

**„In Münster regnet's...“**

—

**Häufigkeitsverteilung des Niederschlags in Münster  
im bundesweiten Vergleich**

Examensarbeit  
für das Lehramt der Sekundarstufe II

2007

Themensteller  
& Betreuer: PROF. DR. OTTO KLEMM

Vorgelegt von: FRANK WERITZ

„Heimat des Regens! So möchte ich Dich, Mimigarda, benennen!  
Dich, die Krone westfälischen Landes, ich bitte, verzeih mir;  
Denn ich will Dich nicht schmähen. Sechs Jahre sinds nun, daß ich hier bin,  
aber ich sah Dich nicht anders als triefend vor ständigem Regen.“

*Fabio Chigi – 1649*

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
1 Einleitung .....	1
1.1 Motivation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	1
1.3 Struktur dieser Arbeit .....	2
2 Grundlagen der Klimatologie .....	3
2.1 Klimabegriff .....	3
2.2 Klimascales .....	4
2.3 Klimafaktoren.....	5
2.4 Klimaelemente .....	5
2.4.1 Lufttemperatur .....	6
2.4.2 Luftdruck .....	7
2.4.3 Luftfeuchte .....	7
2.4.4 Wind.....	9
2.4.5 Strahlung.....	11
2.4.6 Niederschlag .....	12
3 Niederschlag .....	13
3.1 Physikalische Voraussetzungen .....	13
3.1.1 Kondensation .....	13
3.1.2 Ausscheidung.....	14
3.2 Entstehung der Wolken – massendynamische Voraussetzungen .....	15
3.2.1 Ungeordnete Hebungsprozesse.....	16
3.2.2 Aufgleiten .....	18
3.3 Niederschlagsarten .....	21
3.3.1 Feste Niederschläge .....	22
3.3.2 Flüssige Niederschläge .....	23
3.3.3 Beschläge .....	24
3.4 Niederschlagsmessung .....	24
3.4.1 Messgeräte und Messeinheiten .....	25
3.4.2 Messfehler und Qualitätsbewertung .....	26
4 Forschungsmethodik .....	27
4.1 Zusammenstellung der Datenkollektive.....	27
4.1.1 Vergleichbarkeit der Messdaten – Station Münster.....	27
4.1.2 Datenkollektiv Niederschlagsmenge .....	27
4.1.3 Datenkollektiv Niederschlagshäufigkeit.....	28
4.2 Vergleichsuntersuchung – Methodik .....	29

5 Ergebnisse .....	32
5.1 Niederschlagsmenge Münsters im Vergleich.....	32
5.2 Häufigkeitsverteilung des Niederschlags .....	34
5.3 Untersuchung der jahreszeitlichen Niederschlagsintensität.....	37
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	39
6 Interpretation .....	40
7 Mensch und Klima .....	43
7.1 Einfluss des Menschen auf das Klima.....	43
7.2 Einfluss des Klimas auf den Menschen.....	43
7.3 Wetterwahrnehmung im Volksmund .....	44
8 Zusammenfassung und Ausblick.....	47
8.1 Zusammenfassung .....	47
8.2 Limitationen .....	48
8.3 Münster und der Regen .....	49
Literaturverzeichnis.....	51
Dank .....	53
Anhang .....	54
A Zusammenstellung der Datenkollektive .....	54
B Karten zur Niederschlagsverteilung – 1961-1990 .....	59
C Karten zur Häufigkeitsverteilung einzelner Messwerte im Datenkollektiv 3 – 1971-2000 .....	62

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schema des (globalen) Klimasystems (Schönwiese, S. 39) .....	3
Abbildung 2:	Definition von Klimascales (Häckel, S. 320) .....	4
Abbildung 3:	Feuchtediagramm (Schönwiese, S. 76 – zitiert nach Löffler)....	9
Abbildung 4:	Strömungsrichtung des Druckgradienten (Strahler, S. 101).....	10
Abbildung 5:	Stabile und labile Luftschichtung (Häckel, S. 50).....	16
Abbildung 6:	Adiabatische Wolkenbildung (Kassera, S. 139) .....	17
Abbildung 7:	Verlauf einer Wellenzyklone (Strahler, S. 155) .....	18
Abbildung 8:	Durchzug einer Zyklone (Schönwiese, S. 182) .....	19
Abbildung 9:	Steigregen (Kassera, S. 142).....	21
Abbildung 10:	Typisierung des festen Niederschlags nach Nakaya (Häckel, S. 130) .....	22
Abbildung 11:	Durchschnittliche, jährliche Anzahl der Niederschlagstage im Datenkollektiv 3.....	57
Abbildung 12:	Durchschnittliche, jährliche Niederschlagssummen in mm (1961-1990; eigener Entwurf nach Daten des DWD) .....	59
Abbildung 13:	Durchschnittliche, jährliche Niederschlagsverteilung (Klimaatlas 1999 – ohne Maßstab).....	60
Abbildung 14:	Thermische Kontinentalität (Klimaatlas 2001 – ohne Maßstab).....	61
Abbildung 15:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0 mm im Datenkollektiv 3 .....	62
Abbildung 16:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.1 mm im Datenkollektiv 3 .....	63
Abbildung 17:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.2 und 0.3 mm im Datenkollektiv 3 .....	64
Abbildung 18:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.4 bis 1.0 mm im Datenkollektiv 3 .....	65
Abbildung 19:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 1.1 bis 10.0 mm im Datenkollektiv 3 .....	66
Abbildung 20:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 10.1-20.0 mm im Datenkollektiv 3 .....	67
Abbildung 21:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 20.1-50.0 mm im Datenkollektiv 3 .....	68
Abbildung 22:	Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert über 50.0 mm im Datenkollektiv 3 .....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Stationsdichte des DWD (DWD-online) .....	25
Tabelle 2:	Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990: bundesweite Stationen im Vergleich mit Münster.....	32
Tabelle 3:	Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990: bundesweite Stationen im Vergleich mit Münster.....	32
Tabelle 4:	Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990: nordwest- deutsche Stationen im Vergleich mit Münster.....	33
Tabelle 5:	Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990: nordwest-deutsche Stationen im Vergleich mit Münster.....	33
Tabelle 6:	Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990: nordrhein-westfälische Stationen im Vergleich mit Münster....	33
Tabelle 7:	Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990: nordrhein-westfälische Stationen im Vergleich mit Münster....	34
Tabelle 8:	Mittlere Jahresniederschlagssummen – 1961-1990: frei gewählte Stationen aus NRW im Vergleich mit Münster...	34
Tabelle 9:	Häufigkeit der Niederschlagstage pro Jahr bei Isohyete 750-760 mm .....	35
Tabelle 10:	Häufigkeitsverteilung bei gruppierten Skalenwerten – alle Vergleichsstationen.....	37
Tabelle 11:	Häufigkeitsverteilung bei gruppierten Skalenwerten – norddeutsche Vergleichsstationen .....	37
Tabelle 12:	Jahreszeitliche Verteilung der Regenmenge in % .....	38
Tabelle 13:	Jahreszeitliche Verteilung der Regentage in % .....	38
Tabelle 14:	Indexwerte zur jahreszeitlichen Niederschlagsintensität.....	39
Tabelle 15:	Datenkollektiv 1.....	54
Tabelle 16:	Datenkollektiv 2.....	54
Tabelle 17:	Datenkollektiv 3 mit Häufigkeitsverteilung der Niederschlags- mengen (mm – sortiert nach Skalenwert 0 - 0.1) .....	55
Tabelle 18:	Norddeutsche Stationen mit Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsmengen (mm) .....	58

## **Abkürzungsverzeichnis**

hPa	Hektopascal
$\mu$ m	Mikrometer
N.N.	Normal Null
DWD	Deutscher Wetterdienst
DK	Datenkollektiv

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Das Wetter ist eine sehr vielseitige Materie: auf der einen Seite ist diese in ihrer physikalischen und auch chemischen Komplexität derart weitreichend, dass sich eine eigene Wissenschaftsdisziplin mit ihr befasst; auf der anderen Seite definiert sich das Wetter recht schlicht als ein atmosphärischer Zustand, mit dessen äußeren Erscheinungsformen wiederum sich der Mensch jeden Tag beschäftigt. Gründe hierfür mögen zum Einen in der wirtschaftlichen Bedeutung des Wetters und somit in einer „gesellschaftspolitischen Relevanz“<sup>1</sup> liegen. Zum Anderen wird das Wetter von jedem Einzelnen sehr subjektiv empfunden. Wir reden von gutem, freundlichem, aber auch von schwülem oder auch schlechtem Wetter.

Solch subjektive Empfindungen verklären sich dabei oft in Volksweisheiten. Für die Stadt Münster lautet die wohl bekannteste:

**„In Münster regnet's oder es läuten die Glocken -  
fällt beides zusammen, ist Sonntag!“**

Hierin wird auf eine vermeintliche Niederschlagshäufigkeit in Verbindung zu der Anzahl der Kirchenbauten angespielt und eine Korrelation beider Faktoren *ad absurdum* geführt. Fraglich bleibt jedoch, inwiefern sich sowohl die subjektiven Eindrücke des Wetterempfindens als auch der Wahrheitsgehalt der oben genannten Volksweisheit empirisch begründen lassen.

## 1.2 Zielsetzung

Analysiert man das Wetter in der oben genannten Weise, positioniert sich die vorliegende Arbeit zwischen den Themenbereichen *Meteorologische Empirie – menschliche Wahrnehmung – Soziologie (Wahrnehmung des Wetters im Volksmund)*.

Als Ziel dieser Arbeit soll eine umfassende Datenauswertung eines konkreten Klimaelements für den Raum Münster untersucht und dabei die Niederschlagsmenge und -häufigkeit mit den Daten bundesweiter Stationen verglichen werden. Die Auswertung der Daten soll dabei die Plausibilität subjektiver Eindrücke und der Volksweisheit untersuchen.

---

<sup>1</sup> Schönwiese, S. 17.

### **1.3 Struktur dieser Arbeit**

Zu Beginn sollen der Klimabegriff, verschiedene Klimafaktoren sowie -elemente (Kapitel 2) und vor allem der Niederschlag (Kapitel 3) dargestellt werden. Im Kapitel 4 erfolgt die Beschreibung der Forschungsmethodik, welche Grundlage für die Datenauswertung im Kapitel 5 ist. Weiterhin soll in Kapitel 6 die Wirkung des Klimas auf den Menschen angerissen sowie die Münstersche Weisheit analysiert werden (Kapitel 7). Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst, ihre Aussagekraft diskutiert und zudem ein Ausblick auf weitere Forschungsfragen gegeben.

## 2 Grundlagen der Klimatologie

Im Folgenden soll eine allgemeine Grundlage für den wissenschaftlichen Kontext gelegt werden. Hierzu erfolgt eine Einführung in die Begrifflichkeit des Klimas sowie dessen Areale, Faktoren und Elemente.

### 2.1 Klimabegriff

Der Klimabegriff ist vom Wetterbegriff abzugrenzen. Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist der Betrachtungszeitraum: während das Wetter „den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort“<sup>2</sup> beschreibt, werden beim Klima „mit Hilfe statistischer Verfahren Kenngrößen“<sup>3</sup> errechnet, die Aussagen „über die für einen Ort typischen, charakteristischen oder mittleren meteorologischen Verhältnisse machen.“<sup>4</sup> Für die Wetterbeschreibung werden dabei die Klimaelemente wie zum Beispiel Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie der Niederschlag genutzt; hinzuzufügen sind zudem die Sonnenscheindauer und die Bewölkung<sup>5</sup>. Die langfristig angelegten Statistiken „nennen wir das ‚Klima eines Ortes‘.“<sup>6</sup>

Neuere Definitionen versuchen, die Atmosphäre nicht zeitlich, sondern systematisch in das Klimasystem einzugliedern. Demnach ist die Atmosphäre nur ein Teil des Klimasystems, welches aus den geographischen Sphären Hydrosphäre, Kyrosphäre, Pedosphäre, Lithosphäre, Geosphäre und der Biosphäre besteht. Hierdurch wird die Grundlage konstruiert, auf welcher die aktuelle Diskussion um die Klimaänderung stattfinden kann.<sup>7</sup>

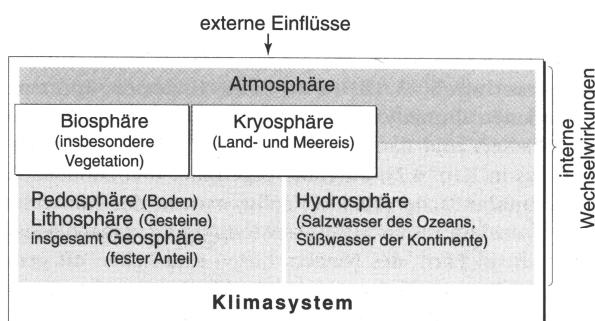


Abbildung 1: Schema des (globalen) Klimasystems (Schönwiese, S. 39)

<sup>2</sup> Häckel, S. 315.

<sup>3</sup> Häckel, S. 315.

<sup>4</sup> Häckel, S. 315.

<sup>5</sup> Vgl. Häckel, S. 315.

<sup>6</sup> Häckel, S. 316.

## 2.2 Klimascales

Erweitert wird die zeitlich definierte Untersuchung des Klimas durch eine räumliche Perspektive. Aus dieser heraus werden die einzelnen Messpunkte zu „klimatologischen Einheiten“<sup>8</sup> zusammengefasst. Entsprechend der räumlichen Ausdehnung dieser Einheiten spricht man von Mikro- beziehungsweise Spotklima, Mesoklima und Makroklima. Eine räumliche Vorstellung dieser Begriffe soll die Abbildung 2 geben:

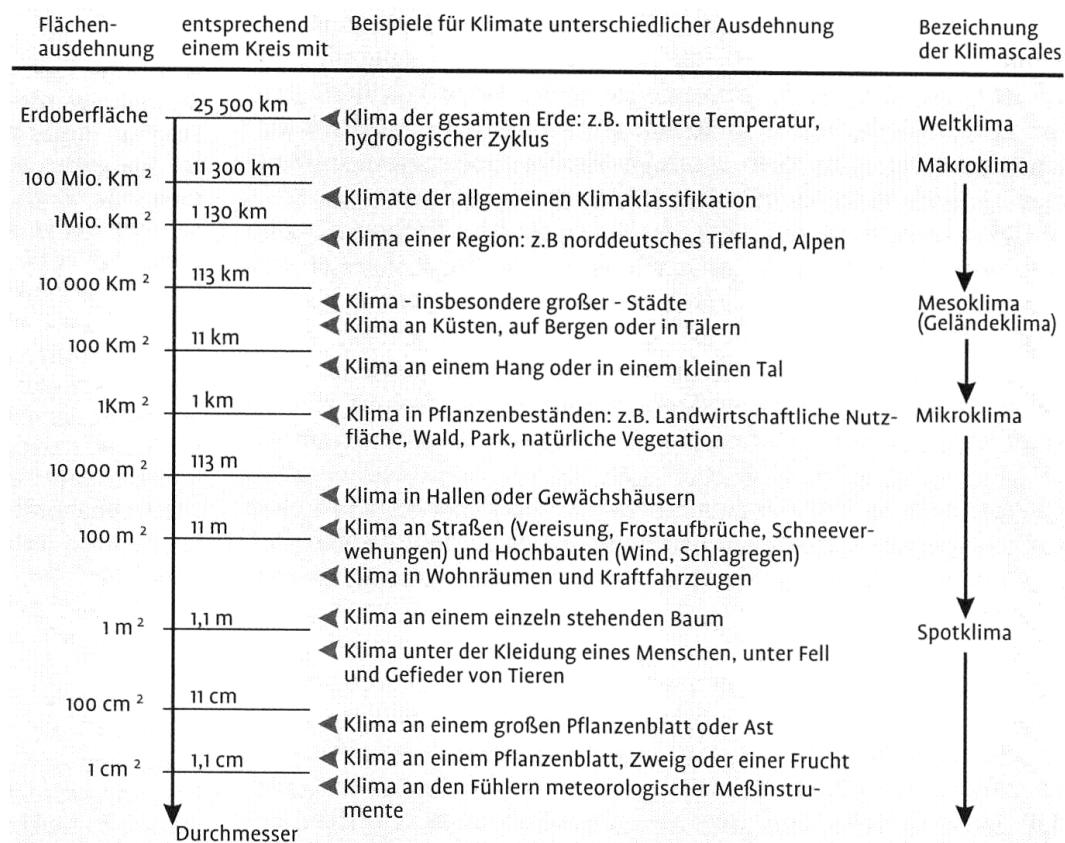


Abbildung 2: Definition von Klimascales (Häckel, S. 320)

Bezeichnend für die Erstellung solcher Klimascales ist die Interpolierung, welche von einzelnen Messpunkten ausgehend eine größere Fläche Areal typisiert. Da meteorologische Parameter meist an einem Punkt gemessen werden, kann eine derartige Hochrechnung problematisch sein, da kleinräumige Unterschiede unter Umständen nicht repräsentativ erfasst werden könnten. Deshalb muss für die Erstellung der Interpolierung ein ausreichend dichtes Messnetz vorhanden sein.

<sup>7</sup> Eine ausführliche Diskussion um die Vielschichtigkeit des Klimabegriffs lässt sich bei Schönwiese (2003, S. 55ff.) finden.

<sup>8</sup> Häckel, S. 318.

Inwiefern sich die Kategorisierung einzelner Regionen auf die Ergebnisse dieser Arbeit auswirken, wird in Kapitel 5 deutlich.

### 2.3 Klimafaktoren

Definiert werden die Klimafaktoren als „Eigenschaften eines Raumes, die das Klima beeinflussen“<sup>9</sup>; sie werden dabei unterteilt in Faktoren intrinsischer Wechselwirkung und extrinsischer Einflüsse, welche zusammen das Klimasystem bilden. Extrinsische Einflüsse sind extraterrestrisch die Solarstrahlung, deren Spektrum und Einfallsinkel sowie terrestrisch die Plattentektonik und beispielsweise der Vulkanismus. Der Wind ist als intrinsischer Faktor zu benennen, da er auf die Klimafaktoren Einfluss nimmt, dabei aber selbst von diesen beeinflusst wird.<sup>10</sup> Weitere, geographische Faktoren sind die Höhe über N.N., Kontinentalität<sup>11</sup>, Entfernung zum periglazialen Raum, topographische Besonderheiten (Hangneigung und Exposition), die geographischen Sphären und hierbei besonders die Anthrosphäre.<sup>12</sup>

Innerhalb dieses Klimasystems können – definiert durch die Wechselwirkung – die Klimaelemente selbst als intrinsische Klimafaktoren bezeichnet werden. Andererseits können auch – definiert durch die Messbarkeit – Klimafaktoren zu den Klimaelementen gezählt werden. Gerade für das subjektive Wetterempfinden ist beispielsweise die Strahlung beziehungsweise die Sonnenscheindauer von Bedeutung, sodass diese im folgenden Kapitel zu den Klimaelementen gerechnet werden soll.<sup>13</sup>

### 2.4 Klimaelemente

Zu den Klimaelementen gehören primär die meteorologischen Größen, die durch Messung, Schätzung oder Phänomenbeobachtung innerhalb der Atmosphäre erfasst werden.<sup>14</sup> Diese lassen sich zu zusammengesetzten Größen kombinieren – ein Beispiel wäre die Äquivalenttemperatur. Daneben gibt es ohne direkte

---

<sup>9</sup> Strahler, S. 393.

<sup>10</sup> Vgl. Schönwiese, S. 40 und weiterführend S. 90.

<sup>11</sup> Die Kontinentalität beschreibt den „Grad des Einflusses großer Landmassen auf das Klima bzw. den Grad der maritimen Einflüsse. [...] Sie ist definiert als maximale Differenz der mittleren Lufttemperatur zweier Monate eines Jahres.“ Klimaatlas Deutschland, S. 10f und Abbildung 14 dieser Ausarbeitung.

<sup>12</sup> Vgl. Schönwiese, S. 90 – zur Kategorisierung des Menschen als intrinsischer Klimafaktor vgl. Schönwiese, S. 40 und v.a. S. 324ff.

<sup>13</sup> Zur Einteilung der Strahlung/Sonnenscheindauer zu den Klimaelementen vgl. auch Schönwiese, S. 85.

<sup>14</sup> Vgl. Schönwiese, S. 66.

Maßzahlen die Indexwerte (z.B. den Kontinentalitätsindex) und Klimaparameter (wie z.B. die Weltmitteltemperatur<sup>15</sup>). Wichtig ist, dass die Messung der Klimaelemente in der gesamten Atmosphäre vorgenommen wird und zudem von einem Prinzip der Stetigkeit ausgegangen wird, gleichwohl die Messung immer an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt vorgenommen wird.<sup>16</sup>

Die wichtigsten, primären Klimaelemente sollen im Folgenden dargestellt werden, da sie sowohl für die empirisch-objektive Erfassung des Klimas als auch für das subjektive Wetterempfinden von großer Bedeutung sind. Voranzuschicken ist, dass sich die Klimaelemente einander bedingen und teilweise sehr eng miteinander verbunden sind, sodass die Erklärung einzelner Elemente innerhalb des Klimasystems auf Querverweise zu anderen Klimaelementen angewiesen ist.

#### 2.4.1 Lufttemperatur

Grundsätzlich wird die Temperatur einer Materie definiert durch die „mittlere molekularkinetische Energie  $E_{kin}$ “<sup>17</sup> pro Teilchen. Nach LESER ist die Temperatur der „Ausdruck der Bewegungsenergie“<sup>18</sup>, was veranschaulicht, dass die Bewegungsintensität der Moleküle gemessen wird. Je schneller sich die Teilchen bewegen, desto höher ist die Temperatur. Weiter gilt, dass sich die schweren Teilchen bei gleicher Temperatur langsamer bewegen als die leichten. Dieses ist für die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre von Bedeutung, da beispielsweise im Laufe der Erdgeschichte die Wasserstoffteilchen aufgrund ihrer Größe, Temperatur und – daraus resultierend – der Geschwindigkeit in das Weltall hinausdiffundieren konnten.<sup>19</sup>

Ein anderer Zusammenhang besteht zwischen Lufttemperatur und dem Volumen eines Quantums: mit zunehmender Temperatur dehnen sich Stoffe aus, wobei die Dichte proportional abnimmt.<sup>20</sup>

Bedeutend für den Klimahaushalt ist zudem der latente Wärmestrom, der weiterhin indirekt für das Wetterempfinden des Menschen eine Rolle spielt. Der latente Wärmestrom soll daher im Kapitel 2.4.3 näher erörtert werden. Der Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Luftdruck soll im folgenden Kapitel 2.4.2 besprochen werden.

---

<sup>15</sup> Vgl. Schönwiese, S. 66.

<sup>16</sup> Vgl. Schönwiese, S. 67.

<sup>17</sup> Schönwiese, S. 67.

<sup>18</sup> Leser, S. 873.

<sup>19</sup> Vgl. Häckel, S. 17f. und S. 20.

<sup>20</sup> Vgl. Häckel, S. 68f.

## 2.4.2 Luftdruck

Der Luftdruck (p) wird definiert durch „das Verhältnis einer senkrecht auf eine Fläche wirkende Kraft (K) zur Größe der Fläche (f)“<sup>21</sup>, woraus sich folgende Druckformel ergibt:

$$p=K/f$$

Für den Luftdruck sind die Gravitationskraft des Himmelskörpers und das Massengewicht der Atmosphäre entscheidend. Analog zur Größe der Erde und dem Atmosphärentengewicht<sup>22</sup> ergibt sich rechnerisch ein Luftdruck von 1013.25<sup>23</sup> hPa auf einem ebenso rechnerischen, mittleren Meeresniveau. Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab, da über einem höher gelegenen Messpunkt weniger Atmosphäre auflastet. Weiterhin ist zwischen Kalt- und Warmluftgebieten zu unterscheiden, welche untereinander eine eigene Dynamik innehaben. So ist der Luftdruck in einer bestimmten Höhe im Warmluftgebiet stets höher als im Kaltluftgebiet, was einen unmittelbaren Druckaustausch und somit einen Massenabfluss vom Warm- ins Kaltgebiet zur Folge hat. Dieser Massenfluss wirkt sich wiederum auf den Bodenluftdruck aus, da eine vergrößerte Luftmasse den Bodenluftdruck erhöht.<sup>24</sup>

## 2.4.3 Luftfeuchte

Die Luftfeuchte kennzeichnet den „Wasserdampfgehalt in der Luft.“<sup>25</sup> Zur Messung dieses Wasserdampfgehaltes lassen sich verschiedene Bezugsmessgrößen finden. Die absolute Feuchte fragt nach dem Gewicht des Wassers in einer Volumeneinheit; entsprechend ist die Messgröße g/m<sup>3</sup>. Da sich das Volumen des Luftpaketes durch Hebeungsprozesse – damit verbunden durch Abkühlung – verändert, verwendet man auch die spezifische Feuchtigkeit, indem man das Gewicht des Wassers je Kilogramm Luft angibt: g/kg.

Streng zu unterscheiden ist weiterhin zwischen dem Wasserdampf als Bestandteil der Atmosphärengase und dem Wasser, welches sich in Form von Wolken beziehungsweise Nebel in der Luft hält. Entscheidender Faktor hierfür ist die

---

<sup>21</sup> Häckel, S. 37.

<sup>22</sup> Das Atmosphärentengewicht wird auch ausgedrückt als Summe der Partialdampfdrücke – hier spielt der Wasserdampfdruck eine Rolle und wird im Kapitel 2.4.3 näher erläutert.

<sup>23</sup> Entsprechend der wissenschaftlichen Schreibweise wird in dieser Arbeit – abweichend von der deutschen Rechtschreibnorm – bei Dezimalbrüchen der Divisionsrest durch einen Punkt von der ganzen Zahl getrennt.

<sup>24</sup> Vgl. ausführlich Häckel, S. 40ff.

<sup>25</sup> Leser, S. 481.

Fähigkeit der Luft, Wasser in Form von Wasserdampf zu halten. Das Verhältnis von tatsächlich vorhandenem Wasserdampf und der Möglichkeit der Luft, Wasser zu halten, wird prozentual in der relativen Luftfeuchtigkeit wiedergegeben. Diese physikalische Fähigkeit ist abhängig von der Temperatur, wobei wärmere Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft. Wird also ein Luftpaket mit einem bestimmten Wasserdampfgehalt abgekühlt, steigt die relative Luftfeuchtigkeit. Ab einem bestimmten Punkt verliert das Luftpaket die Fähigkeit, das Wasser gasförmig zu halten: die relative Luftfeuchtigkeit steigt über 100 %. Dieses Erreichen der Sättigung wird als Taupunkt, die entsprechende Temperatur als Taupunkttemperatur bezeichnet. Jenseits dieser Sättigung muss der überschüssige Wasserdampfanteil in den flüssigen Aggregatzustand überführt werden. Dieser Prozess wird als Kondensation bezeichnet.<sup>26</sup>

In Verbindung mit dem Luftdruck lässt sich die Feuchte der Luft auch über den Dampfdruck erklären. Nach dem Daltonschen Gesetz hat jedes Gas einer Atmosphäre einen bestimmten Anteil am Gesamtgasdruck. Wasserdampf kann bei einem mittleren Gesamtdruck von 1013.25 hPa einen Partialdampfdruck von maximal 40 hPa aufbringen. Diesem Partialdampfdruck steht der Sättigungsdampfdruck gegenüber, der – analog zur Terminologie der relativen Luftfeuchtigkeit – die Grenze zwischen gasförmigem und flüssigem Wasser markiert: Steigt der Wasserdampfdruck in der Atmosphäre über den Sättigungsdampfdruck, gehen die Wassermoleküle in den flüssigen Zustand über: sie kondensieren. Im Gegenzug dazu verdunstet Wasser, wenn der Sättigungsdampfdruck den aktuellen Wasserdampfdruck übersteigt. In einem solchen Fall spricht man von einem Sättigungsdefizit in der Luft.<sup>27</sup>

Beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand benötigt Wasser sehr viel Energie.<sup>28</sup> Verlassen die Wassermoleküle die Hydrol- oder Clusterstruktur<sup>29</sup>, nehmen sie dabei diese Energie mit. Diese ist zwar im Wasserdampf enthalten, entzieht sich aber „dem unmittelbaren Nachweis“<sup>30</sup>, weswegen diese Energie auch als *latent* bezeichnet wird. Im Wasserdampf ist demnach eine große Energiemenge gespeichert, welche durch Kondensation an anderer Stelle und an einem anderen Ort freigesetzt werden kann.

---

<sup>26</sup> Vgl. hierzu Häckel, S. 62ff. und Kap. 3.1.1 dieser Arbeit.

<sup>27</sup> Vgl. Häckel, S. 69ff.

<sup>28</sup> Die Schmelzenergie für Wasser beträgt 333 J/g, die Verdunstungsenergie jedoch 2.3 kJ/g – Vgl. Häckel, S. 77.

<sup>29</sup> Häckel, S. 85.

<sup>30</sup> Häckel, S. 78.

Dieser Energiestrom spielt für den Menschen eine bedeutende Rolle. Durch das Verdunsten des Wassers auf der Haut wird dem Körper Energie entzogen, wodurch dieser abkühlt. Dieser Mechanismus ist folglich für die Regulierung der Körpertemperatur sehr wichtig. Maßgeblich gestört wird dieser Prozess, wenn das Wasser nicht verdunsten kann. Das ist dann der Fall, sobald die Luft kein Sättigungsdefizit aufweist; anders formuliert: wenn die relative Luftfeuchtigkeit bei 100 % liegt, kann die Luft keine weitere Feuchtigkeit mehr aufnehmen. Der Schweiß kann nicht verdunsten und perlt auf der Haut aus. Diese Klimasituation bezeichnet der Mensch weitestgehend als schwül.

Den Zusammenhang zwischen Partialdampfdruck des Wassers, Temperatur und dem – zwangsläufig stark verallgemeinerten – Wetterempfinden stellt Schönwiese in folgendem Feuchtediagramm dar:

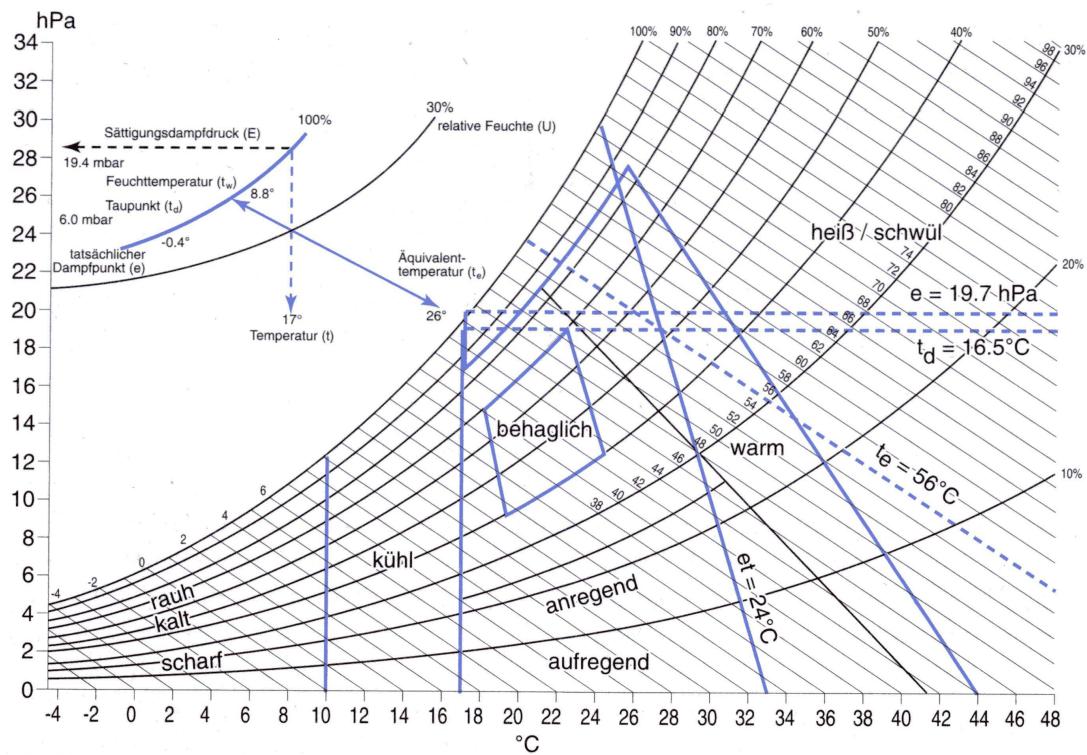


Abbildung 3: Feuchtediagramm (Schönwiese, S. 76 – zitiert nach Löffler)

#### 2.4.4 Wind

„Alle Winde sind Ausgleichsströmungen infolge von Luftdruckunterschieden.“<sup>31</sup> So schlicht diese Definition ist, so komplex ist das Windsystem selbst, aber auch die Messgröße des Windes, da es sich nicht um eine einfache Messgröße handelt,

<sup>31</sup> Leser, S. 997.

sondern um einen „Vektor, für dessen quantitative Kennzeichnung somit mehr als ein Zahlenwert notwendig ist.“<sup>32</sup> Dabei wird häufig die vertikale Komponente – also beispielsweise Fallwinde – vernachlässigt und der Wind durch horizontale Richtung und Geschwindigkeit dargestellt. Die Messgröße wird in m/s beziehungsweise aus Perzeptionsgründen in km/h angegeben.<sup>33</sup>

Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind Resultat aus Druckgradientenkraft, Corioliskraft, der Zentrifugalkraft und in Bodennähe der Bodenreibung. Im Zusammenhang mit dem Luftdruck gilt: „Wind ist die horizontale Bewegung der Luft in Reaktion auf die Gradientenkraft des Windes.“<sup>34</sup> Je größer der Druckunterschied, desto stärker ist die Ausgleichskraft. Auf die Windrichtung wirkt maßgeblich die Corioliskraft ein, welche durch die Rotation der Erde auf der nördlichen Hemisphäre alle festen, flüssigen und gasförmigen Massen in ihren Bewegungen nach rechts ablenkt<sup>35</sup>, „unabhängig von der Kompaßrichtung der Bewegungsbahn.“<sup>36</sup>

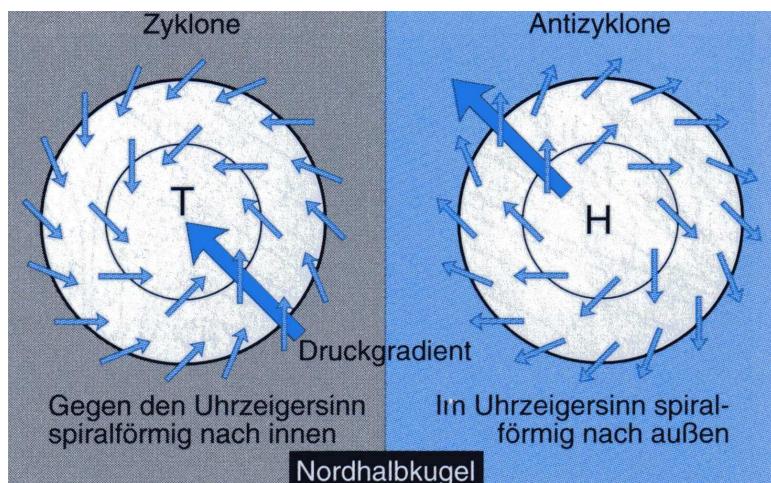


Abbildung 4: Strömungsrichtung des Druckgradienten (Strahler, S. 101)

Dies hat zur Folge, dass die Windrichtung außerhalb des Einflusses der Reibung in Bodennähe nicht direkt von einem Hoch- zum Tiefdruckgebiet, sondern parallel zu den Isobaren, mit dem tieferen Druck zur Linken, verläuft. In Bodennähe wird der Wind durch Reibung gebremst. Somit verläuft die Windrichtung nicht exakt parallel zu den Isobaren, sondern mit einer Komponente in Richtung tieferen Luftdrucks (Abbildung 4).

<sup>32</sup> Schönwiese, S. 73.

<sup>33</sup> Der Umrechnungsfaktor lautet 3.6.

<sup>34</sup> Strahler, S. 98.

<sup>35</sup> Diese Richtung ist maßgeblich für die Nordhalbkugel. Südlich des Äquators erfolgt analog die Ablenkung nach links.

<sup>36</sup> Strahler, S. 100.

Die große Bedeutung des Windes für den Niederschlag und deren großräumige Systeme soll im Zuge der Luftmassendynamik in Kapitel 3 näher beschrieben werden. Durch natürliche, aber auch durch anthropogen induzierte Reliefeinflüsse werden Winde bisweilen sehr stark abgelenkt und bilden somit komplexe Systeme, die vor allem in den Städten starken Einfluss auf den Menschen haben können.

#### 2.4.5 Strahlung

Die Sonnenstrahlung gehört innerhalb des Klimasystems zu dem wichtigsten Klimafaktoren und auch Klimaelementen. Als einseitiger, externer Faktor ist sie ursächlich für die Entstehung anderer Parameter. Dabei ist die Komplexität der Sonnenstrahlung enorm, sowohl in Bezug auf das physikalische Verständnis selbst<sup>37</sup>, als auch in Bezug auf das Wirkungsgefüge der geographischen Sphären.

Das Strahlungsangebot der Sonne ist – abgesehen von Schwankungen in der Aktivität – immer gleich, sodass die interstellare Strahlung auch als Sonnenkonstante bezeichnet wird. „Die solar eingestrahlte Energie erreicht [dabei] die Oberfläche weder vollständig noch direkt“<sup>38</sup>; ein Großteil der Strahlung wird durch die Atmosphäre reflektiert, absorbiert oder gestreut. Die Summe der Sonnenstrahlung und der diffusen Strahlung wird *Globalstrahlung* genannt. Das elektromagnetische Spektrum der Strahlung teilt sich auf in einen sichtbaren Bereich und zwei nicht sichtbare Bereiche. Der für den Menschen sichtbare Bereich liegt zwischen 0,4 und 0,7 µm. Für den Menschen überlebensnotwendig ist hierbei, dass die kurzwellige Strahlung zum größten Teil von der Atmosphäre absorbiert wird. Somit fungiert die Atmosphäre in Bezug auf die Sonnenstrahlung in gleicher Weise als Schutzschild, wie die magnetische Atmosphäre als Schutz vor der Ionisationsstrahlung der Sonne dient.<sup>39</sup>

Für den weiträumigen Wärmeaushalt ist der Insolationswinkel<sup>40</sup> entscheidend. Demnach sind die höheren Breiten gemäß dem Lambertschen Gesetz<sup>41</sup> weniger warm, da sich die gleiche Energiemenge auf eine größere Fläche verteilen muss. Weiterhin hat die Oberflächenbeschaffenheit Einfluss auf die Absorption der

<sup>37</sup> Hier möge das Problem der Dualität – also der Frage, ob die Sonnenstrahlung als Welle oder als Quanten zu begreifen sind – als Verweis ausreichen. Weiterhin soll verwiesen werden auf die verschiedenen Theorien (nach Lambert, Bouguer-Lambert-Beer, Planck usf.), die mit der Strahlung einhergehen und im Zuge dieser Arbeit nicht näher erläutert werden können.

<sup>38</sup> Schönwiese, S. 116.

<sup>39</sup> Vgl. hierzu Strahler, S. 43f.

<sup>40</sup> Insolation lässt sich aufteilen in die Wörter **incoming solar radiation** – Vgl. hierzu auch Schönwiese, S. 116.

<sup>41</sup> Häckel, S. 165.

Sonnenenergie. Durch die Reflexion der Strahlung wird ein Teil der Sonnenenergie zurückgeworfen. Die Albedo, welche auch als Reflexionsvermögen definiert wird, beschreibt das Verhältnis zwischen reflektierter und eintreffender Strahlung.<sup>42</sup> Je größer die Albedo, desto geringer ist die absorbierte Strahlung und somit die Erwärmung.

Als „simplen Teilaspekt der Sonneneinstrahlung“<sup>43</sup>, für den Menschen aber als recht wichtigen Aspekt des Wetters, ist die Sonnenscheindauer zu sehen. Diese bemisst sich in Stunden pro Tag und „ist das Residuum der Zeit, in der die Bewölkung die direkte Sonneneinstrahlung verhindert.“<sup>44</sup> Hervorzuheben sind hier besonders die in dieser Arbeit untersuchten Ergebnisse der Wetterstation Münster/Osnabrück: „In Deutschland steigt die Sonnenscheindauer vom Norden in Richtung Süden an mit einem absoluten jährlichen Maximalwert von 2329 Std. auf dem Klippeneck [...] und Minimalwert von 937 Std. in Münster/Osnabrück.“<sup>45</sup> Dieses bedeutungsvolle Faktum aus dem Jahre 1912 soll in der Diskussion der Ergebnisse erneut aufgegriffen werden.

Neben der eintreffenden spielt zudem auch die abgehende Strahlung eine besondere Rolle für den Klimahaushalt. Im Gegensatz zur solaren, kurzweligen Strahlung ist die terrestrische Strahlung langwellig; daneben existiert noch eine atmosphärische Gegenstrahlung, unter welcher man die langwellige Strahlung versteht, welche von der Atmosphäre auf die Erde zurückgeworfen wird. Die Wichtigkeit der terrestrischen Strahlung besteht global darin, dass das Verhältnis zwischen Aufheizung durch solare Strahlung und Auskühlung durch terrestrische Strahlung in einem ausgewogenen Verhältnis stehen muss. Kommt es aufgrund von Spurenelementen, Treibhausgasen und vor allem durch eine größere Menge an Wasserdampf zu einer gesteigerten Gegenstrahlung, heizt sich die Atmosphäre auf: ein Phänomen, welches derzeit als Klimaerwärmung diskutiert wird.

#### 2.4.6 Niederschlag

Da dem Niederschlag innerhalb dieser Ausarbeitung eine zentrale Bedeutung zukommt, soll die Entstehung, aber auch die Messung desselben im folgenden Kapitel ausführlicher erläutert werden.

---

<sup>42</sup> Vgl. Häckel, S. 193.

<sup>43</sup> Schönwiese, S. 85.

<sup>44</sup> Schönwiese, S. 221.

<sup>45</sup> Schönwiese, S. 223.

### 3 Niederschlag

Der Niederschlag umfasst das gesamte „aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche gelangende Wasser.“<sup>46</sup> Häckel formuliert es präziser: „Unter Niederschlag versteht man jede flüssige und feste, aus kondensiertem Wasser gebildete und herabfallende Ausscheidung aus Wolken und Nebel.“<sup>47</sup> Zum Niederschlag gehört aber auch das Wasser, das „sich durch Kondensation, Gefrieren oder Sublimation direkt (nicht aus Wolken fallend) von der Atmosphäre aus am Erdboden bzw. an Pflanzen ablagert“<sup>48</sup>. Im Folgenden sollen zunächst die physikalischen, kleinräumigen Voraussetzungen für die Niederschlagsentstehung skizziert werden; anschließend werden auf einer makroklimatischen Ebene die Entstehungsvorgänge der Wolken erläutert.

#### 3.1 Physikalische Voraussetzungen

Für den Niederschlag sind zwei Schritte notwendig. Zum einen muss der Wasserdampf kondensieren und zum anderen muss dieses kondensierte Wasser in einem zweiten Schritt ausscheiden, um als Wasser zur Erdoberfläche zu gelangen.

##### 3.1.1 Kondensation

Wurde in Kapitel 2.4.3 die Kondensation als Bestandteil der Phasenübergänge zwischen flüssigem und gasförmigem Wasser bereits angedeutet, sollen die Voraussetzungen und die Entstehung von Kondensation nun näher erläutert werden:

Die erste Bedingung, die gegeben sein muss, ist ein Dampfdruck, der über 100 % liegt, was heißt, dass der Dampfdruck der Atmosphäre mindestens genauso groß ist wie der Sättigungsdampfdruck des Wassers. Die Erhöhung des Dampfdrucks kann im Prinzip auf zwei Wegen erreicht werden: entweder hebt man die Luft an, so dass sie abkühlt oder man kühlt die Luft durch Abgabe langwelliger Strahlung ab. In beiden Fällen verliert die Luft, wenn sie unter die Taupunkttemperatur abgekühlt ist, die Fähigkeit, den Wasserdampf gasförmig zu halten.

Im Grenzbereich der Sättigung spielen weiterhin Anzahl und chemische Beschaffenheit der Kondensationskerne eine Rolle. Diese sind notwendig, damit Wasserdampf in den flüssigen Zustand übergehen kann. Erhöht sich die

---

<sup>46</sup> Leser, S. 563.

<sup>47</sup> Häckel, S. 124.

<sup>48</sup> Schönwiese, S. 83.

Wasserdampfmenge in der Luft in einer „von allen Verunreinigungen befreite[n] Luft, so setzt die Tröpfchenbildung erst bei einer relativen Feuchtigkeit von größtenteils 800 % ein.“ Daraus lässt sich ableiten, dass eine Erhöhung der Kondensationskernmenge ein Kondensieren der Luft fördert. Kondensationskerne müssen „hygroskopisch“ sein, d.h. sie müssen aus Material bestehen, das die Tendenz hat, Wassermoleküle anzuziehen.<sup>49</sup> Durch Verdunstung wellenbrechender Kämme in den Meeren ist der prozentuale Anteile der Salzkerne innerhalb der Gesamtmenge der Kondensationskerne hoch. Die an diesen Salzkernen kondensierenden Tröpfchen lösen sich im Salzkern, wodurch der Dampfdruck infolge des hohen Salzgehaltes reduziert wird. Demzufolge können sich bereits Wassertröpfchen in der Atmosphäre bilden, „obwohl noch keine Sättigung eingetreten ist“<sup>50</sup>; der hygroskopische Effekt der Salzkristalle verhindert somit ein Verdunsten der Wassertröpfchen. Binden sich weitere Wassermoleküle an diesen Salzwassertropfen, verringert sich analog zum sinkenden Salzgehalt die hygroskopische Wirkung. Die Oberflächenspannung erhöht den Sättigungsdampfdruck, was eine Verdunstung zur Folge hat. Dieser Auflösung des Wassertropfens müssen nun andere Prozesse wie die Koaleszenz entgegenwirken.

Das Ergebnis der Kondensation ist flüssiges Wasser. Viele Wassertropfen in einer Luftmasse bilden eine Wolke. Je nach Abkühlungsursache und Zusammensetzung der Kondensationsaerosole ergeben sich hierbei verschiedene Wolkenarten. Charakteristisch für die Bewölkung ist dabei die räumliche Abgrenzung zur Umgebungsluft. Weiterhin wird Bewölkung klassifiziert nach Wolkengattung, Ausdehnung, Höhe Ihrer Untergrenze, Vertikalausdehnung und Bedeckungsgrad<sup>51</sup>. Vor allem der Bedeckungsgrad der Bewölkung ist als Pendant zur Sonnenscheindauer<sup>52</sup> für das Wetterempfinden von Relevanz.

### 3.1.2 Ausscheidung

Aufgrund der in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Koaleszenz wachsen die Wolkenpartikel von 50 bis 100 Mikron im Durchmesser auf 0.5 mm an. Erreichen sie eine Größe, in welcher der Schwebezustand durch die Gravitation gestört wird, fallen die Wolkenpartikel zu Boden.<sup>53</sup> Dieser Initialbewegung kann bis zu einem

---

<sup>49</sup> Strahler, S. 127.

<sup>50</sup> Häckel, S. 88.

<sup>51</sup> Der Bedeckungsgrad wird entweder in Zehnteln oder in Achteln – wie beispielsweise in der Fliegerei – angegeben.

<sup>52</sup> Vgl. Kapitel 2.4.5.

<sup>53</sup> Vgl. Strahler, S. 131.

bestimmten Grad durch die aufsteigende Luft (vgl. Kap. 3.2.1) ausgeglichen werden, sodass sich weitere Tröpfchen anlagern können. Im Maximalfall können Regentropfen einen Durchmesser von 7 mm erreichen.<sup>54</sup> Für die gemäßigte Zone ist ein derartiges Anwachsen aufgrund der niedrigen Temperaturen selten gegeben. Vielmehr ist jeder flüssige Niederschlag das Produkt eines Schmelzvorganges von festen, in den Wolken befindlichen Eispartikeln. Genauer auf diese Ausscheidung soll in Kapitel 3.3 eingegangen werden.

### 3.2 Entstehung der Wolken – massendynamische Voraussetzungen

„Im Wesentlichen können Wolken auf zweierlei Weise entstehen:

- ungeordnete Hebung von Luftpaketen,
- großflächiges Aufgleiten von Luft.“<sup>55</sup>

Beide Formen als massendynamische Voraussetzung sollen das in Kapitel 3.1 dargelegte Entstehen von Niederschlag erklären.

Gemein ist beiden Entstehungsprozessen, dass sich die Luftmassen adiabatisch abkühlen. Adiabatisch bedeutet, dass während der Vertikalbewegung eines gedachten Luftpaketes keine Energie von außerhalb zugeführt oder nach außen abgegeben wird, das heißt, die gesamte bei der Volumenänderung umgesetzte Energie stammt ausschließlich aus dem Wärmeverrat der Luft.<sup>56</sup> Bei diesem Hebeungsprozess wird auch messbare Energie in potentielle Energie umgewandelt. Entsprechend den Gesetzen der Thermodynamik kühlte ein in die Luft gehobenes Paket in 100 Metern um 1 Kelvin ab. Die Luft steigt solange auf, bis die Umgebungstemperatur die gleiche Temperatur wie das Luftpaket hat. Diese Temperaturangleichung kommt entweder durch das Abkühlen des Luftpaketes zustande oder durch sogenannte Inversionsschichten, innerhalb welcher die Temperatur mit der Höhe nicht abnimmt sondern wieder steigt. Inversionen können beispielsweise durch das großräumig Absinken von Luftsichten entstehen; diese werden durch den höheren Druck komprimiert, die latente Energie in Bewegungsenergie der Luftteilchen umgesetzt und die Luft hierdurch adiabatisch erwärmt.<sup>57</sup>

---

<sup>54</sup> Vgl. Strahler, S. 131.

<sup>55</sup> Häckel, S. 120.

<sup>56</sup> Häckel, S. 47 – als Gegensatz zur adiabatischen Temperaturveränderung mag die Absorption der Strahlungsenergie innerhalb der Ozonschicht als Beispiel dienen. Hier werden die Luftteilchen durch die Insolation – also extrinsisch – aufgeheizt, wodurch sich die Ozonschicht zu einer mächtigen Inversion entwickelt – Vgl. Häckel, S. 47.

<sup>57</sup> Vgl. Häckel, S. 46ff.

Grundsätzlich wird die Schichtung der Atmosphäre in drei Zustände eingeteilt: stabil, labil oder indifferent. Kennzeichnend für diese Unterscheidung ist das Verhältnis von adiabatischem Temperaturgradienten und der tatsächlich in der Luft vorhandenen Temperaturschichtung. Aufgrund der Dichte steigt ein wärmeres Luftpaket in kalter Umgebungsluft auf und sinkt ab, wenn es kälter als die Umgebungstemperatur geschichtet ist, spricht man von einer überadiabatischen oder einer labilen Schichtung. Innerhalb dieser wird ein Luftpaket immer weiter aufsteigen, bis eine Inversionslage ein weiteres Aufsteigen verhindert.

Das Verhältnis zwischen einer labilen, überadiabatischen und einer stabilen, unteradiabatischen wird in Abbildung 5 verdeutlicht.<sup>58</sup>

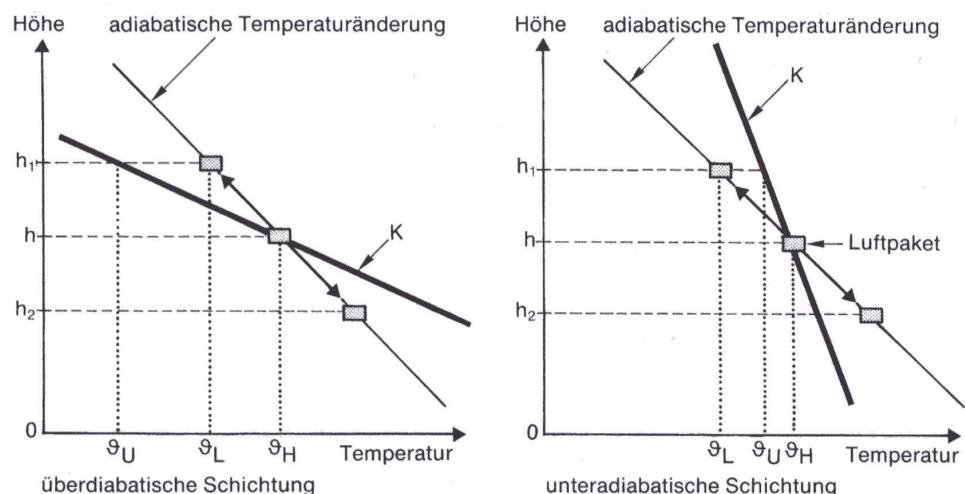


Abbildung 5: Stabile und labile Luftsichtung (Häckel, S. 50)

Die verschiedenen Möglichkeiten, wie Luft in die Höhe transportiert und somit abgekühlt werden kann, sollen nun skizziert werden.

### 3.2.1 Ungeordnete Hebungsprozesse

Als ungeordnete oder turbulente Hebung werden Prozesse verstanden, die durch den Wind zustande kommen. Der Wind gilt als turbulent, da er in horizontaler und vertikaler Richtung, in seiner Stärke und Konstanz unbeständig ist. Hierdurch werden Luftpakete nach oben gestoßen und kühlen adiabatisch ab; andersherum können Wolkenteile nach unten gerissen werden, wobei sie sich erwärmen und der Wasseranteil verdunstet, sodass sich Wolken auflösen.

<sup>58</sup> Zu Hebungsprozessen und Wolkenbildung vgl. auch Schönwiese, S. 145ff.

Die andere Form des ungeordneten Hebungsprozesses ist die Konvektion. Diese folgt dem didaktischen Modell der adiabatischen Abkühlung passgleich: Bodennahe Luft wird durch die Erwärmung der Erde angeheizt, bis sie aufgrund der geringeren Dichte aufsteigt. Dabei kühlt sie sich adiabatisch ab. Mit erreichen des Taupunkts setzt Kondensation ein, wodurch die Temperaturabnahme teilweise durch die Kondensationsenergie ausgeglichen wird.<sup>59</sup> Durch die Erwärmung der feuchten und nun kondensierten Luft erfährt das gesamte Paket einen erneuten Schub nach oben. Bei einer unteradiabatischen Schichtung und einem relativ geringen Energiepotenzial innerhalb des Wasserdampfes wird das Paket relativ schnell die Temperatur der Umgebungsluft erreichen und der Aufstieg somit gestoppt. Ist jedoch viel Energie im Wasserdampf enthalten und nimmt die Umgebungstemperatur mit der Höhe stärker ab als der adiabatische Gradient, vermag die Luft sehr weit aufzusteigen. Durch die Konvektion entstehen somit Cumuluswolken: beispielsweise der flache *cumulus humilis* oder der mächtige *cumulus congestus*.

Der Zusammenhang zwischen der Temperaturkurve der Atmosphäre, dem adiabatischen Gradienten und der Wolkenbildung soll Abbildung 6 verdeutlichen:

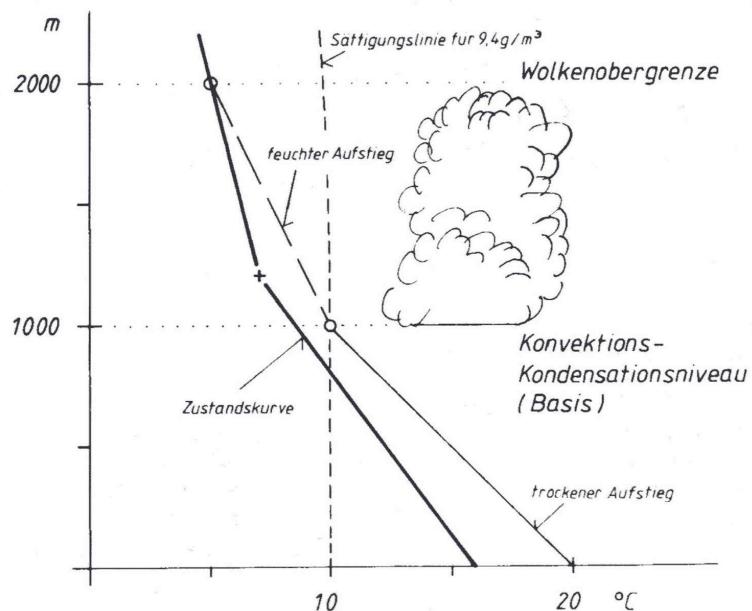


Abbildung 6: Adiabatische Wolkenbildung (Kassera, S. 139)

Sehr starke Insolation kann dabei für ein sehr großes Energiepotenzial sorgen, welches bei einer labilen Schichtung – beispielsweise hervorgerufen durch eine

<sup>59</sup> Die Temperaturabnahme um 1K/100m wird als trockenadiabatisch bezeichnet. Der durch die Kondensation auf ca. 0.55 K/100m reduzierte Gradient als feuchtadiabatisch. – Zur Kondensationsenergie vgl. auch Kapitel 2.4.3.

Kaltfront – zu einer Überentwicklung führen kann. Die Luft steigt dabei sehr schnell und energiereich bis zur Stratosphäre auf, unterhalb welcher sie sich inversionsbedingt verteilen muss. Diese ambossförmige Wolkenform ist typisch für einen *Cumulonimbus*.<sup>60</sup>

### 3.2.2 Aufgleiten

Liegt der Initialeffekt bei den ungeordneten Hebungsprozessen bei der Turbulenz der Winde oder dem dichtebedingtem Aufstieg von Luftpaketen, so können Luftsichten auch dadurch in die Höhe gehoben werden, indem sie aufgleiten. Dieses Aufgleiten findet entweder auf kalten Luftmassen oder auf orographische Hindernisse<sup>61</sup> statt.

Voraussetzung für das Aufgleiten auf kalten Luftmassen ist das Entstehen von Wellenzyklonen. Diese entstehen an der polar-tropischen Frontalzone (Jetstream) und führen zu der zyklonischen Drehrichtung.<sup>62</sup> „Mit dem Einsetzen der zyklonischen Luftbewegung bilden sich Fronten, es entsteht eine typische Wellenzyklone.“<sup>63</sup> Die idealtypische Verlaufsform einer Wellenzyklone wird in der Abbildung 7 dargestellt:

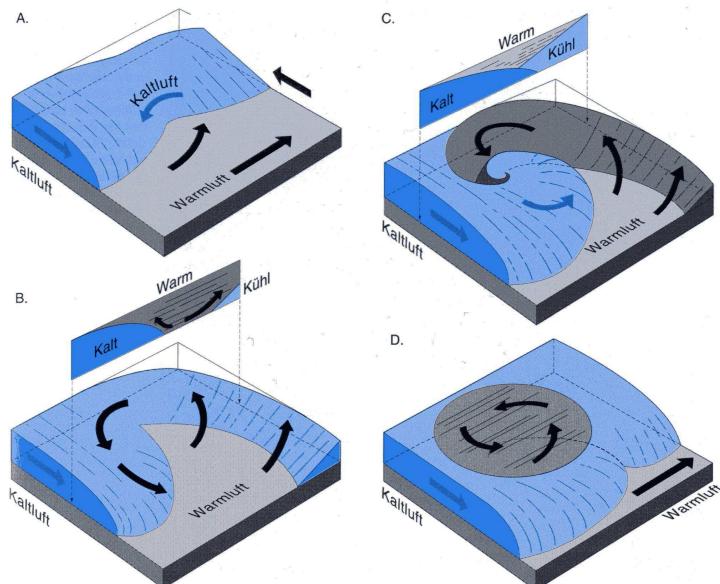


Abbildung 7: Verlauf einer Wellenzyklone (Strahler, S. 155)

<sup>60</sup> Vgl. hierzu Häckel, S. 121f.

<sup>61</sup> Vgl. Häckel, S. 120ff.

<sup>62</sup> Vgl. näher hierzu Häckel, S. 286 und Schönwiese, S. 180f.

<sup>63</sup> Strahler, S. 161.

Die von Norden einbrechende Kaltluft holt die Warmluftzone aufgrund ihrer schnelleren Bewegung ein. An der Warmfront schiebt sich die warme Luft den Kaltluftkeil hinauf. Die Kaltluft, welche die Warmluft vor sich herschiebt, wird Kaltfront genannt. Sobald die Warmluft gänzlich vom Erdboden abgehoben wird bildet sich die Okklusionsfront.<sup>64</sup> Für die Wolkenbildung und die Niederschlagsentstehung sind die beiden Fronten entscheidend. „Die Vertikalgeschwindigkeiten, die [beim Aufgleiten an der Warmfront] auftreten, sind sehr gering, normalerweise nur einige Zentimeter pro Sekunde. Dafür dauern Aufgleitvorgänge häufig viele Stunden, ja Tage an.“<sup>65</sup> Auch sind die auftretenden Wolkenschichten in ihren drei Dimensionen sehr mächtig und können für mehrere Tage Regen bringen. Ist die Warmfront durchgezogen, sinkt der Luftdruck. Die folgende Kaltfront labilisiert die Luftsichtung, was bei Insolation und genügend Wasserdampf zu starken Cumuluswolken und sogar Gewittern führen kann.<sup>66</sup> Im Anschluss folgt die Kaltluftmasse, die ruhiges Wetter mit leichter Bewölkung mit sich bringt. Den Durchlauf der Fronten zeigt dabei die Abbildung 8:

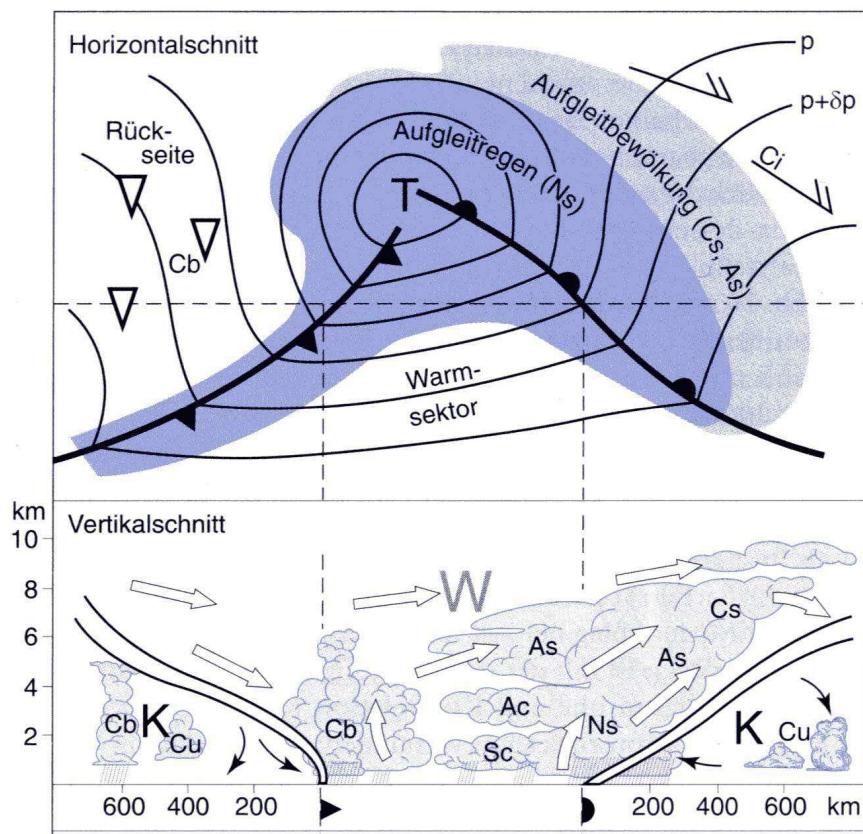


Abbildung 8: Durchzug einer Zyklone (Schönwiese, S. 182)

<sup>64</sup> Vgl. Strahler, S. 155, Schönwiese, S. 180f. und Häckel, S. 288ff.

<sup>65</sup> Häckel, S. 123.

<sup>66</sup> Vgl. Kap. 3.2.

Entscheidend für diese Wellenzyklone ist, dass sie im mitteleuropäischen Raum sehr typisch ist und damit prägend für das Wetter in Deutschland. Diese Zyklogenintensität lässt sich ableiten aus dem Nordatlantik-Oszillations-Index, welcher Voraussagen in Bezug auf Temperatur und Niederschlagsmenge in Mitteleuropa möglich macht. Gerade der norddeutsche Raum wird sowohl vom Azorenhoch (im Sommer) als auch vom Islandtief (im Winter) beeinflusst.<sup>67</sup> Anhand der makroklimatischen Luftmassendynamik lässt sich auch die Bewegungsrichtung der Zyklogen ableiten. Diese orientiert sich sehr stark an dem Verlauf des Jetstreams.<sup>68</sup> Sehr häufig wandern – durch die Troglage geprägt – Tiefdruckgebiete aus Nordwest in Richtung Deutschland, streifen dieses im nördlichen Raum, um dann Richtung Nordosteuropa weiter zu ziehen.<sup>69</sup>

Derartige Großwetterlagen führen zu Witterungsregelfällen, aus welchen sich durch eine jahresperiodische Ableitung gesammelter Daten gewisse Wettertendenzen berechnen oder vielmehr prognostizieren lassen. Dieses auch als Singularität bezeichnete Phänomen spielt dabei eine wichtige Rolle für die Genese vieler Bauernregeln. In diesen zeigt sich nicht etwa der humorvolle Umgang des mittelalterlichen Agrarökonomen mit der Unvorhersehbarkeit des Wetters, sondern vielmehr der Versuch, aus einer wirtschaftlichen Abhängigkeit heraus synoptische Aussagen treffen zu können.<sup>70</sup> Ob derartige Regelmäßigkeiten in einem Zusammenhang mit der hier zu untersuchenden Volksweisheit stehen, soll in Kapitel 6.2 erörtert werden.

Der zweite Hebungsprozess wird orographisch hervorgerufen. Dabei strömen Luftmassen auf eine Landmasse und werden durch diese angehoben. Da zum Teil die Differenz zwischen der Lufttemperatur und dem Taupunkt<sup>71</sup> sehr gering ist, reichen schon minimale Hebungsvorgänge aus, um feuchte Luftmassen kondensieren und ausregnen zu lassen. Ein klassischer Hebungsvorgang wird anhand der Abbildung 9 dargestellt:

---

<sup>67</sup> Vgl. Schönwiese, S. 183 ff.

<sup>68</sup> Zur Entstehung des Jetstreams und seiner wellenförmigen Verlaufsform vgl. Strahler, S. 111 und S. 160f.

<sup>69</sup> Vgl. Schönwiese, S. 185.

<sup>70</sup> Statistisch relevante Untersuchungen zu diesen Bauernregeln wurden 1928 durch Schmaus gemacht (Vgl. Schönwiese, S. 186); aber auch Jörg Kachelmann unterzieht diese Regeln einer kritischen Betrachtung – Vgl. „Das Lexikon der Wetterirrtümer“.

<sup>71</sup> Hierbei wird auch von Spread gesprochen: liegt der Spread bei 1 K, muss das Luftpaket nur noch um diesen Wert in der Temperatur sinken, bevor die Kondensation einsetzt – Vgl. Kassera, S. 138.

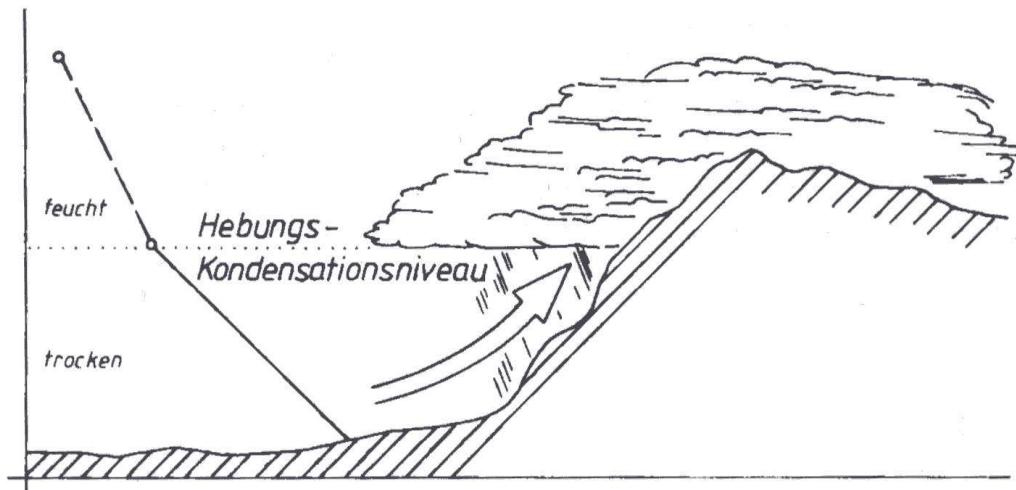


Abbildung 9: Steigregen (Kassera, S. 142)

Eine wichtige Rolle spielt nicht nur der Hebungsvorgang, sondern auch das Aufstauen von Luftmassen vor dem Gebirge; die Luftmassen schichten sich dann schon vor dem Gebirge auf und können lang anhaltenden Regen hervorrufen.

Für den mitteleuropäischen Raum ist von entscheidender Rolle, dass der Hebungsvorgang meist schon durch das Aufwehen auf das Festland in Gang gesetzt wird. Die feuchtkalte Luft aus Nordwesten wird dabei durch das Relief geringfügig angehoben und zudem durch die warm aufsteigende Luft des Festlands nach oben transportiert. Hierdurch fällt der Niederschlag mitunter schon mit Erreichen der Küste.

Hält sich bei Gebirgszügen der Niederschlag hartnäckig auf der Luvseite, so ist die Leeseite oft von warmen und trockenen Wetterperioden geprägt. Diese hängen mit der adiabatischen Erwärmung der Luft zusammen, welche nach dem Überwinden des orographischen Hindernisses talabwärts geführt und somit adiabatisch erwärmt wird. Derartige Phänomene lassen für das Alpenvorland den Föhn entstehen und machen Freiburg – leeseitig der Vogesen – zu einer sehr warmen und niederschlagsarmen Stadt.

### 3.3 Niederschlagsarten

Der Niederschlag gehört der Gruppe der Meteore an und grenzt sich in seinem Element als Klasse der Wassermeteore von der Klasse der Feuermeteore ab. Innerhalb dieser „Meteore“ologie unterscheidet man den Niederschlag nach seinem Aggregatzustand und unterteilt in festen und flüssigen Niederschlag. Die einzelnen Niederschlagsarten sollen im Folgenden vorgestellt werden:

### 3.3.1 Feste Niederschläge

Die festen Niederschläge, bei denen das Wasser in festem Aggregatzustand die Erdoberfläche erreicht, werden nach Häckel in einzelne Eiskristalle, Schnee, Graupel, Hagel und Eiskörper unterschieden. Eine Klassifikation des festen Niederschlags hat Nakaya vorgenommen; die 40 wichtigsten Niederschlagstypen werden in Abbildung 10 dargestellt:

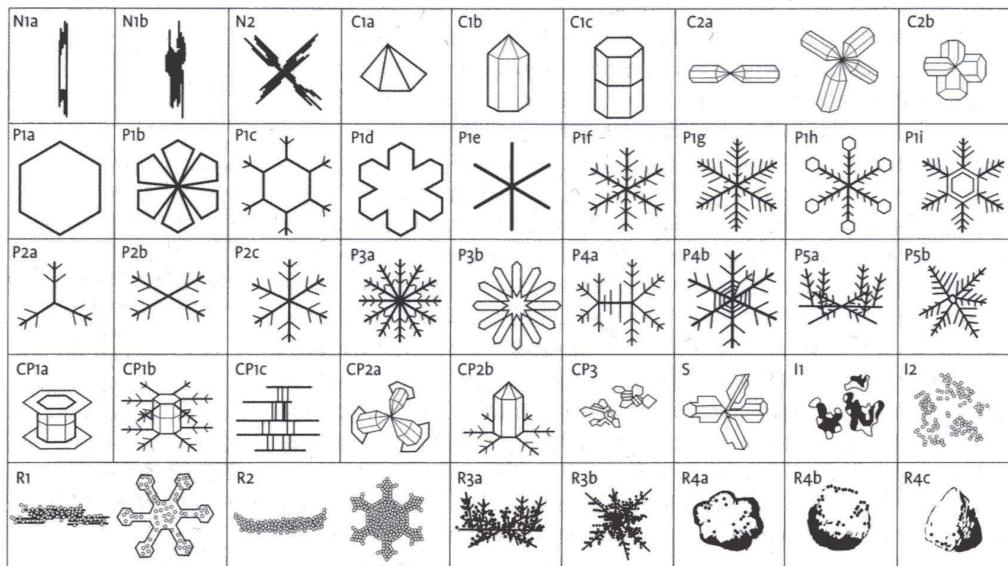


Abbildung 10: Typisierung des festen Niederschlags nach Nakaya

(Häckel, S. 130)

Ausschlaggebende Faktoren für die Bildung der verschiedenen Niederschlagstypen sind die Temperatur und die Feuchtesättigung in Bezug auf Eis. Die Eiskristalle typisieren sich also durch die atmosphärischen Verhältnisse der einzelnen Luftsichten und lassen als „indirekte Aerologie“<sup>72</sup> Rückschlüsse auf die Bedingungen zu, unter denen diese Eiskristalle entstanden sind. In kalten Luftsichten wieder gefrierender Regen bilden die letzte Niederschlagsart nach Häckel: die Eiskörper.<sup>73</sup>

<sup>72</sup> Häckel, S. 131.

<sup>73</sup> Häckel, S. 125.

### 3.3.2 Flüssige Niederschläge

Unter Aspekten der zeitlichen Charakteristik kann grundsätzlich zwischen einem kurzzeitigen Schauer und einem länger anhaltenden Landregen unterschieden werden.<sup>74</sup>

Die kleinste Form des flüssigen Niederschlages ist der Nieselregen. Mit einer Größe zwischen 0.05 und 0.25 mm ist ihr Fallgeschwindigkeit sehr gering; die Wassertropfen können sehr leicht von der Luftbewegung mitgenommen werden – Aufwinde lassen die Wassertropfchen in der Luft schweben und durch Koaleszenz weiter wachsen.<sup>75</sup> Nieselregen fällt oft aus tiefen Stratuswolken, ist aber auch schon in sehr feuchtem Nebel bemerkbar.<sup>76</sup>

Die vom Umfang der ausscheidenden Wassertropfen größere Form des Niederschlages ist der Regen. Für die Entstehung des Regens, der einen Radius von 2-3 mm hat, wird zwischen tropischen und den nicht-tropischen Regionen unterschieden.<sup>77</sup> Die tropischen Regionen kennzeichnen sich durch eine enorme Niederschlagsdynamik, die durch Insolation und Wasserdampfgehalt in der Luft begründet ist. Hier entstehen Formen der Cumulus-Gattung, die sehr mächtig sind. Durch Koleszenz bilden sich nach und nach Wassertropfchen, die allmählich Tropfen verschiedener Größe bilden. Diese fallen analog zu ihrer Größe in unterschiedlicher Geschwindigkeit zu Boden und nehmen dabei weiter an Masse zu. Für das Entstehen eines derartigen Niederschlages ist ein große Menge Wasserdampf notwendig, innerhalb welchem sich die Wassertropfchen mit den vorhandenen Regentropfen koagulieren können.

Für den nicht-tropischen Bereich ist eine derartige Wasserdampfmenge nicht gegeben. Daher wird davon ausgegangen, dass nach Findeisen und Bergeron die in den oberen Wolkenschichten vorhandenen Eiskerne<sup>78</sup> den Wasserdampf der Wolken an sich ziehen und später als Niederschlag ausfallen. Wichtig hierfür ist zum Einen der Wasserdampfstrom, der in zwei Entstehungsschritte eingeteilt werden kann: in direkter Umgebung der Eiskristalle ist der Sättigungsdampfdruck erniedrigt, was zu einem Kondensieren des Wasserdampfes zur Folge hat. Hierdurch sinkt der atmosphärische Partialdampfdruck des Wassers, was in einem

---

<sup>74</sup> Vgl. Schönwiese, S. 83.

<sup>75</sup> Vgl. Kapitel 3.1.1.

<sup>76</sup> Vgl. Häckel, S. 125.

<sup>77</sup> Vgl. im Folgenden Häckel, S. 125ff.

<sup>78</sup> Ein Eiskern ist zwar – analog zum Kondensationskern – nicht zwingende Voraussetzung für die Bildung von Eiskristallen, ermöglicht diese aber schon bei höheren Temperaturen. – Vgl. hierzu Häckel, S. 126f. und 131.

zweiten Schritt das Verdunsten des Wolkenwassers mit sich bringt. Die so gebildeten Eiskristalle vergrößern sich, bis ihre Schwere zum Absinken führt. Diesem Absinken wirken dabei Aufwinde entgegen, die die Eiskristalle für längere Zeit in der Schwebe halten können. Wenn Wassertropfen mit Eiskristallen koagulieren, entstehen kleine undurchsichtige Eiskugeln, die „sich als spröde und brüchig erweisen.“<sup>79</sup> Diese werden Graupel genannt.

Hagel hingegen entsteht durch das schlagartige Kristallisieren an Eiskernen. Auf jedem „der nur in geringer Zahl vorhandene[n] Eiskristalle[n] [kann] sich eine unverhältnismäßige große Wassermenge absetzen. Die Folge davon ist ein fast explosionsartiges Wachstum der Eispartikel.“<sup>80</sup> Diese können ggf. durch Turbulenzen innerhalb einer Wolke gehalten werden und somit weiter anwachsen. Ergebnis ist eine mechanisch stabile Eiskugel.

In den tieferen und damit wärmeren Schichten tauen diese Eiskristalle mitunter vollständig auf und fallen als Wassertropfen aus der Wolke. Durch den Luftstrom werden die Wassertropfen dabei noch weiter auseinander gerissen und fallen in der oben genannten Größe zu Boden.

### 3.3.3 Beschläge

Ausscheidungen, „die nicht auf den Boden fallen, sondern sich an jeder Art von Hindernissen absetzen“<sup>81</sup>, werden Beschläge genannt. Diese können flüssig oder fest sein: zu den flüssigen Beschlägen gehören, Tau und Nebeltraufe, zu den festen Reif, Raureif, Klareis, Glatteis und Raueis.<sup>82</sup>

## 3.4 Niederschlagsmessung

Die Messung des Niederschlags ist sehr komplex und zum Teil mit einer hohen Fehlerquote behaftet. International einheitliche Standards sind nicht vorhanden und das tägliche Ablesen erfordert eine hohe Disziplin. Gerade das Niederschlagsmessnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basiert zum größten Teil auf einem ehrenamtlich betriebenen Messnetz<sup>83</sup>, wie Tabelle 1 zeigt:

---

<sup>79</sup> Häckel, S. 131.

<sup>80</sup> Häckel, S. 135.

<sup>81</sup> Häckel, S. 147.

<sup>82</sup> Vgl. Häckel, S. 147. – zur Entstehung der Beschläge Vgl. Häckel, S. 147ff.

<sup>83</sup> Vgl. DWD online: Detailbeschreibung der Klimakarten, Kap. 2.1.

Tabelle 1: Stationsdichte des DWD (DWD-online)

Stationsdichte (Stand 01. 10. 2004)			
Stationstyp	Anzahl	1 Station pro ... km <sup>2</sup>	Mittlerer Stationsabstand (km)
Hauptamtliche Stationen	172 (einschl. Automaten)	2074	46
Haupt- und nebenamtliche Klimastationen	576	619	25
Niederschlagsstationen (einschl. Klimastationen)	3162	113	11

Alle Wetterstationen zusammen ergeben das in der Abbildung 12 abgebildete Niederschlagsmessnetz mit nahezu 4000 Niederschlagsstationen. In dieser Karte lässt sich die enorm hohe Netzdichte erkennen, welche sich in einer „Maschenweite von nur  $9 * 9 \text{ km}^{84}$ “ äußert. Online abrufbar sind beim DWD Niederschlagsdaten von ca. 4700 Stationen, von welchen aber nicht mehr alle unterhalten werden.

### 3.4.1 Messgeräte und Messeinheiten

Der *Regenmelder* misst nicht die Menge des Niederschlags, sondern nur den Zeitpunkt des Niederschlags. Eine mit elektronischen Leiterbahnen durchzogene Heizplatte aus Kunststoff gibt dabei ein Meldesignal ab, sobald Niederschlag auf diese Heizplatte trifft. Das Aufheizen der Platte sorgt dabei für ein schnelles Verdunsten des Wassers, sodass eine kurzperiodische Messreihe möglich ist.<sup>85</sup>

„Das Standardmessgerät für den Niederschlag ist der Regenmesser nach Hellmann.“<sup>86</sup> Wie im Kapitel 3.4.2 näher zu untersuchen sein wird, ist die Messung des Niederschlags in seiner Genauigkeit durch Wegspritzen des Niederschlags, Verdunsten und starken Winden sehr anfällig. Die hohe Konstruktion und der abgeschrägte Rand, sowie die Trichterform im unteren Bereich sollen dafür sorgen, dass der auftreffende Niederschlag bis zur Messabnahme im Gerät verbleibt. Bei Schneefall verhindert ein kleines Kreuz das Herauswehen. Zur Messung wird das Gerät in einen kühlen Raum gestellt und der Niederschlag nach Schmelzen des Schnees gemessen.<sup>87</sup> Weiterhin gibt es die Möglichkeit, mit dem registrierenden Niederschlagsmesser den zeitlichen Verlauf

<sup>84</sup> Häckel, S. 384.

<sup>85</sup> Vgl. Häckel, S. 384.

<sup>86</sup> Häckel, S. 384.

<sup>87</sup> Vgl. Häckel, S. 386.

der Niederschlagsintensität zu messen.<sup>88</sup> Dokumentiert wird der Niederschlag in Millimetern beziehungsweise in Litern pro Quadratmetern.<sup>89</sup> Darüber hinaus gibt der DWD seine Daten in Zehntelmillimetern heraus.

### 3.4.2 Messfehler und Qualitätsbewertung

Die Messfehler bei der Niederschlagsmessung sind sehr ausgeprägt. Gründe hierfür können sein:

- hohe räumliche Variabilität: der Niederschlag wird an einem Ort gemessen und anschließend interpoliert; kleinräumig Unterschiede finden keine Berücksichtigung (z.B. Luv-/Lee-Effekte).<sup>90</sup>
- zeitliche Variabilität: die Messung erfolgt nur einmal pro Tag und der Messwert wird auf den ganzen Tag bezogen; kleinperiodische Differenzierungen werden nicht vorgenommen.<sup>91</sup>
- Standortwahl: Stationen, die am Gebäude befestigt sind, verfälschen die Messwerte enorm, vor allem, wenn sie beispielsweise an der regenabgewandten Seite installiert sind.
- Wind: gerade bei Schneefall kann die Fehlerquote bei über 50 % liegen, aber auch bei Regen ist die Fehlerquote sehr variabel.<sup>92</sup>
- Mess- und Beobachtungsfehler: da die meisten Stationen von Hand betrieben werden und zudem ehrenamtlich, ist die persönliche Disziplin bei der Messung enorm wichtig. Hierzu gehören das tägliche Ablesen der Messdaten sowie die Wartung der installierten Geräte. Auch ist die Qualität der Messgeräte für die Repräsentanz der Daten wichtig. Darüber hinaus gibt es statistische Fehler, welche im Rahmen dieser Arbeit nicht erörtert werden.<sup>93</sup>

Der Deutsche Wetterdienst unterzieht seine Messreihen einer ständigen Qualitätssicherung. Dabei können ganze Datenbestände durch Qualitätsniveaus und einzelne Messdaten durch Qualitätsbytes in ihrer Qualität bestimmt werden. Da die Ausgabe der Niederschlagsdaten ohne eine Qualitätsbeschreibung erfolgte, soll auf die Sicherung der Datenqualität nicht weiter eingegangen werden.<sup>94</sup>

---

<sup>88</sup> zu den einzelnen Messverfahren vergleiche Häckel, S. 386f.

<sup>89</sup> Vgl. Schönwiese, S. 86.

<sup>90</sup> Vgl. Schönwiese, S. 83f.

<sup>91</sup> Vgl. Schönwiese, S. 84.

<sup>92</sup> Vgl. Schönwiese, S. 84.

<sup>93</sup> Vgl. weiterführend Schönwiese, S. 100ff.

<sup>94</sup> Vgl. aber hierzu DWD online: Qualitätssicherung der Fachdatenbanken.

## 4 Forschungsmethodik

Im Zentrum dieser Arbeit steht der Vergleich des Niederschlags in Münster mit den Niederschlagsdaten bundesweiter Stationen. Dieses Kapitel soll die grundlegende Datenauswahl für die in Kapitel 5 erfolgende Analyse der Niederschlagsdaten erörtern und argumentieren. Dabei werden Auswahl der Daten, der Filterungen und Aussagekraft untersucht, sowie die Vergleichsmethoden vorgestellt.

### 4.1 Zusammenstellung der Datenkollektive

Für die Vergleichsanalyse der Station Münster dienten Messdaten des Deutschen Wetterdienstes. Diese können zum Teil online abgerufen werden, weitere Daten wurden vom DWD zur Verfügung gestellt. Die Datenkollektive sind nach bestimmten Kriterien zusammengestellt und anschließend gefiltert worden, um die Aussagekraft der Untersuchung zu gewährleisten. Bevor diese Vorgehensweise vorgestellt wird, muss kurz auf die Vergleichbarkeit der Station Münster mit den anderen Daten eingegangen werden.

#### 4.1.1 Vergleichbarkeit der Messdaten – Station Münster

Im Oktober 1991 ist der Betrieb der Wetterstation Münster vom Stadtgebiet (jetziger Standort des Naturkundemuseums, nahe Aasee) an den Flughafen Münster/Osnabrück verlegt worden. Die sich hieraus ergebende Frage nach der Vergleichbarkeit der Messdaten hat Böwer in seiner Arbeit über die Entwicklung des Klimas eingehend untersucht und eine weitestgehende Korrelation festgestellt.<sup>95</sup>

Daher soll im Folgenden davon ausgegangen werden, dass die Messreihe der Messstation am Flughafen Münster/Osnabrück als repräsentativ für die Stadt Münster gelten kann.

#### 4.1.2 Datenkollektiv Niederschlagsmenge

Für klimatologisch signifikante Aussagen müssen die Untersuchungsperioden einen Umfang von 30 Jahren haben. Der DWD bietet eine bundesweite Auswahl an Niederschlagsdaten online an, welche 4748 Stationen umfasst.<sup>96</sup> Dieses

---

<sup>95</sup> Vgl. Böwer, S. 26 ff.

<sup>96</sup> Vgl. DWD online, Mittelwerte der Periode 1961-1990.

Datenkollektiv (DK1) für die Mittelwerte des Niederschlags im Zeitraum 1961-1990 war Grundlage für den Vergleich der bundesweiten Niederschlagsverteilung. Die in Kapitel 4.1.3 beschriebenen Gütemängel in Bezug auf Repräsentanz der Messdaten konnten für die bundesweite Untersuchung der Niederschlagsmenge keine Berücksichtigung finden, da eine ausführliche Qualitätsuntersuchung der Datenbestände den Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung gesprengt hätte. Auch wurde in Bezug auf die variierende Messstationendichte und die Normalverteilung der Messdaten keine eingehende Untersuchung vorgenommen.

#### 4.1.3 Datenkollektiv Niederschlagshäufigkeit

Von zentralem Interesse war die Häufigkeitsverteilung des Niederschlags in Münster im bundesweiten Vergleich. Die Vergleichsstationen sollten dabei der mittleren Jahresniederschlagsmenge Münsters entsprechen, um einen Vergleich der Niederschlagshäufigkeit bei ähnlicher Niederschlagsmenge plausibler zu gestalten. Da Münster in der Periode 1961-1990 ein Niederschlagsmittel von 756 mm pro Jahr aufwies, wurde eine Stationsliste herausgefiltert, innerhalb welcher die Stationen ein jährliches Niederschlagsmittel zwischen 750 und 760 mm aufzeigten. Eine derartige isohyetische Auswahl der Regenstationen soll den Unterschied zwischen einer jährlichen Regenmenge und der jährlichen Niederschlagshäufigkeit deutlich machen. Da die Regenmenge durch die Wahl des oben genannten Intervalls festgelegt wurde, kann so ein Vergleich der Niederschlagshäufigkeit deutlicher erarbeitet werden. Das vom DWD angeforderte Datenkollektiv umfasste 113 Stationen. Der Umfang der vom DWD bereitgestellten Daten betrug 110 Stationen. Die Daten der Stationen *Albersrieth*, *Homburg v.d.H*, *Kröning-Kirchberg* und *Wüstenbuch* konnten nicht geliefert werden, die Station *Jülich-Kernfusionsanlage* wurde zusätzlich geliefert, aber – auch wegen der zu geringen Datenmenge – aus dem Datenbestand (DK2) gefiltert – vergleiche Tabelle 16.

Problematisiert werden muss der bereitgestellte Datensatz in Bezug auf seine Repräsentanz im Hinblick auf die hier durchgeführte Analyse. Als Grundlage für die Filterung der Stationen gleichen Niederschlags war die Normalperiode 1961-1990 genutzt worden. Die gelieferten Messdaten beliefen sich jedoch auf die aktuelle Normalperiode von 1971-2000, was in den Niederschlagssummen teils zu Abweichungen von den ursprünglichen Filterkriterien führte.

Der Datenzeitraum 1971-2000 umfasste 10958 Messtage, anhand welcher die Datenqualität gemessen wurde. Stationen, deren Datenlücken so groß waren, dass Durchschnittberechnungen die Ergebnisse verfälscht hätten, wurden aus dem

Kollektiv gefiltert. Um repräsentative Ergebnisse im Hinblick auf die jahreszeitlichen Berechnungen durchführen zu können, wurden Stationen herausgefiltert, bei welchen innerhalb der Normalperiode eine Jahreszeit mehr als zwei fehlende Monate innerhalb der entsprechenden Jahreszeit aufwies. Somit verblieb ein Datenbestand von 74 Stationen (DK3 – vergleiche Tabelle 17).<sup>97</sup>

Fehlende Datenbereiche wurden – insofern notwendig – gesondert ausgewiesen.

Um für den gesamten Jahreszeitraum vollständige, meteorologische Jahre bzw. Jahreszeiten untersuchen zu können, wurden die Messdaten des Dezembers 2000 vor die Messdaten des Januars 1971 gestellt, sodass der Winter 1971 einen quasi vollständigen Datenbestand aufweist. Dieses achronologische Vorgehen ist insofern unkritisch, als in dieser Untersuchung keine Trendanalyse vorgenommen wurde.

## 4.2 Vergleichsuntersuchung – Methodik

Die Untersuchung der Niederschlagsmengen erfolgte sowohl räumlich als auch zeitlich *top down*: in Bezug auf Klimascales galten die Betrachtungsräume:

- Deutschland
- Nordwestdeutschland<sup>98</sup>
- Nordrhein-Westfalen und
- Spotklima einzelner, frei gewählter Stationen.

Zeitlich sind die durchschnittlichen Jahresmittel sowie die Jahreszeitenmittel gewählt worden. Für den bundesweiten Vergleich wird zudem der Median kurz diskutiert. Der Median relativiert die Aussagekraft der Extremwerte. Da diese aber in der Ergebnisdiskussion entscheidend sind, soll dem Median innerhalb dieser Untersuchung keine gravierende Bedeutung zugesprochen werden. Die Daten der ausgewählten Wetterstationen sollen einzeln diskutiert werden, weil bei diesen eine Durchschnittsberechnung aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht sinnvoll erscheint.

---

<sup>97</sup> Da der Datenbestand DK2 innerhalb dieser Auswahl teilweise erhebliche Lücken aufwies – die vorliegenden Messdaten der Station Bad Segeberg betragen nur 8% der potenziellen Messtage –, muss die Repräsentanz und Vergleichbarkeit aller der vom DWD online gestellten Daten grundsätzlich skeptisch betrachtet werden.

<sup>98</sup> Die Definition der Bezugsräume wurde aus zwei Gründen nicht nach naturräumlichen, sondern vielmehr nach politischen Grenzen erstellt: zum Einen aus Perzeptionsgründen, zum Anderen war eine Filterung nach Bundesländern durch die Datenangaben im Kollektiv sehr leicht durchzuführen.

Innerhalb des DK3<sup>99</sup> wurden mehrere Vergleichsuntersuchungen durchgeführt:

- Für den gesamten Zeitraum fand die Berechnung der Niederschlagstage statt. Ein Regentag ist ein Tag, an welchem Regen fällt. So banal diese Definition zunächst klingen mag, so diskussionswürdig ist die Bestimmung eines Grenzwertes: Geht der DWD bei seinen Messungen immer von einem messbaren Niederschlag aus – sprich: der Niederschlag beträgt mindestens 0.1 mm –, so geht Jörg Kachelmann von einem Grenzwert aus, der bei 1 mm pro Tag liegt. Auch Schirmer geht in seinen Analysen von einem Grenzwert von 1 mm aus. Da seine Untersuchung für die landesräumliche Planung relevant war, argumentiert er diesen Grenzwert wie folgt: „Erst ab diesem Schwellenwert beginnen sich die Auswirkungen des Niederschlags (z.B. Landwirtschaft) bemerkbar zu machen.“ Neben der telefonischen Aussage des DWD, dass ein derartiger Grenzwert „sehr hoch gewählt sei“, sollen zwei weitere Gründe einen in dieser Arbeit gesetzten Schwellenwert von 0.1 mm rechtfertigen: Wie Kapitel 5 zeigen wird, fällt ein nicht unerheblicher Teil des Niederschlags an Tagen mit einem Messwert von unter 1 mm; diese Position soll nicht vernachlässigt werden. Da neben den statistischen Untersuchungen auch das Wetterempfinden des Menschen im Zentrum dieser Arbeit steht, soll der Grenzwert des Niederschlags möglichst gering gehalten werden, um einer eventuell hohen Wetterempfindlichkeit des Einzelnen gerecht zu werden. – Neben dem messbaren Niederschlag gibt es auch noch den beobachtbaren Niederschlag, der aber so gering sein kann, dass er von Messgeräten nicht erfasst wird. Auch dieser Aspekt spricht für einen geringen Grenzwert bei der Niederschlagserfassung.
- Die Niederschlagstage der gesamten Messperiode sind aus Perceptionsgründen in der Abbildung 11 auf die durchschnittliche Anzahl der Niederschlagstage pro Jahr (365 Tage) umgerechnet worden. Hierbei erfolgte eine Hochrechnung fehlender Messdaten.
- Eine Untersuchung der Häufigkeitsverteilung sollte eine Klassifizierung der Regencharakteristik einzelner Regionen ermöglichen. Wetterstationen, die viele Tage mit geringen Niederschlagswerten aufzeichnen, deuten dabei auf häufigen Landregen hin; Stationen, die vermehrt hohe Werte aufweisen, lassen auf eine erhöhte Schaueraktivität schließen. Die Skalierung, welche als Grundlage der Häufigkeitsauszählung diente, lehnte sich dabei an die Grenzwerte des DWD an.<sup>100</sup> Eine Häufigkeitsverteilung hat zudem den

---

<sup>99</sup> Vgl. Kapitel 4.1.2.

<sup>100</sup> Vgl. DWD 2000, S. 14.

gravierenden Vorteil, mehr Aufschluss über die Schwankungsbreite der Messdaten zu geben. Mittelwert und Median lassen diese Größe außen vor und dezimieren mitunter die Aussagekraft der Niederschlagswerte.<sup>101</sup>

- In einem letzten Schritt wurden die jahreszeitlichen Umrechnungen der Niederschläge und der Regentage miteinander verglichen, um zu zeigen, wie sich die Regenmenge innerhalb der Jahreszeiten auf die Regentage verteilt. Hierzu wurde neben der prozentualen Verteilung von Niederschlag und Regentage ein Index erstellt, der sich als Quotient von prozentualen Anteil einer Jahreszeit am Gesamtjahresniederschlag und dem prozentualen Anteil einer Jahreszeit an den durchschnittlichen Niederschlagstagen errechnen lässt. Jahreszeiten, deren Indexwert  $> 1$  ist, weisen nach dieser Berechnung eine höhere Niederschlagsintensität aus als Jahreszeiten, deren Indexwert  $< 1$  ist. Eine derartige Untersuchung trifft keine qualitativen Aussagen, sondern es werden lediglich Tendenzen innerhalb der Jahreszeiten aufgezeigt.

---

<sup>101</sup> Zur Problematik der Mittelwerte und der Häufigkeitsverteilung vergleiche Cappel, S. 11ff.

## 5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse aus den Vergleichsanalysen vorgestellt. Im ersten Teil sollen die Werte der Niederschlagsmenge und im zweiten Teil die Ergebnisse der Häufigkeitsauszählung aufgeführt werden. Abschließend erfolgt die Untersuchung der jahreszeitlichen Niederschlagsintensität in Kapitel 5.3.

### 5.1 Niederschlagsmenge Münsters im Vergleich

Im *bundesweiten Durchschnitt* der Jahresniederschlagssummen lässt sich in Münster ein Niederschlag von 756.8 mm messen. Damit weist Münster 41.1 mm weniger Niederschlag auf als der Bundesdurchschnitt.

Ein Vergleich der Niederschlagssumme Münsters mit dem Median des DK 1 zeigt, dass Münster 13.8 mm mehr Niederschlag aufweist und damit geringfügig über dem Medianwert liegt. Ein Vergleich dieser Mittelwerte mit den Daten Münsters zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990:  
bundesweite Stationen im Vergleich mit Münster

	Mittel	Medianwert
Deutschland	797.9	742.9
<b>Münster</b>	756.8	756.8
Differenz	-41.1	13.8
in %	-5.2	1.9

Untersucht man die jahreszeitliche Verteilung des Gesamtniederschlags, stellt man fest, dass in Münster der Frühling, besonders aber der Sommer mit 34.9 mm beachtenswert weniger Niederschlag aufweist als das bundesweite Mittel; lediglich die zweite Jahreshälfte ist durch etwas mehr Niederschlag gekennzeichnet:

Tabelle 3: Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990:  
bundesweite Stationen im Vergleich mit Münster

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Deutschland	189.5	242.8	183.5	182.0
<b>Münster</b>	176.4	207.9	184.5	187.9
Differenz	-13.1	-34.9	1.0	5.9
in %	-6.9	-14.4	0.5	3.2

Die Abweichung der Messdaten aus Münster ist vom *nordwest-deutschen* Mittel mit 62 mm höher als die Abweichung vom bundesweiten Durchschnitt. Mit 18.7 mm zeigt sich der Niederschlagswert für Münster weit unter dem Medianwert Nordwest-Deutschlands, was Tabelle 4 verdeutlicht:

Tabelle 4: Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990:  
nordwest-deutsche Stationen im Vergleich mit Münster

	Mittel	Medianwert
Nordwest-Deutschland	818.8	775.5
<b>Münster</b>	756.8	756.8
Differenz	-62.0	-18.7
in %	-7.6	-2.4

Die Differenz in den Jahresdurchschnittswerten lassen sich besonders im Sommer und Herbst wiederfinden. Bei einer Abweichung von ungefähr 20 mm zeigt sich Münster innerhalb der nordwestlichen Länder erheblich trockener als im Winter und Frühling: hier liegt die Abweichung bei 12 mm beziehungsweise 7.3 mm.

Tabelle 5: Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990:  
nordwest-deutsche Stationen im Vergleich mit Münster

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Nordwest-Deutschland	183.7	230.9	204.3	199.9
<b>Münster</b>	176.4	207.9	184.5	187.9
Differenz	-7.3	-23.0	-19.8	-12.0
in %	-4.0	-10.0	-9.7	-6.0

Weit unter dem langjährigen Mittel positioniert sich der Niederschlagswert Münsters auch im Vergleich zu den Stationen in *Nordrhein-Westfalen*. Hier weist Münster 17 % weniger Niederschlag auf als die Vergleichsstationen. Münster liegt zudem 79.1 mm unter dem Medianwert von 835.9 mm.

Tabelle 6: Mittlere Jahresniederschlagssumme – 1961-1990:  
nordrhein-westfälische Stationen im Vergleich mit Münster

	Mittel	Medianwert
Nordrhein-Westfalen	912.2	835.9
<b>Münster</b>	756.8	756.8
Differenz	-155.4	-79.1
in %	-17.0	-9.5

In Bezug auf die Jahreszeiten lässt sich feststellen, dass Münster ganzjährig unter den mittleren Niederschlagswerten liegt. Gerade der Winter zeigt sich dabei um ein Fünftel trockener als die nordrhein-westfälischen Messstationen:

Tabelle 7: Mittlere, jahreszeitliche Niederschlagssummen – 1961-1990:  
nordrhein-westfälische Stationen im Vergleich mit Münster

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	213.3	246.7	217.3	234.9
<b>Münster</b>	176.4	207.9	184.5	187.9
Differenz	-36.9	-38.8	-32.8	-47.0
in %	-17.3	-15.7	-15.1	-20.0

Unter den frei gewählten Vergleichsstationen in Nordrhein-Westfalen lässt sich sehr gut erkennen, dass Münster die Station mit den geringsten Niederschlagssummen darstellt. Besonders im Vergleich zum ostwestfälischen Raum lassen sich erhebliche Differenzen aufzeigen:

Tabelle 8: Mittlere Jahresniederschlagssummen – 1961-1990:  
frei gewählte Stationen aus NRW im Vergleich mit Münster

	Mittel	Differenz	in %
Bad Lippspringe	913.6	-156.8	-17.2
Bielefeld (Stadtteilnigung)	886.7	-129.9	-14.6
Osnabrück	856.0	-99.2	-11.6
Köln-Wahn	803.0	-46.2	-5.8
<b>Münster</b>	756.8		

## 5.2 Häufigkeitsverteilung des Niederschlags

In Münster regnet es durchschnittlich an 190 Tagen des Jahres. Damit regnet es über die Hälfte des Jahres und um 10 Tage mehr als das Mittel der Stationen gleichen Niederschlages in der Normalperiode 1971-2000 sowie 8 Tage mehr als der Medianwert des Vergleichskollektivs.

Innerhalb der 74 Stationen gibt es 13 Stationen, die mehr Niederschlagstage und 60 Stationen, die weniger Niederschlagstage als Münster aufweisen. Was die Abbildung 11 zeigt, verdeutlicht auch das Verhältnis von Mittelwert und Median: die Extremwerte verteilen sich relativ gleichmäßig, wobei es mehr Stationen mit weniger Niederschlagstagen als Stationen mit mehr Niederschlagstagen gibt.

Die meisten Niederschlagstage sind in der norddeutschen Tiefebene zu messen, wobei die Station Emmerthal-Gronde mit Lage im Weserbergland die Ausnahme bildet – zugleich ist bei dieser Station mit 212 Niederschlagstagen im Jahr die Regenwahrscheinlichkeit am höchsten.

Auffällig ist zudem die Station Bruckeberg, welche mit 134 Niederschlagstagen im Jahr 19 Niederschlagstage weniger als die Station Biberbach aufweist – vergleiche hierzu Abbildung 11.

Tabelle 9: Häufigkeit der Niederschlagstage pro Jahr bei Isohyete 750-760 mm

	Mittel	Median	Maximalwert	Minimalwert
Isohyetische Stationen	180	182	212	134
<b>Münster</b>	190	190	190	190
Differenz	10	8	-22	56
in %	5.3	4.4	-10.6	41.7

Der Skalierung des DWD entsprechend zeigt Tabelle 17 die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Skalenwerte beziehungsweise Skalenintervalle.

Die Abbildungen 15 bis 22 geben Aufschluss darüber, wie oft die einzelnen Niederschlagswerte innerhalb der 30-jährigen Normalperiode vorgekommen sind. Hierbei fällt auf, dass in Bezug auf die Extremwerte der jeweiligen Häufigkeitsverteilung eine Nord-Süd-Differenz vorliegt: Während die Stationen mit den wenigsten niederschlagsfreien Tagen in den nordwest-deutschen Bundesländern liegt, sind die meisten niederschlagsfreien Tage in Bayern und Baden-Württemberg zu finden. Die Durchschnittswerte innerhalb dieser Gruppen zeigen auf, dass die nördlichen Stationen mit den meisten Niederschlagstagen alle 1.8 Tage mit Niederschlag rechnen müssen; die südlichen Stationen mit den wenigsten Niederschlagstagen zeichnen hingegen nur alle 1.6 Tage Niederschlag auf. In Bezug auf den Zeitraum von 30 Jahren macht die durchschnittliche Differenz 1996 Tage aus, das heißt, dass die nördlichen Stationen 66.5 mehr Niederschlagstage im Jahr aufweisen als die südlichen Stationen.

Bei dem Niederschlagswert von 0.1 mm zeigen sich diese Differenzen nicht sehr deutlich, was daran liegen kann, dass die Anzahl der Niederschlagstage im mittleren Bereich recht gleichmäßig verteilt sind. Aber auch hier zeigt die Verortung der Extremwertstationen, dass sieben der acht Stationen mit den wenigsten Niederschlagstagen im Süden Deutschlands (Bayern und Baden-Württemberg und jeweils eine Station in Rheinland-Pfalz und im südlichen Thüringen) zu finden sind.

Bei der Verteilung der Niederschlagswerte 0.2 und 0.3 mm wird deutlich, dass sich die Stationen, die diese Werte weniger häufig messen, ausschließlich in Bayern und im südlichen Thüringen finden lassen, hingegen werden diese Werte an sehr vielen Tagen im Jahr sowohl im Süden als auch (leicht vermehrt) im Norden gemessen. Gerade die Stationen Biberbach und Affing belegen jedoch, dass sich die Differenz in der Häufigkeitsverteilung sehr kleinräumig zeigen kann.

Die Nord-Süd-Polarität zeigt sich bei den Niederschlagswerten von 0.4 bis 1.0 mm wieder deutlicher: Acht der zehn Stationen mit den meisten

Niederschlagstagen lassen sich im Norden ausmachen, die vier Stationen mit den wenigsten Niederschlagstagen innerhalb dieses Intervalls befinden sich im Alpenvorland. Erneut auffällig ist die Diskrepanz zwischen den Stationen Biberbach und Affing. Aber auch im Norden zeigt sich eine – wenngleich weniger stark ausgeprägte – Diskrepanz zwischen den Stationen Breitenhees und Sprakensehl-Hagen.

Noch stärker differieren die nördlichen und südlichen Stationen im Skalenintervall von 1.1 bis 10.0 mm. Zwar gibt es im Süden zwei Stationen (Adorf und Lingerhahn), welche diese Niederschlagswerte recht häufig aufweisen, jedoch lassen sich die Stationen mit den meisten Niederschlagstagen im Norden finden - die Station Osdorf stellt hier jedoch eine Ausnahme dar.

Bei der Verteilung der Tagessummen von 10.1 bis 20.0 mm scheint sich der Nord-Süd-Trend umzukehren. So lassen sich vier der sechs Stationen, die diese Werte eher selten messen, unter den nördlichen Stationen finden. Die ausgeprägte Häufigkeit dieser Niederschlagswerte lässt sich hingegen bei zwei nördlichen (Elisendorf und Dollerup-Streichmühle) und zwei südlichen (Thurnau und Bruckberg) Stationen ausmachen.

Mit vielen Tagen, die starke Regenfälle zwischen 20.1 und 50.0 mm aufweisen, ist eher bei Stationen im Alpenvorland und in Nehren zu rechnen; im Norden hingegen sind derartige Niederschlagstage verhältnismäßig selten zu verzeichnen.

Die Trennung zwischen Norden und Süden wird bei den Extremniederschlagswerten über 50.0 mm sehr deutlich. Die Stationen, die diese Tagessummen mehr als fünf Mal in 30 Jahren aufwiesen, lassen sich ausschließlich im Bereich des südlichen Mittelgebirges finden. Die Station Allersberg weist diesen Wert sogar zwölf Mal aus.

Die Station Münster zeigt bei der Häufigkeitsverteilung einer klaren Trennung. Sehr starke Regenfälle über 50 mm am Tag zeigen sich verhältnismäßig selten: hier liegt die Abweichung bei 23.08 % unter dem Durchschnitt der isohyetischen Stationen. Niederschlagstage mit Werten zwischen 20.1 und 50.0 mm lassen sich bei einer Abweichung von -6.58 % ebenfalls unterdurchschnittlich oft messen. Niederschlagswerte zwischen 1.1 und 19.9 mm finden sich beinahe genauso oft wie bei den Vergleichsstationen. Bei Niederschlagswerten unter einem Millimeter liegt die Anzahl der Regentage in Münster 13.88 % über dem Durchschnittswert. Niederschlagsfreie Tage werden in Münster um 4.87 % seltener gemessen als bei den Vergleichsstationen.

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung bei gruppierten Skalenwerten – alle Vergleichsstationen

	Regenmenge				
	0	0.1 - 1.0	1.1 - 20.0	20.1 - 50.0	>50.0
Mittel Vergleichsstationen	5541.00	1729.00	3566.03	112.40	3.90
<b>Münster</b>	5271.00	1969.00	3610.00	105.00	3.00
Abweichung	-270.00	240.00	43.97	-7.40	-0.90
in %	-4.87	13.88	1.23	-6.58	-23.08

Ein Vergleich Münsters mit den Stationen des norddeutschen Raums<sup>102</sup> zeigt, dass Münster in einem Jahr 1.3 Niederschlagstage mehr aufweist als der Schnitt der norddeutschen Vergleichsstationen. Vor allem bei den geringen Niederschlagswerten bis 1 mm zeigt Münster um 6.61 % mehr Niederschlagstage auf. Ähnliches gilt jedoch auch für die Niederschlagswerte über 20 mm. Hier liegt Münster um etwa 7 % über dem norddeutschen Mittel.

Es bleibt jedoch festzuhalten, dass auch im norddeutschen Raum Münster nicht den maximalen Wert der Niederschlagstage aufweist. Liegen im bundesweiten Vergleich 14 Stationen vor Münster, sind es im norddeutschen Raum immer noch 13 Stationen, die mehr Regentage zu verzeichnen haben. Bei den Niederschlagshöhen zwischen 0.1 und 0.9 mm weisen sieben Stationen noch mehr Niederschlagstage auf als Münster.

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung bei gruppierten Skalenwerten – norddeutsche Vergleichsstationen

	Regenmenge				
	0	0.1 - 0.9	1.0 - 19.9	20.0 - 50.0	>50.0
Mittel der norddeutschen Vergleichsstationen	5309.83	1846.94	3698.57	98.10	2.80
<b>Münster</b>	5271.00	1969.00	3610.00	105.00	3.00
Abweichung	-38.83	122.06	-88.57	6.90	0.20
in %	-0.73	6.61	-2.39	7.03	7.14

### 5.3 Untersuchung der jahreszeitlichen Niederschlagsintensität

Bei der jahreszeitlichen Verteilung der Regenmenge fällt auf, dass der meiste Niederschlag im Sommer fällt. Im Süden ist mit 31 % ist die sommerliche Niederschlagsmenge Deutschlands besonders hoch, dafür die winterliche

<sup>102</sup> Dieser soll durch den Breitengrad 51 vom süddeutschen Raum getrennt werden.

Niederschlagsmenge niedriger als in den anderen Scales. Bei diesen ist das Frühjahr als relativ trocken zu beschreiben; dies gilt mit 22 % des Gesamtjahresniederschlags vor allem für die Station Münster. Diese wiederum verzeichnet einen relativ hohen Regenanteil für den Herbst. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass Münster in der ersten Jahreshälfte im Verhältnis zu allen Bezugsgrößen mäßig trocken bleibt, während die zweite Jahreshälfte von überdurchschnittlicher Regenmenge gekennzeichnet ist. Dieses Resultat gleicht den Ergebnissen aus Kapitel 5.1. Auffällig ist jedoch, dass im Herbst nahezu die gleiche Niederschlagsmenge fällt wie im Sommer. Dieses prozentuale Gleichgewicht kann in der Normalperiode 1961-1990 nicht vorgefunden werden – vergleiche hierzu Tabelle 3.

Tabelle 12: Jahreszeitliche Verteilung der Regenmenge in %

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittelwert Norden	22.2	27.8	25.5	24.5
Mittelwert Süden	23.1	30.6	24.0	22.2
Mittelwert gesamt	22.7	29.3	24.7	23.7
<b>Münster</b>	21.9	26.7	26.6	24.7

Ein Blick auf die jahreszeitliche Verteilung der Regentage macht deutlich, dass die meisten Tage mit Niederschlag in den Winter fallen. Dieses gilt für alle Scales, wobei Münster den geringsten Wert aufweist. Die wenigsten Niederschlagstage weist der Sommer auf; auch hier bleibt Münster unterdurchschnittlich. Der Frühling ist für Münster mit einer durchschnittlichen – im Vergleich mit Norddeutschland jedoch überdurchschnittlichen – Anzahl an Regentagen gekennzeichnet. Im Vergleich mit allen Scales weist Münster im Herbst überdurchschnittlich viele Niederschlagstage auf.

Tabelle 13: Jahreszeitliche Verteilung der Regentage in %

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittelwert Norden	23.6	22.8	25.9	27.7
Mittelwert Süden	25.0	23.8	24.2	27.1
Mittelwert gesamt	24.4	23.3	25.0	27.4
<b>Münster</b>	24.3	22.7	26.0	27.0

Die Verteilung der Niederschlagsmenge auf die Niederschlagstage macht sich im Index bemerkbar. So lassen sich für den Sommer durchweg die niederschlagintensivsten Perioden ausmachen, wobei der Süden im Sommer überdurchschnittlich und Münster stark unterdurchschnittlich regenintensiv bleibt. Als unterdurchschnittlich ist für Münster das Frühjahr. In der zweiten Jahreshälfte jedoch steigt Münsters Regenintensität an. Hier ist Münster im Vergleich zu den

anderen Bezugsgrößen als überdurchschnittlich niederschlagsintensiv zu charakterisieren.

Tabelle 14: Indexwerte zur jahreszeitlichen Niederschlagsintensität

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittelwert Norden	0.94	1.22	0.99	0.88
Mittelwert Süden	0.92	1.29	0.99	0.82
Mittelwert gesamt	0.93	1.26	0.99	0.85
<b>Münster</b>	0.90	1.18	1.03	0.92

## 5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchungen der Niederschlagsverteilung haben ergeben, dass Münster im Vergleich zu allen Scales weniger Niederschlag aufweist als die zugrunde liegenden Vergleichsstationen. Lediglich im bundesweiten Vergleich sind die Jahreszeiten Herbst und Winter durch etwas mehr Niederschlag gekennzeichnet.

Für die Niederschlagscharakteristik Münsters im Vergleich zu den Niederschlagsstationen in Deutschland mit einer mittleren Niederschlags-Jahressumme zwischen 750 und 760 mm lässt sich festhalten, dass Münster ein recht gemäßigtes Regenverhalten erkennen lässt. Während in Bezug auf die reinen Regentage Münster 10 Tage pro Jahr über dem Mittel liegt und durchschnittlich alle 1.92 Tage Niederschlag zu verzeichnen hat, gibt es bei der Analyse der Häufigkeitsverteilung eine eigene Charakteristik: extrem starke Regenfälle kommen nur alle 10 Jahre vor; die Anzahl der Regentage zwischen 0.1 und 1 mm ist signifikant erhöht (+14 %). Im Vergleich zu den norddeutschen Niederschlagsstationen weist Münster eher durchschnittlich viele Regentage auf. Die Station mit den meisten Niederschlagstagen (Emmerthal-Gronde) verzeichnet pro Jahr sogar gute drei Wochen länger Niederschlag als Münster.

Bezogen auf die Niederschlagsintensität innerhalb der Jahreszeiten ähneln die Ergebnisse denen der Niederschlagsverteilung: Bleiben Herbst und Winter überdurchschnittlich regenintensiv, verteilt sich im Vergleich die Regenmenge in der ersten Jahreshälfte auf eine relativ große Anzahl an Regentagen auf.

## 6 Interpretation

Münster kann sich in Bezug auf die Niederschlagsmenge nicht als regenreich bezeichnen. Der Blick auf die Niederschlagskarten im Anhang sowie die Auslegung der Niederschlagsdaten bescheinigen Münster ein durchschnittliches Regenverhalten.

Ursachen hierfür sind zum einen im Kontinentalitätsindex zu finden und damit verbunden in den „niederschlagsbringenden Winde[n]“<sup>103</sup>. Zum anderen spielen für andere Stationen die „auftretenden Stau- und Lee-Erscheinungen“<sup>104</sup> eine wichtige Rolle. Die Kombination aus Kontinentalität, westlichen bis südwestlichen Winden und der Gebirgshöhe der Mittelgebirge und der Alpen ergeben somit typische niederschlagsarme und niederschlagreiche Regionen in Deutschland:

Der norddeutsche Raum ist durch mäßige Niederschlagsmengen geprägt, wobei „sich die Auswirkungen zunehmender Kontinentalität von West nach Ost deutlich in der abnehmenden Niederschlagshöhe“<sup>105</sup> zeigen. Gleichfalls zeigt sich der Einfluss der Kontinentalität in den östlichen Mittelgebirgen, wo im Vergleich zu den westlichen Mittelgebirgen – und hier vor allem die Luvseite des Ebbegebirges, des Harzes, des Vogelbergs, und des Schwarzwaldes – weniger Niederschlag fällt. Durch die Höhenlage der Alpen ist der Stauungseffekt sehr groß, sodass hier die Maximalwerte des Jahresniederschlags gemessen werden.

Der Osten Deutschlands ist durch die Kontinentalität überdurchschnittlich trocken. Hier weist vor allem die Region im Lee des Harzes die niedrigsten Niederschlagshöhen Deutschlands auf.

Durch die enormen Niederschlagssummen, welche im Zuge der Luftmassenstauung hervorgerufen werden, ist der Mittelwert der Niederschlagshöhen höher als der Stationswert Münsters. Durch die hohe Dichte an Messstationen in der Harzregion und damit verbunden durch die vielen Stationen mit geringen Niederschlagshöhen lässt sich der geringere Medianwert im bundesweiten Vergleich erklären, der die Extremwerte der oben genannten, feuchten Regionen relativiert.

---

<sup>103</sup> Schirmer, S. 7.

<sup>104</sup> Schirmer, S. 7.

<sup>105</sup> Klimaatlas (1999), S. 13.

Im nordwest-deutschen Raum führen die Stationen des „Wasserturms Westdeutschlands“<sup>106</sup> und des Harzes zu einem relativ hohen Mittelwert, unter welchem Münster – inmitten der Münsterländer Bucht – liegen muss. Da der nordwest-deutsche Raum insgesamt als mäßig feucht zu bezeichnen ist, liegt der Medianwert – wie auch der Durchschnitt aller nordwest-deutschen Stationen – über dem Wert Münsters.

Das Süderbergland hat einen relativ großen Anteil an Nordrhein-Westfalen, sodass durch die dort gelegenen Stationen auch der nordrhein-westfälische Durchschnitt sehr hoch ist. Hinzu kommen die Luvseiten des Osnings und des Eggegebirges, welche stauungsbedingt hohe Niederschlagshöhen aufzeigen.<sup>107</sup> Derartige Rückstauungen wirken sich nicht auf den Raum Münster aus, sodass dieser die unterdurchschnittlichen Niederschläge ausweist.

Durch die Lage an Gebirgs-Luvseiten lässt sich auch erklären, warum Münster im Vergleich zu den frei gewählten Stationen sehr niederschlagsarm ist. Bad Lippspringe liegt im Luv des Eggegebirges, Bielefeld und zum Teil auch Osnabrück im Luv des Osnings und Köln verortet sich nord-westlich vom Rheinischen Schiefergebirge. Wird der Zusammenhang zwischen Leeseite und geringem Niederschlag bei selbst „unscheinbare[n] Erhebungen wie [dem] Fläming“<sup>108</sup> festgestellt, kann für Münster vielleicht ein Leeoeffekt auch durch die Baumberge im Nord-Westen Münsters hervorgerufen werden. Der geringe Höhenunterschied der Baumberge zum Fläming und der zudem hohe maritime Einfluss schließen eine Übertragung dieser Erklärung nicht aus.

Im norddeutschen Raum lassen sich – im Gegensatz zu den südlichen Stationen gleichen Jahresniederschlages – mehr Tage finden, die generell messbaren Niederschlag mit sich bringen, aber auch mehr Niederschlagstage aufzeigen, die grundsätzlich kleinere Niederschlagswerte verzeichnen lassen. Die Erklärung für eine derartig differierende Niederschlagscharakteristik lässt sich zum Einen in der Kontinentalität finden und zum Anderen in der Reliefenergie des Mittelgebirges: Das norddeutsche Tiefland steht – vereinfacht gesprochen – unter westlichen bis südwestlichen Windeinfluss und damit unter dem maritimen Einfluss des Atlantiks. Hierdurch werden feuchte Luftmassen auf das nordwest-europäische Festland geführt, sodass regelmäßige Niederschlagstage die Folge sind.<sup>109</sup> In den

<sup>106</sup> Vgl. Schirmer, S. 8. Schirmer verortet diesen Bereich zwischen dem Bergischen Land, dem Rothaargebirge und dem Westerwald. Im Folgenden soll die Bezeichnung „Süderbergland“ Verwendung finden.

<sup>107</sup> Vgl. Schirmer, S. 8.

<sup>108</sup> Klimaatlas (1999), S. 15.

<sup>109</sup> Vgl. hierzu auch Kapitel 3.2.2.

Mittelgebirgen kommt es zu einer „gewisse[n] Ähnlichkeit mit der Verteilung der mittleren Jahreshöhen des Niederschlags.“<sup>110</sup> Dieses trifft vor allem auf die Luvseiten der Gebirgszüge zu.

Für die südlichen Mittelgebirge kann eine derartige Erklärung nicht oder nur bedingt herangezogen werden. Der maritime Einfluss ist gemindert und die feuchteärmeren Luftmassen werden erst wieder durch die Höhen des Alpenlandes aufgestaut, um hier erneut auszuregen. Die erhöhte Sonnenscheindauer lässt für diesen Bereich die Bildung von konvektiver Bewölkung vermuten. Es werden keine großräumigen Luftmassen durch Tiefdruckzyklonen herangeführt. Demzufolge fehlt der kühlende Faktor, der im Norden Deutschlands vorherrscht. Somit entstehen Niederschlagswolken durch Thermikfelder. In Abhängigkeit von Einstrahlung und Feuchtepotenzial können derartige Thermikfelder sehr mächtig werden und beachtliche Regenmengen herbeiführen, die jedoch sehr kurzperiodisch sind und keinen länger anhaltenden Regen verursachen. Diese sonnenenergetische Dynamik fehlt im Winter, weswegen im Süden auch relativ wenig Niederschlag fällt. Da sich weiterhin der gesamte Jahresniederschlag tendenziell auf weniger Niederschlagstage verteilt und die Anzahl derjenigen Tage, die großen Niederschlagshöhen verzeichnen, deutlich höher ist als im Norden Deutschlands, kann eine erhöhte Schaueraktivität mit zwar einzelnen, aber starken Regenfällen interpretiert werden. Durch derart lokal bedingte Wetterereignisse lassen sich auch die kleinräumigen Unterschiede in der Niederschlagshäufigkeit einzelner Intervalle sehr gut nachvollziehen.

Der Norden hingegen ist von Tiefdruckausläufern geprägt, die ganzjährig Niederschlag verursachen. Hier fallen im Sommer gut 3 % mehr Niederschlag als im Winter, im Süden Deutschlands sind es im Sommer knapp 6 % mehr als im Winter. Dies zeigt, dass sich bei den nördlichen Stationen der Jahresniederschlag gleichmäßiger auf die Jahreszeiten verteilt als im Süden. Ursachen hierfür liegen hauptsächlich – wie oben dargestellt – im stärker maritim geprägten Charakter der Luftmassen.

---

<sup>110</sup> Schirmer, S. 9.

## 7 Mensch und Klima

Das folgende Kapitel soll einen kurzen Einblick in das Verhältnis von Mensch und Klima beziehungsweise von Mensch und Wetter geben. Es soll dabei – weil es diesen Anspruch nicht haben kann – nicht detailliert auf die verschiedenen Parameter eingehen, sondern vielmehr mit kurzen Beispielen aufzeigen, wie schwierig es ist, die Wetterwahrnehmung zu quantifizieren.

### 7.1 Einfluss des Menschen auf das Klima

Seit dem ersten Lagerfeuer beeinflusst der Mensch das Klima. Was vor der Industrialisierung wohl eher im kleinen Maßstab ablief, wird derzeit im Zuge der Klimaerwärmung vielschichtig und vielseitig diskutiert. Hierzu gehören beispielsweise Emissionen von Schadstoffen, Abholzung von Wäldern und großräumige Veränderungen des Landschaftsbildes. Ohne ein Verhältnis zu natürlichen Faktoren der Klimaerwärmung (erhöhte Sonnenaktivität, Vulkanausbrüche, Waldbrände durch Blitzschlag) zu beschreiben und ohne die anthropogenen Aktivitäten zu bewerten, „gilt es als ‚gesicherte Erkenntnis‘, dass im weltweiten Durchschnitt menschliches Handeln seit 1750 das Klima erwärmt hat – vorrangig durch den fossilen Brennstoffverbrauch, die Landwirtschaft und eine geänderte Landnutzung.“<sup>111</sup>

Sind großräumige Betrachtungen eher sehr abstrakt, so werden Klimaveränderungen im Kleinen stärker konkretisiert. Das Stadtklima mag hier als ein kurz skizziertes Beispiel dienen: durch erhöhten Regenwasserabfluss, stärkere Aufheizung während des Tages und erhöhte Wärmespeicherung durch die Bausubstanz wird deutlich, wie sehr die menschliche Lebensweise das Klima verändern kann.

### 7.2 Einfluss des Klimas auf den Menschen

Die verschiedenen klimatischen Faktoren werden grundsätzlich in drei Wirkungskomplexe unterschieden:

- chemische Faktoren (Partialdrucke bestimmter Gase),
- aktinische Faktoren (Strahlungswirkung, insbesondere UV und IR) und
- thermisch-hygrische Faktoren (physiologischer Wärmehaushalt).<sup>112</sup>

---

<sup>111</sup> IPCC-Bericht 2006, S. 1.

<sup>112</sup> Vgl. Schönwiese, S. 272.

Weiterhin lassen sich zum Teil elektrische und magnetische Faktoren und Faktoren, die im Rahmen von Wettervorgängen auftreten – wie z.B. die Wetterföhligkeit – hinzuzählen.<sup>113</sup> Die Wetterföhligkeit wiederum ist eine besonders sensible Form der Wetterreaktion, durch welche das Regulationssystem des Menschen Umweltreize als Stress empfindet. In seiner stärksten Form – der Wetterempfindlichkeit – gestaltet sich die Wetterreaktion als Belastung mit Krankheitswert.<sup>114</sup>

Ohne die vielen Faktoren genauer darstellen zu können, soll hier dennoch zusammengefasst werden, dass jeder Mensch in irgendeiner Form auf die Wettereinflüsse reagiert. Neben dem unbewusst ablaufenden Mechanismen treten aber auch Reaktionen auf, die der Mensch wahrnimmt und ab einem bestimmten Schwellenwert als unangenehm empfindet. Eine solche Grenze ist beispielsweise die „in der Literatur diskutierte Schwülegrenze[n]“<sup>115</sup>, die auch in der Abbildung 3 verzeichnet ist. Ob ein Mensch in seiner Wetterreaktion einen atmosphärischen Zustand als „schwüles Wetter“ wahrnimmt und ob er diesen Zustand als negativ einstuft, kann ein solches Diagramm nicht objektivieren. Daher muss festgehalten werden, dass die Beschreibung von Wetter stets datenorientiert erfolgen kann, die Verallgemeinerung von Wetterqualitäten im besten Fall als intersubjektive Konvention verstanden werden muss. Die Verquickung von meteorologischen Intensitäts- und Messgrößen mit subjektiven, oder gar ästhetischen Attributen („schönes Wetter“) ist stets kritisch zu hinterfragen: in welcher Form beispielsweise ein Mensch eine Temperatur „fühlt“, lässt sich durch eine mathematische Formel wie der „gefühlten Temperatur“ kaum berechnen.

### 7.3 Wetterwahrnehmung im Volksmund

Lassen sich mit mathematisch-meteorologischen Mitteln schwer die Wetterreaktionen und subjektive Wetterempfindungen normieren, so scheint eine Volksweisheit umso weniger hierzu in der Lage. Weisheiten zum Wetter und von der Bevölkerung kaum ernstgemeinte Bauernregeln charakterisieren Regionen bis an die normative Grenze. Im Gegensatz zu Bauernregeln, die oft auf Singularitäten beruhen (und bei denen nach Kachelmann in vielen „ein wahrer Kern“<sup>116</sup> steckt), ist eine regelmäßig wiederkehrende Großwetterlage bei der Volksweisheit „In Münster regnet's oder es läuten die Glocken...“ jedoch nicht

---

<sup>113</sup> Vgl. Schönwiese, S. 272f.

<sup>114</sup> Vgl. [www.quarks.de](http://www.quarks.de) (10.06.2007).

<sup>115</sup> Schönwiese, S. 275.

<sup>116</sup> Kachelmann, S. 11.

als Grundlage zu vermuten. Dennoch fühlen die Benutzer vieler Internetforen das schlechte Wetter („In Münster regnet es ja mehr als irgendwo sonst in Deutschland. Zumaldest hatte ich immer das Gefühl.“<sup>117</sup>) und berufen sich auf diese Weisheit und argumentieren das aktuell regnerische Wetter mit dem vermeintlichen Wahrheitsgehalt dieser Volksweisheit: „Bei uns ist das Wetter auch total bescheiden. Aber in Münster regnet es eh total viel. Es gibt den schönen Spruch: „In Münster regnet es, oder es läuten die Glocken, fällt beides zusammen, ist Sonntag.“ Ich würde mich aber echt mal wieder auf Sonne freuen, leicht depressiv macht mich das Wetter auch, außerdem ist mir kalt.“<sup>118</sup>

Ein weiterer Aspekt ist die Thematisierung des Wetters für die Werbeindustrie. Die lokale Werbung in den Lichtspielhäusern Münsters verwendet das Vorurteil des verregneten Wetters und wirbt wie folgt: „Wenn das Wetter irgendwo verrückt spielt, dann leider meist in Münster. Aber mit uns wissen Sie immer, was da draußen los ist!“<sup>119</sup> Ein derartiger Spot kann nur funktionieren, wenn der Identifikationsgrad mit dem suggeriert schlechten Wetter sehr hoch ist oder zumindest das Thema des schlechten Wetters in Münster als bekannt vorausgesetzt werden kann.

Eine im Jahr 2006 durchgeführte Umfrage des Instituts für Soziologie an der Universität Münster hat ergeben, dass zwar 72 % der Befragten Münster kein ausgesprochen regnerisches Wetter bescheinigen, aber 19,3 % der Befragten meinen, dass es in Münster tatsächlich mehr regne als in anderen Städten Deutschlands. Dem gegenüber glauben nur 8,7 %, dass es in Münster weniger regne. Die Anzahl der Wetterpessimisten ist demnach mehr als doppelt so hoch.<sup>120</sup> Diskutiert werden müsste der hohe Anteil der Bevölkerung, welcher Münster durchschnittliches Regenwetter bescheinigt. Inwieweit die Antworten in dem Interview durch das Wissen um die Volksweisheit beziehungsweise durch den Glauben an diese geprägt wird, bleibt innerhalb der Umfrage jedoch genauso ungeklärt wie die Frage, ob die Münsteraner meinen, dass es *mehr* oder *vielmehr* *öfter* regne. Auch müsste nach den Überlegungen dieser Arbeit gefragt werden, bei welcher Witterung die Interviews gestellt wurden. Nach mehreren Tagen Nieselregen dürfte die allgemeine Einschätzung zum Wetter sicherlich anders ausfallen als nach einer längeren Sonnenphase. Differenziertere Fragen zu diesem Thema wären ein interessanter Ansatz für weitere Forschungen.

---

<sup>117</sup> Zitat aus dem Internetforum der Hurricane-Bar.

<sup>118</sup> Zitat aus dem Internetforum „tv-sofa.de“ (Rechtschreibung korrigiert).

<sup>119</sup> Vgl. Werbespot des Radiosenders „Antenne Münster“.

<sup>120</sup> Vgl. Barometer der Universität Münster - Institut für Soziologie, S. 9.

Leider konnte im Zuge dieser Ausarbeitung eine eindeutige Genese der zugrunde liegenden Volksweisheit nicht herausgefunden werden. Recherchen mit lokalen Zeitungsarchiven, dem Stadtarchiv Münster, der Volkskundlichen Kommission Westfalen und im Internet konnten keine eindeutigen Hinweise geben. Es wurde jedoch immer auf Fabio Chigi – den späteren Papst Alexander VII. – hingewiesen, der während des Westfälischen Friedens als Nuntius des Papstes in Münster lebte und Land und Leute Westfalens eingehend beobachtete. „Es war für ihn Erholung, diese Beobachtungen in lateinischen Hexametern festzuhalten.“<sup>121</sup> Zentrale Thematik seiner Gedichte waren die Kuriositäten der Einwohner und deren Lebensweisen, aber auch das aus seiner Sicht regnerische Wetter. Tatsächlich lassen sich in den Aufzeichnungen während seines Aufenthaltes in Münster einige Passagen finden, die den Archetypus für die Volksweisheit bilden könnten. In seinen Berichten zur Stadt Münster, ihrer Gebäude, Einwohner und Sitten erwähnt Chigi die Lambertikirche: „Bis in die Wolken erheben sich die spitzen Türme, von denen, für alle hörbar, melodisches Glockengeläut klingt.“<sup>122</sup> Weniger melodisch, aber von wesentlich mehr Ironie geprägt, widmet Fabio Chigi dem Regenwetter ein eigenes Gedicht, dessen Anfang auf Seite II dieser Arbeit zitiert wird. Die Motive des ständigen Regens und des Glockenschlages wurden – so bleibt zu vermuten – im Volksmund tradiert und zu einer eigenen Volksweisheit formuliert. Daher bleibt auch zu vermuten, dass ein sonntäglicher Kirchengang im Regen die Konklusion der Volksweisheit hervorgebracht hat: „... fällt beides zusammen, ist Sonntag!

---

<sup>121</sup> Galen, S. 7

<sup>122</sup> Galen, S. 35

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Das letzte Kapitel soll die getroffenen Aussagen zusammenführen, ein Fazit ermöglichen, aber auch die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch beleuchten und weitere Ansätze erarbeiten, die Wettercharakteristik im Detail zu beschreiben.

### 8.1 Zusammenfassung

Diese Arbeit hat die Grundzüge der Klimatologie aufgezeigt, dabei Klimafaktoren sowie die wichtigsten Klimaelemente in ihrem Wirkungsgefüge vorgestellt. Der Niederschlag wurde in seiner Entstehung sowie in der Messung besonders thematisiert.

Aus den getroffenen Vorüberlegungen heraus wurden in einem ersten Schritt die statistischen Daten des Deutschen Wetterdienstes in Hinblick auf die räumliche Niederschlagsverteilung untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass Münster in allen Scales als unterdurchschnittlich regnerisch zu charakterisieren ist, was durch die westliche und damit recht maritime Lage zu erklären ist. Da Münster an keinem Gebirgszug liegt, treten stauungsbedingte Niederschläge nicht auf. Gerade Frühling und Sommer sind im bundesweiten Vergleich niederschlagsärmer.

Im Vergleich mit den Niederschlagsstationen, die im Zeitraum 1961-1990 einen ähnlichen Niederschlag aufwiesen, zeigen sich in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung folgende Charakteristika:

- Der norddeutsche Raum weist im Allgemeinen mehr Niederschlagstage auf als der süddeutsche Raum - vergleiche Abbildung 15.
- Dennoch ist Münster keine Stadt, welche extrem viele Niederschlagstage aufweist; hier gibt es Stationen, die bis zu drei Wochen im Jahr länger Niederschlag haben – vergleiche Abbildung 11. Auch unter den norddeutschen Stationen gibt es 12 Stationen, die mehr Niederschlagstage aufweisen als Münster, was Tabelle 18 veranschaulicht.
- Niederschlagstage mit Werten zwischen 0,1 und 0,9 mm kommen vermehrt im norddeutschen Raum vor; Münster zeigt dabei mehr Niederschlagstage auf als der Durchschnitt aller Vergleichsstationen, hat aber auch in diesem Skalenintervall sieben Stationen in der Rangliste vor sich; hier sind vor allem die Station Norgaardholz, Emmerthal-Gronde, Hoerstel und Osdorf zu nennen.

- Niederschlagstage mit höherem Niederschlagswerten über 20 mm lassen sich öfter in Süddeutschland finden, dieses gilt besonders für die Niederschlagstage mit Summen über 50 mm.
- Für die jahreszeitliche Verteilung muss festgehalten werden, dass es im Vergleich zu den anderen Stationen im Sommer eher seltener regnet, im Frühjahr durchschnittlich oft und besonders häufig im Herbst. Mit den meisten Regentagen ist im Winter und mit den wenigsten Regentagen im Sommer zu rechnen.

Münster ist – insofern eine allgemeine Aussage getroffen werden kann – als eine mittelmäßig regenreiche Stadt zu charakterisieren, bei der es innerhalb der Vergleichsstudien zu etwas mehr Regentagen im Jahr kommt. Die Niederschlagsmenge verteilt sich dabei vorwiegend auf den Sommer und den Herbst, bleibt aber im Sommer in ihrer Ausprägung im Vergleich zu den norddeutschen Stationen unterdurchschnittlich. Zu dieser unterdurchschnittlichen Menge kommt eine mäßige Anzahl an Niederschlagstagen, welche Münster einen weniger niederschlagsintensiven Sommer bringt. Der Herbst lässt sich als regnerisch charakterisieren, da in dieser Jahreszeit in Münster ähnlich viel Niederschlag wie im Sommer fällt, dieser sich jedoch auf mehrere Niederschlagstage aufteilt. Dieses gilt im stärkeren Maße für den Winter, der eine leicht überdurchschnittliche Niederschlagshöhe auf viele Regentage verteilt.

## 8.2 Limitationen

Innerhalb des komplexen Meteorologiesystems bildet der Niederschlag ein nicht minder komplexes Regime ab, dessen komplette Erfassung innerhalb dieser Arbeit nicht annähernd Raum finden konnte. Unter statistischen Aspekten der Auswertung bleibt zu bemerken, dass die untersuchten Stationen nicht in Gänze den angeforderten Kriterien entsprachen. Dieses muss bei einer Aussage über einzelne Stationen berücksichtigt werden.

Außerdem konnten verschiedene Aspekte des Niederschlags mit den vorliegenden Daten nicht untersucht werden:

- Die zeitliche Struktur des Niederschlags, welche „bis in den Minuten- und Sekundenbereich hinein[reicht]“<sup>123</sup>, ist für die Charakterisierung des Niederschlags sehr wichtig. Niederschlag, der sich über den ganzen Tag verteilt, wird mitunter anders wahrgenommen als ein kurzer Schauer.

---

<sup>123</sup> Schönwiese, S. 84.

- Hierzu gehört auch, danach zu fragen, zu welcher Tageszeit Niederschlag gefallen ist. Bei sommerlichen Witterungen gilt nächtlicher Regen als weniger unangenehm als Niederschlag, der sich auf die Tagesstunden aufteilt.
- Des Weiteren konnte eine Untersuchung in Bezug auf die Typisierung der Niederschläge und deren Größenspektren nicht vorgenommen werden. Die Reaktion des Menschen wird sicherlich stark davon abhängen, ob es sich beim Niederschlag um Schneefall, Nieselregen oder um große Regentropfen während eines Starkregens handelt.
- Wie schon in Kapitel 2.4.5 angedeutet, hielt im Jahre 1912 die Station Münster/Osnabrück den Negativrekord in Bezug auf die durchschnittliche Sonnenscheindauer. Dieser Wert darf zwar nicht generalisiert werden, zeigt aber auch, dass Münster nicht immer zu den Regionen mit der längsten Sonnenscheindauer gehört. Da neben dem Niederschlag die Sonnenscheindauer von Bedeutung für das Wetterempfinden zu sein scheint, wäre ein genauerer Vergleich von Niederschlag und Sonnenscheindauer sehr interessant, um eine regionale Charakterisierung des Wetters zu differenzieren.

Zwar ließe sich durch eine Analyse der Niederschlagsparameter (Menge, Häufigkeit, Tagesverteilung, Typ und Größe der Tropfen) und der Sonnenscheindauer ein wesentlich genaueres Bild der bundesweiten Wettercharakteristika machen, jedoch wäre der Arbeitsaufwand für eine derart differenzierte Untersuchung enorm, vor allem, wenn die Wetterparameter verschiedener Stationen miteinander verglichen werden sollten.

### 8.3 Münster und der Regen

Obgleich Münster vielleicht ein Klima zugesprochen werden kann, das etwas mehr Regentage als der gesamtdeutsche Mittelwert aufweist ist, lässt es sich – vor allem für norddeutsche Verhältnisse – nur als durchschnittlich regnerisch charakterisieren. Sollte – und dies bleibt zu vermuten – Chigi wirklich Ursprung der Volksweisheit sein, so muss man sein Wirken kontextualisieren. Seine ganze Schreibweise ist von einer hohen „Sprachgewandtheit“ und einem markanten „Wortwitz“<sup>124</sup> geprägt; Charakterisierungen der einheimischen Lebensweisen und Bräuche werden seitens Chigi bisweilen beißend kommentiert: „So ergab es sich zufällig, daß wir [...] zur Stärkung nur schimmeliges Schwarzbrot – die

---

<sup>124</sup> Galen, S. 10

Westfalen nennen dieses Brot Pumpernickel – vorgesetzt bekamen. Ein scheußlicher Fraß, den ich selbst Bauern und Bettlern nicht anbieten würde!“<sup>125</sup> Nun lässt sich vermuten, dass eine solch zynische Schreibart auch in Bezug auf das Wetter nachvollziehbar sein könnte, wenn man bedenkt, dass Chigi einerseits mit den Ergebnissen der Friedensverhandlungen sehr unzufrieden war und er als Gesandter Roms die Zeit vor Münster in Köln verbrachte. Ein schlechter Eindruck von Münster, was vor allem auch den Niederschlag betrifft, scheint zunächst verständlich. Die Untersuchungen dieser Ergebnisse besagen aber, dass die Niederschlagshöhe in Köln zumindest in der untersuchten Normalperiode um 6 % höher liegt und auch Rom hat bei einem Jahresmittel um 874 mm 14 % mehr Niederschlag zu verzeichnen als Münster – hierbei ist einschränkend zu sagen, dass Rom seinen Jahresniederschlag jedoch auf 70 Regentage aufteilt, was zwar zu sehr intensiven Regentagen führt; dennoch liegen die Regentage weit unter den Werten Münsters. Und auch bei einer jährlichen Sonnenscheindauer von 2537 Stunden in Rom wird Münster kaum einem Vergleich standhalten können.<sup>126</sup>

In Zeiten des Klimawandels kann jedoch der Gedanke an eine Veränderung des Niederschlagsverhaltens nicht ausgeschlossen werden und so mag zur Zeit Chigis Münster tatsächlich die Heimat des Regens gewesen sein. Wissenschaftliche Trenduntersuchungen hierzu können leider nicht vorgenommen werden, da Niederschlagswerte vor 1891 nicht dezidiert aufgezeichnet wurden.<sup>127</sup>

---

<sup>125</sup> Galen, S. 25

<sup>126</sup> Vgl. Klimadaten zu Rom: Schönwiese, S. 418

<sup>127</sup> Vgl. Böwer, S. 23

## Literaturverzeichnis

- CAPPEL, A. et al. (1988): Klimatologische und statistische Grundlagen als Erläuterung für Klimaarbeiten. 2. verbesserte Auflage. In: KLUGE, Gerhard und Gerhard MÜLLER-WESTERMEIER (2000): Deutscher Wetterdienst. Berichte des Deutschen Wetterdienstes. 213. Offenbach am Main.
- GALEN, Hans (Hrsg.; 1997): Münster und Westfalen zur Zeit des Westfälischen Friedens. Münster.
- HÄCKEL, Hans (2005): Meteorologie. 4. Auflage. Stuttgart.
- KACHELMANN, Jörg und Christoph DRÖSSER (2006): Das Lexikon der Wetterirrtümer. Reinbek bei Hamburg.
- KASSERA, Winfried (2000): Flug ohne Motor. Ein Lehrbuch für den Segelflieger. 15. Auflage. Stuttgart.
- KLUGE, Gerhard und Gerhard MÜLLER-WESTERMEIER (2000): Deutscher Wetterdienst. Berichte des Deutschen Wetterdienstes. 213. Offenbach am Main.
- LESER, Hartmut (Hrsg.; 2001): Wörterbuch Allgemeine Geographie. 12. Auflage. München.
- MÜLLER-WESTERMEIER, Gerhard (Hrsg.; 1999): Der Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland. Teil 1. Offenbach.
- MÜLLER-WESTERMEIER, Gerhard (Hrsg.; 2001): Der Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland. Teil 2. Offenbach.
- SCHIRMER, Hans: Lieferung 7. Klimadaten I-III. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung in Zusammenarbeit mit dem Ministerpräsidenten des Landes Nordrhein-Westfalen – Landesplanungsbehörde –, Düsseldorf (Hrsg.; 1976): Deutscher Planungsatlas. Band I. Nordrhein-Westfalen. Hannover.
- SCHÖNWIESE, Christian-Dietrich (2003): Klimatologie. 2., neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Stuttgart.
- STRAHLER, Alan H. und Arthur N. STRAHLER (2005): Physische Geographie. 3., korrigierte Auflage. Stuttgart.

**Internetquellen:**

BÖWER, Christoph (2006): Die Entwicklung des Klimas in Münster/Westfalen.

Münster (Unveröffentlichte Diplomarbeit – Fachbereich der

Landschaftsökologie – Universität Münster; online unter:

[http://kli.uni-muenster.de/downloads/2006\\_boewer\\_dipl.pdf](http://kli.uni-muenster.de/downloads/2006_boewer_dipl.pdf) – zuletzt  
überprüft am 13.06.2007)

DEUTSCHER WETTERDIENST (1): Detailbeschreibung der Klimakarten. Online

unter:

<http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/klimakarten/detailbeschreibung.htm> (zuletzt überprüft am 13.06.2007)

DEUTSCHER WETTERDIENST (2): Mittelwerte der Periode 1961-1990. Online unter:

[http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index\\_mittelwerte.htm](http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_mittelwerte.htm) (zuletzt überprüft am 13.06.2007)

DEUTSCHER WETTERDIENST (3): Qualitätssicherung der Daten. Online unter:

<http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/nkdz/fachdatenbank/qualitaetssicherung/index.htm> (zuletzt überprüft am 13.06.2007)

UNIVERSITÄT MÜNSTER – INSTITUT FÜR SOZIOLOGIE: Münster-Barometer 02/2006  
(2006). Online unter:

[http://barometer.uni-muenster.de/erhebungen/2\\_06/Haeufigkeiten2-06.pdf](http://barometer.uni-muenster.de/erhebungen/2_06/Haeufigkeiten2-06.pdf)  
(zuletzt überprüft am 13.06.2007)

WDR-FERNSEHEN: Quarks & Co: Wetter. Was ist Wetterföhligkeit? Online unter:

<http://www.quarks.de/wetter/0104.htm> (zuletzt überprüft am 13.06.2007)

## Dank

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Otto Klemm, der mir in der Gestaltung dieser Arbeit viel Freiraum ließ und dessen engagierte und anregende Betreuung sehr beeindruckend war.

Besonders danke ich auch Lydia Gerharz, deren Motivation und Zeitaufwand maßgeblich zur kartographischen Gestaltung dieser Arbeit beitragen.

Herrn Reinholt Schlimm vom Westermann-Verlag und Herrn Gisbert Strotdrees vom Landwirtschaftlichen Wochenblatt danke ich für die Bereitstellung ihrer Daten und Ausführungen, die für das Gelingen dieser Arbeit sehr hilfreich waren.

Für den nicht endenden Einsatz, durch welchen alle meine Fragen zur Statistik und zur formalen Optimierung dieser Arbeit Antwort fanden, möchte ich Bastian Sommer danken.

Zuletzt – aber nicht weniger herzlich – danke ich meiner lieben Freundin Jessica sowohl für den kritischen Blick auf diese Arbeit als auch für die fortwährende Geduld, mit welcher sie meine hermetische Arbeitsweise der letzten Wochen getragen hat.

## Anhang

### A Zusammenstellung der Datenkollektive

Tabelle 15: Datenkollektiv 1

Dieses Kollektiv umfasst 4748 Stationen, weswegen an dieser Stelle auf die Internetquelle des DWD verwiesen wird.

Tabelle 16: Datenkollektiv 2

Affing	Kiel Holtenau
Allersberg	Kipfenberg
Amerdingen-Bollstadt	Kleve
Bad Duerheim	Langenaltheim-Buettelbr.
Bad Elster-Sohl	Langfoerden
Bad Sassendorf-Beusingsn	Leutenbach-Weiler z.St.
Bad Schwalbach-Langensei	Lingerhahn
Bad Segeberg	Marburg-Dischhausen
Bergen-Nindorf	Marktgoerlitz-Koenigsth.
Biberbach	Menslage-Borg
Blaufelden-Gammelsf.	Moenchengladbach
Bocholt-Liedern	Muenster
Bondorf	Nabburg (Flussmeisterst.)
Bothel-Stuederw.	Nehren
Braunfels	Nettetal-Lobberich
Breitenhees	Neuburg/Donau
Bremen-Strom	Neuried-Altenheim
Bruckeberg	Neu-Ulm
Bullenkuhlen	Niederstetten-Wermuthshs.
Cham-Ponholzmühle	Nordgeorgsfehn
Dersum	Norgaardholz
Diemelstadt-Rohden	Oberthulba
Dollerup- Streichmühle	Ochtrup
Duesseldorf (Suedfriedhof)	Oppach
Duesseldorf-Heerdt	Osdorf
Emmerthal-Gronde	Ostrhauderfehn-Posthsn.
Enger	Pressath
Enkenbach-Alsenborn	Reinbek
Esslingen/Neckar	Rinteln-Steinbergen
Foeritz-Oerlsdorf	Schauenburg-Hoof
Freihung-Grossschoenbr.	Schoenwalde/Holst.
Freudenberg/Opf.	Schrobenhausen
Freystadt-Oberndorf	Schwanau
Friesoythe	Schwanewede-Meyenburg
Friesoythe-Edewechterdam	Schwarzenbruck-Ochenbr.
Garrel-Nikolausdorf	Schweitenkirchen-Suenzh.
HH-Ellerholzkanal	Seesen-Rhueden
Hamminkeln-Mehrhoog	Sontra-Blankenbach
Hamminkeln-Ringenberg	Sprakensehl-Hagen
Hartha-Foerdergersdorf	Sulzbach/Main-Donau
Heilbronn	Temmels
Herbsthausen	Themar-Tachbach
Hermannsburg	Thurnau
Hessisch Oldendorf	Traitsching
Hiddenhausen-Eilshausen	Trendelburg
Hoerstel	Trier (Stadt)
Hofgeismar-Beberbeck	Tuebingen (Bot. Garten)
Hohenthann	Ursensollen
Hude/OI.	Wadersloh
Jaegerthal	Warendorf-Hoetmar
Juelich Kernf.anlage	Wedel
Kalefeld-Duederode	Weener
Kamen	Weil der Stadt
Kastellaun	Weinsberg
Kelheim (Kanalschleuse)	Woerth/Rhein-Max.

Tabelle 17: Datenkollektiv 3 mit Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsmengen  
(mm – sortiert nach Skalenwert 0 - 0.1)

Name	0.0	0.0-0.1	0.1-0.3	0.3-1.0	1.0-10.0	10.0-20.0	20.0-50.0	>50.0	n.a.
Bondorf	5152	680	704	953	2888	467	108	6	0
Norgaardholz	4883	679	730	958	3132	481	93	2	0
Emmerthal-Gronde	4584	678	753	1146	3242	442	112	1	0
Hoerstel	4876	564	721	1057	3192	453	92	3	0
Osdorf	5237	500	672	951	3014	499	83	2	0
Breitenhees	4790	489	745	1110	3303	448	71	2	0
Nabburg (Flussmeisterst.)	5362	470	590	975	2974	468	116	3	0
Neuried-Altenheim	5509	448	602	894	2956	427	121	1	0
Kelheim (Kanalschleuse)	5581	434	557	815	2956	472	140	3	0
Nehren	5518	421	610	900	2912	446	145	6	0
Ursensollen	5511	416	542	971	2939	456	119	4	0
Enkenbach-Alsenborn	5520	413	493	949	2996	466	117	4	0
Rinteln-Steinbergen	5148	410	565	915	3363	439	115	3	0
Oberthulba	5538	400	581	937	2885	483	132	2	0
Heilbronn	5604	396	505	907	2952	471	115	8	0
<b>Münster</b>	<b>5271</b>	<b>391</b>	<b>569</b>	<b>1009</b>	<b>3151</b>	<b>459</b>	<b>105</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
Bad Schwalbach-Langensei	5469	377	465	961	3087	432	101	5	61
Warendorf-Hoetmar	5144	375	533	1068	3299	438	96	5	0
Kastellaun	5453	373	507	817	3278	422	107	1	0
Diemelstadt-Rohden	5481	356	495	979	3086	410	116	4	31
Schweitenkirchen-Suenzh.	5684	354	530	837	2943	450	151	9	0
Affing	5326	352	672	1010	2961	448	151	7	31
Schwarzenbruck-Ochenbr.	5423	324	551	958	3110	459	129	4	0
Enger	5270	323	537	1089	3166	449	120	4	0
Schoenwalde/Holst.	5203	322	571	1051	3246	467	93	5	0
Bullenkuhlen	5271	322	571	1021	3223	458	91	1	0
Freihung-Grossschoenbr.	5613	321	518	1008	2950	413	132	3	0
Bocholt-Liedern	5450	318	524	980	3130	464	89	3	0
Duesseldorf-Heerdt	5322	315	529	959	3252	484	97	0	0
Bad Sassendorf-Beusingsn	5323	313	572	973	3250	424	98	5	0
Kamen	5351	312	562	948	3267	409	107	2	0
Friesoythe	5018	300	670	1016	3408	446	96	4	0
Allersberg	5692	298	552	859	2969	444	132	12	0
Reinbek	5417	298	493	912	3260	485	90	3	0
Trendelburg	5319	297	592	1009	3228	397	112	4	0
Nettetal-Lobberich	5309	297	548	1038	3205	467	89	5	0
Sprakensehl-Hagen	5407	281	669	833	3224	461	80	3	0
Schwanau	6067	279	384	875	2764	461	128	0	0
Weil der Stadt	5630	275	532	967	2984	434	130	6	0
Menslage-Borg	5604	270	328	932	3266	465	91	2	0
Marktgoerlitz-Koenigsth.	5462	267	523	992	3141	444	124	5	0
Bad Elster-Sohl	5213	263	536	1056	3324	423	110	3	30
Hessisch Oldendorf	5381	262	484	946	3308	472	104	1	0

Name	0.0	0.0-0.1	0.1-0.3	0.3-1.0	1.0-10.0	10.0-20.0	20.0-50.0	>50.0	n.a.
Braunfels	5865	257	492	876	2872	465	127	4	0
Bothel-Stuederw.	5669	253	422	851	3244	439	77	3	0
Weener	5314	247	373	1074	3386	463	99	2	0
Hofgeismar-Beberbeck	5298	243	494	1023	3338	440	117	5	0
Dollerup- Streichmühle	5802	241	323	861	3090	532	108	1	0
Esslingen/Neckar	5749	229	467	955	2974	452	124	8	0
Blaufelden-Gammelsf.	5769	223	525	840	3050	433	114	4	0
Cham-Ponholzmühle	5727	215	507	912	2979	428	123	6	61
Foeritz-Oerlsdorf	5500	205	544	1062	3064	470	112	1	0
Wadersloh	5465	202	505	1019	3232	439	92	4	0
Temmels	6004	202	469	798	2902	470	109	4	0
Friesoythe-Ederwechterdam	5263	199	565	1033	3354	464	78	2	0
Schauenburg-Hoof	5377	198	551	1062	3271	389	106	4	0
Hamminkeln-Ringenberg	5511	198	484	948	3215	480	91	1	30
Niederstetten-Wermuthshs.	6149	190	372	757	2937	426	120	7	0
Sulzbach/Main-Donau	5930	172	400	879	3057	419	98	3	0
Seesen-Rhueden	5696	172	444	868	3216	454	105	3	0
Hiddenhausen-Eilshausen	5440	168	377	1052	3358	454	107	2	0
Amerdingen-Bollstadt	5872	157	510	884	2929	454	145	7	0
Kalefeld-Duederode	5572	155	463	963	3232	451	119	3	0
Bad Duerrheim	5839	152	429	912	2929	468	135	2	92
Schrobenhausen	6228	147	312	695	2950	440	146	9	31
Hohenthann	6223	137	451	705	2824	457	155	6	0
Freystadt-Oberndorf	5873	92	362	935	3138	435	113	9	0
Hude/OI.	5378	85	419	1103	3424	453	95	1	0
Woerth/Rhein-Max.	6189	84	343	799	2931	480	125	7	0
Thurnau	6159	80	350	862	2867	512	125	3	0
Lingerhahn	5697	58	349	904	3458	394	96	2	0
Biberbach	6339	46	229	720	2955	464	167	7	31
Themar-Tachbach	5842	36	238	994	3271	483	94	0	0
Bruckeberg	6934	23	111	491	2732	512	148	7	0

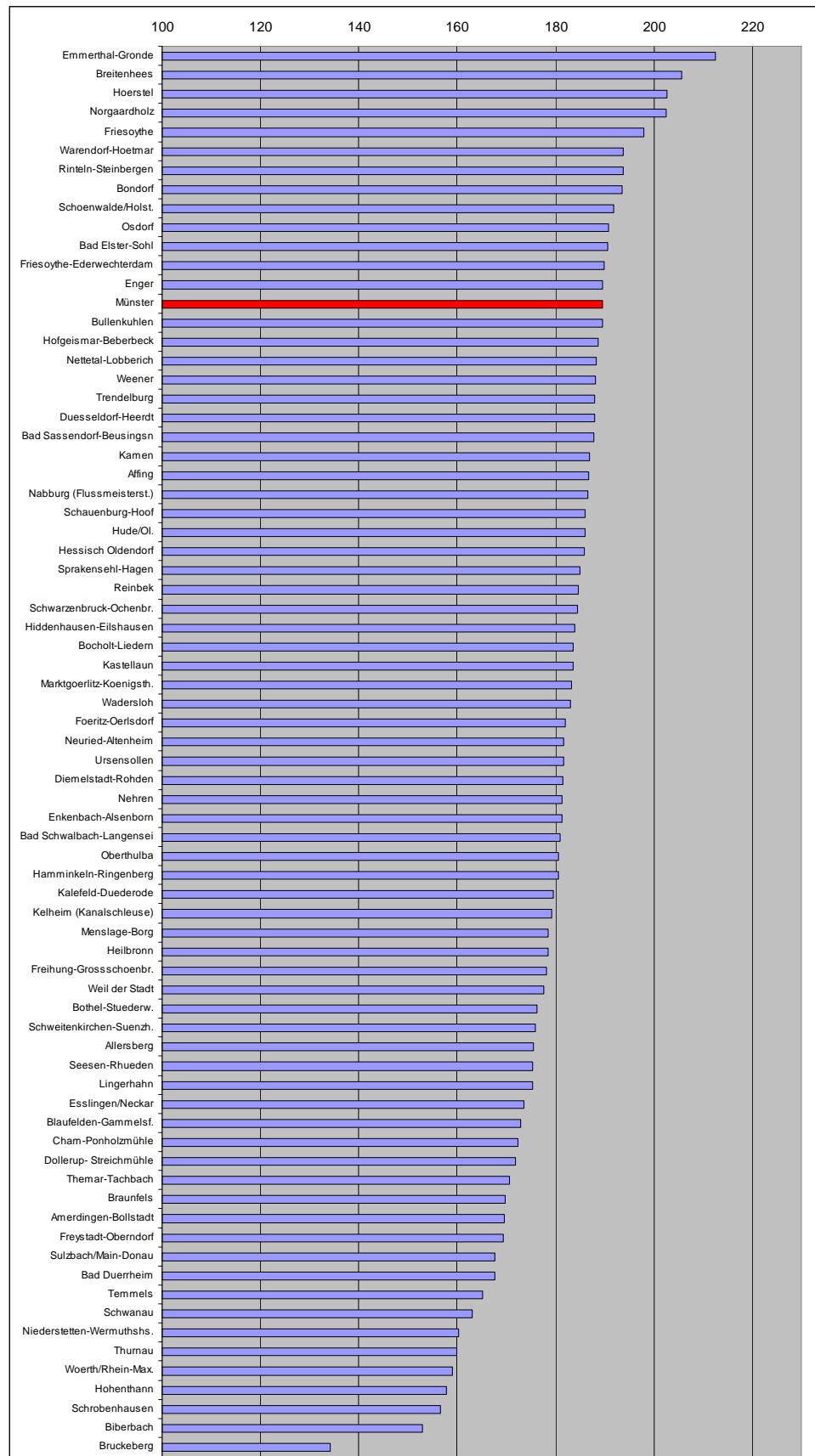


Abbildung 11: Durchschnittliche, jährliche Anzahl der Niederschlagstage im Datenkollektiv 3

Tabelle 18: Norddeutsche Stationen mit Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsmengen (mm)

Name	0.0	0.0-0.1	0.1-0.3	0.3-1.0	1.0-10.0	10.0-20.0	20.0-50.0	>50.0	n.a.
Emmerthal-Gronde	4584	678	753	1146	3242	442	112	1	0
Breitenhees	4790	489	745	1110	3303	448	71	2	0
Hoerstel	4876	564	721	1057	3192	453	92	3	0
Norgaardholz	4883	679	730	958	3132	481	93	2	0
Friesoythe	5018	300	670	1016	3408	446	96	4	0
Warendorf-Hoetmar	5144	375	533	1068	3299	438	96	5	0
Rinteln-Steinbergen	5148	410	565	915	3363	439	115	3	0
Schoenwalde/Holst.	5203	322	571	1051	3246	467	93	5	0
Osdorf	5237	500	672	951	3014	499	83	2	0
Friesoythe-Ederwechterdam	5263	199	565	1033	3354	464	78	2	0
Enger	5270	323	537	1089	3166	449	120	4	0
Münster	5271	391	569	1009	3151	459	105	3	0
Bullenkuhlen	5271	322	571	1021	3223	458	91	1	0
Hofgeismar-Beberbeck	5298	243	494	1023	3338	440	117	5	0
Nettetal-Lobberich	5309	297	548	1038	3205	467	89	5	0
Weener	5314	247	373	1074	3386	463	99	2	0
Trendelburg	5319	297	592	1009	3228	397	112	4	0
Duesseldorf-Heerdt	5322	315	529	959	3252	484	97	0	0
Bad Sassendorf-Beusingsn	5323	313	572	973	3250	424	98	5	0
Kamen	5351	312	562	948	3267	409	107	2	0
Schauenburg-Hoof	5377	198	551	1062	3271	389	106	4	0
Hude/OI.	5378	85	419	1103	3424	453	95	1	0
Hessisch Oldendorf	5381	262	484	946	3308	472	104	1	0
Sprakensehl-Hagen	5407	281	669	833	3224	461	80	3	0
Reinbek	5417	298	493	912	3260	485	90	3	0
Hiddenhausen-Eilshausen	5440	168	377	1052	3358	454	107	2	0
Bocholt-Liedern	5450	318	524	980	3130	464	89	3	0
Wadersloh	5465	202	505	1019	3232	439	92	4	0
Diemelstadt-Rohden	5481	356	495	979	3086	410	116	4	31
Hamminkeln-Ringenberg	5511	198	484	948	3215	480	91	1	30
Kalefeld-Duederode	5572	155	463	963	3232	451	119	3	0
Menslage-Borg	5604	270	328	932	3266	465	91	2	0
Bothel-Stuederw.	5669	253	422	851	3244	439	77	3	0
Seesen-Rhueden	5696	172	444	868	3216	454	105	3	0
Dollerup- Streichmühle	5802	241	323	861	3090	532	108	1	0

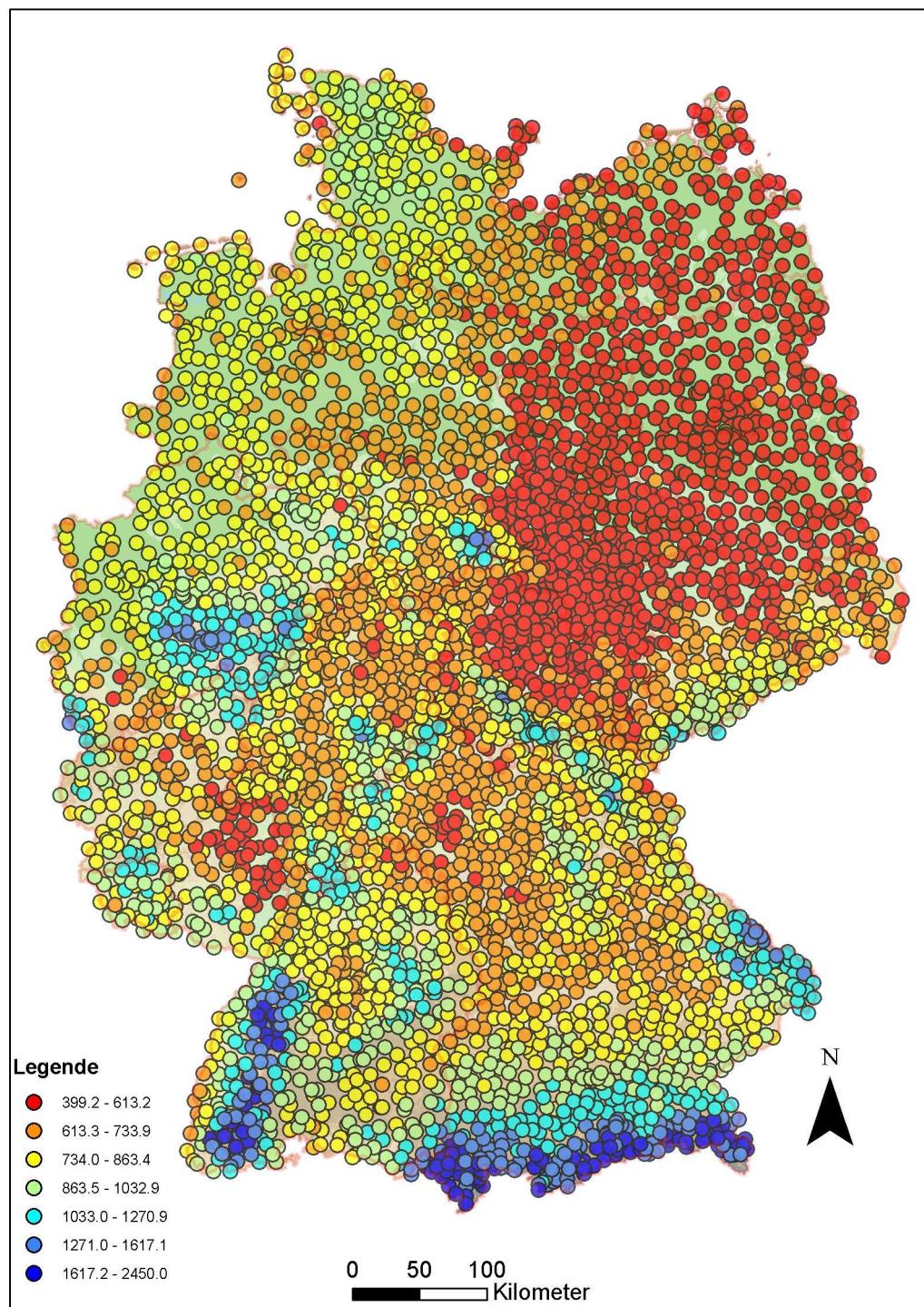
**B Karten zur Niederschlagsverteilung – 1961-1990**

Abbildung 12: Durchschnittliche, jährliche Niederschlagssummen in mm  
(1961-1990; eigener Entwurf nach Daten des DWD)

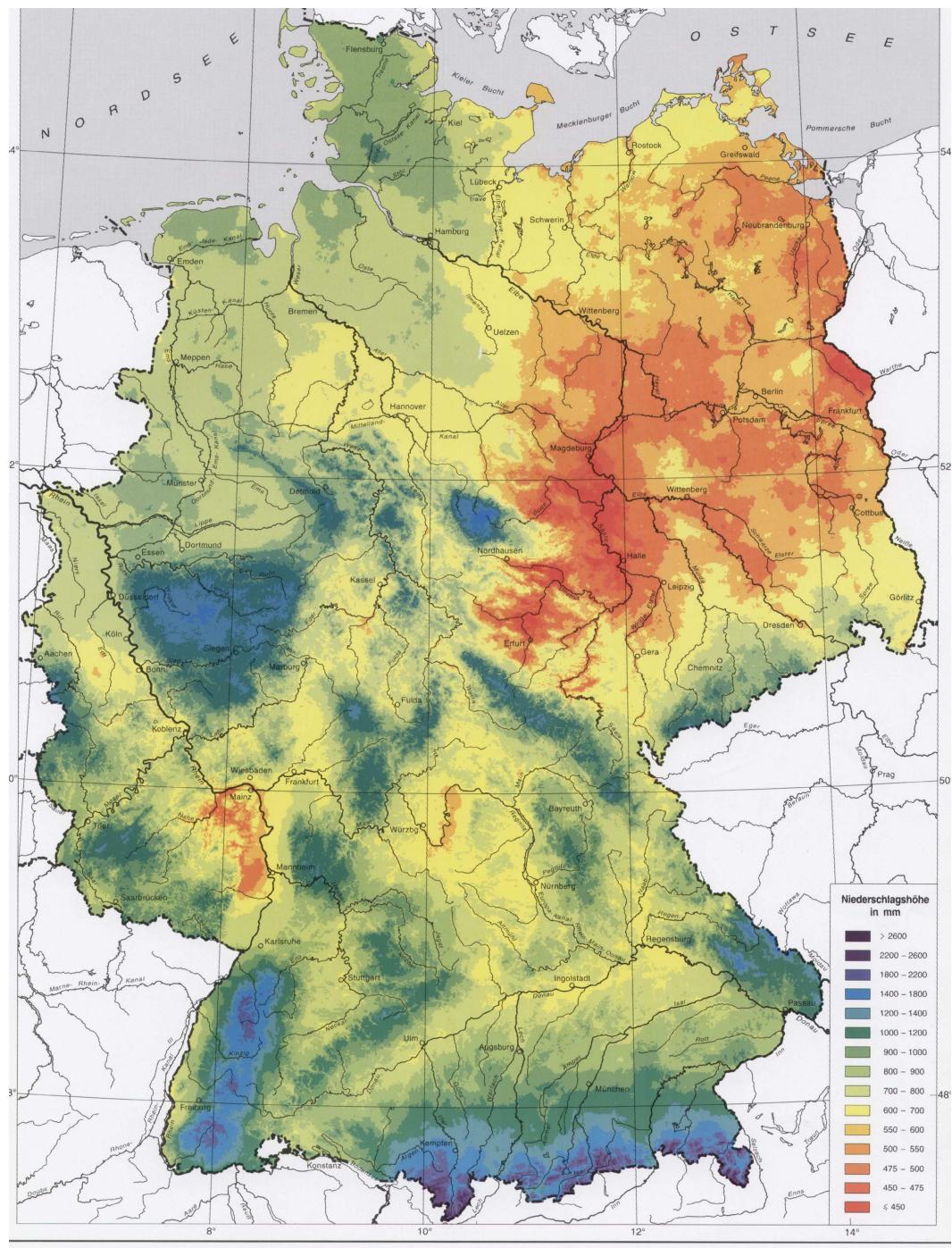


Abbildung 13: Durchschnittliche, jährliche Niederschlagsverteilung (Klimaatlas 1999 – ohne Maßstab)

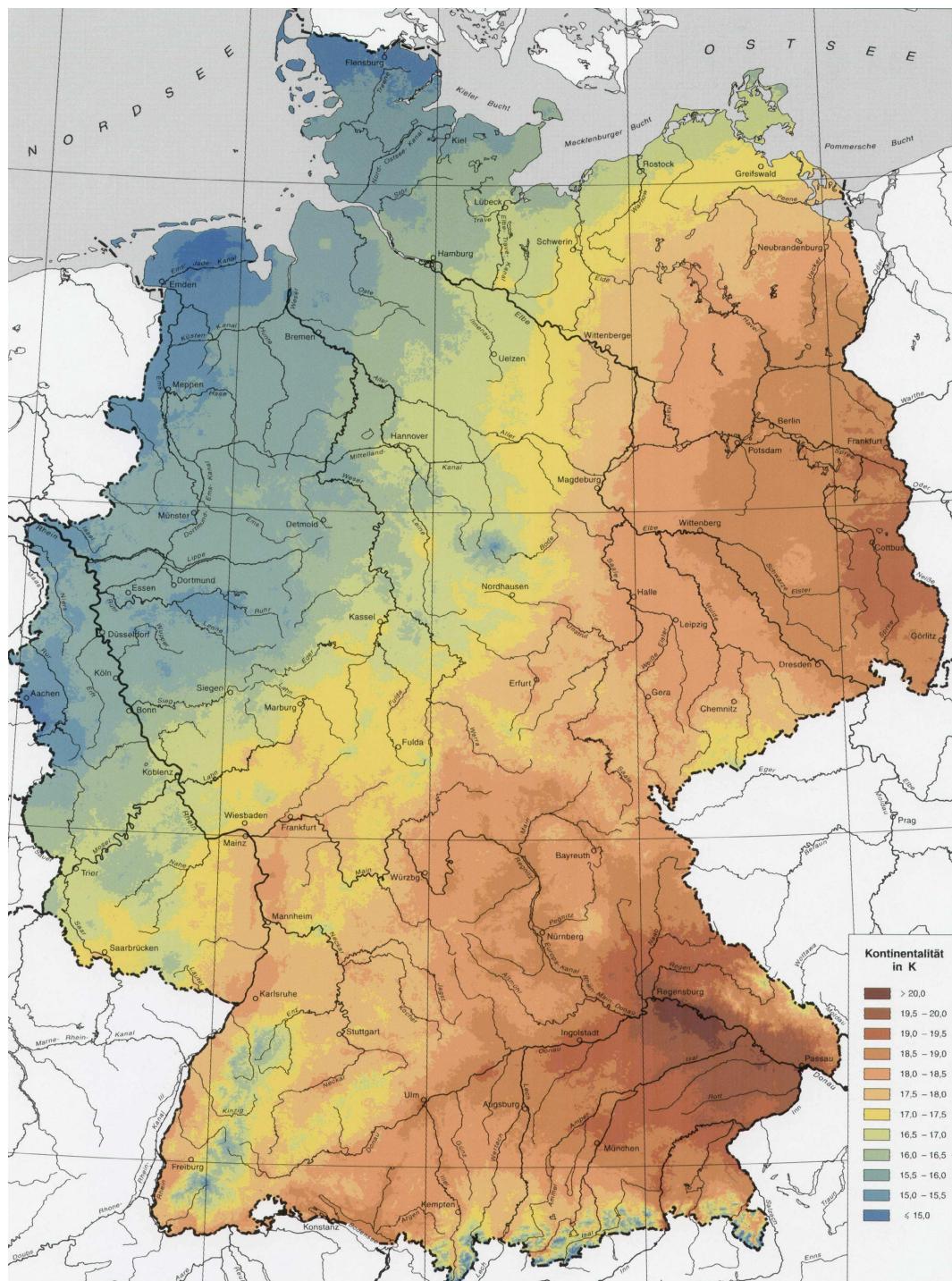


Abbildung 14: Thermische Kontinentalität (Klimaatlas 2001 – ohne Maßstab)

**C Karten zur Häufigkeitsverteilung einzelner Messwerte im Datenkollektiv 3 – 1971-2000**

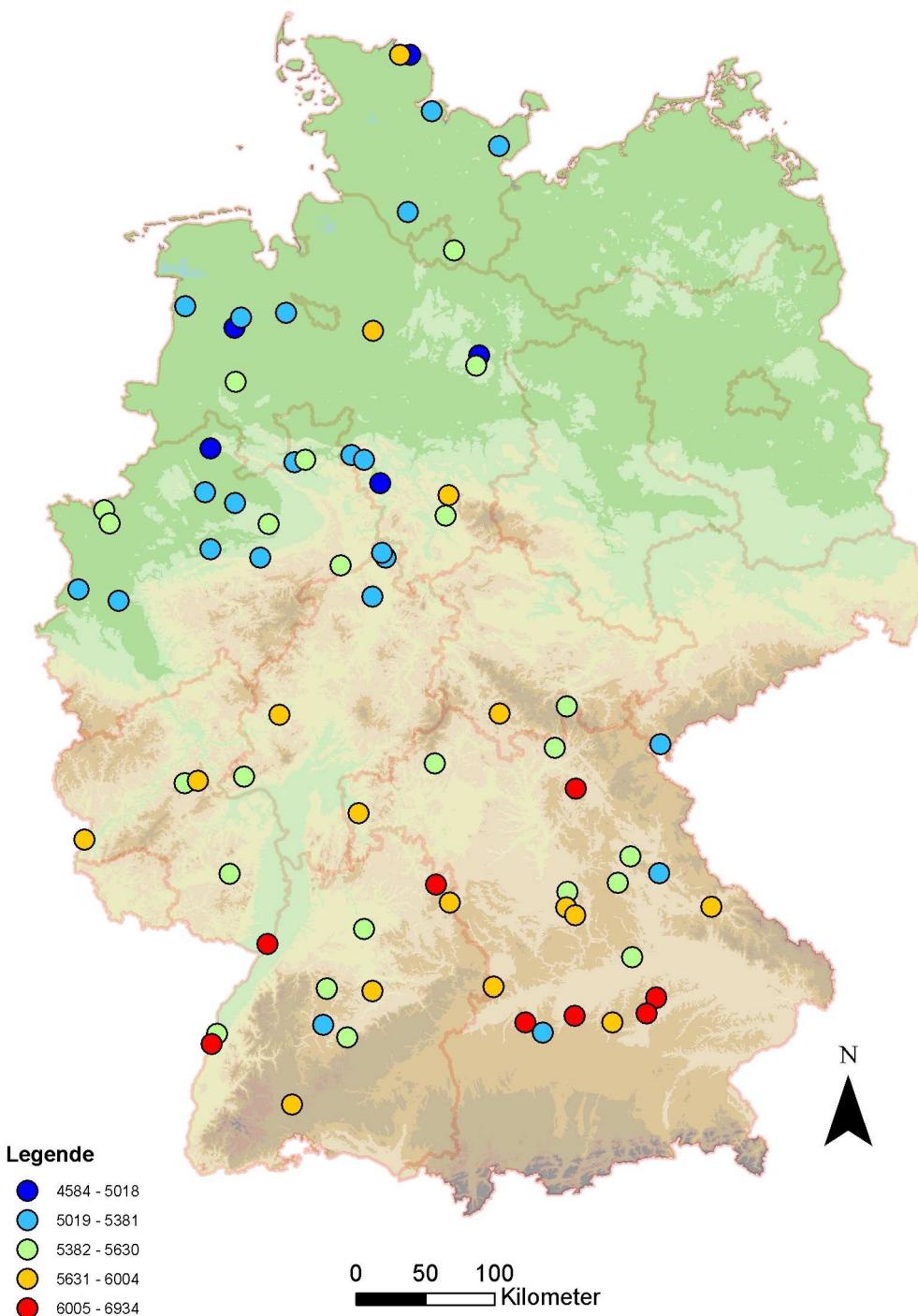


Abbildung 15: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0 mm  
im Datenkollektiv 3

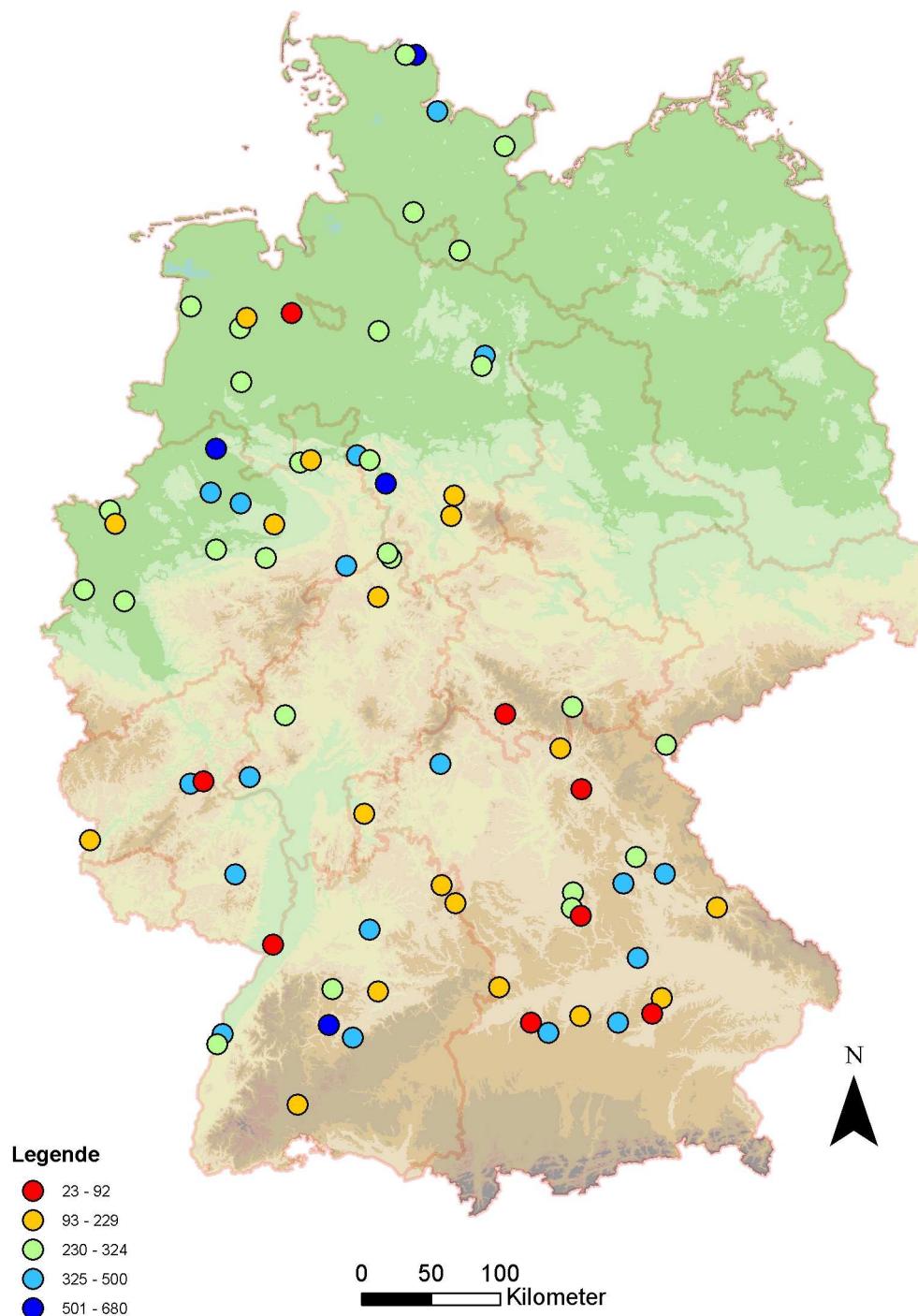


Abbildung 16: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.1 mm  
im Datenkollektiv 3

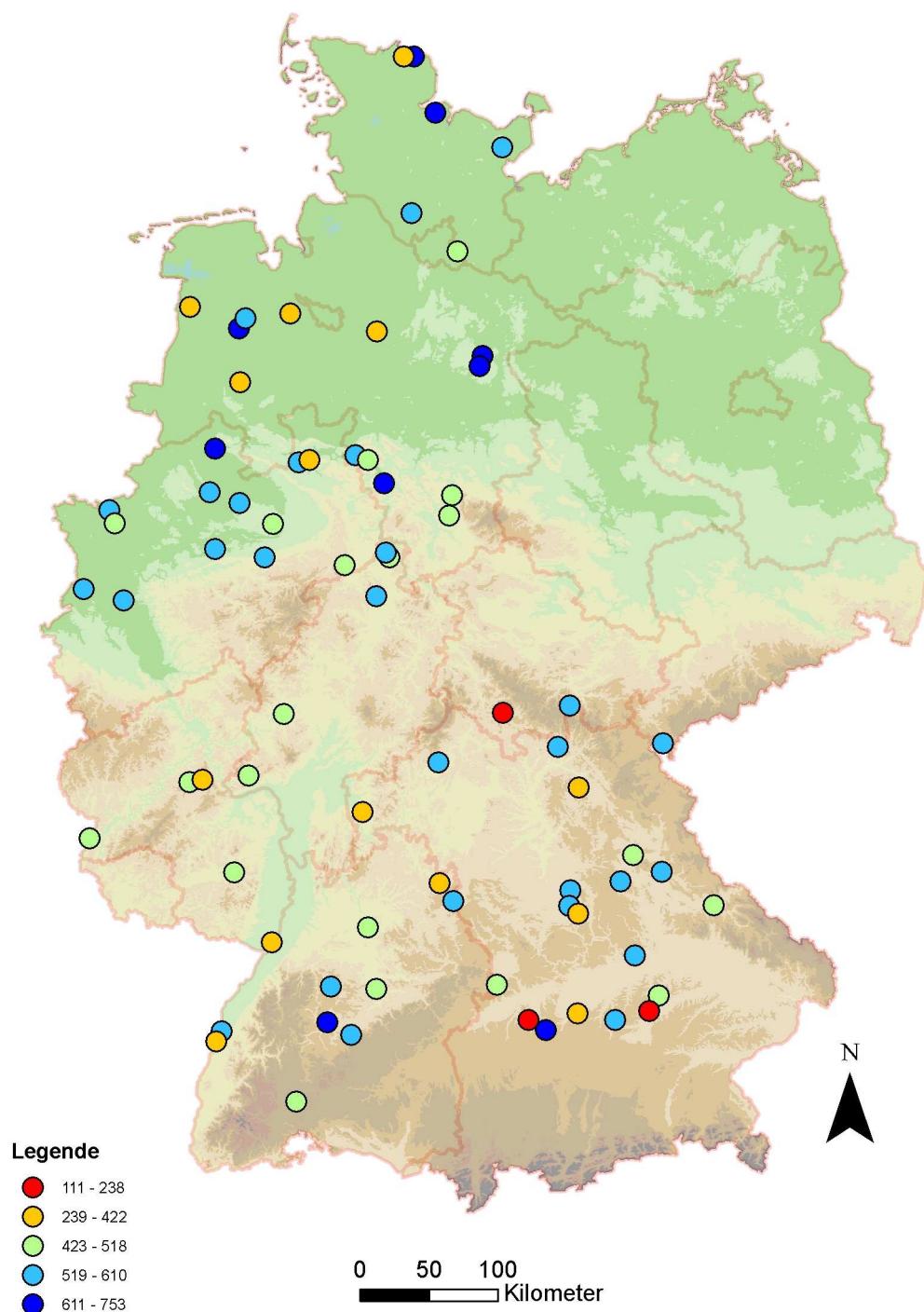


Abbildung 17: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.2 und 0.3 mm  
im Datenkollektiv 3

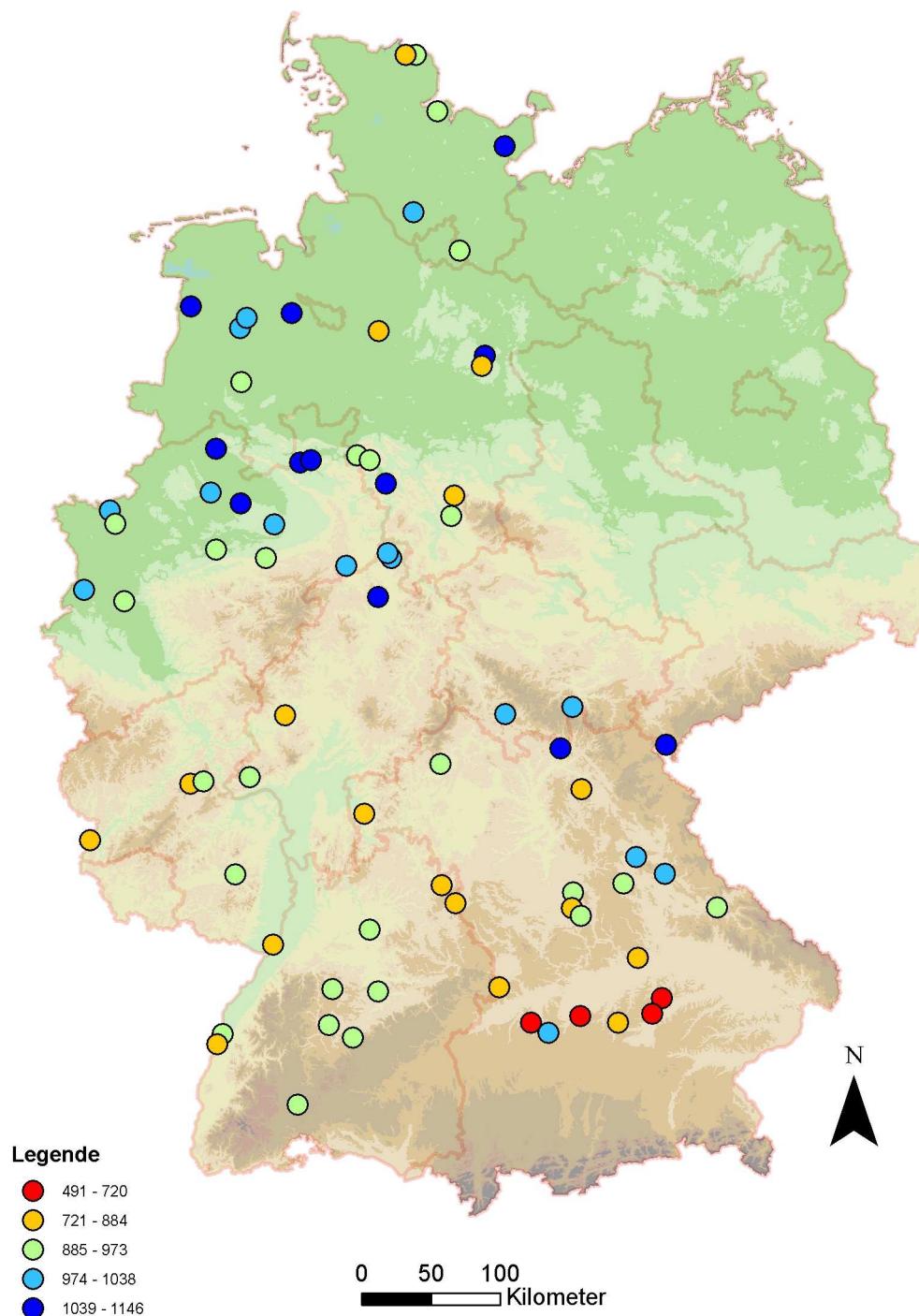


Abbildung 18: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 0.4 bis 1.0 mm  
im Datenkollektiv 3

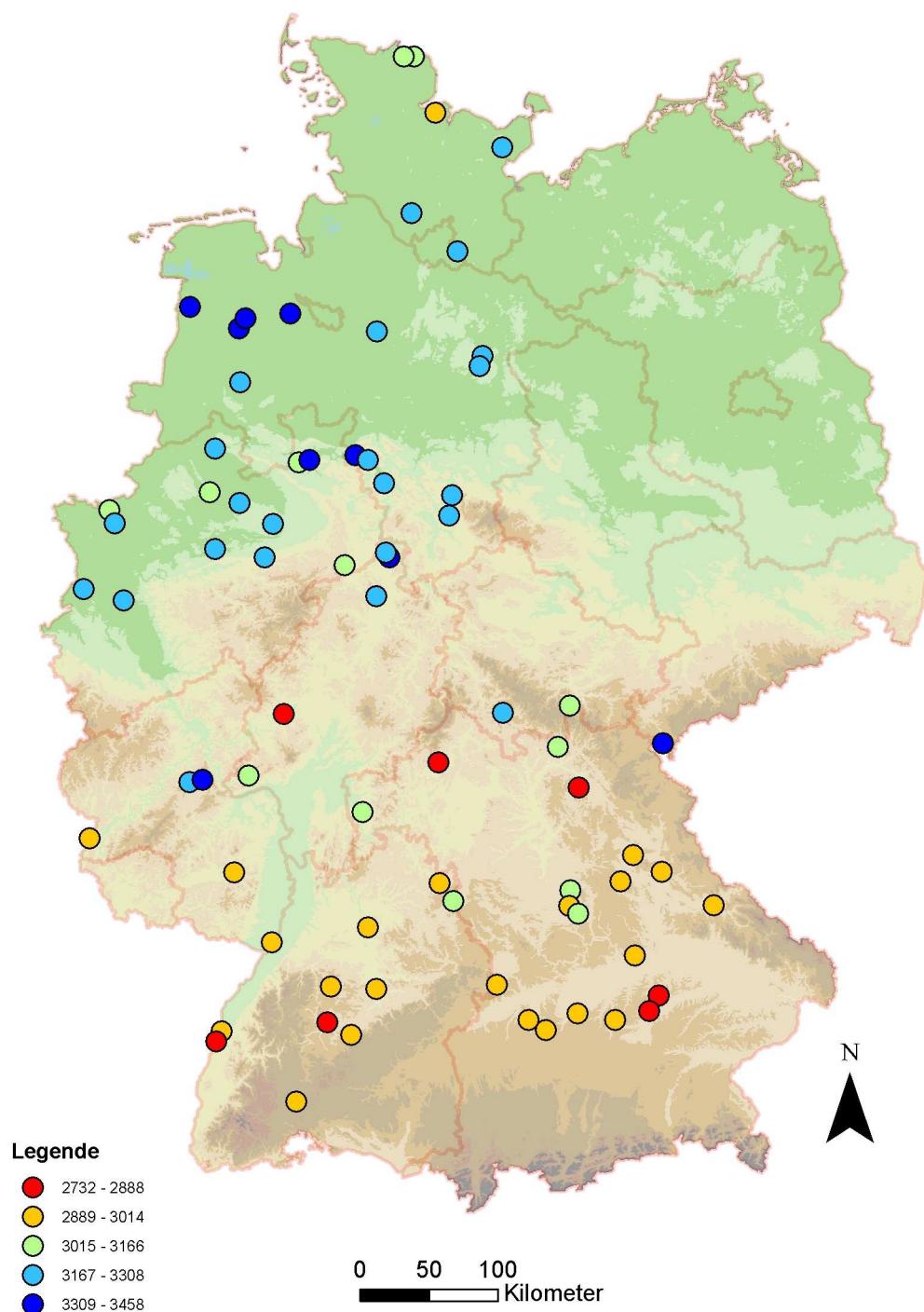


Abbildung 19: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 1.1 bis 10.0 mm  
im Datenkollektiv 3

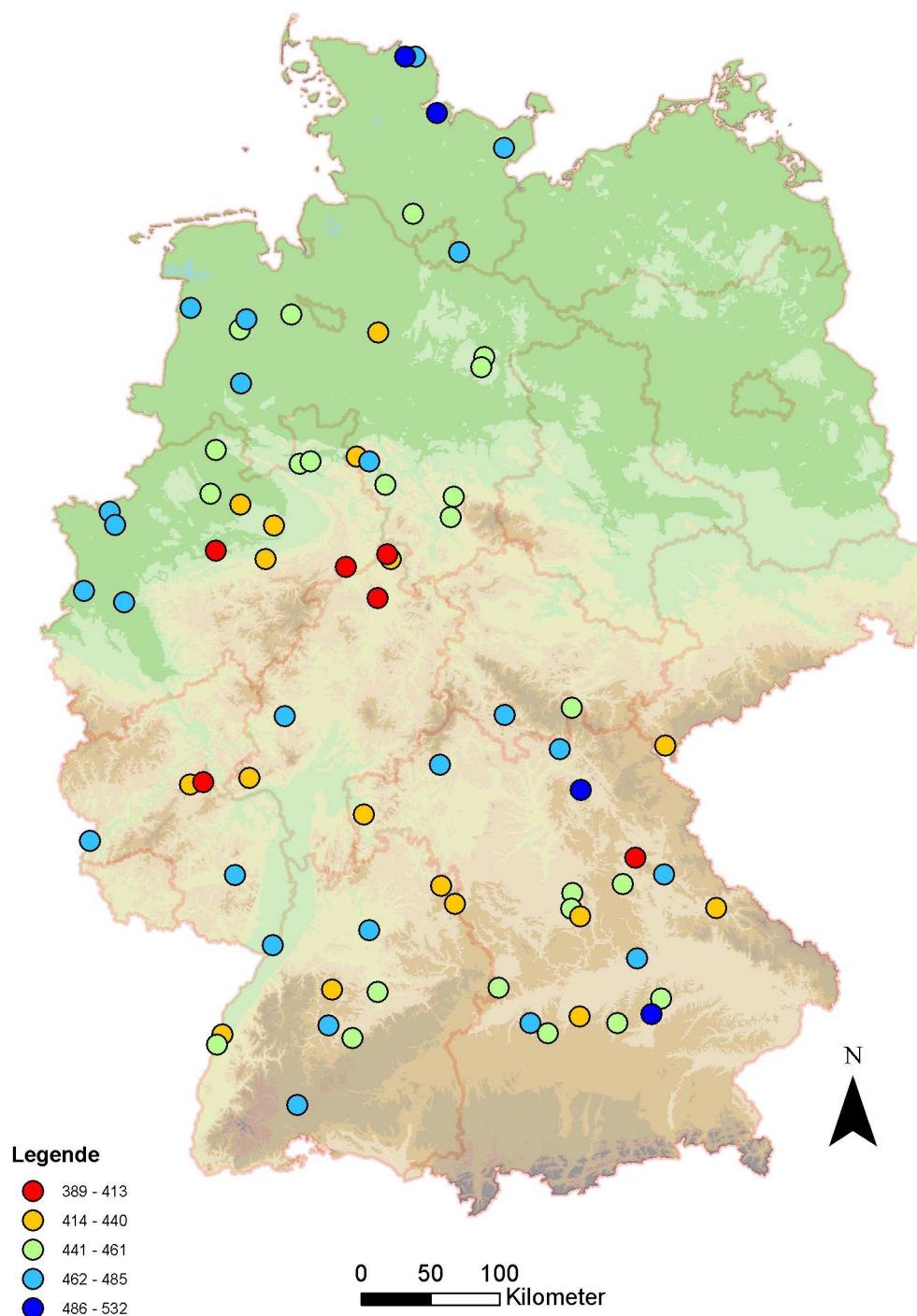


Abbildung 20: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 10.1-20.0 mm  
im Datenkollektiv 3

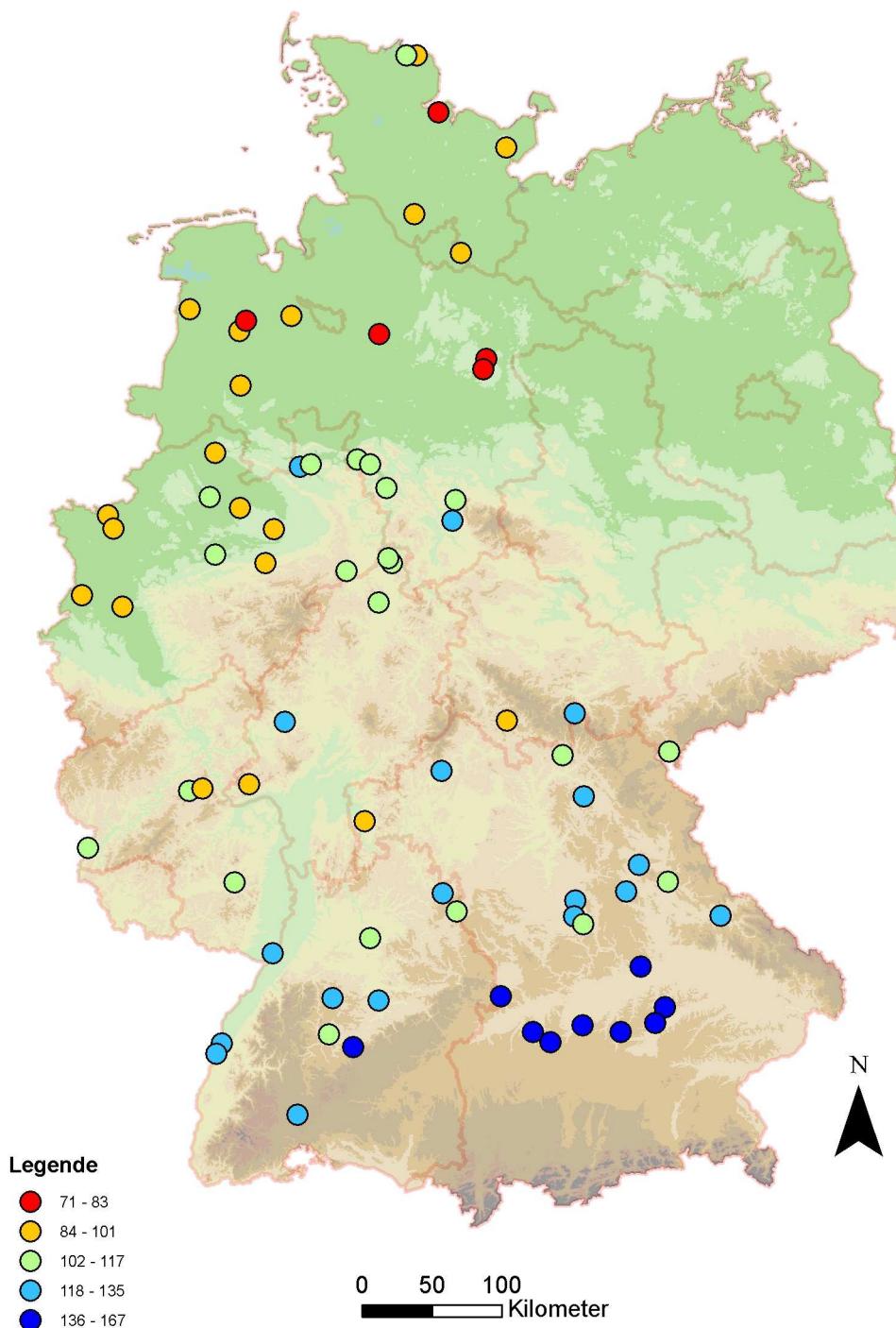


Abbildung 21: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert 20.1-50.0 mm  
im Datenkollektiv 3

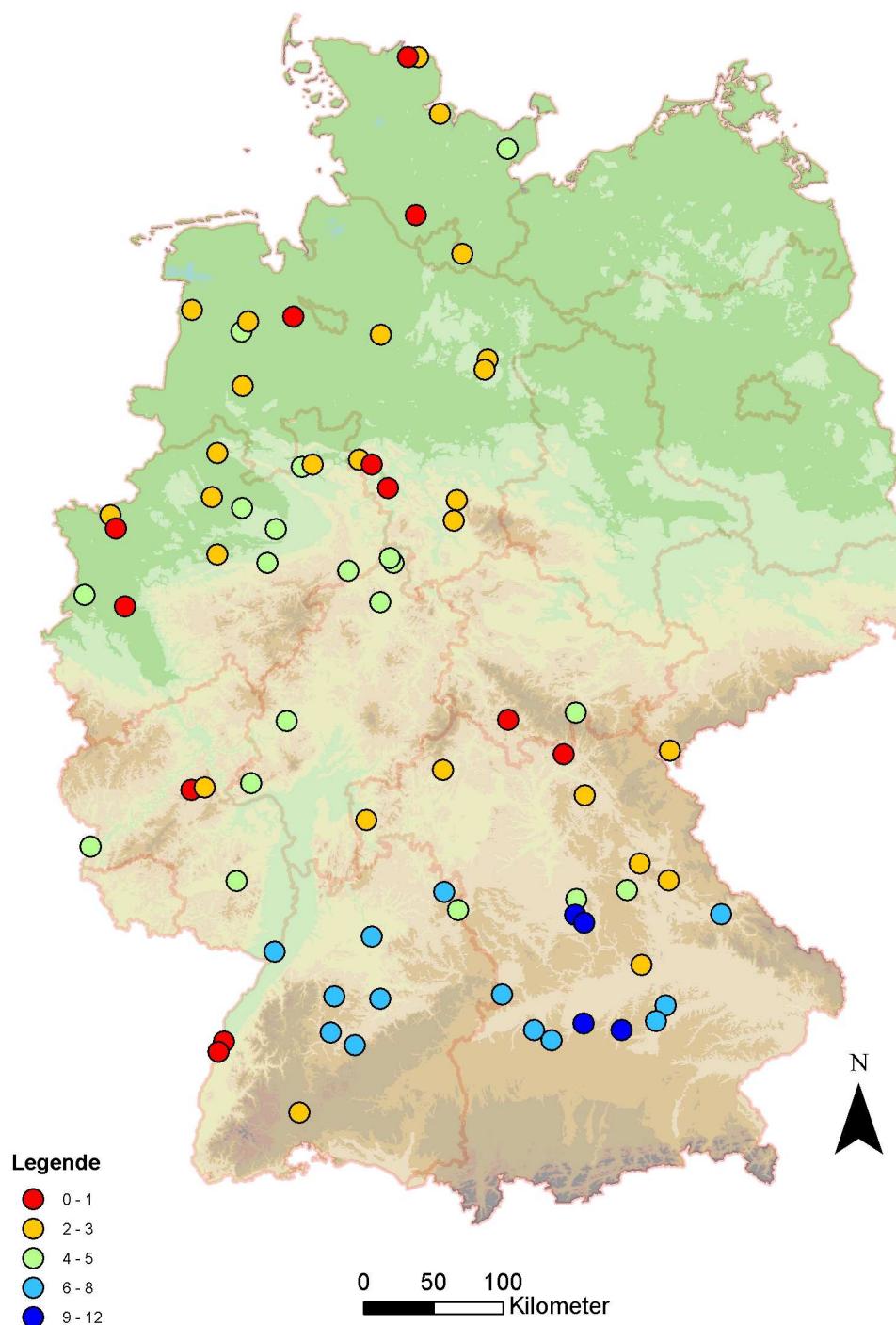


Abbildung 22: Häufigkeit der Tage mit Niederschlagswert über 50.0 mm  
im Datenkollektiv 3

## **Abschließende Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich meine Examensarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehnenden Ausführungen meiner Arbeit besonders gekennzeichnet und die Quellen zitiert habe.

Münster, den 19. Juni 2007