

**BERICHTE DES INSTITUTS FÜR ATMOSPHERE
UND UMWELT
DER UNIVERSITÄT FRANKFURT/MAIN**

Nr. 4

Christian-D. Schönwiese und Reinhard Janoschitz

**Klima-Trendatlas Deutschland
1901-2000**

2. aktualisierte Auflage 2008

Im Eigenverlag des Instituts
Postfach 11 19 32
60054 Frankfurt/Main

Diese Publikation ist über folgende Internet-Adresse herunterladbar:
http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/PDF-Dateien/Inst_Ber_4.pdf

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1. Einführung	5
2. Zielsetzung und Datengrundlage	7
3. Analysemethodik	9
4. Trends der Gebietsmittelwerte Deutschland	14
5. Hinweise zu den Trendkarten	21
Literatur	26
Kartenanhang (Trendkarten)	27
• Temperatur	28
• Niederschlag	36
• Sonnenscheindauer	52
Tabellenanhang (Temperatur- und Niederschlagstrends, aktualisiert)	58
Stationslisten	59

Vorwort zur 1. Auflage

Klima ist vor allem deswegen nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von öffentlichem Interesse, weil es veränderlich ist und weil solche Änderungen gravierende ökologische sowie sozioökonomische Folgen haben können. Im Detail weisen Klimaänderungen allerdings komplizierte zeitliche und räumliche Strukturen auf, deren Erfassung und Interpretation alles andere als einfach ist. Bei den zeitlichen Strukturen stehen mit Recht vor allem relativ langfristige Trends sowie Extremereignisse im Blickpunkt, erstere, weil sie den systematischen Klimawandel zum Ausdruck bringen und letztere wegen ihrer besonders brisanten Auswirkungen.

Hier geht es um den erstgenannten Aspekt, zu dem nun noch die räumlichen Strukturen treten. Der relativ langfristige und somit systematische Klimawandel läuft nämlich regional sehr unterschiedlich ab, was am besten in Trendkarten zum Ausdruck kommt. Solche regionalen, zum Teil sehr kleinräumigen Besonderheiten sind insbesondere beim Niederschlag sehr ausgeprägt. Schließlich sind die räumlichen Trendstrukturen auch jahreszeitlich bzw. monatlich sehr unterschiedlich.

In unserer Arbeitsgruppe hat sich Jörg Rapp im Rahmen seiner Diplom- und insbesondere Doktorarbeit intensiv mit diese Problem beschäftigt, was zur Publikation des „Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990“ (Rapp und Schönwiese, 2. Aufl. 1996) sowie des „Climate Trend Atlas of Europe – Based on Observations 1891-1990“ (Schönwiese und Rapp, 1997) geführt hat. Die große Beachtung, die insbesondere der Klimatrendatlas Deutschland gefunden hat, ließ es schon lange als notwendig erscheinen, eine Aktualisierung vorzunehmen. Dieser Aufgabe hat sich in Form eines Fortgeschrittenenpraktikums Herr Reinhard Janoschitz gewidmet und die Aktualisierung für die Zeit 1901-2000, einschließlich Subintervallen, vorgenommen. Zudem hat er für 1951-2000 noch das Klimatelement Sonnenscheindauer hinzugenommen. Zur Zeit ist er im Rahmen seiner Diplomarbeit mit der Neubearbeitung des Europäischen Klimatrendatlas befasst.

Mit der Publikation des hier vorliegenden „Klimatrend-Atlas Deutschland 1901-2000“ werden in insgesamt 178 Karten (davon 20 Karten auch in Farbdarstellung in den Text integriert) wieder umfangreiche Informationen zum Klimawandel in Deutschland vorgelegt, und zwar mit Hilfe einer linearen Trendanalyse hinsichtlich der bodennahen Lufttemperatur, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer für die Zeit 1901-2000 sowie für die Subintervalle 1931-1960, 1961-1990 und 1971-2000 – Sonnenscheindauer allerdings nur 1951-2000 und 1971-2000 –, jeweils aufgrund der jährlichen, jahreszeitlichen und monatlichen Beobachtungsdaten. Die Signifikanz der Trends ist im (schwarz/weiß wiedergegebenen) Kartenteil durch Rasterung markiert. Methodisch lehnt sich die Analyse somit eng an die oben zitierte Arbeit von Rapp und Schönwiese (1996) an, wo auch ausführliche textliche Erläuterungen zu finden sind (ebenso in Rapp, 2000); deswegen wurde hier der Textteil sehr knapp gehalten. Hingewiesen sei schließlich auf ebenfalls für Deutschland durchgeführte Analysen klimatologischer Extremereignisse, die ebenfalls in der Reihe unserer Institutsmitteilungen publiziert sind (Jonas et al., 2005; Trömel, 2005).

Frankfurt a.M., im Herbst 2005

Christian-D. Schönwiese

Vorwort zur 2. Auflage

Das erfreulich große Interesse hat eine 2. Auflage erforderlich gemacht, die neben kleineren redaktionellen Verbesserungen bzw. Aktualisierungen vor allem die Erweiterung der in Kap. 4 vorgestellten Zeitreihen und einen ergänzenden Tabellenanhang jeweils bis 2007 enthält. So erfüllt dieser Atlas hoffentlich auch weiterhin seinen Informationszweck. Im übrigen ist der im Vorwort zur 1. Auflage erwähnte „Klima-Trendatlas Europa“ mittlerweile als Nr. 7 (2008) der Reihe unserer Institutsberichte erschienen.

Frankfurt a.M., im Sommer 2008

Christian-D. Schönwiese

1. Einführung

Das Klima ist variabel in Zeit und Raum. Das ist eine aus direkten Beobachtungen (Messdaten der Neoklimatologie) und indirekten Rekonstruktionen (sog. Proxy-Daten der Paläoklimatologie) resultierende Tatsache (Burroughs, 2001; Endlicher und Gerstengarbe, 2007; Glaser, 2001; Huch et al., 2001; IPCC, 2007; Schönwiese, 1995, 2008; und viele andere). Die Ursachen dafür, die hier nicht betrachtet werden sollen (siehe dazu o.a. Literatur, speziell für Deutschland auch Grieser et al., 2000; Walter und Schönwiese, 1999; außerdem Staeger et al., 2003; Walter und Schönwiese, 2002), sind teils natürlichen und teils anthropogenen Ursprungs.

Zunächst einige Anmerkungen zu den zeitlichen Strukturen: Neoklimatologisch, somit auf der Grundlage direkt gewonnener Messdaten, werden dabei häufig zunächst die Jahresmittelwerte der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur betrachtet, vgl. Abb. 1, die 1901-2000 eine Erwärmung um $0,7\text{ °C}$ anzeigen („Global Warming“). Diese im allgemeinen als linearer Trend errechnete Klimaänderung zeigt aber vielfältige überlagerte Variationen, insbesondere Fluktuationen und Anomalien (d.h. sowohl vom Trend als auch von den Fluktuationen abweichende relative hohe bzw. niedrige Einzelwerte, in Abb. 1 z.B. in den Jahren 1878, 1911, 1944 und 1998), wie sie je nach zeitlicher Auflösung der zugrunde liegenden Daten erkennbar sind.

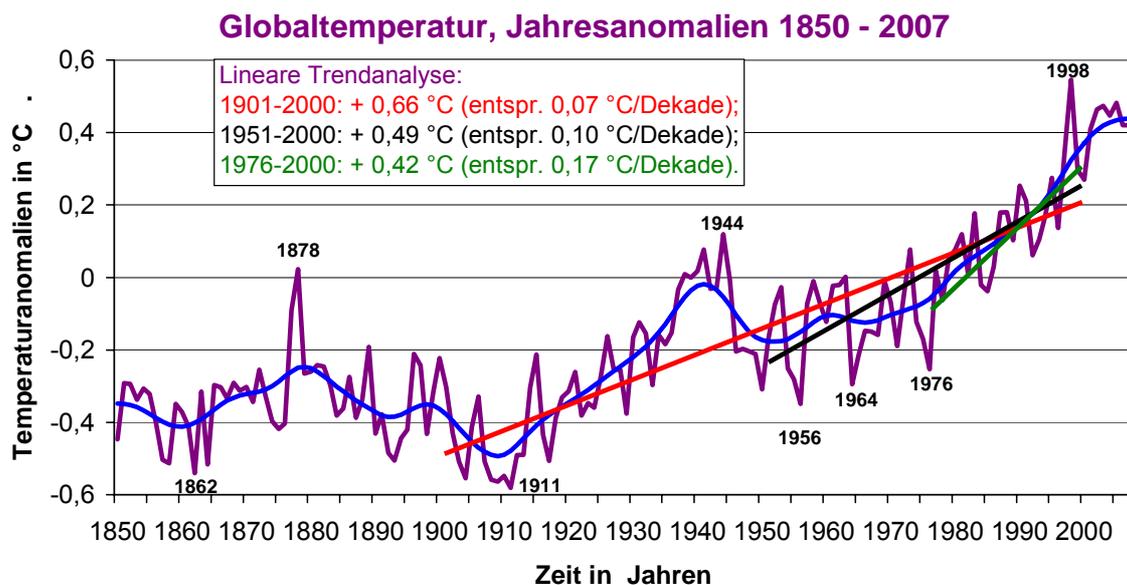


Abb. 1. Global gemittelte Jahresanomalien 1850-2007 (relativ zu 1961-1990) der bodennahen Lufttemperatur, lila, mit 20-jährig geglätteten Daten, blau, und Trendanalysen (mit Trendverstärkung in jüngerer Zeit; Datenquelle: Jones et al., 1999; CRU, 2008; bearbeitet).

Daher muss hinterfragt werden, wie sinnvoll Trendanalysen überhaupt sind (vgl. dazu auch Kap. 3). Ganz offensichtlich – das zeigt schon das Beispiel Abb. 1 – sind relativ langfristige Trends nur einer der zeitlichen Aspekte der Klimaänderungen. Folglich werden in der statistischen Klimatologie Zeitreihen von Klimaelementen (Daten von Temperatur, Niederschlag usw. in Bezug auf i.a. konstante aufeinander folgende Zeitpunkte bzw. Zeitintervalle) in ihre zeitlichen Strukturen zerlegt (Schlittgen und Streitberg, 1999; Grieser et al., 2002; Trömel, 2005). Dabei haben neben Trends und Fluktuationen, die von relativ hochfrequenten Schwankungen (bei monatlicher Auflösung einschließlich des Jahresgangs) bis zu sehr tieffrequenten

reichen (bei denen nur sehr wenige relative Maxima und Minima auftreten) in neuerer Zeit Extremwerte besondere Aufmerksamkeit gefunden (siehe z.B. Grieser et al., 2002; Trömel, 2005; Trömel und Schönwiese, 2005), was wegen ihrer unmittelbaren und besonders brisanten Auswirkungen sehr verständlich ist. Auch speziell für Deutschland ist dazu eine Studie vorgelegt worden (Jonas et al., 2005).

Nach wie vor ist es aber auch wichtig, relativ langfristige Trends zu erkennen und möglichst genau zu beschreiben, weil damit zwar schleichende aber systematische Klimaänderungen verbunden sind, die zu neuen Klimazuständen führen können. Nicht ohne Grund basieren daher viele Untersuchungen von Klimafolgen auf solchen Langfristtrends, wie sie in der Vergangenheit beobachtet worden sind bzw. in die Zukunft (mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit des tatsächlichen Eintretens) durch Szenarien und Modelle projiziert werden. Dieser Zukunftsaspekt, der eng mit der Erfassung der Ursachen verknüpft ist, soll hier aber nicht im Blickpunkt stehen; d.h., es geht ausschließlich um die Fakten der Vergangenheit.

Trends müssen im übrigen nicht immer linear sein (siehe z.B. Grieser et al., 2000; Trömel, 2005). Empirisch zeigt sich jedoch, dass man gerade bei Zeitintervallen von einigen Jahrzehnten bis in etwa einem Jahrhundert recht häufig davon ausgehen darf. Daher werden in der Fachliteratur bei Betrachtung derartiger Zeitskalen fast ausschließlich lineare Trends beschrieben (siehe z.B. IPCC, 2007), was nicht nur eine Rechenvereinfachung darstellt, sondern auch räumliche Vergleiche erleichtert. Allerdings sind Trends nie zeitlich stabil, vgl. Abb. 1, wo sich die Erwärmungstrends auf die Zeitintervalle 1911-1944 und in etwa seit ca. 1956/1976 konzentrieren.

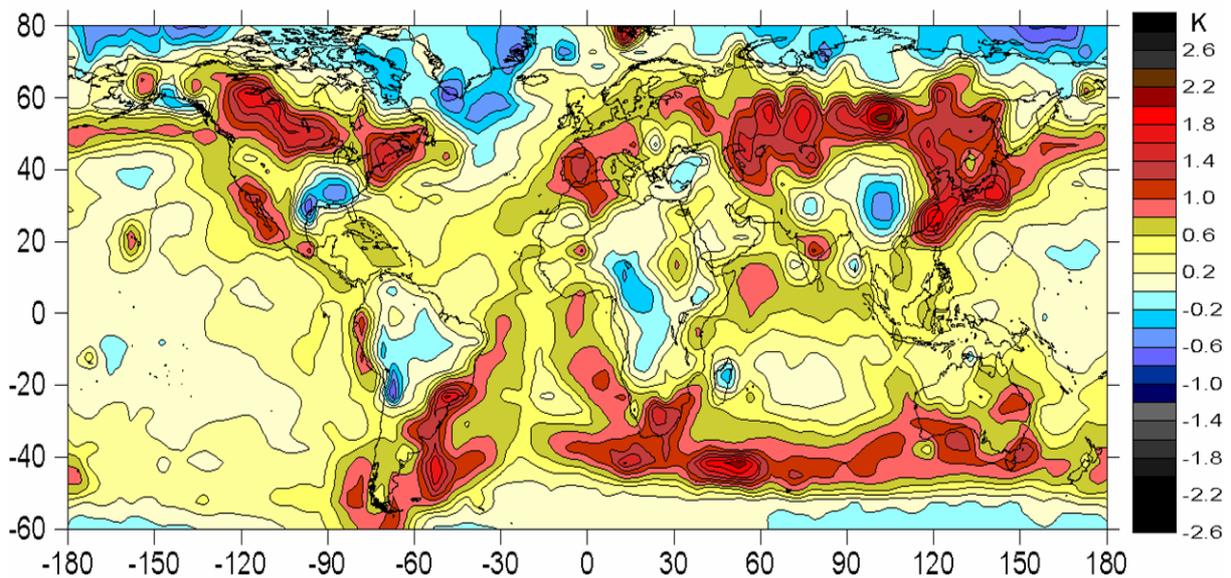


Abb. 2. Globalanalyse der linearen Trends 1901-2000 in °C (K) der bodennahen Lufttemperatur auf der Grundlage eines Gitterrasters 5° x 5° (Datenquelle wie Abb. 1, bearbeitet).

Beim Stichwort „räumliche Vergleiche“ ergibt sich ein weiterer wichtiger Aspekt der Klimaänderungen: ihre räumliche Struktur; denn im allgemeinen sind von Ort zu Ort die Klimavariationen unterschiedlich und das trifft auch auf die Trends zu. So zeigt Abb. 2, dass sich im säkularen Zeitintervall 1901-2000 die globalen Temperaturänderungen bei räumlicher Differenzierung als sehr unterschiedlich herausstellen

und diese regionalen Besonderheiten teilweise sogar dem sich im globalen Mittel ergebenden Erwärmungstrend entgegen gerichtete Abkühlungen beinhalten (in Abb. 2 blau markiert). Es ist daher wichtig, die Trends nicht nur großräumig bis hin zur globalen Mittelung zu erfassen, sondern auch deren räumliche Strukturen, die man dann am besten in Trendkarten darstellt. Schließlich verhalten sich die Jahreszeiten und weitergehend die Monate unterschiedlich. Insgesamt haben wir es daher mit einer komplizierten zeitlich-räumlichen Struktur der Klimaänderungen zu tun, die für jede Region der Erde möglichst genau erfasst werden sollte, weil davon und weniger von großräumig gemittelten Daten die ökologischen und sozio-ökonomischen Folgen der Klimaänderungen abhängen.

Als Konsequenz davon gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen und Publikationen, die sich mit den beobachteten (i.a. linearen) Klimatrends in den einzelnen Regionen der Erde beschäftigen. Dazu hat auch unsere Arbeitsgruppe beigetragen und einen Klimatrendatlas von Europa (Schönwiese und Rapp, 1997) sowie einen Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland (Rapp und Schönwiese, 1996) veröffentlicht. Beide beziehen sich auf die Beobachtungsdaten 1891-1990. Es lag nun nahe, diese Atlanten zu aktualisieren, was für Deutschland bereits in einer Praktikumsarbeit von Janoschitz (2004) geschehen ist. Diese Ergebnisse werden hier vorgelegt, so dass es sich im wesentlichen um eine Aktualisierung des Klimatrendatlas Deutschland für die Zeit 1901-2000 (einschließlich der Betrachtung von Subintervallen) handelt, erweitert um das Klimaelement Sonnenscheindauer. Auch der europäische Klima-Trendatlas liegt inzwischen aktualisiert vor (Schönwiese und Janoschitz, 2008). Auf die Wiederholung der methodischen Details, die außer in den oben zitierten Atlanten auch von Rapp (2000) noch einmal ausführlich dargestellt worden sind, wird hier verzichtet, so dass der Begleittext zum Kartenmaterial kurz gehalten ist. Er beinhaltet die Zielsetzung und Datengrundlage, einige Hinweise zur Analysemethodik und Trendanalyse-Ergebnisse für das Flächenmittel Deutschland, die das Kartenmaterial ergänzen.

2. Zielsetzung und Datengrundlage

Ziel des vorliegenden Berichts ist es somit, für die aktualisierte Zeitspanne 1901-2000¹ sowie die Subintervalle 1931-1960, 1961-1990 und 1971-2000 Trendkarten der Klimaelemente bodennahe Lufttemperatur und Niederschlag vorzulegen, erweitert um das Klimaelement Sonnenscheindauer für 1951-2000 sowie 1971-2000. Wie früher (Rapp und Schönwiese, 1996; im folgenden zitiert als R&S) geschieht das für Jahreswerte, jahreszeitliche Werte und weitergehend differenziert für alle Monate. Die Errechnung von Luftdrucktrends erscheint nur für größere Regionen sinnvoll. Sie sind daher hier ausgeklammert (aber für Europa bei Schönwiese und Rapp, 1997, enthalten). Winddaten sind mit so großen Unsicherheiten belastet, dass darauf verzichtet wurde, zumal nach IPCC (2007) – im Gegensatz zu Temperatur und Niederschlag – darin kaum signifikante langfristige Trends entdeckbar sind und sie im übrigen im Zusammenhang mit Extremwertanalysen größere Bedeutung haben.

Die Datenauswahl wird durch Verfügbarkeit und Qualität (insbesondere unter dem Anspruch der Homogenität, vgl. Kap. 3) begrenzt. Unter dieser Prämisse waren früher (R&S) zunächst 346 Niederschlags- und 105 Temperaturreihen verfügbar

¹ In der vorliegenden 2. Auflage Grafiken (Kap. 4) und Tabellen (Anhang) bis 2007 aktualisiert; vgl. Vorwort.

(Deutschland und einige angrenzende Stationen), von denen aber nach der Qualitätskontrolle nur noch 129 bzw. 29 übrig blieben. Die nicht immer möglichen Datenergänzungen und eine Beschränkung auf in Deutschland gelegene Stationen führten dann zu dem in Tab. 1 zusammengestellten Datenkollektiv (Sonnenscheindauer nur ab 1951). Das Temperatur-Kollektiv mag sehr mager erscheinen, was aber angesichts der in diesem Fall guten Repräsentanz (vgl. Kap. 3) nicht allzu stark ins Gewicht fällt. Die räumliche Verteilung der Stationen ist aus Abb. 3 - 5 ersichtlich.

Tab. 1. Übersicht der verwendeten Daten (Monatsmittelwerte, beim Niederschlag Monatssummen): Klimaelemente und Anzahl der Stationen in den angegebenen Zeitintervallen.

Klimaelement	1901-2000	1951-2000
Temperatur	10	29
Niederschlag	131	131
Sonnenscheindauer	-	67

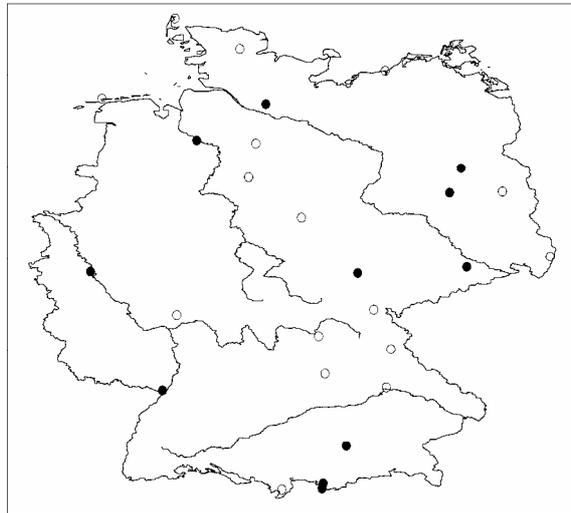


Abb. 3. Temperaturdaten-Stationensnetz, wie es der Trendanalyse zugrunde liegt. Mit leeren Kreisen sind die Stationen gekennzeichnet, von denen Daten nur für 1951-2000 vorliegen (vgl. Tab. 1).

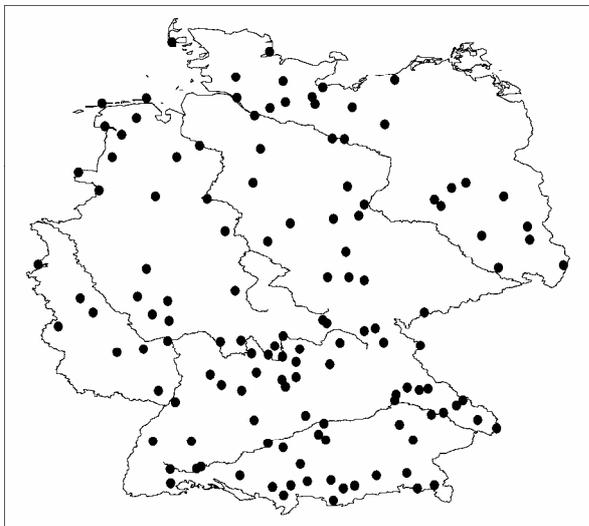


Abb. 4. Ähnlich Abb. 3. jedoch Niederschlag.

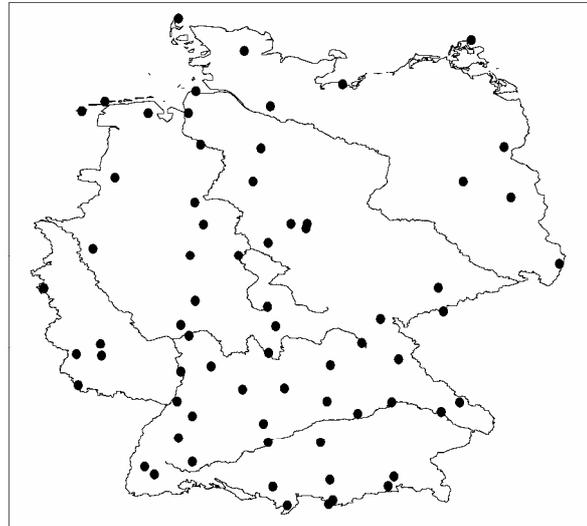


Abb. 5. Ähnlich Abb. 3. jedoch Sonnenscheindauer.

3. Analysemethodik

Nach der Datenerfassung und -aktualisierung sind nach R&S folgende Arbeitsschritte notwendig, um letztendlich zu verlässlichen Klimatrendkarten zu kommen (hier gekürzt und modifiziert wiedergegeben):

- Qualitätskontrolle und Fehlerkorrektur,
- Repräsentanzanalyse,
- Homogenitätsanalyse,
- Trendanalyse (hier mit Hilfe linearer Regressionsberechnungen),
- Trend-Signifikanztests,
- Feldanalyse,
- Produktion der Trendkarten.

Die Qualitätskontrolle umfasst im wesentlichen eine Überprüfung dahingehend, ob die erfassten Daten korrekt auf den Datenträger gebracht worden sind und ob sich visuell Ausreißer-Verdachtsmomente ergeben. In solchen Fällen sind die Fehler, so weit möglich, korrigiert worden (wobei es hier gegenüber R&S, wo dazu die Hauptarbeit schon geleistet worden ist, nur um die ergänzten Daten geht).

Bei der Repräsentanzanalyse wird nach der Güte der Zusammenhänge der klimatologischen Zeitreihen von Station zu Station gefragt. Die Antwort liefert die Berechnung der Korrelationskoeffizienten (i.a. Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson; siehe z.B. Schönwiese, 2006) zwischen den Datenreihen von jeweils zwei Stationen. Trägt man diese Korrelationskoeffizienten in Abhängigkeit von den verschiedenen Stationsentfernungen graphisch auf, siehe Abb. 6 und 7, so erhält Aussagen darüber, bis zu welchen Entfernungen die Zusammenhänge gut bzw. ab welchen Entfernungen sie schlecht sind. Als gut gilt meist ein Korrelationskoeffizient von $r > 0,7$, was rund 50 % gemeinsame Varianz bedeutet (r^2); bei $r > 0,9$ (oder gerundet $r^2 > 80\%$) könnte man von einem sehr guten Zusammenhang sprechen.

Die Abb. 6 zeigt nun, dass bei Jahres- und Winterwerten der Temperatur die Zusammenhänge bis zu Entfernungen von ca. 800-1000 km noch gut sind, im Sommer bis etwa 500 km (wobei diese und die folgenden Entfernungsangaben nur als grobe Schätzungen aufzufassen sind). Wesentlich kleiner müsste daher der Stationsabstand für die hier genutzte Datengrundlage der bodennahen Lufttemperatur nicht sein und zudem zeigen die Beobachtungen, dass innerhalb Deutschlands die Temperaturtrends relativ einheitlich sind.

Beim Niederschlag ist die Situation wesentlich anders, vgl. Abb. 7: Schon Stationsentfernungen von mehr als ungefähr 100 km (Jahresdaten) bzw. ca. 200 km (Winterdaten) führen zu schlechten Zusammenhängen; im Sommer ist das teilweise schon bei mehr als ca. 50 km der Fall. Entsprechend engmaschiger muss das Stationsnetz für die Niederschlag-Trendanalysen sein. Für die Sonnenscheindauer sind solche Repräsentanzanalysen nicht durchgeführt worden. Da aber sowohl Niederschlag als auch Sonnenschein mit der Bewölkung zusammenhängen, kann man davon ausgehen, dass die Repräsentanz der Sonnenscheindauer-Daten ähnlich denen des Niederschlags ist. Ein Vergleich dieser Ergebnisse der Repräsentanzanalyse mit den Karten Abb. 3 - 5 lassen den Schluss zu, dass die Stationsabdeckung weitgehend befriedigend ist.

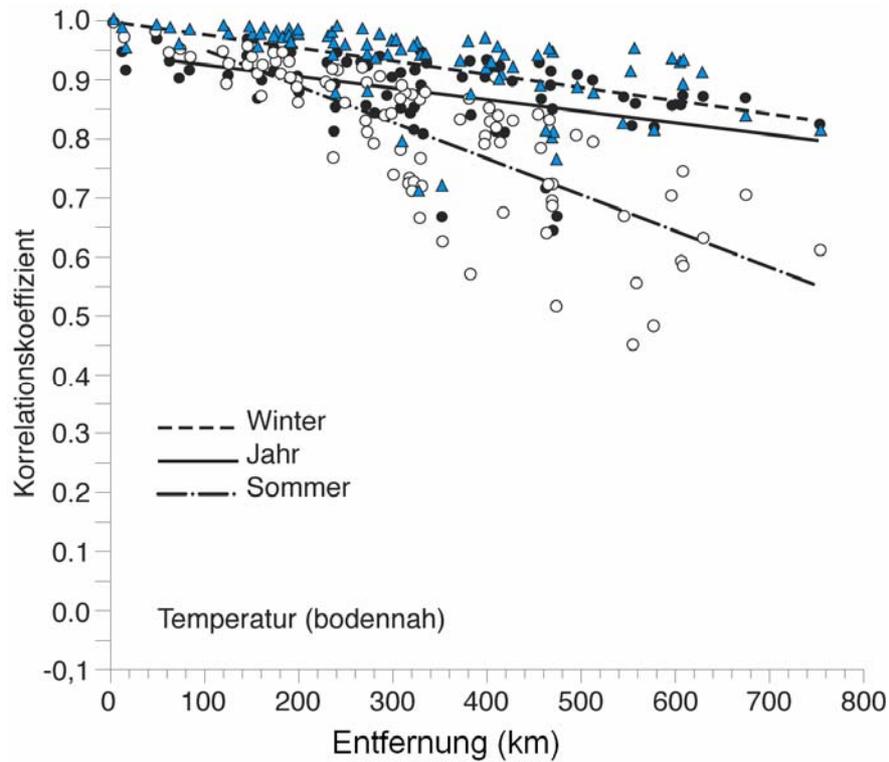


Abb. 6. Korrelation der Temperaturreihe Frankfurt/Main 1951-1990 mit 95 anderen Stationen im Winter (\blacktriangle), Sommer (\circ) und hinsichtlich der Jahreswerte (\bullet) zur Abschätzung der räumlichen Repräsentanz (nach Rapp und Schönwiese, 1996).

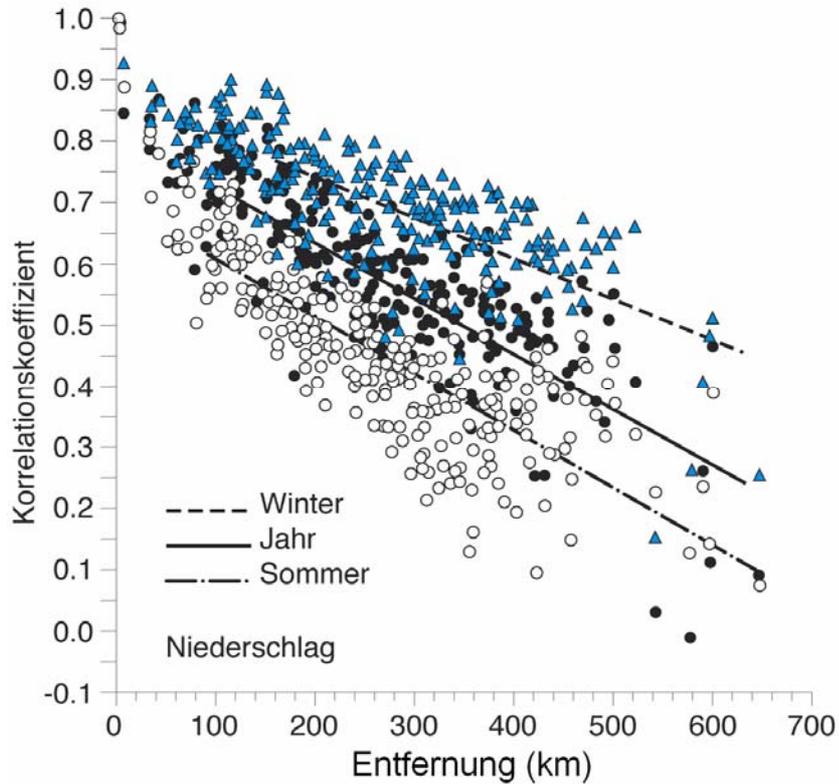


Abb. 7. Ähnlich Abb. 6, jedoch Niederschlag 1891-1990, 250 Stationen; Korrelationskoeffizienten < 0.16 sind nicht signifikant (t-test, 99%-Niveau).

Unter homogenen klimatologischen Zeitreihen versteht man solche, bei denen die Variationen allein durch Klimaänderungen bedingt und nicht durch Artefakte wie z.B. Messgerätewechsel oder Stationsverlegungen aufgeprägt sind. Um solche Artefakte zu erkennen, die sich meist in sprunghaften Änderungen der Klimadaten äußern, sind diverse Homogenitätstests vorgeschlagen worden, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Bei R&S kamen fünf Homogenitätstests zur Anwendung, und zwar ein sog. absoluter Test, d.h. nur die zu beurteilende Datenreihe selbst wird untersucht, und vier relative, bei denen Vergleiche mit den (vermutlich homogenen) Zeitreihen umliegender Stationen durchgeführt werden. Diese Tests waren: Abbe- (absoluter Test), Craddock-, Buishand-, WMO-(Mitchell-) und Alexandersson-Test (jeweils relative Tests); zu allen Einzelheiten siehe R&S sowie Schönwiese und Rapp, 1997. Die vorliegende Analyse orientiert sich an den Ergebnissen von R&S und nutzt nur solche Stationen, deren Klimareihen als wahrscheinlich homogen eingestuft worden sind (d.h. alle oder die Mehrzahl der Tests zeigen Homogenität an).

Die Trendanalyse selbst besteht hier ausschließlich in einer linearen Regressionsrechnung gegenüber der Zeit, woraus Regressionsgeraden für das jeweils betrachtete Zeitintervall resultieren (vgl. Beispiele in Abb. 1). Der Trendwert ist dann wie üblich der Datenwert am Ende des Zeitintervalls minus dem Trendwert am Anfang. Beim Niederschlag sind zusätzlich relative Trends berechnet worden. In diesem Fall wird die Trendwertdifferenz durch den Mittelwert, immer bezüglich des gerade betrachteten Zeitintervalls, dividiert und prozentual ausgedrückt.

Die Signifikanz der Trends ist wie in R&S mit Hilfe des zuerst von Mann (1945) und dann von Kendall (1970) modifizierten Verfahrens getestet worden, üblicherweise als Mann-Kendall-Trendtest (MKT) bezeichnet (siehe Rapp, 2000; Schönwiese und Rapp, 1997; Sneyers, 1990). Gegenüber dem einfacheren Trend-/Rauschverhältnis, bei dem der Trend mit der Standardabweichung verglichen wird, hat der MKT den Vorteil, dass er keine normalverteilten Daten voraussetzt und auch auf nicht-lineare Trends angewendet werden kann. Prinzipiell ist ein Trend umso signifikanter, je geringer die überlagerten Variationen im Vergleich zum Trend sind, mit dem unangenehmen Effekt, dass relativ hohe bzw. niedrige Datenwerte in der Nähe von Beginn bzw. Ende des jeweils betrachteten Zeitintervalls den Trend besonders stark beeinflussen und dadurch eventuell verfälschen können.

Eine Methode, dieser Fehlerquelle zu begegnen, ist die zeitlich gleitende Trendanalyse, bei der das betrachtete Zeitintervall sukzessive verändert wird, bei Bezug auf Jahre jeweils ein Jahr nach vorn bzw. hinten. Abb. 8 bringt das Ergebnis einer solchen Analyse zunächst mit variablem Anfangsjahr für die Zeitreihe der bodennahen Lufttemperatur in Frankfurt und Abb. 9 in erweiterter Form (Diagramm), nämlich zusätzlich variablem Endjahr, für das Flächenmittel Deutschland (vgl. dazu auch Kap. 4). Dabei sind die Zeitintervalle der Trendberechnung jeweils am Anfang bzw. Anfang und Ende des Gesamtintervalls (1891-1990 bzw. 1900-1995) systematisch um ein Jahr verkürzt worden. Wenn man an der Abszisse mit dem Anfangsjahr und an der Ordinate mit dem Endjahr in das Diagramm der Abb. 9 eingeht, lässt sich der entsprechende Trend ablesen (beispielsweise 1900-1950: 0,6 °C; 1930-1960: 0,2 °C).

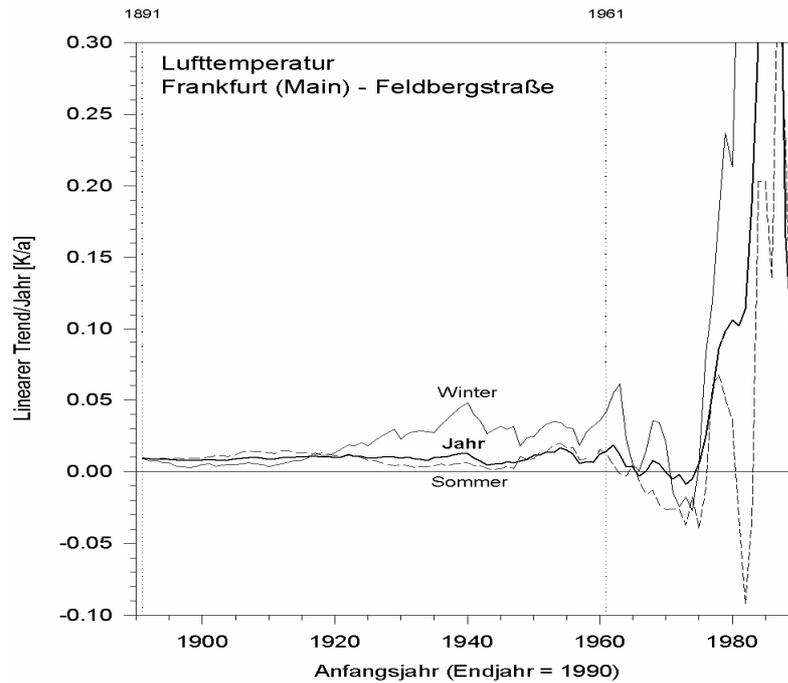


Abb. 8. Zeitlich gleitende Trendanalyse mit variablem Anfangsjahr (ab 1891) und festem Endjahr (1990) für die Winter-, Sommer- und Jahreswerte der Temperatur Frankfurt/Main-Stadt (nach Rapp und Schönwiese, 1996).

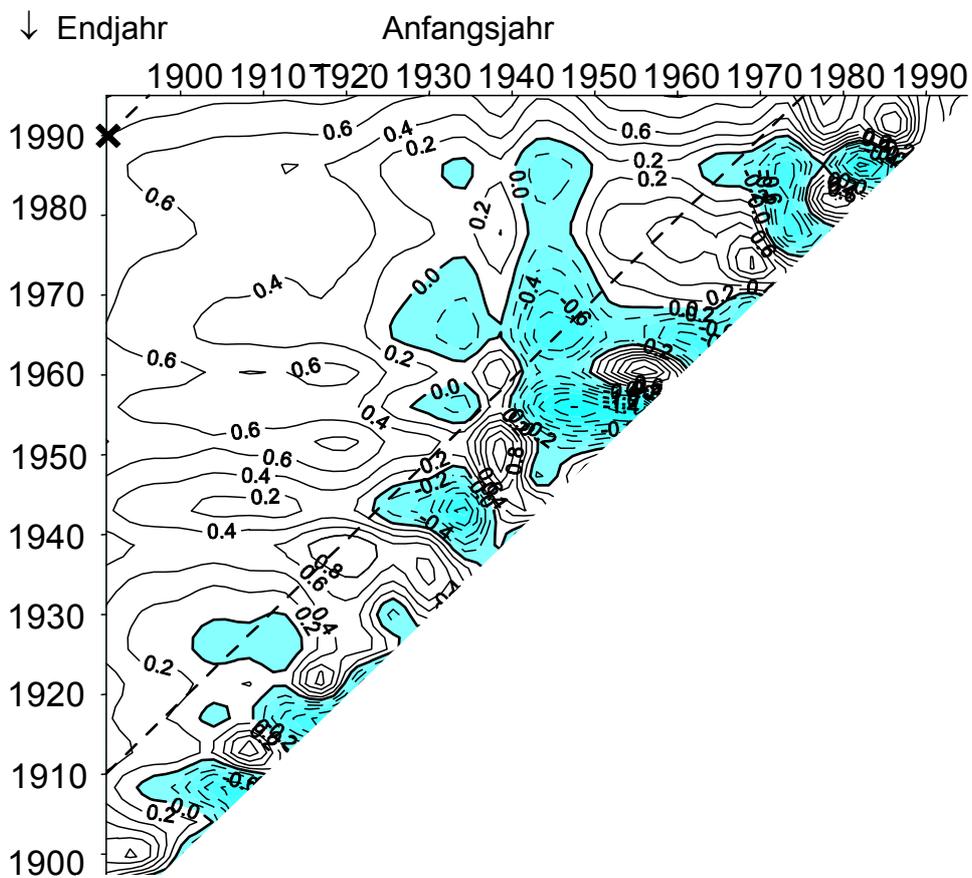


Abb. 9. Trendmatrix der bodennahen Lufttemperatur, Flächenmittel Deutschland; Erklärung siehe Text (nach Rapp, 2000).

Aus Abb. 8 ist ersichtlich, dass die Trends – grob gesehen – ab einer Schwelle von ca. 30 Jahren abwärts instabil werden, d.h. in ihren Trendwerten stark schwanken. Dies illustriert die empirische Erfahrung, dass Trendberechnungen möglichst nicht weniger als ca. 30 Jahre umfassen sollten (entsprechend den ebenfalls 30-jährigen Klimanormalperioden, vgl. folgenden Absatz). Das in Abb. 9 wiedergegebene Diagramm ist aussagekräftiger, aber zunächst auch unübersichtlicher und soll daher etwas näher erläutert werden. In der linken oberen Ecke dieses Diagramms sind die relativ langfristigen Trends zu finden und in Richtung zur Diagonalen werden sie immer kurzfristiger. Unterhalb der beim Endjahr 1910 beginnenden gestrichelten Diagonalen liegen Trends die weniger als 10 Jahre umfassen. Diese Trends sind offenbar sehr instabil. Oberhalb einer dazu parallel verlaufenden gedachten Linie, die beim Endjahr 1930 beginnt, liegen die Trends, die mehr als 30 Jahre umfassen, entsprechend oberhalb des Endjahrs 1950 die mehr als 50-jährigen Trends. Letztere sind offenbar wesentlich stabiler. Das bedeutet, dass in diesem Fall Trends, die in etwa 50-100 Jahre umfassen, als relativ gesichert angesehen werden können und bereits 30-jährige Trends erheblich variieren.

Nun gibt es in der Klimatologie die Definition der Normalperioden (climate normals, kurz CLINO), die jeweils 30 Jahre umfassen, z.B.: 1931-1960; 1961-1990. In Orientierung daran sind daher hier außer 100- und 50-jährigen Trends auch 30-jährige errechnet worden, obwohl sie die gewünschten Stabilitätskriterien meist nur ungenügend erfüllen. Aus Aktualitätsgründen ist noch die Zeitspanne 1971-2000 hinzugekommen (Tabellenanhang auch 1978-2007). Weitere Hinweise zur zeitlich gleitenden Trendanalyse, auch für andere Klimaelemente, siehe R&S; Rapp, 2000).

Es darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, dass die lineare Trendanalyse eigentlich normalverteilte Daten voraussetzt. Insbesondere sollte das Datenresiduum, das nach Subtraktion des Trends verbleibt, nicht signifikant einer Normalverteilung widersprechen (siehe dazu wiederum R&S). Das ist beim Niederschlag und vermutlich auch bei der Sonnenscheindauer eher selten der Fall. Erst seit kurzem liegt eine Methode vor, die, speziell auf den Niederschlag zugeschnitten, dieses Problem berücksichtigt (Trömel, 2005). Sie erfordert jedoch erheblich mehr Rechenaufwand als die übliche lineare Trendanalyse und wurde daher hier noch nicht angewandt. Angemerkt sei jedoch: Ein Vergleich der neuen mit der üblichen Methode zeigt, dass im Fall nicht-normalverteilter Daten die lineare Trendanalyse dazu neigt, die Trends zu überschätzen (nähere Details dazu siehe Trömel und Schönwiese, 2008).

Bei der Feldanalyse geht es darum, die Trends, wie sie sich für die einzelnen Stationen ergeben, in ein zweidimensionales Feld umzusetzen, das üblicherweise in Isolinienform die Feldcharakteristika beschreibt. Ein weit verbreitetes Verfahren, das auch hier angewandt worden ist, setzt die zunächst unregelmäßig über das Feld verteilten Zahlenwerte mittels Interpolation in ein regelmäßiges Gitter um. Auf dieser Grundlage kann dann mittels üblicher Graphik-Software ein Isolinienbild erzeugt werden. Hier wie auch schon bei R&S wurde zur Interpolation das ebenfalls weit verbreitete „Ordinary Kriging“ verwendet (siehe z.B. Dutter, 1985; Brown und Eischeid, 1992; aber auch R&S; Schönwiese und Rapp, 1997). Das dabei verwendete Gitter hat hier einheitlich eine Auflösung von $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, was in meridionaler Richtung (Nord-Süd) 28 km und in zonaler Richtung (West-Ost) bei 50° Nord 18 km Maschenweite bedeutet.

Den Schlusspunkt bildet die Produktion der Trendkarten, wobei sich auch hier noch Ansätze für Fehlerkorrekturen ergeben: Ausgeprägte „Inseleffekte“, d.h. starke Abweichungen der Trends an einem oder wenigen Gitterpunkten gegenüber der Umgebung können Hinweise auf trotz der verwendeten Tests unentdeckte Inhomogenitäten sein. Zwar sehr selten, aber gelegentlich traten doch solche Effekte auf. In solchen Fällen wurde das Feld durch Unterdrückung der „Insel“ geglättet.

4. Trends der Gebietsmittelwerte Deutschland

Bevor nun die Trendkarten exemplarisch vorgestellt und besprochen werden – die vollständige Zusammenstellung findet sich im Anhang – sollen, um einen ersten Überblick zu gewinnen, die Temperatur- und Niederschlagstrends für das Flächenmittel Deutschland diskutiert werden. Rapp (2000) hat ab 1761 Monatsdaten der Deutschland-Flächenmittel-Temperatur zusammengestellt. Die entsprechenden Jahresmittelwerte, ergänzt nach DWD (2008), sind in Abb. 10 wiedergegeben. Man erkennt neben der üblichen interannuären (Jahr-zu-Jahr-) Variabilität, die bei regionalen oder gar lokalen Daten immer erheblich stärker ausgeprägt ist als bei großräumigen Mittelwerten (vgl. dazu Abb. 1), einen Trend, der sich bei diesem langen Zeitintervall am besten nicht-linear beschreiben lässt; denn er beinhaltet bis etwa 1850 eine leichte Abkühlung und erst danach eine Erwärmung, die aber ab etwa 1900 durchaus durch einen linearen Trend von ungefähr 1 °C gut erfassbar ist und somit deutlich über dem entsprechenden global gemittelten Trend ($0,7\text{ °C}$, vgl. Abb. 1) liegt. Das bisher wärmste Jahr ist in Deutschland demnach 2000, fast gleichauf mit 2007, gewesen (im globalen Mittel, vgl. Abb. 1, dagegen 1998).

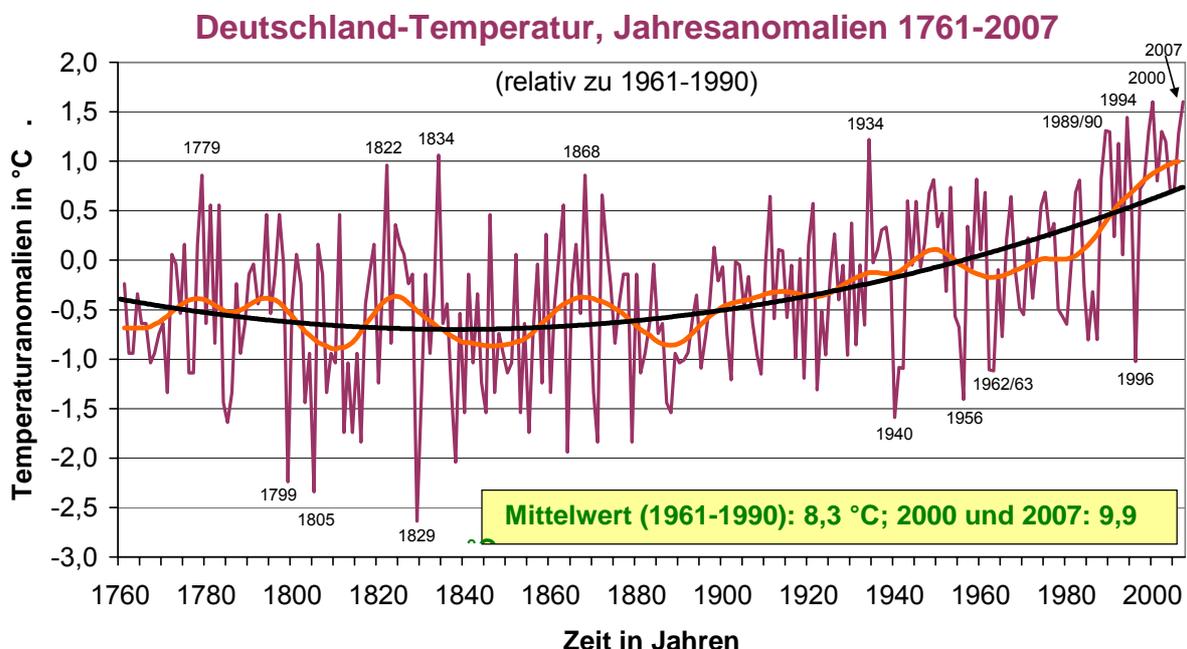


Abb. 10. Jahresanomalien 1761-2007 (relativ zu 1961-1990) des Gebietsmittels der bodennahen Lufttemperatur in Deutschland, lila, mit nicht-linearer Trendfunktion, schwarz, die jedoch ab 1901 (vgl. Tab. 2) in guter Näherung linear ist und eine Erwärmung um rund 1 °C anzeigt, sowie 30-jähriger Glättung, hellrot (Datenquelle: Rapp, 2000, ergänzt nach DWD, 2008; bearbeitet).

Jahreszeitlich soll hier nur ein Blick auf die Sommer- (Juni, Juli, August) und Winterwerte (Januar, Februar und Dezember des Vorjahrs) ab 1900 geworfen werden, vgl. Abb. 11 und 12. Die in Form eines linearen Trends erkennbare Erwärmung hatte in beiden Fällen in ungefähr das gleiche Ausmaß, während sich die interannuären Variationen deutlich unterscheiden. So traten die wärmsten Sommer 2003 (mit Abstand Hitzerekord; siehe auch Schönwiese et al., 2004; Jonas et al., 2005), 1947, 1992/94 und 1983 auf, die kühlest 1913, 1916, 1907 und 1956. Die wärmsten Winter (bezogen jeweils auf Januar) waren dagegen 2007, 1990, 1975 und 1998, die kältesten 1963, 1929, 1940 und 1947 (jeweils Rangfolgen).

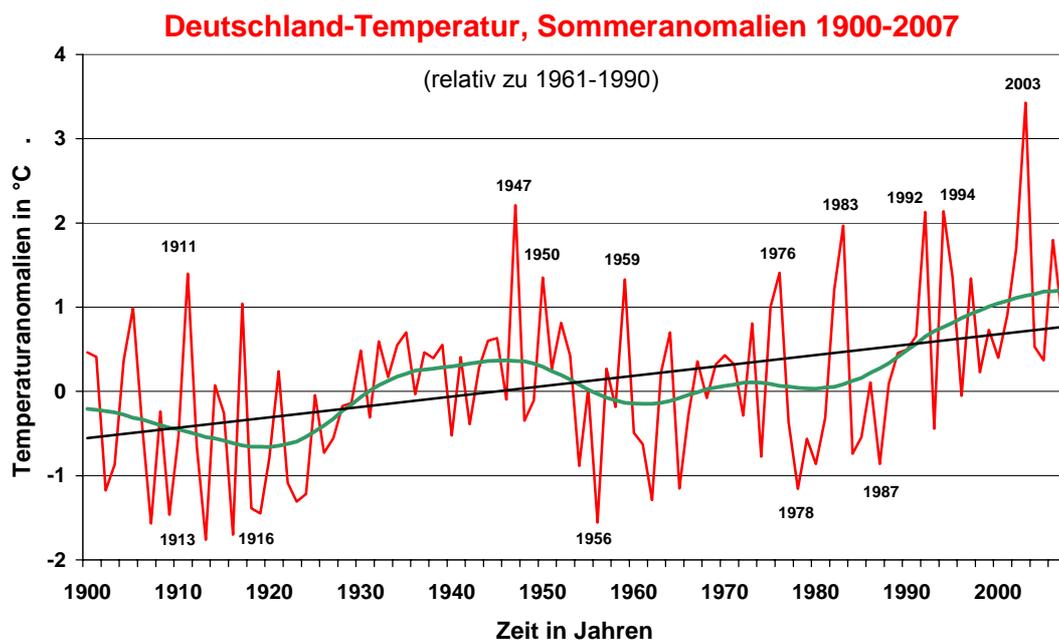


Abb. 11. Sommeranomalien (Juni, Juli, August) 1900-2007 (relativ zu 1961-1990) des Gebietsmittels der bodennahen Lufttemperatur in Deutschland mit linearem Trend, schwarz, und 30-jähriger Glättung, grün (Datenquelle wie Abb. 10).

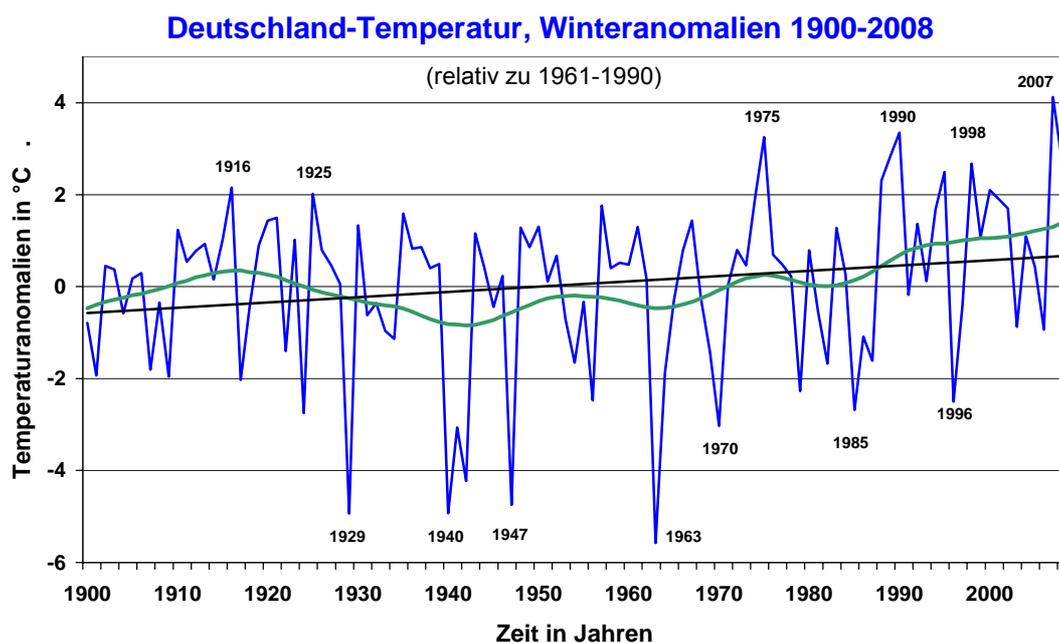


Abb. 12. Ähnlich Abb. 11, jedoch Winter (Dezember des Vorjahrs, Januar, Februar).

Auffällig ist, dass einige extrem kalte Winter stärker vom Trend abweichen als die relativ milden, was wahrscheinlich mit der Eis/Schnee-Albedo-Rückkopplung zusammenhängt: In kalten Wintern verstärkt nämlich ggf. die Schneedecke wegen ihrer großen solaren Albedo (Reflektionsanteil der eingestrahlten Sonnenenergie) die Abkühlung. Umgekehrt ist es im Sommer: Sind heiße Sommer relativ trocken, was meist der Fall ist (vgl. Abb. 11 und 14), so führt die Austrocknung des Bodens zu verringerter Verdunstung und somit zu einem geringeren (latenten) Wärmeentzug an der Erdoberfläche, was Hitzewellen erheblich verstärken kann.

Beim Niederschlag, ebenfalls abgeschätzt für das Flächenmittel Deutschland, sind die interannuären Schwankungen gegenüber den Trends noch ausgeprägter. Das zeigt bereits Abb. 13 anhand der Jahressummen 1901-2007, auch wenn der lineare Anstieg von ca. 735 mm auf ca. 800 mm gar nicht so gering ist. Es gibt Hinweise darauf, dass sich dabei, im Gegensatz zur Temperatur, auch die Varianz erhöht hat (Trömel, 2005; Beck et al., 2008), ein Aspekt, der für die Extremwertstatistik sehr bedeutend ist, hier aber nicht weiter verfolgt werden soll.

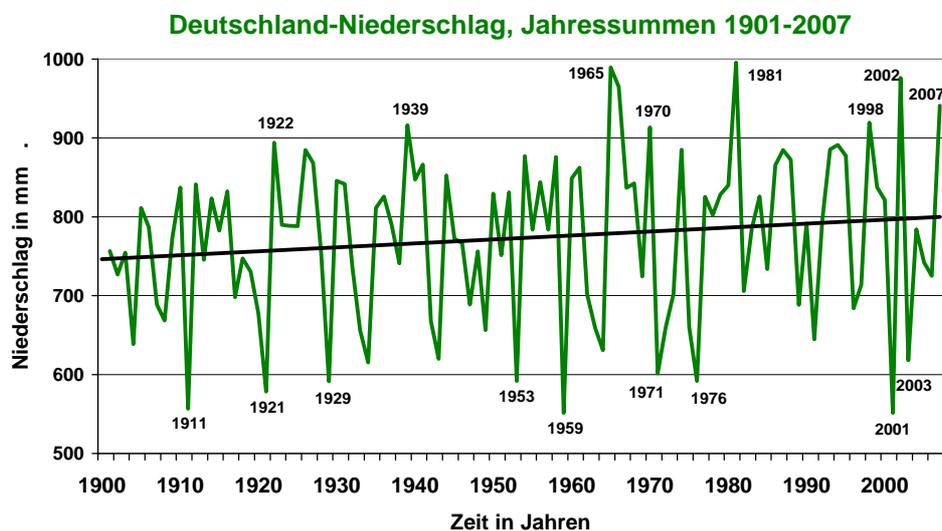


Abb. 13. Jahressummen 1901-2007 des Gebietsniederschlags Deutschland (Datenquelle: DWD, 2008) mit linearem Trend.

Jahreszeitlich gesehen sind die Niederschlag-Langfristrends jedoch entgegengerichtet: leichte Abnahme im Sommer, siehe Abb. 14, und deutlicher Anstieg im Winter, siehe Abb. 15. Relativ warme Sommer sind, wie bereits erwähnt, i.a. relativ trocken, da in solchen Fällen meist Hochdruckeinfluss überwiegt, kühle dagegen relativ feucht; denn die typische Witterungssituation dafür ist eine von Tiefdrucktätigkeit begleitete westliche bis nordwestliche Strömung mit Advektion relativ kalter maritimer Luft. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten (1901-2003) von $r = -0,46$ (entspricht rund 21 % gemeinsamer Varianz) aber nicht sehr ausgeprägt; denn heiße Sommer können auch relativ viele Schauer/Gewitter mit sich bringen (obwohl dies meist lokal/regional konzentriert geschieht). Und kühle Sommer, verbunden mit veränderlicher Witterung, können im Niederschlag durchaus moderat sein. Im Winter weist diese Temperatur-Niederschlag-Korrelation ein positives Vorzeichen auf: Kalte Winter sind meist relativ trocken (die dafür typische Witterungssituation ist Hochdruckeinfluss mit östlicher Strömung), warme relativ niederschlagsreich (westliche Strömung mit Advektion milder und feuchter Luftmassen). Allerdings ist diese Korrelation ebenfalls nicht sehr ausgeprägt ($r = +0,45$).

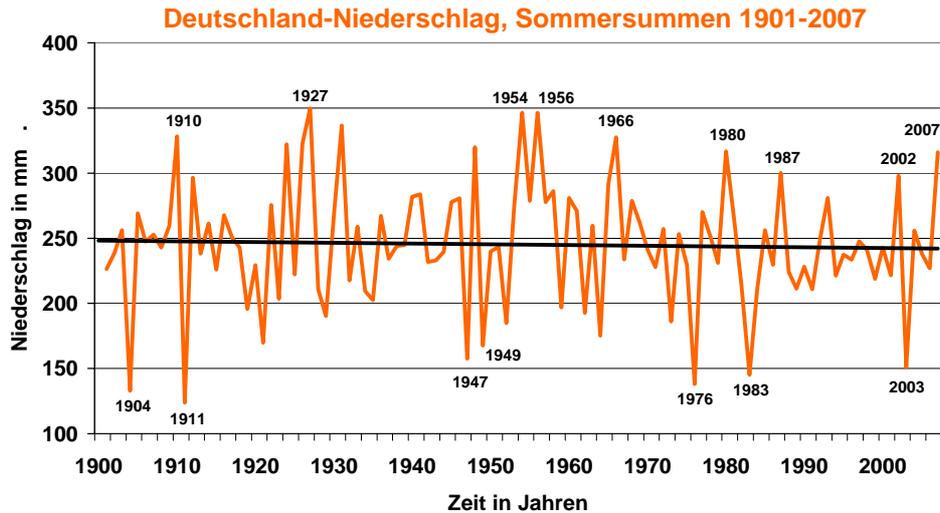


Abb. 14. Sommersummen 1901-2007 des Gebietsniederschlags Deutschland (Datenquelle: DWD, 2008) mit linearem Trend.

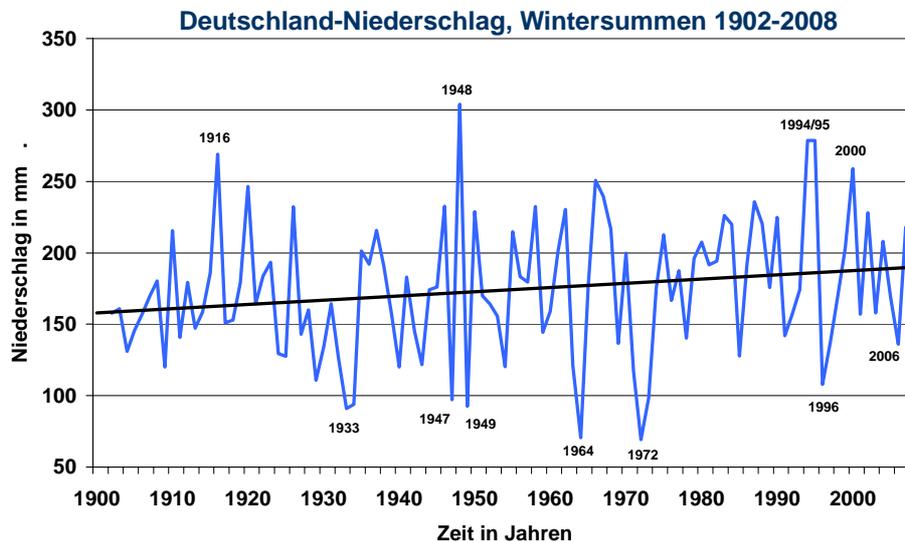


Abb. 15. Ähnlich Abb. 14, jedoch Winter.

Unter Einbeziehung der Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst bringt Tab. 2 nun eine Übersicht der für das Flächenmittel Deutschland errechneten Klimatrends: Temperatur und Niederschlag, 1901-2000 und einige Subintervalle. Man erkennt, dass säkular (1901-2000) die Temperaturtrends sehr ähnlich gewesen sind, und zwar mit einem Anstieg der Jahreswerte um $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, in der Zeit 1951-2000 Winter und Frühling bei der Erwärmung dominieren, 1981-2000 schließlich mit deutlichem Abstand der Winter ($2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperaturanstieg in nur 20 Jahren), während nach 1951, mit Ausnahme 1971-2000, der Herbst so gut wie keine Änderung anzeigt.

Die winterliche Erwärmung, die sich somit in den letzten Jahrzehnten enorm verstärkt hat, ist mit einem ebenso deutlichen und sich verstärkenden Anstieg der Winterniederschläge verknüpft (siehe wiederum Tab. 2): 1901-2000 waren es fast 20 %, 1971-2000 sogar rund 34 %. Frühling, mit Ausnahme 1961-1990, und Herbst weisen ebenfalls zunehmenden Niederschlag auf, wenn auch moderater als im Winter. Für den sommerlichen Niederschlagsrückgang ist 1951-2000 ein maximaler Wert von $-16\text{ }%$ gefunden worden. Dass 1971-2000 eine leichte Zunahme in

Erscheinung tritt, kann möglicherweise die Überlagerung von zwei Effekten sein: zwar zunehmende Trockenheit, aber gleichzeitig regional verstärkte Extremniederschlag-Episoden. In der Jahressumme hat der Niederschlag in Deutschland generell zugenommen, säkular (1901-2000) um fast 10 %, 1971-2000 wegen des verstärkten winterlichen Anstiegs sogar um 15 %.

Tab. 2. Übersicht der linearen Klimatrends für das Flächenmittel Deutschland (Datenquellen: Rapp, 2000; DWD; Trendwerte neu berechnet. Frühling: März bis Mai; Sommer: Juni bis August; Herbst: September bis November; Winter: Dezember des Vorjahres, Januar und Februar). Bei der Temperatur sind Zunahmen rot und Abnahmen blau markiert, beim Niederschlag Zunahmen grün und Abnahmen violett (dies auch in den folgenden Tabellen).

Klimaelement, Zeitintervall	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Temperatur , 1901 – 2000	+ 0,8 °C	+ 1,0 °C	+ 1,1 °C	+ 0,8 °C	+ 1,0 °C
1951 – 2000	+ 1,4 °C	+ 0,9 °C	+ 0,2 °C	+ 1,6 °C	+ 1,0 °C
1961 – 1990	+ 0,8 °C	+ 0,4 °C	0	+ 1,7 °C	+ 0,7 °C
1971 – 2000	+ 1,7 °C	+ 0,9 °C	+ 0,7 °C	+ 0,7 °C	+ 1,0 °C
1981 – 2000	+ 1,3 °C	+ 0,7 °C	- 0,1 °C	+ 2,3 °C	+ 1,1 °C
Niederschlag , 1901 – 2000	+ 13 %	- 3 %	+ 9 %	+ 19 %	+ 9 %
1951 – 2000	+ 14 %	- 16 %	+ 18 %	+ 19 %	+ 6 %
1961 – 1990	- 9 %	- 8 %	+ 10 %	+ 20 %	+ 3 %
1971 – 2000	+ 13 %	+ 4 %	+ 14 %	+ 34 %	+ 15 %

Bereits der Übergang zu monatlichen Betrachtungen der Temperatur-Flächenmittelwerte zeigt, siehe Tab. 3, wie differenziert die in Deutschland beobachteten Klimatrends gesehen werden müssen. Dabei ist das Bild für die säkulare Zeitspanne 1901-2000 noch relativ einheitlich, auch wenn die Erwärmungswerte nun von 0,5 °C (Minimum; Mai) bis 1,7 °C (Maximum; August) reichen. Aber schon die 50-jährigen Trends (1951-2000) sind deutlich unterschiedlicher, wobei nun auch ein (schwach) negativer Wert (0,1 °C Abkühlung im November) auftritt (der Maximalwert liegt mit 2,2 °C Erwärmung nun im Februar).

Dieser Effekt setzt sich erwartungsgemäß bei noch kürzeren Zeitintervallen fort: 1961-1990 sind in drei Monaten Abkühlungen aufgetreten (dabei im April und Juni mit -1,1 bzw. -0,9 °C recht deutlich), während der Dezember mit einer exorbitant hohen Erwärmungsrate (3,3 °C) auffällt. 1971-2000 ist die Wertespanne der Trends sogar etwas geringer als 1961-1990, wobei nun der April mit einer Erwärmung von 2,4 °C (gegenüber Abkühlung 1961-1990) Spitzenreiter ist; die Abkühlungen sind in diesem jüngeren Zeitintervall nur noch gering (November und Dezember).

Das jüngste Zeitintervall, 1981-2000, in dem global gemittelt (vgl. Abb. 1) die Erwärmung bisher am stärksten gewesen ist, zeigt, dass der Schwerpunkt der winterlichen Erwärmung in Deutschland (vgl. dazu auch Tab. 2) auf den Februar fällt, dem mit deutlichem Abstand der Januar folgt; im Sommer ist die Asymmetrie mit fast identisch starker Erwärmung im Juni und August (mit 1,1 °C aber ganz wesentlich

geringer als im Februar und auch Januar) gegenüber Abkühlung im Juli bemerkenswert. Die Frühjahrsmonate liegen mit ihren Erwärmungstrends nahe beieinander und im Herbst ist im November eine mäßige Abkühlung feststellbar, gegenüber fast gar keinen Trends im September und Oktober.

Tab. 3. Übersicht der linearen Temperaturtrends für das Flächenmittel Deutschland in den angegebenen Zeitintervallen, Aufschlüsselung nach den Monaten (Datenquellen wie Tab. 2)

Monat	1901-2000	1951-2000	1961-1990	1971-2000	1981-2000
Januar	0,9 °C	1,9 °C	1,5 °C	1,3 °C	1,9 °C
Februar	0,8 °C	2,2 °C	0,1 °C	1,2 °C	4,6 °C
März	1,0 °C	1,9 °C	1,5 °C	1,1 °C	0,9 °C
April	1,0 °C	0,7 °C	- 1,1 °C	2,4 °C	1,5 °C
Mai	0,5 °C	1,5 °C	1,2 °C	1,5 °C	1,2 °C
Juni	0,6 °C	0	- 0,9 °C	0,9 °C	1,1 °C
Juli	0,8 °C	1,0 °C	0,6 °C	0,7 °C	- 0,4 °C
August	1,7 °C	1,8 °C	1,1 °C	1,3 °C	1,1 °C
September	1,0 °C	0,3 °C	- 0,3 °C	0,9 °C	0,1 °C
Oktober	1,2 °C	0,4 °C	0,9 °C	1,4 °C	0,1 °C
November	1,1 °C	- 0,1 °C	0,2 °C	- 0,1 °C	- 0,3 °C
Dezember	0,9 °C	0,7 °C	3,3 °C	- 0,2 °C	0,3 °C

Es kann nicht überraschen, dass die Niederschlagstrends, die in Tab. 4 monatlich differenziert für das Flächenmittel Deutschland zusammengestellt sind – in Ergänzung zu Tab. 2 nicht nur prozentual, sondern auch absolut in mm, daher einschließlich der Jahreszeiten und dem Jahr – noch stärker differieren als die monatlichen Temperaturtrends. Ohne auf die Details dieser Tabellenwerte einzugehen sollen auch hier nur einige zusammenfassende Hinweise gegeben werden. So ist säkular (1901-2000) sowie 50-jährig (1951-2000) die starke winterliche Zunahme auf den Dezember konzentriert (jeweils in der Größenordnung von rund 27-29 %), die sommerliche Abnahme auf den August (rund 15 bzw. 30 %), während im Juni 1901-2000 eine Zunahme zu verzeichnen ist (dies auch 1961-1990, aber nicht 1951-2000 und 1971-2000).

Die Frühjahrsmonate haben sich recht uneinheitlich verhalten: Im März ist in allen betrachteten Zeitintervallen der Niederschlag angestiegen, besonders stark im jüngsten Zeitintervall 1971-2000 (wo der März nahe an den Februar herankommt). Im April sind, abgesehen von 1951-2000, geringe bis mäßige (1961-1990) Abnahmen zu konstatieren; der Mai weist zwar 1901-2000 eine mäßige Zunahme auf, aber nicht in allen betrachteten Subintervallen (besonders starke Abnahme 1961-2000), was auf relativ starke überlagerte Fluktuationen hinweist.

Der Herbst ist fast durchweg durch Niederschlagszunahmen gekennzeichnet, mit einem Maximum 1971-2000 im September. Säkular ist die Niederschlagszunahme im November besonders ausgeprägt; dem stehen jedoch Abnahmen 1961-1990 und insbesondere 1971-2000 gegenüber.

Tab. 4. Übersicht der linearen Niederschlagstrends für das Flächenmittel Deutschland in den angegebenen Zeitintervallen, Aufschlüsselung nach Monaten und Jahreszeiten (Datenquellen wie Tab. 2).

Monat/Jahreszeit	1901-2000	1951-2000	1961-1990	1971-2000
Januar	6,2 mm (10,5 %)	2,7 mm (4,4 %)	20,3 mm (33,3 %)	4,2 mm (6,8 %)
Februar	8,7 mm (17,6 %)	7,6 mm (15,2 %)	6,0 mm (12,1 %)	31,0 mm (64,4 %)
März	16,0 mm (31,4 %)	25,2 mm (45,4 %)	16,4 mm (29,0 %)	28,2 mm (47,9 %)
April	- 1,2 mm (- 2,2 %)	2,3 mm (4,3 %)	- 10,7 mm (- 18,4 %)	- 0,2 mm (- 0,4 %)
Mai	7,5 mm (11,5 %)	- 2,7 mm (- 4,0 %)	- 18,2 mm (- 25,5 %)	- 5,0 mm (- 7,5 %)
Juni	13,8 mm (17,5 %)	- 7,1 mm (- 8,5 %)	4,1 mm (4,8 %)	- 11,8 mm (- 14,2 %)
Juli	- 8,3 mm (- 9,7 %)	- 8,4 mm (-10,0 %)	- 3,5 mm (- 4,5 %)	21,5 mm (26,7 %)
August	- 12,2 mm (- 15,3 %)	- 23,4 mm (-30,0 %)	- 22,3 mm (- 28,8 %)	0,6 mm (0,9 %)
September	2,7 mm (4,2 %)	8,5 mm (13,4 %)	14,7 mm (24,1 %)	22,4 mm (34,9 %)
Oktober	2,5 mm (4,2 %)	14,3 mm (24,2 %)	14,4 mm (25,8 %)	17,2 mm (28,0 %)
November	11,6 mm (18,9 %)	9,6 mm (15,3 %)	- 2,4 mm (- 0,4 %)	- 12,6 mm (- 19,1 %)
Dezember	18,4 mm (28,5 %)	18,7 mm (26,7 %)	14,3 mm (20,3 %)	19,3 mm (26,5 %)
Frühling	22,4 mm (13,0 %)	24,8 mm (13,9 %)	- 12,6 mm (- 6,8 %)	23,0 mm (12,9 %)
Sommer	- 6,7 mm (- 2,7 %)	- 38,9 mm (-15,8 %)	- 21,7 mm (- 9,1 %)	10,3 mm (4,4 %)
Herbst	16,7 mm (9,1 %)	32,5 mm (-17,5 %)	26,7 mm (14,5 %)	26,9 mm (14,1 %)
Winter	33,1 mm (19,1 %)	34,2 mm (18,9 %)	39,2 mm (21,9 %)	64,4 mm (35,2 %)
Jahr (insgesamt)	65,7 mm (8,5 %)	47,3 mm (6,0 %)	33,1 mm (4,2 %)	+ 114,8 mm (14,6 %)

5. Hinweise zu den Trendkarten

Mit dem Übergang zu den Trendkarten, die den Hauptteil dieses Berichtes darstellen, kommt zur jahreszeitlichen bzw. monatlichen Differenzierung noch die regionale. Im folgenden soll so vorgegangen werden, dass im Textteil einige jahreszeitliche Trendkarten in Auswahl kurz besprochen werden. Im Anhang folgt dann die vollständige Wiedergabe der monatlichen und auch jahreszeitlichen sowie jahresbezogenen Karten (in schwarz/weiß) einschließlich der in Rasterung markierten Ergebnisse der Signifikanzprüfungen, dies jedoch ohne textliche Kommentierung.

Begonnen werden soll mit den jahreszeitlichen Temperatur-Trendkarten 1901-2000, siehe Abb. 16. Dabei zeigt sich innerhalb Deutschlands eine weitgehend einheitliche Struktur mit deutlicher Zunahme der Trendwerte von Nord nach Süd, schwächer ausgeprägt auch von Ost nach West, so dass im Südwesten das Maximum und im Bereich der Deutschen Bucht fast gar kein Trend zu finden ist. Besonders auffällig ist das sommerliche Maximum im Raum Karlsruhe mit rund 1,8 °C; in dieser Jahreszeit werden auch die südlichen neuen Bundesländer von erheblichen Erwärmungstrends erfasst. Im Winter ist das Maximum großräumiger und weniger exzessiv. Die sehr grobe Trendstruktur ist außer der guten Temperaturrepräsentanz in diesem Fall auch auf die wenigen zugrunde liegenden Stationen zurückzuführen (vgl. Kap. 2).

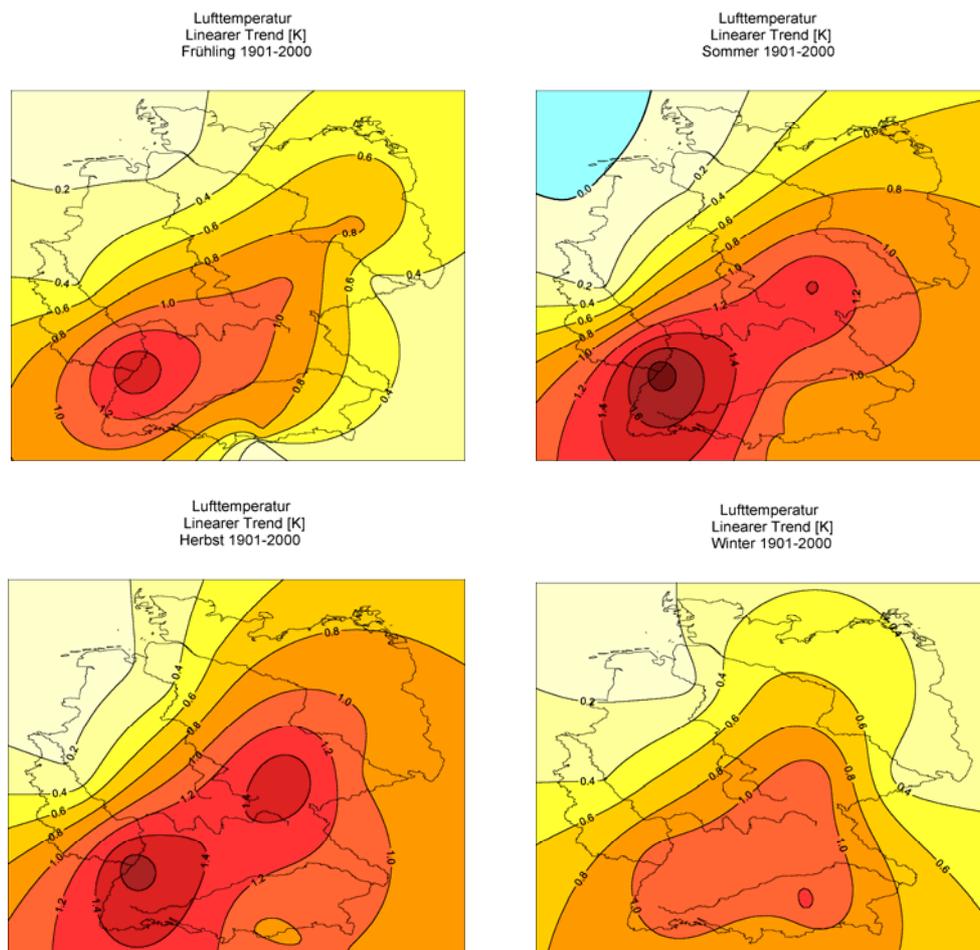


Abb. 16. Karten der linearen Temperaturtrends 1901-2000 in °C für alle vier Jahreszeiten. (Die in den Karten, auch im folgenden, angegebene Maßeinheit K (Kelvin) ist bei Trendwerten identisch mit °C; gelb-orange mäßige, hell-dunkelrot starke Zunahmen.)

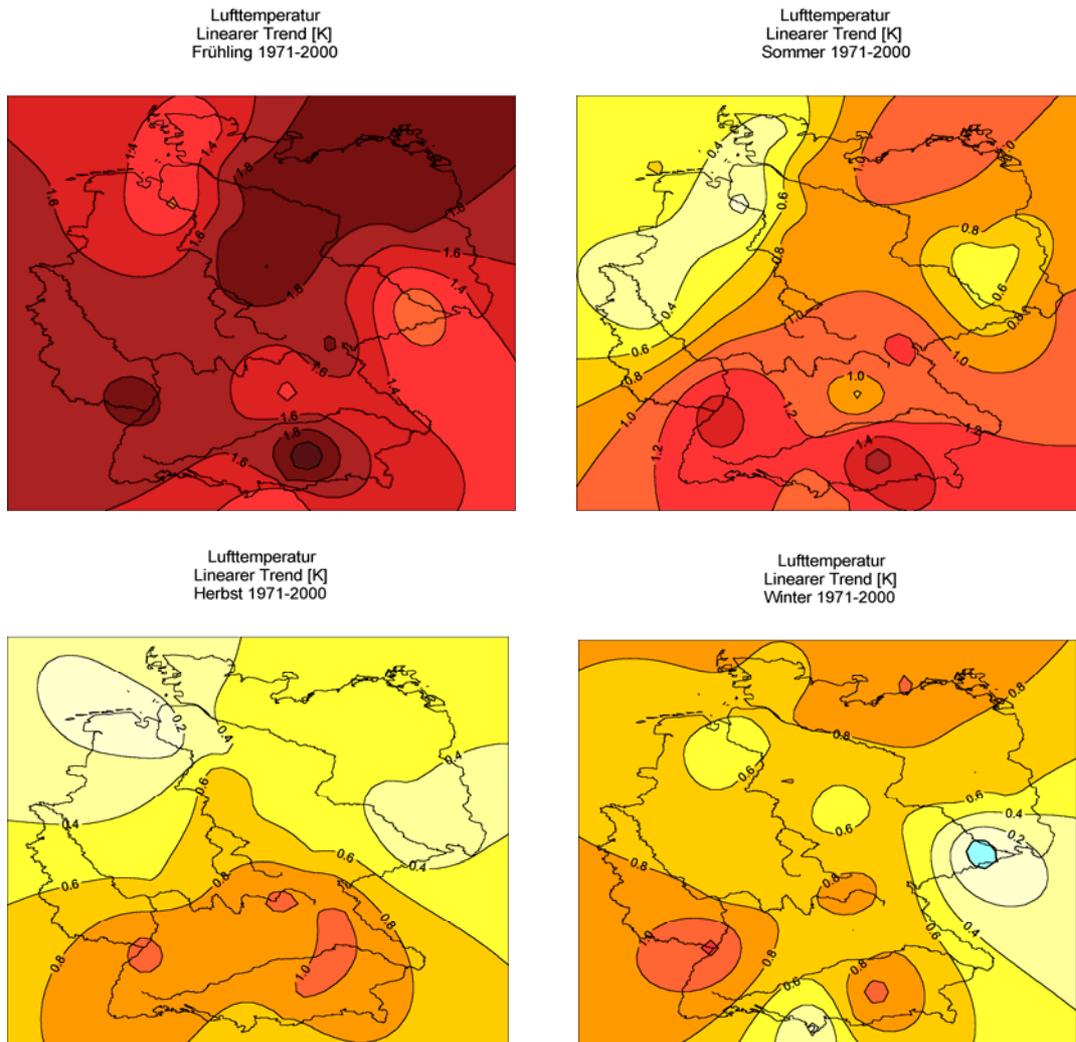


Abb. 17. Ähnlich Abb. 16, jedoch 1971-2000.

Sowohl die größere Stationsgrundlage als auch das kürzere Zeitintervall führen dazu, dass die entsprechenden, in Abb. 17 dargestellten Trendkarten 1971-2000 differenzierter erscheinen. In Übereinstimmung mit Tab. 2 dominiert die Erwärmung nun im Frühling, und das weitgehend flächendeckend (Maxima um 1,8 °C). Nur im Bereich der Deutschen Bucht und in Sachsen sind die Werte etwas geringer (ungefähr 1,2-1,4 °C), was im übrigen auch für den Sommer und Herbst gilt (dann allerdings mit Trendwerten um 0,6-0,2 °C). Im Winter zeigt sich als einziger Jahreszeit auch eine regionale Abkühlung, und zwar in Sachsen. Relative Erwärmungsmaxima sind wie im säkularen Zeitintervall im Südwesten zu finden (u.a. auch wieder im Raum Karlsruhe, aber teilweise auch im Südosten und sogar (außer im Herbst) im Nordosten (dies am ausgeprägtesten im Frühling)).

Die bekannte starke räumliche Variabilität des Niederschlags (vgl. dazu auch Kap. 3 und 2), der durch eine erhöhte Stationsdichte Rechnung getragen wird, kommt sogar in den säkularen Trendkarten zum Ausdruck, siehe Abb. 18. Daher fällt es schwer, die recht komplizierte Struktur in wenigen Worten zu umreißen. Die in Tab. 2 aufgelistete geringe Abnahme des Sommerniederschlags zeigt sich offenbar vor allem von Sachsen (dort maximal 20 %) in nordwestlicher Richtung bis Niedersachsen hin, aber auch im Südwesten, während in anderen Landesteilen,

besonders in Bayern, auch geringe Zunahmen festzustellen sind. In den anderen Jahreszeiten überwiegt deutlich die Niederschlagszunahme, besonders markant im Winter, wobei im Südwesten Werte bis ca. 50 % erreicht werden, bei genereller Abnahme dieser Trends in Richtung Osten. Es ergibt sich somit eine deutliche Diskrepanz zwischen Westen/Südwesten (teils kräftige Zunahmen) und Nordosten (Abnahmen im Sommer und Herbst, wenig Änderung im Winter und Frühling).

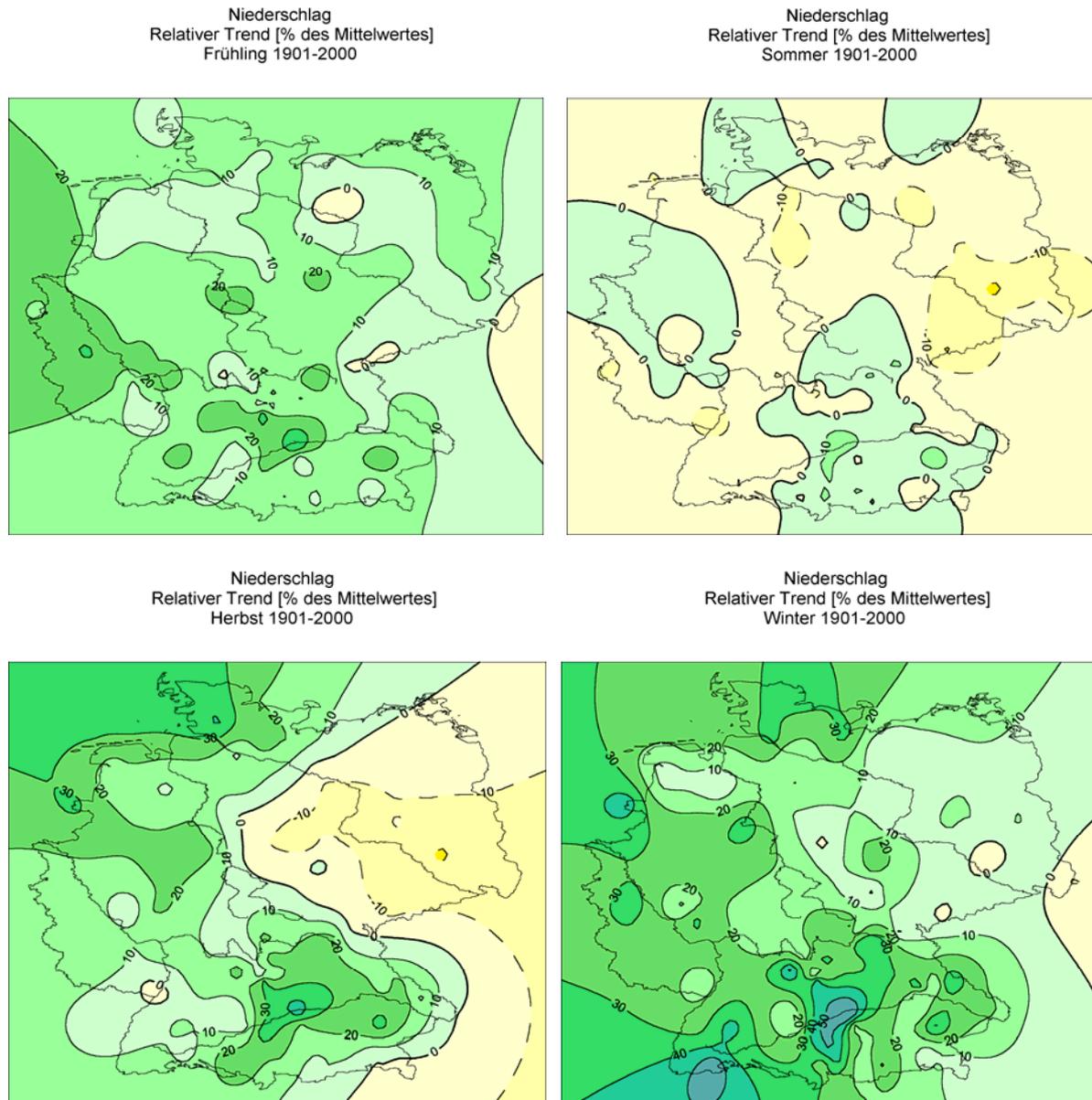


Abb. 18. Karten der linearen Niederschlagstrends 1901-2000 in Prozent, alle vier Jahreszeiten (gelb Abnahmen, grün-blau Zunahmen).

Im Zeitintervall 1971-2000, siehe Abb. 19, zeigt sich dieser West-Ost-Kontrast nur noch im Herbst, wobei nun allerdings auch im Bereich der Deutschen Bucht und im äußersten Südwesten abnehmende Niederschlagstrends feststellbar sind. Im Frühling und Sommer liegen die Schwerpunkte der Niederschlagsabnahme eher in Hessen (im Sommer auch in Teilen Baden-Württembergs und Niedersachsens sowie im äußersten Osten Bayerns). Ansonsten überwiegen die Niederschlagszunahmen,

besonders markant im Winter, wo die Schwerpunkte mit um 50 % im Bereich der Ostseeküste und im Westen (Region Mainz) liegen; eine Abnahme tritt nur im Ostteil Sachsens in Erscheinung. Hinsichtlich des Bilds, das sich dadurch für die Jahressummen ergibt, sei auf den Kartenanhang verwiesen, wo im übrigen auch die Millimeter-Werte der Niederschlagstrends ersichtlich sind.

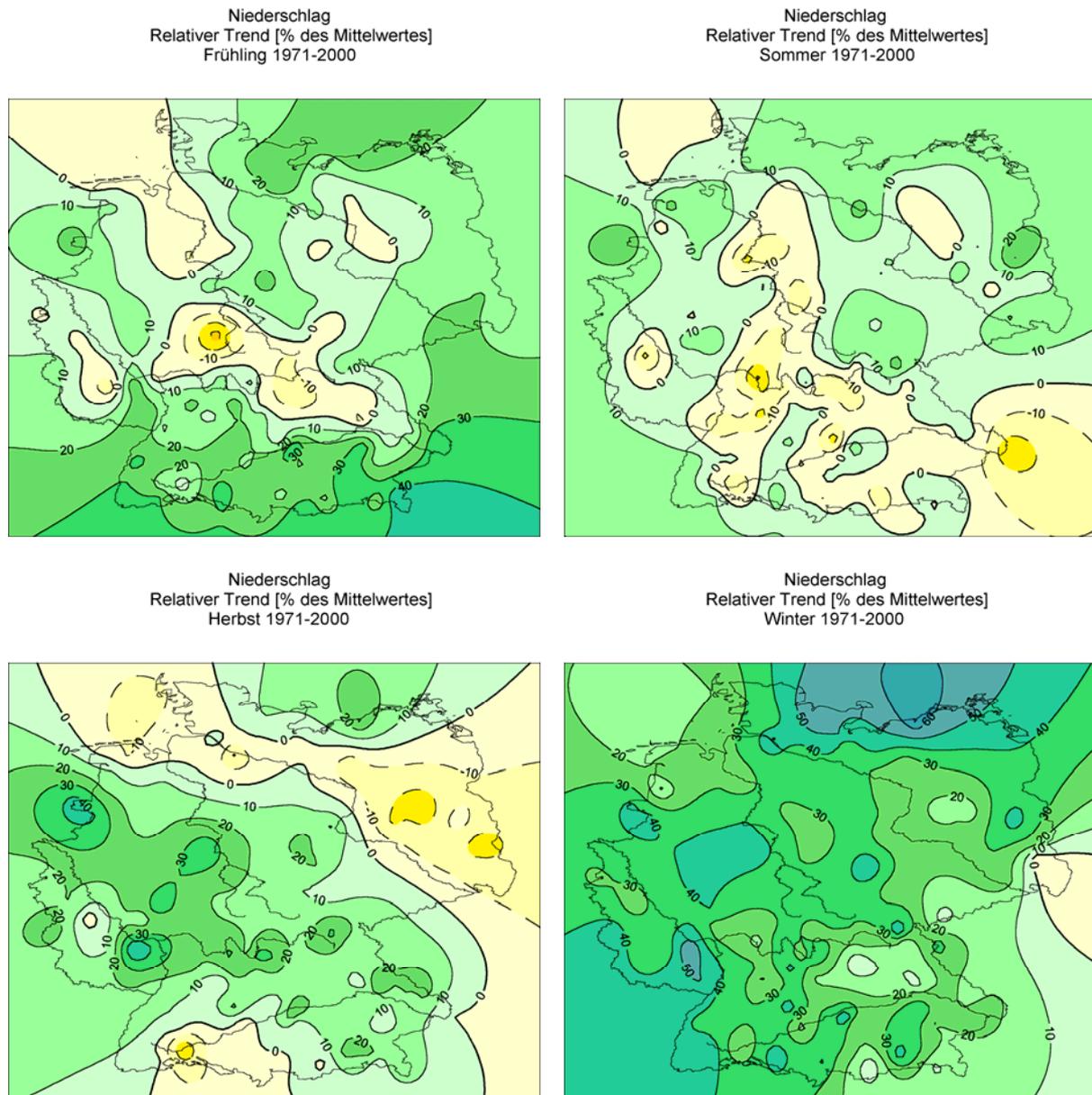


Abb. 19. Ähnlich Abb. 18, jedoch 1971-2000.

Die Sonnenscheindauer soll hier nur hinsichtlich der Trends 1971-2000 kurz besprochen werden, siehe Abb. 20. (Die Trends 1951-2000, längere Datensätze standen nicht zur Verfügung, vgl. Kap. 2, unterscheiden sich allerdings zum Teil deutlich davon; siehe wiederum Kartenanhang.) Im Frühling tritt nur im Osten ein Bereich mit Zunahme hervor (Schwerpunkt östliches Thüringen / westliches Sachsen mit einem Maximum von 80 h, mit h = Stunden), ansonsten überwiegt die Abnahme. Dies ist im Sommer im Norden sehr ausgeprägt (Maxima bis ca. -100 h), während sich durch die Mitte ein Band mit Zunahme zieht (Schwerpunkt in Franken) und im

Süden die Trends uneinheitlich sind. Im Herbst ist die Abnahme im Südwesten am stärksten und nimmt noch Norden hin ab (leichte Zunahmen im Bereich der Deutschen Bucht und im Nordosten). Im Winter sind die Trends am schwächsten und recht uneinheitlich, wobei sich die relativ stärkste Abnahme (ca. 20 h) im östlichsten Bayern und die stärksten Zunahmen (ca. 40 h) im Bereich der Deutschen Bucht und teilweise auch im Osten finden lassen.

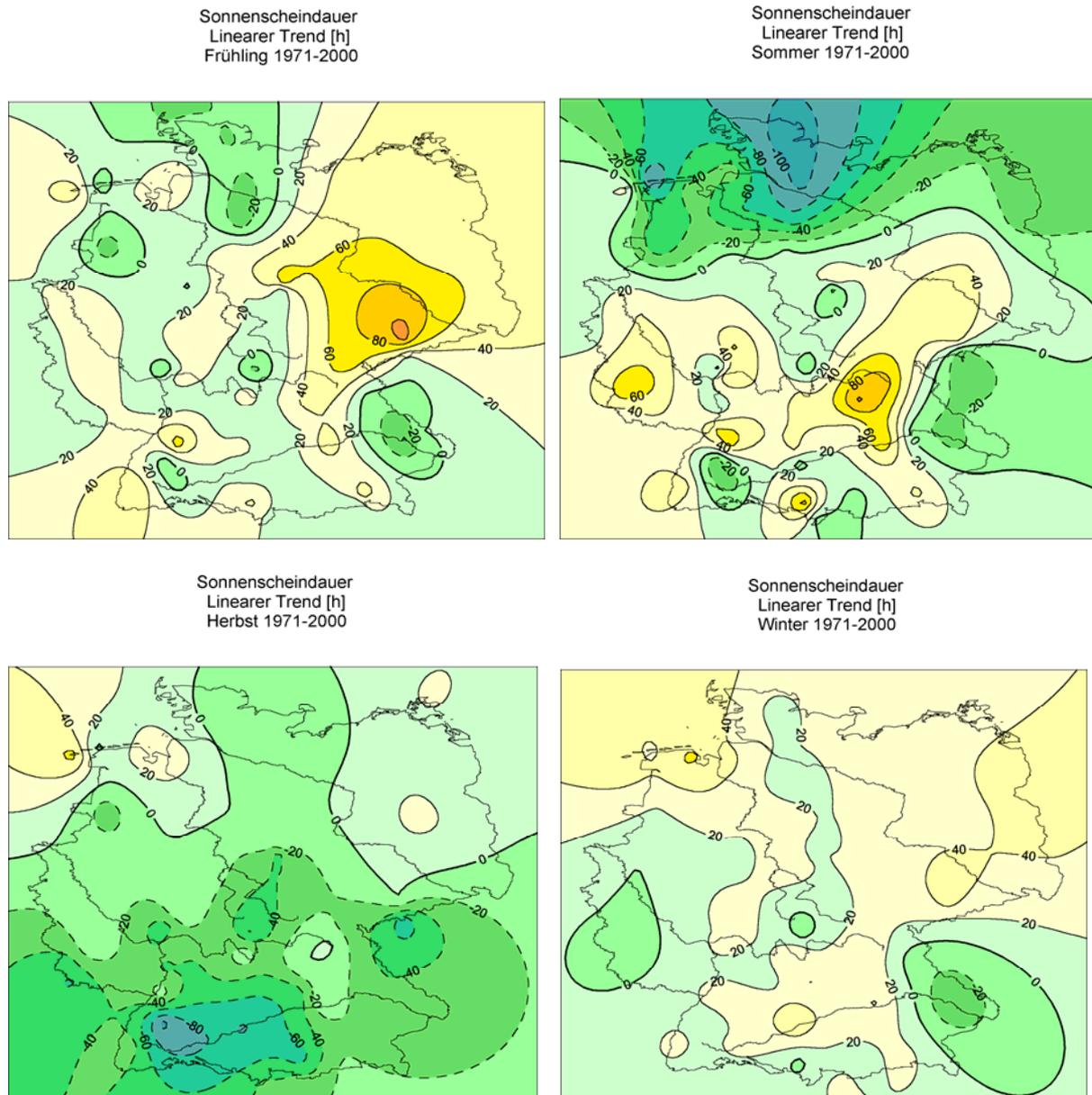


Abb. 20. Karten der linearen Sonnenscheindauer-Trends 1971-2000 in Stunden, alle Jahreszeiten (gelblich Zunahme, grünlich/Bläulich Abnahme).

Insgesamt zeigen die beobachteten Klimatrends in Deutschland – und sicherlich auch anderswo – nicht nur zeitliche, sondern auch komplizierte räumliche Strukturen, die zudem jahreszeitlich bzw. monatlich sehr unterschiedlich und zeitlich nicht stabil sind. Das gilt ganz besonders für Niederschlag und Sonnenscheindauer. Pauschalaussagen sind somit unangebracht; vielmehr müssen die Fakten der Klimaänderungen je nach Ort, Jahreszeit und Zeitintervall differenziert erfasst werden.

Literatur

- Brown, T.J., Eischeid, J.K., 1992: An examination of spatial statistical techniques for interpolation of gridded climate data. In Environmemnt Canada (ed.): 5th Internat. Meeting Statist. Climatol., Proc., pp. J39-J42.
- Burroughs, W.J., 2001: Climate Change – A Multidisciplinary Approach. Univ. Press, Cambridge.
- CRU (Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK), 2008: Temperature. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>
- DWD (Deutscher Wetterdienst), 2001-2008: Klimastatusberichte, jährlich im Selbstverlag, Offenbach; Witterungsreport express, monatlich im Selbstverlag, Offenbach; aktuelle Monatsübersichten, <http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?> (→ Klimakarten Deutschland, monatlich → Übersichtstext)
- Dutter, R., 1985: Geostatistik. Eine Einführung mit Anwendungen. Teubner, Stuttgart.
- Endlicher, W., Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.), 2007: Der Klimawandel. Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung / Humboldt-Universität zu Berlin, Potsdam.
- Glaser, R., 2001: Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Primus / Wiss. Buchges., Darmstadt.
- Grieser, J., Staeger, T., Schönwiese, C.-D., 2000: Statistische Analyse zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhauseffektes. Bericht Nr. 103, Inst. Meteorol. Geophys. Univ. Frankfurt/Main.
- Grieser, J., Trömel, S., Schönwiese, C.-D., 2002: Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature. *Theor. Appl. Climatol.*, 71, 171-183.
- Huch, M., Warnecke, G., Germann, K. (Hrsg.), 2001: Klimazeugnisse der Erdgeschichte. Springer, Berlin etc.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., et al., eds.), 2007: Climate Change 2007. The Physical Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report (FAR) of the IPCC. University Press, Cambridge.
- Janoschitz, R., 2004: Aktualisierung der Klimatrendanalyse-Karten Deutschland. Fortgeschrittenenpraktikum der Meteorologie, Inst. Meteorol. Geophys., Univ. Frankfurt/M.
- Jonas, M., Staeger, T., Schönwiese, C.-D., 2005: Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen - Schwerpunkt Deutschland. Bericht zum UBA-Forschungsvorhaben 201 41 254; Bericht Nr. 1, Inst. Atmosph. Umwelt, Univ. Frankfurt/Main.
- Jones, P.D., et al., 1999: Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.*, 37, 173-199; Update: CRU.
- Kendall, M.G., 1970: Rank Correlation Methods. 4. ed., Griffin, London.
- Mann, H.B., 1945: Nonparametric test against trends. *Econometrica*, 13, 245-259.
- Rapp, J., 2000: Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. Bericht Nr. 212, Deut. Wetterdienst, Selbstverlag, Offenbach.
- Rapp, J., Schönwiese, C.-D., 1996: Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990. Frankfurter Geowiss. Arb., Serie B, Band 5, Univ. Frankfurt a.M.
- Schlittgen, R.B., Streitberg, H.J., 1999: Zeitreihenanalyse. Oldenbourg, München/Wien.
- Schönwiese, C.-D., 1995: Klimaänderungen. Daten, Analysen, Prognosen. Springer, Berlin etc.
- Schönwiese, C.-D., 2006: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. 4. Aufl., Borntraeger, Berlin/Stuttgart.
- Schönwiese, C.-D., 2008: Klimatologie. 3. Aufl., Ulmer (UTB), Stuttgart.
- Schönwiese, C.-D., Janoschitz, R., 2008: Klima-Trendatlas Europa 1901-2000. Bericht Nr. 7, Inst. Atmosph. Umwelt, Univ. Frankfurt/Main.
- Schönwiese, C.-D., Rapp, J., 1997: Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891 - 1990. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
- Schönwiese, C.-D., Staeger, T., Trömel, S., 2004: The hot summer 2003 in Germany. Some preliminary results of a statistical time series analysis. *Meteorol. Z.*, 13, 323-327; siehe auch Deutscher Wetterdienst, 2004: Klimastatusbericht 2003, S. 123-132. Selbstverlag, Offenbach.
- Sneyers, R., 1990: On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Tech. Note No. 143, Publ. No. 415, Geneva.

Staeger, T., Grieser, J., Schönwiese, C.-D., 2003: Statistical separation of observed global and European climate data into natural and anthropogenic signals. *Clim. Research*, 24, 3-13.

Trömel, S., 2005: Statistische Modellierung von Klimazeitreihen. Dissertation; Bericht Nr. 2, Inst. Atmosphäre Umwelt, Univ. Frankfurt/Main.

Trömel, S., Schönwiese, C.-D., 2005: A generalized method of time series decomposition into significant components including probability assessments of extreme events and application to German precipitation data. *Meteorol. Z.*, 14, 417-427.

Trömel, S., Schönwiese, C.-D., 2008: Robust trend estimation of observed German precipitation. *Theor. Appl. Climatol.*, 93, 107-115.

Walter, A., Schönwiese, C.-D., 1999: Ursachen der Lufttemperaturvariationen in Deutschland 1865-1997. *Deutscher Wetterdienst, Klimastatusbericht 1998*, S. 23-29.

Walter, A., Schönwiese, C.-D., 2002: Attribution and detection of anthropogenic climate change using a backpropagation neural network. *Meteorol. Z.*, 11, 335-343.

Kartenanhang

Es folgt der Anhang mit den Trendkarten

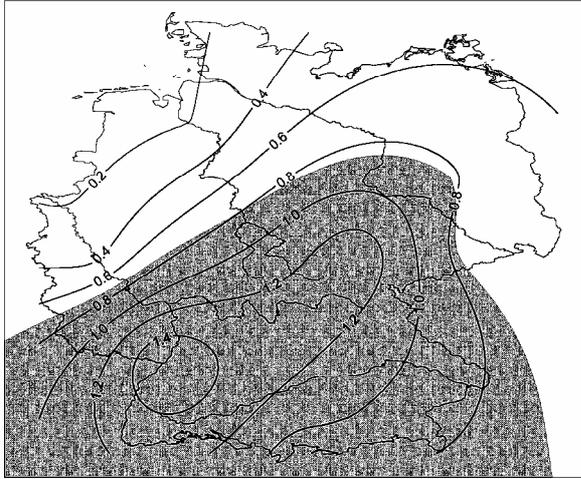
- der bodennahen Lufttemperatur in Grad (K = Kelvin, identisch mit °C = Celsius),
 - des Niederschlags in Millimeter (mm, entsprechend Liter pro Quadratmeter) sowie Prozent (%) und
 - der Sonnenscheindauer in Stunden (h),
- jeweils in Schwarz-Weiß-Darstellung.

Jeweils oberhalb der Karten findet sich die Beschriftung, die über das Klimaelement, die Maßeinheit der Trends, den betrachteten Monat bzw. die Jahreszeit (bzw. Angabe Jahr im Fall der Analyse von Jahreswerten) und die Zeitspanne Auskunft gibt, die den jeweiligen Trendberechnungen zugrunde liegen (wie in Abb. 15-19).

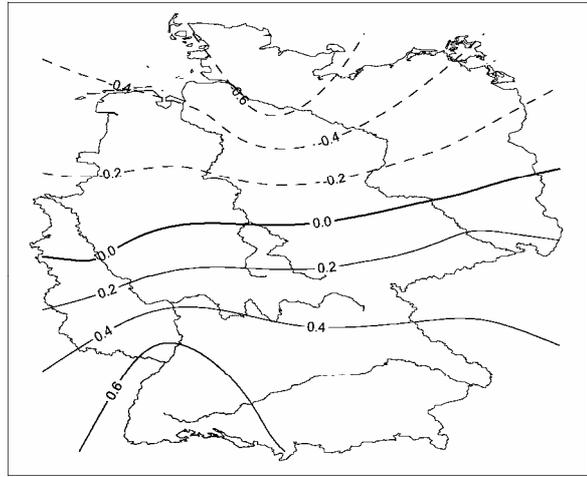
Die Signifikanzbereiche (Mann-Kendall-Trendtest) sind wie bei R&S (Rapp und Schönwiese, 1996) errechnet (vgl. Kap. 3) und angegeben, wobei dunkle Rasterung bei der Temperatur über 99 % und beim Niederschlag sowie der Sonnenscheindauer über 95 % Signifikanz bedeutet, helle Rasterung bei der Temperatur über 85 % und beim Niederschlag sowie der Sonnenscheindauer über 70 % Signifikanz.

Auf eine Diskussion des umfangreichen Kartenmaterials wird verzichtet (zusammenfassende Hinweise zu den jahreszeitlichen Trendkarten vgl. Kap. 5, zu den Flächenmittelwerten Deutschland Kap. 4). Es soll nur noch einmal angemerkt sein, dass alle Trends sowohl hinsichtlich der Monate bzw. Jahreszeiten als auch der jeweils betrachteten Zeitintervalle variabel sind und ausgeprägte regionale Unterschiede aufweisen, insbesondere beim Niederschlag und der Sonnenscheindauer. Wegen der zeitlichen Instabilität – die allerdings umso geringer ins Gewicht fällt, je länger das jeweilige Zeitintervall ist – können die in der Vergangenheit beobachteten Klimatrends nicht ohne weiteres in die Zukunft extrapoliert werden.

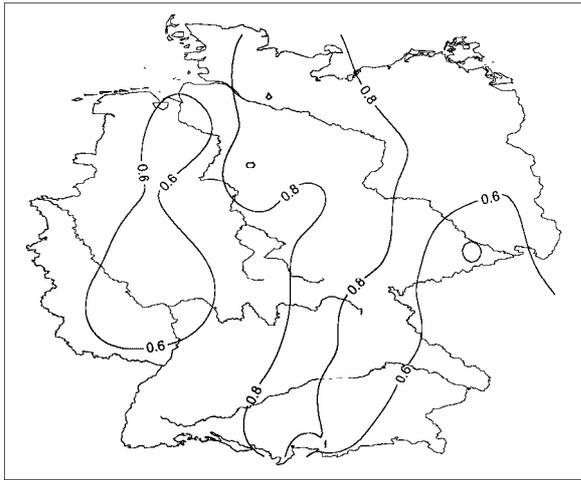
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1901-2000



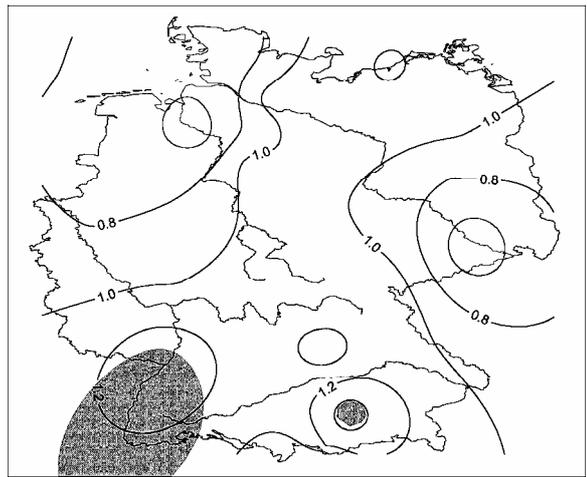
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1931-1960



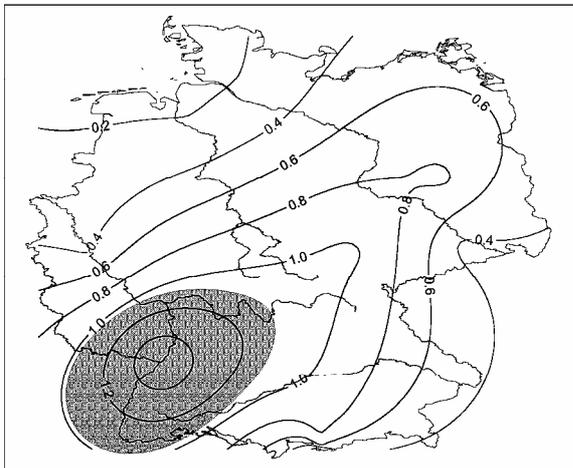
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1961-1990



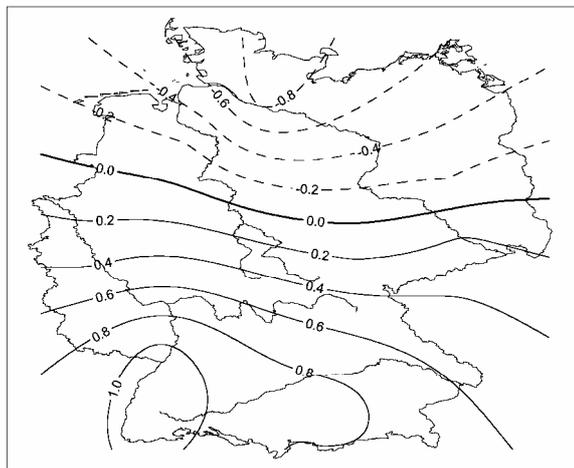
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1971-2000



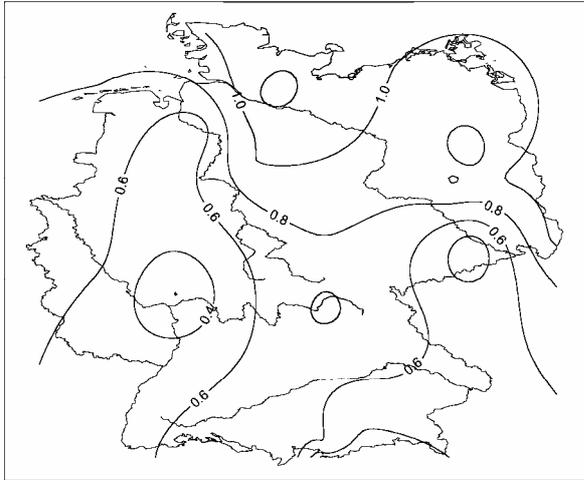
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1901-2000



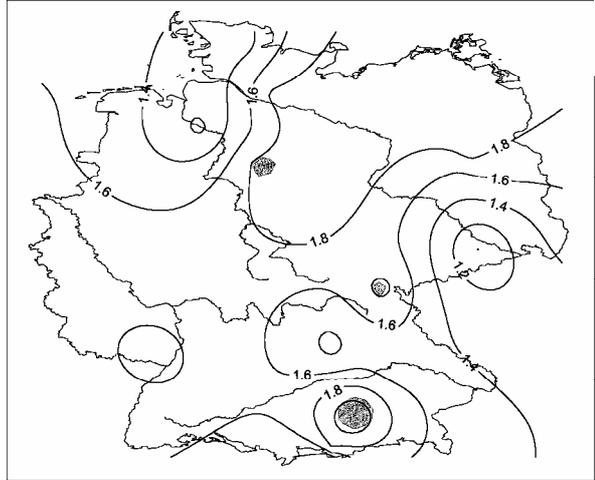
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1931-1960



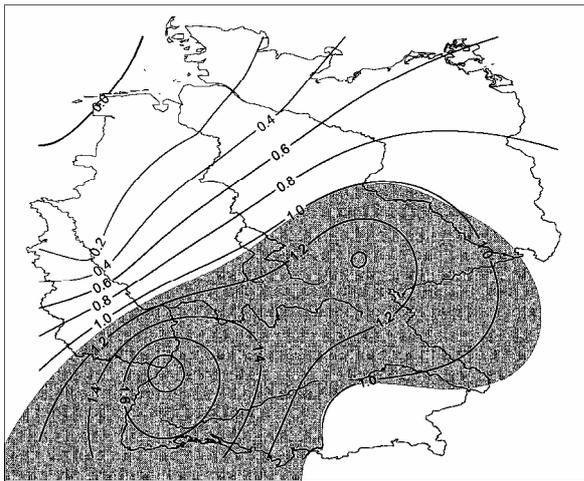
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1961-1990



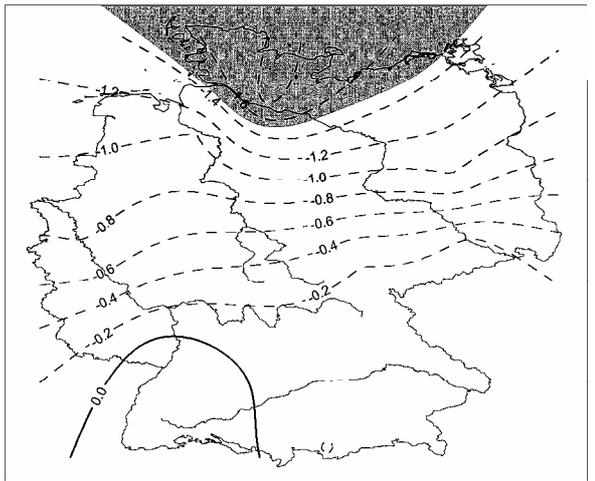
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1971-2000



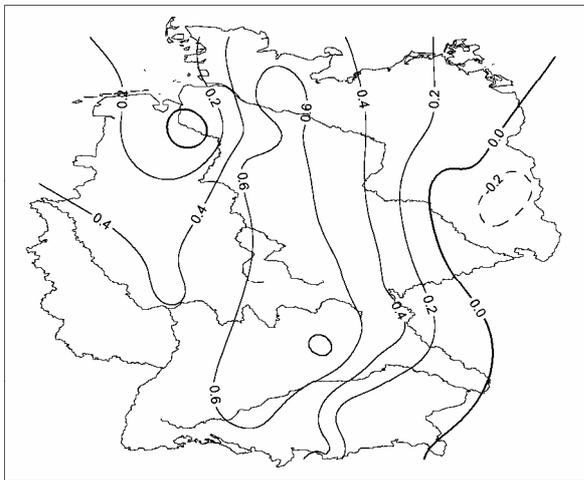
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1901-2000



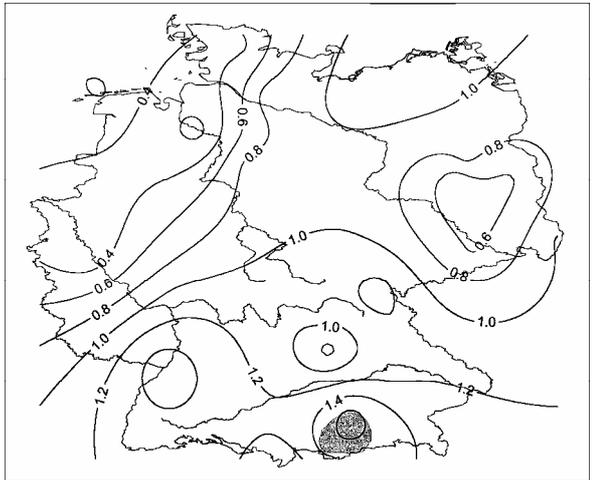
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1931-1960



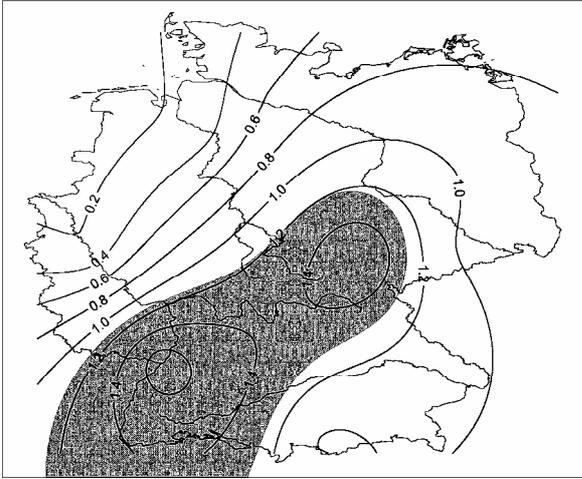
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1961-1990



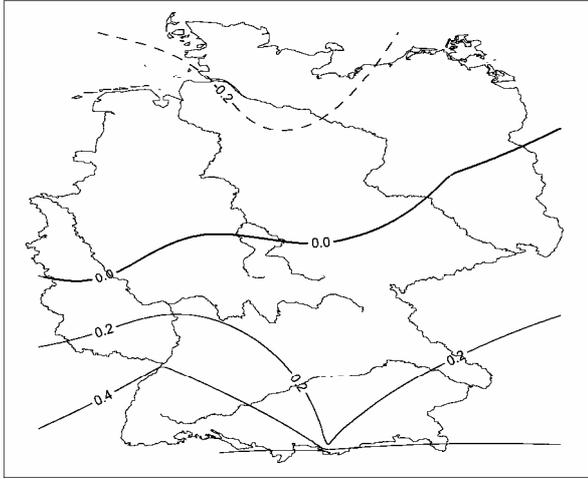
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1971-2000



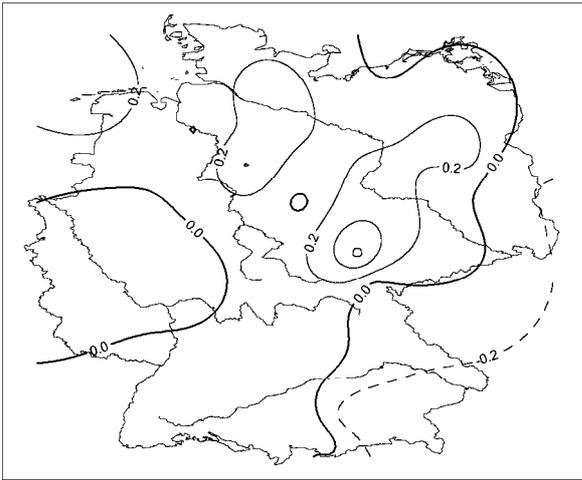
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1901-2000



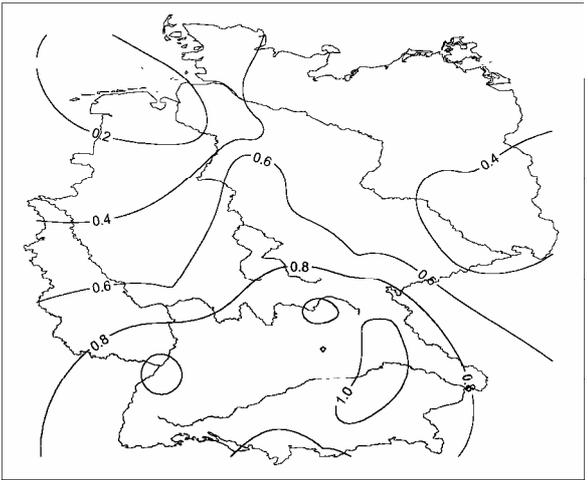
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1931-1960



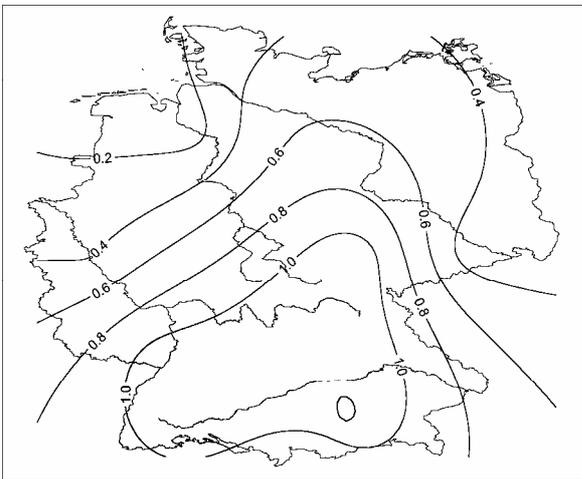
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1961-1990



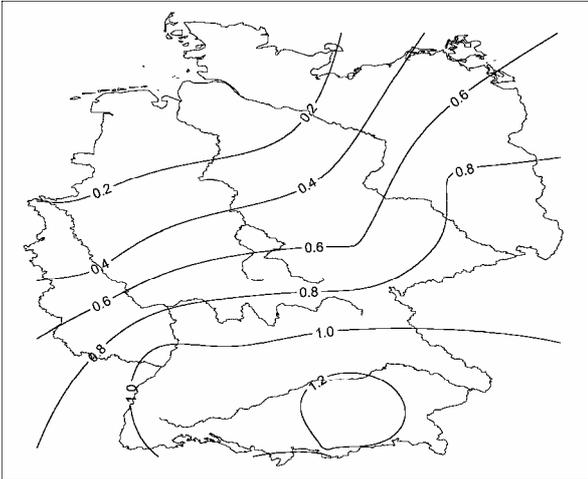
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1971-2000



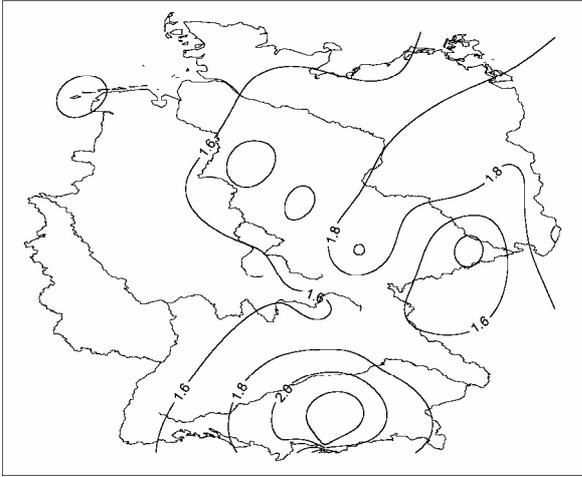
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1901-2000



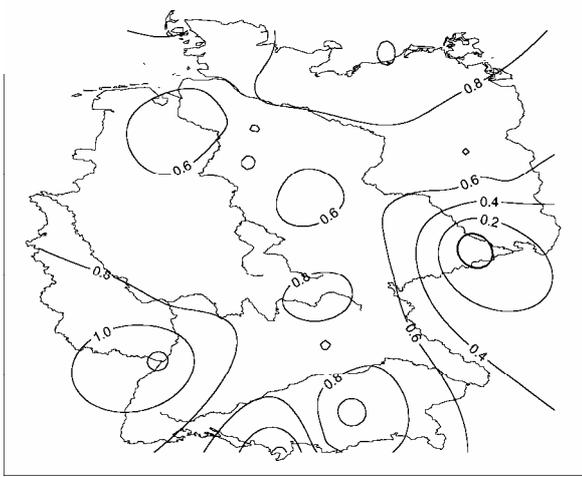
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1931-1960



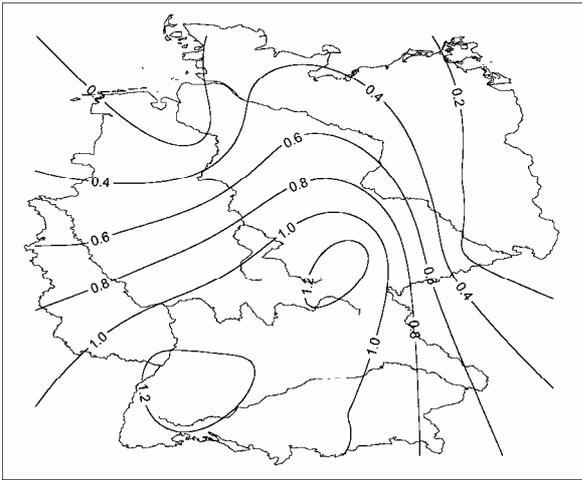
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1961-1990



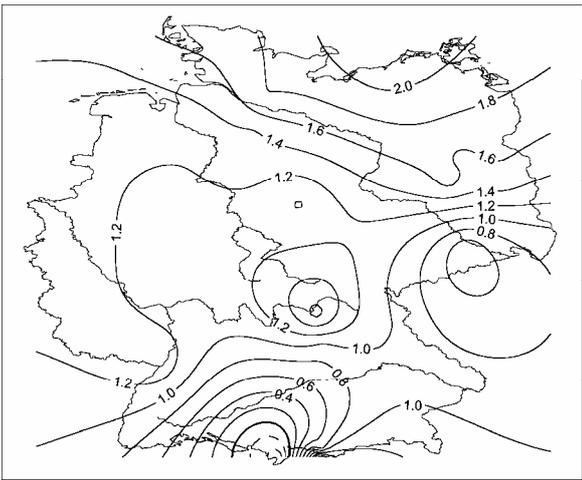
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1971-2000



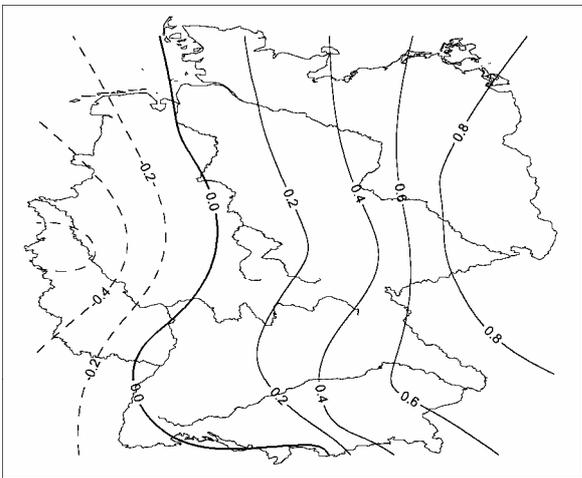
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1901-2000



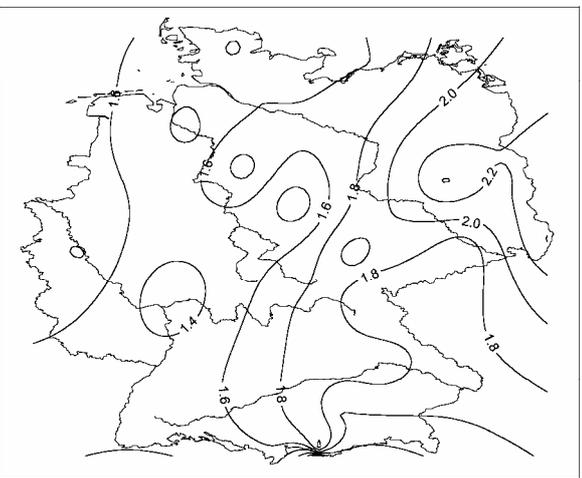
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1971-2000



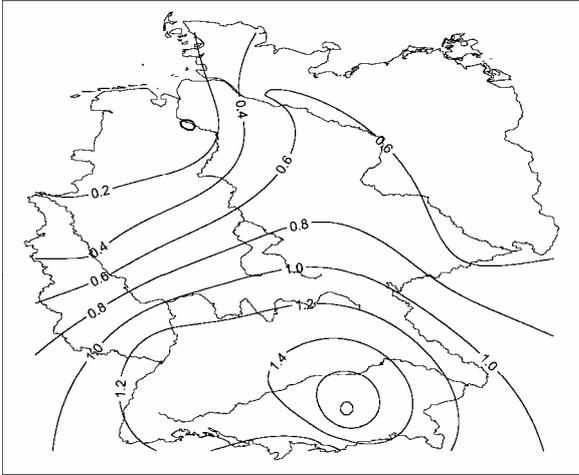
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1931-1960



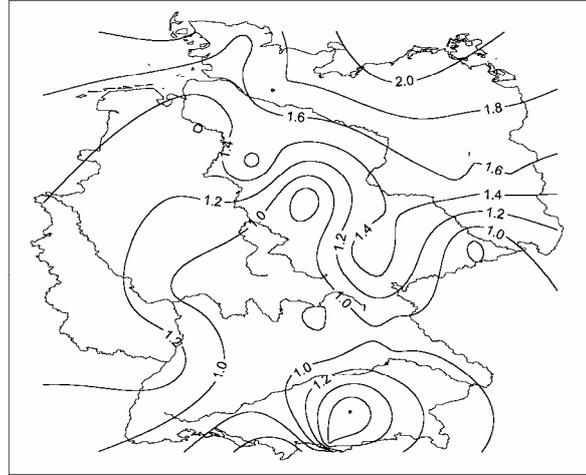
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1961-1990



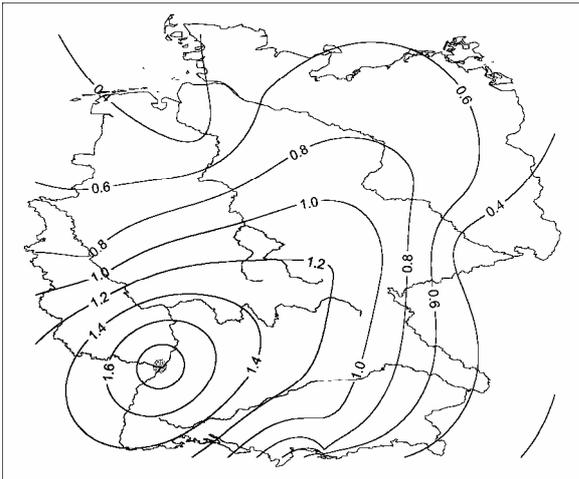
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1901-2000



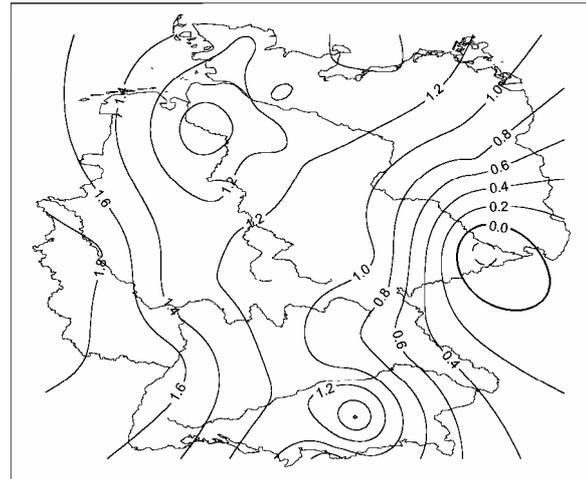
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1971-2000



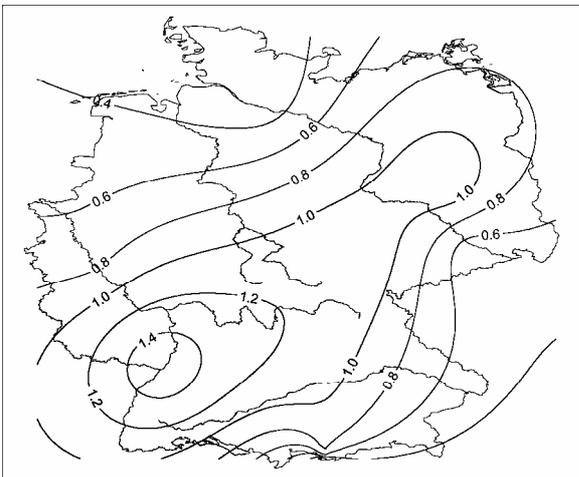
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1901-2000



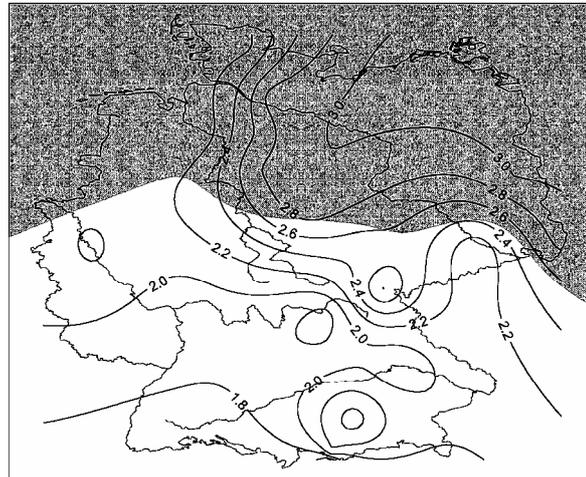
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1971-2000



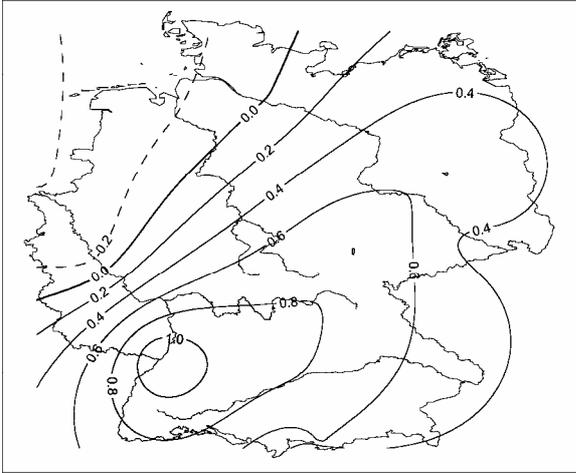
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1901-2000



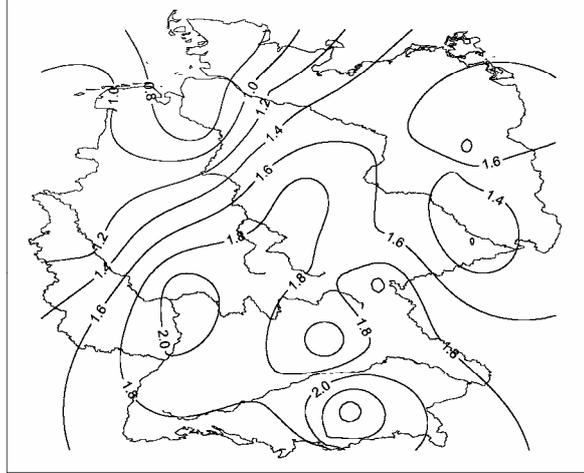
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1971-2000



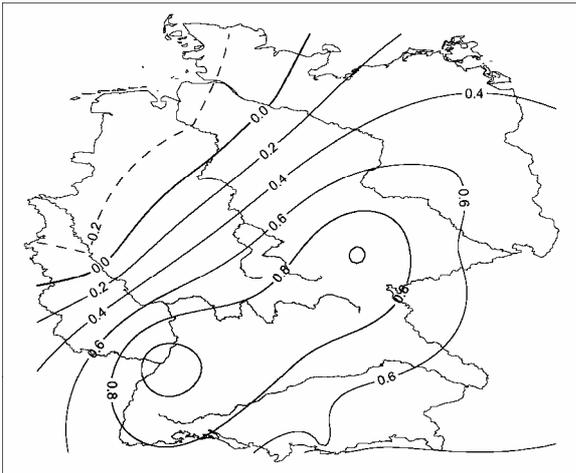
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Mai 1901-2000



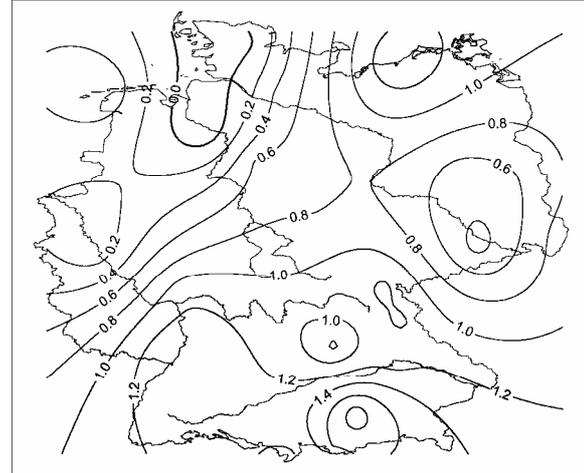
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Mai 1971-2000



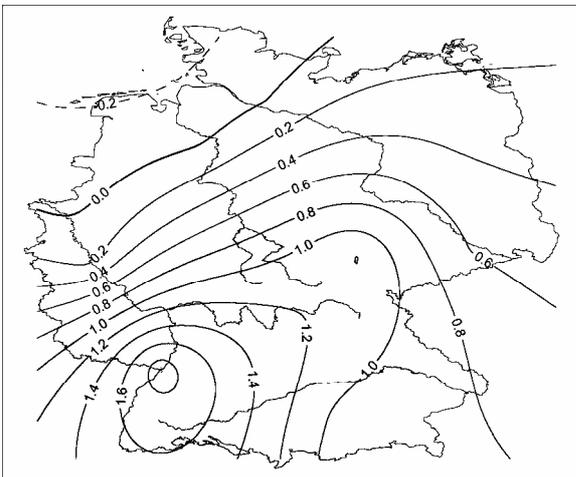
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Juni 1901-2000



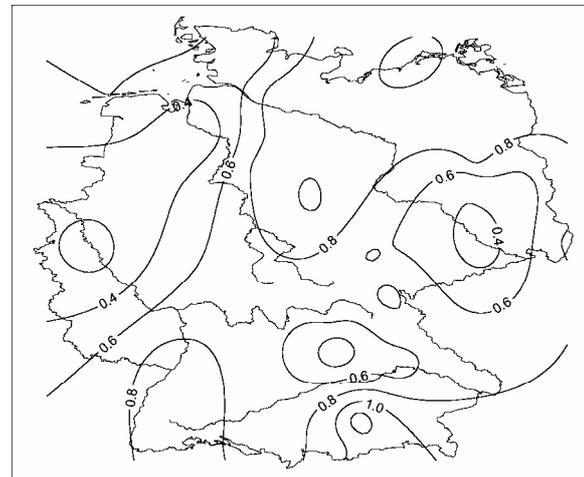
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Juni 1971-2000



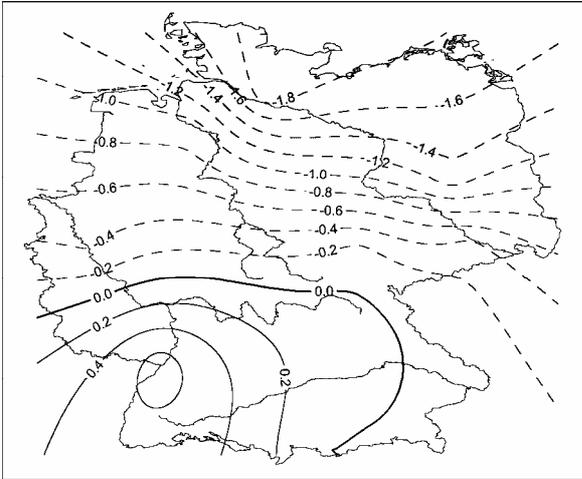
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Juli 1901-2000



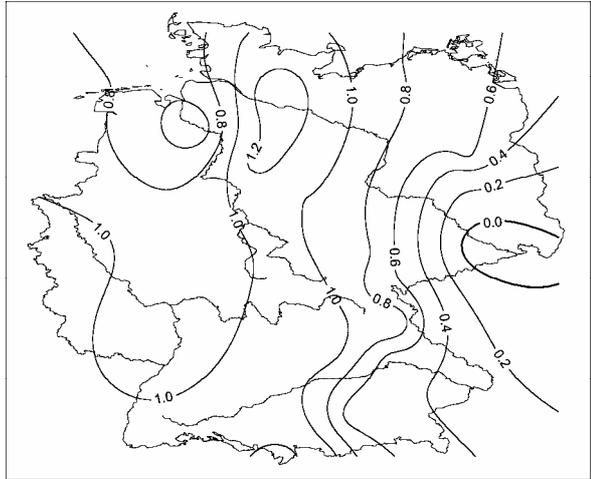
Lufttemperatur
Linearer Trend [K]
mit signifikanten Gebieten
Juli 1971-2000



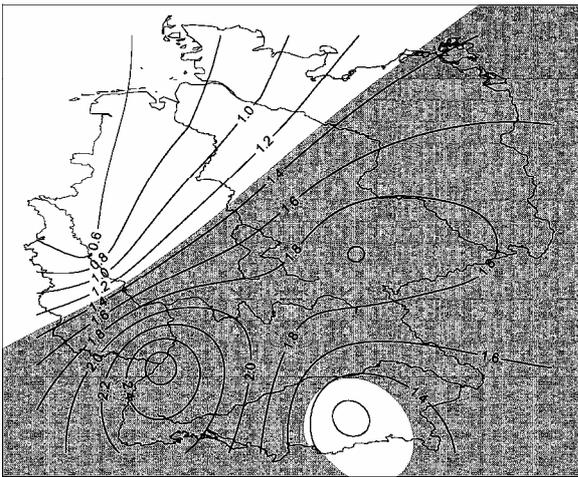
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1931-1960



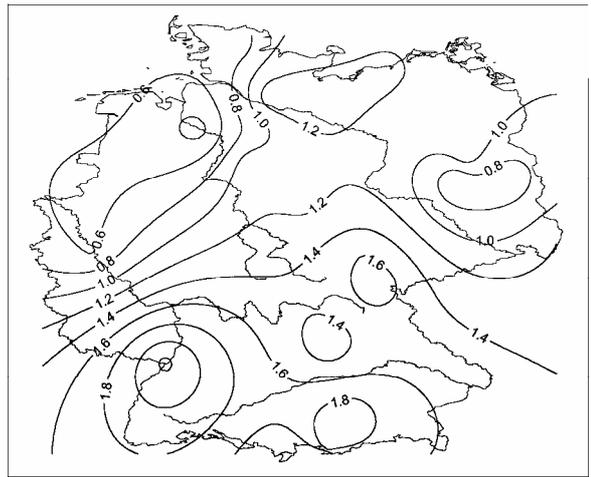
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1961-1990



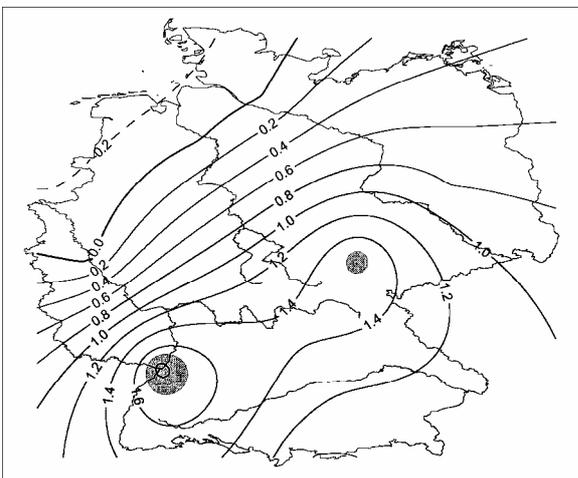
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1901-2000



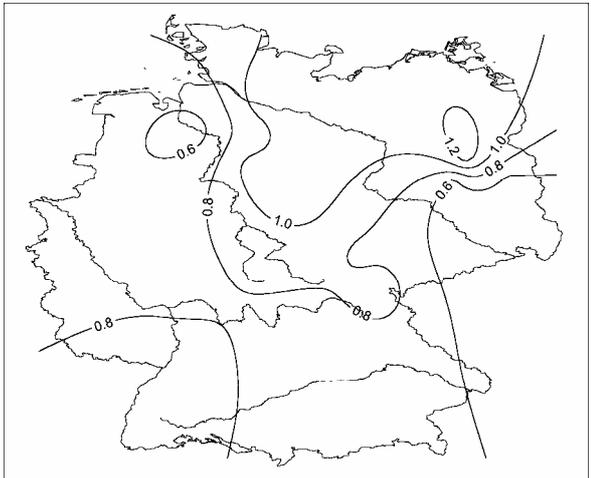
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1971-2000



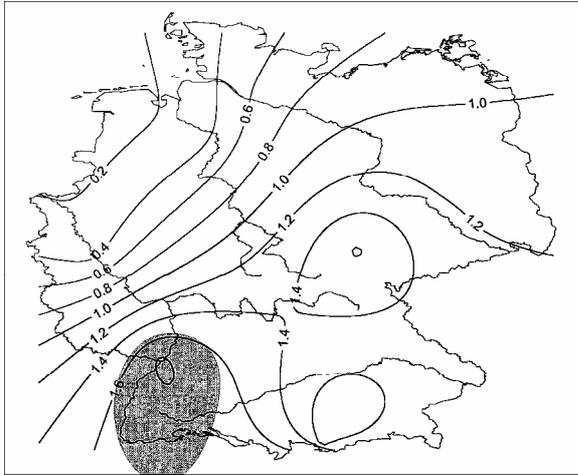
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1901-2000



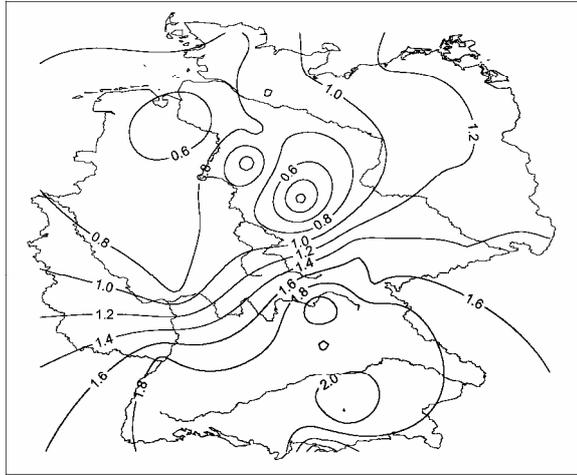
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1971-2000



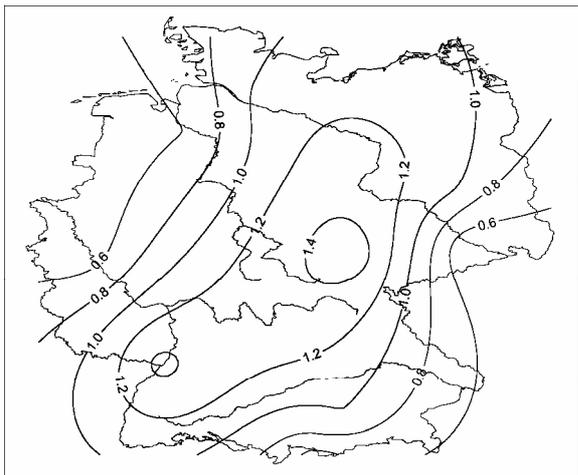
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1901-2000



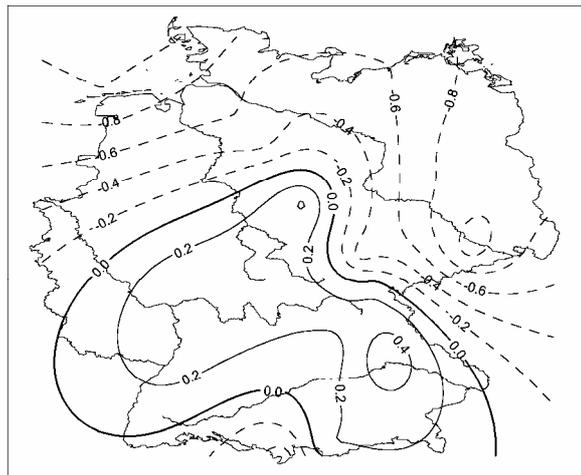
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1971-2000



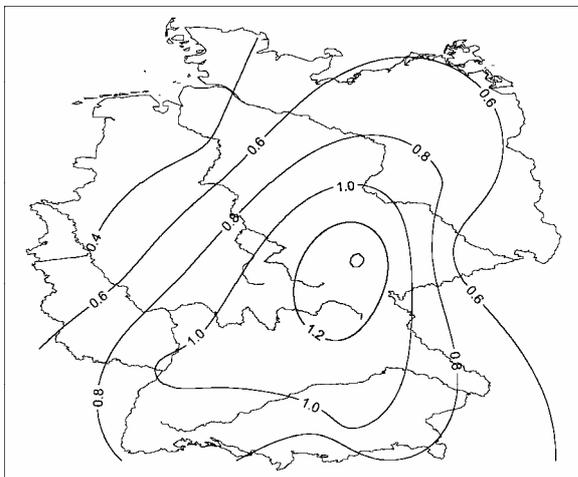
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1901-2000



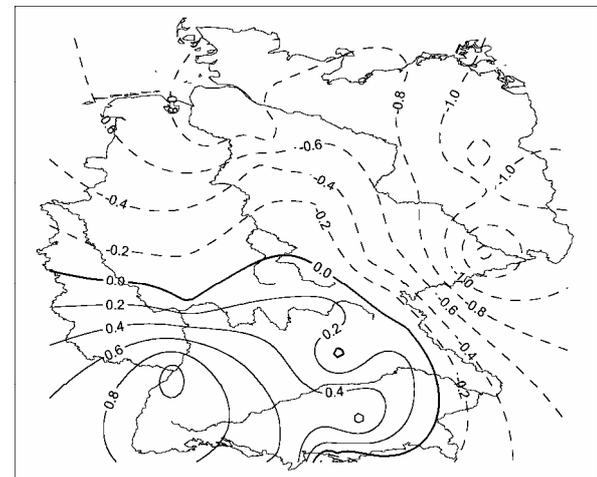
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1971-2000



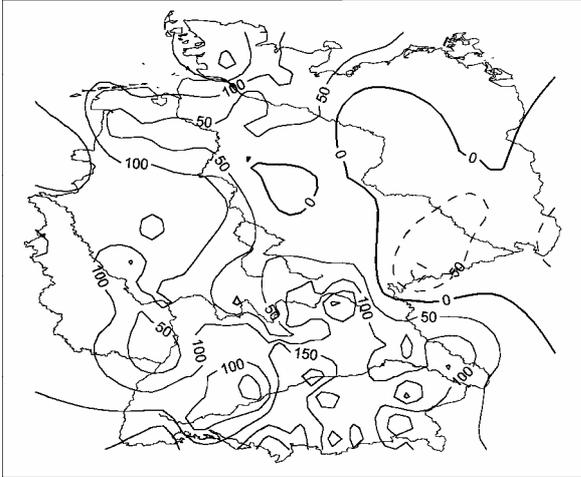
Lufttemperatur
 Linearer Trend [K]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1901-2000



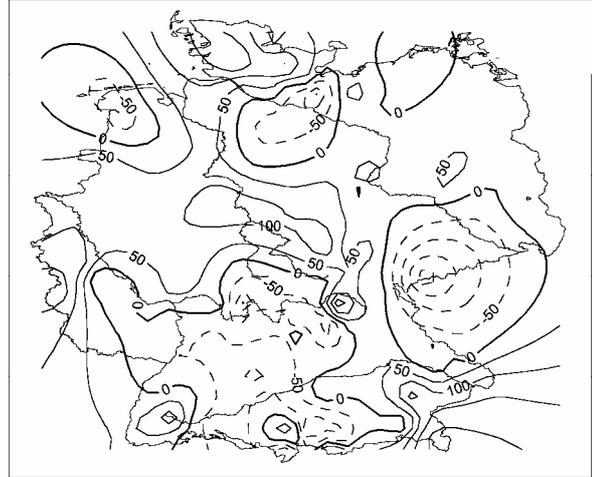
Lufttemperatur
 Linearer Trend [k]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1971-2000



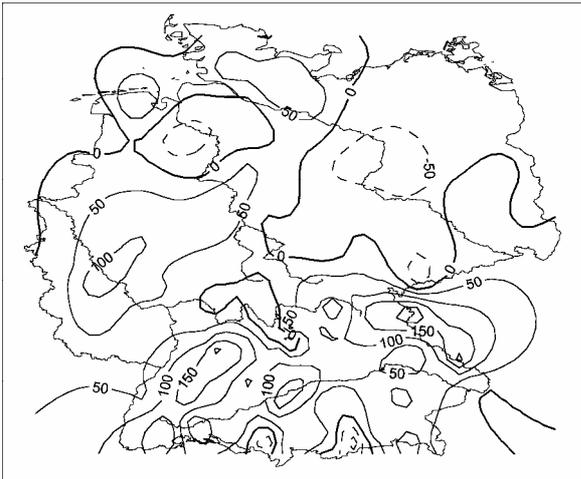
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1901-2000



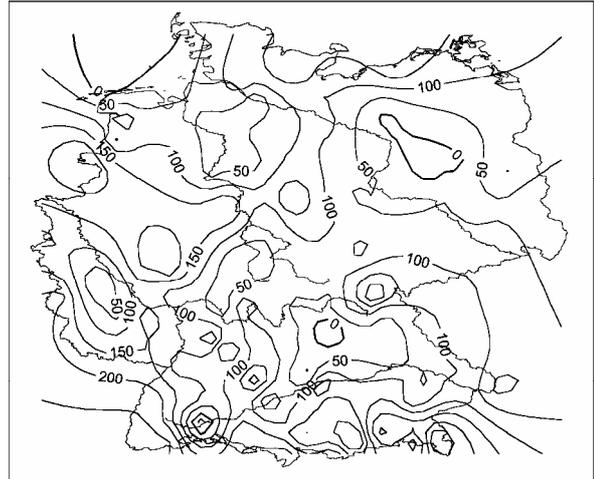
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1931-1960



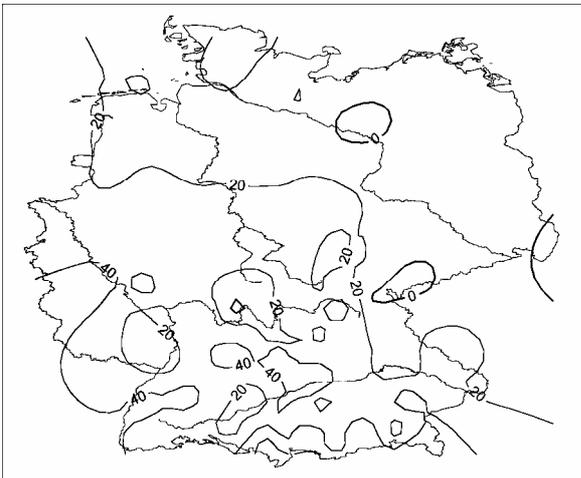
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1961-1990



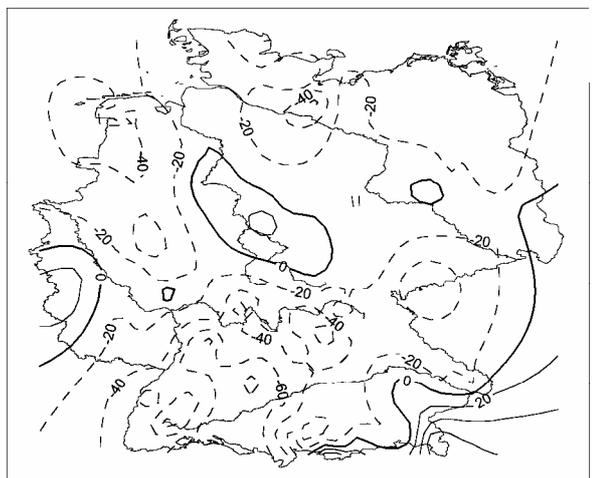
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1971-2000



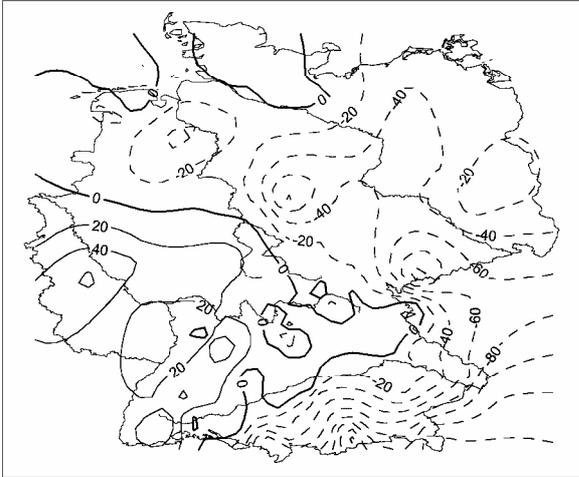
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1901-2000



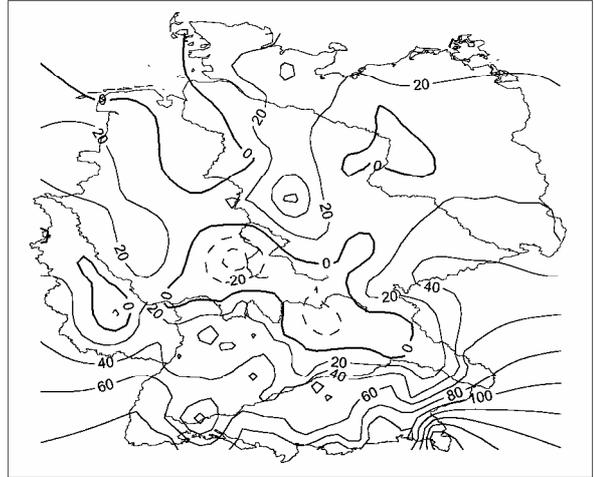
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1931-1960



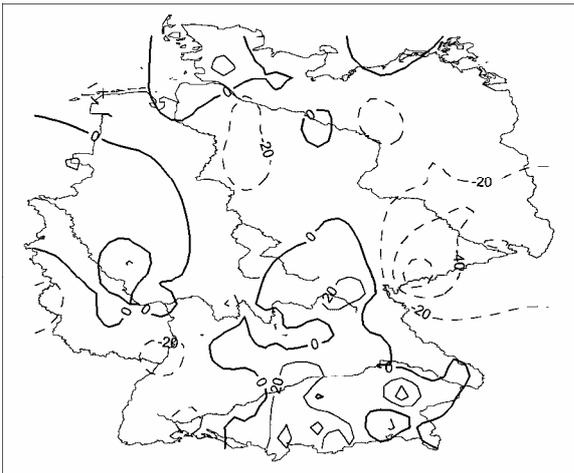
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1961-1990



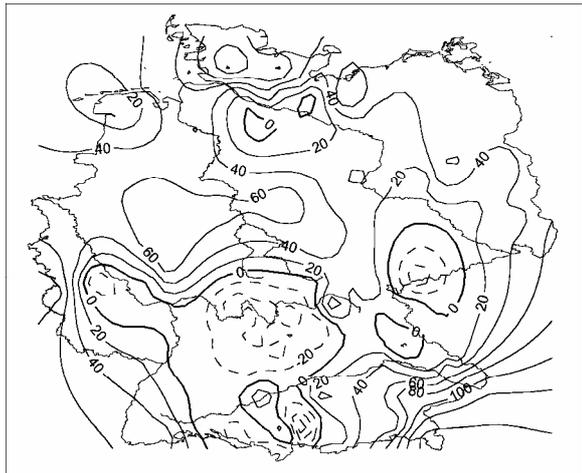
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1971-2000



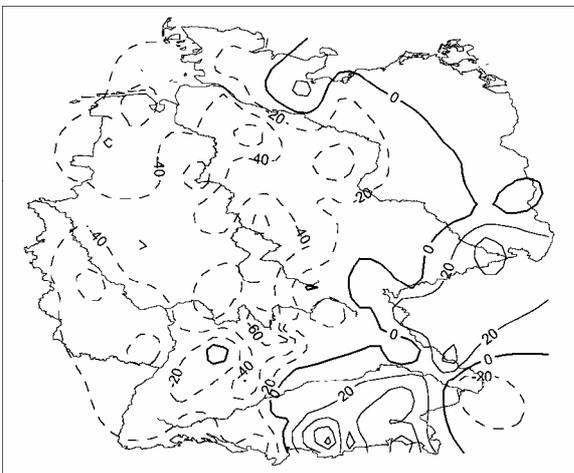
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1901-2000



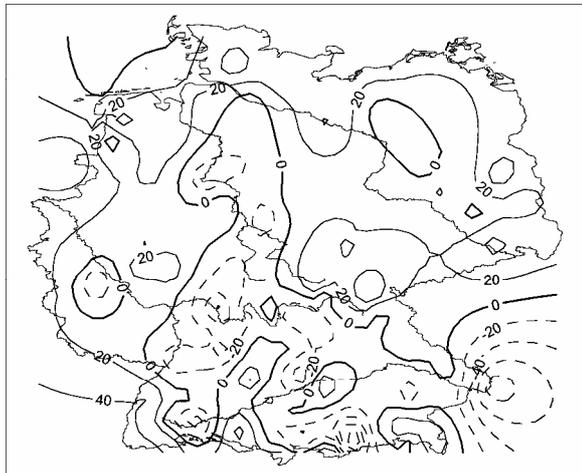
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1931-1960



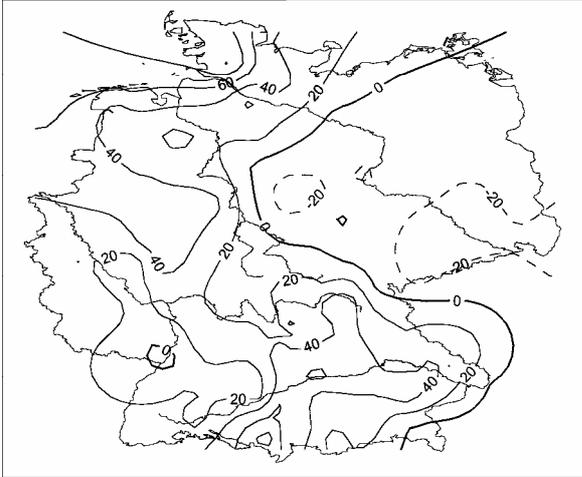
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1961-1990



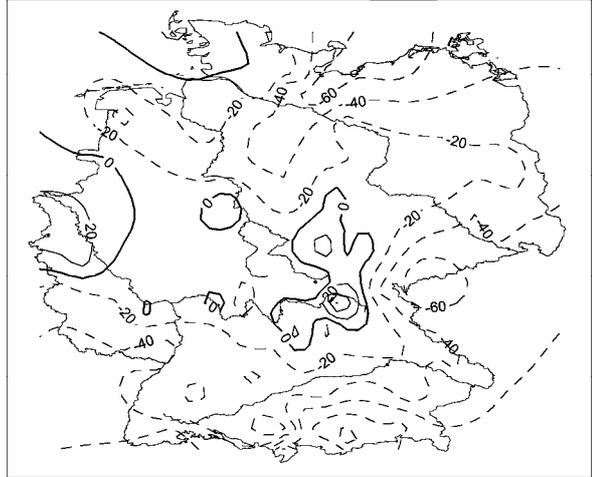
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1971-2000



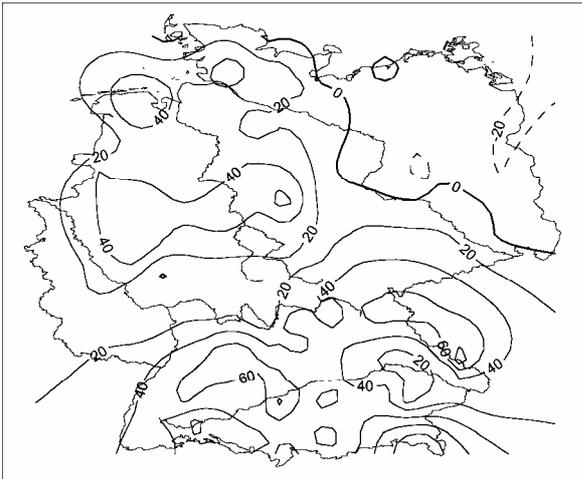
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1901-2000



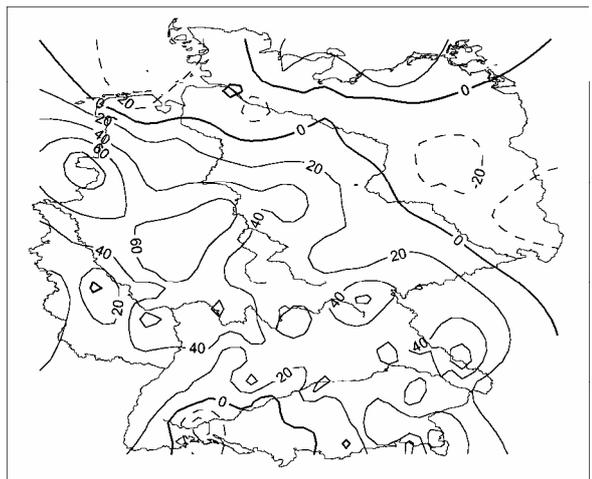
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1931-1960



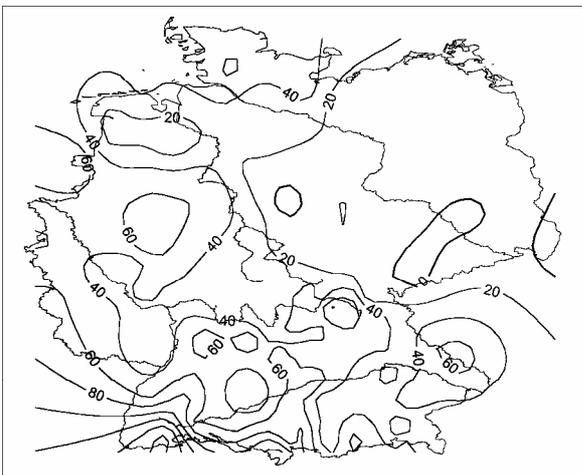
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1961-1990



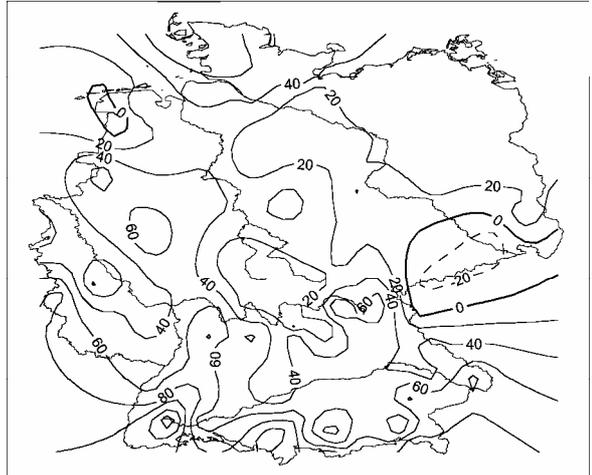
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1971-2000



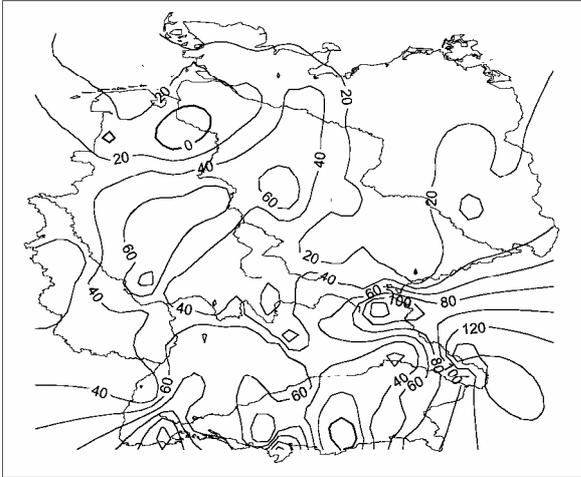
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1901-2000



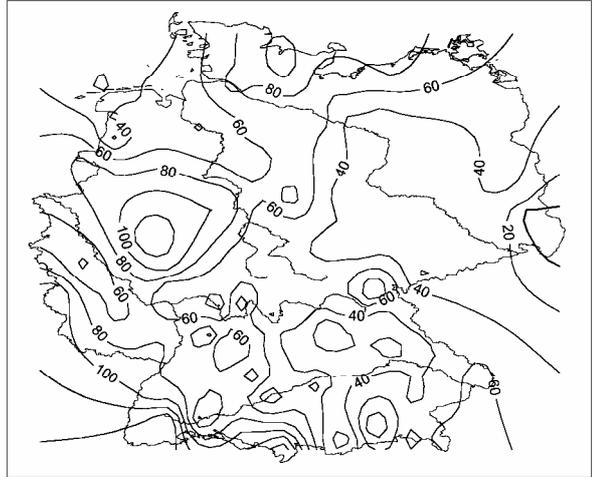
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1931-1960



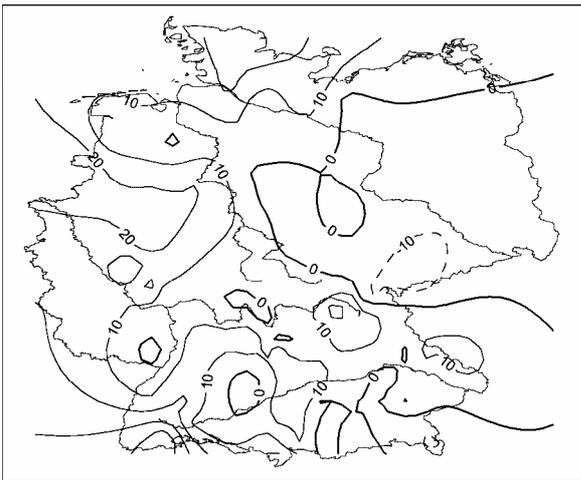
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1961-1990



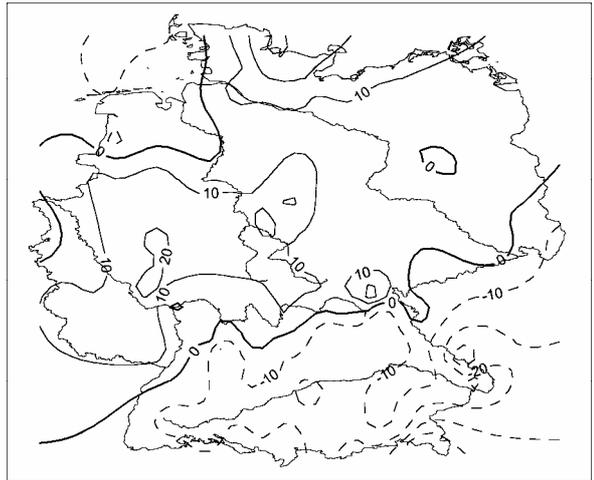
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1971-2000



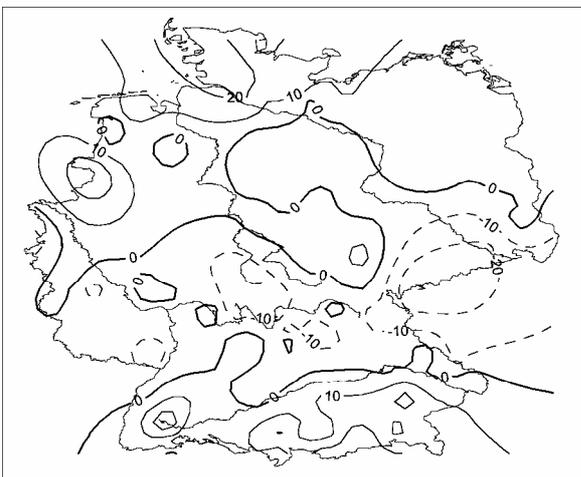
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1901-2000



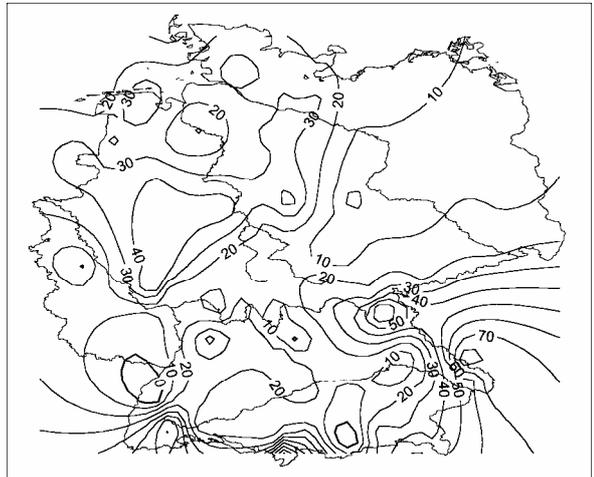
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1971-2000



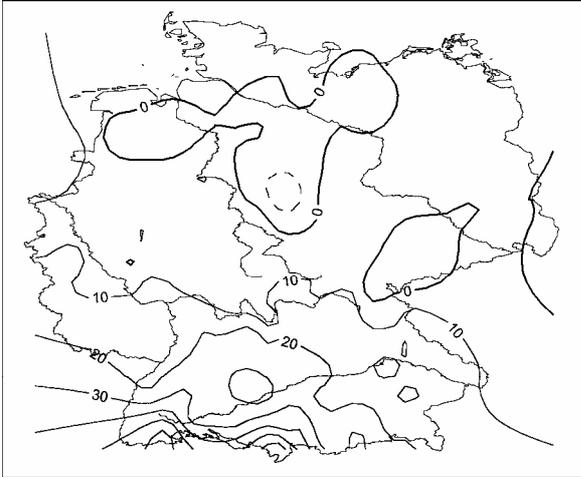
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1931-1960



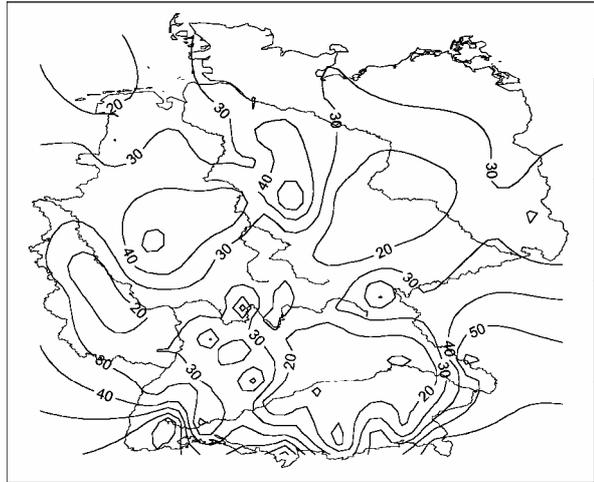
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1961-1990



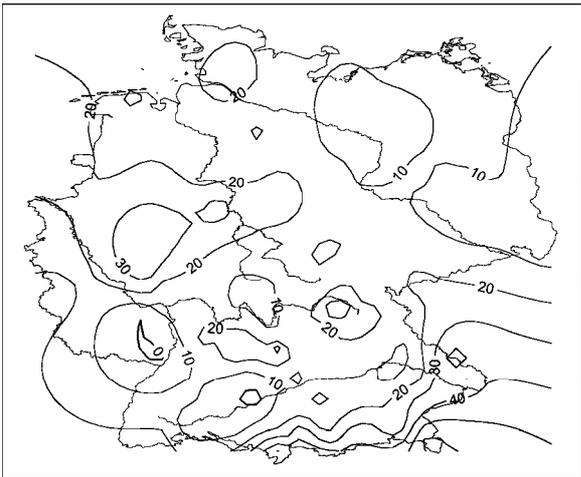
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1901-2000



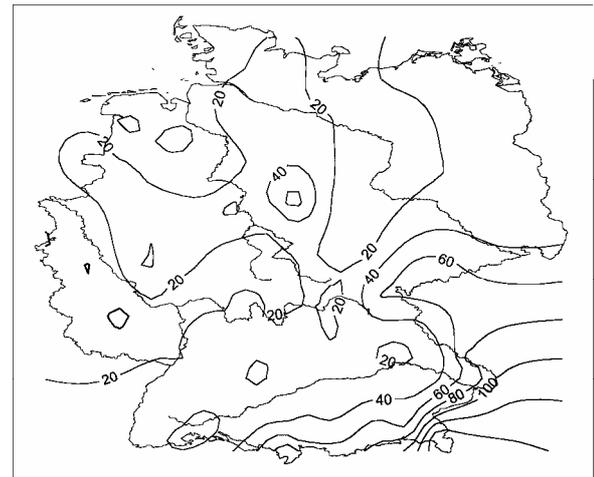
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1971-2000



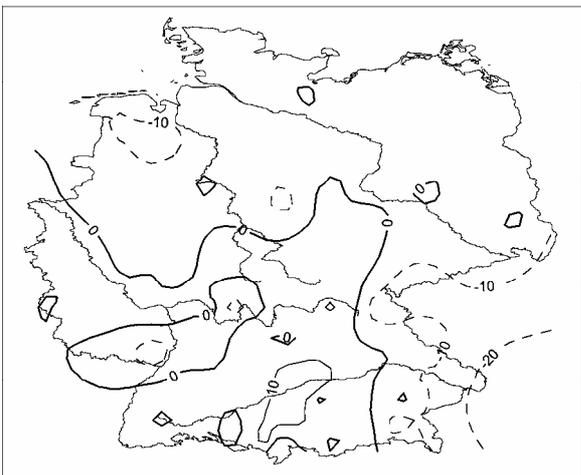
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1901-2000



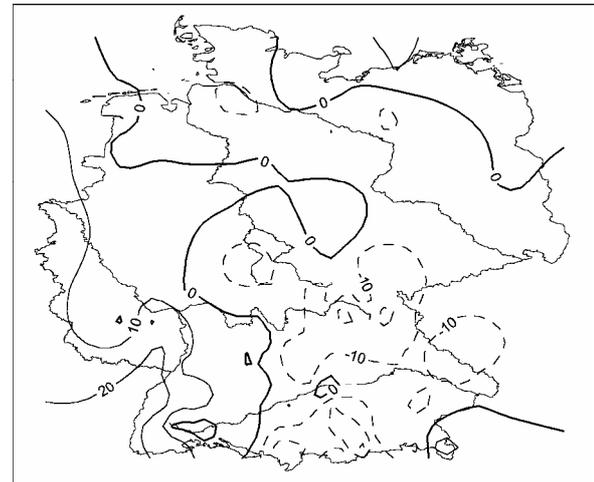
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1971-2000



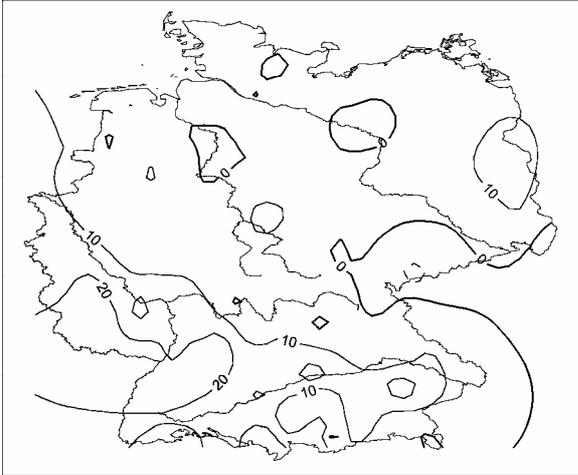
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1901-2000



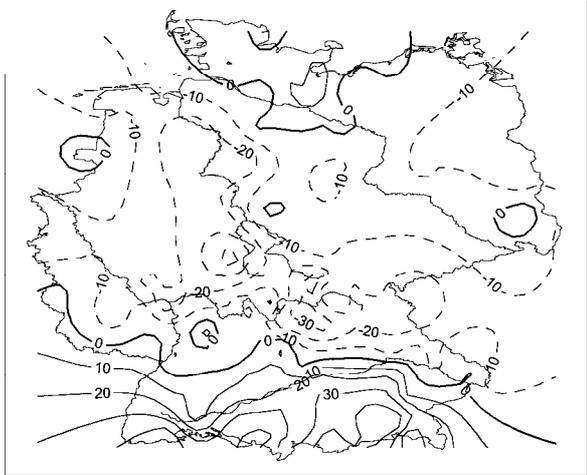
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1971-2000



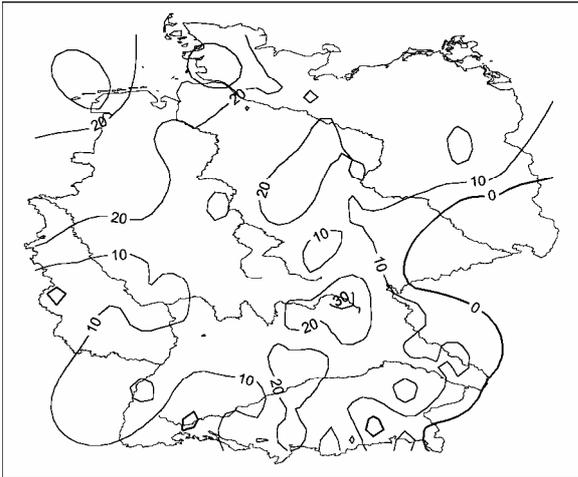
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1901-2000



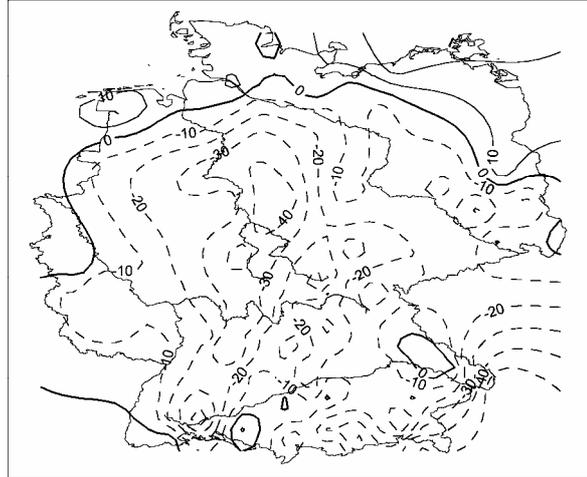
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1971-2000



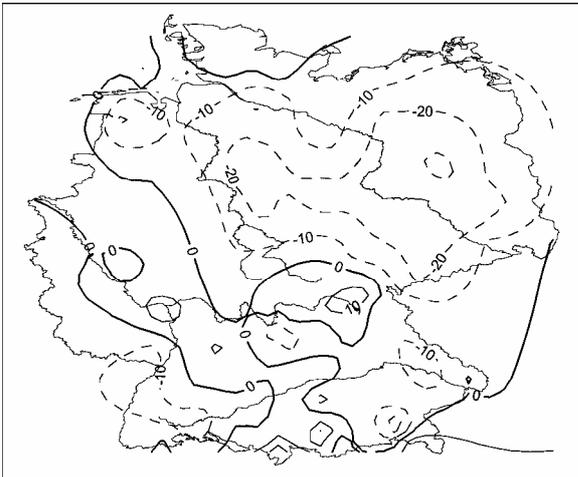
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1901-2000



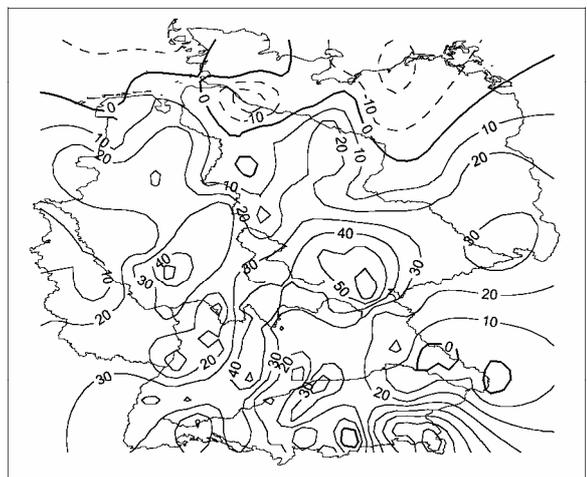
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1971-2000



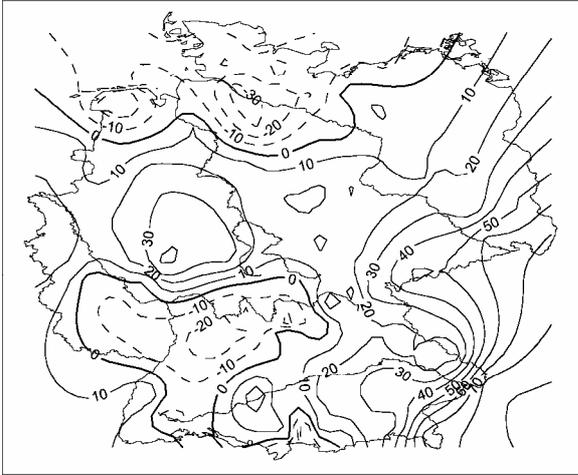
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1901-2000



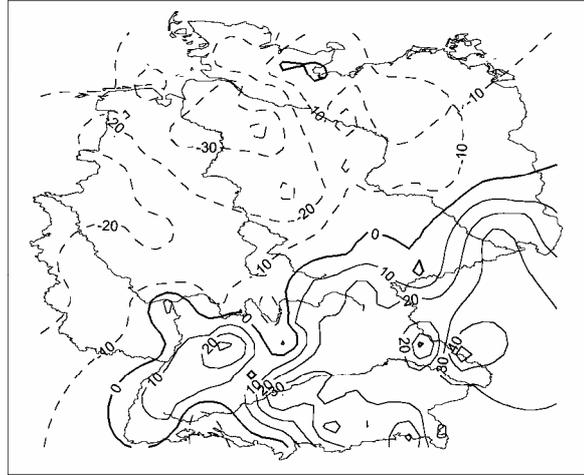
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1971-2000



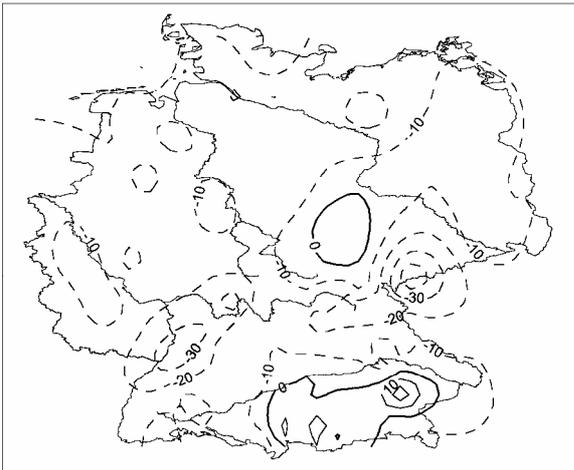
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1931-1960



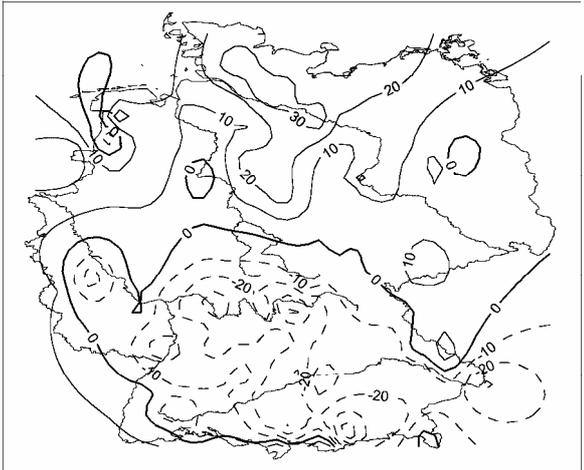
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1961-1990



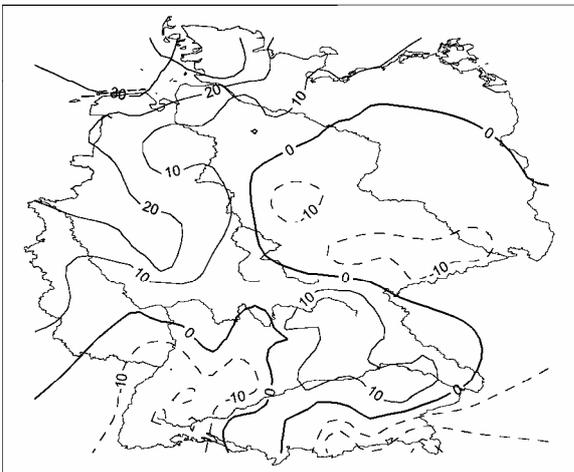
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1901-2000



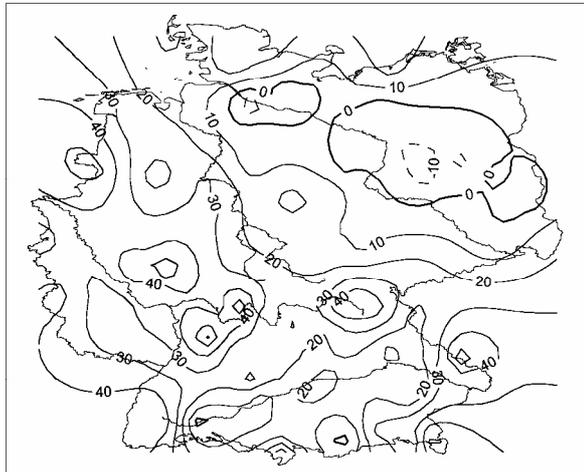
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1971-2000



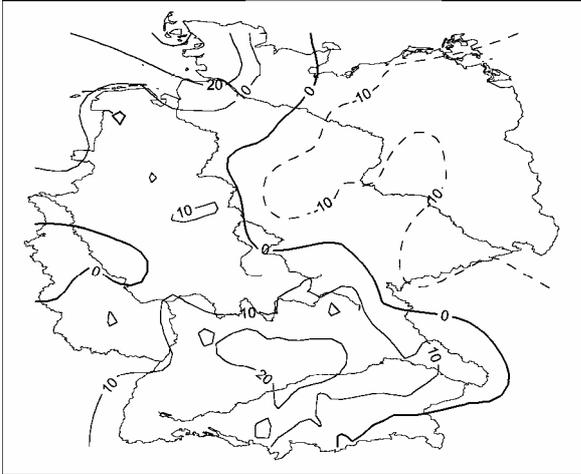
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1901-2000



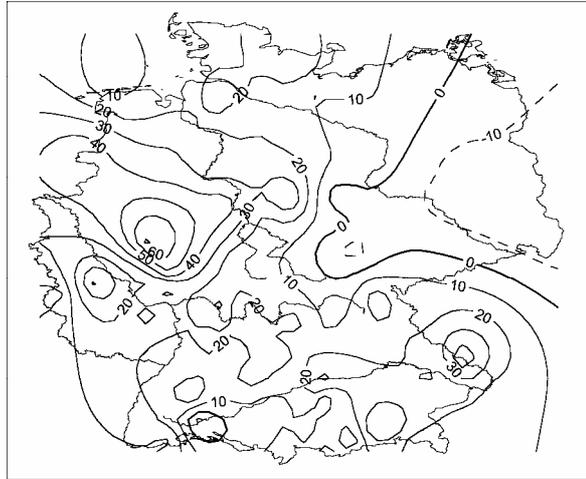
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1971-2000



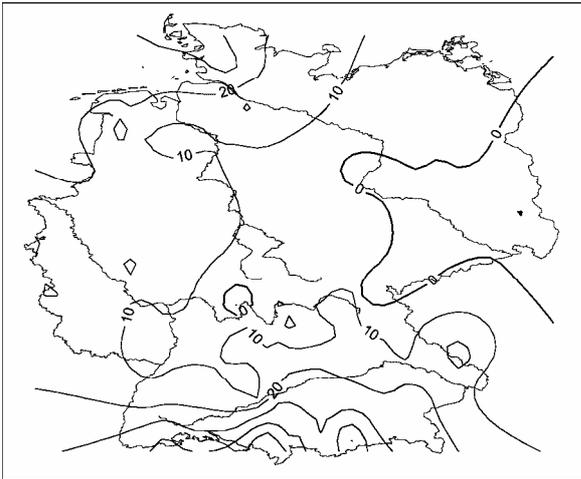
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1901-2000



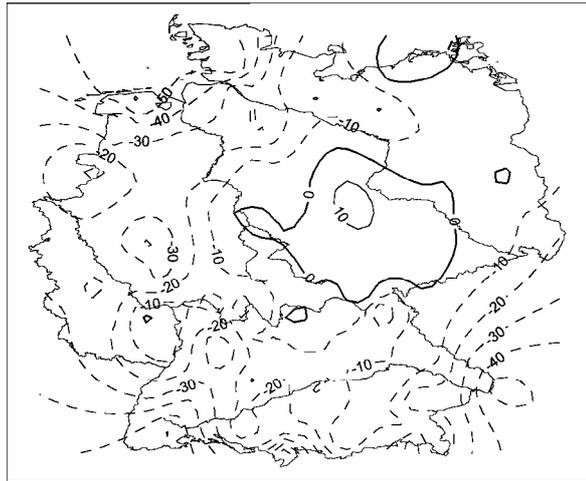
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1971-2000



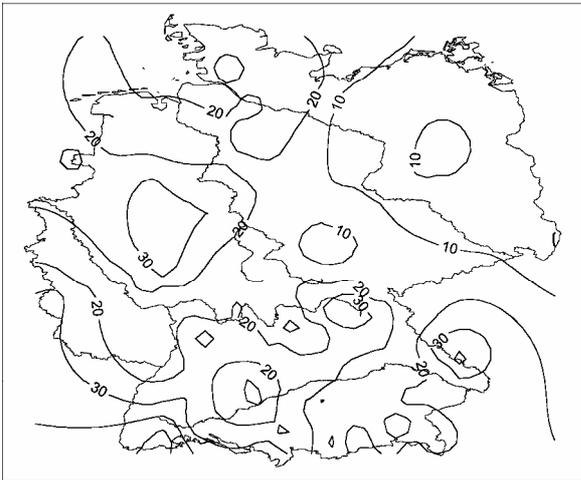
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1901-2000



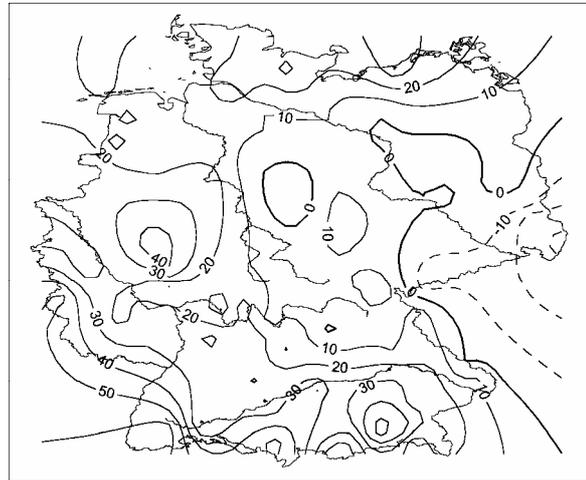
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1971-2000



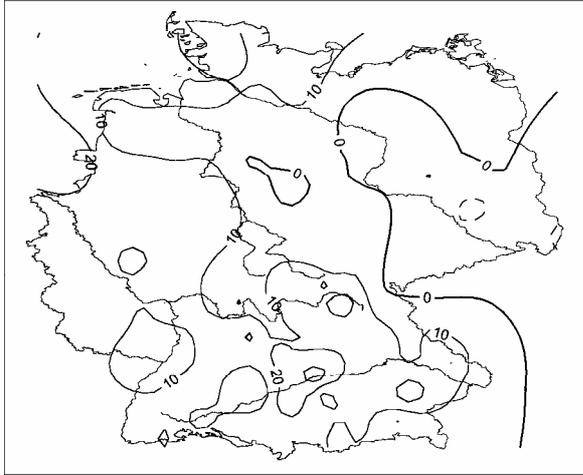
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1901-2000



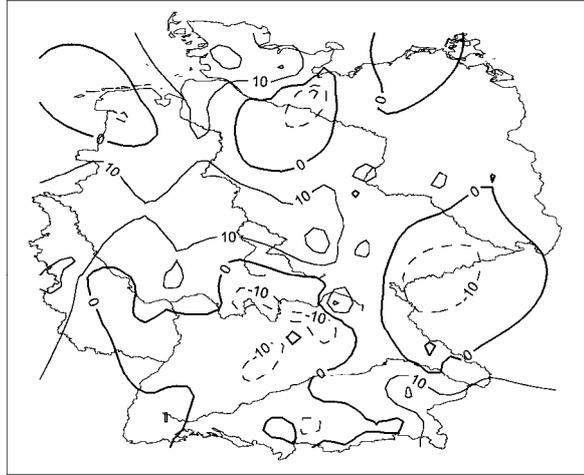
Niederschlag
 Linearer Trend [mm]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1971-2000



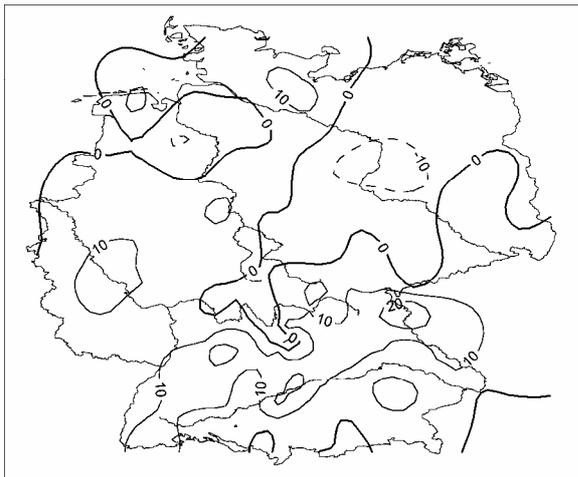
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1901-2000



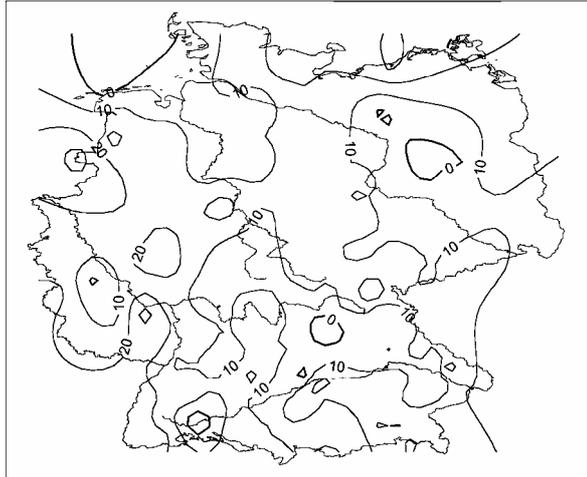
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1931-1960



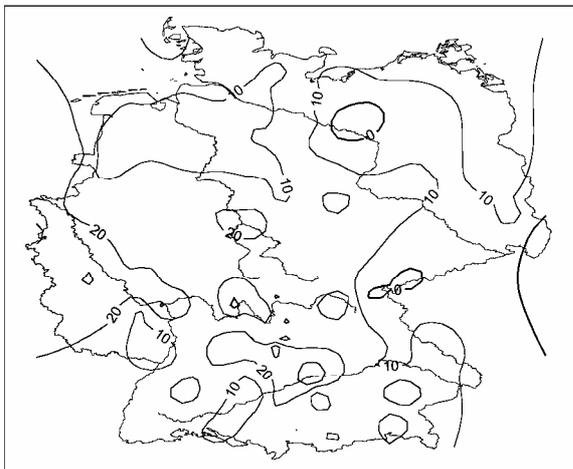
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1961-1990



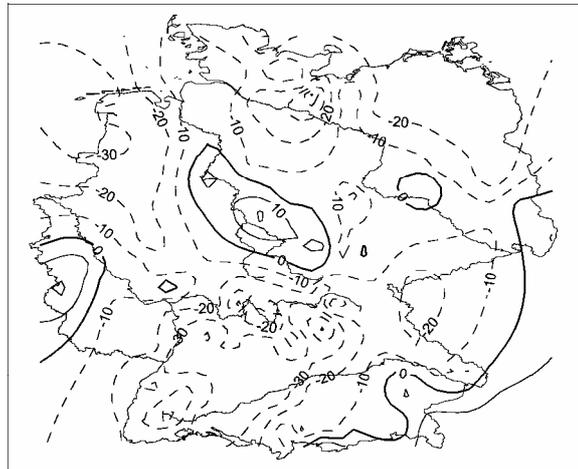
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1971-2000



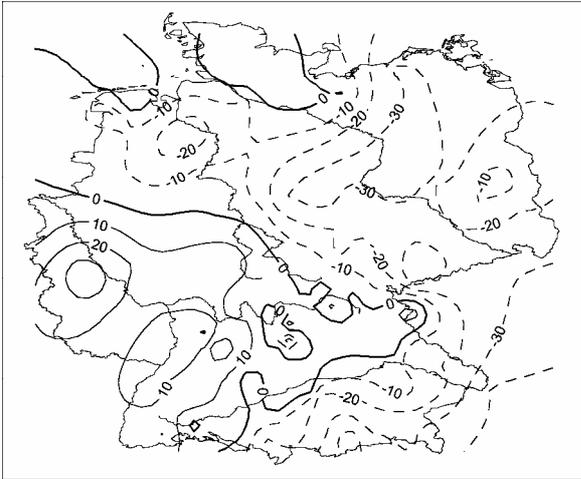
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1901-2000



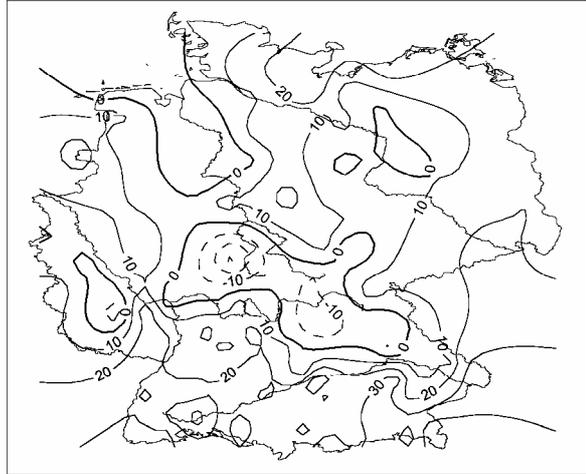
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1931-1960



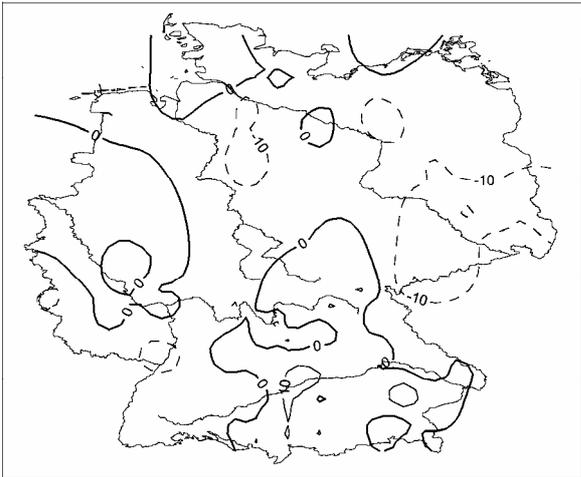
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1961-1990



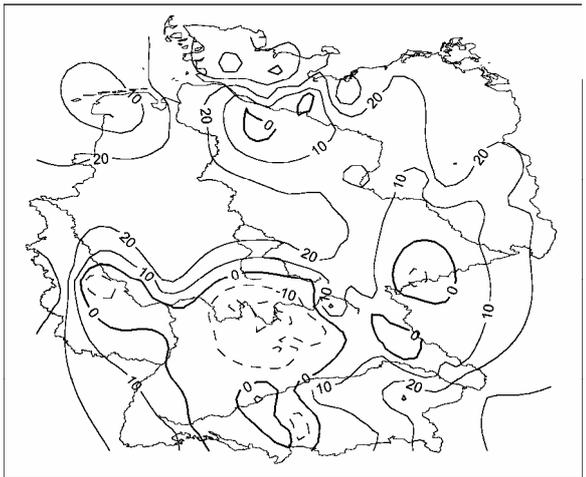
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1971-2000



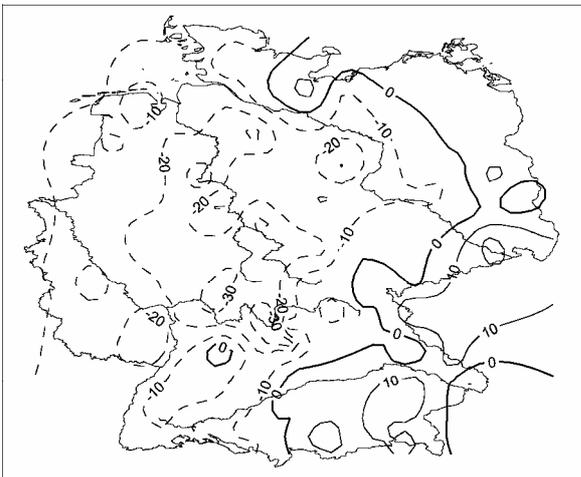
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1901-2000



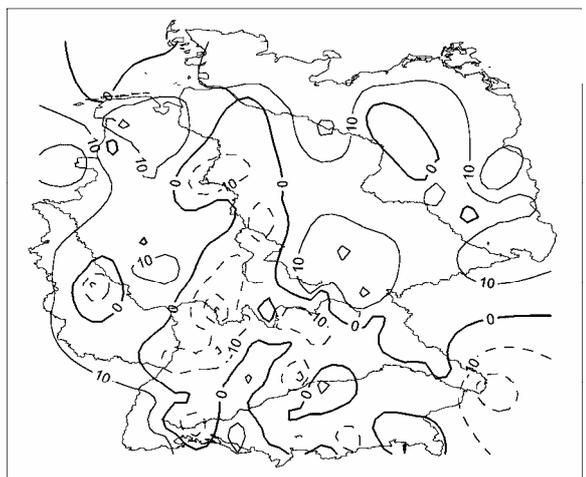
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1931-1960



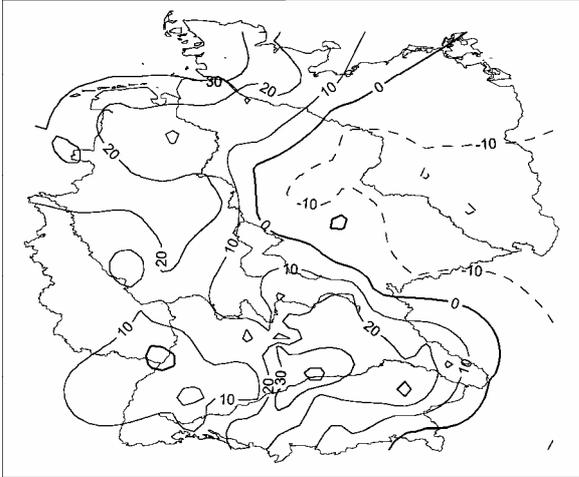
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1961-1990



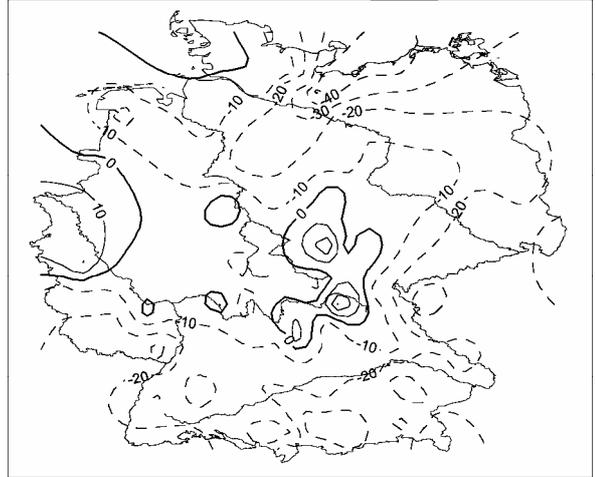
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1971-2000



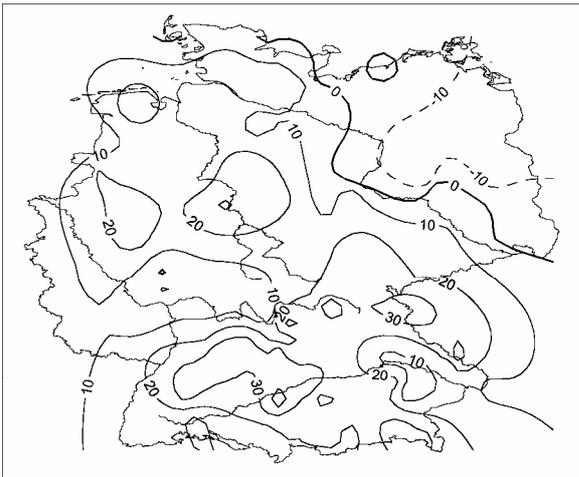
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Herbst 1901-2000



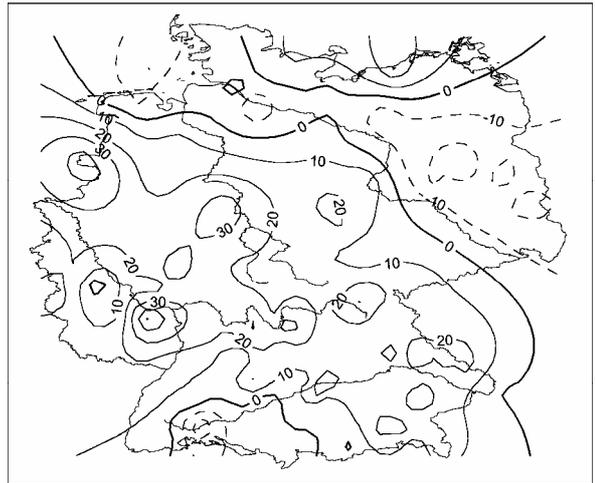
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Herbst 1931-1960



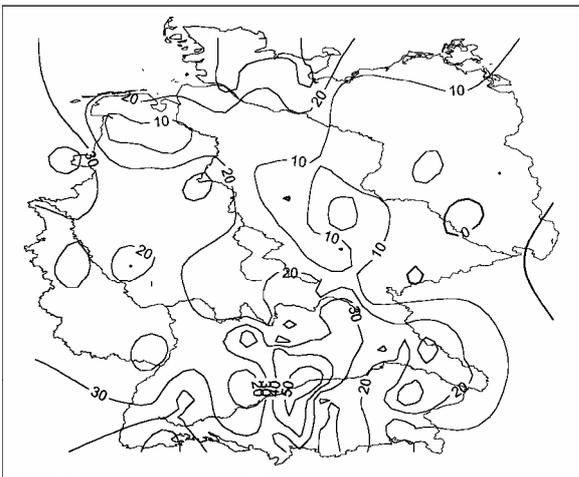
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Herbst 1961-1990



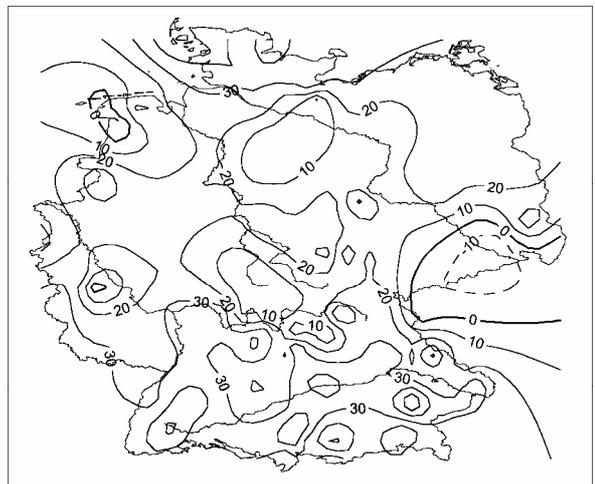
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Herbst 1971-2000



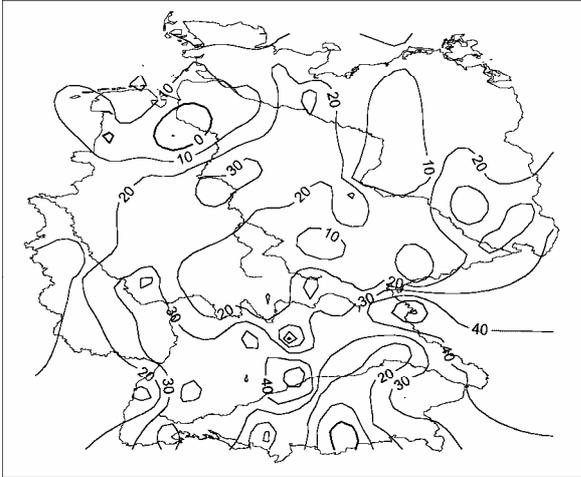
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Winter 1901-2000



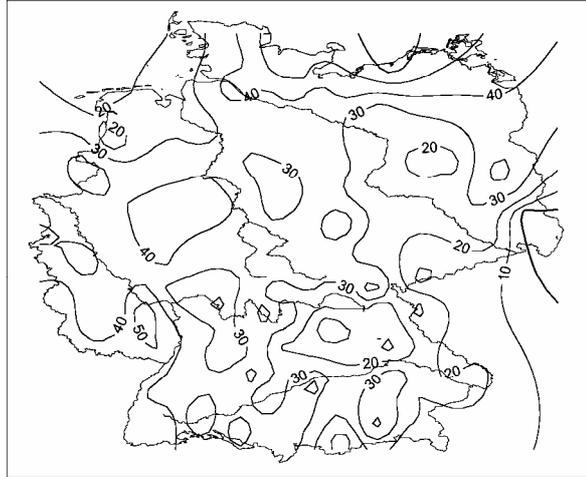
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Winter 1931-1960



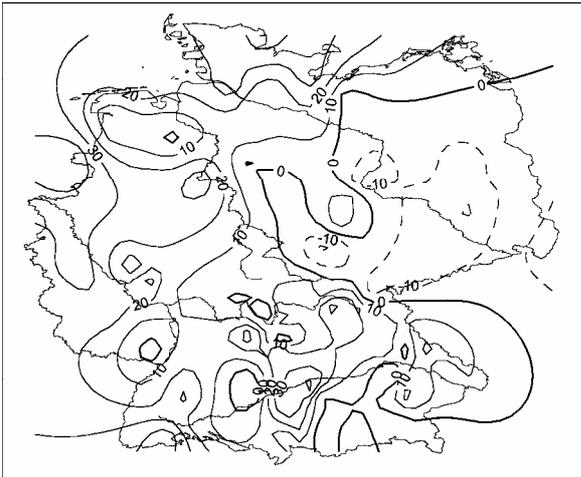
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1961-1990



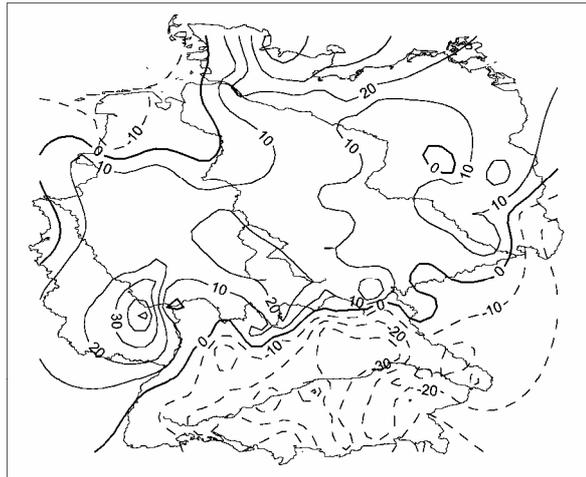
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1971-2000



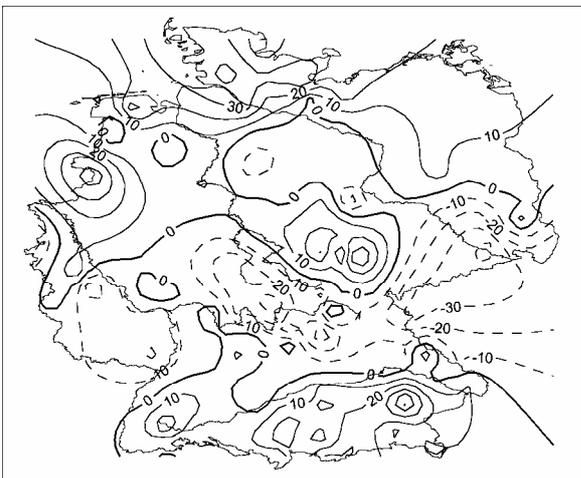
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1901-2000



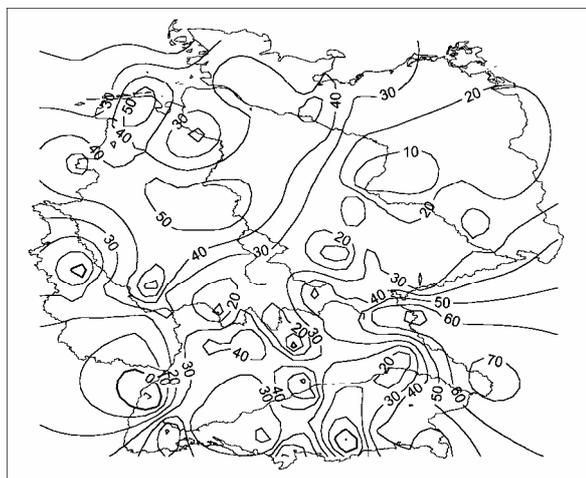
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1971-2000



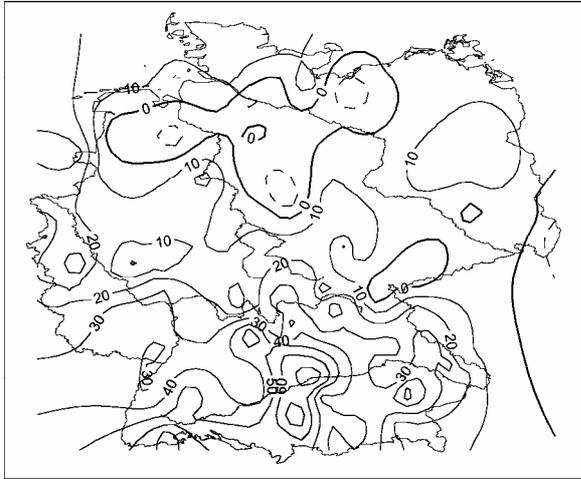
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1931-1960



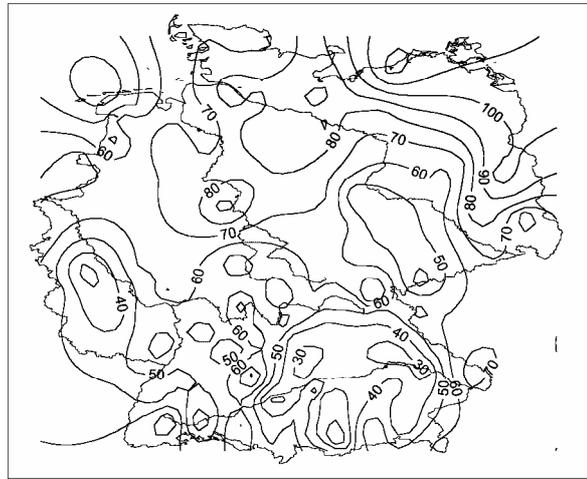
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1961-1990



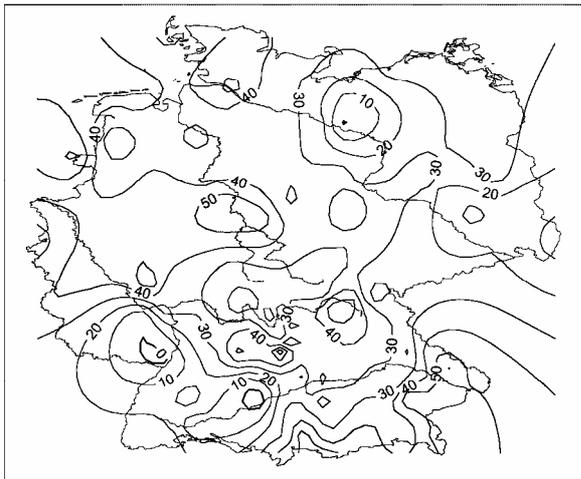
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1901-2000



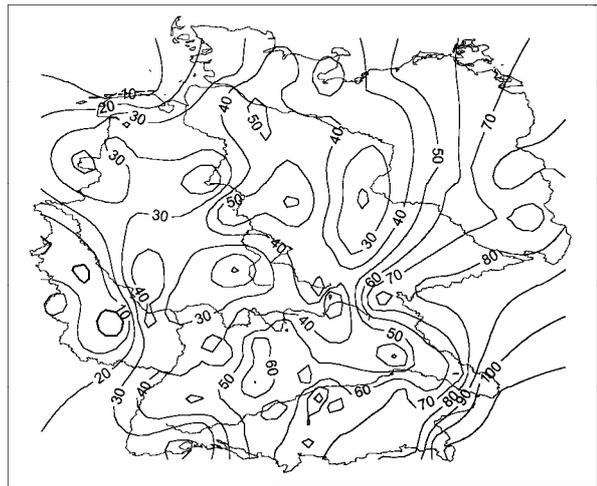
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1971-2000



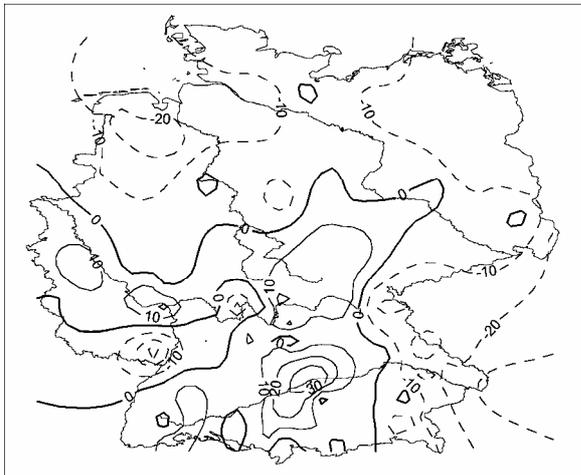
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1901-2000



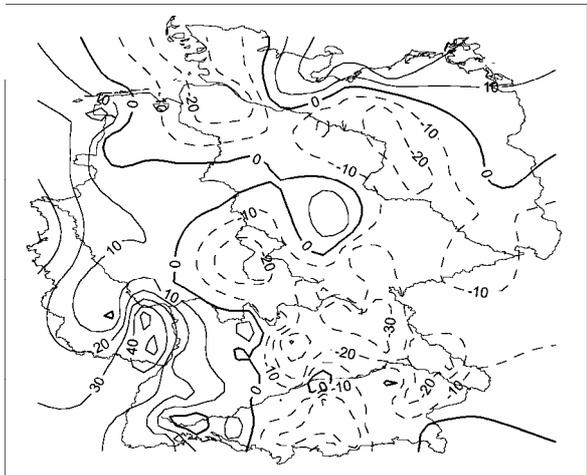
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1971-2000



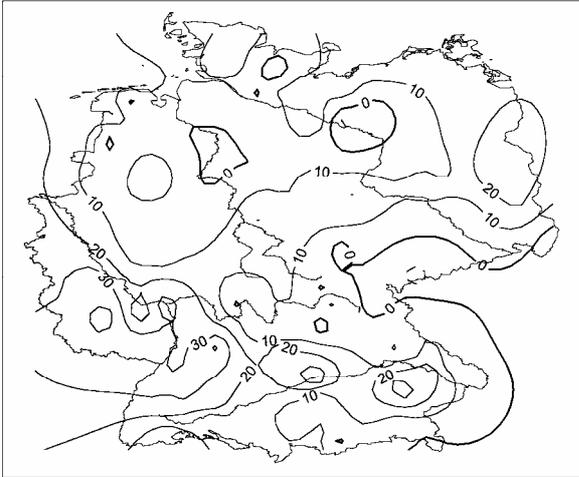
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1901-2000



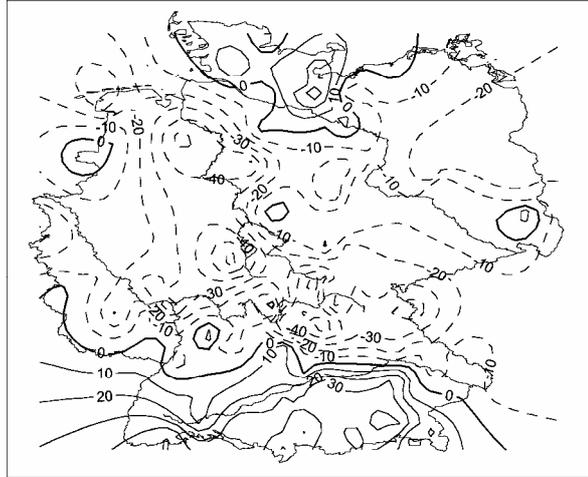
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1971-2000



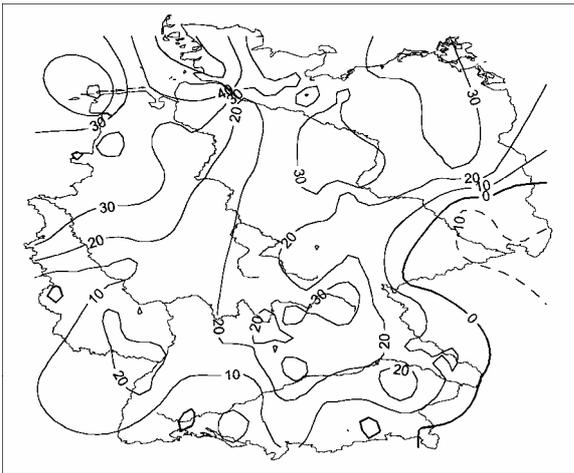
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1901-2000



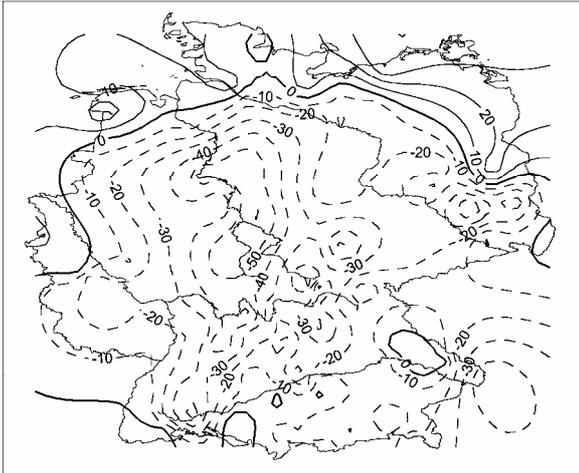
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1971-2000



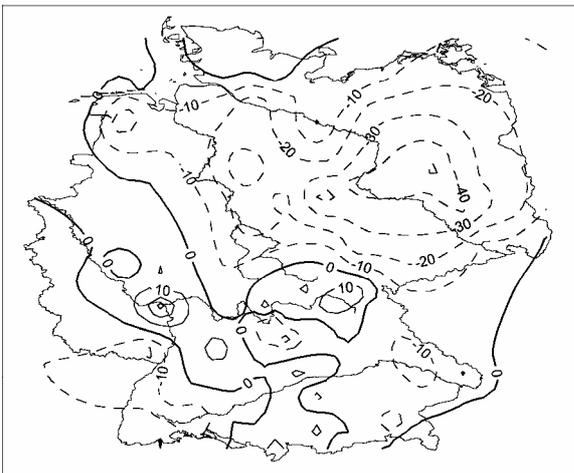
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1901-2000



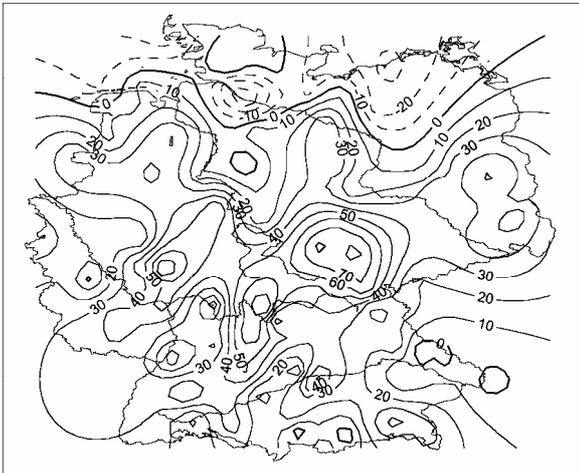
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1971-2000



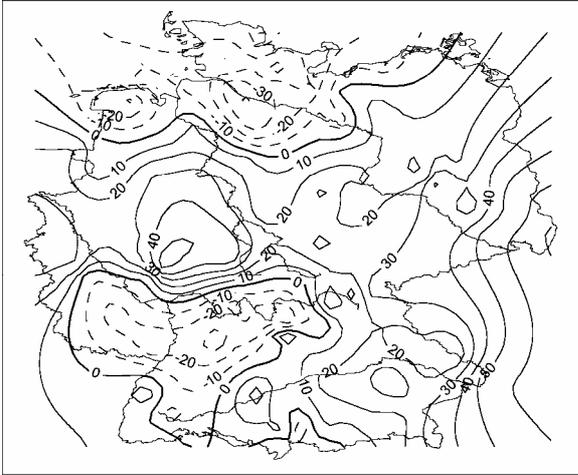
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1901-2000



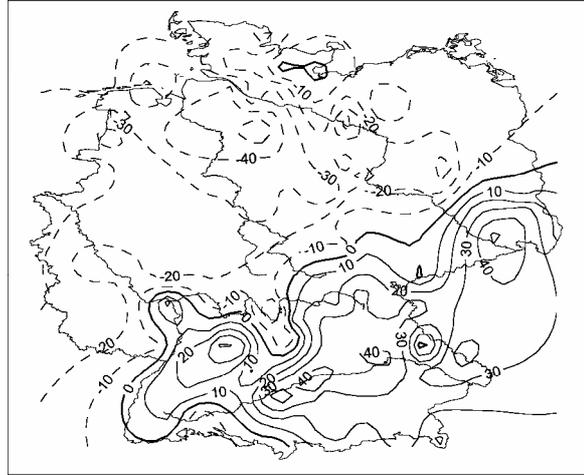
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1971-2000



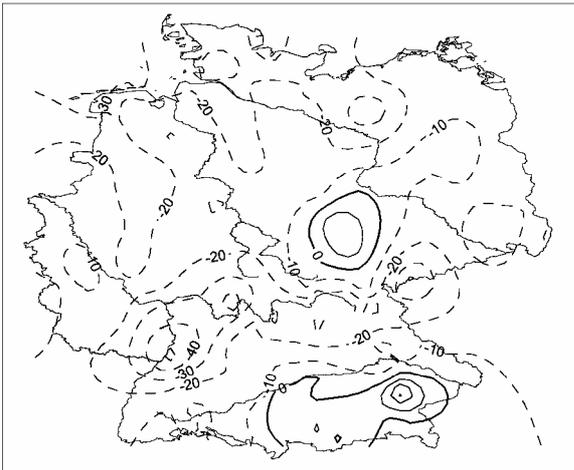
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Juli 1931-1960



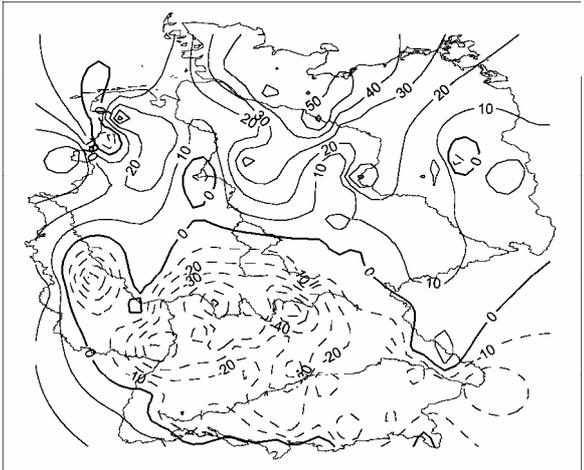
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
Juli 1961-1990



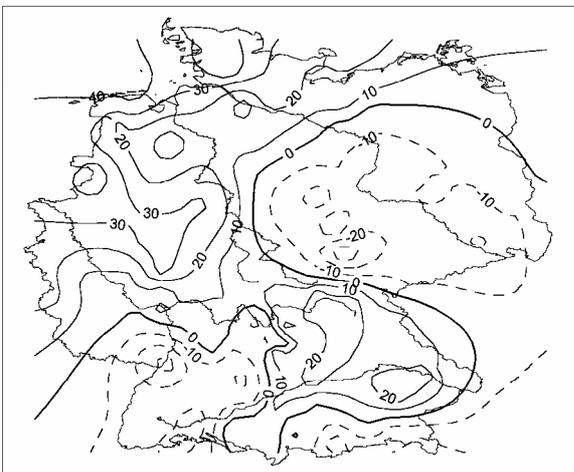
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
August 1901-2000



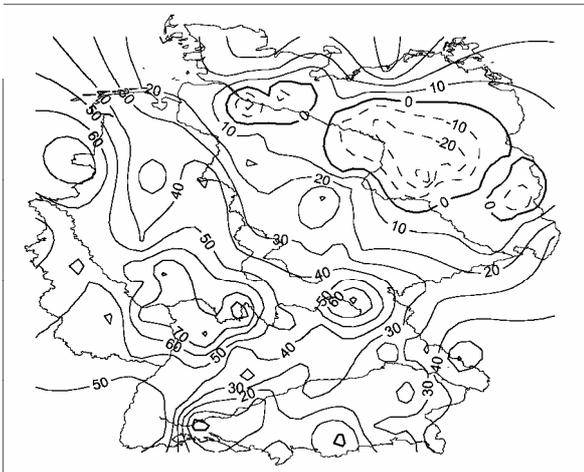
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
August 1971-2000



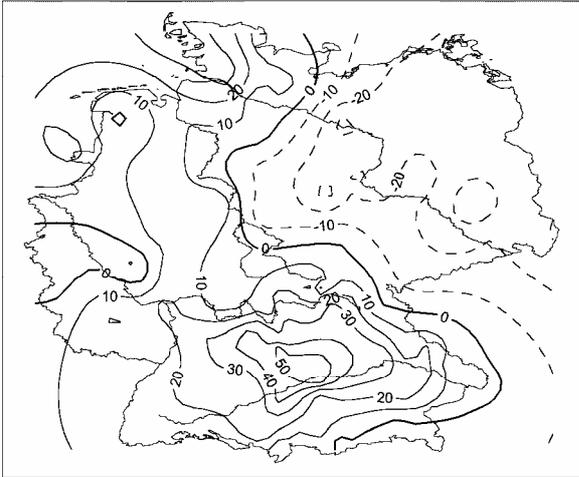
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
September 1901-2000



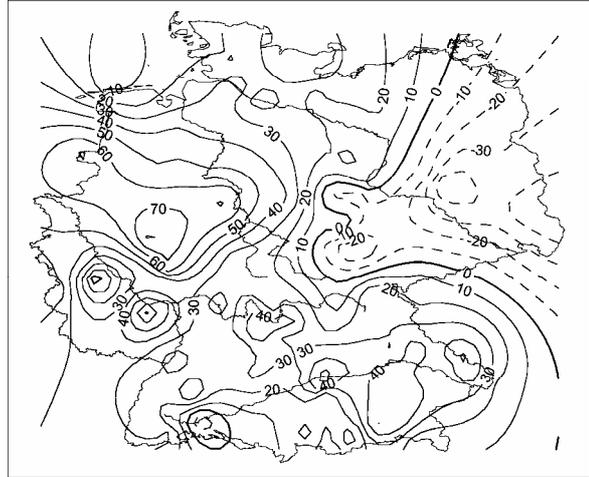
Niederschlag
Relativer Trend [% des Mittelwertes]
mit signifikanten Gebieten
September 1971-2000



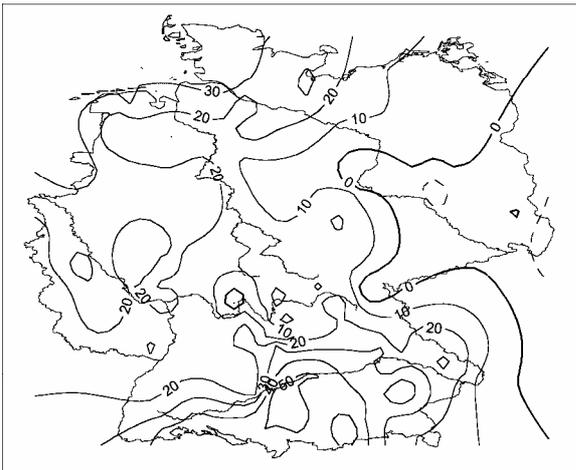
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1901-2000



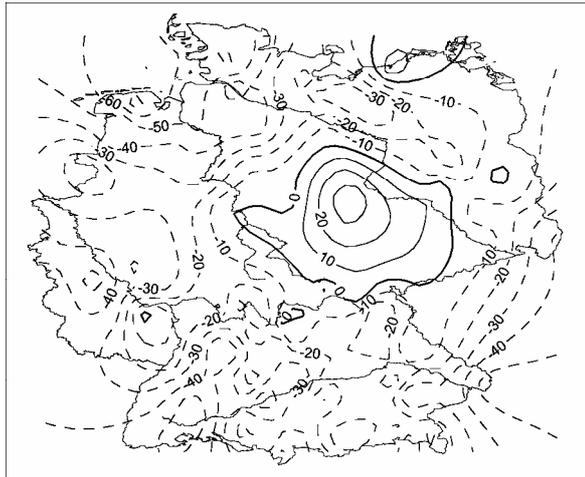
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1971-2000



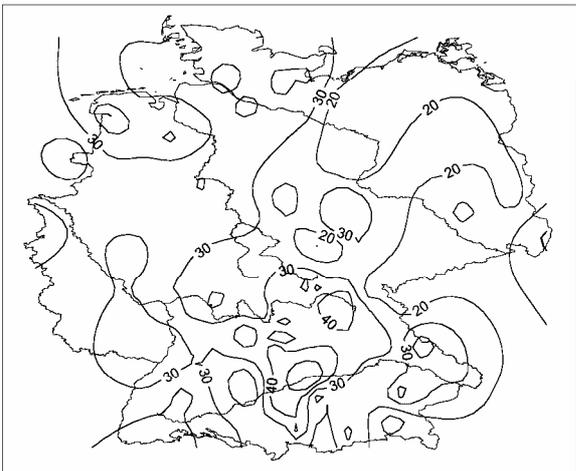
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1901-2000



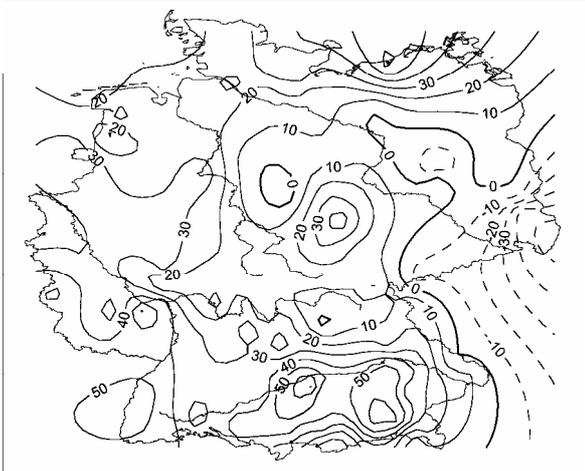
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 November 1971-2000



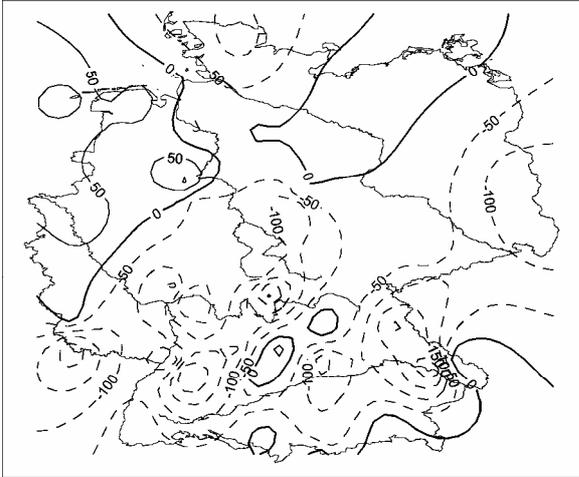
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1901-2000



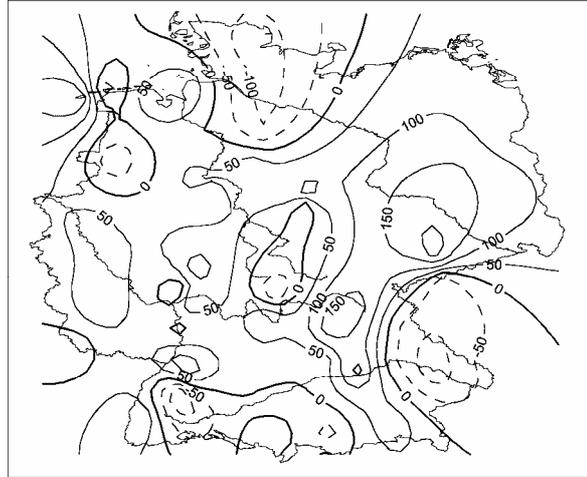
Niederschlag
 Relativer Trend [% des Mittelwertes]
 mit signifikanten Gebieten
 Dezember 1971-2000



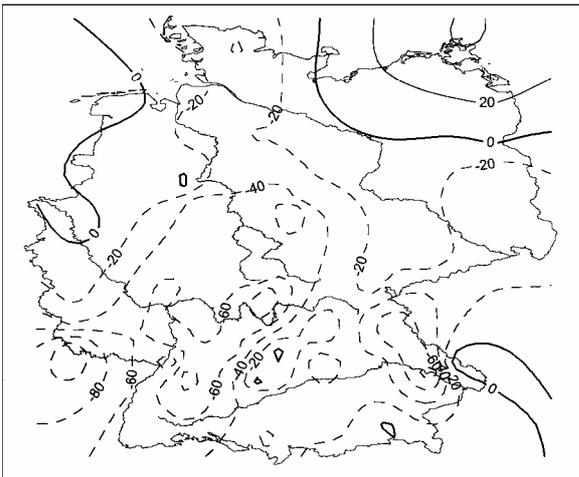
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1951-2000



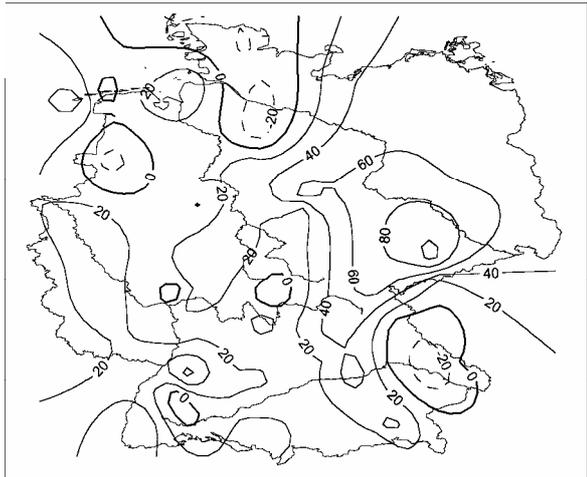
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Jahr 1971-2000



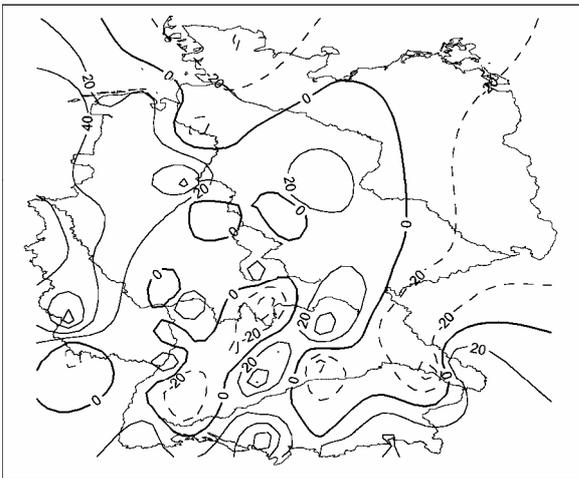
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1951-2000



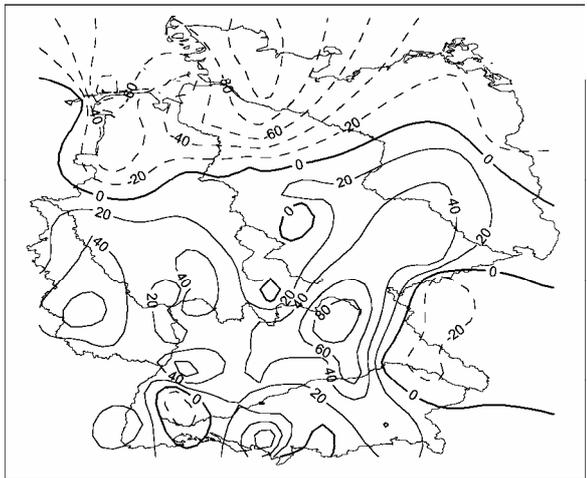
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Frühling 1971-2000



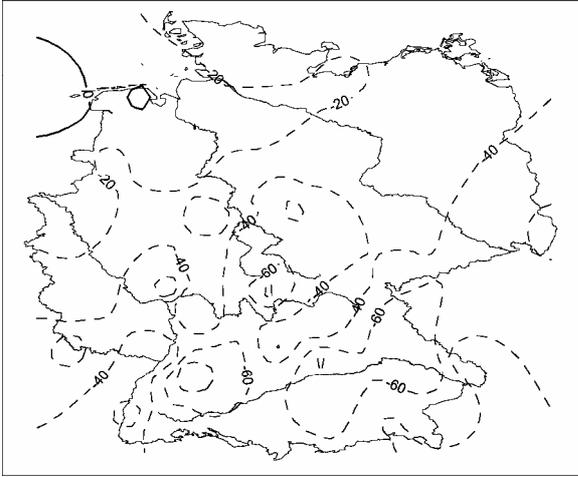
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1951-2000



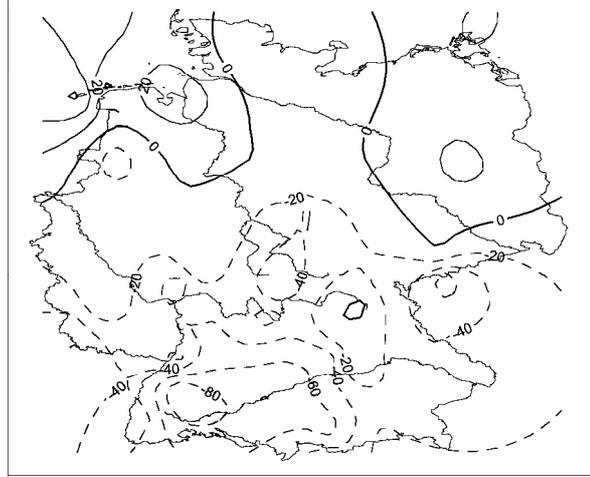
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Sommer 1971-2000



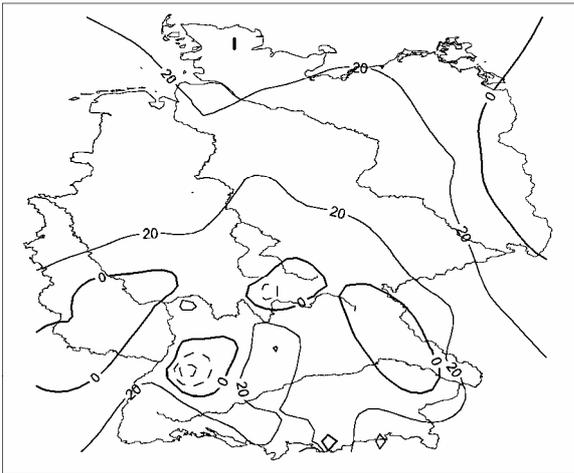
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1951-2000



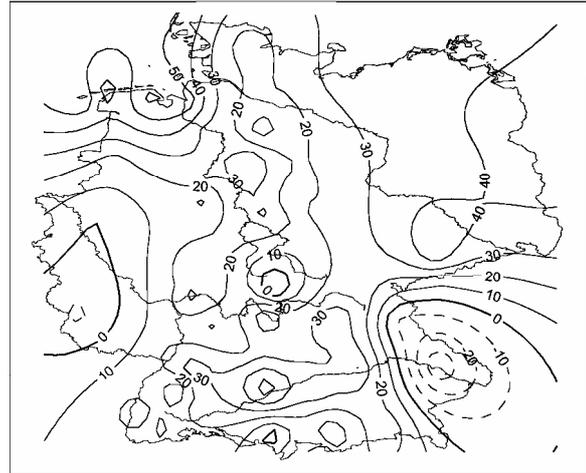
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Herbst 1971-2000



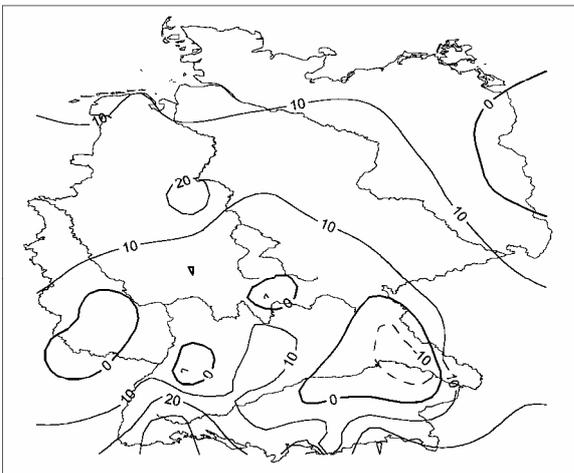
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1951-2000



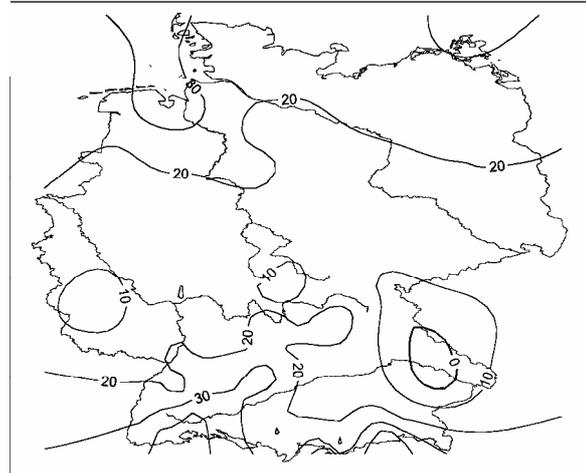
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Winter 1971-2000



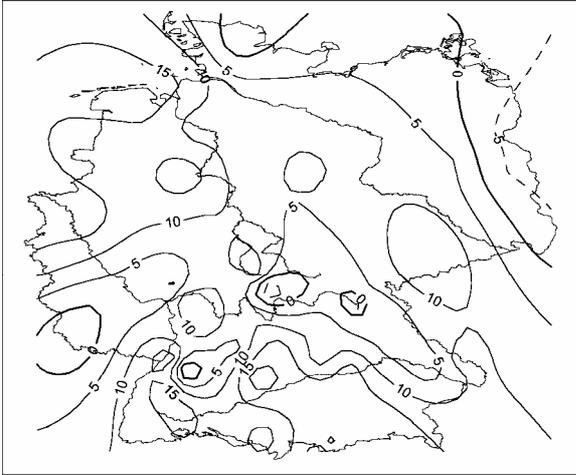
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1951-2000



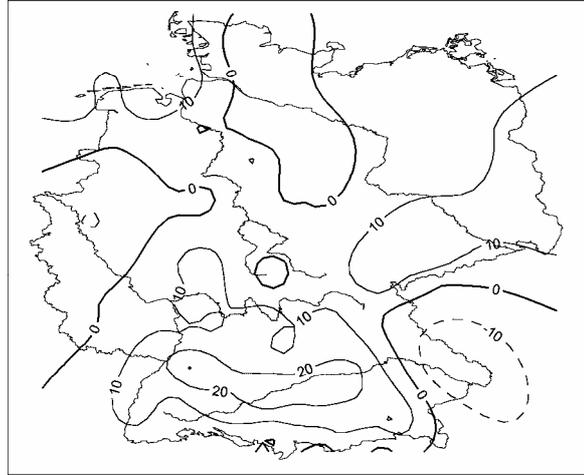
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Januar 1971-2000



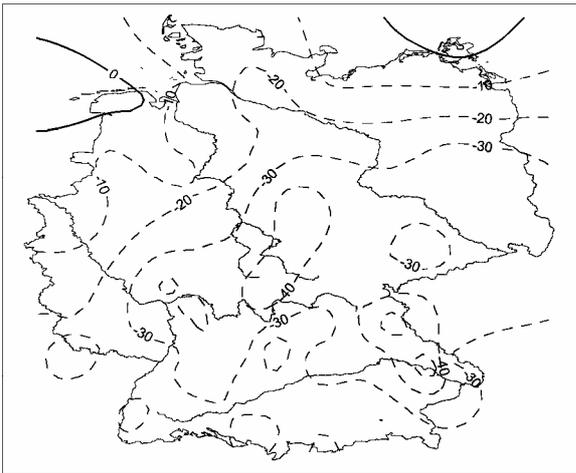
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1951-2000



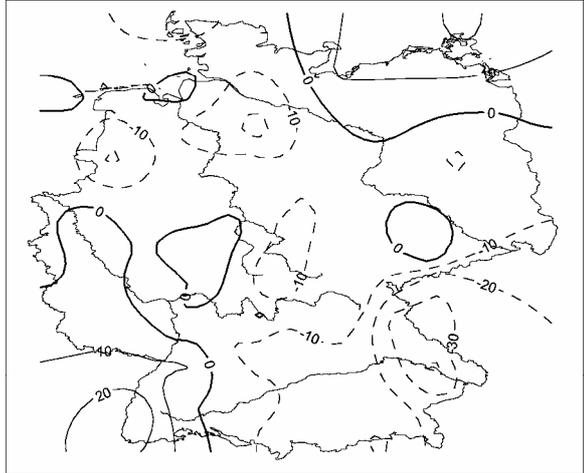
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Februar 1971-2000



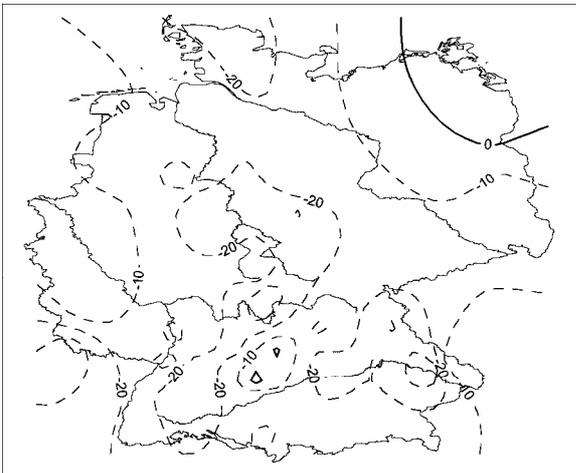
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1951-2000



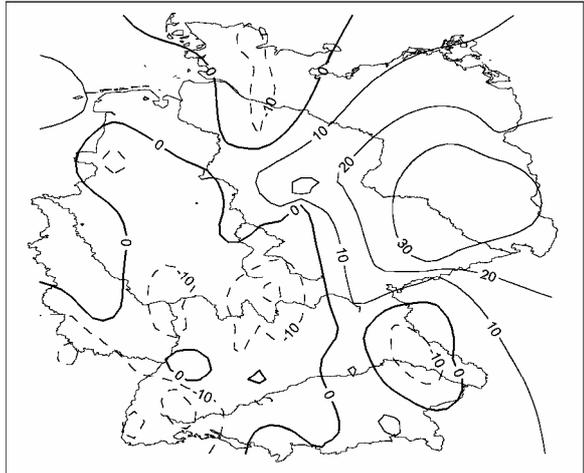
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 März 1971-2000



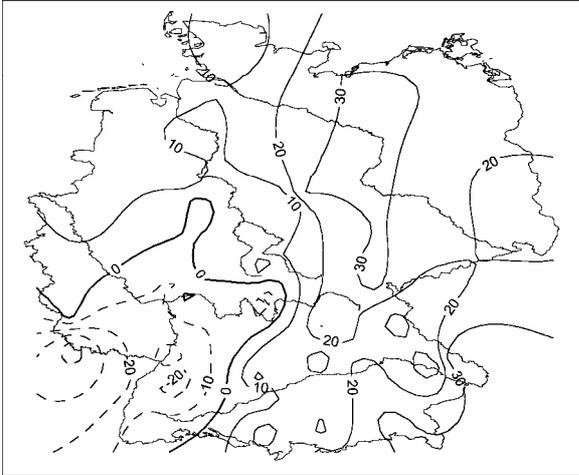
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1951-2000



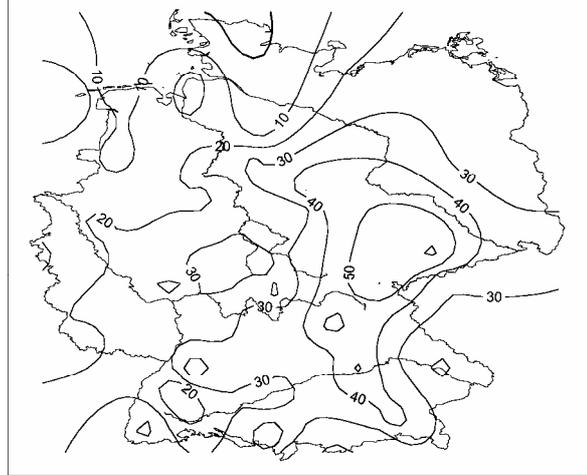
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 April 1971-2000



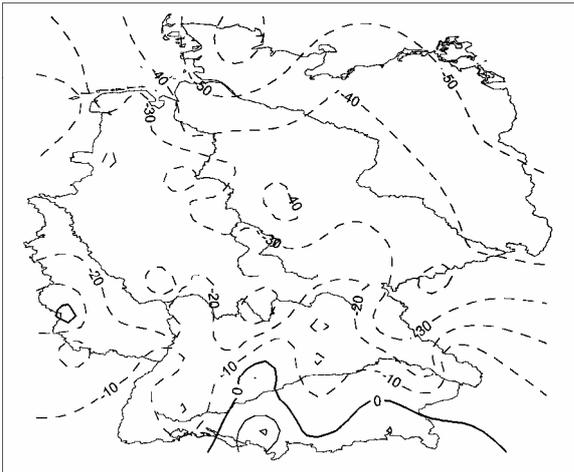
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1951-2000



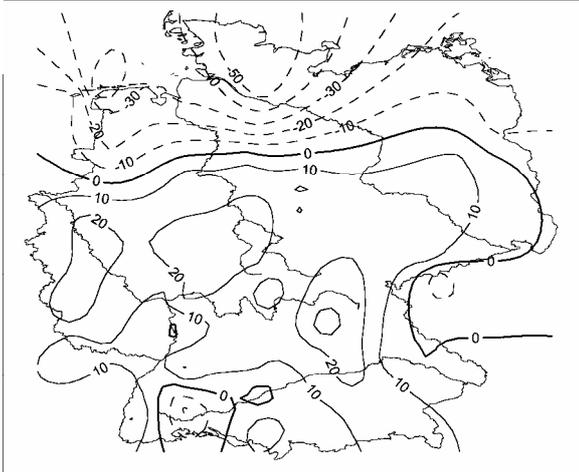
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Mai 1971-2000



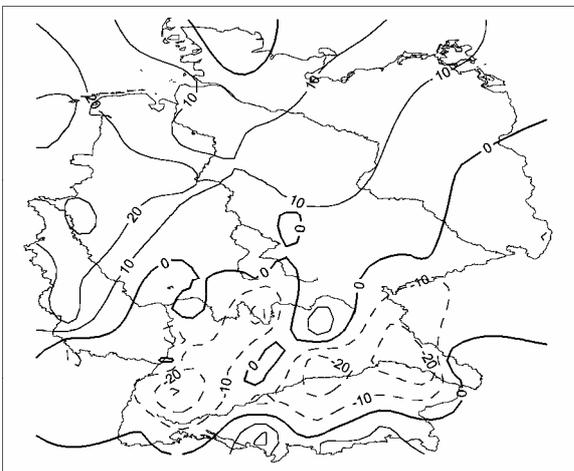
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1951-2000



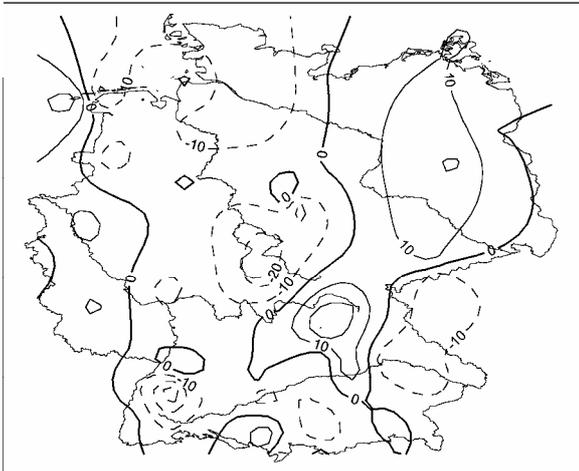
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Juni 1971-2000



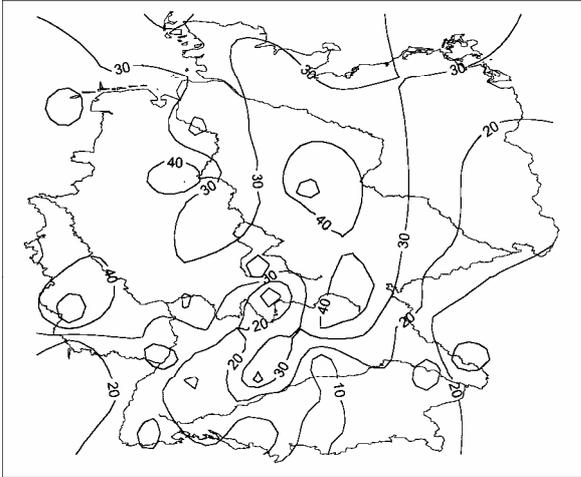
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1951-2000



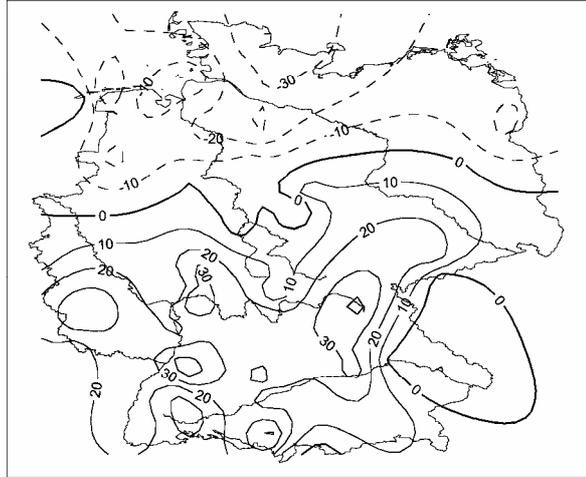
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Juli 1971-2000



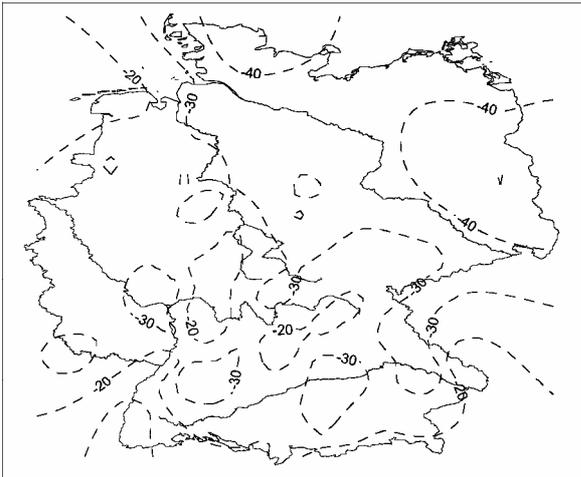
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1951-2000



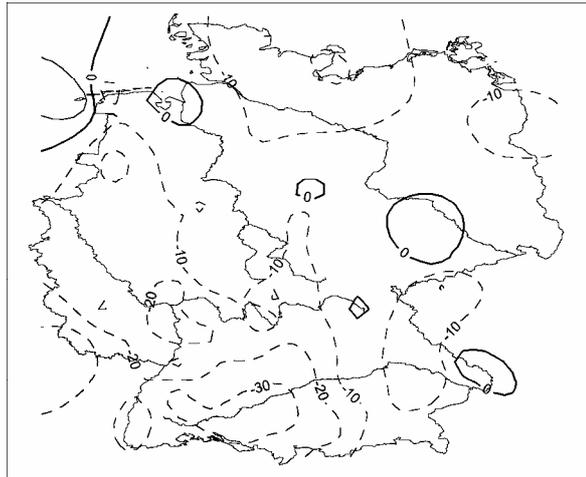
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 August 1971-2000



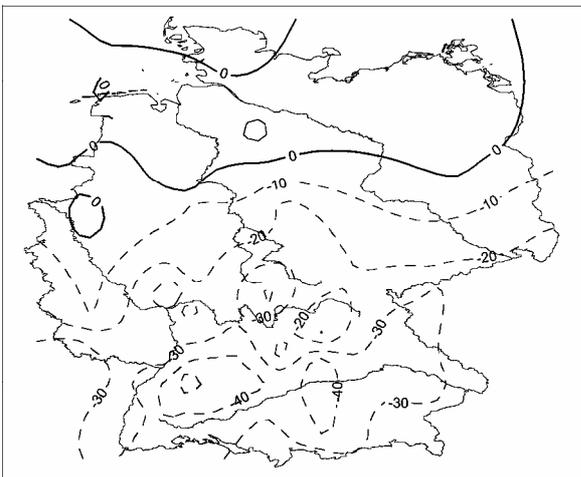
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1951-2000



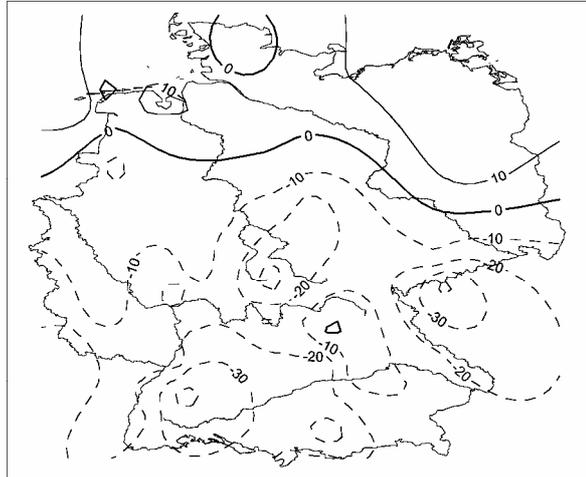
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 September 1971-2000



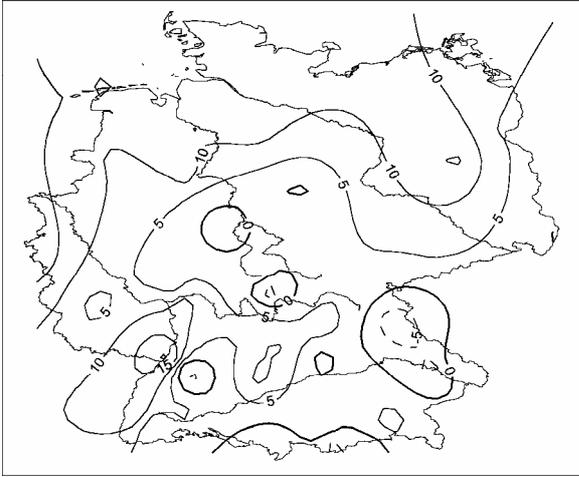
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1951-2000



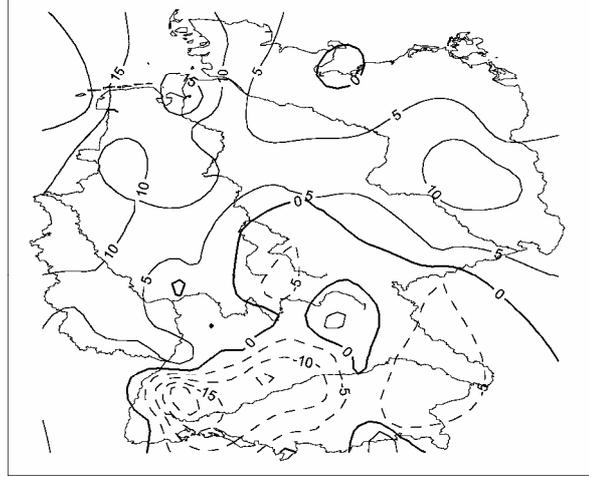
Sonnenscheindauer
 Linearer Trend [h]
 mit signifikanten Gebieten
 Oktober 1971-2000



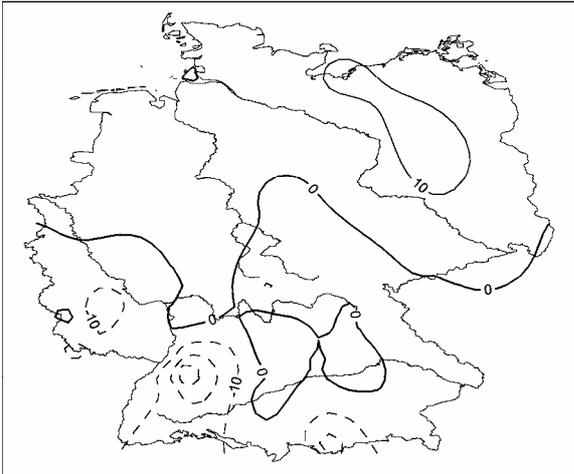
Sonnenscheindauer
Linearer Trend [h]
mit signifikanten Gebieten
November 1951-2000



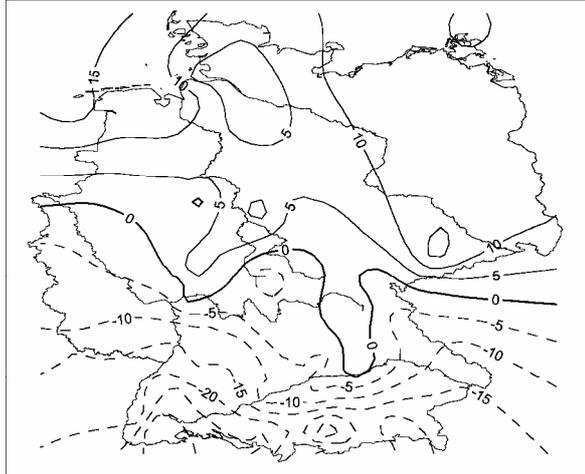
Sonnenscheindauer
Linearer Trend [h]
mit signifikanten Gebieten
November 1971-2000



Sonnenscheindauer
Linearer Trend [h]
mit signifikanten Gebieten
Dezember 1951-2000



Sonnenscheindauer
Linearer Trend [h]
mit signifikanten Gebieten
Dezember 1971-2000



Tabellenanhang (Temperatur- und Niederschlagstrends, aktualisiert)

Die folgende Tabelle enthält im Vergleich zu 1971-2000 (vgl. S. 18-20) für das ebenfalls 30-jährige, aber jüngere Zeitintervall 1978-2007 die linearen Trendwerte der Temperatur und des Niederschlags (Flächenmittel Deutschland; Datenquelle; DWD, 2008; Erwärmung rot, Abkühlung blau markiert, beim Niederschlag Zunahme grün und Abnahme violett). Dabei ist zu erkennen, dass sich die Erwärmungstrends fast durchweg weiterhin verstärkt haben. Es sind aber auch, und das ganz besonders beim Niederschlag, überlagerte Fluktuationen von Bedeutung. Zudem haben einige in den letzten Jahren eingetretene Extremwerte (vgl. Kap. 4) die Trends stark beeinflusst.

Monat/ Jahreszeit	Temperatur		Niederschlag	
	1971-2000	1978-2007	1971-2000	1978-2007
Januar	1,3 °C	2,7 °C	4,2 mm (6,8 %)	-5,7 mm (-8,8 %)
Februar	1,2 °C	3,5 °C	31,0 mm (64,4 %)	23,4 mm (44,3 %)
März	1,1 °C	0,7 °C	28,2 mm (47,9 %)	-6,4 mm (-9,9 %)
April	2,4 °C	2,7 °C	-0,2 mm (-0,4 %)	-14,5 mm (-27,9 %)
Mai	1,5 °C	1,8 °C	-5,0 mm (-7,5 %)	4,7 mm (6,7 %)
Juni	0,9 °C	2,0 °C	-11,8 mm (-14,2 %)	-23,6 mm (-29,6 %)
Juli	0,7 °C	2,1 °C	21,5 mm (26,7 %)	15,8 mm (18,8 %)
August	1,3 °C	1,8 °C	0,6 mm (0,9 %)	13,5 mm (17,9 %)
September	0,9 °C	1,0 °C	22,4 mm (34,9 %)	2,1 mm (3,1 %)
Oktober	1,4 °C	0,9 °C	17,2 mm (28,0 %)	-1,4 mm (-2,3 %)
November	-0,1 °C	1,0 °C	-12,6 mm (-19,1 %)	6,2 mm (9,7 %)
Dezember	-0,2 °C	0,4 °C	19,3 mm (26,5 %)	-29,8 mm (-40,4 %)
Frühling	1,7 °C	1,8 °C	23,0 mm (12,9 %)	-16,2 mm (-8,6 %)
Sommer	0,9 °C	1,9 °C	10,3 mm (4,4 %)	5,3 mm (2,2 %)
Herbst	0,7 °C	0,9 °C	26,9 mm (14,1 %)	3,4 mm (1,8 %)
Winter	0,7 °C	2,1 °C	64,4 mm (34,2 %)	-5,7 mm (-3,0 %)
Jahr	1,0 °C	1,7 °C	114,8 mm (14,6%)	52,1 mm (6,5 %)

Stationslisten

- Temperatur

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge	
1	Bamberg	49.88	10.92
2	Berlin - Dahlem	52.60	13.40
3	Brocken	51.80	10.62
4	Dresden - Klotzsche	51.00	13.50
5	Essen - Bredeney	51.41	6.94
6	Görlitz	51.16	14.95
7	Hamburg - Fuhlsbüttel	53.64	9.99
8	Hannover	52.46	9.69
9	Hof	50.31	11.88
10	Hohenpeißenberg	47.80	11.01
11	Jena	50.90	11.60
12	Karlsruhe	49.02	8.39
13	Kleiner Feldberg (Taunus)	50.22	8.45
14	Köln	50.86	7.16
15	Konstanz	47.68	9.18
16	Lindenberg	52.21	14.12
17	List auf Sylt	55.01	8.41
18	München - Riem	48.10	11.40
19	Norderney	53.71	7.15
20	Oberstdorf	47.4	10.28
21	Nürnberg	49.27	11.03
22	Regensburg	49.05	12.07
23	Potsdam	52.20	13.20
24	Schleswig	54.51	9.54
25	Rostock-Warnemünde	54.18	12.28
26	Soltau	52.99	9.83
27	Weiden	49.67	12.19

- Niederschlag

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge	
1	Alsfeld	50.77	9.40
2	Artern	51.39	11.27
3	Aschaffenburg	49.97	9.15
4	Attendorn	51.11	7.90
5	Augsburg	48.43	10.93
6	Bargteheide	53.73	10.25
7	Berlin - Dahlem	52.46	13.30
8	Bornhöved	54.06	10.21
9	Brakel	51.71	9.23
10	Bremen	53.05	8.80
11	Brück	52.2	12.77
12	Calvörde	52.4	11.30
13	Camberg, Bad	50.30	8.28
14	Carlsfeld	50.43	12.60
15	Cham	49.23	12.66
16	Clausthal	51.83	10.33
17	Coburg	50.26	10.95
18	Cottbus	51.78	14.34
19	Doberlug - Kirchhain	51.64	13.57
20	Dömitz	53.15	11.25
21	Eberbach/Neckar	49.45	8.98
22	Emden	53.35	7.20
23	Eppenrod	50.40	8.00
24	Erfurt	50.98	10.96
25	Erlangen	49.61	11.00
26	Euskirchen	50.65	6.78
27	Garmisch - Partenkirchen	47.48	11.06
28	Gengenbach	48.41	8.01
29	Glückstadt	53.80	9.43
30	Görlitz	51.17	14.95
31	Göttingen	51.55	9.95
32	Greifenstein	50.61	8.26
33	Halberstadt	51.90	11.06
34	Hannover	52.46	9.70
35	Hof (Saale) - Hohensaas	50.31	10.88
36	Kirn	49.80	7.40
37	Kitzingen	49.73	10.20
38	Kreuznach, Bad	49.85	7.85
39	Langenbrand	48.72	8.38
40	Lathen	52.87	7.32
41	Lübeck	53.81	10.70
42	Magdeburg	52.12	11.58
43	Mainz	49.98	8.26
44	Marnitz	53.38	11.93
45	Mergentheim, Bad	49.48	9.76
46	Monschau	50.56	6.25
47	Neuss	51.18	6.70
48	Nister	50.68	7.75
49	Norderney	53.71	7.15
50	Nordhorn	52.34	7.10
51	Osnabrück	52.25	8.05
52	Prüm	50.21	6.41

53	Ratzeburg	53.70	10.75
54	Regensburg	49.05	12.10
55	Rostock	54.08	12.10
56	Schweinfurt	50.06	10.21
57	Schwerin	53.65	11.38
58	Soltau	53.00	9.83
59	Spremberg	51.58	14.38
60	Storkow	52.25	13.94
61	Travemünde	53.96	10.88
62	Treuenbrietzen	52.10	12.88
63	Tuttlingen	47.98	8.75
64	Ulm	48.38	9.96
65	Vöhl - Thalitter	52.21	8.93
66	Wassernach	50.43	7.00
67	Weimar	50.98	11.32
68	Wilhelmsdorf	47.87	9.48
69	Wolmirsleben	51.95	11.49
70	Würzburg	49.76	9.96
71	Zwiesel - Rabenstein	49.05	13.25
72	Benediktbeuern	47.71	11.42
73	Biberach	48.52	10.81
74	Ühlingen - Birkendorf	47.75	8.31
75	Bodenkirchen - Aich	48.43	12.41
76	Brand/Oberpfalz	49.96	11.91
77	Bruck	49.25	12.31
78	Ebrach	49.85	10.50
79	Eisenbach - Bubenbach	47.97	8.30
80	Bad Endorf	47.91	12.30
81	Ergoldsbach - Kläham	48.67	12.18
82	Friedeburg - Wiesedermeer	53.48	7.73
83	Göppingen - Hohenstaufen	48.74	9.72
84	Gundelsheim	49.29	9.17
85	Hamburg - Fuhlsbüttel	53.64	9.99
86	Hanerau- Hademarschen	54.13	9.41
87	Hitzacker	53.16	11.04
88	Hohenpeißenberg	47.80	11.01
89	Holzkirchen/Unter- Franken	49.78	9.68
90	Horb - Betra	48.41	8.66
91	Immenstadt	47.56	10.22
92	Isny	47.69	10.04
93	Jena (Sternwarte)	50.93	11.58
94	Jork - Moorende	53.52	9.73
95	Karlsruhe	49.02	8.39
96	Kempten	47.72	10.34
97	Kleinwaabs	54.53	9.98
98	Königsfeld, Kreis Bamberg	49.95	11.17
99	Kupferberg	50.14	11.58
100	Laar, Kreis Bentheim	52.62	6.75

101	Landau/Pfalz	49.20	8.10
102	Leer	53.22	7.48
103	Mähring	49.91	12.53
104	Markt Bibart	49.65	10.43
105	Marktoberdorf	47.78	10.62
106	Metten	48.86	12.92
107	Mindelheim	48.05	10.50
108	Möttingen	48.81	10.59
109	Münchberg - Straas	50.18	11.77
110	Murnau	47.67	11.23
111	Norddorf/Amrum	54.68	8.33
112	Oberdachstetten	49.41	10.43
113	Öhringen, Württemberg	49.20	9.51
114	Potsdam	52.38	13.06
115	Rain am Lech	48.69	10.90
116	Rechtenbach	49.99	9.50
117	Regen	48.97	13.14
118	Regenstauf	49.14	12.12
119	Reit im Winkel	47.68	12.46
120	Roding	49.21	12.51
121	Röhrnbach	48.75	13.50
122	Rothenburg ob der Tauber	49.38	10.18
123	Schneizelreuth – Weißbach	47.72	12.77
124	Straßkirchen	48.83	12.72
125	Tuttlingen	48.01	8.82
126	Ulm	48.39	9.97
127	Valley - Mühlthal	47.87	11.79
128	Wangerooge	53.79	7.90
129	Wegscheid - Meßnerschlag	48.62	13.82
130	Weißenhorn - Oberreichenbach	48.31	10.21
131	Wildeshausen	52.87	8.41
132	Wörnitz	49.26	10.25

- **Sonnenscheindauer**

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge	
1	Aachen	50.78	6.10
2	Angermünde	53.01	14.00
3	Arkona	54.68	13.44
4	Augsburg	48.38	10.85
5	Bayreuth	49.94	11.56
6	Beerfelden	49.56	8.97
7	Berlin - Dahlem	52.46	13.30
8	Bernkastel	49.92	7.07
9	Berus	49.27	6.69
10	Boltenhagen	53.98	11.23
11	Borkum	53.56	6.75
12	Braunlage	51.73	10.60
13	Bremen	53.05	8.79
14	Bremerhaven	53.53	8.58
15	Brocken	51.80	10.62
16	Chemnitz	50.79	12.87
17	Clausthal - Zellerfeld	51.80	10.34
18	Cuxhaven	53.87	8.71
19	Deuselbach	49.73	7.09
20	Erlangen	49.58	11.02
21	Essen - Bredeney	51.41	6.94
22	Feldberg/Schwarzwald	47.88	8.00
23	Fichtelberg	50.43	12.96
24	Frankfurt/Main	50.05	8.59
25	Freiburg im Breisgau	48.00	7.83
26	Freudenstadt	48.45	8.41
27	Garmisch-Partenkirchen	47.48	11.06
28	Gießen	50.59	8.70
29	Görlitz	51.16	14.95
30	Göttingen	51.50	9.95
31	Hamburg - Fuhlsbüttel	53.64	9.99
32	Hannover	52.46	9.69
33	Herford	52.13	8.69
34	Hof	50.31	11.88
35	Hohenpeißenberg	47.80	11.01
36	Isny	47.69	10.03
37	Jever	53.53	7.89
38	Karlsruhe	49.02	8.39
39	Kassel	51.30	9.44
40	Bad Kissingen	50.20	10.08
41	Kleiner Feldberg (Taunus)	50.22	8.45
42	Klippeneck	48.08	8.65
43	Kösching	48.83	11.49
44	Lindenberg	52.21	14.12
45	Lingen	52.52	7.32
46	Bad Lippspringe	51.79	8.84
47	List auf Sylt	55.01	8.41
48	Mannheim	49.48	8.45
49	Metten	48.86	12.92
50	Norderney	53.71	7.15
51	Oberstdorf	47.40	10.28
52	Öhringen	49.20	9.51

53	Regensburg	49.01	12.07
54	Rosenheim	47.85	12.11
55	Schleswig	54.51	9.54
56	Schömberg Kr.	48.79	8.65
57	Soltau	52.99	9.83
58	Stötten	48.67	9.87
59	Trier - Petrisberg	49.75	6.66
60	Ulm	48.38	9.95
61	Wasserkuppe	50.50	9.94
62	Weiden	49.67	12.19
63	Weißenburg/Bayern	49.02	10.96
64	Wendelstein	47.70	12.01
65	Willingen/Upland	51.30	8.61
66	Wörnitz - Bottenweiler	49.22	10.23
67	Würzburg	49.77	9.96
68	Zugspitze	47.42	10.99
69	Zwieselberg	49.01	13.24