen, die von daran angepassten Arten besiedelt werden können.



**Abbildung 3.29.** Veränderung der Evenness (Gleichverteilung der Arten) der Sukzessionsquadrate der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot über alle Sukzessionsquadrate (n = 10, Kappelberg: n = 6) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Die Werte vor 2006 und von 2006 sind auf Grund der unterschiedlichen Größe und der hierdurch bedingten höheren Gesamtartenzahl der Aufnahmefläche nicht vergleichbar.

Die Evenness (Abb. 3.29) ist ein Teilaspekt der Diversität eines Bestandes und beschreibt die „Gleichverteilung von Arten“. Besteht z.B. ein Bestand aus 2 Arten, so kann eine der Arten über die andere Art dominieren, oder aber beide Arten gleich häufig sein. Der Bestand in dem beide Arten gleich häufig sind, wird als diverser aufgefasst. Die Evenness eines Bestandes erreicht den Maximalwert von 1, wenn alle Arten gleich häufig sind. Die Evenness ist nicht abhängig von der Anzahl der vorhandenen Arten. Dominante Arten im Bestand lassen die Evenness sinken.

Im Gegensatz zum Shannon Index ist der Simpson Index (Abb. 3.30) nach oben begrenzt (Maximalwert 1). Der Simpson Index ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass zwei zufällig ausgewählte Individuen zu verschiedenen Arten gehören. Diese Wahrscheinlichkeit ist am höchsten, wenn die Arten im Bestand gleichverteilt sind. In diesem Sinne zeigt der Simpson Index sehr große Ähnlichkeiten mit der Evenness.

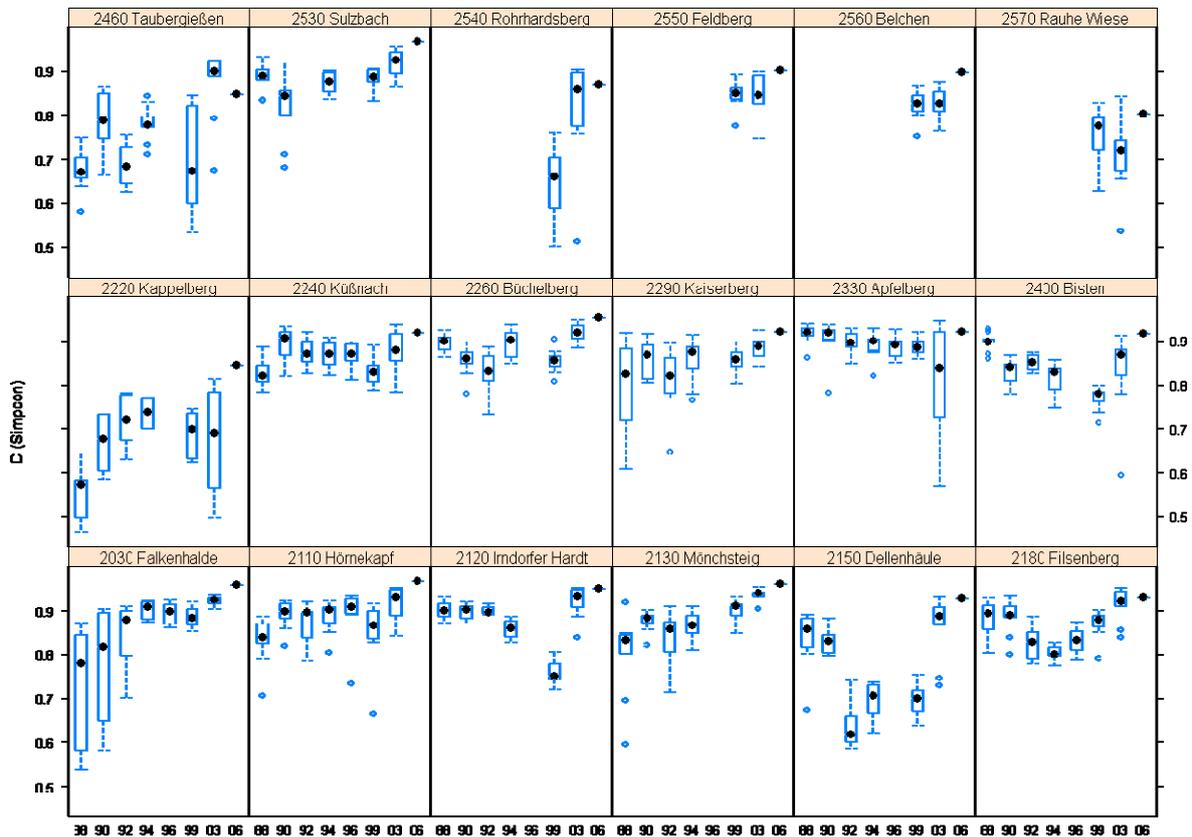
Auch bei Evenness und Simpson Index sollten die Werte von vor 2006 und von 2006 wegen der verschiedenen Aufnahmemethoden nicht verglichen werden.

Die stark zunehmenden Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten einer DBF im Jahr 2003 könnten in der klimatischen Ausnahmestituation dieses Jahres (extrem trockener Sommer) und/oder im Bearbeiterwechsel begründet sein.

Klammert man die Jahre 2003 und 2006, aus zeigen die DBF 2030, 2120 und 2130 einen klaren Anstieg der Evenness, wohingegen die Evenness in den DBF 2120, 2330 und 2400 über den gesamten Zeitraum deutlich zurückgeht.

Gründe für die bei einigen DBF zu beobachtenden auffälligen Wechsel der Evenness (z.B. DBF 2150, 2180, 2400) könnten in der Veränderung der Pflegeart oder Pflegeintensität liegen.

Im Grünland steigt die Evenness in der Regel mit zunehmender Pflegeintensität. Durch regelmäßige Mahd werden dominante, hochwüchsige Arten (Stauden) oft zurückgedrängt und kleinwüchsige, mähverträgliche Arten gefördert. Beweidung kann dagegen zu einer Bevorzugung von Weideunkräutern (z.B. *Rumex obtusifolius*) führen, was die Evenness sinken lässt. Allerdings können durch Beweidung auch Störstellen entstehen, die ihrerseits zu einer Erhöhung der Diversität führen.



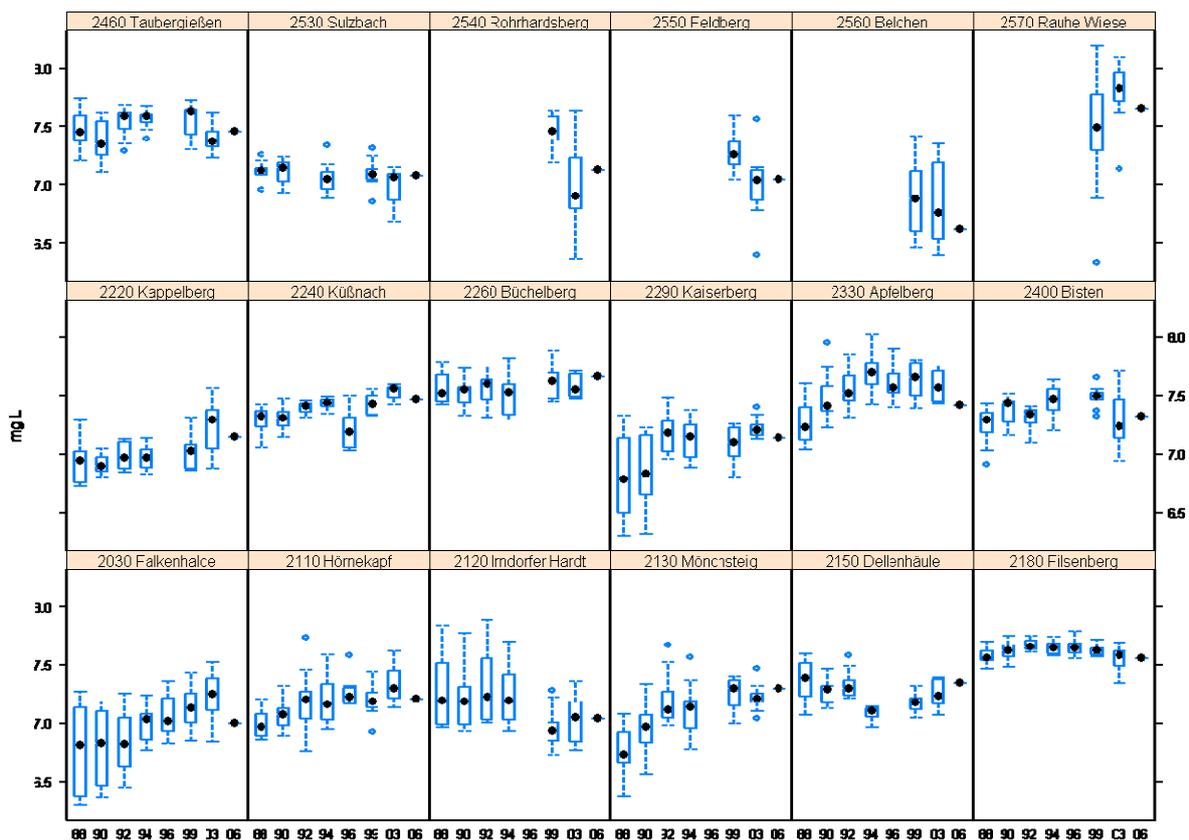
**Abbildung 3.30.** Veränderung des Simpson Index der Sukzessionsquadraten der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot über alle Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Die Werte vor 2006 und von 2006 sind auf Grund der unterschiedlichen Größe und der hierdurch bedingten höheren Gesamtartenzahl der Aufnahme fläche nicht vergleichbar.

### 3.2.4 Zeigerwerte

Die mittleren gewichteten Zeigerwerte der Sukzessionsquadrate und ihre zeitliche Veränderungen wurden bereits bei der Darstellung der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen dargestellt und erläutert. An dieser Stelle erfolgt eine Darstellung der einzelnen Zeigerwerte über alle Dauerbeobachtungsflächen hinweg. Diese Darstellung soll Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede zwischen den Dauerbeobachtungsflächen hervorheben.

#### Lichtzahl

Die mittlere gewichtete Lichtzahl (mgL) der Sukzessionsquadrate aller DBF liegt zwischen 6 (Halbschatten-/Halblichtpflanze) und 8 (Lichtpflanze). Dies entspricht mehr oder weniger stark beschatteten Grünlandstandorten. Während stark versäumte und verbuschte Grünlandstandorte eher geringere L-Werte aufweisen, nimmt der Lichtwert in der Regel mit zunehmender Nutzungs-/Pflegeintensität zu.



**Abbildung 3.31.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Lichtzahl (mgL) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

In vielen Flächen ist eine Zunahme der „mgL“-Werte zu beobachten (z.B. DBF 2030, 2110, 2130, 2220, 2240, 2290, 2330). Diese Zunahme der Lichtzahl, sowie die

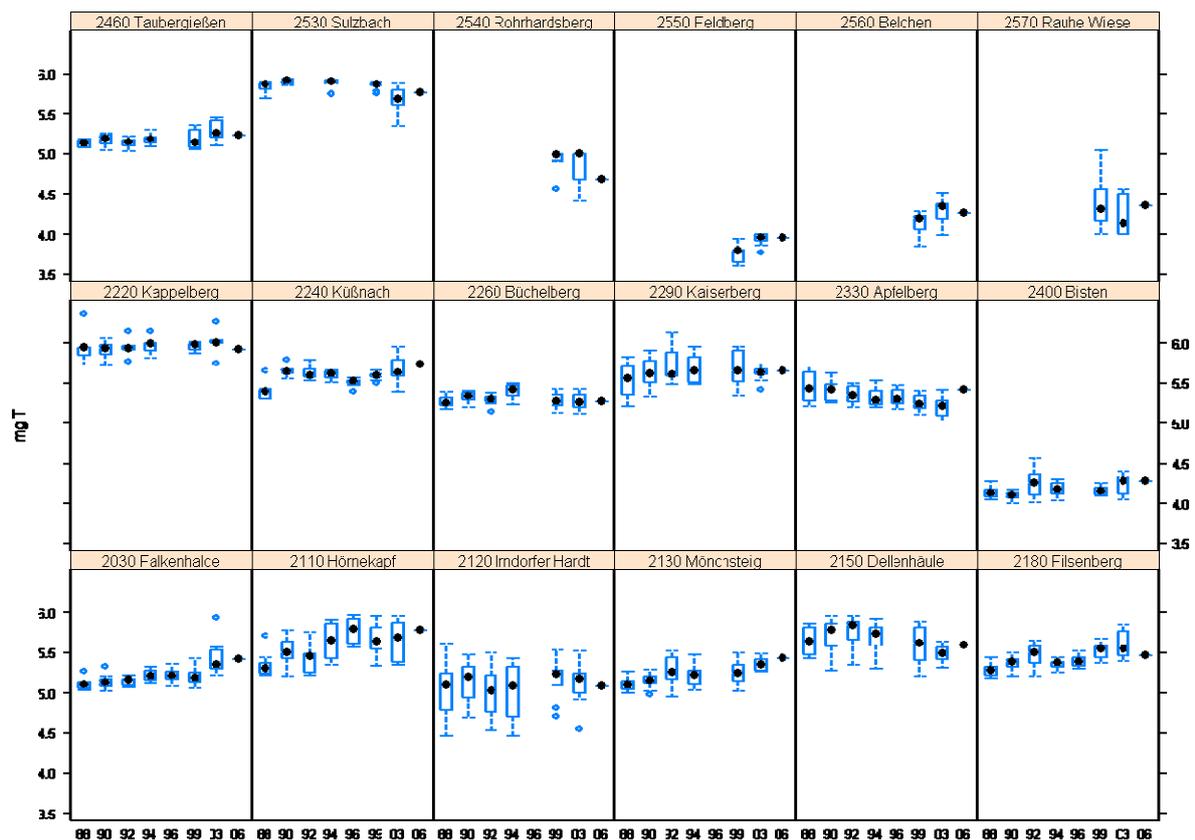
Abnahme der Schwankungen zwischen den Teilflächen, dürften auf eine intensivere Pflege von Flächen mit Versaumungs- und Verbuschungstendenzen zurück gehen.

Eine Zunahme der Lichtzahl durch Pflege bzw. Nutzung führt in der Regel auch zu einer Beeinflussung des Bestandsklimas (Temperatur, Luftfeuchte) und kann einen Einfluß auf die Bodenfeuchte besitzen.

Die starken Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnten in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem „sampling effect“.

### Temperaturzahl

Die mittlere gewichtete Temperaturzahl (mgT) der Sukzessionsquadrate liegt zwischen 3 (Kühlezeiger) und 6 (Mäßigwärmezeiger/Wärmezeiger). Sie spiegelt das untersuchte Standortspektrum von warmen (z.B. 2220, 2290, 2530) bis kühlen Standorten (z.B. 2400, 2550, 2560, 2570) wieder.



**Abbildung 3.32.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Temperaturzahl (mgT) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

Auffallende Schwankungen zwischen den einzelnen Sukzessionsquadraten zeigen sich bei den DBF 2110, 2120, 2150, 2290. Meist können diese Schwankungen mit

der Beschattung einzelner Sukzessionsquadrate durch Bäume und Sträucher, sowie mit kleinräumigen Schwankungen der Bodenfeuchte in Verbindung gebracht werden.

Die stärkeren Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnten in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein (sampling effect).

Insgesamt gibt es aber nur geringe Schwankungen zwischen den mgT-Werten der Sukzessionsquadrate einer bestimmten DBF in einem bestimmten Jahr. Auffallend sind Trends zur Zunahme der Temperaturzahl in den DBF 2030, 2110, 2130, 2180, 2460 (leicht), sowie Trends zur Abnahme in anderen DBF (z.B. 2330).

Der mittlere Ellenberg-Temperatur-Wert steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem am Standort herrschenden Klima. Es muß aber davon ausgegangen werden, dass eine enge Beziehung zwischen dem Ellenberg-Licht-Wert und dem Ellenberg-Temperatur-Wert einer Pflanze besteht. Pflanzen an offenen, sonnigen Standorten haben meist einen höheren Temperatur-Wert. Deshalb können Pflegemaßnahmen (Mahd, Beweidung) sich oft auch im mittleren Temperaturwert einer Fläche widerspiegeln, ohne dass es zu einer tatsächlichen Veränderung des lokalen Klimas gekommen ist.

Gleichwohl ist es denkbar, dass mehrere trocken-heiße Sommer in Folge zu einer geringeren Vitalität der bestandsbildenden Arten führen und sich in den neu entstandenen Nischen (offenen Stellen) an Trockenheit und Wärme angepasste Arten ansiedeln.

### *Kontinentalitätszahl*

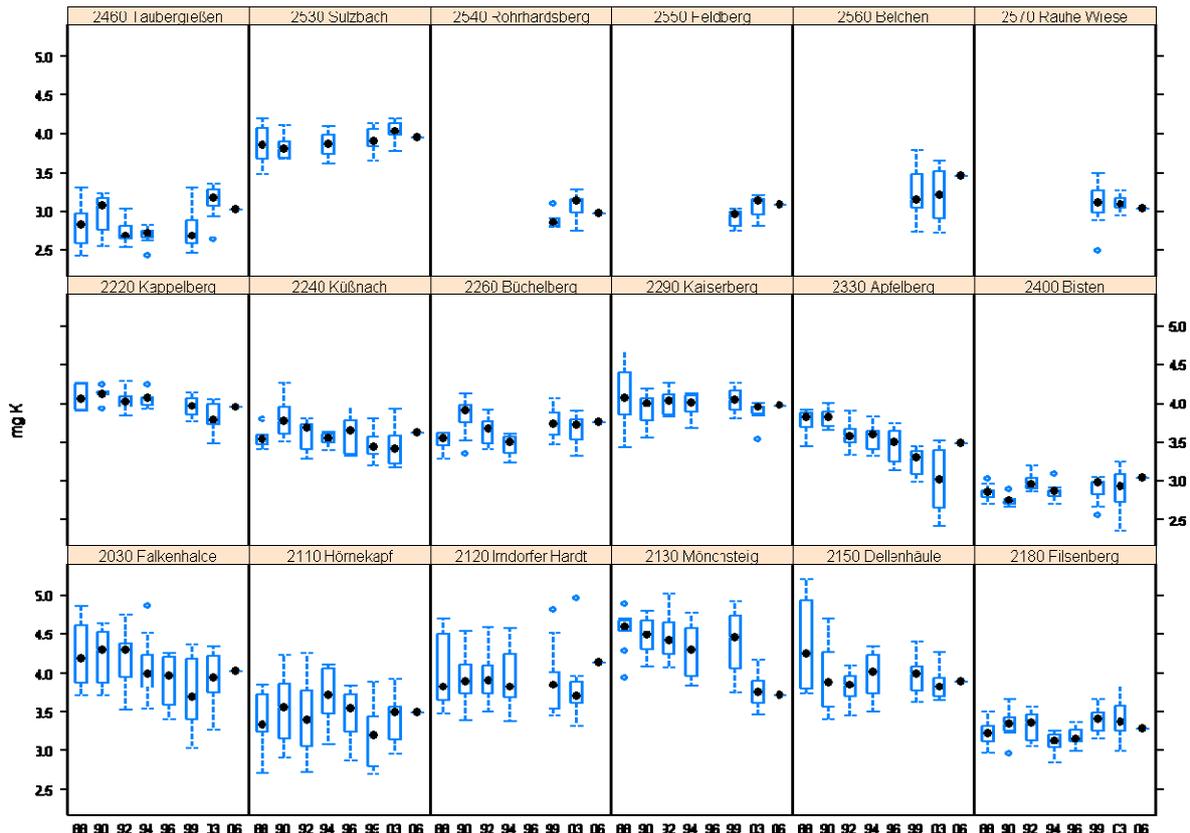
Die mittlere gewichtete Kontinentalitätszahl (mgK) der Sukzessionsquadrate liegt zwischen 2 (ozeanisch) und 5 (subozeanisch/subkontinental).

Verglichen mit den Temperaturwerten gibt es auffallend starke Schwankungen zwischen den mittleren gewichteten Ellenberg-Kontinentalitäts-Werten einer DBF aus einem bestimmten Jahr.

Einige DBF zeigen einen offensichtlichen Trend zur Abnahme der Kontinentalitätszahl (z.B. 2030, 2130, 2330), wohingegen ein auffallender Trend zur Zunahme an keiner DBF beobachtet werden kann.

An einigen Standorten zeigen sich in der Verringerung der Amplitude der Kontinentalitätswerte die Erfolge von Pflegemaßnahmen und eine Nivellierung der mikroklimatischen Bedingungen (z.B. Entfernung von Gehölzen am Kaiserberg). An anderen Standorten, wie etwa am Apfelberg nimmt die Amplitude zu.

Prinzipiell könnte die Abnahme der Kontinentalitätszahl auch Folge der zunehmend milderen Winter sein, so daß Arten mit einer ozeanischen Verbreitung gefördert wurden.



**Abbildung 3.33.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Kontinentalitätszahl (mgK) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

Die stärkeren Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnten in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein (sampling effect).

### *(Boden-) Feuchtezahl*

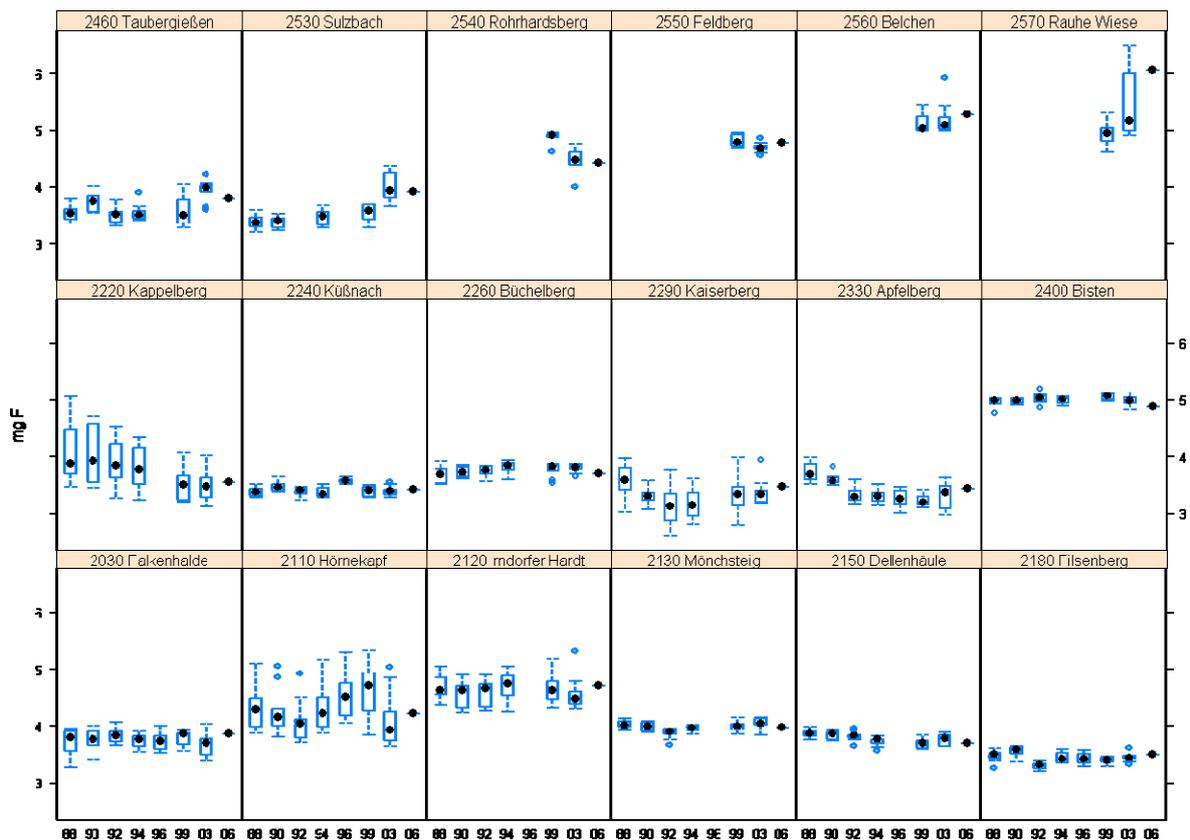
Die mittlere gewichtete Feuchtezahl (mgF) der Sukzessionsquadrate liegt entsprechend der variablen Standortbedingungen zwischen 3 (Trockniszeiger) und 6 (Frische- bis Feuchtezeiger).

Feuchtezahlen von  $\geq 5$  finden sich an den DBF 2400, 2540 bis 2570. Feuchtezahlen zwischen 4 und 5 haben die DBF 2110, 2120, 2220. Dies sind auch die Standorte mit den stärksten Schwankungen der Feuchtezahlen zwischen den Sukzessionsquadraten. Alle anderen Standorte haben Feuchtezahlen unter 4 und meist nur geringe Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten. Stärkere Schwankungen treten bei den DBF 2290, 2330, 2460 und 2530 auf.

Auffallend sind der Rückgang der Feuchtwerte und die Abnahme der Amplitude am Kappelberg.

Die stärkeren Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnten in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein (sampling effect).

Auch die Änderungen der Feuchtezahlen können mit Pflegemaßnahmen in Zusammenhang stehen, da diese sich über Veränderungen der Bestandsstruktur und des Mikroklimas direkt auf die Evapotranspiration am Standort auswirken können. Es ist aber nicht auszuschließen, daß an flachgründigen Standorten wie dem Kappelberg sich die Feuchtezahlen infolge mehrerer trockener Sommer verringert haben.

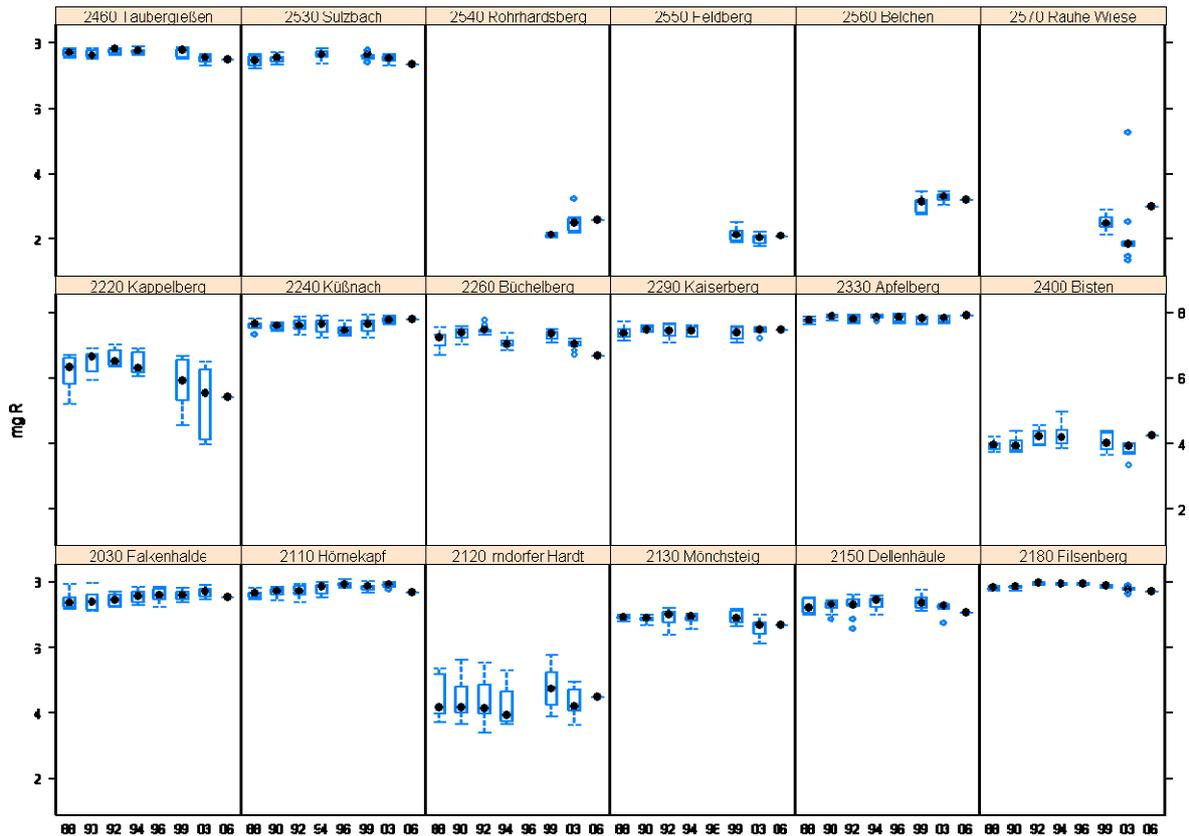


**Abbildung 3.34.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Feuchtezahl (mgF) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

### *(Boden-) Reaktionszahl*

Die mittlere gewichtete Reaktionszahl (mgR) der Sukzessionsquadrate liegt entsprechend der sehr unterschiedlichen Ausgangssubstrate der Böden zwischen 2 (Starksäure- / Säurezeiger) und 8 (Schwachbasen- / Basen- und Kalkzeiger).

Standorte mit geringen Reaktionszahlen sind die DBF 2540 bis 2570. Standorte mit mittleren Reaktionszahlen sind die DBF 2120, 2220, 2400. Alle anderen Standorte weisen eher hohe Reaktionszahlen auf.



**Abbildung 3.35.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Reaktionszahl (mgR) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ( $n = 10$ , Kappelberg:  $n = 6$ ) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

Die Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten eines Aufnahmejahres an einer DBF sind bei den Standorten mit hohen Reaktionszahlen und den Standorten mit geringen Reaktionszahlen wegen der durch das Ausgangssubstrat vorgegebenen Basennachlieferung insgesamt als gering bis mittel einzustufen. Starke Schwankungen der Reaktionszahlen der Sukzessionsquadrate zeigen sich aber an den Standorten mit mittleren Reaktionszahlen (DBF 2120, 2220, 2400).

Die stärkeren Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnte in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein (sampling effect).

Lediglich am Kappelberg lässt sich eine leichte Tendenz des Sinkens der Reaktionszahl beobachten. Dieser Trend, sowie die Zunahme der Amplitude geht jedoch, wie bereits bei der Darstellung dieser DBF erläutert, zumindest zum Teil auf die lokale Ausbreitung von *Calluna vulgaris* und die dadurch bedingte Versauerung des Oberbodens zurück.

#### Nährstoffzahl (~ Stickstoffzahl)

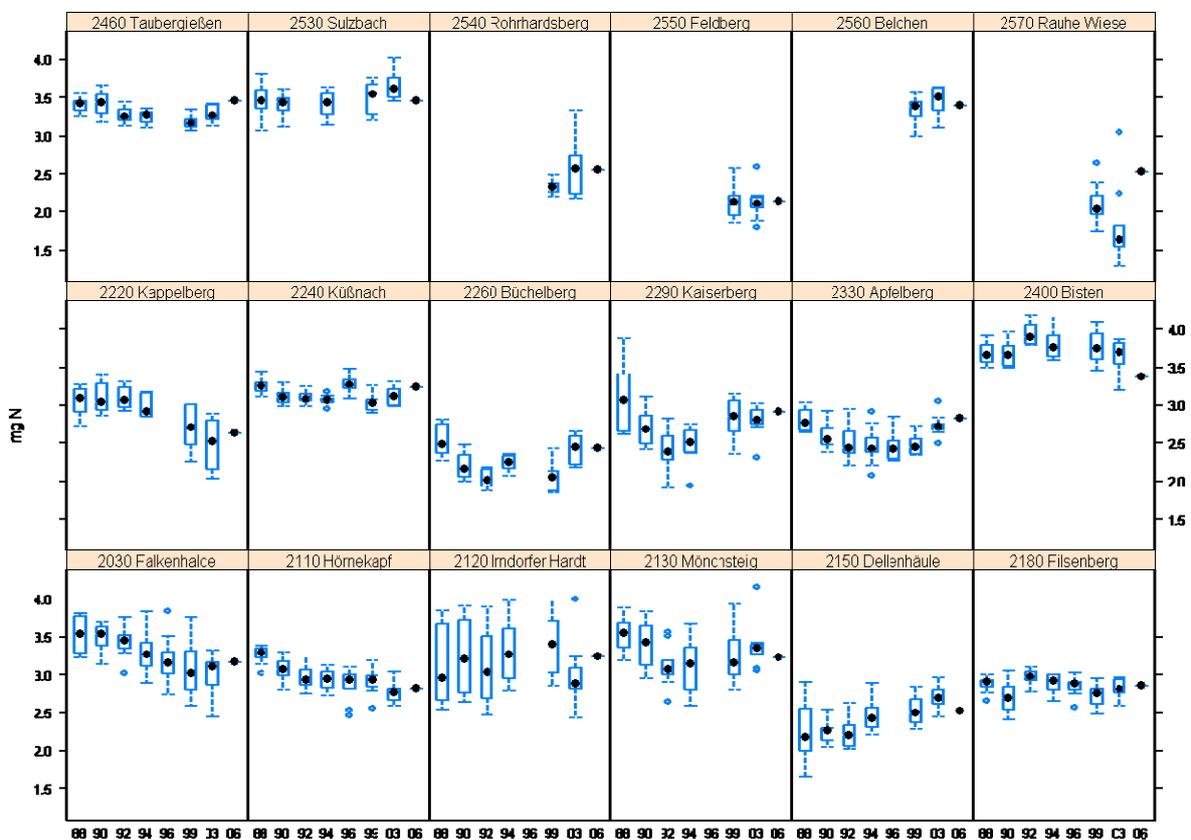
Die mittlere gewichtete Nährstoff- bzw. Stickstoffzahl (mgN) der Sukzessionsquadrate liegt zwischen 1.5 (stickstoffärmste Standorte) und 4 (stickstoffarme bis

mäßig stickstoffreiche Standorte). Dies entspricht der Auswahl von extensivem Magergrünland bei der Auswahl/Anlage der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen.

Am Nährstoff ärmsten sind die DBF 2550 und 2570. Einen generellen Trend zur Abnahme der Nährstoffzahl zeigen DBF 2030, 2110, 2220. Viele Flächen zeigen eine „U“-Trend mit einer Abnahme der Nährstoffzahl von 1988 bis 1996/1999 und danach einem wieder Anstieg der Nährstoffzahl (z.B. 2030, 2130, 2260, 2330, 2460).

Ein genereller Trend der Zunahme der Nährstoffzahl kann nur bei DBF 2150 Dellenhäule beobachtet werden.

Einige Flächen (z.B. 2120, 2130) zeigen auffallend starke Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten. Die stärkeren Schwankungen zwischen den Sukzessionsquadraten der DBF 2540 bis 2570 könnten in der geringen Artenzahl dieser Flächen begründet sein (sampling effect).



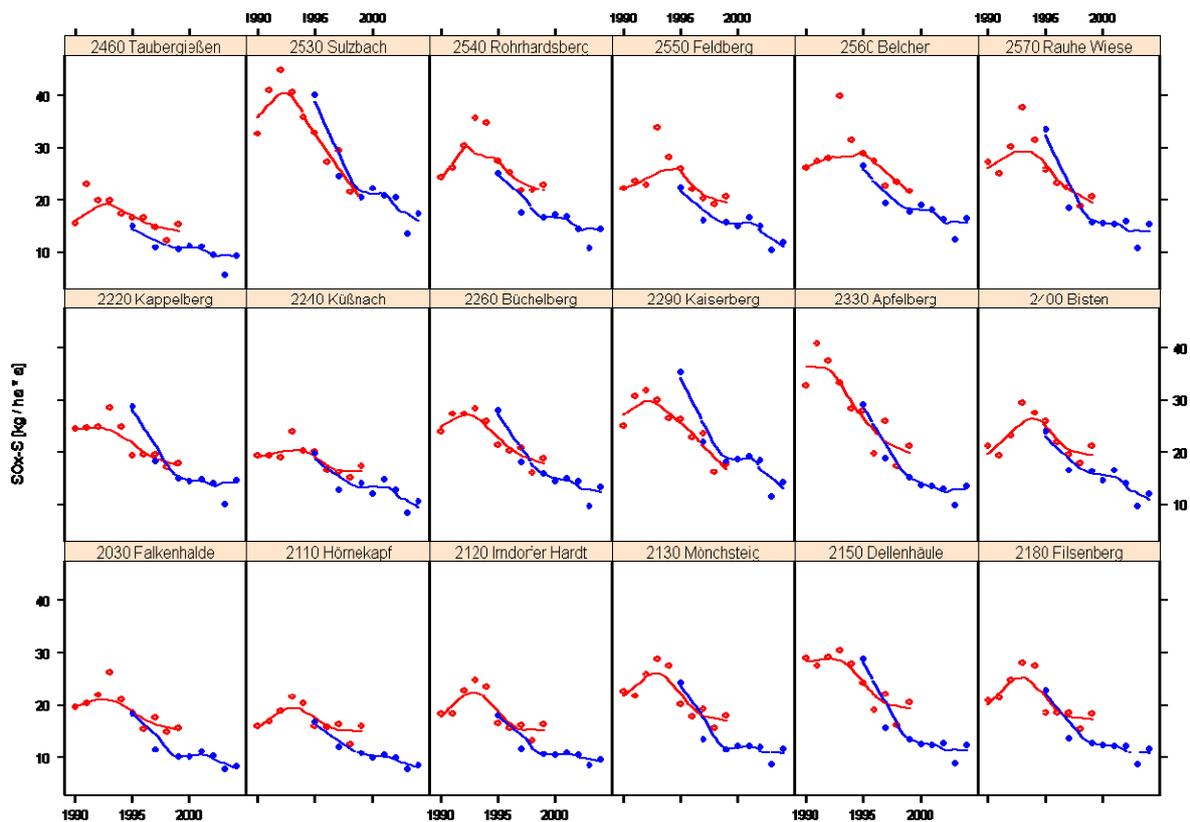
**Abbildung 3.36.** Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Nährstoffzahl (mgN) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate (n = 10, Kappelberg: n = 6) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist der Wert für 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

### 3.3. Entwicklung der Stickstoff- und Schwefeldepositionen sowie der Ozonkonzentrationen an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen von 1990 bis 2004

Um den möglichen Einfluß anthropogener atmosphärischer Depositionen und Immissionen auf die Vegetation der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen einzuschätzen, wurden modellierte Depositionswerte für Schwefel ( $\text{SO}_x\text{-S}$ ) und Stickstoff (N,  $\text{NO}_x\text{-N}$ ,  $\text{NH}_y\text{-N}$ ), sowie modellierte AOT40 Überschreitungswerte für Ozon ermittelt.

Die Werte wurden den Veröffentlichungen von Anshelm & Gauger (2002) und Gauger et al. (2007) entnommen. In diesen Veröffentlichungen liegen die Werte in 1 km x 1 km Rastern für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vor. Die Werte für die Grünland-DBF wurden entsprechend ihrer R/H-Werte extrahiert. Den beiden Veröffentlichungen liegen für verschiedene Zeiträume (1990-1999 bzw. 2000 bis 2004) unterschiedliche Modelle zugrunde, sodaß die Daten nicht ohne weiteres vergleichbar sind. Eine Einschätzung der modellbedingten Unterschiede ermöglichen die Werte für die Jahre 1995, 1997 und 1999, die nach beiden Modellen berechnet wurden. Die Modelle sollen an dieser Stelle nicht näher erläutert werden. Es sei auf die entsprechenden Literaturzitate verwiesen.

#### Modellierte, atmosphärische Schwefeldepositionen



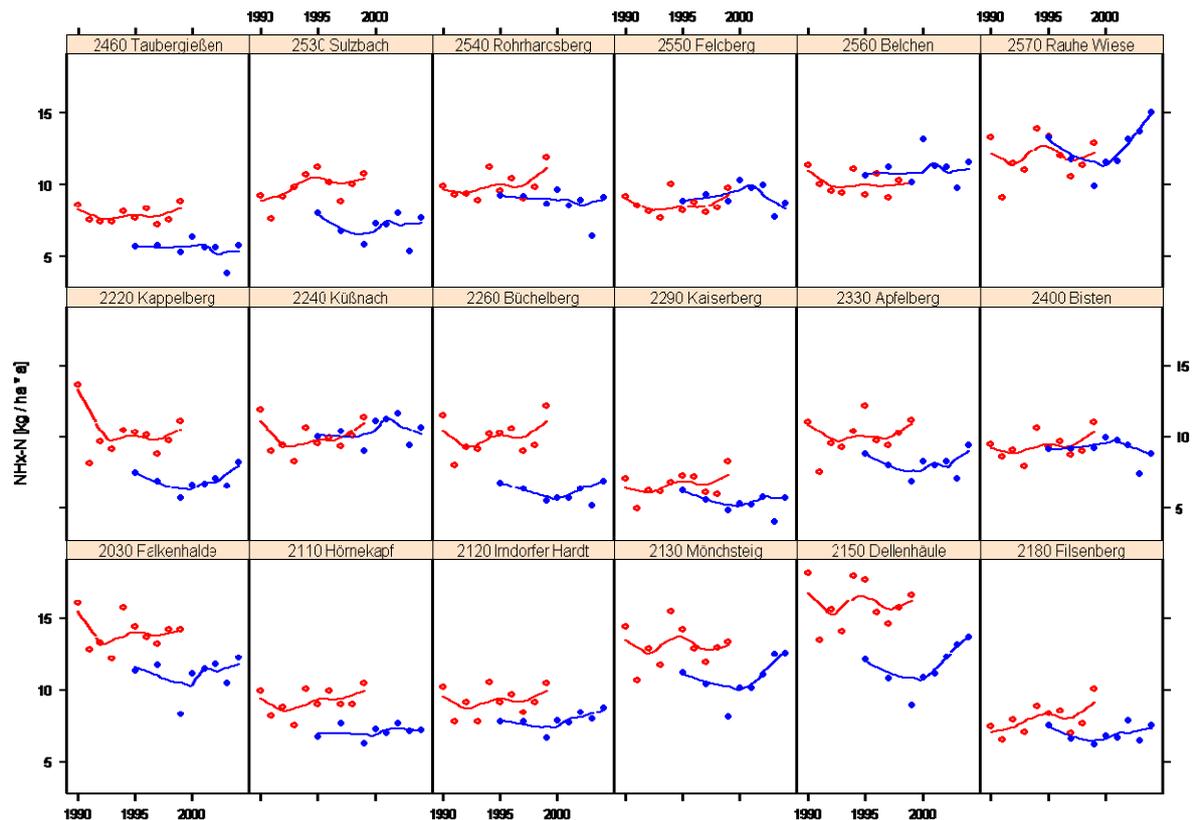
**Abbildung 3.37.** Entwicklung der modellierten, atmosphärischen Schwefeldepositionen an den Grünland-DBF zwischen 1990 und 2006 ( $\text{SO}_x\text{-Schwefel}$  [ $\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ]). Werte für 1990 bis 1999 für die Landnutzungsclassen „agrarian areas“ (rote, offene Punkte) aus Anshelm & Gauger (2002), Werte für 1995, 1997, 1999 und 2000 bis 2004 für die Landnutzungsclassen „Wiese & Weide“ (blaue Punkte) aus Gauger et al. (2007). Hinweis: Den beiden Veröffentlichungen liegen unterschiedliche Modelle zugrunde (siehe Anmerkungen im Text).

Abb. 3.37 zeigt die modellierten, atmosphärischen Schwefeldepositionen ( $\text{SO}_x\text{-S}$ ) in  $\text{kg/ha}^*\text{a}$  für die Standorte der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1990 und 2004.

Für alle Standorte zeigt sich ein ähnlicher zeitlicher Trend. Beginnend auf einem mittleren Niveau von etwa  $15\text{-}25 \text{ kg/ha}^*\text{a}$  im Jahr 1990 stiegen die Depositionswerte bis 1994 an (Mittlere Werte:  $25\text{-}35 \text{ kg/ha}^*\text{a}$ , Maximalwert: über  $40 \text{ kg/ha}^*\text{a}$  (2530 Sulzbach)), um anschließend kontinuierlich zu fallen. Die niedrigsten Werte werden auf Grund der besonderen klimatischen Bedingungen (wenig nasse Deposition) im Jahr 2003 erreicht (alle  $< 10 \text{ kg/ha}^*\text{a}$ ). 2004 lagen die Werte zwischen 10 und 15 (bis maximal 20)  $\text{kg/ha}^*\text{a}$ .

Die sehr hohen Modellwerte (etwa an den Standorten 2530 Sulzbach, 2330 Apfelberg oder 2150 Dellenhäule) decken sich gut mit den hohen in Pflanzenproben (vor allem *Plantago lanceolata*) gemessenen Schwefelgehalten an diesen Standorten im gleichen Zeitraum (siehe Abb. 3.42).

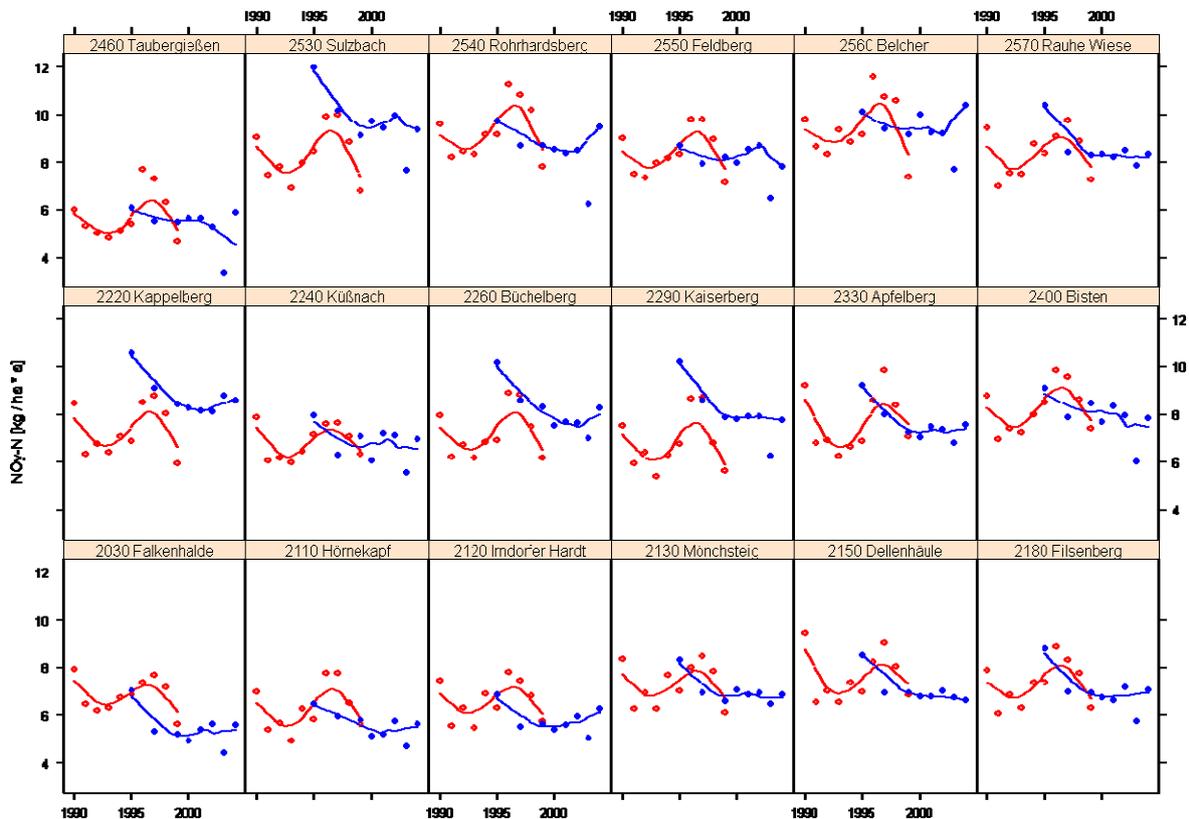
### Modellierte, atmosphärische Stickstoffdepositionen



**Abbildung 3.38.** Entwicklung der modellierten, atmosphärischen Stickstoffdepositionen ( $\text{NH}_x\text{-N}$ , reduzierter Stickstoff) an den Grünland-DBF zwischen 1990 und 2006 [ $\text{kg/ha}^*\text{a}$ ]. Werte für 1990 bis 1999 für die Landnutzungsklasse „agrarian areas“ (rote, offene Punkte) aus Anshelm & Gauger (2002), Werte für 1995, 1997, 1999 und 2000 bis 2004 für die Landnutzungsklasse „Wiese & Weide“ (blaue Punkte) aus Gauger et al. (2007). Hinweis: Den beiden Veröffentlichungen liegen unterschiedliche Modelle zugrunde (siehe Anmerkungen im Text).

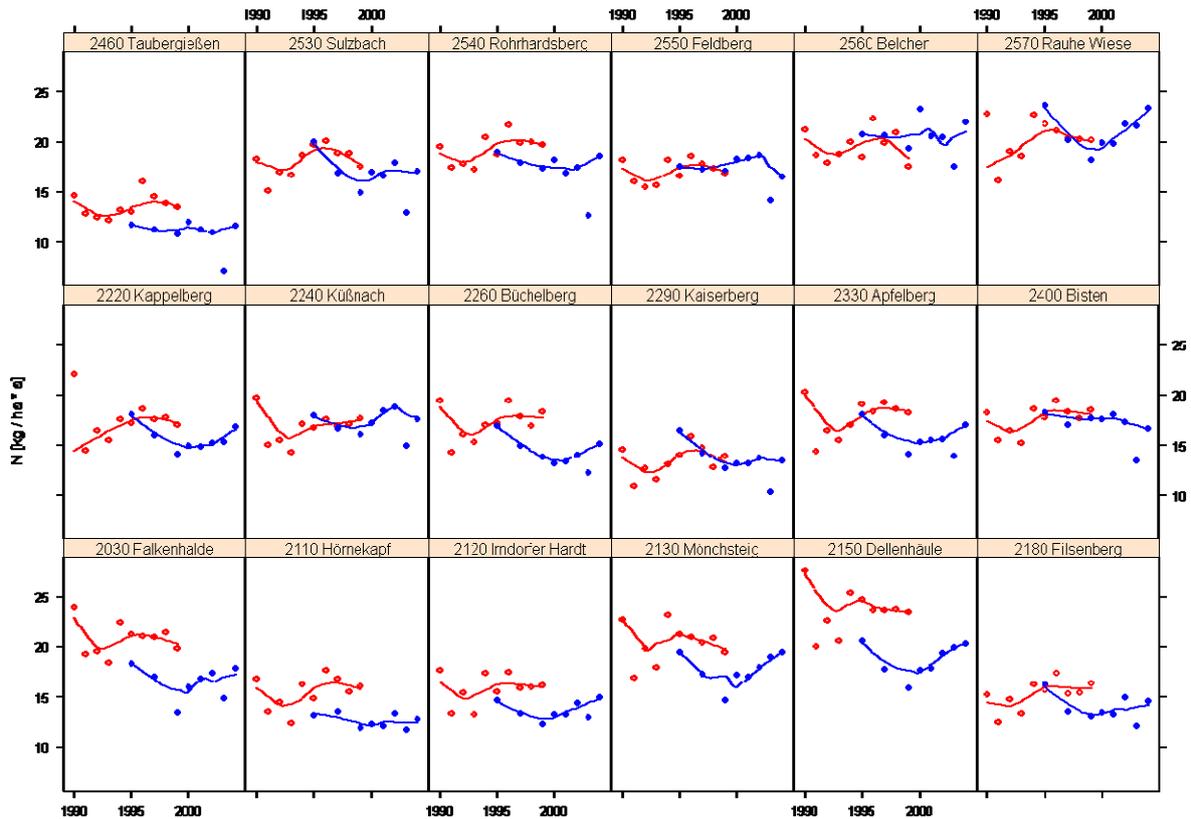
Die Abbildungen 3.38 (reduzierter Stickstoff), 3.39 (oxidierter Stickstoff) und 3.40 (Gesamt-Stickstoff) stellen die modellierten, atmosphärischen Stickstoffdepositionen in  $\text{kg/ha}\cdot\text{a}$  für die Standorte der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1990 und 2004 dar.

Auffallend sind die modellbedingten Unterschiede insbesondere für reduzierten Stickstoff (Abb. 3.38). Abgesehen von den modellbedingten Unterschieden scheint es insbesondere in den Jahren von 1998 bis 2004 bei reduziertem Stickstoff an einigen Standorten einen leichten Anstieg der Depositionswerte zu geben. Hohe Werte treten vor allem im Süden und Süd-Osten von Baden-Württemberg auf (DBF 2030, 2130, 2150, 2570). Dies deckt sich mit den hohen Tier-Dichten und erhöhten  $\text{NH}_3$ -Emissionen in diesem Raum (vgl. 1. Projektbericht).



**Abbildung 3.39.** Entwicklung der modellierten, atmosphärischen Stickstoffdepositionen ( $\text{NO}_Y\text{-N}$ , oxidierter Stickstoff) an den Grünland-DBF zwischen 1990 und 2006 [ $\text{kg/ha}\cdot\text{a}$ ]. Werte für 1990 bis 1999 für die Landnutzungsklasse „agrarian areas“ (rote, offene Punkte) aus Anshelm & Gauger (2002), Werte für 1995, 1997, 1999 und 2000 bis 2004 für die Landnutzungsklasse „Wiese & Weide“ (blaue Punkte) aus Gauger et al. (2007). Hinweis: Den beiden Veröffentlichungen liegen unterschiedliche Modelle zugrunde (siehe Anmerkungen im Text).

Während die maximalen Depositionswerte für reduzierten Stickstoff bei etwa  $15\text{-}20 \text{ kg/ha}\cdot\text{a}$  liegen bzw. lagen (z.B. 2150, 2570), liegen bzw. lagen die Depositionswerte für oxidierten Stickstoff mit maximal  $10\text{-}12 \text{ kg/ha}\cdot\text{a}$  deutlich niedriger. In Abb. 3.39 zeigen sich starke modellbedingte Unterschiede und Schwankungen. Im groben Durchschnitt liegen und lagen die Depositionswerte an allen Standorten zwischen  $6$  und  $10 \text{ kg/ha}\cdot\text{a}$  (die DBF 2030, 2110, 2120 und 2460 liegen sogar etwas darunter). Deutliche Entwicklungstrends lassen sich aus den Werten jedoch nicht ableiten.



**Abbildung 3.40.** Entwicklung der modellierten, atmosphärischen Stickstoffdepositionen ( $\text{NH}_x\text{-N}$ , reduzierter Stickstoff und  $\text{NO}_y\text{-N}$ , oxidiertes Stickstoff) an den Grünland-DBF zwischen 1990 und 2006 [ $\text{kg}/\text{ha}^*\text{a}$ ]. Werte für 1990 bis 1999 für die Landnutzungsklasse „agrarian areas“ (rote, offene Punkte) aus Anshelm & Gauger (2002), Werte für 1995, 1997, 1999 und 2000 bis 2004 für die Landnutzungsklasse „Wiese & Weide“ (blaue Punkte) aus Gauger et al. (2007). Hinweis: Den beiden Veröffentlichungen liegen unterschiedliche Modelle zugrunde (siehe Anmerkungen im Text).

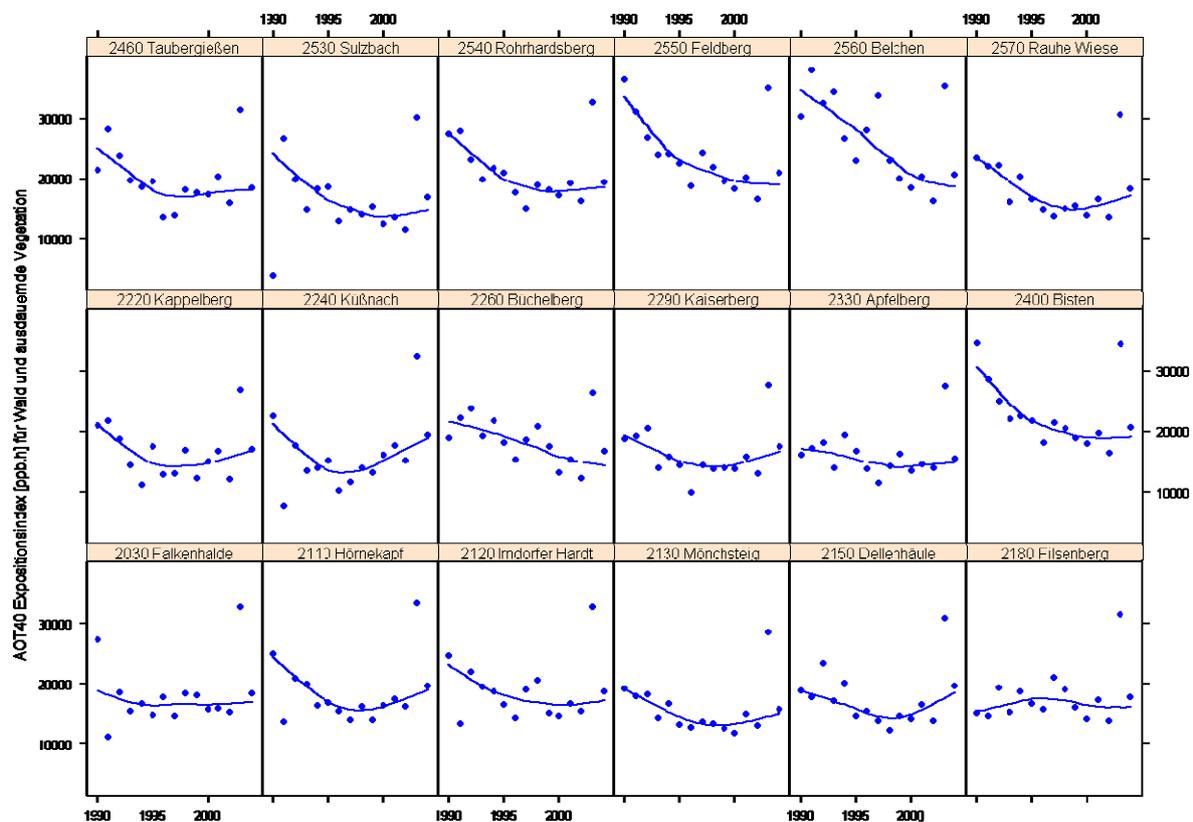
Die Depositionswerte für Gesamtstickstoff (Abb. 3.40, reduziert und oxidiert) werden durch die wesentlich höheren Werte für reduzierten Stickstoff dominiert. Auch hier fallen wie bereits beim reduzierten Stickstoff die modellbedingten Unterschiede auf. Abgesehen von diesen methodischen Abweichungen scheint es insbesondere in den Jahren von 1998 bis 2004 beim Gesamt-Stickstoff an einigen Standorten einen leichten Anstieg der Depositionswerte zugeben (bedingt durch die Dominanz des reduzierten Stickstoffes). Die höchsten Werte (über  $20 \text{ kg}/\text{ha}^*\text{a}$ ) treten vor allem im Süden und Süd-Osten von Baden-Württemberg auf (DBF 2030, 2130, 2150, 2570). Dies deckt sich mit den hohen Tier-Dichten und erhöhten  $\text{NH}_3$ -Emissionen in diesem Raum.

Anhand dieser Daten bestätigt sich, dass die critical loads für Stickstoff immer noch weiträumig überschritten werden und langfristige Eutrophierungsphänomene bewirken können.

## Ozon

Der AOT40 Expositionsindex (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb) wird als Summe der Differenzen zwischen der stündlichen Ozonkonzentration und 40 ppb ( $\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) für Tageslichtstunden (08.00 - 20.00) während der Vegetationsperiode (3 Monate für ‚crops‘ bzw. 6 Monate für Wald und ausdauernde Vegetation) kalkuliert. Zur Bildung des AOT40 Wertes werden ausschließlich die täglichen 1 h Mittelwerte zwischen 8 und 20 Uhr mitteleuropäischer Zeit (MEZ) verwendet.

Nach der 33. BImSchV (Juli 2004) liegt der Zielwert für die Vegetation (ab 2010 so weit wie möglich einzuhalten) bei  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$  (gemittelt über 5 Jahre). Dies entspricht einem Zielwert von  $\sim 9000 \text{ ppb}\cdot\text{h}$ . Dieser Grenzwert wurde nach den vorliegenden Modellen bis 2006 in allen Jahren und an allen Standorten (z.T. wesentlich) überschritten, so daß nachhaltige Effekte an sensibler Vegetation prinzipiell zu erwarten sind.



**Abbildung 3.41.** Entwicklung des AOT40 Expositionsindex für Wald und ausdauernde Vegetation an den Grünland-DBF zwischen 1990 und 2006 [ppb.h]. Werte für 1990 bis 2006 (blaue Punkte) aus Gauger et al. (2007).

Generell nimmt der AOT40 Expositionsindex an allen Standorten von 1990 bis 2006 kontinuierlich ab (oder bleibt gleich). Auffallend hohe Werte wurden an allen Standorten auf Grund der besonderen klimatischen Situation im Jahr 2003 (strahlungsreicher Sommer) erreicht. Besonders hohe Werte traten (und treten bis 2006) in den Hochlagen des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb auf, da hier fernab der Siedlungen die Ozon abbauenden Substanzen in geringerer Konzentration vorliegen.

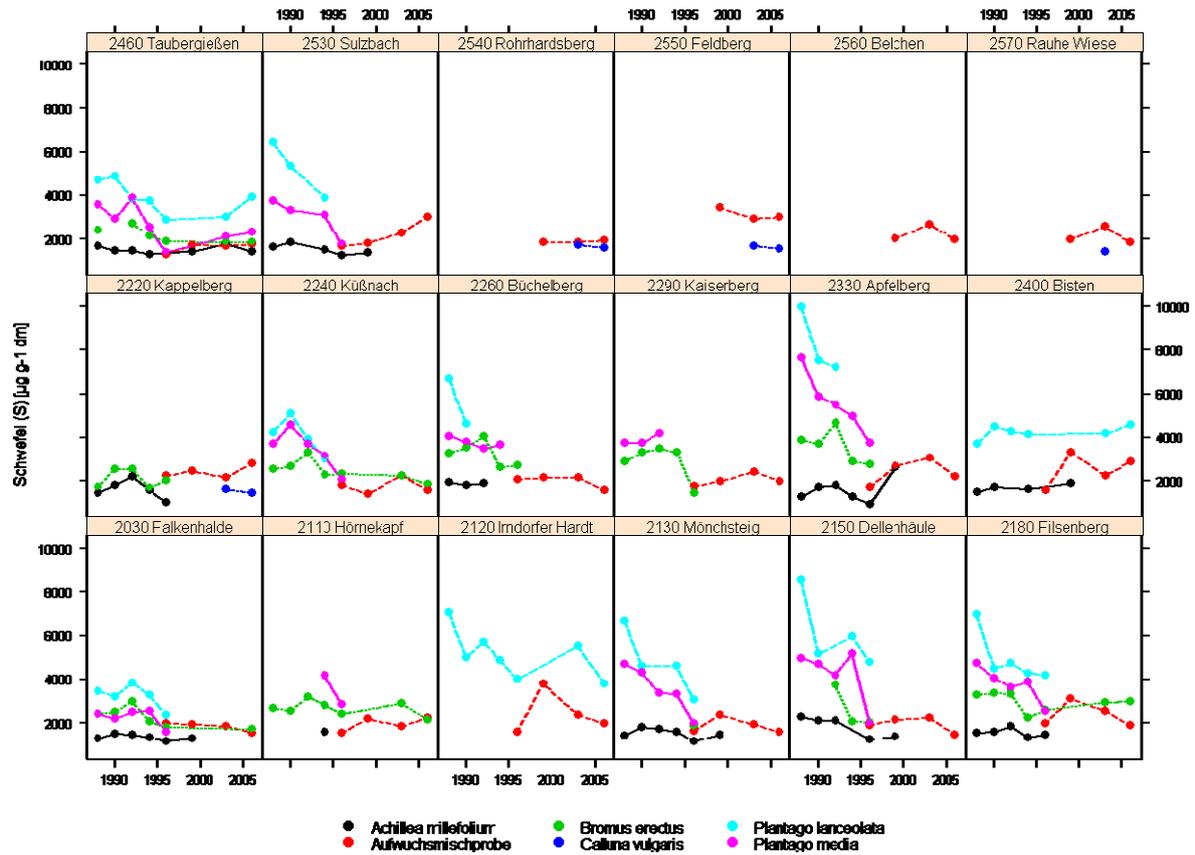
### 3.4. Entwicklung der Elementkonzentrationen in Aufwuchsproben verschiedener Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 1988 bis 2006

Im Rahmen der Dauerflächenuntersuchungen wurden anfangs in einem zweijährigen Turnus Pflanzenproben entnommen und auf verschiedene Kontaminanten, vorwiegend Schwermetalle und Pflanzennährstoffe analysiert. Die Methode ist als passives Biomonitoring zu betrachten, die ein hohes Maß an Standardisierung bei der Probennahme und viel Erfahrung bei der Stoffanalytik erfordert. Die Zielsetzung der Untersuchungen und die dabei gewählte Vorgehensweise sind in LfU (1995) näher dargelegt. Die im Rahmen der Dauerflächenerhebungen durchgeführten immissionsökologischen Untersuchungen wurden in den letzten Jahren erheblich ausgedünnt und es wurden ab 1996 nicht mehr einzelne Taxa, sondern nicht nach Arten differenzierte Mischproben des Grünlandaufwuchses entnommen. Ziel dieser Untersuchungen war es, die Immissionsbelastung der Dauerbeobachtungsflächen zu charakterisieren, räumlich unterschiedliche Belastungssituationen aufzuzeigen und die zeitliche Entwicklung der Stoffdepositionen insgesamt zu dokumentieren.

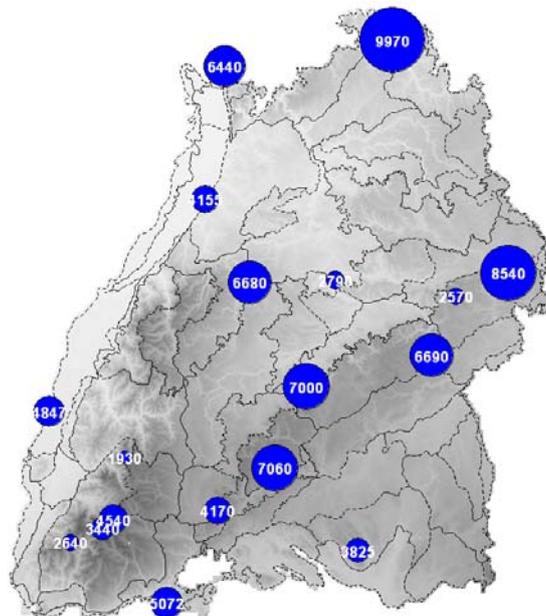
#### *Betrachtungen zu den unterschiedlichen Standorten*

Am Beispiel der anthropogen verursachten Stoffeinträge in terrestrische Ökosysteme sollen zunächst die in den Pflanzenproben gemessenen Nährstoff- und Schwermetallkonzentrationen betrachtet werden. Die Vergleiche beruhen auf 18 DBF-Standorten. Für die DBFs Rohrhardsberg 2540, Feldberg 2550, Belchen 2560 und Rauhe Wiese 2570 liegen erst ab 1999 Ergebnisse zu den Elementkonzentrationen vor (Abb. 3.42).

Die höchsten Schwefelkonzentrationen mit Werten von über 8000 ppm wurden im Jahre 1988 in Pflanzenproben der im Osten des Bundeslands Baden-Württemberg und in höherer Lage gelegenen DBFs Apfelberg, und Dellenhäule festgestellt. Die Schwefelbelastung sank jedoch im Laufe der 1990er Jahre als Folge des wirtschaftlichen Umbruchs in Mittel- und Osteuropa bzw. aufgrund der erfolgreichen internationalen Luftreinhaltestrategie deutlich, was sich in den sinkenden Schwefelkonzentrationen insgesamt gut widerspiegelt. Die anfangs des untersuchten Zeitraums im Osten von Baden-Württemberg deutlich erhöhten Schwefelkonzentrationen sprechen zudem dafür, dass es sich hierbei vorwiegend um den dann noch bestehenden Immissionseinfluss aus den Transformationsländern inklusive der ehemaligen DDR handelte (vgl. Abb. 3.43).

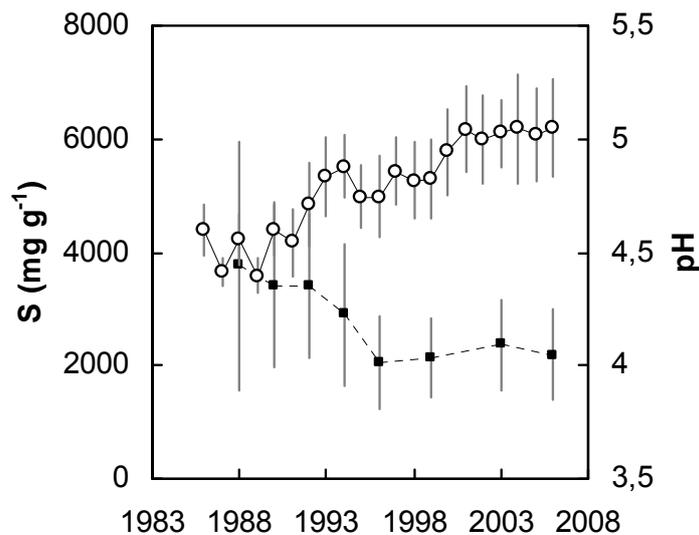


**Abbildung 3.42.** Schwefelkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



**Abbildung 3.43.** Maximale Schwefelkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm), die in den untersuchten Grünlandarten zwischen 1988 und 2006 analysiert wurden.

Der Rückgang der Schwefelkonzentrationen in den Pflanzen bzw. der weiträumigen Schwefeldeposition lässt sich gut mit dem allgemeinen Anstieg der pH-Werte des Freilandniederschlags bzw. des Rückgangs versauernder Komponenten ( $\text{SO}_4^-$ ) parallelisieren (Abb. 3.44). Es ist grundsätzlich nicht auszuschließen, dass mit der Änderung der atmosphärischen Zusammensetzung und der Depositionsmuster in der Vegetation über die Zeit physiologische und ökologische Veränderungen einhergehen, die sich langfristig in der Vegetationszusammensetzung niederschlagen können. So wurde mittlerweile in europäischen Langzeitdüngerversuchen mit landwirtschaftlichen Kulturen ein Schwefelmangel festgestellt (Zhao et al. 2003), der in Zukunft erhöhte Düngergaben erfordern wird.

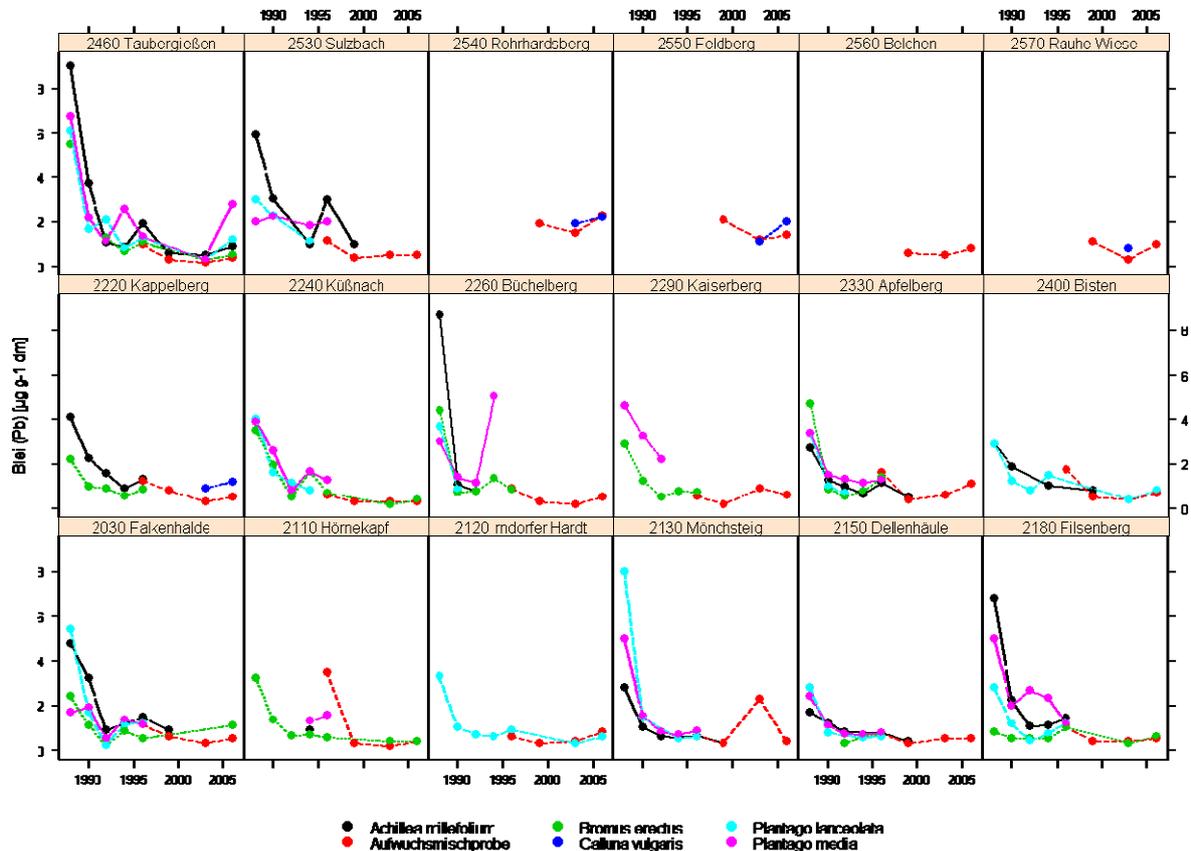


**Abbildung 3.44.** Rückgang der mittleren Schwefelkonzentrationen in Pflanzenproben aus den Grünland DBF (■) und Anstieg der mittleren pH-Werte von an 22 Stationen gesammelten Freilandniederschlagsproben (○). Niederschlagsdaten nach Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA, <http://www.fva-bw.de/>).

Bei den anderen **Nährelementen** (N, P, K, Ca und Mg) ließen sich anhand der Elementkonzentrationen keine überregionalen zeitlichen Trends der in den verschiedenen Pflanzenarten festgestellten Konzentrationen finden. Dennoch stiegen die N-Konzentrationen an einigen Stationen (z.B. Mönchsteig) zwischen 1988 und 2003 leicht an, was als Indiz einer lokalen Eutrophierung gewertet werden kann (s. Anhang 4, Abbildung A4.1). Demgegenüber gingen beim Kalium und Magnesium die Konzentrationen an einigen Stationen seit den 1990er Jahren zurück (Anhang 4, Abbildungen A4.3 und A4.5). Bei letzterem (z.B. Station Dellenhäule) könnte die Ursache in der Verringerung der Ausgleichskalkung (Mg-reicher Dolomitkalk) von Waldökosystemen liegen.

Im Gegensatz zur Schwefeldeposition legen die in den verschiedenen Grünlandarten untersuchten **Bleikonzentrationen** nahe, dass der Immissionseinfluss dieses Schwermetalls im Untersuchungszeitraum keine ausgeprägten regionalen Unterschiede aufwies. An allen Stationen wurden Ende der 1980er bzw. Anfang der 1990er Jahre noch hohe Konzentrationen von über 4 ppm Pb in den Pflanzen festgestellt und die Immissionsbelastungen sanken in den Jahren danach bis auf unter 2 ppm. Man kann hieraus schließen, dass die im Zuge des Benzin-Blei-Gesetzes (BzBIG) eingeführten Maßnahmen in der Fläche griffen.

Gleichzeitig dürften die insgesamt zurück gegangene Azidität des Niederschlags (s. oben) eine verringerte Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen mit sich gebracht haben. Zur Beziehung zwischen Boden-pH-Werten und Elementgehalten in den Pflanzen s. unten.



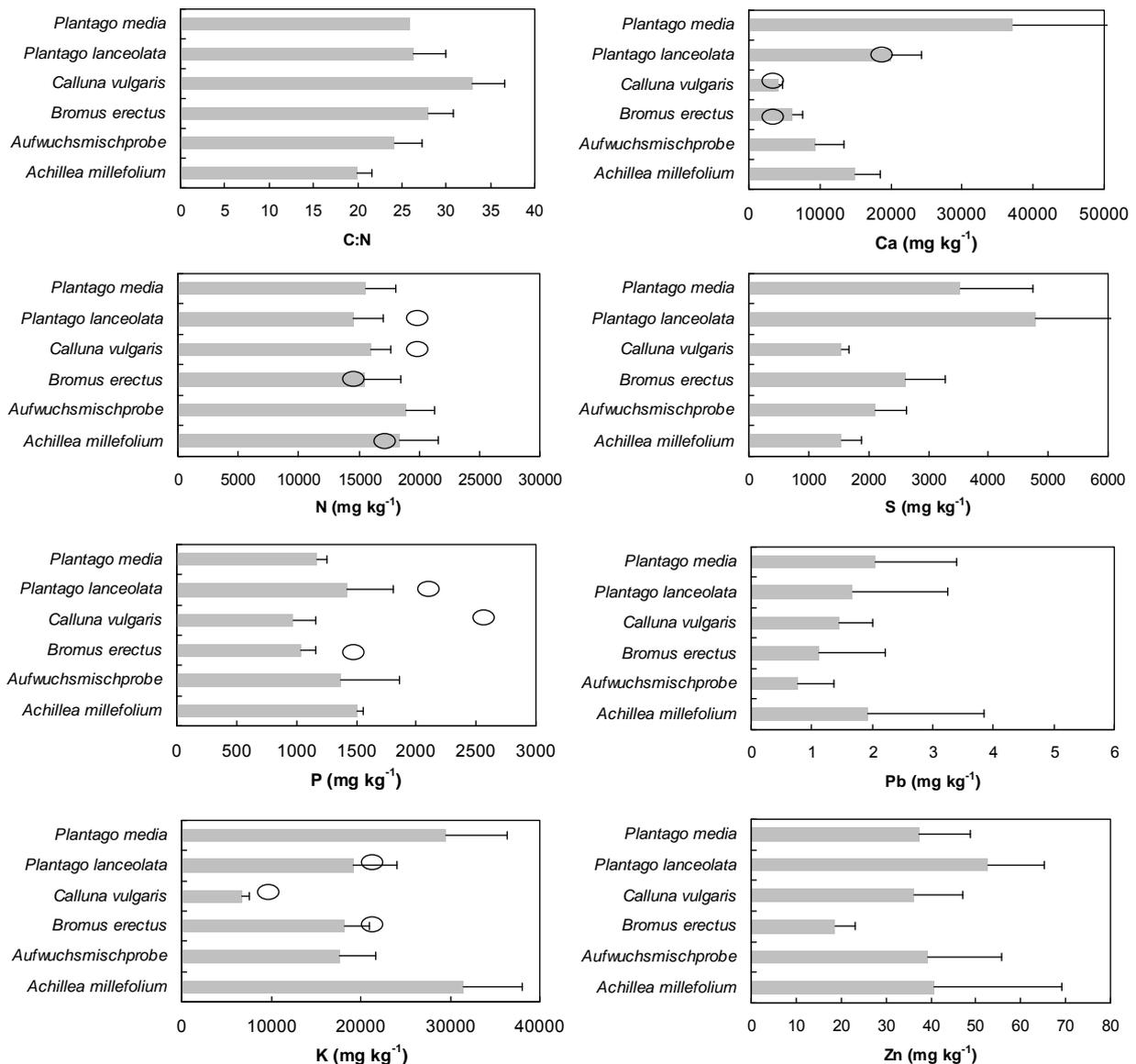
**Abbildung 3.45.** Bleikonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).

Bei den Schwermetallen **Cadmium** und **Zink** (Anhang 4, Abbildungen A4.6 und A4.7) lassen sich keine deutlichen überregionalen zeitlichen Trends auffinden. Beim Cadmium fallen allerdings die erhöhten Werte an den Stationen Irndorfer Hardt, Mönchsteig, Bisten und Kappelberg auf. Während hierfür keine Erklärung gegeben werden kann, könnten die Anfang der 1990er Jahre noch erhöhten Zinkkonzentrationen an der Station Kappelberg eine Folge der Emissionen der in der Nähe (Neckar- und Remstal) ansässigen metallverarbeitenden Betriebe sein.

#### *Betrachtungen zu den unterschiedlichen Pflanzenarten*

Die in den zuvor gezeigten Abbildungen vorgenommene Differenzierung der Elementkonzentrationen nach verschiedenen Pflanzenarten deutete bereits darauf hin, dass es eine artspezifische Anreicherung von (essentiellen) Nährelementen und nichtessentiellen Stoffen gibt. Dies wird besonders deutlich bei den über alle Stationen und Jahre gemittelten Konzentrationen, die in den einzelnen Arten

gemessen wurden (Abb. 3.46). So zeigen die beiden *Plantago*-Arten eine wesentlich höhere Ca- und S-Anreicherung als die anderen Arten.



**Abbildung 3.46.** Mittlere Elementkonzentrationen und C:N-Verhältnisse von fünf in den Dauerflächen untersuchten Grünlandarten und der Aufwuchsmischproben. Dargestellt sind Mittelwerte über alle Jahre und Stationen inklusive der Standardabweichungen. Die Kreise geben Auskunft über die in der Literatur (Unit of Comparative Plant Ecology, University of Sheffield) berichteten Mittelwerte.

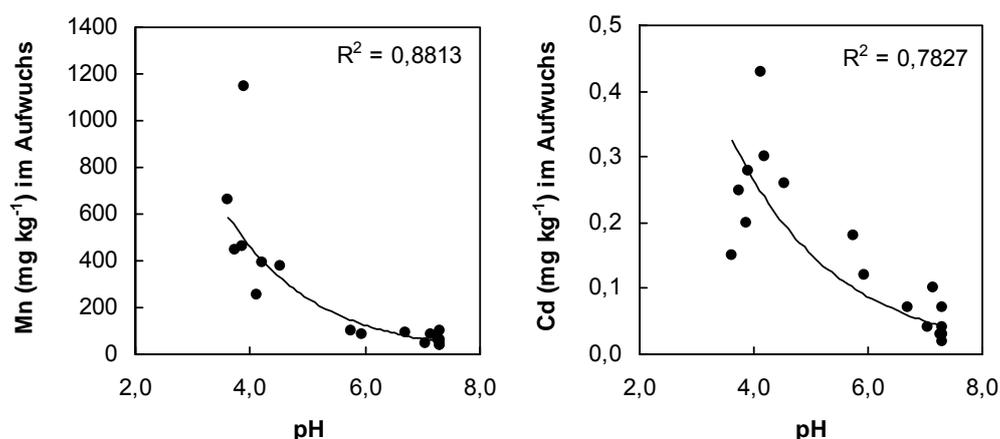
*Calluna* hat gegenüber den anderen Arten eine deutlich geringere Kaliumkonzentration aber wegen ihres hohen Holzanteils ein hohes C:N-Verhältnis. Weiterhin fällt auf, dass die Grasart *Bromus erectus* nur geringe Zinkkonzentrationen aufweist, was auf ein geringeres Auskämmungsvermögen partikulär deponierter Stoffe durch Gräser im Vergleich zu breitblättrigen (*Plantago*) und fiedrigblättrigen (*Achillea*) Arten hindeuten könnte. Während die mittleren N-, Ca-, K-Konzentrationen der untersuchten Arten gut mit Literaturangaben übereinstimmen, liegen die Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen deutlich unter den in der Literatur berichteten Werten. Ursache dafür ist sicherlich die Beschränkung der Untersuchungsgebiete auf extensives Magergrünland.

Aufgrund der hier beschriebenen artspezifischen Unterschiede der Elementanreicherung, sei es die selektive Aufnahme der Stoffe über die Wurzeln oder das unterschiedliche Auskämmungsvermögen von Schadstoffen aus der Atmosphäre, muss die Nutzung von Aufwuchsmischproben als kritisch betrachtet werden. Es sollten daher bei zukünftigen Untersuchungen die Zusammensetzung der Proben nach Arten und deren Massenanteile in der Mischprobe erfasst (bzw. standardisiert) werden. Auch die Aufwuchsmenge pro Quadratmeter (Ertrag) sollte dann bestimmt werden, um raum-zeitliche Unterschiede in Beziehung zu Klima- und Immissionseinflüssen dokumentieren zu können.

### *Beziehung der Stoffkonzentrationen im Aufwuchs zu den in Bodenproben ermittelten Elementgehalten*

Nachfolgend erfolgt ein Vergleich der im Jahre 2003 im Aufwuchs ermittelten Konzentrationen mit den durch Benter et al. (2006) im Jahre 2004 durchgeführten Bodenanalysen. Es konnten einige Beziehungen zwischen den Elementkonzentrationen im Boden und den Pflanzen gefunden werden und vor allem der pH Wert des Bodens zeigte deutlichen Einfluss auf die pflanzlichen Elementkonzentrationen, was mit dem Einfluss der Bodenazidität auf die Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen zusammenhängen dürfte.

Besonders deutlich äußerte sich dies in der negativen Beziehung zwischen pH Wert und den Mangan- bzw. Cadmiumkonzentrationen im Grünlandaufwuchs (Abb. 3.47). Es kann vermutet werden, dass diese Schwermetalle vorwiegend geogenen Ursprungs sind bzw. dass sie nicht mehr aktuell aus luftbürtigen Immissionen stammen. Eine Verringerung des pH-Werts geht mit einer Erhöhung der Schwermetallverfügbarkeit einher. Weniger deutlich war dies jedoch bei den Elementen Zink und Nickel ausgeprägt und beim Blei gab es keine Beziehungen zwischen pH und den Pb-Konzentrationen im Aufwuchs, so dass trotz des insgesamt zurückgegangenen Belastungsniveaus durch diese Schwermetalle doch noch ein Immissionseinfluss (atmosphärische Deposition) vorliegen dürfte.



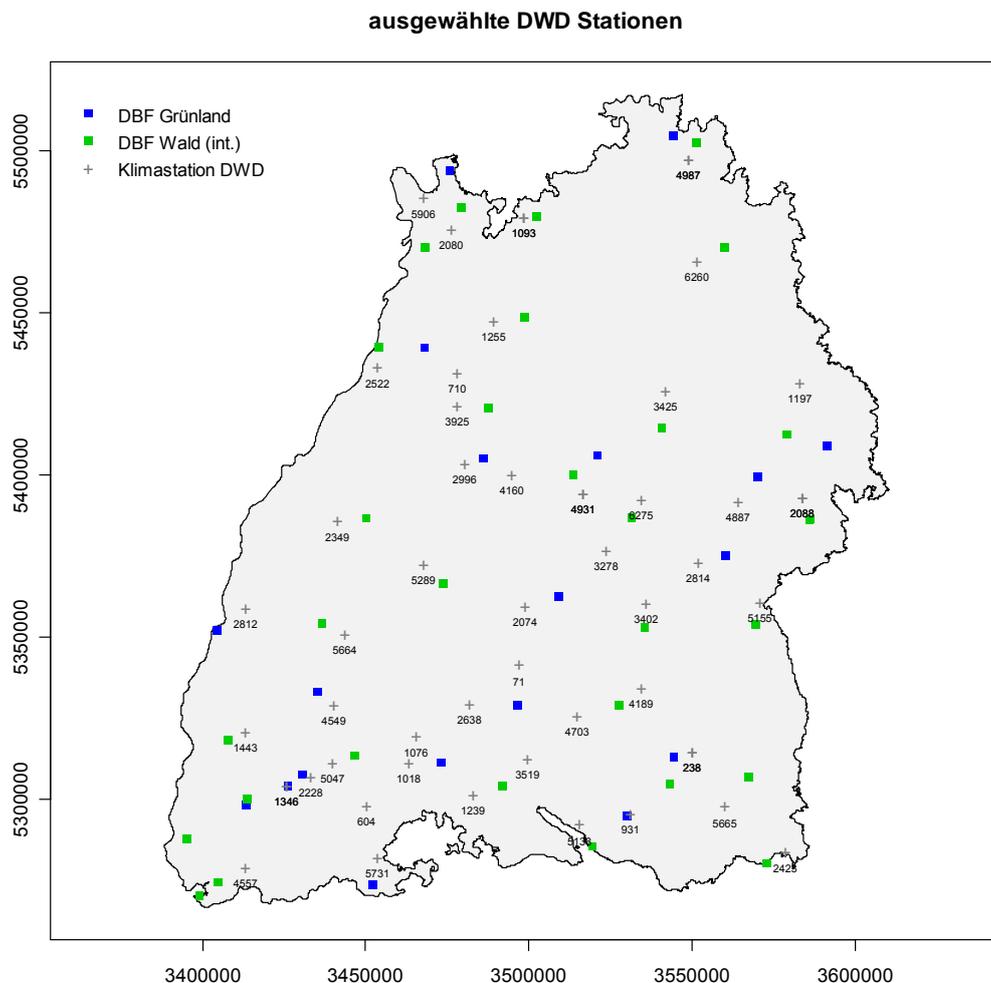
**Abbildung 3.47.** Beziehung zwischen Bodenazidität und der im Grünlandaufwuchs bestimmten Mangan- (links) und Cadmiumkonzentrationen (rechts) in 18 Grünland DBF.

Auch die Ca- Konzentrationen im Boden und im Aufwuchs zeigten einen deutlichen Zusammenhang und standen ihrerseits in einem engen Verhältnis zum pH des

Bodens (Daten nicht gezeigt). Ebenfalls die Konzentrationen des Nährelements P im Boden und im Aufwuchs waren eng miteinander korreliert. Demgegenüber zeigten die N- und K-Konzentrationen im Boden und im Aufwuchs keine Beziehung zueinander.

### 3.5 Entwicklung des Klimas an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Zur Beurteilung des Einflusses des Klimas auf die Vegetation der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen wurden zu jeder Grünland-DBF in der Nähe gelegene Klimastationen des DWD auf vergleichbarer Meereshöhe ausgewählt (Abb. 3.48, Tab. 3.1, siehe auch 1. Projektbericht).



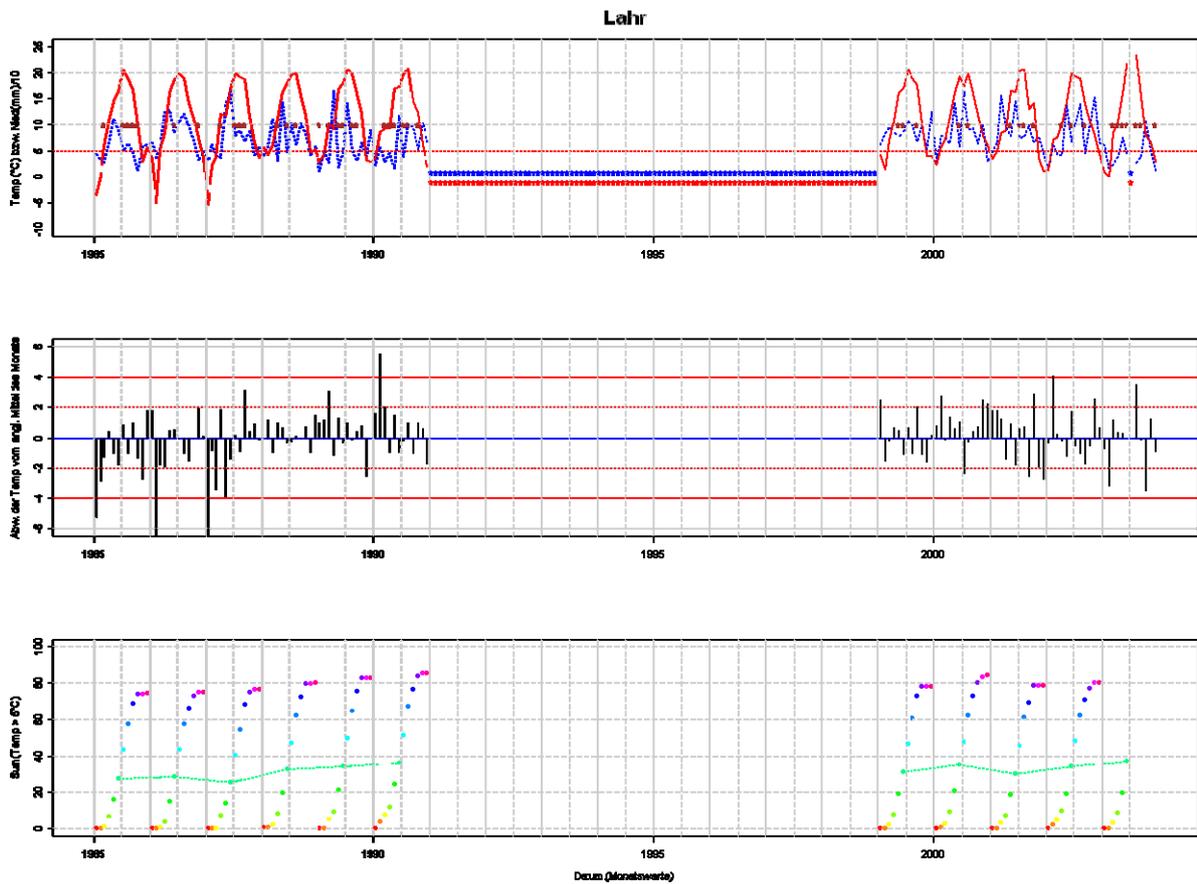
**Abbildung 3.48.** Lage der LUBW-DBF (Wald und Grünland) und der in Nähe zu diesen liegenden ausgewählten DWD-Wetterstationen.

Für die Auswertungen zum Einfluß des Klimas auf die Vegetation der Dauerbeobachtungsflächen wurden von der LUBW Tagesmittelwerte der Lufttemperatur und Tagesniederschlagssummen dieser Klimastationen angefordert. Diese **Tages**messwerte konnten vom LUBW bisher noch nicht zur Verfügung gestellt werden, wurden aber durch die LUBW beim DWD angefordert und sollen in Kürze vorliegen.

Bisher liegen zu einigen Stationen des DWD Klimadaten (**Monats**mittelwerte) aus der Messwert-Datenbank der LUBW vor (siehe Tab. 3.1, Spalte Monatswerte). Die vorliegenden Monatsmittelwerte (Temperatur, Niederschlag) sind jedoch sehr lückenhaft.

**Tabelle 3.1.** Grünland-DBF und ausgewählte Klimastationen des DWD in der Nähe der Grünland-DBF.

Grünland-DBF Nr.	Name	Höhe	Klimastation		Monatswerte	DWD Infos								
			DWD ID	Stationsname		ID	Stationsname	Lat	Lon	Höhe	Messnetz	Daten von	Daten bis	Archiv
2030	Falkenhalde	670	931	Deggenhauseral-Azenweiler	- fehlt -	931	Deggenhauseral-Az	47.8	9.41	708	KL	01.08.1989	31.12.2003	MIRAKEL
2110	Hörnekopf	760	1076	Bad Dürnheim	vorh	1076	Dürnheim, Bad	48.01	8.54	692	KL	01.08.1936	30.11.2000	MIRAKEL
2120	Irdorfer Hardt	860	1018	Donaueschingen	vorh	1018	Donaueschingen	47.94	8.51	677	KL	01.01.1951	05.06.2007	MIRAKEL
			71	Albstadt-Lautlingen	vorh	71	Albstadt-Lautlingen	48.21	8.96	698	KL	01.11.1986	31.12.2003	MIRAKEL
			2638	Klippeneck	vorh	2638	Klippeneck	48.11	8.76	973	KL	01.01.1947	22.07.2007	MIRAKEL
2130	Mönchsteig	680	3519	Neuhausen ob Eck-Unterschwandorf	- fehlt -	3519	Neuhausen ob Eck-I	47.95	8.99	663	KL	01.12.1993	31.12.2003	MIRAKEL
			2814	Laichingen	vorh	2814	Laichingen	48.5	9.7	747	KL	01.01.1949	22.07.2007	MIRAKEL
2150	Dellenhäule	580	2088	Heidenheim	vorh	2088	Heidenheim/Brenz	48.67	10.13	500	KL	01.01.1947	30.04.2005	MIRAKEL
2180	Filsenberg	800	2074	Hechingen	vorh	2074	Hechingen	48.38	8.98	522	KL	01.01.1947	22.07.2007	MIRAKEL
			71	Albstadt-Lautlingen	vorh	71	Albstadt-Lautlingen	48.21	8.96	698	KL	01.11.1986	31.12.2003	MIRAKEL
2220	Kappelberg	450	4931	Stuttgart-Flughafen	vorh	4931	Stuttgart-Echterding	48.69	9.23	371	KL	01.01.1953	22.07.2007	MIRAKEL
2240	Orchideenwiese Küßnach	610	5731	Wutöschingen	vorh	5731	Wutöschingen-Ofter	47.68	8.38	398	KL	01.01.1961	22.07.2007	MIRAKEL
			604	Bonndorf/Schwarzwald	- fehlt -	604	Bonndorf/Schwarzwa	47.82	8.34	875	KL	01.01.1971	31.10.2005	MIRAKEL
2260	Büchelberg	540	2996	Liebenzell, Bad	- fehlt -	2996	Liebenzell, Bad	48.77	8.73	352	KL	01.01.1947	31.12.1960	MIRAKEL
			4160	Renningen-Ihinger Hof	- fehlt -	4160	Renningen-Ihinger H	48.74	8.93	478	KL	01.07.2004	22.07.2007	MIRAKEL
2290	Kaiserberg	200	710	Bretten	- fehlt -	710	Bretten	49.03	8.7	185	KL	01.11.1983	31.12.2003	MIRAKEL
2330	Apfelberg	322	4987	Tauberbischofsheim	vorh	4987	Tauberbischofsheim	49.61	9.68	179	KL	01.05.1986	30.06.2004	MIRAKEL
2400	Bisten	940	2228	Hinterzarten	vorh	2228	Hinterzarten	47.9	8.11	883	KL	01.01.1946	31.03.2005	MIRAKEL
2460	Taubergießen	160	2812	Lahr	vorh	2812	Lahr	48.37	7.83	155	KL	01.01.1950	22.07.2007	MIRAKEL
2530	Steinbruch Sulzbach	210	5906	Mannheim	vorh	5906	Mannheim	49.51	8.56	96.1	KL	01.01.1936	22.07.2007	MIRAKEL
			1093	Eberbach/Neckar	vorh	1093	Eberbach/Neckar	49.46	8.98	176	KL	01.01.1951	31.10.2005	MIRAKEL
2540	Rohrhardsberg	1100	4549	Schönwald/Schwarzwald	vorh	4549	Schönwald/Schwarz	48.1	8.2	1021	KL	01.05.1977	30.04.2007	MIRAKEL
2550	Feldberg	1470	1346	Feldberg/Schwarzwald	vorh	1346	Feldberg/Schwarzwa	47.88	8	1486	KL	01.01.1945	22.07.2007	MIRAKEL
2560	Belchen	1280	1346	Feldberg/Schwarzwald	vorh	1346	Feldberg/Schwarzwa	47.88	8	1486	KL	01.01.1945	22.07.2007	MIRAKEL
2570	Rauhe Wiese	660	4887	Stötten	vorh	4887	Stötten	48.67	9.87	734	KL	01.01.1947	22.07.2007	MIRAKEL
2031	Aulendorf	590	238	Aulendorf	vorh	238	Aulendorf-Spiegler	47.97	9.67	560	KL	01.01.1951	31.12.2004	MIRAKEL



**Abb. 3.49.** Klimadiagramm (Monatsmittelwerte) der zur DBF 2460 Taubergießen nahe gelegenen Station „2812 Lahr“ des DWD. **Oben:** Rote Linie - Mittlere Temperatur des Monats (°C), Blaue Linie - Niederschlagssumme des Monats in cm (= mm/10), roter Stern / blauer Stern (nahe der 0°C Linie): fehlender Wert, brauner Stern (nahe der 10°C Linie): „relativ trockener Monat“. **Mitte:** Balken - Abweichung der Mittleren Temperatur des Monats vom langjährigen Mittel des jeweiligen Monats (langjähriges Mittel der vorhandenen Werte). **Unten:** Kumulative Summen aller Monatstemperaturen über 5°C für das jeweilige Jahr (die 5°C Linie wurde in der oberen Graphik rot gestrichelt). Die Juni-Werte sind zusätzlich durch eine gestrichelte Linie verbunden, um auf die Temperaturunterschiede in der Vegetationsperiode hinzuweisen.

Die vorhandenen Monatsmittelwerte zu allen vorhandenen Stationen wurden graphisch aufgearbeitet und sind in der Anlage 2 zu diesem Bericht (nur als PowerPoint-Datei auf CD) dargestellt.

Exemplarisch sei an dieser Stelle die Graphik für die DWD-Station 2812 Lahr (zu DBF 2460 Taubergießen) wiedergegeben (siehe Abb. 3.49).

Da das vorhandene Datenmaterial sehr lückenhaft ist und da monatliche Mittelwerte für die vorgesehenen Auswertungen nur bedingt geeignet sind, wurden weitere Auswertungen bisher nicht durchgeführt.

## 4. Diskussion

### 4.1. Methodische Probleme beim Vergleich der Vegetationsaufnahmen langjähriger Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

#### *Allgemeine Probleme*

Beim langjährigen Vergleich von Vegetationsaufnahmen auf Dauerbeobachtungsflächen ergeben sich folgende allgemeine Probleme:

- 1) Die Deckung einer Art an einem bestimmten Tag des Jahres ist abhängig vom Entwicklungsstand der Art, der wiederum vom Witterungsverlauf im betreffenden Jahr beeinflusst wurde.
- 2) Die Deckung einer Art kann von den aktuellen Witterungsbedingungen des Aufnahmetages abhängig sein. Bei Regen nasse Moose haben z.B. meist höhere Deckungswerte als trockene Moose.
- 3) Deckungsschätzungen (insbesondere in Prozent) enthalten generell einen Schätzfehler, der zwischen verschiedenen Jahren und verschiedenen Bearbeitern erheblich sein kann. Die Witterungsbedingungen am Aufnahmetag können sich auf die Schätzungen auswirken (Lichtverhältnisse, Regen).
- 4) Die Wuchsform einer Art (Gräser, großblättrige Stauden) kann sich stark auf die Schätzung ihrer Deckung auswirken.
- 5) Deckungsschätzungen in mehrschichtigen Beständen können immer Fehler enthalten, die von der Blickrichtung (Perspektive) des Schätzers abhängig sind.

Diese Probleme wurden und werden in der vorhandenen Fachliteratur kontrovers diskutiert (z.B. Miller et al. 2007, Vittoz & Guisan 2007).

#### *Die Gesamtaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen (Braun-Blanquet-Skala)*

In den Jahren 1987, 1996, 1999 (Neuanlage der DBF 2540 bis 2570) und 2006 wurden Gesamt-Vegetationsaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen nach Braun-Blanquet durchgeführt. Beim Vergleich dieser Vegetationsaufnahmen aus verschiedenen Jahren ergeben sich folgende Probleme:

- 1) Ein Vergleich des *Arteninventars* (Artenzahlen, seltene Arten) ist nicht möglich, da die Bearbeitungsintensität in den verschiedenen Jahren sehr unterschiedlich war. Die Aufnahmen von 1987 und 1996 sind verglichen mit den Aufnahmen von 2006 unvollständig (siehe Abb. 3.24 in Kap. 3.2.2).
- 2) Für eine Bewertung geringer bis mittlerer Veränderungen der Vegetationszusammensetzung, wie sie durch atmosphärische Depositionen und klimatische Veränderungen zu erwarten wären, ist die Deckungsschätzung nach Braun-Blanquet zu grob. Dies gilt besonders für Deckungsschwankungen der subdominanten und dominanten Arten.
- 3) Ein Vergleich der *Deckungswerte* ist unbefriedigend, da Deckungsänderungen bei Braun-Blanquet-Schätzungen mindestens 2 Stufen betreffen müssen, damit von einer eindeutigen Änderung gesprochen werden kann. Wenn beispielsweise die Deckung von Braun-Blanquet-Stufe „3“ auf „4“ zunimmt,

dann kann dies auch nur bedeuten, dass die tatsächliche Deckung von 49,5% auf 50,5% gestiegen ist. Erst ein Sprung von „3“ auf „5“ sagt aus, dass eine Deckungszunahme von mindestens 25% vorliegt.“

- 4) Ein Vergleich zwischen den Aufnahmen verschiedener Dauerbeobachtungsflächen wird durch die z.T. unterschiedliche Flächengröße (zwischen 40 (DBF 2130) und 100 m<sup>2</sup>) erschwert.
- 5) Die Zeitabstände zwischen den Aufnahmen sind zu groß. Sie können mittel- bis kurzfristige Veränderungen nicht ausreichend abbilden.

Eine Auswertung und ein Vergleich der *mittleren Zeigerwerte* aber auch anderer abgeleiteten Größen für diese Vegetationsaufnahmen erscheint aus diesen Gründen problematisch.

### *Die Sukzessionsquadrate der Dauerbeobachtungsflächen (Prozentskala)*

In den Jahren 1988, 1990, 1992, 1994, 1996 (nur 6 DBFs), 1999 (Neuanlage der DBF 2540 bis 2570) 2003 und 2006 wurden Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate durchgeführt. Die Deckungsschätzung erfolgte in Prozent.

Diese Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate stellen die wesentliche Grundlage für eine Auswertung in Beziehung zu den Veränderungen der atmosphärischen Deposition und des Klimas dar.

Beim Vergleich der Vegetationsaufnahmen der Sukzessionsquadrate aus verschiedenen Jahren ergeben sich folgende Probleme:

- 1) Die Abstände zwischen den Aufnahmejahren sind unterschiedlich. Während in den Anfangsjahren in zweijährigen Abständen aufgenommen wurde, liegen für die DBF, die 1996 nicht aufgenommen wurden, zwischen der Aufnahme 1994 und 1999 fünf Jahre.
- 2) Mit einer Fläche von jeweils nur 1 m<sup>2</sup> sind die Sukzessionsquadrate recht klein. Sie liegen unterhalb der in der einschlägigen Fachliteratur für Vegetationsaufnahmen im Grünland empfohlenen Flächengröße (z.B. Dierssen (1990): 10-25 m<sup>2</sup>) und sind deshalb nicht geeignet, das Arteninventar der Gesellschaft vollständig abzubilden. Insbesondere in artenarmen Beständen (z.B. Borstgrasrasen) können Stichprobeneffekte (sampling effects) deshalb die mittleren Zeigerwerte stärker beeinflussen (siehe hierzu auch Ewald 2003).
- 3) Von 1999 nach 2003 hat ein Bearbeiterwechsel stattgefunden. Dieser Bearbeiterwechsel lässt sich in der Art der Deckungsschätzung in den Daten nachvollziehen. Im Jahr 2003 wurde offensichtlich in gröberen Stufen geschätzt als in den Jahren zuvor.
- 4) Im Jahr 2006 hat ein wesentlicher Wechsel in der Methodik stattgefunden. Während die Deckung der Arten in den 10 (bzw. 6 bei DBF 2220) Sukzessionsquadraten bis 2003 für jedes Quadrat getrennt geschätzt wurde, wurde 2006 die Deckung der Arten für alle 10 Quadrate gemeinsam geschätzt. Dies hat den Nachteil, dass die Heterogenität der Teilquadrate (die oft ökologische Gradienten widerspiegeln) nicht mehr beurteilt werden kann. Auch scheint sich der Methodenwechsel in den mittleren gewichteten Zeigerwerten wiederzuspiegeln.

## 4.2 Der Einfluß von Bewirtschaftung und Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung der Grünlandvegetation

Pflanzengemeinschaften sind Populationen verschiedener Arten, die untereinander und mit ihrem Standort in einem dynamischen Gleichgewicht stehen. Als solche spiegeln sie die Bedingungen an ihrem Standort (Standortbedingungen) und die Veränderungen in Ihrer Umwelt wieder. Bei der Vegetation der untersuchten Grünland-Dauerbeobachtungsflächen handelt es sich um anthropogene Vegetationstypen, die zu ihrer Erhaltung oder Wiederherstellung gezielter Eingriffe in die Pflanzendecke (Mahd, Beweidung, Brand) bedürfen (Briemle et al. 1991, Dierschke 2007).

Grünland spiegelt also in seiner Vegetationszusammensetzung nicht nur die natürlichen Standortbedingungen, sondern vor allem auch die durch die Nutzung (bzw. Pflege) geschaffenen Bedingungen wieder. Eine Aufgabe der Grünlandnutzung leitet eine sekundäre Sukzession ein. Diese führt in der Regel über Stadien der Versaumung, Verbuschung und Bewaldung zur Klimax-Waldgesellschaft des Standortes.

Aber nicht nur die Aufgabe der Nutzung, sondern auch die Änderung der Nutzungsart und/oder Nutzungsintensität spiegelt sich in der Grünlandvegetation wieder. Treten derartige nutzungs- bzw. pflegebedingte Veränderungen in der Vegetation auf, können diese nur schwer von den durch anthropogene Depositionen und klimatische Änderungen verursachten Vegetationsveränderungen unterschieden werden.

Die Problematik soll hier an einigen Beispielen dargestellt werden:

- 1) Nutzungsaufgabe von Grünland und die damit eingeleitete Sukzession (Versaumung, Verbrachung, Verbuschung) führt meist zur Veränderung der Lichtverhältnisse und mikroklimatischen Bedingungen am Standort (Bestandsklima). Für die Grünlandvegetation können diese Änderungen ebenso bedeutend oder bedeutender sein als Veränderungen der lokalen Klimabedingungen.
- 2) Nutzungsbedingte Nährstoffzufuhr (gezielte Düngung oder Abdrift aus benachbarten landwirtschaftlichen Flächen) kann nicht von einer Düngung durch anthropogene Depositionen unterschieden werden.
- 3) Durch Änderungen der Nutzungsart oder Nutzungsintensität kann es zu einem stärkeren oder schwächeren Entzug von Nährstoffen aus dem Ökosystem kommen (z.B. Mahd mit Entfernen des Mähgutes oder Mulchen). Die Änderung der Nährstoffversorgung spiegelt sich in der Vegetationszusammensetzung wieder.

Insgesamt sind (beim passiven Monitoring) die durch Veränderung der Nutzungsart und –intensität des Grünlandes verursachten Änderungen der Standortbedingungen oft größer als die durch atmosphärische Depositionen und klimatische Einflüsse zu erwartenden Änderungen.

#### 4.3 Der Einfluß atmosphärischer Depositionen auf die Entwicklung der Grünlandvegetation

Zum passiven Monitoring und zur allgemeinen Umweltbeobachtung herangezogene Bioindikatoren (Arten und Gesellschaften) werden durch viele Faktoren beeinflusst und nur in seltenen Fällen ist eine direkte Beziehung zwischen Ursachen und Wirkung möglich ist (Traxler 1997, Arndt, Nobel & Schweizer 1987). Beim passiven Monitoring von Grünlandvegetation an Dauerbeobachtungsflächen sind grundsätzlich folgende Einflüsse atmosphärischer Depositionen zu erwarten:

##### *Veränderungen der Elementgehalte in den Arten*

Die in den Pflanzenproben von Grünland-Dauerbeobachtungsflächen gemessenen Elementkonzentrationen wurden im Kapitel 3.4 dargestellt und diskutiert (siehe auch Anhang 4).

Folgende Trends wurden dabei festgestellt:

##### 1) Rückgang der Schwefelkonzentrationen

Der allgemeine Rückgang der Schwefelkonzentration in Pflanzenproben der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (Abb. 3.42) steht im Einklang mit dem Rückgang der modellierten Schwefeldeposition an allen Standorten (Abb. 3.37). Er ist bedingt durch den starken Rückgang von  $\text{SO}_4^-$  im Niederschlag (nasse Deposition).

Obwohl in landwirtschaftlichen Kulturen bereits ein Schwefelmangel festgestellt wurde, der in Zukunft erhöhte Düngerkonzentrationen erfordern wird (Zhao et al. 2003), ist wohl nicht damit zu rechnen, dass dies auch für extensives Magergrünland von Bedeutung sein könnte.

##### 2) Rückgang der Bleikonzentrationen

Der allgemeine Rückgang der Bleikonzentration in Pflanzenproben der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (Abb. 3.45) ist ein Beleg für die Wirkung der Maßnahmen des Benzin-Blei- Gesetzes.

##### 3) Teilweise Erhöhung der Stickstoffkonzentrationen

Der in den modellierten Stickstoffdepositionen an einigen Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren von 1998 bis 2004 zu beobachtende Anstieg (Abb 3.40) kann tendenziell auch in den Elementkonzentrationen der Pflanzenproben nachvollzogen werden (Abb. A4.1, im Anhang 4), allerdings sind diese Messwerte sehr lückenhaft. Er steht ebenfalls im Einklang mit dem an einigen Standorten zu beobachtenden Anstieg des mittleren gewichteten Ellenberg-N-Wertes (Abb 3.36).

*Direkte Schädigungen von Arten über die Luft oder durch die Akkumulation von Schadstoffen im Boden*

Direkte Schädigungen von Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen über die Luft oder durch die Akkumulation von Schadstoffen im Boden liessen sich aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht ableiten.

*Veränderungen der Standortbedingungen (Nährstoffverhältnisse, Bodenreaktion), die die Vitalität und Konkurrenzkraft von Arten beeinflussen und sich in der Artenzusammensetzung (Arteninventar, Deckung) des Standortes widerspiegeln*

An allen Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen waren im Beobachtungszeitraum mehr oder weniger starke Veränderungen der Artenzusammensetzung zu beobachten.

Der größte Teil der Veränderungen geht dabei vermutlich auf nutzungs- bzw. pflegebedingte Sukzessionsprozesse zurück.

Zwei Faktoren stehen bei der Beurteilung von durch atmosphärische Depositionen verursachten Veränderungen im Vordergrund: 1. die Bodenreaktion und 2. die Nährstoffverhältnisse (vor allem Stickstoff).

Die untersuchten Standorte (Dauerbeobachtungsflächen) gliedern sich entsprechend ihrer **Bodenreaktion** in drei Standortgruppen: Offensichtlich saure Standorte (DBF 2540 bis 2570), mittlere Standorte (DBF 2120, 2220, 2400), offensichtlich basenreiche Standorte (alle anderen DBF). Bei den basenreichen Standorten konnten keine zeitlichen Trends in den mittleren gewichteten Reaktionszahlen beobachtet werden. Die bodensauren Standorte zeigten zwar stärkere Schwankungen in den Reaktionszahlen, aber ebenfalls keine offensichtlichen zeitlichen Trends.

Die Standorte mit einer mittleren Ellenberg-(Boden-)Reaktionszahl sind diejenigen, bei denen am ehesten mit einem Einfluß anthropogener Depositionen auf die Bodenreaktion gerechnet werden kann. Der Standort 2400 Bisten zeigt jedoch nur eine geringe räumliche Heterogenität und keinen zeitlichen Trend. Der Standort 2120 Irndorfer Hardt zeigt eine auffallende räumliche Heterogenität, aber ebenfalls keinen zeitlichen Trend. Auch der Standort 2220 Kappelberg ist räumlich sehr heterogen. Auffallend ist an diesem Standort aber ein leichter Trend zur Abnahme der mittleren Reaktionszahl, der durch die Ausbreitung von *Calluna vulgaris* in einigen Sukzessionsquadraten (dadurch Versauerung des Oberbodens) erklärt werden kann.

Bei der Betrachtung der **Nährstoffverhältnisse** an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen lässt sich bei vielen Standorten von 1988 bis in die späten 90er Jahre ein Trend des Rückganges der gewichteten mittleren Ellenberg-Nährstoffzahlen beobachten. Als Ursachen für diesen kommen zwei Faktoren in Frage: 1. der Einfluß einer intensiveren Pflege der Standorte durch den Naturschutz und der dadurch verursachte Nährstoffentzug und 2. der Rückgang atmosphärischer Stickstoffdepositionen in diesem Zeitraum. Während der 1. Faktor für die meisten Standorte sicherlich zutrifft, kann für den 2. Faktor aus den gemessenen

Elementkonzentrationen in Pflanzen und aus den modellierten Stickstoffdepositionen an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zumindest eine gewisse Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

Etwa seit Ende der 90er Jahre ist einigen Dauerbeobachtungsflächen wieder ein Ansteigen der mittleren gewichteten Ellenberg-Nährstoffzahlen zu verzeichnen. Mögliche Erklärungen wären in Analogie zu dem zuvor beobachteten Rückgang: 1. eine verminderte Pflegeintensität (verringertes Nährstoffentzug) und 2. der Wiederanstieg atmosphärischer Stickstoffdepositionen. Während ein Rückgang der Pflegeintensität nicht dokumentiert ist, kann aus den modellierten Stickstoffdepositionen an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (siehe Kap. 3.3) angenommen werden, dass es in diesem Zeitraum tatsächlich zu einer leichten Erhöhung atmosphärischer Stickstoffdepositionen an den Standorten gekommen ist.

Auch die in vielen Dauerbeobachtungsflächen zu beobachtenden Deckungsveränderungen von *Brachypodium pinnatum* sollten nicht nur in Zusammenhang mit der Veränderung der Pflege- bzw. Nutzungsintensität der Flächen gesehen werden. In verschiedenen Arbeiten (z.B. Bobbink 1991, Schwab et al. 1996) konnte gezeigt werden, dass bei Stickstoffzufuhr insbesondere *Brachypodium pinnatum* seine Deckungsanteile erhöhen kann.

Die Auswirkungen leichter Düngung und atmosphärischer NO<sub>x</sub>-Einträge auf die Vegetation von Magerrasen werden von Briemle (2006a, 2006b) am Beispiel einer Versuchsanlage am Filsenberg (nahe DBF 2180) diskutiert. Der Autor zeigt am Beispiel eines Kalkmagerrasens der Schwäbischen Alb, dass eine leichte Düngung (NPK 10/10/16 kg/ha\*a) sich durchaus positiv auf die Artenzahl eines gemähten Halbtrockenrasens auswirken kann. Allerdings zeigen auf den Versuchsflächen mit Mahd und Düngung (niedrig und hoch) die mittleren gewichteten Ellenberg-N-Werte eine leicht steigende Tendenz. Dies könnte langfristig negative Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung des Bestandes haben. Welche Arten von der Düngung profitieren, wurde in der Arbeit aber nicht dargestellt.

Auch die modellierten **Ozonkonzentrationen** (AOT40-Werte) an den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zeigen keine Beziehungen zu möglicherweise abgelaufenen Vegetationsveränderungen. Es konnten weder räumliche Veränderungsmuster noch die Beeinflussung der Vegetation infolge O<sub>3</sub>-reicher Jahre ermittelt werden. Dies steht im Einklang mit experimentellen Funden, dass die meisten Arten des nährstoffarmen Grünlandes nur schwach auf erhöhte Ozonkonzentrationen reagieren (Hayes et al. 2006, Bassin et al. 2006, Bassin et al. 2007).

Allerdings ist es schwierig zu beurteilen welchen Einfluß die erhöhten Ozonwerte im „klimatischen Extremjahr“ 2003 auf die zu beobachtenden Veränderungen der Vegetation hatten.

#### 4.4 Der Einfluß des Klimas auf die Entwicklung der Grünlandvegetation

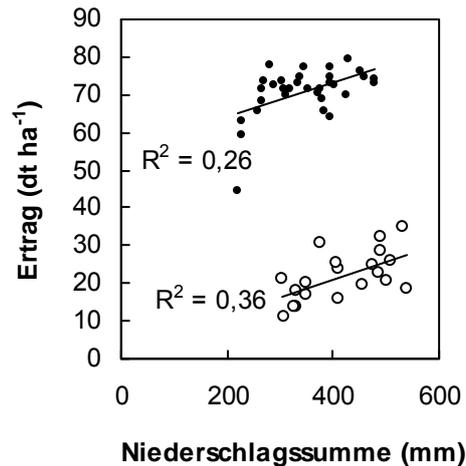
Wie in Kapitel 3.5 dargestellt, liegen die notwendigen Klimadaten zur Analyse des Einflusses des Klimas auf die Entwicklung der Vegetation der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen bisher nicht vor.

Aus der Auswertung der Vegetationsentwicklung an den einzelnen DBF, sowie aus der Auswertung der mittleren, gewichteten Zeigerwerte der Sukzessionsquadrate können bisher jedoch einige Feststellungen getroffen werden:

- 1.) Die Beurteilung des Einflusses des Klimas auf die Vegetationsentwicklung wird durch methodische Probleme erschwert. Dazu zählen:
  - die unregelmäßigen Zeitabstände bei der Aufnahme der Sukzessionsquadrate (siehe Tab. 2.5),
  - die z.T. erheblichen Unterschiede (bis zu 4 Wochen) im Aufnahmedatum der Sukzessionsquadrate (siehe Tab. 2.7),
  - der unzureichend dokumentierte Einfluß der Pflege/Bewirtschaftung auf die Vegetation der DBF,
  - der Bearbeiterwechsel im Jahr 2003,
  - der Methodenwechsel bei der Aufnahme der Sukzessionsquadrate im Jahr 2006.
- 2.) Die durchgeführten Pflegemaßnahmen führen vermutlich zu mikroklimatischen Veränderungen am Standort, die nicht ohneweiteres von den Einflüssen des Makroklimas getrennt werden können und sich gegebenenfalls stärker auswirken als klimatische Trends.
- 3.) An einigen DBF sind Schwankungen der Vegetationszusammensetzung zu beobachten, die auf klimatische Ursachen zurück zuführen sein könnten.
- 4.) Das „klimatische Ausnahmejahr“ 2003 ist in den DCAs fast aller DBF durch auffällige Abweichungen in der Vegetationszusammensetzung deutlich zu erkennen.
- 5.) Soweit der Methodenwechsel im Jahr 2006 eine Beurteilung zulässt, sind die im Jahr 2003 festzustellenden Veränderungen der Vegetationszusammensetzung im Jahr 2006 nicht mehr (oder nur noch sehr schwach) aufzufinden.

Generell kann festgestellt werden, dass die verfügbare Niederschlagsmenge und die mittlere Temperatur während der Vegetationsperiode entscheidenden Einfluss auf die Biomassebildung haben, wobei es deutliche Unterschiede der Wiesenarten hinsichtlich der Thermo- und Hygrosensitivität gibt.

Im Dauergrünland ist grundsätzlich mit Verschiebungen der Dominanzverhältnisse zu rechnen. So können in günstigen (wüchsigen) Jahren die Feuchte liebenden und produktiven Arten große Deckungs- und Massenanteile erreichen, während in trockenen Jahren die an Trockenheit angepassten Arten den Bestand dominieren. Neben starken interannuellen Schwankungen der Biomasseproduktion und der interspezifischen Konkurrenz ergeben sich hieraus auch Veränderungen der Qualität des Wiesenaufwuchses. Die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und den Wiesenerträgen ist in nachfolgender Abbildung anhand von zwei Beispielen aus Baden-Württemberg dargestellt.



**Abbildung 4.1.** Beziehung der Grünlanderträge zu den Niederschlagssummen am Beispiel der mittleren Wiesenerträge im Regierungsbezirk Stuttgart (●) und der am Filsenberg (Mössingen) in einer ungedüngten Magerwiese (○) ermittelten Erträge. Die angegebenen Niederschlagssummen beziehen sich auf den Zeitraum März bis Juli im Falle Stuttgarts (DWD Station Stuttgart) und auf den Zeitraum von Februar bis Juni beim Filsenberg. Ertragsdaten für den RB Stuttgart für den Zeitraum 1975-2005 nach StaLa (pers. Auskunft) und für den Filsenberg (MoD-Parzelle „Mahd ohne Düngung“) nach Briemle (2005).

Grundsätzlich dürften die untersuchten Grünland-DBF wie das Wirtschaftsgrünland auch unter Sommerdürren leiden und sollten in Jahren mit extremen Klimabedingungen mit einer geringeren Vitalität, Deckung und Masse der hygromorphen Arten (zumeist großblättrige Kräuter) reagieren.

Bei den meisten Grünland-DBF handelt es sich aber um Trockenrasengesellschaften auf flachgründigen Böden mit vielen Xerophyten, so dass eine deutliche Reaktion auf den Trockenstress nicht unbedingt erwartet werden kann.

Eine neuere Veröffentlichung von Grime et al. (2008) zeigte auch nach 13 Jahren eines Manipulationsversuches nur geringen Einfluß simulierter Klimaänderungen (kontrollierte Veränderung von Temperatur und Niederschlag) auf mageres, beweidetes Grasland (infertile, grazed grassland) in Nord-Endgland. Allerdings führten die Erhöhung der Wintertemperatur und die Senkung der Sommerniederschläge zu einer signifikanten Reduktion der Artenzahlen. Die Reduktion der Sommerniederschläge bewirkte sogar eine signifikante Veränderung der Artenzusammensetzung. Die Autoren betonen jedoch, dass die durch die Klimamanipulationen verursachten Veränderungen in der Vegetation verglichen mit den jährlichen Schwankungen relativ unbedeutend sind. Auf Grund der unterschiedlichen Standort- und Klimabedingungen, sowie der anderen Zusammensetzung der Vegetation ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf mitteleuropäische Verhältnisse jedoch fraglich.

## 5. Literatur

- Anshelm, F. & Th. Gauger (2002): Mapping of ecosystem specific long-term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with Critical Loads and Critical Levels Exceedances. Final report 299 42 210 on behalf of Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Berlin. Institut für Navigation der Universität Stuttgart (INS). Stuttgart. 108S.
- Arndt, U., Nobel, W., Schweizer, B. (1987). Bioindikatoren - Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse.- Ulmer, Stuttgart.
- Bassin, S., Volk, M. & J. Fuhrer (2006): Factors affecting the ozone sensitivity of temperate European grasslands: An overview.- *Environ. Pollution* 146: 678-691.
- Bassin, S., Volk, M., Suter, M., Buchmann, N. & J. Fuhrer (2007): Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment.- *New Phytol.* 175: 523-534.
- Benter, D., Hafner, J., Rueß, L., Tschirko, D. & E. Kandeler (2006): Endbericht zum Projekt: Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen in Baden-Württemberg - Methodenetablierung und Aufnahme der „Baseline“.- Stuttgart-Hohenheim.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)(2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt.- Paderborn.
- Bobbink, R. (1991): Effects of nutrient enrichment in Dutch chalk grassland.- *Journal of Applied Ecology* 28: 28-41.
- Burkart, M., Dierschke, H., Hölzel, N., Nowak, B. & Fartmann, T. (2004): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 9: Molinio-Arrhenatheretea, Teil 2: Molinietalia. Futter- und Streuwiesen feucht-nasser Standorte und Klassenübersicht Molinio-Arrhenatheretea.- Göttingen.
- Briemle, G. (2005): 20 Jahre Magerwiesenversuch Filsenberg (Schwäbische Alb). Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf - Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Wild, Fischerei - LVVG Aulendorf, Versuchsbericht 171/05, 37 S.
- Briemle, G. (2006a): Höchste Artenvielfalt in Magerwiesen durch leichte Düngung. *Landinfo* 1/06: 19-25.
- Briemle, G. (2006b): Keine Aufdüngung von Magerwiesen durch atmosphärische NO<sub>x</sub>-Einträge erkennbar! *Landinfo* 2/06:25-30.
- Briemle, G., Eickhoff, D. & R. Wolf (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht – Praktische Anleitung zur Erkennung, Nutzung und Pflege von Grünlandgesellschaften.- Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 60: 1-160.
- Dierschke, H. (1997) (Hrsg.): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 3: Molinio-Arrhenatheretea, Teil 1: Arrhenatheretalia. Wiesen und Weiden frischer Standorte.- Göttingen.
- Dierschke, H. (2007): Pflanzengesellschaften des Extensiv- und Kulturgraslandes in seiner bundesweiten Bedeutung für den Naturschutz.- *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 43: 49-65.
- Dierschke, H. & G. Briemle (2002): Kulturgrasland.- Ulmer Verlag, Stuttgart-Hohenheim.
- Dierssen, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie.- Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & D. Paulißen (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Verlag Erich Goltze. 258 S.

- Ewald, J. (2003): The sensitivity of Ellenberg indicator values to the completeness of vegetation relevés.- *Basic and Applied Ecology* 4: 507-513.
- Gauger, Th., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dämmgen, U., Bleeker, A., Erisman, J.W., Vermeulen, A.T., Schaap, M., Timmermanns, R.M.A., Buijltjes, P.J.H., Duyzer, J.H., Nagel, H.-D., Becker, R., Kraft, P., Schlutow, A., Schütze, G., Weigelt-Kirchner, R. & F. Anshelm (2007): Erfüllung der Zielvorgaben der UNECE-Luftreinhaltekonvention (Wirkungen): ICP Modelling & Mapping NFC; Schwermetalle (Critical Loads, Depositions); Stickstoff und Säure (Deposition); Stickstoff (Wirkung); Materialkorrosion; kritische Ozonflüsse – Teil 1: Deposition Loads: Methoden, Modellierung und Kartierungsergebnisse, Trends. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Teil 2: Wirkungen und Risikoabschätzungen: Critical Loads, Biodiversität, Dynamische Modellierung, Critical Levels Überschreitungen, Materialkorrosion. Institut für Agrarökologie (FAL-AOE), Braunschweig. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 204 63 252.
- Grime, J.P., Fridley, J.D., Askew, A.P., Thompson, K., Hodgson, J.G. & C.R. Bennett (2008): Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland.- *PNAS Early Edition*, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0711567105](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0711567105).
- Hayes, F., Jones, M.L.M., Mills, G. & M. Ashmore (2007): Meta-analysis of the relative sensitivity of semi-natural vegetation to ozone.- *Environmental Pollution* 146: 754-762.
- Hölzer, A. (1978): Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen am Kaiserberg bei Bruchsal.- *Beitr. naturk. Forsch. SüdwDtl.* 37: 55-92.
- Hutter, C.-P., Briemle, G. & C. Fink (2002) (Hrsg.): Wiesen, Weiden und anderes Grünland. Biotop-Bestimmungs-Bücher. Biotope erkennen, bestimmen, schützen.- Stuttgart.
- Klink & Partner (2004): Vegetationskundliche Untersuchungen auf Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg 2003. LUBW Abschlußbericht 9/2004.- Merdingen.
- Klink & Partner (2007): Vegetationskundliche Untersuchungen auf Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg 2006. LUBW Abschlußbericht 7/2007.- Merdingen.
- Krebs, C.J. (1999): *Ecological Methodology*.- 2. Auflage, Addison Wesley Longman, New York.
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1998): Geowissenschaftliche Übersichtskarten von Baden-Württemberg 1:350.000.- CD Rom.
- Legendre, P. & L. Legendre (1998): *Numerical Ecology*.- (= *Developments in Environmental Monitoring* 20), Elsevier, Amsterdam.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1991): Methoden der Wirkungserhebung in Wald-Dauerbeobachtungsflächen – Schwerpunkt Botanik.- Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 64: 1-228.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1995): Methoden zur Wirkungserhebung – Ein Methodenhandbuch.- 2. Auflage, Karlsruhe, 78 S.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (2005): Signale aus der Natur. 20 Jahre biologische Umweltbeobachtung.- Karlsruhe.
- McCune, B., & J.B. Grace. (2002): *Analysis of ecological communities*.- MjM Software Design.

- Meynen & Schmithüsen (1962): Handbuch zur naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- Bad Godesberg, Bd. 1 u. 2, 1339 S.
- Miller, M.E., Witwicki, D.L., Mann, R.K. & N.J. Tancreto (2007): Field Evaluations of Sampling Methods for Long-Term Monitoring of Upland Ecosystems on the Colorado Plateau.- U.S. Geological Survey Open File Report 2007-1243, <http://www.pubs.usgs.gov/of/2007/1243>.
- Nitsche, S. & L. Nitsche (1994): Extensive Grünlandnutzung.- Radebeul.
- Oberdorfer, E. (1993a) (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgras-Gesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren.- 3. Auflage, Gustav Fischer, Stuttgart.
- Oberdorfer, E. (1993b) (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften.- 3. Auflage, Gustav Fischer, Stuttgart.
- Oppermann, R. & H. U. Gujer (2003) (Hrsg.): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis.- Ulmer Verlag, Stuttgart-Hohenheim.
- RIPS (2007): Daten aus dem Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), 28.11.2007, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- Schumacher, W. & J. Busenkell (2008) (Hrsg.): Expertenworkshop „Biodiversität der Graslandökosysteme Mitteleuropas“. Kurzfassung der Vorträge.- [http://www.usl.uni-bonn.de/pdf/Biodiversitaet\\_Vortraege.pdf](http://www.usl.uni-bonn.de/pdf/Biodiversitaet_Vortraege.pdf).
- Schwab, U., Schlaf, S. & H. Flaig (1996): Vegetationsveränderungen im Zusammenhang mit atmosphärischen Stickstoffeinträgen.- Akademie für Technologiefolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Arbeitsbericht 57, Stuttgart.
- Traxler, A. (1997): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings.- Teil A: Methoden, Umweltbundesamt Wien.
- Vittoz, P. & Guisan, A. (2007): How reliable is the monitoring of permanent vegetation plots? A test with multiple observers.- *Journal of Vegetation Science* 18: 413-422.
- Zhao, F.J., Knights, J.S., Hu, Z.Y., McGrath S.P. (2003): Stable sulfur isotope ratio indicates long-term changes in sulfur deposition in the Broadbalk experiment since 1845. *Journal of Environmental Quality* 32: 33-39.

## 6. Anhang

	Seite
<b>Anhang 1:</b>	
Gesamtartenliste der Grünlanddauerbeobachtungsflächen	100
<b>Anhang 2:</b>	
Anzahl der in den einzelnen Vegetationsaufnahmen tatsächlich nachgewiesenen Arten sowie Berechnungen des potentiellen Artenpools.	104
<b>Anhang 3:</b>	
DCA-Diagramme der verschiedenen Dauerbeobachtungsflächen mit Sukzessionsvektoren der Sukzessionsquadrate und den Isolinien der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte	107
<b>Anhang 4:</b>	
Entwicklung verschiedener Elementkonzentrationen in den Aufwuchsproben verschiedener Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren von 1988 bis 2006	144

## Anhang 1:

Gesamtartenliste der Grünlanddauerbeobachtungsflächen  
Stand: 19.05.2008

293	Gefäßpflanzen (G)
61	Moose (M)
6	Flechten (F)
360	Summe

Die Tabelle 3.1 zeigt die Anzahl an Taxa in den Grünland-Aufnahmen (BrBI, Sukzessionsquadrate) in den verschiedenen Aufnahmejahren.

Kurzname	Gruppe	Name	Kurzname	Gruppe	Name
Abie.abi	M	<i>Thuidium abietinum</i> (Hedw.) Schimp.	Brac.rut	M	<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.
Acer.cam	G	<i>Acer campestre</i> L.	Brac.spe	M	<i>Brachythecium spec.</i>
Acer.pse	G	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Brac.vel	M	<i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) Schimp.
Acer.spe	G	<i>Acer spec.</i>	Briz.med	G	<i>Briza media</i> L.
Achi.mil	G	<i>Achillea millefolium</i> L.	Brom.ere	G	<i>Bromus erectus</i> Huds.
Agri.eup	G	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	Bryu.cap	M	<i>Bryum capillare</i> Hedw.
Agro.coa	G	<i>Agrostis vinealis</i> Schreb.	Bryu.rub	M	<i>Bryum rubens</i> Mitt.
Agro.gig	G	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Buph.sal	G	<i>Bupthalmum salicifolium</i> L.
Agro.sto	G	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Bupl.fal	G	<i>Bupleurum falcatum</i> L.
Agro.ten	G	<i>Agrostis capillaris</i> L.	Cala.epi	G	<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth
Ajug.rep	G	<i>Ajuga reptans</i> L.	Call.cus	M	<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske
Alch.mon	G	<i>Alchemilla monticola</i> Opiz	Call.vul	G	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull
Alch.vul	G	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Caly.sep	G	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.
Alli.vin	G	<i>Allium vineale</i> L.	Camp.chr	M	<i>Campylium chrysophyllum</i> (Brid.) Lange
Anac.pyr	G	<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.	Camp.glo	G	<i>Campanula glomerata</i> L.
Anem.nem	G	<i>Anemone nemorosa</i> L.	Camp.pat	G	<i>Campanula patula</i> L.
Ante.dio	G	<i>Antennaria dioica</i> (L.) P. Gaertn.	Camp.rap	G	<i>Campanula rapunculoides</i> L.
Anth.lil	G	<i>Anthericum liliago</i> L.	Camp.rot	G	<i>Campanula rotundifolia</i> L.
Anth.odo	G	<i>Anthericum ramosum</i> L.	Camp.sch	G	<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.
Anth.ram	G	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Card.pra	G	<i>Cardamine pratensis</i> L.
Anth.vul	G	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Care.car	G	<i>Carex caryophyllea</i> Latourr.
Arab.hir	G	<i>Arabis hirsuta</i> (L.) Scop.	Care.ech	G	<i>Carex echinata</i> Murray
Aren.ser	G	<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	Care.fla	G	<i>Carex flacca</i> Schreb.
Arni.mon	G	<i>Arnica montana</i> L.	Care.mon	G	<i>Carex montana</i> L.
Arrh.ela	G	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl	Care.orn	G	<i>Carex ornithopoda</i> Willd.
Aspe.cyn	G	<i>Asperula cynanchica</i> L.	Care.pal	G	<i>Carex pallescens</i> L.
Aste.ame	G	<i>Aster amellus</i> L.	Care.pil	G	<i>Carex pilulifera</i> L.
Aste.lin	G	<i>Aster linosyris</i> (L.) Bernh.	Care.spe	G	<i>Carex spec.</i>
Astr.gly	G	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L.	Care.umb	G	<i>Carex umbrosa</i> Host
Atri.und	M	<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	Carl.aca	G	<i>Carlina acaulis</i> L.
Aula.pal	M	<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	Carl.vul	G	<i>Carlina vulgaris</i> L.
Aven.fle	G	<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	Carp.bet	G	<i>Carpinus betulus</i> L.
Aven.pra	G	<i>Helictotrichon pratense</i> (L.) Besser	Caru.car	G	<i>Carum carvi</i> L.
Aven.pub	G	<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilg.	Cent.ery	G	<i>Centaurea scabiosa</i> L.
Barb.flo	M	<i>Barbilophozia floerkei</i> (F. Weber & D. Mohr) Loeske	Cent.jac	G	<i>Centaureum erythraea</i> Rafn
Barb.ung	M	<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	Cent.mon	G	<i>Centaurea jacea</i> L.
Bell.per	G	<i>Bellis perennis</i> L.	Cent.nig	G	<i>Centaurea montana</i> L.
Beto.off	G	<i>Betonica officinalis</i> L.	Cent.sca	G	<i>Centaurea nigra</i> L.
Betu.pen	G	<i>Betula pendula</i> Roth	Cera.arv	G	<i>Cerastium arvense</i> L.
Betu.pub	G	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Cera.hol	G	<i>Cerastium holosteoides</i> Fr.
Brac.alb	M	<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp.	Cera.pur	M	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.
Brac.pin	G	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.	Cetr.isl	F	<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.
			Cham.sag	G	<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) Gibbs
			Cirr.pil	M	<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout



Cirs.aca	G	<i>Cirsium acaule</i> Scop.	Frax.exc	G	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
Cirs.arv	G	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Funa.hyg	M	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.
Cirs.tub	G	<i>Cirsium tuberosum</i> (L.) All.	Gali.alb	G	<i>Galium album</i> Mill.
Clad.fim	F	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	Gali.har	G	<i>Galium saxatile</i> L.
Clad.fur	F	<i>Cladonia furcata</i> (Hudson) Schrader	Gali.mol	G	<i>Galium mollugo</i> L.
Clad.ran	F	<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber ex Wigg.	Gali.pum	G	<i>Galium pumilum</i> Murray
Clad.spe	F	<i>Cladonia spec.</i>	Gali.ver	G	<i>Galium verum</i> L.
Clem.vit	G	<i>Clematis vitalba</i> L.	Geni.pil	G	<i>Genista pilosa</i> L.
Clim.den	M	<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	Geni.tin	G	<i>Genista tinctoria</i> L.
Clin.vul	G	<i>Clinopodium vulgare</i> L.	Gent.cil	G	<i>Gentianella ciliata</i> (L.) Borkh.
Colc.aut	G	<i>Colchicum autumnale</i> L.	Gent.ger	G	<i>Gentianella germanica</i> (Willd.) Börner
Conv.arv	G	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Gent.lut	G	<i>Gentiana lutea</i> L.
Corn.san	G	<i>Cornus sanguinea</i> L.	Gera.san	G	<i>Geranium sanguineum</i> L.
Coro.var	G	<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen	Gera.syl	G	<i>Geranium sylvaticum</i> L.
Cory.ave	G	<i>Corylus avellana</i> L.	Glob.pun	G	<i>Globularia punctata</i> Lapeyr.
Crat.mon	G	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Gnap.uli	G	<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.
Crat.spe	G	<i>Crataegus spec.</i>	Gymn.con	G	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.
Crep.mol	G	<i>Crepis mollis</i> (Jacq.) Asch.	Hede.hel	G	<i>Hedera helix</i> L.
Crep.pal	G	<i>Crepis paludosa</i> (L.) Moench	Heli.num	G	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.
Crep.pra	G	<i>Crepis praemorsa</i> (L.) Walther	Hell.foe	G	<i>Helleborus foetidus</i> L.
Cruc.lae	G	<i>Cruciata laevipes</i> Opiz	Hera.sph	G	<i>Heracleum sphondylium</i> L.
Cten.mol	M	<i>Ctenidium molluscum</i> (Hedw.) Mitt.	Hier.lac	G	<i>Hieracium lachenalii</i> C. C. Gmel.
Cyno.cri	G	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	Hier.lae	G	<i>Hieracium laevigatum</i> Willd.
Dact.glo	G	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Hier.pil	G	<i>Hieracium pilosella</i> L.
Dact.mac	G	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	Hier.sab	G	<i>Hieracium sabaudum</i> L.
Dant.dec	G	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) Dc.	Hier.spe	G	<i>Hieracium spec.</i>
Dauc.car	G	<i>Daucus carota</i> L.	Hier.syl	G	<i>Hieracium murorum</i> L.
Desc.ces	G	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	Hier.umb	G	<i>Hieracium umbellatum</i> L.
Dian.car	G	<i>Dianthus carthusianorum</i> L.	Hipp.com	G	<i>Hippocrepis comosa</i> L.
Dian.seg	G	<i>Dianthus seguieri</i> Vill.	Holc.lan	G	<i>Holcus lanatus</i> L.
Dicr.het	M	<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	Homa.lut	M	<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H. Rob.
Dicr.pol	M	<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	Hylo.spl	M	<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.
Dicr.sco	M	<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	Hype.per	G	<i>Hypericum perforatum</i> L.
Diph.alp	G	<i>Diphasiastrum alpinum</i> (L.) Holub	Hype.spe	G	<i>Hypericum spec.</i>
Echi.vul	G	<i>Echium vulgare</i> L.	Hypn.cup	M	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.
Epip.atr	G	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm.) Besser	Hypn.lac	M	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i> Brid.
Erig.ann	G	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Hypo.mac	G	<i>Hypochaeris maculata</i> L.
Euon.eur	G	<i>Euonymus europaea</i> L.	Hypo.rad	G	<i>Hypochaeris radicata</i> L.
Euph.cyp	G	<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	Inul.	G	<i>cf. Inula</i>
Euph.hel	G	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Inul.con	G	<i>Inula conyzae</i> (Griess.) Meikle
Euph.ros	G	<i>Euphorbia verrucosa</i> L.	Inul.sal	G	<i>Inula salicina</i> L.
Euph.ver	G	<i>Euphrasia officinalis</i> subsp. <i>rozkoviana</i> (Hayne) Towns.	Junc.con	G	<i>Juncus conglomeratus</i> L.
Eurh.hia	M	<i>Eurhynchium hians</i> (Hedw.) Sande Lac.	Junc.eff	G	<i>Juncus effusus</i> L.
Eurh.pra	M	<i>Eurhynchium praelongum</i> (Hedw.) Schimp.	Junc.squ	G	<i>Juncus squarrosus</i> L.
Eurh.str	M	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp.	Juni.com	G	<i>Juniperus communis</i> L.
Eurh.swa	M	<i>Eurhynchium swartzii</i> (Turner) Curn.	Knau.arv	G	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.
Fag.syl	G	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Koel.pyK	G	<i>Koeleria pyramidata</i> (Lam.) P. Beauv.
Fall.con	G	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Å. Löve	Koel.pyr	G	<i>Koeleria pyramidata</i> agg.
Fest.aru	G	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Lath.aph	G	<i>Lathyrus aphaca</i> L.
Fest.lem	G	<i>Festuca guestfalica</i> Boenn. ex Rchb.	Lath.pra	G	<i>Lathyrus pratensis</i> L.
Fest.ovi	G	<i>Festuca ovina</i> L.	Leon.aut	G	<i>Leontodon autumnalis</i> L.
Fest.pra	G	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Leon.hel	G	<i>Leontodon helveticus</i> Mérat
Fest.rub	G	<i>Festuca rubra</i> L.	Leon.his	G	<i>Leontodon hispidus</i> L.
Fest.spe	G	<i>Festuca spec.</i>	Leuc.vul	G	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.
Fili.vul	G	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	Ligu.vul	G	<i>Ligustrum vulgare</i> L.
Fiss.tax	M	<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.	Linu.cat	G	<i>Linum catharticum</i> L.
Frag.ves	G	<i>Fragaria vesca</i> L.	Linu.leo	G	<i>Linum leonii</i> F. W. Schultz
Frag.vir	G	<i>Fragaria viridis</i> (Duchesne) Weston	Linu.ten	G	<i>Linum tenuifolium</i> L.
Fran.aln	G	<i>Frangula alnus</i> Mill.	List.ova	G	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br.
			Loph.bid	M	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dumort.
			Loph.min	M	<i>Lophocolea minor</i> Nees

Lotu.cor	G	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Pote.aur	G	<i>Potentilla aurea</i> L.
Lotu.hir	G	<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>hirsutus</i> Rothm.	Pote.ere	G	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.
Luzu.cam	G	<i>Luzula campestris</i> (L.) Dc.	Pote.hep	G	<i>Potentilla heptaphylla</i> L.
Luzu.luz	G	<i>Luzula luzuloides</i> (Lam.) Dandy & Wilm.	Pote.ver	G	<i>Potentilla verna</i> agg.
Luzu.syl	G	<i>Luzula sylvatica</i> (Huds.) Gaudin	Pottiace	M	<i>Pottiaceae</i>
Medi.fal	G	<i>Medicago falcata</i> L.	Prim.ver	G	<i>Primula veris</i> L.
Medi.lup	G	<i>Medicago lupulina</i> L.	Prun.dom	G	<i>Prunus spinosa</i> agg.
Medi.sat	G	<i>Medicago sativa</i> agg.	Prun.gra	G	<i>Prunus domestica</i> L.
Mela.arv	G	<i>Melampyrum arvense</i> L.	Prun.spi	G	<i>Prunella vulgaris</i> L.
Mela.pra	G	<i>Melampyrum pratense</i> L.	Prun.vul	G	<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler
Meli.alb	G	<i>Melilotus albus</i> Medik.	Pseu.alb	G	<i>Pseudorchis albida</i> (L.) Å. Löve & D. Löve
Meum.ath	G	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	Quer.pet	G	<i>Quercus petraea</i> Liebl.
Mniu.spe	M	<i>Mnium spec.</i>	Quer.rob	G	<i>Quercus robur</i> L.
Moli.cae	G	<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	Quer.spe	G	<i>Quercus spec.</i>
Musc.bot	G	<i>Muscari botryoides</i> (L.) Mill.	Raco.can	M	<i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid.
Nard.str	G	<i>Nardus stricta</i> L.	Ranu.acr	G	<i>Ranunculus acris</i> L.
Odon.lut	G	<i>Odontites luteus</i> (L.) Clairv.	Ranu.bul	G	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.
Onob.vic	G	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	Ranu.nem	G	<i>Ranunculus nemorosus</i> Dc.
Onon.rep	G	<i>Ononis repens</i> L.	Rhin.ale	G	<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Pollich
Onon.spi	G	<i>Ononis spinosa</i> L.	Rhin.min	G	<i>Rhinanthus minor</i> L.
Ophr.sph	G	<i>Ophrys sphegodes</i> Mill.	Rhiz.pun	M	<i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.
Orch.mil	G	<i>Orchis militaris</i> L.	Rhod.ros	M	<i>Rhodobryum roseum</i> (Hedw.) Limpr.
Orch.mor	G	<i>Orchis morio</i> L.	Rhyt.lor	M	<i>Rhytidadelphus loreus</i> (Hedw.) Warnst.
Orch.ust	G	<i>Orchis ustulata</i> L.	Rhyt.rug	M	<i>Rhytidadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.
Orig.vul	G	<i>Origanum vulgare</i> L.	Rhyt.squ	M	<i>Rhytidium rugosum</i> (Hedw.) Kindb.
Orob.spe	G	<i>Orobancha spec.</i>	Rhyt.tri	M	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i> (Hedw.) Warnst.
Pelt.spe	F	<i>Peltigera spec.</i>	Robi.pse	G	<i>Robinia pseudacacia</i> L.
Peuc.cer	G	<i>Peucedanum cervaria</i> (L.) Lapeyr.	Rosa.can	G	<i>Rosa canina</i> L.
Phle.pra	G	<i>Phleum pratense</i> L.	Rosa.jun	G	<i>Rosa jundzillii</i> Besser
Phyt orb	G	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.	Rosa.rub	G	<i>Rosa rubiginosa</i> L.
Phyt.spe	G	<i>Phyteum spec.</i>	Rosa.spe	G	<i>Rosa spec.</i>
Phyt.spi	G	<i>Phyteuma spicatum</i> L.	Rubu.fru	G	<i>Rubus fruticosus</i> agg.
Pice.abi	G	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Rubu.spe	G	<i>Rubus spec.</i>
Picr.hie	G	<i>Picris hieracioides</i> L.	Rume.aca	G	<i>Rumex acetosa</i> L.
Pimp.maj	G	<i>Pimpinella major</i> (L.) Huds.	Rume.ace	G	<i>Rumex acetosella</i> L.
Pimp.sax	G	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	Salv.pra	G	<i>Salvia pratensis</i> L.
Pinu.syl	G	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Sang.min	G	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
Plag.aff	M	<i>Plagiochila asplenioides</i> (L.) Dumort.	Sang.off	G	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.
Plag.asp	M	<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow) T. J. Kop.	Scab.col	G	<i>Scabiosa columbaria</i> L.
Plag.cus	M	<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	Scle.pur	M	<i>Scleropodium purum</i> (Hedw.) Limpr.
Plag.und	M	<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	Scor.hum	G	<i>Scorzonera humilis</i> L.
Plan.lan	G	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Sene.eru	G	<i>Senecio erucifolius</i> L.
Plan.med	G	<i>Plantago media</i> L.	Sene.jac	G	<i>Senecio jacobaea</i> L.
Plat.bif	G	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	Sese.ann	G	<i>Seseli annuum</i> L.
Plat.chl	G	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cluster) Rchb.	Sesl.var	G	<i>Sesleria albicans</i> Kit. ex Schult.
Pleu.sch	M	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	Sila.sil	G	<i>Silau silaus</i> (L.) Schinz & Thell.
Poa.ang	G	<i>Poa angustifolia</i> L.	Sile.nut	G	<i>Silene nutans</i> L.
Poa.cha	G	<i>Poa chaixii</i> Vill.	Sile.vul	G	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke
Poa.nem	G	<i>Poa nemoralis</i> L.	Soli.can	G	<i>Solidago canadensis</i> L.
Poa.pra	G	<i>Poa pratensis</i> L.	Soli.vir	G	<i>Solidago virgaurea</i> L.
Pohl.lut	M	<i>Pohlia lutescens</i> (Limpr.) H. Lindb.	Sorb.auc	G	<i>Sorbus aucuparia</i> L.
Pohl.nut	M	<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	Spha.cap	M	<i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.
Poly.ama	G	<i>Polygala amara</i> L.	Spha.fal	M	<i>Sphagnum fallax</i> (H. Klinggr.) H. Klinggr.
Poly.bis	G	<i>Polygala vulgaris</i> L.	Spha.ten	M	<i>Sphagnum tenellum</i> (Brid.) Bory
Poly.com	G	<i>Bistorta officinalis</i> Delarbre	Stac.rec	G	<i>Stachys recta</i> L.
Poly.for	M	<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	Stel.gra	G	<i>Stellaria graminea</i> L.
Poly.ser	G	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr	Succ.pra	G	<i>Succisa pratensis</i> Moench
Poly.vul	G	<i>Polygala serpyllifolia</i> Host	Tana.cor	G	<i>Tanacetum corymbosum</i> (L.) Sch. Bip.
Popu.tre	G	<i>Populus tremula</i> L.	Tara.lae	G	<i>Taraxacum sect. erythrosperma</i> (H.
Pore.pla	M	<i>Porella platyphylla</i> (L.) Pfeiff.			



Tara.off	G	Lindb.) Dahlst. <i>Taraxacum sect. ruderalia</i> Kirschner, H. Øllg. & Štěpánek	Trif.spe	G	<i>Trifolium spec.</i>
Tetr.mar	G	<i>Tetragonolobus maritimus</i> (L.) Roth	Tris.fla	G	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.
Teuc.cha	G	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	Trol.eur	G	<i>Trollius europaeus</i> L.
Thes.pyr	G	<i>Thesium pyrenaicum</i> Pourr.	Vacc.myr	G	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.
Thui.del	M	<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.	Vacc.uli	G	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.
Thui.phi	M	<i>Thuidium philibertii</i> Limpr.	Vacc.vit	G	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.
Thym.pul	G	<i>Thymus pulegioides</i> L.	Vero.arv	G	<i>Veronica arvensis</i> L.
Tili.spe	G	<i>Tilia spec.</i>	Vero.cha	G	<i>Veronica chamaedrys</i> L.
Trag.spe	G	<i>Tragopogon spec.</i>	Vero.off	G	<i>Veronica officinalis</i> L.
Tric.cri	M	<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	Vero.teu	G	<i>Veronica teucrium</i> L.
Tric.cyl	M	<i>Ditrichum cylindricum</i> (Hedw.) Grout.	Vibu.opu	G	<i>Viburnum opulus</i> L.
Trif.cam	G	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Vici.cra	G	<i>Vicia cracca</i> L.
Trif.dub	G	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Vici.sep	G	<i>Vicia sepium</i> L.
Trif.med	G	<i>Trifolium medium</i> L.	Viol.can	G	<i>Viola canina</i> L.
Trif.mon	G	<i>Trifolium montanum</i> L.	Viol.hir	G	<i>Viola hirta</i> L.
Trif.pra	G	<i>Trifolium pratense</i> L.	Weis.con	M	<i>Weisia controversa</i> Hedw.
Trif.rep	G	<i>Trifolium repens</i> L.	Weis.lon	M	<i>Weissia longifolia</i> Mitt.
			Weis.spe	M	<i>Weisia spec.</i>





Tabelle A2.1. (Fortsetzung)

DBF	Year	BrBI	MW Suk	Sukzessionsquadrate				Jack.1	SE	Jack.2	Boot	SE	n
		Species	Species	Species	Chao	SE							
2220	1987	22											
2220	1988		34	34	41.6	6.0	43.2	4.8	46.2	38.4	2.9	6	
2220	1990		37	37	40.2	3.1	43.7	3.2	43.7	40.6	2.3	6	
2220	1992		30	30	30.5	0.9	32.5	1.4	29.7	31.8	1.5	6	
2460	1987	49											
2460	1988		58	58	68.1	8.0	67.9	4.2	72.4	62.6	2.4	10	
2460	1990		62	62	68.3	5.2	71.0	4.5	73.3	66.4	2.8	10	
2460	1992		59	59	66.1	5.9	68.0	3.7	71.0	63.4	2.1	10	
2460	1994		60	60	65.6	4.6	69.0	3.4	70.6	64.5	2.1	10	
2460	1996	43											
2460	1999		56	56	66.1	9.0	64.1	3.3	68.5	59.8	1.9	10	
2460	2003		46	47	48.1	1.8	49.7	2.1	49.3	48.6	1.4	10	
2460	2006	65	59										
2530	1987	46											
2530	1988		60	60	68.3	6.9	69.0	3.9	72.7	64.3	2.2	10	
2530	1990		64	64	74.3	7.8	74.8	4.5	79.4	69.1	2.4	10	
2530	1994		66	66	94.1	20.9	79.5	6.8	88.7	71.9	3.4	10	
2530	1996	47											
2530	1999		65	65	72.1	5.9	74.0	3.4	77.0	69.4	2.1	10	
2530	2003		58	59	63.6	4.2	66.2	2.9	67.6	62.7	1.8	10	
2530	2006	70	64										
2540	1999	20	26	26	44.0	23.6	31.4	2.6	35.5	28.3	1.4	10	
2540	2003		25	25	26.6	2.2	28.6	1.8	28.2	27.0	1.4	10	
2540	2006	28	28										
2550	1999	25	30	30	33.1	3.7	34.5	2.4	35.7	32.2	1.5	10	
2550	2003		26	26	28.3	3.4	28.7	1.6	29.7	27.3	1.0	10	
2550	2006	28	26										
2560	1999	26	29	29	41.3	13.2	35.3	3.3	39.5	31.7	1.8	10	
2560	2003		28	28	28.0	0.0	34.3	3.0	39.9	30.5	1.5	10	
2560	2006	30	29										
2570	1999	20	24	24	25.1	1.8	26.7	2.1	26.3	25.5	1.3	10	
2570	2003		17	18	19.0	1.9	19.8	1.8	20.0	19.0	1.0	10	
2570	2006	29	25										

Erläuterungen zu Tab. A2.1:

Die Tabelle soll am Beispiel der DBF 2030 erläutert werden:

Von der DBF wurden in den Jahren 1987, 1996 und 2006 Gesamtaufnahmen nach Braun-Blanquet angefertigt. 1987 wurden in der Gesamtaufnahme 44 Taxa, 1996 31 Taxa und 2006 53 Taxa nachgewiesen.

Die Sukzessionsquadrate (n=10) wurden in den Jahren 1988, 1990, 1992, 1994, 1996, 1999 und 2003 als Einzelaufnahmen der Sukzessionsquadrate und im Jahre 2006 als Gesamtaufnahme aller Sukzessionsquadrate aufgenommen.

Die Artenzahlen im Datensatz AllGrSuk (Tabelle 3.1, Spalte 5) und im Datensatz AllGrSukMW sind im Jahr 1988 (und 1990, 1992, 1994, 1996, 1999) identisch. Im Jahr 2003 ist es zwischen den beiden Datensätzen zu Übertragungsfehlern gekommen (so fehlt im Datensatz AllGrSukMW z.B. *Rosa rubiginosa*). Derartige Übertragungsfehler gibt es bei verschiedenen DBF's, aber nur im Jahr 2003). Im Jahr 2006 liegen Daten nur im Datensatz AllGrSukMW vor.

Mit den Daten der Einzelsukzessionsquadrate konnten Schätzwerte für die Größe des Gesamtartenpools der Gesellschaft berechnet werden (Chao, Jack.1, Jack.2, Boot). Zur mathematischen Herleitung und Bedeutung der Schätzwerte siehe z.B. McCune & Grace (2002), Krebs (2002) und Legendre & Legendre (1998). Abweichungen zwischen der Anzahl tatsächlich beobachteter Arten und dem geschätzten Artenpool ergeben sich aus 1. der Größe der Aufnahmeflächen, 2. der Heterogenität der Einzelaufnahmen (Teilflächen) und 3. der Bearbeitungsintensität.

### Anhang 3:

DCA-Diagramme der verschiedenen Dauerbeobachtungsflächen mit Sukzessionsvektoren der Sukzessionsquadrate und den Isolinien der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte

Anhang 3 enthält DCA-Diagramme der verschiedenen Dauerbeobachtungsflächen mit Sukzessionsvektoren der Sukzessionsquadrate und mit den Isolinien der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte (mgL, mgT, mgK, mgF, mgR, mgN). Für jede Dauerbeobachtungsfläche wurden Einzelgrafiken mit den Isolinien der 6 Zeigerwerte erstellt und auf einer Seite zusammengefasst. Um räumliche Unterschiede (ökologische Gradienten) und zeitliche Trends besser erkennen zu können, wurden jede Grafik zweimal angefertigt. In der ersten Version (A3.Xa) wurden gleiche Sukzessionsquadrate aus unterschiedlichen Aufnahmejahren mit der gleichen Farbe markiert (räumliche Gradienten), in der zweiten Version (A3.Xb) wurden die aus dem gleichen Aufnahmejahr stammenden Sukzessionsquadrate mit der gleichen Farbe markiert (zeitliche Trends).

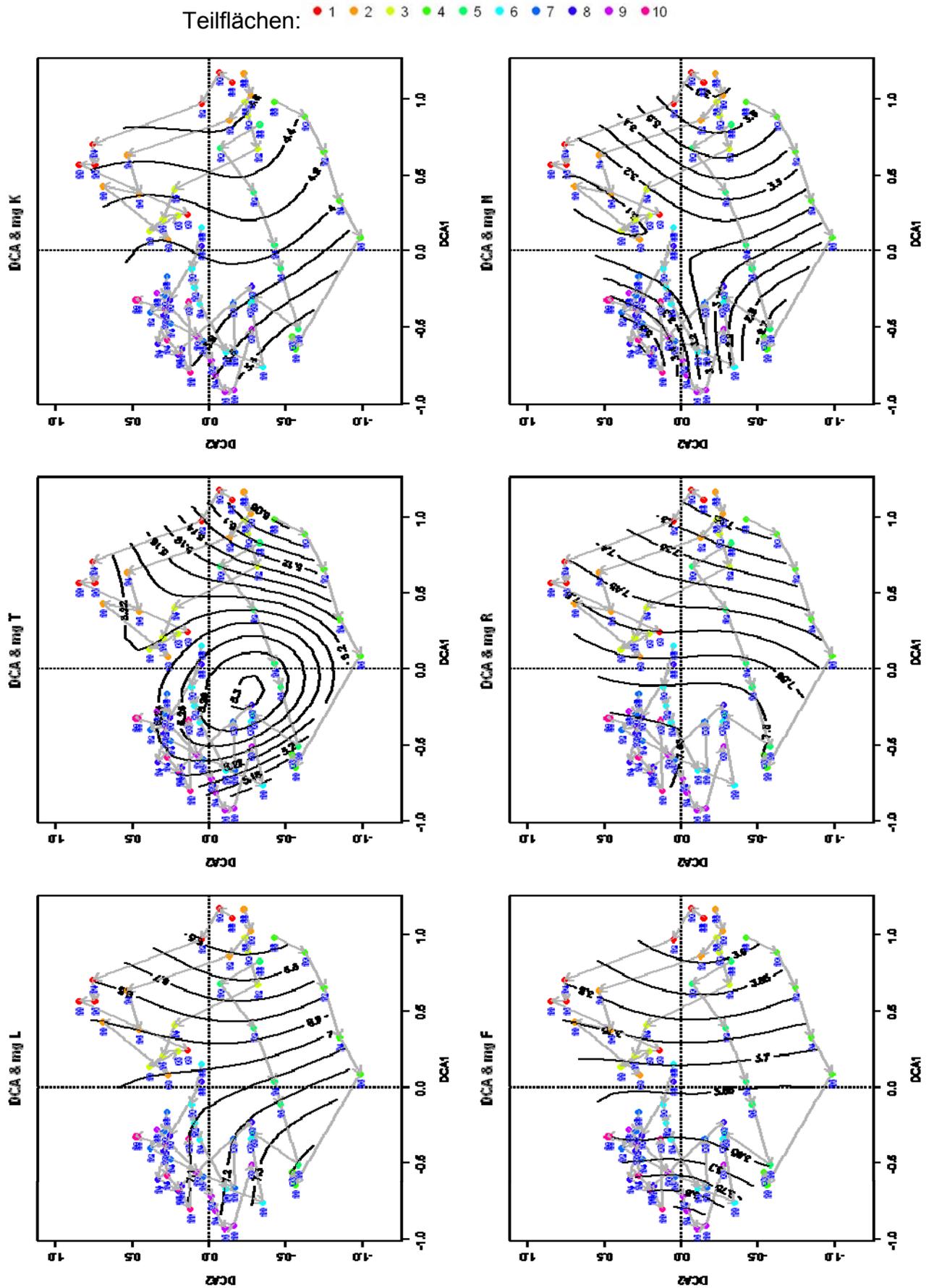
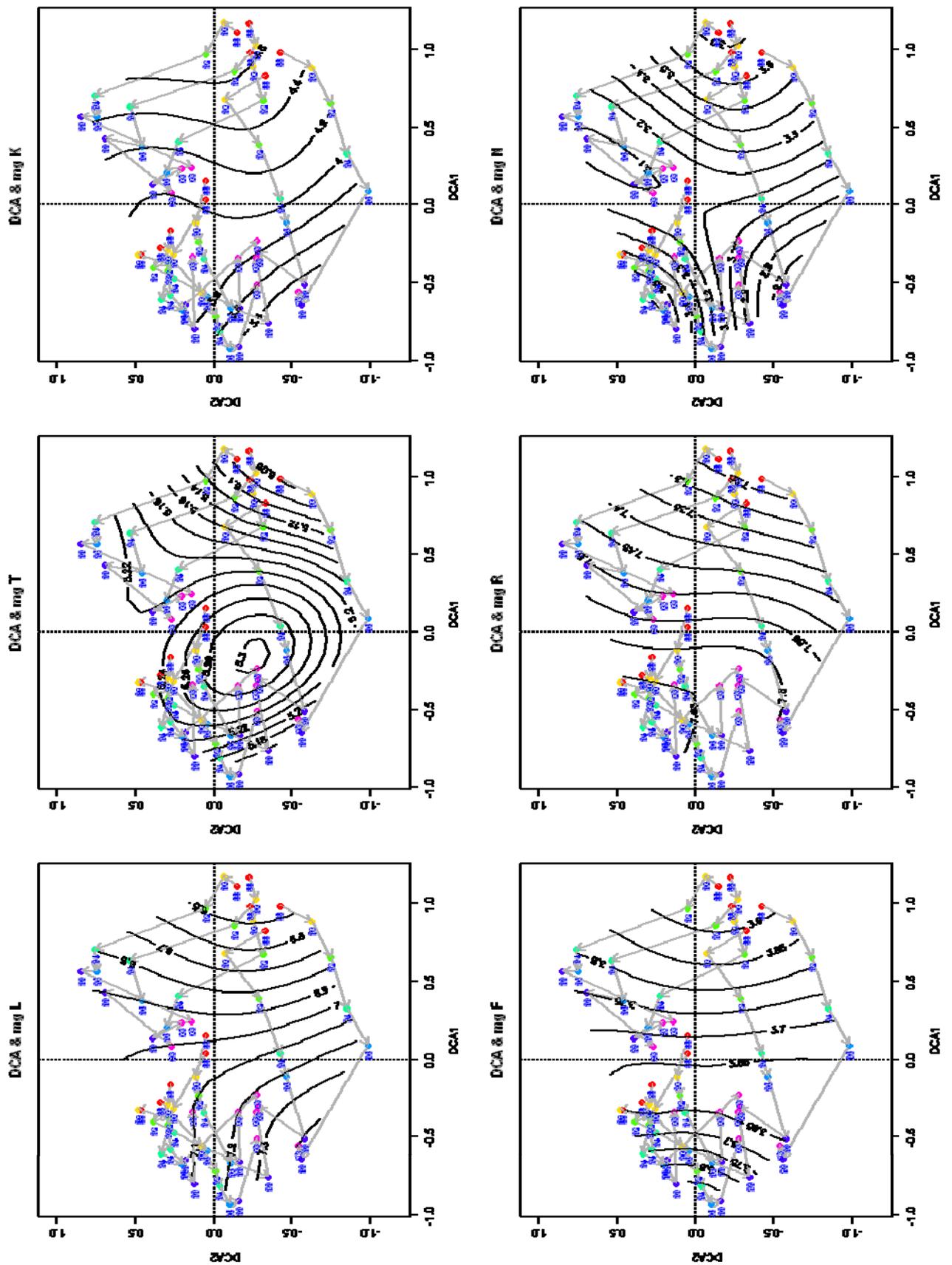
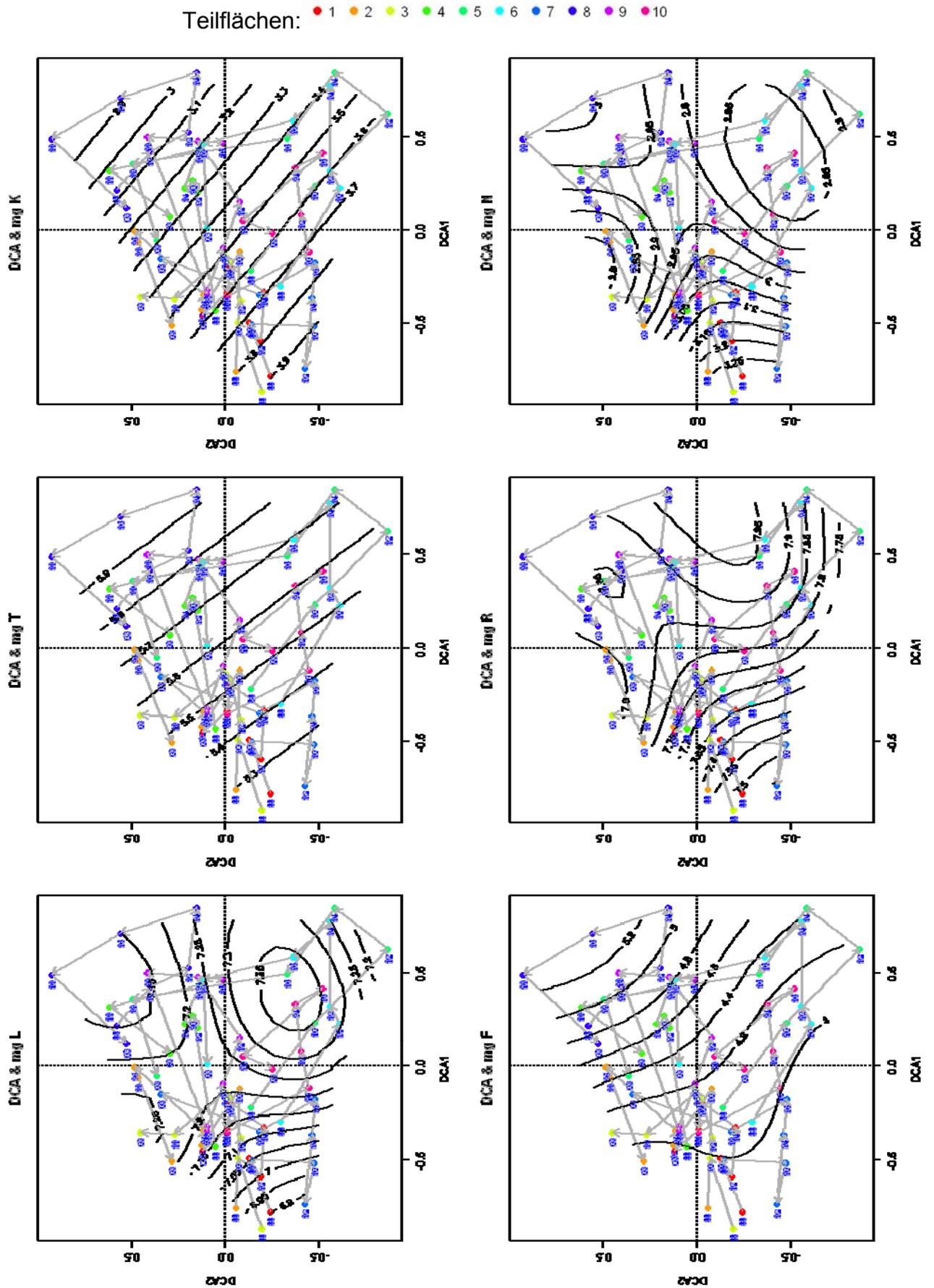


Abb. A3.1a: DBF 2030 Falkenhalde (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





**Abb. A3.2a:** DBF 2110 Hörnekopf (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

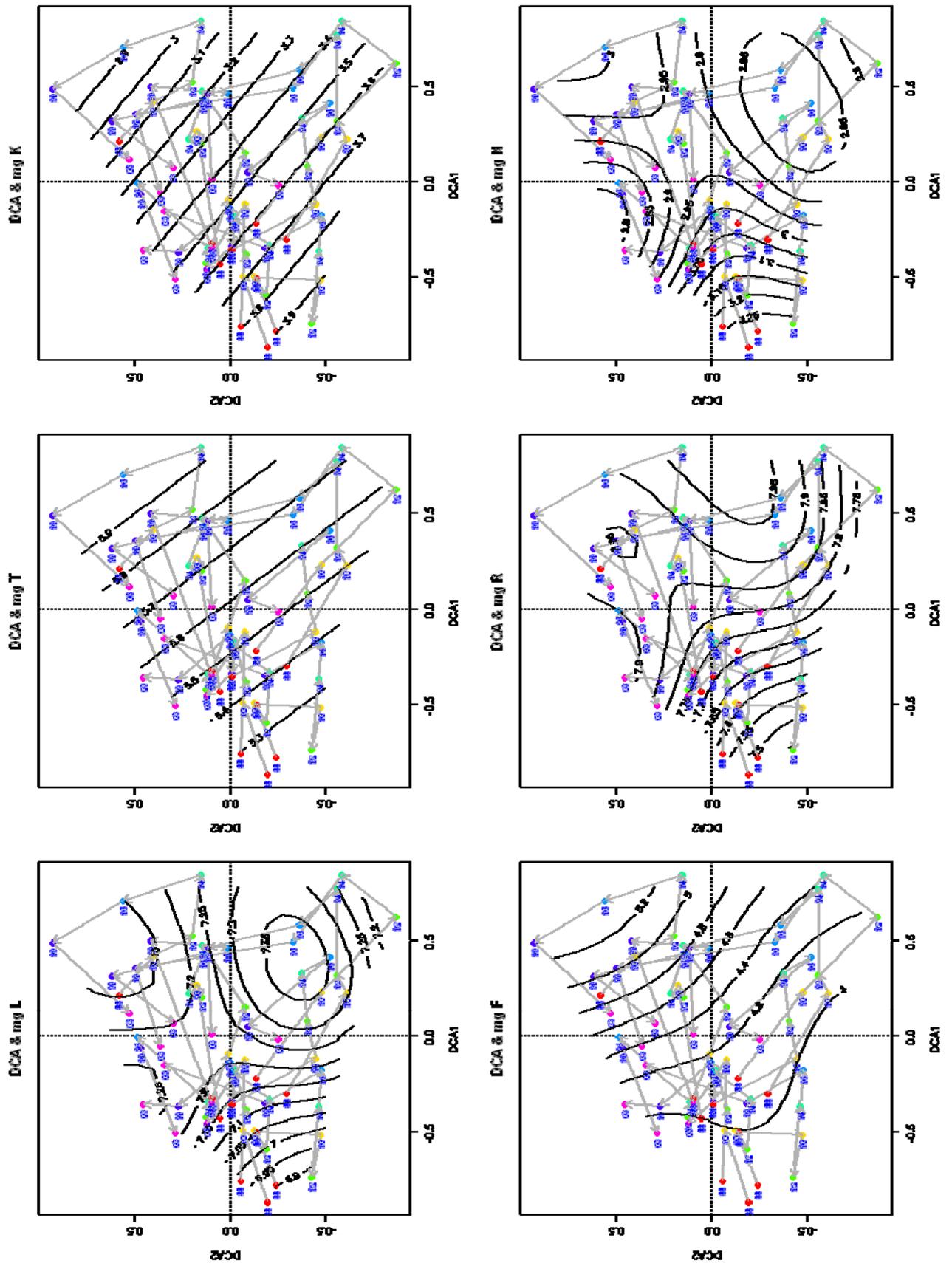


Abb. A3.2b: DBF 2110 Hörnekopf (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

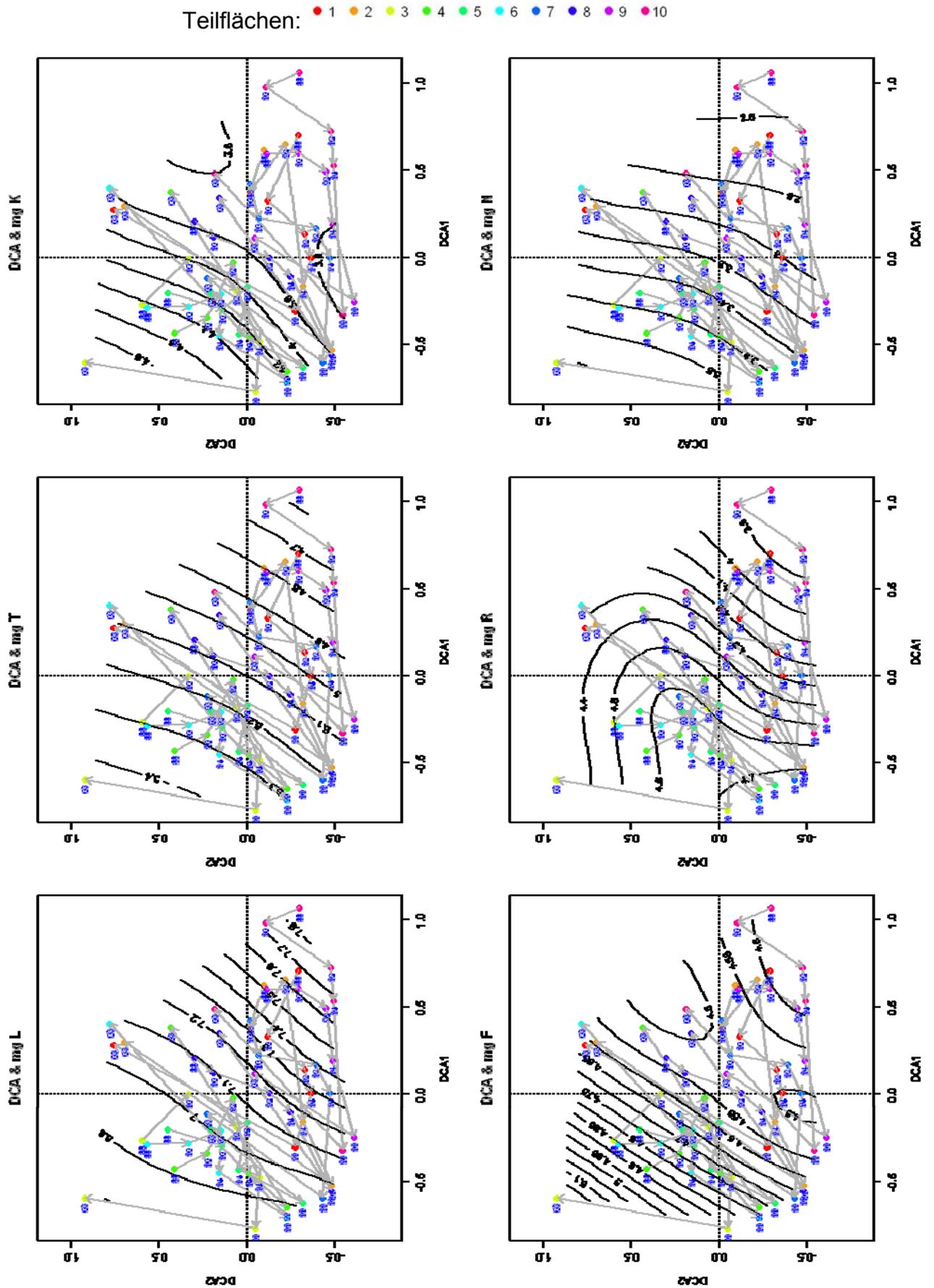


Abb. A3.3a: DBF 2120 Imdorfer Hardt (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

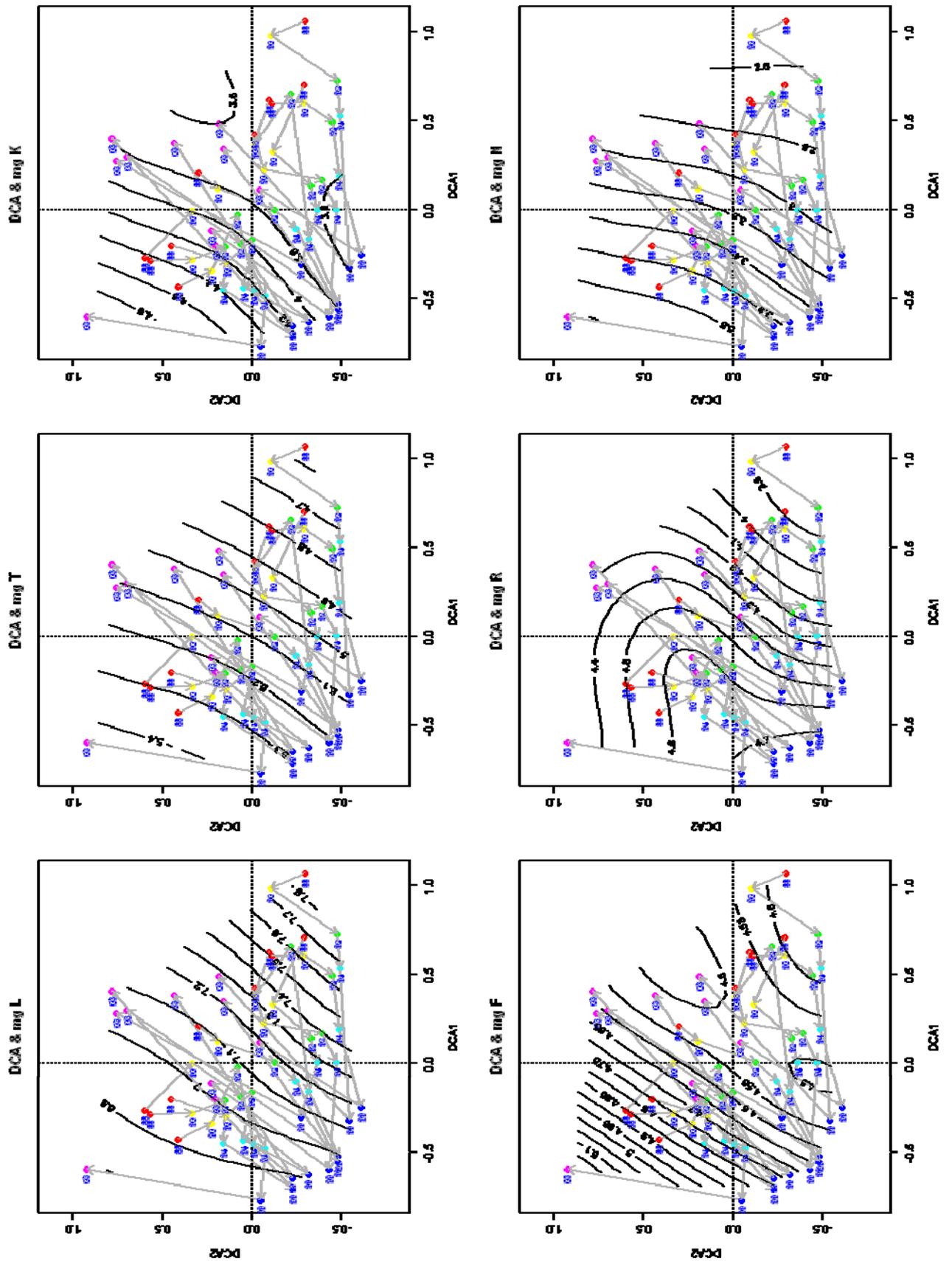
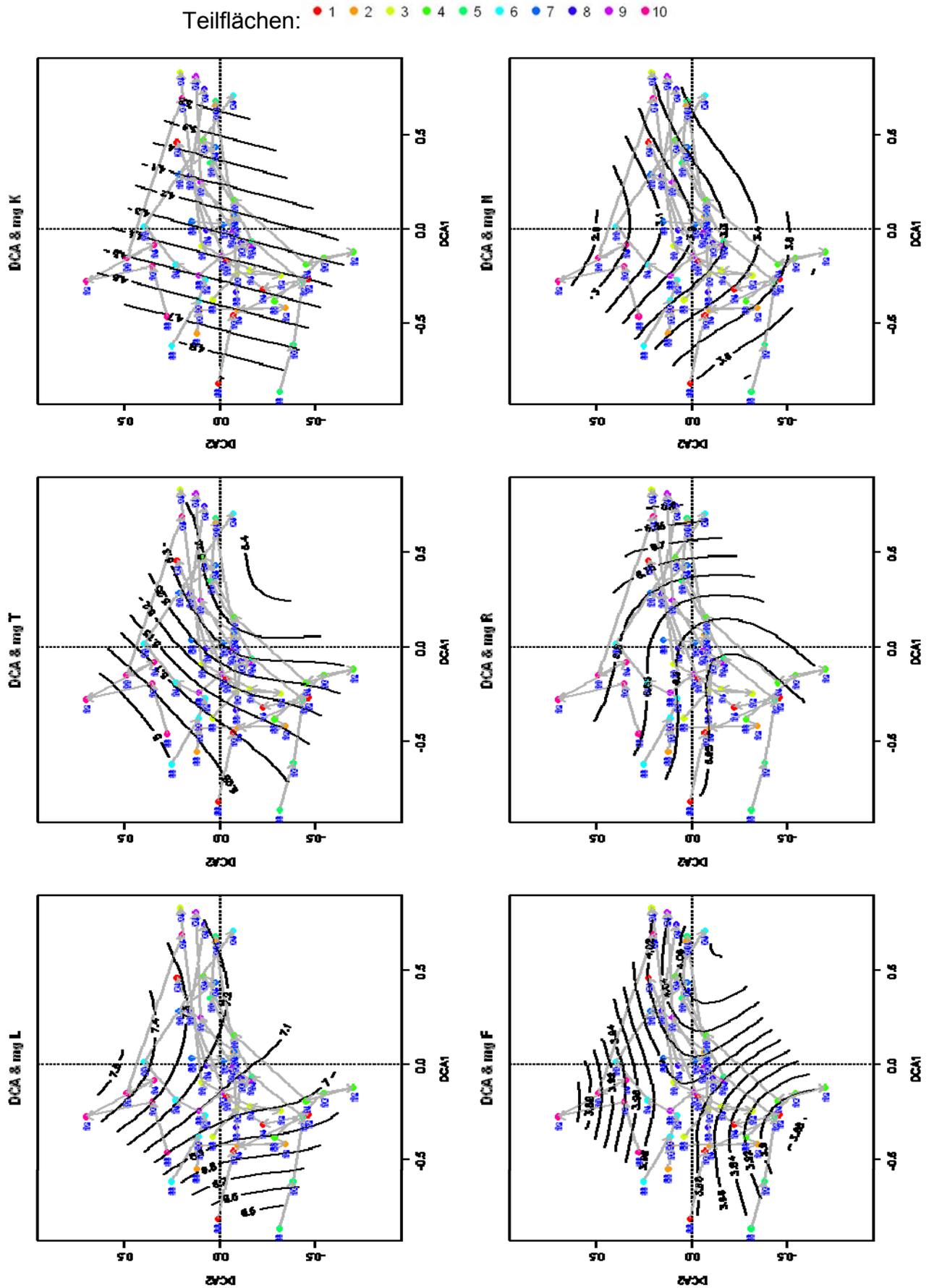


Abb. A3.3b: DBF 2120 Irdorfer Hardt (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



**Abb. A3.4a:** DBF 2130 Mönchsteig (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

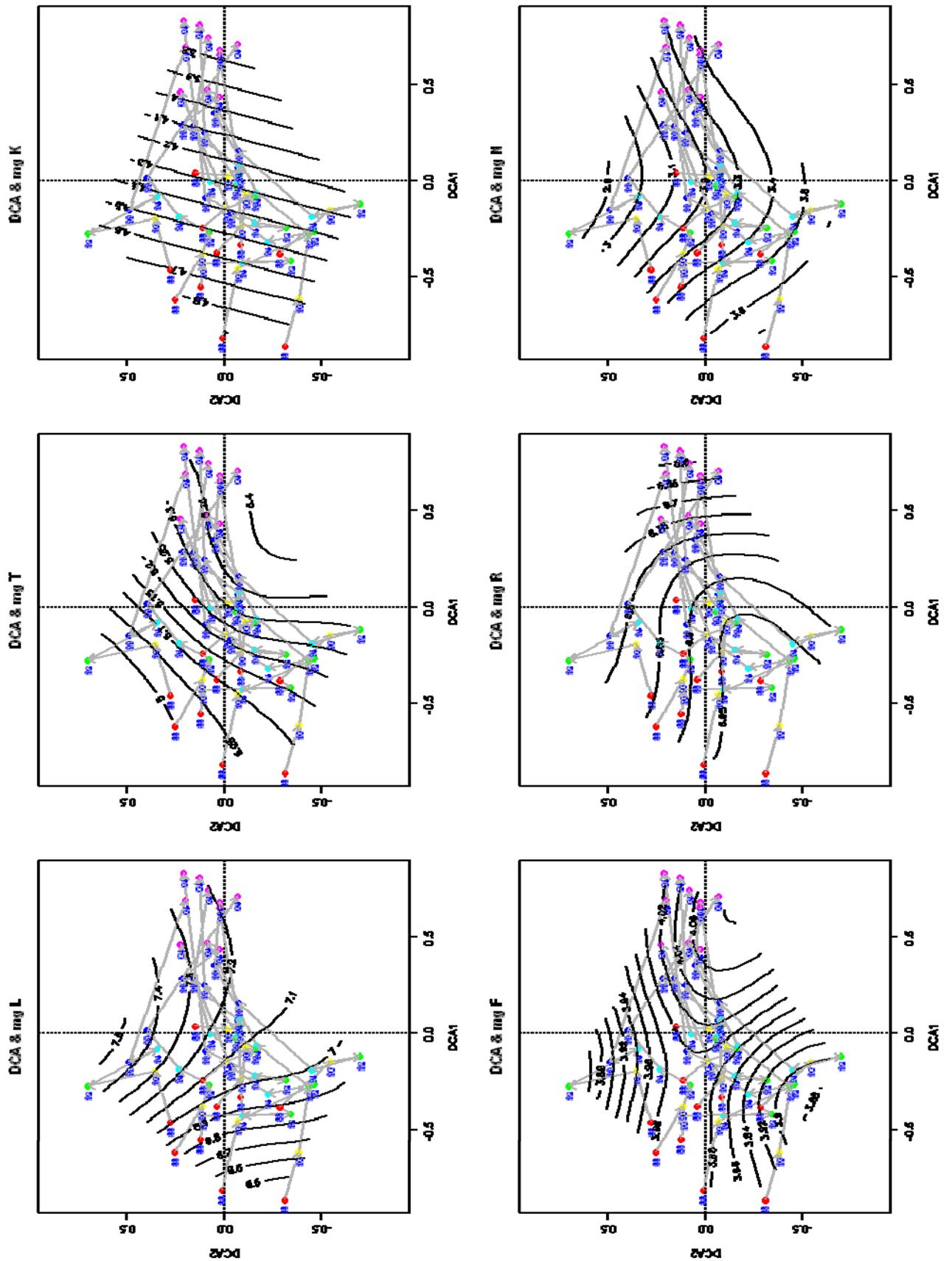


Abb. A3.4b: DBF 2130 Mönchsteig (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

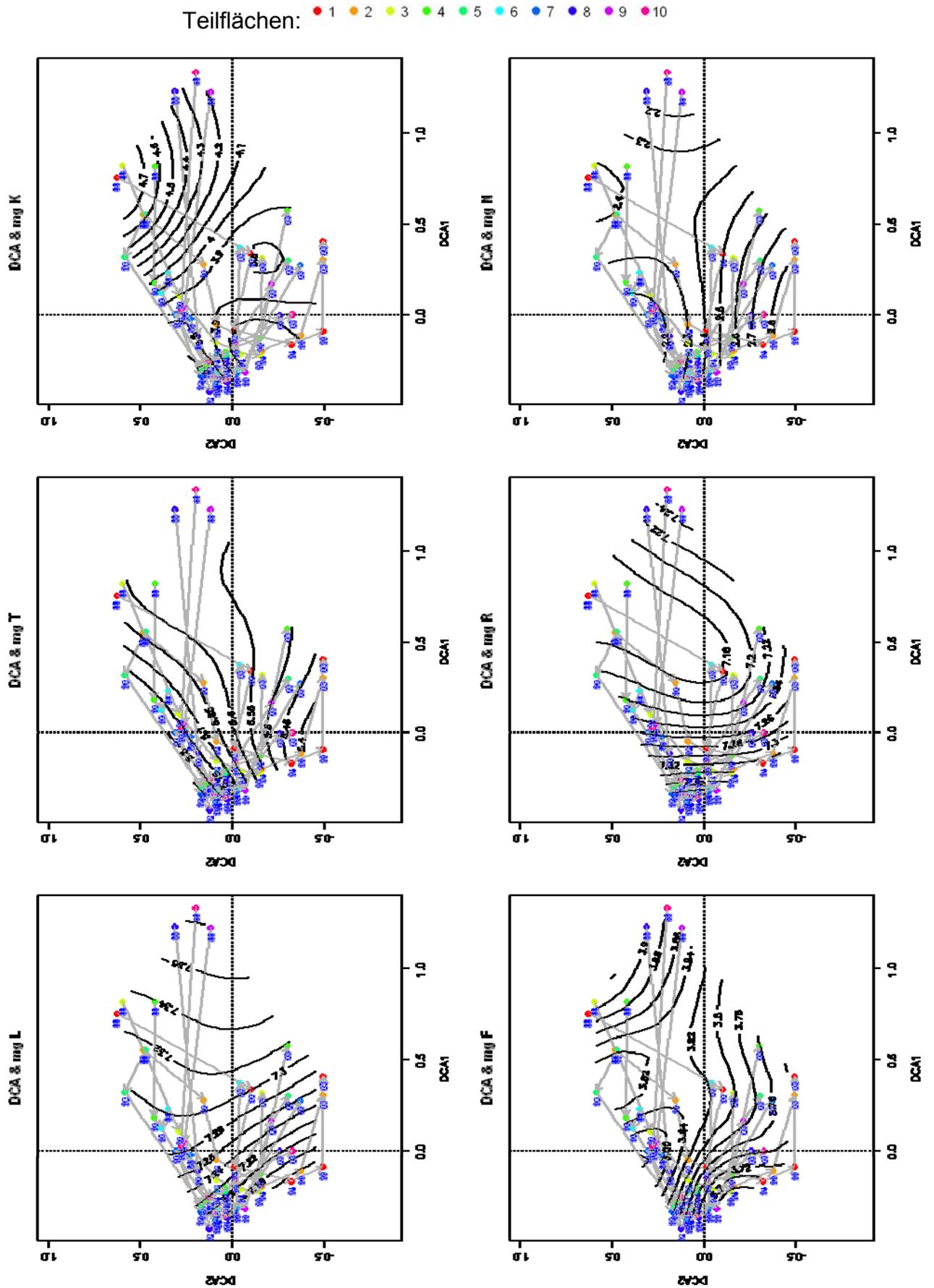
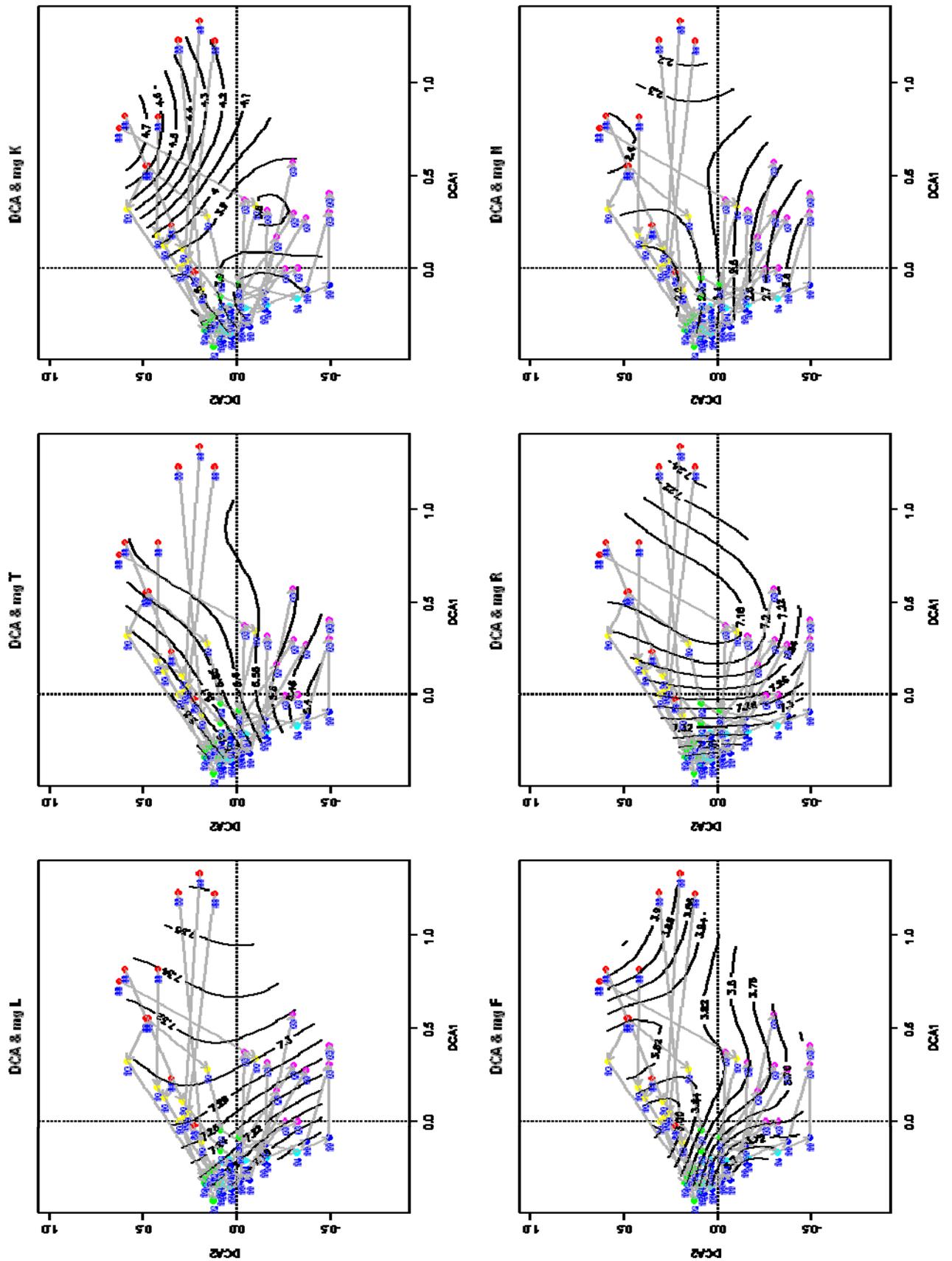
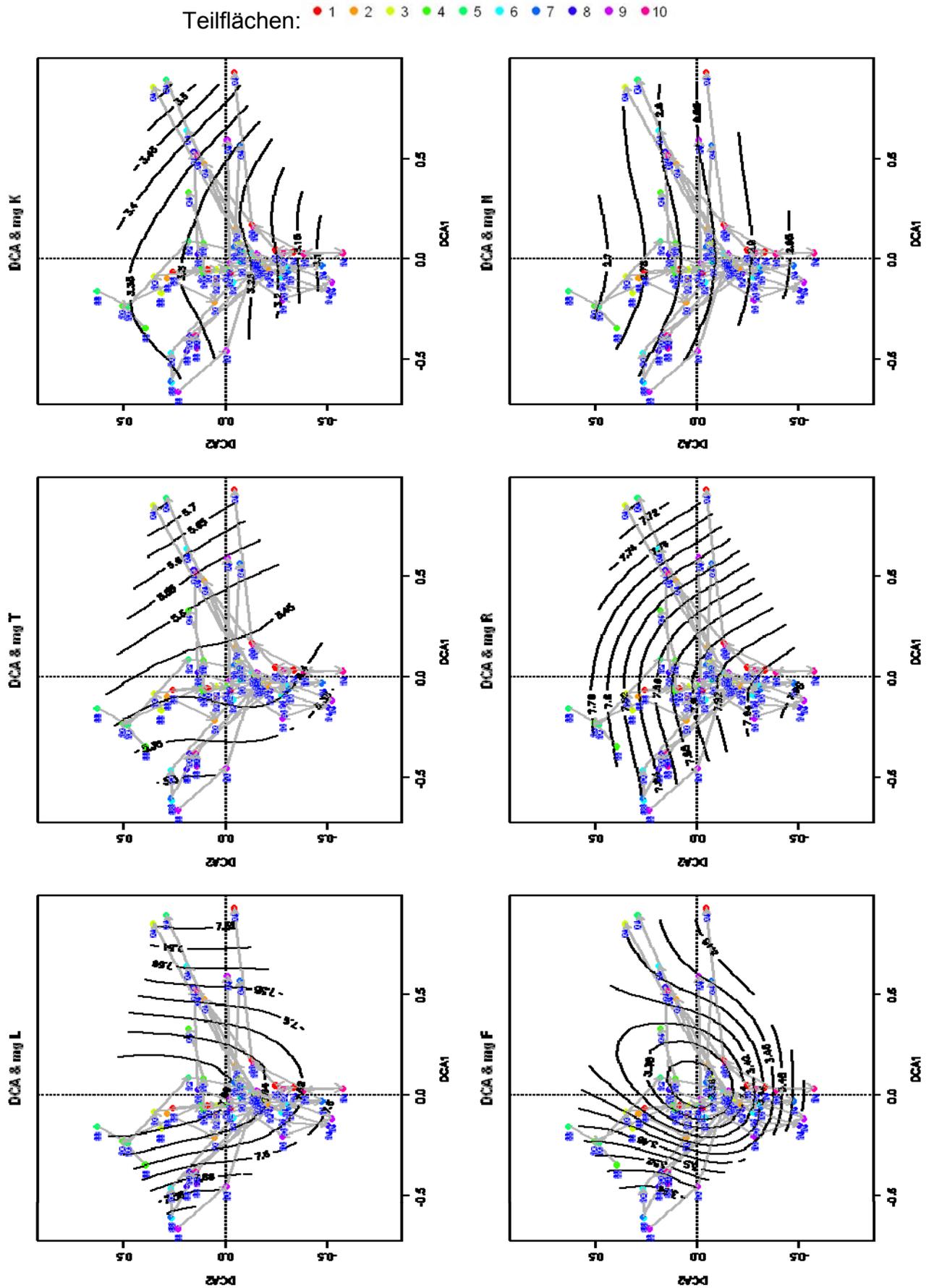


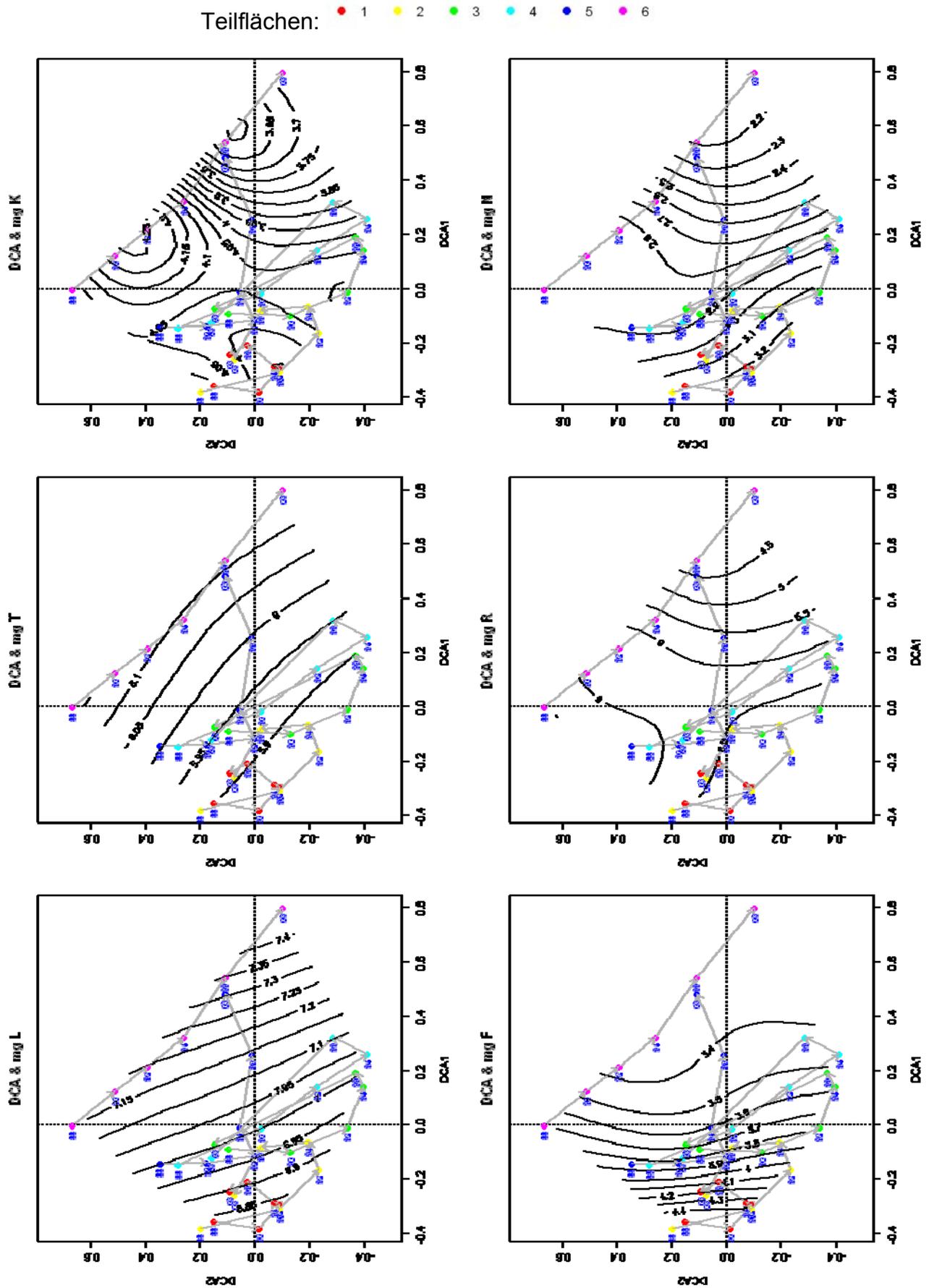
Abb. A3.5a: DBF 2150 Dellenhäule (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





**Abb. A3.6a:** DBF 2180 Filsenberg (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





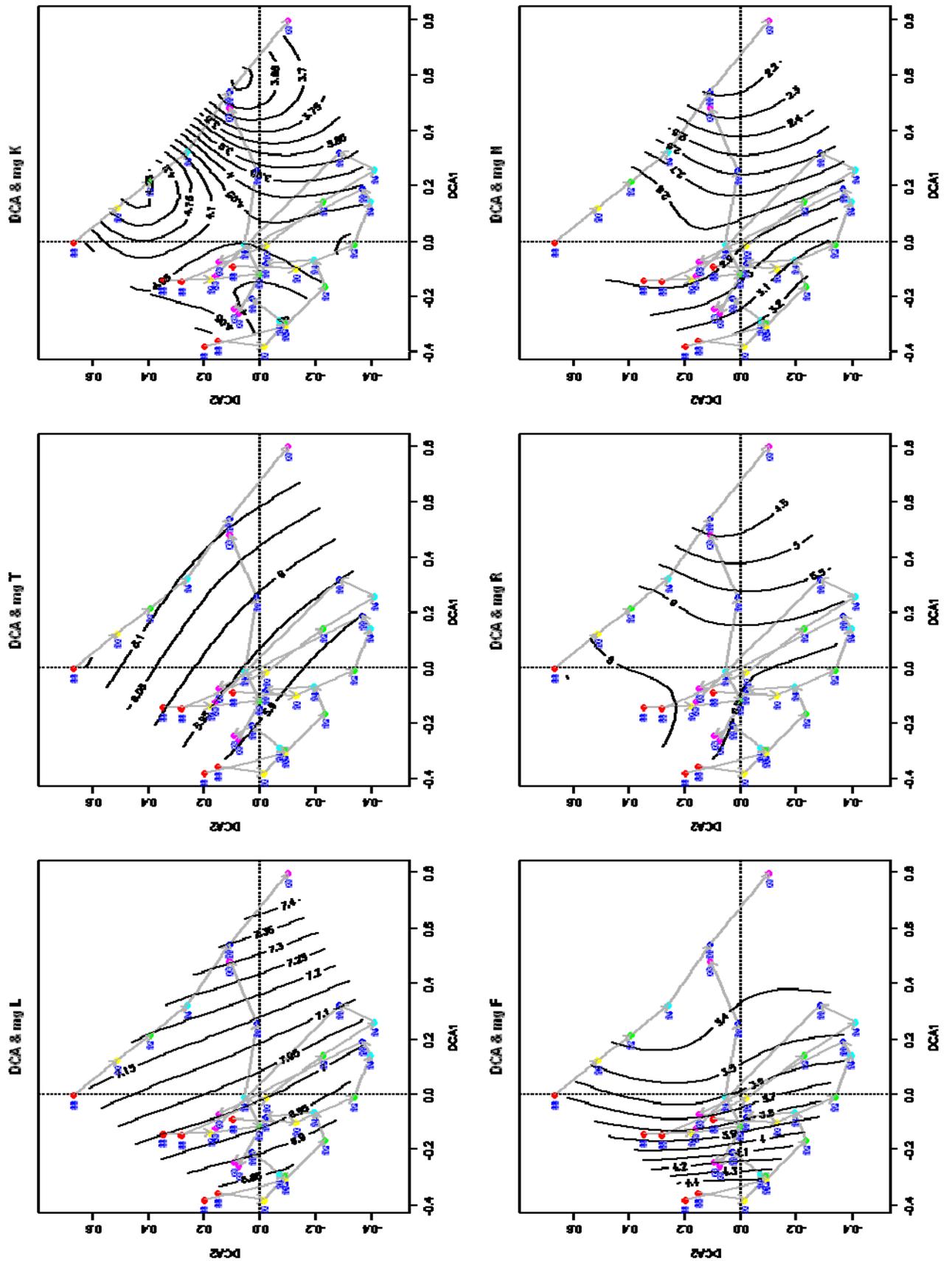
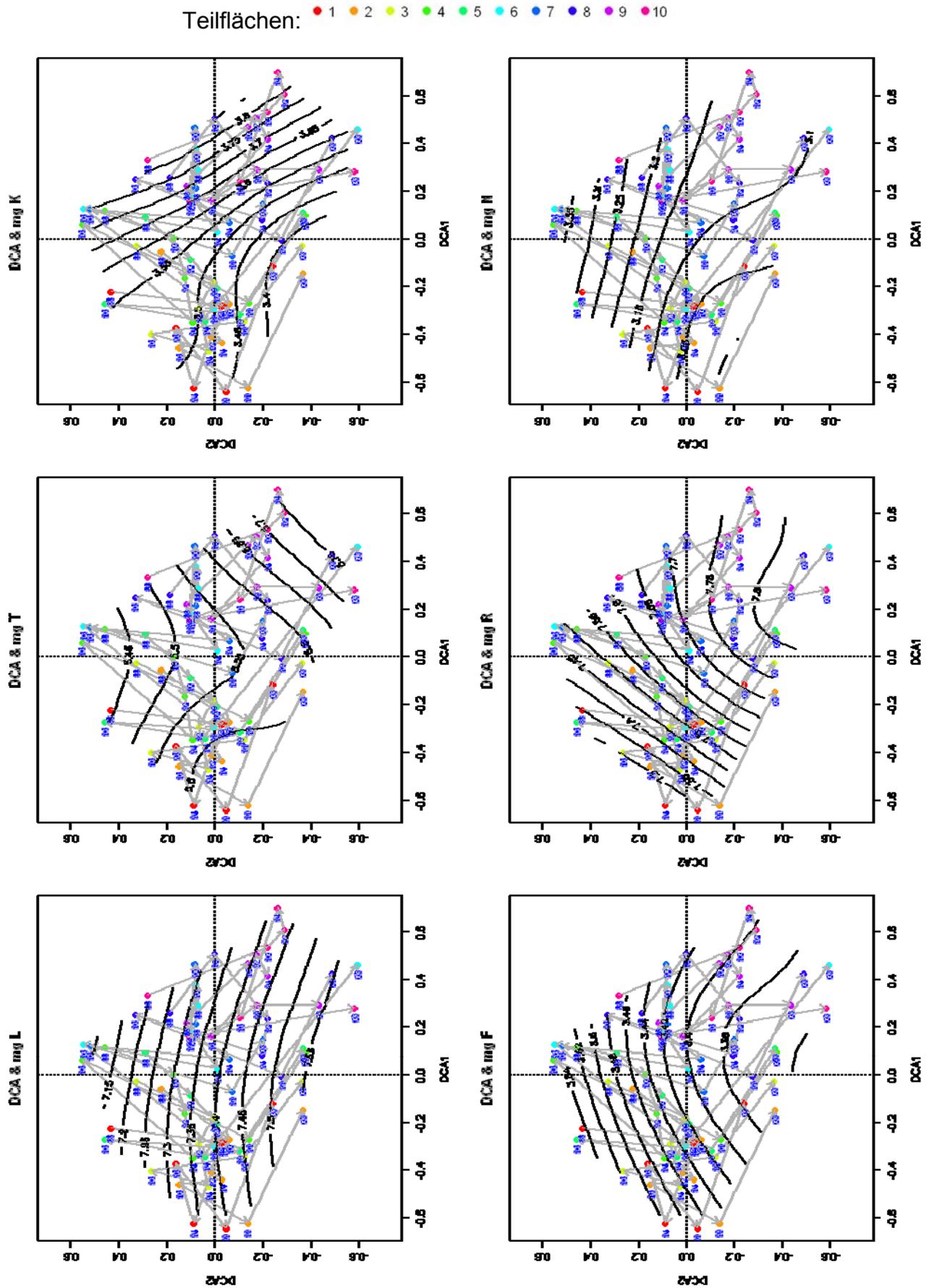


Abb. A3.7b: DBF 2220 Kappelberg (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



**Abb. A3.8a:** DBF 2240 Küßnach (Farbe = Sukzessionsquadrante, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

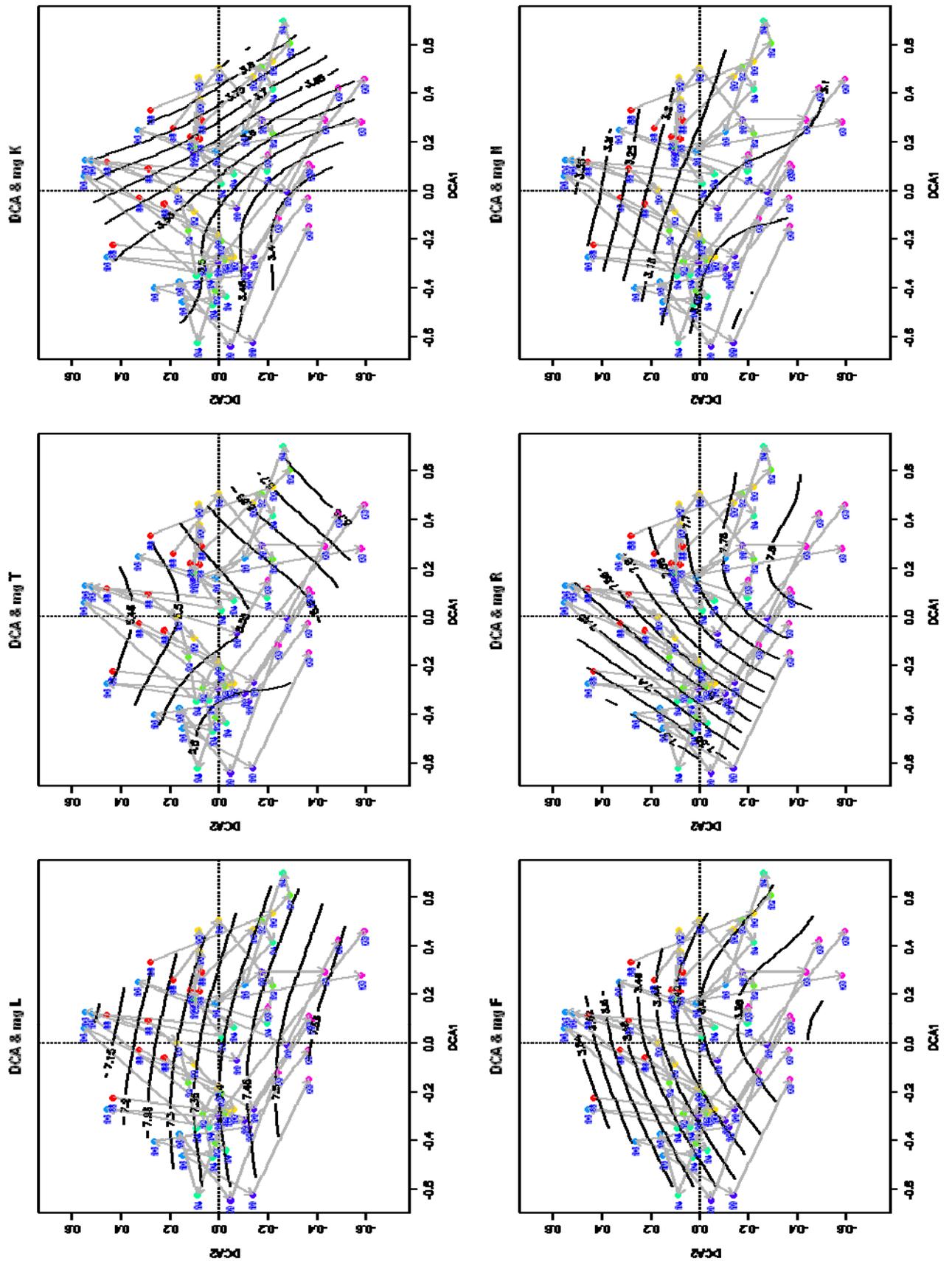


Abb. A3.8b: DBF 2240 Kùßnach (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

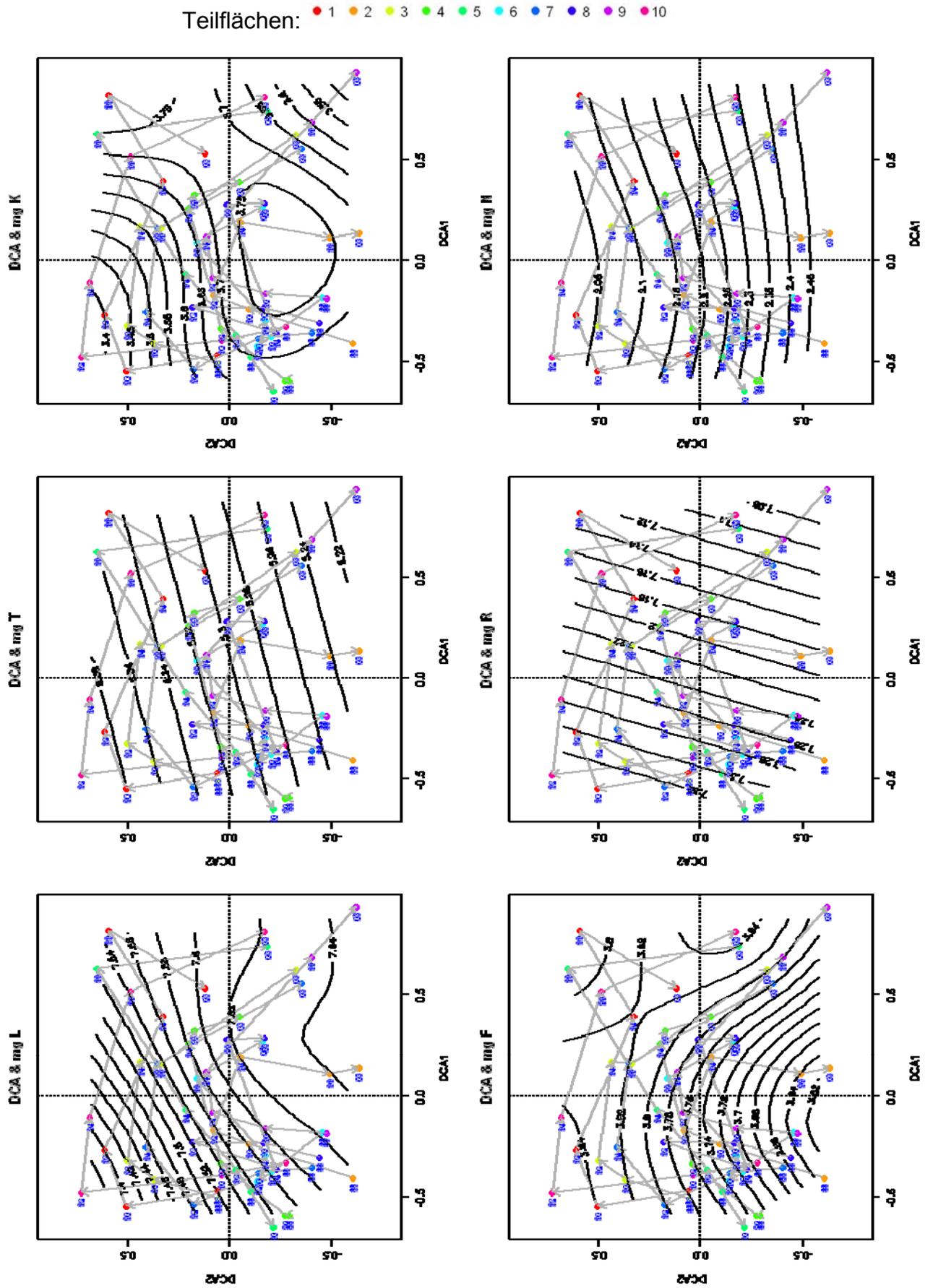
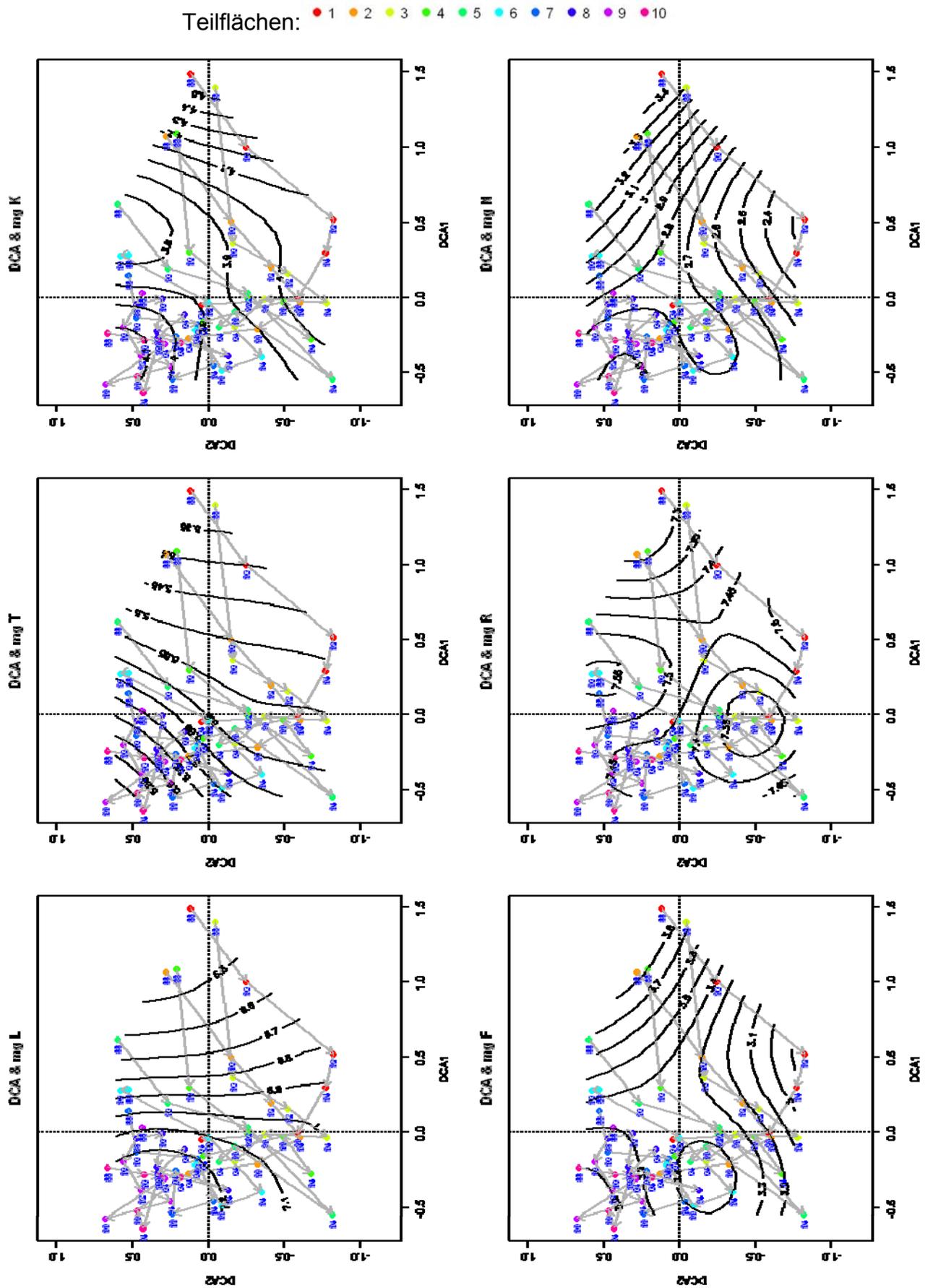


Abb. A3.9a: DBF 2260 Büchelberg (Farbe = Sukzessionsquadrante, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





**Abb. A3.10a:** DBF 2290 Kaiserberg (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



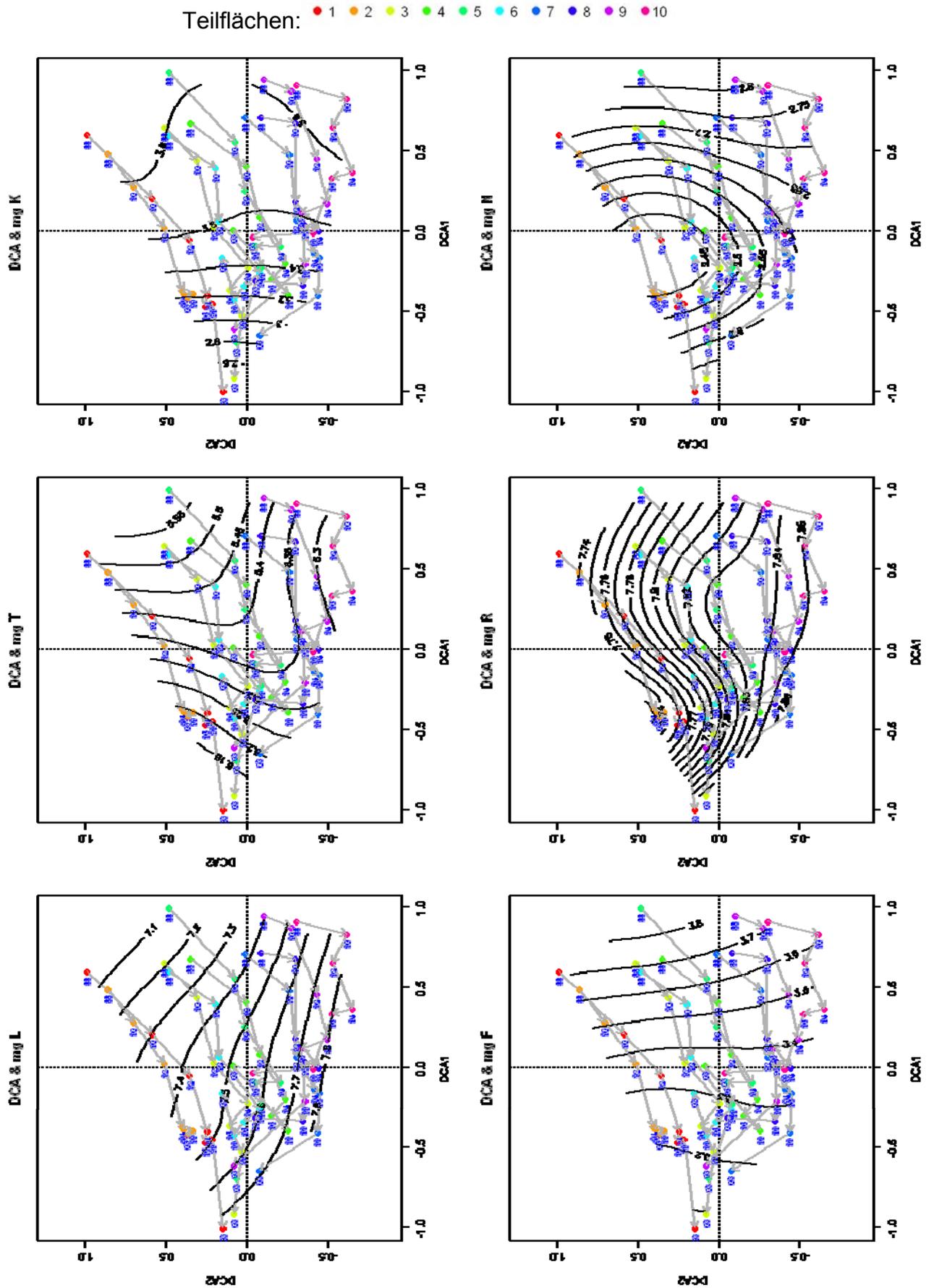
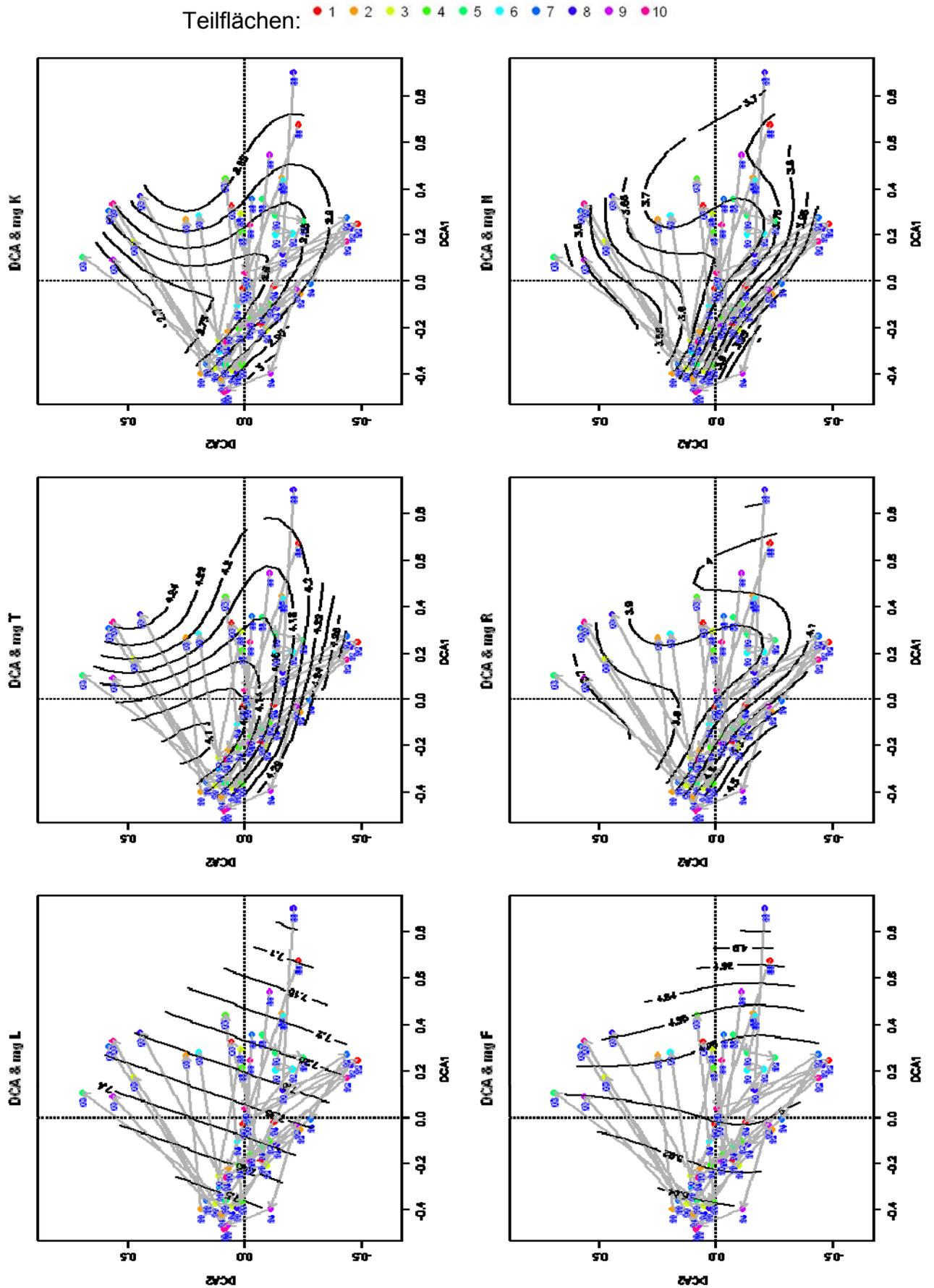


Abb. A3.11a: DBF 2330 Apfelberg (Farbe = Sukzessionsquadrante, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





**Abb. A3.12a:** DBF 2400 Bisten (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

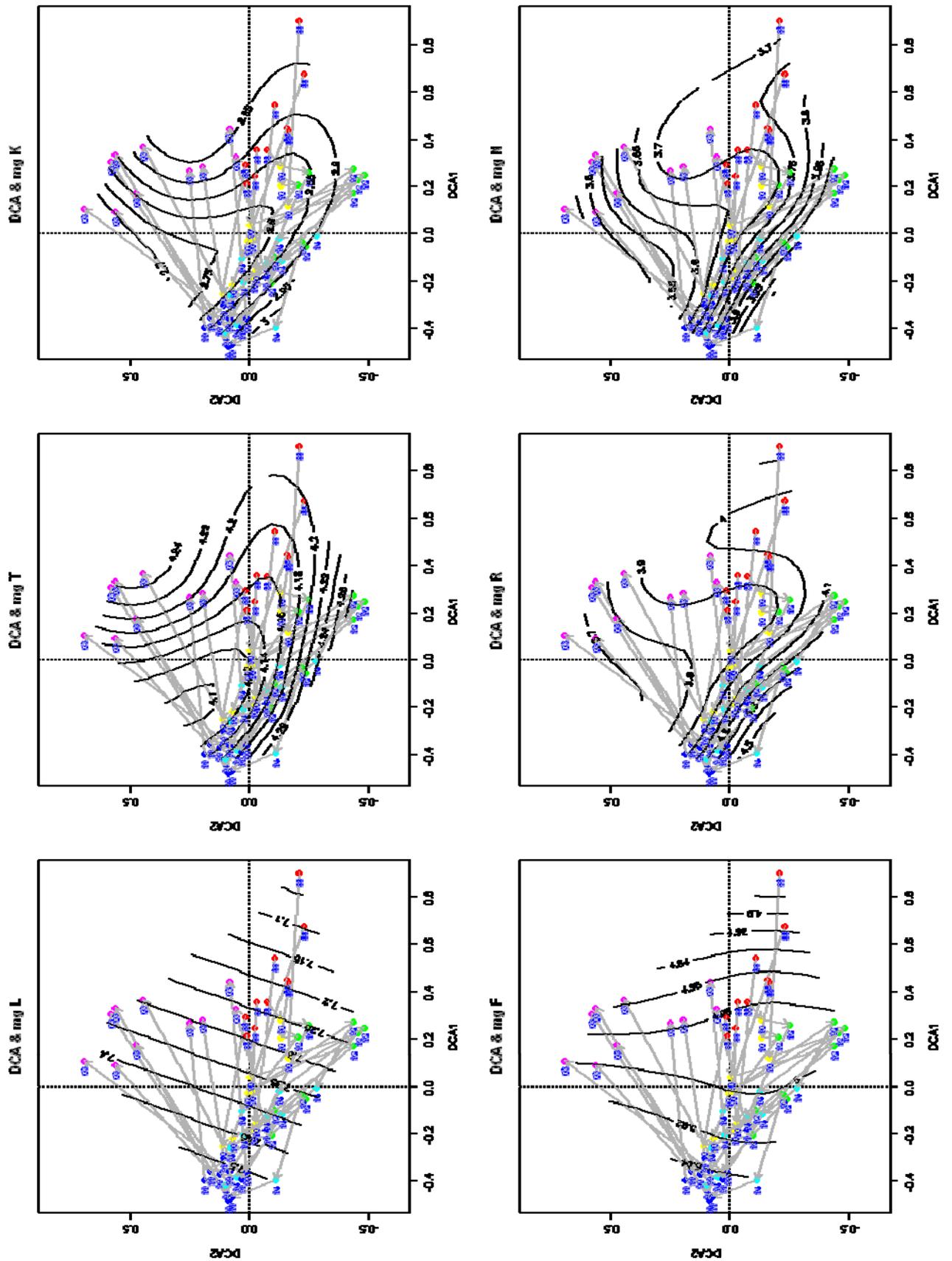


Abb. A3.12b: DBF 2400 Bisten (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

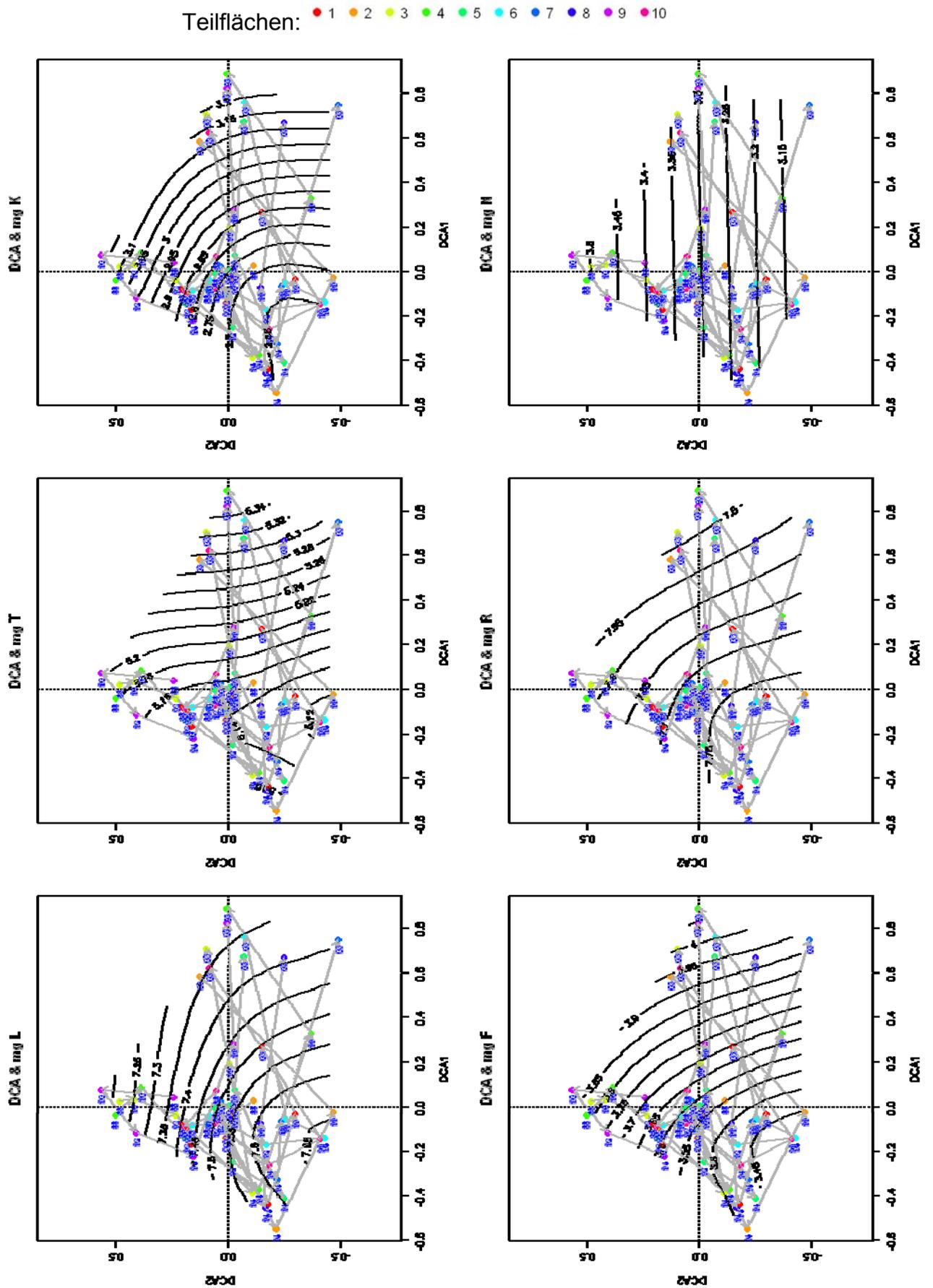
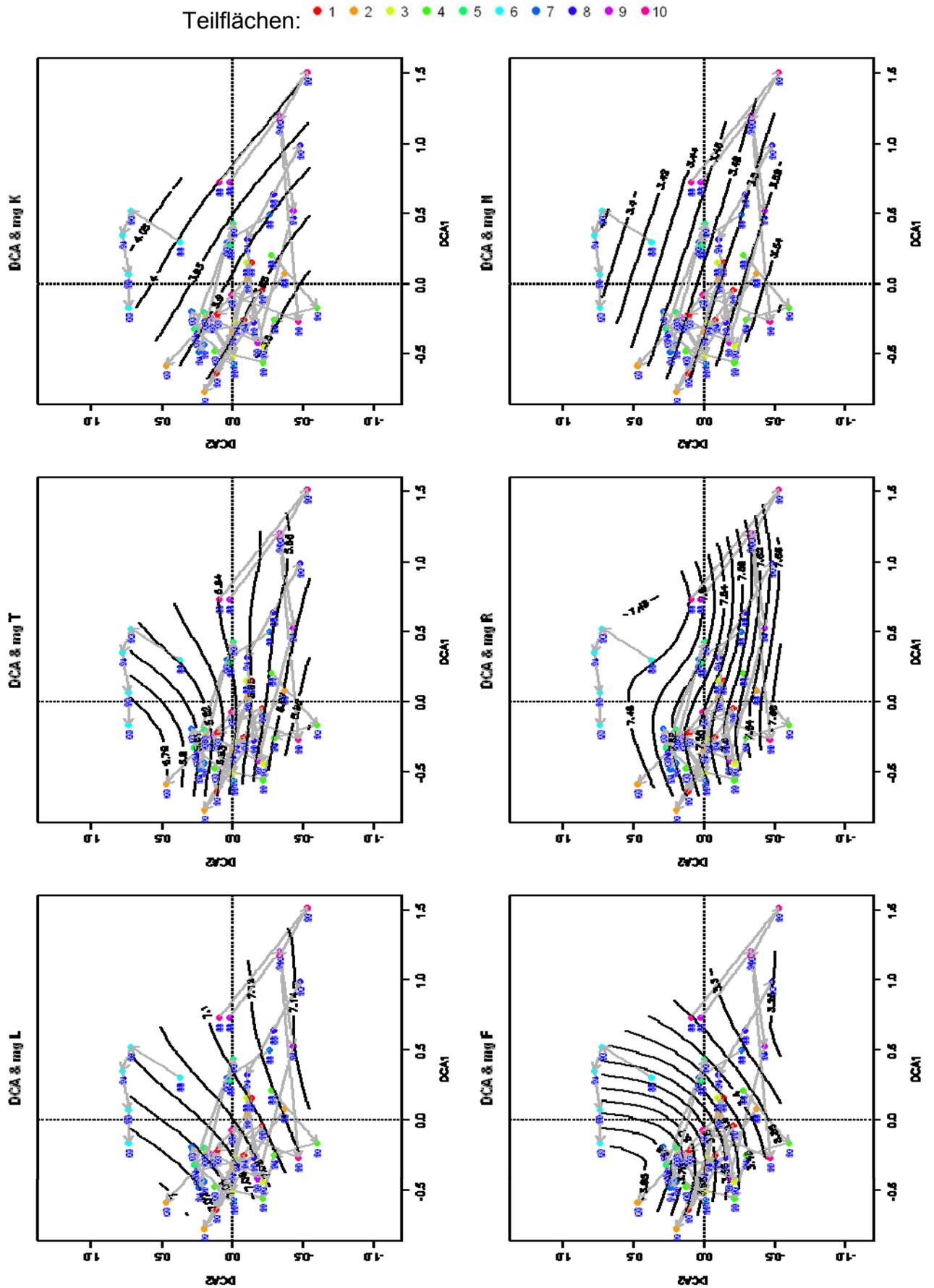


Abb. A3.13a: DBF 2460 Taubergießen (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)





**Abb. A3.14a:** DBF 2530 Sulzbach (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



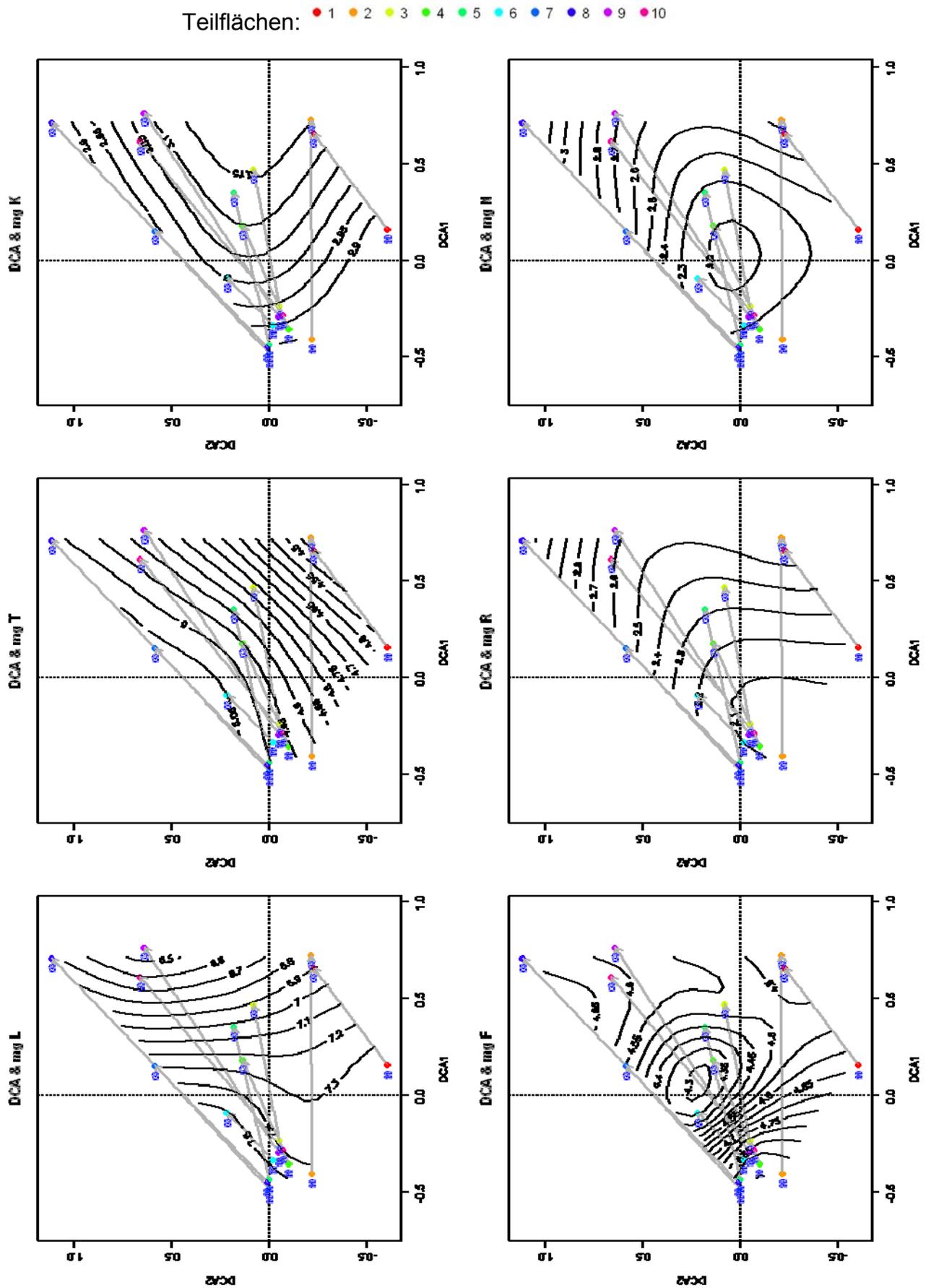


Abb. A3.15a: DBF 2540 Rohrhardsberg (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

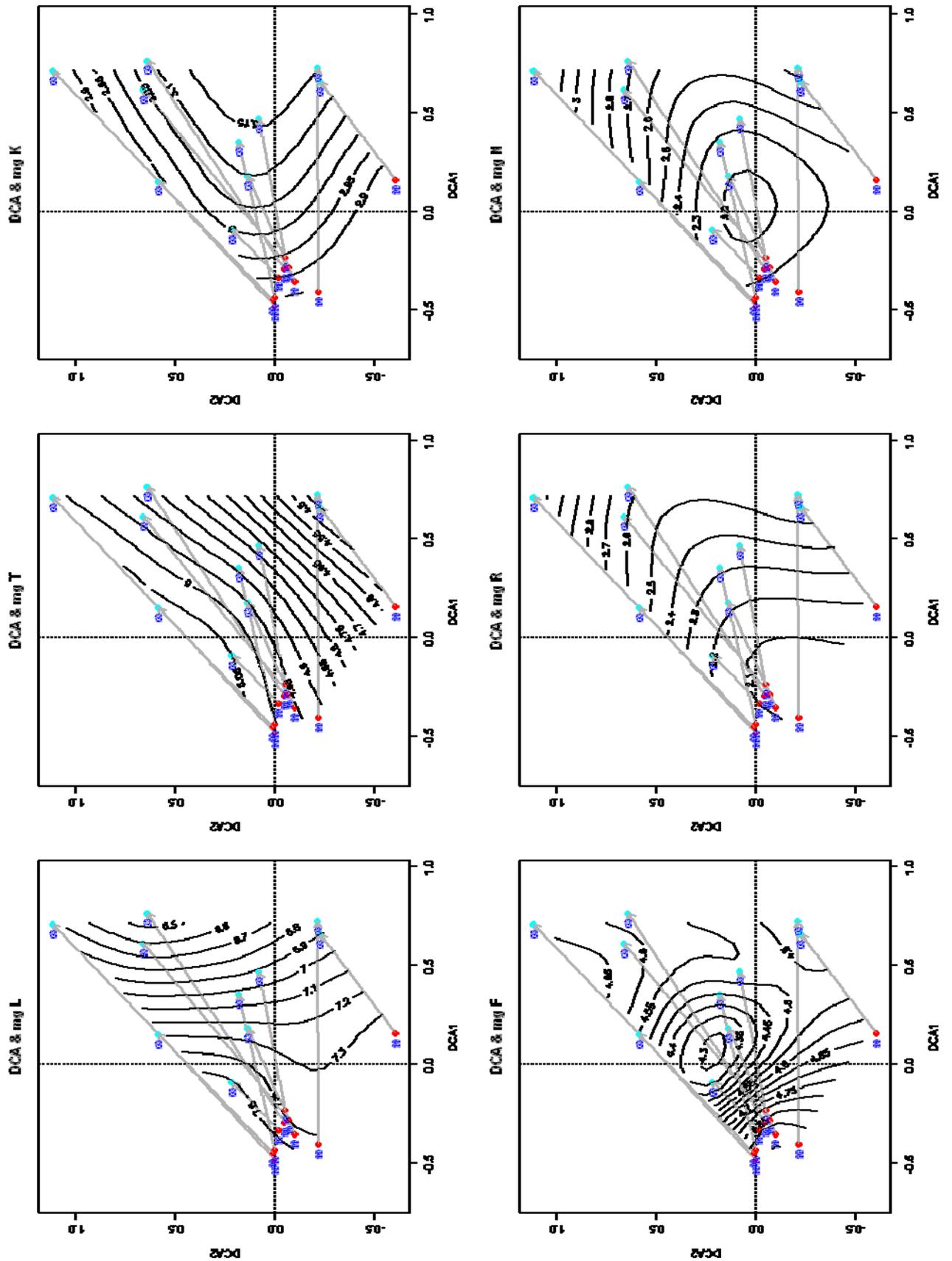
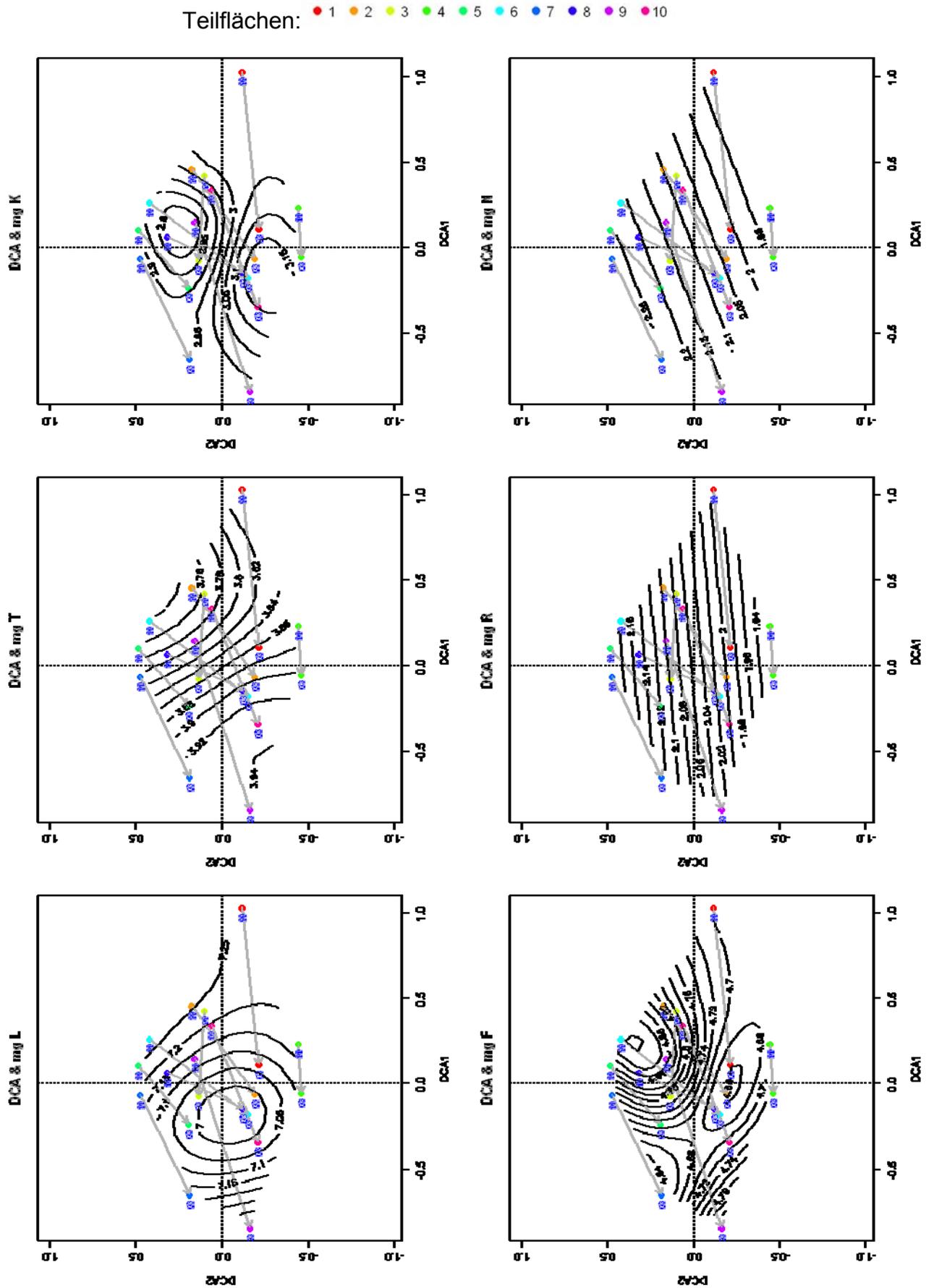


Abb. A3.15b: DBF 2540 Rohrhardsberg (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



**Abb. A3.16a:** DBF 2550 Feldberg (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

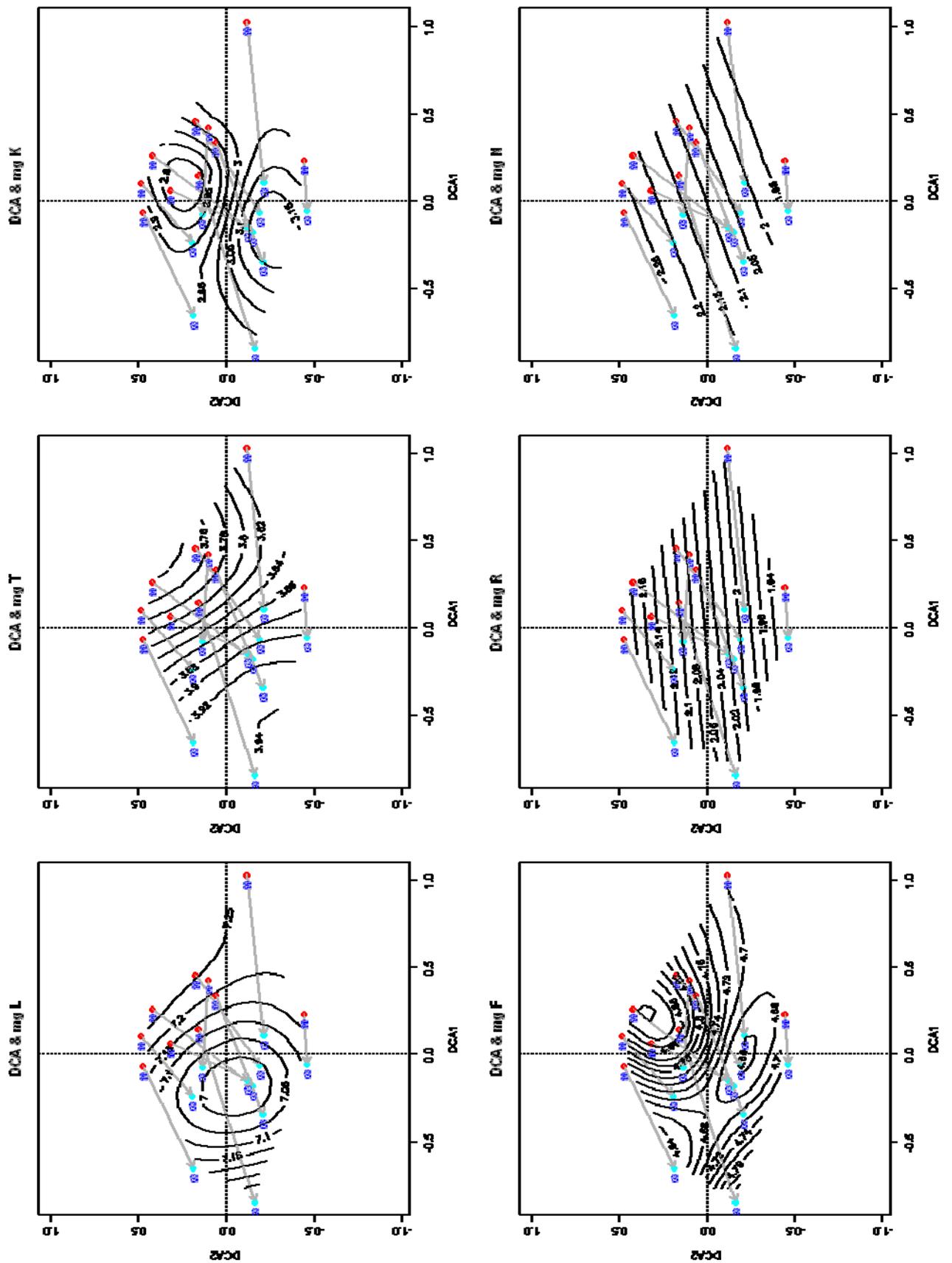


Abb. A3.16b: DBF 2550 Feldberg (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

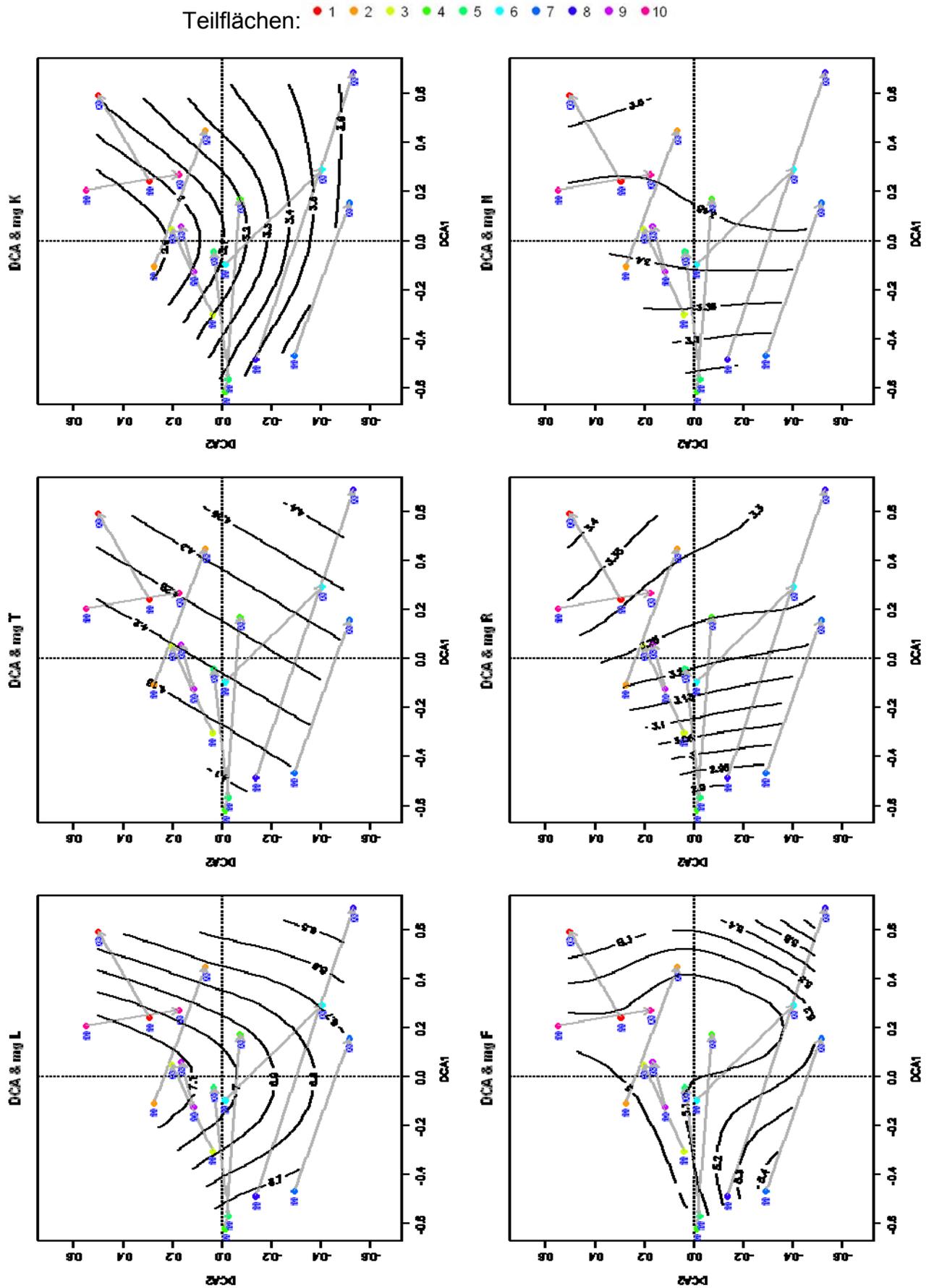
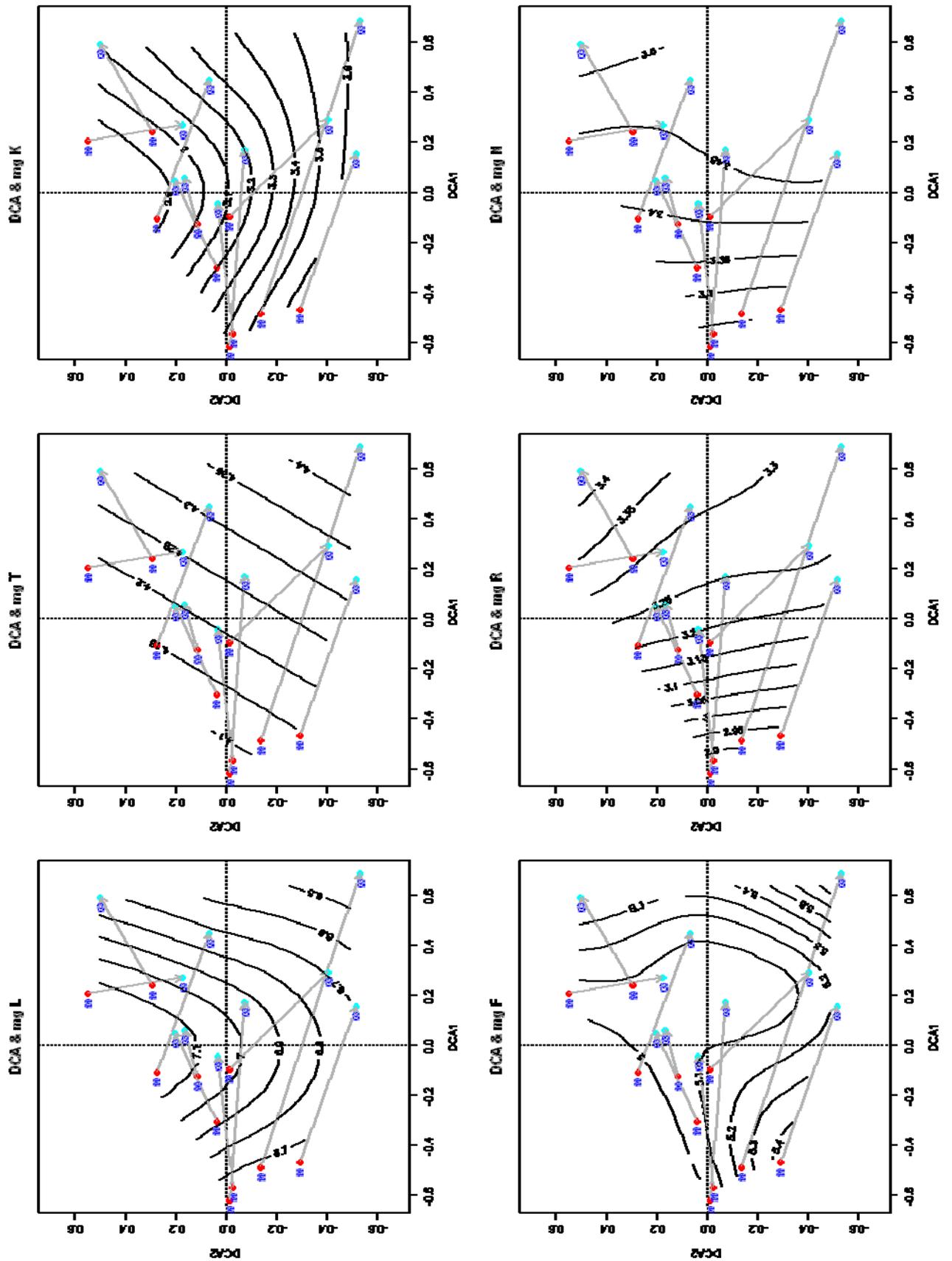


Abb. A3.17a: DBF 2560 Belchen (Farbe = Sukzessionsquadrat, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)



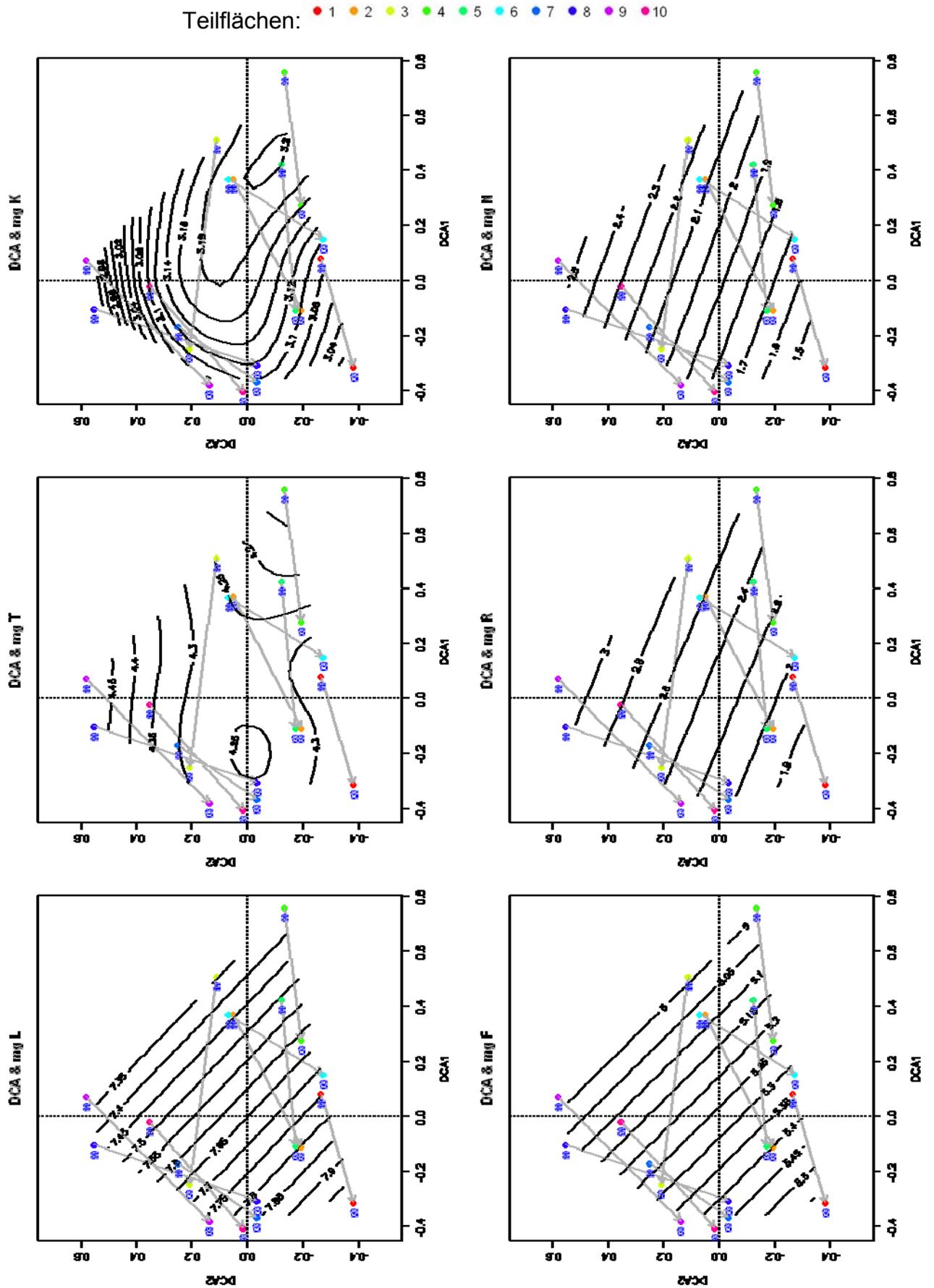


Abb. A3.18a: DBF 2570 Raue Wiese (Farbe = Sukzessionsquadrate, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

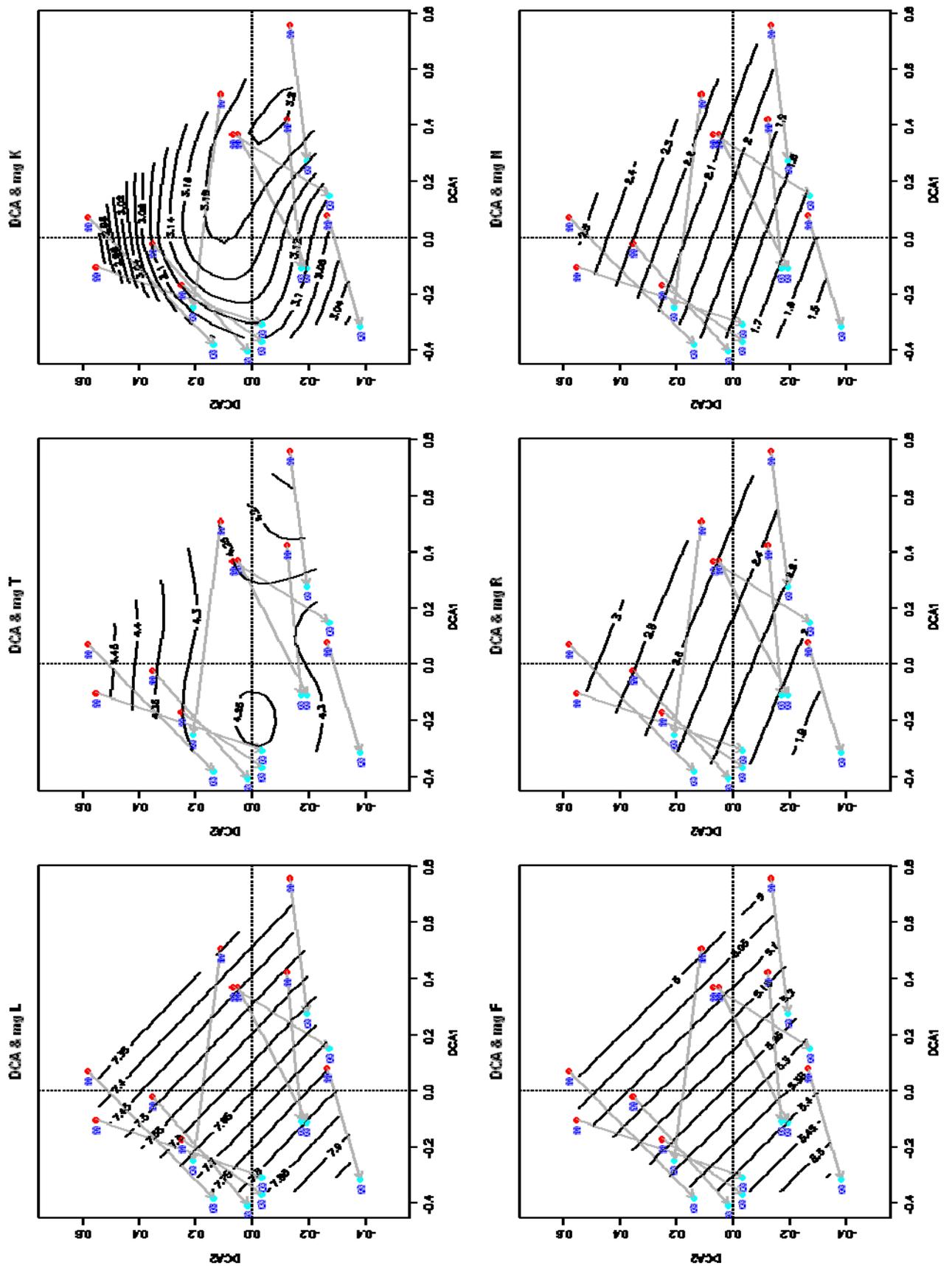
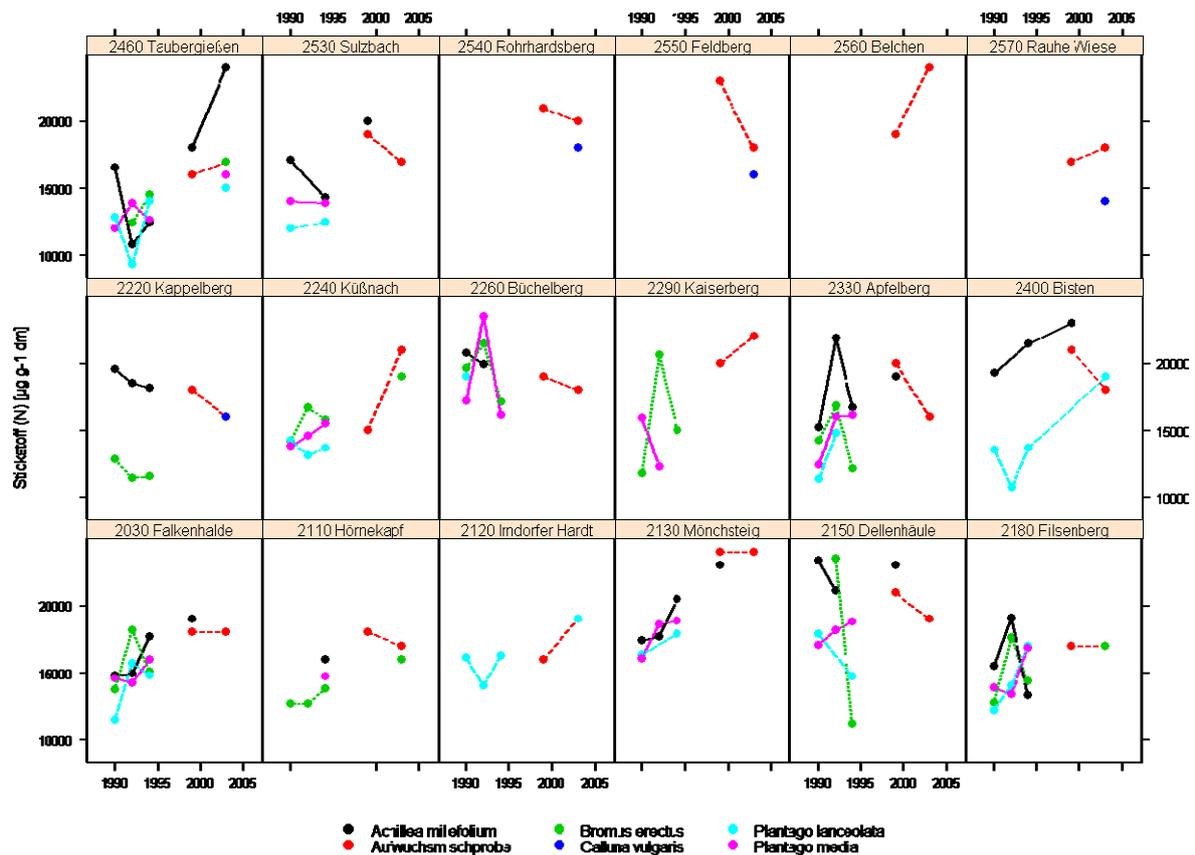


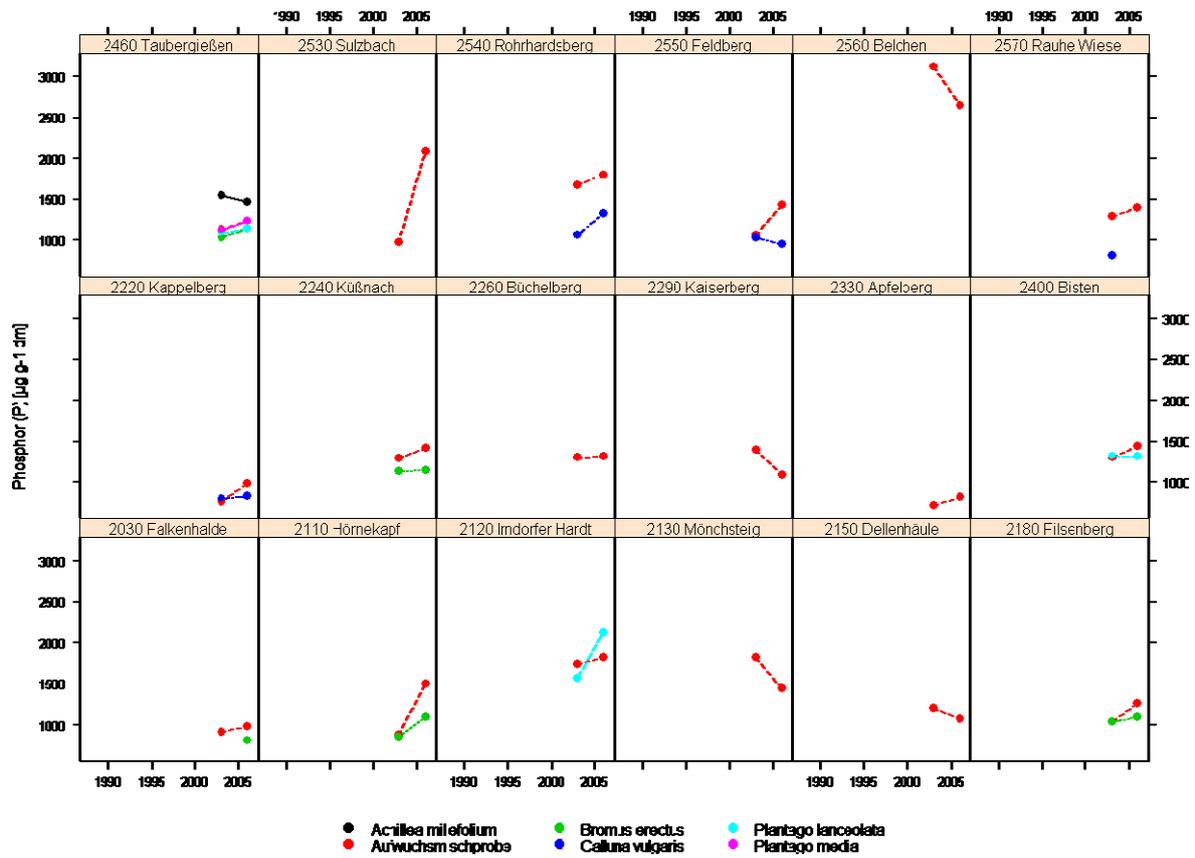
Abb. A3.18b: DBF 2570 Rauhe Wiese (Farbe = Aufnahmejahre, zur Erläuterung siehe Einleitung zu Anhang 3)

## Anhang 4

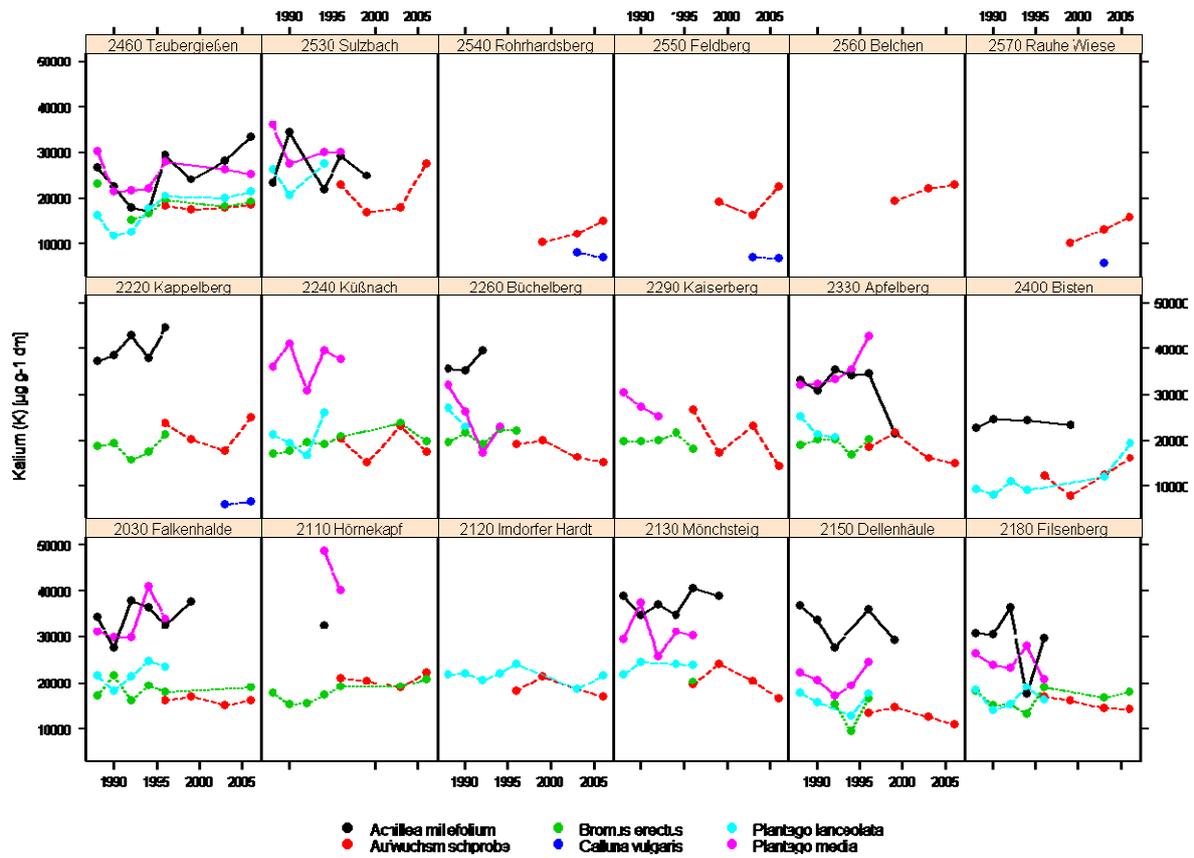
Entwicklung verschiedener Elementkonzentrationen in den Aufwuchsproben verschiedener Arten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren von 1988 bis 2006.



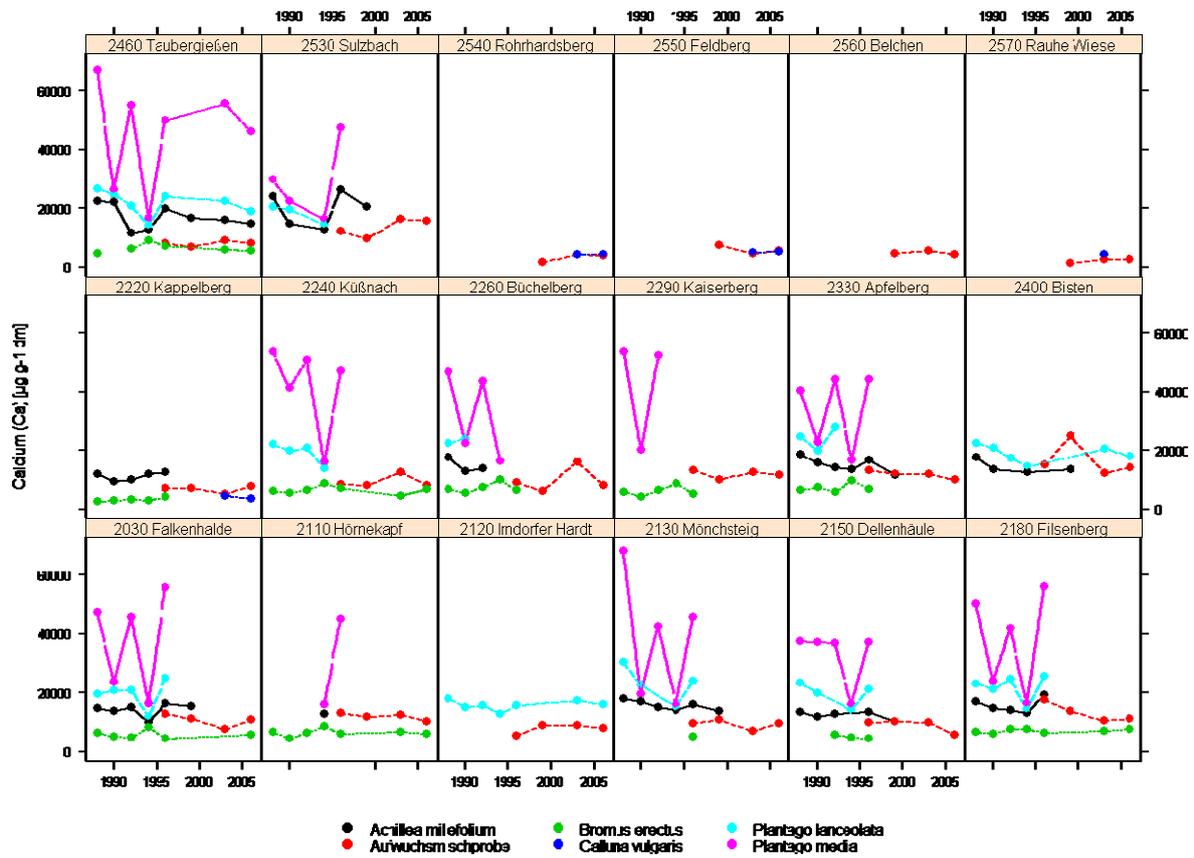
**Abbildung A4.1:** Stickstoffkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



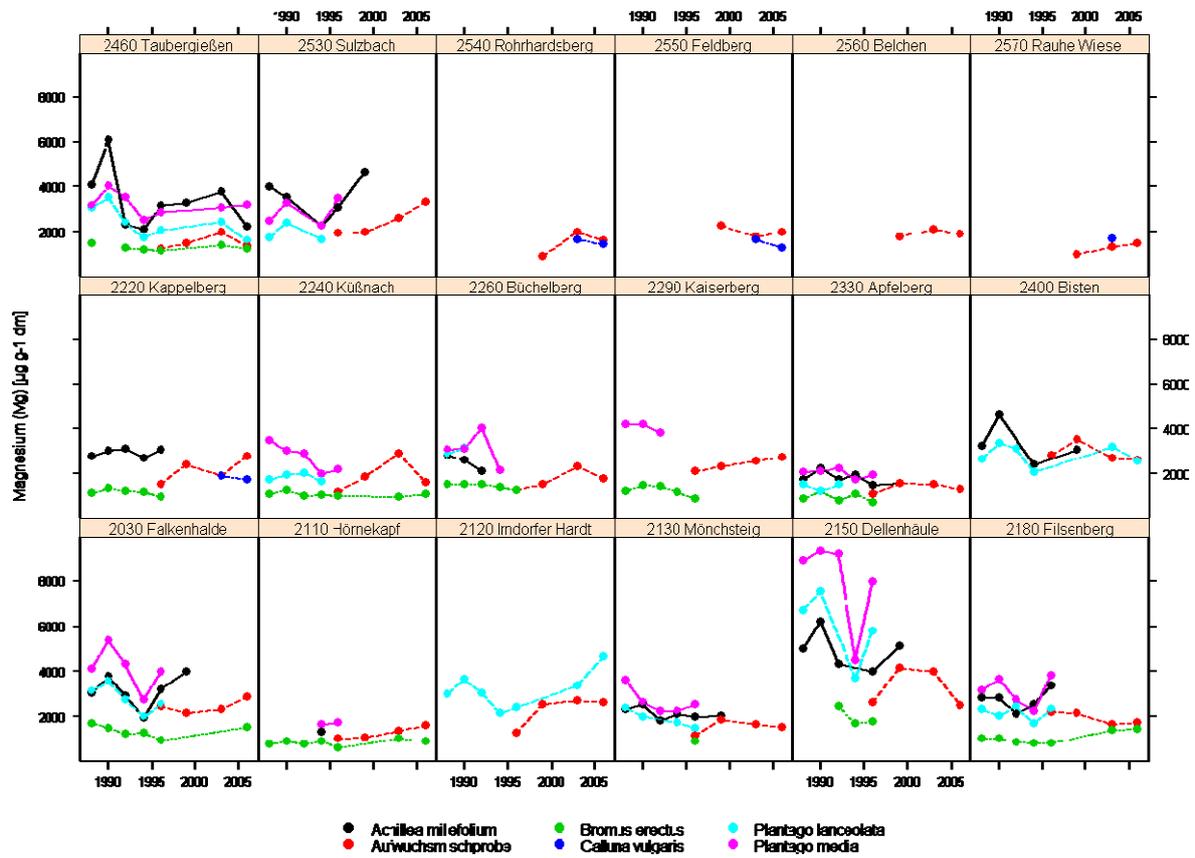
**Abbildung A4.2:** Phosphorkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



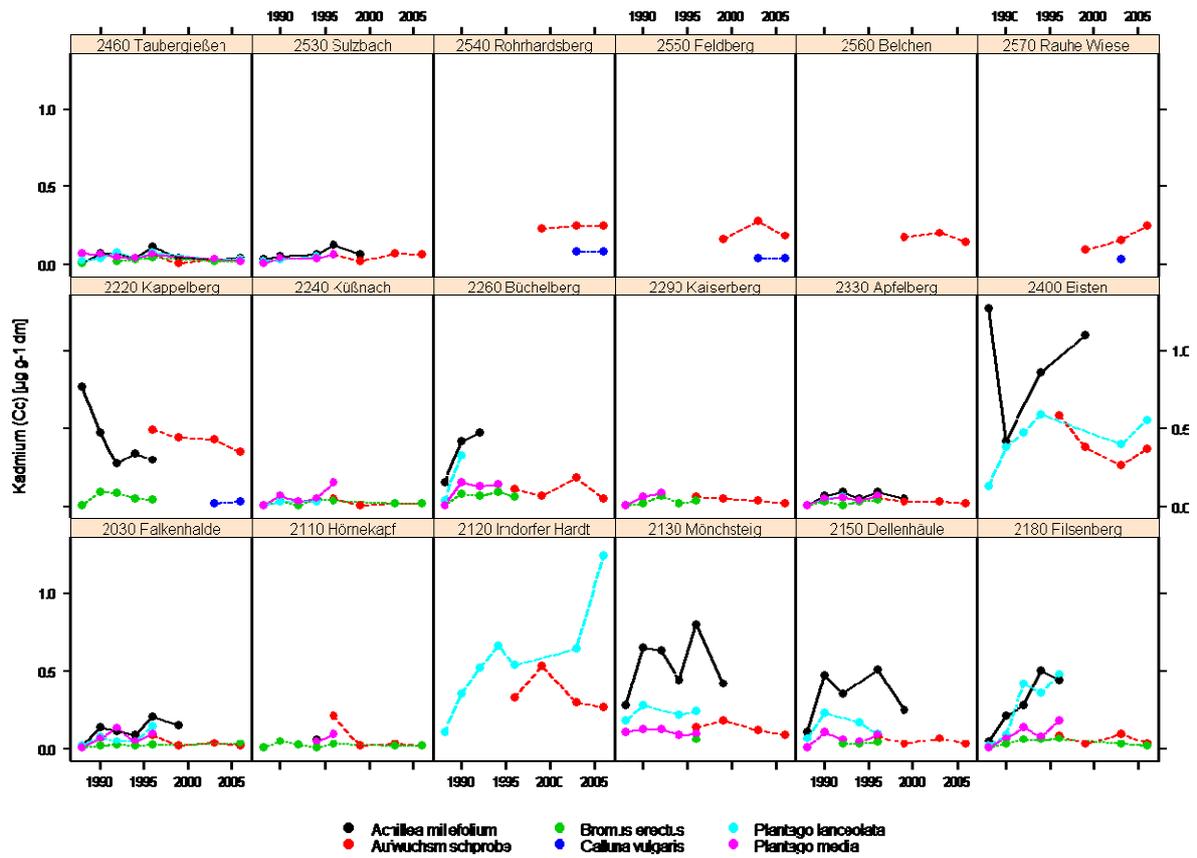
**Abbildung A4.3:** Kaliumkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



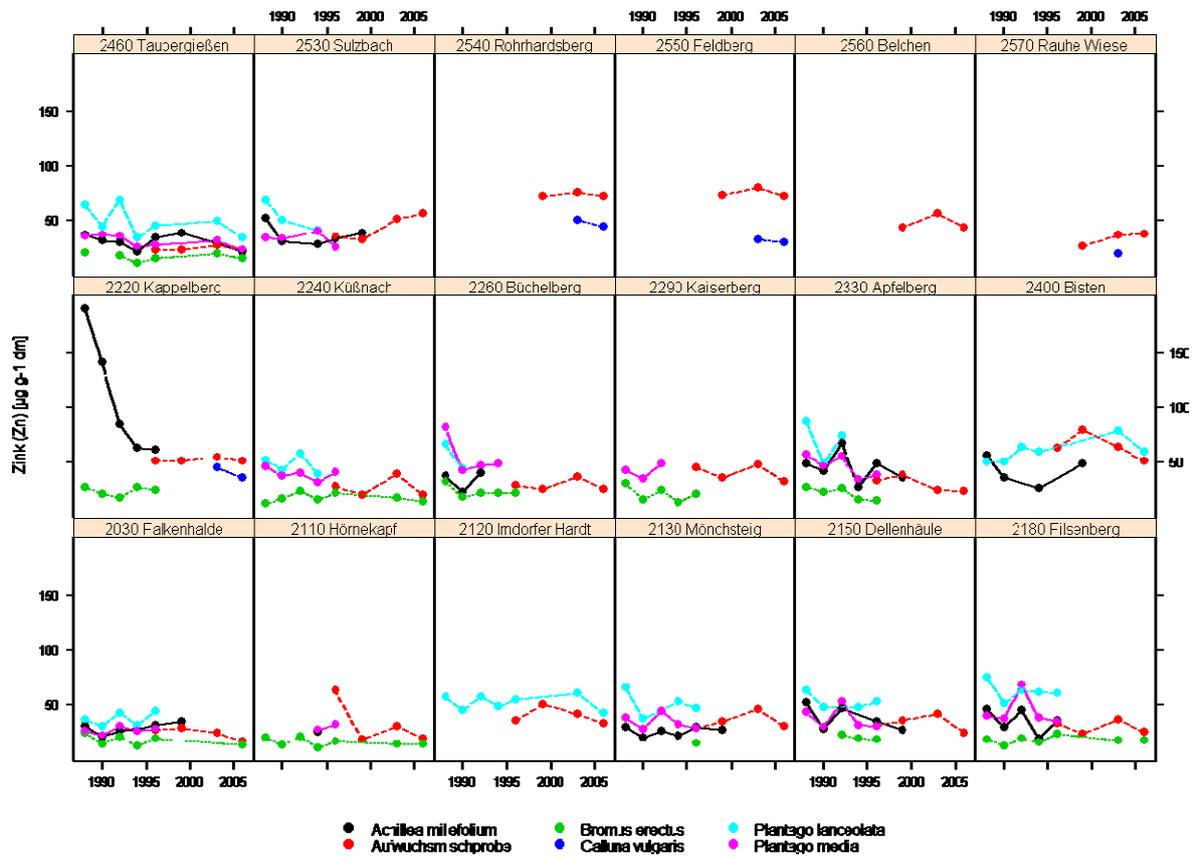
**Abbildung A4.4:** Calciumkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



**Abbildung A4.5:** Magnesiumkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



**Abbildung A4.6:** Kadmiumkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



**Abbildung A4.7:** Zinkkonzentrationen ( $\text{mg kg}^{-1}$  Trockenmasse, ppm) in an 18 DBF zwischen 1988 und 2006 entnommenen Pflanzenproben. Die einzelnen Diagramme sind gleich skaliert, um Stationsunterschiede zu verdeutlichen. Die Farbsignaturen beziehen sich auf einzelne Pflanzenarten: *Achillea millefolium* (●), *Bromus erectus* (●), *Calluna vulgaris* (●), *Plantago lanceolata* (●), *Plantago media* (●) und ab 1996 Mischprobe des Grünlandaufwuchses (●).



## 7. Anlagen

Alle Anlagen nur als PowerPoint-Dateien auf der dem Bericht beiliegenden CD

### **Anlage 1:**

Graphische Darstellung (Balkendiagramme) der Deckungswerte aller Arten (in den Sukzessionsquadraten aller Dauerbeobachtungsflächen in allen Aufnahmejahren).

Name der Datei: „GruenlandDBF\_Deckungswerte.ppt“

### **Anlage 2:**

Grafische Darstellung verschiedener Klimaparameter (Monatswerte) ausgewählter Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes in der Nähe von Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Datengrundlage: Messwert-Datenbank der LUBW

Name der Datei: „GruenlandDBF\_Klimadiagramme.ppt“