Wetter **und Klima des Ulmer Raumes**

Von H. Bach.

Einleitung.

Unter den zahlreichen Faktoren, die das Bild einer Landschaft und die Wirtschaft seiner Bevölkerung bestimmen, stellt das Klima nach wie vor ein wichtiges Element dar. Der Mensch war und ist zwar bestrebt, die nachteiligen Wirkungen einer ungünstigen Witterung durch entsprechende Maßnahmen und Arbeitsmethoden zu mildern und nach Möglichkeit ganz auszuschalten. Er versucht auch, die Naturkräfte selbst in seinen Dienst zu stellen; doch wird diese Auseinandersetzung ein ewiger Kampf bleiben, durch den er vor immer neue Probleme gestellt wird und in welchem er auch in Zukunft Rückschläge und Enttäuschungen wird gewärtigen müssen.

Wenn heute versucht wird, die Bautätigkeit auch im Winter trotz Frost und Schnee weiterzuführen, wenn der Verkehr uneingeschränkt auch bei ungünstiger Witterung über Straße und Schiene rollt, Flugzeuge bei jedem Wetter fliegen, so bedeutet dies noch lange nicht, daß wir vom Wetter unabhängig geworden sind. Vielmehr ist dies alles erst möglich geworden, nachdem wir gelernt haben, die Witterungselemente bei der Planung und Durchführung der Projekte mit zu berücksichtigen. Die Kenntnis des Klimas und seiner Auswirkungen auf Menschen, Tiere, und Pflanzen und auf das gesamte Wirtschaftsleben ist daher heute in weit größerem Maße erforderlich als früher.

Freilich mußte man hierbei in den letzten Jahren vielfach neue Wege gehen und neue Teilgebiete der Klima- und Witterungskunde erschließen. Die alte Betrachtungsweise, die die langjährigen Mittelwerte im wesentlichen als Grundlage hatte, führte zur synoptisch-meteorologischen Darstellung, die sich die Untersuchung der landschaftlich verschiedenen Auswirkungen besonderer Wetterlagen zum Ziel setzte. Die Erforschung des Gelände-, Klein- und Mikroklimas kam hinzu. Ihre Erkenntnisse finden seit längerem bei der speziellen Wetterberatung Anwendung. Die Biometeorologie, die technische Klimatologie und manche andere Zweige nahmen einen neuen Aufschwung. Der Einsatz von modernen Rechen- und Hollerithmaschinen gestattete die gleichzeitige Betrachtung mehrerer Elemente auf einmal unter bestimmten Gesichtspunkten und ermöglichte die Bearbeitung eines umfangreichen Beobachtungsmaterials, wofür man sonst viel Personal und Zeit gebraucht hätte.

Unter Ausnützung all dieser Hilfsmittel und unter Berücksichtigung all dieser neuen Gesichtspunkte kommt dem Klimatologen die Aufgabe zu, das gesamte Material in eine solche Form zu bringen, die es möglichst vielen Interessenten gestattet, es nutzbringend anzuwenden.

I. Begrenzung, Gestalt und Lage des Ulmer Raumes.

Das Gebiet, dessen Klimaeigenschaften hier geschildert werden sollen, stellt keine einheitliche Landschaft dar. Es setzt sich aus dem Donautal zwischen Ehingen und Günzburg, dem Hochsträß, der Blaubeurer, Ulmer und Heidenheimer Alb im Norden und den Moränenhügeln im Süden zwischen Riß, Iller, Roth und Günz zusammen. Der Gebirgscharakter der Alb tritt vor allem in den Tälern der Schmiech, Ach und Blau, dem Lone- und Brenztal in Erscheinung, deren Hänge bewaldet sind, während auf der flachwelligen Hochfläche der Ackerbau zu Hause ist. An den Abhängen der südlichen Höhen ziehen sich ebenfalls kleinere und größere Wälder hinauf, jedoch überwiegt auch hier die landwirtschaftliche Nutzung. Die Moore des Donautals und seiner Nebentäler sind allesamt trocken gelegt. Dennoch spielt der trockene Moorboden noch eine bedeutsame Rolle.

Aus der allgemeinen Richtung des südlichen Albabfalls und des Donautals läßt sich jetzt schon ableiten, daß die Südwestwinde mit zu den häufigsten zählen. Dagegen bleibt der Schutz, den die Alb dem Donautal gegen Norden hin gewährt, praktisch ohne Bedeutung, da die Nordwinde, wie später noch gezeigt werden wird, in Süddeutschland allgemein recht selten sind.

In 60-80 km Entfernung erhebt sich im Süden das Alpenmassiv, das in zweifacher Weise einen erheblichen Einfluß auf unser Klima ausübt. Einmal werden bei nordwestlicher bis nordöstlicher Strömung die Luftmassen an der langen, bis zu 3000 m aufragenden Gebirgskette gestaut. Die dadurch vermehrte Wolken- und Niederschlagsbildung dehnt sich bei solchen Wetterlagen teilweise bis in den Ulmer Raum aus. Ebenso erfolgt hier dann merklich langsamer eine Wetterbesserung als etwa im Neckarland. Bei beginnender Nordoststrómung kann man außerdem häufig beobachten, wie sich das Dreieck zwischen den Alpen und der Schwäbischen Alb vom Bodensee her mit einer Wolkendecke überzieht, die sich erst nach Drehung des Windes auf südöstliche Richtung auflöst. Zum andern reicht der Einfluß des Föhns, der bei Süd -bis Südwestströmung durch das Alpenmassiv ausgelöst wird, oft bis in das Donaugebiet und greift bisweilen sogar noch über die Alb nach Norden hinüber. An solchen Tagen wird dann von Ulm aus die ganze Alpenkette sichtbar. Meist ist aber eine so gute Fernsicht nur ;der Vorbote einer bevorstehenden Wetterverschlechterung, deren westöstliches Fortschreiten sich vom erhöhten Beobachtungspunkt aus in allen Einzelheiten verfolgen läßt.

II. Die atmosphärischen Aktionszentren und Zirkulationssysteme.

Das Klima des Ulmer Raumes stellt einen Übergang vom maritimen zum kontinentalen Typus dar. Die größere Entfernung von der Küste und die vorgelagerten deutschen Mittelgebirge schwächen den ozeanischen Einfluß zwar schon stark ab, so daß z. B. die Temperaturextreme zwischen Sommer und Winter weit mehr in den Vordergrund treten als in Mittel- und Norddeutschland; aber er läßt sich keinesfalls übersehen. Er ist zum größten Teil eine Folge der beiden Hauptzirkulationssysteme, des planetarischen und monsunalen, die meist über längere Zeiten den Wetterablauf unserer Breiten beherrschen.

1. Die planetarische Zirkulation

Die planetarische Zirkulation ergibt sich aus der mittleren Temperatur- und Luftdruckverteilung auf der Erde, wobei einem ringförmigen Hochdruckgürtel zwischen dem 35. und 40. Breitengrad niedriger Luftdruck in höheren Breiten gegenüberliegt. Die daraus resultierende unregelmäßige Westostdrift innerhalb der gemäßigten Zone dringt weit in den europäischen Kontinent vor und bedingt niederschlagsreiches, unbeständiges Westwetter bei vorherrschenden West- bis Südwestwinden, die feuchte Meeresluft heranführen. Dieser Witterungstyp ist im Winter am deutlichsten ausgeprägt und bringt daher auch regelmäßig beträchtliche Niederschläge. Meist wird er nur von kurzen Zwischenhochlagen mit vorübergehender Wetterbesserung an wenigen Tagen unterbrochen. Strömen verhältnismäßig milde Luftmassen nach Mitteleuropa ein, so fallen die Niederschläge als Regen oder Schneeregen, so daß sich nur am Ende einer Zyklonenserie eine Schneedecke ausbilden kann, die besonders in den tieferen Lagen durch eintretenden Frost verharscht und vereist. Gelangen dagegen überwiegend kalte Polarluftmassen aus dem grönländischen Raum zu uns, dann führen anhaltende, ergiebige Schneefälle zur Ausbildung einer hohen Schneedecke, über der es während der störungsfreien Zeit infolge verstärkter Ausstrahlung zu strengen Frösten kommt. Da aber die Zwischenhochlagen meist nur von kurzer Dauer sind, weisen kalte Winter mit überwiegender Westdrift nur einzelne Tage mit strengem Frost auf.

Gegen den Sommer hin verlagert sich die Zone der planetarischen Westdrift um etwa 5

Breitengrade nach Norden und schwächt sich wegen des abnehmenden meridionalen Luftdruckgefälles ab. Die Folge davon ist eine stärkere Beeinflussung unseres Wetters durch kräftige Hochdruckvorstöße aus dem Azorenraum, die mit hochsommerlich warmer und trockener Witterung verbunden sind, während die Ausläufer der weit im Norden in westöstlicher Richtung vorbeiziehenden atlantischen Tiefdruckgebiete unser Gebiet vielfach nur streifen und keine ausgeprägte Wetterwirksamkeit mehr besitzen. Freilich hängt die Niederschlagstätigkeit sehr von der Ausdehnung des subtropischen Hochdruckgebietes und der Strömungsform der Luftmassen ah. Während sie bei antizyklonaler, divergenter Strömung nur gering ist, können bei leicht zyklonaler, konvergenter Strömung durch schwache Teilstörungen innerhalb der feuchten atlantischen Tropikluft bei schwülem Wetter sehr ergiebige Gewitterregen ausgelöst werden. Verlagert sich der Schwerpunkt des hohen Druckes von den Azoren in den Raum der Britischen Inseln, so kann Süddeutschland von der Zufuhr ozeanischer Tropikluft vollständig abgeschnitten werden und unter den Einfluß kühler Polarluftmassen geraten, die sich wegen ihrer größeren Mächtigkeit nur langsam erwärmen und daher immer wieder zu leichten, schauerähnlichen Niederschlägen bei unternormalen Temperaturen Anlaß geben.

Die planetarische Zirkulationsform tritt im Sommer wegen ihrer Aufspaltung in verschiedene Wetterlagen in unserem Raume weniger in Erscheinung als im Winter und besitzt daher im Sommer keine ausgeprägten Häufungspunkte. Dagegen äußert sie sich im Winter durch typisches Westwetter, das sich mit erstaunlicher Regelmäßigkeit Ende Dezember (Weihnachtstauwetter), häufig auch um den 8. Januar herum sowie Ende Januar / Anfang Februar, bisweilen auch schon im November einstellt. Sie ist die Folge des im Durchschnitt von Süden nach Norden gerichteten Temperatur- und Luftdruckgefälles auf der Nordhalbkugel der Erde.

2. Die monsunale Zirkulation.

Diese Temperaturverteilung wird aber durch die verschiedene Verteilung von Land und Meer auf der Erde stark gestört. Wegen der großen jahreszeitlichen Temperaturgegensätze über dem Land bildet sich im Winter über dem europäischen und asiatischen Rußland ein Kaltlufthoch aus, während sich hier im Sommer relativ niedriger Luftdruck einstellt. Im Winter fließen daher aus dem Innern Rußlands kalte Festlandsluftmassen mit verhältnismäßig geringem Feuchtigkeitsgehalt aus, während im Sommer vom Ozean her kühle Luftmassen mit hohem Wasserdampfgehalt angesaugt werden. In Indien und Südostasien führt dieser Gegensatz der Strömungen zur Ausbildung des Winter- und Sommermonsuns. Auch Europa wird noch von dem monsunalen Zirkulationssystem beeinflußt, wenn es hier auch wesentlich schwächer ist und gegenüber den reinen Formen, wie sie in Indien und Südostasien zu beobachten sind, nur noch dem Charakter nach besteht. Im Winter ist das subtropische Azorenhoch und die kalte russische Antizyklone oft durch eine Hochdruckbrücke über Europa verbunden. Deren Achse verläuft meist über den Kanal und die Nordsee nach Nordosten, bisweilen auch etwas südlicher, so daß unser Gebiet von der Zufuhr milder Meeresluftmassen abgeschnitten ist. Dafür kann kalte Festlandsluft aus dem russischen Raum über Deutschland hinweg bis weit nach Westeuropa Vordringen. Bei einem so ausgedehnten Kaltluftvorstoß, der meist in mehreren Wellen erfolgt, erreichen die Kaltluftmassen eine vertikale Mächtigkeit von mehreren tausend Metern und führen zu langen und strengen Frostperioden, wie wir sie im Februar 1956 letztmalig erlebten. Ein eisiger Nordost- bis Ostwind weht über eine dünne Schneedecke und läßt den Boden bis zu einem halben bis dreiviertel Meter Tiefe gefrieren. Die verstärkte Ausstrahlung in den langen, wolkenlosen Nächten hat Tiefsttemperaturen von —20 bis unter —25 Grad zur Folge und selbst die Mittagstemperaturen bleiben oft mehrere Tage hintereinander unter —10 Grad. In der Mehrzahl der Fälle wird aber Süddeutschland nur für kurze Zeit von der hochreichenden Kaltluft erfaßt. Häufiger kommt der Kaltluftstrom über Ostdeutschland und der Tschechoslowakei zum Stehen und fließt dann, allmählich flacher werdend, nach Westen aus. Hierbei bilden die Senken und Täler des Geländes wichtige Eingangspforten (Donautal bei Passau, die Senken zwischen Furth-Cham und Tirschenreuth-Eger im Böhmerwald und Hof-Bayreuth im Frankenwald). In den Ulmer Raum fließt sie entweder aus dem Osten durch die Donauniederung und die schwäbisch-bayrische Hochebene ein, oder sie gelangt durch das Kocher-Brenztal auf die Südseite der Alb. Die Albhochfläche wird in breitem Strom erst dann überschritten, wenn die vorgelagerten Becken mit Kaltluft angefüllt sind. So kommt es bisweilen vor, daß Stuttgart schon eher von ihr erreicht wird als das Ulmer Oberland.

Sind die flachen Kaltluftmassen einmal zur Ruhe gekommen, so bildet sich beinahe regelmäßig durch Absinken und damit verbundene Erwärmung der höheren Luftschichten in etwa 600—800 m Seehöhe eine Temperaturumkehrschicht aus, die sich langsam weiter senkt, jedoch nur selten bis zum Niveau des Donautals. Sehr häufig weisen dann die Stationen auf der Alb höhere Tagestemperaturen und reichlicheren Sonnenschein auf als das Donautal, aus dem der Nebel und Hochnebel tage- und wochenlang nicht weicht. Selbst wenn sich diese Temperaturinversion bis zur Donauniederung durchgesetzt hat, bildet sich hier nachts durch Ausstrahlung eine Kaltlufthaut, die die Sonneneinstrahlung am Vormittag erst beseitigen muß, bevor die allgemeine Tageserwärmung mit der auf der Alb Schritt halten kann. Das Donautal und seine Seitentäler sind daher bei solchen Lagen im Wärme- und Strahlungsgenuß gegenüber der Alb wesentlich benachteiligt.

Die ersten Kaltluftvorstöße aus Nordosten und Osten erfolgen in der Regel nicht vor Mitte Dezember. Nur wenn sich über Rußland und Finnland schon frühzeitig eine Schneedecke gebildet hat, die die Kaltluftproduktion begünstigt, kann es schon im November zu einem verfrühten Kaltlufteinbruch kommen, der aber meist nochmals von einer Periode milderen Wetters abgelöst wird. Dagegen nahmen in zahlreichen Jahren zwischen dem 18. und 20. Dezember mehrtägige Kältewellen ihren Anfang, die auf den Beginn der winterlichen monsunalen Zirkulation zurückzuführen waren. Dauern diese auch über Weihnachten hinaus an und gelangen Anfang Januar nochmals Kaltluftmassen aus Norden nach Mitteleuropa, so haben wir einen strengen Hochwinter im Januar und Februar zu erwarten. Wird jedoch die monsunale Strömung zwischen Weihnachten und Neujahr durch Westwetter unterbrochen, so stellen sich mehr oder weniger deutlich voneinander getrennte Kältewellen aus Osten in der zweiten Januarhälfte, um den 8. bis 10. sowie um den 20. Februar herum ein, die allerdings in manchen Wintern auch noch beträchtliche Kältegrade bringen können. Auch Anfang März folgt oft noch eine winterliche Kältewelle mit östlichen Winden nach, die aber wegen der zunehmenden Tageslänge in der Regel nur noch von mäßigen Frösten begleitet ist.

In den nächsten Monaten erwärmt sich das Festland rasch, so daß die monsunale Zirkulation an Bedeutung verliert. Dafür wirkt sich nunmehr der große Temperaturunterschied zwischen Land und Meer stärker aus. Die kalten aus dem grönländischen Raum ausbrechenden Polarluftmassen werden nach nur geringer Erwärmung über dem Atlantik auf dem Festland vom Boden her stark aufgeheizt und labilisiert, so daß es zu verbreiteter Schauertätigkeit kommt, die im April, oft auch noch im Mai, ihren Höhepunkt erreicht. Dabei nimmt auch die Luftbewegung vorübergehend zu. Der Witterungsablauf ist in dieser Zeit außerordentlich wechselhaft. Es kommt ebenso selten zur Ausbildung einer beständigen Hochdrucklage mit schönem Wetter wie zu wochenlang anhaltendem schlechtem Wetter. Nach jedem „Aprilputzer" erstrahlt aber der Himmel in einem tiefen Blau, das der reinen Polarluft zu eigen ist.

Erst wenn die Erwärmung der Luft über dem östlichen Kontinent ihrem Höhepunkt zustrebt und sich dort niedrigerer Luftdruck als über dem Ostatlantik einstellt, beginnt sich die monsunale Zirkulation wieder durchzusetzen. In mehreren Schüben dringt Anfang, Mitte (Schafkälte) und Ende Juni kühle Meeresluft aus Westen und Nordwesten nach Mitteleuropa

vor, die wegen ihres hohen Feuchtigkeitsgehaltes zu erheblichen Niederschlägen Anlaß gibt. Da zwischendurch auch subtropische Luftmassen bis in unseren Raum vorstoßen, wird der Wechsel von warm-schwülem zu feucht-kühlem Wetter häufig mit Gewittern und ergiebigen Regengüssen eingeleitet, wobei es auch zu Hagelfällen kommen kann. Durch Süddeutschland zieht sich während der unfreundlichen Witterungsabschnitte oft eine Luftmassengrenze, die sich unter Wellenbildung bald etwas nach Norden, bald wieder nach Süden verschiebt und so dem Ulmer Raume immer wieder Niederschläge bringt. Die bekannte Siebenschläferregel ist eng mit dem dritten Monsunvorstoß Ende Juni verknüpft. Sie ist allerdings weder wörtlich zu nehmen, noch sollte man auf ihre Treffsicherheit bauen. In der Regel kann man nämlich nur dann von einer größeren Erhaltungstendenz des unbeständigen Witterungscharakters sprechen, wenn sich die monsunale Zirkulationsform erst in der zweiten Junihälfte bzw. im letzten Junidrittel in stärkerem Maße durchgesetzt hat, dann treten häufig auch die folgenden Monsunwellen der nächsten beiden Monate (5.—11. und 19.—29. Juli, erstes Augustdrittcl und Mitte August) stärker in Erscheinung. Gegenüber den ersten Monsunvörstößen im Juni werden die späteren im allgemeinen nicht mehr als so auffallend kühl empfunden, es sei denn, daß der Zustrom kühler Meeresluftmassen kaum von Vorstößen warmer Subtropikluft unterbrochen wird oder sich, wie 1954, ein Kaltlufttropfen über den Ostalpen festsetzt.

Die monsunale Zirkulation ist somit im Winter der planetarischen entgegengesetzt gerichtet, während im Sommer beide Zusammenwirken. Daraus ist auch das ausgesprochene Maximum der Niederschläge im Sommer zu erklären, die im Juni und Juli das Doppelte der mittleren Januar- und Februarbeträge erreichen. Der Winter des süddeutschen Raumes trägt in der Mehrzahl der Fälle zonales Witterungsgepräge. Ausgesprochen strenge Winter sind daher bei uns weniger häufig als milde.

Die Sommer werden dagegen zum überwiegenden Teil durch die monsunale Zirkulationsform bestimmt, wobei allerdings kurzfristige Vorstöße des Azorenhochs nach Süddeutschland vorübergehend Wetterbesserung bringen. Aus dem gleichen Grunde sind daher trockenheiße Sommer bei uns verhältnismäßig selten.

3. Die meridionale Zirkulation.

Häufig erfolgt aber die allgemeine Strömung nicht entlang der Breitenkreise, sondern längs der Meridiane und bewirkt so zu einem Teil den Temperaturausgleich zwischen den subtropischen und polaren Gebieten auf der Nordhalbkugel der Erde. Auf der Ostseite einer sich von polaren Breiten bis weit nach Süden erstreckenden Tiefdruckrinne wird Warmluft nach Norden, auf der Westseite Kaltluft nach Süden befördert. Liegt die Achse der Tiefdruckrinne noch westlich von uns und damit Süddeutschland im Bereich der warmen Südströmung, so hat der Ulmer Raum niederschlagsfreies, wolkenarmes Wetter. Mit der langsamen Verlagerung des tiefen Druckes nach Osten frischt der Wind zuerst in der Höhe, später auch am Boden auf, wobei sich die den Alpenkamm überschreitenden Luftmassen bei ihrem Abstieg zur schwäbisch-bayrischen Hochebene föhnig erwärmen und austrocknen. Wenn die Föhnwirkung auch nicht immer bis zum Donautal reicht, so führt sie doch häufig auch hier noch zu einer Abnahme, bisweilen sogar zur vollständigen Auflösung der niedrigen und mittelhohen Bewölkung sowie zur Verminderung der allgemeinen Niederschlagsneigung. Bei ausgeprägtem Föhn hat auch Ulm wolkenlosen Himmel, eine ausgezeichnete Sicht nach Süden und übernormale Temperaturen. Die ersten schwachen Störungsausläufer aus Südwesten bleiben meist wetterunwirksam. Lediglich der Durchzug von Wolkcnfeldern, denen man die föhnige Abtrocknung an ihren irisierenden Rändern ansieht, verrät uns die nicht ganz störungsfreie Wetterlage. Bisweilen kommt es aber auch vor, daß sich die Föhnwirkung im Winter nicht bis zum Boden durchsetzt. Dann liegt über dem Donaugebiet eine zähe Hochnebeldecke, aus der nur die höchsten Erhebungen der Alb herausragen, die allein in den Genuß herrlichen Sonnenscheins über der niedrigen Wolkendecke gelangen.

Hat sich die Tiefdruckrinne dem Ulmer Raume so weit genähert, daß Teile der Rückseitenkaltluft mit in die Strömung einbezogen werden, so setzt im Sommer eine rege Gewittertätigkeit, im Winter anhaltende Niederschlagstätigkeit ein, die umso länger andauert, je langsamer sich die Tiefdruckrinne nach Osten verlagert. Beim Übergang von der warmen Vorderseitenströmung zur feuchtkalten Rückseite nehmen die Niederschläge Schauercharakter an und gehen im Winter in Schnee über. Wegen der gleichzeitigen Drehung des Windes von Südsüdwest auf Nordwest bis Nord schlägt die Föhn- und Leewirkung an den Nordrändern der Gebirge überraschend schnell in Stau um. Hohe Wolkenmauern türmen sich vor den Alpen auf und geben zu verstärktem Niederschlag Anlaß. Der Alpenstau läßt daher keine rasche Wetterbesserung im Oberland erwarten. Dennoch ist eine gewisse Leewirkung auf der Südseite der Alb nicht zu verkennen. Es zeigt sich häufig, daß die Niederschläge im Donautal schon längst aufgehört haben und die Bewölkung wieder auflockert, während am nördlichen Alpenrand noch immer Regen oder Schnee bei dichter Staubewölkung fällt.

Nicht selten setzt nach dem Einfließen der Kaltluft in den Mittelmcerraum von der Adria her über die Ostalpen hinweg neues Aufgleiten von Warmluft in der Höhe ein. Während im Ulmer Raum die tiefe Bewölkung weiter abnimmt, zieht von Osten her bereits wieder hohe Bewölkung auf. Am Alpennordrand kommt cs dann oft erneut zu Stauerscheinungen. Das Donaugebiet bleibt aber meist niederschlagsfrei. Nur wenn das Adriatief statt nach Osten auf der bekannten Zugstraße Vb nach Nordosten weiterwandert, breiten sich die gefürchteten Hochwasserlagen Ostbayerns auch auf das schwäbische Oberland und unseren Raum aus und lassen die westlichen Alpenflüsse, in seltenen Bällen auch die Brenz, über ihre Ufer treten.

Bei rasch abklingender Meridionalzirkulation sind solche Kaltlufteinbrüche aus Nordwesten auch im Mai noch zu fürchten. Durch sie wird das gesamte Temperaturniveau oft bis auf wenige Grade über den Gefrierpunkt gesenkt, so daß in den folgenden klaren Nächten verbreitet Fröste zu erwarten sind. Die Eisheiligen haben davon ihren Namen erhalten. Sie traten aber in den letzten Jahrzehnten nicht mehr mit der ehemals üblichen Regelmäßigkeit auf, vielmehr stellten sich diese unerwünschten Spätfröste häufig schon um den 6.—8. herum oder erst zwischen dem 16.—18. Mai ein. Eine Erklärung für diese Aufspaltung und Verschiebung hat man bisher noch nicht gefunden.

In gewisser Weise gehören zu dem meridionalen Zirkulationssystem auch die sogenannten Westwinkellagen, bei denen die mit einer kräftigen Westostdrift über den Atlantik ziehenden Warm- und Kaltfronten durch ein Hochdruckgebiet über Skandinavien und Norddeutschland[1] blockiert und nach Norden abgelenkt werden. Ihre Ausläufer streifen zwar meistens noch unser Gebiet, bringen aber nur geringe hohe Bewölkung bei im allgemeinen mildem oder warmem, niederschlagsfreiem Wetter. Bildet sich aber dann im weiteren Verlauf über der Biskaya und Südfrankreich ein Teiltief aus, so wird das Wetter bei uns im Sommer zunehmend schwüler und eine Reihe von Gewittern zieht über Südwestdeutschland hinweg nach Nordosten. Im Winter sind diese Lagen seltener. Sie leiten dann zu Tauwetter, anfangs mit Schneeregen und später Regen, über.

4. Hochdrucklagen.

Im August und September streben die großen sommerlichen Temperaturgegensätze zwischen Ozean und Festland mehr und mehr einem Ausgleich zu. Über dem östlichen Mitteleuropa bildet sich gerne ein recht beständiges Hochdruckgebiet aus, dessen Schwerpunkt sich bisweilen um einige Längengrade nach Westen verlagert und mit dem Azorenhoch Verbindung aufnimmt. Mit kurzen Unterbrechungen bestimmt solch eine Lage unser Wetter oft von Ende September (Altweibersommer) bis weit in den Oktober hinein, manchmal sogar noch

Anfang November. Aus diesem Grunde zeichnet sich der Oktober häufig durch Niederschlagsarmut aus.

In dieser Zeit wirken sich die Höhenunterschiede innerhalb des Ulmer Raumes am stärksten aus. Während nämlich die im herbstlichen Gold prangenden Wälder auf den Höhen der Alb zu Wanderungen bei herrlichem Sonnenschein und milder, ja sogar spätsommerlich warmer Luft einladen, bilden sich in der Donauniederung und in den einmündenden Seitentälern nachts und morgens weite Nebelfelder, die von Tag zu Tag mächtiger werden, sich immer später auflösen und schließlich tage- und wochenlang die tiefen Lagen vom Genuß des Sonnenscheins abschließen. Von den Hängen fließt Nacht für Nacht immer mehr Kaltluft in das Donau-, Schmiech-, Blau- und Brenztal, wo sich um 6—10 Grad tiefere Temperaturen einstellen können als auf der nebelfreien Albhochfläche. Hinzu kommt noch, daß eine so ausgeprägte Temperaturumkehr den Austausch der verunreinigten, feuchten, kalten Niederungsluft mit der darüber befindlichen klaren, trockenen und milden Höhenluft unterbindet, so daß die Anreicherung mit Ruß, Staub und Abgasen ständig zunimmt. Selbst schwache Störungen mit leichten Niederschlägen vermögen oft nicht die zähe Nebelluft aus dem Donautal fortzuräumen, sondern tragen, wenn der Boden gefroren ist, durch Glatteisbildung auf den Straßen noch zur Verschlechterung der Lage bei.

Im Sommer sind solche beständigen, zentralen Hochdruckwetterlagen selten. Wenn sie aber auftreten, dann zeichnen sie sich durch ungewöhnliche Hitze und Trockenheit aus, wie wir sie letztmalig 1947 und 1949 erlebten.

Diese kurze Schilderung der Zirkulationssysteme, von denen nur die wichtigsten genannt wurden, soll genügen, um die Lage des Ulmer Raumes innerhalb des Großwettergeschehens zu kennzeichnen und in großen Zügen den Wetterablauf während der einen oder anderen Zirkulationsform zu charakterisieren. Es wurde dabei bewußt auf die übliche monatsweise Darstellung verzichtet, in der nur in ungenügender

Weise die Vielgestaltigkeit der Wetterlagen, die in ihrer Gesamtheit das Klima unserer Heimat ausmachen, zum Ausdruck kommen kann: Soweit sich auf Grund langjähriger Beobachtungen zeitliche Häufungspunkte ermitteln ließen, wurden diese mit erwähnt. Die Betrachtung der Kurve des mittleren Temperaturlaufs (Abb. 3) ermöglicht hierbei wichtige Hinweise.

Dennoch wird es notwendig sein, in den nun folgenden Abschnitten die einzelnen Klimaelemente einer selbständigen Betrachtung zu unterziehen, um

1. einen Begriff von ihren Häufigkeitsverteilungen und Streuweiten zu erhalten, was für viele Wirtschaftszweige von besonderer Bedeutung ist,
2. ihre Beziehungen zu den bereits geschilderten Wetterlagen noch näher zu umreißen und
3. die Klimaeigenheiten des Ulmer Raumes besonders herauszustellen.

III. Die Klimaelemente.

Als Unterlagen standen außer den Mittelwerten der Klimakunde des Deutschen Reiches (1.) in erster Linie die in den meteorologischen Jahrbüchern (2.) veröffentlichten Bcobachtungsergebnisse von Klima- und Niederschlagsstationen zur Verfügung, ferner die Aufzeichnungen in den Originaltabellen von Ulm seit 1927 — das ältere Material von rund 80 Jahren ist leider durch Kriegseinwirkung vernichtet worden — und die täglichen Beobachtungen der hauptamtlichen Wetterstation Ulm, die hier nach dem Kriege errichtet wurde. Es war dabei notwendig, das gesamte Material einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, Fehler auszumerzen oder zu korrigieren und fehlende Beobachtungen durch Interpolation mit Hilfe von Nachbarstationen zu ergänzen. Letzteres war allerdings für die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg nicht restlos möglich, da nach dem Zusammenbruch auch das ganze Netz der Klima- und Niederschlagsstationen neu auf gebaut werden mußte.

1. Der Wind.

a) Windrichtung.

Wegen des Überwiegens der Wcstwetterlagen sind in unserem Gebiet die West- und Südwestwinde unter allen Windrichtungen am häufigsten vertreten. (Tabelle 1, Abb. 1). Sie machen zusammen im Jahresdurchschnitt 40—44 % aus, wovon auf der Alb etwa westlich der Linie Ulm—Geislingen ungefähr 27 % auf Südwest und 13 % auf West entfallen. Nach Osten hin kehrt sich das Verhältnis um. Auch im Donautal konnte diese Beobachtung gemacht werden, wobei der Knick etwas unterhalb von Ulm zu liegen scheint, wo der Albabfall sich verflacht und von der Donau weiter nach Norden zurückweicht.

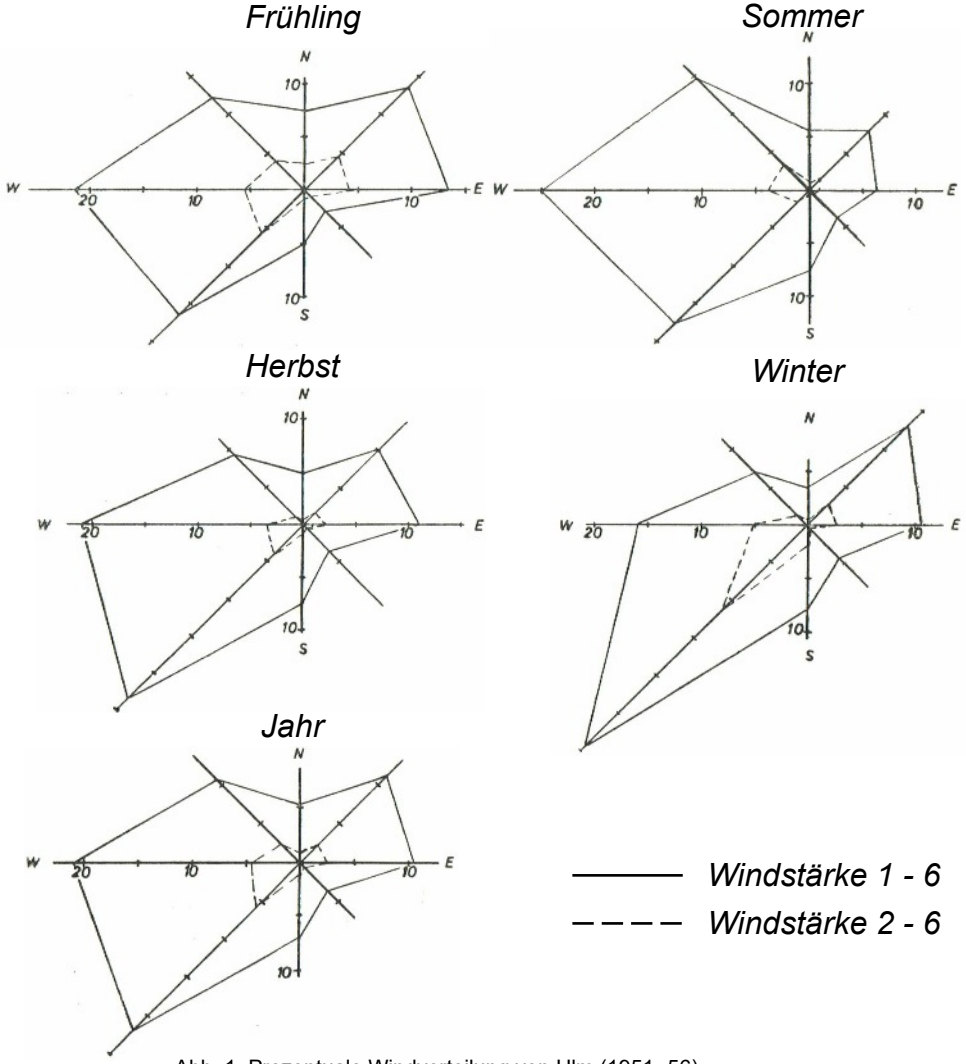


Abb. 1 Prozentuale Windverteilung von Ulm (1951 -56).

Tab. 1 - -Mittlere Häufigkeit der Windrichtungen in %

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme
				Jahr					
Ulm (81-23)	4.9	9.6	17.7	1.8	1.3	13.1	36.7	11.0	3.9
Ulm (51-56)	5.	11.1	10.4	3.5	6.9	21.7	20.9	10.8	9.3
Heidenheim (81-17, 20-23)	3.7	8.8	11.0	13.3	3.2	14.8	28.9	12.0	4.3
Stötten (47-51)	3.0	4.4	16.2	11.0	6.7	13.4	27.5	10.1	7.7
Schofloch (81-21)	5.6	9.0	12.0	11.0	10.9'	28.6	13.4	8.2	1.3
				Frühling					
Ulm (51-56)	7.4	13.6	13.4	2.8	5.0	16.4	21.4	12.1	7.9
Heidenheim	5.1	10.0	11.9	10.2	2.5	12.9	30.6	13.0	3.8
Stötten	3.6	7.0	18.6	8.5	5.8	14.0	27.0	9.6	5.9
Schopfloch	7.3	11.4	12.3'	9.6	8.9	26.1	13.7	9.8	0.9
				Sommer					
Ulm (51-56)	5.7	7.8	6.4	3.7'	7.7	17.8'	25.1	14.7'	11.0
Heidenheim	3.1	6.6	8.3	8.2	2.3	13.6	36.7	15.6	5.6
Stötten	4.7	4.1	14.2	8.6	4.7	9.4	29.5	14.7	10.1
Schopfloch	7.6	9.0	9.3'	8.0	9.9'	27.0	16.5'	11.9	0.8'
				Herbst					
Ulm (51-56)	4.9'	10.1	11.1	3.4	7.4	23.3	21.1'	9.4	9.3
Heidenheim	3.0	8.5	13.2	16.2	3.4	14.6	25.8	10.0	4.3
Stötten	1.9	4.1	17.4	14.5	7.5	14.1	25.9	8.6	6.0
Schopfloch	4.3	9.4	13.4	12.7'	12.2	28.4	12.2	6.2	1.2
				Winter					
Ulm (51-56)	3.6	12.8	10.6	4.1	7.7	29.3	15.9	7.1	8.9
Heidenheim	3.2	8.4	11.1	17.9	4.3	17.7	24.9	9.2	3.3
Stötten	1.6	2.5	14.6	12.4	8.8	16.3	27.9	7.2	8.7
Schopfloch	3.4	5.5	12.8	13.9	13.3	31.8	12.0	5.2	2.1

Als zweithäufigste Windrichtung hebt sich Ost bzw. infolge lokaler Beeinflussung Südost und Nordost hervor. Auf diese Richtungen entfallen im Jahresdurchschnitt auf der Alb 30—33 %$_j$ im Donautal 25 bis 30 %. In der Bevorzugung der Ost- und Nordostwinde und dem Zurücktreten der Südostwinde drückt sich der Einfluß der Streichrichtung der Alb deutlich aus. Am seltensten sind die reinen Nordwinde vertreten und zwar sowohl südlich der Alb wie auch am nördlichen Albrand. Die Schutzwirkung der Alb für das Donautal kommt daher praktisch überhaupt nicht zur Geltung. Auch bei Nordwestwinden, die außerhalb des Brenztals etwa doppelt so häufig sind wie die Nordwinde, läßt sich eine solche nicht erkennen.

Am südlichen Albrand und in den tief eingeschnittenen Tälern der Blau und Brenz kommen einige beachtliche Abweichungen von der geschilderten Windverteilung vor. In Ulm werden sie z. B. in dem Unterschied zwischen den älteren und neueren Windbeobachtungen offenkundig. Die in der Klimakunde (1.) veröffentlichte Windverteilung (1881—1923) beruht auf Beobachtungen der ehemaligen Klimastation beim Gaswerk, die ohne Windmeßgerät angestellt wurden. Die Beobachtungsstelle lag unmittelbar am Fuße des Michelsberges, dessen Südabhang sich zusammen mit dem des Esels- und Safranberges genau in West-Ostrichtung hinzieht. Seit Sommer 1950 wird die Windrichtung mittels eines Anzeigegerätes (Fueß 94 c) in etwa 1 km Entfernung von diesem Hang bei der Wetterstation festgestellt. Der Geber befindet sich in 18 m Höhe über dem Gelände und 5—6 m über dem allgemeinen Niveau der nächsten Hindernisse. Es ist klar, daß alle Winde aus dem Südsektor unmittelbar vor dem Michelsberg viel stärker nach Osten und Westen abgelenkt werden als in größerem Abstand davor. In der Tat fällt bei den älteren Beobachtungen die große Bevorzugung der West-Ostrichtung auf, die zum größten Teil auf die Beeinflussung der Strömung längs des Albrandes zurückzuführen ist. Bei den neueren Messungen ist die Hauptwindachse von Westsüdwest nach Ostnordost gerichtet. Die Südwest- und Westwinde treten hier ungefähr gleich häufig auf, was umso erstaunlicher ist, als man ja gerade bei der jüngeren Station einen Schutz vor Südwestwinden durch den Kuhberg erwarten sollte. Ähnlich verhält es sich mit den Ost- und Nordostwinden, die in freier Lage gleich oft vertreten sind, während beim Gaswerk die ersteren fast doppelt so häufig wehen wie die Nordostwinde.

Die Windverteilung der jetzigen Wetterstation entspricht daher weit besser der Strömung, die auf Grund der mittleren Luftdruckverteilung und der Häufigkeit der verschiedenen Wetterlagen sowie des von Südwest nach Nordost streichenden Albabfalls zu erwarten ist. Wir werden uns daher im folgenden zur besseren Charakterisierung der Windverhältnisse (Richtung) im Donautal an die Messungen von 1951-56 halten. Sie gelten bestimmt im ganzen Gebiet zwischen Ehingen und Langenau, während weiter östlich tatsächlich die Westwinde etwas häufiger sein können als die Südwestwinde.

Im Brenztal werden die Südwest-, Süd- und Nordostwinde von den umliegenden Bergen abgefangen und in die Talrichtung abgelenkt. Neben der Hauptwindrichtung West-Ost tritt daher Nordwest und Südost noch stärker in Erscheinung. Im Blautal werden dagegen alle Richtungen zugunsten der West- und Ostrichtungen vernachlässigt, so daß hierfür die Windverteilung vom Gaswerk Ulm am besten zutrifft.

Die West-Ost- bzw. Südwest-Nordostachse ist im Ulmer Raum somit das ganze Jahr über betont, während die Nordsüdachse praktisch überhaupt nicht in Erscheinung tritt. Im Zeichen der monsunalen Strömung im Sommer nehmen die Ost- und Nordostwinde zur Zeit der stärksten kontinentalen Erwärmung etwa auf die Hälfte der Frühlingswerte ab, während gleichzeitig die Nordwestwinde leicht zunehmen. Auffallend ist dabei, daß das Maximum der Nordost- und Ostwinde nicht in den Winter, sondern in den Frühling fällt, wenn über dem asiatischen Festland bereits wieder Erwärmung einsetzt. Damit wird nochmals unterstrichen, daß extrem kalte Ostwinter in unserem Gebiet nicht allzu häufig sind und daß nach dem Abbau der russischen Antizyklone für unser Wetter Hochdruckvorstöße aus dem Azorenraum maßgebend werden.

Die Nordwestwinde haben ihr Minimum im Winter und sind dabei noch seltener als die Ostwinde. In dieser Zeit dreht die Strömung wegen der Südwärtsverlagerung der polaren Frontalzone nach Südwesten. Die Umstellung erfolgt schon im Herbst, so daß die frei gelegenen Stationen eine merkliche Zunahme der Südwestwinde gegenüber dem Sommer aufzuwei-

sen haben. Im Donautal, wo sich die Leitwirkung des Albrandes am stärksten auswirkt, wird Südwest im Herbst und Winter sogar zur häufigsten Windrichtung.

b) Windgeschwindigkeit.

Über die Windgeschwindigkeit geben nur die Messungen von Ulm und Stötten Aufschluß, von denen die ersteren für das Donautal, die letzteren für die Albhochfläche maßgebend sind. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab.2 - Mittlere Windgeschwindigkeit

	Ulm		Stötten (nach Pfau)	
	m/sec	Beaufort	m/sec	Beaufort
Frühling	2.40	2.5	4.44	3.5
Sommer	1.83	2.1	3.26	2.9
Herbst	1.80	2.0	3.91	3.3
Winter	2.27	2.4	4.46	3.6
Jahr	2.10	2.2	4.0	3.4

Auf der Alb weht somit der Wind im Jahresdurchschnitt etwa mit der doppelten Geschwindigkeit wie im Donautal. Dies gilt vor allem für den Herbst und Winter, wenn eine Temperaturumkehrschicht die Donauniederung von der freien Strömung auf der Albhochfläche abschirmt. Im Frühling und Sommer ist dagegen der Unterschied nicht ganz so groß, weil es ja in der warmen Zeit des Jahres wegen der verlängerten und intensiveren Einstrahlung kaum zur Ausbildung von Inversionen kommt. Hierin liegt auch der Grund, weshalb im Donautal die mittlere Windgeschwindigkeit im Winter noch etwas geringer ist als im Frühjahr, wogegen auf der Alb kein solcher Unterschied besteht.

Ein genaueres Bild von der Windgeschwindigkeit erhalten wodurch ihre Häufigkeitsverteilung, wobei wir, um eine Vergleichsmöglichkeit mit den von Pfau (28.) errechneten Werten zu haben, dieselbe Klasseneinteilung wie dort wählten. Da von Ulm bis jetzt überhaupt noch keine Zahlenwerte bekannt geworden sind, werden sie ausführlich in Tabelle 3 wiedergegeben. Sie beruhen auf den stündlichen Auswertungen der Registrierungen eines Kontaktanemographen, dessen Schalenkreuz fast in der gleichen Höhe wie das bereits erwähnte Windmeßgerät Fueß 94 c angebracht ist.

In allen Monaten liegt das Maximum zwischen 1.0 und 1,9 m/sec. Bei gleichmäßiger Unterteilung in Klassen von 0.5 m/sec findet man das Maximum vom Februar bis Mai, im Juli, September und Oktober zwischen 1.5 und 1.9 m/sec., in den übrigen Monaten zwischen 1.0 und 1.4 m/sec. Die häufigsten Winde auf der Alb haben eine Geschwindigkeit von 3.0-3.9 m/sec, also rund die doppelte von der in der Donauniederung.

Hier wie dort weist der Winter die höchsten Windstärken auf, die aber in Ulm nur bis 14 m/sec, in Stötten bis zu 20 m/sec reichen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in Einzelfällen noch größere mittlere Windgeschwindigkeiten Vorkommen und vielleicht auch in den Jahren, aus denen die Messungen stammen, vorgekommen sind, die aber durch die Festlegung auf ein

Tab. 3 - Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsstufen in Ulm in %

m/sec.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	1
0,0—0,4	9,83	8,97	7,26	5,37	5,09	10,88	8,47	10,48	11,09	13,55
0,5—0,9	10,57	11,05	9,74	8,01	10,33	14,17	12,77	14,83	14,51	16,15
1,0—1,9	26,32	28,6	27,82	30,35	33,18	38,42	36,79	39,49	36,58	34,12
2,0—2,9	20,21	21,2	21,0	24,09	23,88	20,46	24,81	21,19	22,04	21,73
3,0—3,9	15,8	15,2	15,95	16,09	16,02	10,56	10,39	9,49	10,81	10,46
4,0—4,9	9,77	9,24	9,53	9,96	7,61	4,0	4,66	2,67	3,45	2,59
5,0—5,9	3,92	3,82	5,66	4,49	2,8	0,93	1,62	1,21	1,02	1,16
6,0—6,9	2,08	1,2	2,26	1,2	0,81	0,31	0,38	0,29	0,44	0,22
7,0—7,9	0,9	0,53	0,61	0,33	0,26	0,14	0,11	0,2	0,02	0,02
8,0—8,9	0,38	0,14	0,17	0,09	0,02	0,11	—	0,13	0,04	—
9,0—9,9	0,14	0,05	—	0,02	—	0,02	—	0,02	—	—
10,0—10,9	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,0—11,9	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,0—12,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,0—13,9	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	'0,00—

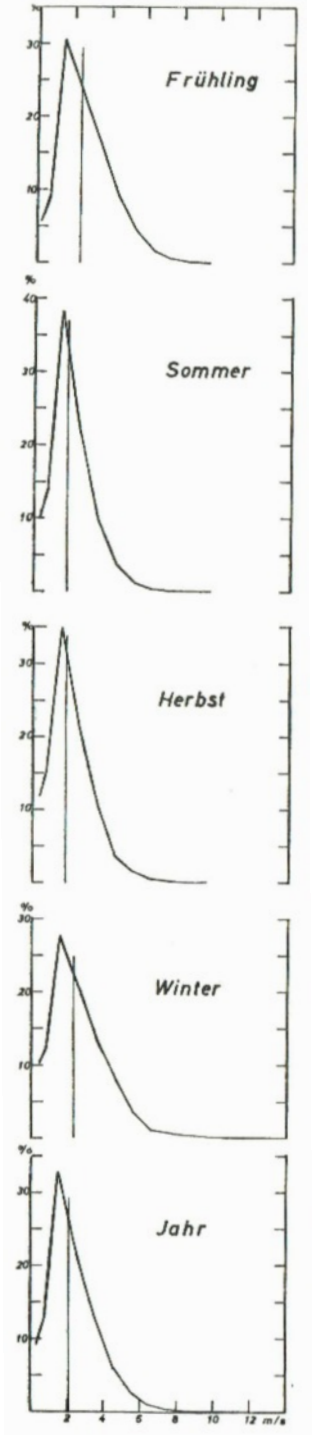
Tab. 4 - Häufigkeit der mittleren Stundengeschwindigkeit des Windes in Ulm in % (1951—56)

m/sec.	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
0,0—0,4	5,91	9,94	11,70	10,25	9,45
0,5—0,9	9,36	13,92	15,38	12,37	12,77
1,0—1,9	30,45	38,24	34,73	27,85	32,82
2,0—2,9	22,99	22,16	21,59	20,85	21,91
3,0—3,9	16,02	10,14	10,89	13,98	12,76
4,0—4,9	9,03	3,78	3,53	8,17	6,11
5,0—5,9	4,32	1,25	1,47	3,72	2,69
6,0—6,9	1,42	0,33	0,50	1,63	0,97
7,0—7,9	0,40	0,15	0,15	0,74	0,36
8,0—8,9	0,09	0,08	0,05	0,28	0,13
9,0—9,9	0,01	0,01	0,01 '	0,12	0,04
10,0—10,9	—	—	—	0,01	0,01
11,0—11,9	—	—	—	0,02	0,01
12,0—12,9	—	—	—	—	—
13,0—13,9	—	—		0,01	0,00

starres Zeitintervall von einer Stunde (1-2, 2-3, . . Uhr) und wegen des relativ kurzen Zeitraumes (Ulm 6 Jahre, Stötten 2 Jahre) nicht erfaßt wurden. Sie würden erst bei Verwendung eines kürzeren Zeitintervalls von etwa 10 oder 20 Minuten in Erscheinung treten. Die Geschwindigkeitsverteilung würde sich aber trotz einer Verlängerung der Geschwindigkeitsskala um einige Einheiten nur wenig ändern, da die höchsten mittleren Geschwindigkeiten nur von kurzer Dauer sind. Um Zufälligkeiten in der Geschwindigkeitsverteilung auszuschalten, wurden für Ulm in Tabelle 4 die entsprechenden prozentualen Häufigkeiten für die Jahreszeiten errechnet und in Abb. 2 dargestellt.

Die Kurven zeigen in Bezug auf die eingezeichneten Geschwindigkeitsmittel der Jahreszeiten dieselbe Linksasymmetrie wie in Stötten, besonders im Winter und Frühling. Sie ist aber gegenüber Stötten schwächer, so daß die Mittelwerte von Ulm die Geschwindigkeitsverteilung besser charakterisieren als die entsprechenden auf der Alb. Dies gilt vor allem für die windschwachen Sommer- und Wintermonate, in denen die Größenklasse des jeweiligen Geschwindigkeitsmittels mit den beiden benachbarten Klassen schon 84 bzw. 83%, in Stötten aber nur 67 bzw. 49% aller Stundenwerte erfassen. Im Winter und Frühling sind es in Ulm 63 bzw. 69%, in Stötten 49 bzw. 52%. Im Jahresdurchschnitt entfallen in Ulm auf den Geschwindigkeitsbereich v_m i 1.0 m/sec 67%, in Stötten nur 50<% aller Stundenwerte. (v_m = mittlere Geschwindigkeit im Jahr). Oberhalb dieses Bereiches liegen in Ulm im Winter und Frühling noch je l5o%, die Geschwindigkeiten bis zu 14 m/sec enthalten, im Sommer und Herbst 16 bzw. 17% mit Stundengeschwindigkeiten bis 10 m/sec. Im Jahresdurchschnitt machen sie nur 11% aus.

Wie sich die Windstärken auf die einzelnen Richtungen verteilen, zeigt die Tabelle 5. Die Werte wurden nach den Beobachtungen zu den drei Klimaterminen (7, 14, 21 MOZ) der Jahre 1951-56 errechnet.



Das Maximum aller Windstärken fällt im Frühling und Sommer fast ausschließlich auf die Westwinde. Im Frühjahr tritt jedoch Windstärke 2 fast mit der gleichen Häufigkeit auch bei Ost- und Nordostwinden auf. Diese sind in dieser Stärke sogar noch häufiger als die Südwest- und Nordwestwinde. Windstärke 3 wird hauptsächlich bei Nordostwind erreicht, ähnlich häufig aber auch bei Ost- und Südwestwind. Mit rund 1 o/b ist Windstärke 5 und 6 für Ulm recht selten. Es bedeutet aber immerhin, daß man im Frühling durchschnittlich an einem Tag Südwest-, West- oder Nordwestwind, gelegentlich auch Süd- und Nordwind mit Stärke 5 oder 6 erwarten kann.

Im Sommer sind die Ostrichtungen wesentlich windschwächer und seltener. Die Geschwindigkeit der Südwestwinde hat im Durchschnitt ebenfalls abgenommen, während die Nordwestwindc noch immer mit derselben Stärke wehen wie im Frühling. Die Nordwestwindc mit geringerer Stärke sind sogar häufiger geworden (Sommermonsun). Windstärke 5 und 6 ist gegenüber dem Frühjahr noch seltener geworden, kommt aber gelegentlich noch bei Winden aus dem Westsektor vor.

Im Herbst verschiebt sich das Maximum der mäßig starken Winde auf Südwest bis West, die allein noch Windstärken bis zu 5 Beaufort haben können. Letztere tritt jedoch ähnlich selten auf wie im Sommer. Beaufort 6 kam in den 6 Jahren 1951-56 überhaupt nicht vor. Bei allen anderen Windrichtungen ist eine weitere Geschwindigkeitsabnahme festzustellen. Aus der Zunahme der Hochdrucklagen, die im Donautal meist mit Nebel- und Hochnebelbildung verbunden sind, ergibt sich eine Häufigkeitszunahme der schwachen Ost- und Nordostwinde.

Der Winter bringt wieder eine Belebung der Luftbewegung. Das Maximum der Windstärke liegt bei 2 Beaufort und Richtung Südwest. Auch Windstärke 3 ist in dieser Richtung noch stark vertreten. Bei West- und Nordwestwind sind nunmehr wieder Windstärken bis zu 6 Beaufort zu erwarten. Die Ost- und Nordostwinde werden zwar in ihrer Gesamtzahl etwas häufiger, jedoch ist ihre Geschwindigkeitszunahme nicht sehr groß.

Die stärksten Winde kommen somit in allen Jah-

Abb. 2 Prozentuale Häufigkeit der mittleren Windgeschwindigkeit in Ulm (1951-1956)

Tab. 5 Prozentuale Verteilung der Windstärken vin Ulm (1951 - 56)

Beaufort	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	Summe
					Frühling					
0									7.9	7.9
1	2.1	3.6	3.3	0.8	1.6	5.6	9.9	3.9		30.8
2	2.9	5.6	5.9	1.2	2.3	5.2	6.9	4.3		34.3
3	2.1	3.9	3.5	0.7	0.8	3.8	2.5	3.0		20.3
4	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	1.5	1.6	0.7		5.7
5	0.0	—	—	—	0.0	0.3	0.4	0.2		0.9
6	—	—	—	—	—	—	0.1	—		0.1
Summe	7.4	13.6	13.4	2.8	5.0	16.4	21.4	12.1	7.9	100.0
					Sommer					
0									11.0	11.0
1	2.8	2.8	2.8	2.1	4.2	8.4	13.1	7.0		43.2
2	2.1	3.7	2.6	1.3	3.3	7.9	8.2	4.4		33.5
3	0.8	1.2	0.9	0.2	0.2	1.3	3.0	2.9		10.5
4	—	0.1	0.1	0.1	—	0.2	0.7	0.3		1.5
5	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1		0.2
6	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0.0		0.1
Summe	5.7	7.8	6.4	3.7	7.7	17.8	25.1	14.7	11.0	100.0
					Herbst					
0									9.3	9.3
1	2.5	4.5	4.6	2.0	4.1	10.2	10.6	4.9		43.4
2	2.0	4.1	4.3	1.0	2.4	9.1	7.0	3.2		33.1
3	0.3	1.5	1.9	0.4	0.7	3.0	2.8	0.9		11.5
4	0.1	0.0	0.3	—	0.2	0.8	0.6	0.4		2.4
5	—	—	—	—	—	0.2	0.1	0.0		0.3
6	—	—	—	—	—	—	—	—		—
Summe	4.9	10.1	11.1	3.4	7.4	23.3	21.1	9.4	9.3	100.0
					Winter					
0									8.9	8.9
1	1.6	4.0	3.9	2.8	2.9	8.6	6.0	3.4		33.2
2	1.5	6.0	4.3	0.9	2.8	9.5	4.7	2.3		32.0
3	0.4	2.4	2.3	0.4	1.7	7.9	3.6	1.0		19.7
4	0.1	0.4	0.1	—	0.3	2.7	0.9	0.3		4.8
5	—	—	—	—	0.0	0.5	0.6	0.1		1.2
6	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—		0.2
Summe	3.6	12.8	10.6	4.1	7.7	29.3	15.9	7.1	8.9	100.0
					Jahr					
0									9.3	9.3
1	2.3	3.7	3.7	1.9	3.2	8.2	9.9	4.8		37.7
2	2.1	4.9	4.3	1.1	2.7	7.9	6.7	3.5		33.2
3	0.9	2.3	2.1	0.4	0.9	4.0	2.9	2.0		15.5
4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	1.3	1.0	0.4		3.5
5	0.0	—	—	—	0.0	0.3	0.3	0.1		0.7
6	0.0	—	—	—	—	0.0	0.1	0.0		0.1
Summe	5.4	11.1	10.4	3.5	6.9	21.7	20.9	10.8	9.3	100.0

reszeiten aus Südwest bis Nordwest und nur ganz selten aus Süd und Nord. Nach den bisweilen verheerenden Wirkungen in den Wäldern am Südrand des Donautals zu urteilen, erfahren die letzteren offenbar beim Abstieg von der Alb ins Donautal zwischen Donaurieden und Oberelchingen noch eine Verstärkung und sind fast regelmäßig von schweren Sturmböen mit Spitzengeschwindigkeiten von schätzungsweise 80—100 km/Std. begleitet. Zur Vermeidung von Düsenwirkungen ist daher bei Einschlägen in den Wäldern darauf zu achten, daß die Süd-, West- und Nordränder einen möglichst abgerundeten Verlauf behalten.

Auf der Alb kommen die stärksten Winde fast durchweg aus Westsüdwest bis West. Für Westsüdwest errechnete Pfau (28) nach Messungen aus den Jahren 1947—51 in Stötten eine mittlere Jahresgeschwindigkeit von 6.99 m/sec entsprechend Windstärke 4. Das Maximum wird im Februar mit 9.83 m/sec, d. h. fast Windstärke 6 bei Westsüdwestwind erreicht. In den Monaten Dezember, Januar, März und April ergibt sich für diese Richtung ein Gcschwindigkeitsmittcl von rund 7,5 m/sec = Windstärke 4—5. Vom Mai bis Oktober beträgt es 3.5 bis 5.2 m/sec, wobei im Mai und Oktober auch die Ost- und Nordostwinde etwa gleich stark, zum Teil sogar noch etwas lebhafter sind als die westlichen. Bemerkenswert ist dabei, daß das Geschwindigkeitsmaximum auf der Alb nicht mit dem Richtungsmaximum zusammenfällt, sondern um 20—30 Grad nach Südwesten zurückgedreht ist. Anders dagegen im Donautal, wo sich das Richtungsmaximum mit dem Geschwindigkeitsmaximum deckt. Lediglich die heftigsten Winde kommen im Winter ebenso häufig aus Westen wie aus der Hauptwindrichtung Südwest.

2. Die Temperatur

a) Die Mitteltemperatur.

Einer Höhenzunahme von 100 m entspricht in der freien Atmosphäre im allgemeinen eine Temperaturabnahme von 0.5—1.0 Grad, je nachdem ob es sich um wasserdampfgesättigte oder trockene Luft handelt. Bei einem Höhenunterschied von rund 300 m zwischen dem Donautal und der Albhochfläche wären somit Temperaturdifferenzen von 1.5—3.0 Grad zu erwarten. Sie treten allerdings nur vom April bis August tatsächlich auf. So hat Münsingen im langjährigen Durchschnitt (Tab. 6) im April und Mai eine um 2.2 Grad, Schopfloch im Mai und Juni eine um 1.9 Grad und Stötten am Albnordrand vom April bis Juni eine um 1.8 Grad niedrigere Temperatur als Ulm. Um dieses anormale Verhalten klarer hervortreten zu lassen, wurden die mittleren vertikalen Temperaturgradienten zwischen der am tiefsten gelegenen Station Ulm und den Meßstellen auf der Alb berechnet (Tab. 7). Dabei ergibt sich nur bis etwa 700 m Seehöhe eine normale Temperaturabnahme mit der Höhe. Der vertikale Gradient zwischen Ulm und Schopfloch ist vom September bis März, zwischen Ulm und Stötten vom September bis Februar viel geringer als der zwischen Ulm und Münsingen, welcher seinerseits im Januar nur —0.13°/100 m beträgt. In diesen Monaten stellen die Täler die großen Sammelbecken der von den Höhen nachts herabfließenden Kaltluft dar. Da diese meist von starkem Dunst und Nebel angereichert ist, erwärmt sie sich am Tage nur langsam und nimmt oft nur stundenweise dieselbe oder eine wenig höhere Temperatur an wie auf der Hochfläche. Oft bleibt sie den ganzen Tag mehrere Grade kälter.

Tab. 6 Mittlere Monatstemperatur und ihre Extreme

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Jahr
Ulm 479 m	Mittel	—1.4	—0.1	3.6	7.9	12.8	15.9	17.4	16.7	13.3	8.2	3.4	—0.3	8.1	1891—1940
	Max	4.0	4.9	7.3	11.7	16.3	19.4	21.5	21.0	16.9	11.4	7.5	4.5	9.3	1851—1950
	Min	—9.5	—9.0*	—1.3	4.7	9.3	12.2	14.7	13.8	9.0	4.6	—1.7	—8.8	6.9	
Heiden-	Mittel	—1.9	—0.6	2.9	7.2	12.2	15.2	16.8	15.8	12.5	7.3	2.9	—0.8	7.3	1891—1940
heim	Max	4.2	4.2	6.7	11.2	16.9	19.6	21.6	19.5	15.1	10.3	7.2	4.0	8.8	1851—1923
494 m	Min	—9.0	—10.0*	—1.7	4.3	8.0	11.4	14.1	13.5	8.5	3.2	—2.3	—11.4	5.6	
Schopf-	Mittel	—1.5	—0.6	2.3	6.1	10.9	14.0	15.7	15.2	12.1	7.2	2.6	—0.7	6.9	1891—1940
loch	Max	2.9	4.5	6.1	11.4	16.9	18.7	19.8	18.9	16.5	11.0	7.4	4.5	8.3	1851—1922
764 m	Min	—7.1	—8.2*	—3.1	2.7	6.3	10.6	12.4	11.9	6.6	2.2	—2.3	—6.5	5.6	
Mün- singen 715 m	Mittel	—1.7	—1.6	1.6	5.7	10.6	13.8	15.4	14.7	11.4	6.7	1.9	—1.7	6.3	1891—1940
Stötten 734 m	Mittel	—1.5	—0.7	2.3	6.1	11.0	14.1	15.8	15.3	12.4	7.4	2.7	—0.6	7.0	1891—1949

* 1956: Ulm —10.4, Heidenheim —10.7, Schopfloch —11.0.

Tab. 7. Vertikaler Temperaturgradient (°C/100 m)
(Alle Werte haben negatives Vorzeichen)

	Ulm-Münsingen	Ulm-Schopfloch	Ulm-Stötten
Januar	0,13	0,04	0,04
Februar	0,64	0,18	0,24
März	0,85	0,46	0,51
April	0,94	0,64	0,71
Mai	0,94	0,67	0,71
Juni	0,9	0,67	0,71
Juli	0,85	0,6	0,63
August	0,85	0,53	0,55
September	0,81	0,42	0,36
Oktober	0,64	0,35	0,32
November	0,64	0,21	0,28
Dezember	0,6	0,14	0,12
Jahr	0,77	0,42	0,43

Sehr häufig bildet sich bei störungsfreien Hochdruckwetterlagen zwischen 600 und 700 m NN durch Absinken und damit verbundene adiabatische Erwärmung der Luft eine Temperaturinversion aus, mit der die Temperatur sprunghaft um mehrere Grade zunimmt. So kann es im Herbst und Winter bei extremen Fällen auf der Alb, besonders vormittags, 8—10 Grad wärmer sein als in den Tälern. Selbst die langjährigen Mittelwerte von Heidenheim, wo die steilen Ost- und Westhänge die Einstrahlung im Winter auf wenige Stunden beschränken, sind im Dezember und Januar 0.1—0.4 Grad niedriger als die der 250—300 m höher gelegenen Stationen.

Ähnliche Verhältnisse liegen im Blau-, Ach-, Schmiech- und vor allem im kleinen Lauter- und Tiefental vor. Im letzteren gibt es daher nicht nur wegen der orographischen Verhältnisse, sondern auch wegen der klimatischen Benachteiligung keinen Ackerbau. Im Lautertal befindet sich nur eine kleine Siedlung mit wenigen Hausgärten. Andererseits ist es auch nicht verwunderlich, daß der größte Teil der Albhochfläche trotz des mageren Bodens landwirtschaftlich genutzt wird.

Die mittleren Monatstemperaturen erreichen ihre Höchst- und Tiefstwerte in der Regel einen Monat nach der Sommer- bzw. Wintersonnenwende, wie die folgende Auszählung der jeweils kältesten und wärmsten Monate von 1872—1955 zeigt:

KältesterWintermonat		*Wärmster Sommermonat*	
Dezember	19	mal Juni	11 mal
Januar	45	mal Juli	50 mal
Februar	17	mal August	21 mal
Dezember u.Februar	3	mal Juli u. August	2 mal

Legt man durch die Kurve der täglichen Mitteltemperatur (Abb. 3, errechnet durch 5-tägig übergreifende Mittelbildung der Tagesmittel von Ulm von 1927—1955) einen den auf- und absteigenden Ästen angeglichenen Linienzug, so erkennt man, daß der nach dem Sonnengang zu erwartende Gipfelpunkt nicht erreicht wird. Durch die Anfang Juni beginnenden

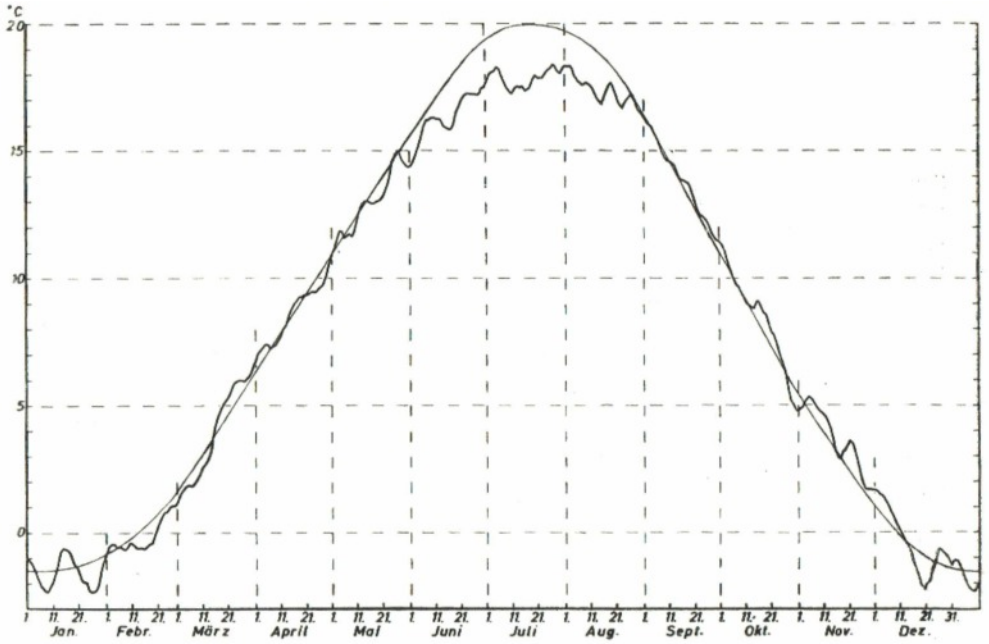


Abb. 3 Mittlere Tagestemperatur in Ulm

Monsunvorstöße wird er Anstieg der Temperatur merklich gehemmt. Eine entsprechende Erscheinung im Winter existiert nicht. Dieses gegensätzliche Verhalten findet seine Erklärung damit, daß die beiden beherrschenden Zirkulationsformen im Sommer in gleicher Weise eine Zufuhr maritimer Luftmassen aus westlicher Richtung bewirken, während im Winter die planetarische Strömungsform feucht-milde bis feucht-kalte, der monsunale Witterungstyp trockenkalte, ja sogar extrem kalte Luft heranführt. Die Streuung der mittleren Monats- wie auch der Tagestemperaturen ist daher im Winter größer als im Sommer. So pendelten z. B. in Schopfloch die ersteren in den 50 Jahren von 1881—1930 zwischen —8.6 und +4.5 Grad, im Sommer nur zwischen 10.6 und 19.8 Grad. Bei Talstationen, wo ja der ständige Kaltluftzufluß von den Höhen und die Behinderung der Sonneneinstrahlung durch Nebel und Hochnebel zu besonders tiefen Monatsmitteln führen kann, ist die

Tab. 8. Häufigkeit der Abweichungen der Monats- und Jahresmittel vom langjährigen Durchschnitt von Ulm (1872-1955)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
unternormal	32	33	31	31	23	18	25	20	23	26	22	31	4
normal	21	28	30	36	38	49	43	52	46	40	37	26	76
übernormal	31	23	23	17	23	17	16	12	15	18	25	27	4

*) Wenn hier wegen fehlender älterer Meßergebnisse nur der Zeitraum von 1928—55 zugrunde gelegt werden konnte und Bedenken darüber auftauchen könnten, ob damit auch die extremsten Tagesmittel erfaßt wurden, **so** sei daran erinnert, daß in diese 28 Jahre die strengen Kriegswinter 1939—42 und heißen Sommer 1947 und 1949 fallen.

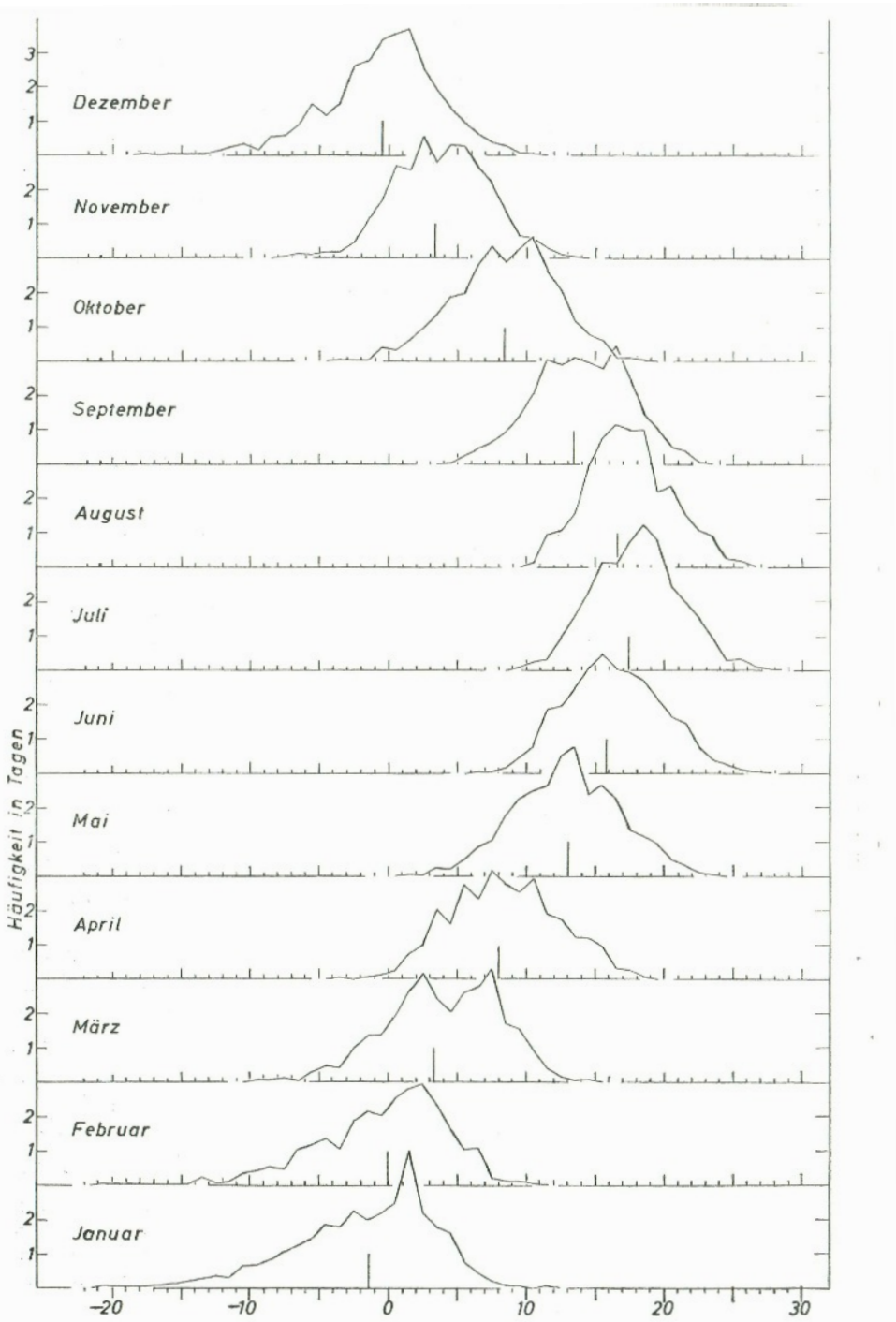


Abb. 4 Mittlere Häufigkeit der Tagesmitteltemperaturen von Ulm (1927 - 55)

Schwankungsbreite im Winter sogar doppelt so groß wie im Sommer (Tab. 6). Auch die folgende Zusammenstellung, in der als „normal“ solche Monatstemperaturen bezeichnet wurden, die +0.9 Grad vom langjährigen Mittel abwichen, gibt den gleichen Sachverhalt wider.

Noch überzeugender kommt dies in der Häufigkeitsverteilung der mittleren Tagestemperaturen zum Ausdruck (Tab. 9, Abb. 4)[1]). Sie streuen in der kalten Jahreszeit zwischen —20 und +10 Grad, in der warmen dagegen nur von +6 bis +27 Grad, im August gar nur von +10 bis +25 Grad. Faßt man jeweils die Hälfte aller um den Mittelwert herum liegenden Häufigkeiten zu einer Gruppe zusammen, so fallen die restlichen 25o/o unterhalb dieses Bereiches im Januar in das Intervall von —20 bis —5 Grad, im August von 10—14 Grad. Das andere Viertel liegt im Januar zwischen 1 und 10 Grad, im August zwischen 19 und 25 Grad. Im ganzen kommen somit im Winter gelegentlich größere Abweichungen nach tieferen als nach höheren Temperaturen zustande. Im Sommer ist das Verhältnis etwa gleich. Die langjährigen Monatsmittel sind daher für die Sommermonate viel repräsentativer als für die Wintermonate.

Der Temperaturanstieg in der ersten Jahreshälfte erfolgt viel unregelmäßiger als der Abfall im Herbst. Bis Anfang Juli ist ja auch der Temperaturunterschied zwischen den kühlen Wassermassen des Nordatlantik und dem sich rasch erwärmenden Festland noch sehr groß, so daß die aus Westen und Nordwesten einbrechenden Polarluftmassen nach kurzen Schönwetterperioden mit oft sommerlichen Temperaturen als besonders markante Kälterückfälle in Erscheinung treten. Sie setzen im April ein und wiederholen sich in mehreren Wellen bis in den Sommer hinein. Auffallend ist dabei, daß die gefürchteten Maifröste in den letzten 100 Jahren nicht mehr zur Zeit der sogenannten Eisheiligen (11.—13. Mai) aufzutreten pflegen, sondern schon zwischen dem 6. und 8. bzw. erst um den 17. Mai herum. Sie haben außerdem gegenüber früher viel von ihrer Stärke eingebüßt und kommen nicht mehr mit so großer Regelmäßigkeit vor wie ehedem, was natürlich nicht ausschließt, daß sich auch in kommenden Jahren zu dieser Zeit gelegentlich verbreitete Spätfröste einstellen können.

Durch eine viel größere Regelmäßigkeit fallen dagegen die drei Monsunvorstöße Ende Mai bis Ende Juni auf. Die 2. Monsunwelle vom 9.—18. Juni, Schafkälte genannt, konnte in 89% aller Jahre beobachtet werden. Der 3. Monsunvorstoß fällt etwa auf den Siebenschläfertag, dem vom Volke wegen der bekannten Siebenschläferregel besondere Beachtung geschenkt wird. Über ihre Brauchbarkeit waren bereits im vorangegangenen Kapitel Ausführungen gemacht worden.

Ab Juli gleichen sich die Temperaturgegensätze zwischen Ozean und Festland mehr und mehr aus, worauf der glatte Verlauf der Temperaturkurve von Ende August bis Anfang Oktober hinweist. Die letzten Monsunwellen Anfang und Mitte August werden nicht mehr als ausgeprägte Kälterückfälle empfunden. Dafür bringen nunmehr öfters ruhige Hochdrucklagen längere Schönwetterperioden mit hoch- und spätsommerlichen Temperaturen. Im September können allerdings nach klaren, windstillen Nächten mit verstärkter Ausstrahlung bereits wieder die ersten Fröste auftreten.

Eine zunehmende Unruhe zeigt sich im Temperaturverlauf erst wieder ab

°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
-20	0,07	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11
-19	0,04	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08
-18	0,04	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08
-17	0,04	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,07	0,15
-16	0,07	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11
-15	0,11	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	0,19
-14	0,19	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,07	0,3
-13	0,26	0,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	0,52
-12	0,33	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11	0,51
-11	0,3	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,66
-10	0,63	0,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,32	1,28
-9	0,67	0,41	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	0,14	1,3
-8	0,81	0,52	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	0,54	1,95
-7	1,07	0,47	0,12	—	—	—	—	—	—	—	0,07	0,57	2,3
-6	1,26	1,03	0,04	—	—	—	—	—	—	—	0,14	0,89	3,36
-5	1,44	1,18	0,31	—	—	—	—	—	—	—	0,11	1,18	4,22
-4	1,85	1,33	0,46	—	—	—	—	—	—	—	0,18	1,14	4,96
-3	1,7	1,03	0,42	0,04	—	—	—	—	—	0,04	0,18	1,5	4,91
-2	2,26	1,88	1,04	—	—	—	—	—	—	0,04	0,43	2,61	8,26
-1	2	2,14	1,35	0,04	—	—	—	—	—	0,04	1,11	2,74	9,42
0	2,19	2,07	1,39	0,12	—	—	—	—	—-	0,39	1,71	3,36	11,23
0	2,48	2,56	1,91	0,27	—	—	—	—	—	0,32	2,7	3,54	13,78
1	4,04	2,81	2,69	0,73	0,04	—	—	—	—	0,61	2,57	3,68	17,17
2	2,19	2,96	3,19	1	0,04	—	—	—	—	0,96	3,54	2,57	16,45
3	1,81	2,37	2,42	2,04	0,24	—	—	—	—	1,39	2,82	1,89	14,98
4	1,63	1,67	2,04	1,62	0,24	—	—	—	0,04	1,85	3,29	1,39	13,77
5	0,74	1,04	2,62	2,76	0,48	—	—	—,	0,25	1,96	3,25	0,96	14,06
6	0,44	1,07	2,77	2,35	0,84	0,04	—	—	0,46	2,82	2,64	0,61	14,04
7	0,19	0,19	3,31	3,19	1,04	0,04	—	—	0,64	3,32	2,21	0,39	14,52
8	0,07	0,11	1,69	2,77	1,76	0,15	—	—	0,93	2,89	1,36	0,29	12,02
9	0,04	0,11	1,54	2,54	2,24	0,46	0,07	—	1,36	3,28	0,64	0,07	12,35
10	—	0,04	0,88	2,92	2,48	0,77	0,22	0,11	2,07	3,6	0,61	0,04	13,74
11	0,04	—	0,38	1,88	2,64	1,85	0,32	0,93	3,07	2,61	0,29	—	14,01
12	—	—	0,15	1,73	3,52	1,96	0,97	1,04	2,89	2,04	0,11	—	14,41
13	—	—	0,04	1,23	3,76	2,5	1,59	1,57	3,12	1,18	0,04	—	15,03
14	—	—	0,08	1,19	2,4	3,08	2,24	2,96	2,96	0,79	'	—	15,7
15	—	—	—	0,92	2,64	3,5	3,14	3,75	2,79	0,61	—	—	17,35
16	—	—	—	0,31	2,24	3,04	3,1	4,14	3,43	0,11	—	—	16,37
17	—	—	—	0,27	1,32	2,96	3,75	4	2,5	0,11	—	—	14,91
18	—	—	—	0,08	1,16	2,69	4,22	4	1,46	0,04	—	—	13,65
19	—	—	—	—	0,96	2,15	3,78	2,21	1,07	—	—	—	10,17
20	—	—	—	—	0,48	1,65	2,45	2,36	0,5	—	—	—	7,44
21	—	—	—	—	0,32	1,58	1,95	1,54	0,39	—	—	—	5,78
22	—	—	—	—	0,12	0,77	1,51	1,07	0,07	—	—	—	3,54
23	—	—	—	—	0,04	0,38	0,93	0,89	—	—	—	—	2,24
24	—	—	—	—	—	0,27	0,29	0,25	—	—	—	—	0,81
25	—	—	—	—	—	0,12	0,32	0,18	—	—	—	—	0,62
26	—	—	—	—	—	0,04	0,11	—	—	—	—	—	0,15
27	—	—	—	—	—	—	0,04	—	—	—	—	—	0,04

Tab. 9. Mittlere Zahl der Tage mit Mitteltemperaturen von . . . °C in Ulm (1927-1955) (jedes Intervall zählt von . . ,0 bis . . ,9)

November. Sie kündigt die Umstellung der Witterung auf das Wechselspiel zwischen der planetarischen und winterlich monsunalen Zirkulationsform an, das seinen Höhepunkt im Dezember und Januar, manchmal auch erst im Februar erreicht. Das Wesentliche hierüber wurde bereits früher gesagt und soll hier nicht noch einmal wiederholt werden.

Aus der Jahreskurve der mittleren Tagestemperaturen lassen sich leicht die für die Pflanzenentwicklung wichtigen Daten des Über- bzw. Unterschreitens der Temperaturschwellen von 5 und 10 Grad ermitteln. Im ersten Falle erhält man für Ulm nach Messungen aus den Jahren 1928-55 als mittleres Eintrittsdatum den 19. 3. und als Endtermin den 6. 11. Die 10°-Grenze wird

Tab. 10. Beginn, Ende und Andauer einer mittleren Tagestemperalur von 5 und 10 Grad (1881-1930)[1])

	See-	Beginn		Ende		Andauer	
	höhe	5°	10°	5°	10°	5°	10°
Ulm	479	25. 3.	27. 4.	6. 10.	6. 11.	222	160
Heidenheim	494	1. 4.	3. 5.	29. 9.	2. 11.	212	147
Biberach	537	29. 3.	3. 5.	2. 10.	2. 11.	214	150
Münsingen	716	10. 4.	12. 5.	24. 9.	26. 11.	197	133
Schopfloch	765	7. 4.	10. 5.	28. 9.	29. 10.	203	139

am 28. 4. über- und am 6.11. unterschritten. Man kann daher im Mittel an rund 228 Tagen mit einer mittleren Temperatur von mindestens 5 Grad und an 159 Tagen von mindestens 10 Grad rechnen. Diese Werte stimmen bis auf kleine Abweichungen im Frühjahr mit den Ergebnissen der Periode 1881-1930 überein. Da die letzteren auch für andere Orte unseres Gebietes berechnet wurden, seien sie ebenfalls angeführt.

Auf der Alb beginnt somit die Wachstumsperiode zwei bis zweieinhalb Wochen später als im Donautal, endet aber wegen der günstigeren Einstrahlungsbedingungen nur 8-12 Tage früher. Sie ist daher auf der Hochfläche im Mittel 3-4 Wochen kürzer als in der Donauniederung. Auch die Albtäler sind gegenüber dem breiten Donautal schlechter gestellt.

In günstigen Jahren wie z. B. 1943 blieben in Ulm die mittleren Tagestemperaturen allerdings schon ab Anfang März fast ununterbrochen über 5 Grad und ab Mitte April über 10 Grad. Dagegen waren sie im Jahr 1944 bis zum 3. April nur an einem einzigen Tag über 5 Grad angestiegen. 1938 überschritten sie nach einem sehr kühlen April erst vom 6. Mai an für dauernd die 10-Grad-Grenze. Man muß daher manchmal mit Verschiebungen des Wachstumsbeginns um einen Monat rechnen.

Nicht ganz so schlimm ist es im Herbst, da selbst bei einem frühzeitigen Kälteeinbruch noch häufig einige recht milde Tage im Oktober zu erwarten sind wie z. B. im Jahr 1931, als auf ein sehr kühles letztes Septemberdrittel noch eine angenehm milde Witterungsperiode in der ersten Oktoberdekade mit Tagesmitteln bis über 14 Grad folgte. Dabei ist bisweilen die Alb aus den schon mehrfach erwähnten Gründen besser gestellt als die Donauniederung und die südlichen Albtäler.

Etwa vom 24. Oktober ab können gelegentlich die Tagesmittel unter den

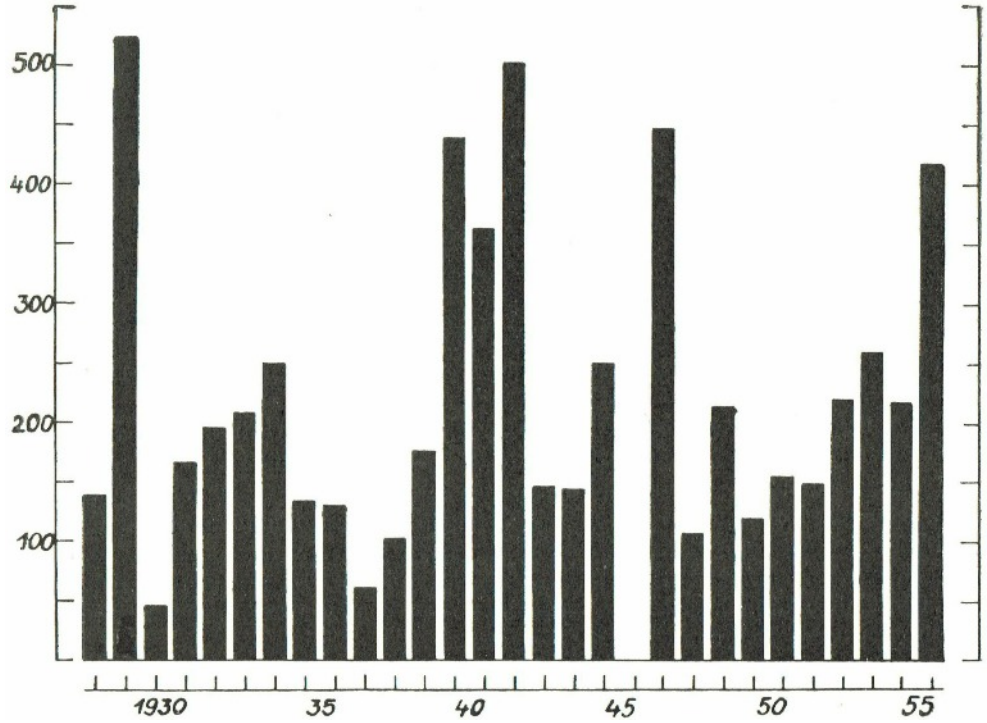


Abb. 5 Die Winlerstrenge in Ulm
(Summe der negativen Temperaturlagesmittel)

Gefrierpunkt sinken. 1941 folgten vom 30. 10. ab sogar 7 solcher Tage unmittelbar hintereinander.

Die Summe aller negativen Temperaturtagesmittel benützt man gern zur Charakterisierung der Winterstrenge. Damit werden lagebedingte Zufälligkeiten ausgeschaltet, wie sie z. B. durch die Addition der Frosttage entstehen. Ein zusätzliches und sehr genaues Kriterium stellen hierbei Häufigkeitsuntersuchungen dar. Die negative Temperatursumme (Abb. 5) pendelte von 1927-56 um den Wert 225 herum, wobei sich die extrem kalten Winter 1928/29, 39/40, 41/42, 46/47 und 55/56 durch besonders hohe Summen auszeichneten. Sehr mild waren die Winter 1929/30 und 36/37. Einen sehr aufschlußreichen Einblick in die Länge und Strenge der vergangenen Winter gewährt die Tabelle 11, in der die Anzahl aller Tage aufgeführt ist, deren mittlere Tagestemperatur vom November bis März unter bestimmten Schwellenwerten blieb. Wenn der Zeitraum von 1927-1956 auch noch verhältnismäßig kurz ist, so dürften sich doch die Grenzen der Winterdauer und Winterstrenge, mit denen in Ulm gerechnet werden muß, hinreichend genau abzeichnen. Die aus der Häufigkeitsverteilung der täglichen Temperaturmittel errechneten Durchschnittswerte gestalten gleichzeitig eine Beurteilung der einzelnen Winter.

Von ebenso großem Wert sind die Häufigkeitsbetrachtungen für den Heizungsingenieur. Unter der Heizperiode versteht man die Zeit, in welcher die

Tab. 11 - Zahl der Tage im November — März mit einer Mitteltemperalur von ….°C

	0°	-5°	-10°	-15°	-20"		0°	-5°	10°	-15°	-20°
1927/28	43	10	4	—	—	1942/43	53	9	1		
28/29	75	47	14	5	1	43/44	49	11	—	_	_
29/30	35	6	—	—	—	44/45	(51)	(25)	(2)	—	—
30/31	53	13	1	—	—	45/46	?	?	?	?	?
31/32	58	14	4	—	—	46/47	74	44	15	3	—
32/33	57	11	4	—	—	47/48	39	12	—	—	—
33/34	57	20	7	—	—	48/49	65	8	—	—	—
34/35	36	11	—	—	—	49/50	37	12	—	—	—
35/36	40	8	1	—	—	50/51	51	13	—	—	—
36/37	35	1	—	—	—	51/52	57	8	—	—	—
37/38	36	8	—	—	—	52/53	74	13	1	—	—
38/39	47	16	4	—	—	53/54	55	25	6	—	—
39/40	77	36	13	3	—	54/55	82	12	—	—	—
40/41	55	34	13	2	2	55/56	66	34	17	5	—
41/42	85	36	19	6	—	Mittel	55,25	17,15	3,99	0,72	0,11

Außentemperatur unter 12 Grad liegt, so daß man zur Verhinderung einer ständigen Abkühlung der Zimmerluft heizen muß. Sie beginnt in Ulm im langjährigen Durchschnitt am 27. September und endet normalerweise am 10. Mai. Es kamen aber auch Jahre vor, in denen man schon vom ersten Septemberdrittel an ständig den Ofen anstecken mußte, um sich im Zimmer wohl zu fühlen, während man in manchem milden Herbst noch bis zum 11. oder 12. Oktober mit dem Heizen warten konnte. Noch größere Verschiebungen sind am Ende der Heizperiode zu beobachten. In einem zeitigen Frühjahr kann die Heizung bisweilen schon Mitte April eingestellt bzw. braucht danach nur noch an einzelnen Tagen vorübergehend wieder in Betrieb gesetzt zu werden. Andererseits kommt man in manchen Jahren selbst im Juni noch nicht ganz ohne Heizung aus. Auf der Alb kann man als mittleren Beginn der Heizperiode den 12. September, als mittleres Ende den 24. Mai annehmen. Die mittlere Heizzeit umfaßt hier 255, in Ulm 216 Tage.

Die Differenz zwischen der Außentemperatur und der normalen Zimmer-

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Summe
Heizgradtage	29	330	461	604	640	537	464	313	74	3452
in o/o der										
Ges. Summe	1	10	13	17	19	16	13	9	2	100

wärme (19 Grad für Wohn- und Büroräume) stellt gleichzeitig ein ungefähres Maß für den Heizungsbedarf dar. Man bezeichnet sie als Heizgradtag oder Heizgradzahl. Selbstverständlich spielen auch Wind und Niederschlag mit eine Rolle. Sie sind aber zumindest im windschwachen Donautal von untergeordneter Bedeutung. Nach den langjährigen mittleren Tagestemperaturen ergeben sich für Ulm folgende Mittelwerte:

In den mildesten Wintern sank die Summe der Heizgradtage auf rund 3000, in den längsten und kältesten Heizperioden stieg sie auf über 4000 an, d. h. der Heizungsbedarf für eine Heizperiode schwankt im Laufe der Jahrzehnte aus witterungsbedingten Gründen zwischen 90 und 116 % des langjährigen Durchschnitts.

b) Die Temperaturextreme.

Nach den vorstehenden Ausführungen, die uns die wesentlichsten Züge des Temperaturverlaufs und seiner landschaftlichen Abwandlungen vermitteln, ist es notwendig, sich noch über die Grenzen klar zu werden, bis zu denen die Temperatur ansteigen und absinken kann. Dabei muß man zwischen den in 2 m Höhe und 5 cm über dem Boden gemessenen Werten unterscheiden, von denen die letzteren am Schluß behandelt werden sollen.

Normalerweise wird der tägliche Temperaturgang durch die Ein- und

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
°C	2,8	4,5	8	8,6	9,4	8,7	9,2	9,5	8,2	6,6	3,6	2,4

Ausstrahlung bestimmt, weshalb sein Maximum zwischen 13 und 15 Uhr, sein Minimum um Sonnenaufgang erreicht wird. Letzteres ist im Sommer schärfer ausgebildet als im Winter, wo es sich meist über mehrere Stunden in der zweiten Nachthälfte und am frühen Vormittag erstreckt. Nach mehrjährigen stündlichen Auswertungen der Temperaturregistrierungen ergeben sich für Ulm zwischen dem Morgenminimum und dem Mittagsmaximum folgende Temperaturdifferenzen:

Die Tagesschwankung ist somit im Winter am kleinsten und erreicht mit mehr als dem 3-fachen Wert im Mai ihren höchsten Betrag. Die Ursache dieser großen jahreszeitlichen Unterschiede ist nicht nur in der ungleichen Tag- und Nachtlänge zu suchen, sondern wesentlich auch darin, daß sich im Herbst und Winter, teilweise auch noch im Frühjahr, im Donautal ein mächtiger Kaltluftsee ausbildet, in sommerlichen Strahlungsnächten dagegen nur ein verhältnismäßig flacher, der durch die Sonneneinstrahlung bald wieder weggeräumt ist. Dasselbe gilt auch für die Albtäler. Auf der Hochfläche, von der die Kaltluft abfließt, ist der jahreszeitliche Gang der täglichen Temperaturschwankungen viel ausgeglichener. Selbst in flachen Mulden und Senken erreicht die nächtliche Kaltluft nie die Höhe wie im Donautal und wird daher durch die Sonneneinstrahlung eher bis zur Temperatur der Luft in der freien Atmosphäre erwärmt als in der Donauniederung. Die Folge davon ist, daß es im Donautal und seinen Seitentälern im Herbst und Winter vormittags meist kälter ist als auf den Höhen. Wenn Temperaturinversionen die von starkem Dunst und Nebel erfüllte Niederungsluft von der oft um 6-10 Grad wärmeren Höhenluft abschließen, gelingt es der Sonne kaum mehr, die Temperatur der tieferen Lagen derjenigen der Höhen anzugleichen oder gar zu noch höheren Werten ansteigen zu lassen, was ja das Natürliche wäre.

So ist es im Spätherbst und Winter, namentlich bei Hochdruckwetterlagen nach einem vorausgegangenen Kaltlufteinbruch, im Donautal sehr häufig den ganzen Tag über, ja oft tage- und wochenlang, wesentlich kälter als auf der Alb. Selbst die mittleren Monatstemperaturen von Ulm und Heidenheim fallen dann niedriger aus als die von Münsingen, Merklingen und anderen

Tab. 12 Mittlere tägliche Temperaturextreme und Temperaturschwankung.[1])

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	Min	1,2	3,6	8,5	13,4	18,5	21,1	23	22,3	18,4	12,5	6	2,2	12,6
	Max	—4,7	—4,0	—1,1	2,4	7,1	10,4	12,1	11,3	8,8	4,7	0,1	—2,9	3,6
	Schw	5,9	7,6	9,6	11	11,4	10,7	10,9	11	'9,6	7,8	5,9	5,1	9
Heidenheim	Min	0,9	3,2	7,8	12,3	17,5	20,4	22,3	21,5	17,8	11,9	5,7	1,9	11,9
	Max	—4,5	—3,9	—0,8	2,5	6,7	9,9	11,5	10,7	8,2	4	0,4	—2,8	3,5
	Schw	5,4	7,1	8,6	9,8	10,8	10,5	10,8	10,8	9,6	7,9	5,3	4,7	8,4
Münsingen	Min	0,4	2,4	6,1	10,4	15,4	18,5	20,2	19,5	16,1	10,7	5	1,2	10,5
	Max	—5,4	—4,9	—2,0	1,6	5,8	8,6	10,3	9,6	7,2	3,3	—0,7	—4,0	2,4
	Schw	5,8	7,3	8,1	8,8	9,6	9,9	9,9	9,9	8,9	7,4	5,7	5,2	8,1
Schopfloch	Min	0,8	2,2	5,7	9,9	15,1	18,2	20	19,2	15,8	10,6	4,9	1,6	10,3
	Max	—3,8	—3,2	—0,4	2,9	7,4	10,4	12,3	12	9,3	4,9	0,4	—2,5	4,1
	Schw	4,6	5,4	6,1	7	7,7	7,8	7,7	7,2	6,5	5,7	4,5	4,1	6,2

[1]) Klimakunde des Deutschen Reiches

Stationen auf der Höhe.

Bisweilen, wenn auch viel seltener, schützt die Nebelluft das niedrigere Gelände vor allzu starker nächtlicher Ausstrahlung. In diesem Falle weisen die flachen Mulden und Senken auf der Albhochfläche die tiefsten Nachttemperaturen auf, wo der Tagesgang eine verhältnismäßig große Amplitude erreicht, während die Tagesschwankung in der Niederung außerordentlich gering bleibt.

Selbstverständlich kommt es zu allen Jahreszeiten auch vor, daß die täglichen Temperaturextreme nicht morgens und mittags eintreten. Namentlich im Winter werden die Temperaturverhältnisse weit mehr durch die Wetterlage, d. h. vom Zustrom milder und kalter Luftmassen bestimmt als durch die Ein- und Ausstrahlung. Dabei wird oft genug die tiefste Temperatur erst abends gemessen, die bei anhaltender Abkühlung zugleich die höchste des nächsten Tages werden kann, da ja die Extremtemperaturen seit Bestehen eines regelmäßigen Klimadienstes immer auf die Zeit von 21 Uhr des Vortages bis 21 Uhr des Ablesetages bezogen werden. Legt man daher der Berechnung der Tagesschwankung die wirklichen Tagesmaxima und -minima zu Grunde und verzichtet auf die durch die Strahlungsbedingungen hervorgerufene zeitliche Festlegung der Extremwerte, so ergeben sich nur noch geringfügige Unterschiede zwischen den Höhen- und Flachlandstationen (Tab. 12). Immerhin zeigt sich auch hier wieder, daß die Amplitude des Tagesganges in höheren Lagen vom Winter zum Sommer hin nicht so stark anwächst wie in der Niederung. Sie beträgt im Winter für alle Höhenlagen etwa 4.5 — 7.5 Grad, im Sommer im Flachland 10—11 Grad, auf der Alb dagegen nur 8—10 Grad. Bei ungestörten Schön Wetterlagen kann die Tagesschwankung aber auch 15—20 Grad und mehr ausmachen.

Bemerkenswert ist jedoch, daß sich die täglichen Tiefsttemperaturen der Donauniederung und Albtäler nicht viel von denen der höchsten Erhebungen unterscheiden, ja, im Winter und in den Übergangsmonaten sogar durchschnittlich mehrere Zehntel niedriger liegen. Die Maxima hingegen steigen im Donautal ab März wesentlich rascher an als auf der Alb und sind vom April bis zum August etwa 3 Grad höher als dort. Die Donauniederung erwärmt sich also im Frühling und Sommer stärker und kühlt sich im Winter mehr ab als die Hochfläche.

Je nach der Wetterlage können die täglichen Temperaturextreme eines Monats innerhalb eines sehr weiten Bereiches (19—26 Grad) schwanken. Die absolut höchsten Monatsmaxima und die absolut tiefsten Monatsminima (Tab. 13 u. 14) liegen in den Winter- und Übergangsmonaten rund 40—45 Grad, im Sommer 30—35 Grad auseinander. Für das Jahr ergibt sich im ganzen Bereich eine mittlere Schwankung der Extremtemperaturen von 55—60 Grad, im äußersten Falle sogar von 68 Grad.

Aus den Tabellen 13 u. 14, deren Werte der Klimakunde des Deutschen Reiches entnommen und für Ulm durch die Ergebnisse der letzten 25 Jahre ergänzt wurden, geht hervor, daß in sehr milden Wintern gelegentlich schon Höchsttemperaturen festgestellt wurden, die normalerweise erst Ende April, Anfang Mai aufzutreten pflegen. In der Regel sind, wie aus Tab. 15 zu entnehmen ist, $^3/_4$ bis $^i/_5$ aller Tage in den drei Wintermonaten Frosttage (Minimum unter 0 Grad) und rund $^1/_3$ Eistage (Maximum unter 0 Grad). In den

Tab. 13 - Absolut höchstes und tiefstes Monats- und Jahresmaximum der Temperatur

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	16	16,2	22,1	27,9	32,8	35,5	38,5	36,8	31,5	24,6	20,8	14,8	38,5
	0,5	2	11	16,2	18,2	23,5	25,1	22,6	19	9,6	7	1,8	27,2
Heiden-	13,2	17,6	21,9	24,4	35,5	33	36,4	34,8	30,1	24	19,8	17,6	36,4
heim[1])	3,1	-0,1	7,4	14,5	22,8	23,8	25,5	22	15,5	12,4	9	2,1	27
Münsin-	13	14	20,4	25,2	29	31	35	31	31	27,5	19,8	15	35
gen[1])	2,2	3	6,4	13	21	19,5	22,5	22	16	9,5	7	2,2	25
Schopf-	12,6	18	20	23,6	29,6	30	33,7	31,7	27,5	22,1	19,5	15	33,7
loch[1])	3	1	9	12,4	20,6	22	22,8	20	15	10	7	4,5	25

[1]) Klimakunde des Deutschen Reiches

Tab. 14 - Absolut höchstes und tiefstes Monats- und Jahresminimum der Temperatur

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	-3,4	-0,9	-1,2	1,3	5,2	10	11,5	11,5	6,6	4	-1,2	-1,8	-8,6
	-27,6	-25,8	-18,5	-10	-3	1,2	4,2	1,5	-1,5	-7,3	-18,7	-23	-27,6
Heiden-	-3,5	-5,2	-2,5	0,8	3,5	7,4	8	9,4	5,5	2,5	-1,8	-2,3	-10,3
heim[1])	-31,8	-28	-19,8	-14	-5	0,2	2,2	1,2	-4,6	-8,6	-20,6	-24,8	-31,8
Münsin-	-7	-5	-3	0	3	7	7,4	6,5	3,8	2	-3,5	-6	-10,9
gen[1])	-30	-31	-27,2	-16	-4,3	-2	1	1	-4	-11,5	-25	-24,5	-31
Schopf-	-2,6	-1,4	-1,4	3	5	11	11	9,4	7,4	5	0	-1,8	-8,8
loch[1])	-21,8	-17,8	-15,2	-8	-4	0	4	4	-0,5	-9,5	-12,2	-17,2	-21,8

[1]) Klimakunde des Deutschen Reiches

letzten 30 Jahren trat in Ulm der späteste Eistag am 17. 3. 1939 auf. Der früheste Termin war der 30. 10. 1950, worauf sogar noch 3 weitere Eistage folgten. Am 1. 11. 1950 stieg die Höchsttemperatur nicht einmal über —4 Grad an. Am Anfang November kann man hier schon häufiger mit mehreren aufeinander folgenden Eistagen rechnen.

	0	1	2	3	6	9	Tage mit Max. ≤ —10°
Dezember	25	2	2	—		—	Fälle
Januar	22	3	1	1	1	1	"
Februar	24	1	2	1	1	—,	"

Vom Dezember bis Februar erhebt sich die Höchsttemperatur, wenn auch nicht in jedem Jahr, so doch aller 2—4 Jahre, an einzelnen Tagen nicht über —10 Grad. Die mitgeteilten mittleren Häufigkeiten dieser „kalten" Tage (Tab. 15) sind allerdings nicht sehr repräsentativ, weil die wirklichen Zahlen sehr stark von den Mittelwerten abweichen können. So erlebten wir in Ulm

	S	O	N	D	J	F	M	A	M
maximal	2	12	24	31	31	28	28	16	6
minimal	0	0	1	11	13	4	10	0	0

Tab. 15 - Mittlere Zahl der
a) Frostlage (Minimum unter 0° C)
b) Eistage (Maximum unter 0° C)
c) kalten Tage (Maximum unter -10° C)
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

		s	o	N	D	J	F	M	A	M	J	Jahr
Ulm	a	0,2	3,7	14,2	22,7	24,6	21,9	18,1	6,9	1		113,3
	b	—	—	2	8,8	11,8	6	1,1	—	—	—	29,7
	c	—	—	—	0,2	0,5	0,2	—	—	—	—	0,9
Heiden-	a	0,6	5,6	14,6	21,9	23,7	21,5	17,8	8,6	1,6	—	115,9
heim	b	—	0	2,7	9,5	13	7	1,3	0,1	—	—	33,6
	c	—	—	—	0,3	0,6	0,1	—	—	—	—	1
Münsin-	a	1	6,2	17,6	24	26,2	23,2	20	10,2	1,5	0	129,9
gen	b	—	0	4,3	10,4	13,2	7,8	2,7	0,3	—	—	38,7
c	c	—	—	—	0,4	0,5	0,2	—	—	—	—	1,1
Schopf-	a	0,1	4,6	14,3	22,3	24,3	21,8	16,9	7,9	0,9	—	113,1
loch	b	—	0,4	5,1	10,6	14,1	10	4	0,4	—	—	44,6
	c	—	—	—	0,1	0,6	0,2	—	—	—	—	0,9

von 1927/28 —1955/56 in den 3 Wintermonaten folgende Fälle:

Besonders die Winter 1938/39 bis 1941/42, 1945/46 und der Februar 1956 zeichneten sich durch eine Reihe extrem kalter Tage aus.

Gesicherter sind dagegen die Häufigkeitszahlen der Frosttage, obwohl auch hier in manchen Jahren recht große Abweichungen festzustellen waren. Ulm hatte z. B. seit 1891 folgende extreme Häufigkeiten an Frosttagen:

Dasselbe gilt auch für die Termine des ersten und letzten Frostes (Tab. 16), die sich beide je nach der herrschenden Herbst- und Frühjahrswitterung um rund einen Monat verbrühen oder verspäten können.

Die Häufigkeitsverteilungen der Extremtemperaturen sehen im großen Ganzen wie die der mittleren Tagestemperaturen aus, nur sind sie jeweils um einige Grade nach der kälteren bzw. wärmeren Seite hin verschoben. Auch hier zeigt sich wieder die für die Wintermonate typische Asymmetrie. Sowohl die Maxima wie auch die Minima streuen wesentlich stärker nach der kälteren als nach der wärmeren Seite hin. In strengen Wintern unterscheiden sich die tiefsten Minima der Niederung nicht viel von denen auf der Hochfläche, sofern überall eine Schneedecke vorhanden ist. In diesem Falle wird das ganze Ulmer Gebiet von einer mächtigen Kaltluftschicht überdeckt, die entweder aus den Polarregionen oder aus dem Innern Rußlands stammt. Liegt aber nur auf der Alb Schnee und ist die Kaltluft verhältnismäßig flach, so führt hier die Ausstrahlung zu wesentlich tieferen Werten als in der Niederung. Da

Tab. 16 - Frostdaten

	Mittlerer letzter Frost	erster Frost	Mittl. Dauer d. frostfreien Zeit in Tagen	Letzter Frost frühester Termin	spätester Termin	Erster Frost Frühester Termin	spätester Termin
Ulm	27.4.	21.10	176	20.3.24	26.5.83	18.9.09	22.11.35
Heidenheim[1])	5.5.	12.10.	159	29.3.18	27.5.88	12.9.94	8.11.24
Münsingen[1])	9.5.	5.10.	148	16.4.15	3.6.09	13.9.06	8.11.24
Schopfloch[1])	29.4.	22.10.	175	4.4.06	22.5.85	16.9.89	16.11.99
					87		
Biberach[1])	2.5.	17.10.	167	29.3.18		20.09.04	10.11.86

[1]) Klimakunde des Deutschen Reiches

sich auf den Höhen eher eine Schneedecke bildet und in der Regel auch länger erhalten bleibt, sinken hier die Temperaturen im Oktober und November sowie im März und April oft wesentlich tiefer ab als in den Tälern. Erst nach der Schneeschmelze bestehen zwischen den verschiedenen Höhenlagen wieder normale Temperaturdifferenzen.

Etwa vom April ab, in ganz wenigen Jahren auch schon Ende März, steigt die Mittagstemperatur in Ulm an 2—3 Tagen über die 20°-Grenze. Vereinzelt wurden in der letzten Apriltagen sogar schon 1 oder 2 Sommertage (Maximum mindestens 25 Grad) erzielt. Auf der Alb sind solche Tage in dieser Jahreszeit allerdings äußerst selten und kommen nur dann vor, wenn die von Wolken ungehinderte Sonneneinstrahlung noch durch die Zufuhr subtropischer Warmluft unterstützt wird. Meist herrscht außerdem noch föhniges Wetter.

Mit steigendem Sonnenstand verdoppelt sich vom Mai bis Juli die mittlere Anzahl der Sommertage (Tab. 17). Die letzten dieser warmen Tage finden wir ziemlich regelmäßig im September, auf der Alb bisweilen sogar noch Anfang Oktober, wenn die Sonne vom frühen Vormittag an die klare Herbstluft erwärmen kann und nicht erst wie in den Albtälern die in der Nacht entstandene Kaltluft beseitigen muß. Die Täler sind auch im Sommer wegen der Behinderung der Sonneneinstrahlung durch die Berge gegenüber dem weiten Donautal benachteiligt und nehmen daher eine Zwischenstellung ein. Allerdings stellt sich in den Nord-Süd verlaufenden Tälern im Juli und August gern eine Überhitzung ein; denn die vorherrschenden Westwinde wehen über sie hinweg und sorgen nicht für genügende Ventilation. Aus diesem Grunde ist der Aufenthalt in dem West-Ost gerichteten Blautal im Hochsommer noch angenehmer als im Brenztal.

Daß auch die Zahl der Sommertage sehr vom Durchschnittswert abweichen kann, braucht nicht besonders betont zu werden. Im übrigen gibt hierüber die folgende Zusammenstellung und die Abb. 6 Auskunft, wobei in letzterer leider die Angaben aus einigen Jahren fehlen.

Besonders arm an Sommertagen waren die Jahre 1896, 1909, 1916 und 1925.

Dagegen heben sich die Jahre 1911 und 1947 durch ihre ungewöhnlich hohe Zahl an Tagen mit Höchsttemperaturen von über 25 Grad heraus.

Der Vergleich der einzelnen Sommer an Hand der graphischen Darstellung gibt auch eine Vorstellung davon, wie schwer in den künftigen Jahren zu entscheiden sein wird, ob eine Änderung unseres Klimas durch künstliche Wetterbeeinflussung stattgefunden hat bzw. noch stattfinden wird; denn auch in den Jahrzehnten vor dem Atomzeitalter sind schon außerordentlich große Extreme vorgekommen, bisweilen sogar unmittelbar aufeinander folgend. Im übrigen lassen sich auch keine periodischen Schwankungen erkennen und wären wohl auch dann nicht nachzuweisen, wenn man die ältesten Messungen der Ulmer Station, die 1839 eingerichtet wurde, noch heranziehen würde.

Für die heutige Zeit ist jedenfalls auch die Feststellung außerordentlich

Zahl der Sommertage in Ulm (1871-1955)

	A	M	J	J	A	S	O	Jahr
maximal	2	10	16	23	22	14	—	66
minimal	—	—	—	1	—	—	—	9

Tab. 17 - Mittlere Zahl der
a) Sommertage (Maximum ≥ 25°C)
b) heißen Tage (Maximum ≥ 30°C)
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

		A	M	J	J	A	S	Jahr
Ulm	a	0,1	2,8	5,8	9,5	7,5	2,1	27,8
	b	—	0,1	0,3	1,8	0,7	0	2,9
Heidenheim	a	—	1,8	4,7	8,3	6,2	1,8	22,8
	b	—	0,3	0,2	1	0,4	—	1,9
Münsingen	a	0,1	0,8	3,1	4,9	4,3	1,6	14,8
	b	—	—	0,1	0,9	0,2	0,1	1,3
Schopfloch	a	—	0,6	2,1	4,4	3,2	0,8	11,1
	b	—	—	0	0,3	0,1	—	0,4

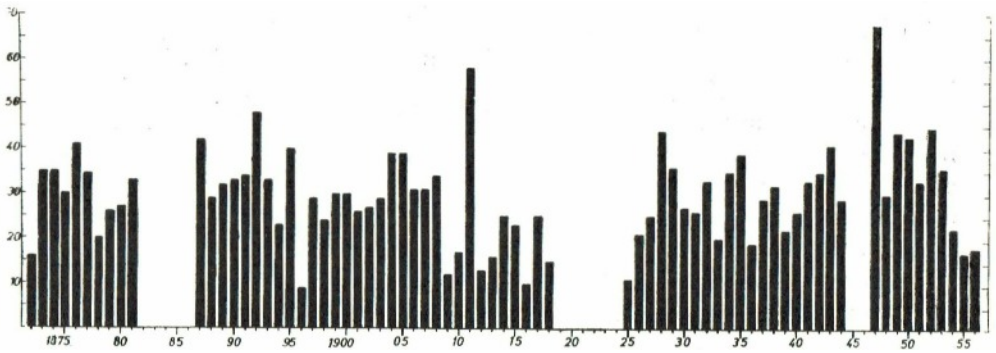


Abb. 6 Zahl der Sommertage in Ulm

bedeutsam, daß die Höchsttemperatur im Donautal schon einmal bis über 38 Grad angestiegen war, während sie in anderen Jahren kaum 27 Grad erreichte. Es gab einzelne Hochsommermonate,in denen 35 Grad und mehr gemessen wurden, während andererseits im Juni und August manchmal nicht ein einziger Tag mit mindestens 25 Grad zu verzeichnen war.

Tage mit mindestens 30 Grad treten in den tieferen Lagen noch ziemlich regelmäßig fast in jedem Jahre auf. Nach den Messungen der letzten 80 Jahre blieb nur jedes 4. Jahr unter dieser Schwelle. Auf der Alb gehören solche Tage aber nicht mehr zu den alljährlichen Erscheinungen. Meist gruppieren sich diese „heißen“ Tage um das Ende des Juni, den Julianfang und um die Zeit der Hundstage. Selten sind sie dagegen Mitte Juli zu erwarten, die sich ja häufig durch leicht unbeständiges Wetter auszeichnet.

Während dieses heißen Wetters stöhnt zwar alles unter der Hitze. Sie wird aber von den meisten Menschen noch leichter ertragen als die Schwüle, bei der die Temperatur im allgemeinen schon ihren Höchstpunkt überschritten hat und unter 30 Grad liegt. Die Schwüle wird nur dann rasch beendet, wenn ein Kaltlufteinbruch aus Westen oder Nordwesten erfolgt. Häufig liegt aber der Ulmer Raum im Bereich einer sich von Südwesten nach Nordosten hinziehenden Störzone, in der ***es*** wohl zu zahlreichen Gewittern kommt, die aber nicht sogleich den 'ersehnten Luftmassenwechsel bringen. Dieser läßt oft mehrere Tage auf sich warten.

In der Regel fügen sich in die Sommerwitterung mehrere Tage kühlen Wetters ein, wobei die Temperaturen in klaren, windstillen Nächten bis in bedrohliche Nähe des Gefrierpunktes absinken können. Zeichnet sich jedoch der Sommer durch allgemein kühles und regnerisches Wetter aus, so ist der tägliche Temperaturgang ausgeglichener, weil Wind und stärkere Bewölkung die Ausbildung örtlicher Kaltluftseen verhindern.

Immerhin, wenn schon in 2 m Höhe und dazu noch in der Stadt allein auf Grund der Wetterlage so niedrige Temperaturen mitten im Sommer auftreten können, so liegt die Frage nahe, wie sich dann zusätzlich noch die lokalen Einflüsse im freien Gelände auswirken. Es ist ja bekannt, daß die nächtliche Abkühlung der Luft von der Erdoberfläche aus erfolgt und sich daher in 5 cm über dem nackten Boden durchschnittlich um 1—3 Grad niedrigere Tiefsttemperaturen einstellen als in 2 m Höhe. Über Wiesen besteht in klaren, windstillen Nächten innerhalb der 2 m hohen Luftschicht sogar ein Temperaturgefälle von 5—6 Grad. Noch extremer werden die Verhältnisse über Moorboden, wie er ja im Donauried und teilweise auch in den seitlichen Albtälern anzutreffen ist. Seine schlechte Wärmeleitfähigkeit verhindert im Herbst und Winter den nächtlichen Wärmenachschub aus der Tiefe, während sich andererseits seine Oberfläche durch die Sonneneinstrahlung bei Tage nur wenig erwärmt. Es kommt daher die nächtliche Ausstrahlung über dem Riedboden viel stärker zur Geltung als etwa über Lehm- und Sandboden.

Das Donautal und die Albtäler sind nun gleichzeitig die Sammelbecken der von den Höhen herabfließenden Kaltluft, so daß in diesen Gebieten alle nur denkbar ungünstigen Einflüsse Zusammenwirken und in der Tat ganz extreme Temperaturverhältnisse schaffen. Während in Ulm vom Juni bis August noch nie Bodenfröste festgestellt wurden, besteht die Gefahr ihres Auftretens im Donauried, im moorigen Schmiech-, Ach- und Blautal und teilweise auch im Hangelbach- und Brenztal praktisch während des ganzen Sommers, sofern das allgemeine Temperaturniveau einige Grade unter den Normal wert absinkt. Nicht einmal die flachen Mulden auf der Alb sind so schlecht gestellt, weil hier der Kalkboden und das hängige Gelände im günstigen Sinne auf die Temperaturgestaltung einwirken.

Zum Studium der Frostgefahr wurden 1951/52 von Nestle (24) im Langenauer Ried und im Sommer und Herbst von Bach im Donautal zwischen Ulm und Erbach Temperaturmessungen angestellt, die die eben geschilderten Verhältnisse in vollem Umfange bestätigten. Nach einer persönlichen Mitteilung von Nestle wurde am 6. 7. 1952 morgens im Langenauer Ried an mehreren Stellen Frost von —2 Grad in 5 cm über dem Boden festgestellt, der teilweise bis über 1.50 m hinaufreichte. Die tiefste Temperatur in 2 m Höhe bei der Ulmer Wetterwarte betrug an diesem Tage -{-6.3 Grad! Im Hangelbachtal oberhalb von Erbach trat am 24. 8. 1953 ebenfalls Frost von —1.0 Grad in Bodennähe auf (Wetterwarte Ulm in 5 cm: -{-4.6 Grad, in 2 m Höhe: -{-5.8 Grad). Am 28. 8. 1953 halte die Temperatur in Bodennähe an zahlreichen Stellen des Gögglinger- und Taubenrieds den Gefrierpunkt um 0.5—0.9 Grad unterschritten, im Hangelbachtal sogar um

1.5 Grad (Tiefsttemperatur in Ulm: —}—4.9 bzw. -[-6.6 Grad). Am 14. 9. 1953 lagen die Fröste im Donautal zwischen —6 und —8 Grad, im Hangclbachtal unter —8 Grad. Im Oktober 1953 sanken sie unter —10 Grad, stellenweise bis —12 Grad ab. Ähnliche Werte hatte

2 Jahre vorher Nestle im Langenauer Ried gefunden. Da sich seine Beobachtungsreihe auch über die Frühlingsmonate April und Mai erstreckte, gelang es, auch das Ausmaß der Spätfröste über dem Riedboden zu ermitteln. Danach muß man im Mai bei entsprechenden Wetterlagen mit Frösten bis —10 Grad am Boden und —5 Grad in 3 m Höhe, im Juni bis —5 Grad am Boden und —1 Grad in 3 m, im Juli bis —2 Grad am Boden und 0 Grad in 1.5 m Höhe rechnen.

Um die Abhängigkeit der Temperaturminima von der Wetterlage zu untersuchen, wurden die Meßergebnisse vom Sommer und Herbst 1953 in drei Gruppen eingeteilt und jeweils in Beziehung zu den Erdboden- und Hüttenminima der Wetterwarte Ulm gesetzt. Gruppe I enthielt alle Strahlungsnächte (Bewölkung < 2/10, Windgeschwindigkeit <2 m/sec), Gruppe II die Nächte mit bewölktem, windschwachem Wetter (Bewölkung zwischen 2/10 und 8/10, Wind **<2** m/sec, Gruppe III die Nebelnächte. Bei letzteren mußte allerdings in Kauf genommen werden, daß sich der Nebel im Donautal und in der Stadt nicht immer zur gleichen Zeit bildete.

Die Kältezentren lagen im Gögglinger und Taubenried jeweils etwa in der Mitte des Donautals. Sie verlagerten sich je nach den Windverhältnissen entweder zur Donau oder zum Albanstieg hin. Die anmoorigen Kies- und Sandböden traten durch etwas höhere Temperaturen hervor. Zwischen der Höhe nordöstlich von Erbach und dem Taubenried bestand durchschnittlich eine Temperaturdifferenz von 3—5 Grad. Die Höhen nordöstlich Einsingen waren rund 2 Grad wärmer als die Riedmitte und diese wiederum 4—5 Grad kälter als der Abhang beim Römerhof auf dem oberen Kuhberg. Die in Abb. 7 für die Strahlungsnächte dargestellten Temperaturdifferenzen wurden alle auf die Meßstelle am Nordostausgang von Einsingen bezogen. Sie ist in der

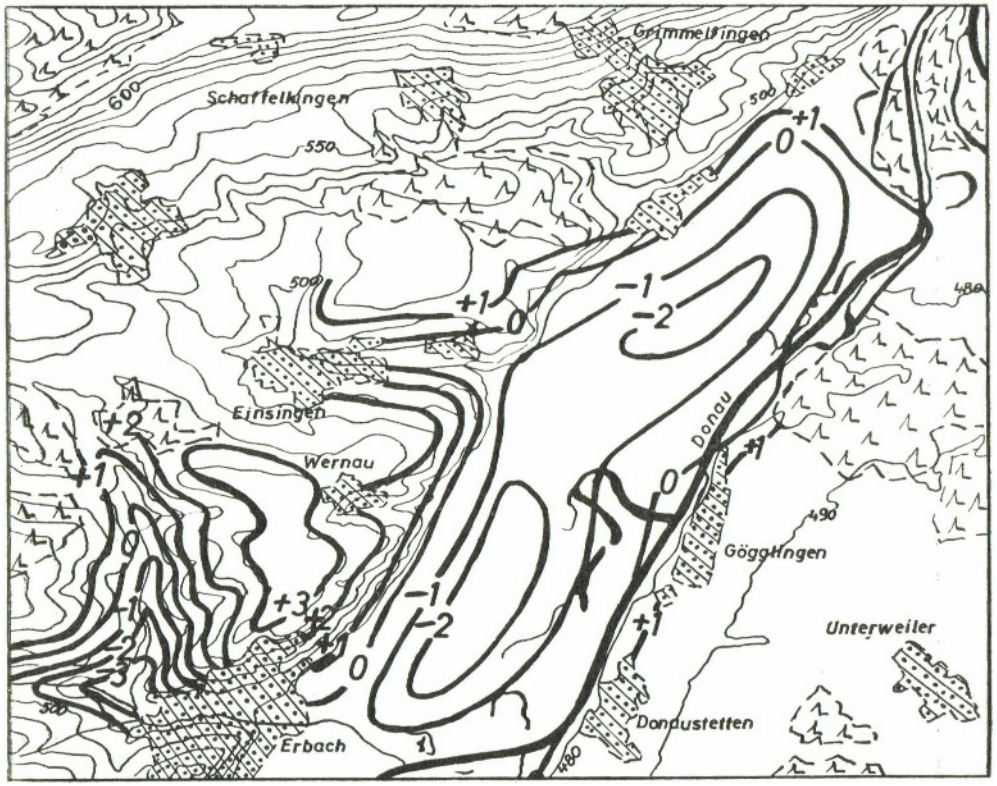


Abb. 7 Differenzen der Tiefsttemperaturen in 5 cm über dem Boden in Strahlungsnächten im Donautal (Spät-Sommer und Herbst 1953).

Karte durch ein X gekennzeichnet. Der Unterschied zwischen dem für diese Stelle errechneten mittleren Temperaturminimum und demjenigen der Wetterwarte Ulm (in 5 cm über dem Boden) betrug 3.8 Grad, sodaß man daraus

	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III	
	$E_U - E_R$	$H_U - E_R$	$E_U - E_R$	$H_U - E_R$	$E_U - E_R$	$H_U - E_R$
mittel	5,9	7,8	5,3	7,7	4,8	5,4
maximal	8,3	10,2	8,3	10,2	7,8	8,7
minimal	4,9	7,1	2	2,9	2,9	2,5

schließen muß, daß die Kaltluftschicht vielfach bis zu dieser Höhe angewachsen war.

Für die drei Gruppen ergaben sich die folgenden mittleren und extrem Abweichungen zwischen dem jeweils tiefsten Riedminimum (E_r) und dem Erdboden- bzw. Hüttenminimum (Eu, Hu) in Ulm:

Die ersten beiden Gruppen unterscheiden sich also nur insofern voneinander, als die Differenzen zwischen den Tiefsttemperaturen im Ried und in der Stadt bei bewölktem Wetter eine größere Schwankung zeigen als bei wolkenlosem Wetter. Im Grunde sind aber bei wechselnder, höchstens zeitweilig geschlossener Bewölkung im Donautal ebenso niedrige Tiefsttemperaturen möglich wie in klaren Nächten. Nur bei Nebel sind die Unterschiede zwischen Stadt und Ried 1—2 Grad kleiner. Auffallend ist dabei, daß auch bei Nebellagen noch verhältnismäßig große Differenzen zwischen Stadt und freiem Donautal bestehen.

Da hiermit die Grenzen für die Bodenfrostgefahr im Donautal festliegcn, läßt sich mit Hilfe der langjährigen Häufigkeitsauszählungen der Tagesminima in Ulm unter Berücksichtigung der mittleren Zahl der heiteren, trüben und Niederschlagstage auch die mittlere Häufigkeit der Bodenfrosttage im Ried bei wolkenlosem und bewölktem, niederschlagsfreiem Wetter näherungswei-

April	10,5 - 13, 9 Tage
Mai	3,9 - 12,5 Tage
Juni	0,9 - 7,7 Tage
Juli	0,0 - 3,3 Tage
August	0,1 - 4,0 Tage
September	2,4 - 10,3 Tage
Oktober	7,7 - 15,6 Tage

se berechnen. Bedecktes, regnerisches Wetter interessiert in diesem Falle nicht, weil dabei, wenigstens im Sommer, keine ungewöhnlich tiefen Temperaturen auftreten. Nebel und Schneefall müssen ebenfalls außer Acht gelassen werden. Wählt man als Grenzen eine Temperaturdifferenz zwischen Hüttenminimum in Ulm und tiefster Temperatur am Riedboden von 7 bzw. 10 Grad bei wolkenlosem und von 3 bzw. 10 Grad bei bewölktem, niederschlagsfreiem Wetter, so ergibt sich die folgende Häufigkeit für Bodenfrost im Donautal.

Diese Werte stimmten vom Mai bis September gut mit den Beobachtungen der letzten Jahre überein. Im April und Oktober können sie in manchen Jahren wahrscheinlich noch größer sein, da in diesen Monaten teilweise auch bei bedecktem Wetter mit Niederschlag oder in Nebelnächten leichter Frost auftreten kann.

Bedenkt man, daß sich die Luft über dem trockenen Moorboden bei Tage und im Sommer wesentlich stärker erwärmt als über anderen Böden, so erkennt man, welch großen Temperaturschwankungen die Pflanzen in diesem Teil unserer Heimat ausgesetzt sind. Durch die Frostgefahr wird die Vegetationsperiode verkürzt, so daß sich die Bauern in manchen Jahren genötigt sehen, mit dem Kartoffel legen noch bis zum Mai zu warten. Der Anbau von Frühkartoffeln erfolgt daher auch nur auf den strahlungsbegünstigten Südhängen.

Der Grund für diese extremen Temperaturverhältnisse ist nicht nur in den natürlichen Gegebenheiten zu sehen. Auch der Mensch hat, obwohl er das Gute wollte, nicht alle Konsequenzen übersehen, die mit der künstlichen Absenkung des Grundwasserspiegels bei der Trockenlegung des Rieds, der Begradigung der Donau, der Beseitigung von flachen Wasserläufen und der

Anlage tiefer Wassergräben verbunden waren. Über trockenem Moorboden bilden sich nun einmal schärfere Temperaturextreme aus als über feuchtem, und seine Fruchtbarkeit ist anfälliger gegenüber Trockenperioden. Darum wird es für die Landschaftsgestalter eine ebenso notwendige wie dankbare Aufgabe sein, dieser Entwicklung entgegenzuwirken.

3. Der Niederschlag

a) Die mittlere Niederschlagsverteilung nach Menge und Häufigkeit.

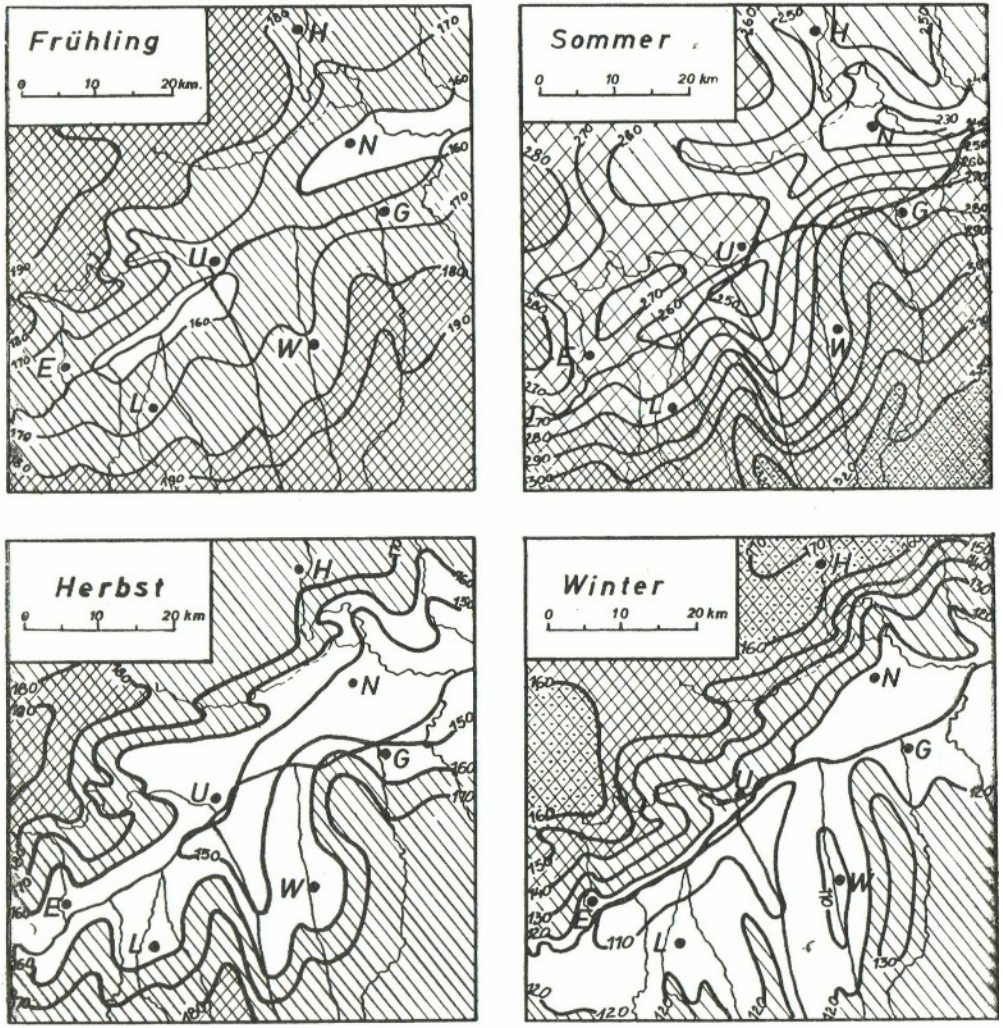


Abb. 8 Mittlere Niederschlagsverteilung im Ulmer Raum.

Der Niederschlag gehört zu denjenigen Wetterelementen, die zeitlich und räumlich sehr großen Schwankungen unterliegen können. Wenn sich diese im Laufe einer genügend langen Beobachtungsreihe auch soweit ausgleichen, daß nur die geländebedingten und durch die Zirkulationsformen hervorgerufenen Unterschiede übrig bleiben, so muß man sich doch dieser Tatsache stets bewußt bleiben. Auf sie soll daher im letzten Abschnitt dieses Kapitels näher eingegangen werden.

Eine Auswahl von Stationen des Ulmer Raumes mit Beobachtungsreihen aus mehreren Jahrzehnten (Tab. 18, Abb. 8) läßt erkennen, daß bei allen der Juni und Juli die niederschlagsreichsten Monate sind. Das zweite Wintermaximum ist sowohl in den tiefen wie auch in den höheren Lagen nur schwach ausgebildet. Damit gehört der jährliche Niederschlagsgang im gesamten Ulmer Raum dem Binnenlandtypus mit vorherrschendem Sommerregen an. Die Alb nimmt daher unter den deutschen Mittelgebirgen eine Sonderstellung insofern ein, als auf ihr die Winterniederschläge nicht bis zur Höhe des

Tab. 18 - Mittlere Monats- und Jahresniederschläge (mm).
(Klimakunde des Deutschen Reiches

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ehingen	38	28	39	54	68	92	92	85	68	48	42	45	699
Ulm	39	31	42	57	68	90	89	84	65	47	43	47	702
Günzburg	35	36	41	55	70	89	95	88	61	48	41	46	705
Niederstotzingen	38	33	40	51	65	78	79	74	60	44	39	45	646
Münsingen	53	43	52	65	76	101	101	88	79	59	55	62	834
Seißen	53	44	53	60	73	92	93	85	65	54	54	64	790
Ettlenschieß	50	41	51	63	69	83	88	83	67	51	50	60	756
Lonsee	53	41	50	60	72	84	84	82	71	54	53	61	765
Bermaringen	42	36	45	56	69	91	86	83	64	49	45	53	719
Heidenheim	54	44	50	58	67	82	82	80	66	52	53	65	733
Biberach	40	32	47	66	83	105	112	95	76	57	45	47	805
Ochsenhausen	44	39	52	66	84	104	111	94	77	55	50	51	827
Weißenhorn	33	32	39	57	75	94	98	89	68	49	39	43	716
Unterfalheim	33	36	38	57	73	94	96	90	66	50	40	43	716
Leipheim	43	34	47	61	73	101	95	92	74	51	47	52	770
Günzburg	35	36	41	55	70	89	95	88	61	48	41	46	705

Sommermaximums anwachsen oder sie gar noch übertreffen wie z. B. im Schwarzwald. Hierfür lassen sich zwei Gründe anführen. Im Winter liegt die Alb wegen des Überwiegens der Südwest- und Westwinde im Lee des Schwarzwaldes, der bereits einen großen Teil des Niederschlags abfängt. Im Sommer hingegen liegt sie quer zu den häufig aus Nordwesten wehenden Winden, wobei die Stauerscheinungen an ihrer Nordseite (stärkere Bewölkung und vermehrte Niederschläge) zum Teil noch auf die Hochfläche übergreifen. Am stärksten dominieren die Sommerniederschläge im Süden und Westen, weniger dagegen im Nordosten.

Tab. 19 - Mittlere Zahl der Niederschlagstage mit
a) mindestens 0.1 mm Niederschlag
b) mindestens 1.0 mm Niederschlag
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	a	13,80	12,60	13,60	14,50	15,00	14,90	15,10	14,50	12,80	12,90	13,20		167,60
	b	8,70	7,40	8,70	10,60	11,10	12,00	11,80	10,70	9,60	8,20	8,30		117,00
Weißenhorn	a	15,30	13,20	14,30	16,10	15,80	15,30	16,10	14,80	14,40	14,80	13,30		179,60
	b	8,10	7,30	8,70	10,80	13,00	10,60	13,30	11,60	9,90	9,30	7,60		119,30
Münsingen	a	12,20	11,90	12,90	14,00	14,50	14,30	14,00	13,20	11,70	11,10	11,60		154,00
	b	10,60	9,40	11,20	12,00	13,00	12,20	12,40	11,60	10,60	19,80	10,00		134,10
Seißen	a	16,50	14,40	15,20	15,60	15,90	14,80	14,90	14,80	13,90	14,00	13,80		181,00
	B	10,50	8,60	10,00	10,90	11,90	12,00	12,20	11,40	9,20	9,30	9,30		126,70

Das Niederschlagsminimum fällt im ganzen Gebiet auf den Februar. Jedoch bringen im Durchschnitt auch schon der Oktober und November recht geringe Beträge.

Wenn auch der Dezember ein sekundäres Maximum, hervorgerufen durch die Zunahme der Westwetterlagen, aufweist, so fallen doch im Winter ganz allgemein die wenigsten Niederschläge. Das Februarminimum ist dabei weniger durch die kürzere Dauer dieses Monats, als vielmehr durch das Zurücktreten der niederschlagsreichen Westwetterlagen zugunsten der Ostlagen bedingt, deren trockenkalte Festlandsluftmassen nur eine geringe Niederschlagsbereitschaft besitzen.

Zwischen dem niederschlagsarmen Donautal mit den südlich angrenzenden flachen Endmoränen und der Alb bestehen im Winter Differenzen von 50—60 mm. Den wenigsten Niederschlag empfängt das Donautal zwischen Ehingen und Langenau sowie das Iller- und Rothtal bei Weißenhorn, den meisten die Blaubeurer und Heidenheimer Alb. Sehr deutlich, wenn auch durch kleinere Unterschiede, treten die Moränenhügel längs der südlichen Donaunebenflüsse hervor, die sich den vorherrschenden West- und Südwestwinden in den Weg stellen und zu Stauniederschlägen Anlaß geben. Dagegen ist der rasche Anstieg der Niederschläge von der Donauniederung zur Albhochfläche weniger durch Südweststau als vielmehr durch die allgemeine Niederschlagszunahme mit der Höhe zu erklären.

Ebenso wie die Niederschlagsmengen nimmt auch die Niederschlagshäufigkeit in den drei Wintermonaten ab. Unter Zugrundelegung einer täglichen Niederschlagsmenge von mindestens 1 mm fallen im Dezember an rund 1/3 im Februar nur noch an 1/4ᵢ aller Tage Niederschläge. Rechnet man dagegen auch die "Lage hinzu, an denen 0.1—0.9 mm fallen, so bleibt bis zu einer Höhe von 600—700 m NN in allen Wintermonaten nur etwa die Hälfte aller Tage niederschlagsfrei. Die geringen Niederschlagsmengen fallen meist aus einer flachen Nebel- und Hochnebeldecke, aus der die höchsten Erhebungen der Alb herausragen, die daher weniger Niederschlagstage mit mindestens 0.1 mm auf weisen als die tieferen Lagen.

Nicht selten bildet sich in dem mit Dunst und Nebel erfüllten Raum eine schwache Turbulenz aus, die ihr Maximum an der oberen Grenze dieser Schicht hat. Sie verursacht dann einen sich ständig verstärkenden Reif- und Rauhreifbehang, unter dessen Last oft Zweige und Äste, bisweilen sogar ganze Bäume zusammenbrechen. Die Zusatzlasten an Überlandleitungen, die 2—l0kg/m betragen können, und die Schwingungen, hervorgerufen durch Wind und teilweisen Abfall der maximal bis zu 25 cm dicken Rauhreif- und Rauhfrostschicht sind häufig die Ursache für das Zerreißen der Kabel und das Abknicken der Masten.

Vom März an nimmt sowohl die Niederschlagshäufigkeit wie auch die Niederschlagsmenge von Monat zu Monat zu, erstere jedoch nicht im gleichen Maße wie die letztere. Wenn im Winter hauptsächlich weiträumige Schlechtwettergebiete und niedrige Hochnebeldecken die Niederschlagsbringer waren, so nehmen nun die Niederschläge häufig Schauercharakter an, so daß in der Niederschlagsverteilung sowohl zeitlich wie auch räumlich beträchtliche Unterschiede entstehen können.

Im Mittel gleichen sie sich natürlich aus, weshalb das Oberland etwa

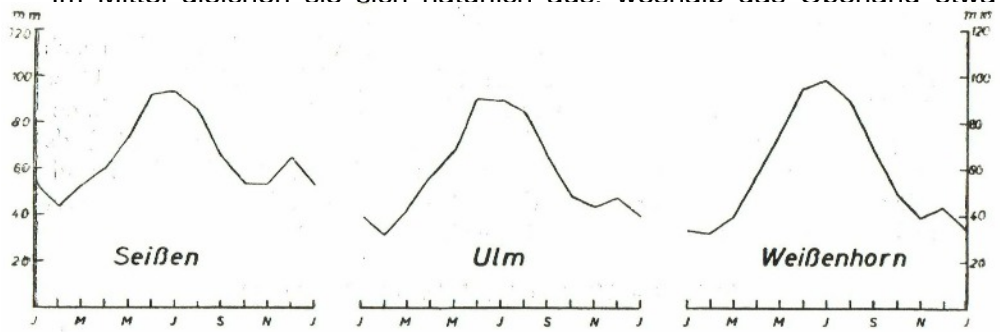


Abb. 9 Jährlicher Gang des mittleren Monatsniederschlages

dieselbe Niederschlagszunahme vom Winter zum Frühling hin zu verzeichnen hat wie die Alb. Mit der Drehung der mittleren Windrichtung auf West bis Nordwest gerät der zum Ulmer Raum gehörende Teil der Alb bereits auf die Leeseite. Damit verringern sich auch die höhenbedingten Unterschiede zwischen Donauniederung und Hochfläche auf 20—40 mm. Auffallend weit schiebt sich das niederschlagsärmste Gebiet vom Langenauer und Günzburger Ried nach Norden bis zum Albuch und Härdtsfeld vor, wo erst die eigentliche Niederschlagszunahme mit der Höhe beginnt. Die Blaubeurer und Ulmer Alb empfangen im Frühling ebenfalls nur rund 30 mm mehr Niederschlag als das Donautal Zwischen Ulm und Ehingen.

Da die westliche und nordwestliche Luftzufuhr bei monsunalem Witterungsgepräge auch im Sommer fortdauert und im Juni, teilweise noch im Juli, ihren Höhepunkt erreicht, bleiben die geringen Niederschlagsunterschiede zwischen dem Donautal und der südlichen Alb bestehen. Das Lonetal erweist sich auch in klimatischer Hinsicht als Trockental. Gegenüber den Vormonaten nehmen aber die Niederschläge im Juni nochmals kräftig zu, um dann bis zum August etwa die gleichen zu bleiben. Von dieser Zunahme profitiert vor allem das Oberland. Hier beträgt die Steigerung vom Frühling zum Sommer mehr als 100 mm. Sie ist teils auf die Zunahme der Gewittertätigkeit, teils auf die Stauwirkung der Moränenzüge und des Alpenvorlandes zurückzuführen. Die kleinste Zunahme, nämlich nur 70—80 mm, ist im Donautal östlich

Langenau, im Brenztal und auf der südöstlichen Alb festzustellen. Diese Gebiete liegen noch stärker im Regenschatten als die Westalb.

Die Niederschläge bestehen zum größten Teil aus Schauer- und Gewitterregen, bei denen bisweilen auch Graupel und Hagel fällt. Von den Hagelzügen werden bevorzugt der Südteil des Kreises Heidenheim und in geringerem Maße auch das Gebiet zwischen Blaubeuren-Ehingen und Neu-Ulm betroffen. Anscheinend wird ihre Entstehung am südlichen Albrand dadurch begünstigt, daß die in Kaltfronten an sich labil geschichteten Luftmassen durch die starke Überhitzung des Donau- und Brenztals eine zusätzliche Labilisierung erfahren. Im allgemeinen treten aber größere Hagelschäden im Ulmer Raume viel seltener auf als zwischen dem östlichen Schwarzwald und den schwäbisch-fränkischen Waldgebieten. Aus der Tatsache, daß manche dieser Hagelzüge am Albrand entlangziehen, darf nicht gefolgert werden, daß die Alb einen Einfluß auf ihre Zugrichtung habe oder

Tab. 20 - Mittlere Zahl der Gewitter tage[1]).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Heidenheim	0,1	—	0,5	2,1	5,3	8,7	8,3	7,7	2,5	0,6	0,1	0,1	36,0
Seißen	0,1	0,1	0,5	3,2	7,7	11,6	12,7	11,5	4,0	0,2	0,1	0,1	51,8
Münsingen	0,4	0,1	0,6	2,2	4,9	9,9	8,9	7,9	3,5	0,3	0,1	0,1	38,9
Biberach	—	0,1	0,6	2,9	7,0	9,8	13,1	9,4	3,5	0,2	—	0,1	46,7
Krumbach	—	—	0,2	1,1	3,8	6,3	9,6	3,3	0,8	—	—	—	25,1

[1]) Klimakunde des Deutschen Reiches

gar eine Wetterscheide darstelle. Sie folgen nämlich hier genau so wie in anderen Gegenden der Höhenströmung in 5—7000 m, die allerdings häufig ebenso wie die Alb von Südwesten nach Nordosten gerichtet ist.

Dasselbe gilt auch für die Schauer und Gewitter. Sie verteilen sich über den ganzen Ulmer Raum etwa mit der gleichen Häufigkeit. Über die Zahl der Gewittertage vermitteln jedoch die langjährigen Beobachtungen der Klimastationen nur eine ungefähre Vorstellung (Tab. 20), da je nach der Lage des Beobachtungsortes (freier, weitreichender Rundblick oder enge Tallage) und der Güte der Beobachter an einem Ort mehr Gewitter als am anderen bemerkt werden können.

Entgegen der allgemeinen Feststellung, wonach die meisten Gewitter in den Staugebieten aufzutreten pflegen, überqueren auch die Donauniederung zahlreiche Gewitter. Sie kommen meistens aus Westen oder Südwesten. Eine bekannte Gewitterecke stellt das Bodenseegebiet dar. Von dort aus ziehen die Gewitter in der Regel nach Nordosten, manchmal auch direkt nach Norden, toben sich aber meistens schon südlich des Ulmer Raumes aus und erreichen diesen nur noch in abgeschwächter Form. Charakteristisch für diese Zugrichtung ist ein über Frankreich liegender Tiefdrucktrog, der sich langsam nach Osten verlagert. Es zeichnen sich dann oft mehrere Tage hintereinander durch schwüles Wetter und Gewitter aus, die jedoch nicht sogleich durchgreifende Abkühlung bringen. Diese erfolgt erst mit dem eigentlichen Kaltlufteinbruch am Ende der gesamten Gewittertätigkeit. Die dabei in kurzer Zeit fallenden Regenmengen sind oft außerordentlich groß und überdecken das gesamte Gebiet sehr ungleichmäßig. Geschlossene Gewitterfronten sind verhältnismäßig selten. In den meisten Fällen reihen sich die einzelnen Gewitterherde perlschnurartig längs einer Kaltfront auf und verlagern sich mit dieser. Es bilden sich daher auch bei Frontgewittern Streifen unterschiedlicher Niederschlagsergiebigkeit aus, die aber kein Beweis dafür sind, daß bestimmte Gebiete besonders bevorzugt würden.

Mit der von Ort zu Ort wechselnden Schwere eines Gewitters schwankt auch die meist zu beobachtende Böigkeit des Windes. Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 60—80 km/Std. sind auch im Ulmer Raume ohne weiteres möglich.

Die Gewitterhäufigkeit erreicht im Juni und Juli im allgemeinen ihr Maximum und nimmt dann wieder ab. Jedoch erst vom Oktober ab braucht man nicht mehr in jedem Jahr mit einem Gewittertag zu rechnen. In der kalten Jahreszeit sind Gewitter ziemlich selten. Sie sind dann in der Regel an kräftige Kaltlufteinbrüche aus Nordwesten gebunden, die sich schon vorher durch stürmisches Auffrischen des Windes ankündigen.

Der Herbst, der sich namentlich in seiner ersten Hälfte durch ruhige Hochdruckwetterlagen auszeichnet, bringt im September und Oktober eine rasche Abnahme der Niederschlagsmengen und weniger langsam auch einen Rückgang der Niederschlagshäufigkeit. Die Schauerform verliert sich allmählich und gibt, besonders von der zweiten Oktoberhälfte an, den weniger ergiebigen Aufgleitniederschlägen den Vorrang. Da gleichzeitig die häufigste Windrichtung wieder auf West bis Südwest zurückdreht, läßt einesteils der Staueffekt im Voralpengebiet und am nördlichen Albrand nach, anderenteils gerät der ganze Albrücken wieder in den Regenschatten des Schwarzwaldes. Häufig führt noch föhniges Absinken und Austrocknen der Luftmassen im Voralpenraum zur Auflockerung und Auflösung der Aufgleitbewölkung und damit zur Abschwächung bzw. gänzlichen Verhinderung der Niederschläge. Aus diesem Grunde ist die Niederschlagsabnahme vom Sommer zum Herbst hin südlich der Donau mit 100—130 mm weit größer als nördlich davon, wo sie nur 75—100 mm beträgt. Damit sinken nunmehr die mittleren Monatssummen auf den Höhenrücken zwischen den, südlichen Nebenflüssen der Donau wieder unter die entsprechenden Werte auf der Alb, so daß sich im Herbst für den Ulmer Raum beiderseits des Donautals eine fast symmetrische Niederschlagsverteilung einstellt, wobei die Höhen etwa 30—40 mm mehr Niederschlag empfangen als die am tiefsten gelegene Symmetrieachse, die sich schon im Herbst zu einem der trockensten Gebiete Süddeutschlands zu entwickeln beginnt. Ein großer Teil der Niederschläge besteht aus feintropfigem Nieselregen, worauf der große Unterschied zwischen den Niederschlagstagen mit 1.0 und 0.1 mm hinweist.

Bevor die Niederschlagstätigkeit im Hochwinter ihren Tiefstand erreicht, steigert sie sich jedoch, wie schon erwähnt, im Dezember nochmals geringfügig. Diese Zunahme ist auf den Höhen etwa doppelt so groß wie in den tieferen Lagen, fällt aber dennoch kaum ins Gewicht und reicht nirgends dazu aus, um den jährlichen Niederschlagsgang auch nur eines kleinen Teils des Albgebietes oder der südlichen Höhen dem Mittelgebirgstypus zuzuordnen. Gegenüber dem Herbst verringern sich die Winterniederschläge im Donaugebiet unterhalb von Ulm etwa um 30—40 mm, südlich und westlich davon um 40 bis fast 60 mm, auf der Alb je nach Höhenlage 15—35 mm und im

Brenztal teilweise nur um 8 mm. Damit bildet sich im Laufe des Winters wieder stärker der Gegensatz zwischen dem niederschlagsarmen Donautal und der niederschlagsreicheren Alb aus.

In der Jahresverteilung heben sich die gegensätzlichen Effekte der verschiedenen Jahreszeiten zum größten Teil auf. Man muß allerdings beachten, daß in einzelnen Jahren mit langen Perioden gleichen Witterungsgepräges beträchtliche Abweichungen von der mittleren Verteilung zustande kommen können. Im Mittel finden wir aber eine zum i Donautal symmetrisch angeordnete Niederschlagsverteilung. Von den > tiefsten Lagen, die im Jahr rund 700 mm Niederschlag empfangen, steigen die Beträge nach Süden und Norden hin fast gleichmäßig an und erreichen an den Grenzen des betrachteten Gebietes 800—830 mm. Die niederschlagsreichen Staugebiete der Alb, wo im Jahr durchschnittlich über 1000 mm fallen, liegen also noch außerhalb dieses Bereiches. Da die Abnahme der Niederschläge nicht erst am südlichen Albrand, sondern bereits auf der Nordhälfte der Albhochfläche einsetzt, ist dierelative Niederschlagsarmut des Donautals nicht generell auf die Leewirkung des Albrückens zurückzuführen. Eine solche Wirkung besteht nur hei vorherrschender West- und Nordwestströmung im Frühling und Sommer. Die Differenzen im Ulmer Raume ergehen sich einfach aus den Höhenunterschieden.

b) Der Schneeniederschlag.

Im Mittel fällt Anfang November der erste Schnee (Tab. 21). Im Gefolge eines besonders kräftigen Kaltlufteinbruchcs können die Niederschläge jedoch auch schon in den ersten Oktobertagen mit Schnee vermischt sein oder ganz in Schnee übergehen. Meistens taut diese erste dünne Schneedecke, sofern es überhaupt zur Bildung einer solchen kommt, nach wenigen Tagen wieder weg und entsteht erst einige Wochen später von neuem. Zeichnet sich dagegen der Herbst durch besonders mildes Wetter aus, so läßt der erste Schneefall bisweilen bis zum zweiten Dezemberdrittel, in extremen Fällen sogar bis zum Jahresende auf sich warten.

Ähnlich groß sind auch die Schwankungen des letzten Schneefalls, der im Mittel in der ersten Aprilhälfte zu beobachten ist. Bei einem zeitigen Frühjahr können schon von der zweiten Märzdekade an die Niederschläge nur noch als Regen fallen, während andererseits die bekannten Kälterückfälle im Mai bisweilen noch nach der Monatsmitte Schnee bringen. Obwohl diese Schneefälle höchstens vorübergehend zur Bildung einer Naßschneedecke führen, richten sie doch meistens beträchtlichen Schaden in den Frühkulturen und im Obstbau an.

Da sich im Winter Süddeutschlands praktisch jedes Jahr einige Perioden milden Wetters einschieben und außerdem nur an einem Viertel bis zu einem Drittel aller Tage Niederschlag fällt, bleibt die mittlere Zahl der Schneefalltage auf der Alb auf rund 40, in der Donauniederung teilweise auf weniger als 30 beschränkt. Im Hochwinter bringen fast alle Niederschlagstage mit Tagessummen von mindestens 1 mm Schnee. Da außerdem die Temperatur auch in den tiefsten Fagen vorwiegend um 0 Grad herum und niedriger liegt, unterscheiden sich die Zahlen der Schneefalltage in allen Höhen nur sehr wenig voneinander. Dagegen fällt im Früh- und Spätwinter sowie im Spätherbst und Frühjahr in der Niederung oft Regen, wenn es auf den Höhen

Tab. 21 - Mittlere und extreme Daten des letzten und ersten Schneejalls
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

	Mittleres Datum des		Mittl. Dauer der schneefallfreien	letzter Schneefall		erster Schneefall	
	letzten Schneefalls	ersten	Zeit	frühester Termin	spätester	frühester Termin	spätester
Ulm	16.4.	8.11.	205	9.3.90	15.5.85	6.10.97'	23.12.21
Heidenheim	22.4.	6.11.	197	9.3.90	17.5.91	4.10.81	5.12.13 20
Münsingen	23.4	5.11.	195	8.3.20	19.5.16	3.10.06	8.12.ß7
Biberach	19.4.	5.11.	199	19.2.22	21.5.87	28.9.85	16.12.07
Schopfloch	18.4.	29.10.	183	28.3.14	24.5.87	20.9.97	5.12.13

Tab. 22 - Mittlere Zahl der Tage mit Schneefall mindestens 0.1 mm.
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

	O	N	D	J	F	M	A	M	Jahr
Ulm	0,4	2,6	5,6	7,7	6,0	4,7	1,6	0,3	28,9
Heidenheim	0,8	4,0	7,4	9,0	8,0	6,8	3,4	0,6	40,0
Münsingen	1,0	3,8	6,4	7,6	6,7	6,4	3,4	0,6	35,9
Biberach	0,6	2,7	5,5	7,4	6,4	5,8	2,9	0,4	31,7

schneit.

Je nach dem Charakter der einzelnen Winter kann die Anzahl der Schneefall tage sehr stark von den Mittelwerten ab weichen. So wurden in den Wintern 1941/42 und 1946/47 in Ulm je 63 Tage mit Schnee und Schneeregen gezählt, wovon im ersteren an 50 Tagen nur Schnee fiel.

Bewertet man an Tagen, an denen Schnee und Regen vermischt oder nacheinander beobachtet wurden, den Schneeanteil zu 50 o/o des Gesamtniederschlags, so ergibt sich im Januar für die Alb einschließlich des reinen Schneeniederschlags ein Schneeanteil von über 50 o/$_0$ der monatlichen Niederschlagssumme[1]), für das übrige Gebiet des Ulmer Raumes von 40—50 %. Im April sind es noch 20—30 % bzw. 10 bis 20 %, wobei aber schon große Teile der Ulmer und Heidenheimer Alb weniger als 20 o/$_0$ aufweisen.

Während einesteils nicht alle Schneefälle zur Bildung einer Schneedecke führen, bleibt andererseits eine einmal entstandene Schneedecke bei anhaltendem Frost auch ohne weitere Schneefälle erhalten. Leider ist das Beobachtungsmaterial über Schneedecken noch nicht soweit aufgearbeitet, daß sich schon genaue Angaben über die Dauer einer winterlichen Schneedecke machen ließen. Diese Untersuchungen werden noch dadurch erschwert, daß die Schneedeckenmessungen aus den verschiedensten Gründen nicht immer als repräsentativ für ein größeres Gebiet angesehen werden können. Z. B. werden die Südhänge eher schneefrei als die Nordhänge. An stark bewindeten Stellen wird der Schnee oft fortgetragen und an anderen Stellen in Schneewehen abgelagert. Die Bundesstraße 10 und 19 sowie die Suppinger Steige sind fast jeden Winter an mehreren Tagen streckenweise verweht und

müssen geräumt werden. In schneereichen Wintern sind die Albdörfer oft tagelang vom Verkehr fast vollkommen abgeschnitten. Ähnlich wechseln auch die Schnee Verhältnisse südlich des Donautals, und selbst in der Donauniederung, wo die Bedingungen für die Entstehung, Höhe, Dauer und das Abtauen einer Schneedecke noch am einheitlichsten sind, können infolge minimaler Geländeunebenheiten, verschiedener Bodenbedeckung und dadurch bedingter Geschwindigkeits- und Richtungsschwankungen des Windes unterschiedliche Schneedecken entstehen. Die folgenden Angaben, denen eine Mindesthöhe der Schneedecke von 0 cm und eine Verteilung über mindestens die Hälfte des Geländes zu Grunde liegt, stellen daher nur rohe Werte dar.

Im Mittel sind die höchsten Teile der Alb innerhalb des Ulmer Raumes an mehr als 80 Tagen von Schnee bedeckt. Der größte Teil der Hochfläche trägt ebenso wie die südlichen Moränenhügel 60—80 Tage lang eine Schneedecke, die im Donau-, Iller-, Lone- und unteren Brenztal weniger als 60 Tage lang erhalten bleibt. Deutlich zeichnen sich auch die übrigen Flußtäler durch kürzere Schneebedeckung aus.

In schneearmen Wintern weist das Donau- und Illertal oft nicht einmal an 20 Tagen eine Schneedecke auf, wobei zu berücksichtigen ist, daß es sich meist nur um vereinzelte Tage mit dazwischen liegenden längeren, milden Perioden handelt. Da der Bestand einer Schneedecke in erster Linie von den Temperaturverhältnissen abhängt, sind die Abweichungen von den Mittelwerten in höheren Lagen nicht so groß wie in der Ebene. Daher kann man auf den höchsten Erhebungen der Alb auch in schneearmen Wintern noch an 60—70 Tagen mit einer Schneedecke rechnen.

In sehneereichen Wintern bleibt die Schneedecke auf der Alb stellenweise länger als 4 Monate erhalten, und selbst im Donautal kann nahezu 100 Tage lang Schnee liegen.

Ebenso unterschiedlich wie die Andauerzeiten können sich auch die maximalen Schneehöhen gestalten. In milden und schneearmen Wintern wächst die Schneehöhe im Donautal kaum bis 5 cm, auf der Alb bis etwa 20 cm an, während sie bei größerem Schneereichtum auf 30—50 cm bzw. 80—100 cm zunehmen kann. Im letzten Falle hängt es dann sehr vom Verlauf der Schneeschmelze und der Beschaffenheit des Bodens ab, ob die Flüsse über ihre Ufer treten oder die Wassermassen noch innerhalb der Flußbetten abfließen. Besonders rasch nähern sich immer die Hochwasser der Iller dem DonautaJ, während die Donau selbst langsamer anschwillt, allerdings dann auch länger Hochwasser führt als ihre Nebenflüsse. Zu weiten Überschwemmungen kommt es vor allem dann, wenn die Schneeschmelze sehr zügig vonstatten geht, der Boden noch gefroren ist und der Grundwasserstand sehr hoch ist.

c) Extreme Jahres-, Monats- und Tagesniederschläge.

Wenn es auch gelingt, die wesentlichen Züge des jährlichen Niederschlagsverlaufs an Hand der mittleren Monatssummen darzulegen, so wollen wir nunmehr den wirklichen Ergebnissen der Niederschlagsmessungen, d. h. ihren Abweichungen von den Mittelwerten stärkere Beachtung schenken.

Bereits ein Einzelniederschlag kann zeitlich und räumlich mit ganz verschiedener Intensität fallen. Bei Schauer- und Gewitterniederschlägen kann die Regenstärke innerhalb kürzester Zeit, oft in Bruchteilen einer Minute, um das 200—300fache zu- oder abnehmen. Selbst die über längere Zeit hin mit ziemlich gleichbleibender Stärke anhaltenden Aufgleitniederschläge (Landregen) liefern, gleiche Niederschlagsdauer vorausgesetzt, ganz verschiedene Endsummen. Hinzu kommt, daß sich die Niederschlagshäufigkeit in einem weiten Rahmen bewegt, so daß die Monatssummen, über einen längeren Zeitraum betrachtet, sehr großen Schwankungen unterworfen sind. Für einige Stationen des Ulmer Raumes wurden die kleinsten und größten Monats- und Jahressummen in Tab. 23 zusammengestellt.

Tab. 23 - Größte und kleinste Monats- und Jahresniederschläge (mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	104	99	100	137	170	262	208	231	147	160	146	134	1158
	3	2	1	0	10	31	6	9	0	0	2	1	435
Heidenheim	129	141	154	131	163	219	170	178	176	175	162	177	1201
	5	2	5	0	17	35	10	11	6	4	0	1	483
Münsingen	160	128	112	168	182	196	174	168	173	142	128	170	1202
	14	7	8	0	19	9	11	23	4	0	3	9	584
Ettlenschieß	143	110	142	129	182	213	147	180	185	154	185	153	1219
	20	7	1	10	13	19	10	15	11	1	2	5	433
Seißen	144	134	136	138	241	207	204	213	210	161	194	165	1292
	7	5	4	0	20	30	7	18	8	0	3	3	519
Ehingen	127	89	99	112	187	183	194	184	151	153	140	122	1020
	11	5	3	17	16	29	17	9	7	0	2	3	452

Aus ihr ist zu ersehen, daß in manchen Jahren einige Monate vollkommen trocken ausfielen, während in anderen Sommermonaten über 260 mm Regen fiel. Die Relativwerte bewegen sich also zwischen 0 % und etwa 340 % des jeweiligen Monatsmittels. Während in den Winter- und Übergangsmonaten häufige und intensive Dauerregen und -schneefälle die Ursache des Niederschlagsreichtums sind, wird dieser im Sommer meist durch sehr ergiebige Gewittergüsse und Platzregen erzeugt. Selbstverständlich ist auch die warme Jahreszeit nicht frei von intensiven Dauerregen. Man denke nur an die Überschwemmungskatastrophe in Bayern im Sommer 1953, die zeitweise auch auf den Ulmer Raum mit Übergriff. Es handelt sich in solchen Fällen fast immer um Wetterlagen, bei denen sich der Luftmassenstau am Alpenmassiv weit nach Norden hin ausdehnt.

Anderer Art sind dagegen die sommerlichen Schauer- und Gewitterregen, die vor allem dann große Tagesmengen liefern, wenn sich über Südwestdeutschland eine mehr oder weniger scharfe Luftmassengrenze in Südwest-Nordostrichtung hinzieht, die nur eine geringe Verlagerungstendenz zeigt. Wohl kann dabei kurzfristig etwas kühlere Luft einfließen und vorübergehend die Niederschlagstätigkeit abschwächen oder unterbrechen; in der Regel lebt sie aber bald wieder auf, da von neuem subtropische, wasserdampfreiche Luft nachströmt. Dieses Spiel kann sich mehrmals wiederholen und über einige Tage hinziehen und so eine Periode unbeständigen Wetters mit ergiebigen Regenfällen zur Folge haben.

Das andre Extrem stellen die Trockenzeiten dar, die eine Dauer von

Tab. 24 - Häufigkeit der vom Mittelwert abweichenden Jahresniederschläge

% des	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jahresmittels	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Zahl der Jahre (=Prozentzahl)	3	11	14	27	25	9	7	3	0	0	1

einigen Tagen bis zu mehreren Wochen haben können. Man denke an die bekannten Dürresommer 1947 und 1949.

Innerhalb einer längeren Zeit gleichen sich natürlich die Gegensätze in der Regel weitgehend aus, weshalb die Niederschlagssummen der einzelnen Jahre nicht so großen Schwankungen unterworfen sind wie die Monatsbeträge. In Ulm wurden in einem Zeitraum von 100 Jahren die folgenden Abweichungen vom langjährigen Mittelwert festgestellt. Sie dürften auch im übrigen Ulmer Raum etwa dieselben sein.

In 52 von 100 Jahren fiel somit die normale Niederschlagsmenge. In 28 Jahren war sie unterdurchschnittlich, in 20 Fällen übernormal. Dies bedeutet, daß man im Durchschnitt innerhalb eines 10jährigen Zeitraumes mit 2—3 niederschlagsarmen und 2 niederschlagsreichen Jahren rechnen muß. Die bisher trockensten Jahre waren 1863 (435 mm), 1887 (481 mm) und 1921 (474 mm). Im Jahr 1949 wurden in Ulm 503 mm gemessen. Das niederschlagsreichste Jahr war 1939 mit 1158 mm. Über 900 mm wurden noch 1859, 1922, 1927, 1940 und 1941 auf gefangen.

Beträchtlich größer sind jedoch die Abweichungen der Monatssummen, die wiederum für Ulm für denselben 100-jährigen Zeitraum zusammengestellt wurden. Die Summe der Häufigkeiten aller Monate wurde in den letzten beiden Spalten der Tab. 25 als Absolut- und Relativwert (%) angegeben und in Abb. 10 graphisch dargestellt. Es fällt sofort die große Zahl unternormaler Monatsniederschläge auf, deren Defizit innerhalb von Jahrzehnten durch eine kleinere Anzahl überdurchschnittlicher Monatssummen ausgeglichen wird. Die obere Grenze für die letzteren dürfte etwa beim 21/2- bis 3-fachen Mittelwertsbetrag anzunehmen sein. In 3 Monaten wurde diese Grenze sogar schon überschritten.

Bemerkenswert ist, daß hinsichtlich der oberen und unteren Begrenzung kaum jahreszeitliche Differenzen bestehen. Die Herbst- und Wintermonate können ebenso extrem trocken oder naß sein wie die Frühlings- und Sommermonate. Erst wenn man mehrere Niederschlagsstufen zu Gruppen zu-

Tab. 26 - Häufigkeit niederschlagsarmer, normaler und niederschlagsreicher Monate in Ulm (1855—1955 ohne 1857).

% vom Mittel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Summe abs.	Summe rel. (%)
0— 50	27	26	27	17	13	10	11	17	20	25	23	27	243	20,2
50— 80	20	23	20	26	31	28	20	24	20	21	26	17	278	23,2
80—120	27	21	23	30	26	33	37	26	33	23	21	25	325	27,1
120—150	9	8	12	11	14	14	19	20	11	10	12	14	154	12,8
üb. 150	17	22	18	16	16	15	13	13	16	21	18	17	200	16,7

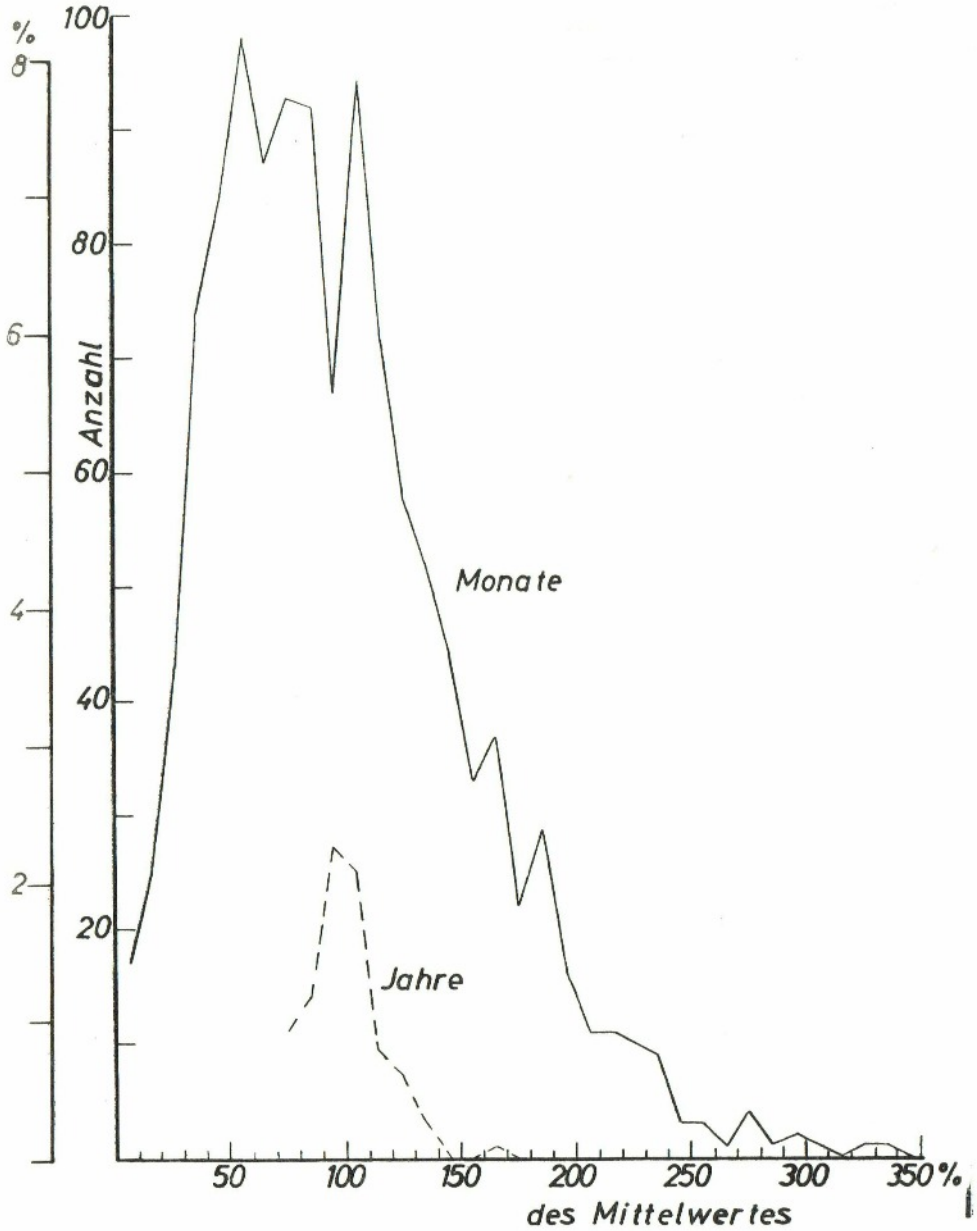


Abb. 10 Häufigkeitsverteilung der relativen Monats- und Jahresniederschläge von Ulm (1855 - 1955 ohne 1857)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
0— 10	1	1	1	1	—	—	3	—	1	4	3	2	17	1,42
10— 20	5	7	1	—	1	—	—	1	2	1	—	7	25	2,01
20— 30	4	6	6	4	—	1	i	2	3	9	3	4	43	3,58
30— 40	5	8	9	6	7	4	3	8	6	2	11	5	74	6,17
40— 50	12	4	10	6	5	5	4	6	8	9	6	9	84	7
50— 60	7	9	5	10	11	12	6	8	8	5	10	7	98	8,17
60— 70	4	9	10	5	11	5	9	8	4	7	9	6	87	7,25
70— 80	9	5	5	11	9	13	5	8	8	9	7	4	93	7,75
80— 90	6	7	5	9	10	9	14	7	10	4	5	6	92	7,67
90—100	6	3	4	6	5	10	9	6	6	6	3	3	67	5,67
100—110	9	8	7	8	4	6	12	9	6	7	10	8	94	7,83
110—120	6	3	7	7	7	8	2	4	11	6	3	8	72	6
120—130	2	4	5	1	6	1	10	12	5	5	5	2	58	4,83
130—140	4	3	5	7	5	6	5	1	2	3	5	6	52	4,33
140—150	3	1	2	3	3	7	4	7	4	2	2	6	44	3,67
150—160	1	1	5	2	5	2	5	4	2	1	2	3	33	2,75
160—170	2	5	2	2	3	2	3	1	6	8	4	4	42	3,5
170—180	—	3	4	1	1	3	2	3	—	3	1	1	22	1,83
180—190	—	3	2	7	3	4	1	2	4	—	3	—	29	2,42
190—200	1	2	—	2	2	1	1	1	—	2	—	4	16	1,33
200—210	3	2	2	—	—	—	—	1	—	1	—	2	11	0,92
210—220	2	2	1	—	—	—	—	—	2	1	1	2	11	0,92
220—230	—	1	1	1	1	—	1	—	2	1	2	—	10	0,83
230—240	4	1	1	—	—	—	—	—	—	1	2	—	9	0,75
240—250	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	3	0,25
250—260	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	3	0,25
260—270	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,08
270—280	2	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	4	0,33
280—290	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,08
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	2	0,17
300—310	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	0,08
310—320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	0,08
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,08

Tab. 25 - Häufigkeit der vom Mittelwert abweichenden Monatsniederschläge von Ulm (1855 - 1955 ohne 1857)

sammenfaßt, stellt sich ein Einfluß der Jahreszeit heraus, jedoch nur für große Niederschlagsarmut und normale Niederschlagssummen. (Tab. 26).

Während nämlich im Durchschnitt 20 % aller 1200 Monate als Dürremonate bezeichnet werden können, entfallen auf die Vegetationsperiode von Mai bis Juli nur rund 11 %, d. h. nur jeder 9. dieser für die Pflanzenentwicklung bedeutsamsten Monate zeichnet sich durch extreme Trockenheit aus. In den Monaten September bis März fällt dagegen schon alle 4—5 Jahre einmal äußerst wenig Niederschlag. Etwa analog hierzu pendeln die sommerlichen Niederschläge weit stärker um den Mittelwert als im Spätherbst, Winter und zeitigen Frühjahr. Dies bedeutet, daß die Witterung der kalten Jahreszeit mehr zu Extremen neigt als im Sommer. In der Tat wird ja der mitteleuropäische Winter hauptsächlich von zwei gegensätzlichen Wetterlagen beherrscht, der Westwetterlage mit häufigen und ergiebigen Niederschlägen und der monsunalen Ostlage mit strenger Kälte aber nur wenig Schnee.

Im Sommer hingegen wechseln in der Regel die niederschlagsbringenden Monsunvorstöße mit niederschlagsfreien Zwischenhochlagen ab, und nur wenn sich die eine oder andere Zirkulationsform stärker ausbildet und längere Zeit anhält bzw. wenn sich seltenere Wetterlagen einstellen

	3	4	5	6	7	8	9	10	Monate hintereinander
zu naß	25	21	2	3	0	0	1	1	
zu trocken	34	18	8	10	3	5	0	0	

(Zentralhoch über Mitteleuropa, Troglage, Kaltlufttropfen über Süddeutschland und Oberitalien), kommt es zu extremen Niederschlagsverhältnissen.

Besonders sei auf die verhältnismäßig geringe Zahl der Monate mit normalen Niederschlagssummen hingewiesen, der zwar ungefähr der gleiche Anteil zu nasser, aber fast der doppelte zu trockener Monate gegenübersteht.

In diesem Zusammenhang interessiert auch die Frage, wie oft mehrere

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
41	19	32	38	54	581)	78	46	56	43	34	49	mm

[1]) 1957 nach Fertigstellung des Manuskripts: 60 mm.

Monate hintereinander zu trocken bzw. zu naß ausfielen. Als trocken (naß) wurde dabei ein Monat bezeichnet, wenn weniger (mehr) als 80 % (120 o/$_0$) des Mittelwerts gemessen worden waren. An Hand der Ulmer Beobachtungsreihe von 1872—1953 ergaben sich folgende Häufigkeiten:

Jahres nicht überrascht, ist die an sich etwas kleinere Zahl der zu trockenen Vegetationsmonate in Tab. 26 so zu deuten, daß sic wohl vorwiegend durch längere Trockenperioden zustande kommt. Auch die Monate August bis Oktober fallen oft in mehrmonatige Trockenzeiten. Analog hierzu werden die Monate März bis Juni und September bis November seltener als alle anderen Monate von mehrmonatigen Naßperioden überdeckt.

Zum Schluß dieses Kapitels seien noch die größten Tagesniederschläge von Ulm erwähnt, die zwischen 1872 und 1956 gemessen wurden:

Vergleicht man sie mit den mittleren Monatssummen, so ist festzustellen, daß diese z. B. am 5. Dezember 1900 und am 12. Januar 1936 mit den oben angegebenen Tageswerten schon überschritten wurden. Beide Monate waren damals außerordentlich niederschlagsreich gewesen. In anderen Monaten traten schon Tagesmengen bis zu $^9/_{10}$ des entsprechenden mittleren Monatsniederschlags auf. Während die Absolutbeträge vom Oktober bis April etwa in gleicher Höhe liegen, schnellen sie vom Mai an mit dem Einsetzen stärkerer Schauer- und Gewittertätigkeit rasch empor. Es liegt auf der Hand, daß derartig große Wassermassen, die im Sommer oft innerhalb weniger Stunden fallen, zu Abflußschwierigkeiten in den örtlichen Kanalisationsanlagen führen müssen, sofern diese nicht ausreichend bemessen sind. Da die Dimensionierung der Rohrdurchmesser aber auch eine Wirtschaftlichkeits- und Finanzfrage ist, wird man nicht immer dieser Schwierigkeiten Herr werden. Leider konnten bisher weder die Häufigkeiten großer Tagesniederschläge noch die Häufigkeit ihrer Intensität errechnet werden, so daß wir uns mit der Feststellung begnügen müssen, daß praktisch jedes Jahr einmal ein Tagesniederschlag von ca. 30 mm oder mehr erwartet werden kann.

3. Bewölkung, Nebel und Sonnenschein

Zwischen den Wettererscheinungen, die am Schluß dieser Klimabeschreibung Erwähnung finden sollen, besteht ein viel engerer Zusammenhang als zwischen allen anderen Wetterelementen. Allerdings stellen sich seinem Nachweis durch Zahlen erhebliche Schwierigkeiten in den Weg, die sehr mannigfaltiger Art sind. Sie beginnen schon mit den Beobachtungen selbst. Die richtige Feststellung des Bedeckungsgrades durch Wolken, der ja nach Zehnteln des Himmelsgewölbes geschätzt wird, setzt einen geübten Beobachter und einen freien Beobachtungsstandort voraus, was nicht immer gewährleistet ist. Ein durch Berge, Wälder und Gebäude überhöhter Horizont hat eine Verkürzung der registrierten Sonnenscheindauer zur Folge, deren Messung, genau genommen, nur für den Aufstellungsort des Gerätes Gültigkeit hat. Es kommt hinzu, daß die instrumentelle Messung der Sonnenscheindauer im Ulmer Gebiet erst im Sommer 1950 begann, glücklicherweise an einer kaum behinderten Stelle. Diese kurze Beobachtungszeit reicht natürlich noch nicht vollständig zur Ermittlung vergleichbarer Mittelwerte aus. Allerdings lassen sich mit ihnen schon die wesentlichsten Zusammenhänge zwischen Witterung, Landschaft und Sonnenschein herausschälen. Nebelbeobachtungen bei Nacht werden von den Klimabeobachtern in der Regel nicht angestellt. Ihre Angaben weichen daher gegenüber den von 24-stündig mit Fachpersonal besetzten Dienststellen des Wetterdienstes bisweilen um das 2- bis 3-fache ab. Schließlich beeinträchtigt die Weitmaschigkeit des Beobachtungsnetzes die Aussagemöglichkeit über kleinräumige Unterschiede in starkem Maße. Man muß daher mit den Eigenheiten seiner Heimat vertraut sein und aus der Erfahrung schöpfen, wenn man ein zutreffendes Bild von ihren Licht- und Schattenseiten — natürlich im meteorologischen Sinne — entwerfen will.

Aus der Vielzahl und Vielgestaltigkeit der Wetterlagen ergibt sich, daß im ganzen Ulmer Raume im Frühling und Sommer etwa die gleichen Bewölkungsverhältnisse bestehen. Es ist dies ja auch verständlich, wenn man bedenkt, daß fast das ganze Gebiet bei überwiegend westlicher bis nordwestlicher Strömung schon außerhalb der Stauzone am Nordrand der Alb

Tab. 27 - Mittlere Zahl der heiteren (a) und trüben (b) Tage
(Klimakunde des Deutschen Reiches)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	a	2,2	2,8	4,1	4	4,2	4,2	5,4	5,7	5,3	2,5	1	1,3	42,7
	b	17,7	12,2	11,5	10,1	9	7,4	7	6,9	8,3	13	17,6	19,5	140,2
Heiden-	a	3	4	4,8	4,9	5	4,3	5,7	6,7	6,2	3,7	1,7	2	52
heim	b	17,7	13	11,6	9,6	8,8	8	6,6	6,4	9,2	13,1	17,8	20,1	141,9
Münsin-	a	3,7	4,6	4,6	3,6	4,6	3,9	5,4	6	6	4,5	2,4	2,6	51,9
gen	b	14,5	11,9	11,2	9,5	7,3	6,9	6	5,9	7,8	11,6	15	17,2	124,8
Schopf-	a	5,4	5,2	5,1	4,5	5,1	4,4	4,9	6,3	6,7	5,5	3,8	4,3	61,2
loch	b	14,4	11,9	12,1	10,8	9,7	9,3	8,7	7,7	9	10,9	13,7	15,3	133,5
Bibe-	a	0,9	4	5,1	2,5	5,4	3,6	4,8	5,6	4,6	2,4	1,2	0,6	40,7
rach	b	16,6	11,4	10,8	11,1	8	8,4	5,9	6,4	7,2	13,5	16,7	18,8	134,8

Tab. 28 - Mittlere Sonnenscheindauer in Stunden (1951 - 56)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Ulm	50,5	68,1	148,1	182,4	223,3	190,0	246,5	222,2	1648,0	109,5	51,5	36,7	1693,5
Sötten	46,3	63,0	143,0	163,2	209,4	177,7	221,6	204,0	162,8	131,3	57,7	49,3	16,0

liegt. Mag auch die Bewölkung im Donautal nach dem Durchzug westlicher Störungen etwas rascher auflockern als auf den Höhen, so ändert dies am Gesamtcharakter des Witterungsbildes nur wenig. Freilich kann dann ein solcher Tag für die Albbewohner noch als trübe im Sinne der meteorologischen Definition (mittlerer Bedeckungsgrad über 8/10) gelten, wogegen er in tieferen Lagen nur noch als bewölkt zu bezeichnen wäre. Daraus erklären sich teilweise die geringen Differenzen in der Tab. 27. Aber auch weil die Wolkenhöhe auf den Bergen eine geringere ist, erscheint hier die Wolkendecke größer als im Tal. Bei störungsfreiem Hochdruckwetter bildet sich am Tage über Berghängen eher und kräftiger eine Cumulusbewölkung aus als über ebenem Gelände. Dies ist auch der Grund, weshalb die Sonnenscheindauer auf der Alb im Frühling und Sommer geringer ist als in tieferen Lagen.

In Übereinstimmung mit den Angaben der Tab. 27 weist übrigens der Juni im Durchschnitt weniger Sonnenscheinstunden auf als der Mai und Juli. Wenn sich dieser Rückgang bei einer längeren Meßreihe vielleicht auch noch etwas abschwächt, so dürfte er doch reell sein; denn im Juni setzen die großen Monsunwellen ein, mit denen der Witterungscharakter dieses Monats häufig sehr unbeständig und teilweise unfreundlich wird. Der Wechsel zwischen feuchtschwüler Tropikluft und kühler Polarluft gibt zu verstärkter Schauer- und Gewittertätigkeit Anlaß, die selbstverständlich auch mit starker Bewölkung verbunden ist. Auch die Zahl der heiteren Tage mit einem täglichen Bedeckungsgrad von weniger als $^2/_{10}$ nimmt im allgemeinen etwas ab.

Am Anfang des Herbstes beginnt sich die verschiedene Höhenlage der Orte stärker bemerkbar zu machen. In den länger werdenden Nächten bilden sich in den Tälern Kaltluftseen, Dunst- und Nebelbänke, wozu die störungsfreien Hochdrucklagen Ende September und Anfang Oktober (Altweibersommer) günstige Ausgangsbedingungen schaffen. Solange die nächtliche

Kaltluftschicht nur wenige Dekameter dick ist, kann sie morgens mit beginnender Sonneneinstrahlung bald wieder beseitigt werden. Aber selbst diese vorübergehenden Morgennebel verkürzen die Sonnenscheindauer in den Tallagen schon so weit, daß sie sich im September derjenigen auf der Alb angleicht. Auch die Zahl der heiteren Tage nimmt in Ulm und Heidenheim gegenüber dem August wieder ab, während sie in Münsingen noch dieselbe bleibt.

Je länger die Nächte und je kürzer die Tage werden, umso mehr gewinnt die Ausstrahlung die Oberhand über die Einstrahlung. Die Nebel- und Dunstbänke lösen sich immer später am Vormittag auf und bleiben schließlich ganze Tage und Wochen erhalten. Im Heft 24 dieser Mitteilungsreihe war hierüber schon eingehend berichtet worden und an Hand von Beispielen auch die Auswirkung auf das Verhalten der Temperatur gezeigt worden. Nach weiterem Studium der Sonnenscheinregistrierungen können die damaligen Ausführungen durch weiteres Zahlenmaterial ergänzt werden (Tab. 29). Wenn dabei zum Vergleich Stötten bei Geislingen herangezogen wird, so muß man sich freilich darüber im klaren sein, daß diese Station zeitweise im Stau an der nördlichen Alb liegt, der allerdings im Eierbst, teilweise auch im Winter, eine geringere Rolle spielt als im Sommer. Im übrigen ergab ein Vergleich mit den Monatssummen der Sonnenscheindauer in Münsingen keine wesentlichen Abweichungen.

Die Umstellung auf die herbstlichen Strahlungsverhältnisse beginnt zwar schon im September und drückt sich in einer merklichen Verkürzung der Sonnenscheindauer in Ulm in den Vormittagsstunden etwa bis 9 Uhr aus; jedoch erst im Oktober sind die Donaunebel so mächtig und zäh geworden, daß Stötten im 6-jährigcn Durchschnitt bis 14 Uhr mehr Sonnenschein registriert als Ulm. Meistenteils gehen die Nebeldecken im Laufe des Vormittags in niedrigere Hochnebel über und beeinträchtigen dann auch den Sonnenscheingenuß der höher gelegenen Orte. Dies dürfte einer der Hauptgründe mit sein, weshalb die monatlichen Stundensummen in Stötten zwischen 14 und 16 Uhr etwas kleiner sind als in Ulm. Noch vor Sonnenuntergang senkt und schließt sich die Hochnebeldecke wieder, auf den Höhen bessert sich die Sicht, während in den Tälern erneut Sichtverschlechterung eintritt. Hier bekommt man oft die letzten Sonnenstrahlen nicht mehr zu sehen.

Um diesen für die Donauniederung und die Aibtäler charakteristischen Verlauf der Besonnung so genau wie möglich zu zeigen, wurde nach den Registrierungen der Ulmer Station monatsweise ausgerechnet, wie oft die Sonne im Mittel $^{0}/_{10}$, $^{2}/_{10}$, . . . bis $^{10}/10$ in jeder einzelnen Tagesstunde geschienen hat. Die Ergebnisse wurden für jede einzelne Stunde summiert und lieferten den in Abb. 11 gezeigten Häufigkeitsverlauf. Die Abstände zwischen der Abszisse und der untersten Kurve geben die mittlere Anzahl der Tage an, an denen die Sonne in der betreffenden Stunde überhaupt nicht geschienen hat, während die Abstände von der oberen Begrenzung bis zur obersten Kurve die Tage ohne Unterbrechung des Sonnenscheins charakterisieren. Aus dem Verlauf der Kurvenscharen läßt sich leicht erkennen, zu welcher Tageszeit in jedem Monat der meiste bzw. der wenigste Sonnenschein zu erwarten ist.

Im März sind Vor- und Nachmittag ungefähr gleich günstig gestellt. Das Maximum ununterbrochenen Sonnenscheins liegt um die Mittagszeit. In den

Tab. 29 - Mittlere monatliche Stundennummern der Sonnenscheindauer (1951 - 1956)

Tageszeit	4 bis 5	5 bis 6	6 bis 7	7 bis 8	8 bis 9	9 bis 10	10 bis 11	11 bis 12	12 bis 13	13 bis 14	14 bis 15	15 bis 16	16 bis 17	17 bis 18	18 bis 19	19 bis 20
							Ulm									
Januar	—	—	—	0.2	2.4	5.1	7.2	8.2	8.1	7.7	7.4	4.0	0.2	—	—	—
Februar	—	—	—	1.1	3.2	6.2	8.4	9.0	9.9	10.1	9.4	7.5	3.2	0.1	—	—
März	—	—	2.0	7.6	11.5	14.9	16.5	15.8	16.8	16.2	16.0	15.1	11.7	4.0	0.0	—
April	0.0	2.2	9.3	13.6	16.2	16.2	16.7	16.8	16.8	16.1	14.5	14.7	14.3	11.5	3.4	0.1
Mai	0.7	7.3	13.2	16.8	18.4	19.2	18.9	17.9	17.9	17.4	16.2	16.8	16.5	14.2	10.3	1.6
Juni	1.5	6.5	10.9	14.7	15.8	15.9	15.2	14.9	14.1	14.3	13.7	12.4	12.8	11.8	10.6	5.1
Juli	1.5	10.0	14.6	17.8	18.9	19.2	19.3	18.4	18.4	19.1	18.6	18.0	18.3	16.8	13.5	4.1
August	0.0	3.1	10.6	15.7	18.8	20.4	20.5	20.4	18.6	19.0	18.7	18.1	17.0	14.5	6.7	0.0
September	—	0.2	3.3	8.9	12.7	15.4	16.1	16.7	17.6	17.7	16.6	16.0	14.5	8.5	0.6	—
Oktober	—	—	0.2	2.8	7.2	9.1	11.2	13.4	13.9	14.0	14.5	13.5	8.6	1.1	—	—
November	—	—	—	0.1	1.8	4.0	7.0	7.7	7.9	8.8	8.3	5.5	0.3	—	—	—
Dezember	—	—	—	—	1.1	2.5	4.2	5.7	7.0	7.2	6.4	2.6	—	—	—	—
							Stötten									
Januar	—	—	—	0.0	2.3	4.6	6.7	7.7	6.7	7.3	7.0	3.8	0.2	—	—	—
Februar	—	—	0.1	1.4	3.8	6.1	7.6	8.4	8.6	8.8	7.9	6.9	3.3	0.1	—	—
März	—	0.0	3.3	10.4	12.4	14.0	14.9	15.0	15.8	15.1	14.6	13.3	11.0	3.2	0.0	—
April	—	3.3	10.7	12.8	13.9	14.1	13.6	13.9	14.7	13.8	13.5	13.3	12.7	9.9	3.0	—
Mai	1.8	11.6	14.6	16.1	16.7	17.5	16.9	15.5	15.8	15.8	15.3	15.4	13.8	12.2	8.9	1.5
Juni	2.6	8.2	10.8	12.8	14.4	14.7	14.8	13.7	13.0	13.3	12.9	11.8	11.9	10.5	9.1	3.2
Juli	3.4	12.1	13.6	15.0	16.0	17.1	18.0	17.2	16.8	17.3	16.6	15.7	15.7	14.0	10.1	2.9
August	0.5	6.2	13.4	15.1	17.1	18.2	18.8	18.0	16.4	17.1	16.0	15.3	14.1	12.4	5.3	0.1
September	0.0	0.8	7.9	12.6	13.7	15.1	15.8	15.8	15.8	15.7	14.7	14.0	12.7	7.7	0.5	—
Oktober	—	—	1.2	9.1	12.6	13.7	13.7	14.3	14.1	14.8	14.0	12.7	10.0	1.1	—	—
November	—	—	0.0	0.5	3.9	6.4	8.0	8.0	8.8	8.5	7.5	5.2	0.9	—	—	—
Dezember	—	—	—	0.1	3.7	6.8	6.9	7.3	7.4	6.7	6.7	3.7	—	—	—	—

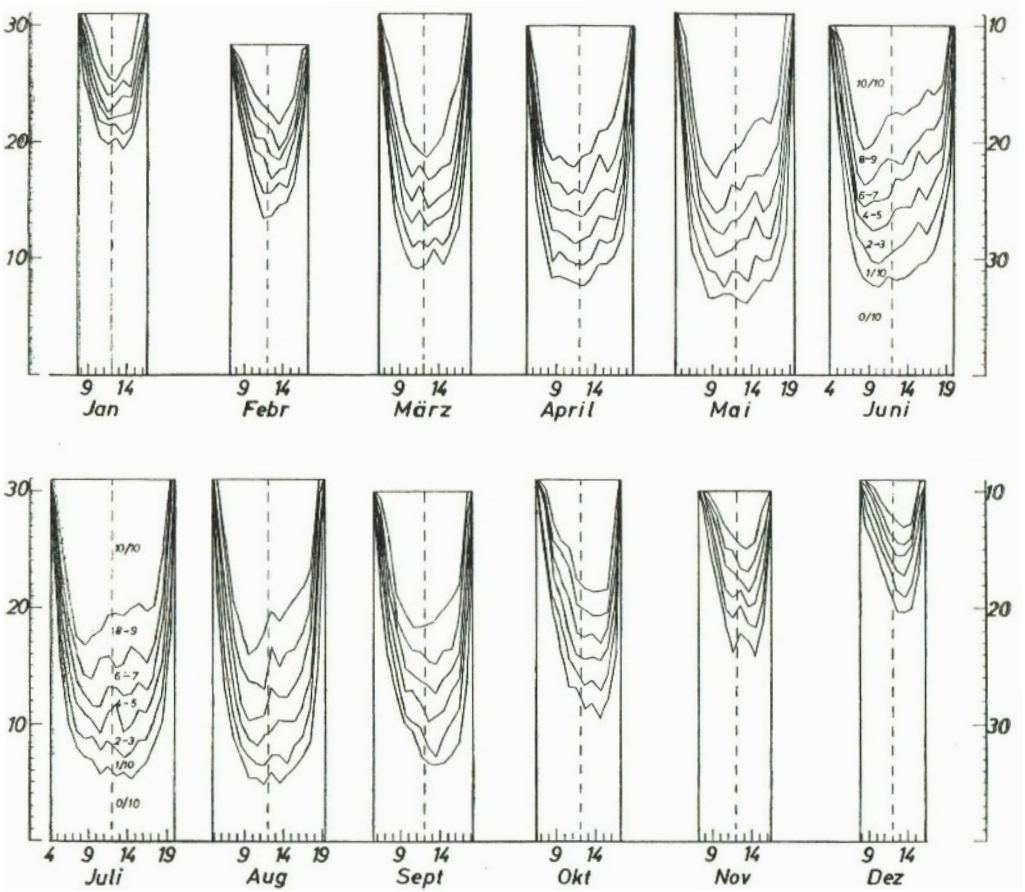


Abb. 11 Mittlere Häufigkeit der stündlichen Sonnenscheindauer in Ulm (1951—56) in Tagen.

nächsten Monaten tritt eine deutliche Begünstigung der Vormittagsstunden, vor allem für wenig unterbrochenen oder die volle Stunde anhaltenden Sonnenschein, ein. Das Maximum verlagert sich allmählich auf 9 Uhr im Mai und 8 Uhr im Juni und Juli. Dies ist der Zeitpunkt, von dem ab die Bewölkung infolge der sich entwickelnden Thermik zunimmt oder sich zu bilden beginnt. Ihre Zunahme bedingt in der Darstellung bis zum Juni ein scharfes Umbiegen aller Kurven nach rechts oben. Zwischen 14 und 15 Uhr hat die Thermik ihr Maximum erreicht. Der Himmel ist zu dieser Zeit häufiger ganz mit Wolken bedeckt als 2—7 Stunden vorher. Mit abnehmender Einstrahlung läßt auch die Thermik wieder nach, die Wolken lösen sich teilweise auf, und die Sonne scheint wieder häufiger mehr als nur 4/10 einer vollen Stunde. Hatte sich allerdings der Himmel mittags ganz mit Wolken überzogen, so bilden sich bis gegen Abend meist nur noch einzelne Wolkenlücken. Die 0/10 -und 2/10 -Linien zeigen daher kaum eine Tendenz zur Abnahme.

Im Juni und Juli treten am Nachmittag teilweise zwei Minima hervor, was darauf schließen läßt, daß die Wolkenbildung und -auflösung in gewissen periodischen Abständen erfolgt.

Beim Vergleich der Stundensummen beider Stationen stellt man übrigens fest, daß auch im Sommer mindestens für das Ulmer Stadtgebiet in den ersten 2—3 Stunden nach Sonnenaufgang der Strahlungsgenuß wegen des Dunstes und Staubes, der sich in der Nacht am Talboden angesammelt hat, geringer ist als auf den Albhöhen. Die trübenden Teilchen werden erst durch die Thermik im Laufe des Vormittags in größere Höhen verfrachtet und beeinträchtigen dann dort die am Morgen noch klare Atmosphäre.

Während das Wechselspiel zwischen Bewölkung, Dunsttransport und Sonnenschein im August noch andauert, bahnt sich im September eine Umstellung an. Es verschiebt sich nicht nur das Maximum der völlig ununterbrochenen Sonnenscheinstunden auf 10 und 11 Uhr, sondern wesentlich häufiger noch bleibt der Vormittag entweder ganz ohne Sonnenschein oder er wird immer wieder unterbrochen. Die Kurvenscharen sind für hohe und mittlere Bedeckungsgrade vormittags weniger steil und zielen zu einem Tiefstpunkt hin, der um 13 Uhr herum liegt. Die Ursache für diese Benachteiligung der Vormittage ist die schon eingehend geschilderte Dunst- und Nebelhäufigkeit in dieser Zeit. Flache Nebel- und Hochnebelfelder werden natürlich rascher von der Sonne aufgezehrt als dickere, so daß wenig unterbrochener Sonnenschein bald früher, bald später einsetzt, wobei selbstverständlich auch die Stellung des Septembers als Übergangsmonat eine Rolle spielt.

Im Oktober finden wir die herbstliche Form der Sonnenscheincharakteristik voll ausgeprägt. Sie bleibt im wesentlichen bis zum Dezember mit nur kleinen Abwandlungen erhalten. Die Nebel- und Hochnebeldecken sind so mächtig geworden, daß ihre Auflösung nur noch selten vor dem Mittag gelingt. Das Maximum des Sonnenscheins verschiebt sich eindeutig auf die Zeit zwischen 12 und 15 Uhr. Danach nimmt die Häufigkeit sonniger Stunden sehr rasch wieder ab, auf den Höhen dagegen etwas langsamer, worauf die größere Sonnenscheindauer in Stötten zwischen 16 und 17 Uhr im Oktober hindeutet.

Im Januar, dessen Witterungscharakter weniger durch Nebellagen, als vielmehr durch unbeständiges Westwetter und strenge Frostperioden gekennzeichnet wird, ist der Sonnenscheinverlauf uneinheitlich. Im Februar stellt sich jedoch nochmals ein dem Herbst ähnliches Bild ein; denn in diesem Monat bilden sich, vor allem in seiner ersten Hälfte, in den Niederungen nochmals gern Nebelfelder aus, worauf auch die gegenüber dem Januar fast unveränderte Zahl der Nebeltage hinweist, die übrigens wegen der kürzeren Monatsdauer um rund 10 % höher zu veranschlagen wäre, wenn man sie mit der des Januar vergleichen will.

Um abschließend dieses verschiedenartige Verhalten des Sonnenscheinverlaufs nochmals kurz zu kennzeichnen, sei die Sonnenscheindauer am Vormittag und Nachmittag sowie ihr Verhältnis von beiden Stationen gegenübergestellt.

Der Vergleich der Verhältniszahlen zeigt deutlich die Besserstellung der hochgelegenen Orte auf der Alb im Frühherbst. Erst im Spätherbst tauchen sie häufiger in die Hochnebeldecken ein. Wer also die Naturschönheiten des Herbstes genießen will, der sollte für Albwanderungen die Frühstunden

Tab. 30 - Mittlere Sonnenscheindauer vormittags (V) und nachmittags (N) (1951 -1956)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	V	23,10	27,90	68,30	91,00	112,40	95,40	119,60	109,50	73,30	43,90	20,60	13,50	Std.
Ulm	N	27,40	40,20	79,80	91,40	110,90	94,80	126,90	112,60	91,50	65,60	30,80	23,20	Std.
	V/N	0,84	0,69	0,86	1,00	1,01	1,01	0,94	0,97	0,80	0,67	0,67	0,58	
	V	21,30	27,40	70,00	83,30	110,70	92,00	112,50	107,30	81,70	64,60	26,80	24,80	Std.
Stötten	N	25,00	35,60	73,00	80,90	98,70	85,70	109,10	96,70	81,10	66,70	30,90	24,50	Std.
	V/N	0,85	0,76	0,96	1,02	1,12	1,07	1,03	1,11	1,03	0,97	0,87	1,01	

Tab. 31 - Sonnenscheinlose Tage (T), Vormittage (V) und Nachmittage (N) (1951 -1956)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	T	15,50	9,50	4,20	4,00	2,00	1,80	1,50	1,50	2,20	5,80	10,70	15,50
Ulm	V	19,00	11,80	6,80	4,80	3,20	3,50	2,70	2,70	5,70	9,80	14,50	19,70
	N	17,00	11,30	5,80	5,30	2,80	2,50	2,50	1,80	3,00	7,20	13,50	17,30
	T	16,30	10,80	5,20	4,80	1,80	2,30	1,50	1,00	3,20	6,50	12,70	16,00
Stötten	V	18,70	13,80	8,00	6,00	4,30	4,70	3,70	3,30	5,00	8,50	15,30	18,80
	N	17,20	11,70	7,20	6,30	3,70	3,20	2,70	2,00	4,50	7,70	14,30	18,50

bevorzugen. Für Talwanderungen eignen sich dagegen die Nachmittage besser.

Im Dezember bestimmen schon wieder die Wettervorgänge der freien Atmosphäre die Einstrahlungsverhältnisse auf der Alb.

Tab. 32 - Häufigkeit der Andauer sonnenscheinloser Perioden in Ulm (1951 - 56)

	Tage ohne Sonnenschein	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
Januar	27	2	4					2	2
Februar	27	2					1		
März	16	2							
April	9	4							
Mai	10								
Juni	10								
Juli	7								
August	9								
September	14								
Oktober	16		6	1					
November	30		8		1				
Dezember	27		7	2	2				1

Mit der Zunahme der Nebelhäufigkeit im Herbst wächst natürlich auch rasch die Zahl der sonnenscheinlosen Tage, wobei die Vormittage allgemein ungünstiger dastehen als die Nachmittage (Tab. 31). Allerdings verwischen sich hierbei die krassen Unterschiede zwischen Tal- und Höhenlagen, da letztere auch bei niedrigerer Wolkendecke keinen Sonnenschein empfangen oder gar in die Wolken eintauchen.

Im Mittel dringt somit im Dezember und Januar in der Hälfte und im November und Februar in einem Drittel der Zeit überhaupt kein Sonnenstrahl zur Erde. Daß diese sonnenscheinlosen Zeiten in Ulm oft tage- und wochenlang andauern, geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor, die angibt, wie oft von 1951—1956 solche Perioden aufgetreten sind.

Auf der Alb werden die Verhältnisse ähnlich sein. Wenn hier weniger die aus den Tälern aufsteigenden Nebeldecken die Sonnenscheindauer verkürzen, so verhindern zusätzlich noch die niedrigen Wolkenschichten die Einstrahlung in erheblichem Maße. Da sich übrigens die Boden- und Hochnebelfelder im Herbst und teilweise auch im Winter vom Donautal aus weit nach Süden erstrecken, empfangen auch diese Gebiete außerordentlich wenig Sonnenschein. Man kann aber auch hier wieder feststellen, daß die Höhenzüge zwischen den südlichen Donauzuflüssen oft wie Inseln aus dem Nebelmeer herausragen. Da aber die Höhenunterschiede wesentlich geringer sind als zwischen Donau und Alb, so spielt hier die Verkürzung der Sonnenscheindauer wegen tiefer Bewölkung keine so große Rolle. Sie nehmen daher eine ähnliche Zwischenstellung ein wie ein schmaler Streifen auf der Alb unmittelbar vor ihrem südlichen Abfall, der einesteils außerhalb

des Staugebietes liegt und bis zu dem andererseits der Donaunebel seltener hinaufwächst.

Die Besserstellung der Vormittage in der warmen Jahreszeit und der Nachmittage im Winter und Herbst dürfte auch für den Architekten und Städtebauer von Bedeutung sein. Mit Hilfe astronomischer Daten läßt sich ja für jede Stellung und Neigung einer Fläche die Besonnungszeit und -dauer sowie die zugeführte Sonnenenergie ausrechnen. Unter Berücksichtigung der mittleren Sonnenscheinzeiten und -andauer werden sich besonders für die Tal- und Hanglagen des Ulmer Raumes ganz bestimmte optimale Hausstellungen und Straßenrichtungen, wahrscheinlich sogar auch Hinweise für Dachformen (flach, wenig und stark geneigt) ergeben, die nach Maßgabe der Umstände von vorn herein mit eingeplant werden könnten. Es würde aber weit über den Rahmen dieser Klimakunde hinausführen, wenn hierüber noch eingehend berichtet werden sollte.

IV. Schluß

In den vorstehenden Ausführungen wurde versucht, ein möglichst umfassendes Bild vom Klima des Ulmer Raumes zu entwerfen. Es liegt auf der Hand, daß nicht alle Einzelheiten gebracht werden konnten, daß insbesondere auch manche Klimaelemente außer Betracht bleiben mußten, teils weil sie weniger aktuell sind, teils weil bis jetzt noch zu wenig Messungen vorliegen oder ihre Bearbeitung noch viel Zeit beanspruchen wird. Vielmehr wurde Wert darauf gelegt, die großen Züge des Ulmer Klimas in seiner Abhängigkeit von den verschiedenen Wetterlagen herauszuarbeiten. Dabei war es von vornherein das Ziel, sich nicht nur auf die sog. „mittleren“ Zustände zu beschränken, die ja bekanntlich in Wirklichkeit verhältnismäßig selten sind, sondern durch Häufigkeitsuntersuchungen sowohl die Bereiche abzustecken, in denen sich die Einzelelemente am häufigsten bewegen, wie auch die Grenzen anzugeben, bis zu denen jene in extremen Fällen ausscheren können.

Diese Art der Klimabeschreibung, die den synoptisch-meteorologischen Gesichtspunkt und die Häufigkeitsanalyse zur Grundlage hat, war wiederum nur möglich, weil sich wenige naturverbundene Menschen an einzelnen Klima- und Niederschlagsstationen des Ulmer Raumes nunmehr schon seit mehr als 60 Jahren, in Ulm schon seit fast 120 Jahren, mit der Wetterbeobachtung befaßten und uns ihre Aufzeichnungen hinterließen. Sie trugen zusammen mit den Bearbeitern der meteorologischen Jahrbücher als erste dazu bei, daß wir eine umfassende Kenntnis vom Klima unserer Heimat besitzen und Vergleiche zwischen dem derzeitigen und früheren Wetter

Literaturverzeichnis:

1. Klimakunde des Deutschen Reiches, Bd. II, Reichsamt f. Wetterdienst, Berlin 1939.
2. Meteorologische Jahrbücher.
3. Die Witterung in Nordwürttemberg', hrg. vom Wetteramt Stgt. 1950-1953 (Juni).
4. Schnellbericht d. DWD. für Württemberg, hrg. vom Wetteramt Stgt. 1953 (Juli) — 1956.
5. Schnellbericht d. DWD. für Südbayern, hrg. vom Wetteramt München 1952-1956.
6. Klimaatlas von Baden-Württemberg, DWD i. d. US-Zone, Zentralamt Bad Kissingen 1953.
7. Klimaatlas von Bayern, DWD. i. d. US-Zone, Zentralamt Bad Kissingen 1952.
8. Aniol, R. Mittlere Zahl der Tage mit Gewittern in Süddeutschland, Mittg. d. DWD. i. d. US-Zone Nr. 10/ 1952.
9. Bach, H. Die Abweichungen des Niederschlags vom 80-jährigen Mittel 1872-1951 von Ulm, Met. Rdsch. 1952 Heft 9/10.
10. Bach, H. Einige Klimaeigenarten des Ulmer Raumes, Mittg. d. Ver. f. Nat.-Wiss. u. Math, in Ulm, Heft 24/1954.
11. Berg, H. Kleinmeteorologische Messungen im Hohen Venn, Z. f. Met. 1951/5.
12. Burckhardt, H. Probleme und Möglichkeiten zur Kartierung der Frostgefährdung, Met. Rdsch. 1956 Heft 5/6.
13. Essenwanger, O. Wahrscheinlichkeitsansteckung und Erhaltungsneigung beim Niederschlag, Met. Rdsch. 1956 Heft 1/2.
14. Flohn, H. Studien zur allg. Zirkulation der Atmosphäre, Bericht d. DWD. i. d. US-Zone, Nr. 18/1951.
15. Geiger, R. Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig 1950.
16. Heigel, K. Exposition und Höhenlage in ihrer Wirkung auf die Pflanzenentwicklung, Met. Rdsch. 1955, Heft 9/10.
17. Herzog, J. Föhnvorstöße im Alpenland, Ber. d. DWD. i. d. US-Zone, Nr. 38/1952.
18. Heß, P. und Brezowsky, H. Katalog der Großwetterlagen Europas, Ber. d. DWD. i. d. US-Zone, Nr. 33/1951.
19. Kern, FI. Die Niederschlagsmengen in Bayern seit 1881 in ihrem Verhalten zum Mittel 1901-1950, Met. Rdsch. 1957 Heft 1.
20. Leßmann, H. Strenge und Wirkung der Spätfröste 1953 in Südbaden, Met. Rdsch. 1955 Heft 1/2.
21. Manig, M. Karte der Windgeschwindigkeit f. d. westliche Deutschland, Ber. d. DWD i. d. US-Zone, Nr. 34/1951.

22. Manig, M. Monatsmittel d. Lufttemperatur in Deutschland f. d. Periode 1881-1940, Teil I, Süddeutschland, Hessen, Mittg. d. DWD. i. d. US-Zone Nr. 4.
23. Mollwo, FI. Temperaturminimum und Taupunkt, Met. Rdsch. 1951 Heft 9/10.
24. Nestle, R. Kleinklimatische Temperaturmessungen im Donauried bei Langenau, Ber. d. DWD i. d. US-Zone, Nr. 42/1952.
25. Nestle, R. Hagelzüge in Nordwürttemberg in den Sommerhalbjahren 1950 und 1951, Württg. Jahrbuch f. Statistik und Landeskunde 1951/52.
26. Nestle, R. Witterung und Klima im südwestdeutschen Raum, Zeitnahe Schularbeit, Stgt. 1956.
27. Nestle, R. Kurzer Bericht über Rauhreif läge auf der Alb, Vortrag, gehalten im met. Colloquium d. Wetteramtes Stgt. am 18. 2. 1953.
28. Pfau, R. Die Bodenwindverhältnisse an der Bergwetterwarte Stötten (Schwäbische Alb), Ber. d. DWD. i. d. US-Zone, Nr. 38/1952.
29. Schnelle, F. Ein Hilfsmittel zur Feststellung der Höhe von Frostlagen in Mittelgebirgen, Met. Rdsch. 1956 Heft 9/10.
30. Staudacher. Zur Frage der Verbesserung des Klimas von Städten und Dörfern, Mittg. d. Ver. f. Nat.-Wiss. u. Math, in Ulm