

Der Großwetterlageneinfluss auf das Klima im Saarland

Olaf Kühne

Kurzfassung: Das Saarland ist als Teil Mitteleuropas deutlich durch die Tätigkeit von Großwetterlagen geprägt. Der Jahresgang der Lufttemperatur, insbesondere aber der Jahresgang des Niederschlags im Saarland, weist eine erhebliche Modifikation im Vergleich zu Mittelwerten durch das Gepräge der Großwetterlagen auf. Dabei sind Sommer und Winter stärker von zonaler Zirkulation, Frühjahr und Herbst hingegen stärker von meridionaler Zirkulation geprägt. Dabei werden insbesondere im nördlichen Saarland (aufgrund der Höhenlage) Großwetterlagen mit südlicher und südwestlicher Höhenströmung niederschlagswirksam. Dennoch kann das Saarland nicht als klimatische Einheit definiert werden, es stellt ein Übergangsklima sowohl in meridionaler als auch in zonaler Richtung dar, wobei die saarländischen klimatischen Teilräume in allen Richtungen ihre Fortsetzung finden, also nicht auf das Saarland beschränkt bleiben.

Schlüsselwörter: Saarland, Raumplanung, Großwetterlage, Klima, Lufttemperatur, Niederschlag.

Abstract: The Saarland as part of Central Europe is considerably marked by the activity of general weather conditions. The annual move of air temperature, but particularly the annual move of precipitation in the Saarland show a considerable modification, of the general weather conditions. Summers and winters are more strongly characterised by zonal circulation, while spring and autumn are dominated by meridional circulation. In Northern Saarland (due to the altitude) greater weather conditions with a southern and southwestern height flow become particularly precipitation-effective. Nevertheless the Saarland cannot be defined as a climatic unity. It represents a transition climate as well as in meridional as in zonal direction. Partial climatic areas in the Saarland find their continuation in all directions. They do not remain restricted to the Saarland.

Keywords: Saarland, global warming, greater weather condition, climate, temperature, precipitation

1. Einleitung

Der Mensch nutzt die natürlichen Landschaftsfaktoren Boden, Gestein, Gewässer, Oberflächenformen, die Atmosphäre mit ihren meteorologischen und klimatischen Prozessen wie auch die Pflanzen- und Tierwelt. Diese Faktoren bilden die natürliche Lebensgrundlagen und stellen die Voraussetzung für die menschliche Existenz und somit auch die Ausbildung eines Systems menschliche Gesellschaft dar.

Unter den natürlichen Einflussgrößen, den Subsystemen des Systems Natur, welche die Entwicklung eines Raumes nachhaltig bestimmen, kommt dem atmosphärischen System eine entscheidende Bedeutung zu: Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur, Niederschläge, Wind und Luftfeuchtigkeit sind für die räumliche Verbreitung von Pflanzen und Tieren von entscheidender Bedeutung, und - trotz zunehmender Autarkiebestrebungen des Systems menschliche Gesellschaft von dem System Natur - auch für den Menschen.

Der Ablauf des Wetters erfolgt nach physikalischen Gesetzen, wobei die Geländegestalt als wichtiger Einflussfaktor charakterisiert werden kann. Das Wetter ändert sich täglich oder stündlich. Der Terminus Wetter ist also in der Meteorologie „der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort, wie er durch die meteorologischen Elemente und ihr zusammenwirken gekennzeichnet ist“ (MEYERS LEXIKONREDAKTION 1987: 455). Damit ist der Terminus des Wetters klar zu den Termini Witterung und Klima abgegrenzt. Unter Witterung ist „der allgemeine, durchschnittliche oder auch vorherrschende Charakter des Wetterablaufs eines bestimmten Zeitraums (von einigen Tagen bis zu ganzen Jahreszeiten)“ (MEYERS LEXIKONREDAKTION 1987: 474-475) zu verstehen.

Disziplinhistorisch stellt die Großwetterlagenklimatologie – im Vergleich zur Mittelwertklimatologie – einen jungen Ansatz dar. Während diese seit mehreren Jahrhunderten (verstärkt seit dem 18. Jahrhundert) betrieben wird, setzte sich jene erst in den 1940er Jahren und 1950er Jahren durch – wegweisend waren dabei in besonderer Weise die Werke von BAUR (z.B. 1947, 1958) und FLOHN (1950, 1954), wobei wichtige Basisuntersuchungen bereits in die letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zurückreichen (z.B. BEBBER 1882, BENNER & KÖPPEN 1895), wobei insbesondere die Singularitätenforschung einen Zwischenschritt von Mittelwert- zu Großwetterlagenklimatologie darstellt (z.B. bei SCHMAUSS 1928). Die klassische oder Mittelwertsklimatologie beschreibt das Klima als den mittleren Zustand der Atmosphäre, während die Großwetterlagenklimatologie unter Klima die Aufeinanderfolge, Häufigkeit und Ausprägung kennzeichnender Witterungen versteht (vgl. FLOHN 1954). Die vorliegende Arbeit rekurriert auf die Großwetterlagenklimatologie – auch zur Erklärung langjähriger Mittelwerte, sie stellt somit einen synthetisierenden Ansatz zwischen Großwetterlagen- und Mittelwertklimatologie dar.

Allgemein lässt sich ein gewisser Mangel hinsichtlich der Untersuchung des Klimas im Saarland erkennen. Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich entweder auf die mittelwertsklimatologische Betrachtung des saarländischen Klimas (SORG 1963), sind thematisch (z.B. SCHUTO 1976 auf Starkniederschläge) oder räumlich (z.B. ACHILLES 1982) eingeschränkt oder beides (z.B. DÖRRENBÄCHER 1978, DÖRRENBÄCHER 1981, KÜHNE 1997, KÜHNE 1999). Diese Lücke der klimatologischen Analyse des Saarlandes soll diese Arbeit zu schließen helfen und dabei Nachbarwissenschaften (z.B. der Biogeographie) als Hilfe zur Erklärung der Ausprägung und Lage von Arealssystemen etc. dienen.

Zur Erklärung der Genese von Großwetterlagen sei die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre angesprochen. In einem kontinentalen Vergleich sollen im Anschluss daran die ersten Charakteristika des Klimas im Saarland identifiziert werden. Daran anschließend wird ein Vergleich der Merkmale der Großwetterlagen nach HESS & BREZOWSKY (1969) in ihrer grundsätzlichen Bedeutung für Witterung und Klima im Saarland vorgenommen. Im Anschluss daran sei der Jahresgang der Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag im Saarland in seiner Abhängigkeit von Großwetterlagen erläutert. Daraus synthetisierend wird eine Klassifikation saarländischer Klimatypen vorgenommen, die wiederum unter Zuhilfenahme der lokalklimatischen Betrachtungen von KÜHNE (in diesem Band) als Grundlage für Planungshinweise dienen.

2. Die makroklimatische Genese des Klimas des Saarlandes im Vergleich

2.1 Einordnung des saarländischen Klimas in die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre (AZA) kann in ihrem dreidimensionalen Aufbau als Gesamtheit aller großräumigen Luftbewegungen auf der Erde gelten (LAUER 1993). Sie ist Folge der unterschiedlichen räumlichen Verteilung von Wärme auf der Erdoberfläche und der daraus resultierenden differenzierten Luftdruckverteilung in Kombination mit der Erdrotation. Die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre kann letztlich als „Austauschmechanismus zum Ausgleich von Energieunterschieden“ (BLÜTHGEN & WEISCHET 1980) charakterisiert werden. Dabei vollzieht sich dieser Ausgleich durch einen Luftmassenaustausch zwischen Energieüberschuss- und Energiedefiziträumen. Hinsichtlich der Emergenzebene des Massenaustausche kann die AZA als weitgehend geschlossenes System gelten, nicht jedoch auf der energetischen Emergenzebene: Hinsichtlich der Systemumwelt (insbesondere Kosmos) erfolgt ein Energieinput (insbesondere kurzwellige elektromagnetische Strahlung) wie auch ein Energieoutput (insbesondere langwellige elektromagnetische Strahlung).

Für die Ausprägung regional differenzierter Klimate stellt die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre die globale Basis dar.

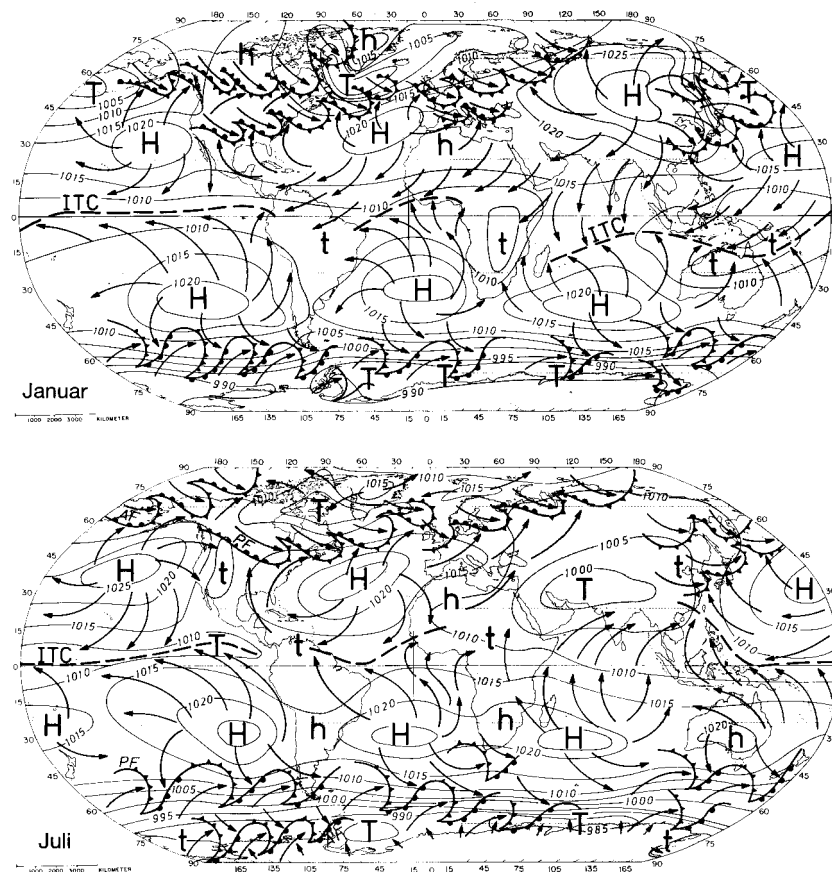


Abb. 1: Mittlere Luftdruck- und Windverteilung (auf den Meeresspiegel reduziert) für Januar und Juli (aus: LAUER 1993)

Die großräumige Luftdruckverteilung (Abb. 1) ist durch markante breitenkreisparallel angeordnete Druckgebilde gekennzeichnet:

1. Die äquatoriale Tiefdruckrinne. Sie verschiebt sich jahreszeitlich und folgt dem Stand der Sonne. Über den Kontinenten stößt sie aufgrund der stärkeren Erwärmung der Kontinente im Vergleich zu Ozeanen weiter in polwärtiger Richtung vor.
2. Die subtropischen Hochdruckgürtel. Diese begrenzen die äquatoriale Tiefdruckrinne jeweils polwärts durch einen nahezu geschlossenen Ring hohen Luftdrucks, die sogenannten Rossbreiten. Während der südhemisphärische subtropische Hochdruckgürtel vergleichsweise immobil ist (seine Achse verharrt relativ stabil bei 30°S), pendelt der nordhemisphärische subtropische Hochdruckgürtel – durch die eurasische Kontinentmasse bedingt – zwischen 30 und 50°N.
3. Die subpolaren Tiefdruckgürtel. Sie erstrecken sich um die jeweils gesamte Hemisphäre und schließen sich polwärts an eine Zone hoher Windgeschwindigkeit an, die auf der Südhemisphäre bereits in den 40er Breitengraden beginnt und dort im Vergleich zur Nordhemisphäre insbesondere durch die geringere Oberflächenreibung aufgrund geringerer Kontinentalflächen deutlicher ausgeprägt ist.
4. Die polaren Hochdruckgebiete. Diese bodennahen Hochdruckgebiete sind insbesondere im Winter der jeweiligen Hemisphäre stark ausgeprägt.

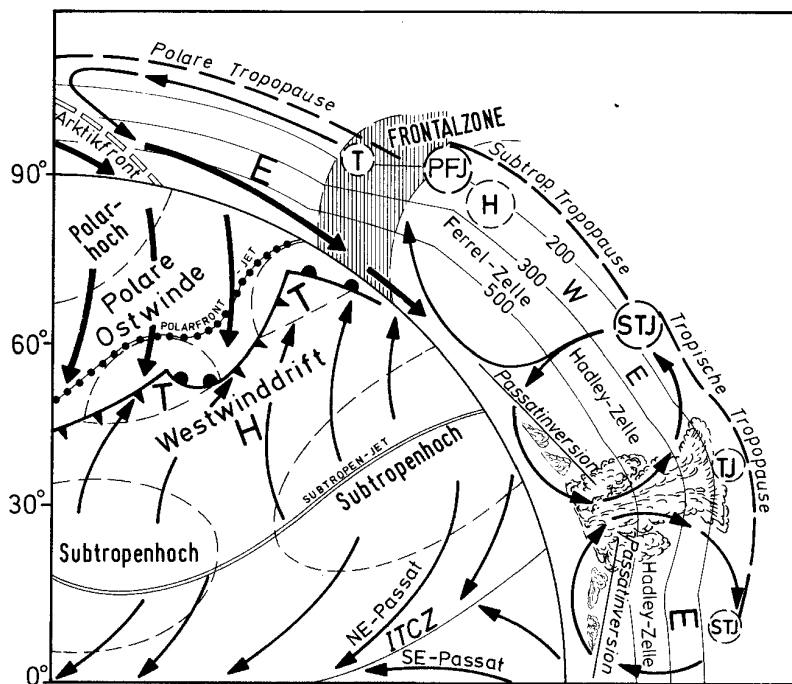


Abb. 2: Der dreidimensionale Aufbau der atmosphärischen Zirkulation (aus: LAUER 1993)

Neben den statischen Komponente weist das Luftdruckfeld der Erde eine dynamische Komponente auf. Gemäß dem barischen Windgesetz lassen sich dabei zwei primäre und drei sekundäre großräumige Windsysteme identifizieren (LAUER 1993, Abb.2):

1. Die tropische Passat-Zirkulation der niederen Breiten zwischen 35°N und 30°S . Sie ist gekennzeichnet durch bodennahe Winde aus Richtung NE (auf der nördlichen Hemisphäre) bzw. aus Richtung SE (auf der südlichen Hemisphäre). Diese Passate speisen sich aus den subtropischen Hochdruckgebieten der Rossbreiten und strömen beständig in Richtung der innertropischen Konvergenzzone. Bei der tropischen Passat-

Zirkulation handelt es sich um eine großräumige vertikale meridionale Zirkulationsform (Hadley-Zirkulation). Sie ist wesentliche Ursache für die planetarische Zirkulation, die aus der starken Luftmassenerwärmung in Äquaturnähe resultiert: Die Luftmassen werden bodennah erhitzt, dadurch sinkt ihr spezifisches Gewicht, sie steigen auf. Durch Kondensationsvorgänge wird latente Wärme freigesetzt, was wiederum ein Luftdruckgefälle zu den höheren Breiten auslöst. Eine polwärtige Luftmassenverlagerung ist die Folge. Dabei lösen Abkühlung, der zunehmende Drehimpuls und die polwärtig auftretende Flächenverkleinerung der Erde eine langsame, großräumige Absinkbewegung der Luftmassen im Bereich der Wendekreise aus. Dabei wird aufgrund der Corioliskraft ein Teil der Höhenströmung in West-Ost-Richtung gelenkt.

2. Die außertropische Westwind-Zirkulation der mittleren und höheren Breiten. Sie weist eine westliche Strömung auf. Charakteristisch sind hierbei stationäre wie auch wandernde Zyklonen und Antizyklonen sowie die Ausprägung wellenförmiger Strömungen. Auf die Genese dieser außertropischen Westwind-Zirkulation wie auch der Entstehung von dynamischen Druckgebilden wird im Zusammenhang mit der Großwetterlagenklimatologie genauer einzugehen sein.
3. Die tropische Monsun-Zirkulation. Hierbei handelt es sich um eine großräumige Luftströmung mit halbjährlichem Richtungswechsel. Ursache dieser beständigen tropischen Winde sind dabei die unterschiedliche Erwärmung von Meer und Landmassen und die damit zusammenhängende jahreszeitliche Verlagerung der innertropischen Konvergenz: Große Landmassen erwärmen sich stärker als Meere (in den kontinentalen Tropen ist die Wärmeabgabe um den zwei- bis dreifachen Betrag höher als diejenige von tropischen Ozeanen), dadurch entstehen bodennahe Tiefdruckgebiete mit gleichzeitiger Bildung von Höhenhochs (thermische Druckgebilde) und lenken die bodennahe Passatströmung ab. Im Bereich des vertikalen Luftmassentransports wird die Luftfeuchte aufgrund von Abkühlungsvorgängen kondensiert, was mit erheblichen Niederschlägen verbunden ist.
4. Die äquatoriale Zonalzirkulation (Walker-Zirkulation). Sie entsteht als äquatoriale zonale Ausgleichsströmung zwischen den stark aufgeheizten Kontinenten und den vergleichsweise kühlen Ozeanen. Dabei konvergieren Luftmassen bodennah über den Kontinenten, und divergieren ozeannah.
5. Die Ostwindzirkulation über den Polen der Erde.

Die makroklimatische Einordnung des Klimas des Saarlandes ist also die eines Übergangsklimas: Zwischen der subpolaren Tiefdruckrinne und dem Subtropenhochgürtel im Bereich der planetarischen Frontalzone gelegen, erweist es sich hinsichtlich seiner Komponenten als auch seiner Genese – im globalen Vergleich – als sehr dynamisch.

2.2 Das Klima des Saarlandes im kontinentalen Vergleich

Das Klima des Saarlandes (in den Abbildungen 3 und 4 repräsentiert durch die Station Saarbrücken-Ensheim) weist gegenüber den kontinentalen (hier Charków) und maritimen Klimaten (hier Brest) sowohl hinsichtlich des Jahresganges von Lufttemperatur als auch Niederschlag deutliche Differenzen auf. Zum besseren Vergleich der Klimatypen wurden drei Messstationen ähnlicher Breitenlage, jedoch unterschiedlicher Längelage, gewählt.

Charakteristika des Jahresganges der Lufttemperatur von Brest sind die vergleichsweise geringe winterliche Abkühlung einerseits, aber andererseits auch die geringe sommerliche Erwärmung andererseits. Diese jahreszeitlichen Lufttemperaturschwankungen (darüber hinaus

sind auch die tageszeitlichen Lufttemperaturschwankungen gering) sind durch die lufttemperaturgangabschwächende Wirkung großer Gewässer zurückzuführen: Im Sommer wird ein erheblicher Anteil des Wärmeumsatzes durch das Wasser gespeichert, die Luft wird schwächer erwärmt als über der Landmasse. Darüber hinaus entzieht die Verdunstung über dem Meer der Luft fühlbare Wärme: Fühlbare Wärme wird in latente Wärme umgewandelt.

Im Winter gibt das Meer die gespeicherte Wärme wieder ab, wodurch die Luft erwärmt wird. In Europa kommt es - im Vergleich zu anderen Küsten - zu einer zusätzlichen Erwärmung der winterlichen Luft aufgrund des meridionalen Wärmetransportes durch den Golfstrom. Der Einfluss des Golfstroms lässt sich auch anhand der Jahresmitteltemperatur verdeutlichen: In Brest beträgt diese 10,8°C, in Saarbrücken 9,0°C, in Charków 6,6°C – wobei auch großwetterklimatische Einflussfaktoren existieren und eine Monokausalität Golfstrom hinsichtlich der Unterschiede der Vergleichsmessstationen nicht vorliegt. Das Meer verursacht also geringe Temperaturamplituden. Darüber hinaus verursacht die hohe Wärmespeicherkapazität des Meeres eine Verschiebung des sommerlichen Maximums und des winterlichen Minimums der Lufttemperatur gegenüber dem Kontinentalklima um einen Monat in den August bzw. in den Februar.

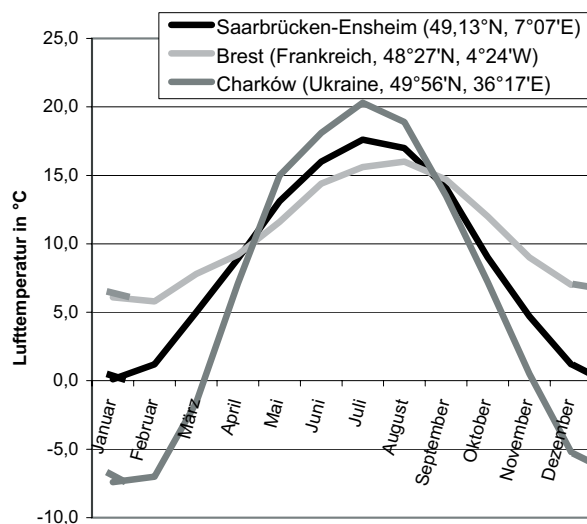


Abb. 3: Der Jahresgang der Lufttemperatur im Vergleich (nach: MÜLLER 1990)

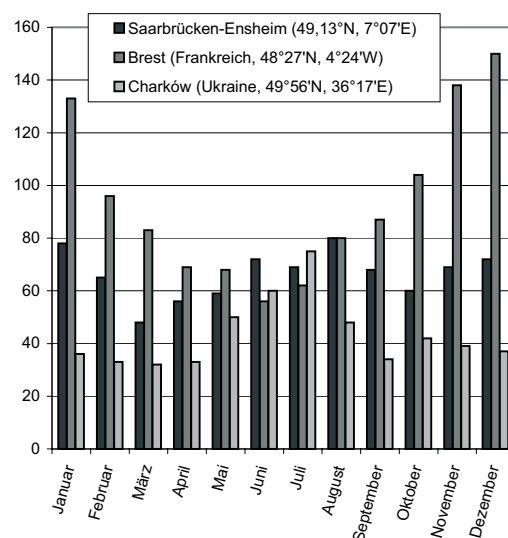


Abb. 4: Der Jahresgang der Niederschläge im Vergleich (nach: MÜLLER 1982)

Die jährliche Niederschlagsverteilung von Brest weist ein winterliches Maximum bei ganzjährig vergleichsweise hohen Niederschlagssummen (1129 mm a⁻¹) auf: Insbesondere im Winter werden die zyklonalen Druckgebilde der Westwindzone witterungsprägend. Die zyklonale Tätigkeit ist - aufgrund der aufwärts gerichteten Strömung, und der damit verbundenen Abkühlung der Luft - mit ergiebigen Niederschlägen verbunden. Im Sommer werden antizyklonale Druckgebilde witterungswirksamer als im Winter: Das nach Norden verschobene globale Luftdruckverteilungssystem lässt die französische Westküste häufig unter den Einfluss nach Norden verlagelter subtropischer Antizyklogen gelangen. Die damit verbundene abwärts gerichtete Luftströmung führt zur Erwärmung des jeweiligen Luftquantums und damit verbundener Wolkenauflösung.

Das kontinentale Klima (inneres Festlandklima, hier repräsentiert durch Charków) ist durch große Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur sowie des weiteren durch eine häufig geringe Bewölkung gekennzeichnet. Aufgrund der - im Vergleich zum Meer - geringen

Wärmespeicherkapazität des Bodens erfolgt nur ein geringer jahres- aber auch tageszeitlicher Lufttemperaturausgleich.

Hinsichtlich des Jahresganges der Niederschläge lässt sich ein singuläres sommerliches Maximum feststellen, die winterlichen Niederschläge sind vergleichsweise gering. Die im Vergleich zum maritimen europäischen Westseitenklima geringen winterlichen Niederschläge in Charków (als Beispiel für das europäische Kontinentalklima) sind durch die Abschwächung der winterlichen dynamischen Zyklonalität (durch die reibungsbedingte Verringerung des Luftdruckgefälles) in Richtung Osten einerseits, aber andererseits auch durch den winterlichen Aufbau eines thermisch induzierten bodennahen Hochs über Osteuropa und Innerasien, bedingt. Die Niederschläge im Sommer sind in der Regel konvektiver Natur (Hitzegewitter).

Das Klima des Saarlandes lässt sich hinsichtlich der Typisierung von Kontinentalität respektive Maritimität als Übergangsklima charakterisieren. Dies betrifft einerseits den Jahresgang der Lufttemperatur, wobei die Amplitude geringer ausfällt als diejenige der kontinentalklimatischen Vergleichsstation und größer als diejenige der maritimklimatischen, andererseits lassen sich aber auch deutliche Charakteristika eines Übergangsklimas hinsichtlich der Niederschlagstätigkeit im Jahresgang feststellen: Neben einem konvektiv-niederschlagsbedingten Niederschlagsmaximum im Sommer (August) existiert ein sekundäres Niederschlagsmaximum im Dezember. Dieses ist Folge zyklonaler Tätigkeit.

3. Der Einfluss des Großwettergeschehens auf das Klima des Saarlandes

3.1 Ursachen der Entstehung von unterschiedlichen Großwetterlagen in Mitteleuropa

Gemäß den Gesetzen des geostrophischen Windes verursacht das meridionale Druckgefälle zwischen tropischem dynamischen Höhenhochdruckring und polarem Höhenluftdrucktief eine westliche Höhenströmung, die ihre maximale Ausprägung in der Troposphäre der Mittelbreiten erreicht. Aufgrund der isobarenparallelen Strömungsrichtung des geostrophischen Windes weist er (idealtypisch) keine meridionaler luftmassenaustauschende Wirkung auf: Der Temperaturgegensatz zwischen äquatorialen und polaren Breiten würde weiter vergrößert, ebenso wie das Luftdruckgefälle. Eine solche Entwicklung lässt sich in der Atmosphäre nicht feststellen. Stattdessen vollzieht sich in der Atmosphäre ein Übergang zu großräumigen Wellen der Höhenströmung. Diese Wellen der Höhenströmung mit meridionale Amplitude, die sogenannten „Mäanderwellen der Höhenströmung“ oder „Rossby-Wellen“ (nach C.G. Rossby, der 1939 eine Theorie über ihre Entstehung entwickelte), entstehen dann, wenn in der mittleren Troposphäre der meridionale Temperaturgradient ein Maß von $6^{\circ}\text{C } 1.000 \text{ km}^{-1}$ überschreitet. Dabei entstehen fünf bis sechs großräumige Wellen (vgl. z.B. BLÜTHGEN & WEISCHET 1980, LAUER 1993).

Durch das Pendeln des Höhenstrahlstroms entstehen horizontale Höhenstrom-Konvergenzen und -divergenzen (Abb. 5). Bei horizontalen Höhenstrom-Divergenzen entstehen Luftdruckverringerungen und zyklonale Wirbel am Boden bei vertikalem Luftmassentransport in Richtung Strahlstrom. Hierbei handelt es sich um ein dynamisches Tiefdruckgebilde. Im umgekehrten Fall, einer Konvergenz im troposphärischen Strahlstrom sinken Luftmassen aus dem Strahlstrom aus der oberen Troposphäre in Richtung Boden ab. Dies ist mit einem Luftdruckanstieg und bodennah divergenter Strömung verbunden (dynamisches Hochdruckgebiet).

Durch die meridionalen Austauschvorgänge, verbunden mit intensiven Witterungsvorgängen, die mit der Bildung von Strahlstromwellen verbunden sind, verringert sich der Lufttemperaturgradient. Damit glätten sich die Strahlstromwellen, der Lufttemperatur-

gegensatz in der Troposphäre zwischen äquatorialen und polaren Breiten beginnt sich erneut aufzubauen.

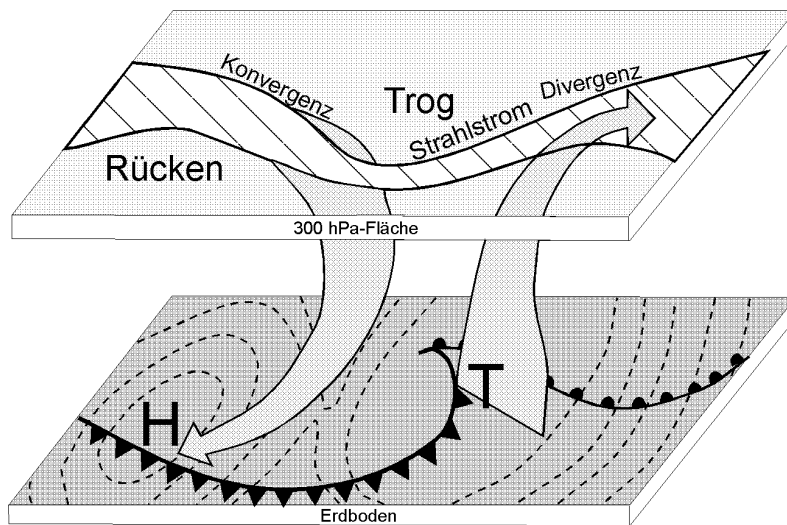


Abb. 5: Divergenz und Konvergenz im Bereich des Strahlstroms und die Bildung dynamischer Druckgebilde (nach: LAUER 1993)

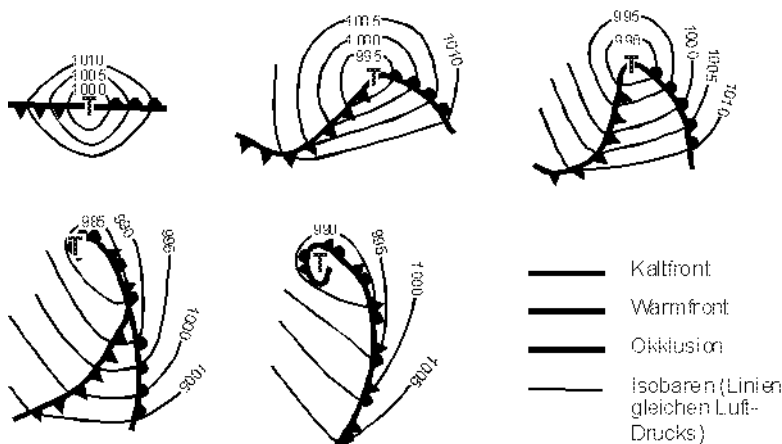


Abb. 6: Entwicklungsstadien eines Tiefdruckgebietes (aus: HÄCKEL 1993)

Durch die unterschiedliche Lage des Strahlstromwellen lassen sich für Mitteleuropa (bzw. für die mittleren Breiten generell) zwei grundsätzlich unterschiedliche Wetterlagentypen unterscheiden (vgl. HESS & BREZOWSKY 1969):

1. Zonal gerichtete Wetterlagen. Dabei ziehen bei Westwetterlagen Folgen von Zyklonen, kurz unterbrochen von kurzen Zwischenhochs, über Mitteleuropa hinweg. Charakteristisch sind dabei erhebliche Niederschläge bei geringen Temperaturgegensätzen.
2. Meridional gerichtete Wetterlagen sind durch Kaltlufttröge und warme Hochdruckkeile charakterisiert. Dabei stoßen einerseits (bei Kaltlufttrögen) kalte Luftmassen aus polaren Breiten äquatorwärtig vor, während andererseits bei Hochdruckkeilen warme Luft aus subtropischen Breiten polwärtig vorstößt.

Die charakteristischen Entwicklungsstadien einer nordhemisphärischen Zyklone sind in Abbildung 6 dargestellt. Eine Zyklone entsteht an der Grenze zwischen tropischer Warmluft und polarer Kaltluft. Auf seiner Ostseite (Vorderseite) dringt somit warme Luft nach Norden, während auf der Westseite (Rückseite) kalte Luft südwärts vordringt. Die Luftmassengrenze an der Vorderseite des Tiefdruckgebietes – an der warme Luftmassen vordringen – wird als Warmfront bezeichnet, diejenige auf der Rückseite – an der kalte Luftmassen vorstoßen – als Kaltfront. Zwischen den Fronten befindet sich – sofern diese noch nicht okkludiert sind – der Warmsektor.

An der Warmfront gleitet die warme Luft auf die kalte Luft der Vorderseite auf, wobei diese von der Warmluft langsam ostwärts verschoben wird. Die Neigung dieser Grenzfläche beträgt etwa 1:200. Mit diesem Aufgleitvorgang ist die Hebung von Luft verbunden. Diese Hebung – etwa 5 cm / s – wiederum hat eine Abkühlung der betreffenden Luft zur Folge. Damit geht – bei Überschreitung des Taupunktes – die Bildung von Wolken einher. Nähert sich eine Warmfront, ist diese zunächst an der Bildung von Cirren erkennbar, diese werden sukzessive von Cirrostratus, Altostratus und Stratus abgelöst, der wiederum in Nimbostratus übergeht, verbunden mit gleichförmigen, lang anhaltenden, mäßig intensiven Niederschlägen. Bisweilen bilden sich im Nimbostratus auch konvektive Zellen, die die Niederschlagstätigkeit vorübergehend intensivieren (vgl. HÄCKEL 1993).

Mit dem Durchgang der Warmfront (der sogenannten Warmfrontpassage) lockert die Bewölkung auf, die Lufttemperatur steigt an, die Niederschläge setzen aus, der Luftdruck bleibt – nach langem Fall weitgehend konstant. Aufgrund der hohen Feuchtigkeit der Warmluft im Warmsektor ist die Luft diesig. Bis zur Passage der Kaltfront bleibt das Wetter im Warmsektor weitgehend stabil.

Die Kaltfrontpassage ist mit der Bildung von mächtigen Cumulonimben, Schauern und Gewittern verbunden: Da die Kaltfront – eine im Vergleich zur Warmfront – nur sehr geringe Neigung (1:50) aufweist, erfährt die warme Luft eine kräftige und rasche Hebung, die im Zusammenspiel mit der in Bodennähe noch warmen Luft zu einer deutlichen Labilisierung der Atmosphäre führt. Auch nach dem Durchgang der Kaltfront ist – im Gegensatz zum Durchgang der Warmfront – nicht mit einer raschen Beruhigung des Wetters zu rechnen. Die nachströmende Kaltluft weist eine labile Schichtung auf und ermöglicht somit die Ausbildung weiterer Schauer und Gewitter (vgl. HÄCKEL 1993).

3.2 Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky

Großwetterlagen haben eine entscheidende Funktion im Klima im mitteleuropäischen Raum: Sie entscheiden wesentlich über den Witterungsverlauf. Gemäß BAUR (1947) lässt sich der Terminus der Großwetterlage als “die mittlere Luftdruckverteilung eines Großraumes, mindestens von der Größe Europas während eines mehrtägigen Zeitraumes” definieren. HESS & BREZOWSKY (1969) legten für diesen Zeitraum eine Mindestdauer von drei Tagen fest. Insgesamt definierten HESS & BREZOWSKY (1969) für den europäischen Raum 29 Großwetterlagen, die darüber hinaus von HESS & BREZOWSKY (1969) zu Großwettertypen zusammengefasst wurden, wobei die Richtung der an steuernden Druckgebilden orientierten Luftströmung in der 500 hPa-Fläche das Hauptkriterium bildet. Eine genauere Darstellung der Großwetterlagenklimatologie selbst findet sich unter anderem bei BAUR (1948), FLOHN (1954), HESS & BREZOWSKY (1969 und 1977) und GERSTENGARBE & WERNER (1999).

3.2.1 Zonale Zirkulation

Unter *zonaler Zirkulation* wird eine weitgehend breitenkreisparallele atmosphärische Zirkulation verstanden, wobei das polwärts gerichtete meridionale Druckgefälle eine westliche

Höhenströmung induziert, die in der hohen Troposphäre der Mittelbreiten am stärksten ist und die unterhalb befindlichen Luftmassen mitführt (WEISCHET 1991). Die zonale Zirkulation herrscht also dann, wenn zwischen einem hochreichenden subtropischen Hochdruckgebiet in Normallage über dem Nordatlantik und einem gleichfalls hochreichenden System tiefen Luftdrucks im subpolaren Raum eine mehr oder weniger glatte West-Ost-Strömung besteht, in der einzelne Tiefdruckgebiete mit ihren Frontensystemen von West nach Ost, vom östlichen Nordatlantik zum europäischen Festland wandern. Hierzu zählen alle Westlagen (GERSTENGARBE & WERNER 1999).

Die zonale Zirkulationsform beinhaltet allein den Großwettertyp *West*, der wiederum die Großwetterlagen *Westlage antizyklonal (WA)*, *Westlage zyklonal (WZ)*, *Südliche Westlage (WS)* und *Winkelförmige Westlage (WW)* umfasst (HESS & BREZOWSKY 1969). Als Beispiel für den Großwettertyp *West* ist in Abbildung 7 eine Großwetterlage *West*, zyklonal abgebildet. Allen Großwetterlagen des Großwettertyps *West* ist die deutlich ausgeprägte Frontalzone zwischen 50° und 60° nördlicher Breite gemeinsam. Bei der *antizyklonalen Westlage* bestimmen die Azorenhochzelle und die nach etwa 60° nördlicher Breite verschobene Frontalzone weitgehend die Witterung in Mitteleuropa, nur abgeschwächte Frontalausläufer bringen geringfügige Niederschläge. Bei *zyklonalen Westlagen* wandern hingegen Einzelstörungen mit der zonalen Zirkulation ostwärts und bedingen eine unbeständige Witterung mit Schauern, Landregen und ganz- und halbtägigen Aufheiterungen (Zwischenhochs). Bei *Südlichen Westlagen* befindet sich die Frontalzone südlich von Irland bei etwa 50° nördlicher Breite und biegt dann im weiteren Verlauf nordwärts ein, die Witterung ist sehr niederschlagsreich und birgt die Gefahr von Kaltlufteinbrüchen. Ähnlich niederschlagsreich gestaltet sich die *Winkelförmige Westlage*. Hier biegt die Frontalzone durch ein blockierendes Hoch über Russland scharf nach Norden um (HESS & BREZOWSKY 1969, KÜHNE 1999).

3.2.2 Meridionale Zirkulation

Unter einer *meridionalen Zirkulation* ist eine weitgehend längenkreisparallele Zirkulationsform zu verstehen. Sie entsteht dadurch, dass sich bei der in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Zirkulationsform der thermische Gegensatz und damit auch der Luftdruckgradient zwischen Tropen- und Polarregionen sukzessive vergrößerte, wobei dies eine quasi infinite Zunahme der Geschwindigkeit des Höhenwindes bedeutete. Da ein solches System nicht stabil sein kann, kommt es frühzeitig zu einer Mäanderbildung der Höhenwindströmung und somit zu einer meridional geprägten Strömung (WEISCHET 1991). Charakteristisch für die meridionale Zirkulationsform sind stationäre, blockierende Hochdruckgebiete zwischen 50 und 65 Grad nördlicher Breite. Auch alle Troglagen mit nordsüdlicher Achsenrichtung werden dieser Zirkulationsform zugeordnet. Je nach Lage der Steuerungszentren und der nach Mitteleuropa gerichteten Strömung sprechen wir von Nord-, Ost- oder Südlagen. Einen Grenzfall bilden die Nordost- und die Südostlagen (KÜHNE 1999). Es könnte zunächst naheliegend erscheinen, diese Lagen denen der gemischten Zirkulation zuzurechnen. Da sie jedoch allgemein mit einem blockierenden nord- oder osteuropäischen Hoch verbunden sind, gehören sie zur meridionalen Zirkulationsform, zumal keine langgestreckten Frontalzonen von Nordost nach Südwest bzw. Südost nach Nordwest auftreten (GERSTENGARBE & WERNER 1999). Die meridionale Zirkulationsform umfaßt nach HESS & BREZOWSKY (1969) die Großwettertypen *Nord*, *Nordost*, *Ost*, *Südost* und *Süd*.

Der Großwettertyp *Nord* setzt sich aus den Großwetterlagen *Nordlage antizyklonal (NA)*, *Nordlage zyklonal (NZ)*, *Hoch Nordmeer-Inland zyklonal (HNZ)*, *Hoch Nordmeer-Inland antizyklonal (HNA)*, *Hoch Britische Inseln (HB)* und *Trog Mitteleuropa (TRM)* zusammen

(HESS & BREZOWSKY 1969). Als Beispiel für den Großwettertyp Nord ist in Abbildung 8 eine Großwetterlage Hoch Nordmeer, antizyklonal abgebildet.

Den *Nordlagen* ist die Ausprägung eines Hochdruckgebietes über dem nördlichen Atlantik gemein, während Osteuropa unter Tiefdruckeinfluss steht. *Nordlagen* bringen stets kühle oder kalte Luft nach Mitteleuropa (FLOHN 1954). Mit dem Unterschied, dass der mitteleuropäische Raum bei *antizyklonaler Nordlage* unter Hochdruckeinfluss steht, was von Westen nach Osten zu einer Niederschlagszunahme führt. *Zyklonale Nordlagen* bringen dabei deutlich mehr Niederschlag wegen durchgreifender Störungen als antizyklonale Nordlagen (HESS & BREZOWSKI 1969).

Die Großwetterlagen *Hoch Nordmeer-Inland antizyklonal* und *zyklonal* haben eine weitgehend gleiche Luftdruckverteilung aufzuweisen: Ein abgeschlossenes blockierendes Hochdruckgebiet befindet sich über dem Raum des Nordmeeres, die Frontalzone wird dadurch in einen nördlichen (über Grönland) und einen südlichen (über SW-Europa) Zweig aufgespalten. Der Unterschied liegt darin, dass sich bei der *antizyklonalen* Lage ein Hochdruckkeil von diesem Nordmeerhoch nach Mitteleuropa erstreckt und somit zu einer heiteren, im Winter kalten, im Sommer warmen Witterung führt. Bei der *zyklonalen* Lage fehlt der Hochdruckkeil, somit sind entweder Kaltlufttropfen von Norden oder der südliche Zweig der Frontalzone in Mitteleuropa witterungsbestimmend. Die Folge ist eine sehr wechselhafte Witterung (HESS & BREZOWSKY 1969, KÜHNE 1999).

Ähnlich im Aufbau dem der Großwetterlage Hoch Nordmeer-Inland antizyklonal ist auch die Großwetterlage *Hoch über den Britischen Inseln*: Ein abgeschlossenes blockierendes Hoch befindet sich über den Britischen Inseln, das westliche Europa liegt in seinem unmittelbaren Einflussbereich, wobei die Witterung überwiegend freundlich und trocken ist (HESS & BREZOWSKY 1969).

Bei der Großwetterlage *Trog über Mitteleuropa* beherrscht tiefer Luftdruck in Trogform Nord- und Mitteleuropa. Über dem Atlantik und Westrussland herrscht ein höherer Druck, wobei sich über dem westlichen Mitteleuropa eine schauerreiche, unbeständige Witterung ausprägt (HESS & BREZOWSKY 1969).

Der Großwettertyp *Nordost* ist aus den Großwetterlagen *Nordostlage antizyklonal (NEA)* und *Nordostlage zyklonal (NEZ)* zusammengesetzt (HESS & BREZOWSKY 1969). In Abbildung 9 ist, als Beispiel für den Großwettertyp Nordost, eine Großwetterlage Nordost, antizyklonal abgebildet.

Beiden Lagen, sowohl der zyklonalen als auch der antizyklonalen, ist eine Hochdruckbrücke oder ein Hochdruckrücken vom Azorenraum über die Britischen Insel nach NE-Europa gemein (FLOHN 1954). Der Unterschied zwischen den beiden Lagen liegt nach HESS & BREZOWSKY (1969) darin, dass bei der *zyklonalen* Lage eine zyklonale Einbuchtung über Mitteleuropa besteht, was mit der Ausgleitung von Warmluft aus Osteuropa verbunden ist und so zu einer Witterung mit starker Bewölkung und ausgedehnten Niederschlägen führt. Diese zyklonale Einbuchtung fehlt bei der *antizyklonalen* Lage, womit im westlichen Mitteleuropa das Wetter heiter, trocken, im Winter sehr kalt und im Sommer mäßig warm ist. Der Großwettertyp *Ost* setzt sich aus den Großwetterlagen *Hoch Fennoskandien, antizyklonal (HFA)*, *Hoch Fennoskandien, zyklonal (HFZ)*, *Hoch Nordmeer-Fennoskandien, antizyklonal (HNFA)* und *Hoch Nordmeer-Fennoskandien, zyklonal (HNFZ)* zusammen (HESS & BREZOWSKY 1969). Als Beispiel für den Großwettertyp Ost ist in Abbildung 10 eine Großwetterlage Hoch Nordmeer-Fennoskandien, antizyklonal abgebildet.

Bei beiden Großwetterlagen *Hoch Fennoskandien* befindet sich ein umfangreiches Hoch über Fennoskandien und zum Teil auch über Nordrussland. Bei der *antizyklonalen* Lage, der „klassischen Ostlage“, liegt Mitteleuropa unter dem Einfluss dieses Hochdruckgebietes. Die

Frontalzone wird dadurch abgeblockt und über den Britischen Inseln nach Norden umgelenkt (FLOHN 1954). Die Witterung ist heiter und überwiegend trocken, im Winter sehr kalt und im Sommer sehr heiß (HESS & BREZOWSKY 1969). Die *zyklonale* Lage hingegen wird geprägt durch die Aufspaltung der Frontalzone in einen nördlichen (Verlauf vergleichbar derjenigen der *antizyklonalen* Lage) und einen südlichen Zweig, mit Verlauf Biskaya-Mittelmeer-Südrussland, von dem häufig Störungen die Witterung Mitteleuropas bestimmen. Die zyklonale Lage ist durch eine unbeständige Witterung charakterisiert und bringt verbreitet Niederschläge mit sich, im Winter sind leichte Fröste, im Sommer eine schwül-warme Witterung zu erwarten (HESS & BREZOWSKY 1969, KÜHNE 1999).

Den beiden Großwetterlagen *Hoch Nordmeer-Fennoskandien* weisen eine langgestreckte, manchmal brückenartige Hochdruckzone von Island bis ins nördliche Osteuropa auf. Bei der *antizyklonalen* Lage bedeckt sie mit ihrem südlichen Teil das nördliche Mitteleuropa. Damit entsteht – im Zusammenhang mit dem über dem südlichen Nordatlantik und dem Westmittelmeer befindlichen schwach ausgeprägten Tiefdruckgebiet über Mitteleuropa – eine leichte Ostströmung. Die Witterung ist vielfach heiter, im Sommer warm, im Winter kalt. Bei der *zyklonalen* Lage hingegen ist die Hochdruckbrücke zwischen Island und dem nördlichen Osteuropa entlang der norwegischen Küste häufig unterbrochen, zudem befindet sich über dem südlichen Mitteleuropa in der Höhe tiefer Luftdruck. Dabei kommt es bei östlicher Grundströmung zu Aufgleitvorgängen. Bisweilen setzt sich auch ein südlicher Ast der Frontalzone bis ins westliche Mittelmeer fort. Die Witterung ist von starker Bewölkung mit kräftigen Niederschlägen bestimmt. Im Winter ist die Witterung in Mitteleuropa durch niedrige Lufttemperaturen, im Sommer durch eine schwüle Wärme gekennzeichnet (HESS & BREZOWSKY 1969, KÜHNE 1999).

Der Großwettertyp *Südost* beinhaltet die Großwetterlagen *Südostlage, antizyklonal (SEA)* und *Südostlage, zyklonal (SEZ)*; HESS & BREZOWSKY 1969). In Abbildung 11 ist, als Beispiel für den Großwettertyp Südost, eine Großwetterlage Südost, zyklonal abgebildet.

Den beiden *südöstlichen* Lagen ist ein Hoch gemein, das sich von Südosteuropa über Ostsee-Südsandinavien bis zum Nordmeer erstreckt. Über dem Ostatlantik befindet sich dabei ein Zentraltief (FLOHN 1954). Während bei der *antizyklonalen* Lage die Tiefausläufer nur gelegentlich bis ins westliche Mitteleuropa vordringen, ist dies, aufgrund des Tiefausläufers, der vom Atlantik nach Westeuropa hereinragt bei *zyklonalen* Lagen, die Regel. In Mitteleuropa sind die Temperaturen bei der *zyklonalen* Lage, bei einzelnen Niederschlägen, allgemein warm, während es bei *antizyklonalen* Lagen nur in W- und SW-Mitteleuropa zu vorübergehenden Bewölkungsschwankungen kommt, mit im Sommer heißen, im Winter kalten Temperaturen (HESS & BREZOWSKY 1969).

Der Großwettertyp *Süd* beinhaltet die Großwetterlagen *Südlage, antizyklonal (SA)*, *Südlage, zyklonal (SZ)*, *Tief Britische Inseln (TB)* und *Trog Westeuropa (TRW)*, HESS & BREZOWSKY 1969). Als Beispiel für den Großwettertyp Süd ist in Abbildung 12 eine Großwetterlage Tief Britische Inseln abgebildet.

Den beiden *südlichen* Großwetterlagen ist die grundsätzliche Anordnung der Druckgebilde gemein: Über Osteuropa befindet sich ein ausgedehntes, blockierendes Hochdruckgebiet, während der östliche Atlantik und das westliche Europa unter Tiefdruckeinfluss stehen. Die Frontalzone verläuft vom mittleren Nordatlantik über Südwesteuropa und biegt dort zum Nordmeer um. Sind die Druckgebilde leicht nach Westen verschoben, ist die Lage *zyklonal*, sind sie hingegen nach Osten verschoben, ist sie *antizyklonal*. Beide Lagen bringen warme Lufttemperaturen. Während die *zyklonale* Lage insbesondere im Staubebereich von Gebirgen mit recht ergiebigen Niederschlägen verbunden ist (BAUR 1948), ist die *antizyklonale* Lage von nur geringfügigen Niederschlägen geprägt (HESS & BREZOWSKY 1969).

Die Großwetterlage *Tief über den Britischen Inseln* wird von einem Zentraltief über den Britischen Inseln geprägt. Einzelstörungen werden von diesem kreisförmig vom mittleren Atlantik über die Biskaya, Frankreich, Mitteleuropa nach Norden gesteuert. Die Witterung ist unbeständig und warm (HESS & BREZOWSKY 1969).

Die Großwetterlage *Trog über Westeuropa* ist geprägt von einem Trog tiefen Luftdruckes, der sich vom Nordmeer über den westeuropäischen Küstenraum bis zur Iberischen Halbinsel erstreckt. Hoher Druck herrscht hingegen über dem westlichen Osteuropa und über dem mittleren Atlantik. Die Frontalzone verläuft über den mittleren Atlantik, über Nordspanien, biegt dann nordostwärts über das westliche Mitteleuropa nach Skandinavien ab. In der Frontalzone wandern Einzelstörungen über das westliche Mitteleuropa hinweg und bringen eine unbeständige, warme, regenreiche Witterung nach Mitteleuropa mit sich (HESS & BREZOWSKI 1969, KÜHNE 1999).

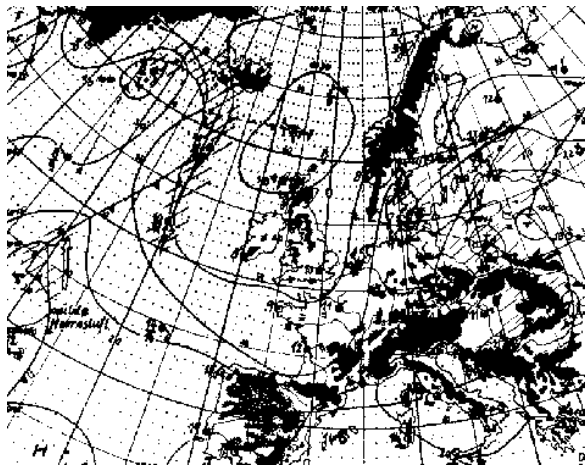


Abb. 7: Eine typische Großwetterlage West, zyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

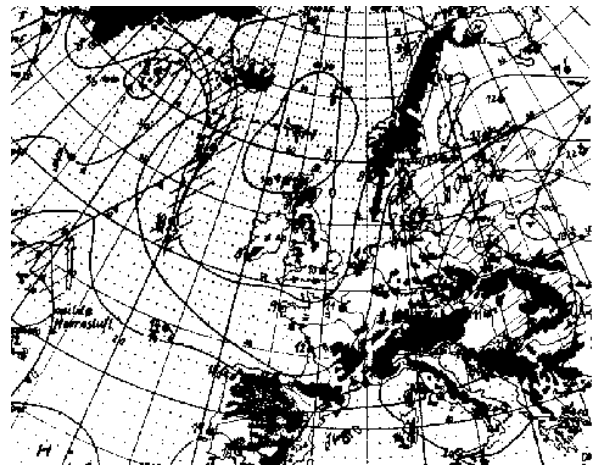


Abb. 8: Eine typische Großwetterlage Hoch Nordmeer, antizyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

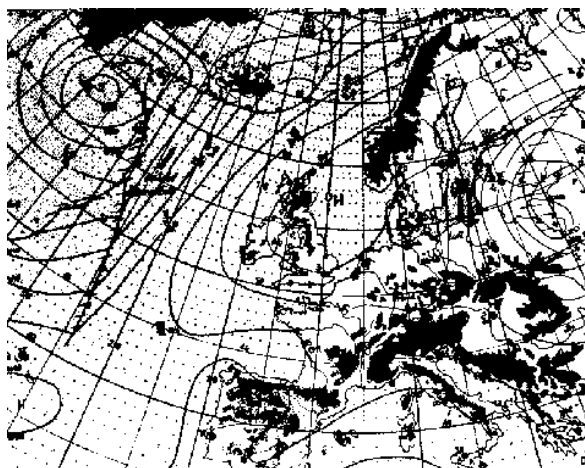


Abb. 9: Eine typische Großwetterlage Nordost, antizyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

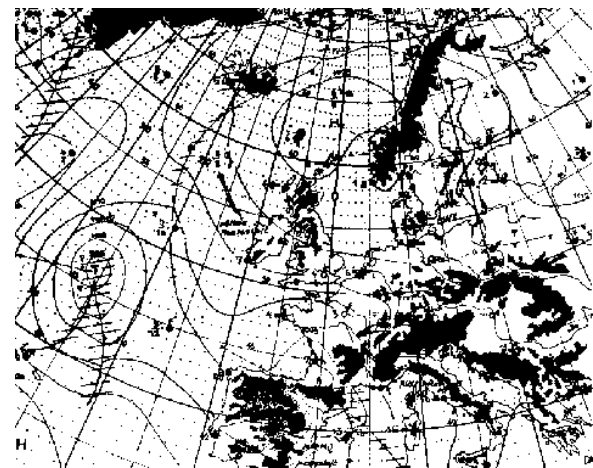


Abb. 10: Eine typische Großwetterlage Hoch Nordmeer-Fennoskandien, antizyklonal (Aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

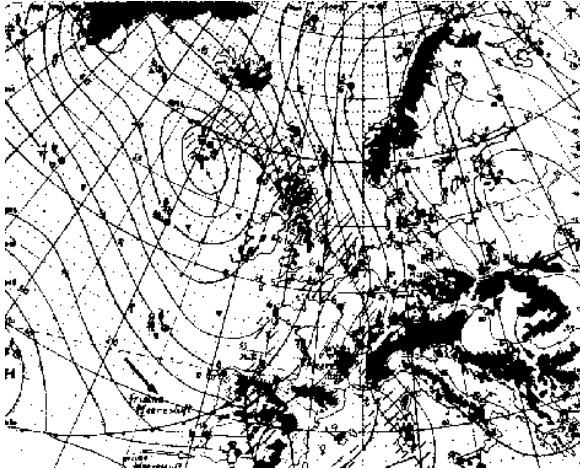


Abb. 11: Eine typische Großwetterlage Südost, zyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

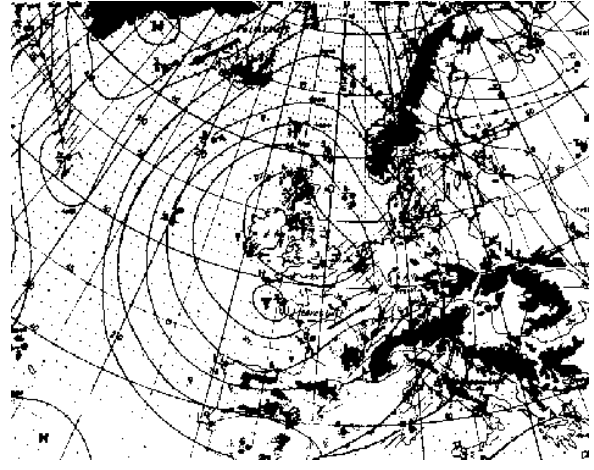


Abb. 12: Eine typische Großwetterlage Tief Britische Inseln (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

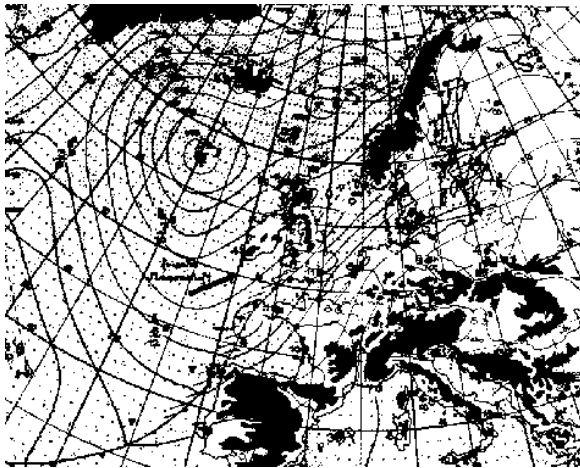


Abb. 13: Eine typische Großwetterlage Südwest, antizyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

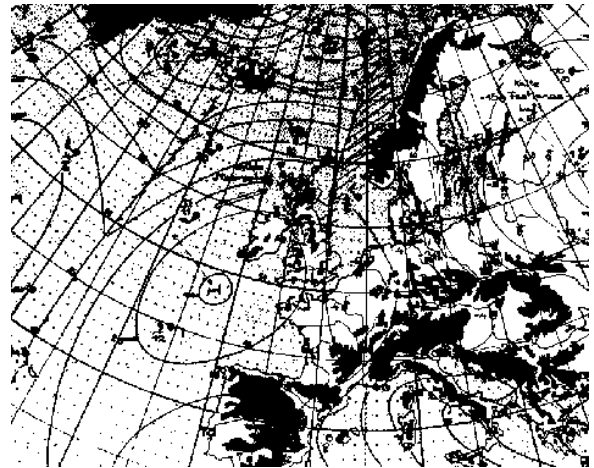


Abb. 14: Eine typische Großwetterlage Nordwest, antizyklonal (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

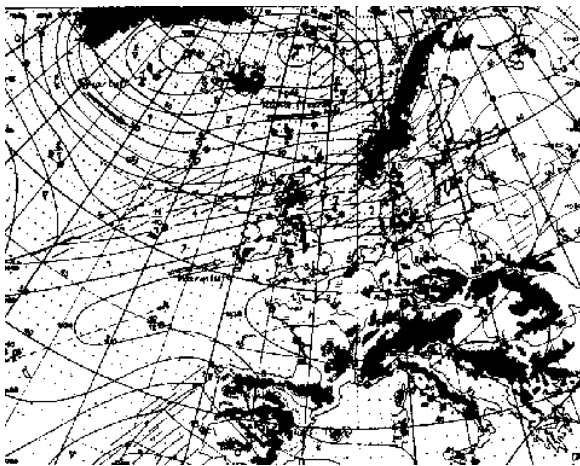


Abb. 15: Eine typische Großwetterlage Hoch über Mitteleuropa (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

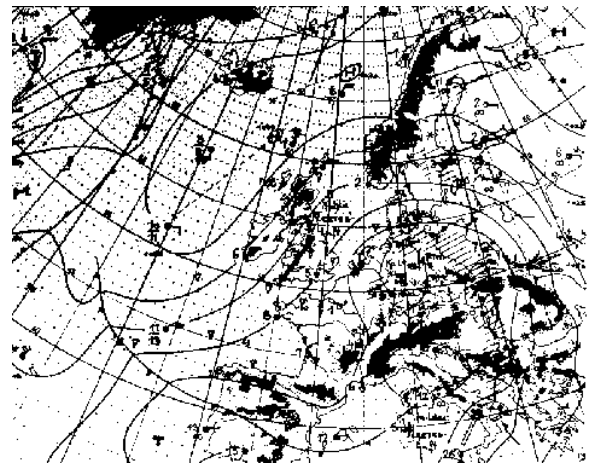


Abb. 16: Eine typische Großwetterlage Tief über Mitteleuropa (aus: HESS & BREZOWSKY 1969)

3.2.3 Gemischte Zirkulation

Bei *gemischten Zirkulationen* sind die meridionalen und zonalen Strömungskomponenten etwa gleich groß. Dies bedeutet: Der Austausch von Luftmassen verschiedener geographischer Breiten erfolgt nicht auf dem kürzesten (meridionalen) Weg, sondern mit einem deutlichen zonalen Strömungsanteil. Typisch für gemischte Zirkulationen sind langgestreckte Frontalzonen. Beispiele für Lagen der gemischten Zirkulation sind die Südwest- und Nordwestlagen. Die antizyklonalen Steuerungszentren sind gegenüber den Westlagen nordwärts bis etwa zum 50. Breitengrad verschoben. Diese Verschiebung findet sich über dem Ostatlantik (Nordwestlage), Mitteleuropa (Hoch Mitteleuropa) oder über Osteuropa (Südwestlage). Wegen der wechselnden Strömungskomponenten wird auch die Großwetterlage Tief Mitteleuropa zur gemischten Zirkulation gerechnet (GERSTENGARBE & WERNER 1999). Gemischte Zirkulationen beinhalten die Großwettertypen *Südwest*, *Nordwest*, *Hoch Mitteleuropa* und *Tief Mitteleuropa* (HESS & BREZOWSKI 1969).

Der Großwettertyp *Südwest* beinhaltet die Großwetterlagen *Südwest*, *antizyklonal (SWA)*, siehe Abbildung 13) und *Südwest*, *zyklonal (SWZ)*. Beide Großwetterlagen haben einen prinzipiell ähnlichen Aufbau: Zwischen hohem Luftdruck über dem Mittelmeer und dem südwestlichen Osteuropa einerseits und tiefem Luftdruck über dem mittleren Nordatlantik und dem Nordmeer andererseits verläuft nordwestgerichtet die Frontalzone und bringt wärmere Temperaturen (HENDL 1966). Während die *antizyklonale* Lage eine überwiegend heitere und trockene Witterung mit sich bringt, ist die Witterung bei *zyklonalen* Lagen aufgrund von Aufgleitvorgängen niederschlagsreich (HESS & BREZOWSKY 1969, HENDL 1995, KÜHNE 1999).

Der Großwettertyp *Nordwest* beinhaltet die Großwetterlagen *Nordwest*, *antizyklonal (NWA)* und *Nordwest*, *zyklonal (NWZ)*. Als Beispiel für den Großwettertyp Nordwest ist in Abbildung 14 eine Großwetterlage Nordwest, antizyklonal abgebildet.

Die *antizyklonale* Lage ist durch eine nach NE verschobene, aber nicht blockierende Subtrophenhochzelle über dem Westrand Europas sowie durch tiefen Luftdruck über dem Nordmeer und Fennoskandien gekennzeichnet. Die Frontalzone verläuft vom nördlichen Atlantik nördlich der Britischen Inseln in südöstlicher Richtung nach Westrussland. In ihr werden Störungen mitgeführt, die Mitteleuropa aber nur selten witterungswirksam werden. Bei der Witterung sind weitgehend aufheiternde Tendenzen festzustellen, die Temperatur zeigt keinen eindeutigen Trend, weder zu hohen, noch zu niedrigen Temperaturen. Der prinzipielle Aufbau der *zyklonalen* Lage entspricht dem der antizyklonalen, jedoch mit dem Unterschied, dass das Tiefdruckgebiet kräftiger ausgeprägt ist und die Störungen in der Frontalzone witterungswirksam werden. Die Witterung wird somit unbeständig, geprägt von ergiebigen Niederschlägen. Die Winde sind teilweise sehr kräftig und bringen eine deutliche Abkühlung (HESS & BREZOWSKY 1969).

Der Großwettertyp *Hoch Mitteleuropa* umfasst die Großwetterlagen *Hoch über Mitteleuropa (HM)*, siehe Abbildung 15) und *Hochdruckbrücke (Hochdruckrücken) über Mitteleuropa (HB)*. Die erstgenannte Großwetterlage weist einen hohen Druck über Mitteleuropa auf, die Frontalzone verläuft nördlich davon. An der West- und Ostflanke befinden sich Tröge tiefen Drucks über dem Ostatlantik und über Osteuropa, allerdings sind die Gradienten schwach. Die Witterung lässt sich als heiter charakterisieren, durch die nächtliche Ausstrahlung sind die Lufttemperaturen in der Nacht niedrig, im Sommer sind sie tagsüber warm. Bei der Großwetterlage *Hochdruckbrücke (Hochdruckrücken) über Mitteleuropa* besteht zwischen dem Azorensubtrophenhoch und einem osteuropäischen Hoch eine Brücke bzw. ein Rücken hohen Luftdruckes. Die Witterung ist meist heiter und trocken. Im Sommer ist es warm, im Winter sind regelmäßige Strahlungsfröste charakteristisch (HESS & BREZOWSKY 1969, KÜHNE 1999).

Tab. 1: Der Zusammenhang zwischen Großwetterlage und Witterung (nach: GERSTENGARBE & WERNER 1999)

GWL		Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
WA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	Tagesmaximum und -mittel übernormal, beim Minimum nur geringe Abweichungen vom Mittel	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	untersnormal	untersnormal	untersnormal	untersnormal
WZ	<i>Lufttemperatur</i>	Tagesminimum übernormal, Tagesmaximum normal, das Tagesmittel nur tendenziell übernormal	kälter als normal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	überdurchschnittliche Anzahl an Niederschlagstagen bei unterdurchschnittlicher Niederschlagsmenge	übernormal	übernormal
WS	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	Tagesminimum übernormal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	keine Besonderheit	übernormal	übernormal	übernormal
WW	<i>Lufttemperatur</i>	Tagesmaximum unternormal, Tagesmittel normal bis unternormal, Tagesminimum normal bis übernormal	Tagesminimum normal bis leicht übernormal, bei Tagesmittel und Tagesmaximum im westlichen Europa unternormal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
SWA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	untersnormal	untersnormal	untersnormal	untersnormal
SWZ	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal (bei niedrigerem Tagesmaximum)	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
NWA	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal bezüglich Tagesmittel und -maximum	kälter als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	untersnormal	untersnormal	untersnormal	mit Tendenz zu unternormal
NWZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
HM	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	Tagesmaximum der Lufttemperatur normal bis übernormal, Tagesminimum unternormal
	<i>Niederschlag</i>	untersnormal	untersnormal	untersnormal	untersnormal
BM	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal (Tagesminimum ausgeglichen)	wärmer als normal (Tagesminimum ausgeglichen)	wärmer als normal (Tagesminimum ausgeglichen)	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	untersnormal	untersnormal	untersnormal	untersnormal
TM	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal, Tagesminimum normal	kälter als normal	Westliches Europa kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
NA	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	indifferent	untersnormal	untersnormal	untersnormal

Tab. 1 (Fortsetzung)

GWL		Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
NZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	indifferent
	<i>Niederschlag</i>	normal bis übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
HNA	<i>Lufttemperatur</i>	Normal mit Tendenz zu wärmer als normal	indifferent	Tagesminimum der Lufttemperatur unternormal	indifferent
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
HNZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
HB	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
TRM	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
NEA	<i>Lufttemperatur</i>	indifferent	wärmer als normal	wärmer als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
NEZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal außer Tagesminimum der Lufttemperatur	kälter als normal	indifferent	kälter als normal außer Tagesminimum
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	mit Tendenz zu unternormal
HFA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	indifferent	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
HFZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal (Tagesminimum ausgeglichen)	wärmer als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	indifferent	indifferent	indifferent	indifferent
HNFA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
HNFZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	indifferent	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	indifferent
SEA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
SEZ	<i>Lufttemperatur</i>	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	indifferent	indifferent	unternormal	indifferent
SA	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	unternormal	unternormal	unternormal
SZ	<i>Lufttemperatur</i>	indifferent	indifferent	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	indifferent	indifferent	unternormal	unternormal
TB	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	übernormal	übernormal	übernormal
TRW	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal	wärmer als normal
	<i>Niederschlag</i>	übernormal	indifferent	übernormal	unternormal
U	<i>Lufttemperatur</i>	wärmer als normal	kälter als normal	wärmer als normal	kälter als normal
	<i>Niederschlag</i>	unternormal	indifferent	indifferent	unternormal

Der Großwettertyp *Tief Mitteleuropa* entspricht der Großwetterlage *Tief Mitteleuropa (TM)*. Eine solche Großwetterlage ist in Abbildung 16 dargestellt. Diese Lage wird durch einen am Boden und vor allem in der Höhe abgeschlossenen Tiefdruckkern gebildet. Die Witterung ist durch wiederholte, häufig sehr kräftige, nahezu stationäre Niederschläge und kalte Temperaturen charakterisiert (HESS & BREZOWSKY 1969).

Die lufttemperatur- und niederschlagsspezifischen Charakteristika der einzelnen Großwetterlagen sind – differenziert nach Jahreszeit - in Tabelle 1 dargestellt.

4. Der Jahresgang der Klimaelemente und Großwetterlagen im Saarland

4.1 Der Gang der Zirkulationsformen

Wie der Gang der Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag, Luftdruck etc. weist auch der Jahresgang der unterschiedlichen Großwetterlagen einen charakteristischen jahreszeitlich differenzierten Verlauf auf. Doch ehe auf den Jahresgang der einzelnen Großwetterlagen einzugehen sein wird, sei jener der Zirkulationsformen behandelt (Abb. 17). Im Zeitraum 1881 bis 1998 dominierten die meridionalen Großwetterlagen: Sie erreichten einen Anteil von 40,0 %, während Großwetterlagen der gemischten Zirkulationsform einen Anteil von 27,8 % und diejenigen der zonalen Zirkulationsform 27,2 % erreichten. Hinsichtlich des Jahresganges weisen die einzelnen Zirkulationsformen erhebliche Differenzierungen auf: Während die gemischte Zirkulation keinen deutlichen Jahresgang erkennen lässt (die Standardabweichung hinsichtlich der monatlichen Differenzierung nach Anteilen liegt bei $s = 3,3$), weisen sowohl die zonalen Zirkulationsformen ($s = 5,0$) und insbesondere die meridionalen Zirkulationsformen ($s = 7,6$) erhebliche jahreszeitliche Schwankungen auf.

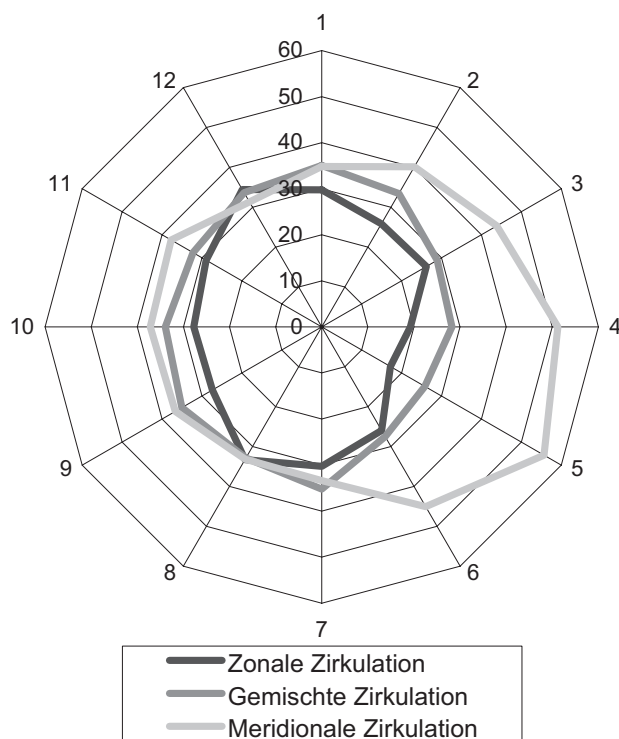


Abb. 17: Die prozentualen Anteile der Zirkulationsformen nach Monaten 1881 bis 1998 (nach GERSTENGARBE & WERNER 1999)

Der Jahresgang der in Abbildung 17 dargestellten Zirkulationsformen weist für die meridionale Zirkulationsform eine Häufung des Auftretens in den Übergangsjahreszeiten Frühjahr (im klimatologischen Sinne handelt es sich dabei um die Monate März, April und Mai), bis in den Juni hinein, und Herbst (September, Oktober und November) auf, wobei das Frühjahrsmaximum mit Auftrittshäufigkeiten von 55,7 % im Mai das des Herbstes mit 37,7 % im November deutlich übertrifft. Zonale Zirkulationsformen dominieren dagegen im Sommer (Juni, Juli und August) und Winter (Dezember, Januar und Februar). Dabei ist das sommerliche und das winterliche Auftrittsmaximum hinsichtlich ihrer quantitativen Ausprägung lediglich gering different: Im August erreichen zonale Zirkulationsformen eine Auftrittshäufigkeit von 33,3 %, im Dezember von 34,4 %. Die vergleichsweise geringen Auftrittswahrscheinlichkeiten meridionaler Zirkulationsformen in Sommer und Winter sind auch durch die erhöhte Häufigkeit des Auftretens von gemischten Zirkulationsformen zu diesen Jahreszeiten bedingt: Sie erreichen im Januar mit 35,1 % bzw. im Juli mit 35,2 % Auftrittshäufigkeit ihre Maxima. Eine stärkere Differenzierung als die der Zirkulationsformen weist die Aufteilung nach Großwettertypen (nach Hess und Bresowsky) auf (Abb. 18). Besonders große Differenzen hinsichtlich ihrer jahreszeitlichen Auftrittshäufigkeit weisen dabei die klimadominierenden Großwettertypen W (= einzige zonale Zirkulationsform, d.h. mittlere jährliche Auftrittshäufigkeit = 34,4 %, $s = 5,0$), N (mittlere jährliche Auftrittshäufigkeit = 15,9 %, Standardabweichung $s = 4,3$) und E (mittlere jährliche Auftrittshäufigkeit = 15,9 %, Standardabweichung $s = 4,1$). Lediglich der klimadominierende GWT HM weist bei einer mittleren jährlichen Auftrittshäufigkeit von 16,4 % mit einer vergleichsweise geringen Standardabweichung von $s = 2,8$ begrenzte Schwankungen hinsichtlich seines Jahresganges auf.

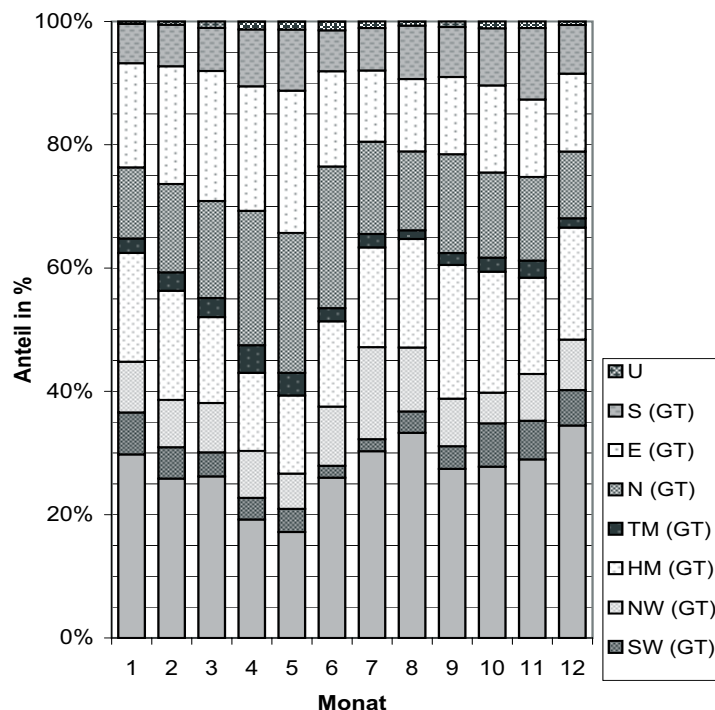


Abb. 18: Die prozentualen Anteile der Großwettertypen (GWT) – klassifiziert nach Hess und Bresowsky - 1881 bis 1998 (nach GERSTENGARBE & WERNER 1999)

Die in Tabelle 2 aufgeführten Auftrittshäufigkeiten der unterschiedlichen GWL lassen einen z.T. deutlichen Jahresgang erkennen. Dieser soll aber in den folgenden Abschnitten im Zusammenhang mit dem Jahresgang der Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag behandelt werden.

Tab. 2: Die prozentualen Anteile der Großwetterlagen (GWL) – klassifiziert nach Hess und Brezowsky - 1881 bis 1998 (nach GERSTENGARBE & WERNER 1999)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
WA	6,04	4,48	4,96	3,62	3,50	5,53	8,44	9,07	8,66	6,92	5,16	4,94	5,94
WZ	15,88	14,19	13,26	11,14	11,36	15,90	18,86	20,21	15,75	15,08	16,61	19,22	15,62
WS	4,30	5,48	4,94	2,71	1,27	2,34	1,52	1,74	1,00	3,78	3,11	6,53	3,22
WW	3,53	1,69	3,03	1,74	1,05	2,22	1,46	2,26	1,99	1,99	4,07	3,75	2,40
SWA	2,70	2,66	2,40	1,88	1,38	1,14	1,32	2,18	1,79	3,67	2,79	3,17	2,26
SWZ	4,11	2,42	1,49	1,62	2,37	0,80	0,63	1,27	1,88	3,36	3,48	2,59	2,17
NWA	2,76	3,03	3,67	2,51	2,89	5,67	7,78	5,43	4,10	2,10	3,62	2,45	3,83
NWZ	5,49	4,63	4,36	5,10	2,84	3,93	7,14	4,94	3,62	2,89	3,96	5,73	4,55
HM	11,80	11,92	9,07	5,75	7,80	7,95	9,26	8,77	12,82	11,14	6,44	8,57	9,28
BM	5,85	5,78	4,85	6,92	4,85	5,87	6,92	8,85	8,86	8,46	9,17	9,59	7,17
TM	2,34	3,00	3,09	4,47	3,67	2,14	2,18	1,41	1,94	2,29	2,79	1,52	2,57
NA	0,39	0,36	0,99	0,80	2,34	2,28	1,38	1,41	0,63	0,08	0,51	0,72	0,99
NZ	2,73	2,15	3,17	3,96	4,69	4,73	2,34	2,40	2,62	2,07	2,31	1,68	2,90
HNA	1,76	2,30	2,10	5,16	5,43	5,81	3,06	2,67	3,73	2,70	1,77	2,07	3,21
HNZ	1,19	1,21	1,57	1,99	3,28	2,05	1,32	0,91	0,51	1,68	0,60	0,85	1,43
HB	2,37	4,03	3,50	4,39	3,36	4,70	2,70	2,34	4,33	3,36	2,62	2,18	3,32
TRM	3,09	4,27	4,41	5,50	3,58	3,42	4,16	3,06	4,22	3,92	5,75	3,31	4,06
NEA	1,08	1,82	2,62	2,42	4,05	5,36	3,72	3,47	1,97	0,94	0,46	0,39	2,36
NEZ	1,63	1,15	1,74	3,53	3,28	3,19	2,18	2,29	2,31	1,08	0,63	1,49	2,04
HFA	4,80	4,75	4,99	3,73	3,83	2,08	2,48	3,31	3,48	4,38	2,62	3,80	3,69
HFZ	1,16	1,63	1,30	1,51	1,24	0,71	0,74	0,77	0,74	0,80	1,57	1,32	1,12
HNFA	0,88	2,06	0,88	1,62	4,44	1,91	1,32	0,63	0,83	0,52	0,63	0,66	1,37
HNFA	2,01	1,91	3,23	3,11	2,95	1,23	0,88	1,02	0,54	0,55	1,85	0,55	1,65
SEA	2,43	2,21	3,42	2,36	2,45	0,85	0,22	0,25	1,79	4,41	3,33	2,65	2,20
SEZ	2,92	3,57	2,92	1,91	0,83	0,11	0,00	0,00	0,85	1,43	1,48	1,76	1,48
SA	3,25	1,60	2,12	1,62	1,27	0,40	0,14	0,52	2,51	3,06	4,30	2,07	1,91
SZ	1,10	1,97	0,94	0,51	0,00	0,09	0,00	0,00	0,31	1,43	1,57	2,01	0,83
TB	1,05	1,45	1,30	2,71	3,97	2,05	3,03	3,97	1,94	1,85	1,85	2,10	2,27
TRW	0,99	1,73	2,65	4,39	4,69	4,10	3,72	4,16	3,36	2,92	3,87	1,74	3,19
U	0,39	0,54	1,05	1,31	1,32	1,45	1,08	0,69	0,91	1,13	1,08	0,58	0,96

4.2 Der Gang der Klimatelemente Lufttemperatur und Niederschlag anhand exemplarischer Klimamessstationen

In diesem Abschnitt sollen Charakteristika des Klimas im Saarland anhand der vier Klimamessstationen Saarbrücken-Ensheim (Abb. 19), Homburg (Abb. 20), Saarlouis (Abb. 21) und St. Wendel (Abb. 22) exemplarisch mit Hilfe der Methodik der statistischen Mittelwertsklimatologie untersucht werden. Eine genetische Interpretation mit Hilfe der Methodik der Großwetterlagenklimatologie erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Die Jahresmitteltemperatur der vier dargestellten Messstationen differiert – aufgrund der räumlichen Nähe untereinander und der vergleichsweise geringen Höhendifferenz (180 m NN in Saarlouis bis 319 m NN in Saarbrücken-Ensheim) – lediglich um 1,6 K. Eine ähnlich geringe Differenz weisen die Jahresgänge der Lufttemperatur auf.

Die Differenzen der Jahressummen der Niederschläge weisen dagegen deutlichere Unterschiede auf: Saarlouis ist mit 716 mm die niederschlagsärmste und St. Wendel mit 940 mm die niederschlagsreichste Station im Vergleich. Insbesondere aufgrund des Luvstaus vor dem nord- und nordwestlich gelegenen Hunsrück übersteigt die Niederschlagssumme von St. Wendel sogar diejenige der höher gelegenen Station Saarbrücken-Ensheim, da hier höhere orographische Erhebungen für Staueffekte hinsichtlich des Niederschlags fehlen bzw. eher

nördliche und nordwestliche Lagen stauen, die gemeinhin einen geringeren absoluten Wasserdampfgehalt aufweisen (auch aufgrund der polaren bzw. subpolaren Herkunft der Luftmassen) als südliche und insbesondere südwestliche Großwetterlagen (vgl. SCHUTO 1976).

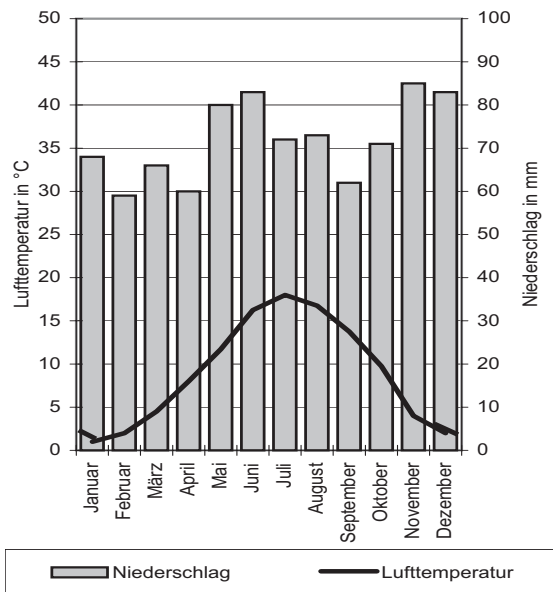


Abb. 19: Klimadiagramm Saarbrücken-Ensheim, 319 m NN, 8,9°C Jahresmitteltemperatur, 862 mm mittlerer Jahresniederschlag (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

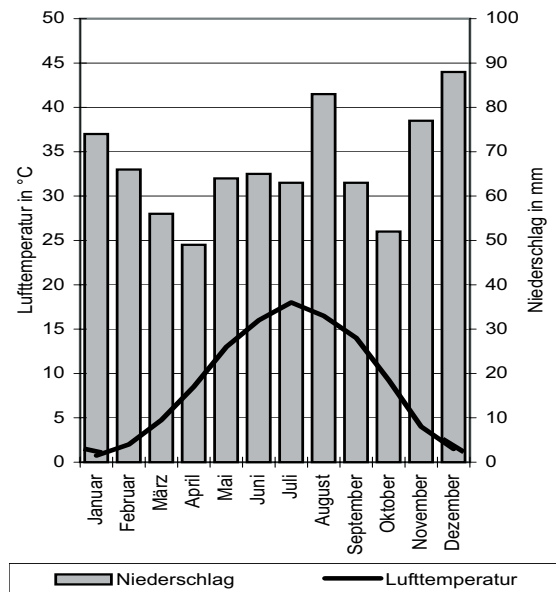


Abb. 20: Klimadiagramm Homburg/Saar, 235 m NN, 9,1°C Jahresmitteltemperatur, 819 mm mittlerer Jahresniederschlag (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

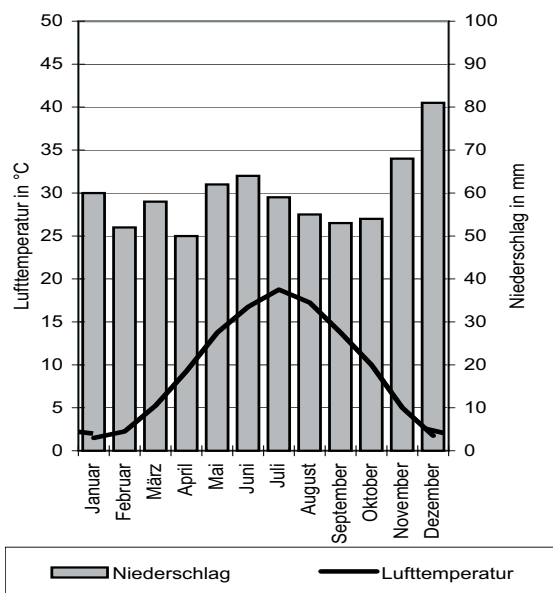


Abb. 21: Klimadiagramm Saarlouis, 180 m NN, 9,6°C Jahresmitteltemperatur, 716 mm mittlerer Jahresniederschlag (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

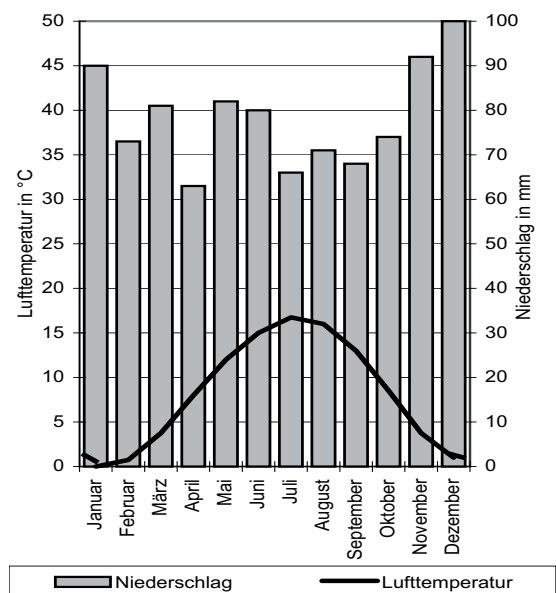


Abb. 22: Klimadiagramm St. Wendel, 292 m NN, 8,3°C Jahresmitteltemperatur, 940 mm mittlerer Jahresniederschlag (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Alle Wetterstationen weisen hinsichtlich der jährlichen Niederschlagsverteilung winterliche Maxima und sommerliche Sekundärmaxima auf, wobei in St. Wendel und Saarlouis die Niederschlagsmenge zwischen winterlichem Maximum und sommerlichem Sekundärmaximum eine deutlich größere Differenz aufweist als diejenige in Homburg und Saarbrücken-Ensheim. Während die winterlichen Maxima primär auf Niederschläge aufgrund des Durchgreifens zyklonalen Druckgebilde der Westwindzone zurückzuführen sind, lässt sich die Bildung der sekundären Maxima im Sommer stärker auf die Bildung von hitzebedingten und kalfrontalen Konvektionsniederschlägen zurückführen.

Im Vergleich der Messperioden 1931-1960 und 1961-1990 (vgl. Abbildungen 3 und 4 sowie Abbildung 19) lässt sich für die Messstation Saarbrücken-Ensheim eine Erhöhung der jährlichen Niederschlagssumme von 796 mm auf 862 mm nachweisen, während sich im Vergleich der beiden Messperioden die Jahresmittel der Lufttemperatur von 9,0°C auf 8,9°C geringfügig verringerten.

4.3 Die räumliche Verteilung der Jahresmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag im Saarland

Die räumliche Verteilung der Jahresmitteltemperatur im Saarland ist deutlich differenziert (Abb. 23): Während im Saartal die Jahresmitteltemperatur z.T. über 10,5°C aufweist, liegt sie im Norden des Landes, im Schwarzwälder Hochwald und im Saar-Nahe-Bergland teilweise unter 6,5°C. Ursache für diese Differenz ist primär die Temperaturabnahme in der Atmosphäre mit zunehmender Höhe. Wie bei anderen Kompressionsvorgängen auch, sind in der Atmosphäre bei zunehmendem Druck Erwärmungen feststellbar (während sich andererseits Gase bei Entspannung abkühlen). Erklärbar ist dieser Vorgang mit Hilfe der kinetischen Gastheorie: Gemäß dieser Theorie ist Wärme eine makroskopische Äußerung der Intensität von Molekularbewegungen. Ist diese Bewegung intensiv, kommt es zu häufigen und heftigen Stößen zwischen Molekülen: Die Temperatur ist hoch. Ist die Bewegung hingegen langsam, sind die Kollisionen zwischen den Molekülen weniger häufig und vergleichsweise kraftlos: Die Temperatur ist gering. Für den Fall des hypsometrischen Temperaturgradienten bedeutet dies: Je höher die auflastende Luftsäule, desto höher der Luftdruck am Boden, desto heftiger die Molekularbewegung und somit auch die Lufttemperatur. Dies bedeutet: Mit zunehmender Seehöhe nimmt die Lufttemperatur (bei ansonsten gleich bleibenden Variablen) ab (andere Einflussgrößen sind selbstverständlich geographische Breitenlage, Maritimität, Kontinentalität etc.; vgl. HÄCKEL 1993).

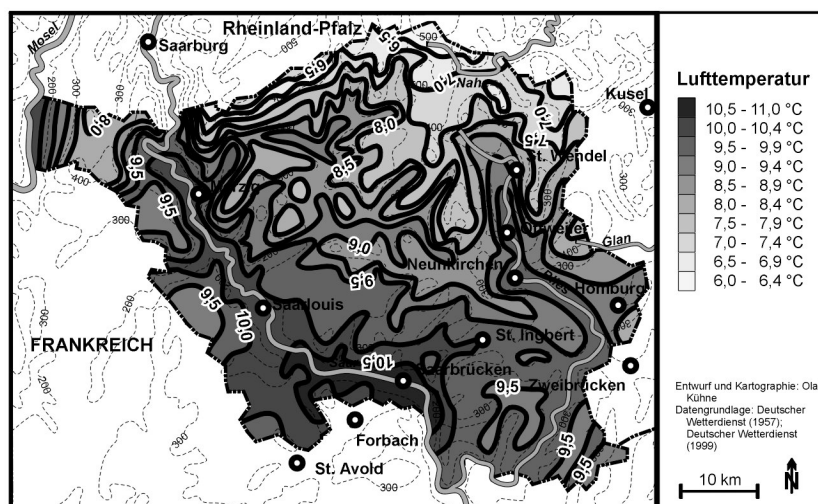


Abb. 23: Die räumliche Verteilung der Jahresmitteltemperatur 1961-1990 in der Messperiode (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

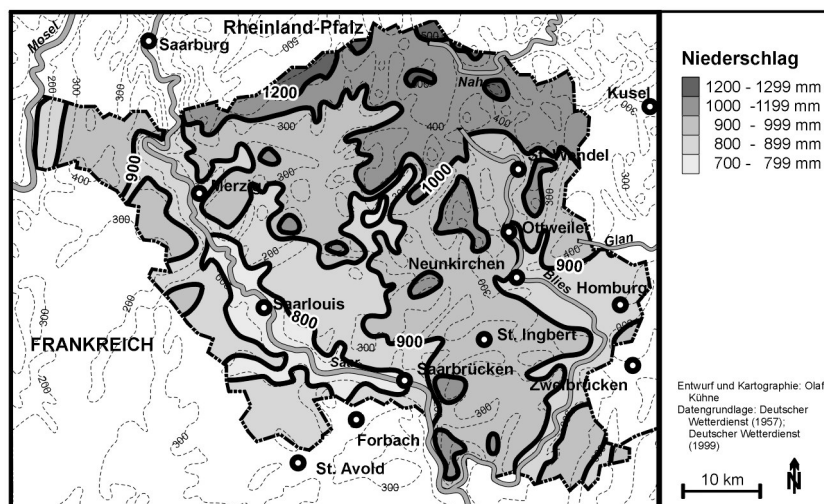


Abb. 24: Die räumliche Verteilung der jährlichen Niederschlagssumme in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Die räumliche Verteilung des Niederschlags im Saarland zeigt eine zur Lufttemperatur inverse Tendenz (Abb. 24): Mit zunehmender Seehöhe nimmt auch der Niederschlag zu; so liegt der mittlere jährliche Niederschlag im Saartal bei unter 800 mm, während im Hochwald Niederschlagssummen von z.T. mehr als 1200 mm a⁻¹ erreicht werden. Diese räumliche Niederschlagsverteilung kann als kennzeichnend für den advektiven Niederschlagstyp in den Mittelbreiten mit dominierenden Aufgleitniederschlägen gelten. Aufgrund von (durch den Schwarzwälder Hochwald und das Nahebergland) erzwungenen advektiven Aufgleitvorgängen verringert sich die Lufttemperatur der gehobenen Luftpakete mit der Folge einer Lufttemperaturverringerung mit – bei geeigneten Randbedingungen (v.a. ausreichender Feuchtegehalt der Luft, Vorhandensein von Kondensationskernen) – Kondensationsvorgängen und Niederschlägen. Im Saarland kann – hinsichtlich langjähriger Mittel, nicht jedoch bezüglich einzelner Niederschlagsereignisse (SCHUTO 1976) – von einer weitgehenden Kongruenz von orographischem und hygrischem Profil ausgegangen werden, da einerseits die orographische Situation nur geringe niederschlagsspezifische Leeeffekte induziert (zu geringe Höhendifferenzen) und andererseits die Maximalzone der advektiven Steigungsniederschläge – ungleich den Alpen – in einer Höhe von 3000 bis 4000 m NN im Saarland orographisch nicht erreicht wird (vgl. WEISCHET 1965, HAVLIK 1969).

4.4 Winter

Der Winter – im klimatologischen Sinne die Monate Dezember, Januar und Februar – ist im Saarland mit einem Jahremaximum an zyklonalen, niederschlagsintensiven Großwetterlagen geprägt.

Die mittlere Lufttemperatur im Dezember (Abb. 25) lässt eine deutliche hypsometrische Differenzierung erkennen: Während im Tal der Saar die Lufttemperatur im langjährigen Dezemberrmittel bei über 2,0°C liegt, werden im Hochwald im Mittel von z.T. unter 0,0°C gemessen.

Die mittleren Niederschlagssummen im Dezember in der Messperiode 1961 bis 1990 weisen eine Spanne von unter 80 mm im Saartal bis zu über 140 mm in den Höhenlagen des Hochwaldes auf. Damit ist der Dezember in weiten Teilen des Saarlandes (insbesondere im Staubeereich des Hunsrücks und des Naheberglandes) der niederschlagsreichste Monat des Jahres (Abb. 26).

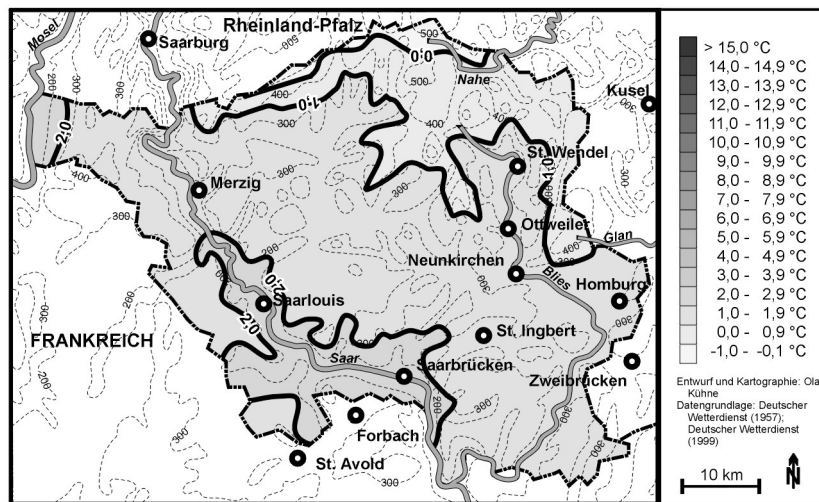


Abb. 25: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Dezember in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

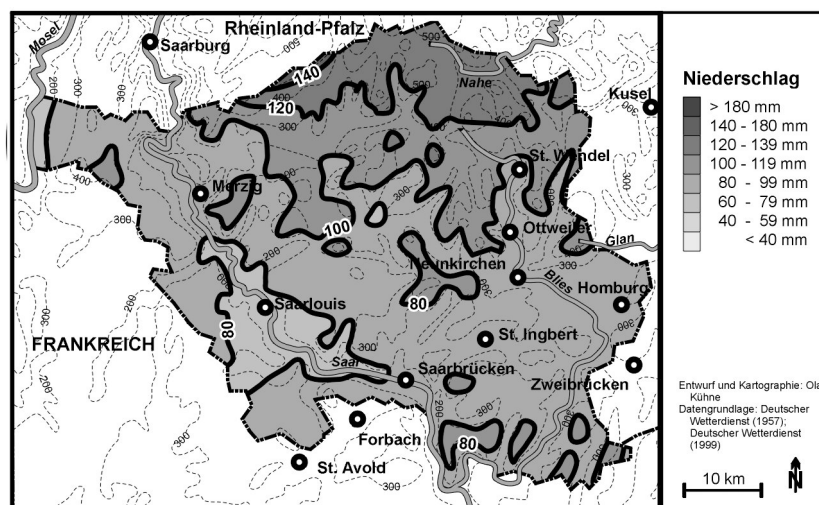


Abb. 26: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Dezember in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Charakteristisch für das Witterungsgeschehen im Dezember ist das Durchgreifen westlicher Großwetterlagen; diese führen feucht-warme atlantische Luftmassen heran. Dabei kommt es im Winter immer wieder zu dem Phänomen, dass nach dem Durchzug einer Kaltfront die Lufttemperatur ansteigt. Solche Kaltfronten werden als maskierte Kaltfronten bezeichnet. Sie entstehen dadurch, dass es der Warmluft im Warmsektor nicht gelingt, eine dünne, sehr kalte auf dem Boden lagernde Luftschicht von diesem abzulösen, so dass sich die Warmluft über dieser Kaltluft ausbreitet, ohne den Boden zu erreichen. Erst der – mit höherer Vehemenz – vorrückenden Kaltfront gelingt es, bis zum Boden durchzugreifen. Da diese Kaltluft bereits auf ihrem Weg über den – im Winter vergleichsweise warmen – Ozean zurück gelegt hat ist sie wärmer als die kontinentale Kaltluft, die in Bodennähe längere Zeit verblieben ist.

Unterbrochen werden die westlichen Wetterlagen häufig Mitte Dezember von dem – durch das erstarken der asiatischen Antizyklone bedingten – Durchgreifen antizyklonaler Großwetterlagen, verbunden mit einem Rückgang der Lufttemperaturen (insbesondere in Tallagen), großen Lufttemperaturschwankungen im Tagesgang und Niederschlagsarmut. FLOHN (1954: 95) spricht in diesem Zusammenhang von einem „europäischen Wintermonsun“. In der Zeit um Weihnachten wird diese antizyklonale Wetterlage häufig durch das erneute Durchgreifen zyklonaler Südwest- und Westlagen abgelöst. Dieses sogenannte „Weihnachtstauwetter“ ist in der Regel mit kräftigen Niederschlägen und einem erheblichen Hochwasserrisiko bei gleichzeitig ansteigenden Lufttemperaturen und geringeren Tagesgängen der Lufttemperatur verbunden (vgl. BAUR 1958, FLOHN 1954, GERSTENGARBE

& WERNER 1999). Trotz dieser Witterungssingularitäten lassen sich im Dezember – in Abhängigkeit davon, ob sich stärker zyklonale Westlagen oder antizyklonale Ostlagen durchsetzen – im Saarland erhebliche Niederschlagsschwankungen messen: In Homburg lag zwischen 1954 und 1978 dabei die Schwankungsbreite bei 2 bis 214 mm (ACHILLES 1982). Die hohe Auftrittshäufigkeit von Großwetterlagen mit Südkomponente bilden dabei die Voraussetzung für die Ausprägung von Stauniederschlägen in den nördlichen Landesteilen, im Staubereich des Hunsrücks (SCHUTO 1976).

Im langjährigen Mittel werden im Saarland im Januar die Jahresminima der Lufttemperatur erreicht (Abb. 27). Im Durchschnitt liegt dabei die Lufttemperatur im Saar- und Moseltal mit über 1,0°C unter der des Hochwaldes, wo das langjährige Lufttemperaturmittel die 0,0°C unterschreitet, während die mittleren Lagen eine Lufttemperatur von 0,0 bis 1,0°C aufweisen. Im Vergleich zum Dezember ist im Januar (im Mittel 1961-1990) eine deutliche Verringerung der Niederschlagssummen feststellbar, die im Saartal unter 80 mm, z.T. sogar unter 60 mm, liegen (Abb. 28). Im Hochwald lassen sich demgegenüber in den Höhenlagen aufgrund erzwungener Advektionsvorgänge Niederschlagssummen von über 120 mm nachweisen.

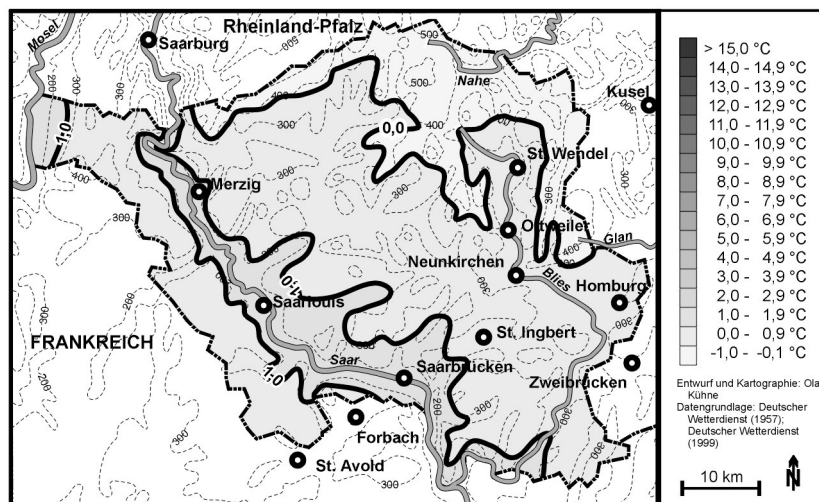


Abb. 27: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Januar in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

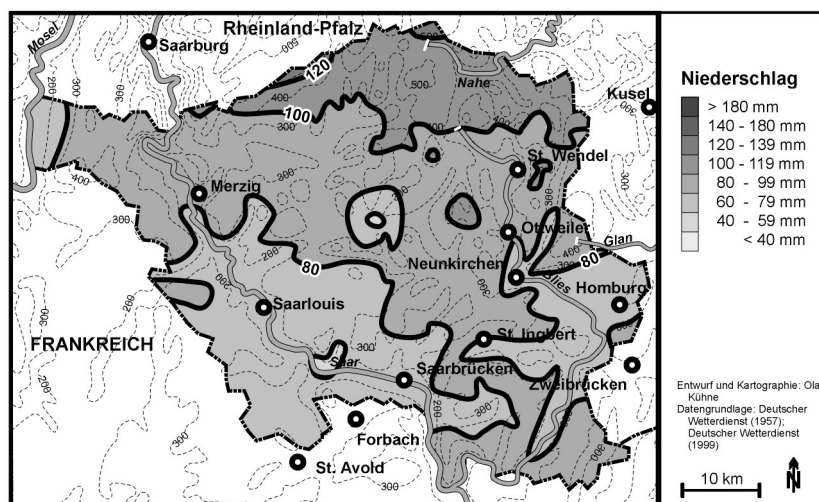


Abb. 28: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Januar in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Gegenüber dem Dezember verringert sich im Januar die Auftrittswahrscheinlichkeit für niederschlagsreiche zyklonale Westlagen deutlich (vgl. Tabelle 2). Im ersten Januardrittel setzt sich häufig Hochwinterwetter mit Großwetterlagen mit östlicher Grundströmung durch. Niedrige Lufttemperaturen mit großen Tagesamplituden und geringe Niederschläge sind die

Folge. Diese Hochdrucklagen des „europäischen Wintermonsuns“ werden jedoch immer wieder durch zyklonale Lagen unterbrochen, so erreicht die Großwetterlage SWZ im Januar ihr Aufttrittshäufigkeitsmaximum. Ende Januar bzw. Anfang Februar lässt sich im langjährigen Mittel der Großwetterlagen eine erneute zyklonale Periode feststellen (vgl. BAUR 1958, FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

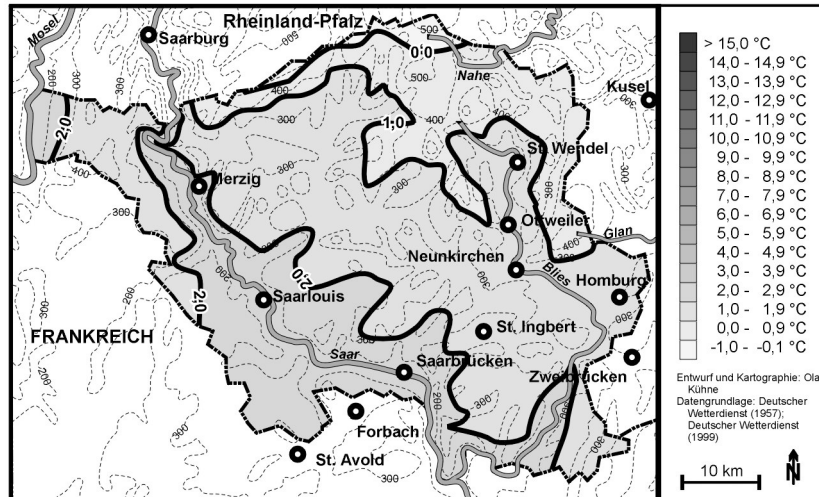


Abb. 29: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Februar in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

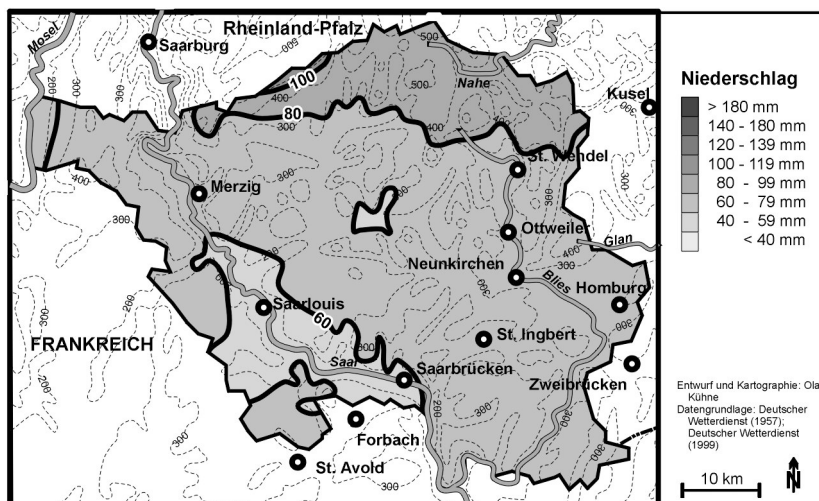


Abb. 30: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Februar in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Der Februar ist neben dem April im Saarland der niederschlagsärmste Monat (Abb. 30): So liegt die Niederschlagssumme im mittleren saarländischen Saartal bei unter 60 mm und in den Höhenlagen des Hochwaldes fallen nur etwas mehr als 100 mm Niederschläge. Im ersten Drittel des Monats setzen sich verstärkt antizyklonale Lagen durch, diese lassen sich zum Spätwinter rechnen. Gegen Mitte und Ende Februar gleichen sich die Temperaturgegensätze zwischen Land und Meer zunehmend aus: Schroffe Witterungsumschläge werden seltener. Mit der Abschwächung resp. dem Rückzug der asiatischen Antizyklone ist verstärkt mit Vb-Lagen¹ zu rechnen, wobei deren Niederschlagsreichtum nur in Ausnahmefällen im Saarland wetterwirksam wird (vgl. BAUR 1958, FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

¹ Der Begriff Vb-Wetterlage geht auf den Klimatologen van Bebbber zurück. Van Bebbber klassifizierte Zugbahnen von Tiefdruckgebieten. Seine Zugbahnen-Klassifikation ist heute allerdings nicht mehr gebräuchlich, allein die Bezeichnung „Vb“ blieb aufgrund der großen Bedeutung dieser Wetterlage bis heute erhalten. Bei einer Vb-Lage bildet sich aufgrund eines massiven Kaltlufteinbruchs über Westeuropa – durch die Unterstützung

4.5 Frühjahr

Während der Winter durch zonale Zirkulation geprägt ist, stellt sich die Zirkulationsform im Frühjahr (klimatologisch: März, April und Mai) auf eine stärkere Meridionalität um.

Die im März weiter steigenden Lufttemperaturen erreichen im Saar-, Mosel- und unteren Blietal mittlere Werte von bereits über 5°C, auch in den Höhenlagen des Hochwaldes erreichen die mittleren Lufttemperaturen bereits nahezu 3°C (Abb. 31).

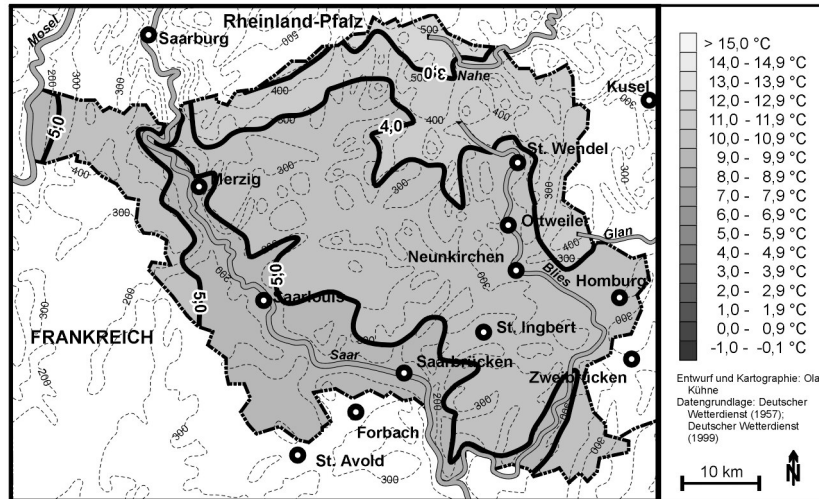


Abb. 31: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im März in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

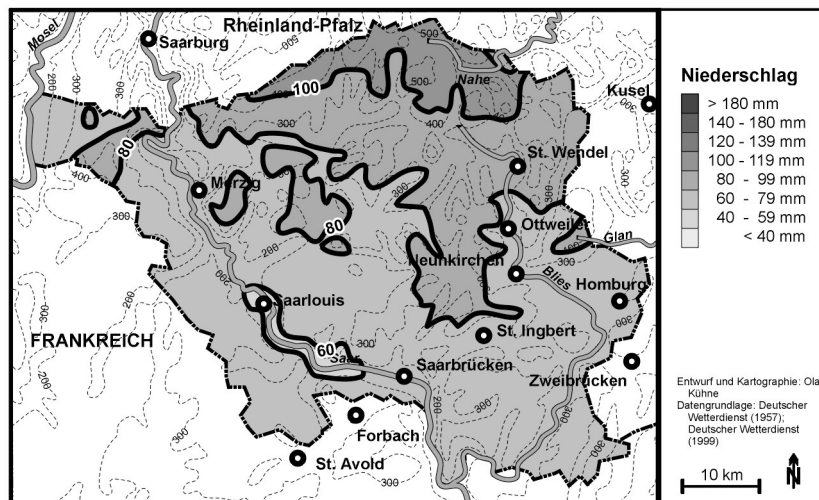


Abb. 32: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im März in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Die mittlere monatliche Summe der Niederschläge steigt im März gegenüber dem Februar wieder leicht an, wobei hinsichtlich der räumlichen Verteilung wiederum deutliche Differenzierung feststellbar ist (Abb. 32): Die höchsten Niederschlagssummen werden erneut im Hochwald (über 100 mm), die geringsten im mittleren (saarländischen) Saartal zwischen Völklingen und Saarlouis erreicht

Das Charakteristikum der Märzwitterung ist die Umstellung der Zirkulationsform von einer im Winter vorherrschenden zonalen (und auch gemischten) Zirkulation auf

der Lee-Wirkung der Alpen – zunächst ein Tief über Oberitalien. Dieses Tief verlagert sich nord- bzw. nord-ostwärts und führt dabei feuchtwarme Meeresluft mit sich. Am Rande der Kaltluft ist diese feucht-warme Luft zum aufgleiten gezwungen. Im Grenzbereich dieser beiden Luftmassen entwickeln sich lang anhaltende und ausgedehnte Starkniederschläge.

vorherrschende eine Zirkulation mit meridionaler Grundstruktur im April und insbesondere im Mai. Im März erreichen die Großwetterlagen HNA und HNFZ (beide meridionale Zirkulationen) ihre Aufttrittshäufigkeitsmaxima. Für das erste Märzdrittel sind Kaltlufteinbrüche (im Gefolge von Nordwetterlagen) bzw. Vb-Lagen charakteristisch, während im zweiten Märzdrittel häufig antizyklonale Lagen dominieren. Im Gegensatz zu winterlichen antizyklonalen Großwetterlagen, bei denen die Ausstrahlung die Einstrahlung übertrifft, ist für diese Periode ein ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperatur möglich, d.h. die Ausprägung autochthoner Klimatelemente (beispielsweise Hang- und Talwindsysteme, Stadt-Umlandwindsysteme, städtische Wärmeinseln; siehe auch KÜHNE in diesem Band). In Homburg wurden dem gemäß im Zeitraum 1954 bis 1978 für März die höchsten täglichen mittleren Temperaturamplituden (13,5 K) im Jahresverlauf gemessen (ACHILLES 1982). Gegen Ende März wird dieser Vorfrühling durch ein Witterungsgepräge abgelöst, dass lediglich vernachlässigbare statistische Häufungen aufweist (vgl. FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

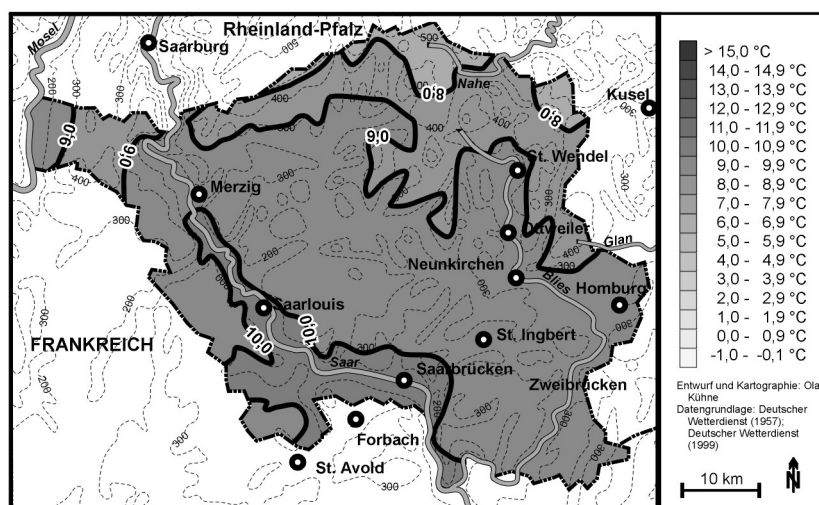


Abb. 33: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im April in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

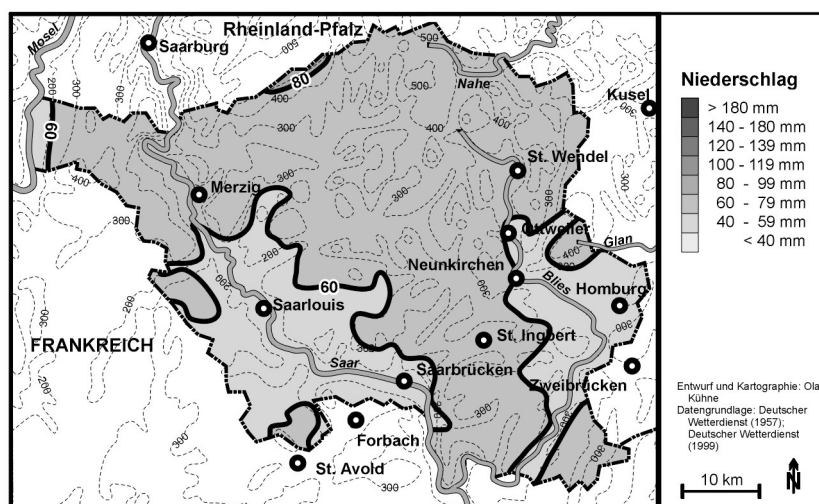
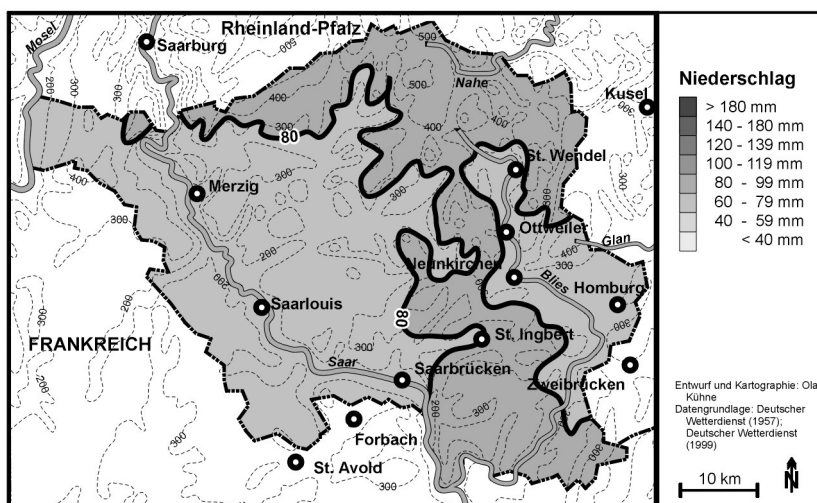
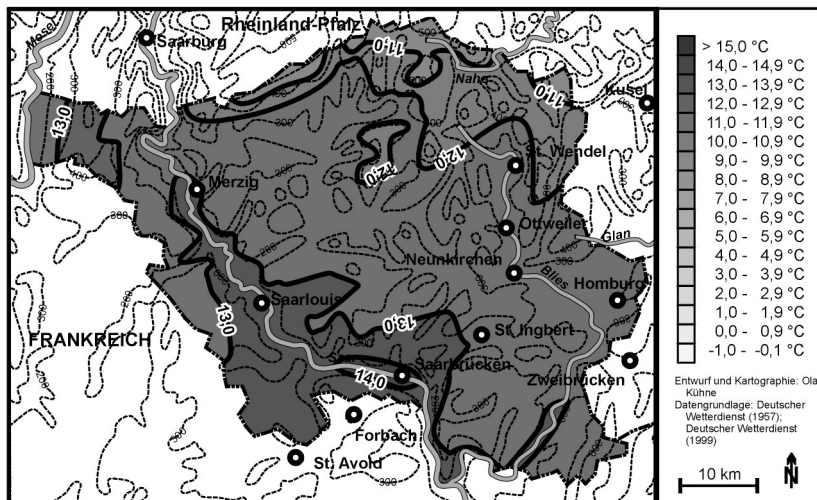


Abb. 34: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im April in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Zwischen März und April ist ein erheblicher Anstieg der Lufttemperatur im Saarland feststellbar. Im Saartal südlich von Dillingen wird bereits eine mittlere Lufttemperatur von über 10°C erreicht. Auch in den Höhenlagen des Hochwaldes liegen die mittleren Lufttemperaturen nun bei nahezu 8,0°C (Abb. 33).

Der April ist im Saarland durch (gemeinsam mit dem Februar) geringste Niederschlagssummen gekennzeichnet. Während die Niederschlagssummen im mittleren (saarländischen) Saartal mit denen des Februars vergleichbar sind (unter 60 mm), liegen die Niederschlagssummen im unteren Bliestal und dem saarländischen Teil der Homburg-Kaiserslauterer Senke sowie die des Hochwaldes deutlich darunter (Abb. 34). Zurückführen lässt sowohl die räumliche Verteilung als auch die geringe Niederschlagssumme auf das charakteristische Großwettergeschehen in diesem Monat: Die niederschlagsbringende Großwetterlage WZ erreicht im April mit einer Auftrittshäufigkeit von lediglich 11,1 % ihr Minimum. Damit geht eine Verringerung von Stauwirkungen und somit auch advektiven Niederschlägen einher. Darüber hinaus trägt die Häufung von antizyklonalen Lagen zur Niederschlagsarmut des Monats bei. Zwar ist insgesamt eine deutliche meridionale Ausrichtung der Zirkulation feststellbar (51,2 % der Zirkulationsformen des April sind meridional), doch wechseln die Großwetterlagen meridionaler Zirkulationsform derart häufig mit anderen Großwetterlagen (die Großwetterlage TM erreicht im April ihr Jahresauftrittsmaximum), dass kein einheitliches Bild der Großwetterlagenabfolge entstehen kann (HENDL 1966), die „Launenhaftigkeit des Wetters [ist] so groß, dass von Regelfällen keine Rede sein kann“ (FLOHN 1954: 100).



Im Mai vollzieht sich eine weitere Erwärmung der Atmosphäre im Saarland. Mittlerweile wird im Bereich Saarbrücken-Völklingen eine Monatsmitteltemperatur von über 14°C

erreicht. Auch die Höhenlagen des Hochwaldes, vergleichbar denen des Naheberglandes, weisen eine Lufttemperatur auf, die mit nahezu 11°C deutlich über derjenigen der Vormonate liegt (Abb. 35).

Die Verteilung des Niederschlag im Mai im langjährigen Mittel lässt eine vergleichsweise geringe Differenzierung erkennen (Abb. 36): Während die niedrigeren Lagen eine Niederschlagssumme von 60 bis 79 mm aufweisen, wurden in den höheren Lagen Summen zwischen 80 und 99 mm gemessen. Diese vergleichsweise geringe regionale Abweichung lässt sich mit dem Rückgang des Anteils der zonalen Zirkulation erklären; sie erreicht im Mai mit 17,2 % ihr Jahresminimum, wobei gegenüber dem April eine leichte Steigerung der Auftretshäufigkeit der Großwetterlage WZ festzustellen ist. Zudem liegt das Saarland bei den im Mai häufig auftretenden Nordlagen im Lee der Eifel bzw. des Hunsrücks.

Durch die kräftige solare Einstrahlung und rasche kontinentale Erwärmung bei gleichzeitig noch geringen Lufttemperaturen in Polnähe entsteht in diesem Zeitraum ein Luftdruckgefälle zwischen Europa (aber auch Asien) und dem Pol (BAUR 1948). Damit verbunden sind häufige Kaltlufteinbrüche: Die Großwetterlagen des Großwettertyps Nord erreichen im Mai und Juni ihre maximale Auftretshäufigkeit („Eisheilige“). Diese häufigen Kaltlufteinbrüche verhindern eine gleichmäßige Erwärmung des Kontinents. Insbesondere im letzten Monatsdrittel setzen sich verstärkt Hochdruckwetterlagen durch. Diese sind durch hohe Lufttemperaturen am Tage bei gleichzeitig kühlen Nächten geprägt und bilden – auch Sicht der Großwetterlagenklimatologie – eine markante Abgrenzung des Frühjahrs gegenüber dem Sommer (vgl. FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

4.6 Sommer

Während das Frühjahr durch das Vorherrschen der Meridionalzirkulation geprägt wird, findet mit Beginn des Sommers (klimatologisch: Juni, Juli und August) eine Umstellung auf eine Zonalzirkulation statt.

Die Lufttemperatur steigt im Juni im Vergleich zum Mai weiter (Abb. 37). Dabei werden im Saartal Lufttemperaturen im langjährigen Mittel von über 16°C, im Bereich Saarbrücken-Völklingen sogar von über 17°C erreicht. Aufgrund der Höhenlage überschreitet die Lufttemperatur lediglich in den niedrigeren Lagen des Hochwaldes und des Naheberglandes im langjährigen Mittel die Lufttemperatur von 14°C.

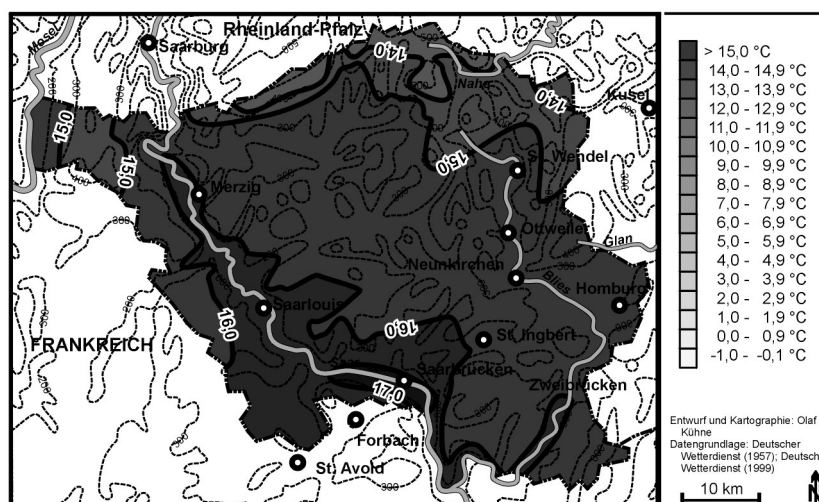


Abb. 37: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Juni in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

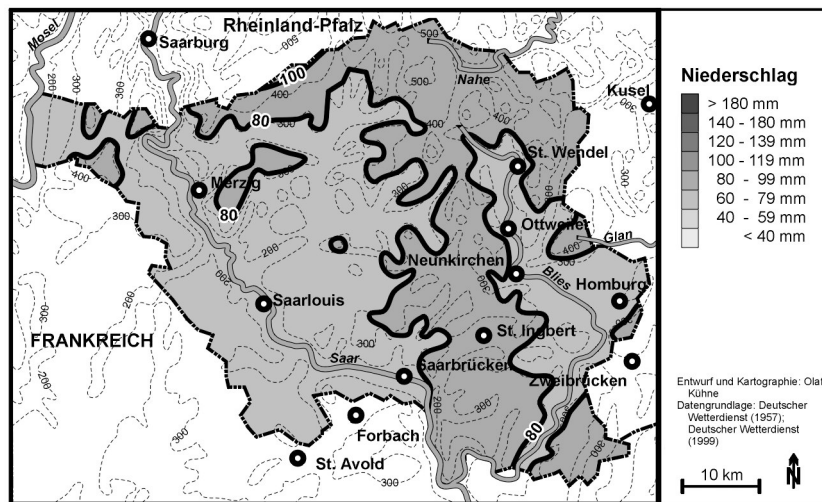


Abb. 38: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Juni in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Im Vergleich zur langjährigen Niederschlagssumme des Mai ist diejenige des Junis durch einen leichten Anstieg gekennzeichnet (Abb. 38): So wird die 80 mm-Isohyete einige Dekameter NN tiefer erreicht und im Bereich der höchsten Gipfel des Hochwaldes lassen sich Niederschlagssummen von mehr als 100 mm feststellen.

War die Zirkulation über Mitteleuropa im Frühjahr durch den meridionalen Luftdruckgegensatz zwischen hohem Luftdruck über dem Nordpolargebiet und den vergleichsweise geringen Luftdruck über dem Kontinent geprägt, so stellt sie sich – im Gefolge des Erreichens des nördlichen Solstizialstandes der Sonne und der damit verbundenen Bildung des asiatischen sommerlichen Tiefdruckgebietes und des Abbaus des meridionalen Druckgefälles – verstärkt in zonale Richtung um: Das Luftdruckgefälle verläuft nunmehr in zonaler Richtung vom Atlantischen Ozean zum Eurasischen Kontinent. Eine Folge ist die sprunghafte Zunahme des Auftretens der Großwetterlagen des Großwettertyps West. Im langjährigen Mittel findet sich Anfang Juni eine Singularität dieses Einbrechens kühler Meeresluftmassen in den überhitzten Kontinent. Dabei sind (aufgrund des großen Lufttemperaturgegensatzes) insbesondere die Kaltfronten niederschlagsaktiv, was mit einer erheblichen Schauer- und Gewittertätigkeit verbunden ist. FLOHN (1954) bezeichnet dieses Durchbrechen westlicher Lagen im europäischen Sommer – in Anlehnung an HELLMANN (1887) und ALMSTEDT (1914) – als „europäischen Sommermonsun“. Neben den Großwetterlagen des Großwettertyps West sind – in Anlehnung an FLOHN (1954) – auch alle Nord- und Nordwest- sowie Zentraltiefenlagen über Mitteleuropa zu subsumieren. Deren Häufigkeit beläuft sich im Juni auf 60,7 %. Sie bestimmen den Witterungscharakter des mitteleuropäischen Sommers: Niederschlagsperioden sind die Regel, störungsfreie Schönwetterperioden sind selten. Diese Unterbrechungen werden durch das nördliche Vordringen der sowohl des Subtropenhoch als auch des Polarhochs – mit jeweils deutlich unterschiedlich temperierten Luftmassen – verursacht. Allgemein sind „Sommermonsunlagen“ mit einem Rückgang der Lufttemperatur, Rückgang des Luftdruckes bei gleichzeitigem Anstieg der Niederschläge gekennzeichnet. Nach der ersten „Sommermonsunwelle“ Anfang Juni folgen zwei weitere Mitte („Schafskälte“) und Ende Juni, beide mit einer Dauer von im Schnitt drei bis fünf Tagen. Der Juni ist dabei der Monat, in dem sich der Witterungscharakter des Sommers einstellt: Ist die erste Junihälfte noch von trockener und heißer Witterung geprägt, wird also das Einsetzen des „europäischen Sommermonsuns“ auf die zweite Monsunwelle Mitte Juni verschoben, folgt in der Regel ein niederschlagsreicher, wenn auch nicht immer kühler Hochsommer (vgl. FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999). Neben den „monsunalen“ Niederschlägen treten

schwerpunktmäßig im Sommer (in allen Sommermonaten) lokale Niederschlagsformen auf. Diese sind durch eine labile Schichtung der Atmosphäre sowie durch konvektive Vorgänge in der Atmosphäre verursacht. Die Intensität solcher gewittrigen Schauer differiert selbst lokal sehr stark (SCHUTO 1976).

Gegenüber dem Juni ist der Juli im langjährigen Mittel durch eine weitere Zunahme der Lufttemperaturen geprägt (Abb. 39): Selbst in den Höhenlagen des Hochwaldes werden nahezu 16°C erreicht, im Saar-, Mosel- und unterem Blietal über 18°C und im Bereich Saarbrücken-Völklingen sogar über 19°C.

Die Niederschlagssummen im Juli verringern sich gegenüber denjenigen des Junis (Abb. 40): In einigen Teilen des Landes belaufen sich die Niederschlagssummen auf unter 60 mm. Mit Ausnahme des Hochwaldes liegen die Niederschlagssummen im Saarland bei 60 bis 80 mm.

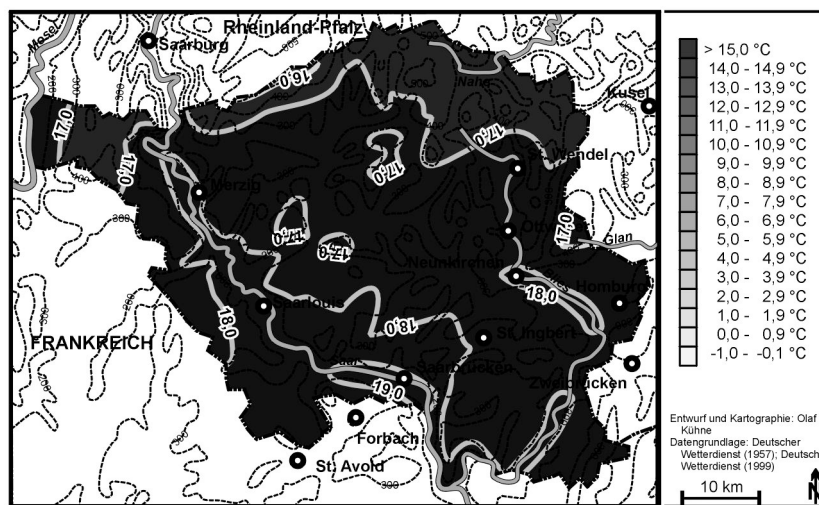


Abb. 39: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Juli in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

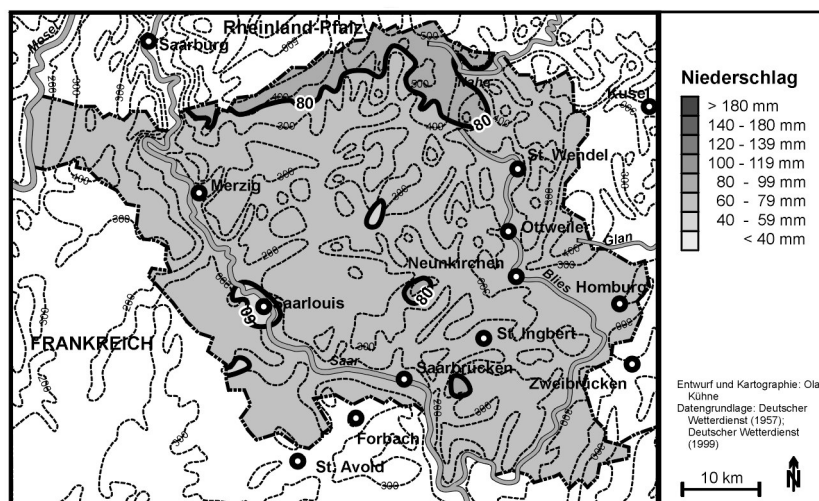


Abb. 40: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Juli in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Zwar ist die Tätigkeit des „europäischen Sommermonsuns“ im Juli noch nicht abgeschlossen, doch nimmt seine Intensität im Vergleich zum Juni – insbesondere zum Ende des Monats hin – deutlich ab: Trotz einer zunehmenden Häufigkeit von Westwetterlagen verringern sich die Niederschlagsmengen, die Frontalgewitter sind aufgrund geringerer Lufttemperaturgegensätze zwischen Meer und Land im Vergleich zum Juni deutlich weniger heftig. Unterbrochen werden die Juli-Monsunwellen – insbesondere zur Monatsmitte – durch Hochdrucklagen (vgl. FLOHN 1954, HENDL 1966).

Im Vergleich zum Juli lassen sich im August im Saarland geringere Lufttemperaturen feststellen (Abb. 41). Im Saar-, Mosel- und Blietal erreichen die Lufttemperaturen im langjährigen Mittel Werte von über 17°C, im Bereich Saarbrücken und Völklingen sogar über 18°C. Aufgrund der größeren Seehöhe belaufen sich die Lufttemperaturen in den Höhenlagen des Hochwaldes auf unter 16°C.

Der Niederschlag weist im Saarland gegenüber den Monaten Juni und Juli (in den meisten Landesteilen) verringerte Mengen auf (Abb. 42): Im Bereich des mittleren saarländischen Saartales (Völklingen bis Dillingen) werden im langjährigen Mittel Niederschlagssummen gemessen, die unter 60 mm liegen. In den höheren Lagen des Landes können die Niederschlagssummen jedoch die 80 mm-Marke übersteigen.

Sowohl die Großwetterlage WZ als auch die Großwetterlage WA erreichen im August ihre jeweiligen Häufigkeitsmaxima. Trotz dieser Häufung ist der Witterungsverlauf der damit verbundenen „Monsunwellen“ von geringer Intensität geprägt: Der weitgehende Lufttemperaturausgleich zwischen Ozean und Kontinent bewirkt, dass sich „diese hochsommerlichen Störungen in meist nur milder Form, mit einigen Regengüssen und wechselnden Wolkenfeldern abspielen“ (FLOHN 1954: 103). Das monsunale Geschehen wird im August durch einen weiteren Faktor ergänzt: das häufige nördliche Ausgreifen des Azorenhochs. In Abhängigkeit von der Weite des nordwärtigen Ausgreifens dieses Druckgebildes, werden in Mitteleuropa entweder Hochdruckwetterlagen oder Westwetterlagen verursacht (vgl. FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

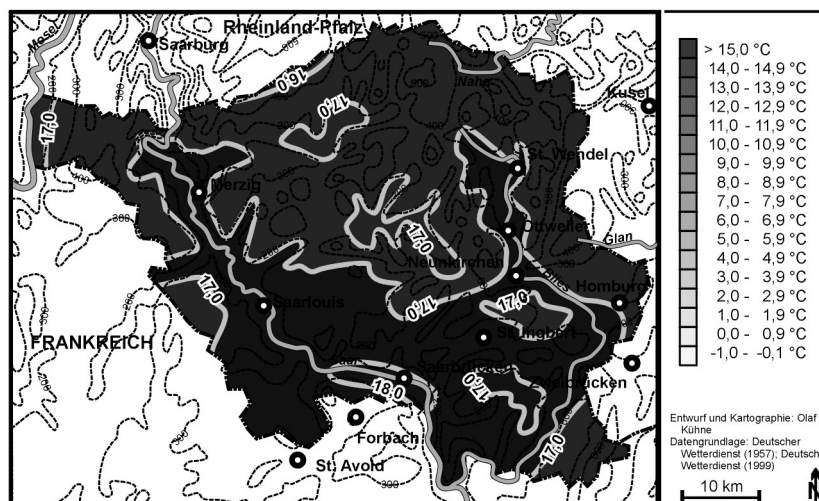


Abb. 41: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im August in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

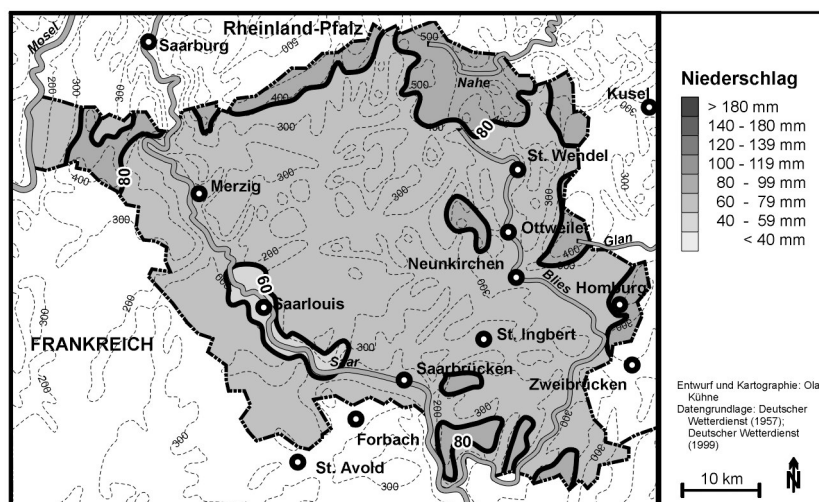


Abb. 42: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im August in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

4.7 Herbst

Mit Beginn des klimatologischen Herbstes (September, Oktober und November) findet eine erneute Umstellung der Zirkulationsform statt: Waren die Sommermonate noch durch eine Häufung von zonalen Großwetterlagen geprägt, stellt sich die Zirkulation im Herbst verstärkt auf meridionale Zirkulationsmuster um, ohne jedoch dabei ähnlich hohe Eintrittshäufigkeiten zu erreichen wie im Frühjahr.

Die Verteilung der Lufttemperatur im Saarland im September weist im langjährigen Mittel eine Differenzierung auf, die in Ihrer räumlichen Verteilung der Struktur der übrigen Monate vergleichbar ist (Abb. 43): Im Saartal (genauer im Raum Saarbrücken-Völklingen) werden die höchsten Lufttemperaturen gemessen (im September über 15°C), während im Hochwald bisweilen im langjährigen Mittel die Lufttemperatur 12°C unterschreitet.

Der September gehört im Saarland zu den niederschlagsärmeren Monaten (Abb. 44): Im mittleren (saarländischen) Saartal sind im langjährigen Mittel monatliche Niederschlagssummen von unter 60 mm feststellbar, während im Hochwald, Teilen des Bliesgaus, dem Hoyerberg u.a. Niederschläge von über 80 mm gemessen werden.

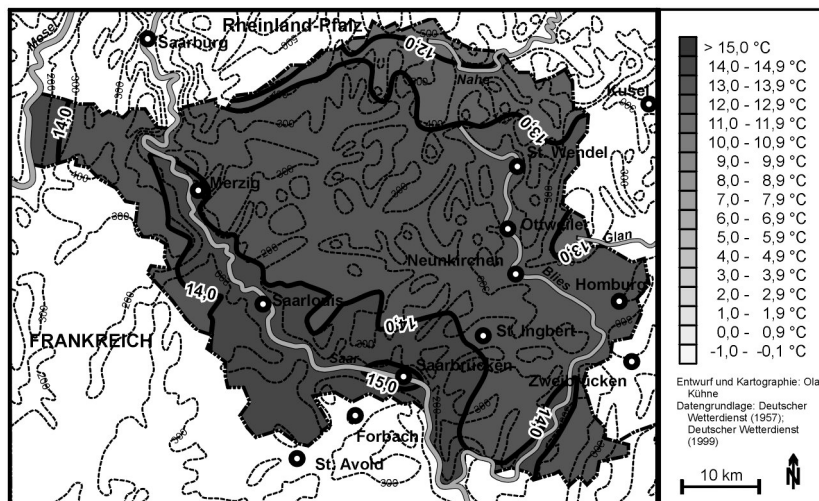


Abb. 43: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im September in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

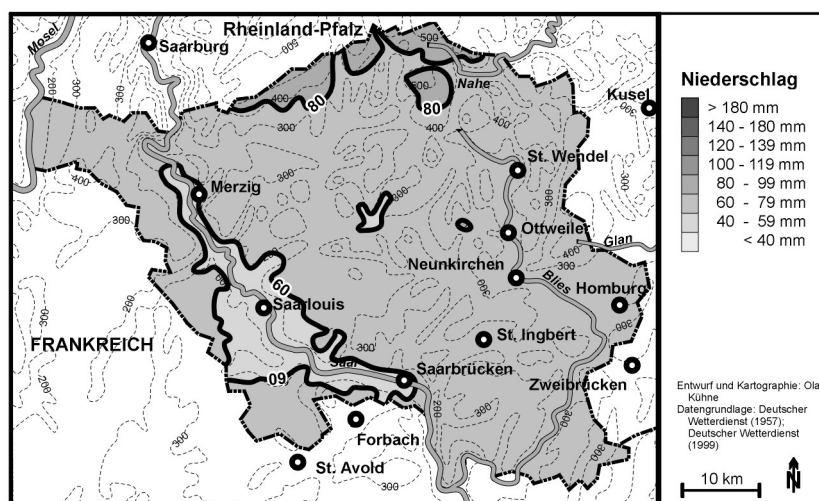


Abb. 44: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im September in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Die Niederschlagsarmut des Septembers ist auf die starke Ausprägung von Hochdruckwetterlagen zurückzuführen: Die Großwetterlage HM weist im September ein Häufigkeitsmaximum auf. Zu Beginn des Septembers (beginnend Ende August) lässt sich ein

ausgeprägter Hochdruckwetterregelfall nachweisen: der Spätsommer, der bisweilen die Witterungseigenschaften des Altweibersommers (Ende September bis Anfang Oktober) aufweist, bisweilen aber – aufgrund der Zufuhr tropischer Luftmassen – noch durch hochsommerartige Hitzewellen geprägt sein kann. Dieser Wetterregelfall mit antizyklonalem Charakter zu Beginn des Septembers wird durch einen zyklonalen Mitte des Monats abgelöst. Mit dieser mittseptemberlichen Witterungssingularität beginnt sich die Atmosphäre hinsichtlich der Polarität Ozean – Kontinent auf winterliche Luftdruck- und Lufttemperaturverhältnisse umzustellen. Diese Umstellung ist in der Regel im November abgeschlossen. Dabei erfolgt der Rückgang der Lufttemperatur im Herbst rascher als der Anstieg im Frühjahr. Aber entgegen der unsteten, durch häufige Kaltluftereinbrüche und rasche Witterungsumschwünge charakterisierten Jahreszeit des Frühjahrs, vollzieht sich die herbstliche Entwicklung ruhiger, von deutlich geringeren Witterungsgegensätzen geprägt. Typisch für diesen „evolutionären“ (FLOHN 1954: 104) Übergang von sommerlichen Witterungsverhältnissen zu winterlichen Witterungsverhältnissen ist der Altweibersommer. Diese Ende September bis Anfang Oktober auftretende Singularität (im großwetterklimatologischen Sprachgebrauch Frühherbst bezeichnet) ist von antizyklonalen Lagen geprägt und bedingt – aufgrund der absinkenden Luftmasse in der Antizyklone – Wolken- und Niederschlagsarmut (vgl. FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

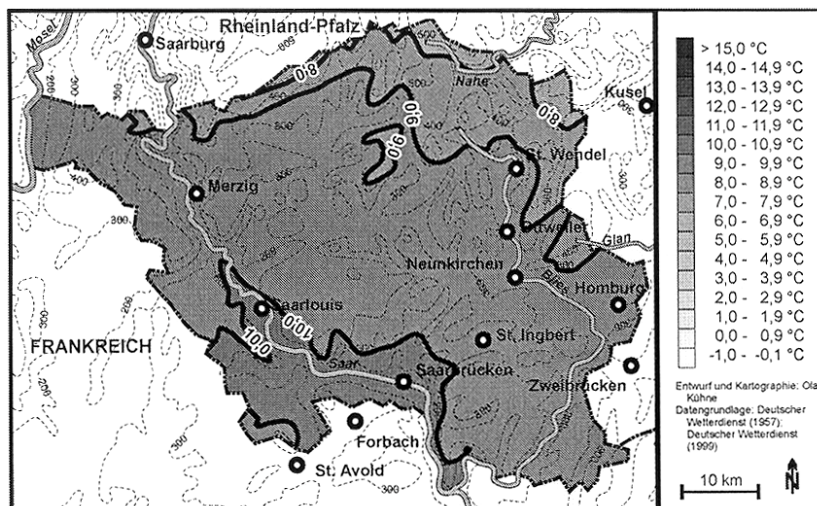


Abb. 45: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im Oktober in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

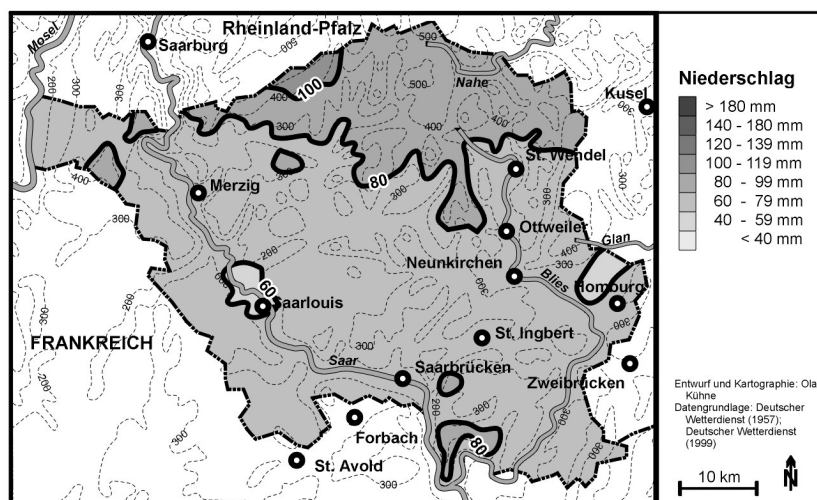


Abb. 46: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im Oktober in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Der rasche herbstliche Lufttemperaturrückgang zeigt sich auch in der Lufttemperaturverteilung des Oktobers (Abb. 45) im Vergleich zu denen des Septembers (Abb. 43): Werden im Saartal südwärts von Dillingen noch im langjährigen Mittel über 10°C gemessen, sind die Temperaturen in den Höhenlagen des Hochwaldes und des Naheberglandes bereits auf unter 8°C zurückgegangen.

Im Vergleich zum September (Abb. 44) lassen sich im Oktober (Abb. 46) hinsichtlich der Monatsniederschlagssummen in der Regel höhere Werte feststellen. Dabei werden im Hochwald partiell über 100 mm erreicht.

Der Oktober ist durch einen sukzessiven Druckanstieg über dem eurasischen Kontinent geprägt: Im Saarland wird in diesem Monat das Luftdruckmaximum im Jahreslauf gemessen (SORG 1963). Dabei wird insbesondere die erste Hälfte des Monats durch intensives Strahlungswetter beherrscht, verbunden mit großen Lufttemperaturamplituden im Tagesgang. Aufgrund der geringen Nachttemperaturen kommt es zu einer verstärkten Bildung von Ausstrahlungsnebeln. Zu Beginn der zweiten Monatshälfte setzen sich in der Regel zyklonale Großwetterlagen (häufig Westlagen), verbunden mit Niederschlägen, durch. Wobei diese Zyklonalität gegen Mitte des letzten Oktoberdrittels erneut durch eine Schönwetterperiode abgelöst wird, die sich bis in den November erstreckt und als Mitterherbst bezeichnet wird (vgl. FLOHN 1954, HENDL 1966, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

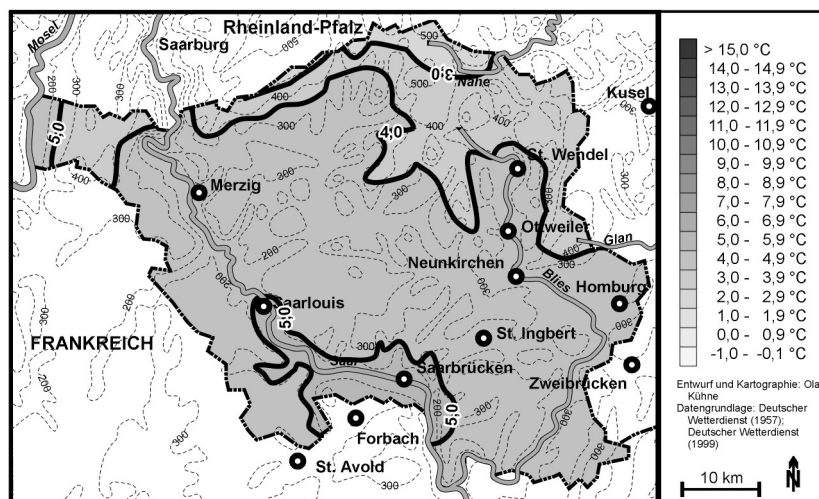


Abb. 47: Die räumliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur im November in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

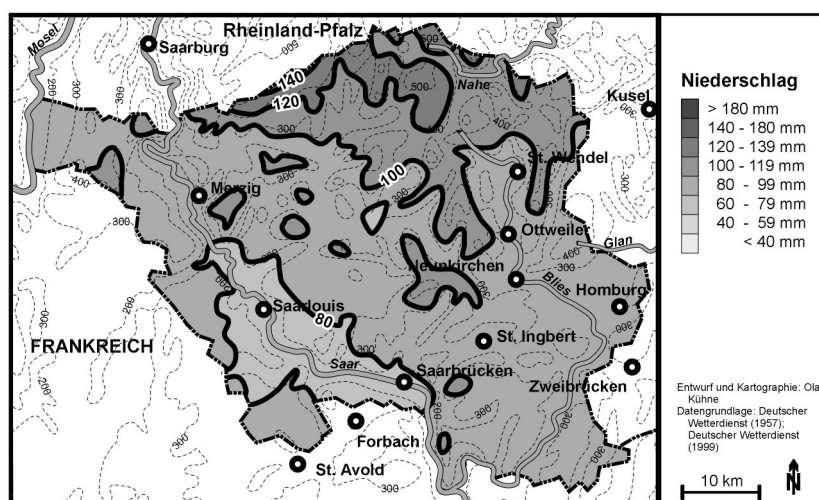


Abb. 48: Die räumliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen im November in der Messperiode 1961-1990 (Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST)

Der rasche herbstliche Lufttemperaturrückgang setzt sich auch im November fort. Dabei fallen die Lufttemperaturen des novemberlichen Monatsmittels auf etwas über 5°C im Saartal südlich von Saarlouis und erreichen in Teilen des Hochwaldes nicht den Wert von 3°C (Abb. 47).

Die mittleren Niederschlagssummen des Novembers (Abb. 48) steigen gegenüber denen des Oktobers (Abb. 46) im gesamten Saarland deutlich an. Selbst im Saartal im Bereich Dillingen bis Saarbrücken liegen sie nur wenig unter 80 mm, in den höchsten Lagen des Schwarzwälder Hochwaldes sowie des Naheberglandes erreichen sie sogar über 140 mm.

Im November lässt sich ein erneuter Anstieg der Großwetterlagen des Großwettertyps West feststellen, ehe sie im Dezember ihr Häufigkeitsmaximum erreichen. Diese Westlagen, die in der Regel kurz vor bzw. mit dem Beginn des zweiten Novemberdrittels einsetzen, bringen – im Gegensatz zur vorwiegend ausstrahlungsgenetischen Abkühlung des Oktobers – aufgrund advektiver Vorgänge eine erhebliche Abkühlung mit sich. Dieser Witterungsregelfall wird Mitte November wiederum durch eine Hochdrucklage abgelöst, die – mit starken Absinkvorgängen in der Höhe verknüpft – häufig durch niedrige Hochnebeldecken an der Sperrschicht verbunden ist, „die bisher mehr dem kontinentalen Typus angeglichenen Form nähert sich dem maritimen“ (FLOHN 1954: 105). Gegen Ende November setzen sich in der Regel erneut zyklonale Großwetterlagen durch, induziert durch eine verstärkte zyklonale Tätigkeit über dem Nordatlantik (vgl. BAUR 1948, FLOHN 1954, GERSTENGARBE & WERNER 1999).

4.8 Die zeitliche Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von Großwetterlagen seit 1881

Die lange Klassifizierungsperiode von Großwetterlagen seit mehr als 120 Jahren erlaubt es, Rückschlüsse auf die Veränderungen von Zirkulationsformen in der Atmosphäre über Mitteleuropa zu ziehen. Grundlage für die in diesem Abschnitt getroffenen Aussagen ist die Zusammenfassung der Großwetterlagen nach BAUR & HESS & NAGEL (1944; siehe Tabelle 3), die als 10-jährige Mittel der relativen Häufigkeit der Zirkulationsformen berechnet wurden. Die in diesem Abschnitt getroffenen Aussagen beziehen sich auf GERSTENGARBE & WERNER (1999).

Tab. 3: Zusammenfassung der Großwetterlagen nach BAUR/HESS/NAGEL (1944)

Gruppe	Bezeichnung	Abkürzung	Großwetterlagen
1	Mitteleuropäische Hochdrucklage	H	HM, BM, NEA, SA, SWA, SEA, HFA, HNFA
2	Allg. antizyklonale Lage	A	H + NA, NWA, HNA, HB, WA
3	Mitteleuropäische Tiefdrucklage	Z	TM, TRM, HNZ, HNFZ, HFZ, NEZ, SEZ
4	Allg. zyklonale Lage	T	T + WZ, WS, WW, SWZ, NWZ, SZ, NZ, TRW, TB

Im Untersuchungszeitraum 1881 bis April 2003 (Grundlage für die Angaben von 1999 bis 2003 ist dabei die Zuordnung von GWL, die dem Autor von GERSTENGARBE per e-mail übermittelt wurde) lässt sich hinsichtlich des gesamtjährlichen Trends zum Ende des Untersuchungszeitraumes ein deutlicher Rückgang der Häufigkeit der meridionalen Zirkulationsform erkennen. Zugleich ist eine Zunahme der gemischten Zirkulationsform feststellbar.

Im Vergleich des Jahresganges ist im Frühjahr für alle Zirkulationsformen seit den 1940er Jahren eine Zunahme der Schwankungsbreite festzustellen, dabei haben gemischte und meridionale Zirkulationsformen (wie in den übrigen Jahreszeiten auch) einen inversen Verlauf. Mit Beginn der 1960er Jahre nahmen die antizyklonalen Lagen stark ab, während die zyklonalen Lagen in gleicher Weise zunahmen, um sich ab Mitte der 1960er Jahre auf einem neuen Niveau einzupendeln. Die Änderungen betragen jeweils mehr als 10%-Punkte, wobei sich gegen Ende des Beobachtungszeitraumes der Zustand vor Beginn der 1960er Jahre wieder einstellt.

Im Sommer lassen sich zwischen 1895 und 1915 sowie in den 1960er und 1970er Jahren deutliche Häufigkeitszunahmen der meridionalen Zirkulationsform – invers zur gemischten Zirkulationsform – nachweisen. Der allgemein negative Trend der zonalen Zirkulationsform wird dabei seit den 1940er Jahren deutlich verstärkt. Diese Schwankungen sind nicht bei den übergeordneten Gruppen (A u. Z; Tabelle 3) festzustellen, hier sind lediglich unterschiedlich große Schwankungen auf gleichbleibendem Niveau zu beobachten. Dagegen weisen die Hochdrucklagen über Mitteleuropa H einen deutlich positiven Trend auf. Als Folge dieser Entwicklung lässt sich eine stärkere Variabilität der sommerlichen Niederschläge im Saarland feststellen.

Im Herbst weisen die Hochdrucklagen (H) und die antizyklonalen Lagen (A) im ersten Drittel des Beobachtungszeitraumes einen positiven, danach einen negativen Trend auf, jeweils in einer Größenordnung von mehr als 10%-Punkte, der sich bei den antizyklonalen Lagen gegen Ende des Beobachtungszeitraumes wiederum umkehrt: Im Zeitraum zwischen den Mitt-1950er und den Mitt-1960er Jahren und den 1980er Jahren verringert sich die Häufigkeit von A-Lagen um 20%-Punkte. Für die zyklonalen Lagen ist ein inverser Verlauf zu beobachten. Im Gegensatz dazu ist für die Tiefdrucklagen kein sichtbarer Trend festzustellen.

Im Winter nehmen ab Anfang der 60er Jahre bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes die zonale und gemischte Zirkulationsform hinsichtlich ihrer Auftrittshäufigkeit stark zu – bei gleichzeitig noch stärkerer Abnahme der meridionalen Zirkulationsform. Für den Winter ist hinsichtlich der Häufigkeitsentwicklung der zyklonalen und antizyklonalen Lagen ein dem Frühjahr ähnlicher Verlauf festzustellen, nur dass der Beginn der Ab- bzw. Zunahme auf den Zeitraum um 1940 verschoben ist. Die Hochdrucklagen nehmen bis Mitte der 80er Jahre kontinuierlich ab, danach ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen.

Insgesamt sind hinsichtlich der Großwetterlagen, der Großwettertypen und der Zirkulationsformen sowohl bezüglich der Jahreszeiten als auch des Jahres innerhalb des Beobachtungszeitraumes starken Änderungen hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens unterworfen. Damit muss, so GERSTENGARBE & WERNER (1999: 22) die Schlussfolgerung gezogen werden, „dass für die Untersuchungen unter Verwendung von Angaben zur Zirkulation der gewählte Zeitraum sowie der gewählte Zirkulationsparameter eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen“.

5. Die räumliche Gliederung des Klimas im Saarland

Wird die Verteilung der Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag – unter Einbeziehung gelände- und stadtklimatischer Effekte (siehe KÜHNE in diesem Band) – typisiert, so lässt sich eine Verteilung vier unterschiedlicher Klimatypen eruieren, wie sie in Abbildung 49 dargestellt sind.

Tallagenklimate weisen geringe hohe Lufttemperaturen (im jährlichen Mittel zumeist über 9,5°C, örtlich darunter) und vergleichsweise geringe Niederschläge (zumeist deutlich unter 900 mm) auf. Hierbei handelt es sich um Lagen, die häufig ein autochthones Klima ausprägen

(an 180 bis 220 Tagen im Jahr). Aufgrund der in der Regel engen Täler ist der allochthone Wind deutlich schwächer lokalklimabestimmend, als dies in den mittleren und höheren (windexponierten) Höhenlagen der Fall ist. Das Klima der Tallagen mit hoher Siedlungsdichte ist darüber hinaus in erheblichen Maße siedlungsklimatisch modifiziert: Die ohnehin aufgrund der orographischen Situation geringen Windgeschwindigkeiten werden weiter verringert: Der Luft- und somit auch Wärmeaustausch mit höheren Luftschichten bzw. umliegenden Flächen weiter abgeschwächt (vgl. LANDSBERG 1981, OKE 1987). Neben die siedlungs-, verkehrs- und gewerbebedingten Belastung der lufthygienischen Belastung (durch die Emission von Schadgasen und Partikeln) tritt eine erhebliche thermische, die neben dem verringerten Luftaustausch auf autochthone Wärmeemissionen (erhöhter Strahlungsumsatz, Heizungen, Verkehr etc.) bei gleichzeitig geringerer Evapotranspiration zurückzuführen ist. Da die Tallagen mit geringer Siedlungsdichte in der Regel als Ventilationsbahnen der Tallagen mit hoher Besiedlungsdichte dienen, ist hier ein besonders behutsames Flächenmanagement notwendig, um die thermische und lufthygienische Belastung in den dicht besiedelten Tallagen nicht weiter zu verstärken. Verkehrsflächen- und Siedlungserweiterungen sollten hier nur nach eingehender lokalklimatologischer Begutachtung erfolgen, um die Kalt- und Frischluftzufuhr zu den belasteten Räumen nicht weiter einzuschränken.

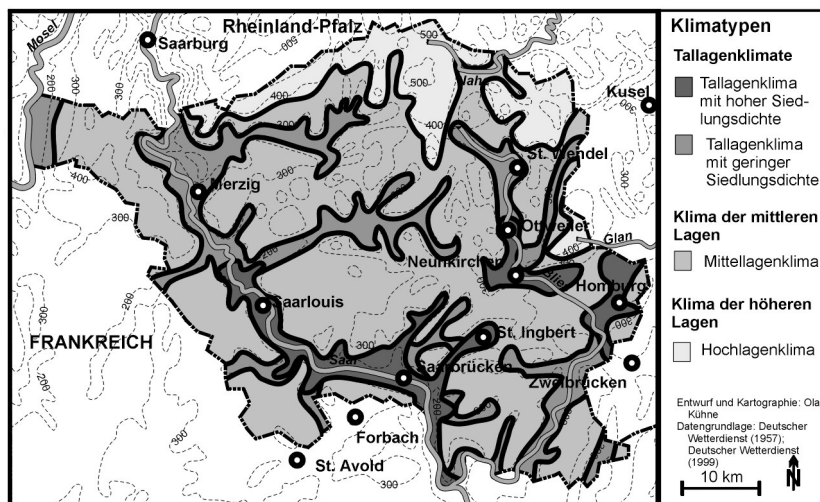


Abb. 49: Verteilung von Klimatypen im Saarland

Die mittleren saarländischen Höhenlagen sind – im saarländischen Vergleich – durch Lufttemperaturen von rund 7,5°C bis 9,5°C im langjährigen Jahresmittel sowie Niederschlagssummen von etwa 900 mm bis 1050 mm im langjährigen Mittel gekennzeichnet. Diese Zone ist gegenüber den Tallagen erheblich besser durchlüftet, der allochthone Wind kann auch bei geringeren Geschwindigkeiten durchgreifen, autochthone Klimaelemente sind deutlich seltener zu finden, die thermischen und lufthygienischen Belastungen sind in dieser Zone – auch aufgrund der geringeren Siedlungsdichte – geringer als in den dichtbesiedelten Tallagen. Da es sich aber hier um die Zone handelt, in der zwar erhebliche Mengen kalter Frischluft insbesondere für die Tallagen mit hoher Siedlungsdichte produziert werden, die aber dennoch nicht für deren Luftqualität derart entscheidend sind, wie die Ventilationsbahnen in den weniger dicht besiedelten Tallagen, sollten – aus klimatologischer Sicht – diese Zonen für Verkehrsflächen- und Siedlungserweiterungen gegenüber einer intensivierten Bebauung der Tallagen bevorzugt werden.

Die Höhenlagen des Saarlandes weisen Lufttemperaturen im langjährigen Jahresmittel von etwa 6,0 bis 7,5°C und Niederschlagssummen von rund 1050 bis 1250 mm auf. Sie sind damit die kühlsche und niederschlagsreichste Region im Saarland. Niederschläge sind insbesondere

bei Großwetterlagen mit nach Norden gerichteter Höhenströmung (TRM, TW und SWZ) intensiv. Die Dauer einer Großwetterlage mit südlicher Komponente wird dann verlängert, wenn das Saarland auf der Westseite einer über Mitteleuropa lokalisierten Antizyklone liegt. In diesem Falle liegt in der Regel eine WW-Großwetterlage vor (SCHUTO 1976). Eine solche Großwetterlage impliziert stets ein latentes Hochwasserrisiko. Wie auch bei den mittleren Höhenlagen lassen sich bei den Hochlagen erhebliche expositionsabhängige Niederschlagsdifferenzen erkennen: Hänge mit Expositionen hinsichtlich der niederschlagsreichen Zyklonalwetterlagen mit westlicher bzw. südwestlicher Grundströmung weisen im langjährigen Mittel höhere Niederschlagssummen als diejenigen gleicher Seehöhenlage, aber mit Leeexposition auf.

Aufgrund der Höhenlagen ist diese Zone am besten durchlüftet, thermische und lufthygienische Belastungen finden nur in Ausnahmen statt (z.B. in Form von Ozon als sekundärem Schadstoff mit spezifischen Entstehungsbedingungen; vgl. z.B. WELLBURN 1997). Zwar werden in dieser Zone erhebliche Kaltluftmengen produziert, wobei diese aufgrund der Ferne zu den Tallagen mit hoher Siedlungsdichte in diesen nicht wirksam werden.

6. Fazit

Kann das Saarland aufgrund seiner politischen Eigenständigkeit als Bundesland, seiner – im Vergleich zu externen – stärkeren internen ökonomischen Verflechtungen, seiner (zum Teil bewusst oder unbewusst konstruierten) sozialen und kulturellen Charakteristika als räumlich fixiertes gesellschaftliches System beschreiben werden, ist dies hinsichtlich des klimatischen Systems nicht möglich: Das Klima des Saarlandes lässt sich nicht aus seinen klimatischen Charakteristika abgrenzen, sondern ist – aus klimatologischer Sicht – durch einen systemfremden Code, weil gesellschaftssystemisch, abgegrenzt. Ein spezifisch saarländisches Klima lässt sich nicht feststellen, dazu ist es in sich zu heterogen, wobei die einzelnen klimatischen Teilräume wiederum Bestandteil größerer, über das Saarland hinausreichender, Klimaräume sind: So setzt sich das Klima des Schwarzwälder Hochwaldes im rheinland-pfälzischen Teil des Hunsrücks fort, dasjenige der Gaulandschaften von Saar und Blies im französischen Lothringen.

Das Klima im Saarland weist sowohl in statischer (mittelwertsklimatologischer) als auch dynamischer (großwetterklimatologischer) Elemente die Charakteristika eines Übergangsklimas auf. Dies gilt sowohl für die meridionale als auch für die zonale Verteilung von Klimaelementen. Dennoch lässt sich ein charakteristischer Ablauf von Zirkulationsformen, Großwettertypen und Großwetterlagen feststellen. Mehr noch als der Jahresgang des Klimaelementes Lufttemperatur wird derjenige des Niederschlages durch die Einflüsse der Großwetterlagen – im Zusammenspiel mit denjenigen der Topographie – beeinflusst. Der Jahresgang der Großwetterlagen ist dabei in vier deutlich voneinander zu trennende Abschnitte zu gliedern: Während Sommer und Winter durch zonale Zirkulationsformen dominiert werden, weisen die Übergangsjahreszeiten Häufungen hinsichtlich meridionaler Zirkulationsmuster auf. Dementsprechend lassen sich im Sommer und Winter die Niederschlagsmaxima feststellen. Durch die deutlichere Dominanz der Warmfront im zyklonalen Geschehen im Winter gegenüber dem stärker kaltfrontal geprägten Charakter der Zyklonalität im Sommer ändert sich der typische Charakter der Niederschläge: Die Niederschläge des Winters fallen in der Regel als Landregen, während im Sommer Schauer und Gewitter dominieren, was eine deutlich höhere Variabilität der Sommer- gegenüber der Winterniederschläge zur Folge hat. Dies macht den Übergangscharakter des Klimas im

Saarland deutlich: Sowohl maritime als auch kontinentale Einflüsse lassen sich hinsichtlich der Niederschlagsverteilung (aber auch der Jahrestemperaturamplitude) nachweisen.

Während die frühjährliche und fröhsommerliche Erwärmung der Atmosphäre in Mitteleuropa mit raschen und vehementen Witterungswechseln verbunden ist, ist die herbstliche Entwicklung tendenziell stärker evolutionär geprägt: Der Ausgleich der Lufttemperaturdifferenz zwischen Kontinent und Ozean insbesondere im September und Oktober verursacht in der Regel allmähliche Witterungswechsel bei einem gleichzeitig witterungsprägenden Einfluss antizyklonaler Lagen.

Der kontinentale Einfluss wie auch das bewegte Relief im Saarland bewirken (insbesondere in Tallagen) ein – im Vergleich zu maritim geprägten Flachlandklimaten – schwaches Durchgreifen des allochthonen Windes. Damit verbunden ist eine schwache Durchlüftung der Siedlungen in Tallagen – in Verbindung mit Lokalklimaeffekten (siehe KÜHNE in diesem Band) – ist also bei der Landes- und Flächennutzungsplanung auf einen besonderen Schutz von Frischluftleitbahnen zu achten, um lufthygienische und thermische Belastungen der Bevölkerung zu minimieren.

7. Literatur

- ACHILLES, A. (1982): Das Klima der Kreisstadt Homburg-Saar. 25 Jahre Wetter: 1954-1978. — Städtisches Kulturamt Homburg/Saar, Homburg/Saar.
- ALMSTEDT, E. (1914): Die Kälterückfälle in Mai und Juni. — *Meteorologische Zeitschrift* **28**: 426-433.
- BAUR, F., P. HESS & H. NAGEL (1944): Kalender der Großwetterlagen Europas 1881-1939. — Forschungsstelle für langfristige Witterungsvorhersage, Bad Homburg.
- BAUR, F. (1947): Musterbeispiele Europäischer Großwetterlagen. — Dieterich, Wiesbaden.
- BAUR, F. (1948): Einführung in die Großwetterkunde. — Dieterich, Wiesbaden.
- BAUR, F. (1963): Großwetterkunde und langfristige Witterungsvorhersage. — Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt.
- BEBBER, J. van (1882): Typische Witterungserscheinungen. — Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte **5**(3).
- BEBBER, J. van & V. KÖPPEN, W. (1895): Die Isobarentypen des Nordatlantischen Ozeans, ihre Beziehungen zur Lage und Bewegung der barometrischen Maxima und Minima. — Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte **18**(4).
- BLÜTHGEN, J. & W. WEISCHET (1980): Allgemeine Klimageographie. — De Gruyter, Berlin, New York.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1957): Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz. — Deutscher Wetterdienst, Bad Kissingen.
- DÖRRENBÄCHER, W. (1978): Das witterungsbezogene Immissionsverhalten der Stadt Saarbrücken und eines stadtnahen Waldgebietes. Dargestellt an der Schwefeldioxidbelastung. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- DÖRRENBÄCHER, W. (1981): Ökologische Kriterien für Flächennutzungen in einem urbanen System. Dargestellt am Beispiel der Stadt Neunkirchen. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.

- FLOHN, H. (1950): Jahresablauf und Witterung in Mitteleuropa. — Geographischer Kalender 1950, 161-167.
- FLOHN, H. (1954): Witterung und Klima in Mitteleuropa. — Hirzel, Zürich.
- GERSTENGARBE, F.-W. & P.C. WERNER (1999): Katalog der Großwetterlagen Europas (1881 - 1998). Nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky. — Deutscher Wetterdienst, Potsdam, Offenbach a. M.
- HÄCKEL, H. (1993): Meteorologie. — Ulmer, Stuttgart.
- HAVLIK, D. (1969): Die Höhenstufen maximaler Niederschlagssummen in den Westalpen. — Freiburger Geographische Hefte, Nr. 7, Freiburg.
- HELLMANN, G. (1887): Über die Sommerregenzeit Deutschlands. — Meteorologische Zeitschrift **2**, 1-9.
- HENDL, M. (1966): Grundriß einer Klimakunde der deutschen Landschaften. — Teubner, Leipzig.
- HENDL, M. (1995): Klima. — In: LIEDKE, H. & J. MARCINEK (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands. Perthes, Gotha.
- HESS, P. & H. BREZOWSKY (1969): Katalog der Großwetterlagen Europas. — Berichte des deutschen Wetterdienstes. Nr. 113, Bd. 15. Offenbach a. M.
- HESS, P. & H. BREZOWSKY (1977): Katalog der Großwetterlagen Europas. — Berichte des deutschen Wetterdienstes. Offenbach a. M.
- KÜHNE, O. (1997): Die Lokalklimate der Orte Blieskastel-Aßweiler, Homburg-Schwarzenbach, Homburg-Erbach, Blieskastel-Niederwürzbach und Kirkel-Neuhäusel in ihrer Abhängigkeit von Wetterlagen an Tagen mit weitgehend ungestörter Ein- und Ausstrahlung. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- KÜHNE, O. (1999): Die Wetterlagen-, Tages- und Jahreszeitabhängigkeit der Verteilung von Lufttemperatur, spezifischer Luftfeuchte, Windfeld, Äquivalenttemperatur und anderer bioklimatisch wirksamer Größen im Lokalklima der Stadt Homburg/Saar. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- LANDSBERG, H. (1981): The urban climate. — Academic Press, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco.
- LAUER, W. (1993): Klimatologie. — Westermann, Braunschweig.
- MEYERS LEXIKONREDAKTION (1988): Meyers kleines Lexikon - Meteorologie. — Meyr, Mannheim, Wien, Zürich.
- MÜLLER, M. (1980): Handbuch ausgewählter Klimastationen der Erde. — Forschungsstelle Bodenerosion der Universität Trier Mertesdorf (Ruwertal). Trier.
- OKE, T. (1987): Boundary layer climates. — Methuen, London, New York.
- SCHMAUSS, A. (1928): Singularitäten im jährlichen Witterungsablauf von München. — Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Bayern. München.
- SCHUTO, M. (1976): Starke Niederschläge und ihre Wetterlagen im Saarland. Nach Auswertung der Periode 1960-1972). — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- SORG, W. (1963): Grundlagen einer Klimakunde des Saarlandes nach den Messungen von 1949-1960. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- WEISCHET, W. (1965): Der tropisch-konvektive und der außertropisch-advektive Typ der vertikalen Niederschlagsverteilung. — Erdkunde **19**(1): 6-14.
- WEISCHET, W. (1991): Einführung in die Allgemeine Klimatologie. — Teubner, Stuttgart.
- WELLBURN, A. (1997). Luftverschmutzung und Klimaänderung. Auswirkungen auf Flora, Fauna und Mensch. — Springer, Heidelberg.

Anschrift des Autors:

Priv.-Doz. Dr. Olaf Kühne
Zum Tauhügel 13
D-66459 Kirkel
e-mail: o.kuehne@umwelt.saarland.de

