

Analyse der Vegetationsentwicklung von 1985 bis 2007

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

ID U92-M30-J09

Auf den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen der LUBW werden seit über 25 Jahren Veränderungen der Vegetation und der stofflichen Belastungen dokumentiert. Die Vegetationsentwicklung ist an den Dauerbeobachtungsflächen im Fachdokumentendienst FADO Umweltbeobachtung veröffentlicht (Tabelle 1). Der folgende Bericht ist eine übergreifende Analyse der Vegetationsentwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Temperaturanstiegs der vergangenen Dekaden (Abbildung 1).

Artenreichtum und -diversität entsprechen an fast allen Dauerbeobachtungsflächen (DBF) dem natürlichen Potential der Standorte sowie den vorherrschenden Nutzungs- bzw. Pflegebedingungen. Während an den meisten Waldstandorten kaum Veränderungen des Artenreichtums und der Diversität zu beobachten sind, ist an den Grünlandstandorten, vorrangig bedingt durch die Pflege, ein Trend zunehmender Artenzahlen und höherer Diversitätsindizes feststellbar. Ausschließlich immisions- und klimabedingte Veränderungen der Diversität (Artenreichtum, Vergesellschaftung) wurden bislang nicht nachgewiesen.

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	ID U51-M31-J08
Vegetationsentwicklung im Wald von 1985 bis 2007	ID U51-M32-J08
Analyse der Vegetationsentwicklung von 1985 bis 2007 (dieses Dokument)	ID U92-M30-J09

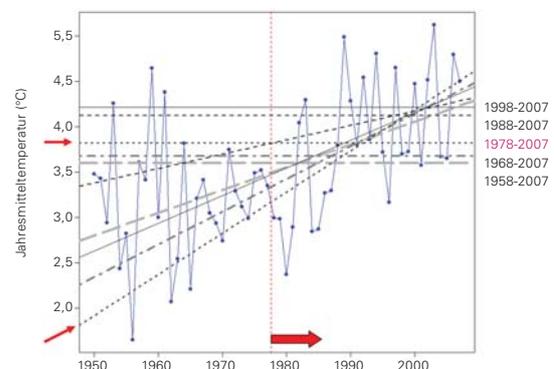


Abbildung 1: Verlauf der Jahresmitteltemperatur an der DWD Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 – 2007, sowie die mittleren Jahresmitteltemperaturen (horizontale Linien) und linearen Trends (schräge Linien) für verschieden lange Zeiträume (Datengrundlage: DWD)



DIE DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN

Bei den 18 Grünland-DBF handelt es sich um artenreiches Extensivgrünland auf mageren, trockenen, basen-/kalkreichen Standorten (Halbtrockenrasen und Wacholderheiden) und auf mageren, frischen bis feuchten, bodensauren Standorten (Borstgrasrasen und Pfeifengraswiesen). Alle DBF liegen in Naturschutzgebieten und werden in unterschiedlicher Weise und Intensität gepflegt. Die Flächen repräsentieren die in Schutzgebieten Baden-Württembergs häufig vorkommenden Grünland-Standorte und -Gesellschaften.

Die ursprünglich 60 Wald-DBF wurden bei ihrer Anlage gleichmäßig über alle naturräumlichen Haupteinheiten von Baden-Württemberg verteilt. Beim überwiegenden Teil der Dauerbeobachtungsflächen handelt es sich um Rotbuchen-dominierte Laubwälder verschiedener Gesellschaften und Ausprägungen. Ausnahmen bilden die nur wenigen Tannenwälder und Eichen-Hainbuchenwälder. Bei allen Waldflächen handelt es sich um Altbestände; eine Beeinträchtigung durch forstwirtschaftliche Nutzungen fand im Untersuchungszeitraum nicht statt. Das Bestands- und Lichtklima wurde an vielen Standorten durch die Stürme "Wiebke" und "Lothar" wesentlich beeinträchtigt (Kronenauflichtung).

NATÜRLICHE SUKZESSION

Bei den beobachteten Grünland-Gesellschaften handelt es sich um anthropogene Ersatzgesellschaften der natürlichen Vegetation (in der Regel Wald), die für ihren Erhalt auf regelmäßige Pflege bzw. Nutzung angewiesen sind. Findet diese nicht statt, so kommt es durch natürliche Sukzession (Verbrachung, Versaumung, Verbuschung, Bewaldung) zu einer Veränderung der Vegetation und Standortbedingungen. Werden Pflege bzw. Nutzung intensiviert, so wird auch dies in der Vegetation deutlich.

Bei den Wald-DBF hat sich an vielen Standorten das Bestands- und Lichtklima durch Stürme wesentlich ver-

ändert. Diese Veränderung des Bestandsklimas hat oft zu Veränderungen in der Krautschicht und verstärkter Sukzession der Strauchschicht geführt, die sich kaum von den durch Veränderungen des Makroklimas hervorgerufenen Veränderungen trennen lassen.

PFLEGE UND NUTZUNG

Während an den Wald-DBF im Untersuchungszeitraum keine offensichtliche Beeinflussung der Vegetation durch eine Nutzung durch den Menschen bestand und festzustellen war, handelt es sich bei den untersuchten Grünland-Gesellschaften um anthropogene Ersatzgesellschaften der natürlichen Vegetation, die für ihren Erhalt auf eine regelmäßige Nutzung bzw. Pflege angewiesen sind. Die untersuchten Grünland-Dauerbeobachtungsflächen wurden in unterschiedlicher Art (Beweidung, Mahd) und Intensität gepflegt. Ein großer Teil der Standorte (vor allem der Halbtrockenrasen und Waldholderheiden) wurde vor der Einrichtung der DBF in den 1980er Jahren nicht oder nur wenig gepflegt. Sie waren damals mehr oder weniger stark durch Versaumung und Verbuschung beeinträchtigt. Der Einfluß der durchgeführten Pflegemaßnahmen lässt sich im Langzeit-Monitoring deutlich belegen und hat sich an den meisten Standorten auf den Erhaltungszustand des artenreichen Extensivgrünlandes positiv ausgewirkt. Insbesondere ist die an fast allen Standorten feststellbare Erhöhung der Artenzahlen und Diversitätsindizes in diesem Zusammenhang zu erwähnen. An einigen Standorten ist der Einfluß einer historischen Nutzung oder einer ehemals starken Verbuschung auch heute noch in der Vegetation feststellbar (z.B. DBF Kaiserberg, ehemaliger Weinberg). Es ist davon auszugehen, daß es sich bei der Pflege meist um den dominanten Einflußfaktor handelte. Auch bei einem in Zukunft stärker in Erscheinung tretenden Klimawandel wird der Faktor „Pflege“ große Bedeutung behalten. Teilweise wird auch die Pflege auf den Klimawandel reagieren müssen, um Ökosystemfunktionen stabilisieren zu können.

DEPOSITIONEN

Weder an den Grünland-DBF, noch an den Wald-DBF lassen sich Veränderungen der Vegetationszusammensetzung feststellen, die ausschließlich oder überwiegend durch atmosphärische Depositionen verursacht wurden. Eine Ausnahme von dieser Feststellung bilden eventuell die Stickstoff-Depositionen (siehe unten). Auch lassen sich aus dem vorliegenden Datenmaterial keine direkten Schädigungen von Pflanzen-Arten über die Luft oder durch Akkumulation von Schadstoffen im Boden ableiten. Der allgemeine Rückgang der Bleikonzentration in Pflanzenproben ist ein Beleg für die Wirkung der Emissionsminderungsmaßnahmen. Der Rückgang der Schwefelkonzentration in Pflanzenproben der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen steht im Einklang mit dem Rückgang der Schwefeldeposition. Die Beobachtungen deuten nicht auf direkte phytotoxische Effekte des Sommersmogs oder indirekte ozonbedingte Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften hin.

STICKSTOFF-DEPOSITIONEN

Die von GAUGER et al. (2007) modellierten Stickstoffdepositionen deuten an, daß die *critical loads* für Stickstoff immer noch weiträumig überschritten werden und langfristige Eutrophierungsphänomene bewirken können. Gleichzeitig weisen die über die Zeit angestiegenen mittleren Blattkonzentrationen des Elementes Stickstoff auf einen erheblichen Eintrag eutrophierender Komponenten hin. Der in den modellierten Stickstoffdepositionen an fast allen DBF in den Jahren von 1998 bis 2004 zu beobachtende Anstieg kann tendenziell auch in den Elementkonzentrationen der Pflanzenproben nachvollzogen werden. Er steht ebenfalls im Einklang mit dem an einigen Wald-Standorten zu beobachtenden Anstieg des mittleren gewichteten Ellenberg-N-Wertes. Letzteres kann aber auch durch erhöhte Stoffumsetzungen auf Grund von Störungen des Bestands- und Lichtklimas hervorgerufen worden sein. An den Grünland-Standorten kann eine regelmäßige Pflege mit Abfuhr des Mahdgutes zu einem deutlichen Nährstoffentzug führen

und die Einträge atmosphärischen Stickstoffs zumindest teilweise ausgleichen.

Die weiträumigen N-Einträge haben vor allem in den Waldökosystemen Mitteleuropas in den letzten Jahren zu gravierenden Veränderungen in der Nährstoffversorgung geführt (siehe auch FRANZARING et al. 2009). Dies äußert sich in Ernährungsstörungen, die sich langfristig in einer verringerten Vitalität und Wachstumseinbußen auswirken können. Hier seien beispielsweise die N:P und N:K Relationen genannt.

KLIMA

Der mittlere Ellenberg-Temperatur-Wert steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem am Standort herrschenden Klima. Es besteht aber auch eine enge Beziehung zwischen dem Ellenberg-Licht-Wert und dem Ellenberg-Temperatur-Wert einer Pflanze. Pflanzen an offenen, sonnigen Standorten (hoher L-Wert) 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. Bei den Wald-DBF kann sich eine durch Kronenauflichtung (Stürme) und/oder verstärkte Sukzession der Strauchschicht verursachte Veränderung des Bestands- und Lichtklimas erheblich auf die mikroklimatischen Bedingungen in der Krautschicht auswirken.

An den Grünland-DBF kann tendenziell von einer Erhöhung der mittleren Temperaturwerte und einem Rückgang der mittleren Kontinentalitätszahlen gesprochen werden (gegenläufige Trends an einzelnen Standorten). An den Wald-DBF sind diese Tendenzen weniger offensichtlich. Obwohl diese Tendenzen im Einklang mit den allgemeinen klimatischen Trends im Beobachtungszeitraum stehen (leichte Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen, weniger kalte Winter, zunehmende thermische Ozeanität, etc.) muss betont werden, dass sich ein viel-

fältiges Wirkungsgefüge in den mittleren Zeigerwerten widerspiegelt und die Interpretation vor allem bei den Wald-DBF auch durch methodische Randbedingungen (Artenarmut vieler DBF, kleine Aufnahme­flächen) erschwert wird.

Die Bestandsklimadaten der Intensiv-Wald-DBF belegen eindrucksvoll die Abpufferung des Bestandsklimas gegenüber dem Makroklima. Die intensive Betrachtung des Makroklimas und seiner Trends an den DBF zeigt zwar für den Beobachtungszeitraum die oben genannten Tendenzen, macht aber auch die geringe Bedeutung dieser Trends gegenüber den „normalen“ jährlichen Schwankungen des mitteleuropäischen Klimas deutlich. Offensichtliche klimatische Auswirkungen auf die Vegetation sind vor allem in Extremjahren, wie dem Sommer des Jahres 2003 zu beobachten. Eine Abfolge solcher Extreme oder länger anhaltende und stärkere Klimaveränderungen sind sicherlich in der Lage, die Zusammensetzung und Struktur unsere Vegetation nachhaltig zu verändern.

AUSBLICK

Die Autoren haben abschließend einige Vorschläge zur Weiterentwicklung der DBF entwickelt, die im Beitrag „Design der Vegetations-Dauerbeobachtungsfläche“ diskutiert werden (Tabelle 1). Beispielsweise wird empfohlen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation künftig an wärmeren, kühleren und/oder artenreicheren zusätzlichen Standorten zu beobachten. Dazu ist anzumerken, dass die Flächen in Mitte der 1980er Jahre im Zeichen hoher atmosphärischer Stoffeinträge angelegt wurden. Ganz gezielt wurden Pflanzengesellschaften in einer stabilen Sukzessionsstufe ausgewählt, bei denen keine schnell ablaufenden, Biotopveränderungen mehr zu erwarten waren. Bedingt durch geänderte Fragestellungen, Sturmereignisse und ökonomische Zwänge wurden für die Fortführung der Dauerbeobachtung von den ursprünglich 60 Wald-DBF heute 21 Intensivflächen ausgewählt (Stand 2010). Die Flächen repräsentieren häufig vorkommende Pflanzengesellschaften in den Naturräumen des Landes. Anlass- und fragestellungsbezogen sollen Erkenntnisse von Extremstandorten künftig in die Analysen einbezogen werden. Augenmerk soll dabei auf klima- und stickstoffempfindliche Pflanzengesellschaften oder bestimmte Arten gelegt werden.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	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.
AUFTRAGGEBER	LUBW, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Projekt ID WV163-4 Kontakt: Dr. Jürgen Zipperle, Juergen.Zipperle@lubw.bwl.de , Tel 0721/5600-1635
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/.../ ID Umweltbeobachtung U92-M30-J09
STAND	Juni 2009, 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
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiete und Datenmaterial	4
2.1 Lage der Untersuchungsgebiete (Dauerbeobachtungsflächen)	4
2.2 Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes	6
2.3 Bestandsklima der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen	8
3. Ergebnisse	10
3.1 Das Bestandsklima der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen im Beobachtungszeitraum 2003 bis 2007	10
3.1.1 Übersicht über das Bestandsklima der Wald-Dauerbeobachtungsflächen	11
3.1.2 Die mittleren Klimabedingungen der Wald-Dauerbeobachtungsflächen im Sommerhalbjahr (April bis September) und ihre Veränderungen	22
3.2 Entwicklung des Klimas an ausgewählten Stationen des DWD in der Nähe der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen	27
3.2.1 Erläuterung der durchgeführten Klimaanalysen am Beispiel der DWD-Station 2320 Feldberg	27
3.2.2 DWD-Stationen an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen	37
3.2.3 DWD-Stationen an den Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen	46
3.2.4 Übersicht über die signifikanten Trends und ihre Relation zur Schwankungsbreite der Klimaparameter	57
3.3 Mittelwerte und Trends verschiedener Klimaparameter an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen	61
3.3.1 Die Modellierung	61
3.3.2 Die Modellierten Mittelwerte verschiedener Klimaelemente an den DBF	71
3.4 Vegetationsentwicklung auf den gemulchten und beweideten Dauerbeobachtungsflächen der Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg	86

4.	Der Einfluß des Klimas auf die Vegetationsentwicklung der Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters	100
4.1	Die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen	101
4.2	Die Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen	104
5.	Empfehlungen zur Weiterführung der Untersuchungen auf den Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg	111
6.	Zusammenfassung	117
7.	Literatur	124
8.	Anhang	126
9.	Anlagen (PowerPoint-Dateien, nur auf CD)	133

Verzeichnis der Abkürzungen

BW	Baden-Württemberg
DBF	Dauerbeobachtungsfläche(n)
DCA	Detrended Correspondence Analysis
DHM	Digitales Höhenmodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
DQ	Dauerquadrat
IDW	Inverse distance weighting
KNP	Klimanormalperiode, 1961-1990, Referenzzeitraum der WMO
JMT	Jahresmitteltemperatur
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW
MT	Mittlere Temperatur
MTB	Messtischblatt (= TK 25)
MUB	Medienübergreifende Umweltbeobachtung
MW	Mittelwert
ÖKWI	Ökologisches Wirkungskataster
RIPS	Räumliche Informations- und Planungssystem
TK25	Topographische Karte 1:25.000 (= MTB)
ü.NN	über Normalnull
WMO	World Meteorological Organization

1. Einleitung

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. Im ÖKWI werden Wirkungen von Umweltbelastungen mit Hilfe von Bioindikatoren (Pflanzen und Tiere) erfasst und bewertet. Damit werden **Zeitreihen zum Zustand des Naturhaushaltes** sowie eine **räumliche Differenzierung der Belastungssituation** erarbeitet (LfU 2005).

Seit Beginn des ÖKWI stellen vegetationskundliche Aufnahmen der Wald- und Grünlandvegetation die Basis der Untersuchungen auf den Dauerbeobachtungsflächen dar. Ziel ist die Erkennung langfristiger, immissions- und klimabedingter Veränderungen der Vegetationsdecke. Ein wichtiger Aspekt ist auch der Schutz der Biodiversität. Die ‚Nationale Biodiversitätsstrategie‘ (BMU 2007) sieht das Monitoring von Veränderungen der biologischen Vielfalt und deren Ursachen (z.B. Immissionen und Klimawandel) vor.

Im Rahmen des ÖKWI werden auf den baden-württembergischen Dauerbeobachtungsflächen seit über 20 Jahren Veränderungen der Vegetation und der stofflichen Belastungen fortschreitend dokumentiert. Bei diesem durch die LUBW geförderten Projekt geht es um die Auswertung der an den baden-württembergischen Dauerbeobachtungsflächen (30 Wald- und 19 Grünlandstandorte) erhobenen Vegetationsdaten mit multivariaten, statistischen Verfahren und deren Verknüpfung mit in der Nähe zu den 49 Flächen erhobenen Klima- und Immissionsdaten.

Ziel des Projektes ist es:

- Vegetationsveränderungen darzustellen und zu belegen,
- ihre räumliche Repräsentanz zu beurteilen
- und die Ursachen der möglicherweise über die Zeit erfolgten Veränderungen zu ermitteln und in ihrer relativen Bedeutung zu gewichten.

Der **erste Projektbericht** (Dezember 2007) beinhaltet:

- allgemeine Informationen zu den Naturräumlichen Grundlagen und zur Entwicklung von Wald- und Grünland in Baden-Württemberg,
- Informationen über die für die Vegetationsentwicklung bedeutsamen Umweltgradienten und ihre raum-zeitlichen Trends,
- Informationen zu den raum-zeitlichen Trends der atmosphärischen Depositionen und des Klimas,
- die Darstellung des vorliegenden Datenmaterials (insbesondere der Vegetations- und Standortdaten aus dem ÖKWI) und die Bewertung seiner Qualität (siehe hierzu auch die folgenden Projektberichte),

- Betrachtungen zur räumlichen und vegetationsökologischen Repräsentanz der Dauerbeobachtungsflächen.

Der **zweite Projektbericht** (Juli 2008) konzentriert sich 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,
- eine Diskussion der dargestellten Ergebnisse.

Der **dritte Projektbericht** (Dezember 2008) konzentriert sich auf die Wald-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.),
- vergleichende Übersichten zur Vegetationsentwicklung aller Dauerbeobachtungsflächen (Artenzahlen, Diversität, Standortfaktoren, Zeigerwerte)
- eine steckbriefartige Darstellung der Vegetationsentwicklung an ausgewählten Wald-Dauerbeobachtungsflächen,
- Informationen zur Entwicklung der Stickstoff- und Schwefeldepositionen sowie der Ozonkonzentrationen an den Standorten der Wald-Dauerbeobachtungsflächen,
- Übersichten zur Entwicklung der Elementkonzentrationen in Aufwuchsproben verschiedener Arten der Wald-Dauerbeobachtungsflächen,
- eine Diskussion der dargestellten Ergebnisse.

Der vorliegende **vierte Projektbericht** konzentriert sich schließlich auf den Einfluß des Klimas auf die Vegetationsentwicklung an den Grünland und Wald-Dauerbeobachtungsflächen und beinhaltet:

- die Darstellung und Auswertung der Bestandsklimadaten der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen aus dem Zeitraum 2003 bis 2007,
- die Analyse der Entwicklung des Klimas an ausgewählten Stationen des DWD in der Nähe der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen,
- die Analyse von Mittelwerten und Trends verschiedener Klimaparameter an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen,
- Auswertungen zum Einfluß des Klimas auf die Vegetationsentwicklung auf den gemulchten und beweideten Dauerbeobachtungsflächen der Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg,
- eine zusammenfassende Darstellung zum Einfluß des Klimas auf die Vegetationsentwicklung der Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters,
- Empfehlungen zur Weiterführung der Untersuchungen auf den Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg,
- und eine kurze Zusammenfassung der Projektergebnisse

Der Hauptteil des 4. Projektberichtes wird durch Anhänge und umfangreiche Anlagen (auf CD) ergänzt.

2. Untersuchungsgebiete und Datenmaterial

2.1 Lage der Untersuchungsgebiete (Dauerbeobachtungsflächen)

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, um vor allem bodensaure Grünland-Standorte im Schwarzwald und auf der Ostalb besser zu repräsentieren.

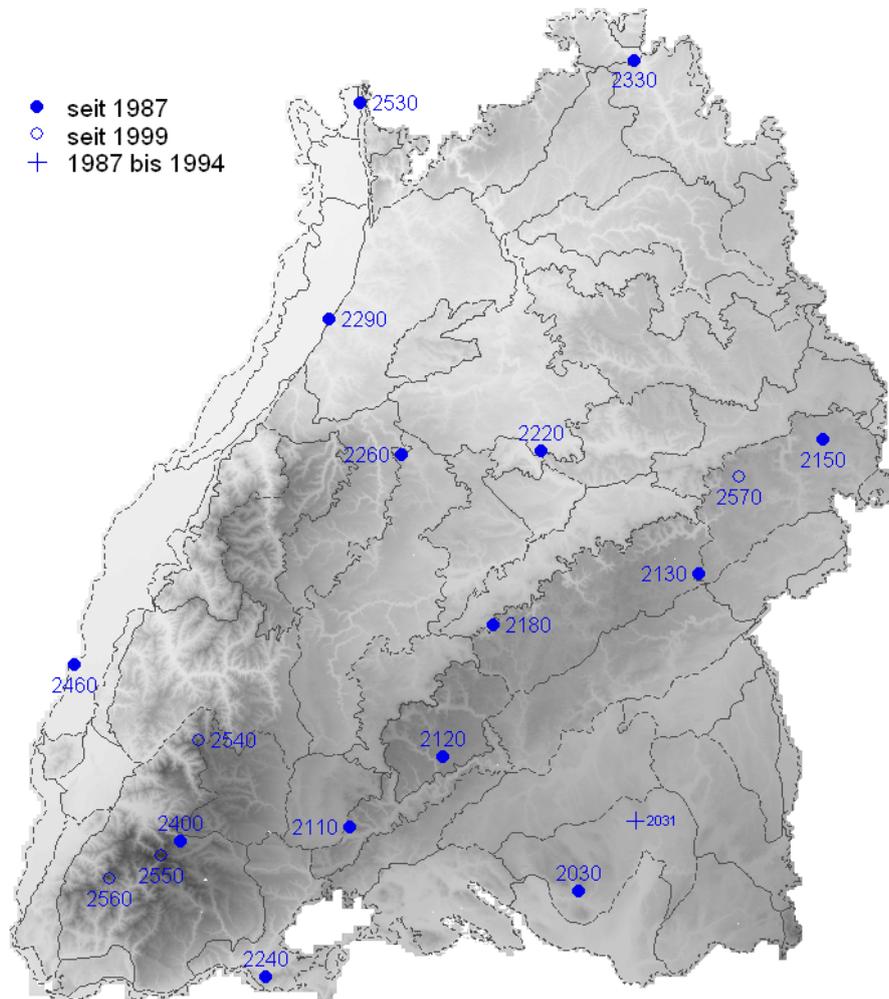


Abbildung 2.1. Lage der Grünland-DBF des ÖKWI. Im Hintergrund: Relief und Naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg (nach Meynen & Schmithüsen 1962), Datengrundlage: DHM von Baden-Württemberg, RIPS (2007). Anmerkung: Die DBF 2031 wurde nach 1994 aufgegeben, die DBF 2540, 2550, 2560 und 2570 wurden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

Nähere Informationen zu den Standorten der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen wurden im Projektbericht 2 zusammengestellt (siehe Kap. 2.2).

Abb. 2.2 zeigt die Lage der 64 Wald-Dauerbeobachtungsflächen (31 intensiv, 33 extensiv) in Baden-Württemberg, sowie deren Verteilung in bezug zu Relief und Naturräumlicher Gliederung. An den rotmarkierten DBF wurden die Sukzessionsquadrate zuletzt im Jahr 2004 aufgenommen, bei allen anderen im Jahr 1997. Die letzte Aufnahme der gesamten DBF nach Braun-Blanquet erfolgte im Jahr 2001 für die Extensiv-Flächen und 2007 für die Intensiv-Flächen.

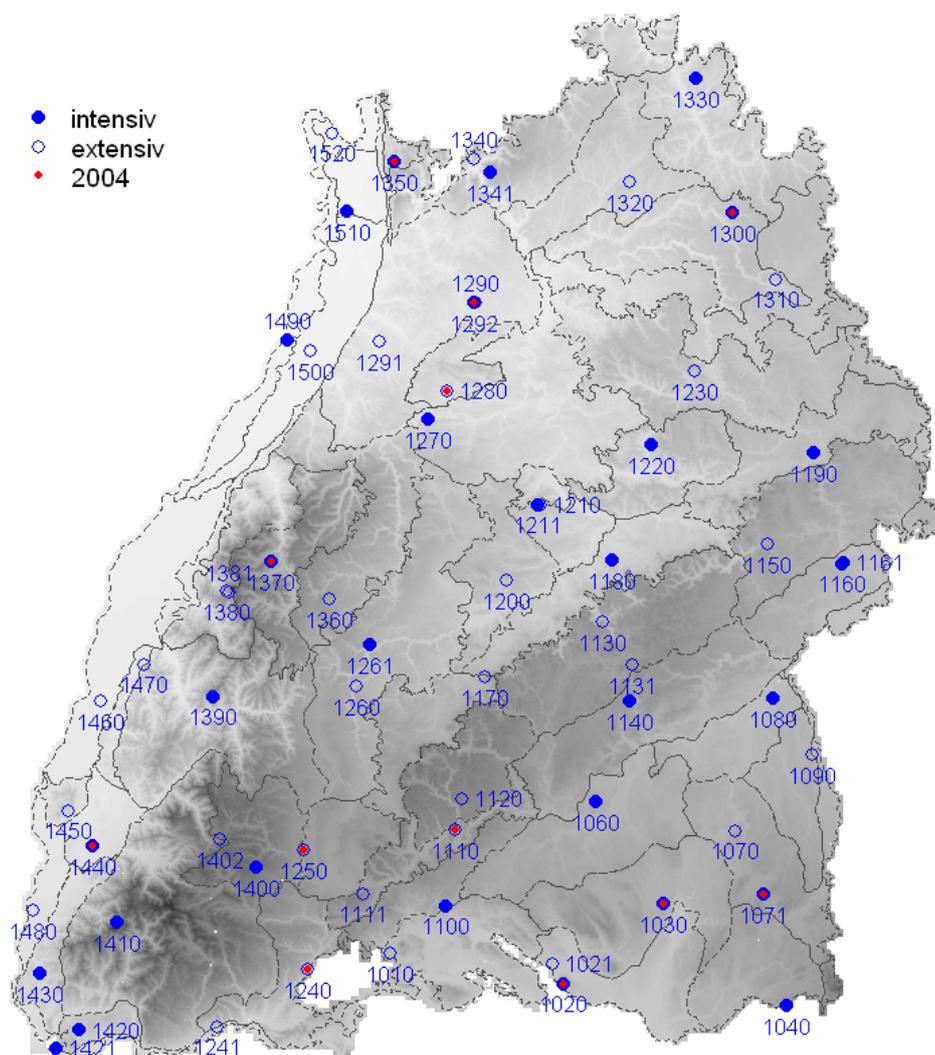


Abbildung 2.2. Lage der Wald-DBF des ÖKWI. Im Hintergrund: Relief und Naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg (nach Meynen & Schmithüsen 1962), Datengrundlage: DHM von Baden-Württemberg, RIPS (2007). Die DBF 1161, 1211, 1292, 1341 und 1381 ersetzen (bzw. ergänzen) die DBF 1160, 1210, 1290, 1340, 1380. Weitere Erläuterungen im Text.

Nähere Informationen zu den Standorten der Wald-Dauerbeobachtungsflächen wurden im Projektbericht 3 zusammengestellt (siehe Kap. 2.2).

2.2 Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes

Für die Auswertung der Klimaentwicklung an den Standorten der DBF wurden durch die LUBW die Klimadaten von 194 Stationen des sogenannten KL-Messnetzes des DWD (Datenbank MIRAKEL) bereitgestellt (Abb. 2.3). Das KL-Messnetz des DWD umfasst in BW insgesamt 214 Klimastationen. Die Daten, im Zeitraum von 1950 bis 2007, wurden als Tageswerte (Tagesmittelwerte der Temperatur, Tagessummen des Niederschlages, etc.) bereitgestellt. Eine genaue Übersicht über die vorhandenen Daten gibt Anhang 1.

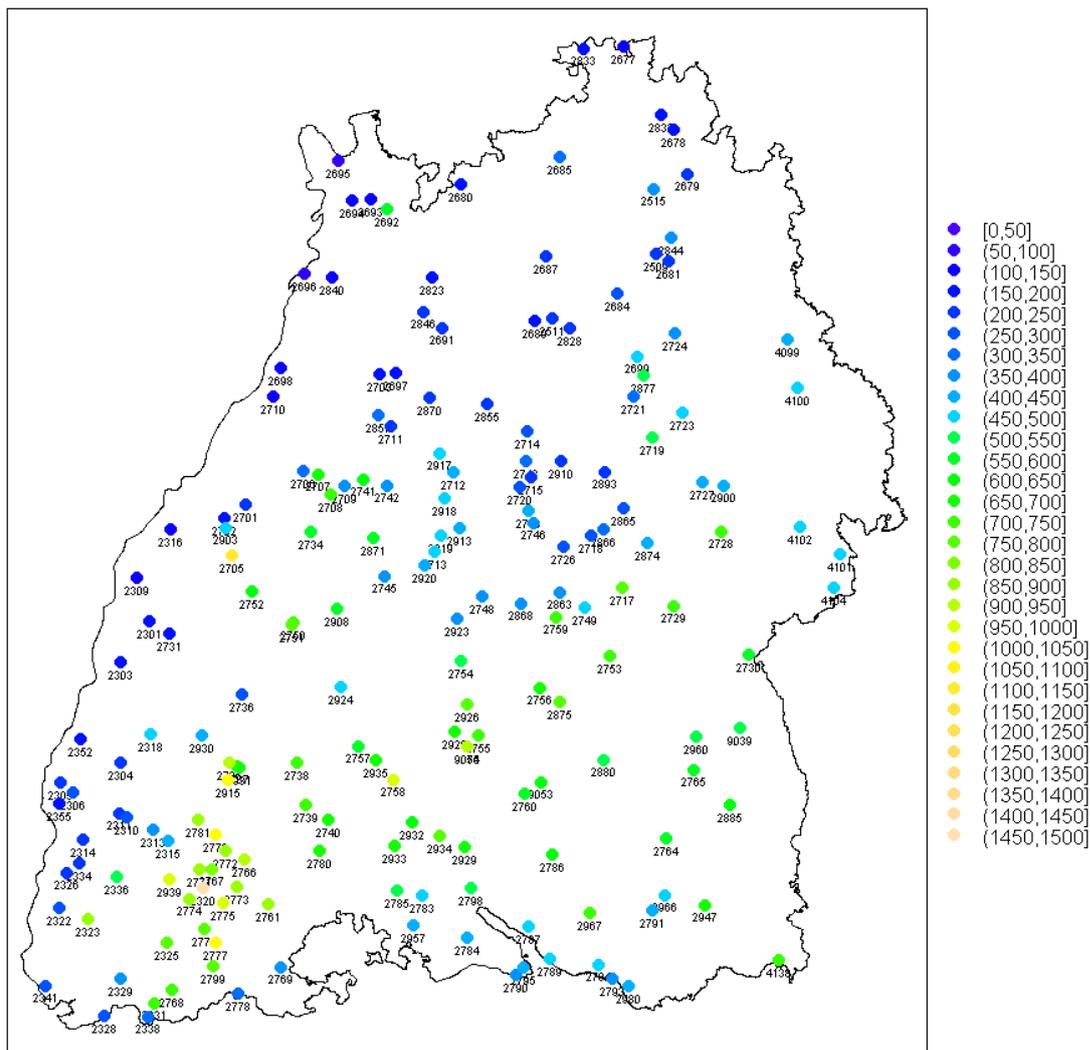


Abbildung 2.3. Lage der 194 Wetterstationen des DWD (KL-Messnetz), von denen Daten durch die LUBW für das Projekt bereitgestellt wurden (Liste der Stationen im Anhang 1). Die Farbe der Punkte entspricht der Meereshöhe der Stationen (m ü.N.N.). Nummern der Stationen = „alte Nummer“ des DWD.

Zur Beurteilung des Einflusses des Klimas auf die Vegetation der Grünland- und Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen wurden zu jeder DBF in der Nähe gelegene Klimastationen des DWD auf vergleichbarer Meereshöhe ausgewählt (Abb. 2.4, Tab. 2.1 und 2.2).

ausgewählte DWD Stationen

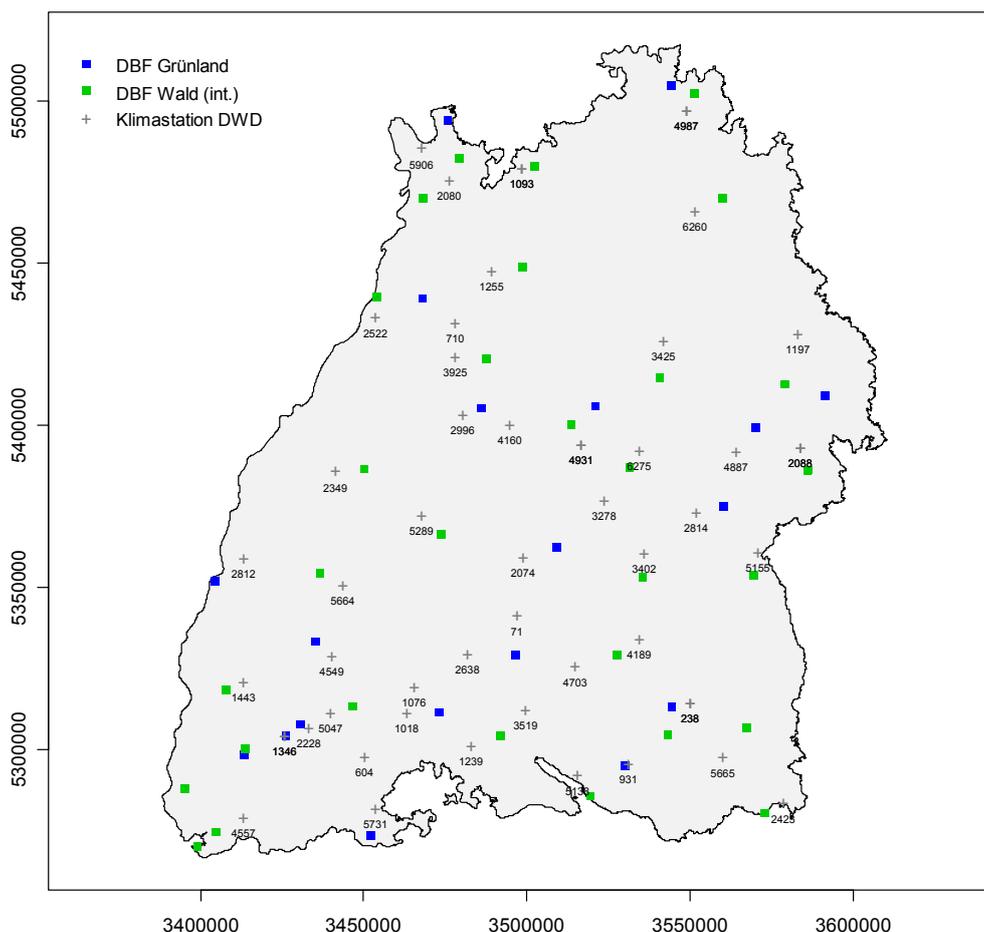


Abbildung 2.4. Lage der LUBW-DBF (Wald-intensiv und Grünland) und der in Nähe zu diesen liegenden ausgewählten DWD-Wetterstationen. Nummern der Stationen = DWD ID.

Tabelle 2.1. Grünland-DBF und ausgewählte Klimastationen des DWD in der Nähe der DBF. Anmerkung: Der DWD führt die Stationen unter 2 verschiedenen Nummern: DWD ID (neue Nummer) und die alte Stationsnummer des DWD. Es liegen für die Stationen Tageswerte vom 01.01.1950 (bzw. vom Betriebsbeginn der Station) bis zum 31.12.2007 (bzw. bis zur Auflösung der Station) vor (siehe Spalte: „Daten bis (tatsächlich)“).

Grünland-DBF Nr.	Name	Höhe	Klimastation		Tageswerte	Lat	Lon	Höhe	Daten von	Daten bis (tatsächl.)	DWD Archiv alte Nr.	
			DWD ID	Stationsname								
2030	Falkenhalde	670	931	Deggenhausertal-Azenweiler	vorh	47.8	9.41	708	01.08.1989	31.12.2003	2967	MIRAKEL
2110	Hörnekopf	760	1076	Bad Dürkheim	vorh	48.01	8.54	692	01.08.1936	31.11.2000	2740	MIRAKEL
			1018	Donaueschingen	vorh	47.94	8.51	677	01.01.1951	31.12.2004	2780	MIRAKEL
2120	Irdorfer Hardt	860	71	Albstadt-Lautlingen	vorh	48.21	8.96	698	01.11.1986	31.12.2003	2928	MIRAKEL
			2638	Klippeneck	vorh	48.11	8.76	973	01.01.1947	31.12.2007	2758	MIRAKEL
			3519	Neuhausen ob Eck-Unterschwandorf	vorh	47.95	8.99	663	01.12.1993	31.12.2003	2929	MIRAKEL
			2814	Laichingen	vorh	48.5	9.7	747	01.01.1949	31.12.2007	2729	MIRAKEL
2130	Mönchsteig	680	2814	Laichingen	vorh	48.5	9.7	747	01.01.1949	31.12.2007	2729	MIRAKEL
2150	Dellenhäule	580	2088	Heidenheim	vorh	48.67	10.13	500	01.01.1947	30.04.2005	4102	MIRAKEL
2180	Filsenberg	800	2074	Hechingen	vorh	48.38	8.98	522	01.01.1947	31.12.2007	2754	MIRAKEL
			71	Albstadt-Lautlingen	vorh	48.21	8.96	698	01.11.1986	31.12.2003	2928	MIRAKEL
2220	Kappelberg	450	4931	Stuttgart-Flughafen	vorh	48.69	9.23	371	01.01.1953	31.12.2007	2746	MIRAKEL
2240	Orchideenwiese Kùßnach	610	5731	Wütöschingen	vorh	47.68	8.38	398	01.01.1961	31.12.2007	2769	MIRAKEL
			604	Bonndorf/Schwarzwald	vorh	47.82	8.34	875	01.01.1971	31.10.2005	2761	MIRAKEL
2260	Büchelberg	540	2996	Liebenzell, Bad	vorh	48.77	8.73	352	01.01.1947	31.12.1960	2742	MIRAKEL
			4160	Renningen-Ihinger Hof	vorh	48.74	8.93	478	01.07.2004	31.12.2007	2918	MIRAKEL
2290	Kaiserberg	200	710	Bretten	vorh	49.03	8.7	185	01.11.1983	31.12.2003	2703	MIRAKEL
2330	Apfelberg	322	4987	Tauberbischofsheim	vorh	49.61	9.68	179	01.05.1986	30.06.2004	2832	MIRAKEL
2400	Bisten	940	2228	Hinterzarten	vorh	47.9	8.11	883	01.01.1946	31.03.2005	2771	MIRAKEL
2460	Taubergjölßen	160	2812	Lahr	vorh	48.37	7.83	155	01.01.1950	31.12.2007	2303	MIRAKEL
2530	Steinbruch Sulzbach	210	5906	Mannheim	vorh	49.51	8.56	96.1	01.01.1936	31.12.2007	2695	MIRAKEL
			1093	Eberbach/Neckar	vorh	49.46	8.98	176	01.01.1951	31.10.2005	2680	MIRAKEL
2540	Rohrhardsberg	1100	4549	Schönwald/Schwarzwald	vorh	48.1	8.2	1021	01.05.1977	31.12.2007	2915	MIRAKEL
2550	Feldberg	1470	1346	Feldberg/Schwarzwald	vorh	47.88	8	1486	01.01.1945	31.12.2007	2320	MIRAKEL
2560	Belchen	1280	1346	Feldberg/Schwarzwald	vorh	47.88	8	1486	01.01.1945	31.12.2007	2320	MIRAKEL
2570	Rauhe Wiese	660	4887	Stötten	vorh	48.67	9.87	734	01.01.1947	31.12.2007	2728	MIRAKEL
2031	Aulendorf	590	238	Aulendorf	vorh	47.97	9.67	560	01.01.1951	31.12.2004	2764	MIRAKEL

Tabelle 2.2. Wald-Intensiv-DBF und ausgewählte Klimastationen des DWD in der Nähe der DBF. Anmerkung: Der DWD führt die Stationen unter 2 verschiedenen Nummern: DWD ID (neue Nummer) und die alte Stationsnummer des DWD. Es liegen für die Stationen Tageswerte vom 01.01.1950 (bzw. vom Betriebsbeginn der Station, siehe Spalte: Daten von) bis zum 31.12.2007 (bzw. bis zur Auflösung der Station) vor (siehe Spalte: „Daten bis (tatsächlich)“).

Wald (intensiv)		DWD Station		Tageswerte	Lat	Lon	Höhe	Daten von	Daten bis (tatsächl.)	alte Nr.	Archiv	
Nr.	Name	Höhe	Nr									Stationsname
1020	Überlingen	490	5138	Überlingen/Bodensee	vorh	47.77	9.21	477	01.01.1946	31.12.2003	2787	MIRAKEL
1030	Bad Waldsee	590	238	Aulendorf-Spiegler	vorh	47.97	9.67	560	01.01.1951	31.12.2004	2764	MIRAKEL
1040	Wangen	740	2423	Isny	vorh	47.69	10.04	712	01.01.1947	30.04.2004	4138	MIRAKEL
1060	Riedlingen	610	4703	Sigmaringen-Laiz	vorh	48.07	9.2	580	01.01.1951	31.12.2007	2760	MIRAKEL
			4189	Riedlingen	- fehlt -	48.15	9.46	533	01.08.2004		2880	MIRAKEL
1071	Leutkirch	670	5665	Wolfegg	vorh	47.82	9.8	677	01.10.1979	31.12.2004	2947	MIRAKEL
1080	Ulm	480	5155	Ulm	vorh	48.38	9.95	566.8	01.01.1944	31.12.2007	2730	MIRAKEL
1100	Stockach	590	1239	Engen/Hegau	vorh	47.85	8.77	540	01.08.1986	31.12.2007	2785	MIRAKEL
1140	Zwiefalten	735	3402	Münsingen-Apfelstetten	vorh	48.39	9.48	750	01.01.1946	31.12.2007	2753	MIRAKEL
1160	Giengen a.d.B. (alt)	510			vorh							
1161	Giengen a.d.B. (neu)	510	2088	Heidenheim/Brenz	vorh	48.67	10.13	500	01.01.1947	30.04.2005	4102	MIRAKEL
1180	Kirchheim u.T.	390	6275	Notzingen	vorh	48.67	9.46	325	01.07.2004	31.12.2007	2866	MIRAKEL
			3278	Metzingen-Neuhausen	vorh	48.53	9.32	370	01.01.2003	31.12.2007	2863	MIRAKEL
1190	Aalen	450	1197	Eilwangen-Rindelbach	vorh	48.99	10.13	460	01.01.1941	31.12.2007	4100	MIRAKEL
1211	Stuttgart	440	4931	Stuttgart-Echterdingen	vorh	48.69	9.23	371	01.01.1953	31.12.2007	2746	MIRAKEL
1220	Welzheim	410	3425	Murrhardt	vorh	48.97	9.57	344	01.01.1951	31.05.2004	2721	MIRAKEL
1261	Horb a.N.	550	5289	Waldachtal-Lützenhardt	vorh	48.49	8.56	595	01.01.1983	31.12.2007	2908	MIRAKEL
1270	Wiernsheim	360	3925	Pforzheim-Ispringen	vorh	48.93	8.7	333	01.09.2005	31.12.2007	2857	MIRAKEL
			3924	Pforzheim	vorh	48.91	8.74	246	01.01.1937	31.08.2005	2711	MIRAKEL
1292	Eppingen	230	1255	Eppingen-Elsenz	vorh	49.17	8.85	220	01.12.2002	31.12.2007	2846	MIRAKEL
			1254	Eppingen	vorh	49.13	8.92	210	01.07.1947	30.11.2002	2691	MIRAKEL
1300	Künzelsau	340	6260	Ingelfingen-Stachenhausen	vorh	49.33	9.71	385	01.12.2002	31.12.2007	2844	MIRAKEL
1330	Tauberbischofsheim	350	4987	Tauberbischofsheim-Dittigheim	vorh	49.61	9.68	179	01.05.1986	30.06.2004	2832	MIRAKEL
1341	Eberbach	450	1093	Eberbach/Neckar	vorh	49.46	8.98	176	01.01.1951	30.10.2005	2680	MIRAKEL
1350	Weinheim (Schriesheim)	300	2080	Heidelberg	vorh	49.42	8.67	110	01.01.1935	31.12.2007	2693	MIRAKEL
1370	Murgschifferschaft	920	2349	Hornisgrinde	vorh	48.61	8.2	1125	01.01.1953	31.08.2005	2705	MIRAKEL
1390	Hausach	640	5664	Wolfach	vorh	48.3	8.24	291	01.01.1958	31.12.2007	2736	MIRAKEL
1400	Donaueschingen	1010	5047	Titisee-Neustadt-Langenordnach	vorh	47.94	8.19	870	01.01.1948	31.12.1995	2772	MIRAKEL
			5049	Titisee-Neustadt-Titisee	vorh	47.9	8.15	846	01.01.1957	28.02.2005	2767	MIRAKEL
1410	Schönau	1260	1346	Feldberg/Schwarzwald	vorh	47.88	8	1486	01.01.1945	31.12.2007	2320	MIRAKEL
			1347	Feldberg-Altglashütte	vorh	47.86	8.12	962	01.02.1980	31.01.1987	2939	MIRAKEL
1420	Bad Säckingen	380	4557	Schopfheim-Eichen	vorh	47.65	7.84	400	01.01.1953	31.10.2002	2329	MIRAKEL
1421	Lörrach	460	4557	Schopfheim-Eichen	vorh	47.65	7.84	400	01.01.1953	31.10.2002	2329	MIRAKEL
1430	Kandern	440	4557	Schopfheim-Eichen	vorh	47.65	7.84	400	01.01.1953	31.10.2002	2329	MIRAKEL
1440	Freiburg	220	1443	Freiburg	vorh	48.02	7.84	236.3	01.05.1949	31.12.2007	2311	MIRAKEL
			1447	Freiburg im Breisgau-Herdern	vorh	48.01	7.86	255	01.01.1947	30.06.1985	2310	MIRAKEL
1490	Karlsruhe (Auwald)	100	2522	Karlsruhe	vorh	49.04	8.37	111.6	01.01.1876	31.12.2007	2698	MIRAKEL
1510	Schwetzingen	100	2080	Heidelberg	vorh	49.42	8.67	110	01.01.1935	31.12.2007	2693	MIRAKEL

2.3 Bestandsklima der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen

Seit dem Jahr 2003 werden von der LUBW an 29 der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen Messungen des Bestandsklimas durchgeführt. Dabei werden folgende Parameter des Bestandsklimas der jeweiligen DBF erfasst:

Lufttemperatur	Tagesmittelwert	°C
Relative Luftfeuchte	Tagesmittelwert	%
Bodentemperatur	Tagesmittelwert	°C
Bodenfeuchte	Tagesmittelwert	%
Globalstrahlung	Tageswert	W * m ⁻²
Sonnenscheindauer	Tagessumme	Stunden
(Akku Spannung)		
Taupunkttemperatur (berechnet)	Tagesmittelwert	°C
Verdunstung (berechnet)	Tagessumme	mm

Diese Daten standen für den Zeitraum ‚Beginn 2003‘ bis ‚Ende 2007‘ zur Auswertung zur Verfügung. Sie wurden durch Parameter der nächstgelegenen DWD Station ergänzt und gemeinsam ausgewertet.

Folgende Parameter der nächstgelegenen DWD Station wurden berücksichtigt

Maximale Lufttemperatur (in 2 m Höhe)	Tagesmittelwert	°C
Mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe)	Tagesmittelwert	°C
Minimale Lufttemperatur (in 2 m Höhe)	Tagesmittelwert	°C
Minimale Lufttemperatur (am Boden)	Tagesmittelwert	°C
Mittlere relative Luftfeuchte	Tagesmittelwert	%
Sonnenscheindauer	Tagessumme	Stunden
Niederschlagsmenge	Tagessumme	mm

Tabelle 2.3 gibt einen Überblick über die Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Messungen des Bestandsklimas und die ihnen zugeordneten Klimastationen des DWD. Da hierbei vor allem der Zeitraum 2003 bis 2007 betrachtet wurde, stimmen die zugeordneten DWD-Stationen nicht immer mit den DWD-Stationen in Tabelle 2.2 überein.

Tabelle 2.3. Wald-Intensiv-DBF mit Messungen des Bestandsklimas und die ihnen zugeordneten Klimastationen des DWD.

DBF	DBFName	DBFHoehe	DWD	DWDName	DWDHoehe	DWDbis
1020	Überlingen	490	2795	Konstanz	442.5	2007-12-31
1030	Bad Waldsee	590	2791	Weingarten, Kr. Ravensburg	440	2007-12-31
1040	Wangen	740	2791	Weingarten, Kr. Ravensburg	440	2007-12-31
1060	Riedlingen	610	2760	Sigmaringen-Laiz	580	2007-12-31
1071	Leutkirch	670	2791	Weingarten, Kr. Ravensburg	440	2007-12-31
1100	Stockach	590	2785	Engen/Hegau	540	2007-12-31
1140	Zwiefalten	735	2753	Münsingen-Apfelstetten	750	2007-12-31
1160	Giengen a.d.B.	510	4102	Heidenheim/Brenz	500	2005-04-30
1180	Kirchheim u.T.	390	2863	Metzingen-Neuhausen	370	2007-12-31
1190	Aalen	450	4100	Eilwangen-Rindelbach	460	2007-12-31
1211	Stuttgart	440	2746	Stuttgart-Echterdingen	371	2007-12-31
1220	Welzheim	410	2721	Murrhardt	344	2004-05-31
1261	Horb a.N.	550	2908	Waldachtal-Lützenhardt	595	2007-12-31
1270	Wiernsheim	360	2857	Pforzheim-Ispringen	333	2007-12-31
1270	Wiernsheim	360	2711	Pforzheim	246	2005-08-31
1292	Eppingen	230	2846	Eppingen-Elsenz	220	2007-12-31
1300	Künzelsau	340	2844	Ingelfingen-Stachenhausen	385	2007-12-31
1330	Tauberbischofsheim	350	2832	Tauberbischofsheim-Dittigheim	179	2004-06-30
1341	Eberbach	450	2680	Eberbach/Neckar	176	2005-10-30
1350	Weinheim (Schriesheim)	300	2693	Heidelberg	110	2007-12-31
1370	Murgschifferschaft	920	2705	Hornisgrinde	1125	2005-08-31
1390	Hausach	640	2736	Wolfach	291	2007-12-31
1400	Donaueschingen	1010	2739	Villingen-Schwenningen	720	2007-12-31
1410	Schönau	1260	2320	Feldberg/Schwarzwald	1486	2007-12-31
1420	Bad Säckingen	380	2328	Rheinfelden	287	2007-12-31
1421	Lörrach	460	2328	Rheinfelden	287	2007-12-31
1430	Kandern	440	2328	Rheinfelden	287	2007-12-31
1440	Freiburg	220	2311	Freiburg	236.3	2007-12-31
1490	Karlsruhe (Auwald)	100	2698	Karlsruhe	111.6	2007-12-31
1510	Schwetzingen	100	2693	Heidelberg	110	2007-12-31

3. Ergebnisse

3.1 Das Bestandsklima der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen im Beobachtungszeitraum 2003 bis 2007

Aus dem Zeitraum ‚Beginn 2003‘ bis ‚Ende 2007‘ liegen von 29 Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen Bestandsklimadaten vor, die durch Klimadaten nahegelegener, vergleichbarer Klimastationen des DWD ergänzt wurden (siehe Kap. 2.3, insbesondere Tab. 2.3).

Diese Daten beschreiben das unterschiedliche Bestandsklima der Wald-Dauerbeobachtungsflächen. Der Vergleich mit den nahegelegenen Klimastationen des DWD erlaubt die Beurteilung der Qualität der vorliegenden Bestandsklimadaten. Für einige Parameter (z.B. Niederschlag), die an den Bestandsklimastationen nicht gemessen wurden, stellen die Daten der nahegelegenen DWD-Stationen eine sinnvolle Ergänzung dar.

Bedauerlicherweise liegen aus dem „Extremjahr 2003“ für die meisten Bestandsklimastationen nur unvollständige oder keine Zeitreihen vor.

Differenzen der zwischen den im Bestand (an der DBF) und den im Offenland (DWD-Station) gemessenen Klimaparameter beruhen auf:

1. dem Unterschied zwischen Bestandsklima (DBF) und Offenlandklima (DWD-Station) und
2. dem Unterschied im Lokalklima zwischen den beiden Standorten (DBF und DWD-Station; Höhe ü.NN, Exposition, etc.).

Da sich diese beiden Ursachen nicht voneinander trennen lassen, muß sich der Vergleich der beiden Werte auf relative Veränderungen im Laufe der Zeit beschränken. So ist es denkbar, daß mit der Zeit deutlicher werdende Differenzen zwischen Offenland- und Bestandsklima auf Veränderungen im Waldwachstum und den Kronenschluß zurückgehen.

Aus dem Zeitraum 2003 bis 2007 liegen für die Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Messungen des Bestandsklimas folgende Vegetationsaufnahmen vor (siehe Projektbericht 3):

- Aufnahmen der Sukzessionsquadrate für 8 Wald-Intensiv-DBF (1020, 1030, 1071, 1292, 1300, 1350, 1370, 1440) aus dem Jahr 2004.
- Gesamtaufnahmen nach Braun-Blanquet für alle Wald-Intensiv-DBF aus dem Jahr 2007.

3.1.1 Übersicht über das Bestandsklima der Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Um einen Überblick über das Bestandsklima der Wald-Dauerbeobachtungsflächen zu erhalten, wurden Abbildungen erstellt, die einen Vergleich verschiedener Klimaparameter des Bestandsklimas und der nahegelegenen DWD-Stationen erlauben.

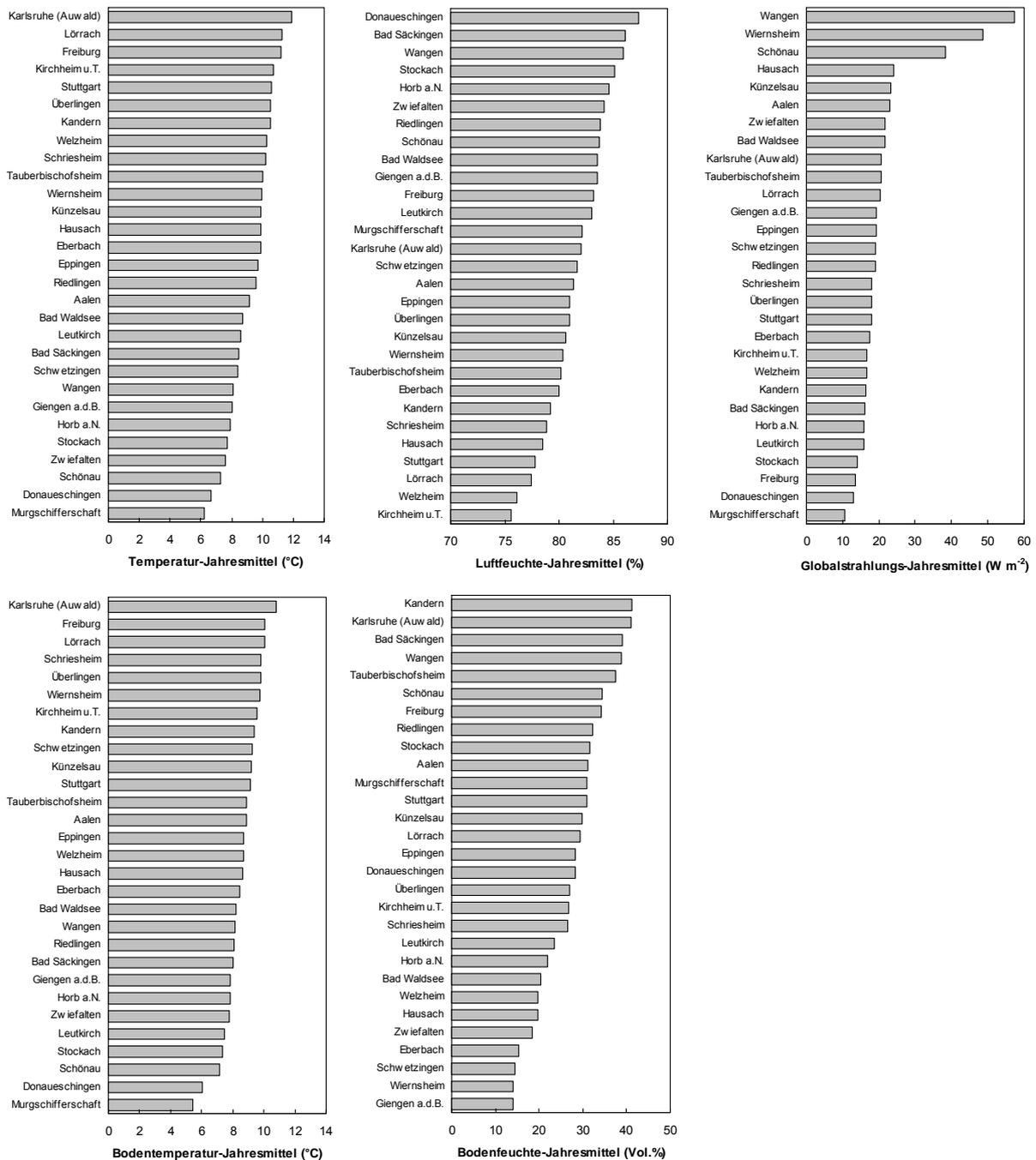


Abb. 3.1. Reihung der Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen nach den Jahresmittelwerten verschiedener Parameter des Bestandsklimas.

Diese Abbildungen (über 300) wurden im Anhang 1 (nur auf CD) in einer Power-Point-Präsentation zusammengestellt. Dabei wurden Graphiken für die einzelnen Wald-DBF, aber auch Übersichtsgraphiken über alle Wald-DBF erstellt. An dieser Stelle sollen lediglich einige der Übersichtsgraphiken über alle Wald-DBF mit Messungen des Bestandsklimas dargestellt und kurz erläutert werden.

Abb. 3.1. zeigt die Reihung der Wald-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen nach Jahresmittelwerten verschiedener Parameter des Bestandsklimas.

Mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe, Abb. 3.2)

Abb. 3.1 (links oben) zeigt die Reihung der Intensiv-Wald-DBF nach dem Jahresmittel ihrer Lufttemperatur. Demnach liegt die Bestandsmitteltemperatur in Karlsruhe (Auwald) 4° C über derjenigen in Murgschifferschaft. In Abb. 3.2 wird für alle Standorte die mittlere Lufttemperatur im Bestand und an einer nahegelegenen Station des DWD dargestellt. Die Abbildung verdeutlicht die gute Übereinstimmung und bestätigt die gute Qualität der Bestandsklimamessungen.

Die Temperaturen im Bestand liegen im Sommer in der Regel etwas unterhalb der Offenlandtemperaturen (Beschattung), im Winter gelegentlich auch etwas darüber (geringere Auskühlung).

Auffallend ist die an einigen DBF zunehmende Differenz zwischen den Temperaturen der Offenland-Station (DWD) und der Bestandsstation (z.B.: DBF 1140 Zwiefalten und DBF 1430 Kandern). Ursache ist eine Abnahme der Bestandstemperaturen, die vermutlich in einer zunehmenden Beschattung begründet ist.

An allen DWD-Stationen sind die auffallend hohen Sommertemperaturen des Jahres 2003 deutlich erkennbar. Diese hohen Sommertemperaturen spiegeln sich auch in den Bestandstemperaturen der DBF wieder.

Sonnenscheindauer und Globalstrahlung (Abb. 3.3 und 3.4)

Abb. 3.1 (rechts oben) zeigt die Reihung der Intensiv-Wald-DBF nach dem Jahresmittel der im Bestand gemessenen Globalstrahlung.

Die in Abb. 3.2, Abb. 3.3 und Abb. 3.4 eingetragene Sonnenscheindauer zeigt deutlich den Einfluß der Belaubung auf das Bestandsklima der Buchenwälder. Nach der Belaubung der Buchen im Frühling fällt die im Bestand gemessene Sonnenscheindauer praktisch auf Null. Aber auch ohne Belaubung liegt die Sonnenscheindauer im Bestand deutlich unterhalb der im Offenland gemessenen Werte.

Bei den DBF 1040 Wangen, 1270 Wiernsheim und 1410 Schönau handelt es sich um vergleichsweise offene Waldstandorte. Dies wird auch an der in Abb. 3.4 dargestellten Globalstrahlung im Bestand deutlich.

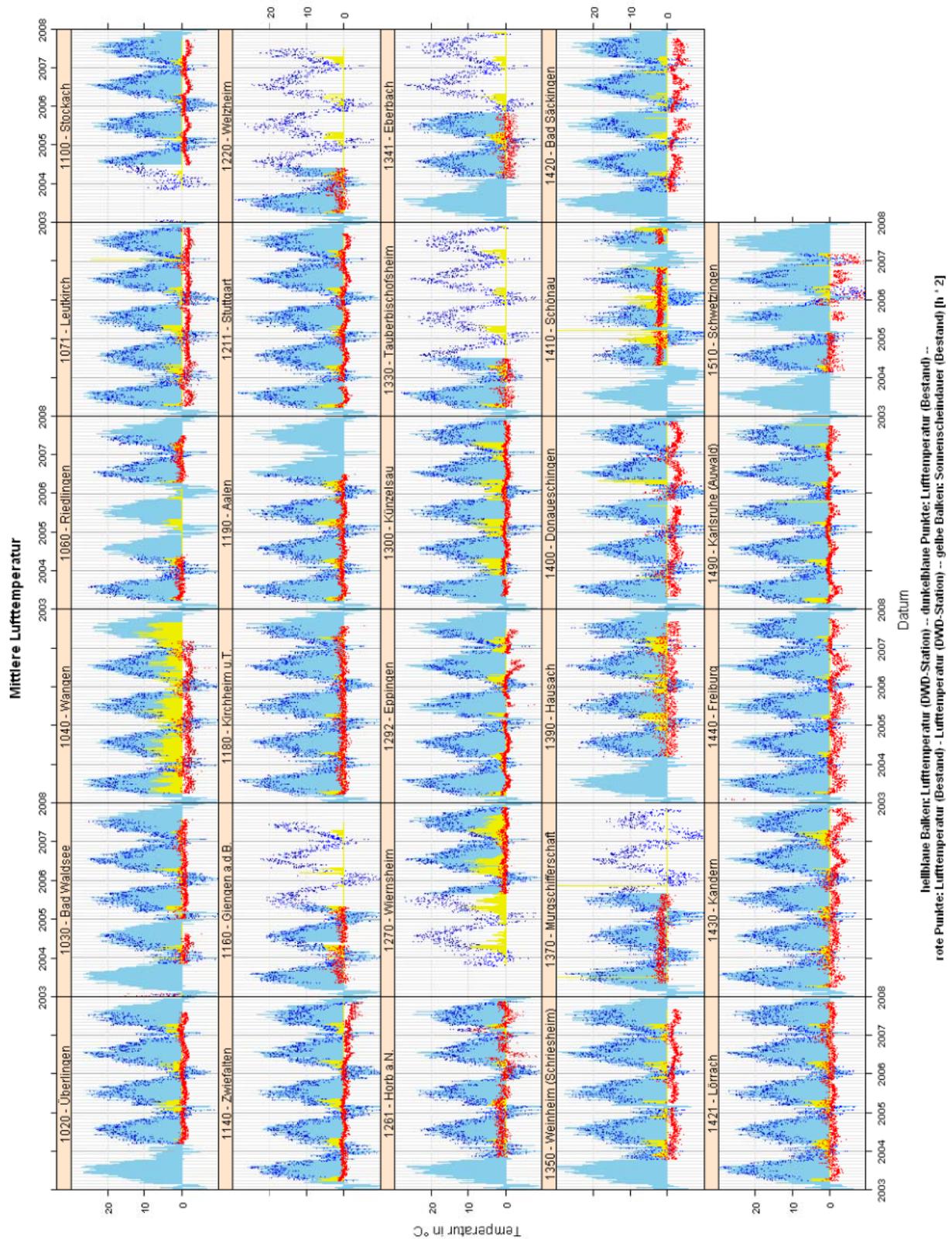


Abb. 3.2. Mittlere Lufttemperatur (DWD-Station, hellblaue Balken), mittlere Lufttemperatur (Bestand, dunkelblaue Punkte) und Differenz aus beiden Werten (rote Punkte), sowie Sonnenscheindauer (im Bestand, $h \cdot 2$) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

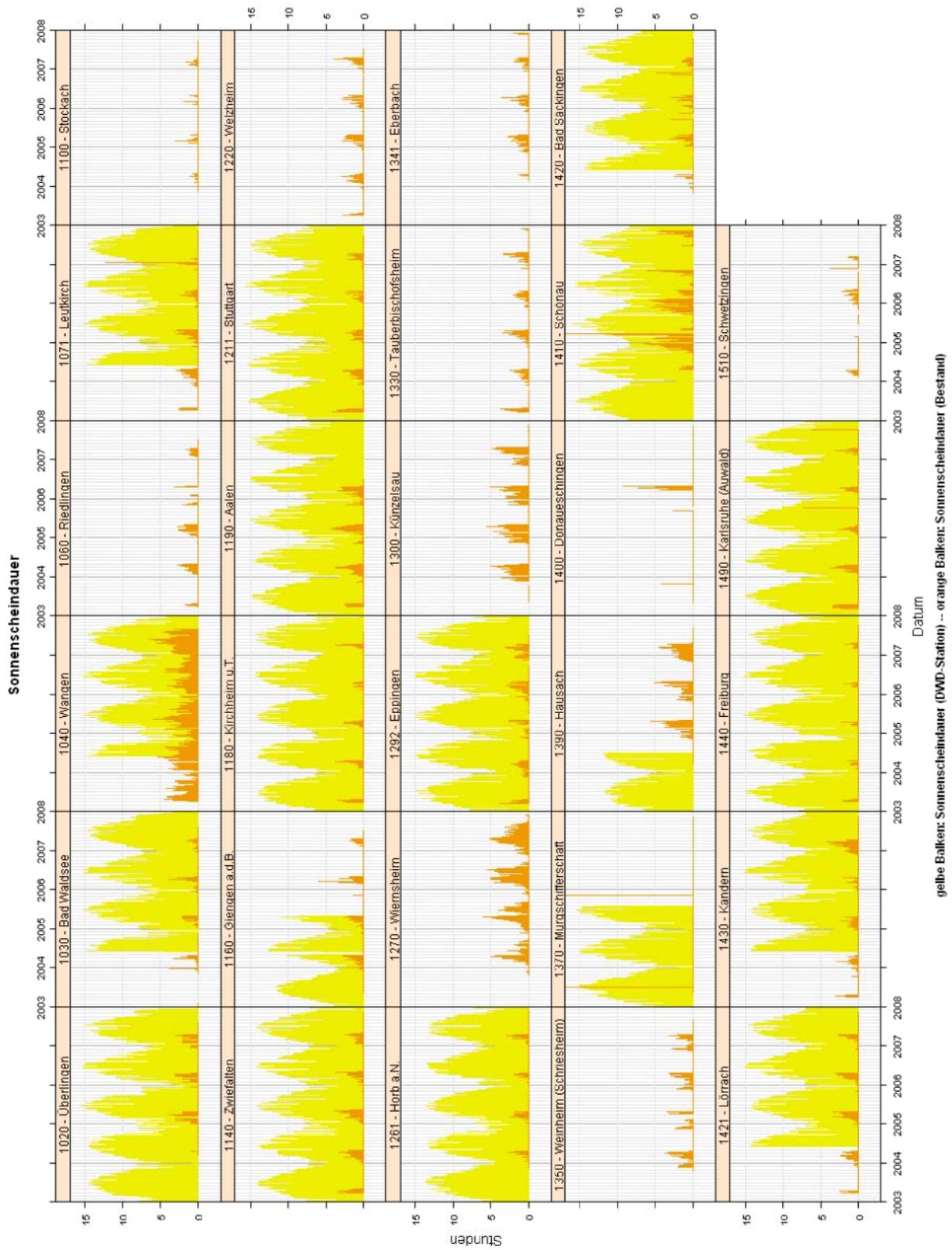


Abb. 3.3. Sonnenscheindauer im Offenland (DWD-Station, gelbe Balken) und im Bestand (DBF, orange Balken) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

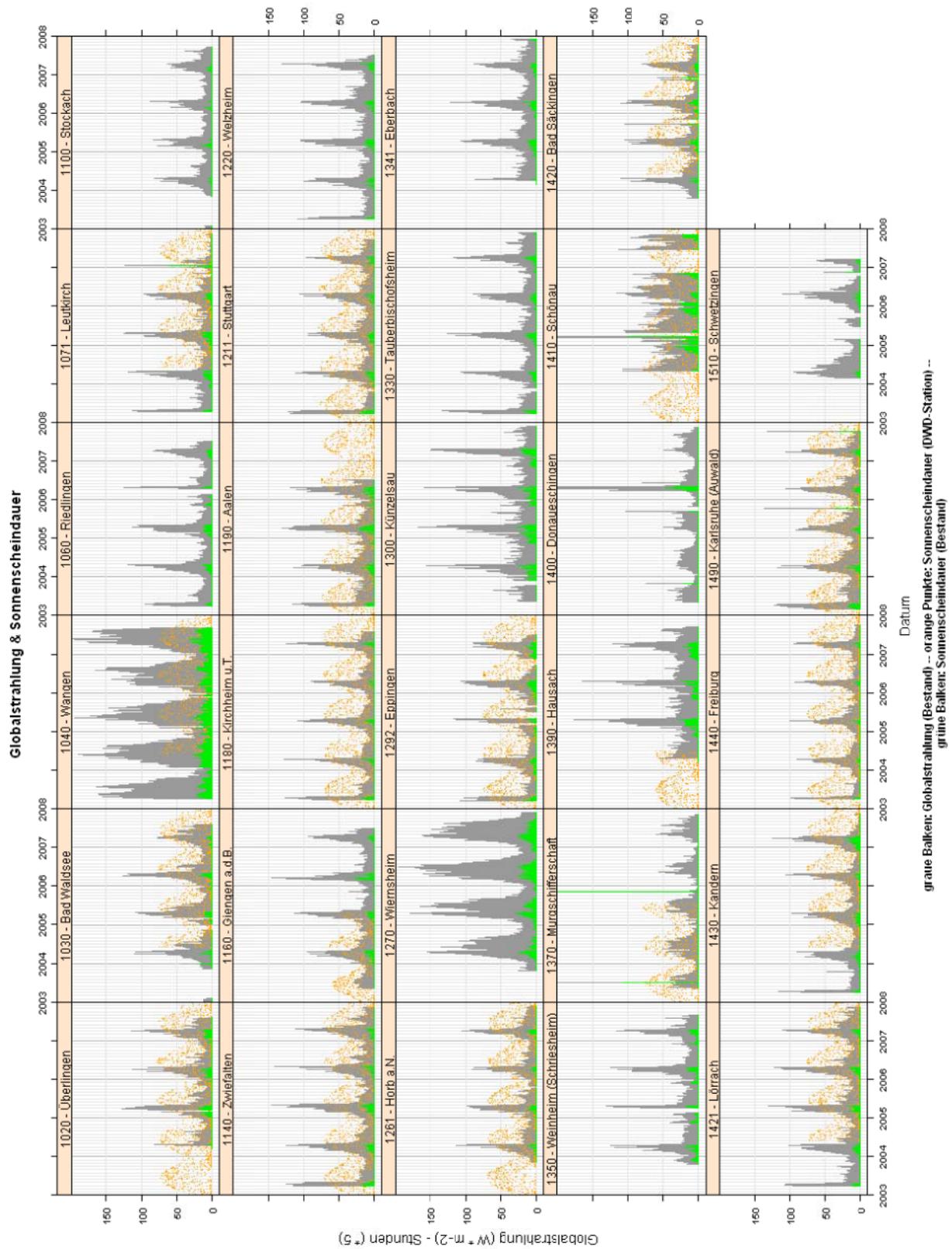


Abb. 3.4. Sonnenscheindauer (Stunden * 5) im Offenland (DWD-Station, orange Punkte) und im Bestand (DBF, grüne Balken), sowie Globalstrahlung ($W \cdot m^2$) im Bestand (DBF, graue Balken) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

An der DBF 1270 Wiernsheim nimmt die Sonnenscheindauer im Bestand von 2004 bis 2007 scheinbar etwas zu. Ursache hierfür könnten Kronenverlichtungen oder waldbauliche Maßnahmen sein.

Relative Luftfeuchte (Abb. 3.5, Abb. 3.7)

Abb. 3.1 (mitte oben) zeigt die Reihung der Intensiv-Wald-DBF nach dem Jahresmittel ihrer relativen Luftfeuchte. Demnach hat die DBF Donaueschingen das humideste und die DBF Kirchheim das trockenste Bestandsklima. Abb. 3.5 stellt die Jahressgänge der relativen Luftfeuchte der einzelnen Intensiv-Wald-DBF im Vergleich zu einer nahegelegenen Station des DWD dar. Die Abbildung zeigt vor allem die starken Jahressgänge der relativen Luftfeuchte im Offenland (DWD-Stationen) und die vergleichsweise geringen jahreszeitlichen Schwankungen im Bestand. Die relative Luftfeuchte im Bestand ist von einer Reihe von Faktoren, z.B. der Deckung der Baum- und Strauchschicht (Dichte des Bestandes), den Lufttemperaturen, der Verdunstung und aktuellen Niederschlagsereignissen, abhängig.

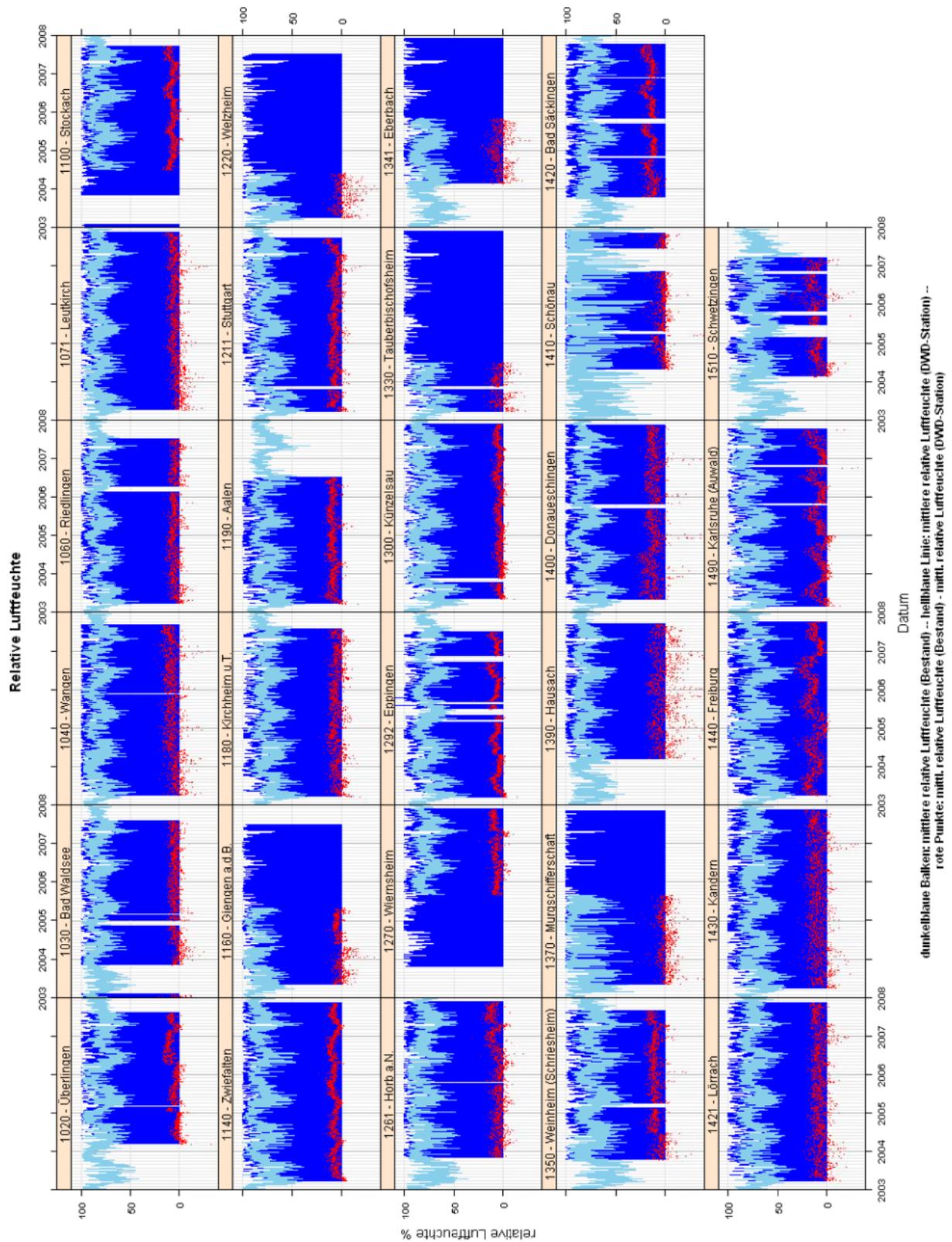


Abb. 3.5. Relative Luftfeuchte im Bestand (DBF, dunkelblaue Balken) und im Offenland (DWD, hellblaue Linie), sowie die Differenz aus beiden Werten (rote Punkte) für alle Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

Bodentemperatur (Abb. 3.7)

Abb. 3.1 (links unten) zeigt die Reihung der Intensiv-Wald-DBF nach dem Jahresmittel ihrer Bodentemperatur. Die Reihenfolge der mittleren Bodentemperaturen entspricht in etwa der der mittleren Lufttemperaturen.

Auch Abb. 3.7 belegt eindrucksvoll die gute Übereinstimmung zwischen den im Bestand (DBF) gemessenen Temperaturen und den Messungen an den nahegelegenen Klimastationen des DWD.

Die gemessenen mittleren Bodentemperaturen im Bestand liegen ausser im Sommer fast immer über den minimalen Lufttemperaturen am Boden im Offenland. Während die minimale Lufttemperatur am Boden im Offenland im Winter oft sehr niedrig liegt und an praktisch allen DBF auch auf Werte unter -10 °C fällt, liegt die Bodentemperatur im Bestand von wenigen Ausnahmen abgesehen immer über der 0 °C Linie.

Bodenfeuchte (Abb. 3.8)

Abb. 3.1 (mitte unten) zeigt die Reihung der Intensiv-Wald-DBF nach dem Jahresmittel ihrer Bodenfeuchte. Während sie in den Aueböden der DBF Karlsruhe (Auwald) und Kandern hohe Werte erreichen, liegen sie an den schwach verwitterten Böden anderer DBF (z.B. Ranker und Rendzinen) deutlich niedriger.

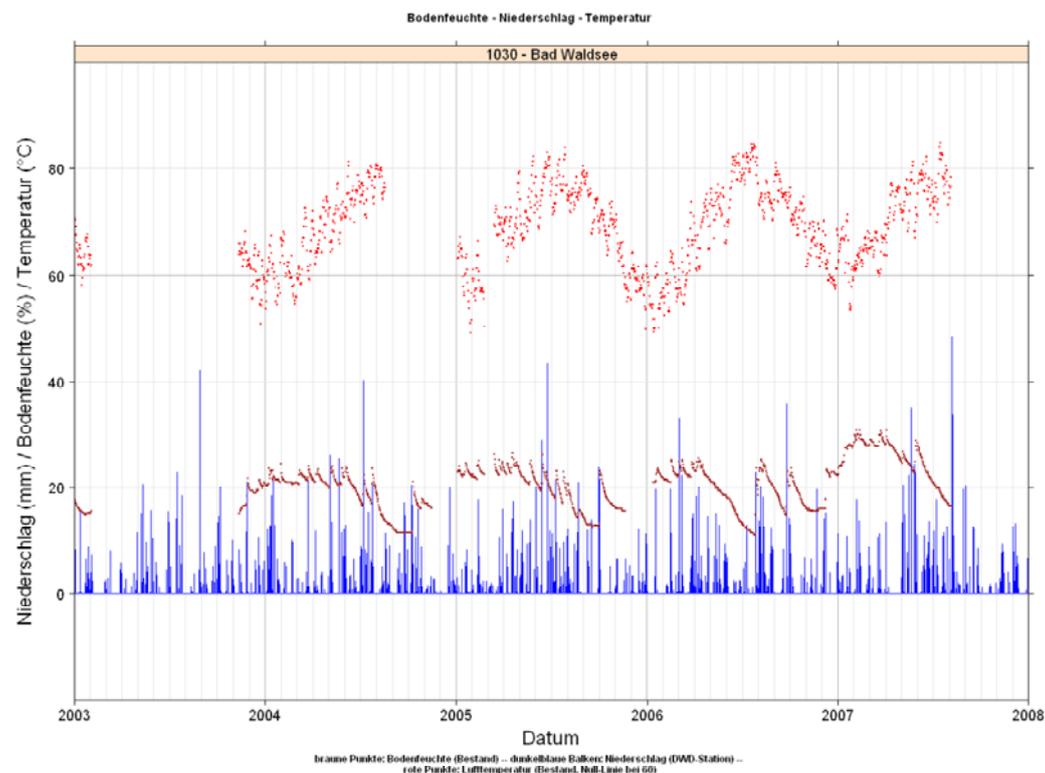


Abb. 3.6. Bodenfeuchte im Bestand (DBF, braune Punkte), Niederschlag im Offenland (DWD-Station, blaue Balken) und mittlere Lufttemperatur im Bestand (DBF, rote Punkte, Nulllinie bei 60) für die DBF 1030 Bad Waldsee (Parabraunerde).

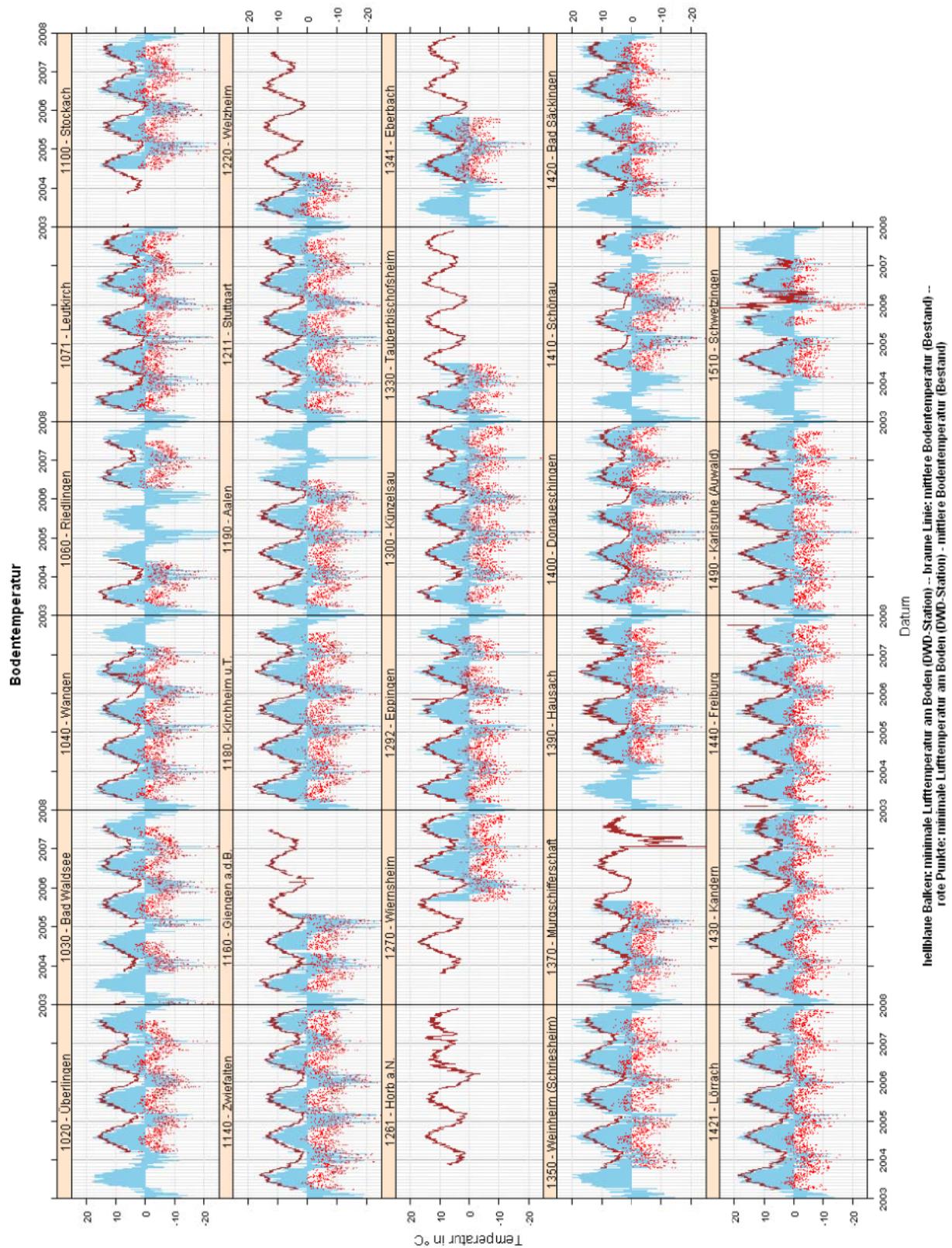


Abb. 3.7. Mittlere Bodentemperatur im Bestand (DBF, braune Linie) und minimale Lufttemperatur am Boden im Offenland (DWD, blaue Balken), sowie die Differenz aus beiden Werten (rote Punkte) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

Abb. 3.6 zeigt exemplarisch am Beispiel der DBF 1030 Bad Waldsee die starke Abhängigkeit der Bodenfeuchte von aktuellen Niederschlagsereignissen. Damit wird auch die Qualität der Bodenfeuchtemessungen und das Funktionieren der TDR-Sonden über längere Zeiträume bestätigt.

Abb. 3.8 zeigt für alle Intensiv-Wald-DBF mit Bestandsklimastationen die Jahresgänge der Bodenfeuchte, sowie einige diese beeinflussende Faktoren (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte, Verdunstung).

Während einige Standorte eine sehr gleichmäßige Bodenfeuchte im Jahreslauf aufweisen (z.B. 1040 Wangen, 1410 Schönau), haben andere Standorte deutliche jahreszeitliche Schwankungen (z.B. 1020 Überlingen, 1330 Tauberbischofsheim). Dies dürfte auf die unterschiedliche Bodenmächtigkeit, Wasserhaltekapazität aber auch auf den unterschiedlichen Bewuchs (unterschiedliche Transpiration) zurückgehen.

Aber auch Bodentyp und Bodenart haben einen starken Einfluß auf die Jahresgänge der Bodenfeuchte. So neigen einige Böden zu extremen Schwankungen der Bodenfeuchte durch aktuelle Niederschlagsereignisse (z.B. DBF 1211 Stuttgart, pseudovergleyte Parabraunerde; DBF 1420 Bad Säckingen, schwach pseudovergleyter Pelosol).

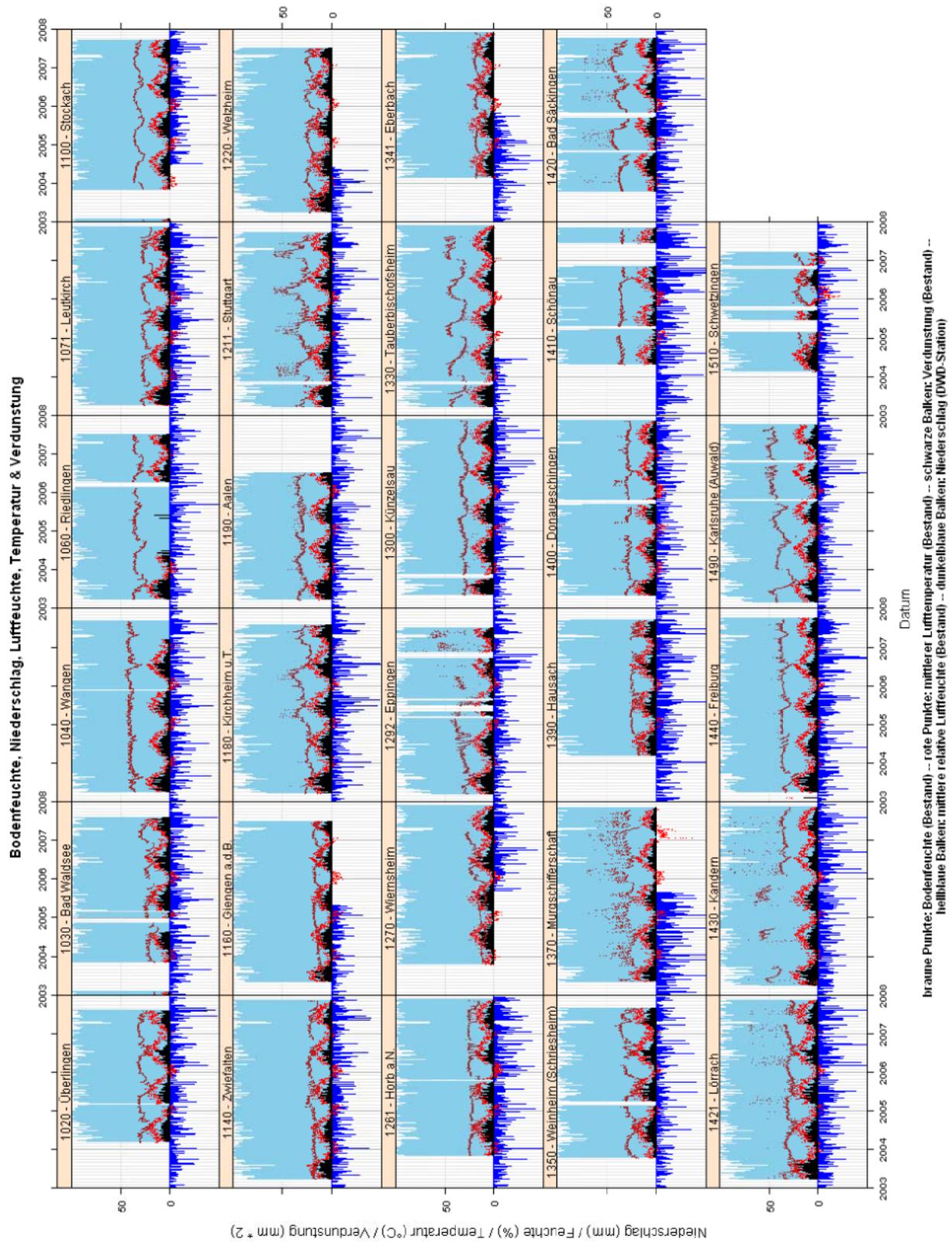


Abb. 3.8. Bodenfeuchte im Bestand (DBF, braune Punkte, %), mittlere Lufttemperatur im Bestand (DBF, rote Punkte, °C), Verdunstung im Bestand (DBF, schwarze Balken, berechnet, mm*2), relative Luftfeuchte im Bestand (DBF, hellblaue Balken, %) und Niederschlag im Offenland (DWD-Station, dunkelblaue Balken, mm, nach unten abgetragen) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

3.1.2 Die mittleren Klimabedingungen der Wald-Dauerbeobachtungsflächen im Sommerhalbjahr (April bis September) und ihre Veränderungen

Um Trends (oder Veränderungen) in den Klimaparametern der einzelnen Intensiv-Wald-DBF besser beurteilen zu können, wurden Mittelwerte von April bis September (Sommerhalbjahr) für die einzelnen Beobachtungsjahre berechnet und graphisch dargestellt (Abb. 3.9 bis 3.12). Die Mittelwerte wurden nur berechnet, wenn für die jeweiligen Zeiträume vollständige Messreihen vorlagen. In fast allen Abbildungen und an fast allen Standorten zeigt sich vor allem das klimatische Extremjahr 2003 (sofern vollständige Zeitreihen aus diesem Jahr vorliegen).

Abb. 3.9 zeigt die Mittelwerte der minimalen, mittleren und maximalen Tagestemperaturen an der jeweiligen DWD-Station im Vergleich zu den Mittelwerten der mittleren Lufttemperatur im Bestand.

Unterschiede zwischen der Mitteltemperatur im Bestand und an der DWD-Station können auch hier vor allem zwei Ursachen haben:

1. den Unterschied zwischen Bestandsklima und Offenlandklima und
2. den Unterschied im Lokalklima zwischen den beiden Standorten (Höhe ü.NN, Exposition, etc.).

Wenn sich keiner der beiden Standorte wesentlich verändert, sollte aber der Abstand zwischen den Mittelwerten konstant bleiben. Dies trifft für den größten Teil der Intensiv-Wald-DBF zu.

Veränderungen (z.T. nur leichte) zeigen jedoch folgende Standorte: DBF 1140 Zwiefalten (relative Abnahme der Bestandstemperatur), 1261 Horb (relative Abnahme der Bestandstemperatur), DBF 1370 Murgschifferschaft (starke Abnahme der Bestandstemperatur von 2006 auf 2007), 1430 Kandern (relative Abnahme der Bestandstemperatur), 1510 Schwetzingen (starke Abnahme der Bestandstemperatur von 2004 auf 2006). An den DBF 1370 und 1510 können Probleme mit der Klimamessung jedoch nicht ausgeschlossen werden.

An keiner der DBF wurde eine relative Zunahme der Bestandstemperatur beobachtet. Für die relative Abnahme der Bestandstemperatur kann ein stärkerer Kronenschluß, oder eine stärkere Sukzession der Strauchschicht verantwortlich sein.

Abb. 3.10 und 3.11 geben einen Überblick über die Sonnenscheindauer und die Globalstrahlung im Bestand und im Offenland (nahegelegene DWD Station) während des Sommerhalbjahres. An der DBF 1270 Wiernsheim gibt es einen auffallenden Trend der Zunahme von Sonnenscheindauer und Globalstrahlung zwischen 2004 und 2007. Dies könnte mit einer zunehmenden Kronenverlichtung im Zusammenhang stehen.

Abb. 3.12 zeigt Mittelwerte der relativen Luftfeuchte (Bestand, Offenland) und der Bodenfeuchte über das Sommerhalbjahr. Auffallend ist, daß an einigen Standorten mit einer relativen Abnahme der Bestandstemperatur auch eine relative Zunahme der Luftfeuchte zu beobachten ist (z.B. 1261 Horb, 1430 Kandern).

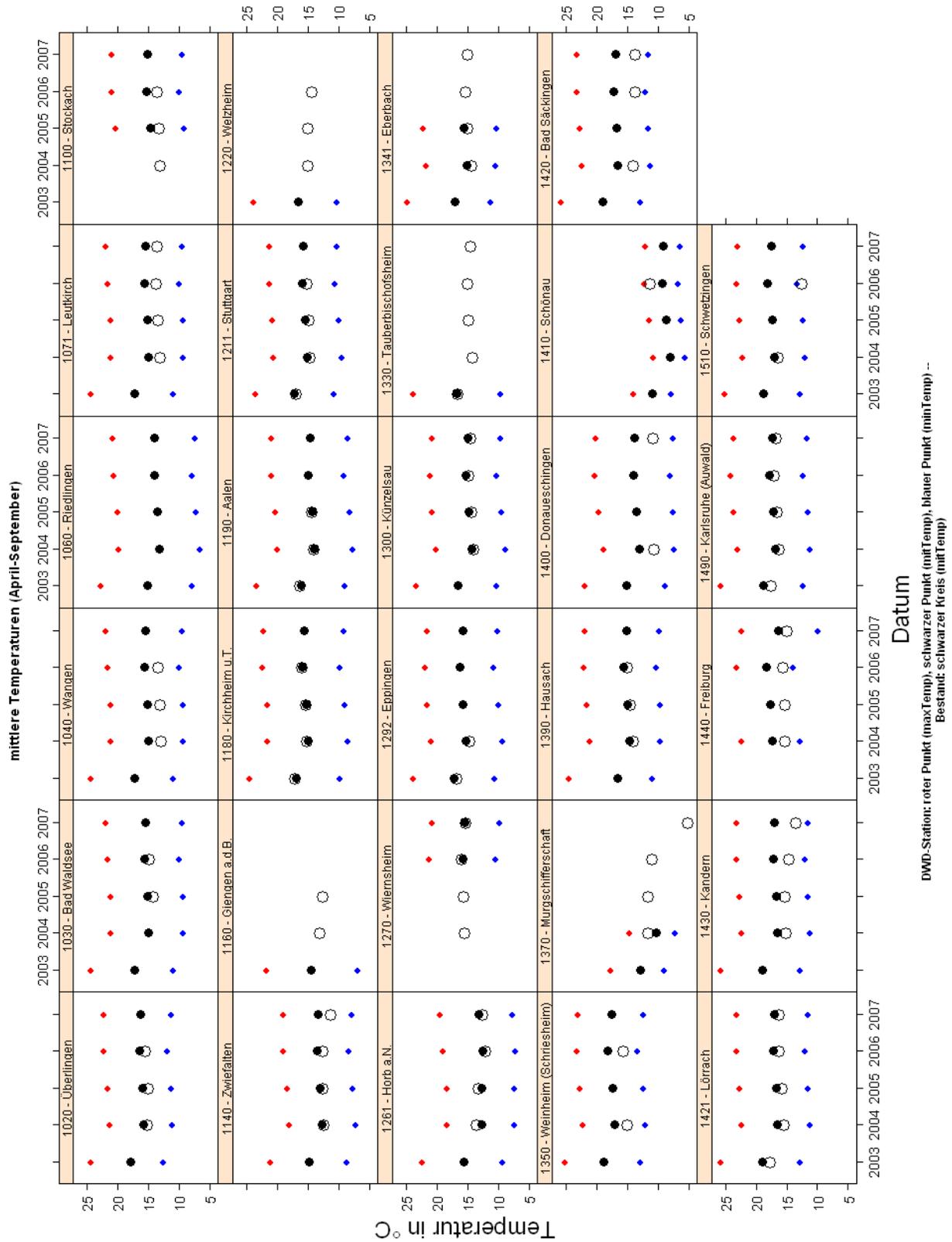


Abb. 3.9. Mittelwerte der Temperaturen (°C) von April bis September. Maximale Lufttemperatur im Offenland (DWD, rote Punkte), mittlere Lufttemperatur im Offenland (DWD, schwarze Punkte) und minimale Lufttemperatur im Offenland (blaue Punkte), sowie die mittlere Lufttemperatur im Bestand (DBF, schwarze Kreise) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

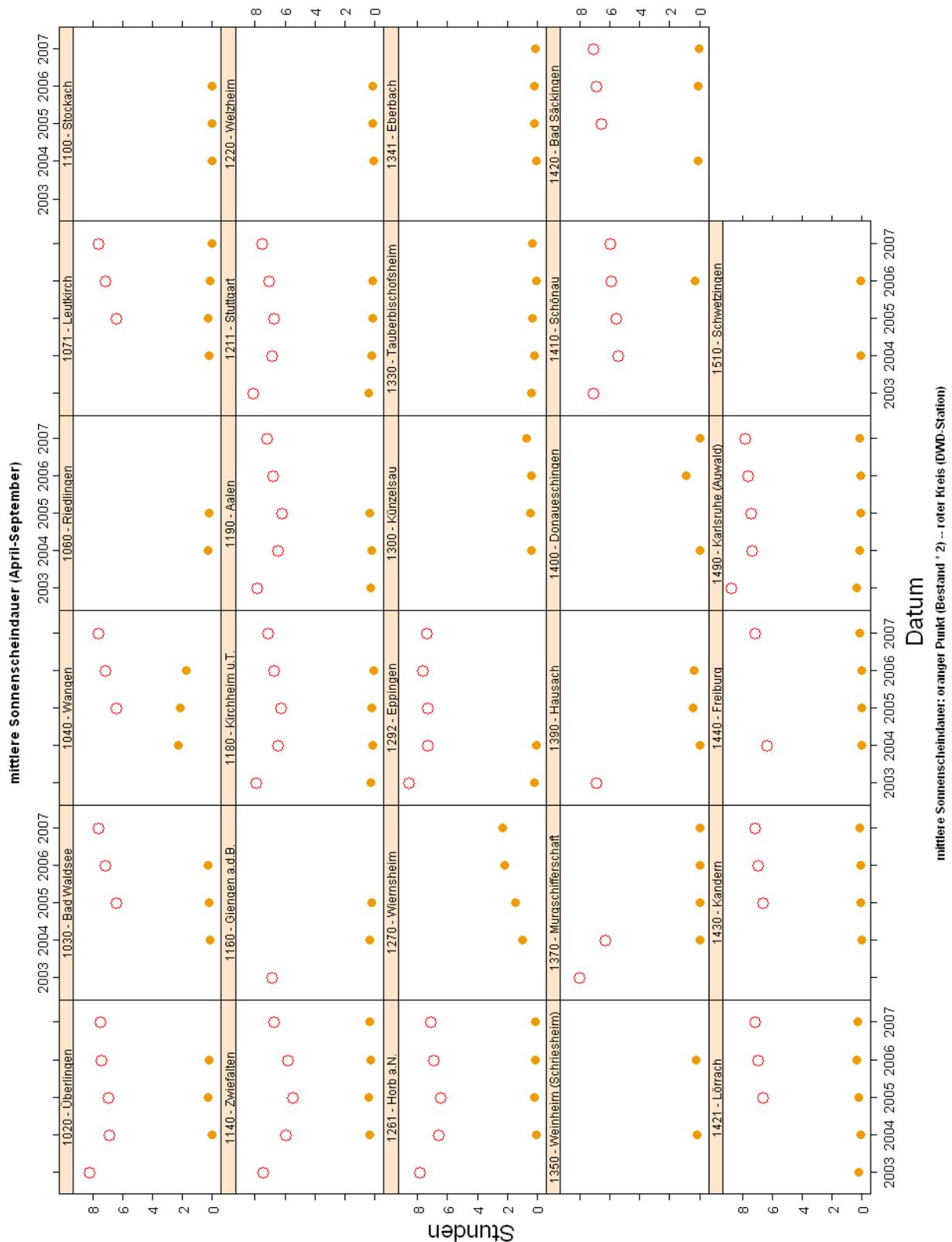


Abb. 3.10. Mittelwerte der Sonnenscheindauer von April bis September (Stunden / Tag) im Offenland (DWD, rote Kreise) und im Bestand (DBF, orange Punkte) für alle Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

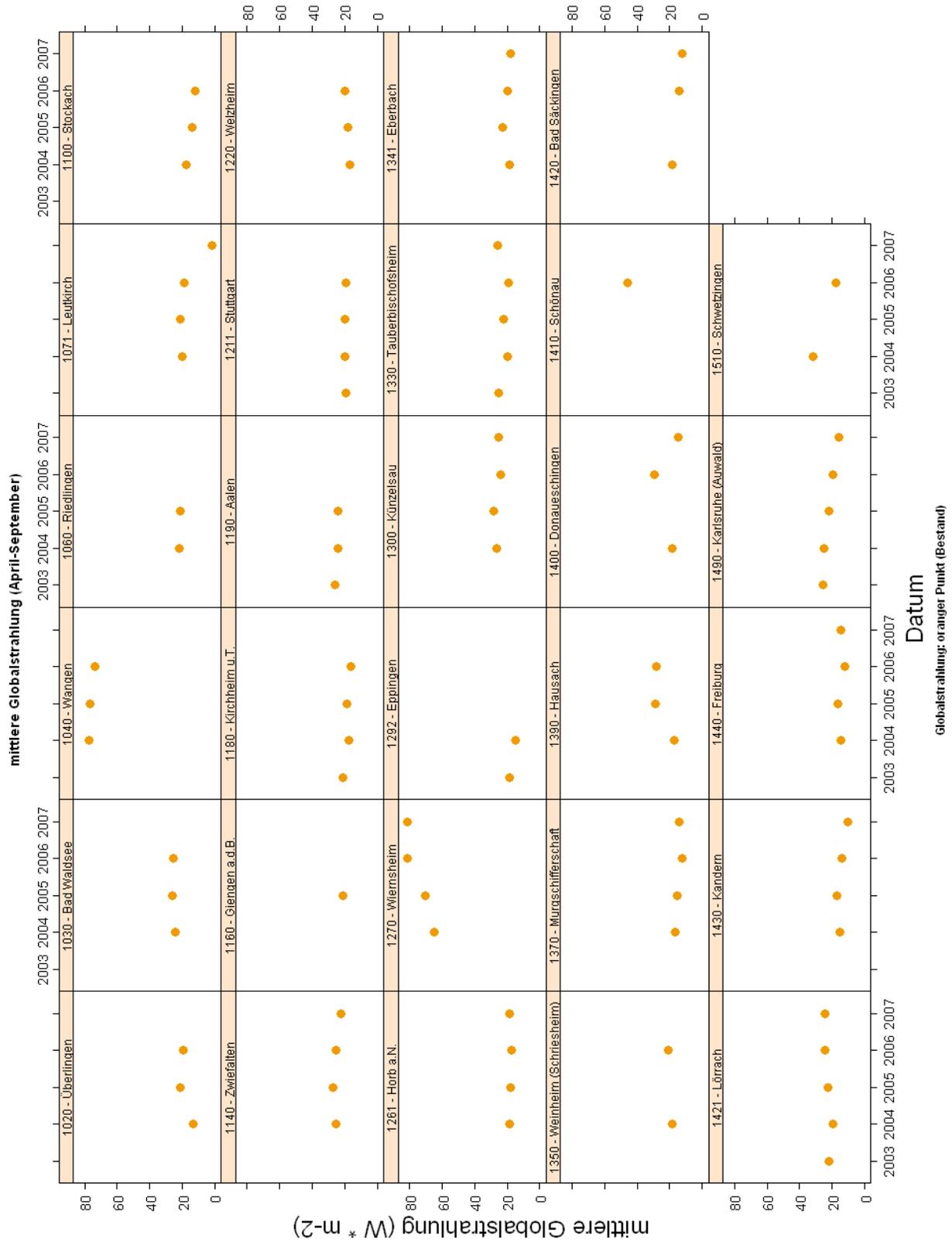


Abb. 3.11. Mittelwerte der täglichen Globalstrahlung von April bis September ($W * m^{-2} * d^{-1}$, Watt pro Quadratmeter und Tag) im Bestand (DBF, orange Punkte) für alle Wald-Instensiv-Dauerbeobachtungsflächen mit Bestandsklimastationen.

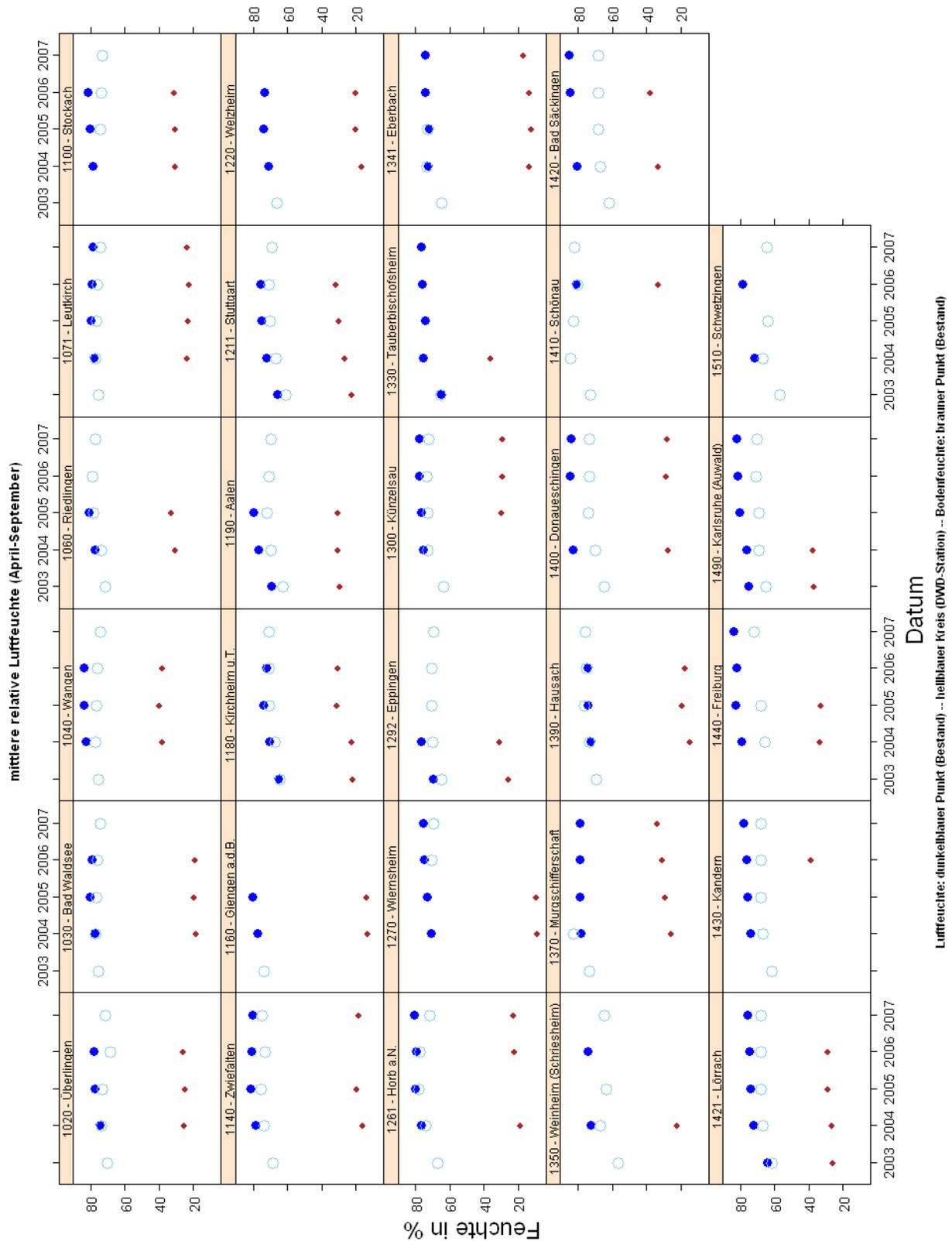


Abb. 3.12. Mittelwerte der relativen Luftfeuchte und Bodenfeuchte (%) von April bis September. Relative Luftfeuchte im Offenland (DWD, hellblaue Kreise), relative Luftfeuchte im Bestand (DBF, dunkelblaue Punkte) und Bodenfeuchte im Bestand (braune Punkte) für alle Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungs-flächen mit Bestandsklimastationen.

3.2 Entwicklung des Klimas an ausgewählten Stationen des DWD in der Nähe der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Zur Beurteilung von klimatischen Trends und ihrem Einflusses auf die Vegetation der Grünland- und Wald-Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen wurden zu jeder DBF in der Nähe gelegene Klimastationen des DWD auf vergleichbarer Meereshöhe ausgewählt (siehe Kap. 2.2, Abb. 2.4, Tab. 2.1 und 2.2) und die Entwicklung des Klimas an diesen Stationen im Zeitraum 1950 bis 2007 näher analysiert.

Pflanzengemeinschaften sind „offene Systeme“ aus Populationen verschiedener Arten, die untereinander und mit ihrem Standort in einem dynamischen Gleichgewicht stehen. Als solche spiegeln sie über die Zeit ablaufende Veränderungen in ihrer Umwelt wieder.

Die Vegetationsentwicklung an einem Standort ist also auch vom Klima des Standortes und seiner Entwicklung abhängig. Das Standortklima ist jedoch natürlicherweise starken jährlichen Schwankungen unterworfen. Die Analyse der Klimadaten soll einen Eindruck davon vermitteln, in welchem Verhältnis eventuell zu beobachtende Trends zu diesen ohnehin vorhandenen starken Schwankungen stehen.

Die Vegetationsbeobachtungen an den Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI wurden im Zeitraum 1985 bis 2007 (siehe Projektbericht 2 und 3), also etwa über 20 Jahre, durchgeführt. Der Zeitraum 1950 bis 1985 kann hier als Referenzzeitraum aufgefasst werden.

3.2.1 Erläuterung der durchgeführten Klimaanalysen am Beispiel der DWD-Station 2320 Feldberg

Lineare Trends verschiedener Klimaparameter

In der Klimatologie werden häufig lineare Trends benutzt, um die zeitliche Veränderung klimatischer Parameter (z.B. der Jahresmitteltemperatur einer Station) zu beschreiben.

Dabei wird mit Hilfe einer linearen Regression der Zusammenhang zwischen der Jahreszahl und der Jahresmitteltemperatur berechnet. Die zugrundeliegenden Daten verletzen jedoch einige Grundvoraussetzungen der Methode (z.B. Unabhängigkeit der Beobachtungen).

Abb. 3.13 beschreibt die Entwicklung der Jahrmitteltemperatur an der Station 2320 Feldberg im Zeitraum von 1950 bis 2007. Für diesen Zeitraum beträgt die mittlere Jahresmitteltemperatur (JMT) an der Station etwa 3,6 °C. Die Regressionsgerade vermittelt den Eindruck eines linearen Anstiegs der Jahresmitteltemperatur von etwa 2,9 °C im Jahr 1950 auf etwa 4,2 °C im Jahr 2007 (Differenz: 1,3° in 57 Jahren oder 0,23° in 10 Jahren; $57 \cdot \text{Steigung der Geraden } (\beta_1) = 57 \cdot 0,023 = 1,311$).

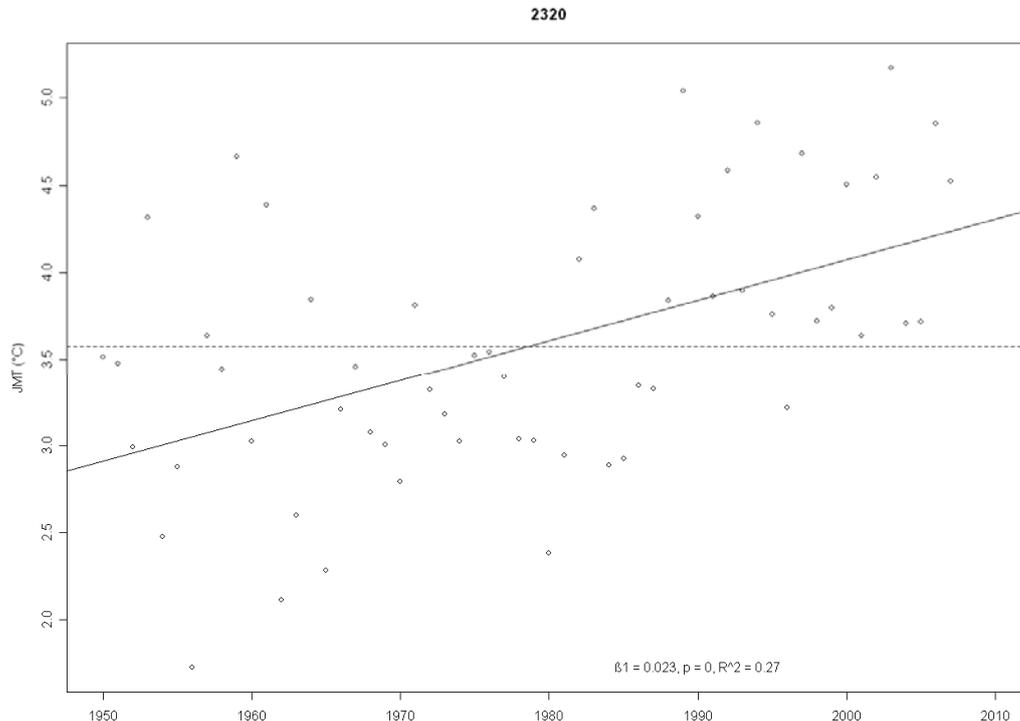


Abb. 3.13. Linearer Trend der Jahresmitteltemperatur (JMT) an der DWD Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 – 2007.

Die Regression kann durch die Parameter β_1 , p und R^2 näher beschrieben werden. Die Steigung der Geraden (β_1) beschreibt die Stärke des linearen Trends, d.h. die Zunahme von y (hier JMT) bei einer Zunahme von x (hier Jahr) um eine Einheit. In unserem Fall nimmt die JMT jährlich um $0,023^\circ$ zu (das entspricht $2,3^\circ$ in 100 Jahren).

Die Fehlerwahrscheinlichkeit p gibt an, wie wahrscheinlich es ist, daß eine entsprechende Steigung (β_1) bei einer zufälligen, normalverteilten Stichprobe auftreten würde. p ist in unserem Fall sehr klein (~ 0). Man spricht in der Regel bei einem $p < 0,05$ von einem signifikanten Zusammenhang. Bei einem $p > 0,05$ (bzw. $0,1$) erscheint die Wahrscheinlichkeit zu hoch, so daß der beobachtete Trend zufällig ist (also im Bereich der normalen Schwankungen des Parameters liegt).

Das Bestimmtheitsmaß R^2 (R^2) zeigt, wie gut man von der Jahreszahl auf die JMT schließen kann. R^2 kann zwischen 1 und 0 liegen. Bei $R^2 = 1$ handelt es sich um einen absoluten Zusammenhang („100 prozentig“) und man kann mit Sicherheit aus der Jahreszahl auf die JMT schließen. Alle Beobachtungspunkte liegen in diesem Fall auf der Regressionsgeraden. Bei $R^2 = 0$ gibt es keinen Zusammenhang („0 prozentig“), die Steigung ist in diesem Fall ebenfalls 0 und alle Beobachtungen sind zufällig um die horizontale Gerade verteilt. Während es „allgemeine Regeln“ für die Beurteilung von p gibt (Signifikanzniveaus), ist die Beurteilung von R^2 schwierig. Mit geringer werdendem Bestimmtheitsmaß (mit abnehmender Bestimmtheit) wird es wahrscheinlicher, daß der tatsächliche Wert vom vorhergesagten Wert der Regression abweicht (die Vorhersage also falsch bzw. sinnlos ist). Konventionell wird erst ein Bestimmtheitsmaß von > 0.5 als Zusammenhang zwischen zwei Variablen gewertet.

Es ist zu beachten, daß mit zunehmendem n (Anzahl der Beobachtungsjahre) auch geringe Steigungen signifikant werden können. Da das Bestimmtheitsmaß (R^2) direkt von der Steigung der Geraden abhängt, kann es also sein, daß bei zunehmendem n auch lineare Trends, die eine geringe Bestimmtheit aufweisen, signifikant werden.

Abb. 3.14 zeigt die Jahres-Mittelwerte (bzw. Jahres-Summen) verschiedener Klimaparameter an der Station 2320 Feldberg und die linearen Trends ihrer Entwicklung im Zeitraum 1950 bis 2007.

Für jede der untersuchten Stationen wurden folgende Klimaparameter berechnet und ihre langjährigen Mittelwerte und linearen Trends dargestellt:

(1) JMT	die Jahresmitteltemperatur
(2) Gradtagzahl (> 5 °C)	Jahressumme der positiven Differenzen zwischen der Tagesmitteltemperatur und 5 °C Der Schwellenwert von 5 °C wird oftmals als für das Pflanzenwachstum relevant angesehen.
(3) Vegetationsperiode	Anzahl der Tage mit TMT > 5 °C
(4) MT der Vegetationsperiode	Mitteltemperatur der Vegetationsperiode; (2) / (3) Um die tatsächliche Mitteltemperatur der Vegetationsperiode zu erhalten muss man zu dieser Temperatur 5° dazu addieren.
(5) Jahresniederschlag	Jahressumme des Niederschlages in mm
(6) Sommertage	Anzahl der Tage mit einer maximalen Temperatur > 25 °C
(7) Heisse Tage	Anzahl der Tage mit einer maximalen Temperatur > 30 °C
(8) Frosttage	Anzahl der Tage mit einer minimalen Temperatur < 0 °C
(9) Eistage	Anzahl der Tage mit einer maximalen Temperatur < 0 °C
(10) Regentage (Nied >= 1mm)	Anzahl der Tage mit Niederschlägen von 1 mm und mehr
(11) Regentage (Nied >= 10mm)	Anzahl der Tage mit starken Niederschlägen von 10 mm und mehr
(12) Kontinentalität	thermische Kontinentalität; Differenz der Monatsmitteltemperaturen (MMT) des wärmsten und kältesten Monats eines Jahres

Tabelle 3.1. fasst die graphischen Darstellungen in Abb. 3.14 tabellarisch zusammen.

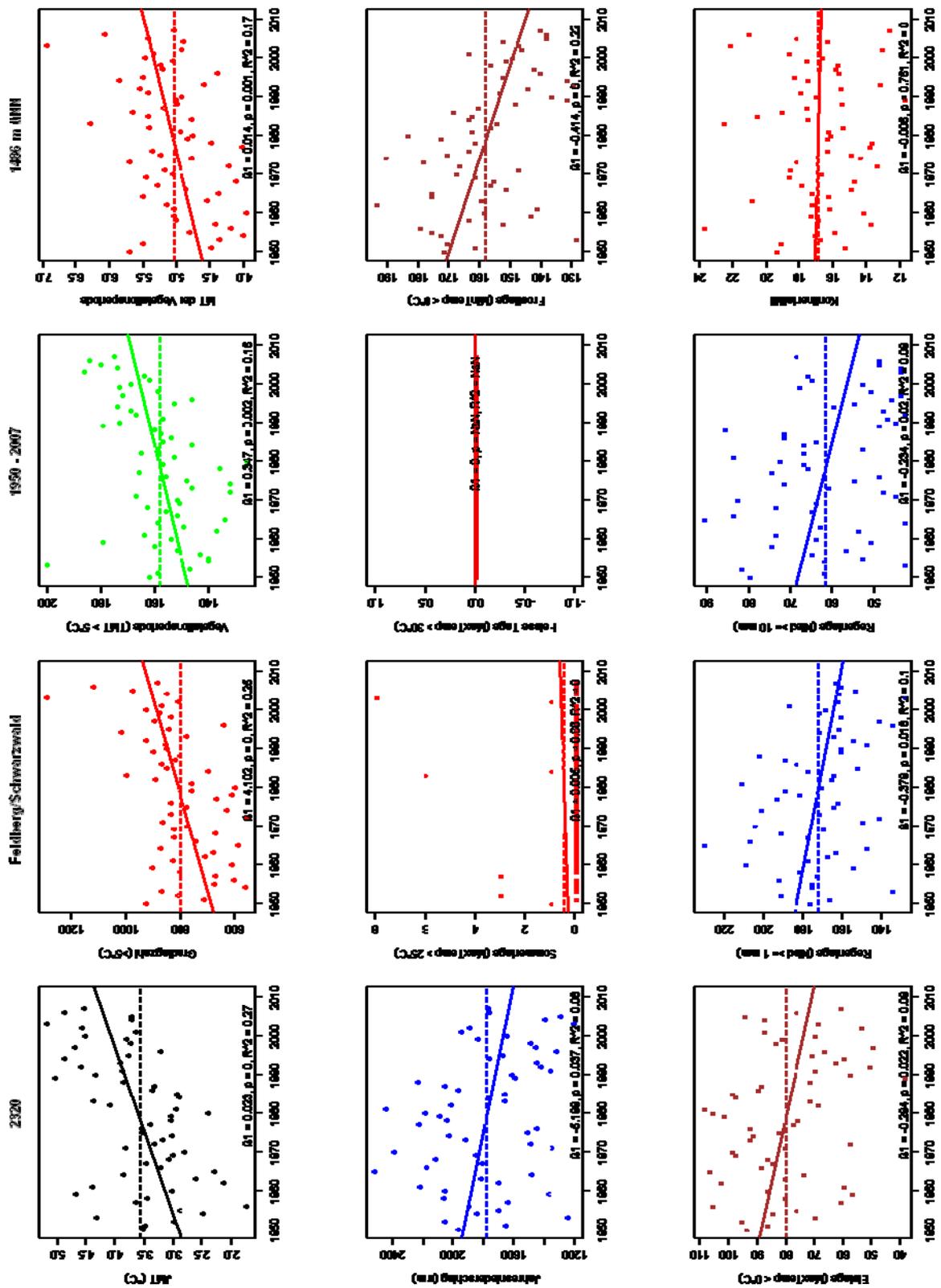


Abb. 3.14. Jahres-Mittelwerte (bzw. Jahres-Summen) verschiedener Klimaparameter und die linearen Trends ihrer Entwicklung im Zeitraum 1950-2007. Erläuterungen siehe im Text.

Tab. 3.1. Minimum, Mittelwert, Maximum, linearer Trend bezogen auf 10 Jahre, Signifikanz des linearen Trends (p), Bestimmtheit des linearen Trends (R²) für verschiedene Klimaparameter der DWD-Station 2320 Feldberg.

DWD-Station 2320 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	1.72	3.57	5.17	0.23	0	*	0.27
Gradtagzahl (> 5°C)	555	801.95	1289.7	41.02	0	*	0.25
Länge der Vegetationsperiode	126	158.4	200	3.47	0	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	3.95	5.04	6.93	0.14	0	*	0.17
Jahresniederschlag	1195.9	1781.53	2517.6	-51.99	0.04	*	0.08
Sommertage	0	0.4	8	0.05	0.66		0
Heisse Tage	0	0	0	0	NaN		NaN
Frosttage	129	157.97	194	-4.14	0	*	0.22
Eistage	39	80.02	109	-2.94	0.02	*	0.09
Regentage >= 1 mm	129	172.14	231	-3.79	0.02	*	0.1
Regentage >= 10 mm	43	61.38	91	-2.34	0.02	*	0.09
Kontinentalität	11.8	16.88	23.82	-0.06	0.76		0

NaN = Not a number (meist bei geteilt durch Null)

Tabelle 3.1 und Abb. 3.2 machen folgendes deutlich:

An der DWD-Station 2320 Feldberg betrug die mittlere Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1950 bis 2007 3.57 °C. Sie schwankte in diesem Zeitraum zwischen 1.72 und 5.17 °C, also über mehr als 3 Grad. Insgesamt ist in diesem Zeitraum eine lineare Steigerung der Temperatur zu beobachten, die +0.23 pro 10 Jahre beträgt. Dieser Trend ist hoch signifikant und hat eine mittlere bis geringe Bestimmtheit (R² = 0.27).

Die mittlere Mitteltemperatur in der Vegetationsperiode betrug im Zeitraum 1950 bis 2007 10.04 °C (5.04 + 5) und schwankte zwischen 8.95 und 11.93 °C. Der lineare Trend bezogen auf 10 Jahre betrug +0.14 Grad. Auch dieser Trend ist hoch signifikant, hat jedoch eine geringe Bestimmtheit.

Die Länge der Vegetationsperiode schwankte an der Station Feldberg zwischen minimal 126 Tagen und maximal 200 Tagen (Mittelwert 158 Tage). Der lineare Trend von +3.47 Tagen bezogen auf 10 Jahre ist zwar hoch signifikant, bleibt aber verglichen mit der Schwankungsbreite sehr gering und hat eine geringe Bestimmtheit.

Auch bei den Frost- und Eistagen sind signifikante, positive lineare Trends zu beobachten, die jedoch bezogen auf die Schwankungsbreite sehr gering sind. Das gleiche gilt für die Anzahl der Regentage mit mehr als 1 mm bzw. mehr als 10 mm Niederschlag. Allerdings sind die Trends bei den Regentagen negativ.

Die Jahressumme des Niederschlages schwankte am Feldberg zwischen 1195 mm (im Jahr 2003) und 2517 mm (Mittelwert 1781 mm), also über einen Bereich von mehr als 1300 mm. Der lineare Trend von -51.99 mm bezogen auf 10 Jahre scheint dagegen relativ gering. Er ist signifikant, hat aber eine sehr geringe Bestimmtheit.

Die Trends für die Anzahl der Sommertage, die Anzahl der heißen Tage und die thermische Kontinentalität sind nicht signifikant.

Insgesamt sind also die zu beobachtenden Trends am Feldberg verglichen mit der Schwankungsbreite der Klimaparameter als gering zu bewerten.

Bei der Betrachtung von Abb. 3.14 fällt aber auf, dass es an der Station Feldberg vor allem in den letzten 20 Jahren eine Reihe von wärmeren Jahren, mit weniger Niederschlag und verhältnismäßig milden Wintern gegeben hat. Dies entspricht einer allgemeinen Entwicklung seit den 1990er Jahren.

Kritische Anmerkungen zur Nutzung linearer Trends bei der Beurteilung klimatischer Veränderungen

Entwicklungen klimatischer Parameter im Laufe der Zeit (z.B. der JMT) sind meist nicht linear. Deshalb ist bei der Interpretation linearer Trends besondere Vorsicht geboten. Dies soll an einigen Beispielen näher dargestellt werden. Insbesondere soll gezeigt werden, daß Stärke, Richtung, Signifikanz und Bestimmtheit des Trends in großem Masse von der Auswahl des Betrachtungszeitraumes (von-bis, Länge des Zeitraumes) abhängen.

Abb. 3.15 zeigt die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur an der Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 bis 2007. Um die jährlichen Schwankungen stärker hervorzuheben, wurden die Werte verbunden (blaue Linie). Es wurden nun für verschieden lange Zeiträume (10 Jahre, 20 Jahre, ...50 Jahre) die mittleren Jahresmitteltemperaturen (horizontale Linien) und die linearen Trends (schräge Linien) berechnet. Es fällt auf, daß je nach Zeitraum ganz unterschiedliche Mittelwerte und Trends abgeleitet werden können. Der extremste Trend tritt hierbei für den Zeitraum 1978 – 2007 auf.

Abb. 3.16 zeigt die Entwicklung der jährlichen Niederschläge an der Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 bis 2007. In Abb 3.2 (2. Reihe, 1. Spalte) zeigt sich über den gesamten Zeitraum (1950-2007) ein abnehmender Trend mit $\beta_1 = -5.199$, $p = 0.037$ und $R^2 = 0.08$.

In Abb. 3.16 sind die verschiedenen linearen Trends bei gleitendem 30 Jahres-Fenster dargestellt. Demnach lässt sich bis 1980 eine Zunahme, danach aber eine Abnahme der Niederschlagssummen feststellen.

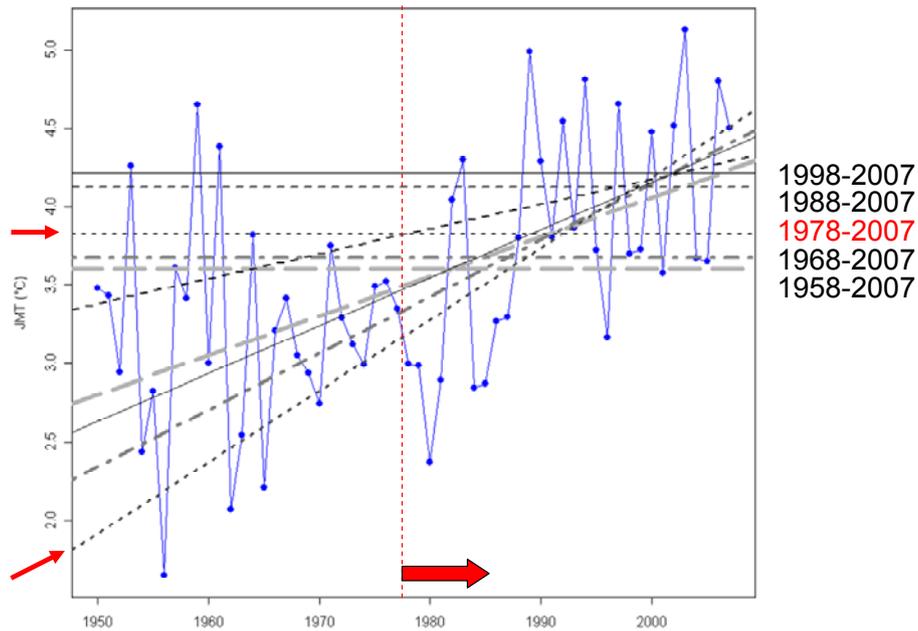


Abb. 3.15. Verlauf der Jahresmitteltemperatur (JMT) an der DWD Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 – 2007, sowie die mittleren Jahresmitteltemperaturen (horizontale Linien) und linearen Trends (schräge Linien) für verschieden lange Zeiträume.

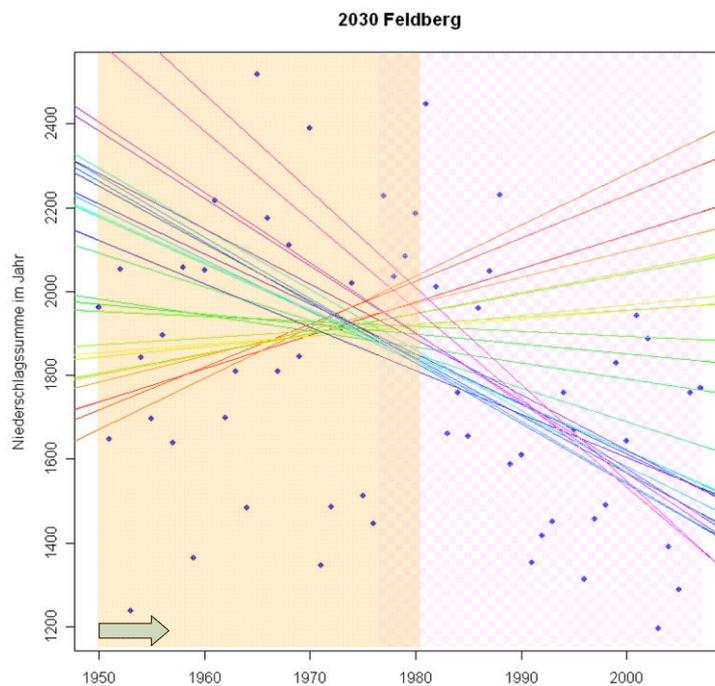


Abb. 3.16. Jahresniederschläge an der DWD Station 2320 Feldberg im Zeitraum 1950 – 2007 sowie die linearen Trends (farbige Linien) für verschiedene Zeiträume (gleitendes 30 Jahres-Fenster). Die orange Linie entspricht dem Trend im orange unterlegten Zeitraum (1950-1980). Die Farbgebung der Linien folgt einem Regenbogen (orange, rot, gelb, grün, blau, violett).

Kumulative Temperatur- und Niederschlagssummen

Für die Entwicklung von Pflanzen im Jahreslauf sind Temperatur und Niederschlag entscheidende Faktoren. Um einen Eindruck von der Variabilität dieser Parameter in verschiedenen Jahren zu erhalten, wurden für die einzelnen DWD-Stationen kumulative Temperatur- und Niederschlagssummen bestimmt und die Jahresgänge verschiedener Jahre in einer gemeinsamen Graphik dargestellt.

Für die Temperatursummen wurde die kumulative Summe aller Temperaturen, aber auch die kumulative Summe aller Temperaturen über einer Schwelle von +5 °C bestimmt. Für höhere Pflanzen kann bei Tagesmitteltemperaturen von über +5 °C von Pflanzenwachstum ausgegangen werden. Unterhalb dieser Schwelle sind bei vielen Arten die physiologischen Prozesse stark gehemmt.

Abb. 3.17 und Abb. 3.18 zeigen Graphiken für Temperatur- versus Niederschlagssumme bzw. Summe der Temperaturen über +5 °C versus Niederschlagssumme. Auf der rechten Seite wurden jeweils die letzten 25 Jahre einzeln dargestellt und das Sommerhalbjahr (April bis September) farblich hervorgehoben. Auf der linken Seite wurden alle von der Station verfügbaren Jahre (hier 1950 bis 2007) gemeinsam dargestellt und die Linien der letzten 10 Jahre durch durchgezogene Linien gekennzeichnet.

In Abb. 3.17 (rechte Seite) wird die extreme Schwankungsbreite zwischen den einzelnen Jahren deutlich. Insgesamt ist in den letzten 10 Jahren eine Tendenz zu milderem Wintern und wärmeren Jahren mit etwas geringeren Niederschlägen erkennbar. Allerdings liegen die letzten 10 Jahre (mit Ausnahme des Extremjahres 2003) im Schwankungsbereich des vor diesen 10 Jahren liegenden Zeitraumes. Es ist also, wie oben bereits dargestellt, stets eine längere Zeitreihe zu betrachten, um rezente Trends besser einordnen zu können.

In Abb. 3.18 wird vor allem die früher einsetzende Vegetationsperiode deutlich. Das Extremjahr 2003 fällt durch höhere Temperaturen und geringere Niederschläge auf. Auch hier ist allgemein eine Tendenz zu höheren Temperaturen in den letzten Jahren erkennbar. Allerdings liegen die Linien der letzten 10 Jahre im Schwankungsbereich der davorliegenden Jahre.

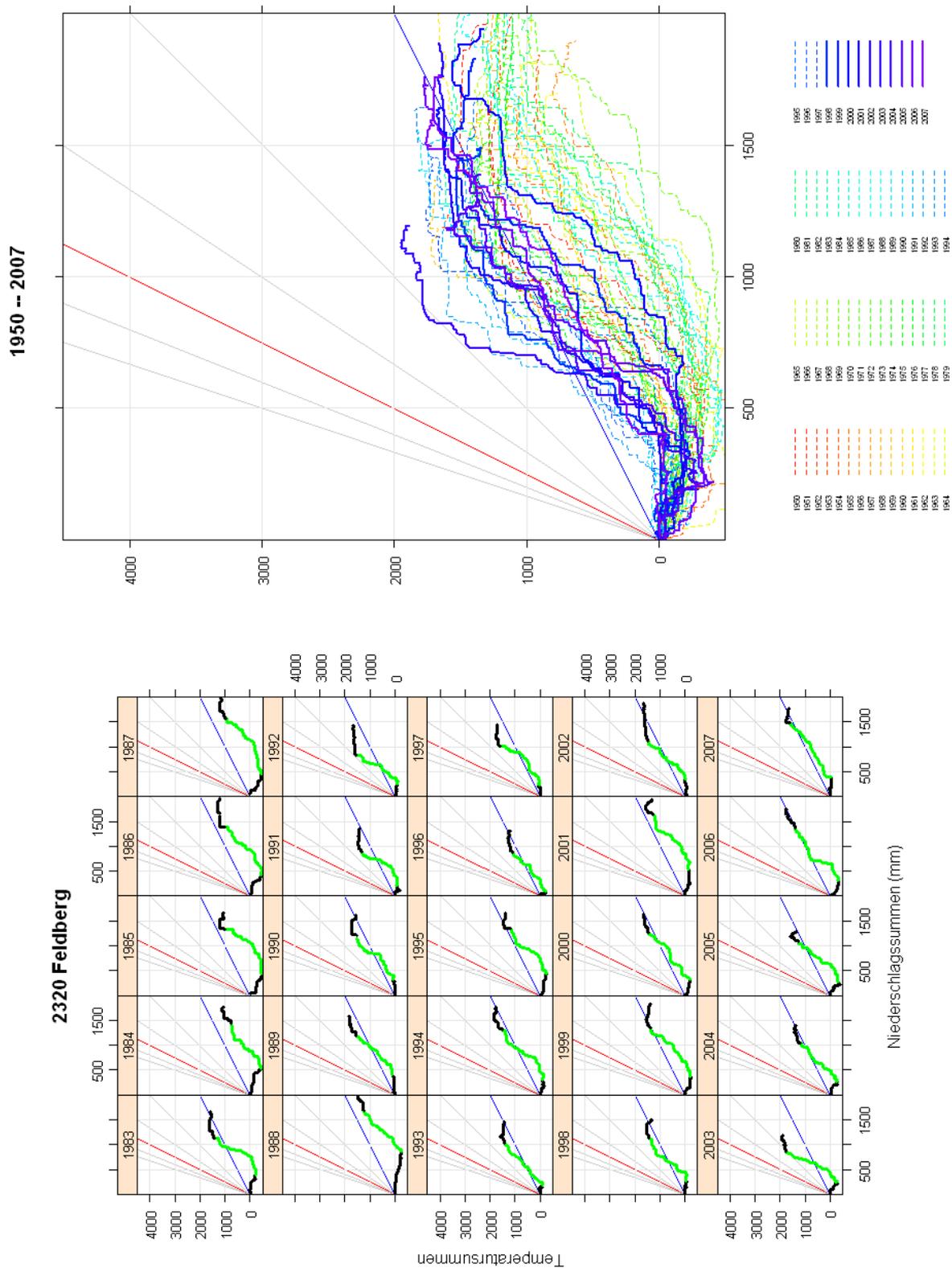


Abb. 3.17. Kumulative Temperatur- und Niederschlagssummen an der Station 2320 Feldberg des DWD. Linke Seite: Linien der kumulativen Temperatur- und Niederschlagssummen der letzten 25 Jahre (schwarz: Winterhalbjahr Januar-März und Oktober-Dezember, grün: Sommerhalbjahr April-September). Rechte Seite: Überlagerung der Linien der kumulativen Temperatur- und Niederschlagssummen aller vorhandenen Jahre (maximal: 1950 bis 2007). Die letzten 10 Jahre wurden mit durchgezogenen Linien dargestellt. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

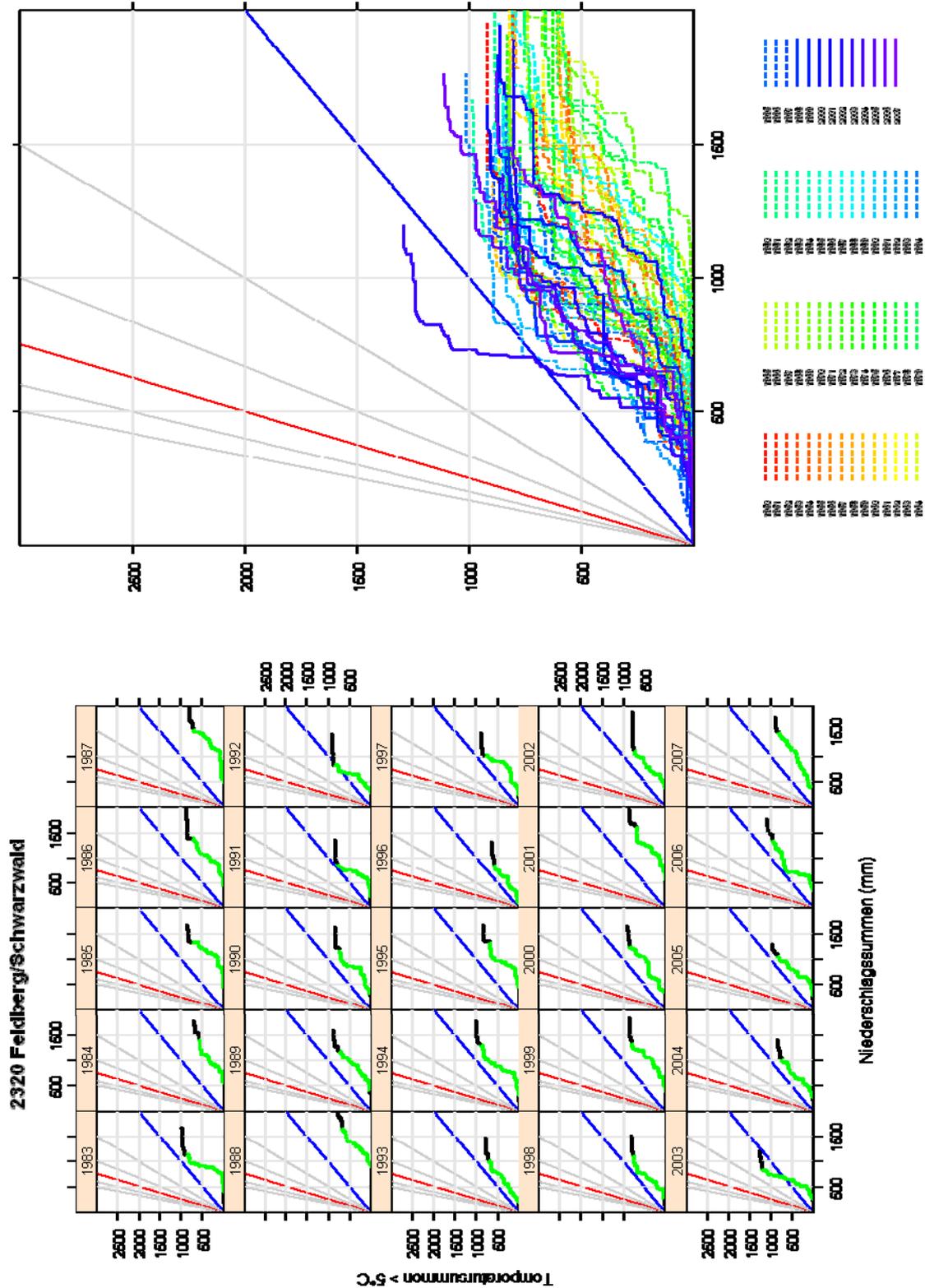


Abb. 3.18. Kumulative Temperatursumme über 5°C und kumulative Niederschlagssummen an der Station 2320 Feldberg des DWD. Linke Seite: Linien der kumulativen Temperatur- und Niederschlagssummen der letzten 25 Jahre (schwarz: Winterhalbjahr Januar-März und Oktober-Dezember, grün: Sommerhalbjahr April-September). Rechte Seite: Überlagerung der Linien der kumulativen Temperatur- und Niederschlagssummen aller vorhandenen Jahre (maximal: 1950 bis 2007). Die letzten 10 Jahre wurden mit durchgezogenen Linien dargestellt. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

Die in diesem Abschnitt dargestellten Analysen wurden für alle in den Tabellen 2.1 und 2.2 aufgeführten Klimastationen in der Nähe von Grünland- und Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt.

Um diesen Projektbericht nicht zu überlasten, wurden die entsprechenden Graphiken jedoch in Anlage 2 und 3 (nur auf CD) zusammengefasst. In den folgenden beiden Abschnitten soll die Situation an den einzelnen DWD-Stationen kurz mit Hilfe von Tabellen dargestellt werden.

In den Tabellen ist für den Beobachtungszeitraum das Minimum, Mittel und Maximum der einzelnen Klimaparameter, sowie der lineare Trend bezogen auf 10 Jahre, sein Signivikanzniveau und seine Bestimmtheit aufgeführt.

3.2.2 DWD-Stationen an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Eine Übersicht über die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen und die ihnen zugeordneten DWD-Stationen gibt Tab. 2.1 (siehe Kap. 2.2).

DBF 2030 Falkenhalde – DWD-Station 2967 Deggenhausertal-Azenweiler

DWD-Station 2967 Zeitraum: 1989-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	7.03	8.49	9.51	0.67	0.14	0.17
Gradtagzahl (> 5°C)	1658.6	1917.19	2325.7	186.29	0.06	0.26
Länge der Vegetationsperiode	220	235.21	262	7.67	0.42	0.06
MT der Vegetationsperiode	7.39	8.16	10.25	0.57	0.22	0.12
Jahresniederschlag	613.6	1060.66	1309.4	-30.56	0.81	0.01
Sommertage	17	28.57	70	13.85	0.12	0.19
Heisse Tage	0	3.21	19	5.25	0.13	0.18
Frosttage	52	84.29	116	-3.91	0.77	0.01
Eistage	19	32.93	49	-6.35	0.36	0.07
Regentage >= 1 mm	103	134.79	166	5.38	0.65	0.02
Regentage >= 10 mm	15	33.57	49	2.68	0.68	0.01
Kontinentalität	17.5	20.39	25.68	0.96	0.47	0.04

Von der DWD-Station Deggenhausertal-Azenweiler liegen nur Klimadaten aus dem Zeitraum 1989 bis 2003 vor. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Klimadaten aus diesem Zeitraum. Aussagen zu längerfristigen Trends lassen sich nicht treffen.

DBF 2110 Hörnekopf – DWD-Station 2740 Bad Dürkheim

DWD-Station 2740 Zeitraum: 1950-1999	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.01	6.69	8.74	0.4	0	*	0.46
Gradtagzahl (> 5°C)	1105.3	1469.49	1876.3	87.21	0	*	0.45
Länge der Vegetationsperiode	186	207.51	245	5.65	0	*	0.35
MT der Vegetationsperiode	5.5	7.07	8.57	0.22	0	*	0.24
Jahresniederschlag	532.4	801.26	1325.8	-25.24	0.1		0.06
Sommertage	5	21.3	49	3.31	0	*	0.19
Heisse Tage	0	1.74	16	0.66	0.03	*	0.1
Frosttage	74	133.45	166	-8.91	0	*	0.43
Eistage	6	31.68	56	-3.18	0.01	*	0.13
Regentage >= 1 mm	89	126.94	174	-1.4	0.45		0.01
Regentage >= 10 mm	12	22.43	44	-0.8	0.19		0.04
Kontinentalität	14.45	19.62	26.45	0.04	0.88		0

DBF 2110 Hörnekopf – DWD-Station 2780 Donaueschingen

DWD-Station 2780 Zeitraum: 1952-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.5	7.13	8.99	0.38	0	*	0.52
Gradtagzahl (> 5°C)	1224.3	1575.54	2054.4	82.8	0	*	0.52
Länge der Vegetationsperiode	189	214.71	249	5.1	0	*	0.3
MT der Vegetationsperiode	5.94	7.34	9.74	0.21	0	*	0.25
Jahresniederschlag	521.1	812.78	1165.1	25.91	0.04	*	0.08
Sommertage	4	21.6	72	4.4	0	*	0.32
Heisse Tage	0	1.9	17	0.66	0.03	*	0.09
Frosttage	74	129.27	175	-8.37	0	*	0.4
Eistage	7	31.42	61	-3.98	0	*	0.24
Regentage >= 1 mm	82	124.4	162	1.67	0.28		0.02
Regentage >= 10 mm	11	23.33	43	1.05	0.08		0.06
Kontinentalität	14.7	19.95	26.73	0.07	0.76		0

DBF 2120 Irdorfer Hardt – DWD-Station 2928 Albstadt-Lautlingen

DWD-Station 2928 Zeitraum: 1987-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	6.32	7.87	8.63	0.32	0.29		0.08
Gradtagzahl (> 5°C)	1436.1	1701.05	1988.8	85.42	0.12		0.16
Länge der Vegetationsperiode	218	230.69	260	6.08	0.33		0.07
MT der Vegetationsperiode	6.56	7.39	9.12	0.21	0.47		0.04
Jahresniederschlag	652.9	964.69	1194.5	73.97	0.38		0.06
Sommertage	16	26.44	64	5.71	0.3		0.08
Heisse Tage	0	3	17	2.8	0.19		0.12
Frosttage	67	102.69	131	-4.32	0.62		0.02
Eistage	5	22.19	45	-1.95	0.74		0.01
Regentage >= 1 mm	108	137.75	164	-2.13	0.8		0
Regentage >= 10 mm	17	28.69	42	2.51	0.48		0.04
Kontinentalität	15.7	18.79	23.71	0.69	0.54		0.03

DBF 2120 Imdorfer Hardt – DWD-Station 2758 Klippeneck

DWD-Station 2758 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	4.69	6.46	7.78	0.2	0 *	0.2
Gradtagzahl (> 5°C)	1120.7	1423.27	1796.7	38.77	0 *	0.18
Länge der Vegetationsperiode	184	208.25	237	3	0 *	0.14
MT der Vegetationsperiode	5.63	6.83	7.81	0.08	0.07	0.06
Jahresniederschlag	646.9	890.38	1157.7	24.88	0.04 *	0.09
Sommertage	1	11.32	27	0.79	0.15	0.04
Heisse Tage	0	0.55	6	-0.05	0.69	0
Frosttage	87	121.25	151	-3.01	0.01 *	0.12
Eistage	10	45.72	76	-2.55	0.04 *	0.08
Regentage >= 1 mm	91	134.1	173	2.29	0.15	0.04
Regentage >= 10 mm	15	25.18	36	0.96	0.05 *	0.08
Kontinentalität	14.01	18.81	25.85	-0.15	0.49	0.01

DBF 2120 Imdorfer Hardt – DWD-Station 2929 Neuhausen ob Eck-Unterschwandorf

DWD-Station 2929 Zeitraum: 1994-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	6.09	7.76	8.62	0.81	0.33	0.12
Gradtagzahl (> 5°C)	1446	1724.24	2067.1	241.33	0.18	0.22
Länge der Vegetationsperiode	210	222.8	244	0.85	0.96	0
MT der Vegetationsperiode	6.89	7.76	9.8	1.15	0.21	0.19
Jahresniederschlag	655.6	857.35	1055.8	0.84	1	0
Sommertage	8	24.5	61	16.79	0.32	0.12
Heisse Tage	0	2.9	16	6.61	0.25	0.16
Frosttage	70	105.2	137	-12.85	0.62	0.03
Eistage	19	32.7	58	-4.3	0.74	0.01
Regentage >= 1 mm	102	127.1	151	-6.48	0.74	0.01
Regentage >= 10 mm	17	25.1	36	3.09	0.67	0.02
Kontinentalität	17.75	20.15	24.72	1.75	0.44	0.07

DBF 2130 Mönchsteig – DWD-Station 2729 Laichingen

DWD-Station 2729 Zeitraum: 1951-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	5.34	7.01	8.59	0.3	0 *	0.39
Gradtagzahl (> 5°C)	1224	1565.19	2048.1	68.42	0 *	0.44
Länge der Vegetationsperiode	189	213.46	244	4.69	0 *	0.31
MT der Vegetationsperiode	5.77	7.33	9.75	0.16	0 *	0.17
Jahresniederschlag	627.7	972.88	1358.9	44.63	0 *	0.2
Sommertage	3	17.12	53	1.81	0.01 *	0.12
Heisse Tage	0	1.39	16	0.35	0.11	0.05
Frosttage	70	116.12	152	-6.05	0 *	0.33
Eistage	12	39.25	74	-1.74	0.11	0.05
Regentage >= 1 mm	101	143.61	189	1.17	0.42	0.01
Regentage >= 10 mm	18	29.2	47	1.98	0 *	0.21
Kontinentalität	14.97	19.93	27.08	0.07	0.72	0

DBF 2150 Dellenhule – DWD-Station 4102 Heidenheim/Brenz

DWD-Station 4102 Zeitraum: 1950-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R^2
JMT	5.99	7.53	8.76	0.04	0.53	0.01
Gradtagzahl (> 5°C)	1374	1678.78	2010.1	9.22	0.42	0.01
Länge der Vegetationsperiode	198	217.3	248	0.72	0.48	0.01
MT der Vegetationsperiode	6.68	7.73	9.32	0.02	0.74	0
Jahresniederschlag	495.8	868.16	1209.1	-4.18	0.74	0
Sommertage	13	29.68	69	0.46	0.64	0
Heisse Tage	0	3.64	17	0.04	0.91	0
Frosttage	48	122.72	158	-0.99	0.55	0.01
Eistage	3	29.51	65	-0.3	0.77	0
Regentage >= 1 mm	89	132.4	177	-1	0.52	0.01
Regentage >= 10 mm	12	25.02	45	0.07	0.9	0
Kontinentalität	15.11	20.33	27.37	0.01	0.97	0

DBF 2180 Filsenberg – DWD-Station 2754 Hechingen

DWD-Station 2754 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R^2
JMT	6.92	8.5	10.12	0.2	0 *	0.2
Gradtagzahl (> 5°C)	1479.4	1880.13	2409.9	50.77	0 *	0.24
Länge der Vegetationsperiode	207	239.73	294	3.5	0 *	0.14
MT der Vegetationsperiode	6.11	7.85	8.97	0.09	0.05 *	0.07
Jahresniederschlag	577	819.22	1142.5	4.79	0.62	0
Sommertage	12	34.25	86	1.84	0.07	0.06
Heisse Tage	0	5.47	30	0.29	0.5	0.01
Frosttage	56	101.76	136	-3.73	0.01 *	0.13
Eistage	3	21.82	45	-0.69	0.41	0.01
Regentage >= 1 mm	95	127.73	179	0.47	0.73	0
Regentage >= 10 mm	13	22.45	35	0.17	0.68	0
Kontinentalität	15.03	19.49	27.02	0.13	0.52	0.01

DBF 2180 Filsenberg – DWD-Station 2928 Albstadt-Lautlingen

siehe DBF 2120 Irndorfer Hardt

DBF 2220 Kappelberg – DWD-Station 2746 Stuttgart-Echterdingen (Flughafen)

DWD-Station 2746 Zeitraum: 1953-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R^2
JMT	7.48	9.11	10.75	0.24	0 *	0.27
Gradtagzahl (> 5°C)	1686.7	2048.2	2463.7	58.74	0 *	0.29
Länge der Vegetationsperiode	218	247.58	291	3.35	0.01 *	0.12
MT der Vegetationsperiode	7.03	8.28	10.22	0.13	0.01 *	0.11
Jahresniederschlag	474.2	711.87	1106.5	2.59	0.81	0
Sommertage	14	34.51	87	4.33	0 *	0.32
Heisse Tage	0	5	23	1.14	0 *	0.15
Frosttage	48	91.2	122	-2.54	0.07	0.06
Eistage	0	20.25	58	-2.04	0.03 *	0.09
Regentage >= 1 mm	87	117.16	152	0.27	0.84	0
Regentage >= 10 mm	9	18.84	35	0.05	0.91	0
Kontinentalität	14.41	19.98	27.19	0.02	0.91	0

DBF 2240 K ußnach – DWD-Station 2769 Wut schingen

DWD-Station 2769 Zeitraum: 1961-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R^2
JMT	7.7	8.98	10.31	0.25	0	*	0.31
Gradtagzahl (> 5°C)	1647.7	2006.14	2293.3	60.61	0	*	0.34
Länge der Vegetationsperiode	212	239.67	271	4.08	0.01	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	7.13	8.38	9.97	0.11	0.05	*	0.08
Jahresniederschlag	681.1	1009.54	1455.9	23.89	0.27		0.03
Sommertage	24	48.65	90	3.88	0	*	0.18
Heisse Tage	1	10	40	1.64	0.03	*	0.1
Frosttage	51	90.89	132	-2.07	0.31		0.02
Eistage	1	17.8	41	-0.8	0.37		0.02
Regentage >= 1 mm	91	129.07	185	-0.07	0.97		0
Regentage >= 10 mm	18	32.87	54	1.36	0.15		0.05
Kontinentalität	15.69	20.15	25.85	-0.02	0.93		0

DBF 2240 K ußnach – DWD-Station 2761 Bonndorf/Schwarzwald

DWD-Station 2761 Zeitraum: 1971-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R^2
JMT	5.6	6.98	8.02	0.25	0.03	*	0.16
Gradtagzahl (> 5°C)	1212.9	1521.53	1971	75.43	0	*	0.3
Länge der Vegetationsperiode	186	211.43	234	7.1	0	*	0.4
MT der Vegetationsperiode	5.92	7.2	8.42	0.11	0.35		0.03
Jahresniederschlag	666.6	947.78	1233.9	38.87	0.18		0.06
Sommertage	3	17.3	54	3.25	0.07		0.11
Heisse Tage	0	1.2	16	0.91	0.09		0.1
Frosttage	71	114.3	148	-8.67	0	*	0.29
Eistage	11	32.03	54	0.76	0.71		0.01
Regentage >= 1 mm	98	131.37	168	4.3	0.17		0.06
Regentage >= 10 mm	19	29.97	50	2.41	0.06		0.12
Kontinentalität	15.16	19.26	24.39	0.37	0.41		0.02

DBF 2260 Büchelberg – DWD-Station 2742 Bad Liebenzell

DWD-Station 2742 Zeitraum: 1950-1960	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R^2
JMT	7.1	8.4	9.13	-0.21	0.78		0.01
Gradtagzahl (> 5°C)	1488.7	1804.98	2122.2	-121.03	0.5		0.05
Länge der Vegetationsperiode	219	236	257	17	0.16		0.21
MT der Vegetationsperiode	6.44	7.66	9.31	-1.04	0.17		0.2
Jahresniederschlag	700	926.81	1146.9	-307.29	0.08		0.33
Sommertage	24	39.27	57	-13.27	0.3		0.12
Heisse Tage	2	7	18	-9.27	0.04	*	0.38
Frosttage	69	101.82	127	-30.45	0.05	*	0.36
Eistage	0	13.45	30	-7.73	0.43		0.07
Regentage >= 1 mm	99	128.2	144	-18.3	0.28		0.14
Regentage >= 10 mm	17	28.4	38	-12	0.1		0.31
Kontinentalität	15.93	19.15	26.77	-1.52	0.64		0.03

DBF 2260 Büchelberg – DWD-Station 2918 Renningen-Ihinger Hof

DWD-Station 2918 Zeitraum: 2005-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	8.54	9.08	9.46	4.56	0.18	0.92
Gradtagzahl (> 5°C)	1993.9	2061.27	2191.2	24	0.99	0
Länge der Vegetationsperiode	245	252.33	264	95	0.24	0.87
MT der Vegetationsperiode	7.57	8.18	8.84	-2.84	0.7	0.2
Jahresniederschlag	584.3	626.47	663	393.5	0.08	0.98
Sommertage	28	38.67	49	-55	0.65	0.27
Heisse Tage	3	6.33	10	-15	0.72	0.18
Frosttage	73	93.33	109	-180	0.14	0.95
Eistage	8	19	27	-95	0.17	0.93
Regentage >= 1 mm	101	110.33	116	-10	0.92	0.02
Regentage >= 10 mm	15	17	18	15	0.33	0.75
Kontinentalität	16.37	20.04	24.5	-14.37	0.77	0.12

DBF 2290 Kaiserberg – DWD-Station 2703 Bretten

DWD-Station 2703 Zeitraum: 1984-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	8.31	9.94	11.12	0.58	0.04 *	0.21
Gradtagzahl (> 5°C)	1892.8	2236.92	2516	133.52	0.02 *	0.26
Länge der Vegetationsperiode	231	264.05	296	8.88	0.19	0.09
MT der Vegetationsperiode	7.84	8.48	10.06	0.24	0.19	0.09
Jahresniederschlag	541.6	814.02	1044.2	42.21	0.45	0.03
Sommertage	38	52.1	96	8.53	0.09	0.15
Heisse Tage	3	11.1	35	5.52	0.04 *	0.22
Frosttage	44	78.75	111	-6.52	0.37	0.04
Eistage	1	12.5	35	-3.91	0.3	0.06
Regentage >= 1 mm	89	126.5	157	4.27	0.55	0.02
Regentage >= 10 mm	10	23.1	32	2.06	0.38	0.04
Kontinentalität	15.58	19.6	23.74	-0.27	0.8	0

DBF 2330 Apfelberg – DWD-Station 2832 Tauberbischofsheim

DWD-Station 2832 Zeitraum: 1987-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	8.04	9.55	10.56	0.6	0.09	0.18
Gradtagzahl (> 5°C)	1855.3	2118.82	2377.8	166.11	0.01 *	0.36
Länge der Vegetationsperiode	234	258.76	292	6.67	0.4	0.05
MT der Vegetationsperiode	7.45	8.2	9.83	0.47	0.08	0.2
Jahresniederschlag	411.2	647.68	867	57.05	0.38	0.05
Sommertage	27	48.35	90	9.93	0.14	0.14
Heisse Tage	2	9.71	27	4.34	0.19	0.11
Frosttage	50	80.88	111	-8.75	0.35	0.06
Eistage	0	12.59	37	-3.97	0.4	0.05
Regentage >= 1 mm	88	119.53	144	6.57	0.43	0.04
Regentage >= 10 mm	8	14.12	26	1.94	0.38	0.05
Kontinentalität	14.67	19.23	23.41	0.34	0.8	0

DBF 2400 Bisten – DWD-Station 2771 Hinterzarten

DWD-Station 2771 Zeitraum: 1950-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	4.66	5.96	7.47	0.18	0	*	0.18
Gradtagzahl (> 5°C)	922	1250.09	1645.2	28.49	0.01	*	0.12
Länge der Vegetationsperiode	175	197.71	226	3.18	0	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	5.07	6.32	8.35	0.04	0.39		0.01
Jahresniederschlag	964.3	1449.5	2002	74.09	0.02	*	0.13
Sommertage	2	14.51	55	2.53	0	*	0.2
Heisse Tage	0	1.13	16	0.37	0.08		0.06
Frosttage	109	148.49	174	-3.61	0	*	0.14
Eistage	3	29.69	57	-2.07	0.04	*	0.08
Regentage >= 1 mm	118	151.98	187	0.77	0.71		0
Regentage >= 10 mm	33	50.66	72	3.5	0	*	0.19
Kontinentalität	14.17	18.23	25.53	-0.13	0.52		0.01

DBF 2460 Taubergießen – DWD-Station 2303 Lahr

DWD-Station 2303 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.8	10.43	11.84	0.21	0	*	0.26
Gradtagzahl (> 5°C)	1984	2383.11	2738.3	61.19	0	*	0.31
Länge der Vegetationsperiode	234	270.23	312	2.96	0.02	*	0.1
MT der Vegetationsperiode	7.32	8.83	10.15	0.13	0.01	*	0.13
Jahresniederschlag	566.3	863.21	1286.2	-11.19	0.37		0.02
Sommertage	21	49.25	99	4.13	0	*	0.23
Heisse Tage	1	10.13	38	1.53	0.01	*	0.13
Frosttage	31	69.31	102	-1.23	0.39		0.01
Eistage	0	15.23	51	-0.93	0.23		0.03
Regentage >= 1 mm	89	127.53	176	-1.61	0.25		0.03
Regentage >= 10 mm	14	24.85	48	-0.34	0.52		0.01
Kontinentalität	14.09	19.78	26.62	0.1	0.67		0

DBF 2530 Sulzbach – DWD-Station 2695 Mannheim

DWD-Station 2695 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.91	10.54	11.96	0.24	0	*	0.31
Gradtagzahl (> 5°C)	2083.4	2410.25	2843.5	64.21	0	*	0.35
Länge der Vegetationsperiode	244	269.4	312	3.74	0	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	7.73	8.96	10.53	0.11	0.02	*	0.1
Jahresniederschlag	420.6	658.84	944.2	2.04	0.83		0
Sommertage	27	52.72	102	3.78	0	*	0.18
Heisse Tage	1	12.78	41	1.93	0	*	0.18
Frosttage	27	66.59	105	-1.42	0.24		0.02
Eistage	0	12.24	52	-1.14	0.1		0.05
Regentage >= 1 mm	79	114.64	157	1.22	0.34		0.02
Regentage >= 10 mm	5	16.55	28	0	0.99		0
Kontinentalität	14.04	20.12	27.27	-0.02	0.93		0

DBF 2530 Sulzbach – DWD-Station 2680 Eberbach/Neckar

DWD-Station 2680 Zeitraum: 1951-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	7.91	9.27	10.93	0.23	0	*	0.24
Gradtagzahl (> 5°C)	1677.5	2017.68	2483.8	59.1	0	*	0.27
Länge der Vegetationsperiode	220	253.26	303	4.03	0	*	0.15
MT der Vegetationsperiode	6.73	7.97	9.66	0.1	0.03	*	0.09
Jahresniederschlag	567.8	1023.44	1559.9	22.45	0.22		0.03
Sommertage	19	44.24	97	3.84	0	*	0.17
Heisse Tage	0	9.06	35	1.53	0.01	*	0.13
Frosttage	35	79.11	119	-5.4	0	*	0.21
Eistage	0	12.22	41	-0.79	0.32		0.02
Regentage >= 1 mm	85	136.52	189	1.8	0.3		0.02
Regentage >= 10 mm	17	32.3	56	0.77	0.32		0.02
Kontinentalität	13.22	18.67	25.56	-0.08	0.71		0

DBF 2540 Rohrhardsberg – DWD-Station 2915 Schönwald/Schwarzwald

DWD-Station 2915 Zeitraum: 1978-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.3	6.35	7.21	0.3	0.01	*	0.23
Gradtagzahl (> 5°C)	1066	1350.51	1734.2	67.92	0.01	*	0.21
Länge der Vegetationsperiode	189	205.03	220	3.98	0.02	*	0.17
MT der Vegetationsperiode	5.38	6.59	8.34	0.21	0.08		0.11
Jahresniederschlag	1240.9	1902.9	2644.8	-88.53	0.18		0.06
Sommertage	0	6.66	25	1.28	0.26		0.05
Heisse Tage	0	0.41	5	0.05	0.84		0
Frosttage	77	112.97	134	-8	0.01	*	0.23
Eistage	10	41.38	76	0.81	0.79		0
Regentage >= 1 mm	123	165.52	192	-2.92	0.39		0.03
Regentage >= 10 mm	49	67.76	89	-1.89	0.45		0.02
Kontinentalität	12.27	18.12	23.55	0	1		0

DBF 2550 Feldberg – DWD-Station 2320 Feldberg/Schwarzwald

DWD-Station 2320 Zeitraum: 1959-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	1.72	3.57	5.17	0.23	0	*	0.27
Gradtagzahl (> 5°C)	555	801.95	1289.7	41.02	0	*	0.25
Länge der Vegetationsperiode	126	158.4	200	3.47	0	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	3.95	5.04	6.93	0.14	0	*	0.17
Jahresniederschlag	1195.9	1781.53	2517.6	-51.99	0.04	*	0.08
Sommertage	0	0.4	8	0.05	0.66		0
Heisse Tage	0	0	0	0	NaN		NaN
Frosttage	129	157.97	194	-4.14	0	*	0.22
Eistage	39	80.02	109	-2.94	0.02	*	0.09
Regentage >= 1 mm	129	172.14	231	-3.79	0.02	*	0.1
Regentage >= 10 mm	43	61.38	91	-2.34	0.02	*	0.09
Kontinentalität	11.8	16.88	23.82	-0.06	0.76		0

DBF 2560 Belchen – DWD-Station 2320 Feldberg/Schwarzwald

siehe DBF 2550 Feldberg

DBF 2570 Rauhe Wiese – DWD-Station 2728 Stötten

DWD-Station 2728 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.4	7.11	8.58	0.23	0	*	0.25
Gradtagzahl (> 5°C)	1276.3	1599.13	2119.6	51.45	0	*	0.26
Länge der Vegetationsperiode	194	217.14	248	3.64	0	*	0.19
MT der Vegetationsperiode	6.05	7.37	9.95	0.11	0.03	*	0.08
Jahresniederschlag	731.7	1065.45	1440.1	10.27	0.46		0.01
Sommertage	0	13.26	47	2.19	0	*	0.21
Heisse Tage	0	1.03	16	0.34	0.06		0.06
Frosttage	69	111.78	148	-3.52	0.01	*	0.13
Eistage	22	46.47	77	-1.86	0.12		0.04
Regentage >= 1 mm	103	140.07	187	0.2	0.89		0
Regentage >= 10 mm	19	33.69	52	0.38	0.53		0.01
Kontinentalität	15.13	19.82	26.51	0.08	0.68		0

DBF 2031 Aulendorf – DWD-Station 2764 Aulendorf-Spiegler

siehe DBF 1030 Bad Waldsee

3.2.3 DWD-Stationen an den Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Eine Übersicht über die Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen und die ihnen zugeordneten DWD-Stationen gibt Tab. 2.2 (siehe Kap. 2.2).

DBF 1020 Überlingen – DWD-Station 2787 Überlingen/Bodensee

DWD-Station 2787 Zeitraum: 1950-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	7.28	8.86	10.14	0.12	0.02	*	0.11
Gradtagzahl (> 5°C)	1667.6	1971.95	2331.3	28.98	0.02	*	0.1
Länge der Vegetationsperiode	207	239.47	277	1.93	0.11		0.05
MT der Vegetationsperiode	7.11	8.25	9.25	0.06	0.31		0.02
Jahresniederschlag	574.3	886.12	1301.1	19.18	0.12		0.05
Sommertage	13	33.65	64	0.1	0.92		0
Heisse Tage	0	3.51	17	-0.14	0.68		0
Frosttage	48	88.75	125	-3.78	0.01	*	0.13
Eistage	4	23.08	47	-0.45	0.59		0.01
Regentage >= 1 mm	91	125.73	171	1.56	0.26		0.03
Regentage >= 10 mm	16	26.92	45	1.12	0.05	*	0.08
Kontinentalität	15.5	19.94	25.93	-0.03	0.89		0

DBF 1030 Bad Waldsee – DWD-Station 2764 Aulendorf-Spiegler

DWD-Station 2764 Zeitraum: 1951-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	6.22	7.87	9.47	0.29	0	*	0.38
Gradtagzahl (> 5°C)	1470.4	1771.36	2172	66.46	0	*	0.43
Länge der Vegetationsperiode	197	225.24	268	4.15	0	*	0.21
MT der Vegetationsperiode	6.75	7.87	10.29	0.15	0	*	0.16
Jahresniederschlag	578.1	875.25	1232.7	-0.06	1		0
Sommertage	9	27.85	80	3.45	0	*	0.24
Heisse Tage	0	2.91	25	0.95	0.01	*	0.11
Frosttage	63	111.24	144	-6.39	0	*	0.32
Eistage	8	33.76	69	-2.14	0.04	*	0.08
Regentage >= 1 mm	97	127.81	185	-0.11	0.94		0
Regentage >= 10 mm	14	25.22	35	-0.25	0.57		0.01
Kontinentalität	15.52	20.36	27.66	0	0.99		0

DBF 1040 Wangen – DWD-Station 4138 Isny

DWD-Station 4138 Zeitraum: 1950-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.35	6.97	8.55	0.22	0	*	0.26
Gradtagzahl (> 5°C)	1278.6	1578.99	1950.6	39.39	0	*	0.2
Länge der Vegetationsperiode	185	211.39	245	3.43	0	*	0.16
MT der Vegetationsperiode	6.12	7.48	9.52	0.07	0.21		0.03
Jahresniederschlag	1259.4	1624.31	2132.8	1.01	0.96		0
Sommertage	7	23.06	70	2.69	0	*	0.17
Heisse Tage	0	1.87	18	0.52	0.06		0.07
Frosttage	92	132.54	165	-5.3	0	*	0.3
Eistage	5	29.2	55	-2.54	0.01	*	0.11
Regentage >= 1 mm	116	152.81	199	-0.02	0.99		0
Regentage >= 10 mm	42	58.11	81	0.46	0.59		0.01
Kontinentalität	15.89	20.46	27.9	-0.06	0.79		0

DBF 1060 Riedlingen – DWD-Station 2760 Sigmaringen-Laiz

DWD-Station 2760 Zeitraum: 1951-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.99	7.48	9.05	0.18	0	*	0.22
Gradtagzahl (> 5°C)	1404.8	1674.32	1994.7	44.28	0	*	0.3
Länge der Vegetationsperiode	191	217.28	246	2.58	0.01	*	0.13
MT der Vegetationsperiode	6.55	7.72	8.93	0.11	0.02	*	0.1
Jahresniederschlag	555.7	784.49	1000.5	-1.53	0.87		0
Sommertage	13	29.33	50	3.11	0	*	0.27
Heisse Tage	0	3.38	15	0.71	0.03	*	0.09
Frosttage	77	123.11	150	-2.72	0.04	*	0.08
Eistage	5	30.5	64	-0.75	0.48		0.01
Regentage >= 1 mm	94	126.58	175	-0.56	0.68		0
Regentage >= 10 mm	11	21.17	30	-0.01	0.98		0
Kontinentalität	15.34	20.19	26.46	0.13	0.5		0.01

DBF 1060 Riedlingen – DWD-Station 2880 Riedlingen

DWD-Station 2880 Zeitraum: 2005-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	7.73	8.26	8.81	5.41	0.01	*	1
Gradtagzahl (> 5°C)	1853.6	1895.9	1975.4	25.5	0.98		0
Länge der Vegetationsperiode	234	236	240	30	0.33		0.75
MT der Vegetationsperiode	7.74	8.04	8.44	-0.88	0.84		0.06
Jahresniederschlag	707.7	717.2	731.6	-119.5	0.22		0.89
Sommertage	35	41.33	50	-20	0.83		0.07
Heisse Tage	6	8	12	0	1		0
Frosttage	108	117.33	125	-85	0.11		0.97
Eistage	18	32	43	-125	0.13		0.96
Regentage >= 1 mm	112	115	118	30	0	*	1
Regentage >= 10 mm	18	20.33	23	-15	0.59		0.36
Kontinentalität	17.41	20.6	24.35	-13.03	0.76		0.14

DBF 1071 Leutkirch – DWD-Station 2947 Wolfegg

DWD-Station 2947 Zeitraum: 1980-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	6.31	7.5	8.92	0.12	0.68	0.01
Gradtagzahl (> 5°C)	1376.6	1678.19	1913	57.23	0.34	0.07
Länge der Vegetationsperiode	196	220	249	0.51	0.93	0
MT der Vegetationsperiode	6.99	7.64	9.5	0.28	0.3	0.08
Jahresniederschlag	961.8	1246.33	1529.5	63.73	0.42	0.05
Sommertage	12	27.38	62	8.21	0.09	0.19
Heisse Tage	0	2.75	15	1.68	0.35	0.06
Frosttage	80	120.56	162	5.53	0.5	0.03
Eistage	18	32	48	-0.4	0.93	0
Regentage >= 1 mm	107	141.81	165	0.63	0.93	0
Regentage >= 10 mm	28	42.25	59	1.91	0.59	0.02
Kontinentalität	17.8	20.1	24.91	0.23	0.76	0.01

DBF 1080 Ulm – DWD-Station 2730 Ulm

DWD-Station 2730 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	6.78	8.12	9.61	0.16	0 *	0.16
Gradtagzahl (> 5°C)	1493.6	1845.11	2261	41.92	0 *	0.19
Länge der Vegetationsperiode	199	227.82	254	2.06	0.04 *	0.07
MT der Vegetationsperiode	6.73	8.1	10.52	0.11	0.03 *	0.09
Jahresniederschlag	537.7	741.79	927.3	-3.62	0.66	0
Sommertage	16	29.73	49	0.46	0.54	0.01
Heisse Tage	0	3.31	16	-0.11	0.71	0
Frosttage	67	104.82	140	-2.78	0.03 *	0.09
Eistage	6	32.87	68	-1.05	0.3	0.02
Regentage >= 1 mm	86	121.75	155	0.21	0.87	0
Regentage >= 10 mm	11	19.64	27	-0.05	0.86	0
Kontinentalität	15.12	20.76	27.4	0.04	0.84	0

DBF 1100 Stockach – DWD-Station 2785 Engen/Hegau

DWD-Station 2785 Zeitraum: 1987-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	7.56	8.72	9.96	0.36	0.3	0.12
Gradtagzahl (> 5°C)	1751.2	1959.01	2175.3	105.34	0.09	0.29
Länge der Vegetationsperiode	222	238.36	266	-0.9	0.89	0
MT der Vegetationsperiode	7.82	8.22	9.14	0.47	0.01 *	0.57
Jahresniederschlag	518.4	746.3	920.8	49.89	0.34	0.1
Sommertage	25	37.27	50	4.54	0.3	0.12
Heisse Tage	0	4	12	3.31	0.07	0.31
Frosttage	59	98.55	131	11.26	0.21	0.17
Eistage	5	25.91	38	4.72	0.38	0.09
Regentage >= 1 mm	95	118.55	142	-0.77	0.92	0
Regentage >= 10 mm	12	20.73	30	2.89	0.23	0.15
Kontinentalität	16.45	20.51	25.23	1.63	0.19	0.18

DBF 1140 Zwiefalten – DWD-Station 2753 Münsingen-Apfelstetten

DWD-Station 2753 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	5.45	6.84	8.38	0.23	0	*	0.28
Gradtagzahl (> 5°C)	1181.1	1512.57	1952.1	51.56	0	*	0.32
Länge der Vegetationsperiode	187	211.55	243	3.41	0	*	0.2
MT der Vegetationsperiode	5.79	7.15	9.34	0.13	0.01	*	0.12
Jahresniederschlag	618	937.01	1228.2	9.89	0.36		0.01
Sommertage	6	20.26	54	1.55	0.02	*	0.1
Heisse Tage	0	1.71	16	0.28	0.19		0.03
Frosttage	81	129.66	162	-6.06	0	*	0.32
Eistage	12	36.71	69	-1.47	0.15		0.04
Regentage >= 1 mm	103	138.05	183	0.76	0.57		0.01
Regentage >= 10 mm	15	27.72	44	0.42	0.4		0.01
Kontinentalität	14.47	19.6	27.45	0.04	0.83		0

DBF 1160 / 1161 Giengen a.d.B. – DWD-Station 4102 Heidenheim/Brenz
siehe DBF 2150 Dellenhülle*DBF 1180 Kirchheim u.T. – DWD-Station 2866 Notzingen*

DWD-Station 2866 Zeitraum: 2005-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	9.17	9.65	10.04	4.36	0.11		0.97
Gradtagzahl (> 5°C)	2140.7	2215.1	2323.9	200	0.87		0.04
Länge der Vegetationsperiode	249	260.33	280	140	0.39		0.67
MT der Vegetationsperiode	7.79	8.54	9.33	-3.53	0.7		0.21
Jahresniederschlag	697.2	814.1	895.9	233.5	0.86		0.05
Sommertage	52	56	60	20	0.67		0.25
Heisse Tage	7	14	20	-40	0.58		0.37
Frosttage	84	100.67	110	-130	0.29		0.81
Eistage	5	13.33	22	-85	0.02	*	1
Regentage >= 1 mm	114	125	134	-35	0.78		0.12
Regentage >= 10 mm	23	24.33	26	5	0.79		0.11
Kontinentalität	17.32	20.37	24.55	-9.66	0.83		0.07

DBF 1180 Kirchheim u.T. – DWD-Station 2863 Metzingen-Neuhausen

DWD-Station 2863 Zeitraum: 2003-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	9.41	9.92	10.32	0.71	0.65		0.08
Gradtagzahl (> 5°C)	2178.3	2305.12	2439	-95.2	0.84		0.01
Länge der Vegetationsperiode	246	258.2	282	71	0.1		0.66
MT der Vegetationsperiode	8.03	8.95	9.91	-2.74	0.32		0.32
Jahresniederschlag	640.3	825.7	949	528.8	0.17		0.51
Sommertage	50	65.6	95	-55	0.4		0.25
Heisse Tage	7	19	32	-48	0.07		0.71
Frosttage	68	94.2	105	-74	0.12		0.61
Eistage	6	11.4	18	-13	0.47		0.19
Regentage >= 1 mm	102	120.8	136	54	0.29		0.35
Regentage >= 10 mm	18	23.8	28	15	0.29		0.36
Kontinentalität	17.35	20.61	24.45	-6.53	0.58		0.11

DBF 1190 Aalen – DWD-Station 4100 Ellwangen-Rindelbach

DWD-Station 4100 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	6.28	8.07	10.02	0.3	0	*	0.38
Gradtagzahl (> 5°C)	1426	1795.73	2218.8	73.82	0	*	0.46
Länge der Vegetationsperiode	201	229	268	5.18	0	*	0.34
MT der Vegetationsperiode	6.57	7.84	9.91	0.14	0	*	0.16
Jahresniederschlag	561.6	832.64	1198.8	7.52	0.49		0.01
Sommertage	15	34.19	86	2.92	0	*	0.16
Heisse Tage	0	5.34	24	0.93	0.02	*	0.1
Frosttage	44	109.48	140	-5.33	0	*	0.2
Eistage	1	25.05	68	-1.27	0.19		0.03
Regentage >= 1 mm	94	128.88	179	0.32	0.82		0
Regentage >= 10 mm	12	23.29	39	0.14	0.77		0
Kontinentalität	14.41	20.06	27.73	0.03	0.89		0

DBF 1211 Stuttgart – DWD-Station 2746 Stuttgart-Echterdingen (Flughafen)
siehe DBF 2220 Kappelberg*DBF 1220 Welzheim – DWD-Station 2721 Murrhardt*

DWD-Station 2721 Zeitraum: 1951-2003	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	6.87	8.38	9.93	0.23	0	*	0.23
Gradtagzahl (> 5°C)	1517.1	1825.89	2318.6	56.74	0	*	0.29
Länge der Vegetationsperiode	210	236.92	276	3.34	0.01	*	0.14
MT der Vegetationsperiode	6.56	7.71	9.87	0.13	0.02	*	0.11
Jahresniederschlag	689.3	1137.76	1537.8	43.87	0.04	*	0.09
Sommertage	18	38.23	90	2.05	0.08		0.06
Heisse Tage	0	6.4	31	0.31	0.57		0.01
Frosttage	57	100.31	133	-5.62	0	*	0.23
Eistage	0	18.98	49	-0.34	0.73		0
Regentage >= 1 mm	96	140.39	184	1.61	0.39		0.02
Regentage >= 10 mm	21	37.75	55	0.88	0.3		0.02
Kontinentalität	13.99	19.25	27.4	0.06	0.8		0

DBF 1261 Horb a.N. – DWD-Station 2908 Waldachtal-Lützenhardt

DWD-Station 2908 Zeitraum: 1983-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	6.59	7.91	9.14	0.31	0.13		0.1
Gradtagzahl (> 5°C)	1388.8	1718.18	2130.3	63.2	0.12		0.1
Länge der Vegetationsperiode	203	230.2	270	6.31	0.14		0.09
MT der Vegetationsperiode	6.84	7.47	9.86	0.09	0.59		0.01
Jahresniederschlag	638.8	1069.68	1529.4	-35.74	0.55		0.02
Sommertage	16	30.48	76	2.37	0.48		0.02
Heisse Tage	0	3.92	21	0.52	0.66		0.01
Frosttage	68	107.16	137	-5.72	0.3		0.05
Eistage	1	21.88	47	-2.73	0.4		0.03
Regentage >= 1 mm	101	141.08	167	-0.06	0.99		0
Regentage >= 10 mm	19	33.28	54	-0.46	0.86		0
Kontinentalität	15.55	19.31	23.83	-0.8	0.28		0.05

DBF 1270 Wiernsheim – DWD-Station 2711 Pforzheim

DWD-Station 2711 Zeitraum: 1950-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	7.17	9.25	11.13	0.38	0 *	0.52
Gradtagzahl (> 5°C)	1625.3	2031.4	2480	98.63	0 *	0.59
Länge der Vegetationsperiode	230	254.46	304	5.77	0 *	0.32
MT der Vegetationsperiode	6.65	7.98	10	0.21	0 *	0.3
Jahresniederschlag	553.8	800.06	1129.2	-2.94	0.8	0
Sommertage	14	39	93	3.58	0 *	0.18
Heisse Tage	0	6.17	26	0.96	0.04 *	0.08
Frosttage	37	84.61	122	-7.37	0 *	0.36
Eistage	1	15.41	51	-1.76	0.03 *	0.08
Regentage >= 1 mm	90	124.33	160	0.13	0.93	0
Regentage >= 10 mm	12	22.2	38	-0.45	0.38	0.01
Kontinentalität	13.79	18.94	26.09	0.02	0.92	0

DBF 1270 Wiernsheim – DWD-Station 2857 Pforzheim-Ispringen
zu wenig Daten*DBF 1292 Eppingen – DWD-Station 2846 Eppingen-Elsenz*

DWD-Station 2846 Zeitraum: 2003-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	9.77	10.16	10.49	0.45	0.75	0.04
Gradtagzahl (> 5°C)	2201.7	2348.28	2481.8	-116	0.8	0.03
Länge der Vegetationsperiode	248	258.4	284	69	0.15	0.55
MT der Vegetationsperiode	8.1	9.12	10.01	-2.72	0.34	0.3
Jahresniederschlag	536.8	718.4	876.9	707.9	0.08	0.7
Sommertage	42	57.6	90	-73	0.27	0.37
Heisse Tage	5	13.8	24	-28	0.31	0.33
Frosttage	52	79	89	-66	0.21	0.46
Eistage	9	14.8	24	1	0.97	0
Regentage >= 1 mm	93	113.8	124	69	0.05 *	0.78
Regentage >= 10 mm	14	19.2	24	22	0.08	0.7
Kontinentalität	16.78	20.51	24.81	-6.02	0.64	0.08

DBF 1292 Eppingen – DWD-Station 2691 Eppingen

DWD-Station 2691 Zeitraum: 1950-2001	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	7.8	9.57	11.44	0.29	0 *	0.32
Gradtagzahl (> 5°C)	1790.6	2138.34	2559.7	75.73	0 *	0.38
Länge der Vegetationsperiode	222	256.73	298	4.4	0 *	0.19
MT der Vegetationsperiode	6.94	8.33	9.27	0.15	0 *	0.16
Jahresniederschlag	473.9	774.29	1069.4	28.02	0.02 *	0.1
Sommertage	16	38.65	60	2.56	0.02 *	0.11
Heisse Tage	0	6.54	19	0.51	0.28	0.02
Frosttage	29	74.87	119	-6.05	0 *	0.24
Eistage	0	17.85	60	-1.1	0.28	0.02
Regentage >= 1 mm	87	124.27	156	3.17	0.05 *	0.07
Regentage >= 10 mm	10	21.25	37	0.56	0.26	0.02
Kontinentalität	14.02	19.68	27.39	-0.03	0.9	0

DBF 1300 Künzelsau – DWD-Station 2844 Ingelfingen-Stachenhausen

DWD-Station 2844 Zeitraum: 2003-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²	
JMT	8.88	9.36	9.77	0.56	0.74	0.04	
Gradtagzahl (> 5°C)	1989.6	2158.14	2342.3	-241.8	0.66	0.07	
Länge der Vegetationsperiode	236	248.6	268	65	0.06	0.74	
MT der Vegetationsperiode	7.79	8.71	9.92	-3.21	0.29	0.35	
Jahresniederschlag	530.3	736.5	872.1	788.9	0.02	*	0.87
Sommertage	37	50.4	83	-80	0.22		0.44
Heisse Tage	3	12.4	26	-42	0.12		0.6
Frosttage	56	87.8	100	-94	0.09		0.68
Eistage	9	19.4	31	-18	0.55		0.13
Regentage >= 1 mm	96	118.8	135	76	0.07		0.72
Regentage >= 10 mm	15	21	27	30	0.01	*	0.94
Kontinentalität	16.78	20.76	24.52	-8.54	0.52		0.15

DBF 1330 Tauberbischofsheim – DWD-Station 2832 Tauberbischofsheim-Dittingen

siehe DBF 2330 Apfelberg

DBF 1341 Eberbach – DWD-Station 2680 Eberbach/Neckar

siehe DBF 2530 Sulzbach

DBF 1350 Weinheim (Schriesheim) – DWD-Station 2693 Heidelberg

DWD-Station 2693 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²	
JMT	9.31	11.06	12.39	0.22	0	*	0.29
Gradtagzahl (> 5°C)	2181.5	2543.81	2962	62.86	0	*	0.33
Länge der Vegetationsperiode	249	278.51	316	3.35	0.01	*	0.12
MT der Vegetationsperiode	7.74	9.14	10.62	0.12	0.01	*	0.11
Jahresniederschlag	456.6	759.82	1106.1	-16.19	0.11		0.05
Sommertage	24	49.56	100	2.69	0.02	*	0.1
Heisse Tage	2	11.26	37	1.34	0.01	*	0.1
Frosttage	5	49.46	88	-1.65	0.21		0.03
Eistage	0	11.05	46	-0.81	0.23		0.03
Regentage >= 1 mm	87	121.51	171	-0.49	0.72		0
Regentage >= 10 mm	10	20.79	36	-0.91	0.04	*	0.07
Kontinentalität	14.19	19.75	26.53	-0.04	0.85		0

DBF 1370 Murgschifferschaft – DWD-Station 2705 Hornisgrinde

DWD-Station 2705 Zeitraum: 1953-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	3.3	5.05	6.66	0.26	0	*	0.25
Gradtagzahl (> 5°C)	820.6	1085	1610.2	46.88	0	*	0.22
Länge der Vegetationsperiode	158	184.04	220	1.96	0.09		0.06
MT der Vegetationsperiode	4.88	5.89	7.97	0.19	0	*	0.2
Jahresniederschlag	1304.6	2019.23	2766.1	8.17	0.81		0
Sommertage	0	3.77	24	1.28	0	*	0.2
Heisse Tage	0	0.15	5	0.13	0.05	*	0.08
Frosttage	92	132.52	163	-4.85	0	*	0.22
Eistage	18	61	93	-4.56	0	*	0.16
Regentage >= 1 mm	127	166.1	222	1.05	0.61		0.01
Regentage >= 10 mm	41	71.25	102	0.32	0.8		0
Kontinentalität	12.72	17.82	24.65	-0.05	0.82		0

DBF 1390 Hausach – DWD-Station 2736 Wolfach

DWD-Station 2736 Zeitraum: 1958-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.47	9.67	11.32	0.19	0	*	0.19
Gradtagzahl (> 5°C)	1785.8	2131.94	2492	49.66	0	*	0.22
Länge der Vegetationsperiode	228	259.38	300	3.03	0.05	*	0.08
MT der Vegetationsperiode	7.11	8.23	9.48	0.1	0.05	*	0.08
Jahresniederschlag	839.8	1295.33	1706.3	19.19	0.37		0.02
Sommertage	29	53.26	96	2.31	0.06		0.07
Heisse Tage	3	12.64	33	1.27	0.05	*	0.08
Frosttage	31	71.2	97	-2.56	0.11		0.05
Eistage	0	11.16	42	-0.69	0.38		0.02
Regentage >= 1 mm	108	146.2	189	1.43	0.44		0.01
Regentage >= 10 mm	30	44.84	64	1.29	0.15		0.04
Kontinentalität	14.03	18.69	24.01	0.06	0.79		0

DBF 1400 Donaueschingen – DWD-Station 2772 Titisee-Neustadt-Langenordnach

DWD-Station 2772 Zeitraum: 1950-1995	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	4.72	5.96	7.5	0.06	0.39		0.02
Gradtagzahl (> 5°C)	991.1	1283.86	1509	1.94	0.88		0
Länge der Vegetationsperiode	177	196.98	223	2.32	0.07		0.08
MT der Vegetationsperiode	5.22	6.52	7.72	-0.07	0.23		0.03
Jahresniederschlag	821.8	1257.14	1736.2	9.69	0.69		0
Sommertage	3	15.69	33	-0.79	0.34		0.02
Heisse Tage	0	0.84	10	-0.35	0.09		0.07
Frosttage	109	149.53	183	-5.07	0	*	0.21
Eistage	4	30.31	52	-0.89	0.5		0.01
Regentage >= 1 mm	106	148.16	187	1.96	0.34		0.02
Regentage >= 10 mm	28	42.96	64	0.69	0.52		0.01
Kontinentalität	14.58	19.17	26.16	-0.13	0.67		0

DBF 1400 Donaueschingen – DWD-Station 2767 Titisee-Neustadt-Titisee

DWD-Station 2767 Zeitraum: 1957-2004	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	4.98	6.02	7.85	0.21	0 *	0.18
Gradtagzahl (> 5°C)	947.3	1279.12	1598.1	51.41	0 *	0.25
Länge der Vegetationsperiode	162	198.13	232	2.91	0.07	0.08
MT der Vegetationsperiode	5.13	6.46	7.62	0.16	0.01 *	0.17
Jahresniederschlag	912.4	1353.45	1890.1	89.74	0 *	0.25
Sommertage	3	15.02	46	3.13	0 *	0.25
Heisse Tage	0	1.04	13	0.58	0.02 *	0.12
Frosttage	98	144.6	179	-3.24	0.06	0.08
Eistage	3	28.42	49	-1.03	0.38	0.02
Regentage >= 1 mm	109	149.96	196	1.82	0.37	0.02
Regentage >= 10 mm	31	46.02	63	3	0 *	0.19
Kontinentalität	14.38	18.69	24.43	0.38	0.13	0.05

DBF 1410 Schönau – DWD-Station 2320 Feldberg/Schwarzwald

siehe DBF 2550 Feldberg

DBF 1410 Schönau – DWD-Station 2939 Feldberg-Altglashütte

DWD-Station 2939 Zeitraum: 1981-1986	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p	R ²
JMT	4.49	5.11	5.81	-1.15	0.44	0.16
Gradtagzahl (> 5°C)	942.7	1177.3	1308.3	-171.49	0.63	0.06
Länge der Vegetationsperiode	169	187	203	-25.14	0.42	0.17
MT der Vegetationsperiode	5.58	6.29	6.97	-0.16	0.92	0
Jahresniederschlag	1292.6	1752.48	2146.2	-704.6	0.42	0.17
Sommertage	5	9.17	17	6.57	0.58	0.08
Heisse Tage	0	1.33	5	-0.57	0.93	0
Frosttage	156	169	183	-2.86	0.92	0
Eistage	23	41.17	54	30.57	0.28	0.28
Regentage >= 1 mm	129	153	175	-44	0.25	0.31
Regentage >= 10 mm	41	54.5	72	-20.86	0.5	0.12
Kontinentalität	18.2	21.04	23.8	8.5	0.19	0.39

DBF 1420 Bad Säckingen – DWD-Station 2329 Schopfheim-Eichen
DBF 1421 Lörrach – DWD-Station 2329 Schopfheim-Eichen
DBF 1430 Kandern– DWD-Station 2329 Schopfheim-Eichen

DWD-Station 2329 Zeitraum: 1953-2001	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	7.52	8.94	10.45	0.13	0.04	*	0.09
Gradtagzahl (> 5°C)	1544.3	1981.3	2267.5	30.17	0.04	*	0.09
Länge der Vegetationsperiode	213	243.27	273	1.26	0.36		0.02
MT der Vegetationsperiode	6.6	8.15	9.01	0.08	0.11		0.05
Jahresniederschlag	789.8	1253.02	1779.4	11.7	0.62		0.01
Sommertage	22	43.14	62	2.87	0.01	*	0.14
Heisse Tage	1	7.51	21	1	0.05	*	0.08
Frosttage	52	89.16	127	-3.17	0.05	*	0.08
Eistage	0	15.33	40	-0.43	0.62		0.01
Regentage >= 1 mm	105	143.9	177	1.59	0.36		0.02
Regentage >= 10 mm	23	43.84	65	0.01	0.99		0
Kontinentalität	14.97	19.89	26.39	-0.07	0.78		0

DBF 1440 Freiburg – DWD-Station 2311 Freiburg

DWD-Station 2311 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.95	10.97	12.88	0.32	0	*	0.43
Gradtagzahl (> 5°C)	2120.1	2551.26	3002	88.4	0	*	0.46
Länge der Vegetationsperiode	244	277.02	320	4.59	0	*	0.21
MT der Vegetationsperiode	7.86	9.21	10.98	0.17	0	*	0.2
Jahresniederschlag	641	940.17	1224.8	1.94	0.86		0
Sommertage	26	50.64	74	4.21	0	*	0.26
Heisse Tage	1	11.35	30	1.74	0	*	0.16
Frosttage	15	60.16	100	-4.79	0	*	0.2
Eistage	0	13.93	52	-1.85	0.01	*	0.11
Regentage >= 1 mm	93	131.31	181	0.11	0.94		0
Regentage >= 10 mm	16	29.16	41	-0.03	0.96		0
Kontinentalität	14.6	20.03	26.86	-0.04	0.84		0

DBF 1440 Freiburg – DWD-Station 2310 Freiburg im Breisgau-Herdern

DWD-Station 2310 Zeitraum: 1950-1984	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.9	10.35	11.34	0.01	0.96		0
Gradtagzahl (> 5°C)	2002.3	2360.32	2640.5	-23.03	0.39		0.02
Länge der Vegetationsperiode	236	269.31	299	0.53	0.82		0
MT der Vegetationsperiode	7.39	8.78	9.8	-0.1	0.33		0.03
Jahresniederschlag	713.8	996.54	1344	0.85	0.97		0
Sommertage	25	45.94	71	-1.83	0.43		0.02
Heisse Tage	1	9.2	22	-1.02	0.34		0.03
Frosttage	27	71.23	107	-4.98	0.07		0.09
Eistage	1	15.46	46	-2.31	0.13		0.07
Regentage >= 1 mm	94	132.74	180	0.41	0.89		0
Regentage >= 10 mm	19	31.89	46	-0.79	0.5		0.01
Kontinentalität	14.35	19.63	27.15	-0.53	0.26		0.04

DBF 1490 Karlsruhe – DWD-Station 2698 Karlsruhe

DWD-Station 2698 Zeitraum: 1950-2007	Minimum	Mittelwert	Maximum	Trend 10 Jahre	p		R ²
JMT	8.8	10.59	12.22	0.31	0	*	0.43
Gradtagzahl (> 5°C)	2049.3	2427.9	2883.3	86.18	0	*	0.48
Länge der Vegetationsperiode	237	270.19	315	4.7	0	*	0.22
MT der Vegetationsperiode	7.62	8.99	10.45	0.16	0	*	0.19
Jahresniederschlag	456.1	764.19	1022.6	5.54	0.61		0
Sommertage	26	56.72	107	5.42	0	*	0.31
Heisse Tage	1	15.33	53	3.11	0	*	0.3
Frosttage	32	67.81	111	-5.07	0	*	0.24
Eistage	0	12.95	49	-1.26	0.06		0.06
Regentage >= 1 mm	80	121.02	166	0.39	0.77		0
Regentage >= 10 mm	10	21.14	35	-0.05	0.91		0
Kontinentalität	14.72	20.21	27.26	0.04	0.84		0

DBF 1510 Schwetzingen – DWD-Station 2693 Heidelberg

siehe DBF 1350 Weinheim (Schriesheim)

3.2.4 Übersicht über die signifikanten Trends und ihre Relation zur Schwankungsbreite der Klimaparameter

Die Abbildungen 3.19 bis 3.21 geben einen graphischen Überblick über die signifikanten Trends ($p \leq 0.1$) in Relation zur Schwankungsbreite der Klimaparameter.

In den Abbildungen wurden das Minimum, der Mittelwert und das Maximum des jeweiligen Klimaparameters dargestellt. Ebenfalls wurde der auf 10 Jahre bezogene lineare Trend (für den Beobachtungszeitraum) zum Mittelwert addiert bzw. von diesem abgezogen. Dieser Trend (roter Punkt bis blauer Punkt = 20 Jahre) kann so in Beziehung zur Schwankungsbreite des Klimaparameters beurteilt werden.

Abb. 3.19 und Abb. 3.20 stellen auf Temperatur bezogene Klimaparameter dar. Abb. 3.21 bezieht sich auf die Niederschlagsparameter. Es wird deutlich, daß sich bei den Niederschlagsparametern kaum signifikante Trends beobachten lassen.

In Abb. 3.19 wird deutlich, daß die Jahresmitteltemperatur an den einzelnen DWD-Stationen starken Schwankungen unterworfen ist. Diese Schwankungen können an einzelnen Stationen einen maximalen Unterschied von bis zu 4 °C ausmachen. Die linearen Trends für den Beobachtungszeitraum sind dagegen vergleichsweise gering. Für die DWD-Stationen mit den extremsten Trends (2880, 2703) liegen meist nur wenige Beobachtungsjahre vor.

Betrachtet man die Mitteltemperatur der Vegetationsperiode, ist die Stärke des Trends bezogen auf die Schwankungen noch geringer. Der Trend zur höheren Temperaturen betrifft im Wesentlichen die kalte Jahreszeit.

Auch für die in Abb. 3.20 dargestellten klimatischen Extremtage (Eistage, Frosttage, Sommertage, Heisse Tage) gilt, daß hier von Jahr zu Jahr erhebliche Unterschiede vorhanden sind. An der Station 2320 Feldberg kann die Anzahl der Eistage zwischen 39 und 109 Schwanken. Verglichen mit den Schwankungen sind die Trends ziemlich gering.

An vielen DWD-Stationen ist eine signifikante Abnahme der Anzahl der Frosttage und eine signifikante Zunahme der Anzahl der Sommertage zu beobachten. Für Eistage und Heisse Tage gilt der gleiche Trend, jedoch ist dieser nur an einem kleineren Teil der Stationen signifikant.

Bei der Betrachtung der jährlichen Niederschlagssummen (Abb. 3.21) wird deutlich, daß die Maxima das Doppelte (bis zum Dreifachen) der Minima betragen können. An wenigen DWD-Stationen gibt es signifikante Trends, die in ihrer Richtung (Abnahme bzw. Zunahme) für die einzelnen Stationen jedoch oft gegenläufig sind. Dies gilt auch für die Anzahl der Regentage mit mehr als 1 mm Niederschlag bzw. mehr als 10 mm Niederschlag.

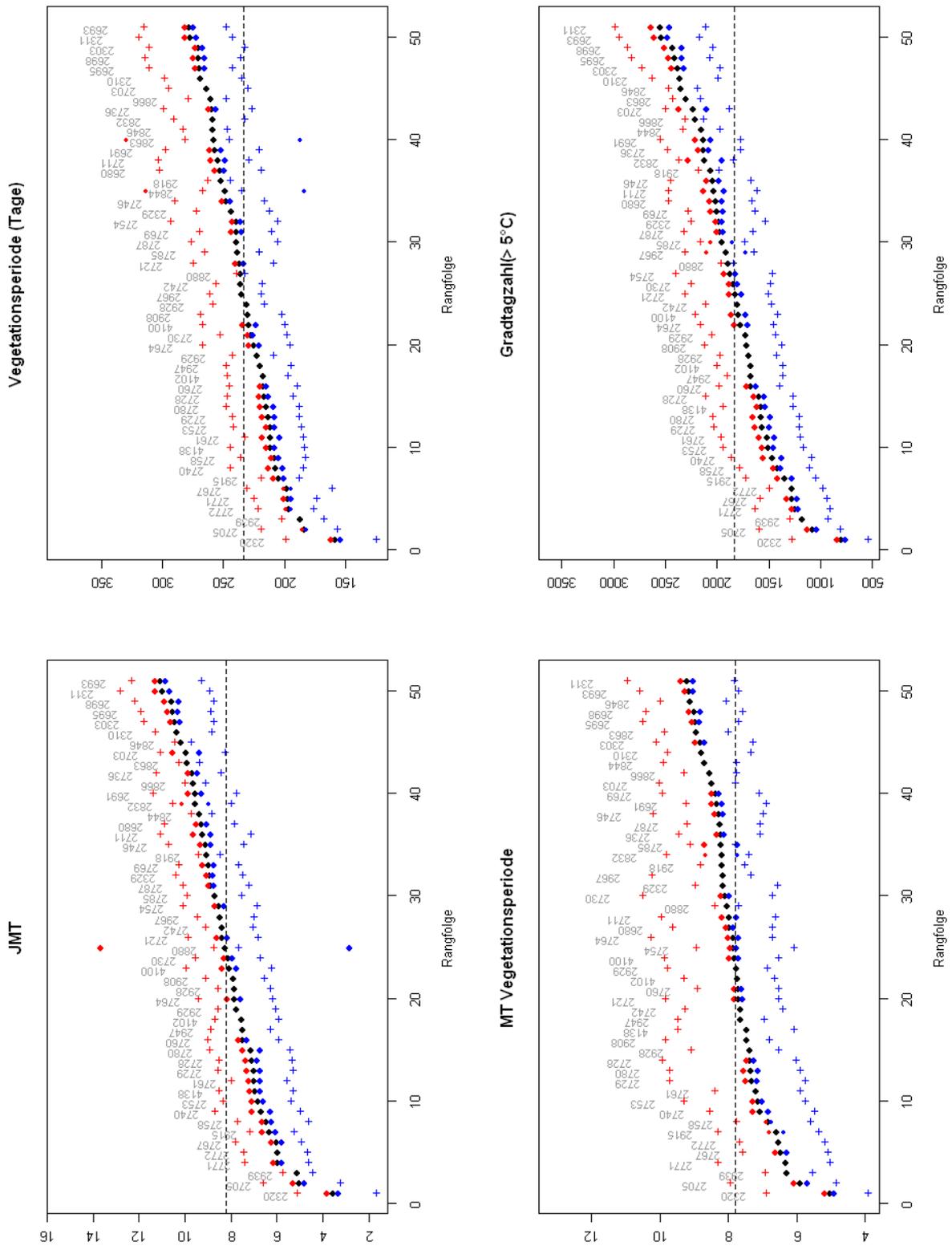


Abb. 3.19. Minimum (blaues Kreuz), Mittelwert (schwarzer Punkt) und Maximum (rotes Kreuz) verschiedener Klimaparameter (Jahresmitteltemperatur, Länge der Vegetationsperiode, Mitteltemperatur der Vegetationsperiode, Gradtagzahl (> 5°C)), sowie Mittelwert + linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (roter Punkt) und Mittelwert - linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (blauer Punkte). Große rote bzw. blaue Punkte sind signifikant ($p \leq 0.05$), kleine rote bzw. blaue Punkte sind schwach signifikant ($p \leq 0.1$). Nicht signifikante Trends ($p > 0.1$) wurden nicht eingetragen.

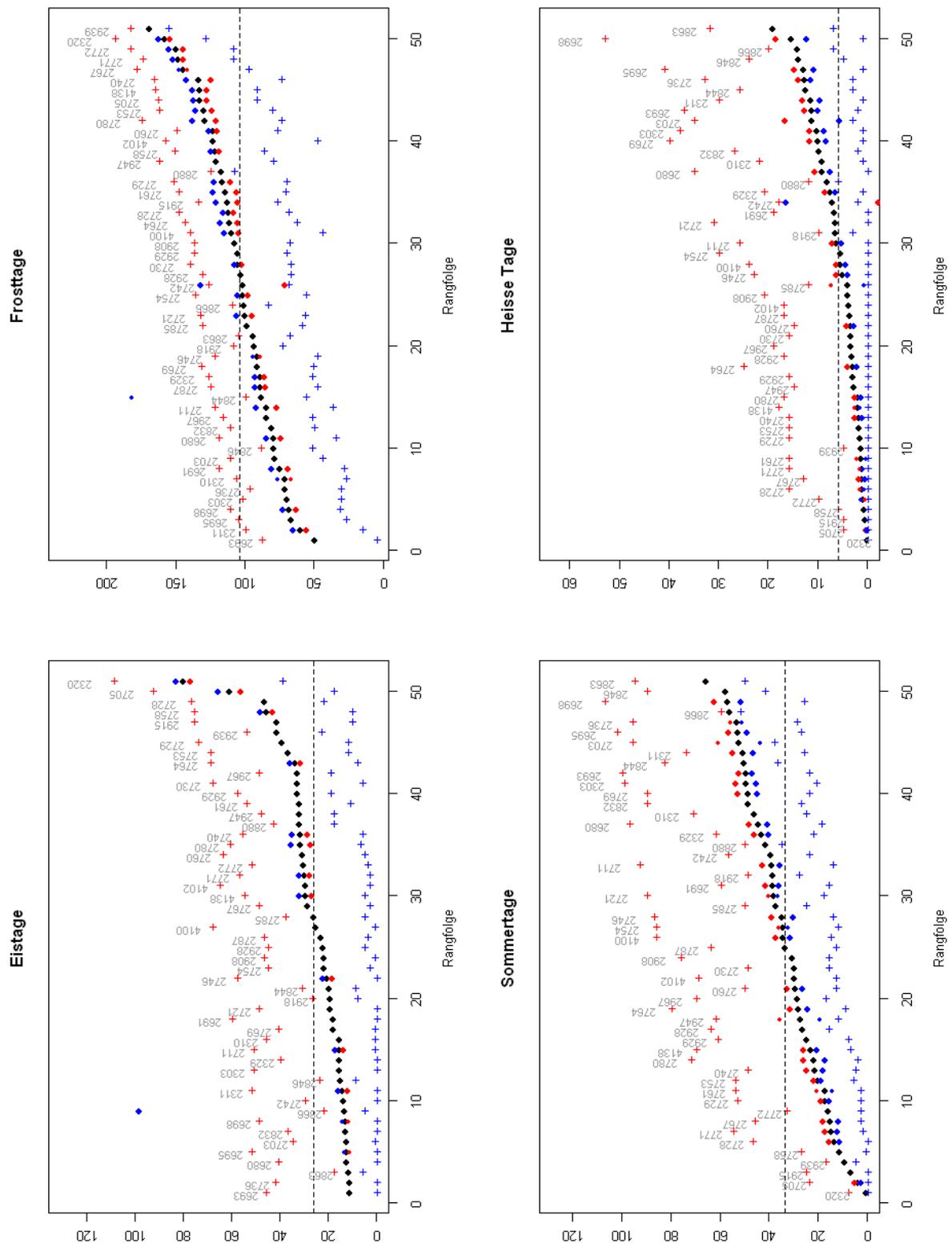


Abb. 3.20. Minimum (blaues Kreuz), Mittelwert (schwarzer Punkt) und Maximum (rotes Kreuz) verschiedener Klimaparameter (Eistage, Frosttage, Sommertage, Heisse Tage), sowie Mittelwert + linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (roter Punkt) und Mittelwert - linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (blauer Punkte). Große rote bzw. blaue Punkte sind signifikant ($p \leq 0.05$), kleine rote bzw. blaue Punkte sind schwach signifikant ($p \leq 0.1$). Nicht signifikante Trends ($p > 0.1$) wurden nicht eingetragen.

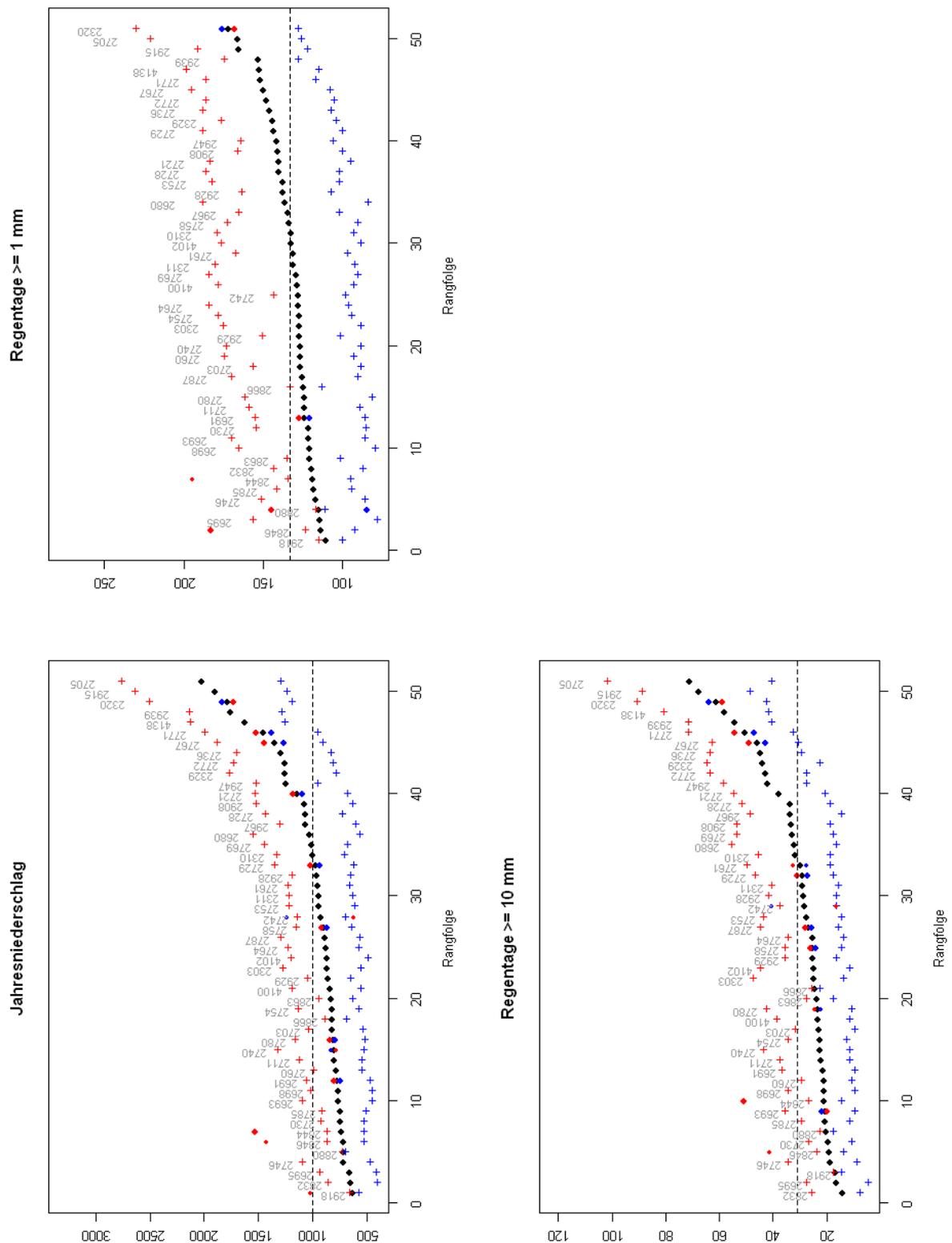


Abb. 3.21. Minimum (blaues Kreuz), Mittelwert (schwarzer Punkt) und Maximum (rotes Kreuz) verschiedener Klimaparameter (Jahresniederschlag, Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag, Tage mit mehr als 10 mm Niederschlag), sowie Mittelwert + linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (roter Punkt) und Mittelwert - linearer Trend bezogen auf 10 Jahre (blauer Punkte). Große rote bzw. blaue Punkte sind signifikant ($p \leq 0.05$), kleine rote bzw. blaue Punkte sind schwach signifikant ($p \leq 0.1$). Nicht signifikante Trends ($p > 0.1$) wurden nicht eingetragen.

3.3 Mittelwerte und Trends verschiedener Klimaparameter an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Die in Kapitel 3.2 dargestellten Klimastationen liegen in der Regel nicht unmittelbar am Standort der DBF. Durch ihre unterschiedliche Entfernung zu den DBF, ihre unterschiedliche Höhe ü.NN sowie ihre unterschiedliche Lage im Gelände (Exposition, Hangneigung) ist mit Abweichungen zwischen dem Klima an den DWD-Stationen und den zugeordneten DBF zu rechnen, auch wenn durch die Auswahl der Stationen versucht wurde, diese Unterschiede zu minimieren.

Um einen Eindruck vom Klima an den DBF zu erhalten, wurde versucht mittlere Klimaparameter sowie ihre linearen Trends an den Standorten der DBF zu modellieren (bzw. zu interpolieren).

3.3.1 Die Modellierung

Die Modellierung erfolgte in mehreren Schritten und mit unterschiedlichen Modellen, die an dieser Stelle kurz dargestellt werden sollen.

Ausgangsdaten der Modellierung sind die Tageswerte (Temperaturminimum, Mitteltemperatur, Niederschlag, etc.) der 194 in Kapitel 2.2 dargestellten Klimastationen des KL-Messnetzes des DWD in Baden-Württemberg.

Die Darstellung erfolgt hier **am Beispiel** der Jahresmitteltemperaturen.

Die Modellierung erfolgte jeweils für 30 Jahres-Intervalle (z.B. 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000, 1978-2007).

Ausgehend von den Gesamtdaten (1951-2007) wurden die Klimadaten für den jeweiligen 30 Jahres-Intervall ausgewählt. Anschließend wurden für jede DWD-Station die Mittelwerte des jeweiligen Klimaparameters für die einzelnen Jahre berechnet. Tabelle 3.2 gibt einen Überblick über die berechneten Klimaparameter.

Abb. 3.22 stellt die Mittelwerte der Jahresmitteltemperaturen der Stationen, die im Zeitraum 1978 bis 2007 betrieben wurden ($n = 169$) dar. Bei der Berechnung wurden nur Jahre ohne einen erheblichen Anteil fehlender Daten berücksichtigt. Allerdings wurden die Mittelwerte auch berechnet, wenn Jahresmittelwerte nur aus wenigen Jahren vorlagen. Für alle 169 Stationen in Baden-Württemberg über den gesamten Zeitraum ergibt sich eine mittlere Jahresmitteltemperatur von $+8.7\text{ °C}$.

Ebenso wie die Mittelwerte der Jahresmitteltemperaturen wurden für jede Station die linearen Trends der Jahresmitteltemperaturen berechnet und auf den 30 Jahreszeitraum bezogen ($\beta_1 \cdot 30$). Um möglichst solide Trends zu erhalten, wurden Stationen, die in den 30 Jahreszeiträumen weniger als 25 Jahre betrieben wurden, nicht berücksichtigt (siehe Abb. 3.23). Dies schränkt die Anzahl der Stationen erheblich ein ($n = 66$). Für alle 66 Stationen in Baden-Württemberg über den gesamten Zeitraum von 1978 bis 2007 ergibt sich ein mittlerer Trend der Jahresmitteltemperatur von $+1.7\text{ °C}$ (bezogen auf 30 Jahre).

Tab. 3.2 gibt eine Übersicht über die modellierten Klimaparameter und die verwendeten Abkürzungen.

Tabelle 3.2. Übersicht über die modellierten Klimaparameter und die verwendeten Abkürzungen

	Mitteltemperaturen		Niederschlagssummen
MTJan ... MTDez	der Monate	NiedJan ... NiedDez	der Monate
MTWinter	Dez-Feb	NiedWinter	dito
MTFruehling	Mae-Mai	NiedFruehling	dito
MTSommer	Jun-Aug	NiedSommer	dito
MTHerbst	Sep-Nov	NiedHerbst	dito
MTWinterHJ	Apr-Sep	NiedWinterHJ	dito
MTSommerHJ	Okt-Mae	NiedSommerHJ	dito
MTJahr	Jan-Dez	NiedJahr	dito
minMTMonat	Mitteltemperatur des kältesten Monats	RegenT0	Tage ohne Niederschlag ($<0.1\text{mm}$)
maxMTMonat	des wärmsten Monats	RegenT1	mit $\geq 1\text{mm}$ Nieders.
Konti	Kontinentalität	RegenT10	mit $\geq 10\text{mm}$ Nieders.
CumTemp5	Temperatursummen $>5^{\circ}\text{C}$		
VegT	Länge der Vegetationsperiode Tage mit T.mitt $>5^{\circ}\text{C}$		
SommerT	Tage mit T.max $>25^{\circ}\text{C}$		
HeisseT	Tage mit T.max $>30^{\circ}\text{C}$		
FrostT	Tage mit T.min $<0^{\circ}\text{C}$		
EisT	Tage mit T.max $<0^{\circ}\text{C}$		
KaelteSum	Temperatursummen $<0^{\circ}\text{C}$		

Modell 1: Im einfachsten Modell können die so berechneten Mittelwerte und Trends mit Hilfe einer abstandsgewichteten Interpolation (IDW – Inverse Distance Weighted Interpolation) auf die Fläche von Baden-Württemberg übertragen werden. Die Übertragung auf die Fläche erfolgt bezogen auf ein Raster mit der Kantenlänge 1 km x 1 km. Die Ergebnisse dieser Übertragung sind in Abb. 3.24 für die Mittelwerte und in Abb. 3.25 für die Trends dargestellt.

Im Zeitraum 1978-2007 beträgt die mittlere Jahresmitteltemperatur für ganz Baden-Württemberg (als Mittel aller Rasterfelder) $+8.7^{\circ}\text{C}$, der mittlere Trend der Jahresmitteltemperaturen für ganz Baden-Württemberg beträgt $+1.7^{\circ}\text{C}$.

Anm.: Modell 1 entspricht in etwa der Vorgehensweise zur Beurteilung des Klimas im Projekt KLARA (Stock 2005, siehe Kapitel 2.5, z.B. Abb. 2.2).

Modell 2: Die Jahresmitteltemperatur einer Station zeigt im Allgemeinen einen starken linearen Zusammenhang mit der Höhe der Station über Normalnull (Abb. 3.26).

Diesen Zusammenhang kann man nutzen um die Mittelwerte (bzw. Trends) einer Station so zu transformieren, daß sie einer Lage der Station auf Meereshöhe entspricht.

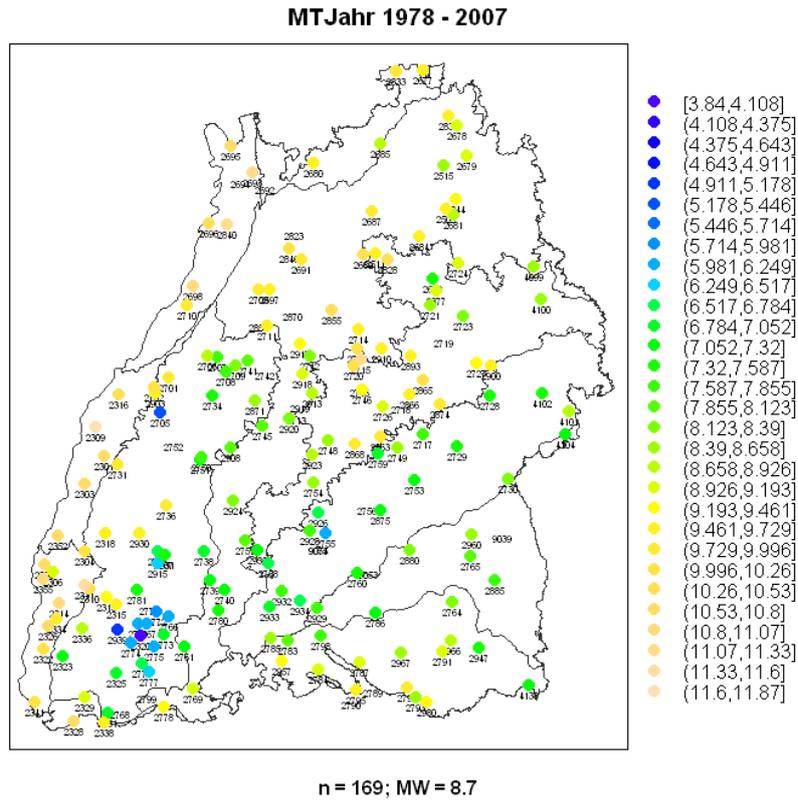


Abb. 3.22. Mittlere Jahresmitteltemperatur der 169 im Zeitraum 1978-2007 betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg.

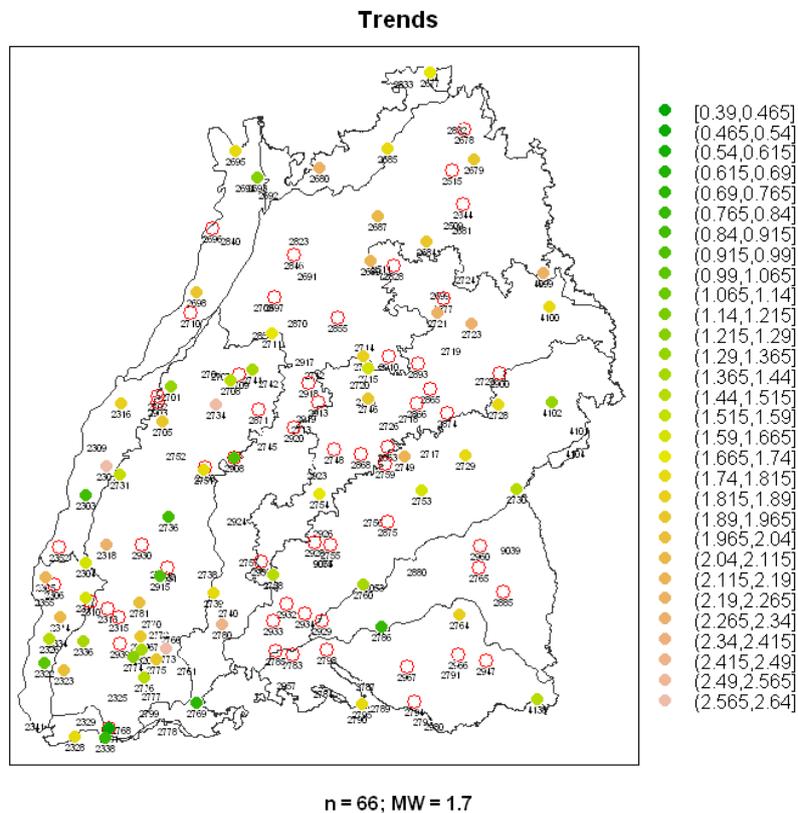


Abb. 3.23. Lineare Trends der Jahresmitteltemperatur der 66 im Zeitraum 1978-2007 über mindestens 25 Jahre betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg mit signifikanten Temperaturtrends. Rote Kreise: Stationen, mit einem nicht signifikanten Trend ($p > 0.1$). Die Signifikanz wird auch für Stationen, die weniger als 25 Jahre betrieben wurden, dargestellt (rote Kreise, innen weiß).

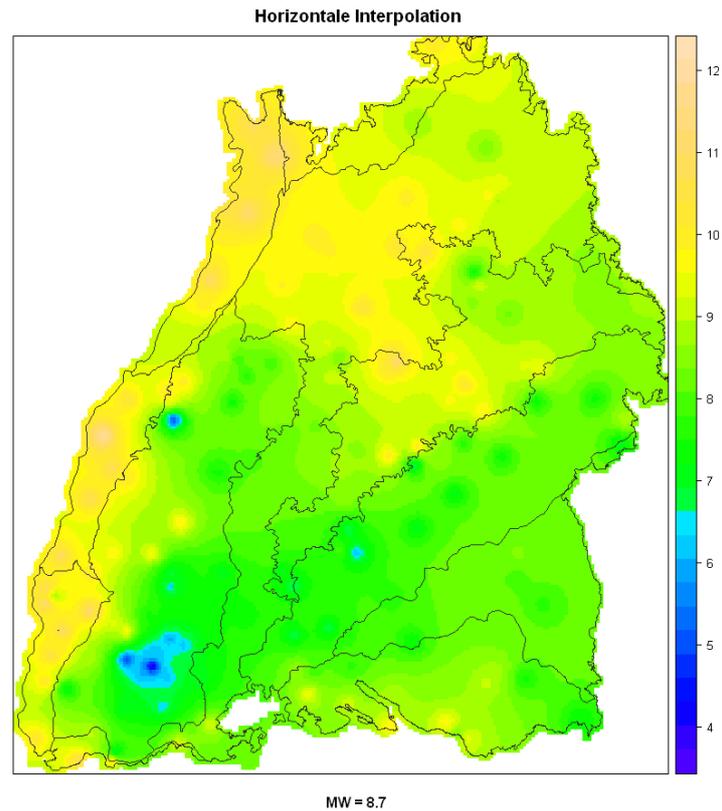


Abb. 3.24 Abstandsgewichtete Interpolation (IDW) der Mittleren Jahresmitteltemperatur der 169 im Zeitraum 1978-2007 betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg (Abb. 3.22) bezogen auf ein Raster der Kantenlänge 1 km x 1 km.

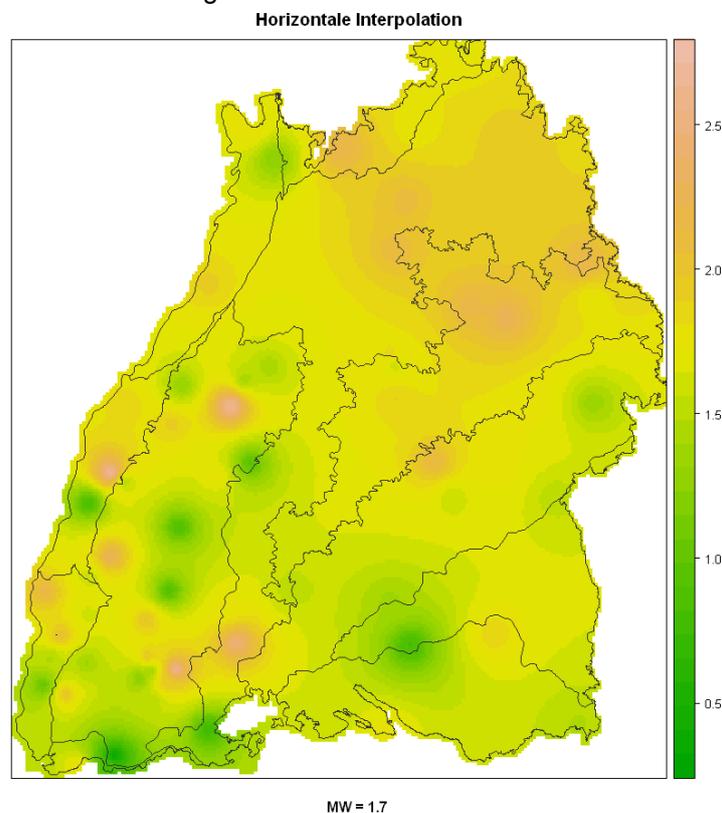


Abb. 3.25. Abstandsgewichtete Interpolation (IDW) der Trends der Jahresmitteltemperaturen der 66 im Zeitraum 1978-2007 über mindestens 25 Jahre betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg (Abb. 3.22) bezogen auf ein Raster der Kantenlänge 1 km x 1 km.

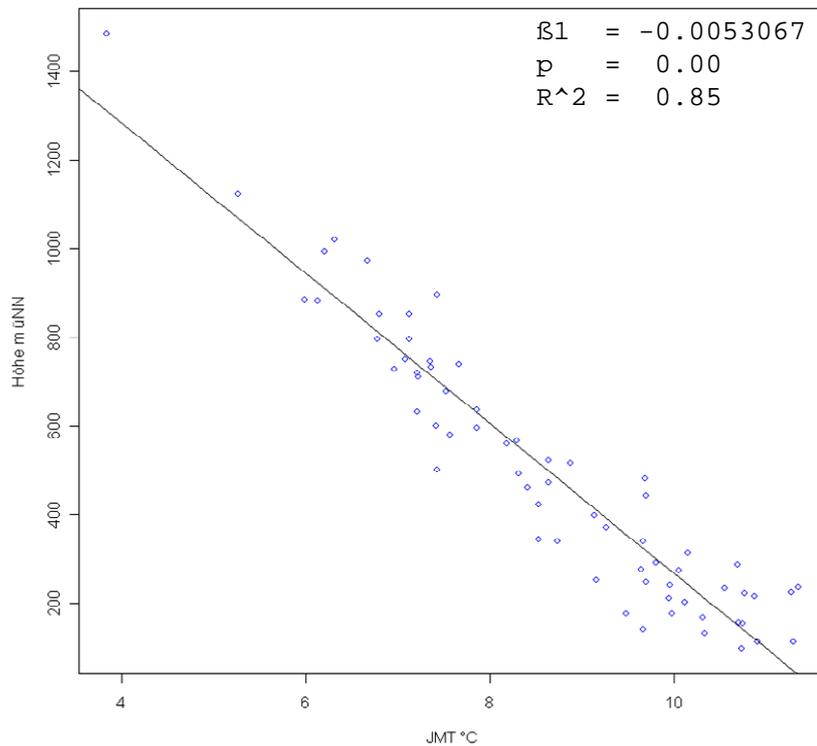


Abb. 3.26. Lineare Abnahme der Temperatur mit der Höhe (m ü.NN). Die Jahresmitteltemperatur nimmt in Baden-Württemberg im Durchschnitt um 0.53 °C je 100 Höhenmeter ab. Der Zusammenhang ist hochsignifikant und hat eine hohe Bestimmtheit.

Die Station 2320 Feldberg hat z.B. eine Jahresmitteltemperatur von etwa 3.6 °C und liegt auf 1486 m ü.NN. Um sie auf Meereshöhe zu transformieren, multipliziert man 0.53 mit 14.86 und addiert diesen Wert zur Jahresmitteltemperatur ($3.6 + 0.53 * 14.86 = 11.48$).

Diese Transformation wird für jede Station durchgeführt. Danach werden die resultierenden Stationswerte mit Hilfe einer abstandsgewichteten Interpolation auf die Fläche von Baden-Württemberg übertragen.

Bei einer absoluten Beziehung ($R^2 = 1$) zwischen der Meereshöhe und der Jahresmitteltemperatur einer Station sollten alle Stationen nach der Transformation auf Meereshöhe die gleiche Jahresmitteltemperatur haben. Die Abweichungen von dieser theoretischen, für alle Stationen gleichen Jahresmitteltemperatur auf Meereshöhe werden als **Anomalien** bezeichnet. Sie geben an, ob eine Station wärmer oder kälter ist als von ihrer Meereshöhe her zu erwarten wäre. Die Anomalien können auch als die Residuen der Regression aufgefasst werden.

Die Anomalien für unser Beispiel werden in Abb. 3.27 (Mittelwerte) und 3.28 (Trends) dargestellt.

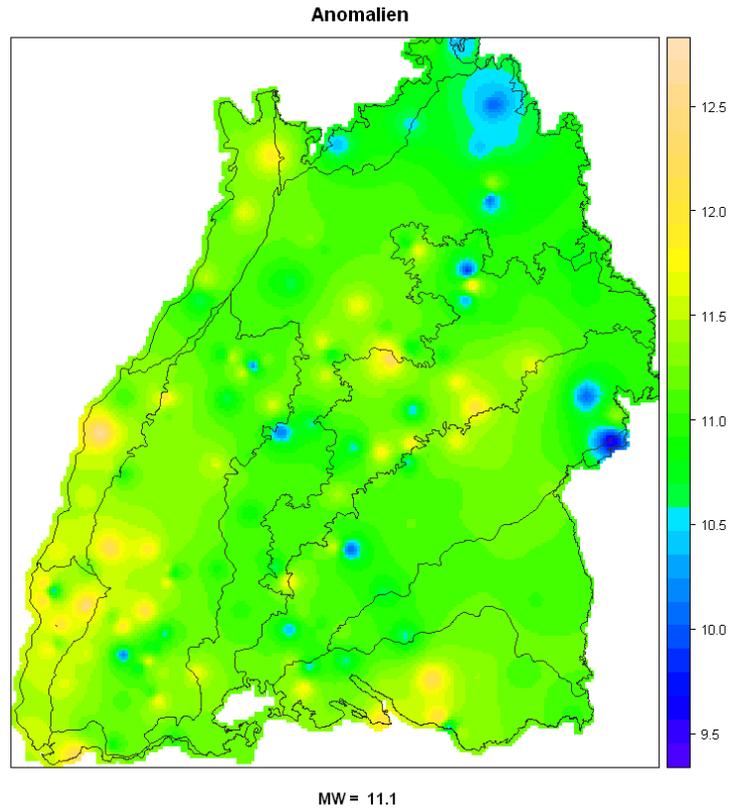


Abb. 3.27. Abstandsgewichtete Interpolation (IDW) der Anomalien der Mittleren Jahresmitteltemperatur der 169 im Zeitraum 1978-2007 betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg (Abb. 4.1.) bezogen auf ein Raster der Kantenlänge 1 km x 1 km. Erläuterungen siehe im Text.

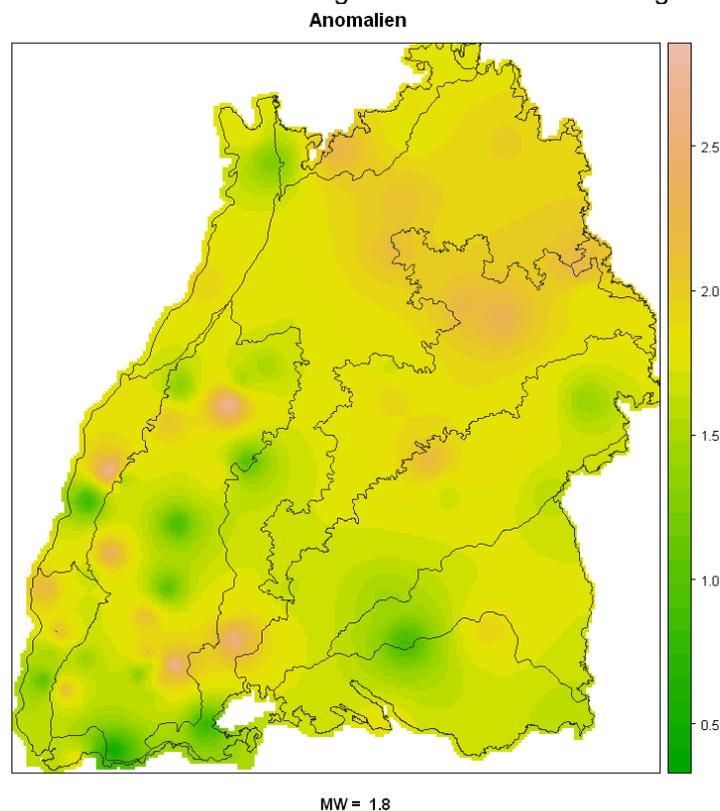


Abb. 3.28. Abstandsgewichtete Interpolation (IDW) der Anomalien der Trends der Jahresmitteltemperaturen der 66 im Zeitraum 1978-2007 über mindestens 25 Jahre betriebenen Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg (Abb. 4.2.) bezogen auf ein Raster der Kantenlänge 1 km x 1 km. Erläuterungen siehe im Text.

Zwischen Abb. 3.25 und Abb. 3.28 gibt es offensichtlich wenig Unterschiede. Dies zeigt, daß es keinen (linearen) Zusammenhang zwischen den Trends der Stationen und ihrer Lage über Normalnull gibt ($\beta_1 = 0$, $p = 0.53$, $R^2 = 0.01$, siehe auch Abb. 3.30).

Die auf die Fläche übertragenen Anomalien der Stationen (Abb. 3.27 und 3.28) können nun wieder mit Hilfe der Regressionsbeziehung (Abb. 3.26) zwischen Jahresmitteltemperatur und Meereshöhe auf die mittlere Höhe der einzelnen Rasterfelder (Abb. 3.29) zurück transformiert werden. Daraus ergeben sich die Jahresmitteltemperaturen (bzw. ihre Trends) für die einzelnen Rasterfelder (siehe Abb. 3.30 und 3.31).

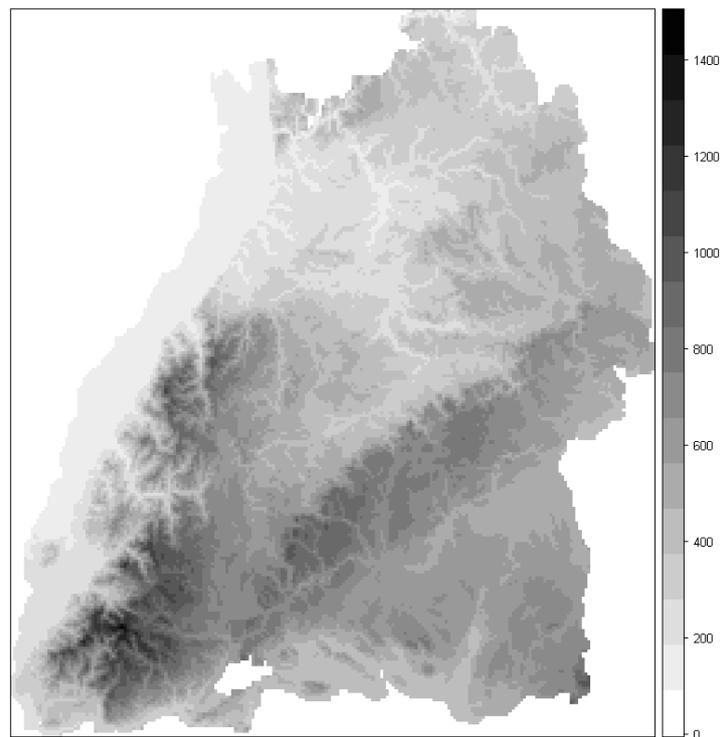


Abb. 3.29. Relief von Baden-Württemberg. Dargestellt sind die mittleren Höhen bezogen auf ein Raster einer Kantenlänge von 1 km x 1 km. Quelle: DHM aus RIPS (2007)

Die höhenabhängige Regression bietet sich für alljene Größen an, die eine ausgeprägte Höhenabhängigkeit aufweisen. Gerade in stark reliefierten Gebieten sind höhenbedingte Änderungen dieser Größen im Allgemeinen weit wichtiger und deutlicher als horizontale Änderungen.

Wie der Vergleich zwischen den Abbildungen 3.25, 3.28 und 3.31 zeigt, trifft dies auf die Trends der Jahresmitteltemperaturen nicht zu. Bei Größen, die keine ausgeprägte Höhenabhängigkeit aufweisen, stellt Modell 2 daher keine Verbesserung gegenüber Modell 1 dar.

Modell 2 entspricht in etwa der Vorgehensweise im Klimaatlas von Baden-Württemberg (DWD & LUBW 2006, z.B. Karte der Jahresmitteltemperaturen).

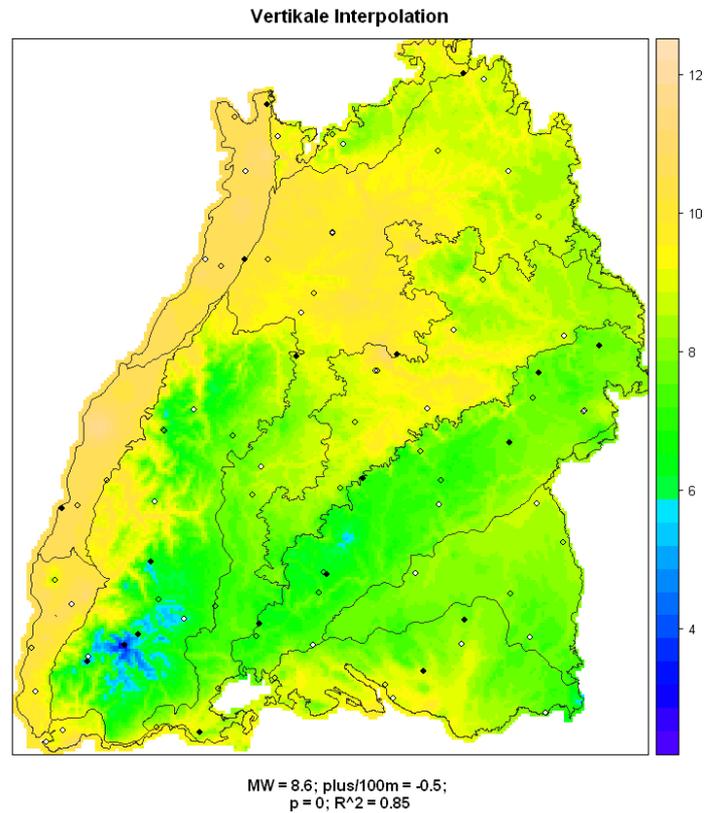


Abb. 3.30. Vertikale Transformation (Interpolation) der Anomalien der Mittleren Jahresmitteltemperatur (Abb. 3.27). MW = Mittelwert für Baden-Württemberg, plus/100 = Veränderung mit der Höhe bezogen auf 100 m, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 = Bestimmtheitsmaß. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

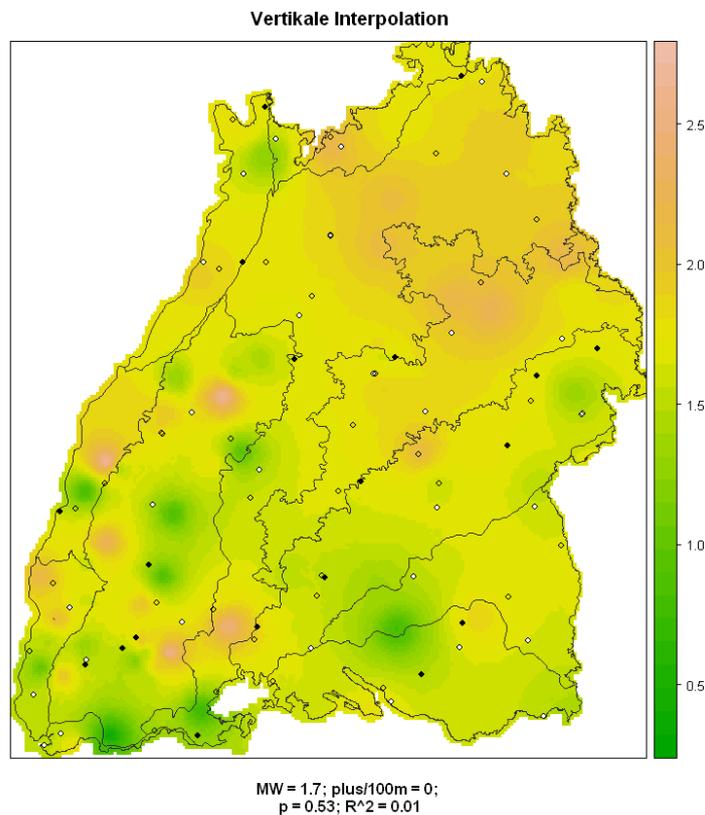


Abb. 3.31. Vertikale Transformation (Interpolation) der Anomalien der Trends der Mittleren Jahresmitteltemperatur (Abb. 3.28). MW = Mittelwert für Baden-Württemberg, plus/100 = Veränderung mit der Höhe bezogen auf 100 m, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 = Bestimmtheitsmaß. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

Modell 3: Die Jahresmitteltemperatur einer Station ist schließlich nicht nur von der Lage der Station über Normalnull abhängig, sondern auch von zahlreichen anderen Faktoren. Derartige Faktoren können mit Hilfe multipler Regressionen in ein Modell integriert werden. Die Vorgehensweise entspricht der in Modell 2, wobei die einfache Regressionsbeziehung durch eine multiple Regression ersetzt wird.

Im Modell 3 wurden neben der Meereshöhe auch die Hangneigung und Exposition der Rasterfelder (siehe Abb. 3.32) einbezogen, um die Jahresmitteltemperatur zu berechnen. Das Ergebnis dieser Modellierung zeigt Abb. 3.33 für die Jahresmitteltemperaturen bzw. Abb. 3.34 für die Trends der Jahresmitteltemperaturen.

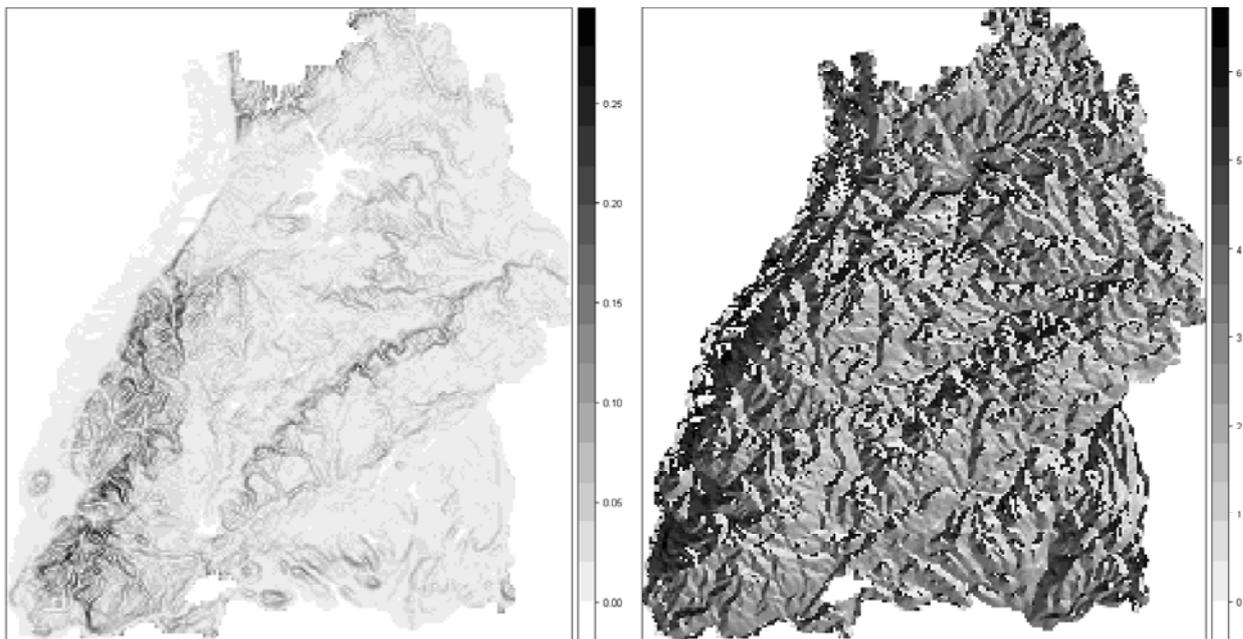


Abb. 3.32. Hangneigung (rechts) und Exposition (links) in Baden-Württemberg, abgeleitet aus dem Relief (Abb. 4.8).

Tabelle 3.3. Zusammenfassung von Modell 3 (multiple Regression) zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Jahresmitteltemperatur als abhängigem Faktor und der Höhe ü.NN, Hangneigung (slope) und Exposition (aspect) als unabhängige Faktoren.

```
Call:
lm(formula = dwdstation$jmt ~ dwdstation$Hoehe * dwdstation$Slope * dwdstation$Aspect)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.653302 -0.377343  0.003686  0.340813  1.669394

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  10.8124186  0.2527711  42.776  <2e-16 ***
dwdstation$Hoehe -0.0043808  0.0004520  -9.692  <2e-16 ***
dwdstation$Slope  8.1396575  7.8688382   1.034  0.3025
dwdstation$Aspect  0.1281109  0.0627741   2.041  0.0429 *
dwdstation$Hoehe:dwdstation$Slope -0.0165906  0.0100319  -1.654  0.1001
dwdstation$Hoehe:dwdstation$Aspect -0.0003135  0.0001254  -2.500  0.0134 *
dwdstation$Slope:dwdstation$Aspect -2.9408176  1.8861193  -1.559  0.1209
dwdstation$Hoehe:dwdstation$Slope:dwdstation$Aspect  0.0058455  0.0025853   2.261  0.0251 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5615 on 161 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.8573,    Adjusted R-squared:  0.8511
F-statistic: 138.2 on 7 and 161 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

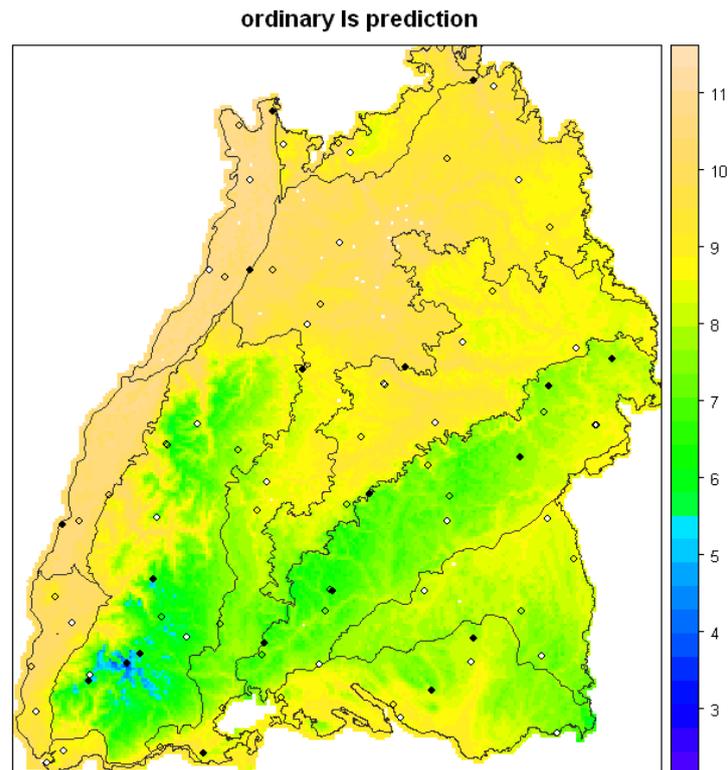


Abb. 3.33. Interpolation der Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg (1978 - 2007) auf der Basis eines Rasters mit der Kantenlänge 1 km x 1 km, mit Hilfe einer multiplen Regression unter Berücksichtigung der Faktoren Höhe ü.NN, Hangneigung und Exposition. Weitere Erläuterungen im Text.

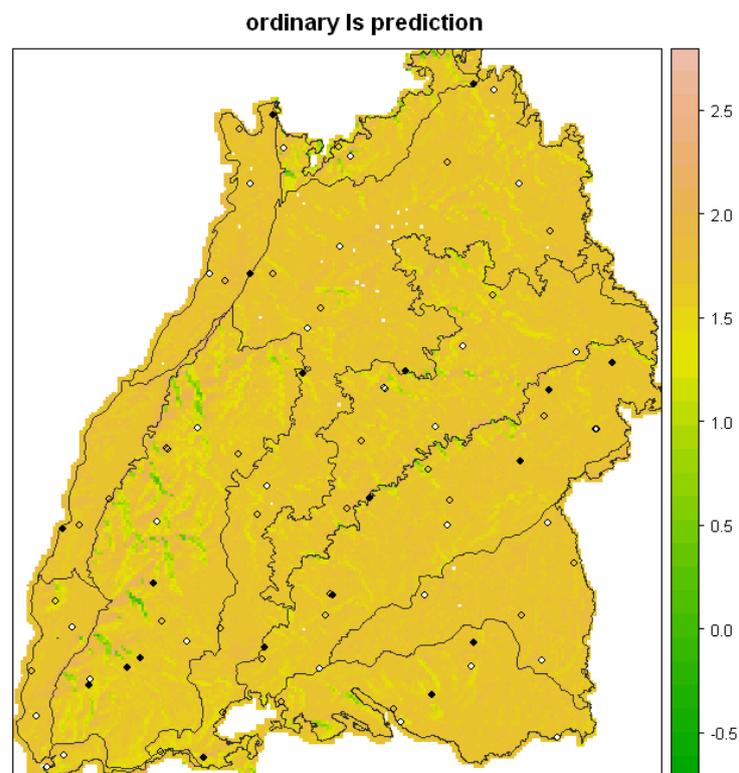


Abb. 3.34. Interpolation der Trends der Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg (1978 - 2007) auf der Basis eines Rasters mit der Kantenlänge 1 km x 1 km, mit Hilfe einer multiplen Regression unter Berücksichtigung der Faktoren Höhe ü.NN, Hangneigung und Exposition. Weitere Erläuterungen im Text.

Tabelle 3.3 zeigt, daß das Modell 3 für die Jahresmitteltemperatur signifikant ist ($p = 0$) und eine hohe Bestimmtheit besitzt ($R^2 = 0.85$). Signifikante Faktoren im Modell sind neben der Höhe ü.NN vor allem die Exposition und Interaktionsfaktoren mit der Exposition. Allerdings stellt Modell 3 in diesem Fall keine wesentliche Verbesserung gegenüber Modell 2 dar.

Abb. 3.34 zeigt die Abhängigkeit der Trends der Jahresmitteltemperaturen von der Hangneigung. Das Modell ist aber nicht signifikant. Trotzdem kann es als Hinweis auf die Bedeutung des Faktors Hangneigung in diesem Zusammenhang gewertet werden.

3.3.2 Die Modellierten Mittelwerte verschiedener Klimaelemente an den DBF

Die Mittelwerte und ihre linearen Trends an den Standorten der einzelnen DBF wurden nachfolgend aus den Modellen (in der Regel aus **Modell 2**) extrahiert und sollen im Folgenden dargestellt und näher erläutert werden.

Mitteltemperaturen

Die Abbildungen 3.35 und 3.36 geben einen Überblick über die modellierten mittleren Temperaturen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter, des Winter- und Sommerhalbjahres, sowie des ganzen Jahres in den Perioden **1951 bis 1980**, **1961 bis 1990**, **1971 bis 2000** und **1978 bis 2007** an den Standorten der DBF.

Die Abbildungen geben einen guten Überblick über die räumlichen und jahreszeitlichen Unterschiede zwischen den DBF. Die Abbildungen machen aber auch deutlich, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Perioden eher gering sind.

Die Unterschiede zwischen den Perioden werden jedoch deutlicher, wenn man z.B. für die Jahresmitteltemperatur von der jüngeren Periode die Werte der älteren Periode abzieht und die Differenzen in einer eigenen Karte darstellt (Abb. 3.39 und Abb. 3.40).

Betrachtet man die auf 30 Jahre bezogenen linearen Trends der mittleren Temperaturen (Abb. 3.37 und 3.38) für die einzelnen Perioden, so wird neben den jahreszeitlichen Unterschieden der Trends auch die von Periode zu Periode wechselnde Stärke und Ausprägung der Trends deutlich.

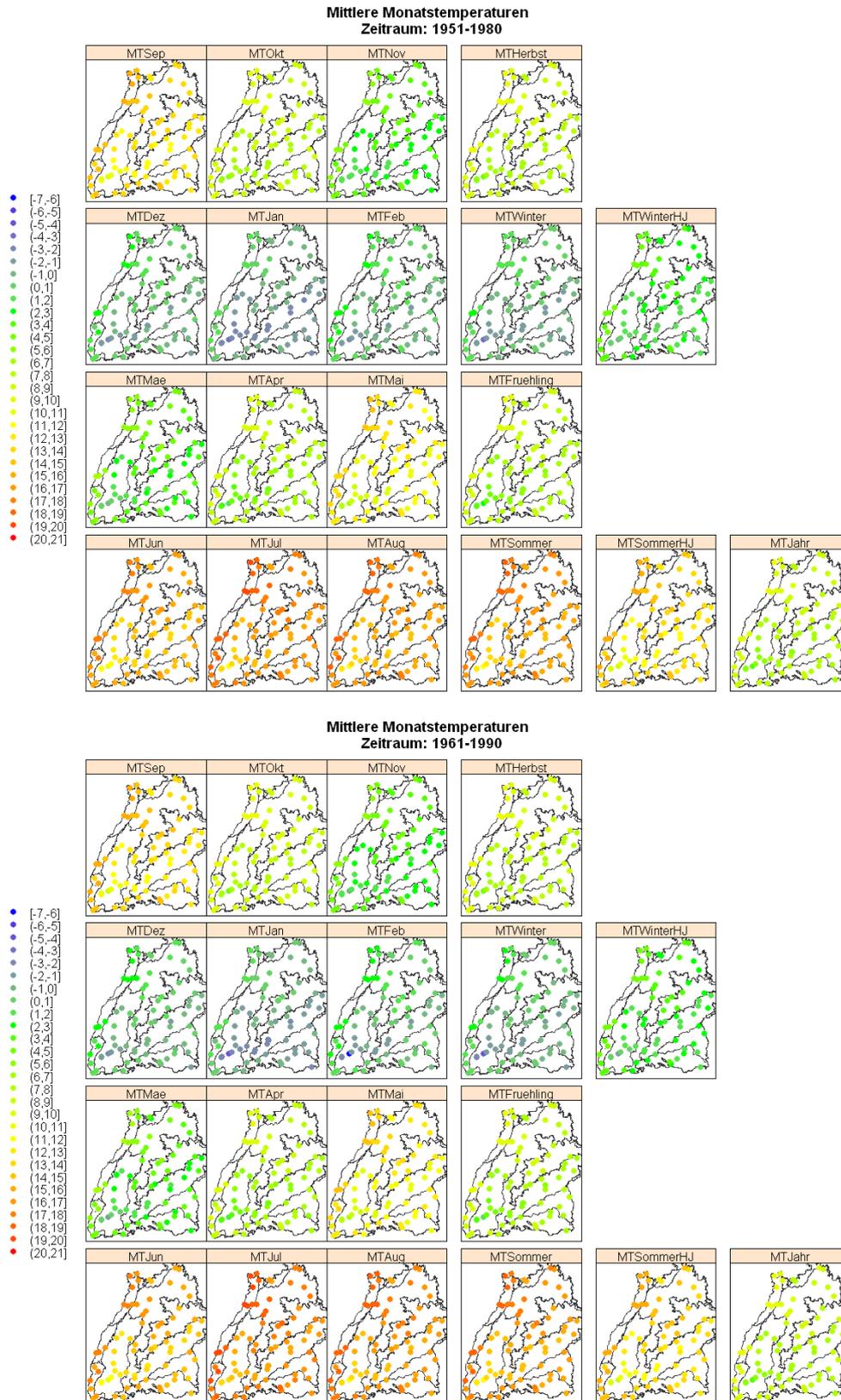


Abb. 3.35. Modellierte mittlere Temperaturen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter, des Winter- und Sommerhalbjahres sowie des gesamten Jahres in der **Periode 1951 bis 1980** (oben) und in der **Periode 1961 bis 1990** (unten) an den Standorten der DBF.

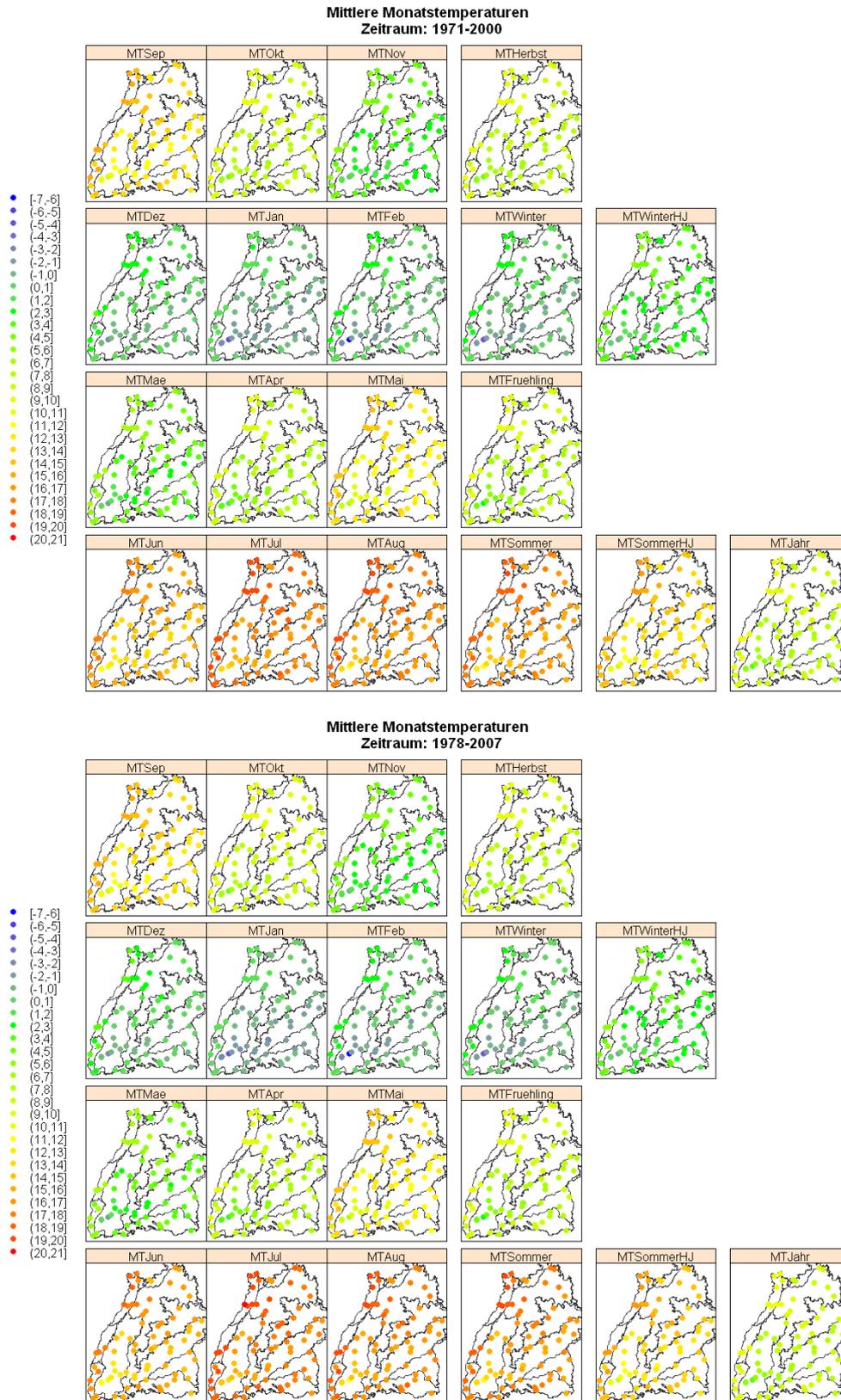


Abb. 3.36. Modellierte mittlere Temperaturen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter, des Winter- und Sommerhalbjahres sowie des gesamten Jahres in der **Periode 1971 bis 2000** (oben) und in der **Periode 1978 bis 2007** (unten) an den Standorten der DBF.

Zeigt z.B. in der Periode 1951 bis 1980 die mittlere Temperatur im Februar einen Trend zur Zunahme und die mittlere Temperatur im April einen Trend zur Abnahme, so ist in der Periode 1961 bis 1990 der Trend im Februar eher abnehmend. Der abnehmende Trend im April bleibt erhalten, kann aber in der Periode 1971 bis 2000 und in der Periode 1978 bis 2007 nicht mehr beobachtet werden. Im Gegenteil zeigt sich eher ein Trend zu höheren Temperaturen.

In der Periode 1978 bis 2007 zeigt sich demgegenüber ein Trend rückläufiger Mitteltemperaturen in den Monaten September und Dezember. Die Monate Oktober, November, März und Juli zeigen leichte Trends der Temperaturzunahme, während in den Monaten Januar, Februar, April, Mai, Juni und August eine deutliche Zunahme der Mitteltemperaturen zu beobachten ist.

Auch räumliche Unterschiede werden in den Abbildungen deutlich. So ist in der Periode 1978 bis 2007 im Februar ein stärkerer Trend der Temperaturzunahme im NE des Landes zu beobachten als im Süden.

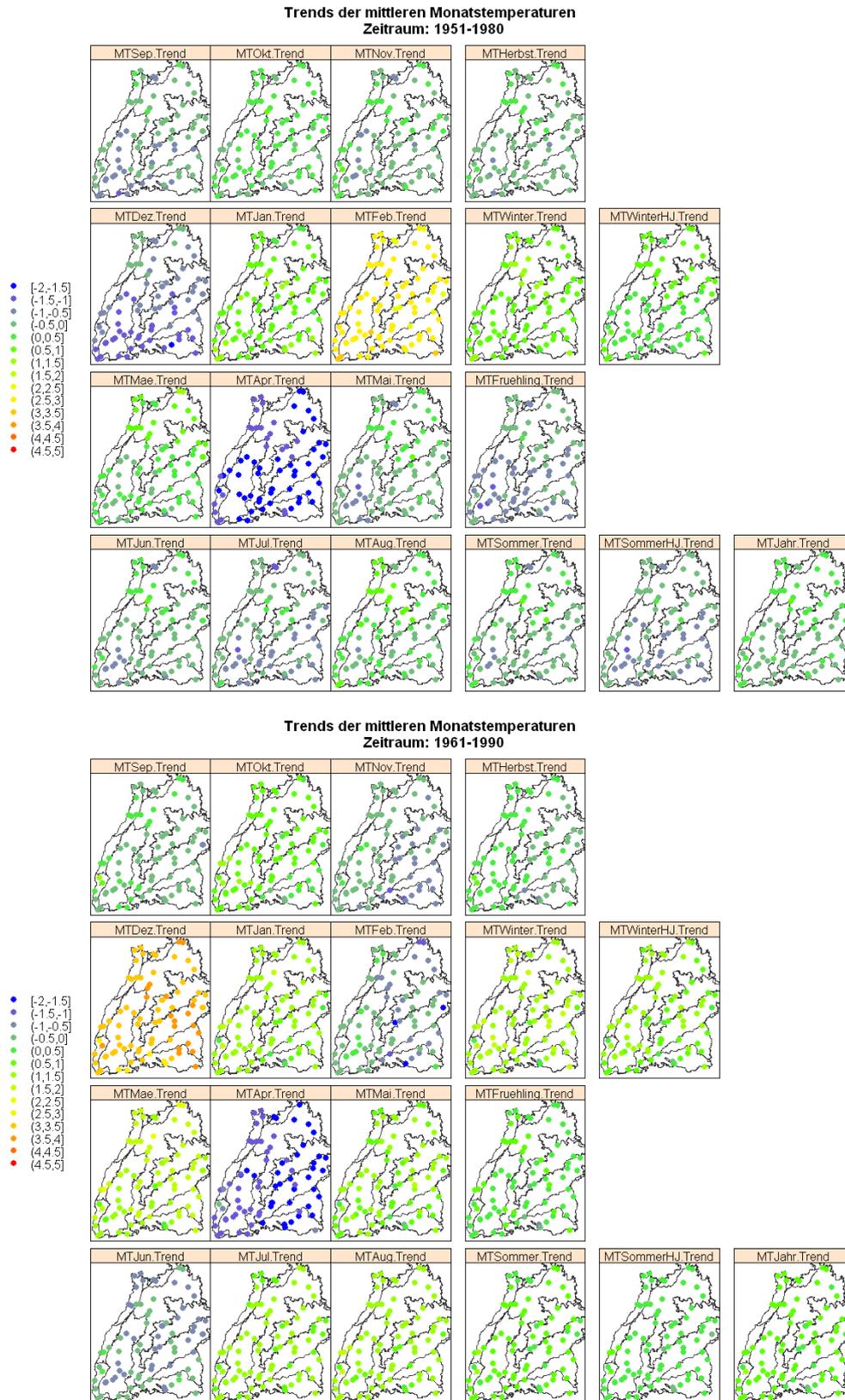


Abb. 3.37. Modellierte lineare Trends (bezogen auf 30 Jahre) der mittlere Temperaturen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter, des Winter- und Sommerhalbjahres sowie des gesamten Jahres in der **Periode 1951 bis 1980** (oben) und in der **Periode 1961 bis 1990** (unten) an den Standorten der DBF.

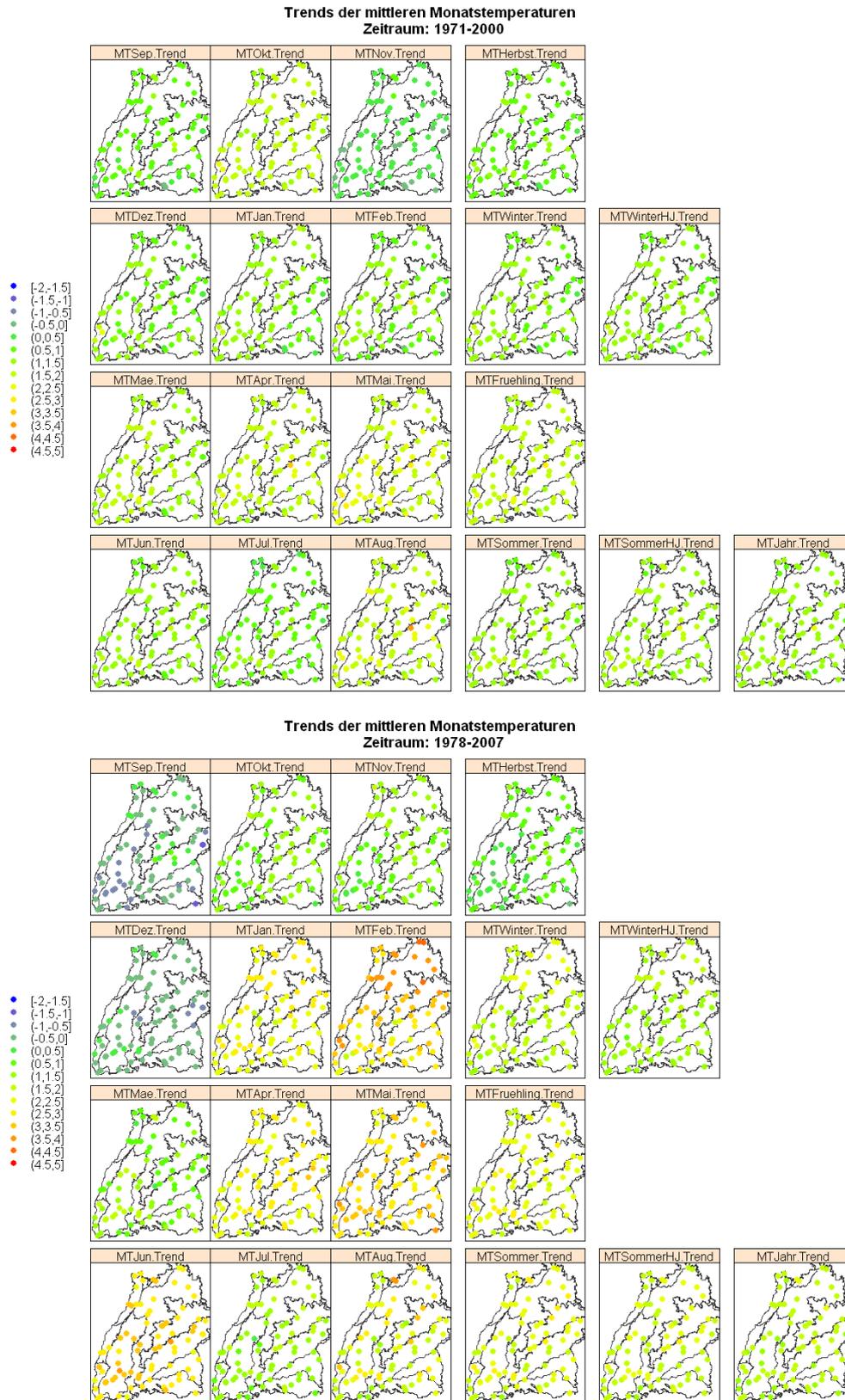


Abb. 3.38. Modellierte lineare Trends (bezogen auf 30 Jahre) der mittlere Temperaturen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter, des Winter- und Sommerhalbjahres sowie des gesamten Jahres in der **Periode 1971 bis 1980** (oben) und in der **Periode 1978 bis 2007** (unten) an den Standorten der DBF.

Abb. 3.39 zeigt die Differenzen zwischen der modellierten, mittleren Jahresmitteltemperaturen der Periode 1961 bis 1990 und der Periode 1951 bis 1980 (links), zwischen der Periode 1971 bis 2000 und der Periode 1961 bis 1990 (mitte) und zwischen der Periode 1978 bis 2007 und der Periode 1971 bis 2000 (rechts).

Insgesamt lässt sich ein landesweiter, räumlich wenig differenzierter Trend einer Zunahme der Jahresmitteltemperatur von 0 bis $\sim 0,25$ °C erkennen. (Die Differenzen in der Abbildung rechts sind etwas geringer, da der Zeitraum auch etwas kürzer ist.)

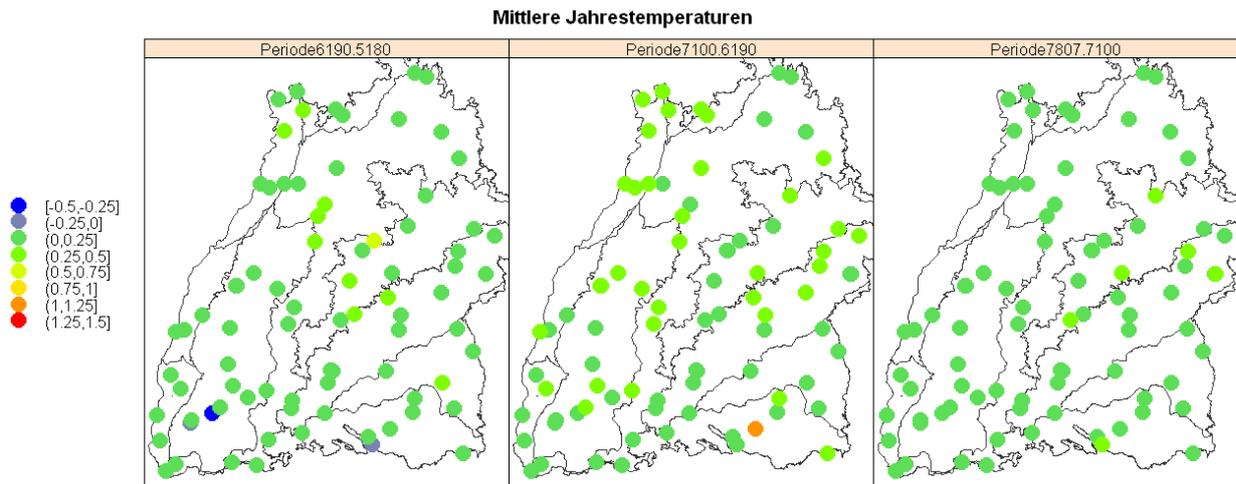


Abb. 3.39. Differenzen der modellierten mittleren Jahresmitteltemperaturen der **Periode 1961 bis 1990** und der **Periode 1951 bis 1980** (links), der **Periode 1971 bis 2000** und der **Periode 1961 bis 1990** (mitte), der **Periode 1978 bis 2007** und der **Periode 1971 bis 2000** (rechts).

Abb. 3.40 zeigt die Differenz zwischen den Perioden 1978 bis 2007 und 1951 bis 1980. Über den Zeitraum von fast 40 Jahren ist ein landesweiter Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 0,25 bis 1 °C zu beobachten. Auffallend ist dabei ein N-S Gradient über Baden-Württemberg. Die Ausreißer, der blaue und der rote Punkt sollten dabei nicht überinterpretiert werden. Es handelt sich dabei mit hoher Wahrscheinlichkeit um Artefakte, die aus dem Verlegen von Klimastationen und lokalen Effekten (Bebauung) resultieren oder auf kurze Messreihen zurückzuführen sind.

Mittlere Jahrestemperaturen Periode7807.5180

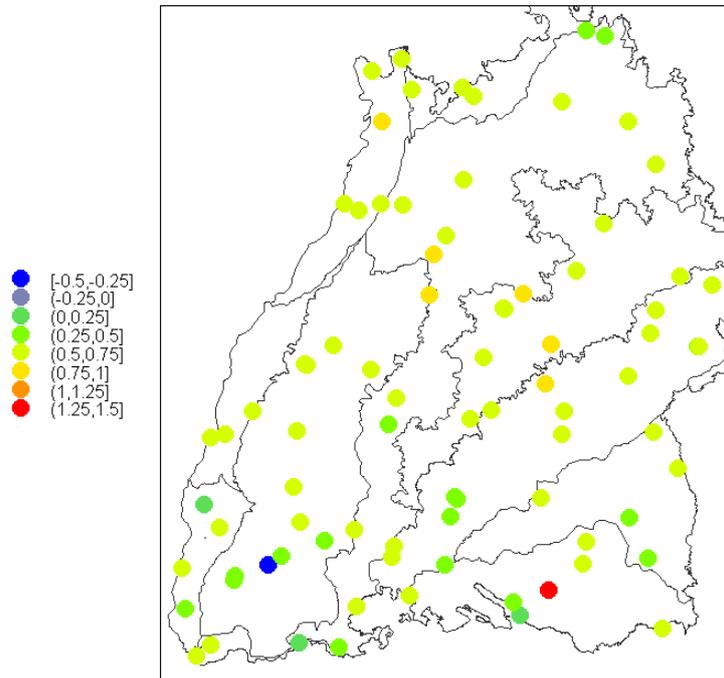


Abb. 3.40. Differenzen der modellierten mittleren Jahresmitteltemperaturen der **Periode 1978 bis 2007** und der **Periode 1951 bis 1980**.

Niederschlag

Die Abbildungen 3.41 und 3.42 geben einen Überblick über die modellierten Niederschlagssummen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter (monatlich), des Winter- und Sommerhalbjahres (monatlich) sowie des ganzen Jahres (monatlich) in den Perioden **1951 bis 1980**, **1961 bis 1990**, **1971 bis 2000** und **1978 bis 2007** an den Standorten der DBF.

Die Abbildungen geben einen guten Überblick über die räumlichen und jahreszeitlichen Unterschiede zwischen den DBF, machen aber auch deutlich, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Perioden eher gering sind.

Die geringen Unterschiede zwischen den Perioden werden auch hier deutlicher, wenn man z.B. für die Jahresniederschlagssumme von der jüngeren Periode die Werte der älteren Periode abzieht und die Differenzen in einer eigenen Karte darstellt (Abb. 3.45 und Abb. 3.46).

Betrachtet man die auf 30 Jahre bezogenen linearen Trends der mittleren Temperaturen (Abb. 3.43 und 3.44) für die einzelnen Perioden, so wird neben den jahreszeitlichen Unterschieden der Trends auch die von Periode zu Periode wechselnde Stärke und Ausprägung der Trends deutlich.

Diese Schwankungen in der Stärke und Ausprägung des Trends sind für die Niederschläge stärker als für die Mitteltemperaturen.

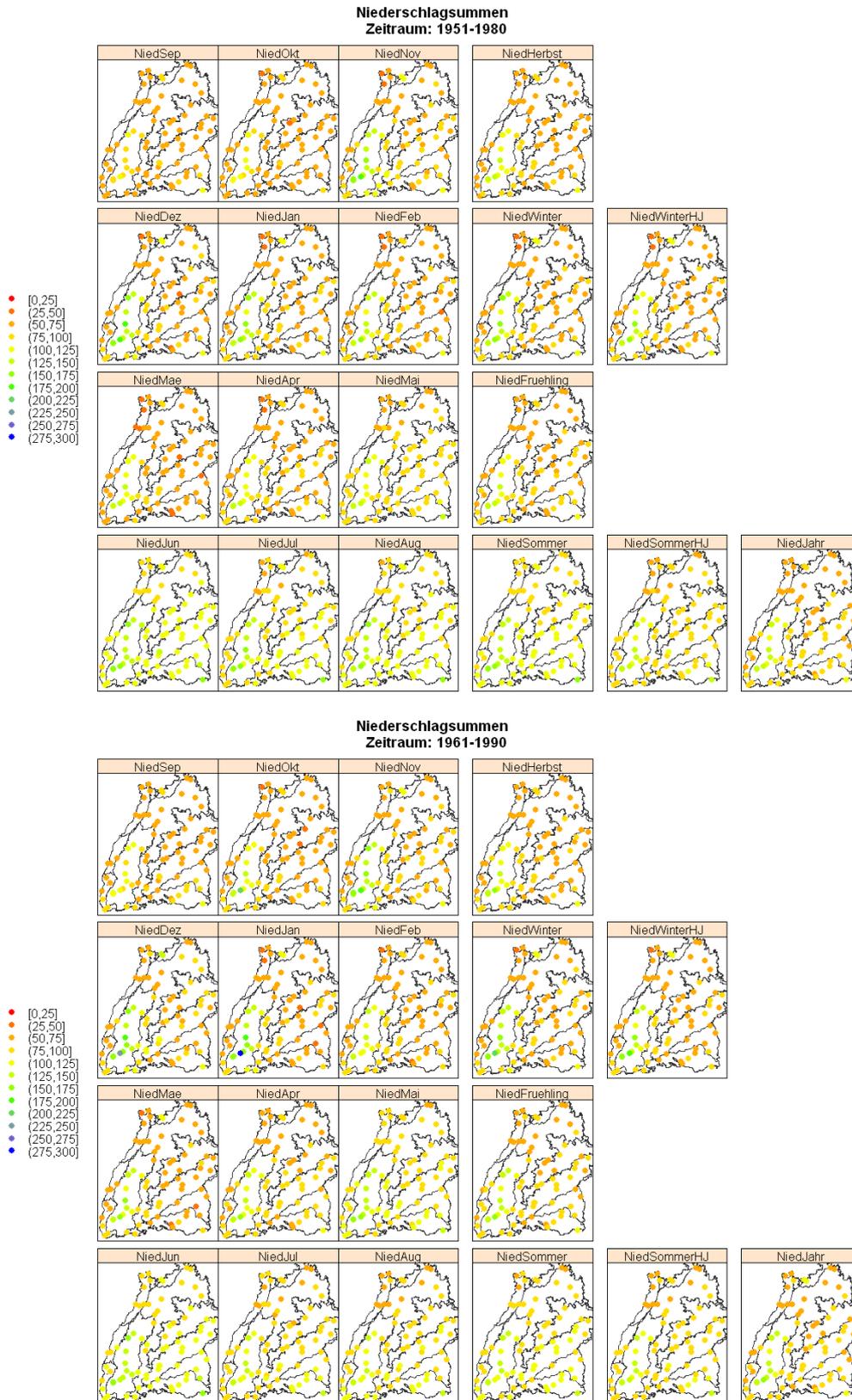


Abb. 3.41. Modellierte mittlere Niederschlagssummen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter (monatliche Niederschläge), des Winter- und Sommerhalbjahres (monatliche Niederschläge) sowie des gesamten Jahres (monatliche Niederschläge) in der **Periode 1951 bis 1980** (oben) und der **Periode 1961 bis 1990** (unten) an den Standorten der DBF.

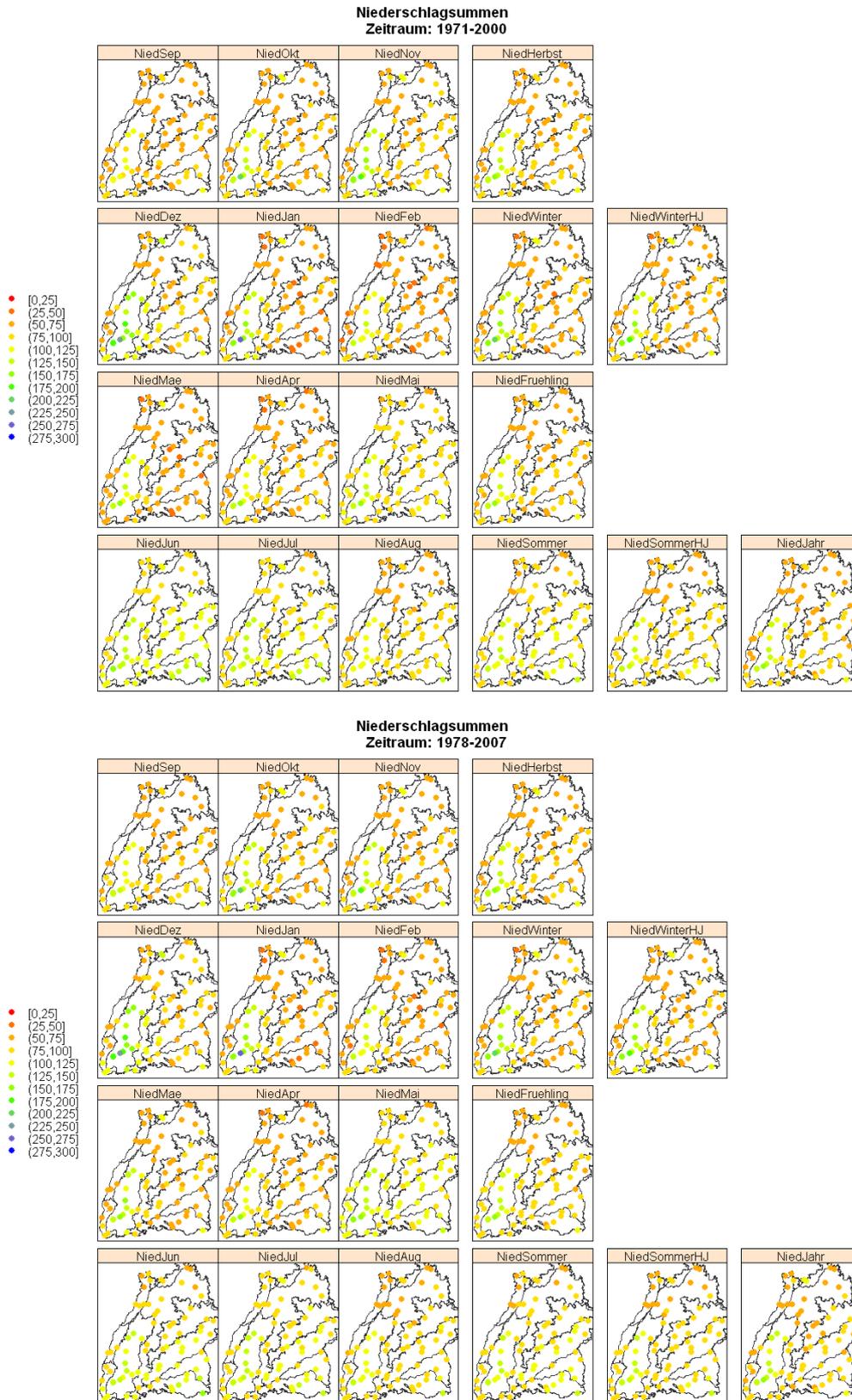


Abb. 3.42. Modellierte mittlere Niederschlagssummen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter (monatliche Niederschläge), des Winter- und Sommerhalbjahres (monatliche Niederschläge) sowie des gesamten Jahres (monatliche Niederschläge) in der **Periode 1971 bis 2000** (oben) und der **Periode 1978 bis 2007** (unten) an den Standorten der DBF.

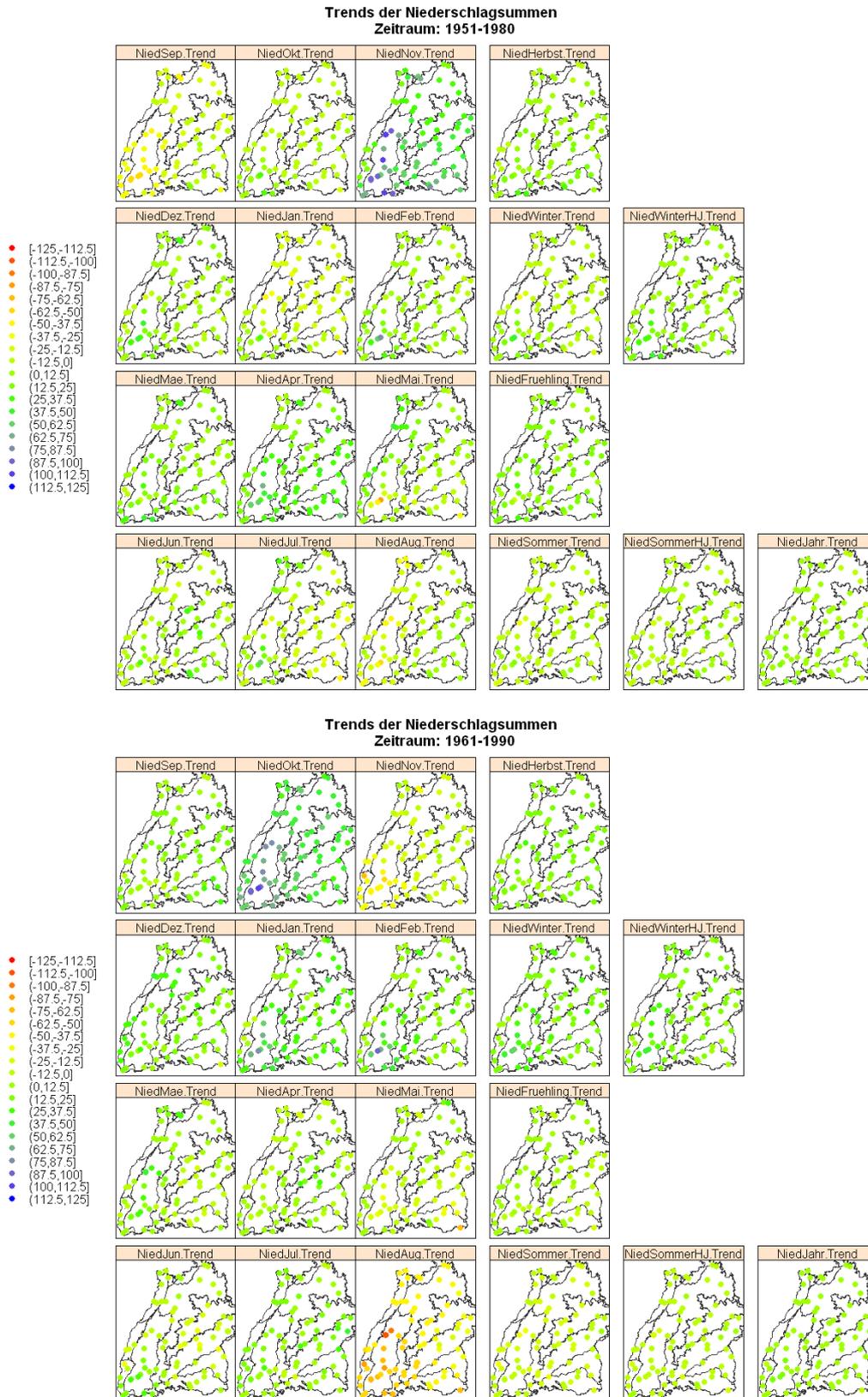


Abb. 3.43. Modellierte lineare Trends (bezogen auf 30 Jahre) der mittleren Niederschlagssummen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter (monatlich), des Winter- und Sommerhalbjahres (monatlich) sowie des gesamten Jahres (monatlich) in der **Periode 1951 bis 1980** (oben) und der **Periode 1961 bis 1990** (unten) an den Standorten der DBF.

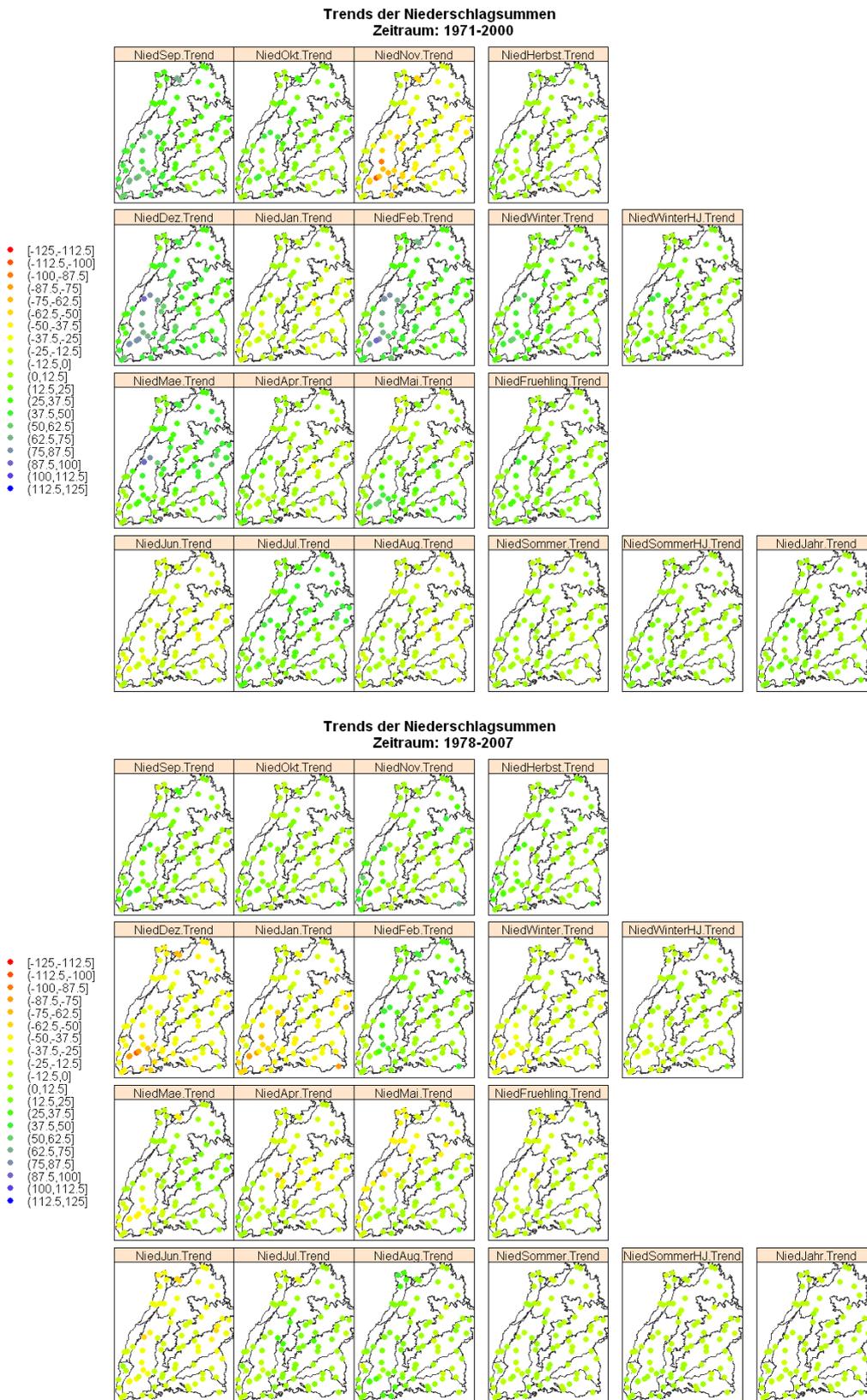


Abb. 3.44. Modellerte lineare Trends (bezogen auf 30 Jahre) der mittleren Niederschlagssummen der Monate Januar bis Dezember, der Jahreszeiten Frühling bis Winter (monatlich), des Winter- und Sommerhalbjahres (monatlich) sowie des gesamten Jahres (monatlich) in der **Periode 1971 bis 2000** (oben) und der **Periode 1978 bis 2007** (unten) an den Standorten der DBF.

Abb. 3.45 zeigt die Differenzen zwischen der modellierten, mittleren Jahresniederschlagssummen der Periode 1961 bis 1990 und der Periode 1951 bis 1980 (links), zwischen der Periode 1971 bis 2000 und der Periode 1961 bis 1990 (mitte) und zwischen der Periode 1978 bis 2007 und der Periode 1971 bis 2000 (rechts).

Hierbei fallen vor allem die großen Unterschiede in Stärke und Ausprägung der Differenzen auf. Während in der rechten Abbildung die Niederschläge generell zunehmen, sind sie in der mittleren Abbildung abnehmend, in der linken Abbildung zeigen sich zu- und abnehmende Regionen.

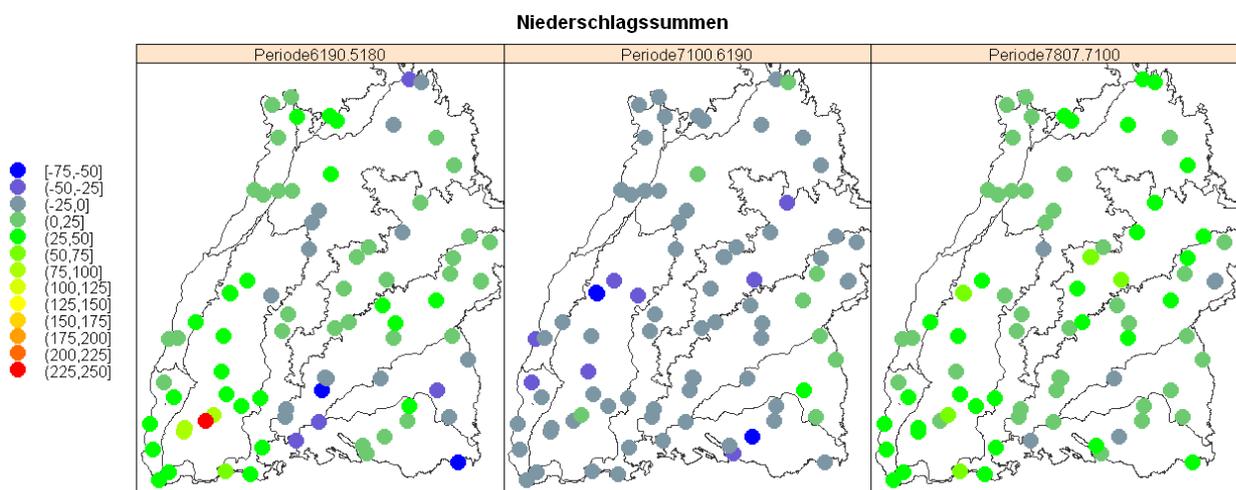


Abb. 3.45. Differenzen der modellierten, jährlichen Niederschlagssummen der **Periode 1961 bis 1990** und der **Periode 1951 bis 1980** (links), der **Periode 1971 bis 2000** und der **Periode 1961 bis 1990** (mitte), der **Periode 1978 bis 2007** und der **Periode 1971 bis 2000** (rechts).

Abb. 3.46 zeigt die Differenz zwischen den Perioden 1978 bis 2007 und 1951 bis 1980. Über den Zeitraum von fast 40 Jahren ergibt sich ein räumlich stark differenziertes Bild. Generell kann man sagen, daß die Niederschläge in Baden-Württemberg überwiegend leicht zunehmen. Eine starke Zunahme ist im Südschwarzwald zu beobachten. Abnehmend sind die Niederschläge im Windschatten des Schwarzwaldes, am Bodensee und in Oberschwaben, sowie im NE von Baden-Württemberg.

Im Muster dieses 40 Jahres-Zeitraumes spiegelt sich aber vor allem das bereits in Abb. 3.45, linke Seite, erkennbare Muster wieder.

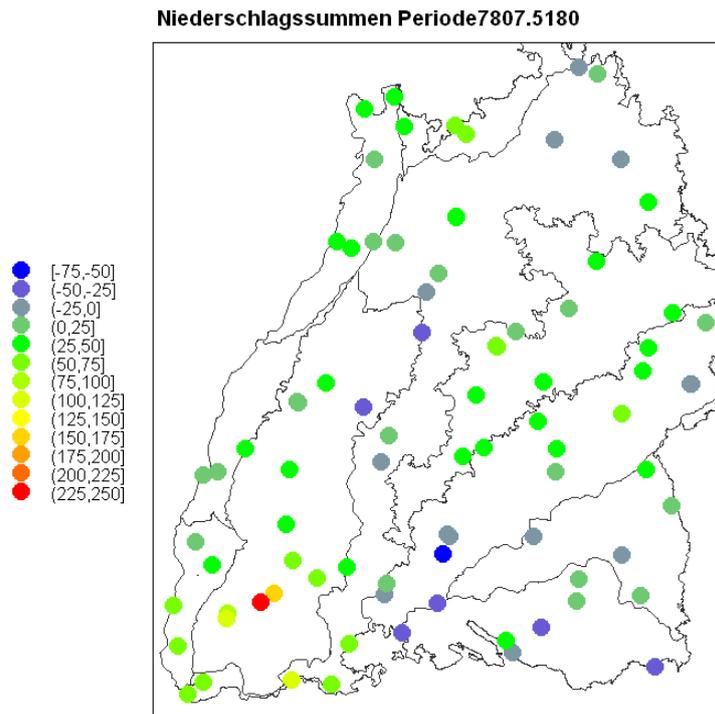


Abb. 3.46. Differenzen der modellierten, jährlichen Niederschlagssummen der **Periode 1978 bis 2007** und der **Periode 1951 bis 1980**.

Diese Resultate legen prinzipiell nahe, daß die in unterschiedlichen Regionen konträr verlaufenden Veränderungen in den jährlichen Niederschlagssummen zu einer unterschiedlichen Wasserverfügbarkeit der Vegetationsdecke geführt haben können. Es soll aber nochmals darauf hingewiesen werden, daß es sich hierbei um nicht signifikante Veränderungen der Niederschläge handelt und daß die interannuellen Schwankungen ohnehin bedeutsamer sind als die zeitlichen Trends (vgl. Kap. 3.2). Die mitteleuropäische Vegetation ist auf solche Jahresschwankungen eingestellt und wird erst über längere Zeiträume oder bei sich wesentlich verstärkenden Trends deutlich reagieren.

3.4 Vegetationsentwicklung auf den gemulchten und beweideten
Dauerbeobachtungsflächen der Offenhaltungsversuche
Baden-Württemberg

Das Kapitel ist in Überarbeitung.

4. Der Einfluß des Klimas auf die Vegetationsentwicklung der Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters

Witterung ist das Wetter in einem bestimmten Zeitabschnitt (von mehreren Tagen bis zu mehreren Monaten) in einem bestimmten Gebiet. Sie bildet die regionale Auswirkung von aktuellem Wetter und lokalem Klima, insbesondere in Bezug auf die fühlbaren Wetterelemente Niederschlag, Temperatur, Wind und Luftfeuchte.

Der jährliche Witterungsverlauf an einem Standort hat einen starken Einfluß auf die phänologische Entwicklung der am Standort vorhandenen Arten, was sich insbesondere an den Frühlingsaufnahmen der Sukzessionsquadrate der Wald-DBF eindrucksvoll zeigen lässt. Die durch die aktuelle Witterung eines Jahres verursachten zeitlichen Schwankungen in der phänologischen Entwicklung der Arten werden jedoch im Verlauf der Vegetationsperiode meist wieder ausgeglichen.

Klima meint im Gegensatz zu Wetter den Zustand der Atmosphäre und des darunter liegenden Landes über längere Zeiträume. Aussagen über das Klima erfolgen in der Regel anhand meteorologischer Daten (Temperatur, Niederschlag, etc.). Die World Meteorological Organization (WMO) geht davon aus, daß mindestens Aufzeichnungen über 30 Jahre erforderlich sind, damit man von Klima sprechen kann. Als Klimanormalperiode (KNP) wird derzeit der Zeitraum von 1961 bis 1990 herangezogen.

Die Darstellungen in Kapitel 3 (3.1 bis 3.3) zeigen, daß das Klima an den Standorten der Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters starken jährlichen Schwankungen unterworfen und räumlich differenziert ist. Solche Schwankungen sind typisch für das Klima Mitteleuropas; die räumliche Differenzierung spiegelt lang bekannte Muster (Nord-Süd-Gradient, Ozeanitäts-Kontinentalitäts-Gradient, Höhen-Gradient, Luv-Lee-Effekte, etc.) wieder.

Während sich die großräumigen klimatischen Muster in der Vegetation eines Standortes (oder im Vergleich zwischen 2 Standorten) oft mehr oder weniger deutlich äußern, haben die jährlichen Schwankungen einen starken Einfluß auf die phänologische Entwicklung der am Standort vorhandenen Arten, die sich jedoch im Verlaufe eines Jahres meist wieder ausgleichen.

Insgesamt müssen die an einem Standort vorhandenen Arten an die extremen jährlichen Unterschiede unseres Klimas angepasst sein, da sie sonst nicht längerfristiger Bestandteil dieser Vegetation sein könnten. Die Möglichkeit zur Etablierung von neuen (z.B. an ein verändertes Klima angepassten) Arten wird durch die Konkurrenz vorhandener Arten oft stark eingeschränkt (besonders in artenreichen Grünlandgesellschaften). Gebietsfremde Arten aus anderen Klimaten siedeln vorrangig an gestörten Standorten, da sie dort oft den einheimischen Arten überlegen sind.

Die in Kapitel 3.2 und 3.3 dargestellten Analysen des Standortklimas an den DBF zeigt deutlich, daß die zu beobachtenden klimatischen Trends im Verhältnis zu den „natürlichen, jährlichen Schwankungen“, für den Beobachtungszeitraum (1986-2006,

20 Jahre), als noch sehr gering einzustufen sind in diesem Zeitraum beträgt der Anstieg der Jahresmitteltemperatur weniger als 0,5 °C.

Eine Sonderstellung nehmen sicherlich klimatische Extremjahre wie der heiße, trockene Sommer des Jahres 2003 ein. Mehrere derartige Extremjahre in Folge könnten jedoch einen erheblichen Einfluß auf die Struktur und Artenzusammensetzung der Vegetation haben.

4.1 Die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Für die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters liegen vegetationskundliche Daten aus dem Zeitraum 1987 bis 2006 vor. Dabei gibt es im Jahr 2003 und im Jahr 2006 methodische Abweichungen, die sich auf die Auswertung der Daten auswirken. Die Daten wurden im **Projektbericht 2** eingehend analysiert und dargestellt.

An dieser Stelle sollen die Analysen der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte für Temperatur und Kontinentalität nochmals wieder gegeben werden (Abb. 4.1 und 4.2).

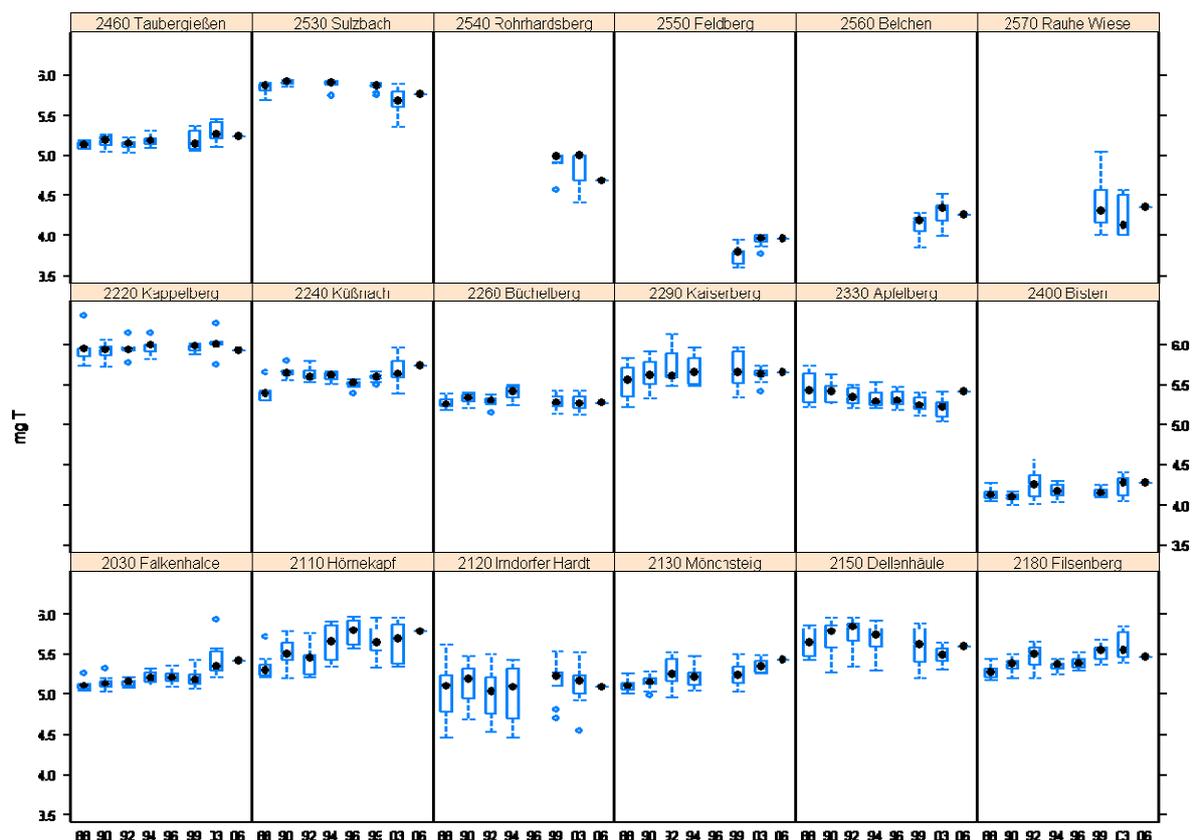


Abbildung 4.1. Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Temperaturzahl (mgT) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ($n = 10$, Kappelberg: $n = 6$) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund methodischer Unterschiede sind die Werte für 2003 und 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

Auffallend sind Trends zur Zunahme der Temperaturzahl in den DBF 2030, 2110, 2130, 2180, 2460 (leicht), aber auch 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 in der Erhöhung des im mittleren Temperaturwerts 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.

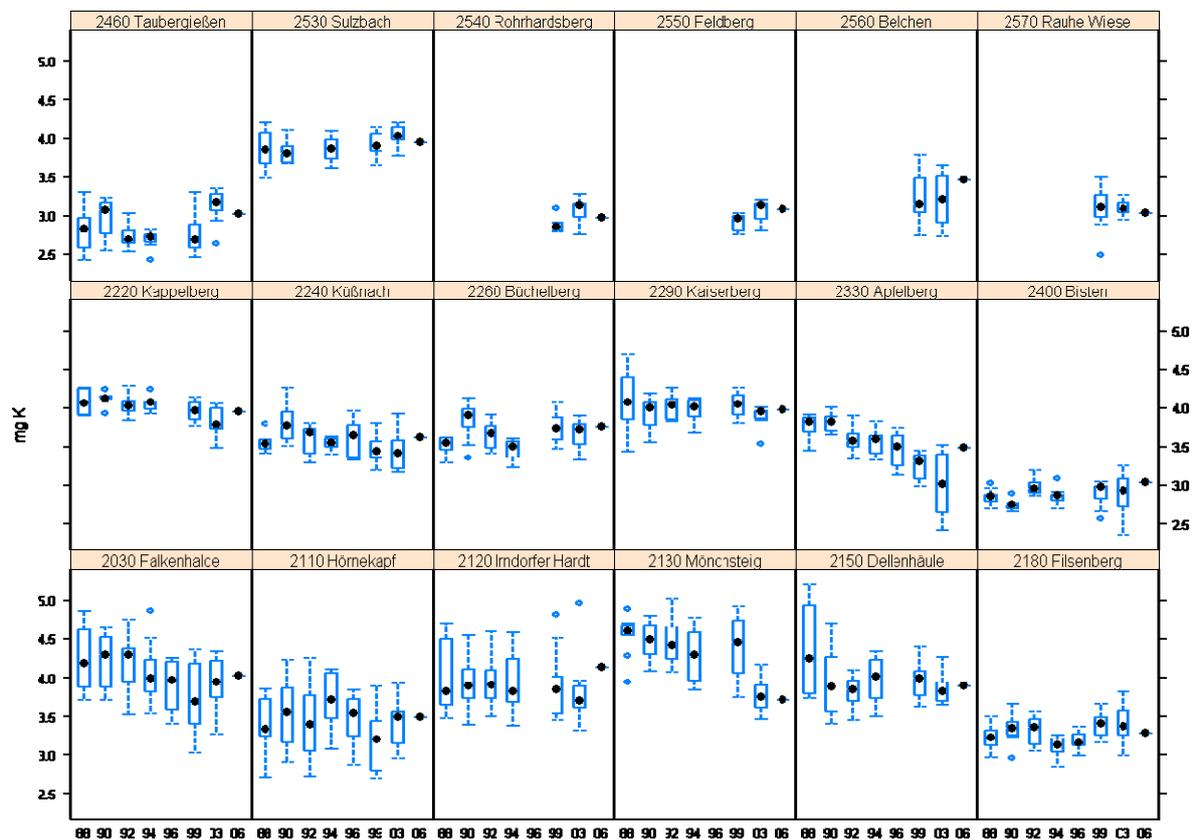


Abbildung 4.2. Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Kontinentalitätszahl (mgK) der Grünland-DBF im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate ($n = 10$, Kappelberg: $n = 6$) einer DBF. Für 2006 liegt nur die Gesamtaufnahme aller 10 Sukzessionsquadrate vor. Aufgrund methodischer Unterschiede sind die Werte für 2003 und 2006 nur bedingt mit den anderen Jahren vergleichbar.

Einige DBF zeigen einen offensichtlichen Trend zur Abnahme der Kontinentalitätszahl (z.B. 2030, 2130, 2330), wohingegen ein auffälliger 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 damit einhergehend eine Nivellierung der mikroklimatischen Bedingungen (z.B. Entfernung von Gehölzen am Kaiserberg). An anderen Standorten, wie etwa am Apfelberg nimmt die Amplitude aber zu.

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

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

Insgesamt sind an einigen Grünland-Dauerbeobachtungsflächen Tendenzen einer Zunahme der Temperaturzahl sowie einer Abnahme der Kontinentalitätszahl zu beobachten. Diese Tendenzen stehen im Einklang mit der Analyse der Klimadaten (Kapitel 3.2 und 3.3) dieser Standorte und könnten auf klimatische Ursachen zurückzuführen sein.

Es bleibt aber festzuhalten, daß die an den Standorten durchgeführten Pflegemaßnahmen einen starken Einfluß auf die Vegetation hatten. Die dadurch bedingte Veränderung der Vegetationszusammensetzung scheint erheblich bedeutender als die auf Grund der geringen klimatischen Trends zu erwartenden Veränderungen (siehe auch Kap. 3.4 Offenhaltungsversuche). Die durchgeführten Pflegemaßnahmen führten vermutlich auch zu mikroklimatischen Veränderungen am Standort, die nicht ohne weiteres von den Einflüssen des Makroklimas getrennt werden können und sich gegebenenfalls stärker auswirkten als die makroklimatischen Trends.

Leider wurden die Pflegemaßnahmen in unregelmäßigen Abständen durchgeführt und Art und Umfang des Einflusses auf die Dauerbeobachtungsflächen unzureichend dokumentiert.

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.

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.

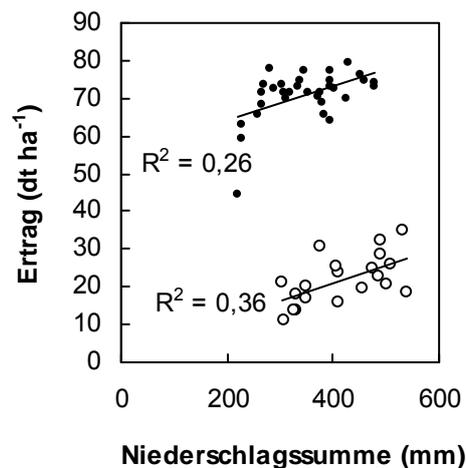


Abbildung 4.3. Beziehung der Grünlanderträge zu den Niederschlagssummen am Beispiel der mittleren Wiesenerträge im Regierungsbezirk Stuttgart (●) und der am Filsenberg (Mössingen) in einer ungedüngten Magerwiese (○) ermittelten Erträge. Die angegebenen Niederschlagssummen beziehen sich auf den Zeitraum 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).

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.

4.2 Die Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Für die (Intensiv-)Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters liegen vegetationskundliche Daten (Aufnahme der Sukzessionsquadrate)

aus dem Zeitraum 1985 bis 2004 vor. Die Aufnahme der Vegetation erfolgte den Jahren 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1992/93, 1997. Im Jahr 2004 wurden von den ehemals 60 Wald-DBF nur noch 12 Standorte aufgenommen. Für die meisten Wald-DBF handelt es sich also nur um einen recht kurzen Beobachtungszeitraum von 10 Jahren. Die Daten wurden im **Projektbericht 3** eingehend analysiert und dargestellt. Bei der Beurteilung räumlicher Unterschiede zwischen Sukzessionsquadraten und zeitlicher Trends (Entwicklung im Laufe der Jahre) schränkt die Artenarmut einiger DBF, sowie die relativ kleine Fläche der Sukzessionsquadraten (sampling effect) die Nutzbarkeit der Krautschicht als ökologische Indikatoren z.T. erheblich ein (siehe Projektbericht 3).

Sukzession der Strauchschicht und Änderungen der Lichtverhältnisse im Bestand

Bei der Analyse der Vegetationsentwicklung auf den Sukzessionsquadraten der Dauerbeobachtungsflächen war deutlich zu erkennen, daß sich Baum- und Straucharten in vielen DBF aussäen, keimen und etablieren (Abb. 4.4, siehe auch Projektbericht 3). Dies gilt insbesondere für DBF mit einem veränderten Lichtklima (Auflichtung der Baumschicht, Lichteinfall durch Windwurfflächen in unmittelbarer Nähe der DBF). Besonders stark ist die zu beobachtende Deckungszunahme bei Buche, Bergahorn und Esche.

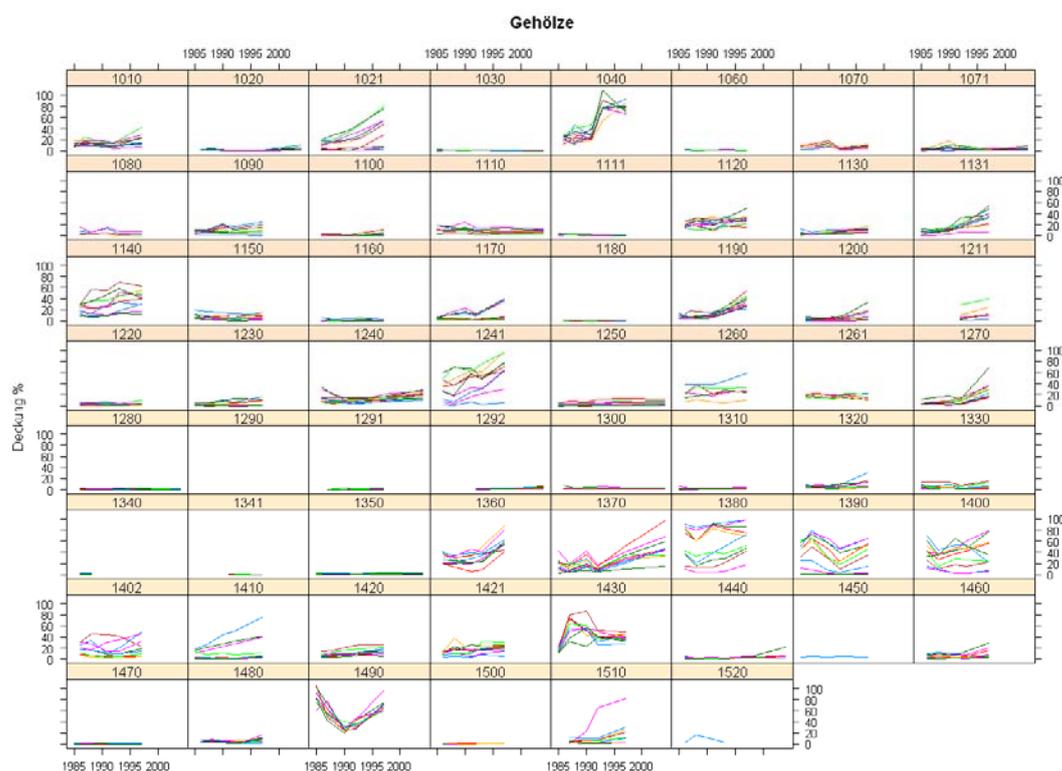


Abbildung 4.4. Entwicklung der Deckung der Gehölzarten (verholzende Arten) in der Kraut- und Strauchschicht der DBF. Die farbigen Linien stellen die Deckung in den einzelnen Sukzessionsquadraten einer DBF dar.

Abb. 4.4 zeigt die Summe der Deckung der Gehölzarten in der Kraut- und Strauchschicht der DBF in den einzelnen Sukzessionsquadraten. An einigen DBF (z.B. 1040 und 1430) ist eine starke Zunahme der Sträucher zu beobachten, während andere (z.B. 1450) über den gesamten Zeitraum fast strauchfrei bleiben.

DBF 1040 ist tatsächlich auch diejenige Dauerbeobachtungsfläche, die sich durch die vergleichsweise höchste Globalstrahlung im Bestand auszeichnet (vgl. Kap. 3.1). Starke Schwankungen zeigt z.B. die DBF 1490. Auffallend sind auch die oft großen Unterschiede zwischen den Sukzessionsquadraten.

Eine zunehmende Strauchschicht führt ihrerseits oft zu einer Beschattung der Krautschicht. Diese Beschattung kann zu erheblichen Deckungsänderungen der Krautarten führen (Konkurrenz z.B. um Licht). Außerdem kann bei zunehmender Beschattung auch das Mikroklima für die Krautschicht feuchter und kühler werden. Auch eine Veränderung der Beschattung durch die Baumschicht (stärkerer Kronenschluß, Ausdunklung, Auflichtung der Baumschicht, Lichteinfall durch Windwurfflächen) hat erhebliche Auswirkungen auf das Licht- und Mikroklima in der Kraut- und Strauchschicht.

Mittlere Ellenberg-Temperatur- und Kontinentalitätszahlen der Wald-Dauerbeobachtungsflächen

An dieser Stelle sollen die Analysen der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte für Temperatur und Kontinentalität aus Projektbericht 3 nochmals dargestellt werden (Abb. 4.5 und 4.6).

Abb. 4.5 und 4.6 zeigen die Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Temperaturzahl (mgT) und Kontinentalitätszahl (mgK) der Wald-DBF (oben: Intensiv-DBF, unten: Extensiv-DBF) im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate (meist 10) einer DBF. Farbige Punkte stellen den Artenreichtum der DBF dar (siehe Projektbericht 3) und geben damit einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Nutzbarkeit der Krautschicht dieser Flächen als ökologischen Indikator.

Bei den 193 Arten der Waldsukzessionsflächen, für die Ellenberg-Zeigerwerte vorhanden sind, verteilen sich die T-Werte wie folgt:

3	4	5	6	7	8	x,?	Mittelwert
1	12	65	37	5	3	70	5.34

Die mittlere gewichtete Temperaturzahl (mgT) der Sukzessionsquadrate aller DBF liegt zwischen 3 (Kühlezeiger) und 6 (Mäßigwärme-/Wärmezeiger); in Ausnahmefällen (DBF 1380) wird bei wenigen Sukzessionsquadraten der Wert 7 (Wärmezeiger) erreicht. Die meisten Flächen haben eine mittlere Temperaturzahl von 5 (Mäßigwärmezeiger), was in Mitteleuropa von tiefen bis in montane Lagen verbreitet ist. Das Spektrum der Ellenberg-Temperaturzahlen der vorhandenen Waldarten läßt kaum eine feine räumliche bzw. zeitliche Differenzierung zu (wenige Wärme-/Kältezeiger).

Auffallend niedrige Werte (4, und kleiner) haben die DBF 1040, 1350, 1370, 1400, 1360, 1380 (nur wenige Sukzessionsquadrate), 1402 und 1470. Auffallend hohe Werte (~ 6) haben die DBF 1020, 1030, (1300), 1510, 1111, (1280), (1480), 1500, 1520.

Abweichungen von der mittleren Temperaturzahl 5 sind meist an lokale Sonderstandorte (kühle, schattige Täler; sonnige, flachgründige Trockenstandorte) gebunden. Auch wärmebegünstigte Lagen wie das Rheintal oder der Bodensee zeigen hohe Temperaturzahlen. Aber selbst Standorte in für Baden-Württemberg extremer Hoehlage (z.B. DBF 1410 Schönau, 1486 m ü.NN) haben oft eine Temperaturzahl von ungefähr 5.

Während einige Flächen (z.B. 1220, 1360, 1380) große räumliche Unterschiede aufweisen, zeigen nur wenige Flächen einen zeitlichen Trend bei der Entwicklung der Temperaturzahlen. Die räumlichen Trends sind meist durch das seltene (nur in wenigen Sukzessionsquadraten vorhanden) Auftreten von Kühle- bzw. Wärmezeigern an mikroklimatischen Sonderstandorten bedingt.

Folgende DBF zeigen eine Zunahme der Temperaturzahl: 1071 (nur 2004), 1410, 1110 (sehr schwach), 1120 (schwach). Eine Abnahme der Temperaturzahl zeigen die DBF 1030 (sehr schwach), 1370 (schwankend), 1400 (schwach), 1490 und DBF 1480.

Bei den 193 Arten der Waldsukzessionsflächen, für die Ellenberg-Zeigerwerte vorhanden sind, verteilen sich die K-Werte wie folgt:

2	3	4	5	6	7	x,?	Mittelwert
36	59	47	22	5	6	18	3.54

Die auftretenden mittleren Kontinentalitätszahlen an den DBF liegen zwischen 2 (ozeanisch) und > 5 (schwach subkontinental). Mittlere Werte von > 5 treten jedoch nur bei den DBF 1340 und 1341 in einzelnen Sukzessionsquadraten auf. Werte zwischen 2 und 5 sind typisch für die submontanen bis montanen Gebiete des leicht ozeanisch geprägten, westlichen Mitteleuropas. Das Zeigerwertspektrum der vorhandenen Arten läßt nur eine grobe Differenzierung zu.

Auffallend ist bei vielen DBF der Trend einer Abnahme der Kontinentalitätswerte (Zunahme der Ozeanität des Standortes). Diesen kann man bei folgenden DBF beobachten: 1020, 1080, 1140, 1190, 1261 (sehr schwach), 1410, 1420, 1421, 1490, 1510, 1120 (schwach), 1170 (schwach), 1230 (schwach), 1241 (schwach), 1260 (schwach). Nur bei wenigen DBF ist ein schwacher Trend der Zunahme des Kontinentalitätswertes zu beobachten, z.B. bei 1070, 1090.

Veränderungen der Kontinentalitätszahl spiegeln (wie die Veränderungen der Temperaturzahl) jedoch auch Veränderungen des Lichtklimas wieder (Kronenschluß, Sukzession der Strauchschicht). Insgesamt sind die Faktoren Licht, Temperatur und Kontinentalität stark miteinander korreliert, sodaß eine eindeutige Veränderung des Klimas als Ursacher für die Veränderungen der Vegetation nicht nachgewiesen werden kann.

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

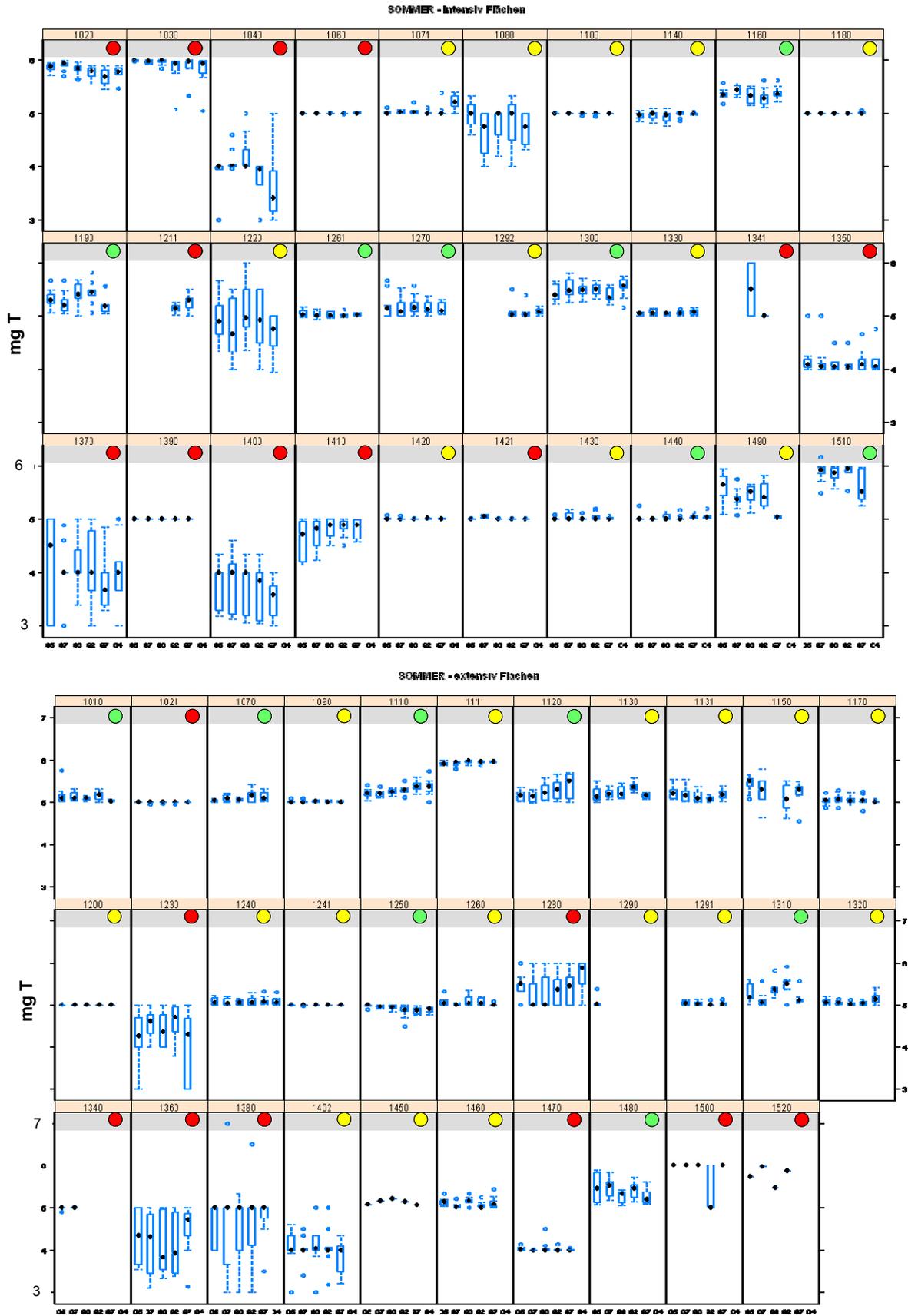


Abbildung 4.5. Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Temperaturzahl (mgT) der Wald-DBF (oben: Intensiv-DBF, unten: Extensiv-DBF) im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate (meist 10) einer DBF. Die Aufnahmen aus den Jahren 1985/86, 1987/88, 1990/91 und 1992/93 wurden jeweils zusammengefasst. Farbige Punkte: rot – Fläche mit geringer Artenzahl, gelb – Fläche mit mittlerer Artenzahl, grün – Fläche mit hoher Artenzahl.

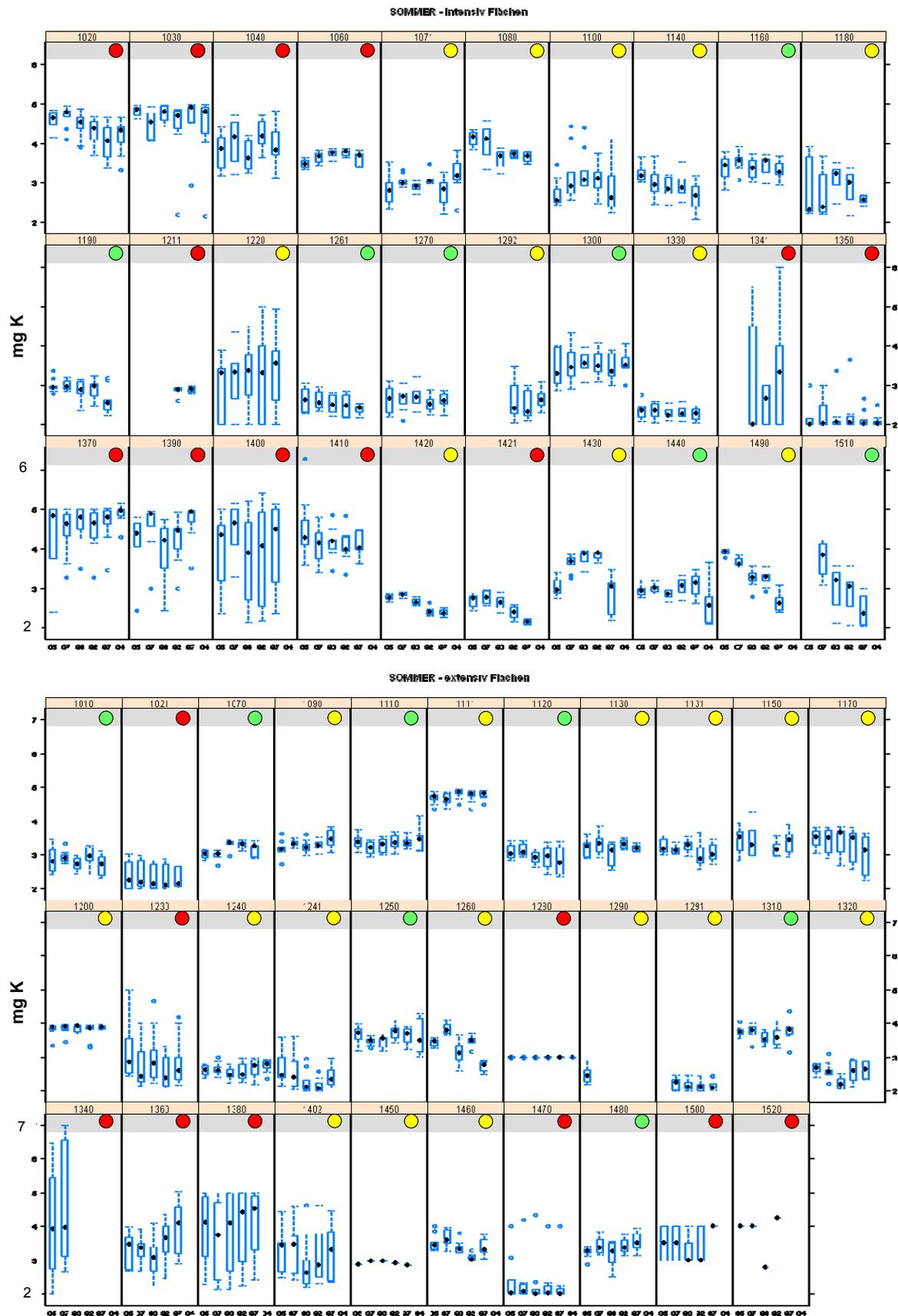


Abbildung 4.6. Veränderung der mittleren gewichteten Ellenberg-Kontinentalitätszahl (mgK) der Wald-DBF (oben: Intensiv-DBF, unten: Extensiv-DBF) im Laufe der Zeit dargestellt als Box-Plot der Mittelwerte aller Sukzessionsquadrate (meist 10) einer DBF. Die Aufnahmen aus den Jahren 1985/86, 1987/88, 1990/91 und 1992/93 wurden jeweils zusammengefasst. Farbige Punkte: rot – Fläche mit geringer Artenzahl, gelb – Fläche mit mittlerer Artenzahl, grün – Fläche mit hoher Artenzahl.

Der Einfluss des Klimas auf die Vegetationsentwicklung in der Krautschicht

Wie bereits dargestellt, umfasst der Beobachtungszeitraum für die Krautschicht der Wald-DBF für die meisten Flächen nur etwa 10 Jahre (1985/86 bis 1997). Für 12 der 60 Flächen handelt es sich um einen Beobachtungszeitraum von etwa 20 Jahren (1985/1986 bis 2004). Wie in Kapitel 3 dargestellt, ist an den meisten Standorten der Wald-DBF im Zeitraum 1985 bis 2006 von einem durchschnittlichen Anstieg der Jahresmitteltemperatur um weniger als 0,5 °C auszugehen.

Wie aus der Literatur bekannt und durch die Messungen des Bestandsklimas an den Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI eindrucksvoll dokumentiert (siehe Kapitel 3.1), ist die Krautschicht von Waldgesellschaften durch das Bestandsklima z.T. zusätzlich gegenüber makroklimatischen Einflüssen abgepuffert.

Im gleichen Zeitraum sind viele der Standorte der Wald-Dauerbeobachtungsflächen anderen Einflüssen ausgesetzt gewesen. Dazu zählen z.B.:

- 1) Die Veränderung des Licht- und Bestandsklimas durch stärkereren Kronenschluß, Auflichtung der Baumschicht (Windwurf), Lichteinfall durch benachbarte Windwurfflächen.
- 2) Die Veränderung des Licht- und Bestandsklimas durch eine z.T. erhebliche Sukzession in der Strauchschicht.
- 3) Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes, insbesondere in den Auewäldern,
- 4) Einflüsse durch sich verändernde atmosphärische Depositionen (abnehmende S-Depositionen, teils zunehmende N-Depositionen).

Vor allem die Veränderungen im Licht- und Bestandsklima lassen sich kaum von makroklimatischen Einflüssen unterscheiden.

5. Empfehlungen zur Weiterführung der Untersuchungen auf den Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg

An den Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI werden Vegetationsaufnahmen auf der Gesamtfläche der DBF (im Wald: Teilbereich Botanik) sowie auf den in diesen liegenden Sukzessionsquadraten erstellt.

Die Aufnahme der Gesamtfläche der DBF soll eine generelle Beschreibung der Vegetation am Standort erlauben. Diese Beschreibung umfaßt alle Schichten (Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht (nur epigäische Arten)) einer als repräsentativ angesehenen Fläche. Die detaillierte Erfassung der Sukzessionsquadrate erlaubt eine Abschätzung der Heterogenität der DBF und zeigt bereits geringfügige Veränderungen der Vegetation auf.

Die Aufnahme der Gesamtfläche der DBF und der Sukzessionsquadrate sollte möglichst in gleichmäßigen Zeitabständen erfolgen. Dabei sollte in Jahren, in denen die Sukzessionsquadrate aufgenommen werden, unbedingt zur gleichen Zeit auch eine Aufnahme der Gesamtfläche der DBF erfolgen. Arten, die in den Sukzessionsquadraten vorkommen, müssen dann notwendigerweise auch in den Gesamtaufnahmen enthalten sein. Die Aufnahme der Gesamtfläche soll mit der notwendigen Intensität und Sorgfalt am besten von den gleichen Bearbeitern erfolgen. Eine Aufteilung der Wald-Dauerbeobachtungsflächen auf zwei verschiedene Jahre erschwert eine gemeinsame Auswertung der Daten und sollte deshalb vermieden werden.

Die Aufnahme der Sukzessionsquadrate als Einzelflächen muß unbedingt beibehalten werden, denn nur sie erlaubt Aussagen über die Homogenität/Heterogenität der DBF und zeigt kleinflächig auftretende Veränderungen (bzw. partielle Veränderungen der DBF) an, die Ursache für Änderungen auf höherer Skalenebene sein können. So kann z.B. die Sukzession der Strauchschicht in einem Teilbereich der DBF zur Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Gesamt-DBF führen. Auf eine gemeinsame Aufnahme aller Sukzessionsquadrate einer DBF als nur eine Vegetationsaufnahme sollte dagegen generell verzichtet werden.

Die vorhandenen Sukzessionsquadrate, sowohl in den Wald- als auch in den Grünland-DBF, sind von ihrer Fläche her zu klein (siehe ausführliche Anmerkungen in den Projektberichten 2 und 3). Eine Vergrößerung der Fläche (mindestens eine Verdopplung) ist unbedingt anzuraten, wird aber die Vergleichbarkeit mit den bisherigen Aufnahmen einschränken. Eine mögliche Strategie bei der Vergrößerung der Sukzessionsquadrate könnte es sein, benachbarte Sukzessionsquadrate zu vereinigen und die gleiche Anzahl von Quadraten neu anzulegen. Es ist generell wünschenswert, die bisherigen Sukzessionsquadrate beizubehalten. Sollte sich ihre Lage nicht mehr eindeutig rekonstruieren lassen, so sollten neue Sukzessionsquadrate zufällig über die DBF verteilt werden. Dabei kann durchaus ein Raster verwendet werden.

Tab. 5.1. Wichtige Parameter bei der Aufnahme der Gesamtfläche und Sukzessionsquadrate der Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

	Wald	Grünland
Gesamtaufnahme der DBF		
Schätzskala	unbedingt verfeinern, z.B. nach Schmidt (1974) oder Londo (1976)	
Zeitintervall	alle (4-)6 Jahre (parallel zur Aufnahme der Sukzessionsquadrate !)	
Aufnahmezeitpunkt	Juli (Zeitfenster max. 4 Wochen), Witterungsverlauf und Phänologie beachten	Mitte Juni / Mitte Juli (Zeitfenster max. 4 Wochen), Witterungsverlauf und Phänologie beachten
Schichten	Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht (nur epigäische Arten)	Strauch-, Kraut- und Moosschicht (nur epigäische Arten)
Aufnahme von Strukturparametern	Deckung von Totholz, offener Erde, Gestein, Deckung Baumschicht, Deckung Strauchschiecht, Deckung Krautschicht, Maximale und mittlere Höhe der Krautschicht Erfassung des Lichtklimas (Horizontoskop, Leaf area index)	Deckung von offener Erde, Gestein, Ameisenhügel, u.ä. Deckung Strauchschiecht, Deckung Krautschicht, Maximale und mittlere Höhe der Krautschicht
Erfassung von zusätzlichen Standortparametern	pH-Werte des Oberbodens (5-10 Stichproben, z.B. in der Nähe der Sukzessionsquadraten) N, P, K, etc.	
Störungen	Windwurf, Wildschweine, etc.	Wildschweine,
Zusätzliche Parameter	Phänologie, Schädigung von Arten (z.B. Insektenfraß)	
Sukzessionsquadrate		
Fläche	nach Möglichkeit vergrößern, siehe Anmerkungen im Text	
Aufnahme	unbedingt als Einzelflächen	
Schätzskala	in Prozent (möglichst genau)	
Zeitintervall	alle (2-)3 Jahre	
Aufnahmezeitpunkt	Juli (Zeitfenster max. 4 Wochen), Witterungsverlauf und Phänologie beachten	Mitte Juni / Mitte Juli (Zeitfenster max. 4 Wochen), Witterungsverlauf und Phänologie beachten
Schichten	Strauch-, Kraut- und Moosschicht (nur epigäische Arten)	Strauch-, Kraut- und Moosschicht (nur epigäische Arten)
Aufnahme von Strukturparametern	Deckung von Totholz, offener Erde, Gestein, Deckung Strauchschiecht, Maximale und mittlere Höhe der Strauchschiecht Deckung Krautschicht, Maximale und mittlere Höhe der Krautschicht	Deckung von offener Erde, Gestein, Ameisenhügel, u.ä. Deckung Strauchschiecht, Deckung Krautschicht, Maximale und mittlere Höhe der Krautschicht
Störungen	Windwurf, Wildschweine, etc.	Wildschweine,
Zusätzliche Parameter	Phänologie, Schädigung von Arten (z.B. Insektenfraß)	
Sonstiges		
Dokumentation von Eingriffen	Dokumentation von forstwirtschaftlichen Maßnahmen, Windwurf, etc.	Regel- und gleichmäßige Durchführung von Pflegemaßnahmen (siehe Anmerkung im Text), Dokumentation der Pflegemaßnahmen, Bestimmung der Biomasse
Produktivitätsdaten	1000 Nadel- bzw. Blattgewichte, Blattflächen	
Sonstiges	Witterung bei der Vegetationsaufnahme	Witterung bei der Vegetationsaufnahme

Die Vegetationsaufnahmen sollten nach Möglichkeit von der gleichen Person (oder den gleichen Personen) durchgeführt werden. Machen unterschiedliche Personen Aufnahmen an verschiedenen Standorten, sollten diese sich gegenseitig „eichen“ (gemeinsame Aufnahme einiger Standorte). Neue Bearbeiter sollten von älteren eingearbeitet werden. Es ist generell sinnvoll, die Aufnahmen zur gegenseitige Korrektur und Eichung zu zweit durchzuführen. Dabei sollte mindestens einer der Bearbeiter bereits mit der Methode und den Standorten vertraut sein.

Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über wichtige Parameter bei der Aufnahme der Gesamtfläche und Sukzessionsquadrate der Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen. Diese sollten bei der Fortführung des ÖKWI unbedingt berücksichtigt werden. Nachfolgend werden weitere Empfehlungen gegeben, die bei der Weiterführung bzw. Neuausrichtung des ÖKWI erörtert werden sollten.

Frühlings- und Sommeraufnahmen der Wald-Dauerbeobachtungsflächen, Zeitpunkt der Aufnahme

Bisher wurden für die Wald-Dauerbeobachtungsflächen Frühlings- und Sommeraufnahmen der Gesamtfläche und der Sukzessionsquadrate durchgeführt. Die Frühlingsaufnahmen geben einen wichtigen Einblick in das Arteninventar der Wälder und die zeitliche Entwicklung der Vegetation. Da die Deckung vieler Frühlingsgeophyten aber stark vom Witterungsverlauf des jeweiligen Jahres abhängig ist und innerhalb weniger Tage stark schwanken kann (z.B. bei *Allium ursinum*), ist eine Interpretation der Daten oft nur schwer möglich.

Unsere Empfehlung ist es deshalb, auf die sehr aufwendige Frühlingsaufnahme der Sukzessionsquadrate zu verzichten. Für die Gesamtflächen sollten aber weiterhin Frühlingsaufnahmen angefertigt werden. Es erscheint uns insgesamt wichtiger, eine **regelmäßige** Aufnahme der Sukzessionsquadrate im Sommer sicherzustellen (alle 2-3 Jahre)!

Um eine Vergleichbarkeit der Sommeraufnahmen aus verschiedenen Jahren zu gewährleisten, ist es notwendig die Sommeraufnahmen in einem engen Zeitfenster (etwa 4, maximal 6 Wochen) durchzuführen. Beim Aufnahmezeitpunkt sollten der Witterungsverlauf des jeweiligen Jahres sowie phänologische Aspekte stärker berücksichtigt werden.

Datenauswertung

Es erscheint sinnvoll, Datenaufnahme und -auswertung von den gleichen Personen durchführen zu lassen. Viele Informationen der Datenaufnahme können so direkter in die Auswertung und Interpretation der Daten einfließen. Eine langjährige Vertrautheit mit den Standorten und ihrer „Geschichte“ ist bei der Interpretation der Auswertungsergebnisse sehr hilfreich.

Weiterführung und Neuanlage von Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Ursprünglich wurden im Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg 60 Wald-Dauerbeobachtungsflächen angelegt. Einige davon wurden bereits aufgegeben und durch neue ersetzt (z.B. DBF 1210/1211 Stuttgart). Eine mehr oder weniger kontinuierliche Bearbeitung des überwiegenden Anteils dieser Dauerflächen erfolgte lediglich im Zeitraum 1985 bis 1997. Danach wurde das Untersuchungsprogramm stark eingeschränkt (Aufnahme der Gesamt-DBF: 2001: 58 DBF, 2007: 30 DBF; Aufnahme der Sukzessionsquadrate: 2004: 12 DBF). Eine genauere Darstellung findet sich im Projektbericht 3.

Ursachen hierfür sind u.a. die starke Beeinträchtigung vieler Flächen durch Windwurf (Kronenauflichtung) und die Konzentration auf 30 Intensiv-Wald-DBF. Wie die Auswertung der Wald-Dauerbeobachtungsflächen zeigte, ist eine Reihe von Wald-Dauerbeobachtungsflächen auf Grund ihrer Artenarmut nur bedingt für ein vegetationskundliches Langzeit-Monitoring geeignet (siehe Projektbericht 3). Dies schränkt die Anzahl der aktuell vorhandenen Wald-Dauerbeobachtungsflächen erheblich ein.

Es sollte unbedingt vor Ort geprüft werden, welche der Dauerbeobachtungsflächen wirklich noch für ein Langzeit-Monitoring im Sinne des Ökologischen Wirkungskatasters zur Verfügung stehen. Eventuell ist auch die Neuanlage von Flächen, bzw. eine Erweiterung des bisherigen Netzes zu prüfen.

Weiterführung und Neuanlage von Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Im Vergleich zu den Wald-Dauerbeobachtungsflächen scheint die Weiterführung der bestehenden Grünland-Dauerbeobachtungsflächen weniger problematisch. Wie bereits im Projektbericht 1 und 2 dargestellt, umfasst das Spektrum der an den Dauerbeobachtungsflächen vorhandenen Grünland-Gesellschaften aber bei weitem nicht das Spektrum der in Baden-Württemberg auftretenden Gesellschaften und Standortpotentiale. Im Wesentlichen werden derzeit Halbtrockenrasen und bodensauere Magerwiesen durch das Monitoring abgedeckt.

Einfluß von Pflegemaßnahmen auf die Vegetationsentwicklung der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Wie bereits im Projektbericht 2 ausführlich dargestellt, haben Pflegemaßnahmen z.T. einen starken Einfluß auf die Vegetationsentwicklung an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen. Dieser Einfluß ist bei der Interpretation der Daten aus dem Langzeit-Monitoring dieser Flächen oft schwer von anderen Einflüssen zu trennen. Aus diesem Grund ist es unbedingt erforderlich, die an den DBF durchgeführten Pflegemaßnahmen nach Art und Intensität lückenlos zu dokumentieren und nach Möglichkeit gleichbleibend zu halten (regelmäßige Maßnahmen, Maßnahmen der gleichen Art, gleiche Intensität der Maßnahmen).

Klimafolgenmonitoring an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Auch wenn die Auswertung der bisher von den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg vorliegenden Daten noch keine eindeutig durch den Klimawandel erfolgten Veränderungen der Vegetation aufzeigen, ist bei einem sich weiter und/oder stärker ändernden Standortklima (z.B. Zunahme der Jahresmitteltemperatur, eine Folge von trockenwarmen Sommern oder sehr milden Wintern) sicherlich mittel- bis langfristig mit Klima bedingten Veränderungen der Vegetation zu rechnen.

Da Grünland-Gesellschaften stark durch die Nutzung (bzw. Pflege) der Standorte geprägt sind und die Krautschicht der Wälder (insbesondere an mittleren Standorten) durch das Bestandsklima der Waldes abgepuffert wird und sehr sensibel auf Veränderungen in der Baumschicht (Windwurf, Kronenauflichtung, etc.) reagiert, sind diese Gesellschaften nur bedingt als Klimaindikatoren geeignet. Gerade für diese Fragestellung sollte deshalb geprüft werden, ob nicht bei anderen Gesellschaften und Standorten bereits früher (bei geringer Veränderung des Klimas) mit stärkeren Veränderungen der Vegetation zu rechnen ist.

Besonders geeignet scheinen Gesellschaften mit einem hohen Anteil an wärme- oder kälteliebenden Arten bzw. ozeanischen oder kontinentalen Arten. Insbesondere Kryptogamengesellschaften (z.B. Moose und Flechten) an offenen und exponierten Standorten (Felsen, Blockhalden, Epiphyten an einzeln stehenden Bäumen) haben hierfür ein hohes Potential.

Monitoring der Elementkonzentrationen in Pflanzen und Erfassung von Produktionsparametern der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Das Monitoring der Elementkonzentrationen in Pflanzenproben der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen sollte unbedingt in einem Rhythmus von 2-3 Jahren (parallel zur Aufnahme der Sukzessionsquadrate) weitergeführt werden.

An den Wald-DBF werden die Ermittlung von 1000 Nadel- bzw. Blattgewichten sowie die Messung der Blattflächen empfohlen. Es ist davon auszugehen, daß diese biometrischen Größen in den verschiedenen Aufnahmejahren variieren und einen Einfluß auf die Elementgehalte bzw. die Stoffanreicherung haben. Außerdem lassen sie Rückschlüsse auf die Wuchsverhältnisse zu, was sich als wichtig erweisen könnte, um Veränderungen der pflanzlichen Produktivität durch den Globalen Wandel (Anstieg der Temperaturen und der CO₂-Konzentrationen) zu erfassen.

Da die generellen Zielsetzungen des ÖKWI in etwa denjenigen des EU-weiten ICP-Forest-Programms entsprechen, ist zu überprüfen, ob die Untersuchungen und die Methoden in Zukunft aufeinander abgestimmt werden können. Dies könnte Synergieeffekte erzeugen, zumal die im ÖKWI stark repräsentierten Buchenstandorte im baden-württembergischen Level-II-Netzwerk unterrepräsentiert sind.

Auch bei den Grünland-DBF sollte das stoffliche Monitoring unbedingt fortgesetzt und durch die Erfassung von Produktionsparametern ergänzt werden. Es scheint

vertretbar, mit Wiesenaufwuchs-Mischproben zuarbeiten, da eine nach Pflanzenarten differenzierte Probennahme und Analyse sehr aufwändig wäre.

Je DBF sollte zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme der Sukzessionsquadrate eine repräsentative, 1 m² große Fläche in unmittelbarer Nähe der DBF vollständig (bis auf 7 cm über dem Boden) geerntet werden. Vor der Ernte sollte eine vollständige Vegetationsaufnahme der Fläche (Deckungsschätzung nach Braun-Blanquet) gemacht werden. Das Schnittgut wird in die funktionellen Gruppen Gräser und Kräuter sortiert und das Frisch- und Trockengewicht der Fraktionen bestimmt. Danach wird das getrocknete Schnittgut gemahlen und Proben zur Analyse der Elementkonzentrationen entnommen. Nährelement- und Schadstoffanalysen sollten in den Grasproben (optional auch in der Krautfraktion) erfolgen.

Die Bestimmung der Frisch- und Trockengewichte gibt Auskunft über die Produktivität der DBF. Dies erscheint sinnvoll, um neben Schadstoff- und Nährelementkonzentrationen auch Informationen zum Biomassezuwachs der unterschiedlichen DBF (bzw. der verschiedenen Grünlandgesellschaften) im Laufe der Zeit zu erhalten. Diese Vorgehensweise ist besser geeignet als die Untersuchung einzelner Arten und nicht näher definierter Mischproben und liefert zudem wertvolle Erkenntnisse über etwaige Veränderungen in der pflanzlichen Produktivität, die sich infolge des Klimawandels (höhere Temperaturen, veränderte Niederschlagsmuster) und einer veränderten atmosphärischen Zusammensetzung (CO₂-Anstieg und rückläufige Depositionen) langfristig ergeben können.

6. Zusammenfassung

Die Wirkungen von Umweltveränderungen und stofflichen Belastungen sind vielfältig und medienübergreifend. Das Land Baden-Württemberg hat diese Problematik bereits 1984 mit dem Aufbau und Betrieb eines landesweiten biologischen Messnetzes, dem „Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg“ (ÖKWI), aufgegriffen. Im ÖKWI werden Wirkungen von Umweltveränderungen und Stoffeinträgen mit Hilfe von Bioindikatoren erfasst und bewertet. Ein wichtiger Aspekt ist dabei der Schutz der Biodiversität.

Auf den baden-württembergischen Dauerbeobachtungsflächen werden nun seit über 20 Jahren Veränderungen der Vegetation und der stofflichen Belastungen fortschreitend dokumentiert. Damit wurden und werden **Zeitreihen zum Zustand des Naturhaushaltes** sowie eine **räumliche Differenzierung der Belastungssituation** erarbeitet. Regelmäßige vegetationskundliche Aufnahmen stellen dabei die Basis der Untersuchungen auf den Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI dar. Ziel ist die Erkennung langfristiger, immissions- und klimabedingter Veränderungen der Vegetationsdecke.

Bei diesem durch die LUBW geförderten Projekt geht es um die Auswertung der an den Dauerbeobachtungsflächen erhobenen Vegetationsdaten und deren Verknüpfung mit Immissions- und Klimadaten. **Ziel des Projektes** ist es, Vegetationsveränderungen darzustellen, ihre räumliche Repräsentanz zu beurteilen, die Ursachen der möglicherweise über die Zeit erfolgten Veränderungen zu ermitteln und in ihrer relativen Bedeutung zu gewichten.

Die Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Das ÖKWI umfasst 18 Grünland-Dauerbeobachtungsflächen. Es handelt sich um artenreiches Extensivgrünland auf mageren, trockenen, basen-/kalkreichen Standorten (Halbtrockenrasen und Wacholderheiden) und auf mageren, frischen bis feuchten, bodensauren Standorten (Borstgrasrasen und Pfeifengraswiesen). Die Dauerbeobachtungsflächen sind über Baden-Württemberg verteilt mit Schwerpunkten auf der Schwäbischen Alb und im Süd-Schwarzwald. Die Flächen liegen zwischen 160 m (Taubergießen) und 1470 m (Feldberg) ü.NN mit einem deutlichen Schwerpunkt im montanen Bereich. Alle Dauerbeobachtungsflächen liegen in Naturschutzgebieten und werden in unterschiedlicher Weise und Intensität gepflegt. Vier Dauerbeobachtungsflächen auf eher saueren Standorten wurden erst 1999 eingerichtet (Rohrhardtsberg, Feldberg, Belchen, Rauhe Wiese), um ein weiteres Standortspektrum abzudecken. Die Dauerbeobachtungsflächen repräsentieren dennoch nur einen Teil der vielfältigen in Baden-Württemberg vorkommenden Grünland-Standorte und -Gesellschaften. Im Gegensatz zu den Wald-DBF werden an den Grünland-DBF keine klimatischen Messungen durchgeführt.

Die Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Die ursprünglich 60 Wald-Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI wurden bei ihrer Anlage gleichmäßig über alle naturräumlichen Haupteinheiten von Baden-

Württemberg verteilt. Die Flächen liegen zwischen 100 m (z.B. Weinheim) und 1260 m (Schönau) ü.NN und decken ein weites Spektrum geologischer Substrate und Bodentypen ab. Beim weit überwiegenden Teil der Dauerbeobachtungsflächen handelt es sich um Rotbuchen-dominierte Laubwälder verschiedener Gesellschaften und Ausprägungen (*Luzulo-*, *Asperulo-*, *Hordelymno-* und *Carici-Fagetum*). Ausnahmen bilden die nur wenigen Tannenwälder (*Galio-Abietum*, *Vaccinio-Abietum*, *Luzulo-Abietum*) und Eichen-Hainbuchenwälder (*Carpinetum*). Bei allen Waldflächen handelt es sich um Altbestände; eine Beeinträchtigung durch forstwirtschaftliche Nutzungen fand im Untersuchungszeitraum nicht statt.

Eine kontinuierliche vegetationskundliche Bearbeitung des überwiegenden Anteils der Wald-Dauerbeobachtungsflächen erfolgte im Zeitraum 1985 bis 1997. Danach wurde das Untersuchungsprogramm stark eingeschränkt. Auf Grund ihrer Artenarmut ist eine Reihe der Wald-Dauerbeobachtungsflächen nur bedingt für ein vegetationskundliches Langzeit-Monitoring geeignet (siehe Projektbericht 3). An 30 Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen erfolgt seit 2003 eine automatisierte Aufzeichnung des Bestandsklimas, so daß Veränderungen des Mikro- und Bodenklimas gut dokumentiert werden können.

Das Bestands- und Lichtklima an vielen Standorten wurde durch Stürme (z.B. Wiebke 1992, Lothar 1999) wesentlich beeinträchtigt (Kronenauflichtung), so daß im Jahr 2004 nur noch bei 12 der ursprünglich 60 DBF eine detaillierte Aufnahme der Sukzessionsquadrate durchgeführt wurde (Thomas & Thomas-Kübler 2005).

Vegetation und Standortbedingungen

Sowohl bei den Grünland- als auch bei den Wald-Dauerbeobachtungsflächen lässt sich mit statistischen Methoden (z.B. Ordinationsverfahren) ein enger Zusammenhang zwischen Vegetationsdifferenzierung und den allgemeinen Standortbedingungen (Bodenreaktion, Bodenfeuchte, Klima, etc.) nachweisen. Die an den DBF vorhandenen Pflanzenarten und -gesellschaften sind auf allen Flächen hervorragend in der Lage, das vorhandene Standortpotential zu charakterisieren. Dabei können z.B. bei den Rotbuchen-dominierten Laubwäldern auch graduelle Übergänge zwischen den Standorten und Gesellschaften aufgezeigt werden. An den einzelnen Dauerbeobachtungsflächen erlauben die vorhandenen Sukzessionsquadrate einen guten Einblick in die kleinräumige Variabilität (bzw. Differenzierung) der Vegetation. Damit lassen sie die Beurteilung eventuell vorhandener, über die kleinräumige Variabilität der Standorte hinausgehender, zeitlicher Veränderungen zu.

Diversität

Artenreichtum und –diversität entsprechen an fast allen Standorten dem natürlichen Potential der Standorte sowie den vorherrschenden Nutzungs- bzw. Pflegebedingungen. Während bei den Waldstandorten, abgesehen von methodisch und durch die natürliche Sukzession der Strauchschicht bedingten Schwankungen, an den meisten Standorten kaum Veränderungen des Artenreichtums und der Diversität zu beobachten sind, ist an den Grünlandstandorten, vorrangig bedingt durch die Pflege, ein Trend zunehmender Artenzahlen und höherer Diversitätsindizes feststellbar.

Bei den Wald-DBF stellen vor allem die Eichen-Hainbuchenwälder (*Carpinetum*) eine Ausnahme von dieser Feststellung dar, da es an ihren Standorten oft zu einer

tiefgreifenden Veränderung der Standortbedingungen, Bestandsstruktur und in Folge der Artenzusammensetzung gekommen ist. Ursache dieser Veränderungen sind meist Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt und Veränderungen des Lichtklimas dieser Standorte.

Ausschließlich Immissions- und klimabedingte Veränderungen der Diversität (Artenreichtum, Vergesellschaftung) konnten nicht nachgewiesen werden.

Vegetationsveränderungen durch natürliche Sukzession

Bei den untersuchten Grünland-Gesellschaften handelt es sich um anthropogene Ersatzgesellschaften der natürlichen Vegetation (in der Regel Wald), die für ihren Erhalt auf regelmäßige Pflege bzw. Nutzung angewiesen sind. Findet diese nicht statt, so kommt es durch natürliche Sukzession (Verbrachung, Versaumung, Verbuschung, Bewaldung) zu einer Veränderung der Vegetation und Standortbedingungen. Werden Pflege bzw. Nutzung intensiviert, so wird auch dies in der Vegetation deutlich (siehe Abschnitt „*Der Einfluß von Pflege und Nutzung*“).

Bei den Wald-DBF hat sich an vielen Standorten das Bestands- und Lichtklima durch Stürme (z.B. Wiebke 1992, Lothar 1999) wesentlich verändert (Kronenauflichtung). Diese Veränderung des Bestandsklimas hat oft zu Veränderungen in der Krautschicht sowie zu einer verstärkten Sukzession der Strauchschicht geführt. Insbesondere die Sukzession der Strauchschicht führte an diesen Standorten ihrerseits zu einer Veränderung des Licht- und Bestandsklimas in der Krautschicht. Die durch die Stürme sowie die Sukzession der Strauchschicht verursachten Veränderungen im Bestandsklima lassen sich aber kaum von den durch Veränderungen des Makroklimas hervorgerufenen Veränderungen trennen. Messungen des Bestandsklimas liegen erst für wenige Jahre (2003-2007) vor.

Der Einfluß von Pflege und Nutzung

Während an den Wald-Dauerbeobachtungsflächen im Untersuchungszeitraum keine offensichtliche Beeinflussung der Vegetation durch eine Nutzung durch den Menschen bestand und festzustellen war, handelt es sich bei den untersuchten Grünland-Gesellschaften um anthropogene Ersatzgesellschaften der natürlichen Vegetation, die für ihren Erhalt auf eine regelmäßige Nutzung bzw. Pflege angewiesen sind.

Die untersuchten Grünland-Dauerbeobachtungsflächen liegen ausschließlich in Naturschutzgebieten und wurden in unterschiedlicher Art (Beweidung, Mahd), in unterschiedlichen Abständen und unterschiedlicher Intensität gepflegt (siehe Projektbericht 2). Ein großer Teil der Standorte (vor allem der Halbtrockenrasen und Waldholderheiden) wurde vor der Einrichtung der Dauerbeobachtungsflächen in den 1980er Jahren nicht oder nur wenig gepflegt und war damals mehr oder weniger stark durch Versaumung und Verbuschung beeinträchtigt. Der Einfluß der durchgeführten Pflegemaßnahmen lässt sich im Langzeit-Monitoring deutlich belegen und hat sich an den meisten Standorten auf den Erhaltungszustand des artenreichen Extensivgrünlandes positiv ausgewirkt. Insbesondere ist die an fast allen Standorten feststellbare Erhöhung der Artenzahlen und Diversitätsindizes in diesem Zusammenhang zu erwähnen (z.B. auch im Vergleich zu den hier ebenfalls unter-

suchten Standorten und Behandlungen der Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg).

An einigen Standorten ist der Einfluß einer historischen Nutzung oder einer ehemals starken Verbuschung auch heute noch in der Vegetation feststellbar (z.B. DBF 2290 Kaiserberg, ehemaliger Weinberg).

Die Pflege der Dauerbeobachtungsflächen, die leider nur unzureichend dokumentiert wurde, hat auch einen Einfluß auf die mittleren ökologischen Zeigerwerte der Standorte (z.B. bei den Faktoren Licht, Temperatur, Kontinentalität), die sich kaum von makroklimatischen Veränderungen trennen lässt. Es ist davon auszugehen, daß es sich bei der Pflege meist um den dominanten Einflußfaktor handelte. Auch bei einem in Zukunft stärker in Erscheinung tretenden Klimawandel wird der Faktor „Pflege“ große Bedeutung behalten. Teilweise wird auch die Pflege auf den Klimawandel reagieren müssen, um Ökosystemfunktionen stabilisieren zu können.

Homogenität / Heterogenität der Dauerbeobachtungsflächen

Die Sukzessionsquadrate an den einzelnen Dauerbeobachtungsflächen (sowohl im Wald als auch im Grünland) belegen eindrucksvoll die Homogenität bzw. Heterogenität der einzelnen DBF sowie innerhalb der DBF vorhandene ökologische Gradienten. Veränderungen des Bestands- und Lichtklimas, natürliche Sukzession, aber auch Intensitätsunterschiede der Pflege können kleinräumig variieren. Die Sukzessionsquadrate geben daher einen wichtigen Einblick in diese kleinräumige Variabilität und ihre Auswirkungen auf die gesamte Dauerbeobachtungsfläche. So kann z.B. eine auf wenige Sukzessionsquadrate beschränkte Sukzession der Strauchschicht im Wald oder eine Verbuschung im Grünland Auswirkungen auf das Bestandsklima und die mittleren ökologischen Zeigerwerte für Licht, Temperatur und Kontinentalität der Gesamt-DBF haben. Diese lokalen Veränderungen sind bei einer regionalen und überregionalen Interpretation der Daten unbedingt zu berücksichtigen.

Immissionen

Weder an den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen, noch an den Wald-Dauerbeobachtungsflächen lassen sich Veränderungen der Vegetationszusammensetzung feststellen, die ausschließlich oder überwiegend durch atmosphärische Depositionen verursacht wurden. Eine Ausnahme von dieser Feststellung bilden eventuell die Stickstoff-Depositionen (siehe Abschnitt „*Eutrophierung*“). Auch lassen sich aus dem vorliegenden Datenmaterial keine direkten Schädigungen von Arten über die Luft oder durch Akkumulation von Schadstoffen im Boden ableiten.

Dennoch spiegeln die in Pflanzenproben gemessenen Elementkonzentrationen eindrucksvoll die Belastungssituation in unterschiedlichen Räumen und zu unterschiedlichen Zeiten wieder. Die Ergebnisse der Auswertung der Elementkonzentrationen in Pflanzenproben wurden in einer gesonderten Publikation dargestellt und diskutiert (Franzaring et al. 2009).

Der allgemeine Rückgang der **Bleikonzentration** in Pflanzenproben der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen ist ein eindeutiger Beleg für die Wirkung der Maßnahmen des Benzin-Blei-Gesetzes.

Der allgemeine Rückgang der **Schwefelkonzentration** in Pflanzenproben der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen (Projektbericht 2, Abb. 3.42) steht im Einklang mit dem Rückgang der modellierten Schwefeldeposition an allen Standorten. Er ist vorrangig bedingt durch den starken Rückgang von SO_4^- im Niederschlag (nasse Deposition).

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

In den Blattproben der Wald-DBF lässt sich dieser generelle Rückgang der Schwefelkonzentrationen nicht belegen. Im Jahr 2004 lagen die mittleren S-Konzentrationen sogar wieder auf einem ähnlich hohen Niveau wie zu Mitte der 1980er Jahre.

Die modellierten AOT40 Expositionszindizes (**Ozon**, Gauger et al. 2007) nehmen an vielen Standorten der Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1990 und 2006 kontinuierlich ab oder bleiben gleich. 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. Extrem hohe Werte wurden an allen Standorten auf Grund der besonderen klimatischen Situation im Jahr 2003 (strahlungsreicher Sommer) erreicht. Die Ergebnisse der DBF-Untersuchungen deuten aber nicht auf direkte phytotoxische Effekte des Sommersmogs und indirekte ozonbedingte Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften hin.

Eutrophierung

Die modellierten Stickstoffdepositionen (Anshelm & Gauger 2002, Gauger et al. 2007) an den Standorten der Wald- und Grünland-DBF zeigen, daß die critical loads für Stickstoff immer noch weiträumig überschritten werden und langfristige Eutrophierungsphänomene bewirken können. Gleichzeitig deuten die über die Zeit angestiegenen mittleren Blattkonzentrationen des Elementes Stickstoff in der Zeitreihe des ÖKWI auf einen erheblichen Eintrag eutrophierender Komponenten hin. Der in den modellierten **Stickstoffdepositionen** an fast allen Standorten der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren von 1998 bis 2004 zu beobachtende Anstieg (siehe Projektberichte 2 und 3) kann tendenziell auch in den Elementkonzentrationen der Pflanzenproben nachvollzogen werden. Er steht ebenfalls im Einklang mit dem an einigen Wald-Standorten zu beobachtenden Anstieg des mittleren gewichteten Ellenberg-N-Wertes.

Letzteres kann aber auch durch erhöhte Stoffumsetzungen auf Grund von Störungen des Bestands- und Lichtklimas hervorgerufen worden sein. An den Grünland-Standorten kann eine regelmäßige Pflege mit Abfuhr des Mahdgutes zu einem

deutlichen Nährstoffentzug führen und die Einträge atmosphärischen Stickstoffs zumindest teilweise ausgleichen.

Die weiträumigen N-Einträge haben vor allem in den Waldökosystemen Mitteleuropas in den letzten Jahren zu gravierenden Veränderungen in der Nährstoffversorgung geführt. Dies äußert sich in Nährstoffungleichgewichten (Ernährungsstörungen), die sich langfristig in einer verringerten Vitalität und Wachstumseinbußen auswirken können. Hier seien beispielsweise die N:P und N:K Relationen genannt (Franzaring et al. 2009).

Klima

Eine Betrachtung der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte für Temperatur und Kontinentalität an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen des ÖKWI zeigt große Unterschiede in der Reaktion einzelner Flächen.

An den Grünland-Dauerbeobachtungsflächen kann tendenziell von einer Erhöhung der mittleren Temperaturwerte und einem Rückgang der mittleren Kontinentalitätszahlen gesprochen werden. Allerdings sind an einzelnen Standorten auch gegenläufige Trends erkennbar. An den Wald-Dauerbeobachtungsflächen sind diese Tendenzen weniger offensichtlich.

Obwohl diese Tendenzen im Einklang mit den allgemeinen klimatischen Trends im Beobachtungszeitraum stehen (leichte Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen, weniger kalte Winter, zunehmende thermische Ozeanität, etc.) muß betont werden, daß sich ein vielfältiges Wirkungsgefüge in den mittleren Zeigerwerten widerspiegelt und die Interpretation vor allem bei den Wald-DBF durch methodische Schwierigkeiten (Artenarmut vieler DBF, zu kleine Aufnahmeflächen) erschwert wird.

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 (hoher L-Wert) 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. Bei den Wald-DBF kann sich eine durch Kronenauflichtung (Stürme) und/oder verstärkte Sukzession der Strauchschicht verursachte Veränderung des Bestands- und Lichtklimas erheblich auf die mikroklimatischen Bedingungen in der Krautschicht auswirken. Eine indirekte Folge des Klimawandels kann somit sein, daß vermehrt auftretende Stürme die Bestandstruktur der Wälder gravierend verändern, wodurch auch die Strauch- und Krautschicht maßgeblich betroffen sein wird.

Die Bestandsklimadaten der Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen belegen eindrucksvoll die Abpufferung des Bestandsklimas gegenüber dem Makroklima.

Die intensive Betrachtung des Makroklimas und seiner Trends an den Standorten der Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen zeigt zwar für den Beobachtungszeitraum die oben genannten Tendenzen, macht aber auch die geringe Bedeutung

dieser Trends gegenüber den „normalen“ jährlichen Schwankungen des mitteleuropäischen Klimas deutlich. Offensichtliche klimatische Auswirkungen auf die Vegetation sind vor allem in Extremjahren, wie dem Sommer des Jahres 2003 zu beobachten. Eine Abfolge solcher Extreme oder längeranhaltende und stärkere Klimaveränderungen sind sicherlich in der Lage, die Zusammensetzung und Struktur unsere Vegetation nachhaltig zu verändern.

Um diese Veränderungen dokumentieren und bewerten zu können, kommt einem ökologischen Langzeit-Monitoring wie dem ÖKWI eine besondere, zunehmende Bedeutung zu. Die heute bereits vorhandenen Daten bilden dabei eine wichtige Referenz zur Feststellung und Bewertung zukünftiger Veränderungen.

Ausblick

Mit seinen über 20-jährigen Zeitreihen und einer landesweiten Ausdehnung über Baden-Württemberg hat das Ökologischen Wirkungskataster eine zentrale Bedeutung zur Beurteilung des **Zustandes des Naturhaushaltes** sowie der **zeitlichen und räumlichen Differenzierung der Umweltveränderungen und stofflichen Belastungen**.

Um die Funktionsfähigkeit des ÖKWI langfristig aufrechtzuerhalten und es an neue Herausforderungen anzupassen, wurden Vorschläge zur Weiterführung des ÖKWI herausgearbeitet.

Neben methodischen Verbesserungen und Erweiterungen der Untersuchungen an den vorhandenen Standorten sind die Prüfung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Standorte und eine Erweiterung des bestehenden Netzes notwendig. Diese Erweiterung kann auch zur Verbesserung der landesweiten Repräsentativität führen.

Um auch den Herausforderungen eines sich wandelnden Klimas gerecht zu werden, scheint die Ausweitung auf andere, gegebenenfalls stärker betroffene Vegetationstypen und Standorte von Bedeutung. Hierbei sollten vor allem auch Extremstandorte der wärmsten und kühlpsten Lagen in Baden-Württemberg berücksichtigt werden, an denen sich Klimaveränderungen vermutlich besser nachweisen lassen als in den sich im klimatischen Optimalbereich befindlichen Pflanzengesellschaften.

7. 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. 108 S.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)(2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt.- Paderborn.
- Briemle, G. (2005): 20 Jahre Magerwiesenversuch Filsenberg (Schwäbische Alb). Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf - Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Wild, Fischerei - LVVG Aulendorf, Versuchsbericht 171/05, 37 S.
- DWD & LUBW (Deutscher Wetterdienst und Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2006): Klimaatlas Baden-Württemberg. Karlsruhe. (http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/)
- Franzaring, J., Holz, I., Zipperle, J. & A. Fangmeier (2009): Twenty years of biological monitoring of element concentrations in permanent forest and grassland plots in Baden-Württemberg (SW-Germany).- Environmental Science & Pollution Research, DOI 10.1007/s11356-009-0181-x, in press.
- 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.
- Kahmen, S., Poschlod, P. & K.-F. Schreiber (2002): Conservation management of calcareous grasslands. Change in plant species composition and response of functional traits during 25 years.- Biological Conservation 104: 319-328.
- Kahmen, S. & P. Poschlod (2008): Effects of grassland management on plant functional trait composition.- Agriculture, Ecosystems and Environment 128: 137-145.
- Meynen & Schmithüsen (1962): Handbuch zur naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- Bad Godesberg, Bd. 1 u. 2, 1339 S.
- Moog, D., Poschlod, P., Kahmen, S. & K.-F. Schreiber (2002): Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years.- Applied Vegetation Science 5: 99-106.
- Moog, D., Kahmen, S. & P. Poschlod (2005): Application of CSR- and LHS-strategies fort he distinction of differently managed grasslands.- Basic and Applied Ecology 6: 133-143.

- 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>.
- Schiefer, J. (1980): Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetationsentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen (Beweidung, Mulchen, kontrolliertes Brennen, ungestörte Sukzession).- Dissertation, 325 S., Stuttgart-Hohenheim.
- Schreiber, K.-F. & J. Schiefer (1985): Vegetations- und Stoffdynamik in Grünlandbrachen – 10 Jahre Bracheversuche in Baden-Württemberg.- in: Schreiber, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen. Seite 111-154.
- Schreiber, K.-F. (2006): 30 Jahre „Offenhaltungsversuche“ in Baden-Württemberg mit unterschiedlichem Management - Organisation, Datenerhebung, wichtige Ergebnisse.- Vortrag zur LTER-D Tagung 08/10.03.2006 Halle/Saale, 19 S.
- Stock, M. (Hrsg.) (2005): KLARA - Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung.- PIK Report 99: 1-200. (<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/1454/>)
- Thomas, P. & M. Kübler-Thomas (2005): Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg – Aufnahme der Wald-Dauerbeobachtungsflächen 2004.- Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz, 84 S. + 12 Tabellen (Anlage).
- 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.

8. Anhang

	Seite
Anhang 1:	
Liste der im Rahmen dieses Berichtes ausgewerteten Klimastationen des DWD	127

Anhang 1:

Liste der im Rahmen dieses Berichtes ausgewerteten Klimastationen des DWD

Erläuterungen siehe am Ende der Tabelle.

Nr.	ID	Stationsname	Lat	Lon	Höhe	alte Nr.	vorh	Daten bis
1	1	Aach	47.84	8.85	478	2783	1	30.06.1986
2	6167	Aalen-Röthardt (Kurort)	48.85	10.08	557	128	0	30.06.1999
3	70	Albstadt-Ebingen	48.21	9.04	712	2755	1	30.09.1986
4	71	Albstadt-Lautlingen	48.21	8.96	698	2928	1	31.12.2003
5	72	Albstadt-Onstmettingen	48.28	9	794	2926	1	31.05.1995
6	4189	Altheim, Kreis Biberach	48.15	9.46	533	2880	1	31.12.2007
7	7107	Argenbühl (AKKst)	47.68	9.95	674	2975	0	30.04.2004
8	238	Aulendorf-Spiegler	47.97	9.67	560	2764	1	31.12.2004
9	257	Baden-Baden-Geroldsau	48.73	8.25	240	2701	1	31.12.2007
10	268	Baiersbronn-Obertal	48.53	8.27	622	2752	1	31.12.1996
11	273	Baindt	47.84	9.66	467	2966	1	30.04.1990
12	576	Böblingen	48.68	8.97	445	2913	1	31.12.2003
13	594	Boll, Bad (KKst)	48.64	9.61	425	2874	1	29.02.2000
14	604	Bonndorf/Schwarzwald	47.82	8.34	875	2761	1	31.10.2005
15	634	Boxberg-Seehof	49.45	9.65	373	2515	1	31.03.1991
16	710	Bretten	49.03	8.7	185	2703	1	31.12.2003
17	755	Buchen, Kr. Neckar-Odenwald	49.52	9.32	340	2685	1	31.12.2007
18	757	Buchenbach	47.96	8	445	2315	1	31.12.2007
19	772	Bühlertal	48.7	8.18	190	2702	1	30.04.1986
20	772	Bühlertal	48.7	8.18	190	2702	0	31.08.1939
21	773	Bühlertal-Obertal	48.68	8.18	478	2903	1	31.12.2004
22	881	Crailsheim-Alexandersreut	49.1	10.1	423	4099	1	31.12.2003
23	931	Deggenhausertal-Azenweiler	47.8	9.41	708	2967	1	31.12.2003
24	998	Dobel	48.8	8.49	696	2707	1	31.10.2001
25	1018	Donaueschingen	47.94	8.51	677	2780	1	31.12.2004
26	1076	Dürrheim, Bad	48.01	8.54	692	2740	1	30.11.2000
27	1093	Eberbach/Neckar	49.46	8.98	176	2680	1	31.10.2005
28	1102	Ebersbach/Fils	48.72	9.53	300	2865	1	31.12.2002
29	1146	Ehningen	48.66	8.91	487	2919	1	31.07.1987
30	1169	Eimeldingen	47.63	7.6	264	2341	1	30.09.1999
31	1197	Ellwangen-Rindelbach	48.99	10.13	460	4100	1	31.12.2007
32	1197	Ellwangen-Rindelbach	48.99	10.13	460	4100	0	31.12.1940
33	1214	Elzach-Fisnacht	48.2	8.11	440	2930	1	31.12.2007
34	1224	Emmendingen-Mundingen	48.14	7.84	201	2304	1	31.12.2007
35	1239	Engen/Hegau	47.85	8.77	540	2785	1	31.12.2007
36	1243	Eningen	48.47	9.3	705	2759	1	30.09.1985
37	5840	Enzklösterle	48.67	8.47	600	2734	1	31.03.2005
38	1254	Eppingen	49.13	8.92	210	2691	1	30.11.2002
39	1255	Eppingen-Elsenz	49.17	8.85	220	2846	1	31.12.2007
40	1276	Eriskirch-Mariabrunn	47.64	9.54	408	2980	1	31.12.2002
41	706	Eschbach	47.89	7.66	234	2326	1	31.12.2004
42	1347	Feldberg-Altglashütten	47.86	8.12	962	2939	1	31.01.1987
43	1346	Feldberg/Schwarzwald	47.88	8	1486	2320	1	31.12.2007
44	1440	Freiamt-Ottoschwanden	48.2	7.93	481	2318	1	31.12.2003
45	1443	Freiburg	48.02	7.84	236.3	2311	1	31.12.2007
46	1447	Freiburg im Breisgau-Herdern	48.01	7.86	255	2310	1	30.06.1985
47	7187	Freudenberg/Main-Boxtal	49.76	9.41	193	2833	1	31.12.2007
48	1468	Freudenstadt	48.45	8.41	796.5	2751	1	31.12.2007

49	1468	Freudenstadt	48.45	8.41	796.5	2751	0	31.12.1948
50	1467	Freudenstadt-Kurgarten	48.46	8.42	736	2750	1	30.06.2005
51	1481	Friedenweiler	47.92	8.26	928	2766	1	31.12.1998
52	1490	Friedrichshafen	47.65	9.49	394	2793	1	30.11.1980
53	6258	Friedrichshafen-Unterraderach	47.69	9.44	459	2794	1	31.12.2007
54	6259	Großerlach-Mannenweiler	49.02	9.6	523	2877	1	31.12.2007
55	1875	Gschwend, Kr. Ostalb	48.94	9.74	492	2723	1	31.12.2002
56	2074	Hechingen	48.38	8.98	522	2754	1	31.12.2007
57	2074	Hechingen	48.38	8.98	522	2754	0	31.12.1946
58	2080	Heidelberg	49.42	8.67	110	2693	1	31.12.2007
59	2081	Heidelberg (Königstuhl)	49.24	8.44	561	2692	1	31.12.1960
60	2083	Heidelberg-Grenzhof	49.42	8.61	110	2694	1	31.12.1958
61	2088	Heidenheim/Brenz	48.67	10.13	500	4102	1	30.04.2005
62	2095	Heilbronn	49.15	9.23	167	2689	1	31.10.2003
63	7331	Hermaringen-Allewind	48.61	10.27	468	4101	1	31.12.2007
64	2158	Herrenalb, Bad	48.81	8.44	350	2706	1	30.09.2005
65	2158	Herrenalb, Bad	48.81	8.44	350	2706	0	31.12.1950
66	2159	Herrenberg	48.59	8.86	430	2920	1	31.03.1985
67	2228	Hinterzarten	47.9	8.11	883	2771	1	31.03.2005
68	2244	Höchenschwand	47.73	8.16	1008	2777	1	30.09.1999
69	2349	Hornisgrinde	48.61	8.2	1125	2705	1	31.08.2005
70	2352	Hottingen	47.62	8.02	712	2768	1	31.08.1971
71	2388	Ihringen	48.04	7.63	193	2355	1	31.12.2003
72	2406	Ingelfingen	49.3	9.65	209	2509	1	30.11.2002
73	6260	Ingelfingen-Stachenhausen	49.33	9.71	385	2844	1	31.12.2007
74	2423	Isny	47.69	10.04	712	4138	1	30.04.2004
75	2477	Jungholz (Kühmoos)	47.59	7.96	728	2331	1	31.12.2007
76	2522	Karlsruhe	49.04	8.37	111.6	2698	1	31.12.2007
77	2546	Kehl-Odelshofen	48.56	7.88	141	2309	1	31.12.2003
78	2575	Kirchberg/Jagst-Herboldshausen	49.18	9.98	426	2838	1	31.12.2007
79	5885	Kirchheim/Teck-Ötlingen	48.66	9.42	289	2718	1	31.05.1977
80	2638	Klippeneck	48.11	8.76	973	2758	1	31.12.2007
81	2654	Knittlingen	49.03	8.76	200	2697	1	31.10.1983
82	2677	Königsfeld/Schwarzwald	48.14	8.43	730	2738	1	31.12.2000
83	2712	Konstanz	47.68	9.19	442.5	2795	1	31.12.2007
84	2713	Konstanz (Stadtgärtnerei)	47.66	9.16	398	2790	1	31.12.1974
85	2757	Krozingen, Bad	47.91	7.7	238	2334	1	31.12.1983
86	2775	Künzelsau	49.28	9.69	225	2681	1	30.06.1980
87	2775	Künzelsau	49.28	9.69	225	2681	0	31.12.1945
88	2812	Lahr	48.37	7.83	155	2303	1	31.12.2007
89	2814	Laichingen	48.5	9.7	747	2729	1	31.12.2007
90	2879	Lauda-Königshofen-Gerlachsheim	49.58	9.72	199	2678	1	31.12.1985
91	2886	Laupheim	48.22	9.92	539	9039	1	31.12.2007
92	2949	Lenningen-Schopfloch	48.54	9.53	758	2717	1	31.01.2002
93	2953	Lenzkirch-Ruhbühl	47.86	8.23	852	2773	1	31.12.2007
94	7403	Leutkirch-Herlazhofen	47.8	10.03	671.7	4397	1	31.12.2007
95	2996	Liebenzell, Bad	48.77	8.73	352	2742	1	31.12.1960
96	3001	Liliental	48.07	7.68	284	2306	1	31.05.1990
97	5898	Ludwigsburg	48.9	9.21	287	2714	1	30.06.1984
98	3135	Mainhardt-Ziegelbronn	49.07	9.58	473	2699	1	31.03.1983
99	1492	Malsburg-Marzell-Friedrichsheim	47.78	7.74	852	2323	1	31.12.2003
100	5906	Mannheim	49.51	8.56	96.1	2695	1	31.12.2007
101	3223	Meersburg	47.7	9.28	460	2789	1	30.09.1977
102	3257	Mergentheim, Bad-Neunkirchen	49.48	9.76	250	2679	1	31.12.2007
103	3268	Meßstetten	48.18	9	920	9054	1	31.12.2007
104	3278	Metzingen-Neuhausen	48.53	9.32	370	2863	1	31.12.2007

105	3362	Mühlacker	48.97	8.87	244	2870	1	31.12.2007
106	259	Müllheim	47.81	7.64	273	2322	1	31.12.2007
107	259	Müllheim	47.81	7.64	273	2322	0	31.12.1946
108	3402	Münsingen-Apfelstetten	48.39	9.48	750	2753	1	31.12.2007
109	3702	Münstertal-Obermünstertal	47.88	7.83	515	2336	1	31.12.2006
110	3425	Murrhardt	48.97	9.57	344	2721	1	31.05.2004
111	3425	Murrhardt	48.97	9.57	344	2721	0	31.12.1950
112	3432	Nagold	48.57	8.72	380	2745	1	31.03.1995
113	3432	Nagold	48.57	8.72	380	2745	0	31.12.1948
114	5562	Neubulach-Oberhaugstett	48.65	8.68	570	2871	1	31.12.2007
115	3486	Neudenau	49.29	9.27	212	2687	1	31.12.2004
116	6208	Neuenbürg-Waldrennach	48.83	8.61	554	173	0	01.10.2000
117	3518	Neuhausen ob Eck	47.98	8.91	793	2934	1	30.11.1993
118	3519	Neuhausen ob Eck- Unterschwandorf	47.95	8.99	663	2929	1	31.12.2003
119	3603	Niederstetten	49.38	9.97	473	9075	1	31.12.2007
120	3605	Niederstotzingen	48.53	10.24	451	4104	1	31.10.1980
121	6275	Notzingen	48.67	9.46	325	2866	1	31.12.2007
122	3672	Nufringen	48.62	8.89	455	2713	1	31.12.1954
123	3671	Nürtingen	48.63	9.33	280	2726	1	31.03.1991
124	3705	Oberndorf/Neckar-Aistaig	48.32	8.57	480	2924	1	31.12.2004
125	3734	Obersulm-Willsbach	49.13	9.35	230	2828	1	31.12.2007
126	3751	Ochsenhausen-Mittelbuch	48.05	9.88	626	2885	1	31.12.1997
127	3777	Offenburg	48.46	7.93	153	2301	1	31.12.2003
128	1602	Ohlsbach	48.43	7.99	176	2731	1	31.12.2007
129	1602	Ohlsbach	48.43	7.99	176	2731	0	31.12.1969
130	3761	Öhringen	49.21	9.52	275.9	2684	1	31.12.2007
131	3924	Pforzheim-Eutingen	48.91	8.74	246	2711	1	31.08.2005
132	3925	Pforzheim-Ispringen	48.93	8.7	333	2857	1	31.12.2007
133	3927	Pfullendorf	47.94	9.29	630	2786	1	31.12.2007
134	3929	Philippsburg	49.25	8.44	100	2696	1	30.09.1985
135	4053	Radolfzell-Markelfingen	47.75	9	407	2784	1	31.12.1996
136	4077	Rastatt	48.85	8.19	114	2890	0	31.07.1939
137	4152	Remetschwil	47.68	8.15	760	2799	1	31.12.1977
138	4160	Renningen-Ihinger Hof	48.74	8.93	478	2918	1	31.12.2007
139	4166	Reutlingen-Betzingen	48.51	9.18	360	2868	1	31.12.2002
140	4169	Rheinau-Memprechtshofen	48.67	8	131	2316	1	31.12.2007
141	4175	Rheinfelden	47.56	7.79	287	2328	1	31.12.2007
142	4177	Rheinstetten-Forchheim	48.97	8.34	116	2710	1	30.06.1985
143	7435	Rickenbach	47.62	7.99	761	2339	0	31.01.2007
144	4189	Riedlingen	48.15	9.46	533	2880	0	22.07.2007
145	4294	Rottenburg-Kiebingen	48.47	8.97	360	2923	1	31.10.2002
146	4300	Rottweil	48.18	8.64	588	2757	1	31.12.2007
147	4330	Rutesheim	48.8	8.96	449	2712	1	31.03.1980
148	4349	Sachsenheim	48.96	9.07	250	2855	1	31.12.2007
149	4350	Säckingen, Bad	47.56	7.94	339	2338	1	31.12.2007
150	4386	Sankt Blasien	47.76	8.13	795	2776	1	31.12.2007
151	4386	Sankt Blasien	47.76	8.13	795	2776	0	31.12.1946
152	3253	Sankt Blasien-Menzenschwand	47.83	8.07	885	2774	1	31.12.2006
153	4390	Sankt Märgen	48.01	8.1	896	2781	1	31.12.2004
154	6180	Sasbachwalden (Kurort)	48.05	8.13	278	197	0	28.02.1999
155	4419	Schallstadt-Mengen	47.96	7.71	215	2314	1	31.12.2004
156	4433	Schemmerhofen-Ingerkingen	48.2	9.77	519	2960	1	31.12.2004
157	4477	Schluchsee	47.82	8.19	993	2775	1	30.09.2005
158	4517	Schömberg, Kr. Calw	48.79	8.65	635	2741	1	31.12.2004
159	4556	Schonach	48.14	8.2	904	2735	1	31.08.2000

160	4549	Schönwald/Schwarzwald	48.1	8.2	1021	2915	1	31.12.2007
161	4557	Schopfheim-Eichen	47.65	7.84	400	2329	1	31.10.2002
162	4581	Schwäbisch Gmünd-Strassdorf	48.78	9.8	415	2727	1	31.10.2002
163	6262	Schwäbisch Gmünd-Weiler	48.77	9.88	410	2900	1	31.12.2007
164	4582	Schwäbisch Hall-Teurershof	49.12	9.71	365	2724	1	31.07.2001
165	4702	Sigmaringen (Flugplatz)	48.1	9.25	645	9053	1	31.06.2007
166	4703	Sigmaringen-Laiz	48.07	9.2	580	2760	1	31.12.2007
167	6263	Singen	47.77	8.82	445	2957	1	31.12.2007
168	4719	Sinsheim	49.25	8.88	169	2823	1	28.08.2007
169	4837	Stegen	47.99	7.95	363	2313	1	30.09.1990
170	4881	Stockach	47.86	9.02	532	2798	1	31.07.1994
171	4887	Stötten	48.67	9.87	734	2728	1	31.12.2007
172	4926	Stuttgart (Neckartal)	48.79	9.22	223	2715	1	31.12.2007
173	4928	Stuttgart (Schnarrenberg)	48.83	9.2	314.3	2743	1	31.12.2007
174	4931	Stuttgart-Echterdingen	48.69	9.23	371	2746	1	31.12.2007
175	4933	Stuttgart-Hohenheim	48.71	9.21	401	2716	1	30.06.1977
176	4927	Stuttgart-Stadt	48.77	9.18	286	2720	1	31.07.1984
177	4987	Tauberbischofsheim-Dittigheim	49.61	9.68	179	2832	1	30.06.2004
178	5047	Titisee-Neustadt-Langenordnach	47.94	8.19	870	2772	1	31.12.1995
179	5049	Titisee-Neustadt-Titisee	47.9	8.15	846	2767	1	28.02.2005
180	5059	Todtmoos	47.73	8	781	2325	1	31.12.2002
181	5094	Triberg	48.13	8.23	683	2737	1	31.12.2001
182	5094	Triberg	48.13	8.23	683	2737	0	31.12.1948
183	5095	Triberg (Kurpark)	48.13	8.23	700	2931	1	30.06.1988
184	5105	Trochtelfingen	48.31	9.25	700	2756	1	28.02.1973
185	5107	Trochtelfingen-Wilsingen	48.28	9.31	769	2875	1	31.12.2003
186	5120	Tübingen	48.52	9.05	370	2748	1	30.04.1982
187	5127	Tuttlingen	48.01	8.82	649	2932	1	31.12.2003
188	5128	Tuttlingen-Möhringen	47.96	8.76	675	2933	1	31.12.1990
189	5138	Überlingen/Bodensee	47.77	9.21	477	2787	1	31.12.2003
190	5155	Ulm	48.38	9.95	566.8	2730	1	31.12.2007
191	5174	Urach, Bad	48.5	9.4	471	2749	1	31.12.2005
192	5229	Villingen-Schwenningen	48.05	8.46	720	2739	1	31.12.2007
193	5250	Vogtsburg-Oberrotweil	48.09	7.64	223	2305	1	31.12.2003
194	5275	Waghäusel-Kirrlach	49.25	8.54	105	2840	1	31.12.2007
195	5284	Waiblingen	48.83	9.32	224	2910	1	31.12.1991
196	13674	Waibstadt	49.3	8.91	236.6	2824	1	31.12.2007
197	5289	Waldachtal-Lützenhardt	48.49	8.56	595	2908	1	31.12.2007
198	5291	Waldau-Jostal	47.98	8.16	1005	2770	1	31.12.1961
199	5320	Waldshut	47.62	8.24	330	2778	1	30.06.1991
200	474	Warthausen-Birkenhard	48.13	9.77	599	2765	1	30.09.1986
201	4094	Weingarten, Kr. Ravensburg	47.81	9.62	440	2791	1	31.12.2007
202	5429	Weinsberg	49.15	9.29	219	2511	1	30.06.1984
203	5429	Weinsberg	49.15	9.29	219	2511	0	31.12.1952
204	5435	Weissach	48.85	8.91	455	2917	1	31.12.2003
205	5453	Weisweil-Waldeckhof	48.19	7.7	173	2352	1	31.12.2003
206	5460	Wellendingen	48.15	8.7	655	2935	1	31.07.1984
207	5971	Welzheim (A)	48.88	9.64	510	2719	1	28.02.1963
208	5498	Wertheim-Eichel	49.77	9.54	140	2677	1	30.11.2004
209	5559	Wildbad, Bad-Calmbach	48.77	8.58	400	2709	1	30.06.2001
210	5560	Wildbad, Bad-Sommerberg	48.75	8.54	740	2708	1	30.11.2003
211	5560	Wildbad, Bad-Sommerberg	48.75	8.54	740	2708	0	31.12.1945
212	5609	Winterbach, Rems-Murr-Kreis	48.8	9.47	240	2893	1	31.03.2002
213	5664	Wolfach	48.3	8.24	291	2736	1	31.12.2007
214	5665	Wolfegg	47.82	9.8	677	2947	1	31.12.2004
215	5731	Wutöschingen-Oftringen	47.68	8.38	398	2769	1	31.12.2007

Erläuterungen zur Liste der Klimastationen:

Nr.	laufende Nummer in der Liste
ID	neue Stationsnummern des DWD (DWD-ID)
	Stationsname
Lat	geographische Breite
Lon	geographische Länge
Höhe	Höhe der Station über Normalnull (m ü.NN)
alte Nr.	
vorh	0 = nein, 1 = ja; die Daten der Klimastation sind als Tageswerte vorhanden
Daten bis	Daten vorhanden bis zum eingetragenen Datum

Es liegen für alle Stationen (vorh = 1) die Tageswerte vom 01.01.1950 (bzw. vom Betriebsbeginn der Station) bis zum 31.12.2007 (bzw. bis zur Auflösung der Station) vor (siehe Spalte: Daten bis). Innerhalb der einzelnen Messreihen gibt es (vereinzelt) fehlende Werte, die hier nicht näher ausgewiesen werden.

Folgende Klimatelemente liegen (soweit beim DWD vorhanden) als Tageswerte vor:

Satzbeschreibung für die Klimadaten nach DWD

```

*****
* SATZBESCHREIBUNG FUER DIE DATEIEN KL_ABGABE266_DAT*
* -----
* INHALT : KLIMADATEN
* STAT. : SIEHE BITTE BESTAND
* ZEITR. : 01.01.1950 - 31.12.2007
*****
CODE = ASCII
-----
I FELD.NR.:CHAR.VON-BIS:Z.D.CHAR.: I N H A L T I
I-----I
I 1 : 1 - 5 : 5 :STATIONSNUMMER I
I 2 : 6 - 9 : 4 :JAHR I
I 3 : 10 - 11 : 2 :MONAT I
I 4 : 12 - 13 : 2 :TAG I
I 5 : 14 : 1 :LEERSPALTE I
I 6 : 15 - 18 : 4 :TAEGL.MAXIMUM DER LUFTTEMPERATUR IN 0.1 C I
I 7 : 19 : 1 :LEERSPALTE I
I 8 : 20 - 23 : 4 :TAEGL.MINIMUM DER LUFTTEMPERATUR IN 0.1 C I
I 9 : 24 : 1 :LEERSPALTE I
I 10 : 25 - 28 : 4 :LUFTTEMPERATUR TAGESMITTEL IN 0.1 C I
I 11 : 29 : 1 :LEERSPALTE I
I 12 : 30 - 33 : 4 :LUFTTEMPERATUR AM ERDBODEN IN 0.1 C I
I 13 : 34 : 1 :LEERSPALTE I
I 14 : 35 - 37 : 3 :REL. FEUCHTE TAGESMITTEL IN % I
I 15 : 38 : 1 :LEERSPALTE I
I 16 : 39 - 40 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 1 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 17 : 41 : 1 :LEERSPALTE I
I 18 : 42 - 43 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 2 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 19 : 44 : 1 :LEERSPALTE I
I 20 : 45 - 46 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 3 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 21 : 47 : 1 :LEERSPALTE I
I 22 : 48 - 49 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 1 SIEHE TABELLE I
I 23 : 50 : 1 :LEERSPALTE I
I 24 : 51 - 52 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 2 SIEHE TABELLE I
I 25 : 53 : 1 :LEERSPALTE I
I 26 : 54 - 55 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 3 SIEHE TABELLE I
I 27 : 56 : 1 :LEERSPALTE I
I 28 : 57 - 59 : 3 :TAGESSUMME DER SONNENSCHINDAUER IN 0.1 STDI I
I 29 : 60 : 1 :LEERSPALTE I
I 30 : 61 - 64 : 4 :TAEGL. NIEDERSCHLAGSHOEHE IN 0.1 MM I

```

```

I   31   :   65       :           1 :ART DES NIEDERSCHLAGS           I
I       :           :           :0 = KEIN REGEN                   I
I       :           :           :1 = REGEN                         I
I       :           :           :7 = SCHNEE                        I
I       :           :           :8 = GEFALL. FEST+FLUESSIGER NIEDERSCHLAG I
I       :           :           :9 = FEHLKENNUNG                   I

```

Die Klimatermine entsprachen vom MESSBEGINN - 31.03.2001:
Termin 1 07:30 MEZ, Termin 2 14:30 MEZ, Termin 3 21:30 MEZ
Tageswerte von 07:30 Vortag bis 07:30 MEZ

Seit 01.04.2001 entsprechen die Klimatermine:
Termin 1 07 MEZ , Termin 2 13 MEZ, Termin 3 19 MEZ
Tageswerte von 07 MEZ Vortag bis 07 MEZ

WENN IM FELD ART DES NIEDERSCHLAGS EINE 0 STEHT UND IM FELD SUMME EINE 1,
ist die Menge des Niederschlages <0.01 MM

WENN IM FELD ART DES NIEDERSCHLAGS EINE 4 STEHT UND IM FELD SUMME EIN WERT,
IST DIE ART NICHT FESTSTELLBAR

Vom Anfang bis 12/1985 werden Hagel, Griesel und Graupel als Regen gewertet,
ab 01/1986 als Schnee

TABELLE FUER DIE SICHTWEITE

```

0           SICHTWEITE < 50 M
1   50 M <= SICHTWEITE < 200 M
2   200 M <= SICHTWEITE < 500 M
3   500 M <= SICHTWEITE < 1 KM
4     1 KM <= SICHTWEITE < 2 KM
5     2 KM <= SICHTWEITE < 4 KM
6     4 KM <= SICHTWEITE < 10 KM
7    10 KM <= SICHTWEITE < 20 KM
8    20 KM <= SICHTWEITE < 50 KM
9           SICHTWEITE >= 50 KM
-9          NICHT BESTIMMBAR

```

Codetabelle fuer Wettererscheinungen aus Klima

```

0 kein signifikantes Wetter
4 Nebel
5 Spruehregen
6 Regen
7 Schnee
8 Schauer
9 Gewitter
45 Spruehregen und Nebel
46 Regen und Nebel
47 Schnee und Nebel
48 Schauer und Nebel
49 Gewitter und nebel
-9 Fehlkennung

```

9. Anlagen

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

Anlage 1:

Graphische Darstellung und Analyse der Bestands-Klimadaten der Intensiv-Wald-DBF des ÖKWI (2003-2008)

Name der Datei: „IntensivWaldDBF_Bestandsklima.ppt“

Anlage 2:

Das Klima an ausgewählten Stationen des DWD in der Nähe der Grünland-Dauerbeobachtungsflächen

Name der Datei: „AnalyseDWDStationen_GruenlandDBF.ppt“

Anlage 3:

Das Klima an ausgewählten Stationen des DWD in der Nähe der Intensiv-Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Name der Datei: „AnalyseDWDStationen_IntensivWaldDBF.ppt“

Anlage 4:

Modellierte Mittelwerte und Trends verschiedener Klimaparameter an den Grünland- und Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Name der Datei: „Mittelwerte_und_Trends.ppt“

Anlage 5:

Vegetationsentwicklung auf den gemulchten und beweideten Dauerbeobachtungsflächen der Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg („Schreiber-Flächen“)

Name der Datei: „OHV_DarstellungAnalyse.ppt“