Mitt. POLLICHIA	82	81 – 99	12 Abb.	1 Tab.	Bad Dürkheim 1995
					ISSN 0341-9665

Hans-Joachim FUCHS & Martin WERNER

Zeitliche Niederschlagsvariationen in Stetten/Pfalz und ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt

Kurzfassung

FUCHS, H.-J. & WERNER, M. (1995): Zeitliche Niederschlagsvariationen in Stetten/Pfalz und ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt. - Mitt POLLICHIA, **82:** 81 – 99, Bad Dürkheim.

Die 38-jährige lückenlose Datenreihe von Tageswerten der Niederschlagsstation in der nordpfälzischen Gemeinde Stetten wurde statistisch ausgewertet. Ziel der Untersuchung ist die Darstellung der aufgetretenen zeitlichen Variationen der Niederschläge sowie deren Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Die jahreszeitliche Verteilung zeigt ein deutliches Sommermaximum, was durch die verstärkte Gewitteraktivität, verbunden mit Starkregenereignissen, verursacht wird. Aber auch die längsten Trockenperioden treten gehäuft im Spätsommer und Herbst auf. Während des Beobachtungszeitraumes von 1957-1994 konnten erhebliche inter-annuelle Schwankungen festgestellt werden. Sehr markant treten jahreszeitliche Änderungen in Erscheinung. Die Winterniederschläge in Stetten nehmen stark ab (bis zu 25 %), verbunden mit einer wesentlichen Verschlechterung der Grundwassersituation. Das Frühjahr wird verregneter, was durch den Anstieg der Anzahl der Regentage dokumentiert wird. Bei den Mai-, Juni- und Augustniederschlägen kommt es zu einer starken Abnahme der Monatsmittel. Dies führt zu einem Feuchtedefizit für zahlreiche Kulturpflanzen. Die Niederschläge im September und Oktober nehmen dagegen wieder zu, was insbesondere für den Weinanbau problematisch ist. Es zeigt sich eindrucksvoll, daß das Klima eines Ortes keineswegs stabil ist, sondern ständigen und vielschichtigen Änderungen unterworfen ist.

Abstract

FUCHS, H. J. & WERNER, M. (1995): Zeitliche Niederschlagsvariationen in Stetten/Pfalz und ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt.

[Temporal precipitation variations in Stetten/Palatinate and their effects on the natural budget]. – Mitt. POLLICHIA, **82:** 81 – 99, Bad Dürkheim.

A 38-year uninterrupted series of daily precipitation data from Stetten, a village in the northern part of the Palatinate, has been analyzed. The aim of this study is the presentation of the precipitation pattern and the occurred variations over time and their possible impacts on the environment. The

annual distribution of precipitation in Stetten shows a marked summer maximum, which thundershowers have caused. However, the longest dry spells mainly occur also during late summer and autumn. Large inter-annual variations characterize the observation period from 1957-1994. Marked seasonal changes regarding the precipitation quantity and intensity were discovered. Precipitation during the winter months decreases considerably, amounting to 25 %, which will have a disadvantageous impact on the ground water situation. The springs are characterized by an increasing number of rainy days. Monthly precipitation in May, June and August sharply decreases, creating a moisture deficit for the cultivated crops. In September and October precipitation increases and causes disadvantageous conditions for the wine-growing. The investigation clearly shows that the climate of a location is not stable, but rather subjected to permanent and complex changes.

Résumé

FUCHS, H.-J. & WERNER, M. (1995): Zeitliche Niederschlagsvariationen in Stetten/Pfalz und ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt

[Les variations temporelles des précipitations à Stetten/Palatinat et leur effets sur le budget naturel] – Mitt. POLLICHIA, **82:** 81 – 99, Bad Dürkheim

On a évalué la statistique complète des taux journaliers de 38 dernières années lesquels ont été mesurés par la station météorologique dans la commune de Stetten, située dans le Palatinat septentrionnal. L'objectif de l'analyse réside dans la présentation des variations temporelles des précipitations et de leurs effets sur l'équilibre naturel. La répartition annuelle des précipitation indique un maximum net en été qui est dû aux orages fréquents ainsi qu'aux averses pendant cette saison. Quant aux périodes de sécheresse les plus longues, elles apparaissent également avec une fréquence élevée à la fin de l'été et en automne. Pendant la période d'observation de 1957 à 1994, on a pu constater des variations inter-annuelles considérables. Des variations annuelles se manifestent d'une façon apparente. Les précipitations hivernales à Stetten diminuent fortement (jusqu'à 25 %) ce qui attestent l'augmentation des jours de pluie. On peut constater une forte diminution des précipitations moyennes aux mois de mai, de juin et d'août. Ce développement provoque un déficit d'humidité pour de nombreuses plantes cultivées. Les précipitations en septembre et en octobre, par contre, recommencent à augmenter ce qui pose des problèmes en particulier pour la viticulture. Il en résulte d'une façon impressionnante que le climat d'un endroit n'est pas du tout stable, mais qu'il est, au contraire, soumis à des variations permanentes et complexes.

1. Einleitung 83
2. Geographischer Überblick 84
   2.1. Geologie und Geomorphologie 84
   2.2. Klima 85
3. Jahresgang des Niederschlags 85
4. Starkregenereignisse 87
5. Trockenperioden 89
6. Interannuelle Variationen des Niederschlags 90
7. Jahreszeitliche Änderungen 92
8. Monatliche Änderungen 92
9. Zusammenfassung und Danksagung 97
10. Literatur 99

1. Einleitung

Die nordpfälzische Gemeinde Stetten liegt großräumig am südwestlichen Rand des Rheinhessischen Tafel-und Hügellandes und kleinräumig in einer südlich exponierten Hangmulde, welche durch Lösungs- und Abtragungsvorgänge der zahlreichen Quellaustritte hervorgegangen ist (Abb. 1). Die vorherrschend aus Westen kommenden feuchten, atlantischen Luftmassen verlieren beim Überqueren der Mittelgebirgslandschaften des Rheinischen Schiefergebirges, des Saar-Nahe-Berglandes und des Nordpfälzer Berglandes mit seinem markanten 'Eckpfeiler' Donnersberg (687 m ü.NN: höchste Erhebung der Pfalz), einen beträchtlichen Teil ihrer Feuchtigkeit.

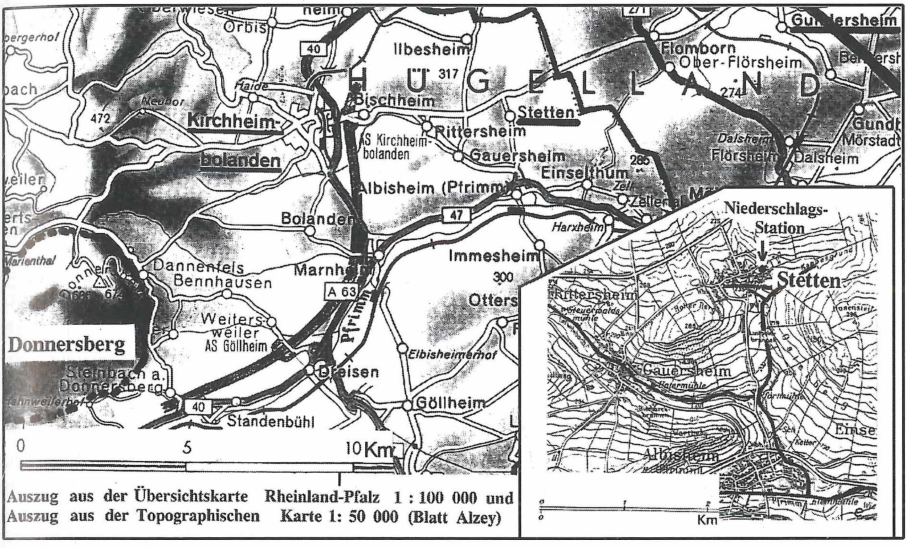


Abb. 1: Übersichtskarte

Die ausgesprochene groß- wie auch kleinräumige Leelage des Ortgebietes von Stetten bedingt eine mittlere Jahresniederschlagsmenge von nur 545 mm, wogegen die westlich davon gelegenen Bergregionen zwischen 800 und 1.100 mm verzeichnen. Im bundesweiten Vergleich kann Stetten aufgrund dieser geringen Jahresmenge zu den regenärmsten Regionen Deutschlands gezählt werden.

Die im nordöstlichen Teil des Landkreises Donnersberg gelegene Gemeinde Stetten hat seit 1957 eine vom Deutschen Wetterdienst installierte Niederschlagsmeßstation. Sie befindet sich in 245 m ü.NN am nördlichen Ortsrand und wird derzeit von Jakob Angermayer betreut. Eine lückenlose Datenreihe von Tageswerten des Niederschlags über einen Beobachtungszeitraum von 38 Jahren stellt eine wissenschaftliche Rarität dar. Um gesicherte Aussagen über die klimatische Ausstattung eines Ortes machen zu können, ist mindestens eine Datenreihe über eine sog. 30-jährige Standardperiode nötig, was im Falle der Station Stetten mehr als erfüllt ist. Es können daher fundierte Aussagen über die monatliche und saisonale Niederschlagsverteilung gemacht und in Form einer Jahresgangdarstellung präsentiert werden. Daneben ermöglicht die ebenfalls registrierte Anzahl von Regentagen eine Auswertung über das zeitliche Auftreten und die Länge der Trockenperioden. Aus den gemessenen Niederschlagsmengen und aus der Anzahl der Regentage wird eine Analyse der Niederschlagsintensitäten durchgeführt, um insbesondere die zu bestimmten Jahreszeiten vorkommenden Starkregen genauer zu untersuchen.

Eine statistische Auswertung von Langzeitdatenreihen gewinnt eine hohe Aussagekraft, die auch vor dem Hintergrund der viel diskutierten Klimaveränderungen einige Ergebnisse liefern kann. Die Analyse der inter-annuellen Niederschlagsvariationen und -veränderungen werden auch auf Monatsbasis durchgeführt, um damit genauere Aufschlüsse über mögliche Änderungen zu gewinnen. Die Studie basiert auf der Datengrundlage von ca. 28.000 Einzelwerten, die in ein Datenbanksystem eingegeben und statistisch ausgewertet wurden. Die Ergebnisse und Erkenntnisse der Untersuchung liefern sehr nützliche und wertvolle Hinweise für die Landwirtschaft in der Gemarkung Stetten, sowie deren Umgebung und können auch als Entscheidungshilfen für neue Handlungsstrategien herangezogen werden. Die vorliegende Studie ist der Beitrag der Pollichia Kreisgruppe Donnersberg (1. Vorsitzender: Ernst Will) zum europäischen Natuschutzjahr 1995, welches unter dem Motto: „Naturschutz außerhalb von Naturschutzgebieten" steht.

2. Geographischer Überblick

2.1. Geologie und Geomorphologie

Das Gemarkungsgebiet der nordpfälzischen Gemeinde Stetten liegt geomorphologisch am äußersten südwestlichen Rand des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes, welches geologisch zum Mainzer Bruchfeld gehört. Am Aufbau der Landschaft sind in der Hauptsache zwei tertiäre Sedimentationszyklen veranwortlich. Den unteren Sockel bilden oligozäne, marine Sedimente (Rupeltone, Schleichsande) sowie brackische Cyrenenmergel (*Cyrena convexa* als Muschel- Leitfossil) bis hin zu limnischen Süßwasserschichten. Nach einer kurzzeitigen Festlandsperiode folgte im beginnenden Miozän (vor ca. 26 Mio. Jahren) ein zweiter Sedimentationzyklus, der den oberen Sockel aufbaut. Es sind dies die, im Gegensatz zu den weichen Schichten des Oligozäns, geomorphologisch härteren, aus Kalkstein und sandigen Kalken aufgebauten Cerithienschichten (mit *Cerithium* als Leitfossil) sowie die *Corbicula*-Schichten (*Hydrobia inflata*-Schnecke als Leitfossil), welche die oberste kalkige Festgesteinsabdachung des Plateaubereiches bilden (LESER 1969, UHLIG 1962).

Zu Beginn des Pliozäns (vor ca. 7 Mio. Jahren) bestand die ganze Region aus horizontal geschichteten Sedimenten und war durch die flachen, weiten Flußtäler des Ur-Rheins, der Selz und der Pfrimm flachwellig reliefiert. Am Anfang des Pleistozäns im Quartär (vor ca. 2 Mio. Jahren), kam es zu einer Hebung des Kalksteintafellandes, wobei dieses in mehrere staffelartige Schollen zerbrach. Durch die neu entstandene Reliefenergie begannen sich die Flüsse in die harten Schichten einzuschneiden, durchschnitten sie vielerorts und konnten sich dann sehr tief in die darunterliegenden, weichen oligozänen Schichten einschneiden (ROTHAUSEN & SONNE 1984).

Am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes gelang dies dem Leiselsbach, welcher dabei von der Plateaukante zu seinem heutigen Bachlauf eine mächtige, nach Süden exponierte Hangzone hinterließ: den sog. Gauersheimer Berg (auch Hoher Berg genannt). Der Leiselsbach mündet im benachbarten Albisheim in die Pfrimm, welche ebenfalls große Ausraumzonen schuf (z.B. das Zellertal). Während des Pleistozäns (mehrmaliger Wechsel von Kalt- und Warmzeiten) kam es zu Materialverlagerungen an den Hängen, und aus den kalt-(eis)-zeitlich trockengefallenen Schotterterrassen der Flüsse kam es zur Ausblasung von feinkörnigem, kalkhaltigem Staub, der nach erfolgter Windverfrachtung an den Nord- und Osthängen sowie auf den flachen Plateaubereichen abgelagert wurde. Auf diesem Löß konnten sich sehr fruchtbare Böden entwickeln, welche sich durch ihre hohe Basensättigung, günstige Humusform und stabiles Gefüge, sowie durch hohe Wasser- und Nährstoffkapazität auszeichnen (SPUHLER 1957). Dies ist auch der Grund für die agrarisch intensiv genutzte Kulturlandschaft im Untersuchungsraum.

In den Hangbereichen kommt es an der Grenze zu den wasserundurchlässigen oligozänen Mergelschichten zur Quellbildung. Das Niederschlagswasser kann sehr schnell durch die darüberliegenden hohlraumreichen, miozänen Kalkschichten durchsickern. Dieser sog. Quellhorizont in der vom Leiselsbach gebildeten und südlich exponierten Hangzone, wuchs durch die Lösungs- und Abtragungskraft des Quellwassers zu einer größeren Quellmulde (Hangmulde, Hangdelle) an.

Die Besiedlung von Stetten im 9. Jahrhundert dürfte sich an dieser windgeschützen Hangmulde mit ganzjährig wasserführenden Quellen orientiert haben und mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Gründung des Ortes Stetten an dieser Stelle geführt haben. Es gibt noch heute im Ortsbereich von Stetten mehrere Wasseraustrittsstellen, die in Fließbrunnen aus Gußeisen oder Sandstein gefaßt sind und die als nicht näher bezeichnete Rinnsale in den Felsbrunnen-Bach (auch Kleppermühl- Bach genannt) münden, der das gesamte Stettener Quellwasser zum Leiselsbach hin entwässert.

2.2. Klima

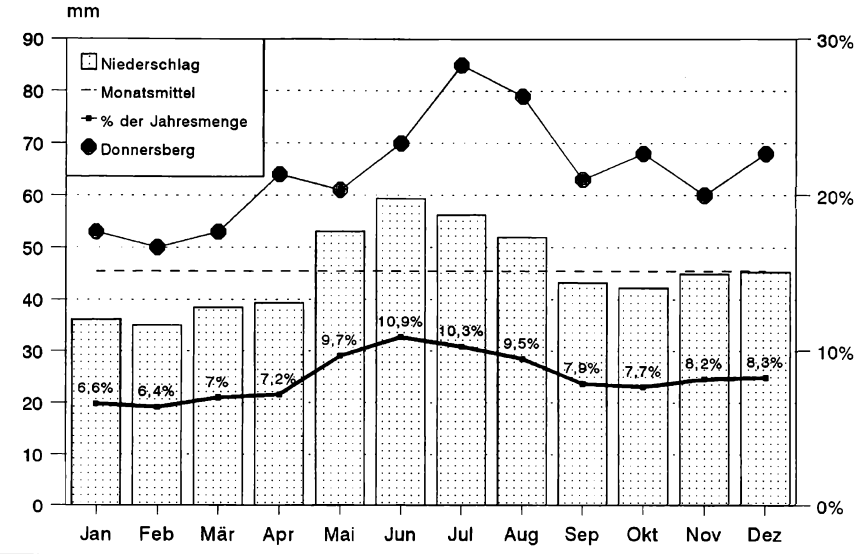
Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der Westwindzone der mittleren Breiten (Planetarische Frontalzone). Das Klima im Bereich des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes kann als ein „wintermildes, sommerwarmes, an Niederschlägen armes Tal- und Beckenklima" bezeichnet werden (LESER, 1969: 42). Es gibt für Stetten keinerlei Temperaturmessungen. Die etwa 10 km entfernte Klimastation in Alzey (199 m ü.NN) verzeichnet eine Jahresmitteltemperatur von 9,0° C (Januar: 0,4° C und Juli 17,7° C). Die Temperaturen werden aber durch die kleinräumige Lage modifiziert. Die höheren Lagen der Plateauflächen mit wenig rauher Oberfläche sind im Sommer relativ um ca. 1-1,5° C kühler als die Talzonen. Die Plateaus sind aber während der Wintermonate größtenteils wärmer, da es in den Ausraumzonen sehr häufig zu Kaltluftseebildungen kommt (KLUG 1959, LESER 1969).

Die regenbringenden atlantischen, meist aus westlichen Richtungen kommenden Luftmassen verlieren bereits beim Überqueren der Ardennen, Eifel, Hunsrück, Saar-Nahe-Bergland und Nordpfälzer Bergland mit seinem markanten 'Eckpfeiler' Donnersberg als höchste Erhebung der Pfalz (687 m ü.NN) einen beträchtlichen Teil ihrer Feuchtigkeit. Nach Überqueren des quer zu der Hauptwindrichtung liegenden Donnersberges erfolgt beim Absinken der Luftmassen eine trockenadiabatische Erwärmung, was für die sich östlich des Bergmassivs anschließenden Regionen eine Niederschlagsarmut bedeutet. Stetten liegt ca. 12 km Luftlinie östlich des Donnersberges. Die in 2.1 beschriebene windgeschützte Lage von Stetten in einer nach Süden geöffneten Hangmulde könnte auf der einen Seite zu einer Abschwächung der Extremtemperaturen führen, aber auf der anderen Seite eine Verstärkung der Leewirkung bedingen. Weiter in östliche Richtung, im sich trichterförmig öffnenden Regenschatten des Donnersberges, kommt es zu einer Intensivierung des Lee-Effektes, was bei der 20 km vom Donnersberg entfernten Niederschlagsstation im rheinhessischen Gundersheim (Leiter: Martin Werner) zu einer weiteren Reduzierung der Jahresmenge bis unter die 500 mm-Marke führt.

Die geringen Niederschlagsmengen im Untersuchungsgebiet verursachen häufig Probleme für die Landwirtschaft. Dazu kommt noch, daß das Niederschlagswassser sehr schnell im oberen klüftigen Kalksteinsockel versickert und somit für den Großteil der Pflanzen nicht mehr verfügbar ist, wodurch es sehr rasch zu Trockenheitsschädigungen kommen kann.

3. Jahresgang des Niederschlags

Der Jahresgang des Niederschlags verdeutlicht, daß lediglich die Sommermonate, von Mai bis August, Monatssummen erreichen, die über dem errechneten Monatsmittel von 45,4 mm liegen, wobei rund 40 % der Jahresniederschlagsmenge (545 mm) registriert werden (Abb. 2).



Niederschlag	36,1	35	38,4	39,3	53	59,3	56,2	51,9	43,2	42,2	44,9	45,3
Donnersberg	53	50	53	64	61	70	85	79	63	68	60	68

Beobachtungszeitraum: 1957-1994
Monatsmittel: 45,4 mm

Abb. 2: Jahresgang des Niederschlags in Stetten

Im Sommer sind aufgrund der starken Verdunstung über dem Meer die aus Westen kommenden Luftmassen äußerst feuchtigkeitsbeladen. Ein anderer, aber viel wichtigerer Aspekt für die Erklärung der hohen Sommerniederschläge sind die Konvektionsvorgänge. Bei intensiver sommerlicher Einstrahlung mit hohen Temperaturen kommt es zu einer starken Aufheizung der Erdoberfläche. Die erwärmte Luft steigt dadurch rasch auf (Konvektion) und kommt in größeren Höhen mit kälteren Luftmassen in Kontakt. Die rasch abgekühlte Luft kondensiert, und es kommt zu Niederschlägen (KANDLER 1977). Wenn es speziell im Oberrheingraben zu sehr starken Aufheizungsvorgängen kommt, so kann dies zu Gewitterbildungen führen. Die sommerlichen Gewitter ziehen dann von der pfälzischen Rheinebene aus östlichen Richtungen heran. Die Gewitterwolken stauen sich am Donnersberg und führen jetzt in dem ansonsten sehr trockenen Lee-Bereich zur Verstärkung der Niederschläge.

Solche Starkregenereignisse sind öfters mit Hagel verbunden, was zu mechanischen Schädigungen an den Kulturpflanzen und dadurch zu Ernteeinbußen führen kann. Auch kommt es dabei zu einer starken Abschwemmung des Oberbodens (Erosionerscheinungen) in steileren Hanglagen (insbesondere in den meist spärlich begrünten Weinbergen). Die Hangmuldenlage von Stetten ist gerade bei Starkregen von großem Nachteil. Die bei Starkregen oberflächlich ablaufenden Wassermassen kommen aus einem Einzugsgebiet, welches bis zu den umliegenden Plateaukanten weit außerhalb des Dorfes reicht. Das Niederschlagswasser fließt mit einer hohen Geschwindigkeit von drei Seiten in die trichterförmige Hangmulde hinein; dies ist genau die Ortsmitte von Stetten. Der 'Hohlgraben' und die daran anschließende 'Wassergasse' (vielleicht kommt daher auch die Namensgebung) wurden dabei schon öfters von regelrechten Flutwellen heimgesucht, die größere Schäden an Hauswänden und den Kellern verursachten. Die Furcht der Landwirte und auch der Bevölkerung vor solchen alljährlich aus dem Rheintal heranziehenden Gewittern

ist daher sehr groß. Ein nordpfälzisches Sprichwort besagt: „Über den Donnersberg kommt kein Gewitter", da westlich des Bergmassivs keine tief gelegenen, flachen Heizflächen vorhanden sind und der Berg selbst als wirkungsvolle orographische Barriere fungiert.

Die geringsten Niederschläge fallen während der Wintermonate (Februar mit nur 35 mm!) und im Frühjahr. Sie haben dennoch sehr wichtige Funktionen, wie zum Beispiel das Auffüllen der Grundwasserreservoirs in den tieferen Erdschichten sowie Bereitstellung der notwendigen Feuchte für die beginnende Vegetationsperiode. Das leichte sekundäre Dezembermaximum ist durch den Einfluß von feuchten, meist aus südwestlichen, wärmeren Regionen kommenden Luftmassen zu erklären, die zyklonale Niederschläge bedingen (KANDLER 1977). Die bekannte Singularität des Weihnachtstauwetters ist ein Indiz dafür. Im Februar dominieren dann wieder Hochdruckwetterlagen, wobei sehr kalte und trockene Kontinentalluft aus Osten in den Untersuchungsraum weht, die zwar mit Schneefall verbunden ist, aber relativ geringe Niederschlagsmengen bedingt (35 mm). Die festen Niederschläge in Form von Schnee spielen in Stetten keine nenneswerte Rolle. Im Durchschitt werden in Stetten pro Jahr nur 18 Tage mit Schneefall gezählt.

Die während der letzten 38 Jahre absolut höchste Monatsmenge des Niederschlags wurde im August 1968 erreicht, wo an 18 Tagen insgesamt 195 mm Regen fielen (Monatsdurchschnitt: 51,9 mm). Von den insgesamt 456 untersuchten Monaten gab es insgesamt 8 Monate mit weniger als 5 mm Monatsniederschlag (Feb 59: 1,1 mm, Dez 63: 3,0 mm, März 73: 4 mm, Jul 73: 2,5 mm, Aug 73: 3,8 mm, Apr 74: 4,6 mm, Aug 76: 2,4 mm, Sep 77: 1,9 mm).

Ein Vergleich der Monatsmittel mit der 12 km entfernten Station auf dem Gipfel des Donnersberges zeigt erhebliche Unterschiede (siehe Abb. 2). Insgesamt fallen mit 774 mm Jahresniederschlag auf dieser kurzen Distanz rund 230 mm mehr Niederschlag als in Stetten. Hieran wird der orographische Staueffekt in eindrucksvoller Weise deutlich. Das Jahresmaximum wird erst einen Monat später im Juli erreicht und beträgt 85 mm. Außerdem sind mehrere Zwischenmaxima zu erkennen: Oktober, Dezember und April. Auch die intra-annuellen Variationen sind weitaus größer als in Stetten, wo der Jahresgang der Niederschläge im Vergleich zur Donnersberg-Station ausgeglichener erscheint.

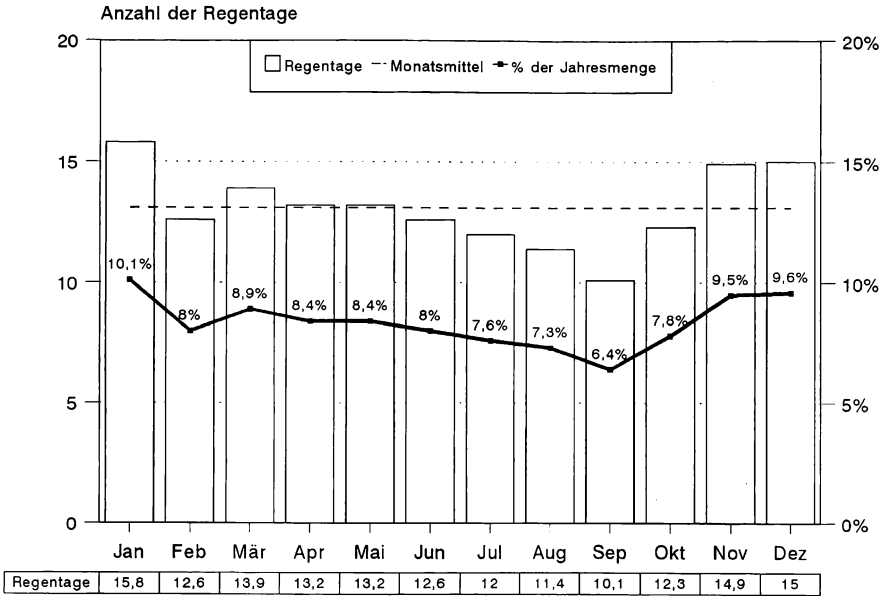
Durchschnittlich regnet es in Stetten an 157 Tagen im Jahr. Ein Regentag wird als solcher definiert, wenn innerhalb von 24 Stunden mehr als 1 mm Niederschlag fällt. Beim Jahresgang der Regentage in Stetten ergibt sich ein völlig anderes Bild (Abb. 3).

Das Jahresmaximum liegt in den Wintermonaten, verursacht durch die häufig heranziehenden atlantischen Tiefausläufer („Islandtief"). Beginnend im November bis zum Januar kommt es während dieser 3 Monate an jeweils ca. 15 Tagen zu Niederschlagsereignissen. Dies deutet auf eine ausgeglichenere Verteilung hin; bei aber geringen Ergiebigkeiten pro Niederschlagsereignis. Dennoch empfindet der Mensch den naß-kalten Charakter dieser Monate. Im Februar setzen sich dann mehr und mehr stabilere Hochdruckeinflüsse mit den o.g. trocken-kalten Luftmassen durch, die diesen Monat sehr niederschlagsarm machen. Ab März dominieren dann wieder die Westwindwetterlagen.

Die regenreichen Sommermonate sind dagegen durch eine geringere Niederschlagshäufigkeit gekennzeichnet, wofür die länger anhaltenden Hochdruckwetterlagen („Azorenhoch") verantwortlich sind. Dies trifft insbesondere für den September zu („Altweibersommer"), wo es an nur 10 Tagen regnet. Viel Niederschlag (meist verbunden mit Gewittern) an wenigen Tagen bedeuten aber auf der anderen Seite die bereits beschriebenen und in der Landwirtschaft gefürchteten Starkregen, die noch näher analysiert werden.

4. Starkregenereignisse

Um eine Datenreduktion zu erreichen, wurden bei der Auswertung verschiedene Niederschlagsklassen gebildet, beginnend bei 10 mm Niederschlag bis zu >30 mm pro Regentag. Bei der Betrachtung des zeitlichen Auftretens von Starkregenereignissen während des Beobachtungszeitraums von 38 Jahren, konnte ein Minimum im Winterhalbjahr fest-



Beobachtungszeitraum: 1957-1994
Monatsmittel: 13,1 Regentage

Abb. 3: Jahresgang der Anzahl der Regentage in Stetten

gestellt werden, wobei das Frühjahr deutlich die wenigsten Ereignisse an Starkregen aufweist. Ende April treten die Starkregenereignisse häufiger auf. Die Starkregen in Stetten sind eng mit den in den Sommermonaten auftretenden Gewittern verbunden und wurden daher besonders berücksichtigt (Tab. 1).

Tabelle 1: Summe der Starkregenereignisse in Stetten im Zeitraum 1957-1994

	Mai	Juni	Juli	August	September
10-15 mm	32	28	21	24	23
>15-20 mm	11	11	9	10	9
>20-25 mm	2	7	9	8	6
>25-30 mm	1	5	7	3	1
>30 mm	3	5	5	6	3

Die Niederschlagsintensitäten im Mai sind geringer als in den folgenden Monaten. Von Mai bis Juli erfolgt eine Verlagerung von den mengenmäßig geringeren Klassen in die höheren Starkregenklassen mit über 30 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden. Ab August beginnt zwar ein Rückgang in den mittleren Klassen; es wurden aber für diesen Monat insgesamt 6 Starkregenereignisse mit über 30 mm registriert. Auffallend ist, daß Starkregen meist nach längeren Trockenperioden auftreten und diese somit beenden.

Bei der genauen Analyse der Einzeldaten konnte festgestellt werden, daß im Mai und Juni die Starkregenereignisse nicht nur vereinzelt, sondern sogar an zwei oder drei aufein-

anderfolgenden Tagen auftreten. Der Juli zeigt eine größere Streuung der Starkregenereignisse: diese treten nicht mehr hintereinander, sondern zeitlich deutlich getrennt auf. Die Monate August und September weisen, ähnlich wie Mai und Juni, zwei und mehr Starkregenereignisse auf, die meist direkt hintereinander folgen. Gegen Ende September geht die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen zurück, obwohl danach immer noch vereinzelt Starkregen vorkommen.

Der absolute Rekord für Stetten wurde am 16. Juni 1968 erreicht: es fielen hierbei innerhalb von 4 Stunden 66,5 mm Niederschlag, d.h. mehr als die durchschnittliche Juni-Monatsmenge von 59,3 mm (siehe Abb. 2). Am 3. August des gleichen Jahres konnten innerhalb von 6 Stunden 50,1 mm registriert werden und am 23. Mai 1978 fielen während 7 Stunden 59,5 mm Niederschlag. Es kam dabei zu einer großen Überschwemmung im Bereich des 'Hohlgrabens' und der sich daran anschließenden 'Wassergasse' (siehe Kap. 3) mit erheblichen Schädigungen an den Mauerwerken zahlreicher Häuser. Aber auch in den Wintermonaten gab es Starkregenereignisse, die im statistischen Mittel zwar selten auftreten, aber dennoch an dieser Stelle Erwähnung finden sollen: am 13. Feburar 1962 fielen immerhin 31 mm, am 9. Februar 1970 fielen 33 mm und am Silvestertag 1978 fielen 31 mm Niederschlag.

5. Trockenperioden

Neben den für die Landwirtschaft so bedrohlichen Gewitterschauern sind die niederschlagslosen Perioden ebenfalls von großer Wichtigkeit. Hierbei wurde eine manuelle Auszählung von den Originaldaten vorgenommen, in der Art, daß die Zahl der hintereinanderfolgenden Tage ohne nennenswerten Niederschlag gezählt und für jeden Monat ausgewertet wurden. Mit der Bezeichnung „ohne nennenswerten Niederschlag" wurden die Tage berücksichtigt, an denen kein bzw. weniger als 1 mm Niederschlag registriert worden ist und es sich somit gemäß der Definition nicht um einen Regentag handelte. Es wurden hierbei, ähnlich wie bei den Starkregenereignissen, ebenfalls verschiedene Klassen gebildet. Länge der aufgetretenen Trockenperioden: 4-8 Tage, 9-12 Tage, 13-16 Tage, 17-20 Tage, 21-24 Tage, 25-28 Tage und >28 Tage.

Bei der Auswertung zeigte sich, daß bei den kürzeren Trockenperioden (4-8 Tage, 9-12 Tage) kein gehäuftes Auftreten zu einer bestimmten Jahreszeit oder in einem bestimmten Monat zu verzeichnen war. Die Werte schwankten während des 38-jährigen Beobachtungszeitraumes zwischen 32 und 38 Ereignissen pro Monat. Die Klasse 13-16 Tage war in den Monaten Januar mit 10 und Februar mit 12 am häufigsten vertreten, im Juni dagegen nur mit 3 Ereignissen. Beim Auftreten der längsten Perioden ohne Niederschlag ergab sich eine leichte saisonale Häufung. Trockenzeiten von 21-24 Tage traten überwiegend während der Sommermonate Juli, August sowie im Oktober auf (im Schnitt 3 Ereignisse). Regenlose Zeiten von 25-28 Tagen begannen meist im September und reichten bis in den Oktober hinein. Trockenperioden, die länger als 28 Tage andauerten, traten überwiegend in den Monaten Juni bis September auf.

Die absolut längste Trockenperiode für die Station Stetten dauerte 41 Tage. Sie begann am 2. August und endete nach 41 Tagen (vorübergehend) am 11. September 1991. Am 12. September fielen 6,8 mm Niederschlag und danach folgte direkt eine 10-tägige regenlose Zeit, so daß die 41-Tage dauernde tatsächliche Trockenperiode noch um 10 Tage verlängert wurde. Denn die gemessenen 6,8 mm Regen konnten mit Sicherheit das aufgrund der hohen Verdunstungsrate entstandene Feuchtedefizit nicht ausgleichen und dürften somit für die Vegetation von nur geringem Nutzen gewesen sein.

Das Jahr 1959 war durch zwei sehr lange Trockenperioden gekennzeichnet. Die erste war im Winter vom 25. Januar - 4. März und dauerte 39 Tage. Die zweite „Trockenzeit" begann am 17. August und hielt 37 Tage an. Am 23. September regnete es dann 4,6 mm. Danach fiel bis 19. Oktober kein Niederschlag, d.h. weitere 26 Tage. Somit fielen im Spätsommer des Jahres 1959 während 63 Tagen nur 4,6 mm Regen. Diese extrem lange Trocken-

heit hat mit Sicherheit sehr vielen Kulturpflanzen geschadet (insbesondere den Zuckerrüben). Beim Wein aber, der mit seinem Pfahlwurzelsystem tiefer gelegene Wasserreservoirs erreichen kann, wurden außerordentlich gute Qualitäten erzielt, wodurch der Jahrgang 1959 zu einem „Jahrhundertwein" wurde (siehe Abb. 12). Bei der Betrachtung der Jahresniederschlagsmengen war das Jahr 1959 mit 450 mm keineswegs ein besonders trockenes Jahr (siehe Abb. 4). Daran wird deutlich, wie wichtig bei solchen Untersuchungen die Tageswerte sind, ohne diese eine Betrachtung der Trockenperioden nicht möglich gewesen wäre.

Über den ganzen Meßzeitraum betrachtet, fällt auf, daß in den Monaten Februar und August ein ansteigender Trend hin zu längeren Trockenperioden existiert, wogegen die Monate Juni und September abnehmende Trends aufweisen. Weiterhin konnte festgestellt werden, daß die längsten Trockenzeiten in einem Rhythmus von ca. 10-11 Jahren auftraten, was mit dem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus in Beziehung gebracht werden könnte, worauf aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird.

6. Inter-annuelle Variationen des Niederschlags

Bei der Betrachtung der einzelnen Jahressummen des Niederschlags von 1957- 1994 fallen die beträchtlichen Variationen auf (Abb. 4), d.h. es kommt zu sehr großen Unterschieden von Jahr zu Jahr, wobei der aus 38 Jahressummen errechnete Durchschnitt von 545 mm eigentlich in den seltensten Fällen genau erreicht wird.

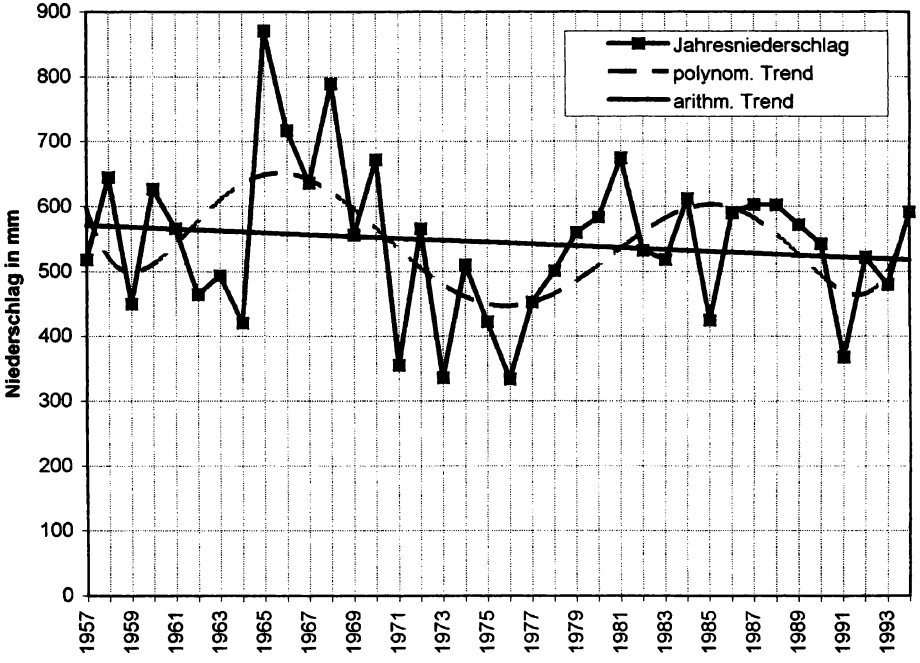


Abb. 4: Jahresniederschlag in Stetten von 1957-1994

Mit 871 mm war 1965 das regenreichste Jahr während der letzten 38 Jahre und 334 mm (1976) sowie 335 mm (1973) wurden während der beiden trockensten Jahre gemessen. Weiterhin auffällig ist, daß seit 1977 bis 1994 keine markanten „Ausreißer" erkennbar sind, d.h. die Schwankungen werden geringer. Dadurch verringert sich auch die Wahrschein-

lichkeit von extrem trockenen bzw. extrem feuchten Jahren, was für die Landwirtschaft mit Erleichterung aufgenommen werden kann. Dieser Trend deutete sich schon bei der Betrachtung der einzelnen Monatsextremwerte an, die nach 1977 nicht mehr auftraten. Es häufen sich sogar Jahre, die durch ähnliche Jahressummen gekennzeichnet sind (z. B. 1986-1990), was es vor 1977 nie gegeben hatte.

Die lineare Regressionstrendlinie ($y = mx + b$) zeigt für Stetten aber eine abnehmende Tendenz der Jahresniederschläge für die letzten 38 Jahre. Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes wurden noch durchschnittlich rund 570 mm Regen gemessen, was aber in den letzten Jahren auf rund 510 mm abgesunken ist, also ein Rückgang um ca. 60 mm. Eine wissenschaftlich fundierte Diskussion über mögliche Ursachen dieser Änderung oder Modelltrendrechnungen über die zukünftige Entwicklung der Niederschlagsmengen würde den Rahmen dieser Studie sprengen; es sollen vielmehr deren Auswirkungen auf den Naturhaushalt erläutert werden. Die polynomische Regressionslinie ($y = c \ln x + b$) zeigt die statistisch geglätteten Werte in Form einer Kurve, wobei anscheinend regelmäßige Schwingungen zu erkennen ist, die teilweise sogar mit dem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus in Beziehung gebracht werden können. Feuchtere und trockenere Beobachtungsperioden wechseln einander ständig ab.

Bei den Regentagen läßt sich während der letzten 38 Jahre ein leicht zunehmender Trend feststellen (Abb. 5).

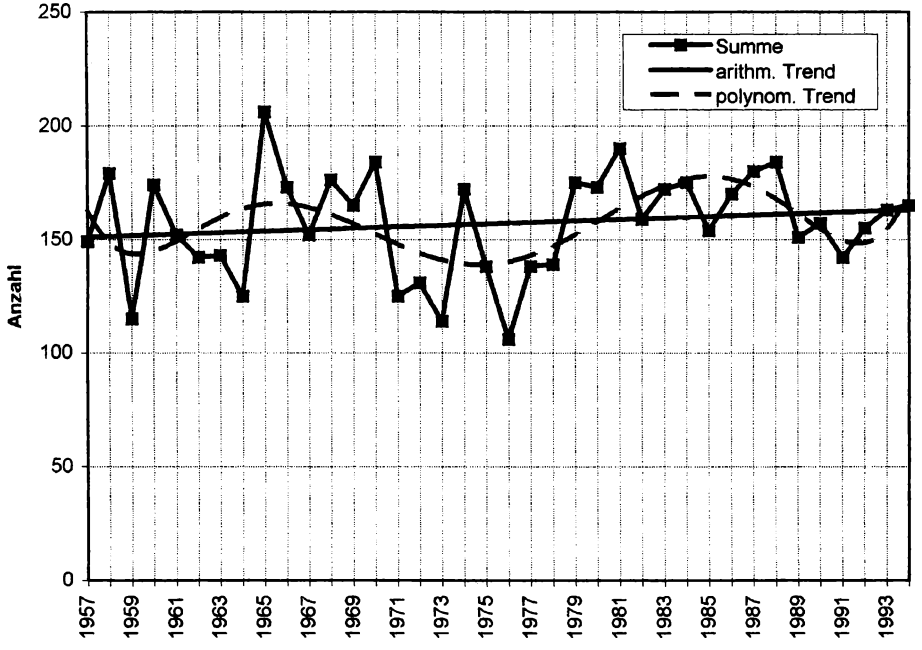


Abb. 5: Anzahl der jährlichen Regentage in Stetten von 1957-1994

Die Werte stiegen von 150 zu Beginn des Beobachtungszeitraumes bis 1994 um ca. 10 Regentage an, was für eine mehr regnerische Witterung bei geringeren Ergiebigkeiten hindeutet. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind bei den Regentagen wesentlich kleiner und führen auch nicht zur Deckungsgleichheit beim Vergleich mit der Niederschlagskurve (siehe Abb. 4). Ein regenreiches Jahr bedeutet noch nicht, daß es auch durch eine hohe Anzahl von Regentagen gekennzeichnet ist. Für manche Jahre trifft dies zwar zu, ist aber

nicht der Regelfall. Die meisten Regentage wurden mit 206 für das Jahr 1965 gezählt, die wenigsten mit 106 für das Jahr 1976.

7. Jahreszeitliche Änderungen

Ausgehend von den festgestellten abnehmenden Jahressummen bei den Niederschlägen schließt sich eine detaillierte Analyse dahingehend an, um zu erfahren, in welchen Jahresabschnitten und Monaten die Änderung der Niederschläge am stärksten ausgeprägt ist. Auf Jahreszeitenebene ergibt sich ein sehr heterogenes Bild in der Art, daß die Winter (Dezember-Februar) und die Sommer (Juni-August) durch eine deutliche Abnahme der Niederschlagsmenge gekennzeichnet sind. Die Sommer sind dabei besonders betroffen, da das Sommermonatsmittel von 63 mm auf 49 mm, d.h. um 14 mm, zurückgegangen ist und bei den sowieso schon trockenen Wintermonaten ging das Wintermonatsmittel von 42 mm auf 35 mm zurück. Die Frühjahrs- (März-Mai) und Herbstmonatsmittel (September-November) sind dagegen durch ein leichtes Ansteigen gekennzeichnet. Da aber selbst innerhalb der jeweiligen Jahreszeiten unterschiedliche Trends vorkommen, ist die Betrachtung der einzelnen Monate im Jahresverlauf notwendig geworden, um daraus sehr wichtige Erkenntnisse für die Landwirtschaft abzuleiten.

8. Monatliche Änderungen

Für die Wintermonate gilt, daß die Niederschlagswerte im Dezember (siehe Abb. 7) zwar leicht angestiegen sind (1957-1994 von 43 auf 48 mm), aber es konnte ein sehr deutlicher Rückgang von 25 % für die Monate Januar und Februar (bei beiden von 40 auf nur 30 mm) festgestellt werden, was für die Grundwassersituation einschneidende Konsequenzen hat (Abb. 6).

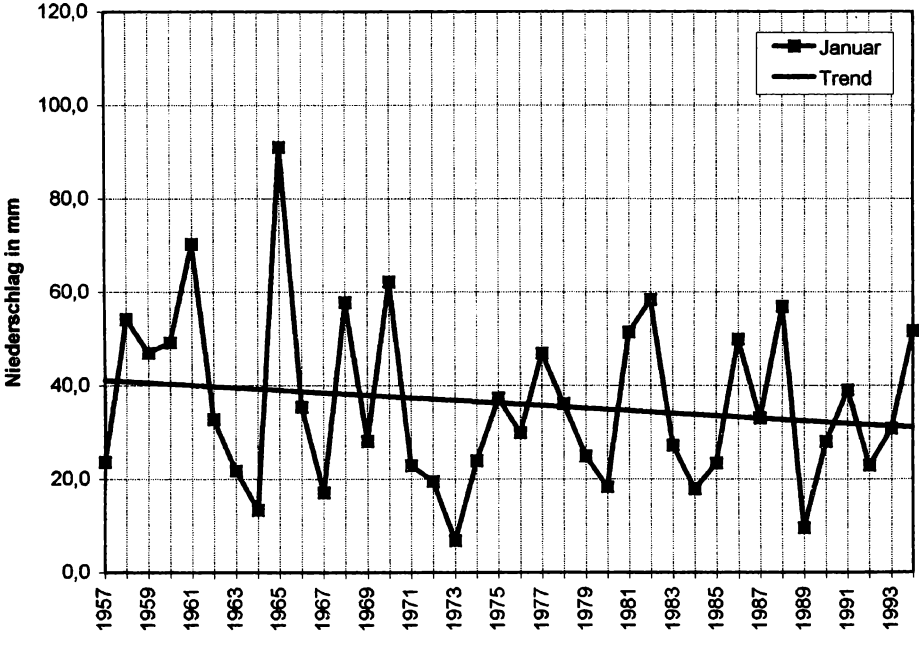


Abb. 6: Niederschlag im Januar von 1957-1994

Der Grundwasserspiegel ist aufgrund der höheren Sommertemperaturen (dadurch kapillarer Wasseraufstieg und Verdunstung an der Oberfläche) und des Bedarfs während der Vegetationsperiode naturgemäß abgesunken. Ein Auffüllen der Wasserreserven wird daher über die spätherbstlichen bzw. winterlichen Niederschlagsmengen gesteuert. Wie bereits erwähnt, gehört dieser Zeitraum zu dem trockeneren Jahresabschnitt, wodurch sich der abnehmende Trend noch dramatischer auswirkt.

Insbesondere die Schwankungen der Dezemberniederschläge von Jahr zu Jahr sind stark ausgeprägt und durch einen leichten Anstieg gekennzeichnet (Abb. 7).

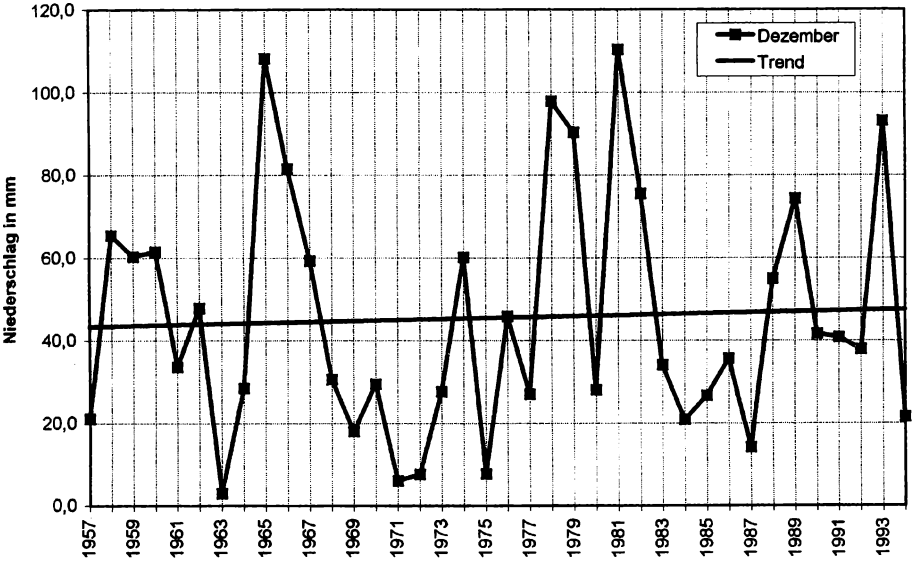


Abb. 7: Niederschlag im Dezember von 1957-1994

Der Rekord betrug hierbei 82 mm (1980: 28 mm; 1981: 110 mm). Für Januar und Februar ist die Schwankungsbreite weitaus geringer, was sich auch in einer geringeren Standardabweichung manifestiert. Bei der Betrachtung der Anzahl der Regentage konnte für den Dezember eine deutliche Zunahme festgestellt werden (von 14 auf 17 Regentage), was den naß-kalten Dezember-Charakter der letzten Jahre noch weiter unterstreicht. Die besorgniserregende Abnahme der Niederschläge im Januar und Februar konnte bei den Regentagen nicht in dem Ausmaß festgestellt werden. Die Anzahl blieb mit knapp 16 und 13 über die letzten 38 Jahre annähernd gleich, was aber nichts an der defizitären Grundwassersituation ändert.

Die Frühjahrsmonate März (von 35 auf 42 mm) und April (von 37 auf 41 mm) zeigen eine mäßige bis leicht ansteigende Niederschlagstendenz im Monatsmittel. Die schwache Zunahme der Niederschläge zu Beginn des Frühjahrs wird das entstandene Grundwasserdefizit möglicherweise nicht egalisieren können, da die beginnende Vegetationsperiode erhebliche Wassermengen für die Keimungs- und Wachstumsprozesse benötigt.

Bei der Anzahl der Regentage ergeben sich ebenfalls Anstiege der Werte, die aber wesentlich deutlicher ausfallen als bei den Niederschlägen (März: von 12 auf 17, April von 12 auf 15), was einen zunehmenden Trend zu einem verregneten Frühjahr mit sich bringt. Diese Tendenz ist für die Landwirtschaft sogar positiv einzustufen, da die feuchteren Witterungsverhältnisse als Garant für besseres und vor allem gleichmäßigeres Keimen fungieren.

Ab Mai kehrt sich dieser Trend um, denn der Mai verzeichnet bereits einen deutlichen Rückgang der Monatsniederschläge um 10 mm während der letzten 38 Jahre (von 58 auf 48 mm). Dies paust sich auch bei den Regentagen entsprechend durch, wo ebenfalls ein Rückgang zu erkennen ist (von 14 auf 12).

Bei den Sommermonaten gilt für jeden der 3 Monate ein abnehmender Niederschlagstrend, wobei der Juni (von 70 auf 50 mm) und der August (von 60 auf 44 mm) am meisten betroffen sind (Abb. 8).

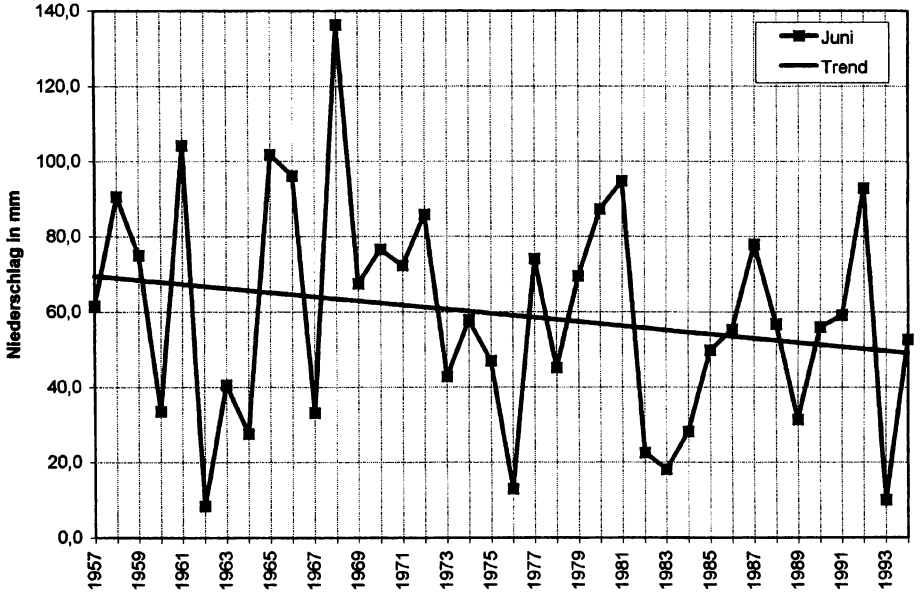


Abb. 8: Niederschlag im Juni von 1957-1994

Die Abnahme setzt bereits im Spätfrühjahr (Mai) ein und bedingt somit für 4 hintereinanderfolgende Monate ein Regendefizit. Diese sehr deutliche Regenabnahme bereits im Mai und während des Sommers wird zu Wassermangelproblemen an einigen Kulturpflanzen führen, vor allem bei den Zuckerrüben und beim Getreide. Bei einem solchen Feuchtedefizit ist die Tendenz zu einer 'Notreife' bei Gerste und Weizen besonders groß, was quantitative wie auch qualitative Ernteeinbußen mit sich bringt. Für die Weinreben der Umgebung sind die trockener werdenden Sommer ebenfalls besorgniserregend, da mit Rückgang des Früchtevolumens durch mangelnde Saftanreicherung zu rechnen ist. Der Weinstock kann zwar durch sein Pfahlwurzelsystem sehr viel tiefere Wasserhorizonte erreichen, aber durch das beschriebene winterliche Niederschlagsdefizit wird dies nur noch erschwert möglich sein.

Bei den Regentagen kommt es zu einem ganz interessanten Trend in der Art, daß die Niederschlagshäufigkeit in den Monaten Juli und August ebenfalls abnimmt, was in besonders starkem Maße für den August Gültigkeit hat (von 13 auf knapp unter 10). Der fast schon dramatischen Abnahme der Niederschläge im Juni steht aber eine deutliche Zunahme der Regentage von 11 auf 14 gegenüber (Abb. 9).

Dies ist einerseits eine für die Landwirtschaft vorteilhafte Tendenz, da hierdurch statistisch gesehen die Starkregenaktivität abnimmt. Andererseits aber wird der Monat Juni verregneter, bei allerdings sehr viel kleineren Mengen pro Regenereignis. Die Niederschlagsmenge pro Regentag sinkt für den Juni von 6 mm auf 3,5 mm ab (Abb. 10).

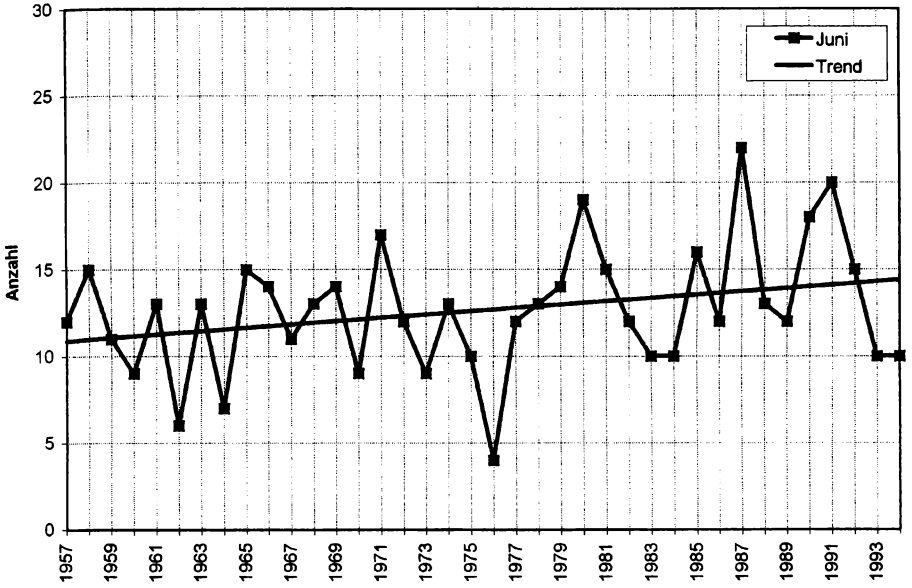


Abb. 9: Anzahl der Regentage im Juni von 1957-1994

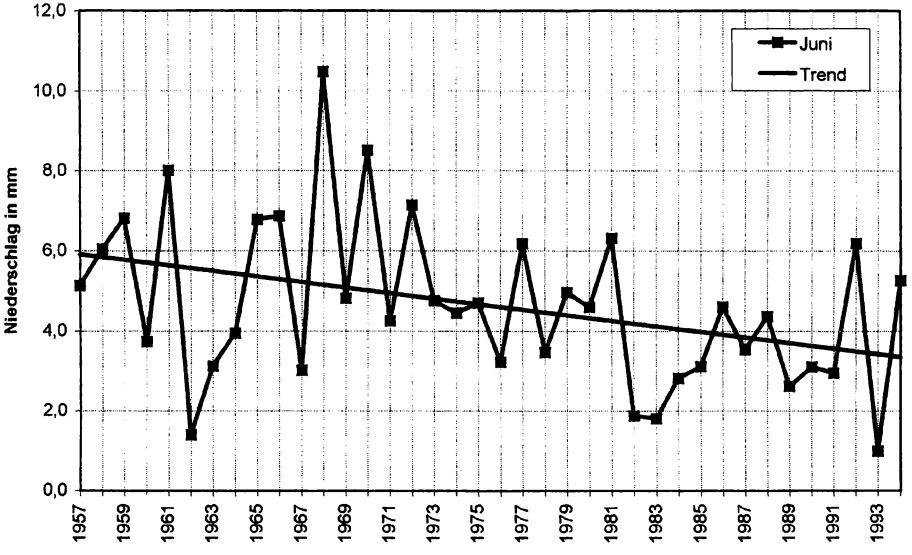


Abb. 10: Niederschlag pro Regentag im Juni von 1957-1994

Bei den höheren Sommertemperaturen ist aber die Verdunstungsrate naturgemäß sehr groß, was bei den mengenmäßig geringeren Niederschlägen zu zusätzlichen Verlusten direkt an der Erdoberfläche führen kann. Es sickert daher weniger Regenwasser ein, was das Feuchtedefizit im Boden weiter steigern könnte.

Die Herbstmonate September (von 38 auf 50 mm) und Oktober (von 39 auf 46 mm) sind jedoch wieder durch ein deutliches bis mäßiges Ansteigen der Niederschläge gekennzeichnet (Abb. 11).

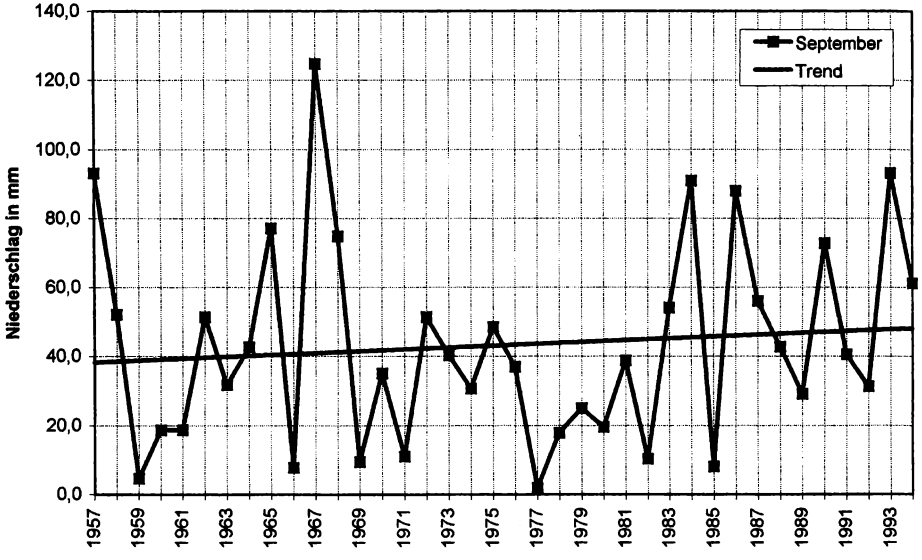


Abb. 11: Niederschlag im September von 1957-1994

Bei der Anzahl der Regentage wurde ein ähnlicher Trend errechnet, was insbesondere den September verregneter macht (Anzahl der Regentage ist von 8 auf 12 gestiegen). Der September ist zwar dennoch der Monat mit den vergleichbar geringsten Regentagen, aber die sprichwörtlichen Singularitäten, wie zum Beispiel die stabilen Hochdruckwetterlagen („Altweibersommer"), scheinen nicht mehr in dem gesicherten und ausdauerndem Maß Bestand zu haben, wie dies etwa noch zu Beginn der Beobachtungsperiode der Fall gewesen ist, wo die Anzahl der Regentage noch deutlich unter der von heute lag. Auch der Oktober wird verregneter (Anstieg der Anzahl der Regentage von 11 auf 14), bei aber einer geringeren Zunahme der Regenmenge. Nach den trockenen Sommermonaten mit den aufgezeigten Problemen für den Weinanbau können nun die zunehmend regnerischen Herbstmonate September und Oktober den Reifungsprozeß der Weinreben stören und zu Qualitätseinbußen führen.

In Stetten spielt der Weinanbau eine eher untergeordnete Rolle, aber auf den Südhängen des Gauersheimer Berges (siehe Kap. 2.1) befindet sich die einzige Stettener Weinlage „Am Heilighäuschen". Das nur wenige Hektar umfassende Anbaugebiet ist die nördliche Verlängerung des Zellertaler Anbaugebietes. Stetten kann daher für sich in Anspruch nehmen, das nördlichste pfälzische Weinanbaugebiet zu sein.

Sehr wichtig für die Reife der Trauben und die damit verbundene Qualität, ausgedrückt in Grad Öchsle, ist die Witterung während der Monate August, September und Oktober. Lang anhaltende Niederschläge mit geringer Sonnenscheindauer sind während dieses Zeitraumes unerwünscht. Die Anzahl der Regentage ist daher ein guter Parameter, um festzustellen, wie die Witterung verlief. Mit dem vorhandenen Datenmaterial von Stetten wurde die Anzahl der Regentage der Monate August, September und Oktober jahresweise addiert, mit den jeweils erzielten durchschnittlichen Mostgewichten des Landes Rheinland-Pfalz verglichen (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz 1988: 89) und in einem Diagramm dargestellt (Abb. 12).

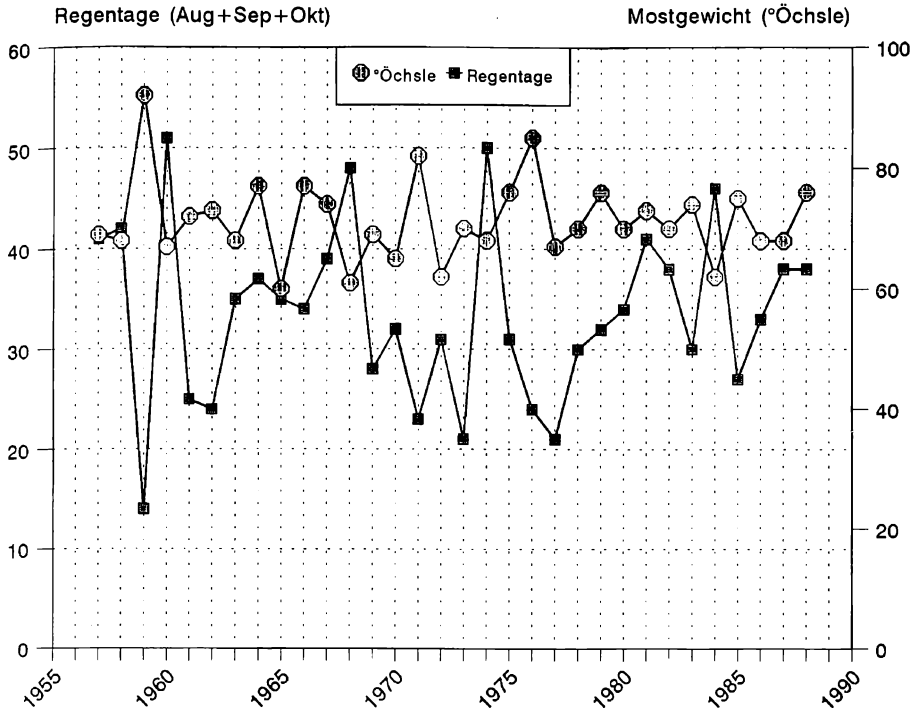


Abb. 12: Summe der Regentage im August, September und Oktober in Stetten im Vergleich zu den erzielten Mostgewichten (Weißmost) in Rheinland-Pfalz von 1957-1988

Es wird sehr deutlich sichtbar, daß eine niedrige Anzahl von Regentagen während der Reifezeit der Trauben fast in jedem Jahr maßgeblich für die hohe Qualität des Weines verantwortlich war. Aber umgekehrt führten lang anhaltende Regenperioden mit einer hohen Anzahl von Regentagen zu einem vergleichbar geringeren Mostgewicht. Am eindrucksvollsten fällt das Jahr 1959 auf, welches ja durch eine sehr lange Trockenperiode gekennzeichnet war (siehe Kap. 5). In diesem Jahr lag der rheinland-pfälzische Durchschnitt beim Mostgewicht bei 92° Öchsle, ein Wert der noch nie erreicht wurde und somit ein „Jahrhundertwein" entstand. Nur der Wein von 1976 kam mit druchschnittlich 85° Öchsle in die Nähe des Rekordjahres 1959.

Bei den Novemberniederschlägen ist dagegen wieder ein deutlicher Rückgang errechnet worden (von 52 auf 39 mm), bei allerdings gleichbleibender Anzahl von Regentagen. Das vorher beschriebene winterliche Niederschlagsdefizit beginnt somit bereits im Spätherbst und setzt sich in verstärktem Maße im Januar und Februar fort. Die grundwasserproblematische Novembersituation hat auf der anderen Seite dennoch agrartechnische Vorteile, da der trockenere Oberboden die mechanische Zuckerrübenernte sowie die gesamte Herbstaussaat erleichert.

9. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bringen sehr deutlich zum Ausdruck, daß die klimatischen Verhältnisse eines Ortes keineswegs stabil sind, sondern dauernden und vielschichtigen Änderungen unterworfen sind. Besonders die Spätherbst- und Winterniederschläge in Stetten zeigen eine deutliche Abnahme während der letzten 38 Jahre. Dies

bedingt gravierende Defizite für die Grundwasserreservoirs, die nicht mehr in dem Maße über Winter aufgefüllt werden können, wie dies für die jeweils folgende Vegetationsperiode nötig wäre. Die Frühjahrsniederschläge sind quantitativ nur durch eine geringe Zunahme gekennzeichnet, aber deren Häufigkeit, ausgedrückt in der Anzahl der Regentage, nimmt deutlich zu, was diesen Jahresabschnitt verregneter gestaltet. Bereits im Mai beginnend und während der gesamten Sommermonate anhaltend, nehmen die Monatsmittel des Niederschlags deutlich ab, was für zahlreiche Kulturpflanzen ein Feuchtedefizit hervorruft. Insbesondere der Juni zeigt dabei einen stark abnehmenden Trend. Die Herbstmonate in Stetten werden dagegen niederschlagsreicher, was insbesondere für den September gilt. Dies wird sich in den Mostgewichten beim Wein bemerkbar machen, da auch die Anzahl der Regentage durch einen zunehmenden Trend gekennzeichnet sind.

Die aufgezeigten Niederschlagsänderungen können sich im Rahmen einer natürlichen Schwankungsbreite bewegen, aber sie können auch Zeichen für eine durch anthropogene Einflüsse hervorgerufene Änderung des Regional- und Globalklimas sein. Eine wissenschaftlich haltbare Entscheidung darüber ist äußerst schwer und mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Die Studie konzentriert sich daher vielmehr auf die generelle Darstellung der Niederschlagssituation in Stetten und die während des Beobachtungszeitraumes nachgewiesenen Änderungen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können im landwirtschaftlichen Sektor in Form von wertvollen Entscheidungshilfen dienlich sein.

Danksagung

Die Autoren sind Herrn Jakob Angermayer, dem Stationsleiter in Stetten, sowie seinem ebenfalls sehr engagierten Sohn Andreas zu äußerst großem Dank verpflichtet für die Bereitstellung der Originaldaten des Zeitraumes 1979-1994 sowie für die hilfreichen Fachgespräche in sehr angenehm familiärer Atmosphäre. Daneben gebührt ein großer Dank dem Schriftleiter der Mitteilungen der POLLICHIA, Herrn Dr. Karl Stapf, für seine aufopfernden Mühen und Herrn Ernst Will, 1. Vorsitzender der Pollichia Kreisgruppe Donnersberg, für seine Unterstützung.

10. Literaturverzeichnis

DAMMANN, W. (1960): Die Windverhältnisse im Rhein-Main-Gebiet, eine Studie zur dynamischen Klimatologie der Mittelgebirge. - In: Erdkunde 1.

ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt und Geländeklimatologie. – Darmstadt

KANDLER, O. (1977): Das Klima des Rhein-Main-Nahe-Raumes. - In: DOMRÖS et al. (Hrsg.): Mainz und der Rhein-Main-Nahe-Raum. – Festschrift zum 41. Deutschen Geographentag in Mainz. – Mainzer geograph. Studien, H. 11: 285-298

KLUG, H. (1959): Das Zellertal - eine geographische Monographie. - Inaugural-Dissertation an der Philosophischen Fakultät der Universität Mainz. Nachdruck 1985: Verbandsgemeinde Göllheim (Hrsg.), Otterbach

LESER, H. (1969): Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen. - Sammlung geograph. Führer, Bd 5, Berlin

ROTHAUSEN, K. & SONNE, V. (1984): Mainzer Becken. - Sammlung geol. Führer, **79**, 203 S., Berlin

SPUHLER, L. (1957): Einführung in die Geologie der Pfalz. - Veröff. Pfälz. Ges. Förd. Wiss., **34**, Speyer

STAPF, K. R. G. (1987): Die naturräumliche Gliederung der Pfalz aus geologischer Sicht. - Mitt. POLLICHIA, **74:** 5-16, Bad Dürkheim

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (1989): Die Landwirtschaft 1988. -Bd 326, Bad Ems

UHLIG, H. (1962): Alzeyer Hügelland. - In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, 1, Bad Godesberg

Adresse der Autoren:

Dr. rer. nat. Hans-Joachim FUCHS und Martin WERNER
Geographisches Institut, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 82

Autor(en)/Author(s): Fuchs Hans-Joachim, Werner Martin

Artikel/Article: Zeitliche Niederschlagsvariationen in Stetten/Pfalz und ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt 81-99