

Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar	43	123 - 140	2000	Donaueschingen 31. März 2000
-------------------------------------------------------------------	----	-----------	------	---------------------------------

Die Niederschlagsentwicklung auf der Baar seit Beginn kontinuierlicher Klimaaufzeichnungen

von Alexander Siegmund

1. Einleitung

Schon seit einigen Jahren hält nunmehr die Diskussion um einen sich abzeichnenden globalen Klimawandel an. Dabei steht zumeist eine mögliche Zunahme der bodennahen Lufttemperatur infolge eines vermeintlich vom Menschen verstärkten Treibhauseffektes im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. In diesem Zusammenhang wird häufig übersehen, dass weniger diese direkte Folge des anthropogenen Treibhauseffekts zu nachhaltigen Umweltveränderungen führen kann, als vielmehr die zahlreichen indirekten Auswirkungen, die durch die veränderten Temperaturverhältnisse induziert werden. Die Spanne der möglichen Folgewirkungen reicht von globalen und regionalen Niederschlagsveränderungen, einer Verstärkung der Westwindzirkulation in den Mittleren Breiten, eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität tropischer Wirbelstürme bis hin zu einem weltweiten Anstieg der Meeresspiegel und der damit verbundenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen für die jeweils betroffenen Regionen (vgl. FRANKENBERG & SIEGMUND 1997).

Den jahreszeitlichen und regionalen Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Durch sie wird der Wasserhaushalt und damit der gesamte Naturhaushalt eines Raumes nachhaltig beeinflusst - nicht zuletzt auch mit massiven Folgen für verschiedene kulturräumliche Bereiche, wie etwa die Landwirtschaft. Dabei sind die Veränderungen der Niederschlagsmengen in zeitlicher und räumlicher Hinsicht noch wesentlich heterogener als bei den Temperaturen. Während beispielsweise in weiten Teilen des Mittelmeerraumes die Niederschlagsmengen in den vergangenen 100 Jahren zum Teil deutlich zurückgingen, verzeichnete im gleichen Zeitraum Mittel- und Nordeuropa einen Zuwachs. In den meisten Regionen Süd- und Südwestdeutschlands nahmen die jährlichen Niederschlagsmengen dabei um etwa 100 bis 150 mm zu (vgl. FRANKENBERG & SIEGMUND 1997, S. 34 f.). Bei einer genaueren jahreszeitlichen Betrachtung stellen sich die Veränderungen noch weitaus differenzierter dar. Entsprechend schwierig gestalten sich Prognosen. Es deutet sich jedoch an, dass die Niederschläge in den tropisch-subtropischen Regionen eher weiter zurückgehen werden, während sie in etwa jenseits der Wendekreise insgesamt eine zunehmende Tendenz aufzeigen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob und in welchem Umfang sich auch auf der Baar solche Niederschlagsveränderungen abzeichnen. Aus diesem Grund soll die Niederschlagsentwicklung in der Region auf der Basis entsprechender Messreihen genauer untersucht werden. Dadurch lassen sich mögliche Parallelen und Unterschiede zu anderen Regionen erkennen und eventuelle Rückschlüsse auf die Folgen der gegebenenfalls zu erwartenden zukünftigen Klimaveränderungen für die Baar ziehen.

2. Datengrundlage

Die ältesten Klimaaufzeichnungen reichen auf der Baar bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts zurück. So sind von 1802 bis 1814 bzw. 1820 Wetterbeobachtungen des damaligen Hofarchivars Johann Baptist MÜLLER in Donaueschingen überliefert. Zwischen 1828 und 1830 zeichnete der Hofgärtner Peter MARSTRAND ebenfalls in Donaueschingen regelmäßig das Witterungsgeschehen auf. Während diese Messungen jedoch zum Teil sehr detailliert die Temperatur- und Luftdruckverhältnisse sowie eine Reihe weiterer Witterungserscheinungen erfassen, fehlen entsprechende Niederschlagsmessungen. Den Niederschlägen scheint demnach in der damaligen Zeit keine allzugroße Bedeutung beigemessen worden zu sein, hätten sie doch durch entsprechend geeichte Auffangbehälter relativ einfach gemessen werden können. Erst die Messreihe des Fürstlich Fürstenbergischen Domänenrats HOPFGARTNER zwischen 1871 und 1883, die er im Gegensatz zu seinen Vorgängern selbst auswertete (vgl. HOPFGARTNER 1872 und HOPFGARTNER 1885), enthält auch Angaben über die Niederschlagsverhältnisse in Donaueschingen. Trotz des für klimatologische Zwecke vergleichsweise kurzen und daher wenig repräsentativen, dreizehnjährigen Beobachtungszeitraums, wird auf die entsprechenden Messwerte noch näher eingegangen.

Bereits am Ende des vergangenen Jahrhunderts wurden durch die Badische Landeswetterwarte in Karlsruhe auch auf der Baar die ersten amtlichen Klimastationen eingerichtet. Donaueschingen und Villingen waren die ersten Standorte dieses ganz Baden flächendeckend erfassenden Messnetzes, in dem auch die Niederschläge registriert wurden. Von beiden Stationen sind entsprechende Niederschlagsdaten jedoch erst seit 1891 bzw. 1890 überliefert. Im Laufe der Zeit wurden weitere Stationen eingerichtet, wie etwa in Dürrheim (damals noch nicht "Bad"), Königsfeld, Rottweil und Tuttlingen. Ihre Zeitreihen reichen zwar teilweise auch bis ins letzte Jahrhundert zurück, weisen jedoch mitunter erhebliche Messlücken auf. Von der Station Spaichingen liegt eine etwas kürzere aber dafür durchgehende Messreihe vor, die bis 1901 zurückreicht.

3. Analyse von Niederschlagszeitreihen

Mit Hilfe von Zeitreihenanalysen einzelner Klimastationen lässt sich die klimatische Entwicklungsgeschichte eines Raumes über einen längeren Zeitraum detaillierter untersuchen. Die längsten durchgehenden Niederschlagsreihen auf der Baar stehen von den Stationen Donaueschingen und Villingen zur Verfügung. Von beiden Standorten liegen standardisierte und homogenisierte Datenreihen vor, die bis 1891 bzw. 1890 zurückreichen. Einige Datenlücken der Station Donaueschingen in den Nachkriegsjahren 1941 - 1947 und 1951/1952 konnten hierbei durch entsprechende Angaben von Villingen geschlossen werden. Die beiden Standorte spiegeln die Klimageschichte im Bereich der Südbaar (Donaueschingen) und den nördlichen Teilen der Baar (Villingen) wider. Die Ostbaar wird durch die, wenn auch etwas kürzere Niederschlagsreihe der Station Spaichingen repräsentiert.

3.1. Verlauf der jährlichen Niederschlagssummen

Die Abb. 1 zeigt den Verlauf der jährlichen Niederschlagsmengen an den Klimastationen Donaueschingen, Villingen und Spaichingen. Zusätzlich sind jeweils die Werte der 10-jährigen und 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung, durch die verschiedene Trocken- und Feuchtphasen besonders hervorgehoben werden, sowie die lineare und quadratische Regressionskurve dargestellt. Durch die Schraffur zwischen der 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung und dem langjährigen Mittelwert der Niederschläge, der als waagrechte Linie eingezeichnet ist, heben sich feuchtere und trockenere Perioden deutlicher voneinander ab.

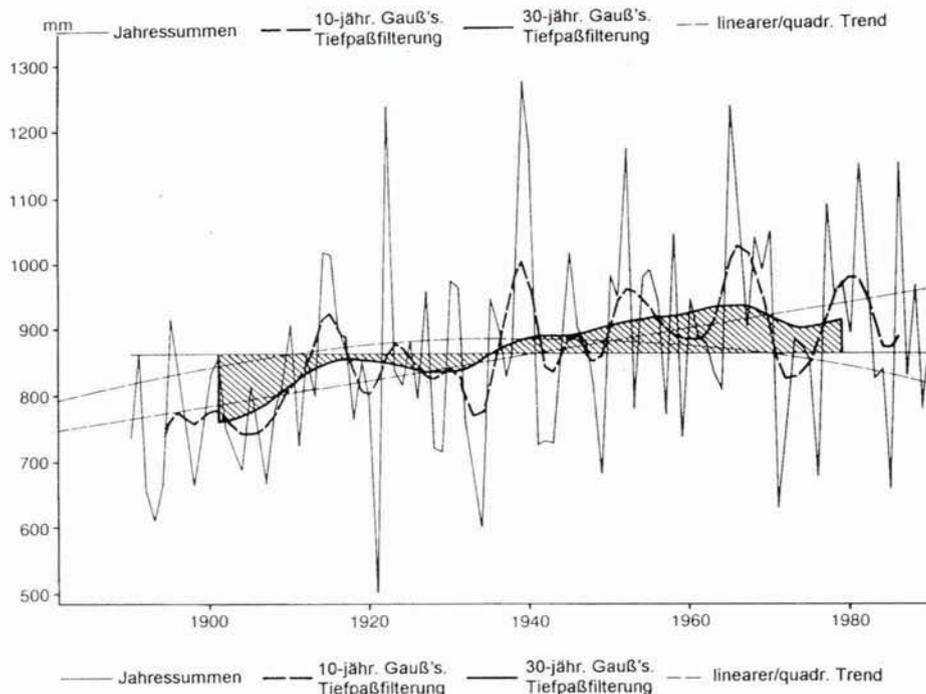
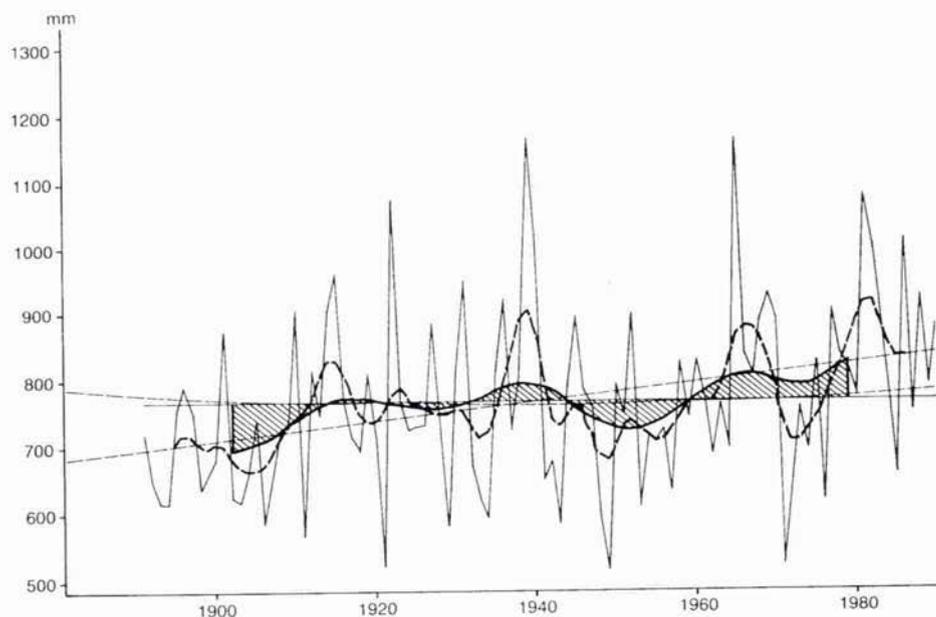


Abb. 1a: Verlauf der jährlichen Niederschlagssummen, der Werte der 10-jährigen und 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung sowie des linearen und quadratischen Trends an der Klimastation Donaueschingen von 1891 - 1990 (Quelle: Eigener Entwurf, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Abb. 1b: Verlauf der jährlichen Niederschlagssummen, der Werte der 10-jährigen und 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung sowie des linearen und quadratischen Trends an der Klimastation Villingen von 1890 - 1990 (Quelle: Eigener Entwurf, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Die drei Stationen deuten auf eine weitgehend einheitliche Entwicklungstendenz der Niederschläge auf der Baar hin. Sowohl in Donaueschingen als auch in Villingen und Spaichingen ist auf der Basis einer linearen Regression eine deutliche Zunahme der Niederschläge zu beobachten. So beträgt der Niederschlagszuwachs zwischen 1891 und 1990 an der Station Donaueschingen 133,4 mm (vgl. Abb. 1a). Dabei vollzog sich dieser positive Trend naturgemäß nicht kontinuierlich, sondern feuchtere und trockenere Perioden lösten einander ab. Im Vergleich zum Mittelwert der gesamten Beobachtungsperiode, der in Donaueschingen 765,3 mm beträgt, war der Zeitraum von Beginn der Beobachtungsreihe bis etwa 1912 durch eine anhaltende und vergleichsweise starke Trockenperiode gekennzeichnet. In diesem Zeitraum wurden im Mittel (10- und 30-jährige Gauß'sche Tiefpassfilterung) die geringsten jährlichen Niederschlagsmengen der gesamten Reihe registriert, auch wenn im weiteren Verlauf in einzelnen Jahren noch erheblich geringere Werte gemessen wurden. Zwischen 1912 und dem Anfang der dreißiger Jahre bewegten sich die Niederschlagsmengen in etwa auf dem Durchschnittsniveau zwischen 1891 und 1990. Die interannualen Schwankungen waren dabei zum Teil jedoch erheblich, glichen sich aber in der Regel relativ kurzfristig wieder aus, so dass allenfalls die 10-jährige Gauß'sche Tiefpassfilterung auf kurzfristige positive oder negative Fluktuationen des Niederschlags hindeutet.

Während sich in der zweiten Hälfte der dreißiger Jahre eine etwas feuchtere Periode andeutet, die vor allem durch die beiden besonders niederschlagsreichen Jahre 1939 - es war mit 1.164,0 mm das niederschlagsreichste der gesamten Datenreihe - und 1940 verursacht wurde, zeichnet sich der Zeitraum zwischen 1945 und dem Ende der fünfziger Jahre durch eine stärkere Trockenheit aus. In diese Epoche fällt auch das Jahr mit der geringsten jährlichen Niederschlagsmenge zwischen 1891 und 1990, wurden doch 1949 nur 515,4 mm registriert. Ab 1960 stellte sich eine überdurchschnittlich feuchte Periode ein, die bis zum Ende der Zeitreihe anhält.

Auf der Grundlage dieser Entwicklung ergibt sich für die Station Donaueschingen bei einer Standardabweichung der Niederschläge von 134,03 mm ein Trend-Rausch-Verhältnis (Quotient aus dem linearen Trend und der Standardabweichung) von knapp 1,0. Dies ist bei einem sich hieraus ergebenden Signifikanzniveau der Niederschlagszunahme von nur 68 % bei einem Ausschlusskriterium von 90 % bzw. 95 % statistisch nicht signifikant. Dem entspricht auch der Korrelationskoeffizient zwischen den jährlichen Niederschlagssummen und der Jahreszahl von 0,29. In Tab. 1 sind die wichtigsten statistischen Kenngrößen zusammengefasst.

An der Station Villingen fällt die Niederschlagszunahme auf der Grundlage einer linearen Regression mit einem positiven Trend von rund 195,0 mm noch deutlich höher aus als in Donaueschingen. Die Streuung der Daten ist mit einer Standardabweichung von 150,29 mm ebenfalls etwas höher. Hieraus ergibt sich für Villingen mit 1,30 ein günstigeres Trend-Rausch-Verhältnis als in Donaueschingen. Das Signifikanzniveau des Trends bleibt jedoch mit 81 % wesentlich unter dem kritischen Schwellenwert von 90 % und ist demnach als nicht signifikant einzustufen. Ein Korrelationskoeffizient zwischen den jährlichen Niederschlagssummen und der Jahreszahl von 0,34 deutet ebenfalls auf einen vergleichsweise schwachen Zusammenhang zwischen beiden Größen hin (vgl. Tab. 1). Ähnliche Ergebnisse gehen auch aus anderen Untersuchungen zur Niederschlagsentwicklung an der Klimastation Villingen hervor (vgl. REICHELT 1995, S. 41 ff.).

Der statistisch etwas deutlichere Niederschlagszuwachs an der Station Villingen im Vergleich zu Donaueschingen ist auf einen in Relation zum Niederschlagszuwachs gleich-

mäßigeren Verlauf der einzelnen Jahreswerte zurückzuführen, der vor allem aus dem Verlauf der 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung deutlich hervorgeht (Abb. 1b). So verzeichnet Villingen, ähnlich wie Donaueschingen, bis etwa 1912 eine sehr trockene Periode. Trotz eines leichten Niederschlagszuwachses bleibt die Kurve der 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung dort jedoch noch bis in die Mitte der dreißiger Jahre durchweg unter dem Mittelwert der Gesamtperiode. Nach diesem Zeitpunkt stellt sich im Gegensatz zu Donaueschingen bis zum Ende der Zeitreihe eine durchgehende feuchte Epoche ein. Dennoch fällt das niederschlagsreichste Jahr zwischen 1890 und 1990 nicht in diesen Zeitraum. Vielmehr verzeichnet das Jahr 1939 mit 1.275,0 mm die höchste Niederschlagsmenge, während der Tiefstwert der Reihe mit 500,0 mm 1921 registriert wurde. Im Durchschnitt ergibt sich für die gesamte Beobachtungsperiode an der Station Villingen eine jährliche Niederschlagsmenge von 862,5 mm.

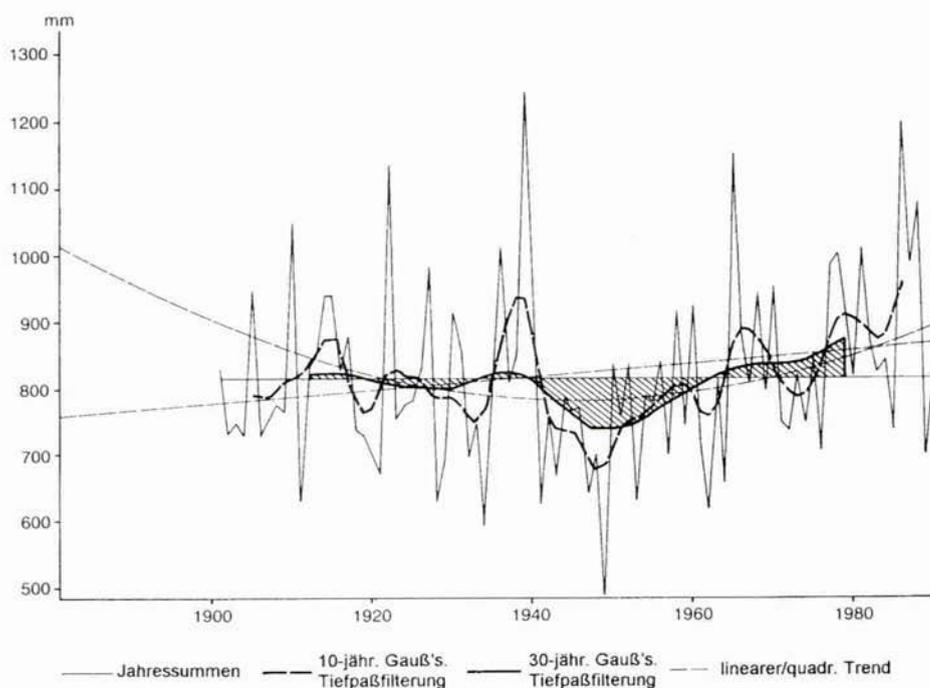


Abb. 1c: Verlauf der jährlichen Niederschlagssummen, der Werte der 10-jährigen und 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung sowie des linearen und quadratischen Trends an der Klimastation Spaichingen von 1901 - 1990 (Quelle: Eigener Entwurf, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Die Station Spaichingen zeigt eine ähnliche Niederschlagsentwicklung wie Donaueschingen (Abb. 1c). Dadurch, dass die Zeitreihe erst 1901 einsetzt, geht aus dem Diagramm die ausgeprägte Trockenperiode am Ende des vergangenen Jahrhunderts, die in Donaueschingen und Villingen zu beobachten ist, nur andeutungsweise aus dem Verlauf der 10-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung hervor. Die 30-jährige Gauß'sche Tiefpassfilterung setzt erst

zu einem Zeitpunkt ein, als die Niederschläge im Mittel über eine längere Periode nur geringfügig um den Durchschnittswert der Gesamtperiode schwanken. Diese Epoche dauert in Spaichingen bis 1940 an. Anschließend setzt eine Trockenperiode ein, die in Spaichingen länger und intensiver ausgeprägt zu sein scheint als in Donaueschingen. Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Länge der Zeitreihen der untersuchten Stationen unterschiedlich ist. Weil die Beobachtungsreihe der Station Spaichingen erst 1901 beginnt und damit die besonders trockene Periode am Ende des letzten Jahrhunderts nicht erfasst, ergibt sich im Vergleich zu Donaueschingen und Villingen für die Gesamtperiode ein höherer Durchschnittsniederschlag. Da dieser in bezug auf den Verlauf der 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung als Maßstab für den Ausweis feuchterer und trockenerer Zeiträume dient, erscheinen in Spaichingen einige Perioden trockener als etwa in Donaueschingen.

Ab der Mitte der sechziger Jahre ist in Spaichingen der Übergang zu einem feuchteren Zeitabschnitt zu beobachten, der bis zum Ende der Zeitreihe anhält. Da der Anstieg der Niederschlagsmengen jedoch bereits ab etwa Anfang 1950 beginnt, zeigt die Station über einen Zeitraum von über 30 Jahren einen durchgehenden positiven Trend. Das absolute Maximum der Gesamtperiode tritt dabei nicht am Ende der Zeitreihe auf, sondern bereits im Jahr 1939 mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von 1.246,4 mm. Zehn Jahre später markiert das Jahr 1949 mit 487,3 mm den Tiefpunkt der Reihe und fällt dadurch sowohl bei der 10-jährigen als auch bei der 30-jährigen Gauß'schen Tiefpassfilterung in die trockenste Periode des gesamten Beobachtungszeitraums. Insgesamt ergibt sich für die Station Spaichingen zwischen 1901 und 1990 bei einer durchschnittlichen Jahressumme von 816,2 mm ein positiver Niederschlagstrend von etwa 112,0 mm. Mit einer Standardabweichung der Daten von 137,08 mm leitet sich hieraus ein Trend-Rausch-Verhältnis von 0,82 ab. Mit einem Signifikanzniveau von 59 %, das sich hieraus ergibt, ist der Trend damit statistisch nicht signifikant. Das deutet auch der Korrelationskoeffizient zwischen den einzelnen Jahreswerten und der Jahreszahl von 0,18 an (vgl. Tab. 1).

3.2. Jahreszeitliche Unterschiede der Niederschlagsentwicklung

Eine genauere jahreszeitliche Analyse der Niederschlagsentwicklung zeigt für die Baar ein sehr heterogenes Bild. So verzeichnet die Station Donaueschingen in der Mehrzahl der Monate innerhalb des Beobachtungszeitraums eine zum Teil deutliche Zunahme der Niederschläge. Sie ist im Februar mit 29,9 mm am größten, gefolgt vom November mit 23,2 mm und August mit 21,6 mm. In den Monaten März und April ist der Zuwachs hingegen vergleichsweise gering und liegt bei 9,0 bzw. 9,6 mm. Im Juli, September und Oktober ist ein negativer Niederschlagstrend zu beobachten. In diesen Monaten gingen die Niederschläge zwischen 1891 und 1990 im Mittel um 4,3 mm (Juli) bis 17,4 mm (September) zurück (vgl. Tab. 1).

Ein jahreszeitlicher Trend der Niederschlagsentwicklung zeigt sich in den Datenreihen kaum. Sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr treten Monate mit überdurchschnittlich starken und schwachen Niederschlagszuwächsen bzw. -rückgängen auf. Lediglich die Monate mit rückläufigen Niederschlagstrends scheinen sich vor allem auf die Herbstmonate zu konzentrieren. Insgesamt ist die Signifikanz des Trends im Februar bei einem Trend-Rausch-Verhältnis von 0,89, was einem Signifikanzniveau von 63 % entspricht, deutlich am höchsten. In allen anderen Monaten bleiben die entsprechenden Werte unter 0,7 bzw. 52 %. Insgesamt zeigt sich somit in allen Monaten eine sehr geringe Signifikanz des Niederschlagstrends. Die Tab. 1 fasst einige wichtige statistische Kenngrößen zusammen.

Tab. 1: Statistische Kenngrößen der Niederschlagsentwicklung bei den Jahressummen an den Klimastationen Donaueschingen (1891 - 1990), Villingen (1890 - 1990) und Spaichingen (1901 - 1990) sowie für die einzelnen Monate in Donaueschingen

	Per.	Zeitraum	Mittel (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Ampl. (mm)	St.ab. (mm)	Lin. T. (mm)	T./R.	Sig.n. (%)	Korr.
Spaiching.	Jahr	1901-1990	816,2	1246,4	487,3	759,1	137,08	112,0	0,82	59	0,18
Villingen	Jahr	1890-1990	862,5	1275,0	500,0	775,0	150,29	195,0	1,30	81	0,34
Donauesch.	Jahr	1891-1990	765,3	1164,0	515,4	648,6	134,03	133,4	1,00	68	0,29
	Jan.	1891-1990	55,3	149,0	8,0	141,0	33,05	18,6	0,56	42	0,16
	Feb.	1891-1990	45,2	191,6	3,4	188,2	33,54	29,9	0,89	63	0,26
	Mrz	1891-1990	48,0	158,6	1,7	156,9	27,05	9,0	0,33	26	0,10
	Apr.	1891-1990	54,0	176,0	2,0	174,0	30,09	9,6	0,32	24	0,09
	Mai	1891-1990	74,8	171,5	9,8	161,7	32,32	19,7	0,61	46	0,18
	Jun.	1891-1990	89,8	204,5	30,0	174,5	32,44	17,2	0,53	40	0,15
	Jul.	1891-1990	83,2	224,5	7,5	217,0	40,24	-4,3	0,11	7	-0,03
	Aug.	1891-1990	84,5	230,0	10,0	220,0	42,44	21,6	0,51	39	0,15
	Sep.	1891-1990	63,6	178,0	7,0	171,0	35,79	-17,4	0,49	37	-0,14
	Okt.	1891-1990	54,4	182,0	1,8	180,2	34,92	-7,1	0,20	15	-0,06
	Nov.	1891-1990	56,9	198,5	2,0	196,5	37,49	23,2	0,62	46	0,18
Dez.	1891-1990	55,9	226,7	0,7	226,0	38,17	14,7	0,36	30	0,11	

(Per. = Periode, Mittel = Mittel der Zeitreihe, Max. = Maximum der Zeitreihe, Min. = Minimum der Zeitreihe, Ampl. = Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum der Zeitreihe, Stab. = Standardabweichung, Lin. Tr. = linearer Trend, T./R. = Trend-Rausch-Verhältnis, Sig.n. = Signifikanzniveau, Korr. = Korrelationskoeffizient zwischen den einzelnen Jahresmitteln und der Jahreszahl) (Quelle: Eigene Berechnungen, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Demgegenüber weist die Standardabweichung der monatlichen Niederschlagssummen einen leichten Jahresgang auf. Die Werte sind in den Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst jeweils etwas geringer als in den Sommer- und Wintermonaten. Letztere sind durch einen mitunter von Jahr zu Jahr unterschiedlich großen Einfluss von Hochdruckgebieten gekennzeichnet, die zu größeren interannualen Niederschlagsschwankungen führen. Diese gehen sowohl im Sommer als auch im Winter nicht zuletzt aus der Differenz zwischen der höchsten und tiefsten monatlichen Niederschlagssumme innerhalb der Zeitreihe hervor, die im Juli, August und Dezember auf deutlich über 210 mm ansteigt (vgl. Tab. 1).

Die Abb. 2 stellt die Niederschlagsentwicklung an der Klimastation Donaueschingen von 1891 - 1990 in jahreszeitlicher Differenzierung dar. Die Darstellung basiert auf den einzelnen monatlichen Niederschlagssummen des gesamten Beobachtungszeitraums, die mit Hilfe des Programms SURFER in Form einer zweidimensionalen Grafik interpoliert wurden. Auf der x-Achse sind dabei die einzelnen Monate, auf der y-Achse die Jahre aufgeführt (vgl. SIEGMUND 1998, S. 133). Die Grafik verdeutlicht den Niederschlagszuwachs, der in der Zeitreihe vor allem in den Wintermonaten zu beobachten ist. So nehmen am linken (Januar und Februar) und rechten Bildrand (November und Dezember) die dunkel eingefärbten Flächen, die Niederschlagsmengen über 60 mm kennzeichnen, immer mehr zu.

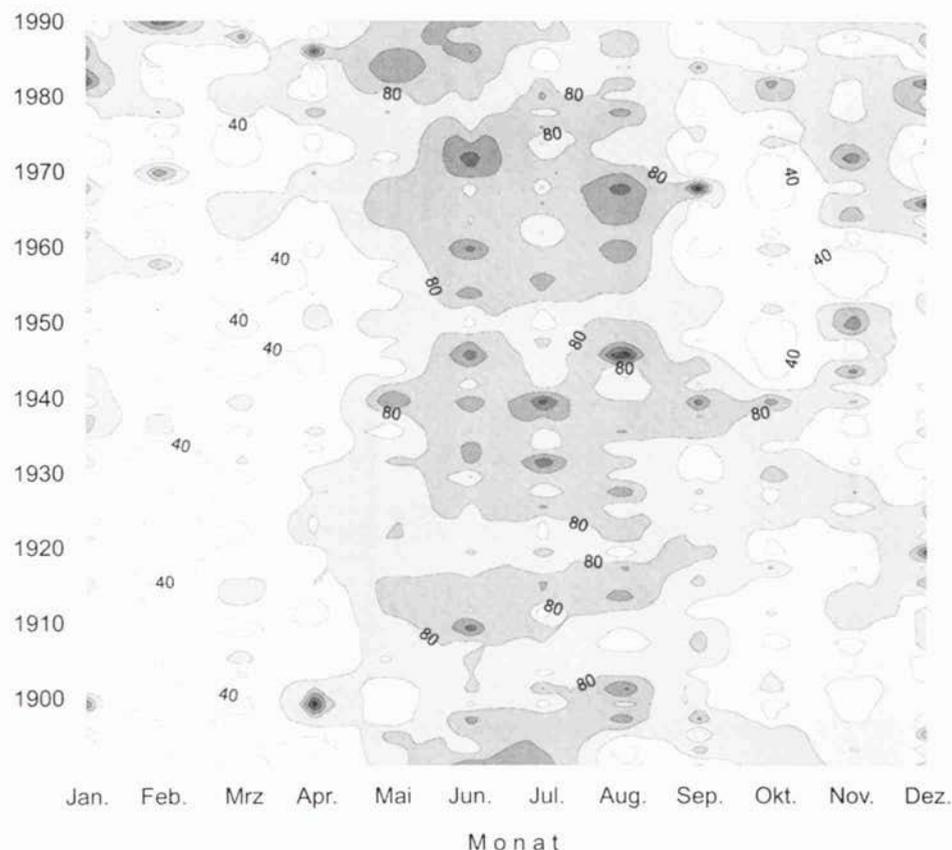


Abb. 2: Darstellung der jahreszeitlich differenzierten Niederschlagsentwicklung an der Klimastation Donaueschingen von 1891 - 1990 (Quelle: Eigener Entwurf, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Seit 1960 wird dies besonders deutlich. Parallel hierzu geht die Häufigkeit trockener Zeiträume mit unter 40 mm Niederschlag, die bis etwa zur Mitte dieses Jahrhunderts insbesondere im ausgehenden Winter und Frühling auftraten, deutlich zurück. Darüber hinaus treten die rückläufigen Niederschlagsmengen der vergangenen 40 bis 50 Jahre zwischen Juli und September in Erscheinung. Neben diesen allgemeinen Entwicklungstendenzen gehen aus der Darstellung aber auch die erheblichen interannuellen Schwankungen der Niederschläge hervor. Gerade in den Sommermonaten spiegelt sich dies durch das phasenweise Auftreten feuchterer und trockenerer Perioden im Laufe der Zeitreihe sehr eindrücklich wider. Darüber hinaus hebt die Abb. 2 auch die relativ starke hygrische Kontinentalität des Klimas auf der Baar hervor, die durch ein ausgeprägtes sommerliches Maximum der Niederschläge gekennzeichnet ist. Dabei kommt selbst die leichte Zweigipfligkeit der Niederschlagsmaxima im Sommer zum Ausdruck, die in der jüngeren Vergangenheit zu beobachten ist. Sie hat erst seit etwa 1940 eingesetzt. Insgesamt stellt sich die Niederschlagsentwicklung an der Klimastation Donaueschingen erwartungsgemäß weitaus heterogener dar, als die der Durchschnittstemperaturen (vgl. SIEGMUND 1998, S. 132 f.).

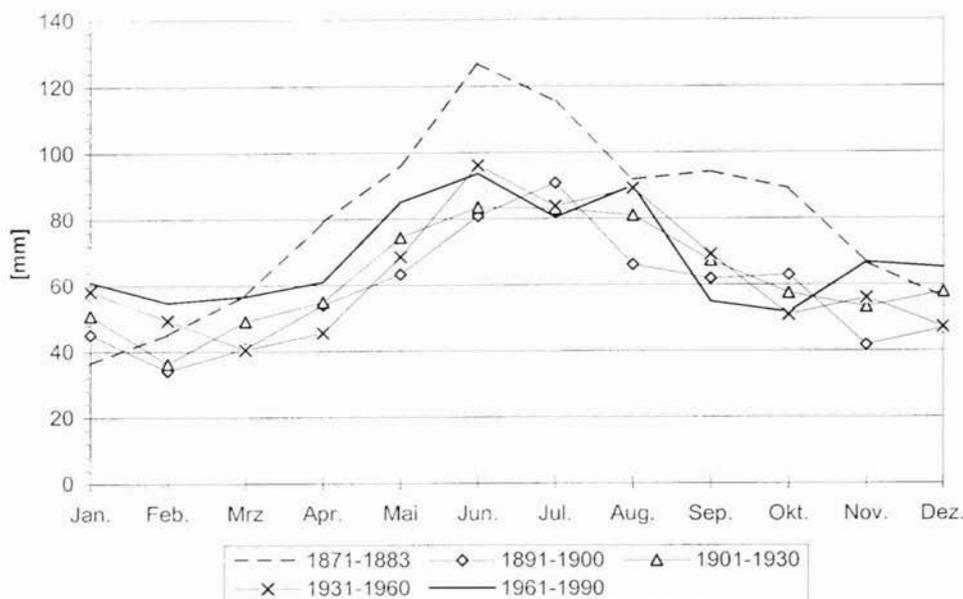


Abb. 3: Mittlerer Jahresgang der monatlichen Niederschlagssummen an der Klimastation Donaueschingen in verschiedenen Zeiträumen (Quelle: Eigener Entwurf, Datengrundlage: HOPFGARTNER 1885, Deutscher Wetterdienst)

Die Abb. 3 verdeutlicht die jahreszeitliche Entwicklung der mittleren Niederschlagssummen an der Klimastation Donaueschingen für die Zeiträume 1871 - 1883 (vgl. HOPFGARTNER 1885) und 1891 - 1900 sowie der drei Standardperioden 1901 - 1930, 1931 - 1960 und 1961 - 1990. Daraus wird zunächst der typische Jahresgang der Niederschläge auf der Baar deutlich. Die Sommermonate Juni, Juli und August, in einigen Perioden auch der Mai, weisen im Mittel die höchsten monatlichen Niederschlagsmengen der jeweiligen Periode auf. Ein sekundäres Niederschlagsmaximum zeichnet sich außer zwischen 1871 und 1883 in den Monaten November, Dezember und Januar ab. Zwischen diesen beiden Zeiträumen sind im Frühjahr und Herbst zwei etwa gleich stark ausgeprägte relative Niederschlagsminima zu beobachten. Ein ähnlicher durchschnittlicher Jahresgang der monatlichen Niederschlagssummen zeigt sich auch an der Klimastation Villingen (vgl. REICHELT 1995, S. 34). Das sommerliche Niederschlagsmaximum spiegelt, analog zur thermischen Kontinentalität (vgl. u.a. SIEGMUND 1999b), die hygri-sche Kontinentalität des Klimas auf der Baar wider. Ihr Ausmaß nahm jedoch seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts kontinuierlich ab. So ist das sommerliche Niederschlagsmaximum im Mittel des Zeitraums 1871 - 1883 noch weitaus deutlicher ausgeprägt, als in der aktuellen Standardperiode - zwischen 1961 und 1990 stellt sich der Kurvenverlauf wesentlich ausgeglichener dar. Die Differenz zwischen den durchschnittlichen Niederschlagsmengen im Juli und Januar spiegelt dies deutlich wider. Sie betrug zwischen 1871 und 1883 noch 79,0 mm und ging bis zum Zeitraum 1961 - 1990 auf 19,4 mm zurück (vgl. Tab. 2).

In der Mehrzahl der Monate zeigt sich bei den entsprechenden Mittelwerten der betrachteten Perioden eine zum Teil sehr markante Zunahme der Niederschläge. Der Zuwachs wird vor allem in den Winter- und Frühjahrsmonaten sehr deutlich - die wichtigste Ursache für die abnehmenden jahreszeitlichen Gegensätze. Eine ähnliche Entwicklung zeigt jedoch

auch der August. Während die jüngste Periode 1961 - 1990 im Winter (November - Februar) jeweils die höchsten Niederschlagsmengen der betrachteten Zeiträume aufweist, fallen die entsprechenden Maxima im Frühjahr, Sommer und Herbst (März - Oktober) auf das Mittel der Jahre 1871 - 1883. Dabei zeigt sich selbst bei den langjährigen Mittelwerten die recht wechselhafte Niederschlagsentwicklung. So war etwa die Zunahme der Niederschläge, die seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts im März, April, Mai und Dezember zu beobachten ist, nicht kontinuierlich, sondern von einem vorübergehenden Rückgang zwischen der Periode 1901 - 1930 und 1931 - 1960 gekennzeichnet. Den höchsten Niederschlagszuwachs zwischen der ersten (1871 - 1883) und jüngsten Periode (1961 - 1990) verzeichnete jedoch mit 24,5 mm der Januar. Die größte Differenz im Vergleich zweier Zeiträume ergibt sich indes mit 25,1 mm im November zwischen dem Mittel des Zeitraums 1891 - 1900 und der aktuellen Standardperiode (vgl. Abb. 3 und Tab. 2).

Tab. 2: Mittlere monatliche Niederschlagssummen an der Klimastation Donaueschingen in verschiedenen Zeiträumen (Quelle: Eigene Berechnungen, Datengrundlage: HOPFGARTNER 1885, Deutscher Wetterdienst)

Zeitraum	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1871-1883	36,4	45,0	56,9	79,0	96,1	126,7	115,4	91,7	94,2	89,0	66,6	55,9	953,1
1891-1900	45,0	34,1	40,7	53,9	63,2	80,8	90,8	66,1	61,9	63,0	41,7	46,7	687,9
1901-1930	50,8	36,3	49,0	54,8	74,4	83,4	83,0	81,0	67,3	57,5	53,3	57,8	748,6
1931-1960	58,1	49,3	40,4	45,5	68,5	96,1	83,7	89,2	69,2	50,9	56,0	47,2	754,1
1961-1990	60,9	54,7	56,6	61,0	85,0	93,6	80,4	89,9	54,9	51,7	66,8	65,1	819,4
Mittel	50,3	43,9	48,7	58,8	77,4	96,1	90,7	83,6	69,5	62,4	56,9	54,5	792,6
Maximum	60,9	54,7	56,9	79,0	96,1	126,7	115,4	91,7	94,2	89,0	66,8	65,1	953,1
Minimum	36,4	34,1	40,4	45,5	63,2	80,8	80,4	66,1	54,9	50,9	41,7	46,7	687,9
Amplitude	24,5	20,6	16,5	33,5	32,9	45,9	35,0	25,6	39,3	38,1	25,1	18,4	265,2
Sta.abw.	9,95	8,67	8,10	12,55	13,20	18,28	14,36	10,60	14,87	15,65	10,45	7,76	101,06

In den Sommer- und Herbstmonaten stellen sich die Verhältnisse anders dar. Sie sind zu meist durch einen Rückgang der Niederschläge gekennzeichnet, der sich zumindest in der jüngsten Periode niederschlägt. Im Juli und September wird dies besonders deutlich. In diesen Monaten weisen die Zeiträume 1871 - 1883, 1891 - 1900, 1901 - 1930 und 1931 - 1960 jeweils höhere mittlere Niederschlagsmengen auf als die Periode 1961 - 1990. Der stärkste Niederschlagsrückgang zwischen der ersten und jüngsten Periode fällt dabei mit 39,3 mm in den September. Bei den Jahresmitteln überwiegt jedoch zumindest während dieses Jahrhunderts eine deutliche Niederschlagszunahme, wie sie bereits aus Abb. 1 und Tab. 1 hervorging. Auf diese Weise nahmen die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen von 687,9 mm im Zeitraum von 1891 - 1900 bis zur jüngsten Periode um 131,5 mm zu und liegen an der Station Donaueschingen nun (1961 - 1990) bei 819,4 mm. Nur der Zeitraum 1871 - 1883 war mit einem Mittelwert von 953,1 mm noch deutlich niederschlagsreicher (vgl. Tab. 2).

4. Überregionaler Vergleich der Niederschlagsentwicklung

Die Klimastationen Donaueschingen, Villingen und Spaichingen zeigen insbesondere im langjährigen Mittel (10-jährige und vor allem 30-jährige Gauß'sche Tiefpassfilterung) insgesamt eine recht ähnliche Niederschlagsentwicklung. Durch die Analyse solcher Zeit-

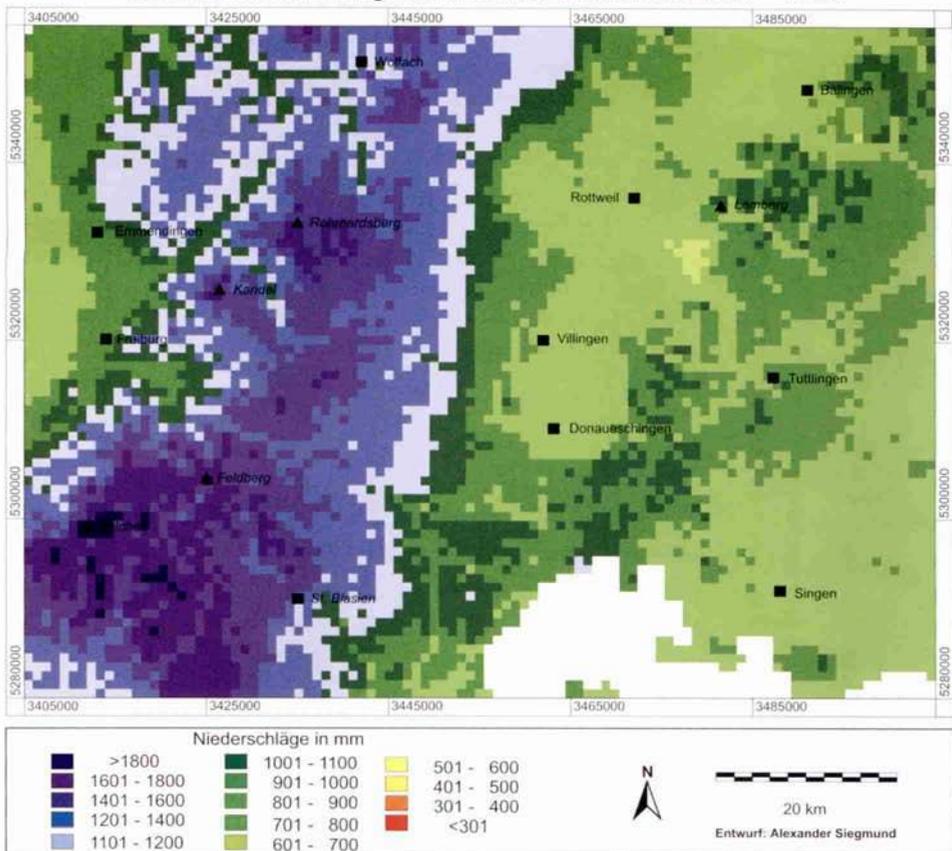
reihen lassen sich letztlich jedoch nur die spezifischen klimageschichtlichen Gegebenheiten einzelner Orte miteinander vergleichen, von denen entsprechende Daten zur Verfügung stehen. Flächendeckende, überregionale räumliche Unterschiede gehen daraus nicht unmittelbar hervor. Aus diesem Grund dient der Entwurf von Klimakarten für verschiedene Zeiträume einer genaueren Untersuchung der Variation des räumlichen Verteilungsmusters der Niederschläge. Entsprechende Karten wurden auf der Grundlage der durchschnittlichen Niederschlagsmengen für die beiden letzten klimatologischen Standardperioden 1931 - 1960 und 1961 - 1990 generiert. Die Karten basieren dabei auf einem mehr oder weniger flächendeckenden Stationsnetz, das in Deutschland zumindest seit den dreißiger Jahren eine ausreichende Dichte für die zum Entwurf der Karten notwendigen Berechnungen aufweist. Diese beruhen auf einer räumlich variablen, linearen Höhenregression (zur methodischen Vorgehensweise beim Entwurf der Klimakarten vgl. SIEGMUND 1999a, S. 200 und MÜLLER-WESTERMEIER 1995).

Die Abb. 4 - 6 zeigen das räumliche Verteilungsmuster der mittleren Niederschlagsmengen pro Jahr, im hydrologischen Winterhalbjahr (November - April) und im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai - Oktober) für die beiden Zeiträume 1931 - 1960 und 1961 - 1990. Die Karten erfassen einen Ausschnitt von 100 km in West-Ost- und 75 km in Nord-Süd-Richtung, in dessen Zentrum die Baar liegt. Die dargestellte Region reicht in etwa von Freiburg im Westen bis nach Meßkirch im Osten und von der Schweizer Grenze im Süden bis nach Balingen im Norden. Im äußersten Nordwesten wird die französische Grenze berührt, im Südosten fast Konstanz (vgl. SIEGMUND 1988, Abb. 4, S. 138).

Die Abb. 4a und Abb. 4b zeigen die räumliche Verteilung der jährlichen Niederschlagssummen im Mittel der Zeiträume 1931 - 1960 und 1961 - 1990. In beiden Perioden treten deutlich die hohen Niederschlagsmengen im Bereich des Südschwarzwalds in Erscheinung, die in den Gipfellagen mehr als 1.800 mm pro Jahr betragen. Nach Westen und Osten nehmen die Niederschläge jeweils ab und zeichnen dabei gleichsam die Topographie des betreffenden Raumes nach. Sie erreichen in der oberrheinischen Tiefebene zumeist etwa 800 - 1.000 mm. Im Lee des Schwarzwaldhauptkamms gehen die Niederschläge trotz größerer Höhenlage zum Teil noch weiter zurück als auf der Luvseite. Im Bereich der Baar erreichen sie zwischen 1961 und 1990 im Mittel nur etwa 700 - 1.000 mm, in einigen besonders geschützten Lagen, wie beispielsweise um Spaichingen, gehen sie sogar auf 600 - 700 mm zurück. Auch im Donautal und in Richtung Bodensee dominieren mittlere Niederschlagsmengen von 600 - 900 mm pro Jahr. Die Höhenlagen des Hegaus, der Süd- und Ostbaar und der sich anschließenden Schwäbischen Alb sind hingegen durch eine Zunahme der Niederschläge auf bis zu 1.200 mm (1961 - 1990) gekennzeichnet.

Ein genauerer Vergleich der beiden Perioden zeigt, dass der Zeitraum 1961 - 1990 im dargestellten Raum im Mittel höhere Niederschlagsmengen aufwies als 1931 - 1960. Der Südschwarzwald ist hiervon in besonderem Maße betroffen. Dort nimmt in den Gipfelregionen, wie etwa dem Feldberggebiet und rund um den Belchen, die Fläche mit Niederschlagsmengen über 1.800 mm pro Jahr (dunkelviolet) deutlich zu. Auch in tieferen Lagen des Südschwarzwalds ist eine entsprechende Zunahme der Niederschläge von teilweise über 200 mm pro Jahr zu verzeichnen. Der positive Niederschlagstrend macht sich auch im Lee des Schwarzwalds bemerkbar. So ist im Bereich der Baar ein, wenn auch nur leichter Zuwachs der Jahresniederschläge zu beobachten, der jedoch zumeist kaum mehr als 100 mm beträgt. Ähnliches gilt auch für die Schwäbische Alb. Dort tritt der Niederschlagszuwachs durch das Auftreten des hellblau gekennzeichneten Niederschlagsbereichs von 1.101 - 1.200 mm pro Jahr im Zeitraum 1961 - 1990 besonders in Erscheinung.

Mittlere Niederschlagssummen des Zeitraums 1931 - 1960



Mittlere Niederschlagssummen des Zeitraums 1961 - 1990

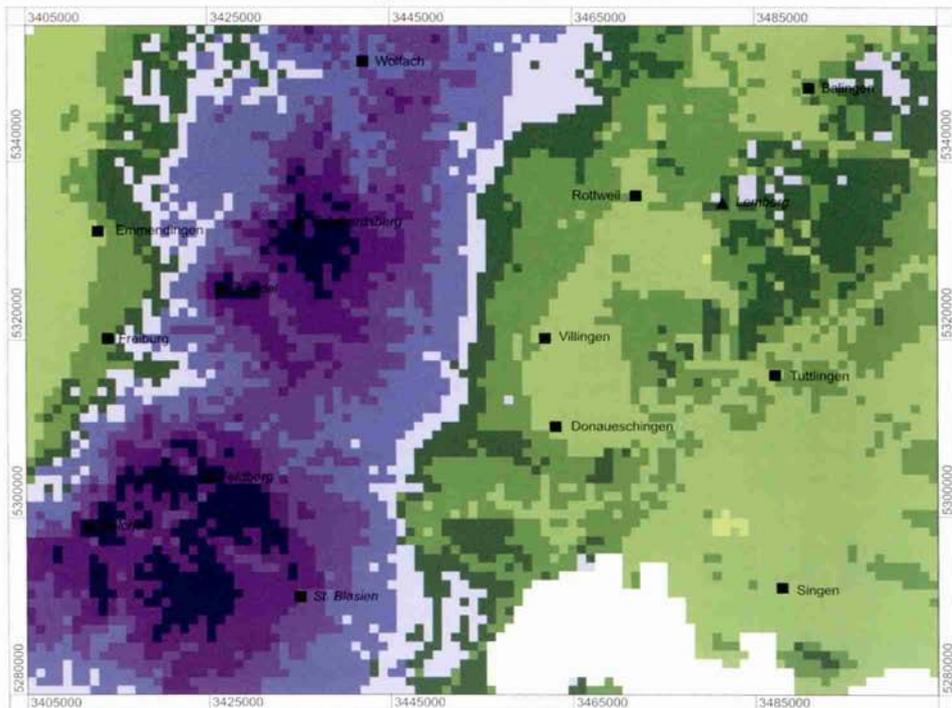


Abb. 4a (oben) und 4b

Einen gegenläufigen Trend zeigt der Oberrheingraben, der Hegau und das Bodenseegebiet. Dort ist zwischen den betrachteten Zeiträumen ein leichter Rückgang der Niederschläge zu verzeichnen. So tritt in der Periode 1961 - 1990 in der oberrheinischen Tiefebene im Gegensatz zum Zeitraum 1931 - 1960 vereinzelt der Niederschlagsbereich von 701 - 800 mm (hellgrün) in Erscheinung, zwischen Hegau und Bodensee sogar der Bereich von 601 - 700 mm (grün gelb). Der Niederschlagsrückgang beträgt jedoch kaum über 100 mm, in einigen Regionen ist sogar keine Veränderung auszumachen.

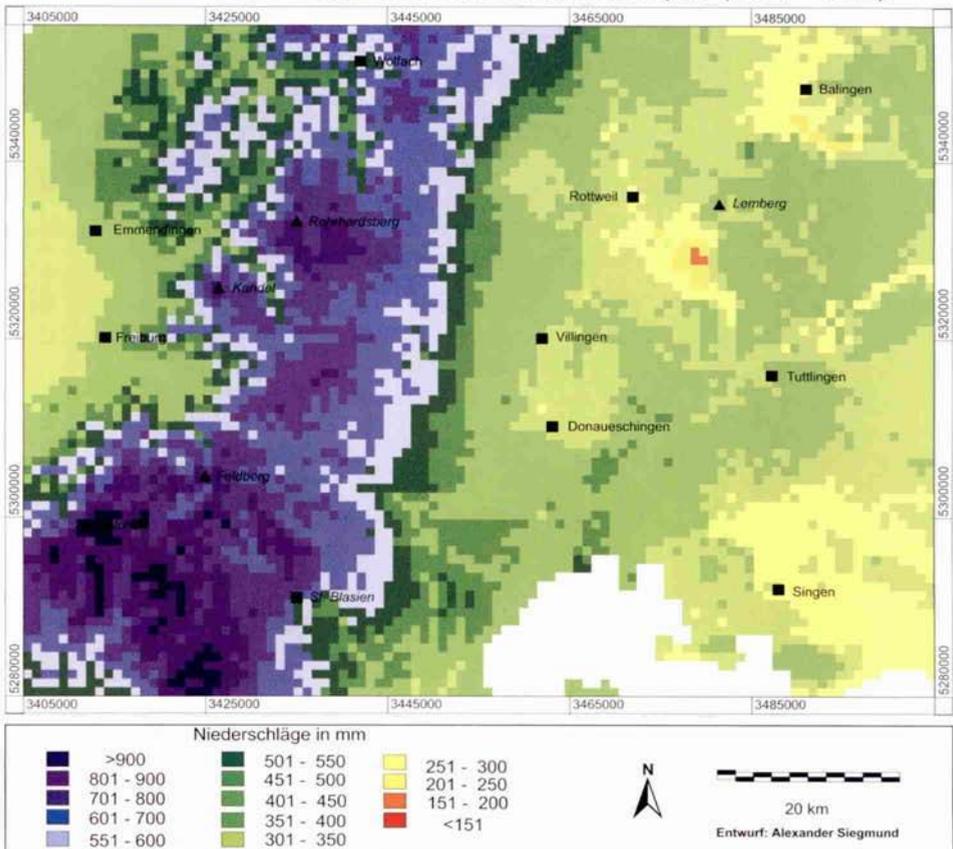
Die Abb. 5 und Abb. 6 geben die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge im hydrologischen Winter- (November - April) und Sommerhalbjahr (Mai - Oktober) wieder. Daraus geht deutlich hervor, dass die jährliche Niederschlagszunahme zwischen 1931 - 1960 und 1961 - 1990, die in weiten Teilen des Kartenausschnitts zu beobachten ist, vor allem auf einen entsprechenden Zuwachs in den Wintermonaten zurückzuführen ist. Die Abb. 5a und Abb. 5b zeigen im gesamten dargestellten Raum, von einigen Ausnahmen im Oberrheingebiet abgesehen, eine markante Zunahme der winterlichen Niederschläge, selbst in jenen Regionen, die im Jahresmittel eine leicht rückläufige Tendenz aufzeigen. Am deutlichsten fällt dabei der positive Niederschlagstrend in den Höhenlagen des Südschwarzwalds auf. Die Fläche mit über 900 mm Niederschlag von November bis April (dunkelviolett) nimmt dort zwischen den betrachteten Standardperioden erheblich zu. In einigen Teilen des Feldberg- und Rohrhardsberggebiets geht daraus eine Zunahme von über 200 mm zwischen den beiden Zeiträumen hervor.

Die Niederschlagszunahme macht sich aber auch westlich und östlich des Schwarzwaldhauptkamms bemerkbar. So ist im Bereich der Baar im Mittel ein Zuwachs von etwa 50 mm, teilweise aber auch über 100 mm zu beobachten. Zwischen 1961 und 1990 liegt dort die Höhe der winterlichen Niederschläge dadurch im Durchschnitt zwischen 300 und 550 mm, in dem besonders trockenen Gebiet um Spaichingen sogar nur bei 200 - 300 mm. Ähnliche Zuwachsraten wie auf der Baar sind mit etwa 50 - 100 mm auch auf der Schwäbischen Alb, im Hegau und im Bodenseeraum zu verzeichnen. Lediglich im äußersten Nordwesten des Kartenausschnitts lässt sich in den tieferen Lagen des Oberrheingrabens eine leicht rückläufige winterliche Niederschlagstendenz erkennen.

Wie die Abb. 6a und Abb. 6b verdeutlichen, stellt sich die Niederschlagsentwicklung im hydrologischen Sommerhalbjahr differenzierter dar. Wiederum weisen die Höhenlagen des Südschwarzwalds die stärksten Zuwachsraten auf, die sich zwischen dem Mittel der Zeiträume 1931 - 1960 und 1961 - 1990 auf maximal 100 mm belaufen. Das Gebiet um den Rohrhardsberg und den Kandel ist davon weit mehr betroffen als das Feldbergmassiv, wo sich zum Teil nur sehr geringfügige Veränderungen ausmachen lassen. In Richtung Hotzenwald ist sogar eine leicht rückläufige Niederschlagstendenz zu beobachten. Mit abnehmender Höhe wird die Niederschlagszunahme geringer. Nach Westen drehen sich die Verhältnisse unterhalb einer sommerlichen Niederschlagsmenge von etwa 600 - 700 mm um - die Niederschläge nehmen zwischen den beiden betrachteten Perioden ab, im Bereich der oberrheinischen Tiefebene um bis zu 100 mm.

Auf der Leeseite zeigen sich ähnliche Tendenzen. Auch dort kehrt sich die Zunahme der Niederschläge in den Höhenlagen des Schwarzwalds allmählich in einen Rückgang um. Im Bereich der Baar erreicht dieser einen Wert von bis zu 50 mm. Mitunter sind die Veränderungen jedoch zu gering, als dass sie sich in den Karten durch unterschiedliche Skalenbereiche abzeichnen würden. Insgesamt betragen die sommerlichen Niederschläge im Mittel der Jahre 1961 - 1990 auf der Baar zwischen 400 und 550 mm, vereinzelt sogar bis zu 600 mm. Auch weite Teile der Schwäbischen Alb, des Hegaus und des Bodenseeraumes

Mittlere Niederschlagshöhen hydrol. Winterhalbjahr (1931 - 1960)



Mittlere Niederschlagshöhen hydrol. Winterhalbjahr (1961 - 1990)

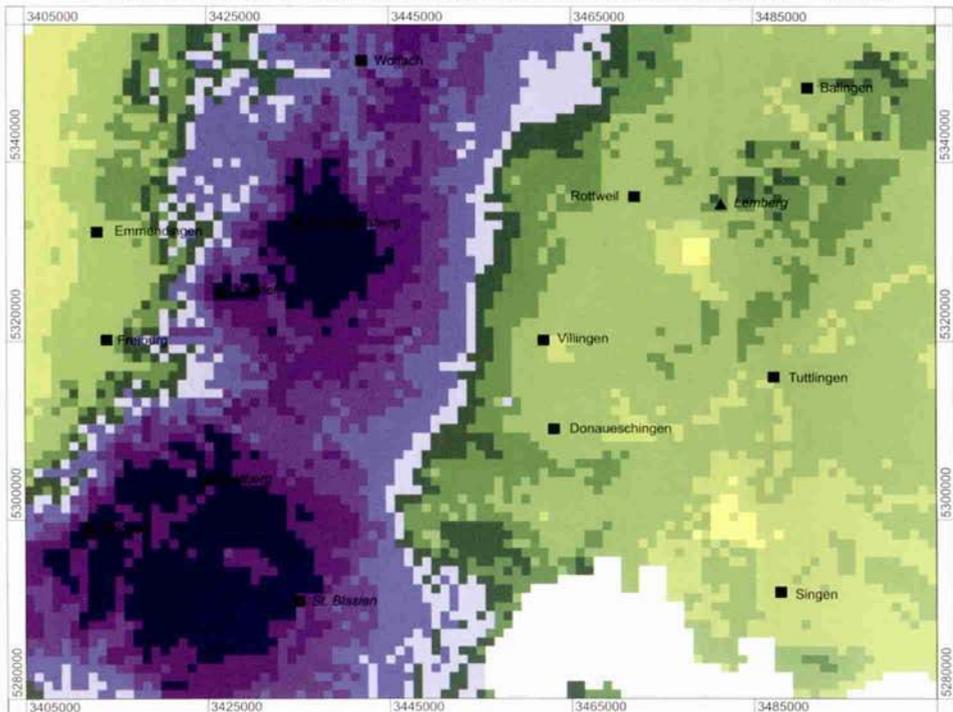


Abb. 5a (oben) und Abb. 5b

verzeichnen zwischen den beiden Standardperioden Niederschlagsrückgänge von bis zu 100 mm. Auf der Hegaualb tritt die rückläufige Niederschlagstendenz zwischen 1931 - 1960 und 1961 - 1990 durch eine deutliche Abnahme des hellblau gekennzeichneten Niederschlagsbereichs von 551 - 600 mm zugunsten der beiden grünen Skaleneinheiten (451 - 500 mm bzw. 501 - 550 mm) besonders in Erscheinung.

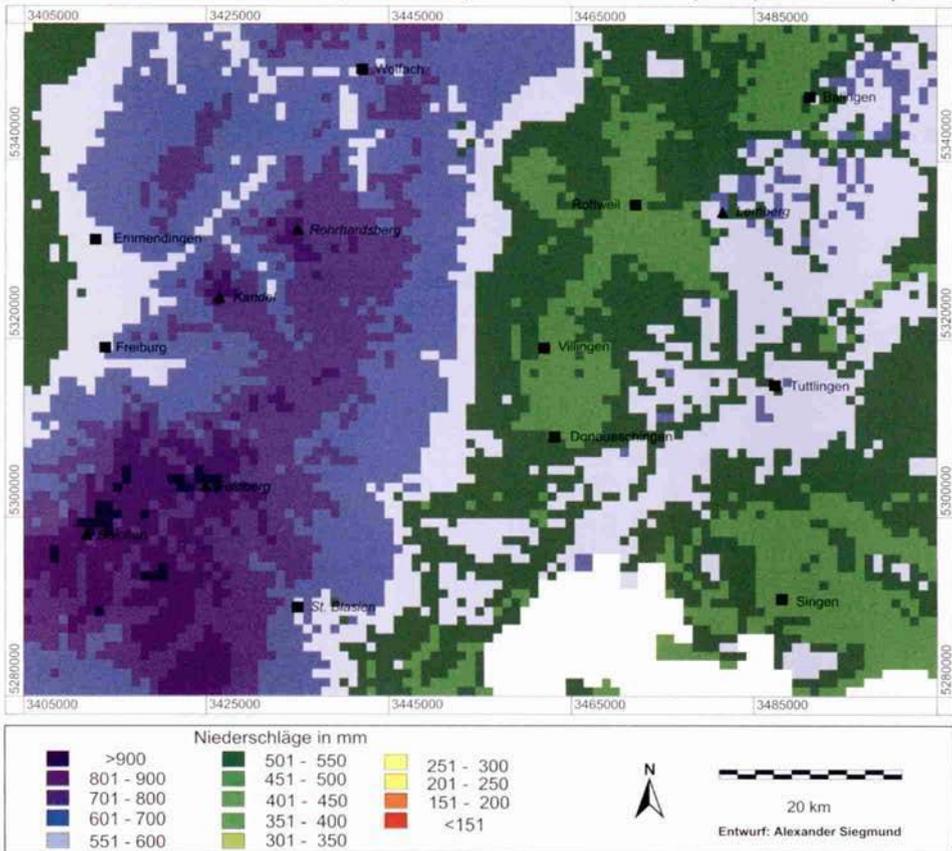
Ein Vergleich der Abb. 5 und Abb. 6 macht räumliche Unterschiede der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge und damit deren Genese deutlich. So fällt das jahreszeitliche Niederschlagsmaximum im Südschwarzwald insbesondere in der Periode von 1961 - 1990 in das Winterhalbjahr, wo im Umfeld des Feldberg- und Belchenmassivs verbreitet Werte von über 900 mm auftreten. Im Sommer sind dort die Niederschlagsmengen wesentlich geringer - mehr als 900 mm werden nur noch sehr vereinzelt erzielt. Sowohl im Oberrheingraben als auch auf der Leeseite des Schwarzwalds stellen sich die Verhältnisse genau umgekehrt dar. Hier dominiert bei weitem der sommerliche Niederschlag. Auf der Baar fallen im Sommer stellenweise bis zu mehr als 150 mm höhere Niederschläge als im Winter, wie etwa in der Region um Spaichingen.

In dieser jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung spiegelt sich der unterschiedliche Grad der hygrischen Kontinentalität wider. Die Höhenlagen des Schwarzwalds erhalten ihre Niederschläge vor allem infolge von Stauwirkungen der vorwiegenden geostrophischen West- bis Südwestwinde. Diese sind im Zusammenhang mit einer stärkeren Dynamik in der Atmosphäre durch größere Energiegegensätze zwischen Äquator und Pol im Winterhalbjahr stärker als im Sommer. Mit den in diese Westwinddrift eingelagerten Tiefdruckwirbeln geht ein hohes Feuchtigkeitspotential einher. Die dabei zumeist vorherrschenden advektiven Niederschläge erreichen die tiefer gelegenen Regionen im Osten des Schwarzwaldhauptkamms infolge von Loeffekten nur in abgeschwächter Form - die winterlichen Niederschlagssummen sind entsprechend geringer. Dort treten jedoch in den Sommermonaten verstärkt konvektive Prozesse in Erscheinung, die eine Bewölkungszunahme und lokale Schauerniederschläge bewirken, mit denen zum Teil heftige Gewitter einhergehen. Diese führen im langjährigen Mittel - in einzelnen Jahren können sich die Verhältnisse durch die zellen- und bänderartige Struktur der konvektiven Niederschläge zum Teil sehr unterschiedlich darstellen - zu einer Dominanz der sommerlichen Niederschläge in diesen Regionen, wie etwa der Baar.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist auf der Baar seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts nicht nur ein Temperaturanstieg zu verzeichnen (vgl. SIEGMUND 1998), sondern auch eine markante Zunahme der Niederschlagsmengen. Im Jahresmittel beträgt der Zuwachs etwa 130 mm im Süden der Baar (Donaueschingen) bis ca. 200 mm im Norden (Villingen). Bei einer genaueren jahreszeitlichen Analyse der Niederschlagsveränderungen an der Station Donaueschingen hat sich gezeigt, dass die Zunahme in erster Linie auf einen deutlichen Anstieg der Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr zurückzuführen ist. In der Mehrzahl der Sommermonate sind die Zuwächse, wenn solche überhaupt auftreten, relativ gering. In einigen Monaten des Sommerhalbjahrs ist in den vergangenen 100 Jahren sogar eine leicht rückläufige Niederschlagstendenz zu beobachten. Dennoch sind die linearen Trends an den drei untersuchten Stationen weder bei den Jahressummen noch in den einzelnen Monaten statistisch hinreichend abgesichert. Die Befunde der Zeitreihenanalysen fügen sich dabei recht gut in die Untersuchungsergebnisse der überregionalen Niederschlagsentwicklung in Südwestdeutschland ein. Auch dort ist bei einem Vergleich der Durchschnittswerte der beiden Standardperioden 1931 - 1960 und 1961 - 1990 in der

Mittlere Niederschlagshöhen hydrol. Sommerhalbjahr (1931-1960)



Mittlere Niederschlagshöhen hydrol. Sommerhalbjahr (1961 - 1990)

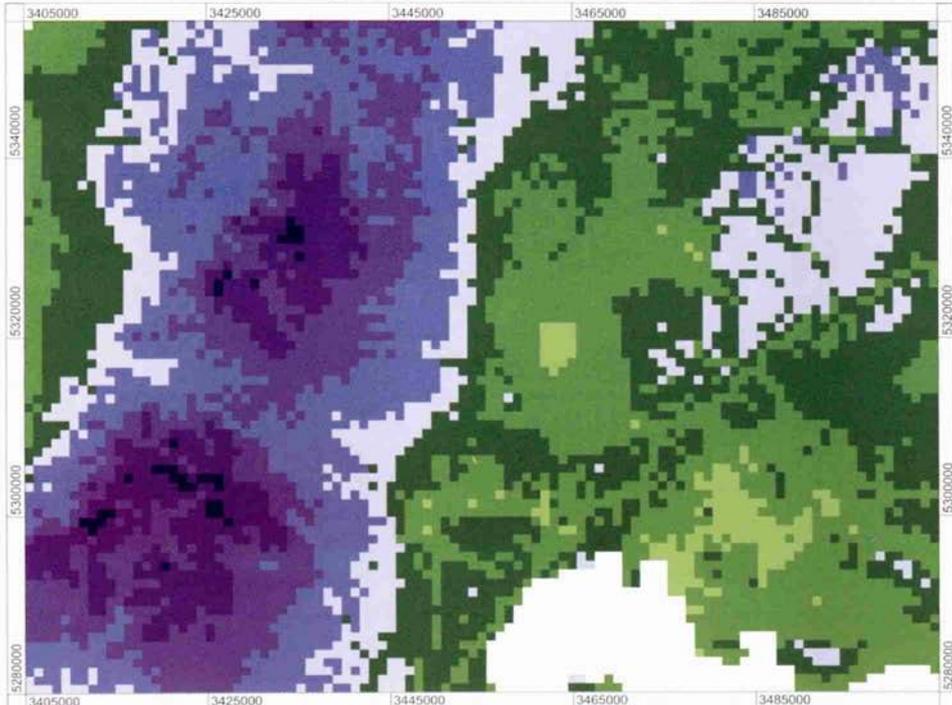


Abb. 6a (oben) und Abb. 6b

Mehrzahl der Regionen eine Niederschlagszunahme zu verzeichnen, die sich vor allem auf das Winterhalbjahr konzentriert. In den höheren Bereichen des Schwarzwaldes sind die Zuwächse dabei wesentlich höher als in den tieferen Lagen östlich und westlich davon.

Trotz ihrer klimatischen Sonderstellung, die sie von ihren Nachbarregionen deutlich abheben (vgl. SIEGMUND 1999a), stellen sich die auf der Baar zu beobachtenden Niederschlagsveränderungen innerhalb der vergangenen 100 Jahre weitgehend analog zu weiten Teilen Mitteleuropas dar. So ist auch bei einer möglichen weiteren Verstärkung des anthropogenen Treibhauseffekts - zumindest im langjährigen Mittel - mit einem anhaltenden Anstieg der Niederschlagsmengen zu rechnen. Der Zuwachs wird sich dabei insbesondere auf die Wintermonate konzentrieren. Ursache hierfür ist eine stärkere Westwindzirkulation und damit eine größere Zahl dynamischer Tiefdruckwirbel, mit denen ein höheres Feuchtigkeitspotential einhergeht. Da dieser Effekt durch den größeren Energiegegensatz zwischen Äquator und Pol im Winter besonders stark ausgeprägt ist, sind gerade in dieser Jahreszeit deutliche Niederschlagszunahmen zu erwarten. Dabei laufen diese Prozesse nicht linear im Sinne eines kontinuierlichen Anstiegs der Niederschläge ab. Vielmehr geht mit der zu erwartenden Meridionalisierung der Wetterlagen ein häufiger Wechsel besonders trockener und sehr feuchter Witterungsphasen einher (vgl. FRANKENBERG & SIEGMUND 1997, S. 35 ff.). Damit steigt auf der Baar durch die Häufung außergewöhnlicher Starkregenerereignisse - zumeist zusätzlich verstärkt durch entsprechende Tauwetterphasen - nicht zuletzt die Hochwassergefahr in den Wintermonaten an. Aber auch im Sommer können, neben ausgeprägten Trockenphasen, häufiger auftretende Feuchtperioden und Überschwemmungen die Folge sein.

Schriftum

- BAHRENBERG, G., GIESE, E., NIPPER, J. (1990): Statistische Methoden in der Geographie, Bd. 1, univariate und bivariate Statistik, Stuttgart.
- BAHRENBERG, G., GIESE, E., NIPPER, J. (1992): Statistische Methoden in der Geographie, Bd. 2, multivariate Statistik, Stuttgart.
- FRANKENBERG, P., KAPPAS, M. (1991): Temperatur- und Wetterlagentrends in Westdeutschland, Mannheimer Geographische Arbeiten, H. 30, Mannheim.
- FRANKENBERG, P., SIEGMUND, A. (1997): Gedanken zum irdischen Klimawandel - der anthropogene Treibhauseffekt und seine möglichen Folgen. In: Geoökodynamik, Bd. 18, H. 1, S. 17 - 39.
- HOPFGARTNER, A. (1872): Resultate der meteorologischen Beobachtungen, angestellt im Kalenderjahr 1871 zu Donaueschingen. In: Schriften der Baar, 2, Donaueschingen, S. 185 - 194.
- (1885): Dreizehnjährige meteorologische Beobachtungen für Donaueschingen. In: Schriften der Baar, 5, Donaueschingen, S. 1 - 15.
- HOUGHTON, J., J., MEIRO FILHO, L., G., CALLANDER, B., A., HARRIS, N., KATTENBERG, A., MASKELL, K. (Hrsg.) (1996): Climate Change 1995. The science of climate change, contribution of WGI to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1995): Numerisches Verfahren zu Erstellung klimatologischer Karten, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 193, Offenbach a. M.
- REICHEL, G. (1995): Die Baar 1945 bis 1995. Landschaftswandel im ländlichen Raum, Villingen-Schwenningen.
- V. RUDLOFF, H. (1967): Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem Beginn der regelmäßigen Instrumenten-Beobachtungen (1670), Braunschweig.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (1992): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, Berlin, Stuttgart.
- (1995): Klimaänderungen, Berlin, Heidelberg, New York.
- SIEGMUND, A. (1998): Die Temperaturentwicklung auf der Baar seit Beginn kontinuierlicher

- Klimaufzeichnungen. In: Schriften der Baar, Bd. 41, Donaueschingen, S. 126 - 145.
- (1999a): Das Klima der Baar - Regionalklimatische Untersuchungen einer Hochmulde zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb, Mannheimer Geographische Arbeiten, H. 51, Mannheim.
 - (1999b): Regionalklimatische Kennzeichen der Baar - eine aktuelle Bestandaufnahme. In: Alemannisches Institut Freiburg (Hrsg.): Jahrbuch des Alemannischen Instituts Freiburg, S. 227 - 267.

Anschrift des Verfassers: Dr. rer. nat. Alexander Siegmund, dienstlich: Universität Mannheim, Geographisches Institut, Lehrstuhl für Physische Geographie und Länderkunde, Postfach 103 462, 68131 Mannheim, e-mail: siegmund@rumms.uni-mannheim.de, privat: Zähringer Str. 31, 78183 Hüfingen-Fürstenberg