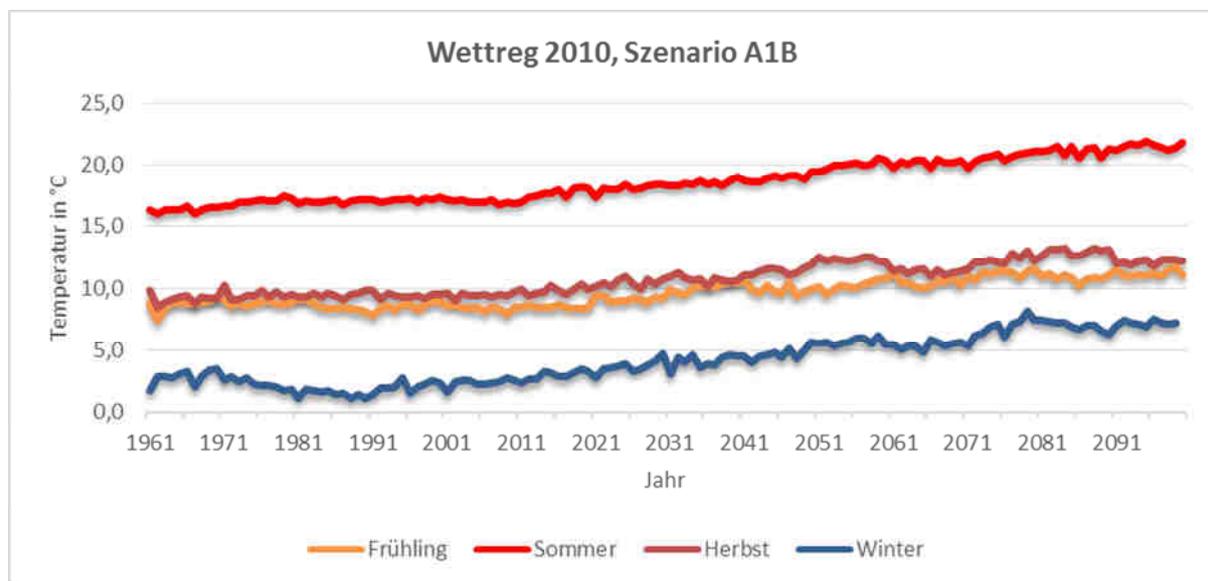
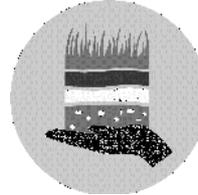


# Grundlagen und Empfehlungen für eine Klimaanpassungsstrategie der Region Hannover



**meteoterra GmbH**  
Im Poll 8  
31737 Rinteln  
[info@meteoterra.de](mailto:info@meteoterra.de)

Bearbeiterin: Dr. Christine Land  
[ch.land@meteoterra.de](mailto:ch.land@meteoterra.de)



**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**  
Große Pfahlstraße 5a  
30161 Hannover  
[info@geo-net.de](mailto:info@geo-net.de)

Bearbeiter: Dr. Björn Büter  
[bueter@geo-net.de](mailto:bueter@geo-net.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>ANLASS UND ZIELE</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DAS GEGENWÄRTIGE KLIMA IN DER REGION HANNOVER</b>	<b>3</b>
2.1	Datengrundlage	3
2.1.1	punktuelle Beobachtungsdaten	3
2.1.2	flächendeckende Rasterdaten	4
2.2	Analysemethode	5
2.3	Ergebnisse für zentrale Klimakenngrößen	6
2.3.1	Temperatur	6
2.3.2	Niederschlag	11
2.3.3	Wind	16
2.4	Zusammenfassung	20
<b>3.</b>	<b>DAS ZUKÜNFTIGE KLIMA DER REGION HANNOVER</b>	<b>23</b>
3.1	Datengrundlage	23
3.2	Analysemethode	26
3.3	Ergebnisse für zentrale Klimakenngrößen	27
3.3.1	Temperatur	27
3.3.2	Niederschlag	31
3.3.3	Wind	35
3.4	Zusammenfassung und Empfehlungen zum Umgang mit Klimamodelldaten	37
<b>4.</b>	<b>HINWEISE ZU POTENTIELLEN KLIMAFOLGEN UND HANDLUNGSBEDARFEN FÜR REGIONAL RELEVANTE HANDLUNGSFELDER</b>	<b>40</b>
4.1	Ableitung und Priorisierung regional relevanter Handlungsfelder	40
4.2	Hinweise zu potentiellen Klimafolgen und Handlungsbedarfen	41
4.2.1	Handlungsfelder der Prioritätsklasse 1	42
4.2.2	Handlungsfelder der Prioritätsklasse 2	44
4.2.3	Handlungsfelder der Prioritätsklasse 3	46

<b>5.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN FÜR DEN WEITEREN KLIMAFOLGENANPASSUNGSPROZESS</b>	<b>47</b>
5.1	Zusammenfassung	47
5.2	Empfehlungen	49
<b>ANHANG</b>		<b>51</b>
<b>QUELLENVERZEICHNIS</b>		<b>62</b>

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: GEGENWÄRTIG IN DER REGION HANNOVER BETRIEBENE MESSSTATIONEN (QUELLEN: DWD, DGM 25 REGION HANNOVER).....	4
ABBILDUNG 2: RÄUMLICHES MUSTER DER JAHRESMITTELTEMPERATUR 1961-90 IN DER REGION HANNOVER (QUELLE: RASTERDATEN DWD; DIE LEGENDE BEZIEHT SICH ZUR ORIENTIERUNG AUF DAS GESAMTE IN DEUTSCHLAND AUFTRETENDE DATENSPEKTRUM).....	7
ABBILDUNG 3: JAHRESMITTELTEMPERATUREN AN DER STATION HANNOVER-LANGENHAGEN IN ° C FÜR DIE JAHRE 1950 – 2013 .....	7
ABBILDUNG 4: HÖCHSTWERTE DER MAXIMUMTEMPERATUREN (ROT) UND TIEFSTWERTE DER MINIMUMTEMPERATUREN (BLAU) IN °C AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	8
ABBILDUNG 5: ANZAHL VON SOMMERTAGEN (GELB), „HEIßEN TAGEN“ (ROT) UND TROPENNÄCHTEN (GRÜN) IN HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	9
ABBILDUNG 6: ANZAHL DER „HEIßEN TAGE“ IM JAHR UND ANTEILIG MAXIMALE DAUER VON HITZEPERIODEN (AUFEINANDERFOLGENDE „HEIßE TAGE“) (DUNKEL) IN HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	10
ABBILDUNG 7: ANZAHL VON FROSTTAGEN (TEMPERATURMINIMUM < 0°C) UND EISTAGEN (TEMPERATURMAXIMUM < 0°C) IN HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	10
ABBILDUNG 8: ANZAHL DER FROSTTAGE IM JAHR UND ANTEILIG MAXIMALE DAUER VON KÄLTEPERIODEN (AUFEINANDERFOLGENDE FROSTTAGE) (DUNKEL) FÜR DEN ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	11
ABBILDUNG 9: RÄUMLICHES MUSTER DER DURCHSCHNITTLICHEN JAHRESNIEDERSCHLAGSSUMME 1961-90 IN DER REGION HANNOVER (QUELLE: RASTERDATEN DWD; DIE LEGENDE BEZIEHT SICH ZUR ORIENTIERUNG AUF DAS GESAMTE IN DEUTSCHLAND AUFTRETENDE DATENSPEKTRUM) .....	12
ABBILDUNG 10: JAHRESSUMME DES NIEDERSCHLAGS IN MM MIT LINEARER REGRESSIONSGERADEN UND 10JÄHRIGEN GLEITENDEN MITTEL (ORANGE) IN HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM VON 1950 – 2013.....	13
ABBILDUNG 11: NIEDERSCHLAGSSUMMEN IM SOMMER (JUNI, JULI UND AUGUST) UND WINTER (DEZEMBER, JANUAR UND FEBRUAR) IN MM MIT LINEAREM TREND IM ZEITRAUM VON 1950 – 2013 .....	13
ABBILDUNG 12: MAXIMALE TAGESUMMEN IM HYDROLOGISCHEN SOMMER (MAI BIS OKTOBER) UND HYDROLOGISCHEN WINTER (NOVEMBER BIS APRIL) MIT LINEAREM TREND IN MM IM ZEITRAUM VON 1950 – 2013 .....	14
ABBILDUNG 13: ANZAHL DER TROCKENEN TAGE UND TAGE MIT GERINGEM BIS MÄßIGEM NIEDERSCHLAG IN HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	15
ABBILDUNG 14: MAXIMALE DAUER VON TROCKEN- BZW. FEUCHTPERIODEN IN HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	15
ABBILDUNG 15: RELATIVE HÄUFIGKEIT (STUNDENWERTE) EINZELNER WINDRICHTUNGEN IN 10° ABSCHNITTEN IN HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM 1975 BIS 2013. DER ABSTAND ZWISCHEN DEN RINGEN BETRÄGT 1 %.....	16
ABBILDUNG 16: RÄUMLICHES MUSTER DER MITTLEREN JÄHRLICHEN WINDGESCHWINDIGKEIT 1961-90 IN DER REGION HANNOVER (QUELLE: RASTERDATEN DWD; DIE LEGENDE BEZIEHT SICH ZUR ORIENTIERUNG AUF DAS GESAMTE IN DEUTSCHLAND AUFTRETENDE DATENSPEKTRUM) .....	17
ABBILDUNG 17: JAHRESMITTEL DER WINDGESCHWINDIGKEIT IN [M/S] IN HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	18

ABBILDUNG 18: MAXIMALE JÄHRLICHE WINDSPITZENGESCHWINDIGKEIT (AB 1952) UND MITTLERER MAXIMALER TAGESWERT DER WINDGESCHWINDIGKEIT AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	19
ABBILDUNG 19: ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER RELATIVEN HÄUFIGKEIT (TAGESWERTE)DES AUFTRETENS EINZELNER WINDGESCHWINDIGKEITSKLASSEN IM BEREICH DER WINDSTÄRKEN BEAUFORT 0 BIS 6 AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	19
ABBILDUNG 20: GESTAPELTE RELATIVE HÄUFIGKEIT (STUNDENWERTE) DES AUFTRETENS EINZELNER WINDGESCHWINDIGKEITSKLASSEN IN % IN HANNOVER-LANGENHAGEN IN DEN JAHREN 1950 – 2013 (WINDGESCHWINDIGKEITSKLASSEN IN [M/S]. .....	20
ABBILDUNG 21: ZUSAMMENFASSUNG DER TRENDANALYSE „KLIMA DER GEGENWART“ FÜR STATION HANNOVER-LANGENHAGEN .....	21
ABBILDUNG 22: DIE VIER IPCC-KLIMASZENARIOFAMILIEN (VERÄNDERT NACH IPCC 2000) .....	23
ABBILDUNG 23: FÜR DEUTSCHLAND VERFÜGBARE KLIMAMODELLE UND -SZENARIEN (BEERMANN 2012).....	24
ABBILDUNG 24: MODELLIERTE JAHRESMITTELTEMPERATUR IN °C FÜR DIE JAHRE 1961 – 2100 FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTELWERT ALLER 10 MODELLÄUFE.....	27
ABBILDUNG 25: MODELLIERTE MITTELTEMPERATUREN IN °C IN DEN JAHRESZEITEN FRÜHLING, SOMMER, HERBST UND WINTER FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTELWERT ALLER 10 MODELLÄUFE .....	28
ABBILDUNG 26: MODELLIERTE ANZAHL VON FROSTTAGEN (HELL) UND EISTAGEN (DUNKEL) FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE).....	29
ABBILDUNG 27: MODELLIERTE ANZAHL VON SOMMERTAGEN (GELB), „HEIßEN TAGEN“ (ROT) UND TROPENNÄCHTEN (GRÜN) FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100. (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE) .....	29
ABBILDUNG 28: MODELLIERTE ANZAHL DER „HEIßEN TAGE“ IM JAHR UND ANTEILIG MAXIMALE DAUER VON HITZEPERIODEN (AUFEINANDERFOLGENDE „HEIßE TAGE“) (DUNKEL) FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE) .....	30
ABBILDUNG 29: MODELLIERTE JAHRESNIEDERSCHLAGSMENGE 1961-2100 (DATENGRUNDLAGE: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTELWERT ALLER 10 MODELLÄUFE).....	31
ABBILDUNG 30: RÄUMLICHES MUSTER DER ABSOLUTEN DIFFERENZ DER DURCHSCHNITTLICHEN JAHRESNIEDERSCHLAGSMENGE IN DREI VERSCHIEDENEN ZUKÜNFTIGEN ZEITRÄUMEN GEGENÜBER 1961-90 (DATENGRUNDLAGE: MIT FITNAH/ENVELOPE INTERPOLIERTE DATEN DES REGIONALEN KLIMAMODELLS CLM, SZENARIO A1B, LAUF 2) .....	32
ABBILDUNG 31: MODELLIERTE NIEDERSCHLAGSSUMMEN IM SOMMER (JUNI, JULI, AUGUST) UND WINTER (DEZEMBER, JANUAR, FEBRUAR) IN MM FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100. (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE). TRENDS 2011-2100: SCHWACH ABNEHMEND (ROT) BZW. KEIN TREND (BLAU).....	32
ABBILDUNG 32: MODELLIERTER PROZENTUALER ANTEIL DER JAHRESZEITLICHEN NIEDERSCHLAGSSUMMEN AN DER JAHRESNIEDERSCHLAGSSUMME FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR VERSCHIEDENE KLIMAZEITRÄUME (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE .....	33
ABBILDUNG 33: MODELLIERTE ANZAHL DER TROCKENEN TAGE (GELB) UND TAGE MIT GERINGEM BIS MÄßIGEN NIEDERSCHLÄGEN (BLAU) PRO JAHR FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: AUS WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE.....	33

ABBILDUNG 34: MODELLIERT MAXIMALE DAUER VON TROCKEN- BZW. FEUCHTPERIODEN FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: AUS WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE).....	34
ABBILDUNG 35: MODELLIERTE MAXIMALE TAGESNIEDERSCHLAGSSUMME FÜR DIE JAHRE 1961 BIS 2100. MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE IN BLAU UND MAXIMUM ALLER 10 MODELLÄUFE IN ORANGE. (DATENBASIS: WETTREG2010, SZENARIO A1B)).....	34
ABBILDUNG 36: MODELLIERTE JAHRESMITTEL DER WINDGESCHWINDIGKEIT IN M/S FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE .....	35
ABBILDUNG 37: MODELLIERTE MITTELWERTE DER WINDGESCHWINDIGKEIT IN M/S IN DEN JAHRESZEITEN FRÜHLING, SOMMER, HERBST UND WINTER FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE) .....	36
ABBILDUNG 38: MODELLIERTE ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER RELATIVEN HÄUFIGKEIT DES AUFTRETENS EINZELNER WINDSTÄRKEKLASSEN IM BEREICH DER WINDSTÄRKEN BEAUFORT 0 BIS 6 FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE .....	36
ABBILDUNG 39:MODELLIERTE MAXIMALE MITTLERE TÄGLICHE WINDGESCHWINDIGKEIT IN M/S FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MAXIMUM AUS 10 MODELLÄUFEN).....	37
ABBILDUNG 40: ZUSAMMENFASSUNG DER TRENDANALYSE „KLIMA DER ZUKUNFT“ FÜR STATION HANNOVER-LANGENHAGEN (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B; BEZUGSZEITRAUM: 1961-2100) .....	38
ABBILDUNG 41: DIE 5 SPIELARTEN IM UMGANG MIT VONEINANDER ABWEICHENDEN KLIMAMODELLERGEBNISSEN (VERÄNDERT NACH: PIK 2015) .....	38
ABBILDUNG 42: ZUSAMMENFASSUNG DER TRENDANALYSEN GEGENWARTSKLIMA UND KLIMA DER ZUKUNFT FÜR DIE STATION HANNOVER-LANGENHAGEN (DATENBASIS : WETTREG 2010 , SZENARIO A1B ; TRENDS BEZIEHEN SICH AUF DEN ZEITRAUM 1961 - 2100)) .....	47
ABBILDUNG 43: JAHRESMITTELWERTE DER TAGESMAXIMUM- (ROT) UND MINIMUMTEMPERATUREN (BLAU) IN °C IN DEN JAHREN 1950 – 2013 .....	51
ABBILDUNG 44: NIEDERSCHLAGSSUMMEN IM HYDROLOGISCHEN SOMMER (MAI BIS OKTOBER) UND HYDROLOGISCHEN WINTER (NOVEMBER BIS APRIL) MIT LINEAREM TREND IN MM IM ZEITRAUM VON 1950 – 2013 .....	52
ABBILDUNG 45: RÄUMLICHES MUSTER DER DURCHSCHNITTLICHEN JAHRESNIEDERSCHLAGSSUMME 1961-90 IN DEUTSCHLAND (ROTE UMRANDUNG: REGION HANNOVER).....	53
ABBILDUNG 46: ANZAHL DER TAGE IM JAHR MIT STÄRKEREN TÄGLICHEN NIEDERSCHLÄGEN IN HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	54
ABBILDUNG 47: MITTLERE WINDGESCHWINDIGKEIT IN [M/S] IN DEN EINZELNEN JAHRESZEITEN IN HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1950 – 2013 .....	55
ABBILDUNG 48: DAS JAHRESMITTEL DER TEMPERATUR IN DER METROPOLREGION HANNOVER BRAUNSCHWEIG GÖTTINGEN, SIMULIERT MIT CLM. DIE DICKEREN LINIEN ZEIGEN DAS 10-JÄHRIGE GLEITENDE MITTEL (QUELLE: KRAUSE 2010, 12) .....	56
ABBILDUNG 49: DIFFERENZ DER JAHRESDURCHSCHNITTSTEMPERATUR IN DREI VERSCHIEDENEN ZUKÜNFTIGEN ZEITRÄUMEN GEGENÜBER 1961-90 (DATENGRUNDLAGE: MIT FITNAH/ENVELOPE INTERPOLIERTE DATEN DES REGIONALEN KLIMAMODELLS CLM, SZENARIO A1B, LAUF 2) .....	57
ABBILDUNG 50: ENTWICKLUNG DER MITTELTEMPERATUR DER JAHRESZEITEN BIS 2100 IM VERGLEICH ZU 1961-1990 IN DER REGION HANNOVER (DATENGRUNDLAGE: RAUMMITTEL DER MIT FITNAH/ENVELOPE INTERPOLIERTEN CLM-DATEN FÜR DAS SZENARIO A1B, LAUF 2) .....	58

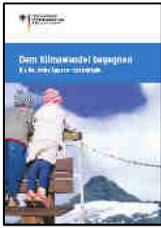
ABBILDUNG 51: MODELLIERTE HÖCHSTWERTE DER MAXIMUMTEMPERATUREN (ROT) UND TIEFSTWERTE DER MINIMUMTEMPERATUREN (BLAU) IN °C FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLLÄUFE) .....	59
ABBILDUNG 52: MODELLIERTE ANZAHL DER FROSTTAGE IM JAHR UND ANTEILIG MAXIMALE DAUER VON KÄLTEPERIODEN (AUFEINANDERFOLGENDE FROSTTAGE) (DUNKEL) FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLLÄUFE). .....	59
ABBILDUNG 53: ABSOLUTE DIFFERENZ DER DURCHSCHNITTLICHEN NIEDERSCHLAGSMENGEN IM METEOROLOGISCHEN SOMMER IN DREI VERSCHIEDENEN ZUKÜNFTIGEN ZEITRÄUMEN GEGENÜBER 1961-90 (DATENGRUNDLAGE: MIT FITNAH/ENVELOPE INTERPOLIERTE DATEN DES REGIONALEN KLIMAMODELLS CLM, SZENARIO A1B, LAUF 2) .....	60
ABBILDUNG 54: MODELLIERTE ANZAHL DER TAGE IM JAHR IN DENEN DER TAGESNIEDERSCHLAG 20 MM/D BZW. 50 MM/D ÜBERSCHREITET FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1961 – 2100 (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLLÄUFE) .....	61
ABBILDUNG 55: MODELLIERTE ÄNDERUNGEN DER NIEDERSCHLAGSMENGEN IN DEN METEOROLOGISCHEN JAHRESZEITEN FÜR DEN RAUM MAGDEBURG (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIEN A1B,A2 UND B1, INSGESAMT 30 MODELLLÄUFE) .....	62

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: MITTELTEMPERATUREN FÜR VERSCHIEDENE JAHRESZEITEN UND UNTERSCHIEDLICHE KLIMAZEITRÄUME. .	8
TABELLE 2: ZENTRALE ERGEBNISSE DER TRENDANALYSE „KLIMATISCHE IST-SITUATION“ (DATENGRUNDLAGE: BEOBACHTUNGSDATEN AN DER DWD STATION HANNOVER-LANGENHAGEN) .....	22
TABELLE 3: ZENTRALE ERGEBNISSE DER TRENDANALYSE „KLIMA IN DER ZUKUNFT “ (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B; BEZUGSZEITRAUM: 1961-2100) .....	39
TABELLE 4:FACHGUTACHTERLICHE PRIORISIERUNG DER FÜR DIE REGION HANNOVER RELEVANTEN KLIMASENSITIVEN HANDLUNGSFELDER .....	41
TABELLE 5:TEILBEREICHE MIT POTENTIELLEN KLIMAFOLGEN IN DEN HANDLUNGSFELDERN DER 1.PRIORITÄT .....	44
TABELLE 6: TEILBEREICHE MIT POTENTIELLEN KLIMAFOLGEN IN DEN HANDLUNGSFELDERN DER 2.PRIORITÄT .....	45
TABELLE 7: TEILBEREICHE MIT POTENTIELLEN KLIMAFOLGEN IN DEN HANDLUNGSFELDERN DER 3.PRIORITÄT .....	46
TABELLE 8: ZUSAMMENFASSENDE EMPFEHLUNGEN FÜR DEN WEITEREN ANPASSUNGSPROZESS .....	50
TABELLE 9:GEGENWÄRTIG IN DER REGION HANNOVER BETRIEBENE KLIMA-, WIND UND NIEDERSCHLAGSSTATIONEN	51
TABELLE 10: LINEARER TEMPERATURANSTIEG UND SEINE JAHRESZEITLICHE VARIATION IN HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DEN ZEITRAUM 1950 – 2013. ....	51
TABELLE 11: MITTLERE HÄUFIGKEITEN VON SOMMERTAGEN UND „HEIßEN TAGEN“ SOWIE MAXIMALE DAUER VON HITZEPERIODEN AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN FÜR DIE ZEITRÄUME 1951 – 1970 (KALB UND SCHMIDT, 1977), 1961 – 1990 (INTERNATIONALE KLIMATOLOGISCHE REFERENZPERIODE), 1980 – 2010 (NEUER VERGLEICHSZEITRAUM DES DWD) UND 1950 – 2013. ....	52
TABELLE 12: VERGLEICH VON NIEDERSCHLAGSSUMMEN IM GESAMTZEITRAUM 1950 – 2013 MIT DEN ZEITRÄUMEN 1951 – 1970 (KALB UND SCHMIDT, 1977), 1961 BIS 1990 (INTERNATIONALE KLIMATOLOGISCHE REFERENZPERIODE), 1981 BIS 2010 (NEUER VERGLEICHSZEITRAUM DES DWD) AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN. ....	52
TABELLE 13: VERGLEICH VON NIEDERSCHLAGSHÄUFIGKEITEN IM GESAMTZEITRAUM 1950 – 2013 MIT DEN ZEITRÄUMEN 1951 – 1970 (KALB UND SCHMIDT, 1977), 1961 BIS 1990 (INTERNATIONALE KLIMATOLOGISCHE	

REFERENZPERIODE), 1981 BIS 2010 (NEUER VERGLEICHSZEITRAUM DES DWD) AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN .....	54
TABELLE 14: BEAUFORTSKALA .....	54
TABELLE 15: VERGLEICH VON WINDGESCHWINDIGKEITSWERTEN DES GESAMTZEITRAUM 1950 – 2013 MIT DEN ZEITRÄUMEN 1951 – 1970 (KALB UND SCHMIDT, 1977), 1961 BIS 1990 (INTERNATIONALE KLIMATOLOGISCHE REFERENZPERIODE) UND 1981 BIS 2010 (NEUER VERGLEICHSZEITRAUM DES DWD) AN DER MESSSTATION HANNOVER-LANGENHAGEN .....	55
TABELLE 16: DURCHSCHNITTLICHE REL. HÄUFIGKEIT IN % MIT DER DAS TAGESMITTEL DER WINDGESCHWINDIGKEIT IN DER JEWEILIGEN WINDSTÄRKEKLASSE AUFTRITT (HANNOVER-LANGENHAGEN IM ZEITRAUM 1950 BIS 2013) ....	55
TABELLE 17: MODELLIERTE MITTLERE ANZAHL VON TAGEN AN DENEN BESTIMMTE SCHWELLWERTE DER TEMPERATUR ÜBER- ODER UNTERSCHRITTEN WERDEN FÜR UNTERSCHIEDLICHE KLIMAZEITRÄUME FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTELWERT ALLER 10 MODELLÄUFE) .....	60
TABELLE 18: MODELLIERTE NIEDERSCHLAGSSUMMEN IN MM FÜR VERSCHIEDENE JAHRESZEITEN UND UNTERSCHIEDLICHE KLIMAZEITRÄUME. (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE).....	61
TABELLE 19: MODELLIERTE MITTLERE WINDGESCHWINDIGKEIT IN M/S IN VERSCHIEDENEN JAHRESZEITEN UND UNTERSCHIEDLICHEN KLIMAZEITRÄUMEN FÜR HANNOVER-LANGENHAGEN (DATENBASIS: WETTREG 2010, SZENARIO A1B, MITTEL ÜBER 10 MODELLÄUFE). .....	61

# 1. Anlass und Ziele



Die Bundesrepublik Deutschland hat in den letzten Jahren die „Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels (DAS)“ und den daran anknüpfenden „Aktionsplan Anpassung“ verabschiedet (Bundesregierung 2008 und 2011)<sup>1</sup>. In der Strategie wird darauf hingewiesen, dass Kommunen und Regionen im Anpassungsprozess an die Folgen des Klimawandels eine zentrale Rolle zukommen wird:

**„Da Anpassung in den meisten Fällen auf regionaler oder lokaler Ebene erfolgen muss, sind viele Entscheidungen auf kommunaler oder Kreisebene zu treffen“** (Bundesregierung 2008, 60)

Auch der Deutsche Städtetag unterstreicht die Schlüsselfunktion der Gebietskörperschaften und ihrer Akteure (Deutscher Städtetag 2012). Diese liegt vor allem darin begründet, dass sich der Klimawandel aufgrund räumlich variierender Klimamuster, Klimaänderungssignale und Vulnerabilitäten kleinräumig unterschiedlich auswirken wird und es daher an lokale Verhältnisse angepasste Reaktionen bedarf.

Niedersachsen gehört zu denjenigen Bundesländern, die den Regionalisierungsgedanken des Anpassungsprozesses aufgenommen haben. Dementsprechend wurde eine „Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ veröffentlicht, die den Kenntnisstand zum Klimawandel in Norddeutschland mit zentralen Handlungsfeldern verknüpfen und Hinweise für zu ergreifende Maßnahmen geben (MU 2012). In der Empfehlung wird u.a. die Rolle der räumlichen Planung auf regionaler Ebene herausgestellt (MU 2012, 119ff).



Eine wichtige fachliche Basis für die Niedersächsische Strategie war zum einen das Verbundforschungsprojekt „Klimafolgenforschung in Niedersachsen (KLIFF)“, in dem zwischen 2009 und 2013 Klimafolgen für ausgewählte Handlungsfelder untersucht und Handlungsnotwendigkeiten bzw. -optionen ermittelt worden sind (Beese und Aspelmeier 2014). Die Region Hannover war als assoziierter Partner in das Teilprojekt QT 2 „KLIFF-IMPLAN“ eingebunden, in dem der Schwerpunkt auf raumplanerischen Anpassungserfordernissen lag (Spiekermann und Franck 2014).

Die zweite zentrale Fachbasis stellte das Verbundforschungsprojekt „Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg (KFM)“ dar (LBEG 2011). Als Mitglied der Metropolregion war die Region Hannover an der Konzeption und der Entwicklung der Informations- und Kommunikationsplattform zum regionalen Klimafolgenmanagement beteiligt, auf der die zentralen Projektergebnisse interaktiv veröffentlicht sind.<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Eine Fortschreibung der beiden Dokumente ist für 2015 angekündigt

In Erkenntnis der ihr von Bund und Land zugeordneten Rolle sowie auf der Basis der beschriebenen Grundlagen wurde die Notwendigkeit einer eigenen Klimaanpassungsstrategie für die Region Hannover als Maßnahme C11 in das integrierte Klimaschutzkonzept der Region aufgenommen (Region Hannover 2012). Zusammen mit rund 70 anderen Handlungsansätzen wurde die Erstellung der Strategie am 27.05.2014 von der Regionsversammlung beschlossen (Region Hannover 2014). Das vorliegende Gutachten trägt wesentlich zur Umsetzung dieses Beschlusses bei.

Die Hauptziele des Gutachtens bestehen darin

- den Klimafolgenanpassungsprozess in der Region zu initiieren
- ein Verständnis vom Regionalklima und dessen zukünftigen Wandel zu vermitteln
- klimasensitive, regional relevante Handlungsfelder zu identifizieren
- auf zentrale regionale Klimafolgen aufmerksam zu machen
- Handlungsnotwendigkeiten und grundlegende Handlungsspielräume aufzuzeigen

Dabei wird vor allem auf solche Handlungsfelder fokussiert, die den Schutz von Leben und Gesundheit zum Gegenstand haben und/oder für die Politik und Verwaltung der Region Hannover gemäß §161 NComVG die zentralen Entscheidungsträger und Akteure darstellen. Es ist ausdrücklich nicht das Ziel dieses Gutachtens, für alle klimasensitiven, regional relevanten Handlungsfelder Anpassungsziele und daraus abgeleitete technische, investive und sonstige Maßnahmen abzuleiten. Die angewandt-klimatologische Expertise stellt somit eine fachlich fundierte Grundlage für den weiteren Anpassungsprozess dar. Eine vertiefte Auseinandersetzung, zu der auch eine Diskussion von konkreten Maßnahmen mit zentralen regionalen Akteuren gehört, sollte darauf aufbauend themenspezifisch in den einzelnen Handlungsfeldern stattfinden.

Den Hauptzielen entsprechend gliedert sich das Fachgutachten in vier Hauptkapitel. In Kapitel 2 wird zunächst auf der Basis von ausgewählten Beobachtungsdaten das Regionalklima der Gegenwart beschrieben. Dabei wird insbesondere auch der Frage nachgegangen, für welche zentralen Klimakenngrößen sich bereits Änderungstrends abzeichnen. Mithilfe von verfügbaren regionalen Klimamodelldaten wird in Kapitel 3 dann analysiert, inwiefern sich diese Trends in einer kurz-, mittel- und langfristigen Zukunft bis zum Jahr 2100 fortsetzen bzw. sich neue Trends abzeichnen. Kapitel 4 verknüpft die gewonnenen Erkenntnisse mit regional relevanten Handlungsfeldern und identifiziert Handlungsbedarfe. Kapitel 5 gibt schließlich Hinweise darüber, welche grundsätzlichen Handlungsspielräume bestehen und wie der weitere Anpassungsprozess in der Region Hannover ausgestaltet sein sollte.

---

<sup>2</sup> [www.klimafolgenmanagement.de](http://www.klimafolgenmanagement.de)

## 2. Das gegenwärtige Klima in der Region Hannover

Im Folgenden wird das gegenwärtige Klima in der Region Hannover beschrieben. In Kapitel 2.1 wird zunächst erläutert, welche Datengrundlage hierfür grundsätzlich zur Verfügung steht und welche davon Eingang in die Analyse gefunden haben. Die genaue Analysemethode ist in Kapitel 2.2 dargestellt. Kapitel 2.3 enthält die zentralen Ergebnisse für die Hauptklimaparameter Temperatur, Niederschlag und Wind, die in Kapitel 2.4 mit dem besonderen Fokus auf Trendaussagen zusammengefasst sind.

### 2.1 DATENGRUNDLAGE

#### 2.1.1 PUNKTUELLE BEOBACHTUNGSDATEN

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt in der Region Hannover aktuell drei Klima- und elf Niederschlagsstationen (Abbildung 1). Die Daten werden dort durchgängig teilweise bereits seit den 1930er Jahren erhoben und je nach meteorologischer Kenngröße als Tages- und/oder Stunden- bzw. Monatswerte<sup>3</sup> seit dem 01.07.2014 kostenlos und frei zugänglich zur Verfügung gestellt. An den Klimastationen Hannover, Wunstorf und Barsinghausen-Hohenbostel werden mit der Lufttemperatur, dem Niederschlag und dem Wind alle Klimakenngrößen gemessen, die für eine generelle Beschreibung des regionalen Klimas notwendig sind.

Nach der Definition der Weltmeteorologischen Organisation (WMO) ist das Klima definiert als „[...] die Synthese des Wetters über ein Zeitintervall, das im Wesentlichen lang genug ist, um die Festlegung der statistischen Ensemble-Charakteristika (Mittelwerte, Varianzen, Wahrscheinlichkeiten extremer Ereignisse usw.) zu ermöglichen und das weitgehend unabhängig bezüglich irgendwelcher augenblicklicher Zustände ist“ (Schönwiese 2013).

Als Zeitraum, der „im Wesentlichen lang genug ist“ haben sich in der Klimatologie einerseits und der Klimafolgenforschung andererseits 30 Jahre etabliert. Die Station Hannover ist die einzige der drei Klimastationen, die diese zentrale Forderung erfüllt. Sie liefert seit 1936 ununterbrochene Klimabeobachtungen und wird vom DWD als Klimareferenzstation für das Norddeutsche Tiefland klassifiziert (vgl. auch Tabelle 9 im Anhang). Ihre Daten werden daher für die durchzuführende Trendanalyse verwendet (DWD 2014).

---

<sup>3</sup> In Form von Summen-, Mittel-, Maximum- oder Minimumwerten

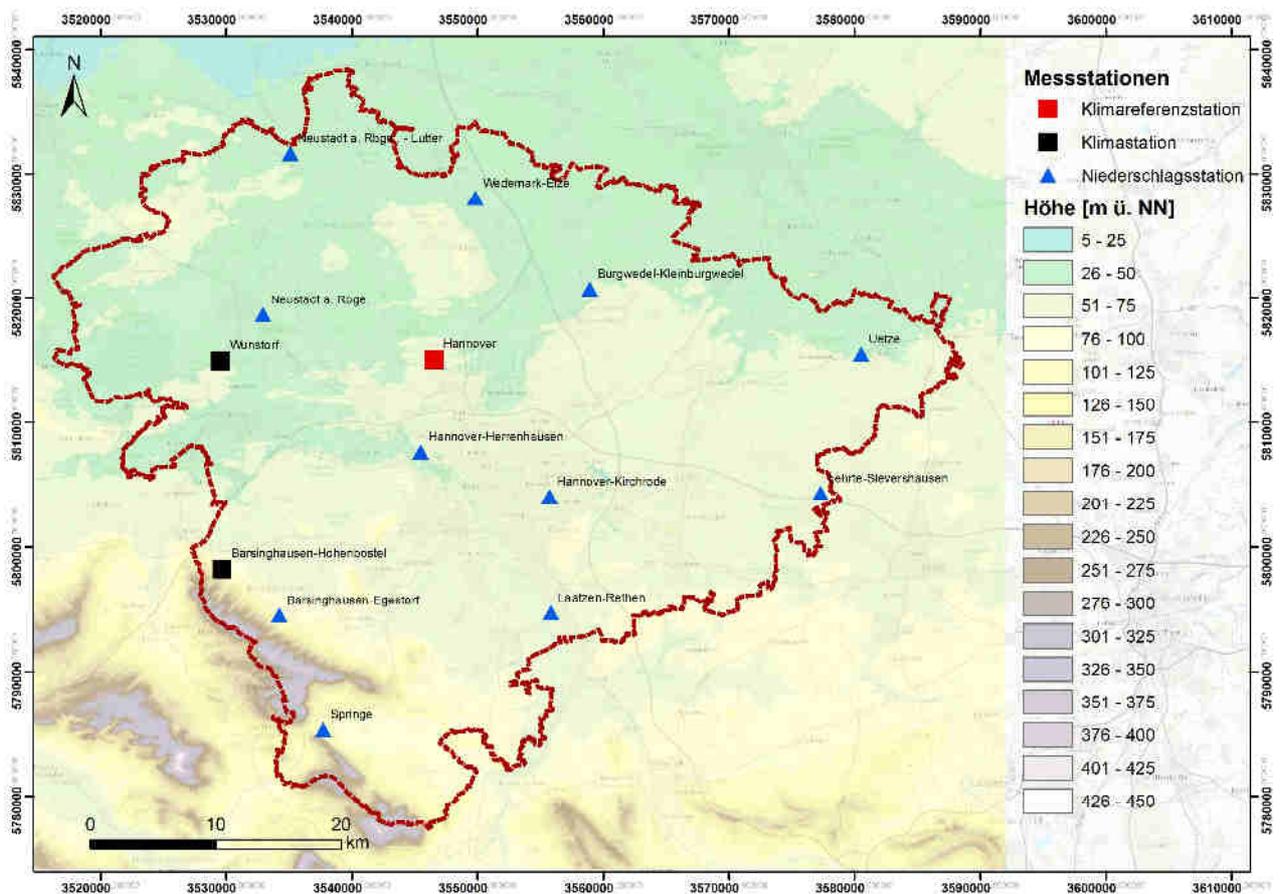


Abbildung 1: Gegenwärtig in der Region Hannover betriebene Messstationen (Quellen: DWD, DGM 25 Region Hannover)

### 2.1.2 FLÄCHENDECKENDE RASTERDATEN

Bei den an der Station Hannover gemessenen Daten handelt es sich um Punktmessungen, die zunächst einmal nur für den Ort der Beobachtung selbst Gültigkeit besitzen. Eine Übertragung auf die gesamte Region ist aufgrund mikro- und mesoklimatischer Effekte mit gewissen Unsicherheiten verbunden. So variieren Temperatur-, Wind- und Niederschlagsfelder u.a. in Abhängigkeit der Höhe. Zwar handelt es sich bei der Region Hannover um ein orographisch relativ homogenes Gebiet, doch existieren auch hier nicht unwesentliche Reliefunterschiede. So liegen zwischen der Leineniederung im Norden und dem Deister im äußersten Süden fast 400 Höhenmeter. Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in dem Höhenzug und seinem Einflussbereich unterscheiden sich von denen im Hannoveraner Norden, in dem die Klimareferenzstation liegt. Es ist daher wichtig auch die räumliche Variabilität in der Region Hannover abzubilden.

Der DWD stellt flächendeckend für Deutschland einen interpolierten Rasterdatensatz mit einer horizontalen Auflösung von 1x1 km zur Verfügung, in dem diese einfache Korrelation berücksichtigt wird (DWD 2014a). Neben den hier diskutierten Hauptklimaparametern Temperatur, Niederschlag und Wind gehören auch die Auftrittshäufigkeit verschiedener meteorologischer Kenntage (z. B. Schneetage oder Heiße Tage), die Wasserbilanz sowie die Globalstrahlung für die Zeiträume 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 zum veröffentlichten Datenpaket.

Neben der Orographie zählt die Landnutzung zu den zentralen mesoklimatischen Einflussfaktoren insbesondere auf die Ausprägung von bodennahen Wind- und Temperaturfeldern. Diese wird in dem vom DWD verwendeten Interpolationsverfahren allerdings nicht berücksichtigt. Das führt beispielsweise dazu, dass der Hannoveraner Stadtklimaeffekt in den Temperaturfeldern nicht abgebildet wird, obwohl bekannt ist, dass die Großstädte gegenüber dem ländlichen Raum eine um etwa 1-2 K erhöhte Jahresmitteltemperatur (Kuttler 2013 und GEO-NET 2010) aufweisen. Insgesamt weisen also auch die Rasterdaten des DWD insbesondere räumlich homogenere Temperatur- und Windfelder aus, als in der Realität existieren.

## 2.2 ANALYSEMETHODE

Die Rasterdaten des DWD wurden für die Jahresdurchschnittstemperatur, die mittlere Jahresniederschlagsmenge und die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für die international gültige Klimanormalperiode 1961-1990 mithilfe eines Geoinformationssystems visualisiert und klassifiziert. Zwar stehen auch Daten für zwei weitere Zeiträume zur Verfügung, jedoch weist der DWD darauf hin, dass aufgrund unterschiedlicher Stationsbestände auf ihrer Basis keine Trendaussagen abgeleitet werden sollten (DWD 2014b). Daher wurden die Daten für die Klimanormalperiode dazu verwendet, ein Verständnis von den räumlichen Mustern der Hauptklimaparameter zu vermitteln. Die jeweiligen Abbildungen finden sich jeweils zu Beginn der Unterkapitel 2.3.1 bis 2.3.3.

Die anvisierte Trendanalyse, also die zeitliche Entwicklung der Klimavariablen, wird mithilfe der langjährigen Beobachtungsdaten der Station Hannover durchgeführt. Mit dem Begriff „Trend“ ist ganz allgemein das Maß gemeint, mit dem sich ein Klimazustand im Laufe eines bestimmten Zeitraums ändert.

Zur Ermittlung des linearen Trends einer Zeitreihe von Daten wird durch ihre Werte eine Regressionsgerade nach der Methode der kleinsten Quadrate gelegt. Die Steigung der Regressionsgeraden ist dann nichts anderes als der lineare Trend. Weitere Details zu den statistischen Grundlagen sind z.B. bei RAPP UND SCHÖNWIESE (1995) oder bei SCHÖNWIESE (1992) zu finden. Der lineare Trend ist in der Klimatologie weit verbreitet, einfach zu berechnen und leicht zu interpretieren.

Die Niederschlagssumme ist ein mengenabhängiger Klimaparameter. Für sie ist es üblich einen „relativen Trend“ zu bestimmen, damit man die Veränderung von Zeitreihen mit unterschiedlichen Mittelwerten direkt vergleichen kann. Zur Bestimmung des „relativen Trends“ ermittelt man zunächst die Veränderung des Klimaparameters gegenüber der Anfangssituation mithilfe der Regressionsgeraden (absoluter Trend). Den absoluten Trend setzt man dann in Relation zum Mittelwert des Niederschlags für den gesamten Untersuchungszeitraum und erhält so den relativen Trend.

Für den linearen Trend muss eine Aussage darüber getroffen werden, wie sicher er ist, also wie deutlich er sich gegenüber den Schwankungen der Zeitreihe heraushebt. Ein einfach zu bestimmendes Maß für die Signifikanz eines Trends ist das „Trend-Rausch-Verhältnis“  $Tr/\sigma$ . Der Betrag des Trends wird dabei in Bezug zur Variabilität einer Zeitreihe gesetzt. Die Variabilität einer Zeitreihe ist durch die Standardabweichung  $\sigma$ , also die Streubreite der Datenwerte rund um ihren Mittelwert, gegeben.

In dieser Untersuchung werden folgende Trends unterschieden:

Trendstärke	Symbol zunehmend	Symbol abnehmend
■ einem <b>sehr starken Trend</b> , wenn $Tr/\sigma \geq 2$		
■ einem <b>starken Trend</b> , wenn $1,5 \leq Tr/\sigma < 2$		
■ einem <b>schwachen Trend</b> , wenn $1,0 \leq Tr/\sigma < 1,5$		
■ <b>keinem Trend</b> , wenn $Tr/\sigma < 1,0$		

## 2.3 ERGEBNISSE FÜR ZENTRALE KLIMAKENNGRÖSSEN

### 2.3.1 TEMPERATUR

Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der bodennahen Temperatur des Zeitraums 1961 – 1990 in der Region Hannover. Aufgrund des relativ trivialen Interpolationsverfahrens des DWD (vgl. Kapitel 2.1.2) zeigen sich kaum räumliche Muster. Aufgrund von meso- und mikroklimatischen Effekten sind diese aber in der Realität auch für die Jahresmitteltemperatur durchaus vorhanden (vgl. Kapitel 3.3.1). Die langjährige Jahresmitteltemperatur liegt über weite Gebiete im Bereich von 8,8 bis 9,0 °C. In den höheren Lagen des Deisters ist sie mit Werten von etwa 7,3 °C um ca. 1,5 K niedriger.

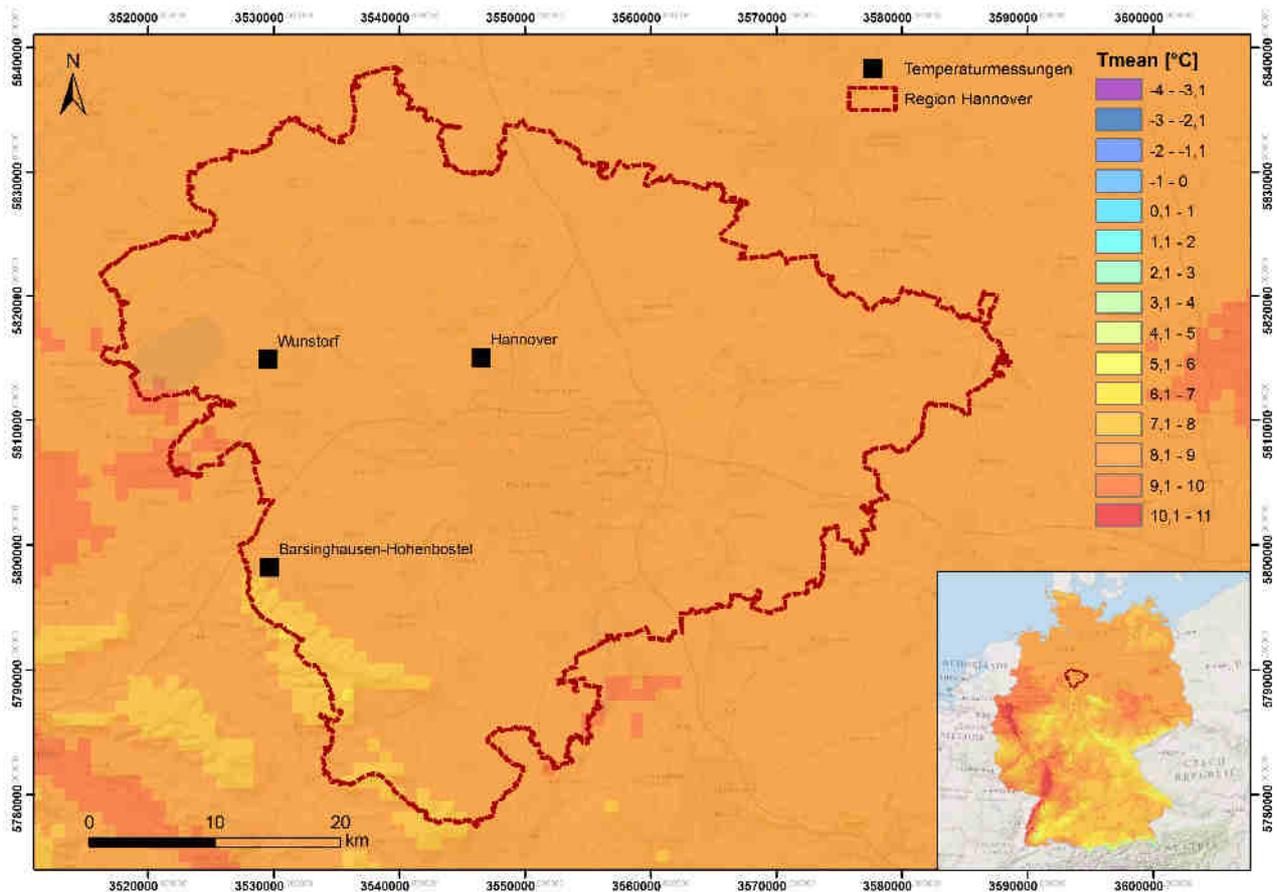


Abbildung 2: Räumliches Muster der Jahresmitteltemperatur 1961-90 in der Region Hannover (Quelle: Rasterdaten DWD; die Legende bezieht sich zur Orientierung auf das gesamte in Deutschland auftretende Datenspektrum)

Abbildung 3 zeigt zum Vergleich die an der Station Hannover gemessenen Jahresmittelwerte der Lufttemperatur im Zeitraum von 1950 – 2013. In diesem Zeitabschnitt schwanken die Jahresmitteltemperaturen zwischen 7,7°C im Jahre 1996 und 10,8°C im Jahre 2000. Der langjährige Mittelwert der Lufttemperatur beträgt 9,2°C. Im Winter liegt die Lufttemperatur bei 1,5°C. Im Frühling steigt sie durchschnittlich auf 8,5°C. Die Mitteltemperatur im Sommer beträgt 16,9°C. Im Herbst fällt sie auf 9,6°C (Tabelle 1).

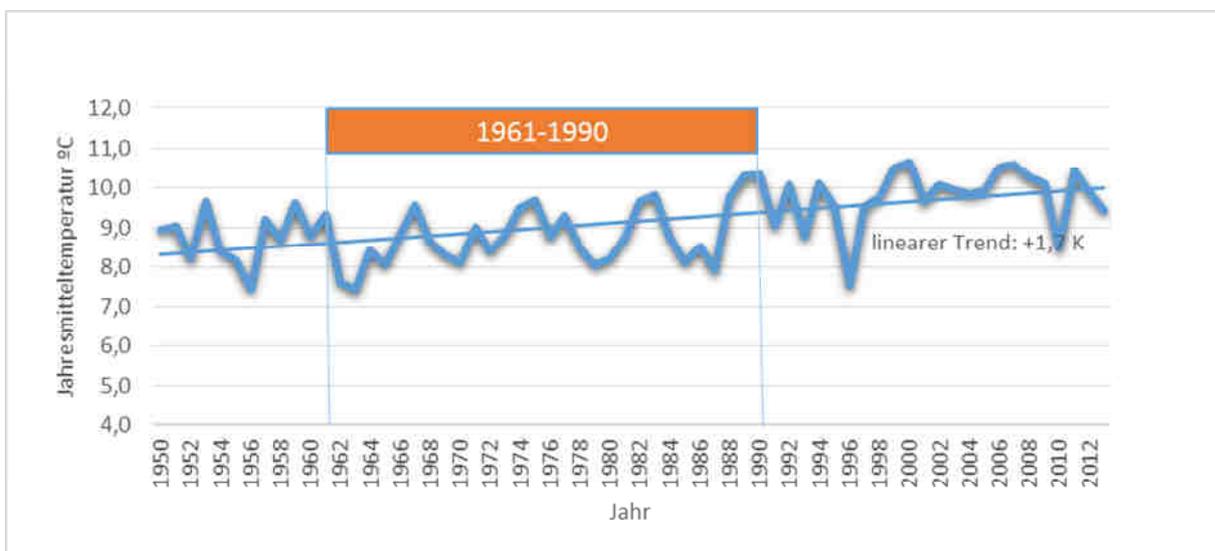


Abbildung 3: Jahresmitteltemperaturen an der Station Hannover-Langenhagen in °C für die Jahre 1950 – 2013

Vergleicht man unterschiedliche Zeitabschnitte des Gesamtzeitraums, so zeigt sich, dass die Mitteltemperaturen generell ansteigen (Tabelle 1). Dies trifft insbesondere auf das Jahresmittel (statistisch sehr starker Trend) und die Jahreszeiten Frühling und Sommer (starker Trend) zu (vgl. auch Tabelle 10 im Anhang). Die Ergebnisse sind kein regionales Phänomen, sondern deutschlandweit beobachtet worden (z. B. Rapp und Schönwiese 1995).

Tabelle 1: Mitteltemperaturen für verschiedene Jahreszeiten und unterschiedliche Klimazeiträume.

	Klimazeiträume			
	1951 – 1970	1961 - 1990	1981 - 2010	1950 – 2013
Mitteltemperatur [°C]	8,6	8,8	9,6	9,2
Mitteltemperatur Frühling [°C]	7,8	8,2	9,1	8,5
Mitteltemperatur Sommer [°C]	16,3	16,5	17,3	16,9
Mitteltemperatur Herbst [°C]	9,5	9,5	9,9	9,6
Mitteltemperatur Winter [°C]	0,5	1,1	2,0	1,5

In Abbildung 4 sind die höchsten und niedrigsten Temperaturen (linke bzw. rechte Skala) der einzelnen Jahre dargestellt. In den Jahren 1950 – 2013 nehmen die Höchstwerte um 3,2 K zu. Die Tiefstwerte zeigen einen Temperaturanstieg von 4,6 K. Aufgrund der relativ hohen Streubreite dieser Zeitreihen handelt es sich hier statistisch allerdings um einen schwachen Trend. Einen deutlicheren Trend zeigt die Trendanalyse für die Jahresmittelwerte der Tagesmaximum- und Minimumtemperaturen (vgl. Abbildung 42 im Anhang).

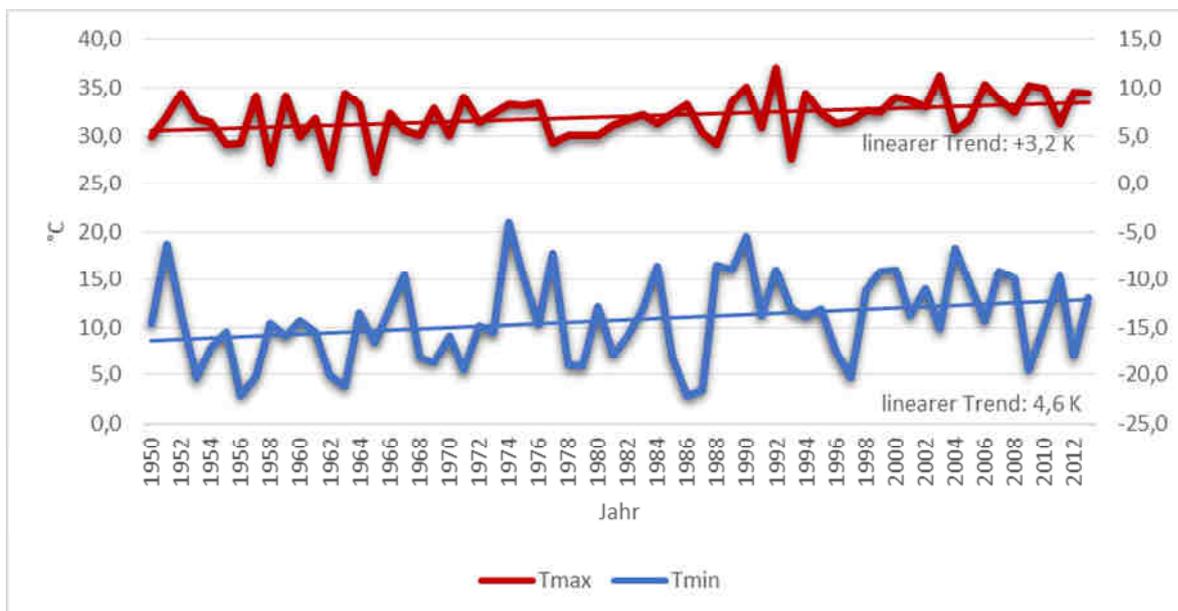


Abbildung 4: Höchstwerte der Maximumtemperaturen (rot) und Tiefstwerte der Minimumtemperaturen (blau) in °C an der Messstation Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013

Neben Mittel- und Extremwerten lassen sich auch über die Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von bestimmten meteorologischen Kenntagen wichtige Erkenntnisse zum Ausmaß des bisher zu beobachtenden Klimawandel ableiten. Als Maß dient die „Anzahl der Tage“, an denen die jeweilige Temperaturstufe erreicht bzw. über- oder unterschritten wird (Meyers 1987). Die folgenden Temperaturstufen werden untersucht:

- Ein „Heißer Tag“ ist ein Tag mit einem Höchstwert der Temperatur von mindestens 30°C.
- Ein Sommertag ist ein Tag mit einem Höchstwert der Temperatur von mindestens 25°C.
- In einer Tropennacht fällt die Minimumtemperatur nicht unter 20°C.
- Ein Frosttag ist ein Tag mit einer Tiefsttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes.
- An einem Eistag bleibt der Höchstwert der Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes.

In Abbildung 5 sind die Anzahl der „Heißen Tage“, Sommertage und Tropennächte im Zeitraum 1950 – 2013 dargestellt. Im Mittel des Zeitraums 1950 – 2013 sind 28 Tage eines Jahres Sommertage, rund 5 Tage davon sind „Heiße Tage“ (vgl. Tabelle 11 im Anhang). Die Trendanalyse zeigt einen schwachen Trend zur Zunahme von Sommer- und „Heißen Tagen“. Tropennächte treten in dem analysierten Zeitraum vereinzelt erst ab 1986 auf, ein Trend kann daraus noch nicht abgeleitet werden.

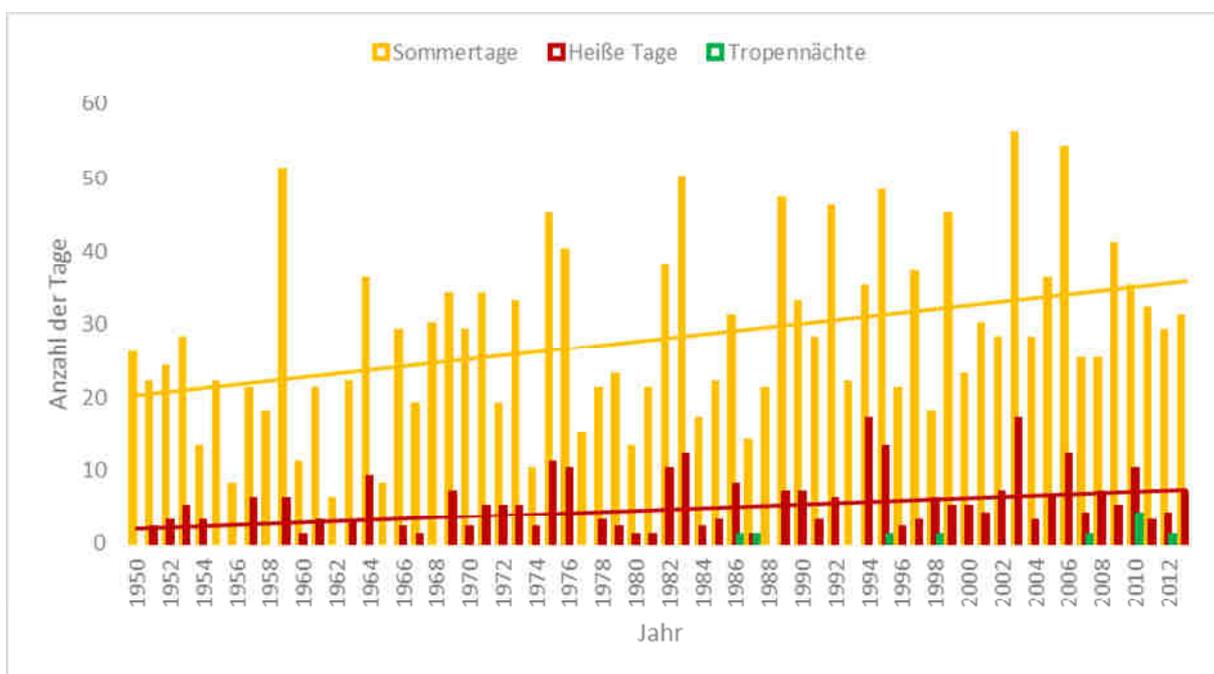


Abbildung 5: Anzahl von Sommertagen (gelb), „Heißen Tagen“ (rot) und Tropennächten (grün) in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013

In Abbildung 6 ist die Anzahl der „Heißen Tage“ im Jahr zusammen mit der maximalen Dauer von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende „Heiße Tage“) dargestellt. Die Werte schwanken stark von Jahr zu Jahr. An allen Tagen der Jahre 1950, 1955 und 1956 bleibt das Temperaturmaximum unterhalb von 30°C. In den Jahren 1994 und 2003 überschreitet die maximale Tagestemperatur dagegen an 17 Tagen 30°C. Die Anzahl der „Heißen Tage“ zeigen eine schwache Zunahme im Gesamtzeitraum. Im Zeitraum von 1951 – 1970 gibt es im Mittel in jedem Jahr rund drei „Heiße Tage“, im Zeitraum 1981 – 2010 sind es doppelt so viele (vgl. auch Tabelle 11 im Anhang).

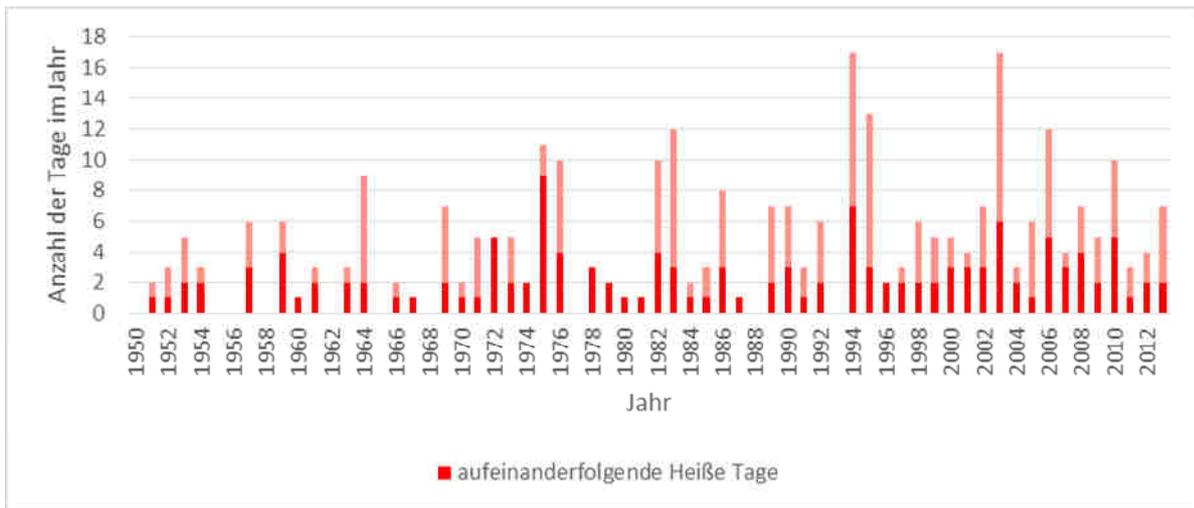


Abbildung 6: Anzahl der „Heißen Tage“ im Jahr und anteilig maximale Dauer von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende „Heiße Tage“) (dunkel) in Hannover-Langenhagen für den Zeitraum 1950 – 2013

Abbildung 7 zeigt die Anzahl der Frost- und Eistage in den einzelnen Jahren des Zeitraums 1950 – 2013. Die mit 36 Tagen niedrigste Anzahl an Frosttagen verzeichnete das Jahr 2000. Im Jahr 1996 gab es mit 112 Tagen die meisten Frosttage. Im Mittel treten pro Jahr rund 76 Frosttage auf, 19 davon sind Eistage. Die Auftretshäufigkeit von Frosttagen zeigt im betrachteten Zeitraum einen schwachen Trend zur Abnahme. Während im Zeitraum von 1951 – 1970 durchschnittlich rund 87 Frosttage pro Jahr auftreten, sind es im Jahresmittel 1981 – 2010 nur noch 70. Die mittlere Anzahl der Eistage nimmt ebenfalls um rund 20 % ab, ein statistischer Trend ergibt sich daraus bisher nicht (vgl. auch Tabelle 11 im Anhang).

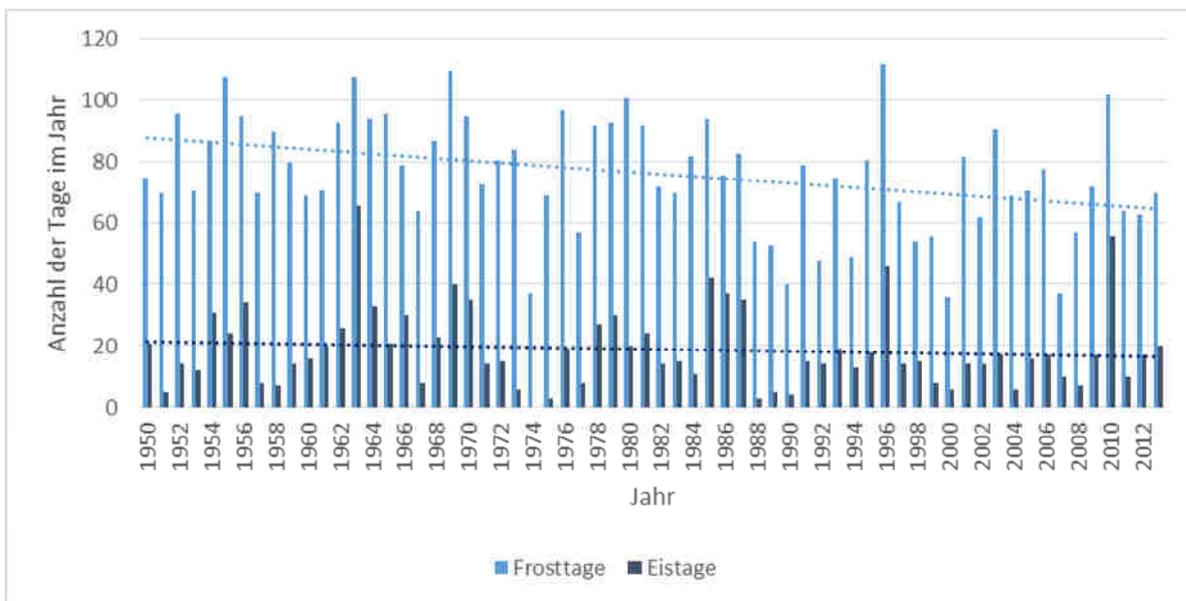


Abbildung 7: Anzahl von Frosttagen (Temperaturminimum < 0°C) und Eistagen (Temperaturmaximum < 0°C) in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013

Abbildung 8 zeigt die Anzahl der Frosttage im Jahr und anteilig die maximale Dauer von Kälteperioden (aufeinanderfolgende Frosttage) für den Untersuchungszeitraum 1950 – 2013. Im langjährigen Mittel treten rund ein Viertel der Frosttage an aufeinanderfolgenden Tagen auf. Der Anteil von Eistagen an den Frosttagen beträgt ebenfalls rund ein Viertel (vgl. auch Tabelle 11 im Anhang). Da die Anzahl von Frost- und Eistagen im Laufe der Jahrzehnte abnehmen, verkürzen sich auch die Kälteperioden. Ein statistisch verifizierbarer Trend ergibt sich aus der Analyse allerdings noch nicht.

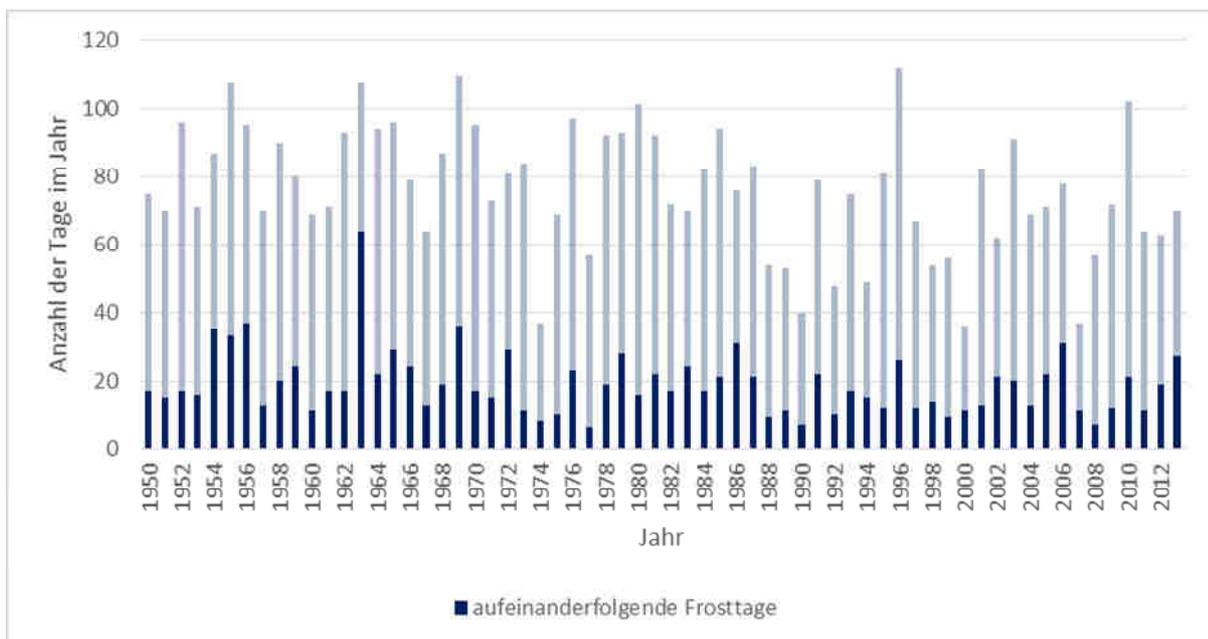


Abbildung 8: Anzahl der Frosttage im Jahr und anteilig maximale Dauer von Kälteperioden (aufeinanderfolgende Frosttage) (dunkel) für den Zeitraum 1950 – 2013

### 2.3.2 NIEDERSCHLAG

Dass die mittlere jährliche Niederschlagssumme in der Klimanormalperiode 1961-1990 in der Region deutlich inhomogener verteilt ist als die Jahresdurchschnittstemperatur, zeigt Abbildung 9. Dieses Phänomen ist in der Literatur auch für die Beobachtungsperiode 1951 – 1970 beschrieben worden (Kalb und Schmidt 1977). In der nördlichen Hälfte der Region Hannover fallen über weite Gebiete im Mittel 651 bis 700 mm Niederschlag pro Jahr. Weiter südliche Gebiete, in einem Band, das sich von Wunstorf über Hannover-Herrenhausen nach Laatzen-Rethen erstreckt, erhalten geringere Niederschlagssummen (601 – 650 mm/a). An den Hängen des Deisters nehmen die Niederschlagssummen wieder zu und erreichen hier annähernd 1000 mm/a.

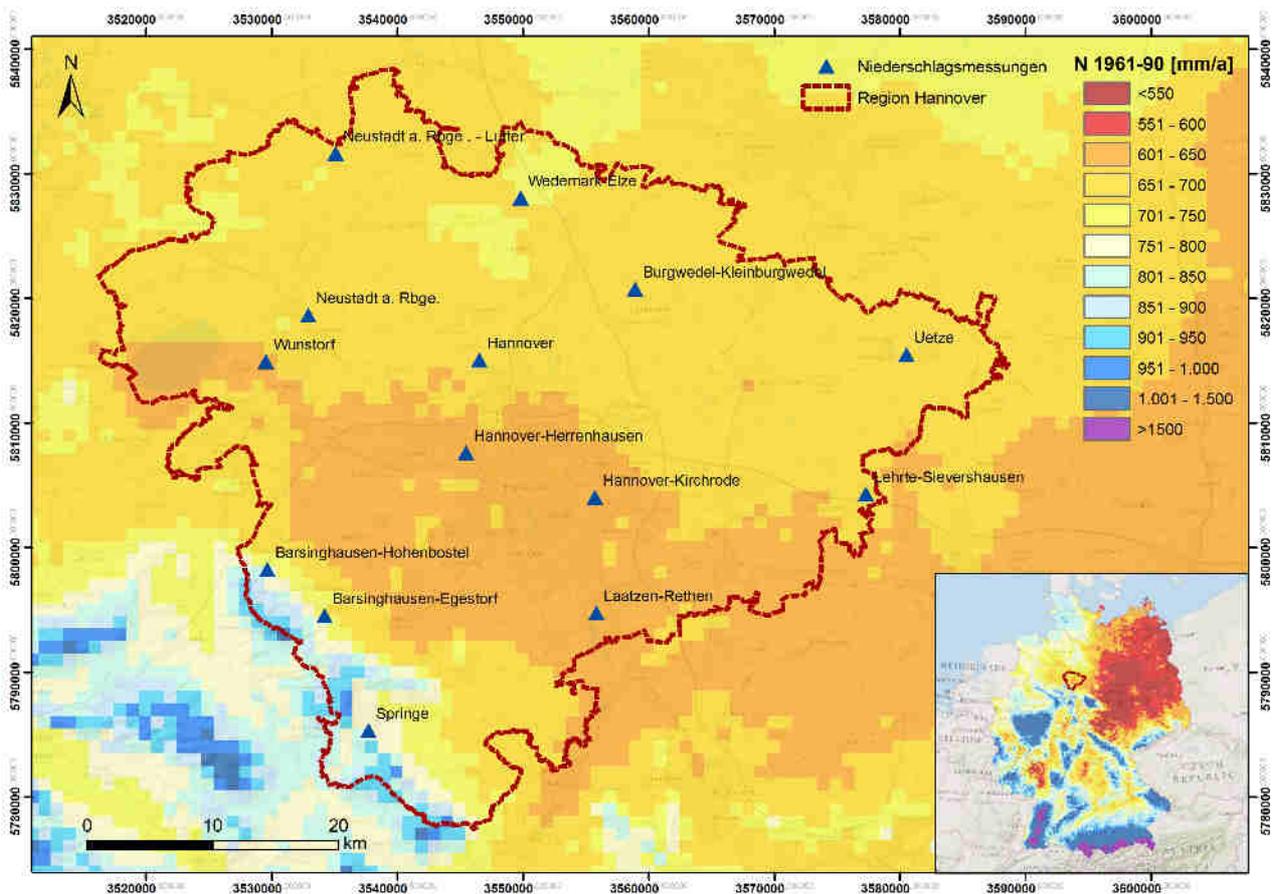


Abbildung 9: räumliches Muster der durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme 1961-90 in der Region Hannover (Quelle: Rasterdaten DWD; die Legende bezieht sich zur Orientierung auf das gesamte in Deutschland auftretende Datenspektrum)

Auch von Jahr zu Jahr ist die Niederschlagssumme starken Schwankungen unterworfen, wie die Zeitreihe für die Station Hannover-Langenhagen zeigt (Abbildung 10). In 1959, dem regenärmsten Jahr des Untersuchungszeitraums fielen lediglich 337 mm Niederschlag. Mit 935 mm war 1981 das feuchteste Jahr. Im langjährigen Mittel der Jahre 1950 – 2013 stehen 651 mm Niederschlag zur Verfügung. Ein Trend in den Jahresniederschlagssummen ist für den betrachteten Untersuchungszeitraum nicht auszumachen (Tabelle 12 im Anhang).

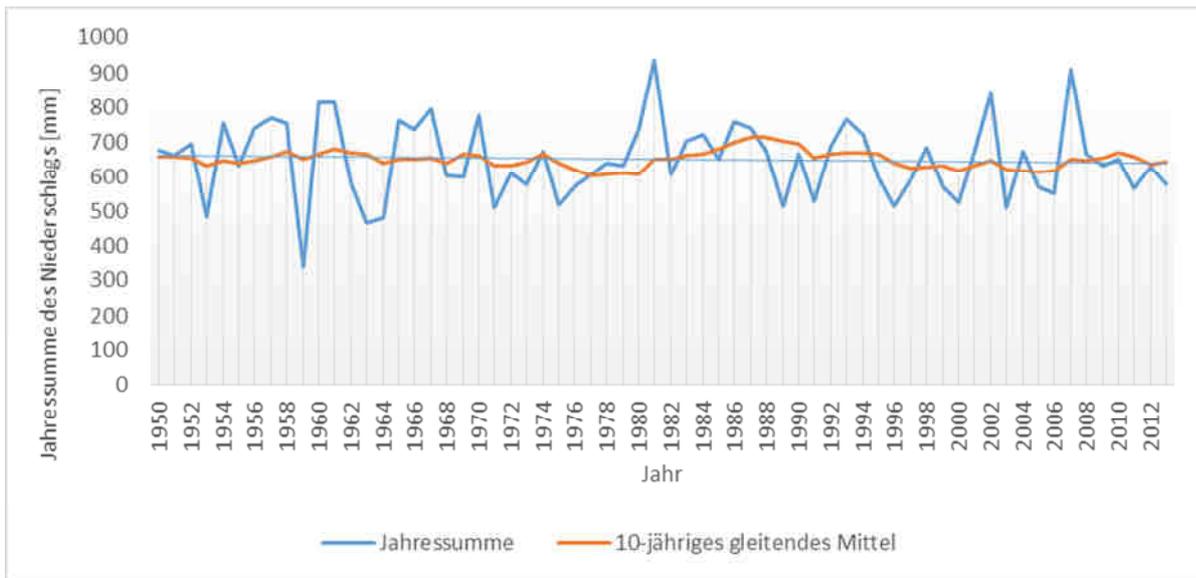


Abbildung 10: Jahressumme des Niederschlags in mm mit linearer Regressionsgeraden und 10jährigen gleitenden Mittel (orange) in Hannover-Langenhagen für den Zeitraum von 1950 – 2013.

Niederschlagstrends sind jahreszeitlich oft unterschiedlich stark ausgeprägt (Schönwiese und Janoschitz 2008). Während sich die Niederschlagssummen im Frühling und Herbst im Zeitraum 1950 – 2013 kaum verändern, zeigen die Sommerniederschläge einen schwachen Trend zur Abnahme (Abbildung 11). Eine lineare Trendanalyse weist eine Abnahme von 27 % gegenüber dem Mittelwert im Laufe des Zeitraums 1950 – 2013 aus. Die Niederschläge im Winter nehmen im Zeitverlauf leicht zu, ein statistischer Trend lässt sich daraus aber nicht ableiten. Letzteres gilt auch für die Trendanalyse der hydrologischen Halbjahre, wobei das Sommerhalbjahr – von einzelnen Jahren abgesehen - regelmäßig feuchter ausfällt als das Winterhalbjahr (Abbildung 43 im Anhang).

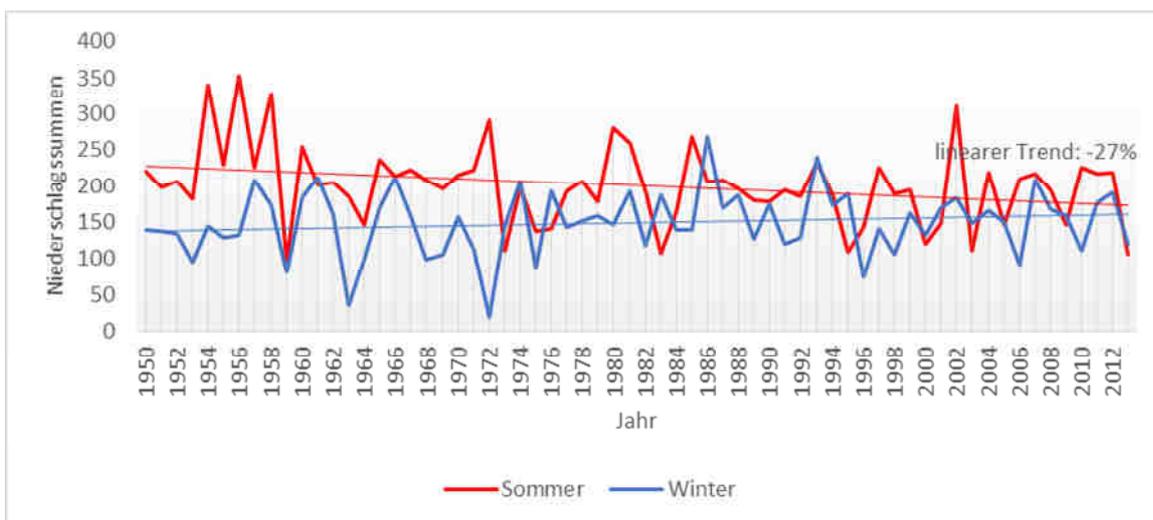


Abbildung 11: Niederschlagssummen im Sommer (Juni, Juli und August) und Winter (Dezember, Januar und Februar) in mm mit linearem Trend im Zeitraum von 1950 – 2013

Die jährlichen maximalen Tagessummen des Niederschlags für den Zeitraum 1950 – 2013 aufgeteilt in hydrologisches Sommer- und Winterhalbjahr sind in Abbildung 12 dargestellt. Typischerweise treten im hydrologischen Sommerhalbjahr höhere maximale Tagessummen des Niederschlags auf als im Winterhalbjahr. Die hohen maximalen Tagessummen des Niederschlags in 2002 und 2010 stechen deutlich hervor. Am 26.08.2010 fielen 78,8 mm Niederschlag in 24 h. Rund ein Drittel davon innerhalb von zwei aufeinanderfolgenden Stunden. Am 17.07.2002 waren es im gleichen Zeitraum 76,1 mm (bei 13,4 mm maximaler Stundensumme). Beide Ereignisse waren lokal mit erheblichen lokalen Überschwemmungen und Schäden verbunden (Feuerwehr-Magazin 2010). Auch wenn die beiden kräftigsten Ereignisse in den letzten 10-15 Jahren stattgefunden haben, ist ein statistisch abgesicherter Trend zu intensiveren Einzelereignissen in den Daten nicht zu erkennen.

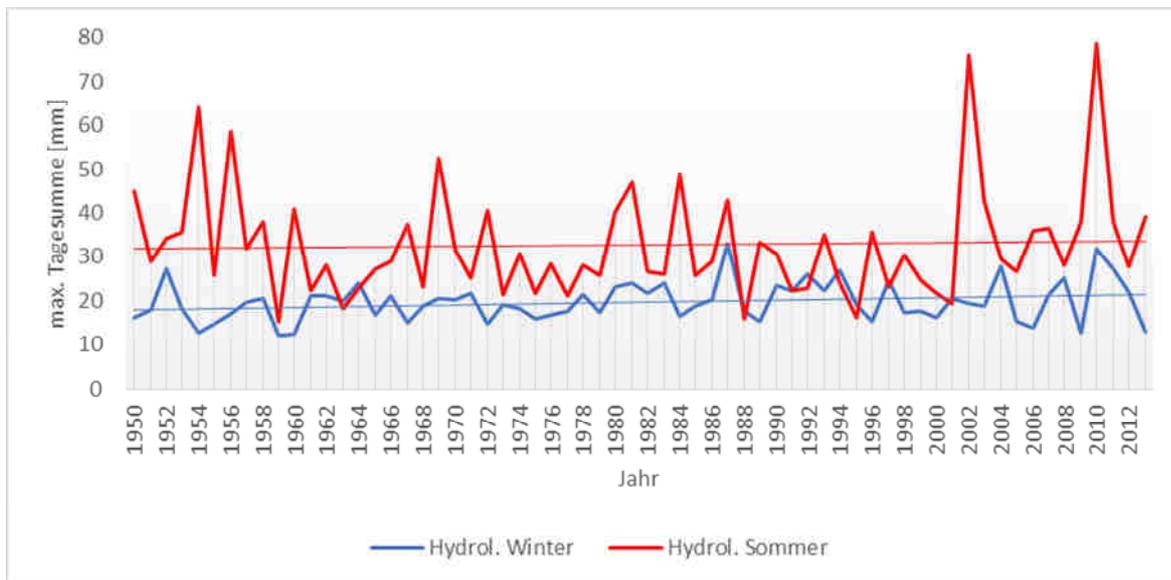


Abbildung 12: Maximale Tagessummen im hydrologischen Sommer (Mai bis Oktober) und hydrologischen Winter (November bis April) mit linearem Trend in mm im Zeitraum von 1950 – 2013

Im langjährigen Mittel des Zeitraums 1950 – 2013 fällt an der Messstation Hannover-Langenhagen an 175 Tagen kein Niederschlag. An durchschnittlich 70 Tagen im Jahr ist ein geringer Tagesniederschlag zwischen 0,1 und 0,9 mm zu registrieren. Mäßiger Niederschlag von 1,0 bis 4,9 mm kam an durchschnittlich 80 Tagen etwas häufiger vor. An durchschnittlich 12,4 Tagen pro Jahr betragen die Niederschlagshöhen 10,0 bis 19,9 mm. Stärkere Niederschläge von 20,0 bis 49,9 mm/d treten lediglich an durchschnittlich 2,5 Tagen im Jahr auf. Starkregen >50 mm/d sind überhaupt erst 5-mal vorgekommen und stellen somit lokale Extremereignisse dar (Abbildung 45 und Tabelle 13 im Anhang). Für keine der gewählten Niederschlagsklassen ergibt die statistische Analyse einen Trend, auch wenn sich für die Auftrittshäufigkeit von Trockentagen eine tendenzielle Zunahme abzeichnet (Abbildung 13).

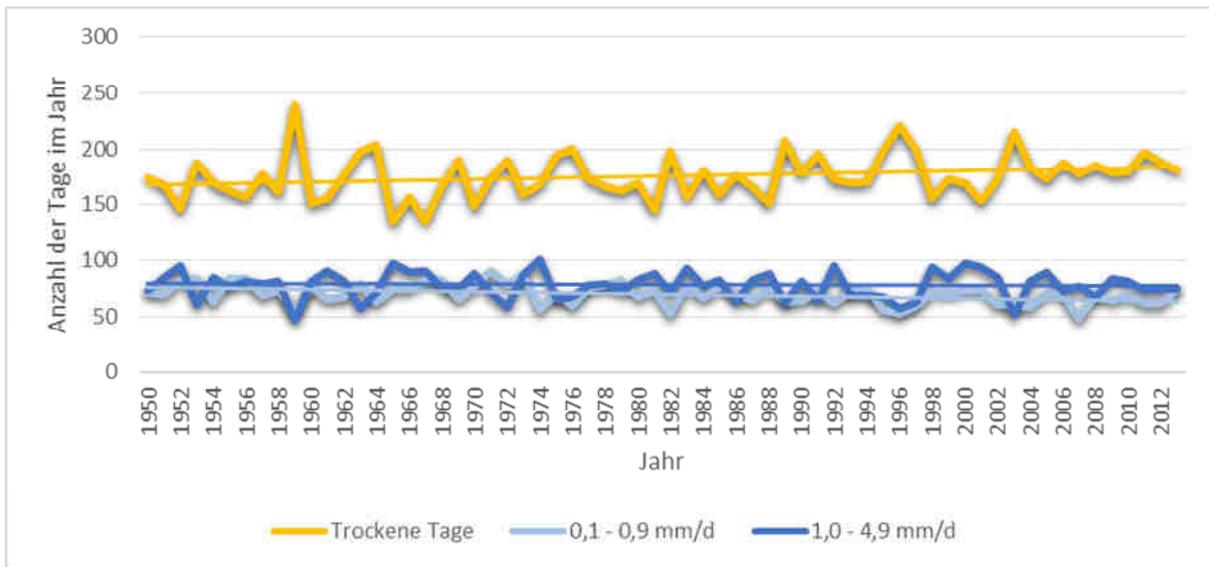


Abbildung 13: Anzahl der trockenen Tage und Tage mit geringem bis mäßigem Niederschlag in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013

In Abbildung 14 ist das Analyseergebnis für die maximale Dauer von Feuchte- bzw. Trockenperioden der Jahre 1950-2013 dargestellt. Eine Feuchteperiode ist hier definiert als aufeinanderfolgende Tage mit mindestens 1 mm Niederschlag pro Tag. In einer Trockenperiode fällt an aufeinanderfolgenden Tagen weniger als 0,1 mm Niederschlag pro Tag. Im langjährigen Mittel dauern sowohl Feuchte- als auch Trockenperioden in Hannover- Langenhagen durchschnittlich maximal 15 Tage. Tendenziell nimmt die maximale Dauer von Trockenperioden im betrachteten Zeitraum zu, während die maximale Dauer von Feuchteperioden abnimmt, ein statistisch gesicherter Trend ergibt sich aber für beide nicht.

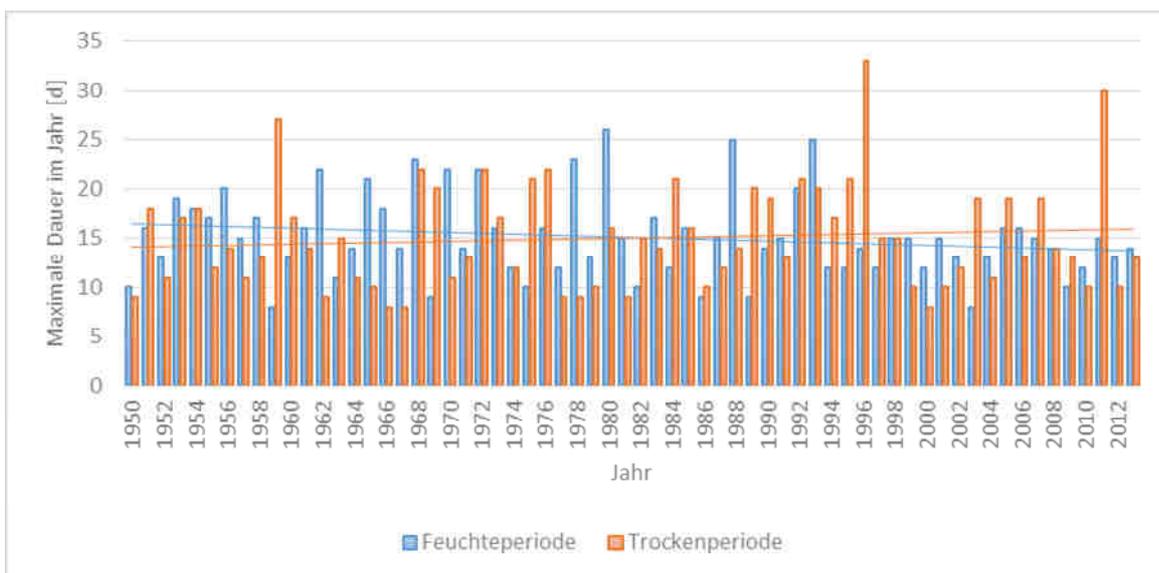


Abbildung 14: Maximale Dauer von Trocken- bzw. Feuchteperioden in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013

### 2.3.3 WIND

Die vorherrschenden Windrichtungen in der Region Hannover liegen im Bereich Nordwest bis Südwest (Abbildung 15). Rund 50 % aller Stundenwerte entfallen auf diese Windrichtungsklasse. Westwinde (270°) treten mit einem Anteil von 7 % am häufigsten auf. Nordost- bis Südostwinde kommen in ca. 25 % der Jahresstunden vor, Südost- bis Südwestwinde in ca. 20 % und Nordwest bis Nordostwinde in ca. 5 %.

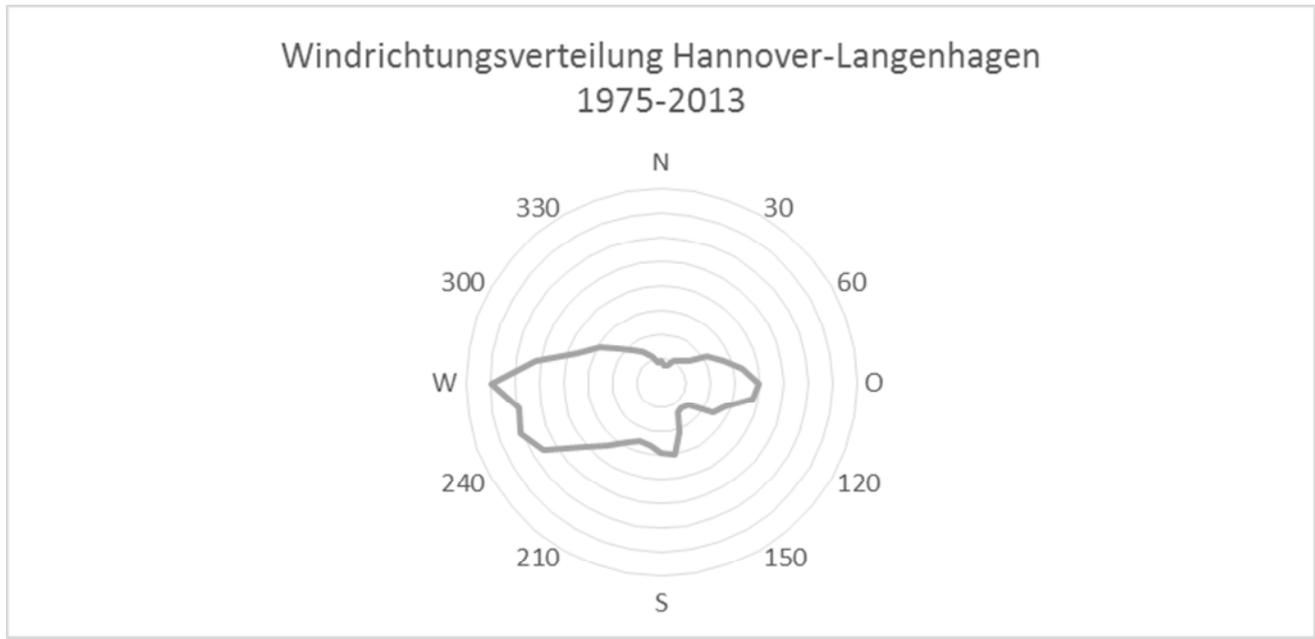


Abbildung 15: Relative Häufigkeit (Stundenwerte) einzelner Windrichtungen in 10° Abschnitten in Hannover-Langenhagen für den Zeitraum 1975 bis 2013. Der Abstand zwischen den Ringen beträgt 1 %

Abbildung 16 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeitsverteilung in 10 m Höhe in der Region Hannover für den Zeitraum 1961 – 1990. In weiten Gebieten der Region Hannover beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit 3,1 – 4,0 m/s. Orographische Strukturen wie Ortschaften, städtische Ballungsräume, Wälder und Räume im Lee von Höhenzügen bremsen die bodennahe Windgeschwindigkeit ab. Dort liegt sie im Bereich von 2,1 – 3,0 m/s.

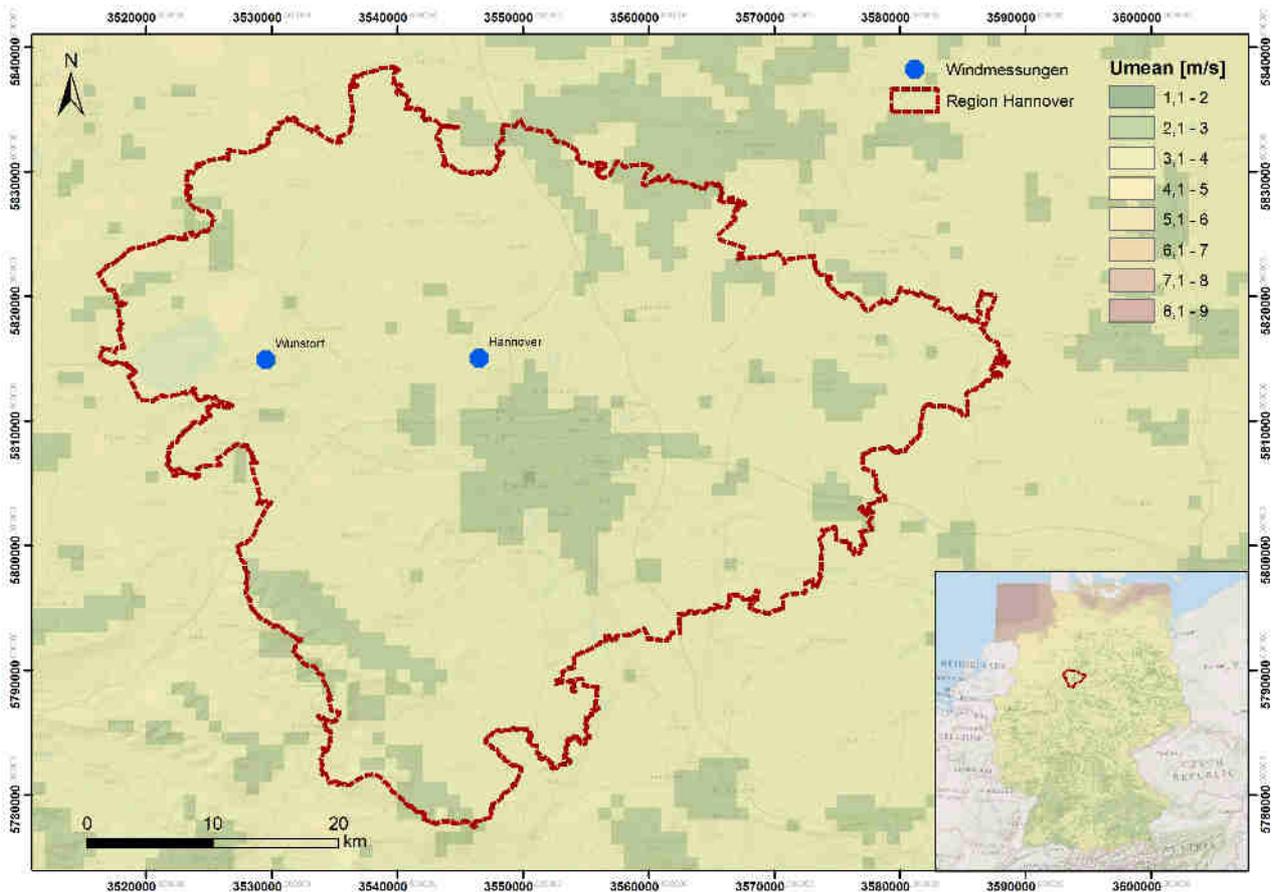


Abbildung 16: räumliches Muster der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit 1961-90 in der Region Hannover (Quelle: Rasterdaten DWD; die Legende bezieht sich zur Orientierung auf das gesamte in Deutschland auftretende Datenspektrum)

Die Jahresmittel der Windgeschwindigkeit an der Station Hannover-Langenhagen schwanken von Jahr zu Jahr mit einer Spannweite von fast 2 m/s (Abbildung 17). Die Jahre 1952 und 1953 waren sehr wind schwach. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 3,1 m/s. In 1967, dem windstärksten Jahr des Untersuchungszeitraumes, betrug der Jahresmittelwert 4,8 m/s. Im langjährigen Mittel der Jahre 1950 – 2013 nimmt die Windgeschwindigkeit einen Wert von 3,8 m/s an. Signifikante zeitliche Änderungen sind im betrachteten Untersuchungszeitraum weder für die Jahresmittel noch für die saisonalen Mittelwerte der Windgeschwindigkeit auszumachen (Abbildung 46 und Tabelle 15 im Anhang).

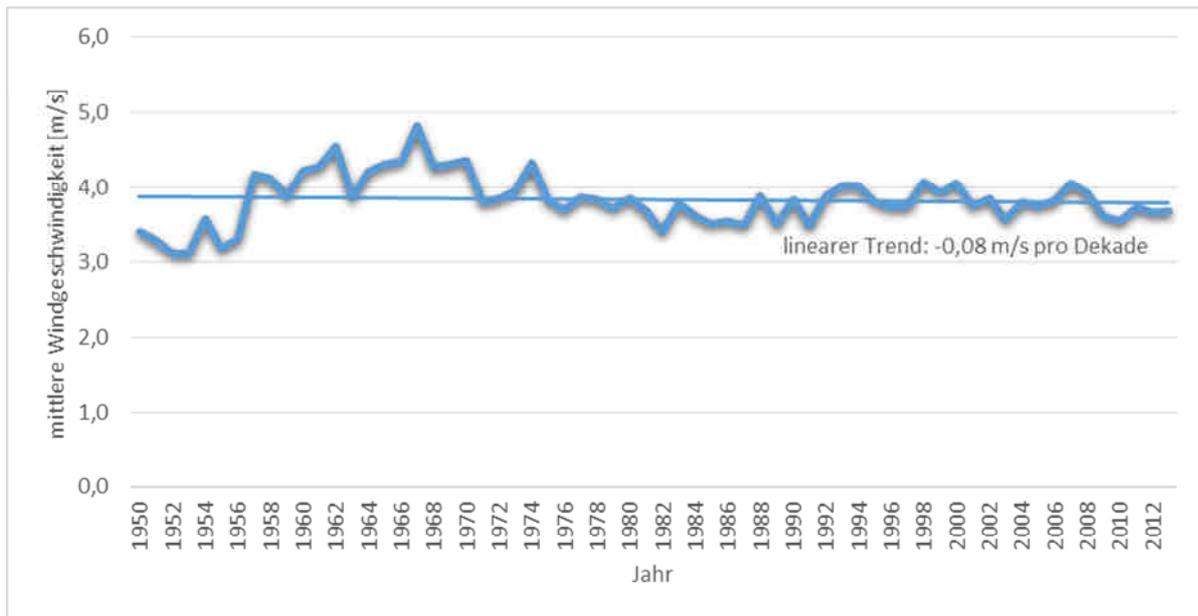


Abbildung 17: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in [m/s] in Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1950 – 2013

Aus Abbildung 18 geht hervor, dass die maximale jährliche Windspitzengeschwindigkeit einen schwachen Trend zur Abnahme aufweist. Dieses liegt vor allem darin begründet, dass die beiden schwersten Stürme im Betrachtungszeitraum in den 1970er Jahren aufgetreten sind. Besonders erwähnenswert ist Sturmtief „Quimburga“ (sog. „Niedersachsenorkan“), das im November 1972 über Norddeutschland zog und versicherte Schäden von 2,5 Milliarden Euro hinterließ (Aon Benfield 2013). An der Station Hannover wurden Spitzenwindgeschwindigkeiten von 144 km/h gemessen, was der höchsten Windstärke Beaufort<sup>4</sup> 12 - Orkan entspricht. Nur unwesentlich geringer fielen die Schäden aus, die 1976 durch das Sturmtief „Capella“ (bis zu 148 km/h) verursacht wurden.

<sup>4</sup> Details zur Beaufort-Skala siehe Tabelle 14 im Anhang

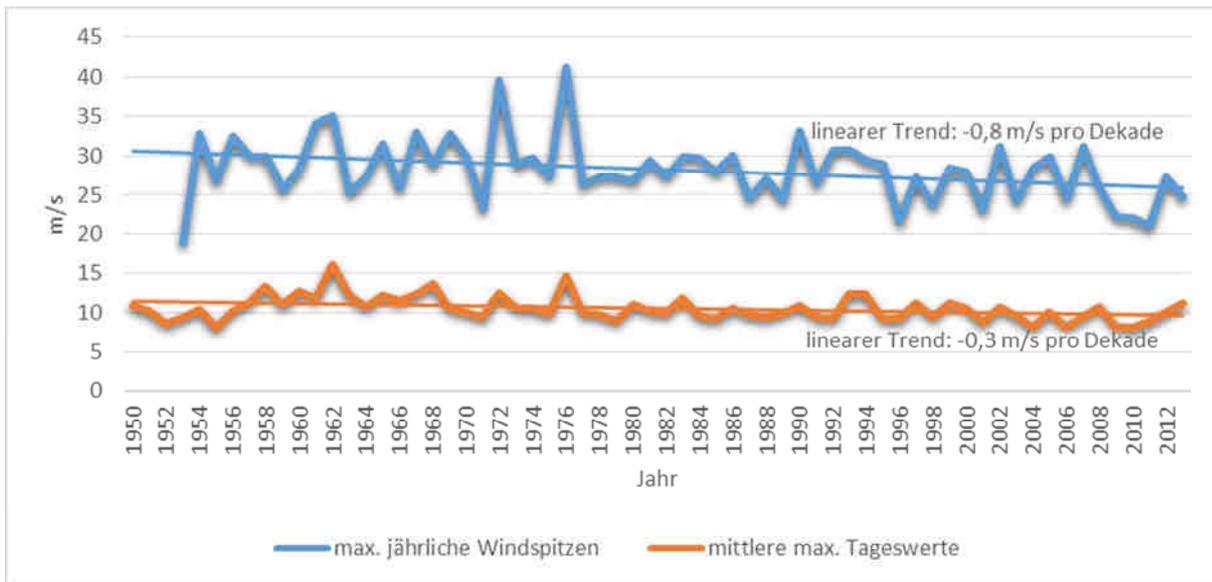


Abbildung 18: Maximale jährliche Windspitzengeschwindigkeit (ab 1952) und mittlerer maximaler Tageswert der Windgeschwindigkeit an der Messstation Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1950 – 2013

Die zeitliche Entwicklung der relativen Häufigkeit des Auftretens von Windgeschwindigkeitsklassen (Tagesmittelwerte) im Bereich von Beaufort 0 - 6 (Windstille bis starker Wind) ist in Abbildung 19 gezeigt. An durchschnittlich ca. 80 % der Tage zwischen 1950 und 2013 treten Windstärken im Bereich von Bft 2 und 3 (1,6 – 5,4 m/s) auf. Auch Bft 4 hat mit rd. 15 % noch einen bedeutenden Anteil (Tabelle 16). Auf die übrigen Beaufortklassen entfallen insgesamt etwa 8 %. Tage, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit bei Bft 7 oder darüber liegt existieren in den Daten nicht. Die Trendanalyse zeigt für Bft 3 einen schwach zunehmenden und für Bft 1 einen schwach abnehmenden Trend in der Auftrittshäufigkeit. Alle übrigen für das Tagesmittel relevanten Windstärkeklassen zeigen keinen statistisch abgesicherten Trend.

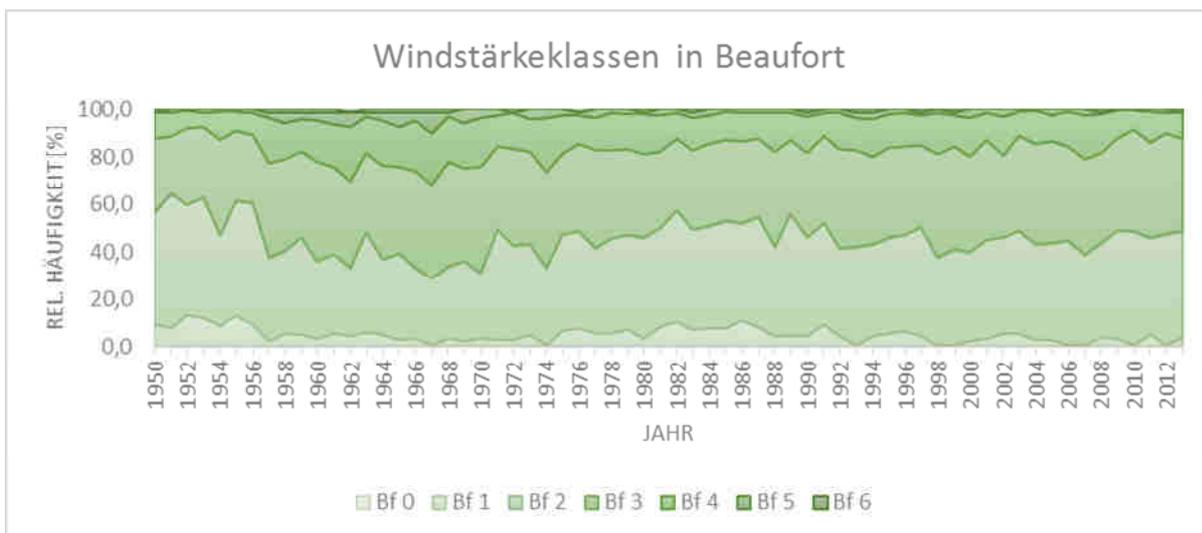


Abbildung 19: Zeitliche Entwicklung der relativen Häufigkeit (Tageswerte) des Auftretens einzelner Windgeschwindigkeitsklassen im Bereich der Windstärken Beaufort 0 bis 6 an der Messstation Hannover-Langenhagen für den Zeitraum 1950 – 2013

Auch bei der Betrachtung von Stundenwerten treten mittlere Windgeschwindigkeitsklassen  $> 8,5$  m/s (entspricht etwa Bft 5) sehr selten auf (Abbildung 20). Hier werden nur in Einzeljahren (verstärkt in den 1950er und 1960er Jahren) relative Anteile von  $> 5\%$  erreicht. Seit den 1970er Jahren liegt der kumulierte relative Anteil der höheren Windgeschwindigkeiten konstant bei 1-4%. Für Bft 5 und 6 ergibt sich daher ein schwacher Trend zu geringen Anteilen an den Jahresstunden. Ab Bft 7 ist die Auftrittshäufigkeit zu gering für eine Trendanalyse.

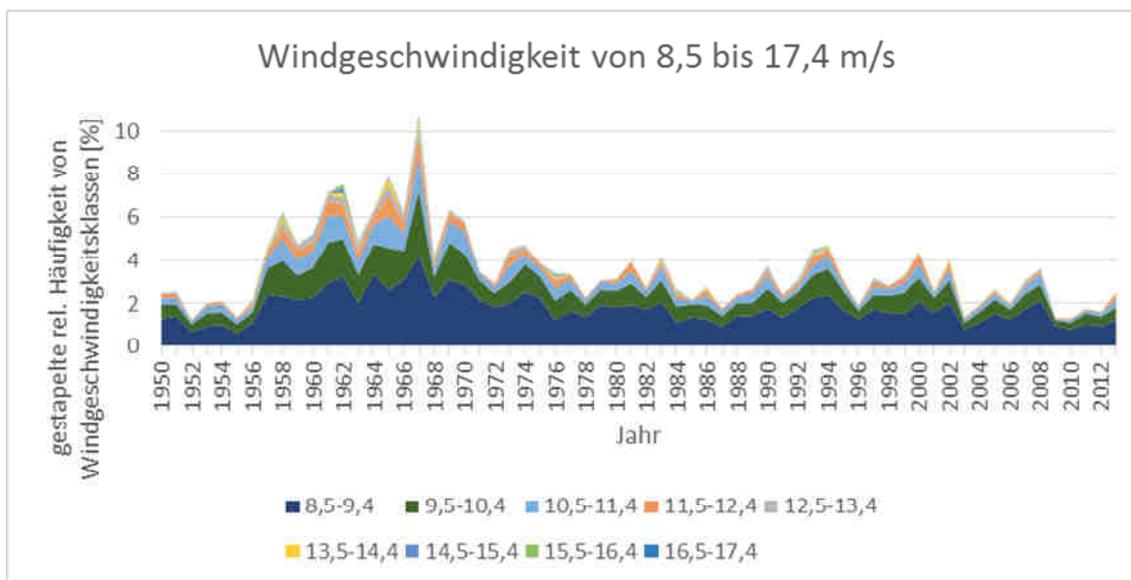


Abbildung 20: Gestapelte relative Häufigkeit (Stundenwerte) des Auftretens einzelner Windgeschwindigkeitsklassen in % in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 – 2013 (Windgeschwindigkeitsklassen in [m/s]).

## 2.4 ZUSAMMENFASSUNG

Mithilfe der zur Verfügung stehenden meteorologischen Beobachtungsdaten kann ein ausreichend genaues Bild der zeitlichen Entwicklung und der räumlichen Verteilung zentraler klimatischer Kenngrößen in der Region Hannover gezeichnet werden<sup>5</sup>. Die Analyse hat gezeigt, dass sich für einige wichtige Klimaparameter schon heute wahrnehmbare und auch statistisch belegbare Trends zeigen (Tabelle 2). Die meisten und stärksten Trends ergeben sich für primär temperaturabhängige Kenngrößen wie die Jahresmitteltemperatur oder die Auftrittshäufigkeit von heißen Tagen und die Dauer von Hitzeperioden. Demgegenüber können aus den auf den Niederschlag bezogenen Auswertungen nur sehr wenige robuste Trends ermittelt werden. Hierzu gehört der Trend zu rückläufigen Niederschlagssummen im den meteorologischen Sommermonaten Juni, Juli und August. Auch für den Wind ist kein mit der Temperaturentwicklung vergleichbarer Trend zu erkennen. Tendenziell können rückläufige Windgeschwindigkeiten beobachtet werden, es existieren allerdings auch Windstärken (z. B. Bft 3) die einen Trend zu einer erhöhten Auftrittshäufigkeit aufweisen.

<sup>5</sup> Auf der Basis noch detaillierterer Auswertungen (z. B. zu weiteren Stationen oder Klimakenngrößen) und einem regelmäßigen Monitoring (z. B. jährlicher Regionalklimabericht) ließe sich dieses Bild noch schärfen.

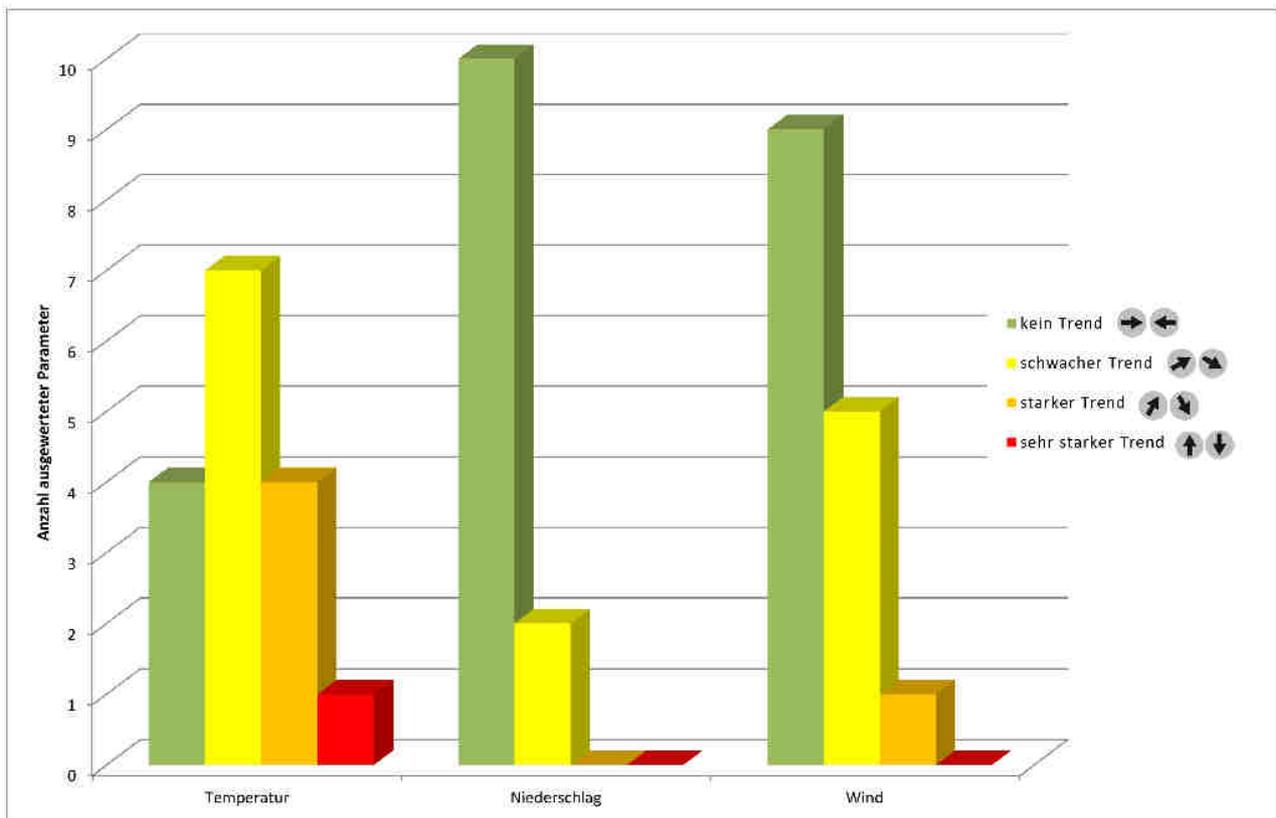


Abbildung 21: Zusammenfassung der Trendanalyse „Klimatische Ist-Situation“ (Datengrundlage: Beobachtungsdaten des DWD an der Station Hannover-Langenhagen; vgl. Tabelle 2)

Zusammenfassend kann über die vorgenommene Auswertung also insbesondere eine Erwärmung des Regionalklimas nachgewiesen werden. Allerdings zeigen sich auch für die Hauptklimaparameter Niederschlag und Wind einige Phänomene, die unter der Prämisse einer Trendverstärkung hochgradig relevant für die mittel- bis langfristige Regionalentwicklung werden können.

Tabelle 2: Zentrale Ergebnisse der Trendanalyse „Klimatische Ist-Situation“ (Datengrundlage: Beobachtungsdaten an der DWD Station Hannover-Langenhagen)

Trend			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jahresmitteltemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchschnittstemperatur im Frühling</li> <li>Durchschnittstemperatur im Sommer</li> <li>Jahresmittelwert der Tagesmaximumtemperatur</li> <li>Jahresmittelwert der Tagesminimumtemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchschnittstemperatur im Herbst</li> <li>Absolutes Jahrestemperaturmaximum</li> <li>Absolutes Jahrestemperaturminimum</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Sommertagen</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Heißen Tagen</li> <li>Dauer von Hitzeperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 3</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchschnittstemperatur im Winter</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tropennächten</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Eistagen</li> <li>Dauer von Kälteperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jahresniederschlagssumme</li> <li>Niederschlagssumme im Frühling</li> <li>Niederschlagssumme im Herbst</li> <li>Niederschlagssumme im Winter</li> <li>maximale Tagesniederschlagssumme</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Trockentagen</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit mäßigen Niederschlagsmengen</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Starkniederschlägen</li> <li>Dauer von Trockenperioden</li> <li>Dauer von Feuchteperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit</li> <li>Mittlere Windgeschwindigkeit in allen Jahreszeiten</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 0,2,4 und 7</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Frosttagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niederschlagssumme Sommer</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit geringen Niederschlagsmengen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale jährliche Windspitzen</li> <li>Mittlere maximale Tageswerte</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 5, 6</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 1</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>

  Sehr starker Trend (zunehmend/abnehmend),   starker Trend (zunehmend/abnehmend),   schwacher Trend(zunehmend/abnehmend),   kein Trend

## 3. Das zukünftige Klima der Region Hannover

Im Folgenden wird das zukünftige Klima in der Region Hannover beschrieben. In Kapitel 3.1 wird zunächst erläutert, welche Datengrundlage hierfür grundsätzlich zur Verfügung steht und welche davon Eingang in die Analyse gefunden haben. Die genaue Analysemethode ist in Kapitel 1.1 dargestellt. Kapitel 3.3 enthält die zentralen Ergebnisse für die Hauptklimaparameter Temperatur, Niederschlag und Wind, die in Kapitel 3.4 mit dem besonderen Fokus auf Trendaussagen zusammengefasst sind.

### 3.1 DATENGRUNDLAGE

Das Weltklima der Zukunft ist in erster Linie davon abhängig, welche Mengen an Treibhausgasen die Menschheit in den kommenden Jahrzehnten emittieren oder allgemein gesprochen, welchen Entwicklungspfad sie einschlagen wird. Da die Zukunft niemals exakt vorhersehbar ist, können über die Entwicklungspfade allerdings nur begründete Vermutungen angestellt werden. Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) hat zur Konkretisierung dieser Annahmen daher bereits in seinem 3. Sachstandsbericht die vier SRES Szenarien A1, A2, B1 und B2 eingeführt (Abbildung 22). Im 5. Sachstandsbericht des IPCC sind die SRES-Szenarien zwar durch RCP-Szenarien ersetzt worden (IPCC 2014). Zum einen ist Bruch mit den grundlegenden Annahmen ist aber nicht eingetreten (Moss et al. 2010). Zum anderen liegen noch keine mit den Szenarien angetriebenen regionalen Klimadaten vor.

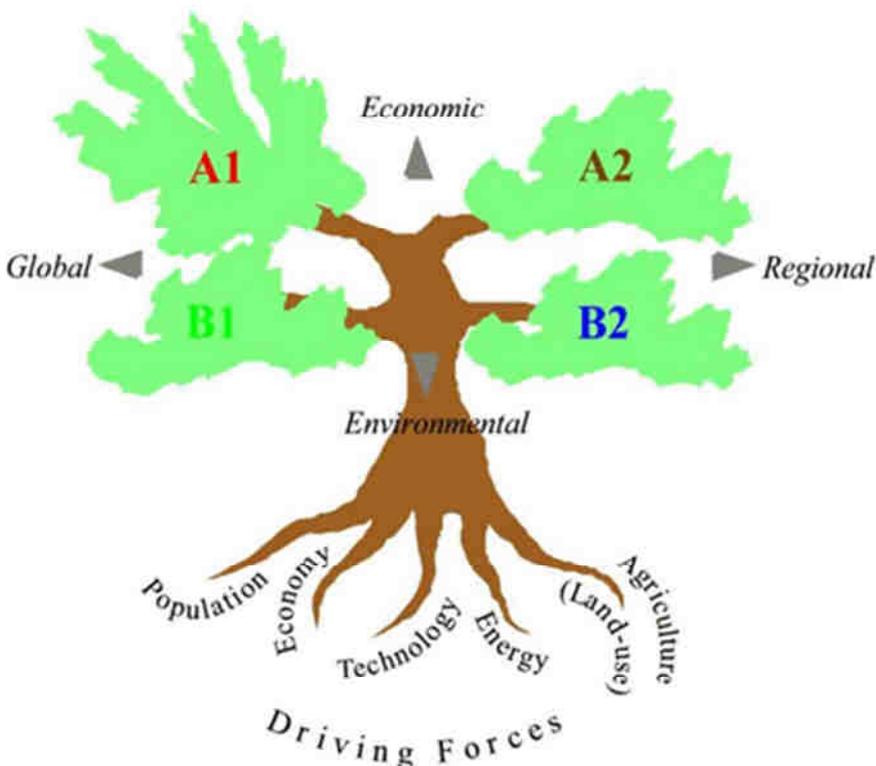


Abbildung 22: Die vier IPCC-Klimaszenariofamilien (verändert nach IPCC 2000)

Die beiden A-Szenariofamilien repräsentieren dabei verschiedene Abstufungen einer eher auf hohes wirtschaftliches Wachstum hin orientierten Entwicklung, während den beiden B-Szenarien eher die Annahme nachhaltigen Handelns zugrunde liegt. Für die A-Szenariofamilien wird von einer höheren durchschnittlichen Erwärmung der globalen Mitteltemperatur ausgegangen als für die B-Szenariofamilien. Die Eintrittswahrscheinlichkeit aller Szenarien ist laut IPCC gleich hoch.

In der Praxis hat sich allerdings vor allem die Verwendung des A1B-Szenarios durchgesetzt. Es verkörpert ein Szenario, in dem die Menschheit den eingeschlagenen Weg der Akzentuierung auf das Wirtschaftswachstum grundsätzlich beibehält. Bestandteil des Szenarios ist aber auch, dass der begonnene Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energieträgern weiter vorangetrieben und sich im Laufe des 21. Jahrhunderts relativ rasch ein ausgewogener Energiemix aus fossilen und regenerativen Energieträgern einstellen wird.

Auf der Basis der Szenarien können globale und im zweiten Schritt regionale Klimamodelle angetrieben werden. Für Deutschland existieren gegenwärtig die vier regionalen Klimamodelle „Regional Climate Modelling“ (REMO), „Wetterlagen-basierte Regionalisierungsmethode“ (WETTREG), „Climate Local Model“ (CLM) und „Statistical Regional Model“ (STAR). Sie stellen Klimamodelldaten bis zum Jahr 2100 (REMO, CLM, WETTREG) bzw. bis 2050 (STAR) zur Verfügung.

Wie Abbildung 23 zeigt, sind diese Modelle mit einem oder mehreren SRES-Szenarien angetrieben worden. Aus dieser Kombination ergeben sich für den deutschen Raum gegenwärtig 69 potentiell verschiedene Zukunftsklimate. Die Zahl setzt sich zum einen aus den je Klimamodell verwendeten Szenarien (insgesamt 13 Kombinationen, repräsentiert durch die farbigen Kanten) und zusätzlich aus unter veränderten Eingangsbedingungen durchgeführten mehrfachen Modellläufen (weitere 56 Kombinationen, repräsentiert durch die Stärke der farbigen Kanten) zusammen. Alleine 60 und damit 87 % dieser Kombinationen stammen aus den beiden WETTREG-Modellen der Jahre 2006 und 2010.

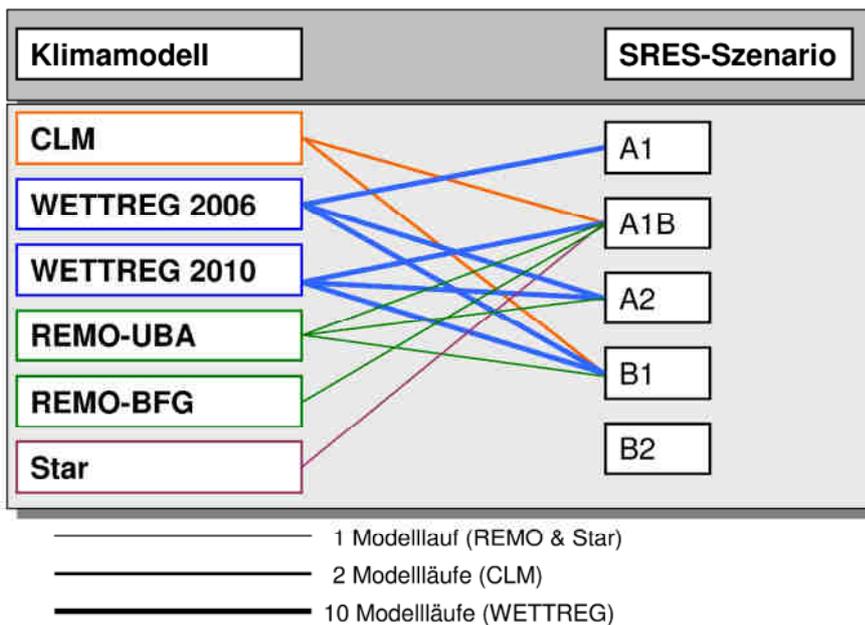


Abbildung 23: Für Deutschland verfügbare Klimamodelle und -szenarien (Beermann 2012)

Damit ergeben sich für das Management von potentiellen Klimafolgen in der Region Hannover im Wesentlichen drei Unsicherheitsquellen:

- Unsicherheiten durch unterschiedliche Klimaszenarien
- Unsicherheiten durch unterschiedliche Regionale Klimamodelle
- Modellinterne Unsicherheiten durch mehrere Modellläufe

Grundsätzlich gilt also, dass je mehr der oben dargestellten potentiellen Klimazukünfte in die regionale Anpassungsstrategie Eingang finden, desto geringer fällt auch die Unsicherheit der Schlussfolgerungen aus. Die Erfahrung aus anderen Regionen und Städten zeigt jedoch, dass eine Berücksichtigung aller oder auch nur eines Großteils der 69 Varianten nicht praxistauglich ist. Stattdessen muss bei der Auswahl der zu analysierenden Klimaszenarien und -modelle das Ziel verfolgt werden, eine der Komplexität des Themas angemessene aber dennoch arbeitstechnisch zu bewältigende Kompromisslösung zu finden.

Für die Beschreibung des zukünftigen Klimas der Region Hannover werden folgende Modell-Szenario-Kombinationen verwendet:

- Klimamodell CLM, Szenarien C20, Lauf 2 und A1B, Lauf 1; regionalisiert auf 1x1 km (flächendeckende Informationen)
- Klimamodell WETTREG 2010, Szenarien C20 und A1B, je 10 Modellläufe, Station Hannover-Langenhagen (punktuelle Informationen)

Die mit dem mesoskaligen Klimamodell FITNAH 3-D von der Originalauflösung (ca. 16x18 km) auf ein 1x1 km Raster „intelligent interpolierten“ (Krause 2011) CLM-Datensätze wurden im Zuge des KFM-Projektes erstellt und vom Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMUK) der Leibniz Universität Hannover bereitgestellt. Im Einzelnen wurden entsprechend der Fragestellungen im KFM-Projekt folgende Klimaparameter als mittlerer Dekadenmonatswert regionalisiert:

- Lufttemperatur in 2 m über dem Erdboden [°C]
- Niederschlag [mm]
- Verdunstung in [mm]
- Klimatische Wasserbilanz [mm]
- Länge der thermischen Vegetationsperiode [d]
- Globalstrahlung [W/m<sup>2</sup>]

Die WETTREG-Datensätze wurden von der CERA Datenbank<sup>6</sup> des Deutschen Klimarechenzentrums (DKRZ) heruntergeladen. Für die 10 Modellläufe stehen als stationsbasierte Tageswerte jeweils folgende Parameter zur Verfügung:

- Minimum der Temperatur in 2 m über dem Erdboden [°C]
- Mittel der Temperatur in 2 m über dem Erdboden [°C]
- Maximum der Temperatur in 2 m über dem Erdboden [°C]

---

<sup>6</sup> <http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Index.jsp>

- Niederschlagshöhe [mm]
- Relative Luftfeuchte [%]
- Luftdruck [hPa]
- Dampfdruck [hPa]
- Sonnenscheindauer [h]
- Bedeckungsgrad [Achtel]
- Windstärke [m/s]

### 3.2 ANALYSEMETHODE

Die Hauptklimakenngrößen Temperatur, Niederschlag und Wind wurden hinsichtlich der Entwicklung von Durchschnitts- und Extremwerten bis zum Jahr 2100 analysiert. Grundsätzlich wurden dabei die Werte für die gegenwärtige Klimanormalperiode 1961-1990 mit den Werten folgender Szenarien verglichen:

- Kurzfristige Zukunft: 2011-2040
- Mittelfristige Zukunft: 2041-2070
- Langfristige Zukunft: 2071-2100

Mithilfe der aus dem KFM-Projekt stammenden regionalisierten CLM Daten wurde dabei der Frage nachgegangen, ob es innerhalb der Region Hannover eine räumliche Variabilität in den Klimaänderungssignalen gibt, ob also Teilräume existieren, in denen der Klimawandel besonders stark oder schwach ausgeprägt sein wird. Dieser Analyseansatz betrifft insbesondere die allmählichen Klimaveränderungen.

Inwiefern diese einen statistisch nachweisbaren Trend aufweisen, wird analog zur Analyse des Gegenwartsklimas (vgl. Kapitel 2.2) mithilfe des „Trend-Rausch-Verhältnis“ unter Zuhilfenahme der tageswertbasierten WETTREG-Daten untersucht. Dieser Analyseschritt umfasst auch mögliche Änderungen hinsichtlich der Intensität und Auftretshäufigkeit von Extremereignissen.

Dabei werden folgende Trends unterschieden:

Trendstärke	Symbol zunehmend	Symbol abnehmend
■ einem <b>sehr starken Trend</b> , wenn $Tr/\sigma \geq 2$		
■ einem <b>starken Trend</b> , wenn $1,5 \leq Tr/\sigma < 2$		
■ einem <b>schwachen Trend</b> , wenn $1,0 \leq Tr/\sigma < 1,5$		
■ <b>keinem Trend</b> , wenn $Tr/\sigma < 1,0$		

### 3.3 ERGEBNISSE FÜR ZENTRALE KLIMAKENNGRÖSSEN

#### 3.3.1 TEMPERATUR

Der bereits in den Beobachtungsdaten des DWD festzustellende Trend einer steigenden Jahresdurchschnittstemperatur wird sich in der Region Hannover zukünftig mit einer Geschwindigkeit von ca. 0,34 K pro Dekade fortsetzen und weiter verstärken (Abbildung 24). Um 2050 herum wird dann eine mittlere Temperatur von > 11 °C (+2,2 K) und in den letzten Dekaden des Jahrhunderts von 13 °C (+3,4 K) erreicht. Diese Entwicklung verläuft sowohl bei WETTREG als auch bei CLM bei der Betrachtung größerer Zeitspannen linear und weist einen sehr starken Trend auf (vgl. auch Abbildung 47 im Anhang). Es ist Bestandteil dieses Trends, dass es auch zukünftig eine Zeitlang zu einer Stagnation der Erwärmung (z. B. in den letzten beiden Dekaden des Jahrhunderts) oder sogar zu einem kurzzeitigen Rückgang des Jahresmittelwertes kommen kann (z. B. in den 2060er Jahren). Dabei ist zu beachten, dass die angegebenen Zeiträume aufgrund der zeitlichen Unsicherheit des Klimamodells und der chaotischen Komponente des Klimasystems nicht exakt prognostiziert werden können.

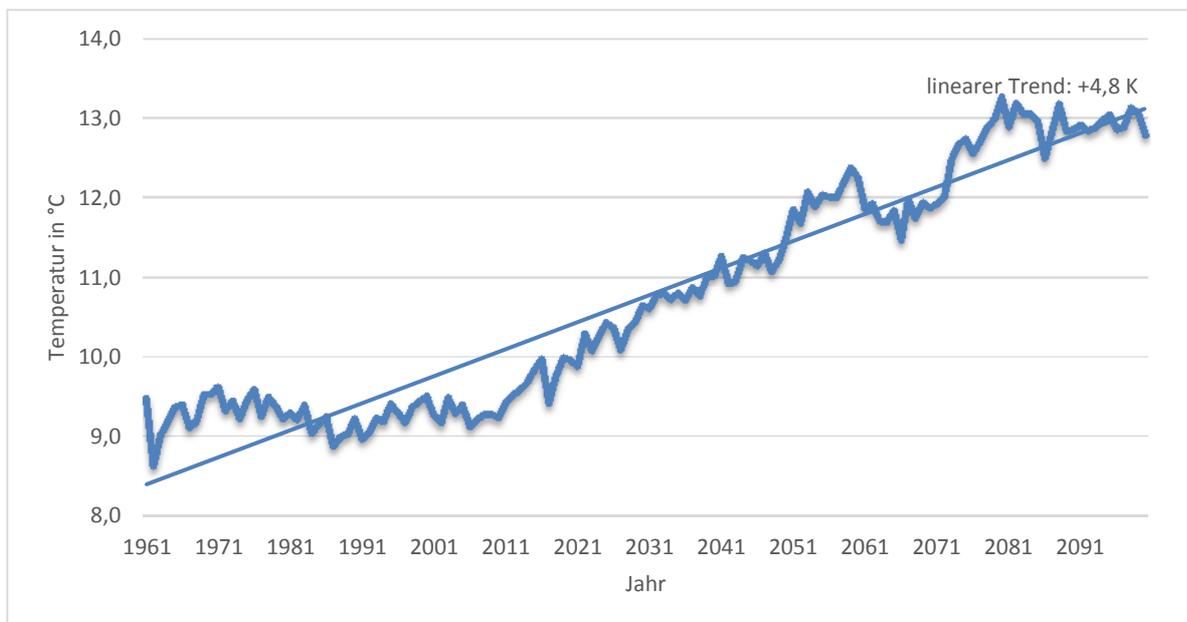


Abbildung 24: Modellerte Jahresmitteltemperatur in °C für die Jahre 1961 – 2100 für Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittelwert aller 10 Modellläufe)

Diese grundsätzliche Trendfortsetzung besitzt auch für die innerjährliche Entwicklung der Durchschnittstemperaturen Gültigkeit. Dabei existieren zwischen den Jahreszeiten durchaus Unterschiede. Den mittel- bis langfristig stärksten Temperaturanstieg zeigen die Modelldaten in den Winter- und Sommermonaten (4,7 K bzw. 4,2 K), während im Frühling (2,4 K) und Herbst (3,1 K) die Erwärmung geringer ausfällt (Abbildung 25). Ähnliche Ergebnisse erhält man auch bei der Analyse der regionalisierten CLM-Daten (Abbildung 49 im Anhang).

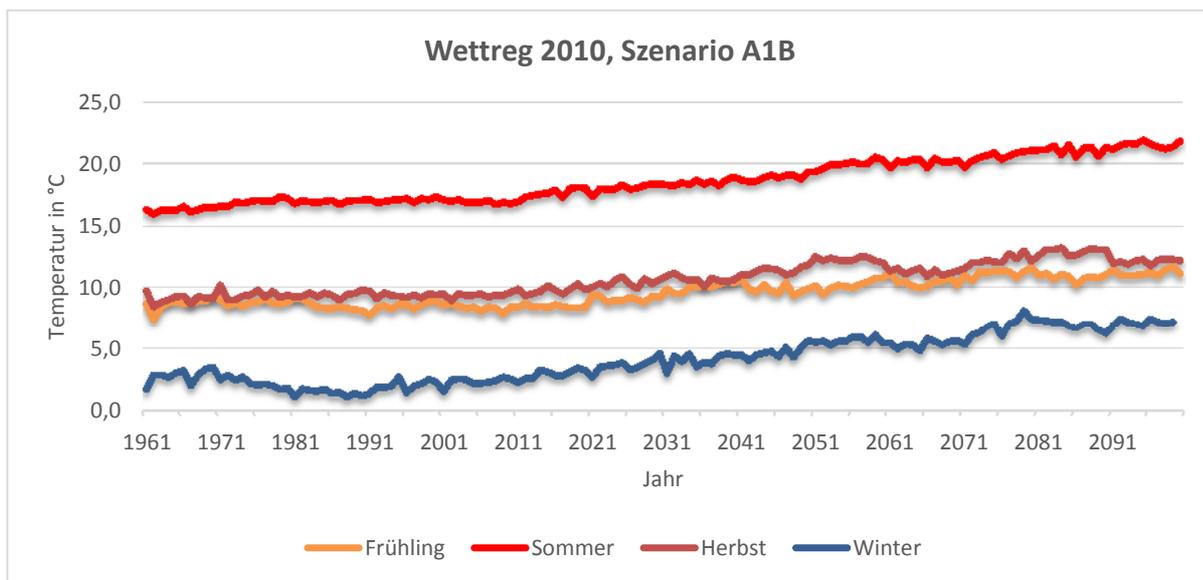


Abbildung 25: Modellerte Mitteltemperaturen in °C in den Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittelwert aller 10 Modellläufe)

Die allmählich steigenden Durchschnittstemperaturen ziehen einige weitere thermische Phänomene nach sich. So wird sich am unteren Ende der Temperaturskala die durchschnittliche jährliche Anzahl an Frost- und Eistagen deutlich verringern (Abbildung 26). Für die beiden Kenntage ergeben sich sehr starke Trends. Eng damit verknüpft ist der starke Trend zu einer deutlich abnehmenden Dauer von Kälteperioden (Abbildung 51 im Anhang). Mehr als zehn aufeinanderfolgende Frosttage sind schon ab 2050 in der Region Hannover nicht mehr zu erwarten. Die Robustheit der Ergebnisse wird durch die starken bzw. sehr Trends zu ansteigenden Höchstwerten der Maximumtemperatur und Tiefstwerten der Minimumtemperatur gestützt (Abbildung 50 im Anhang).

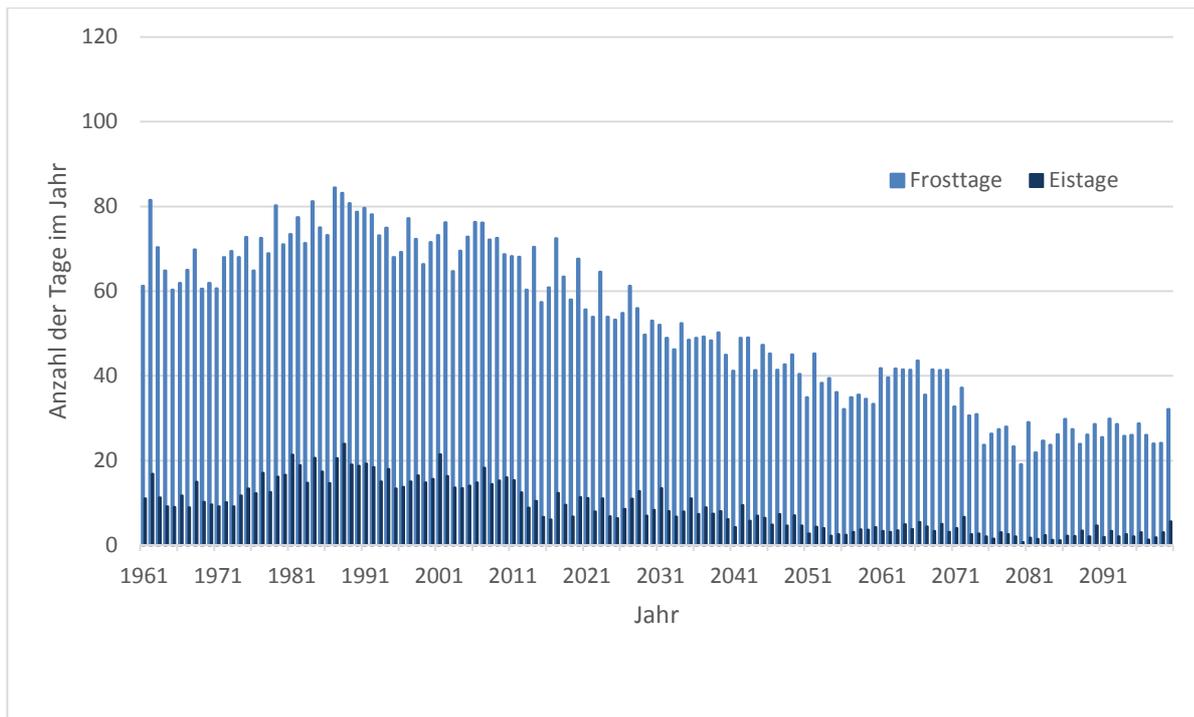


Abbildung 26: Modellerte Anzahl von Frosttagen (hell) und Eistagen (dunkel) für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Am oberen Ende der Skala werden Sommertage (sehr starker Trend), Heiße Tage (sehr starker Trend) und Tropennächte (starker Trend) dagegen immer häufiger. Hitzesommer wie 2003 (56 Sommer- und 17 Hitzetage, vgl. Abbildung 5), in dem es europaweit zwischen 25.000 und 35.000 direkte Todesopfer gab, werden ab ca. 2050 eher den Normalfall darstellen. In Extremjahren sind dann etwa doppelt so viele Heiße Tage zu erwarten wie im bisherigen Rekordjahr.

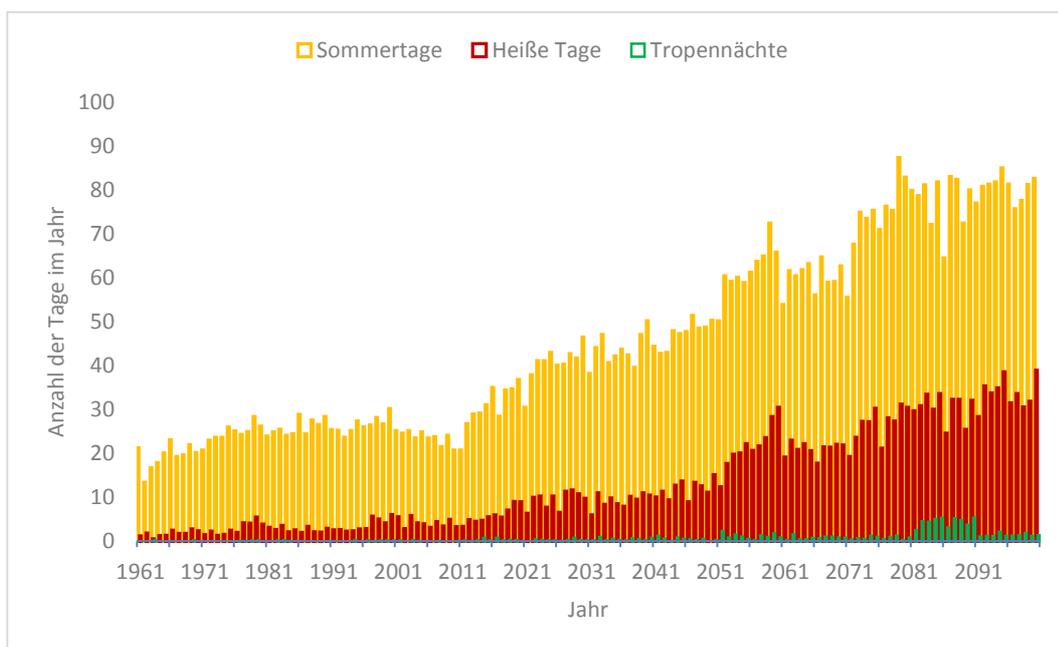


Abbildung 27: Modellerte Anzahl von Sommertagen (gelb), „Heißen Tagen“ (rot) und Tropennächten (grün) für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100. (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Die Situation wird dadurch verschärft, dass Hitzeperioden im Laufe des Jahrhunderts zunehmend länger andauern (sehr starker Trend). Kletterte das Thermometer im Jahr 2003 lediglich an sechs aufeinanderfolgenden Tagen über die 30 °C Marke, werden es im letzten Drittel des Jahrhunderts fast regelmäßig 10-15 aufeinanderfolgende Tage sein (Abbildung 28 und Tabelle 17 im Anhang).

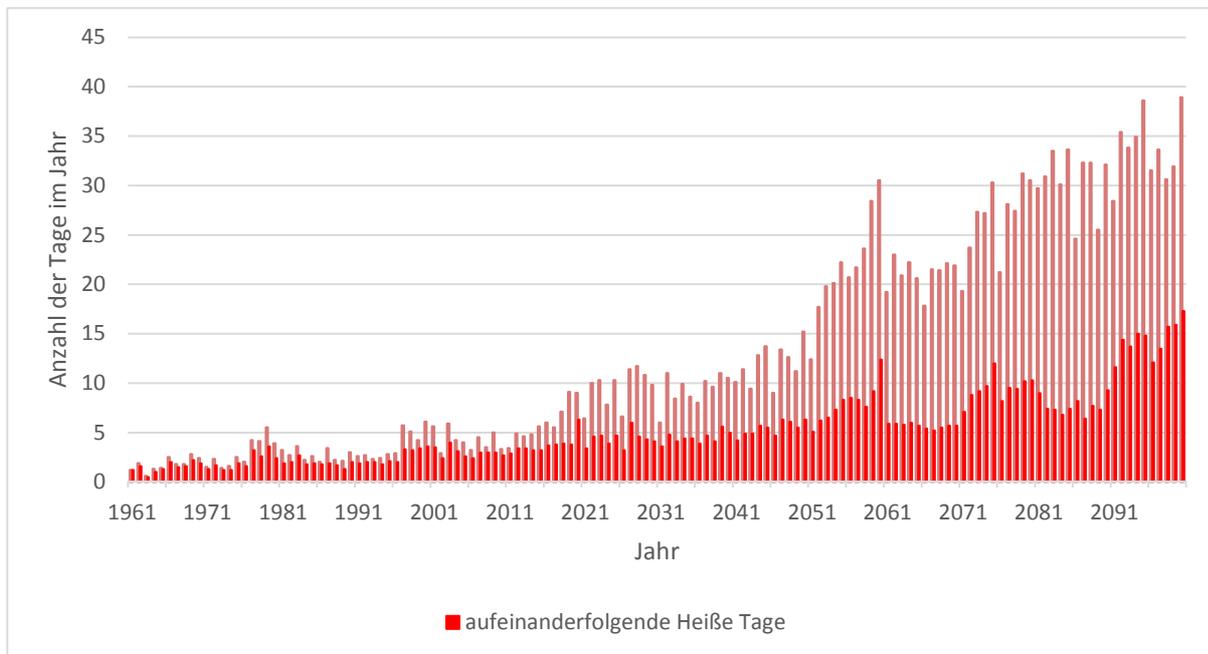


Abbildung 28: Modellerte Anzahl der „Heißen Tage“ im Jahr und anteilig maximale Dauer von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende „Heiße Tage“) (dunkel) für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Die räumlichen Unterschiede in den geschilderten Klimasignalen innerhalb der Region Hannover sind durchweg sehr gering und können daher vernachlässigt werden. Es existiert also kein Teilraum, in dem die Klimaerwärmung signifikant stärker oder schwächer ausfallen würde. Das gilt sowohl für die gesamt- als auch für die innerjährlichen Entwicklungen (Beispiel siehe Abbildung 48 im Anhang).

### 3.3.2 NIEDERSCHLAG

Die mit WETTREG modellierte Jahresniederschlagssumme zeigt für den Zeitraum 1961-2100 einen schwachen Trend zu allmählich abnehmenden Niederschlagsmengen (Abbildung 29). Im letzten Drittel des 21. Jahrhunderts treten in der Region Hannover vermehrt Jahre auf, in denen nur etwa 500 mm Niederschlag pro Jahr zu erwarten sind. Dieser Wert liegt nur unwesentlich über den Mengen, die gegenwärtig in den trockensten Regionen Deutschlands, etwa dem Thüringer Becken oder Teilen Brandenburgs, gemessen werden (Abbildung 44 im Anhang). Allerdings wird es auch immer wieder auch einzelne Jahre geben, in denen die heutigen Niederschlagssummen erreicht oder sogar überschritten werden.

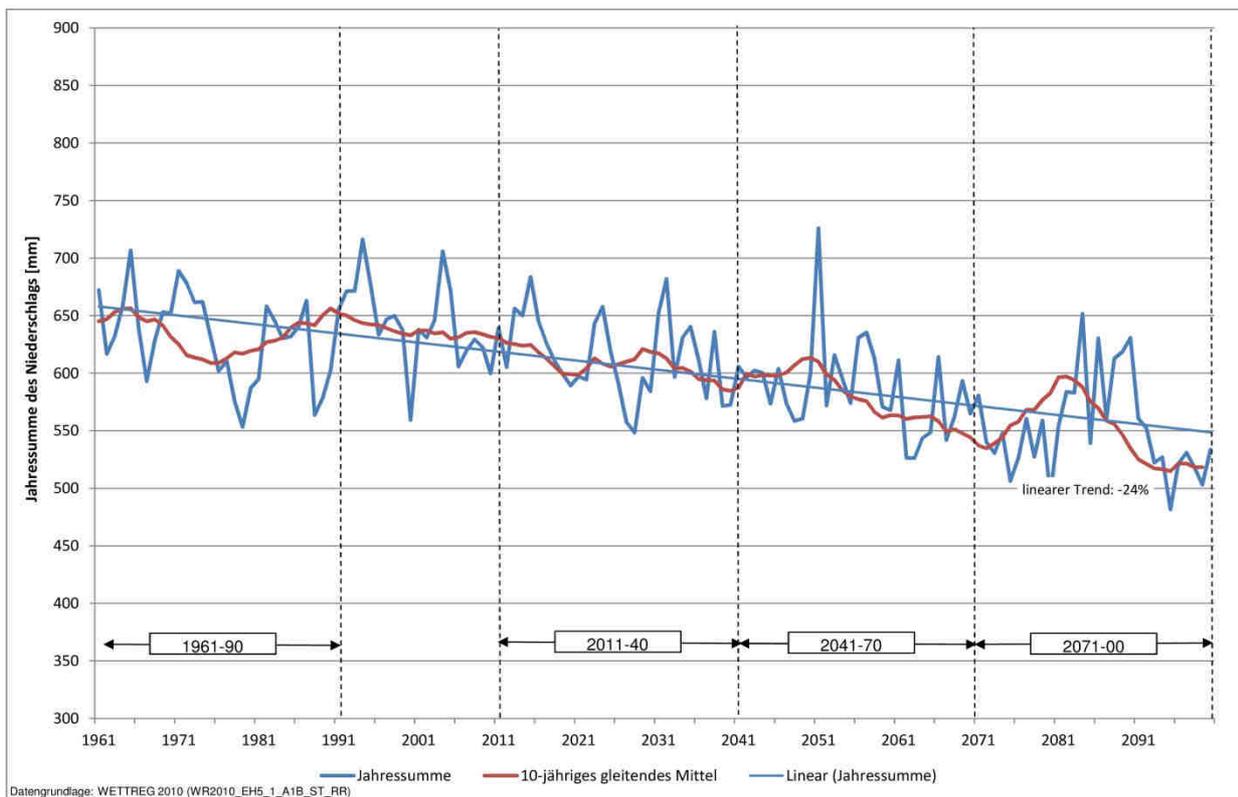


Abbildung 29: Modellierte Jahresniederschlagsmenge 1961-2100 (Datengrundlage: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittelwert aller 10 Modellläufe)

Die auf der Basis des Klimamodells CLM regionalisierten Niederschlagsmengen weisen demgegenüber tendenziell eher auf konstante bis moderat steigende Jahressummen hin (Abbildung 30). Räumliche Muster dieses Änderungssignals sind erkennbar, aber eher schwach ausgeprägt. Grundsätzlich deutet die Regionalisierung auf eine Verringerung der Abnahme (Zeitraum 2011-2040) bzw. eine Erhöhung der Zunahme (Zeiträume 2041-2070 und 2071-2100) von Ost nach West hin.

Die Diskrepanzen zwischen den WETTREG und CLM Auswertungen machen deutlich, dass die Analyseergebnisse für primär niederschlagsabhängige Parameter eine deutlich höhere Unsicherheit aufweisen als für temperaturabhängige. Um die Aussagesicherheit zu erhöhen, müssten bei Bedarf fragestellungsbezogen die Daten weiterer Klimamodelle, Modellläufe und Klimaszenarien ausgewertet werden (vgl. Kapitel 3.1).

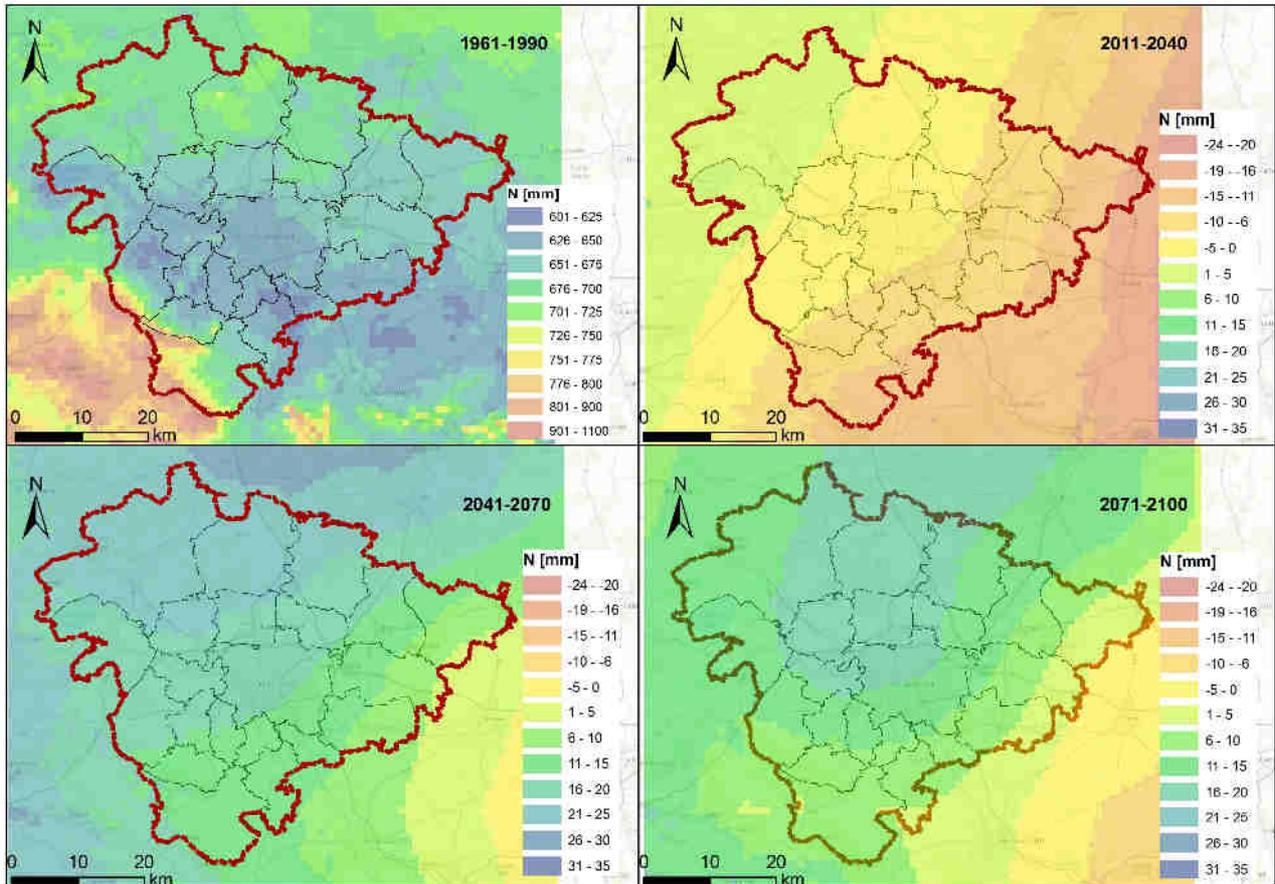


Abbildung 30: Räumliches Muster der absoluten Differenz der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge in drei verschiedenen zukünftigen Zeiträumen gegenüber 1961-90 (Datengrundlage: mit FITNAH/ENVELOPE interpolierte Daten des Regionalen Klimamodells CLM, Szenario A1B, Lauf 2)

Eine robuste Entwicklung scheint die innerjährliche Umverteilung der Niederschlagsmengen darzustellen. Sie zeigt sich grundsätzlich sowohl bei CLM als auch bei WETTREG (Abbildung 31 und Abbildung 52 im Anhang). Beide Modelle sind sich dabei einig, dass der sich bereits in den Messdaten andeutende Trend zu nachlassenden Sommerniederschlägen fortsetzen und verstärken wird.

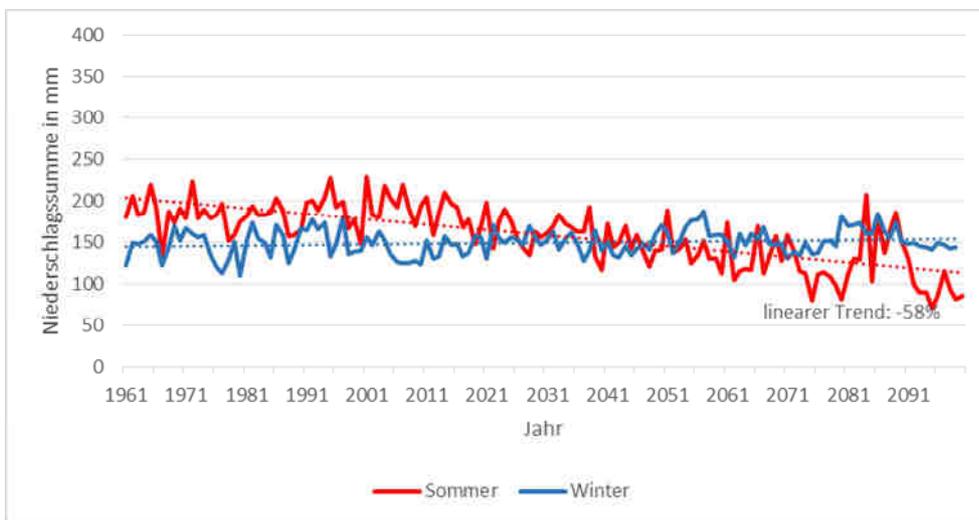


Abbildung 31: Modellierte Niederschlagssummen im Sommer (Juni, Juli, August) und Winter (Dezember, Januar, Februar) in mm für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100. (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe).

Diese Entwicklung wird dazu führen, dass der Sommer schon im mittelfristigen Szenario 2041-2070 nicht mehr die niederschlagsreichste und langfristig sogar die niederschlagsärmste Jahreszeit sein wird (Abbildung 32). Die niederschlagsreichsten Jahreszeiten werden dann der Winter und der Frühling sein. Dieser Trend zeigt sich auch für die beiden hydrologischen Halbjahre (Tabelle 18 im Anhang).

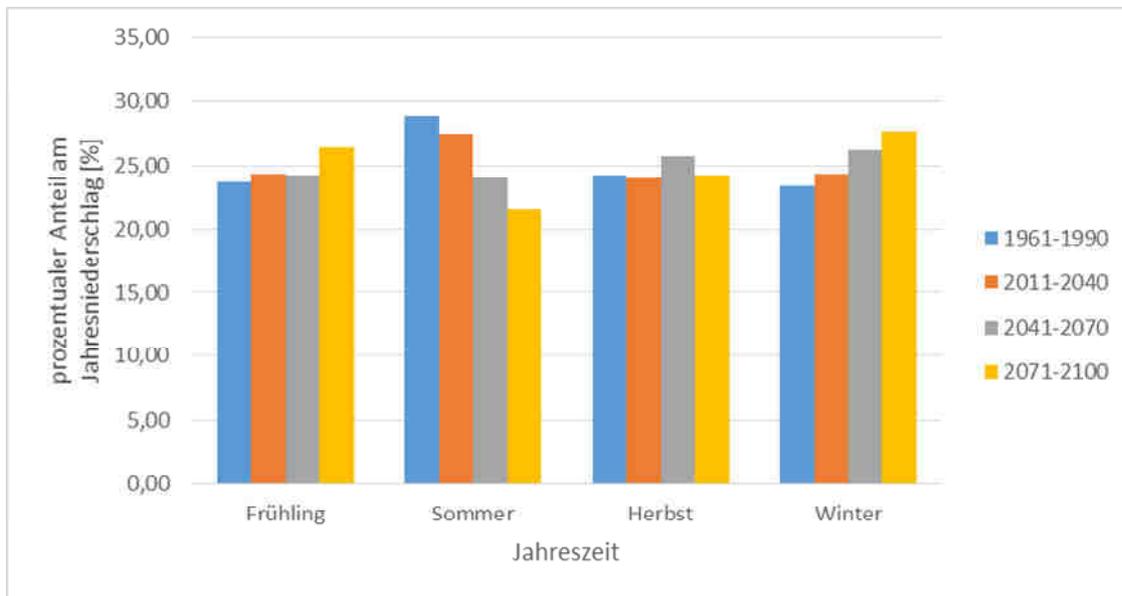


Abbildung 32: Modellierter prozentualer Anteil der jahreszeitlichen Niederschlagssummen an der Jahresniederschlagssumme für Hannover-Langenhagen für verschiedene Klimazeiträume (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

In den Modelldaten zeigen sich noch weitere Phänomene für die Entwicklung des Niederschlags in der Region Hannover. Zum Beispiel wird die Auftrittshäufigkeit von Trocken Tagen und mit ihr die Dauer von Trockenperioden im Laufe des 21. Jahrhunderts beständig zunehmen. Auch die Anzahl von Tagen mit geringem bis mäßigem Niederschlag wird abnehmen. Hierbei handelt es sich jeweils um statistisch sehr starke Trends. Die Dauer von Feuchteperioden zeigt hingegen keinen Trend (Abbildung 33 und Abbildung 34).

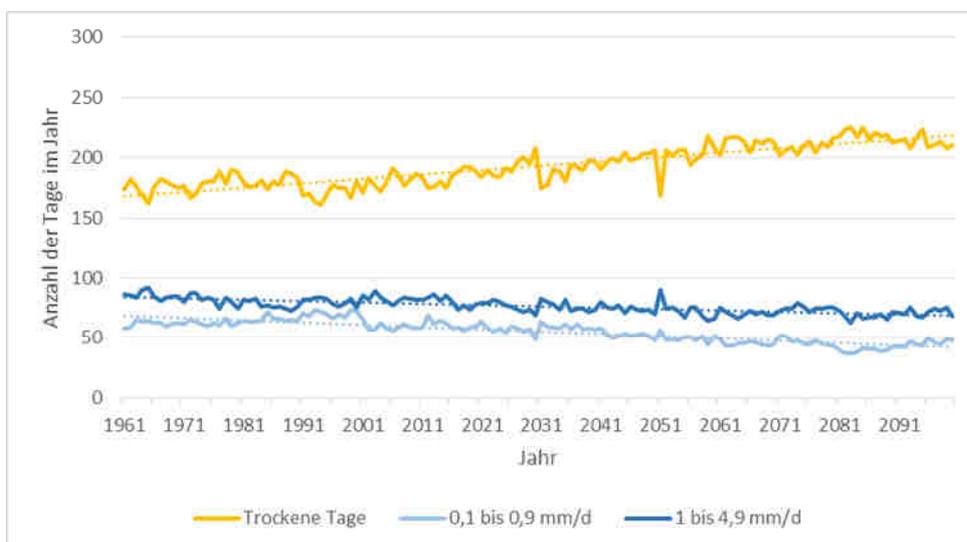


Abbildung 33: Modellierter Anzahl der trockenen Tage (gelb) und Tage mit geringem bis mäßigem Niederschlägen (blau) pro Jahr für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: aus WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

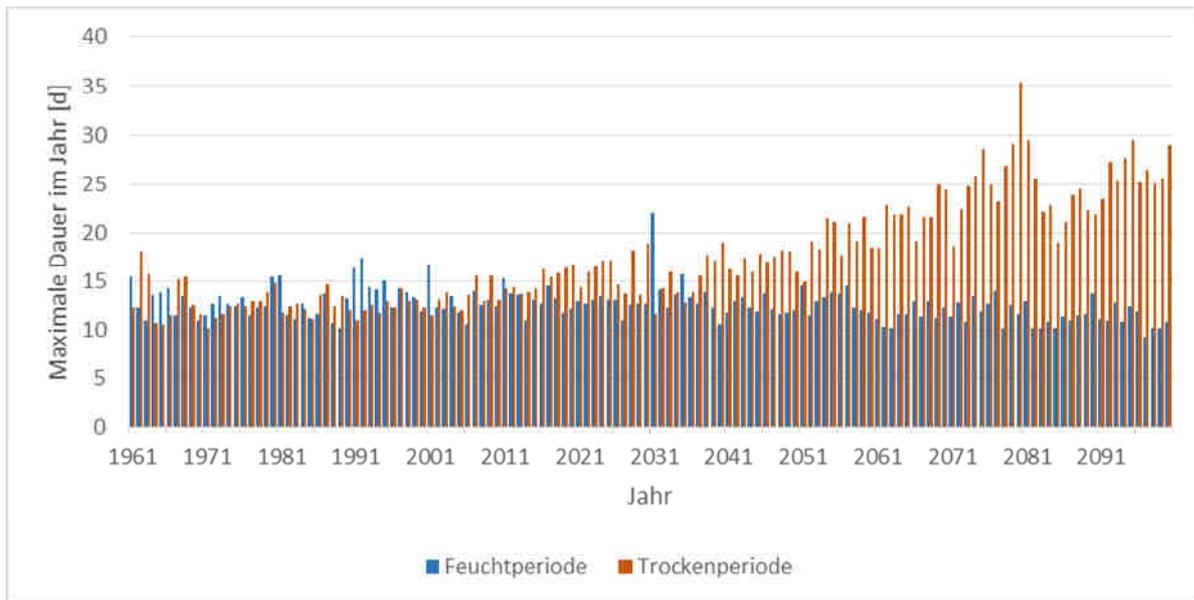


Abbildung 34: Modellerte maximale Dauer von Trocken- bzw. Feuchtperioden für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: aus WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe).

Die bei WETTREG tendenziell rückläufigen Jahresniederschlagsmengen sind also vor allem auf weniger feuchte Witterungssituation zurückzuführen. Starkregenereignisse sind von diesem Trend nicht betroffen, ihre Auftrittshäufigkeit sagt das Modell als konstant voraus (Abbildung 53 im Anhang). Neben der Häufigkeit des Auftretens von einzelnen Starkregenereignissen ist vor allem auch ihre Intensität von Bedeutung. Wie Abbildung 35 zeigt, muss insbesondere in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts in einzelnen Extremfällen mit Tagesniederschlagsmengen von deutlich mehr als 100 mm gerechnet werden. Das absolute Maximum in den Modelldaten liegt sogar bei 142 mm/d und übertrifft damit den in der Klimanormalperiode auftretende Wertes von 80 mm/d und rund 175 %.

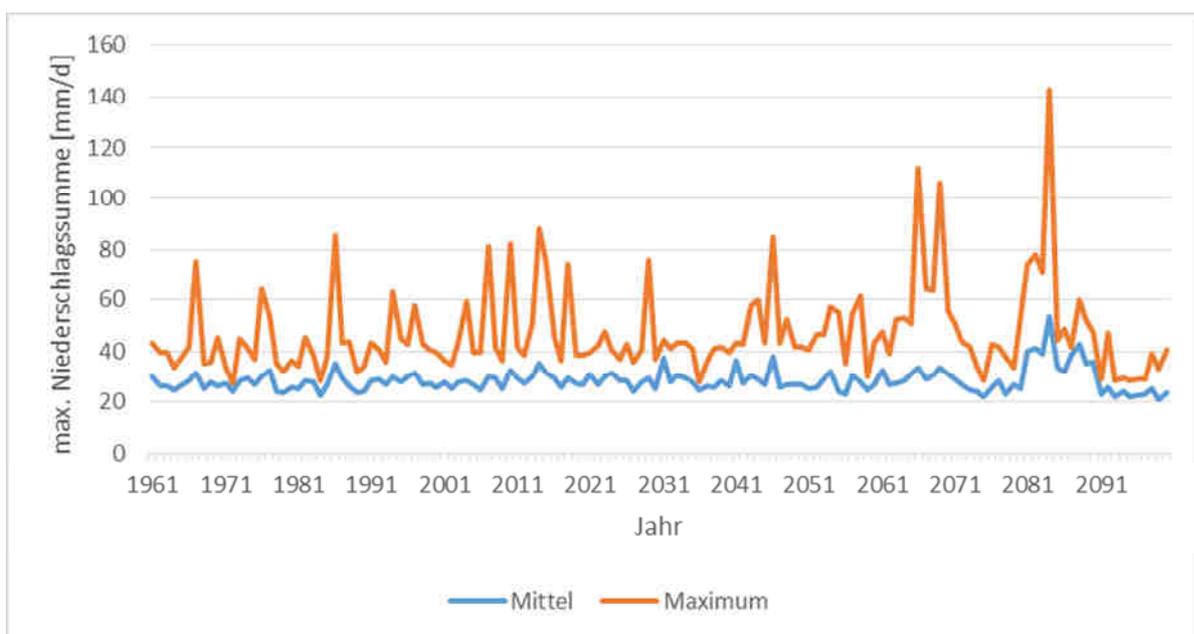


Abbildung 35: Modellerte maximale Tagesniederschlagssumme für die Jahre 1961 bis 2100. Mittel über 10 Modellläufe in blau und Maximum aller 10 Modellläufe in orange. (Datenbasis: WETTREG2010, Szenario A1B).

### 3.3.3 WIND

Der Klimaparameter Wind wurde im Rahmen des KFM-Projektes nicht regionalisiert, so dass für dieses Gutachten keine räumlich differenzierten Windfelder vorliegen und sich die Analyse auf die durch das Klimamodell WETTREG zur Verfügung gestellten Daten beschränken muss. Da für viele Wirkanalysen, die mit dem Wind zusammenhängen (u.a. Windkraftnutzung, Windbruch in Wälder, Bodenerosion) räumlich hochaufgelöste Informationen benötigt werden, wird empfohlen diese Wissenslücke zeitnah zu schließen<sup>7</sup>. Diese zeigen für das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit einen schwachen Trend zu abnehmenden Windgeschwindigkeiten (Abbildung 36). Die Jahr-zu-Jahr Variabilität ist für die durchschnittliche Windgeschwindigkeit erfahrungsgemäß relativ gering. Das windreichste bzw. windärmste Jahr in den 10 Modellläufen weisen Werte von 4,3 bzw. 3,2 m/s auf.

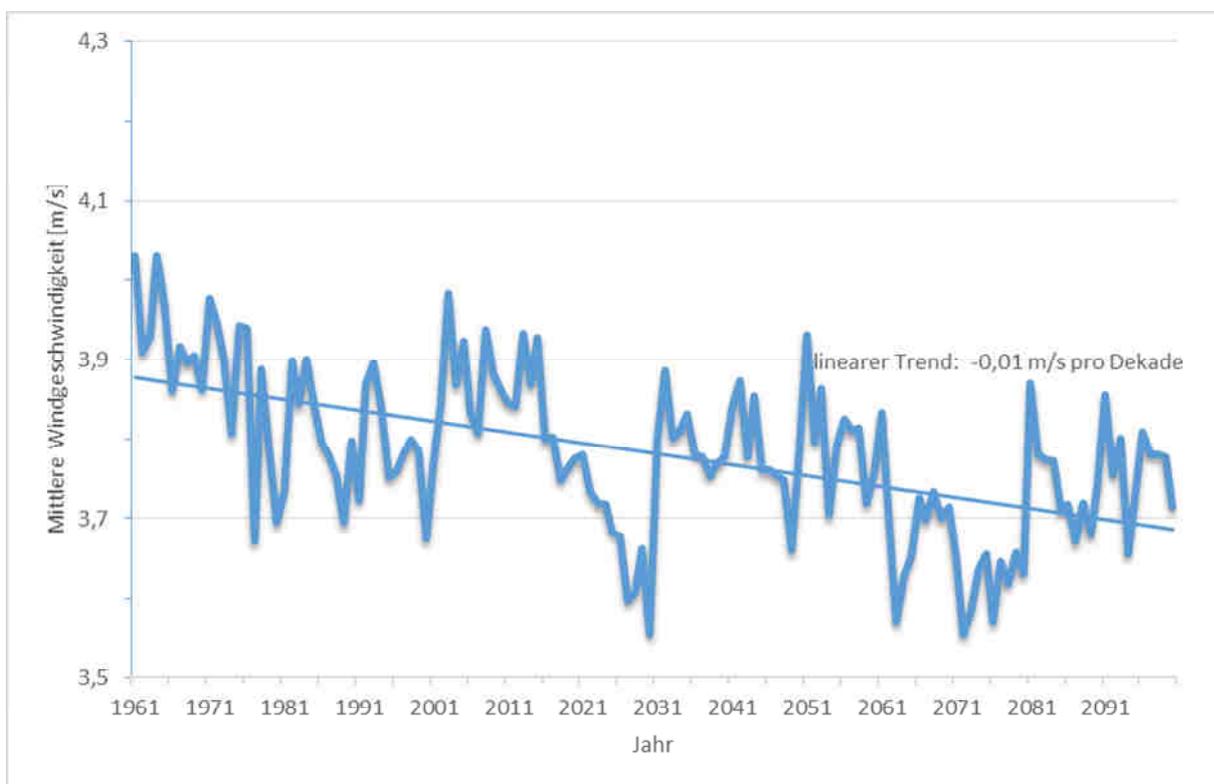


Abbildung 36: Modellierte Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in m/s für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Ähnlich wie beim Niederschlag ist auch für die Windgeschwindigkeit mit einer innerjährlichen Umverteilung zu rechnen. Während die Windgeschwindigkeit im Sommer und Herbst (starker Trend) abnehmen, ergibt sich für die Wintermonate ein starker Trend zu zunehmenden Windgeschwindigkeiten. Für den Frühling ist mit einer schwachen Abnahme zu rechnen. Insgesamt werden sich damit die bereits heute existierenden Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten zukünftig noch deutlicher herausbilden.

<sup>7</sup> Für das Handlungsfeld der Erneuerbaren Energiewirtschaft wird auf das Projekt „Klimawandelangepasste Energiewende in der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg verwiesen, in dem zwischen dem 01.01.2015 und dem 31.12.2017 u.a. räumlich hochaufgelöste Windfelder auf der Basis von Klimamodelldaten erzeugt werden

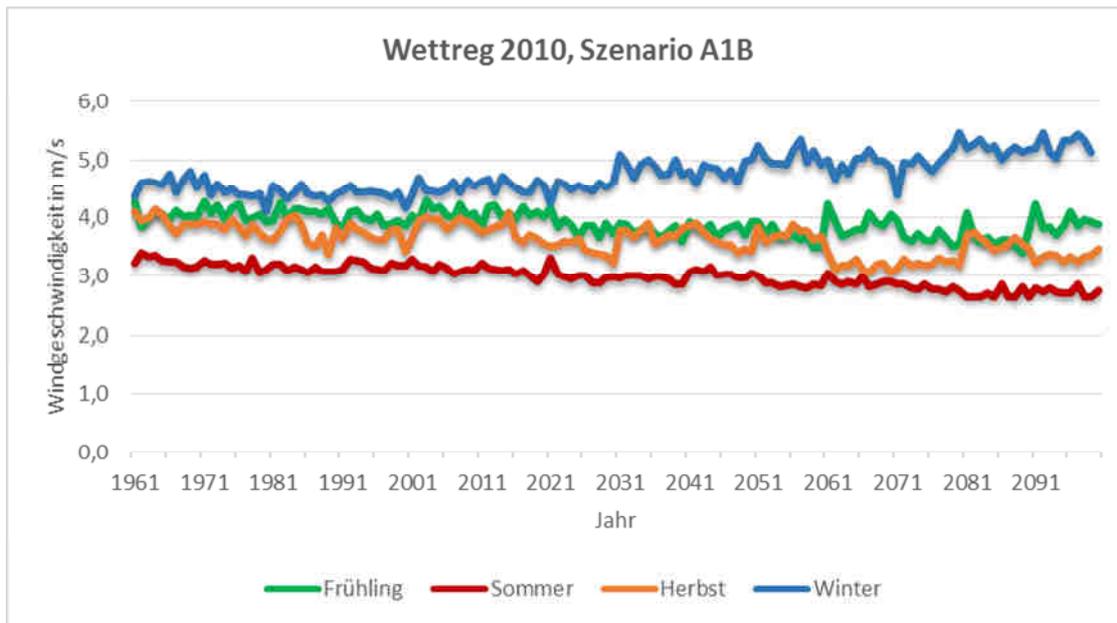


Abbildung 37: Modellerte Mittelwerte der Windgeschwindigkeit in m/s in den Jahreszeiten Fröhling, Sommer, Herbst und Winter für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Der relative Anteil der einzelnen Windstärkeklassen hingegen wird im Laufe des Jahrhunderts weitgehend konstant bleiben. Einzig „schwache und mäßige Brisen“ (Beaufort 3, 4) zeigen einen schwachen Trend zu abnehmenden Auftrittshäufigkeiten. Windstärken größer Bft 6 treten auch zukünftig zu selten auf, um daraus Trends ableiten zu können.

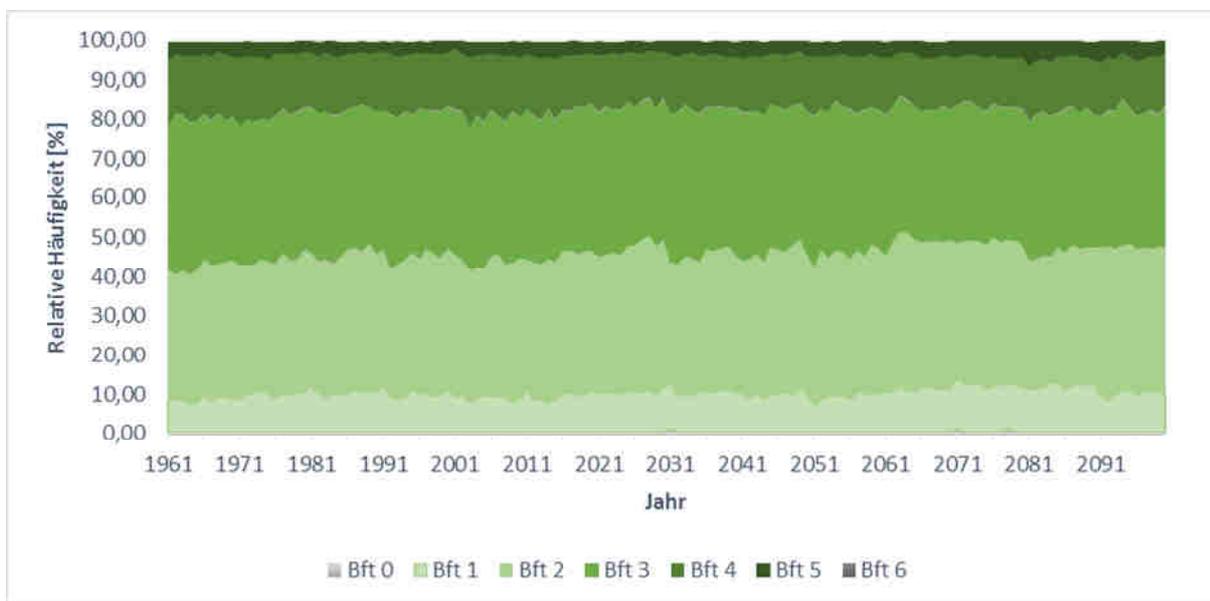


Abbildung 38: Modellerte zeitliche Entwicklung der relativen Häufigkeit des Auftretens einzelner Windstärkeklassen im Bereich der Windstärken Beaufort 0 bis 6 für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

WETTREG stellt keine Informationen über kurzzeitige Böenwindgeschwindigkeiten zur Verfügung, so dass keine verifizierbaren Aussagen über die Intensität zukünftiger Stürme getroffen werden können. Der Indikator der maximalen mittleren Tageswindgeschwindigkeiten legt jedoch den Schluss nahe, dass Sturmereignisse unter dem Einfluss des Klimawandels weniger stark ausfallen könnten als bisher (Abbildung 39).

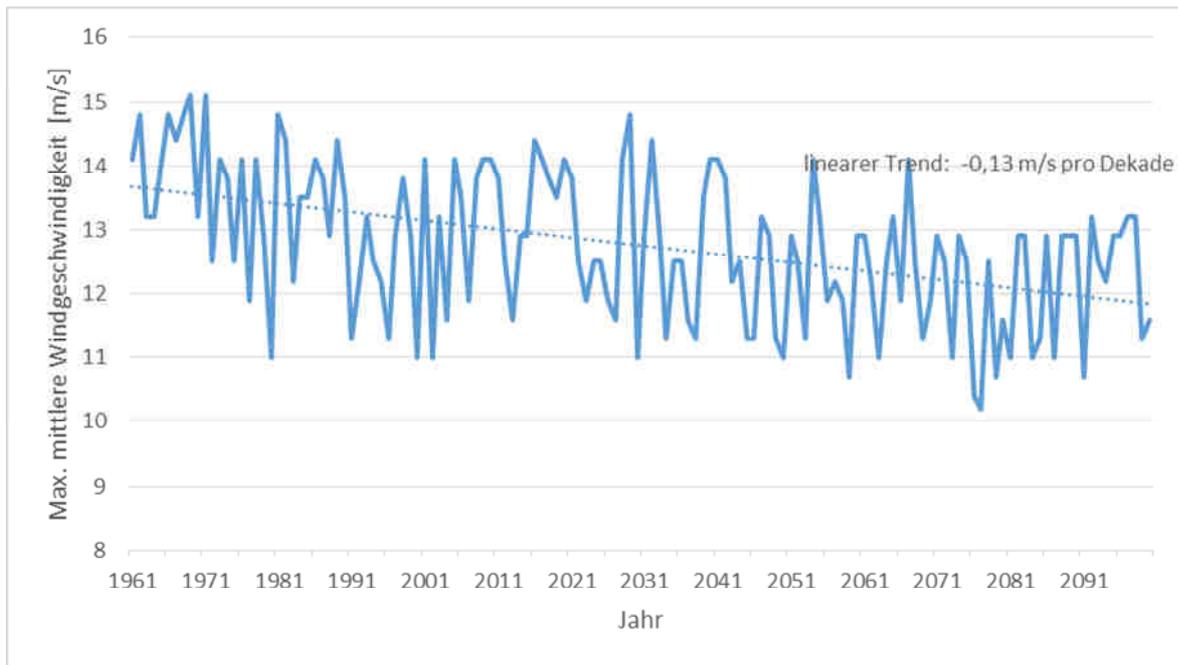


Abbildung 39: Modellerte maximale mittlere tägliche Windgeschwindigkeit in m/s für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Maximum aus 10 Modellläufen)

#### 3.4 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUM UMGANG MIT KLIMAMODELLDATEN

Die durchgeführten Auswertungen für die regionalen Klimamodelle WETTREG 2010 und CLM haben ergeben, dass in der Region Hannover für alle Hauptklimaparameter mit relevanten und statistisch belegbaren Trends zu sich ändernden klimatischen Verhältnissen gerechnet werden muss (Abbildung 40).

Wie sich bereits bei der Analyse der Messdaten (vgl. Kapitel 2) gezeigt hat, ist mit einer allmählichen Erwärmung der Region und den damit verbundenen Wetterphänomen (z. B. häufigere und intensivere Hitzeperioden) zu rechnen. Alle vierzehn untersuchten thermischen Parameter zeigen ein mindestens starkes, die meisten sogar ein sehr starkes Änderungssignal. Im Gegensatz zum bisher beobachteten Klimawandel ist zukünftig aber auch für einige Niederschlags- und Windparameter mit signifikanten Trends zu rechnen (Tabelle 3). Acht untersuchte Niederschlagsparameter mit einem mindestens schwachen Klimasignal (u.a. Auftrittshäufigkeit und Dauer von Trockenperioden, Niederschlagssumme im Sommer) stehen hier sieben Parametern ohne Trend gegenüber. Für den Wind lautet das Verhältnis sieben zu fünf (u.a. die mittlere Windgeschwindigkeit im Sommer, Herbst und Winter).

Für einige Extremereignisse gilt, dass zwar ihre Auftrittshäufigkeit nicht signifikant zunehmen wird, dass aber ihre Intensität durchaus erhöht sein kann. Dieses trifft beispielsweise auf einzelne Starkregenereignisse zu.

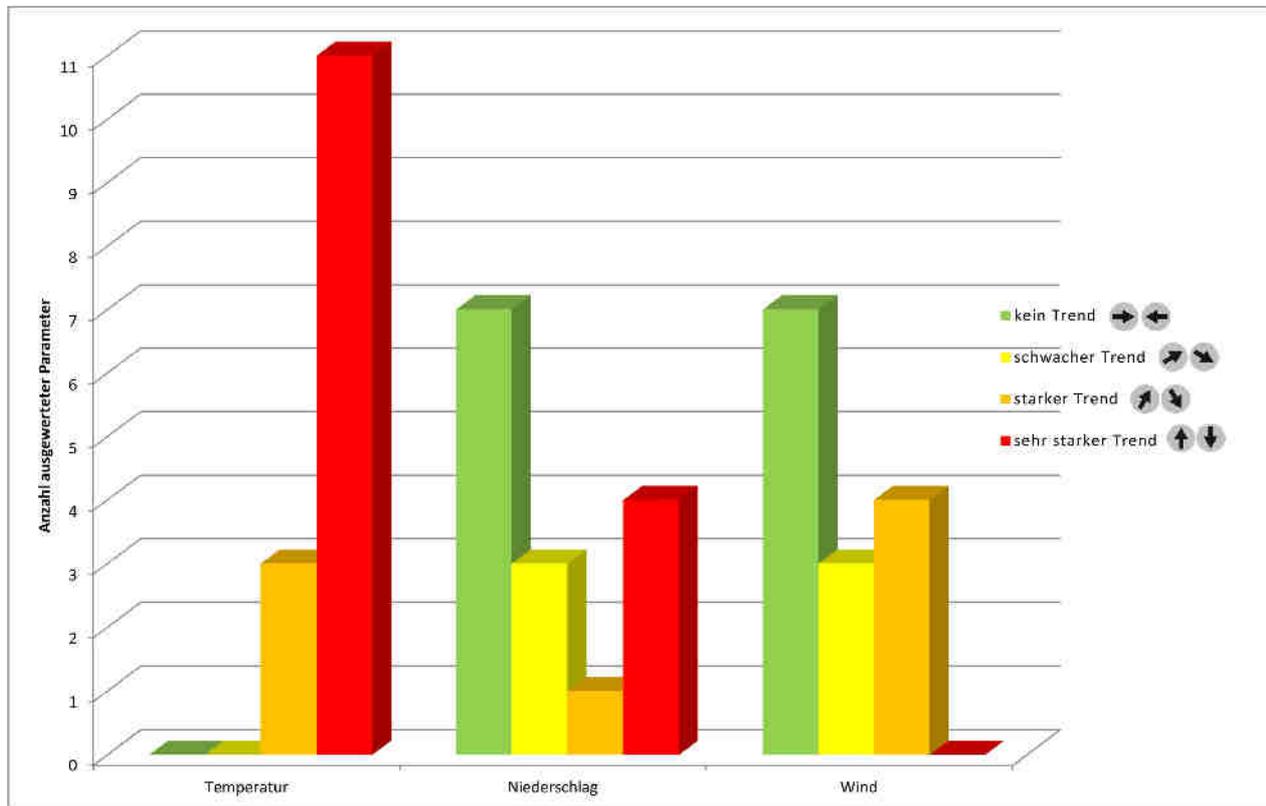


Abbildung 40: Zusammenfassung der Trendanalyse „Klima der Zukunft“ für Station Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B; Bezugszeitraum: 1961-2100; vgl. Tabelle 3)

Die Trends für die Wind- und Niederschlagsparameter sind zum einen insgesamt also weniger stark ausgeprägt als für die Temperatur. Sie sind zum anderen aber auch unsicherer. Darauf deuten Auswertungen von mit unterschiedlichen SRES-Szenarien angetriebenen WETTREG 2010 Daten für andere Räume Norddeutschlands hin. So weisen beispielsweise für die Station Magdeburg einige WETTREG 2010 Modellläufe für die Sommermonate steigende und andere Modellläufe sinkende Niederschlagsmengen aus<sup>8</sup> (Abbildung 54 im Anhang, GEO-NET 2014). Demgegenüber handelt es sich für thermische Parameter bei allen regionalen Klimamodellen um robuste Trends, bei denen sich die einzelnen Modellläufe allenfalls in der Stärke des Änderungssignals nicht aber bei ihrem Vorzeichen unterscheiden.

Angesichts dieser Unsicherheiten erscheint es insbesondere für primär niederschlags- und windabhängige Parameter sinnvoll, die Bandbreiten möglichst vieler regionaler Klimamodelle und Klimaszenarien zu analysieren (sog. Ensemble-Ansatz). Hierbei muss allerdings stets ein gesundes Verhältnis von Arbeitsaufwand und Erkenntnisgewinn gewahrt bleiben, so dass eine vollumfänglich Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden Daten für jedwede Fragestellung nicht sinnvoll erscheint. Stattdessen wird empfohlen, bei fragestellungsbezogenen Risikoanalysen Einzelfallentscheidungen zum Analyseumfang zu treffen. Dabei muss auch die Risikobereitschaft der Entscheidungsträger berücksichtigt werden.

)

<sup>8</sup> Da im vorliegenden Gutachten lediglich Mittelwerte der 10 Modellläufe des A1B Szenarios betrachtet werden konnten, sind vergleichbare Unsicherheitsbetrachtungen für die Region Hannover nicht möglich gewesen

Tabelle 3: Zentrale Ergebnisse der Trendanalyse „Klima in der Zukunft“ für Station Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B; Bezugszeitraum: 1961-2100)

Trend			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jahresmitteltemperatur</li> <li>Mitteltemperatur in allen Jahreszeiten</li> <li>Maximumtemperatur</li> <li>Anzahl Sommertage</li> <li>Anzahl Heiße Tage</li> <li>Dauer von Hitzeperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von trockenen Tagen</li> <li>Dauer von Trockenperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl Tropennächte</li> <li>Minimumtemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Windgeschwindigkeit im Winter</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niederschlagssumme im Frühling</li> <li>Niederschlagssumme im Herbst</li> <li>Niederschlagssumme im Winter</li> <li>Niederschlagssumme im hydrologischen Winterhalbjahr</li> <li>maximale Tagesniederschlagssumme</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Starkniederschlägen</li> <li>Dauer von Feuchteperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 0,1,2,5,6</li> <li>Mittlere jährliche Maxima der Windgeschwindigkeit</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jahresniederschlagssumme</li> <li>Niederschlagssumme Sommer</li> <li>Niederschlagssumme im hydrologischen Sommerhalbjahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Windgeschwindigkeit im Frühling</li> <li>Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit Beaufort 3,4</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dauer von Kälteperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit mäßigen Niederschlagsmengen -</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Windgeschwindigkeit im Sommer</li> <li>Mittlere Windgeschwindigkeit im Herbst</li> <li>Absolute jährliche Maxima der Windgeschwindigkeit</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl von Frosttagen</li> <li>Anzahl von Eistagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auftrittshäufigkeit von Niederschlagstagen</li> <li>Auftrittshäufigkeit von Tagen mit geringen Niederschlagsmengen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>


 Sehr starker Trend (zunehmend/abnehmend),
 
 starker Trend (zunehmend/abnehmend),
 
 schwacher Trend(zunehmend/abnehmend),
 
 kein Trend

## 4. Hinweise zu potentiellen Klimafolgen und Handlungsbedarfen für regional relevante Handlungsfelder

### 4.1 ABLEITUNG UND PRIORISIERUNG REGIONAL RELEVANTER HANDLUNGSFELDER

In den Kapiteln 2 und 3 wurden die bereits zu beobachtenden und zukünftig zu erwartenden Klimaveränderungen in der Region Hannover dargestellt. Inwiefern diese Entwicklungen eine lokale bzw. regionale Relevanz besitzen, kann nur mit Bezug zu konkreten klimasensitiven Handlungsfeldern beantwortet werden.

Die Basis für die Ableitung dieser Handlungsfelder stellt die für den niedersächsischen Raum ausgesprochenen Empfehlungen dar (MU 2012). Dort werden vierzehn sektorale und fünf sektorübergreifende Handlungsfelder unterschieden. Mit Ausnahme des Küstenschutzes und der Fischerei kann allen Handlungsfeldern eine grundsätzliche Relevanz für die Region Hannover attestiert werden. Da diese Relevanz nicht für alle Handlungsfelder gleich hoch ist und um die nächsten Schritte im regionalen Anpassungsprozess zu fokussieren, wurden die Handlungsfelder in Prioritätsklassen eingeteilt (Tabelle 4). Die Priorisierung stellt eine fachgutachterliche Einschätzung dar und erfolgte auf der Basis folgender Leitfragen:

- Kann das Klima bzw. der Klimawandel als ein primärer Einflussfaktor für das gesamte Handlungsfeld bezeichnet werden?
- Hat die Analyse relevante Klimaveränderungen für Teilbereiche des Handlungsfeldes ergeben?
- Kann die Region Hannover als ein zentraler Akteur des Handlungsfeldes bezeichnet werden?
- Hat das Handlungsfeld primär den Schutz von Leben und Gesundheit zum Ziel?

In die 1. Priorisierungsklasse fallen solche Handlungsfelder für die mindestens drei Leitfragen aus gutachterlicher Sicht bejaht werden können. Dieses trifft auf sechs Handlungsfelder zu. Mit dem Gesundheitswesen und dem Katastrophenschutz befinden sich darunter zwei Themenbereiche, die aufgrund ihrer primären Aufgabe des Schutzes von Leben und Gesundheit der Regionalbevölkerung einen besonders hohen Stellenwert im weiteren Anpassungsprozess einnehmen sollten. Auch der Regionalplanung als querschnittsorientiertes Handlungsfeld kommt im Klimafolgenanpassungsprozess der Region Hannover eine besondere Rolle zu. Sie wägt relevante klimabezogene Raumansprüche unter- und gegeneinander ab und verhindert dadurch negative Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen unterschiedlicher Handlungsfelder.

In die zweite und dritte Prioritätsklasse fallen je vier Handlungsfelder. Bei ihnen ist die Region Hannover keiner der zentralen Akteure und/oder das Klima kann nicht als ein primärer Einflussfaktor bezeichnet werden. Entscheidend ist noch der Hinweis, dass die Analyseergebnisse der Kapitel 2 und 3 verdeutlicht haben, dass sich zumindest in Teilbereichen für alle Handlungsfelder relevante Klimaveränderungen andeuten.

Es wird empfohlen, die vorgenommene Priorisierung im verwaltungsinternen Arbeitskreis „Anpassungsstrategie“ zu diskutieren und ggf. im Konsens anzupassen.

Tabelle 4: Fachgutachterliche Priorisierung der für die Region Hannover relevanten klimasensitiven Handlungsfelder

Priorität	Handlungsfeld	Klima als primärer Einflussfaktor	relevante Klimaveränderungen	RH als zentraler Akteur	Schutz von Leben und Gesundheit als primäre Aufgabe
1	Gesundheitswesen	X	X	X	X
1	Katastrophenschutz	X	X	X	X
1	Wasserwirtschaft	X	X	X	
1	Regionalplanung	X	X	X	
1	Biodiversität und Naturschutz	X	X	X	
1	Boden	X	X	X	
2	Landwirtschaft	X	X		
2	Energiewirtschaft	X	X		
2	Wald- und Forstwirtschaft	X	X		
2	Verkehrswesen und -wege		X	X	
3	Industrie und Gewerbe		X		
3	Bauwesen		X		
3	Tourismus		X		
3	Querschnittsaufgaben		X		

Durch die vorgenommene Priorisierung soll das kurzfristige Handeln von Regionalpolitik und -verwaltung der kommenden Jahre auf die zentralen Aufgabenfelder fokussiert werden. Dieser Ansatz darf also nicht dahingehend interpretiert werden, dass die mit der Energiewirtschaft (u.a. die Energiewende) oder das Bauwesen (u.a. die Gebäudesanierung) als nachrangig beispielsweise dem Naturschutz gegenüber eingeschätzt werden. Vielmehr sollte die Region im Sinne des Nachhaltigkeits- und Vorsorgegedankens für „ihre“ Handlungsfelder Zukunftsverantwortung übernehmen. Dieses proaktive Anpassungshandeln wird für Akteure aus Wirtschaft und Bürgerschaft Vorbildcharakter haben und ihnen damit die Notwendigkeit eigenen Handelns aufzeigen, bei dem sie die Region im Rahmen ihrer Möglichkeiten und im Sinne des Governance-Ansatzes bei Bedarf unterstützen sollte.

#### 4.2 HINWEISE ZU POTENTIELLEN KLIMAFOLGEN UND HANDLUNGSBEDARFEN

Im Folgenden werden einige zentrale Hinweise zu möglichen Klimafolgen für die einzelnen Handlungsfelder gegeben. Diese ergeben sich aus einer Verknüpfung der Analyseergebnisse aus den Kapiteln 2 und 3 mit den Zielen, die in den Teilbereichen der Handlungsfelder verknüpft werden. Die Darstellung erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll lediglich einen ersten Eindruck davon vermitteln, wie umfangreich und vielschichtig der Klimafolgenanpassungsprozess in der Region Hannover ausfallen sollte.

Der Klimawandel stellt für die identifizierten Handlungsfelder in aller Regel nur eine von mehreren Zukunftsherausforderungen dar. Zu diesen sozioökonomischen Faktoren gehören u.a. der Demographische Wandel, der Landnutzungswandel, Stadt-Umland-Wanderungen, die Entwicklung öffentlicher Haushalte, die Umweltgesetzgebung oder auch politische Mehrheiten. Grundsätzlich sollte das Ziel verfolgt werden, diese Herausforderungen gemeinsam in zentrale Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren.

Konkrete technische oder sonstige Maßnahmen werden in den einzelnen Unterkapiteln bewusst nicht im Detail diskutiert. Diese können zielführend nur im Diskurs mit den jeweiligen Entscheidungsträgern ermittelt werden.

#### 4.2.1 HANDLUNGSFELDER DER PRIORITÄTSKLASSE 1

Die Handlungsfelder der ersten Prioritätsklasse sollten im nächsten Schritt des regionalen Anpassungsprozesses im Mittelpunkt stehen. Auf der Basis dieses Gutachtens sollten raumkonkrete Risikoanalysen durchgeführt, die Implementierung der Anpassungsnotwendigkeit in die Entscheidungsprozesse vorangetrieben werden sowie wo nötig Maßnahmen identifiziert und umgesetzt werden.



Im Handlungsfeld **Gesundheitswesen** wird für klimatische Faktoren im Allgemeinen auf Gefahren in zwei Wirkungskomplexen hingewiesen. Bei infektiösen Krankheiten werden vektorbasierten Krankheiten (verstärkte Übertragung von Viren durch Mücken, Zecken oder Nagetieren), (trink-)wasserassoziierten Krankheiten (u.a. erhöhte Gefahr von Krankheitserregern im Wasserkreislauf und Blaualgen in Badegewässern wie dem Steinhuder Meer) und lebensmittlassoziierten Krankheiten (erhöhte Gefahr von Salmonellen) unterschieden. Für Infektionen der oberen Atemwege (insbesondere Erkältungs- und Grippekrankheiten) besteht hingegen die Chance, dass sie sich in den wärmeren Wintermonaten zukünftig weniger stark ausbreiten.

Bei nicht-infektiösen Krankheiten stehen zum einen vor allem eine erhöhte Morbidität und Mortalität durch Herz-Kreislaufkrankungen in Folge von Hitzeereignissen im Fokus. Im urbanen Raum (vor allem Hannover, aber auch die Mittelstädte wie Garbsen oder Langenhagen) sind hiervon insbesondere Bewohner von stadtklimatisch benachteiligten Stadtteilen betroffen. Zum anderen wird ein erhöhtes Hautkrebsrisiko durch eine verlängerte Sonnenscheindauer diskutiert. Aber auch Allergien wird eine weiter wachsende Gesundheitsgefährdung zugesprochen. Hier spielen u.a. eine verlängerte Pollenflugsaison sowie die Ausbreitung von allergenen, z.T. einwandernden Pflanzen und Insekten eine zentrale Rolle. Darüber hinaus sind auch auf einzelne Extremereignisse zurückzuführende Verletzungen und Todesfälle äußerst relevant.

Hier besteht eine enge Verknüpfung zum **Katastrophenschutz**. Für ihn gilt es, vor allem die Risiken von z. B. witterungsbedingten Massenunfällen im Straßenverkehr, Waldbränden, Hitzewellen oder Hochwassern/Sturzfluten neu zu bewerten und daraus ggf. Rückschlüsse auf eine angepasste Bewältigung der Risiken zu ziehen (sog. Risikomanagement). Ein entsprechendes Methodenhandbuch regelt die Risikoanalysen bundeseinheitlich (BBK 2010).



Für das Handlungsfeld der **Wasserwirtschaft** ist zum einen der Hochwasserschutz an Leine und Ihme sowie deren Zuflüsse von zentralem Interesse. Insbesondere in den kleineren Fließgewässern der Region (u.a. Wulbeck und Wietze) wird auch das Niedrigwassermanagement eine wachsende Bedeutung erlangen müssen. Eng damit verknüpft sind die Aufrechterhaltung deren gewässerökologischen Funktionen. Das Trinkwasser für die Regionsbevölkerung wird zu einem überwiegenden Teil aus den regionalen Grundwasserkörpern entnommen und über die Wasserwerke Fuhrberg und Elze-Berkhof ins Netz von energcity eingespeist. Hier gilt es vor allem, die im KFM-Projekt gewonnen Erkenntnisse zu verifizieren und umzusetzen (LBEG 2011). Auch die Siedlungswasserwirtschaft wird sich den sich ändernden Niederschlagsmustern anpassen müssen. In der Kanalisation kann es zu intensiveren Überlast und häufigeren Unterlastfällen kommen. Hier werden innovative Ansätze z. B. bei der dezentralen Entwässerung oder der Spül- und Pumpentechnik gefragt sein.

Die Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft **Bodenschutz** hat für ihr Handlungsfeld vier klimawandelbedingte Bodenfunktionsbeeinträchtigungen definiert, die auch für die Region Hannover Relevanz besitzen (LABO 2010). Demnach sieht die LABO das Risiko von abnehmenden Humusgehalten und -vorräten, einer zunehmenden potentiellen Wasser- und Winderosionsgefährdung, von zunehmenden Bodenschadverdichtungen sowie eine Veränderung des Bodenwasserhaushaltes. Wie kaum ein anderes Handlungsfeld steht der Bodenschutz in vielfältigsten Wechselbeziehungen mit anderen Handlungsfeldern. Hierzu gehören in erster Linie die Land- und Forstwirtschaft sowie das Bau- und Verkehrswesen. Für die beteiligten Akteure ist daher eine integrierte Herangehensweise insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels von besonderer Bedeutung.



Die Region Hannover verfügt über fast 8.000 ha Naturschutzgebietsfläche, die sich auf 38 Naturschutzgebiete verteilen. Darunter befinden sich auch einige Moorflächen (u.a. das Tote Moor, das Altwarmbüchener Moor sowie die Hannoversche Moorgeest), die als Kohlenstoffsенке für den Klimaschutz von besonderer Bedeutung sind. Zusätzlich sind über 40% der Regionsfläche als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Diese Zahlen belegen die Bedeutung des Handlungsfeldes **Biodiversität und Natur-**

**schutz** für die Region Hannover. Durch den Klimawandel werden sich die abiotischen Standortbedingungen der Schutzgebiete allmählich verändern und es besteht die Gefahr, dass Schutzziele mittel- bis langfristig nicht mehr erreicht werden bzw. es zu Artenverschiebungen kommen wird. Das hat zur Folge, dass sich ganze Ökosysteme verändern und bestimmte Ökosystemdienstleistungen verloren gehen können. Insofern sind Anpassungsaktivitäten hier kein reiner Naturschutz-Selbstzweck sondern sind auch mit einem unmittelbaren Nutzen für die Regionsbevölkerung verbunden.

Der **Regionalplanung** kommt schließlich die zentrale Aufgabe zu, die einzelnen raumbedeutsamen Anpassungsaktivitäten im Sinne einer klimagerechten Regionalentwicklung unter- und gegeneinander abzuwägen. Die Region Hannover nimmt sich dieser Aufgabe gegenwärtig über die Neuaufstellung eines „klimaoptimierten RROP 2015“ an. Dabei kommt es vor allem darauf an, aus der querschnittsorientierten Sicht heraus negative Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen verschiedener Handlungsfelder (sog. Sekundäre Klimafolgen) zu vermeiden. Ein immer wichtigeres Instrument stellen dabei Governance-Prozesse dar, in denen Politik und Verwaltung mit Handlungsfelder in den Diskurs eintritt, für die sie nur eingeschränkte oder gar keine Entscheidungsbefugnis besitzen (z. B. Landwirtschaft, Gewerbe/Industrie) (vgl. Spiekermann und Franck 2014).



Tabelle 5 fasst die relevanten Teilbereiche der klimasensitiven Handlungsfelder (Prioritätsklasse 1) mit potentiellen Klimafolgen zusammen.

Tabelle 5: Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen in den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 1

Handlungsfeld	Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen
<b>Gesundheitswesen</b>	Herz-Kreislaufkrankungen, Infektionskrankheiten, Luftallergene
<b>Katastrophenschutz</b>	Keine direkten Klimafolgen; aber: zentrale Rolle bei der Abwehr/Bewältigung von klimawandelbedingten Gefahren/Katastrophen (u.a. Hochwasser, Hitze, Waldbrand, Verkehrsunfälle)
<b>Wasserwirtschaft</b>	Hochwasserschutz, Niedrigwassermanagement und Gewässerökologie, Grundwasserschutz, Siedlungswasserwirtschaft
<b>Bodenschutz</b>	Humusgehalte und -vorräte, Wasser- und Winderosion, Bodenschadverdichtung, Bodenwasserhaushalt
<b>Biodiversität und Naturschutz</b>	Änderung der Standortbedingungen, Reaktionen von Fauna und Flora, Artenverschiebungen, Veränderung von Lebensräumen, Verlust von Ökosystemdienstleistungen
<b>Regionalplanung</b>	Keine direkten Klimafolgen; aber: zentrale Rolle für den Klimafolgenanpassungsprozess in der Region Hannover

#### 4.2.2 HANDLUNGSFELDER DER PRIORITÄTSKLASSE 2

Bei den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 2 handelt es sich vorrangig um Themenkomplexe, bei denen die Region Hannover nicht als zentraler Akteur auftritt, für die aber einige wichtige Wechselbeziehungen mit den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 1 bestehen. Die Akteure sollten daher über den weiteren Anpassungsprozess mindestens informiert werden und zu den sie unmittelbar betreffenden Sachverhalten auch Gelegenheit zur Stellungnahme bekommen.



Für die Handlungsfelder **Wald/-Forstwirtschaft** und **Landwirtschaft** gilt darüber hinaus, dass sie einen erheblichen Anteil an der Landnutzung der Region Hannover ausmachen (ca. 62% bzw. 19%) und das Klima einen zentralen Faktor für die Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln bzw. Holz darstellt. Neben der Entwicklung von Extremereignissen (Hagelschäden, Windbruch) stellen für beide Handlungsfelder die verlängerte Vegetationsperiode, einem erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalte der Luft, das Auftreten

von Spät- und Frühfrösten sowie die sich ändernden Niederschlagsmuster wichtige Klimaänderungen dar. Diese werden einen unmittelbaren Einfluss auf die Fruchtfolgen und Anbautechniken haben. Für die Landwirtschaft in der Region Hannover wurde anhand von Wirkmodellrechnungen beispielsweise festgestellt, dass Winterungen (Wintergetreide) mit veränderten Klimabedingungen zurechtkommen als Sommerungen wie Mais oder Sommergerste (LBEG 2011). Auch die Tierproduktion ist von den Auswirkungen betroffen und muss sich entsprechend anpassen (Beese und Aspelmeier 2014).

Im Vergleich zur Forstwirtschaft ist die Anpassungskapazität der Landwirtschaft aufgrund des deutlich kürzeren Anbau-Ernte-Zyklus grundsätzlich relativ hoch ist. Allerdings ist der Spezialisierungsgrad der Betriebe heute so hoch, dass auch für sie eine proaktive, klimawandelangepasste Betriebsentwicklung angeraten ist. Dies gilt für die Forstwirtschaft schon traditionell. Heute angelegte Bestände können je nach Baumart erst in 50-70 Jahren oder sogar erst in über 100 Jahren geerntet werden. Wärmeliebende und trockenheitstolerante Arten gelten als besonders zukunftsfähig. In Thüringen sind bereits klimawandelangepasste Bestandeszieltypenkataloge veröffentlicht worden (Frischbier et al. 2010). Neben dem Erhalt der Waldfunktionen bzw. der Holzproduktion sind für die Forstwirtschaft auch die Erntebedingungen sowie insbesondere die Waldbrandgefahr von den Klimaveränderungen betroffen.

Im Handlungsfeld **Verkehrswesen und -wege** hat der Klimawandel zu einer Auswirkung auf die Verkehrsinfrastruktur selbst. Hitze- und Frostschäden auf Betonfahrbahnen (Spurrillen, Schlaglöcher oder auch sog. Blow-ups) und Schienen sind bereits heute in der Region Hannover zu verzeichnen und könnten zukünftig vermehrt auftreten. Sie verursachen zum einen nicht unerhebliche Sanierungskosten, stellen zum anderen aber auch ein erhöhtes Sicherheitsrisiko für die Verkehrsteilnehmer dar. Letzteres gilt auch für Starkregenereignisse und das Auftreten von Blitzeis oder überfrierender Nässe. Letztlich besitzt auch der Flughafen Hannover-Langenhagen eine relevante Klimasensitivität gegenüber Extremsituationen (Sturm, vereiste Flugzeuge sowie Start- und Landebahnen).



Im Handlungsfeld der **Energiewirtschaft** stellt die Energiewende sowohl für den Klimaschutz als auch für die Klimaanpassung den zentralen Baustein dar. Die Region Hannover hat mit dem Klimaschutzrahmenprogramm (Region Hannover 2010), dem Integrierten Klimaschutzkonzept (Region Hannover 2012) und ersten Ergebnissen aus dem Masterplan „100% für den Klimaschutz – Klimaneutrale Region 2050“ (Region Hannover 2014a) eine breite Basis für ihre kurz-, mittel- und langfristigen Klimaschutzbestrebungen vorgelegt. Neben der Energieeinsparung nimmt dabei der Ausbau Erneuerbarer Energien eine Schlüsselfunktion ein. Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik und Bioenergie sind allerdings ihrerseits unmittelbar von klimatischen Bedingungen abhängig und daher vom Klimawandel direkt betroffen. Für den Bezugsraum der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg untersucht das Projekt KFM-Energie bis Ende 2017 den Zusammenhang zwischen Klimawandel und der regionalen Erzeugung Erneuerbarer Energien. Die Region Hannover wird als Mitglied der Metropolregion über die Veranstaltungsreihe „KlimaTreffe“ in das Projekt eingebunden.

Auch die Herstellung konventioneller Energie kann mittelbar von Klimafolgen betroffen sein. So entnehmen beispielsweise das Gaskraftwerk Herrenhausen und das Heizkraftwerk Linden-Nord ihr Kühlwasser direkt aus der Leine. Unmittelbarer ist der Zusammenhang zwischen der Nachfrage von Heizenergie und dem Klimawandel. Es kann davon ausgegangen werden, dass zukünftig im Durchschnitt weniger Heizztage pro Jahr auftreten werden und damit der Heizbedarf bzw. die Energienachfrage allmählich zurückgehen wird.

Ein wichtiger klimasensitiver Bereich sind kritische Energieinfrastrukturen (KRITIS) wie oberirdische Stromleitungen. Hier sind Intensität und Auftretshäufigkeiten von Extremwetterereignissen von Bedeutung. Einige Vorfälle der letzten Jahre haben gezeigt, dass Wetterextreme beispielsweise zu großflächigen Stromausfällen führen können (z. B. das sog. Münsterländer Schneechaos 2005, Deutschländer und Wichura 2005)

Tabelle 5 fasst die relevanten Teilbereiche der klimasensitiven Handlungsfelder (Prioritätsklasse 2) mit potentiellen Klimafolgen zusammen.

*Tabelle 6: Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen in den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 2*

Handlungsfeld	Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen
<b>Wald- und Forstwirtschaft</b>	Waldfunktionen, Waldbrandgefahr, Ernte
<b>Landwirtschaft</b>	Pflanzen- und Tierproduktion
<b>Verkehrswesen und -wege</b>	Mobilität, Verkehrsinfrastruktur, Verkehrssicherheit, Luftverkehr
<b>Energiewirtschaft</b>	Erneuerbare Energien, Kühlwasser, Kritische Energieinfrastrukturen, Energienachfrage

#### 4.2.3 HANDLUNGSFELDER DER PRIORITÄTSKLASSE 3

Bei den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 3 handelt es sich um solche Themenkomplexe, für die in Teilbereichen zwar Klimafolgen zu erwarten sind, bei denen diese aber im Regelfall eine untergeordnete Rolle spielen. Darüber hinaus nimmt die Region Hannover als Gebietskörperschaft in den Handlungsfeldern nicht die Funktion eines unmittelbaren Entscheidungsträgers wahr.



Ein gutes Beispiel hierfür ist das Handlungsfeld **Industrie/Gewerbe**, das in der Region ausschließlich privatwirtschaftlich organisiert ist. Für die weitaus meisten Wirtschaftszweige weisen klimatische Faktoren nur eine untergeordnete oder auch gar keine Relevanz auf. Entscheidende harte Standortfaktoren sind hier eher z. B. die Verkehrsgunst, zu entrichtende Steuern, das lokale Arbeitskräftepotential oder die Nähe zu Absatzmärkten. Eine Ausnahme stellen die Land- und Forstwirtschaft dar, z.T. auch die Energiewirtschaft. (vgl. Kapitel 4.2.2). Die Region verfügt mit der kommunalen Wirtschaftsförderung in Verbindung mit der hannoverimpuls GmbH und der Landwirtschaftskammer über Akteure, die als Ansprechpartner für die betroffenen Wirtschaftszweige fungieren können.

Ähnliches gilt für das **Bauwesen**. Die entscheidenden Akteure sind hier die Kommunen als Träger der Bauleitplanung sowie die Gebäudeeigentümer und -nutzer. Angesichts eines Lebenszyklus von bis zu 100 Jahren erscheint es für diesen Akteurskreis durchaus relevant, potentielle Klimafolgen im Zusammenhang mit thermischem Komfort, Schäden durch Extremwetter oder dem Energieverbrauch zu berücksichtigen.



Während in Mittelgebirgslagen oder an Nord- und Ostseeküste Wetter und Klima eine entscheidende Größe für den **Tourismus** darstellen, spielen sie in der Region Hannover nur eine untergeordnete Rolle. Freilich machen Städtetourismus sowie Rad- und Wandertourismus, die in der Region Hannover die vorrangigen Tourismusarten ausmachen, bei angenehmen und trockenen Witterungsverhältnissen mehr Spaß. Entscheidender sind für die Region aber andere Faktoren wie das touristische Angebot, das Destinationsmarketing oder die Entwicklung des Reiseverhaltens der Zielgruppen.

Die **Querschnittsaufgaben** nehmen eine Sonderstellung unter den Handlungsfeldern ein, da Sie selbst keine Klimasensitivität aufweisen. Vielmehr wird mit ihnen das Ziel verfolgt, die Vulnerabilität in den übrigen Handlungsfeldern mithilfe von Wissenschaft und Forschung, Bildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen sowie Beratungsangeboten zu verringern. Die entscheidenden Akteure sind hier Hochschulen, das Land Niedersachsen, Wetterdienste sowie private und öffentliche Bildungsträger. Die Region Hannover kann hier über die etwaige Bereitstellung von Sach- und Geoinformationen aber eine wichtige Nebenfunktion erfüllen.



Tabelle 7: Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen in den Handlungsfeldern der Prioritätsklasse 3

Handlungsfeld	Teilbereiche mit potentiellen Klimafolgen
<b>Industrie und Gewerbe</b>	Anlagensicherheit, Liefer- und Absatzwege, Ressourcensicherheit
<b>Bauwesen</b>	Bauwerke
<b>Tourismus</b>	Städtetourismus, Rad-, Wander- und Wasserwandertourismus
<b>Querschnittsaufgaben</b>	Wissenschaft und Forschung, Informationsbereitstellung und -pflege, Bildung und Qualifizierung, Kommunikation und Beratung

## 5. Zusammenfassung und Empfehlungen für den weiteren Klimafolgenanpassungsprozess

### 5.1 ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende Gutachten hat drei Dinge deutlich aufgezeigt. **Erstens** ist der Klimawandel kein Phänomen, das erst in einigen Jahrzehnten auftreten wird. Vielmehr zeigt die in Kapitel 2 vorgenommene Analyse der Messreihen an der Station Hannover-Langenhagen, dass schon heute Trends erkennbar sind, die sich nicht über die natürliche Variabilität des Klimas erklären lassen. Für die Gegenwart trifft dies vor allem auf primär temperaturabhängige Parameter wie die Jahresdurchschnittstemperatur oder die Auftrittshäufigkeit von heißen Tagen und die Dauer von Hitzeperioden zu. Für niederschlags- und windabhängige Kenngrößen kann hingegen nur in Einzelfällen von einem schwachen Trend gesprochen werden. Hierzu gehört beispielsweise eine rückläufige Niederschlagsmenge in den Sommermonaten Juni, Juli und August.

**Zweitens** lassen die in Kapitel 3 vorgenommenen Analysen den Schluss zu, dass sich diese Trends im Laufe des Jahrhunderts fortsetzen und verstärken werden (Abbildung 41).

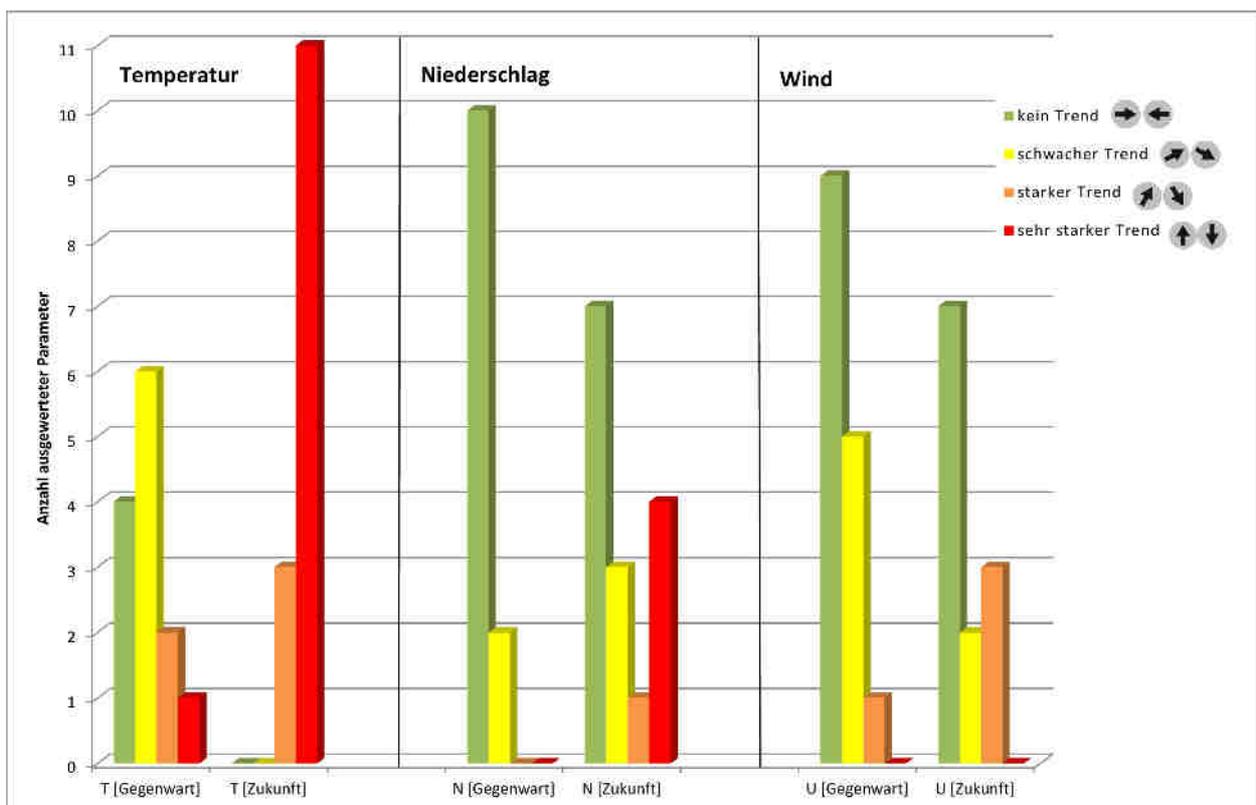


Abbildung 41: Zusammenfassung der Trendanalysen Gegenwarts- und Zukunfts-klima für die Station Hannover-Langenhagen (Datenbasis : Beobachtungsdaten des DWD und WETTREG 2010 , Szenario A1B; Trends beziehen sich auf den Zeitraum 1961 – 2100)

So zeigt sich für alle untersuchten temperaturabhängigen Parameter ein mindestens starkes Änderungssignal. Unter anderem wird sich die Jahresmitteltemperatur mittelfristig (ca. 2050) um mehr als 2,0 K und langfristig (ca. 2090) um fast 3,5 K erhöhen. Die durchschnittliche jährliche Anzahl der Heißen Tage wird sich schon zur Jahrhundertmitte verdreifacht haben und die Auftrittshäufigkeit von Frosttagen im gleichen Zeitraum halbieren. Darüber hinaus werden aber vor allem auch neue Trends auftreten, die bisher noch nicht beobachtet werden konnten. Hierzu gehören insbesondere die erhöhte Auftrittshäufigkeit und Dauer von Trockenperioden, die höhere Intensität von Starkregenereignissen, die innerjährliche Verschiebung von Niederschlagsmengen sowie ein Rückgang der mittleren Windgeschwindigkeit. Ab Mitte des Jahrhunderts werden beispielsweise 24h-Niederschlagsmaxima von bis zu 140 mm modelliert. Zum Vergleich: Das stärkste Niederschlagsereignis bisher lag bei nur 80 mm/d.

Die entsprechenden Analyseergebnisse sind in Abbildung 41 zusammengefasst. Für die Temperatur können die Ergebnisse als äußerst robust eingestuft werden. Das heißt, dass sich bei einer Ausweitung der Analysen auf andere Regionale Klimamodelle oder auf weitere Klimaszenarien keine grundsätzlich gegenläufigen Erkenntnisse ergeben würden. Die Prognosen für die untersuchten windabhängigen und noch mehr für die niederschlagsabhängigen Parameter sind demgegenüber deutlich unsicherer. Dies liegt vor allem darin begründet, dass regionale Klimamodelle gegenwärtig noch nicht hochaufgelöst in der Lage sind, Wolken- und Niederschlagsfelder hinreichend gut abzubilden.

Verknüpft man die Analyseergebnisse mit den regional relevanten Handlungsfeldern, so erkennt man dennoch **drittens**, dass für alle - zumindest in Teilbereichen - relevante Klimafolgen zu erwarten sind. Diese reichen von gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch das vermehrte Auftreten von Herz-Kreislauferkrankungen während Hitzewellen in stadtklimatisch benachteiligten urbanen Räumen über Hoch- und Niedrigwasser an Leine, Ihme, Wulbeck und Wietze bis hin zum Risiko für rückläufige Erträge von regionalen Windparks und vermehrten Straßenschäden auf Bundes-, Kreis- und Landstraßen.

## 5.2 EMPFEHLUNGEN

Für den weiterhin zielführenden Verlauf des Klimafolgenanpassungsprozesses lassen sich auf der Basis dieses Gutachtens einige zentrale Empfehlungen formulieren.

1. Das vorliegende Gutachten gibt einen hinreichend genauen Überblick über den bisherigen und zukünftig zu erwartenden Klimawandel sowie daraus für die Region Hannover ableitbare allgemeine Aussagen zu den Auswirkungen für vierzehn regional relevante Handlungsfelder. Es basiert auf geicherten Messdaten, verifizierten wissenschaftlichen Modelldaten und erprobten statistischen Auswertungsverfahren. Trotzdem wird hier ausdrücklich empfohlen, für konkrete Planungs- oder Investitionsentscheidungen weiterführende, fragestellungsbezogene bzw. problemorientierte Risikoanalysen durchzuführen. Diese Empfehlung bezieht sich zunächst vor allem auf die Handlungsfelder der 1. Prioritätsklasse und insbesondere auf den Katastrophenschutz und das Gesundheitswesen. Für diese Handlungsfelder sollten best practice Beispiele geschaffen werden, an denen sich die Akteure der übrigen Handlungsfelder orientieren können.

Dieser Ansatz liegt zum einen darin begründet, dass der Fokus in diesem Gutachten auf der Bereitstellung meteorologisch-klimatologischer Grundlageninformationen lag und weniger auf der Diskussion von raumkonkreten Anpassungsmaßnahmen und deren Wirkungszusammenhängen. Zum anderen sind zwar mit WETTREG und CLM Daten von zwei der vier verfügbaren Regionalen Klimamodelle ausgewertet worden, ein quantifizierter Überblick über deren Unsicherheiten konnte aufgrund begrenzter Ressourcen aber nicht geleistet werden. Darüber hinaus kommen je nach betrachtetem Handlungsfeld weitere soziökonomischen Einflussfaktoren und Unsicherheitsquellen hinzu, die die Auswirkungen des Klimawandels überlagern und dabei z.T. verstärken oder abmildern können. Diese gilt es in den Risikoanalysen ebenfalls zu berücksichtigen.

2. Es existiert gegenwärtig eine ausgeprägte Förderlandschaft für Detailanalysen sowie Strategie- und Maßnahmenentwicklungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Für die Region Hannover wird empfohlen, beim BMUB Fördermittel für das Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel“ zu beantragen<sup>9</sup>. Die Förderquote beträgt 50%. Förderfähig sind Sach- und Personalausgaben von fachkundigen externen Dritten, sowie Ausgaben für die begleitende Öffentlichkeitsarbeit während der Konzepterstellung (z. B. Flyer, Workshop-materialien usw.). Das Gesamtprojektbudget ist von den Detailkonzeption abhängig, liegt aber bei vergleichbaren Projekten bei unter 150.000 €. Die Konzepterstellung könnte unmittelbar an dieses Gutachten anknüpfen und würde damit beste Voraussetzungen für die Bearbeitung von räumlich-inhaltlich konkreten Fragestellungen mitbringen.

---

<sup>9</sup> <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/klimaschutzkonzepte>

Weitere Fördermöglichkeiten bestehen über das ebenfalls vom BMUB finanzierte Programm „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“<sup>10</sup>, den Förderschwerpunkt „Zukunftsstadt/-region“<sup>11</sup> des BMBF FONAS3-Rahmenprogramms sowie über das Förderinstrument „climate action“ im EU-Programm LIFE<sup>12</sup>.

3. Ein wichtiger Erfolgsfaktor für alle zukünftigen Projekte im Klimaanpassungsprozess der Region Hannover ist die intensive Einbindung von Akteuren, die an der Entscheidungsfindung und -umsetzung von etwaigen Anpassungsmaßnahmen beteiligt sind. Insofern wird empfohlen den bisher verwaltungsinternen „Arbeitskreis Klimaanpassung“ zu institutionalisieren und mittelfristig durch weitere Akteure aus Bürgerschaft und Wirtschaft zu integrieren, um auf diese Weise ein wachsendes regionales Anpassungsnetzwerk zu schaffen.

Dabei sollte zum einen das Ziel verfolgt werden, den Klimawandel und seine Auswirkungen in allen relevanten in die Zukunft gerichteten Investitions- und Planungsentscheidungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus müssen Maßnahmen identifiziert und umgesetzt werden, die die zu erwartenden Klimarisiken mindern bzw. die Nutzung von sich evtl. bietenden Chancen unterstützen. Dabei sollte insbesondere darauf geachtet werden, dass Maßnahmen in einem Handlungsfeld nicht mit negativen Wechselwirkungen auf anderen Handlungsfeldern verbunden sind (sog. Sekundäre Klimafolgen). Ein integriertes regionales Klimafolgenmanagement sollte perspektivisch alle vierzehn in Kapitel 4 andiskutierten Themenkomplexe betrachten und dabei auch deren Wechselbeziehungen berücksichtigen. Hierbei kommt der Regionalplanung eine besondere Rolle zu.

4. Unabhängig davon, wie der weitere Anpassungsprozess in der Region Hannover ausgestaltet sein wird, wird die Empfehlung ausgesprochen, den regionalen Klimawandel und seine Folgen standardisiert zu beobachten und die Ergebnisse der Regionalbevölkerung zugänglich zu machen. Ein solches Monitoring könnte beispielsweise in Form von Jahresberichten zur Klimastation Hannover-Langenhagen sowie zu Informationen zu aufgetretenen Wetterextremen, ihren Folgen und dem Umgang damit erfolgen.

*Tabelle 8: Zusammenfassende Empfehlungen für den weiteren Anpassungsprozess*

- Durchführung von fragestellungsbezogene Risikoanalysen für Handlungsfelder der Prioritätsklasse 1
- Erarbeitung eines Integrierten Klimaanpassungskonzeptes (ggf. mithilfe von Fördermitteln)
- Verstetigung des Arbeitskreises Klimaanpassung als regionales Anpassungsnetzwerk
- Aufbau eines Monitorings zum regionalen Klimawandel

---

<sup>10</sup> <https://www.ptj.de/folgen-klimawandel>

<sup>11</sup> <http://www.bmbf.de/foerderungen/25876.php>

<sup>12</sup> <http://ec.europa.eu/environment/life/about/index.htm#mawp>

# Anhang

Tabelle 9: Gegenwärtig in der Region Hannover betriebene Klima-, Wind und Niederschlagsstationen

Stationsname	Stationskennung	Kennung	Höhe ü. NN [m]	Beginn der Messung
Hannover	01538	KL	55	01.01.1936
Barsinghausen-Hohenbostel	01539	KL	110	01.02.1992
Wunstorf	09020	KL	57	01.07.2000
Hannover	01538	FF	55	01.01.1950
Wunstorf	09020	FF	57	01.01.1974
Hannover-Herrenhausen	54936	RR	50	01.01.1931
Neustadt a. Rbge.	55031	RR	40	01.01.1931
Neustadt a. Rbge. Lutter	55039	RR	37	01.01.1931
Wedemark-Elze	55043	RR	39	01.01.1931
Burgwedel-Kleinburgwedel	54389	RR	53	01.01.1931
Laatzen-Rethen	54905	RR	63	01.01.1931
Uetze	54349	RR	60	01.01.1931
Hannover	54939	RR	55	01.01.1936
Wunstorf	55023	RR	57	01.01.1941
Hannover-Kirchröde	54920	RR	57	01.01.1961
Springe	48541	RR	55	01.01.1978
Barsinghausen-Egestorf	55009	RR	96	01.04.1997
Barsinghausen-Hohenbostel	55019	RR	110	01.02.1992
Lehrte-Sievershausen	54358	RR	66	01.03.2008

Tabelle 10: Linearer Temperaturanstieg und seine jahreszeitliche Variation in Hannover-Langenhagen für den Zeitraum 1950 – 2013.

Temperaturanstieg [K]					
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1950 – 2013	2,1	1,8	1,2	1,9	1,7
Trend	stark	stark	schwach	kein	Sehr stark

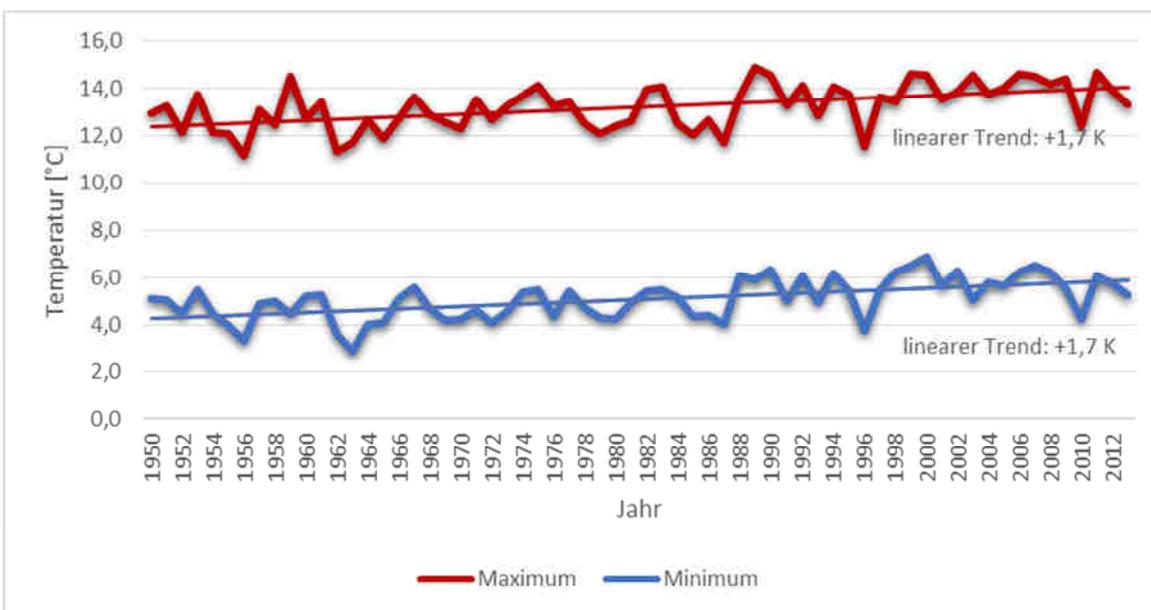


Abbildung 42: Jahresmittelwerte der Tagesmaximum- (rot) und Minimumtemperaturen (blau) in °C in den Jahren 1950 – 2013

Tabelle 11: Mittlere Häufigkeiten von Sommertagen und „Heißen Tagen“ sowie maximale Dauer von Hitzeperioden an der Messstation Hannover-Langenhagen für die Zeiträume 1951 – 1970 (Kalb und Schmidt, 1977), 1961 – 1990 (internationale klimatologische Referenzperiode), 1980 – 2010 (neuer Vergleichszeitraum des DWD) und 1950 – 2013.

	Klimazeiträume			
	1951 – 1970	1961 - 1990	1981 - 2010	1950 – 2013
<b>Mittlere Anzahl der Sommertage [d]</b>	22,6	26,0	32,5	28,1
<b>Mittlere Anzahl der „Heißen Tage“ [d]</b>	2,7	4,1	6,2	4,6
<b>Maximale Dauer Hitzeperiode [d]</b>	1,3	2,0	2,6	2,1
<b>Mittlere Anzahl der Eistage [d]</b>	23,4	21,1	17,7	18,9
<b>Mittlere Anzahl der Frosttage [d]</b>	86,9	79,9	69,8	76,3
<b>Maximale Dauer Kälteperiode [d]</b>	24,0	20,1	16,6	19,0

Tabelle 12: Vergleich von Niederschlagssummen im Gesamtzeitraum 1950 – 2013 mit den Zeiträumen 1951 – 1970 (Kalb und Schmidt, 1977), 1961 bis 1990 (internationale klimatologische Referenzperiode), 1981 bis 2010 (neuer Vergleichszeitraum des DWD) an der Messstation Hannover-Langenhagen.

Mittlere bzw. maximale	Klimazeiträume			
	1951 – 1970	1961 – 1990	1981 – 2010	1950 – 2013
<b>Niederschlagssummen [mm]</b>				
<b>Jahresmittel</b>	663	656	661	651
<b>Frühling</b>	153	160	150	147
<b>Sommer</b>	222	198	189	201
<b>Herbst</b>	147	148	165	154
<b>Winter</b>	141	150	157	149
<b>Hydrologischer Winter</b>	284	301	306	291
<b>Hydrologischer Sommer</b>	379	355	355	360

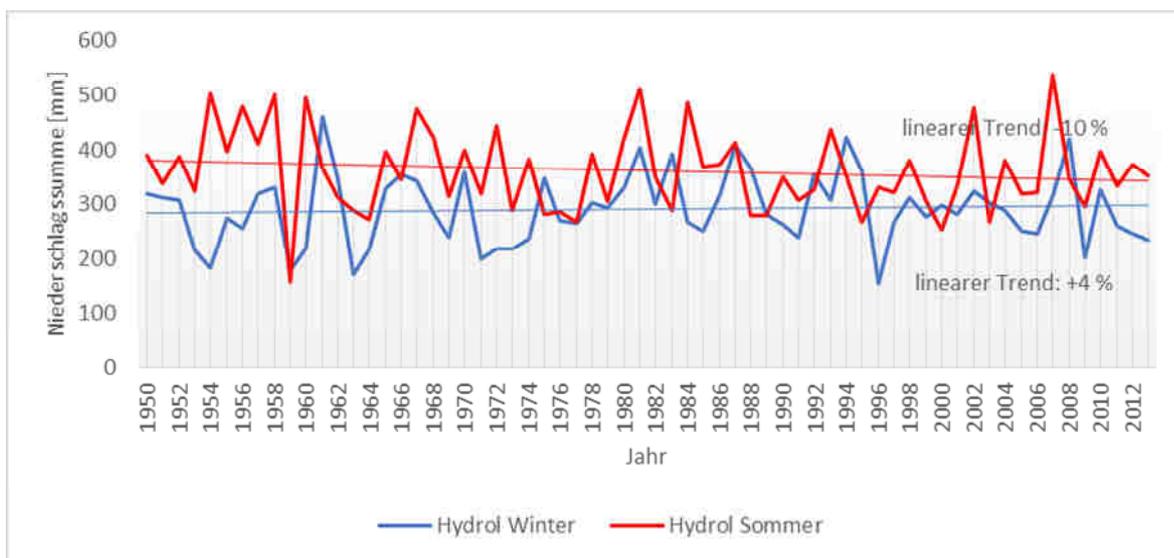


Abbildung 43: Niederschlagssummen im hydrologischen Sommer (Mai bis Oktober) und hydrologischen Winter (November bis April) mit linearem Trend in mm im Zeitraum von 1950 – 2013)

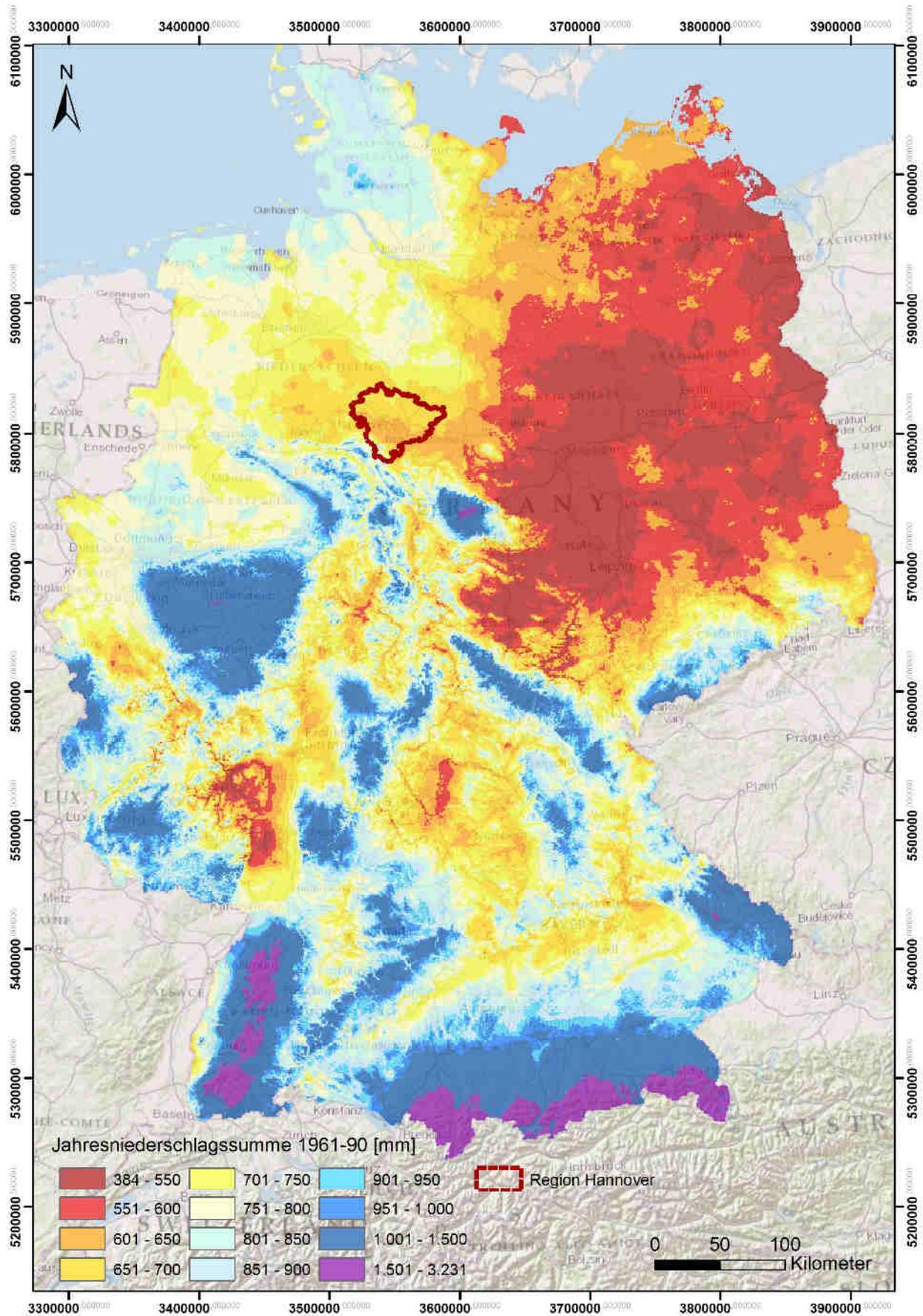


Abbildung 44: Räumliches Muster der durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme 1961-1990 in Deutschland (rote Umrandung: Region Hannover)

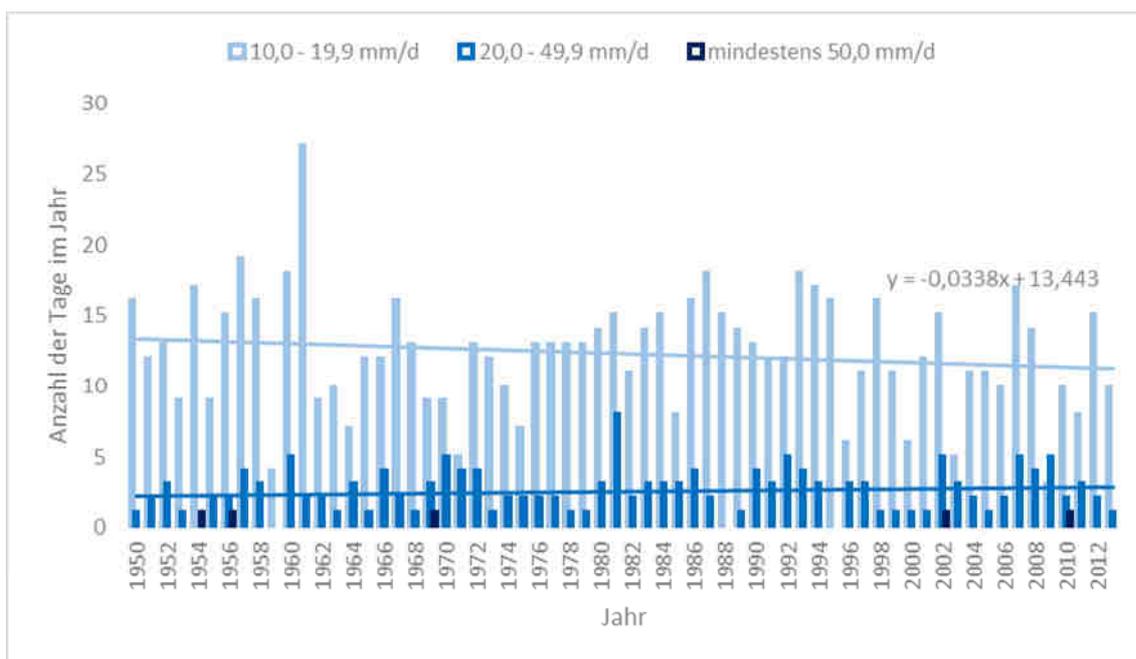


Abbildung 45: Anzahl der Tage im Jahr mit stärkeren täglichen Niederschlägen in Hannover-Langenhagen für den Zeitraum 1950 – 2013

Tabelle 13: Vergleich von Niederschlagshäufigkeiten im Gesamtzeitraum 1950 – 2013 mit den Zeiträumen 1951 – 1970 (Kalb und Schmidt, 1977), 1961 bis 1990 (internationale klimatologische Referenzperiode), 1981 bis 2010 (neuer Vergleichszeitraum des DWD) an der Messstation Hannover-Langenhagen

	Klimazeiträume			
	1951 – 1970	1961 – 1990	1981 – 2010	1950 – 2013
Anzahl der Tage mit Niederschlag [d]	196	194	187	190
Anzahl der Tage ohne Niederschlag [d]	169	171	178	175
Anzahl der Tage mit geringem Niederschlag [d] (0,1 – 0,9 mm/d)	73,0	71,6	66,1	69,5
Anzahl der Tage mit mäßigem Niederschlag [d] (1,0 – 4,9 mm/d)	79,7	79,1	77,7	77,9
Anzahl der Tage mit höherem Niederschlag [d] (10,0 – 19,9 mm/d)	12,8	12,5	12,4	12,3
Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag [d] (20,0 – 49,9 mm/d)	2,3	2,5	2,8	2,5

Tabelle 14: Beaufortskala

Windstärke in Bft	Bezeichnung der Windstärke	Windgeschwindigkeit [m/s]
0	Windstille, Flaute	0,0 – <0,3
1	leiser Zug	0,3 – <1,6
2	leichte Brise	1,6 – <3,4
3	schwache Brise	3,4 – <5,5
4	mäßige Brise	5,5 – <8,0
5	frische Brise	8,0 – <10,8
6	starker Wind	10,8 – <13,9
7	steifer Wind	13,9 – <17,2
8	stürmischer Wind	17,2 – <20,8
9	Sturm	20,8 – <24,5
10	schwerer Sturm	24,5 – <28,5
11	orkanartiger Sturm	28,5 – <32,7
12	Orkan	≥ 32,7

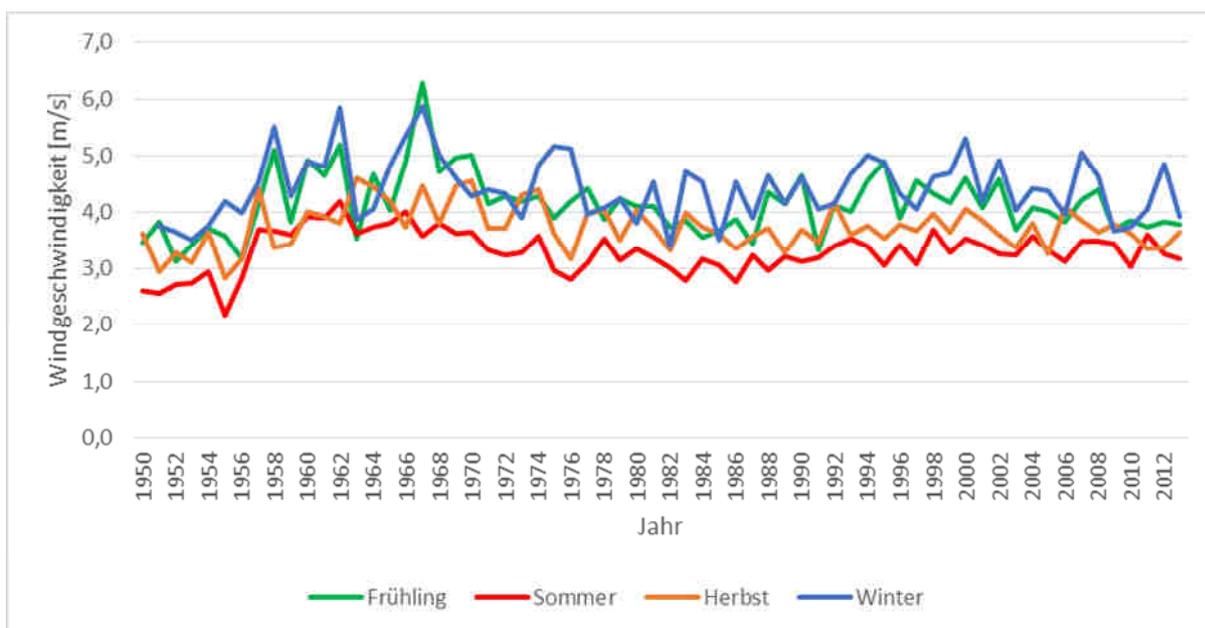


Abbildung 46: Mittlere Windgeschwindigkeit in [m/s] in den einzelnen Jahreszeiten in Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1950 – 2013

Tabelle 15: Vergleich von Windgeschwindigkeitswerten des Gesamtzeitraum 1950 – 2013 mit den Zeiträumen 1951 – 1970 (Kalb und Schmidt, 1977), 1961 bis 1990 (internationale klimatologische Referenzperiode) und 1981 bis 2010 (neuer Vergleichszeitraum des DWD) an der Messstation Hannover-Langenhagen

Windgeschwindigkeit [m/s]	Klimazeiträume			
	1951 – 1970	1961 – 1990	1981 – 2010	1950 – 2013
<b>Langjährige mittlere Windgeschwindigkeit</b>	4,0	3,9	3,8	3,8
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Frühling</b>	4,3	4,3	4,1	4,1
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Sommer</b>	3,4	3,4	3,3	3,3
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Herbst</b>	3,8	3,9	3,7	3,7
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Winter</b>	4,5	4,5	4,4	4,4
<b>Mittleres Tagesmaximum der Windgeschwindigkeit</b>	16,0	15,8	14,4	15,1
<b>Mittelwert der jährlichen Windspitzen</b>	29,3	29,4	27,1	28,1

Tabelle 16: Durchschnittliche rel. Häufigkeit in % mit der das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit in der jeweiligen Windstärkeklasse auftritt (Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1950 bis 2013)

Windstärkeklasse in Beaufort	Durchschnittliche rel. Häufigkeit in %
<b>0 (Windstille: 0 - 0,2 m/s)</b>	0,02
<b>1 (leiser Zug: 0,3 - 1,5 m/s)</b>	5,34
<b>2 (leichte Brise: 1,6 – 3,3 m/s)</b>	40,23
<b>3 (schwache Brise: 3,4 – 5,4 m/s)</b>	37,38
<b>4 (mäßige Brise: 5,5 – 7,9 m/s)</b>	14,28
<b>5 (frische Brise: 8,0 - 10,7 m/s)</b>	2,57
<b>6 (starker Wind: 10,8 – 13,8 m/s)</b>	0,18
<b>7 (steifer Wind: 13,9 – 17,1 m/s)</b>	0,01
<b>8 (stürmischer Wind: 17,2 m/s – 20,7 m/s)</b>	0,00
<b>9 (Sturm: 20,8 – 24,4 m/s)</b>	0,00
<b>10 (schwerer Sturm: 24,5 – 28,4 m/s)</b>	0,00
<b>11 (orkanartiger Sturm: 28,5 – 32,6 m/s)</b>	0,00
<b>12 (Orkan: &gt; 32,6)</b>	0,00

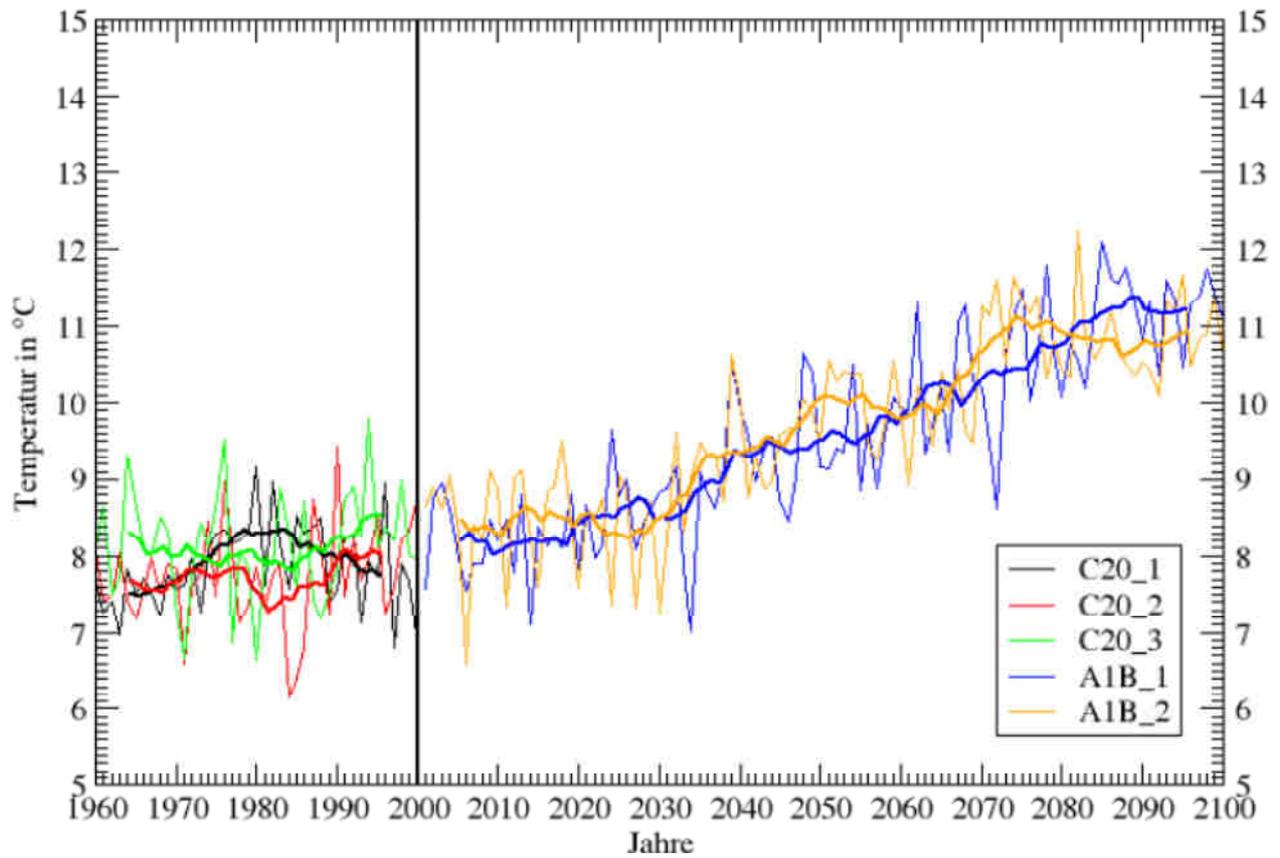


Abbildung 47: Das Jahresmittel der Temperatur in der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen, simuliert mit CLM. Die dickeren Linien zeigen das 10-jährige gleitende Mittel (Quelle: Krause 2011, 12)

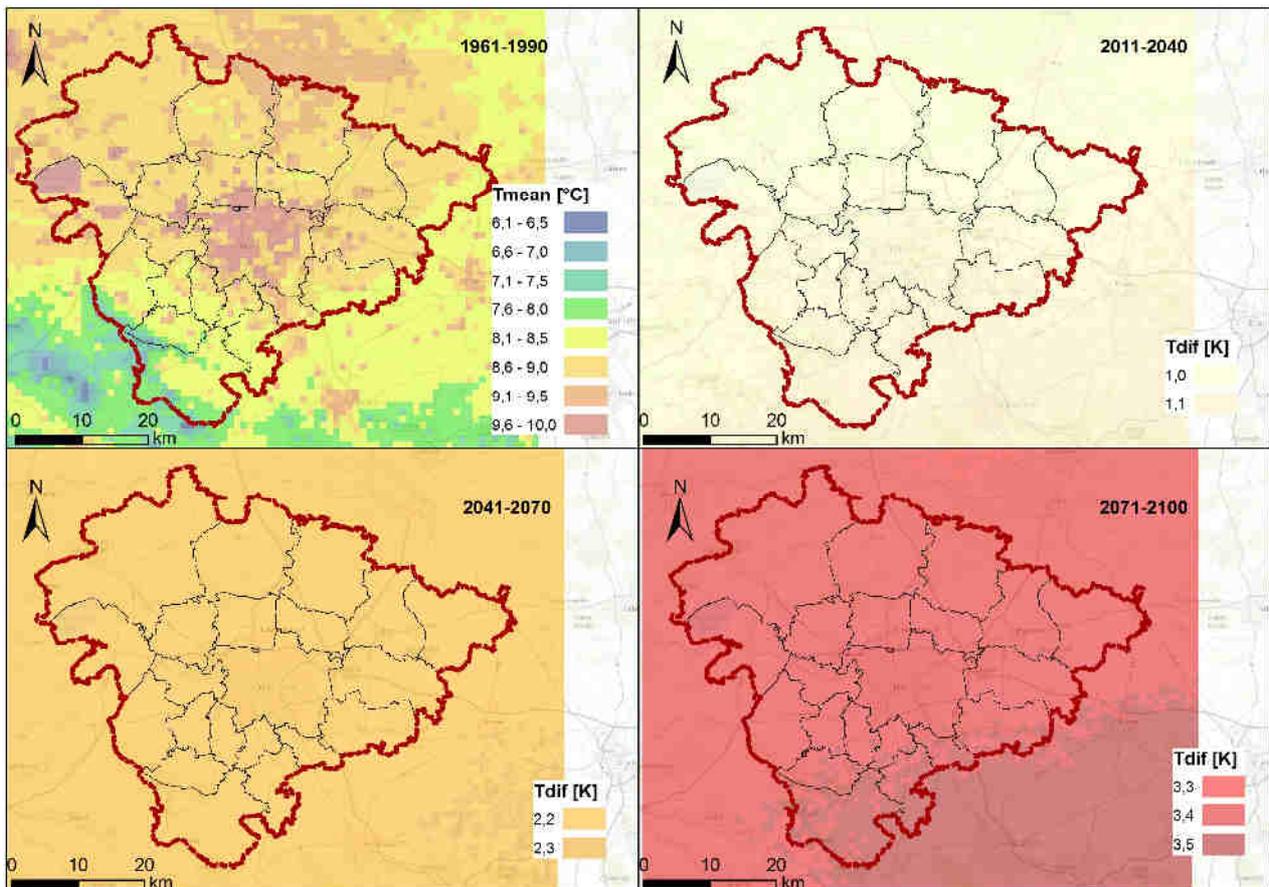


Abbildung 48: Differenz der Jahresdurchschnittstemperatur in drei verschiedenen zukünftigen Zeiträumen gegenüber 1961-1990 (Datengrundlage: mit FITNAH/ENVELOPE interpolierte Daten des Regionalen Klimamodells CLM, Szenario A1B, Lauf 2)

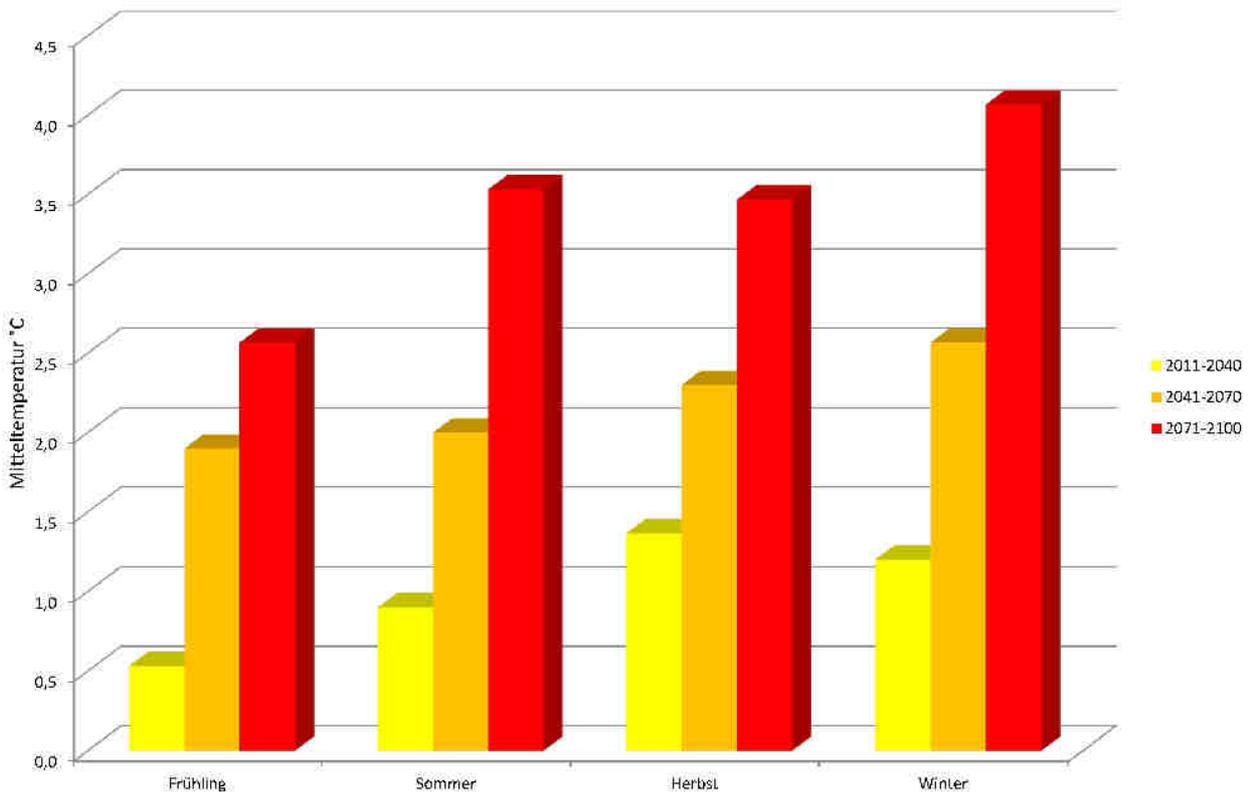


Abbildung 49: Entwicklung der Mitteltemperatur der Jahreszeiten bis 2100 im Vergleich zu 1961-1990 in der Region Hannover (Datengrundlage: Raummittel der mit FITNAH/ENVELOPE interpolierten CLM-Daten für das Szenario A1B, Lauf 2)

Tabelle 1: Modellierte Mitteltemperaturen in °C für verschiedene Jahreszeiten und unterschiedliche Klimazeiträume für Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittelwert aller 10 Modellläufe)

WETTREG 2010, Szenario A1B	Klimazeiträume			
	1961 - 1990	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 - 2100
<b>Mitteltemperatur [°C]</b>	9,3	10,3	11,7	12,8
<b>Mitteltemperatur Frühling [°C]</b>	8,7	9,2	10,2	11,1
<b>Mitteltemperatur Sommer [°C]</b>	16,8	18,1	19,7	21,0
<b>Mitteltemperatur Herbst [°C]</b>	9,3	10,3	11,6	12,4
<b>Mitteltemperatur Winter [°C]</b>	2,2	3,6	5,3	6,9

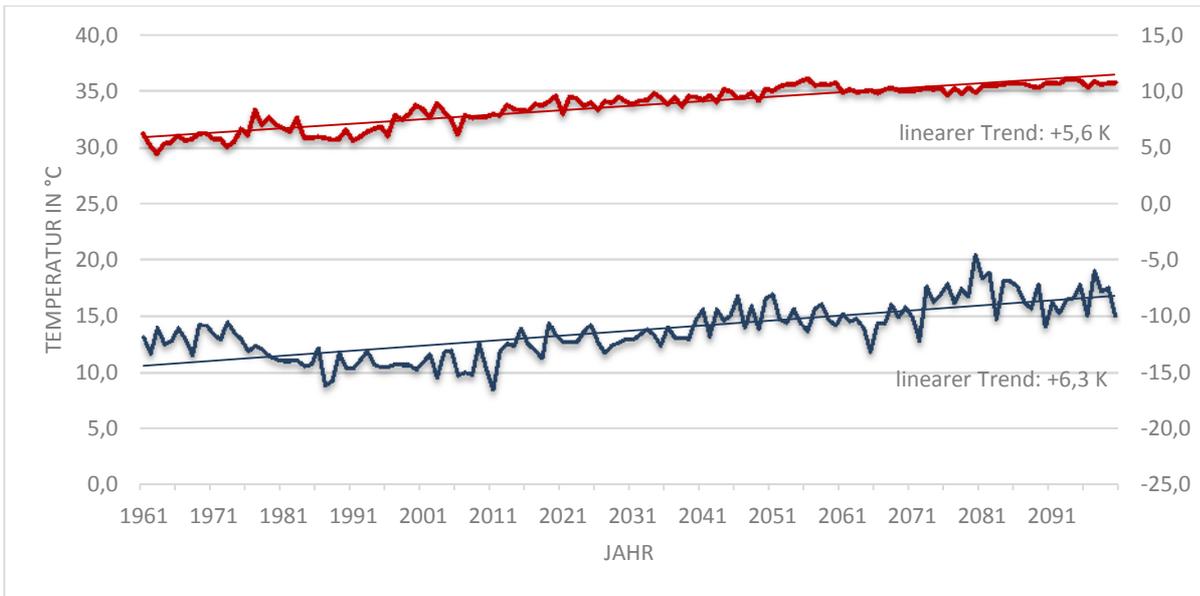


Abbildung 50: Modellerte Höchstwerte der Maximumtemperaturen (rot) und Tiefstwerte der Minimumtemperaturen (blau) in °C für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

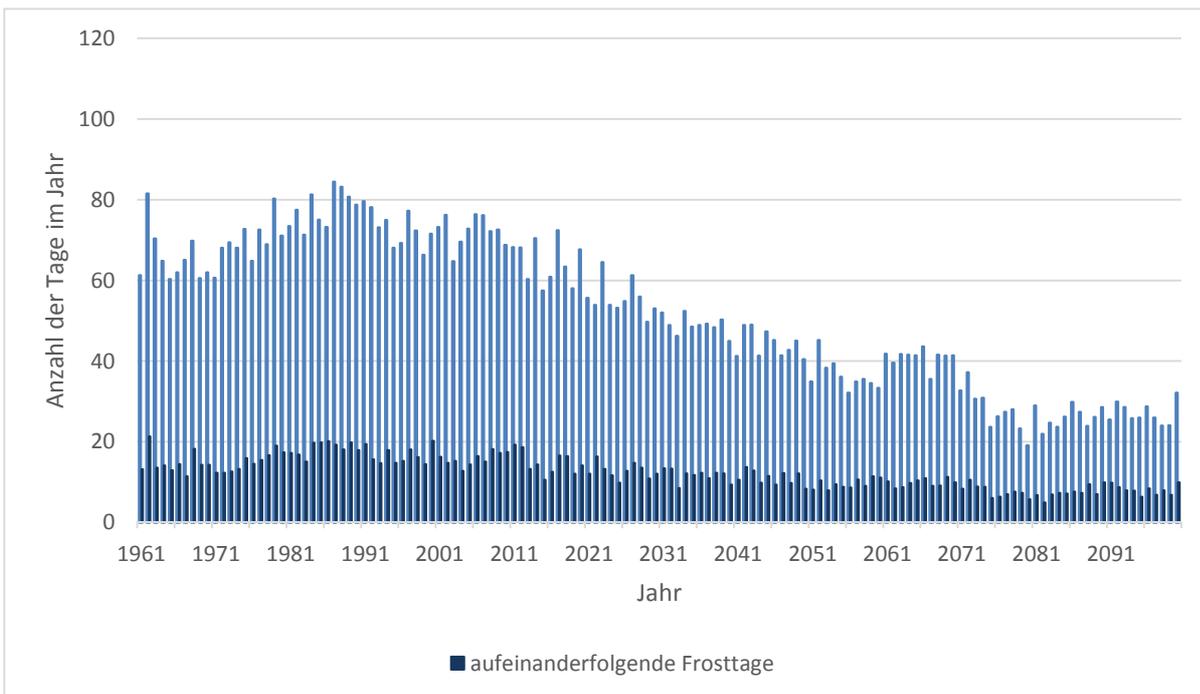


Abbildung 51: Modellerte Anzahl der Frosttage im Jahr und anteilig maximale Dauer von Kälteperioden (aufeinanderfolgende Frosttage) (dunkel) für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe).

Tabelle 17: Modellerte mittlere Anzahl von Tagen an denen bestimmte Schwellwerte der Temperatur über- oder unterschritten werden für unterschiedliche Klimazeiträume für Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittelwert aller 10 Modellläufe).

WETTREG 2010, Szenario A1B	Klimazeiträume			
	1961 - 1990	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 – 2100
Anzahl Sommertage pro Jahr [d]	23,3	38,2	56,4	77,1
Anzahl Heiße Tage pro Jahr [d]	2,5	8,3	18,2	30,0
Anzahl Tropennächte pro Jahr [d]	0,1	0,4	0,8	2,2
Dauer Hitzeperioden im Jahr [d]	1,8	4,2	6,3	10,3
Anzahl Frosttage pro Jahr [d]	71,1	56,4	40,5	26,9
Anzahl Eistage pro Jahr [d]	14,4	9,2	4,6	2,5
Dauer Kälteperioden im Jahr [d]	16,1	13,1	10,2	7,7

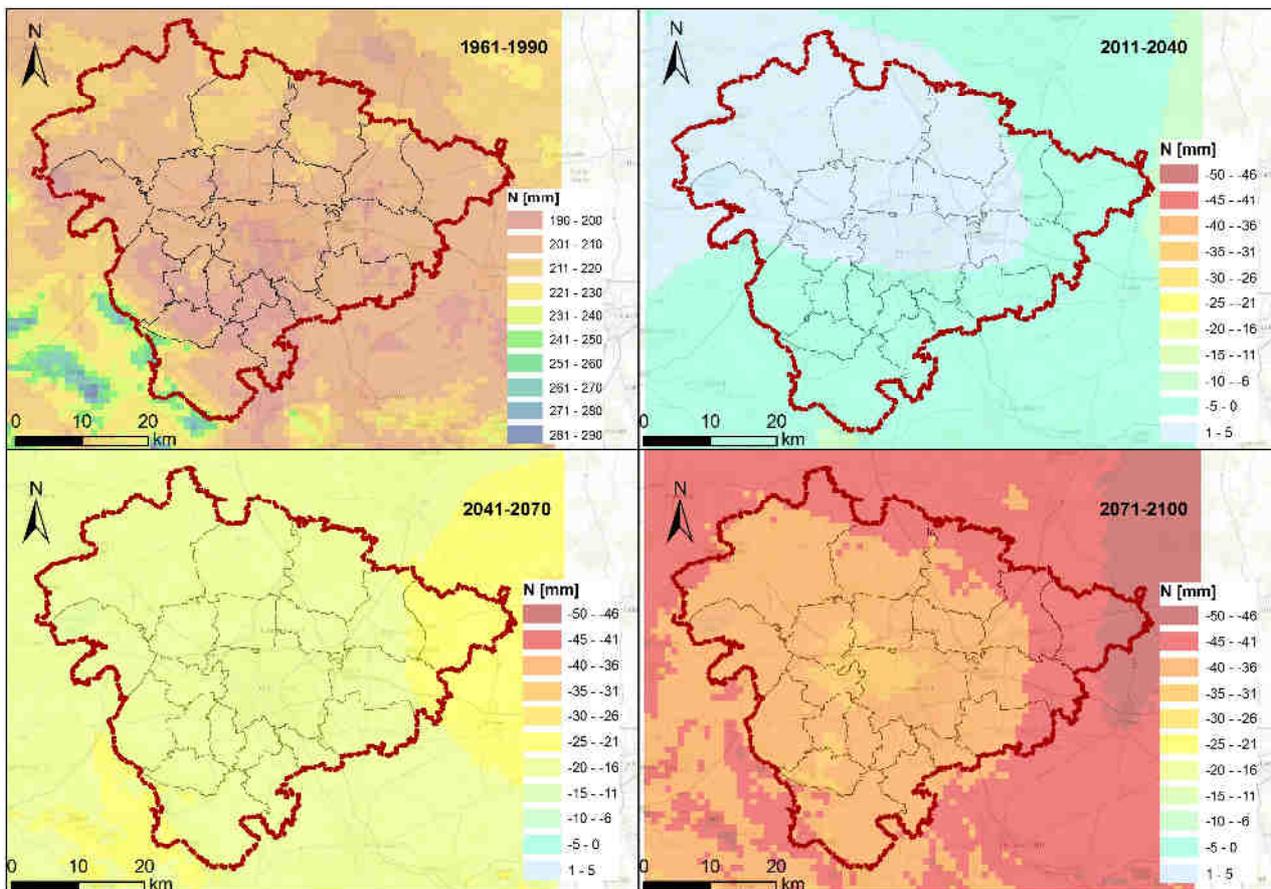


Abbildung 52: absolute Differenz der durchschnittlichen Niederschlagsmengen im meteorologischen Sommer in drei verschiedenen zukünftigen Zeiträumen gegenüber 1961-90 (Datengrundlage: mit FITNAH/ENVELOPE interpolierte Daten des Regionalen Klimamodells CLM, Szenario A1B, Lauf 2)

Tabella 18: Modellerte Niederschlagssummen in mm für verschiedene Jahreszeiten und unterschiedliche Klimazeiträume. (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe).

WETTREG 2010, Szenario A1B	Klimazeiträume			
	1961 - 1990	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 – 2100
<b>Jahresniederschlagssumme [mm]</b>	630	615	587	553
<b>Niederschlagssumme im Frühling [mm]</b>	149	150	142	146
<b>Niederschlagssumme im Sommer [mm]</b>	182	169	141	119
<b>Niederschlagssumme im Herbst [mm]</b>	153	147	151	134
<b>Niederschlagssumme im Winter [mm]</b>	147	150	154	153
<b>Niederschlagssumme im hydrol. Sommer [mm]</b>	333	315	290	256
<b>Niederschlagssumme im hydrol. Winter [mm]</b>	297	299	298	299

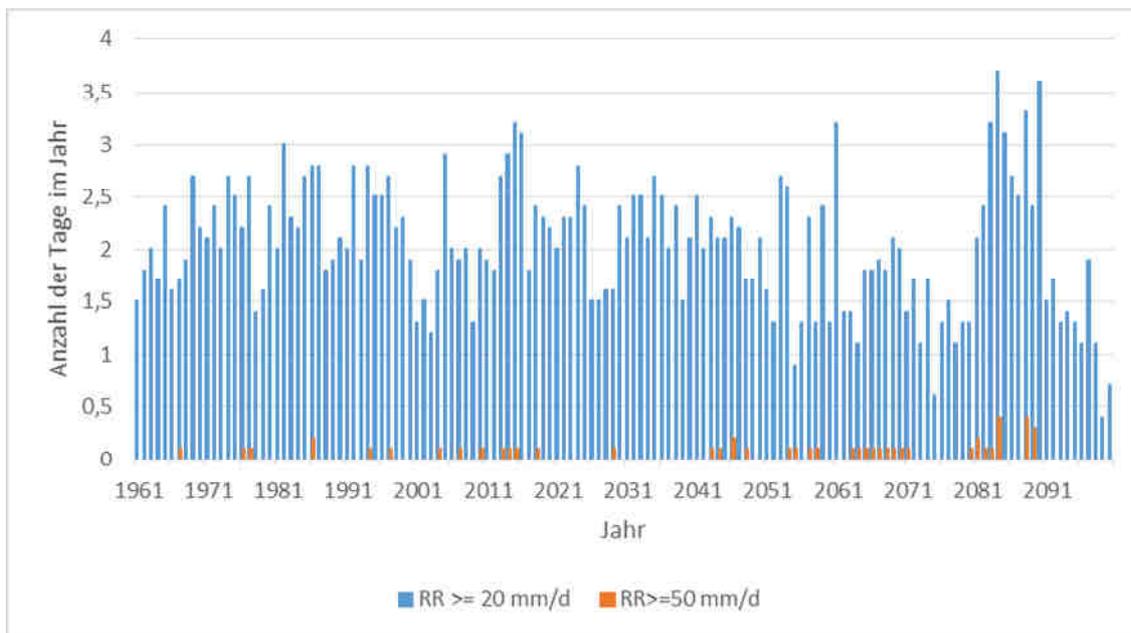


Abbildung 53: Modellerte Anzahl der Tage im Jahr in denen der Tagesniederschlag 20 mm/d bzw. 50 mm/d überschreitet für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe)

Tabella 19: Modellerte mittlere Windgeschwindigkeit in m/s in verschiedenen Jahreszeiten und unterschiedlichen Klimazeiträumen für Hannover-Langenhagen (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über 10 Modellläufe).

WETTREG 2010, Szenario A1B	Klimazeiträume			
	1961 - 1990	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 – 2100
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]</b>	3,9	3,8	3,8	3,7
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Frühling [m/s]</b>	4,1	3,9	3,8	3,7
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Sommer [m/s]</b>	3,2	3,0	2,9	2,8
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Herbst [m/s]</b>	3,8	3,7	3,5	3,4
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit im Winter [m/s]</b>	4,5	4,6	4,9	5,1

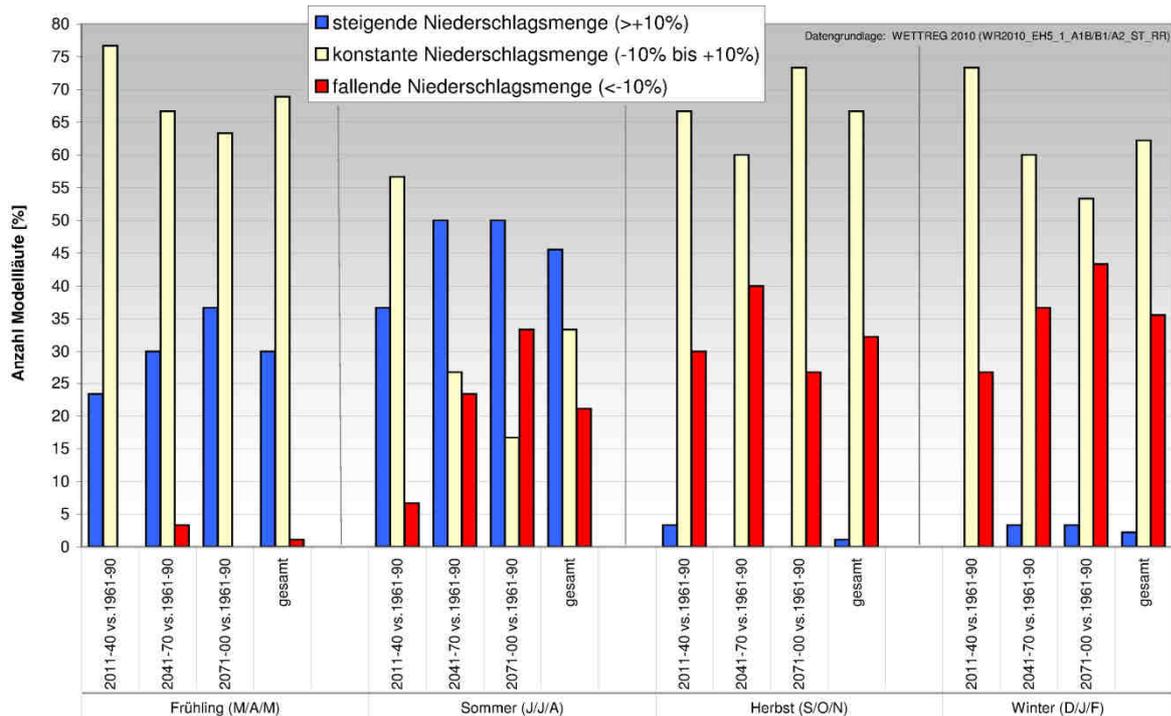


Abbildung 54: Modellerte Änderungen der Niederschlagsmengen in den meteorologischen Jahreszeiten für den Raum Magdeburg (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenarien A1B,A2 und B1, insgesamt 30 Modellläufe)

## Quellenverzeichnis

Aon Benfield (2013): Winterstürme in Europa. <http://aonbenfield.de/sturmhistorie/sturmhistorie.pdf>

Beermann, Björn (2012): Kommunales Klimafolgenmanagement. Osnabrück: E-Dissertation.

Beese und Aspelmeier (2014): KLIF- Abschlussbericht. <http://www.kliff-niedersachsen.de/vweb5-test.gwdg.de/wp-content/uploads/2009/05/Abschlussbericht-KLIF-mit-Einband1.pdf>

BBK (=Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe)(2010): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Bonn: Selbsterverlag (= Wissenschaftsforum, 8).

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Kabinettsbeschluss vom 17.12.2008. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf)

Bundesregierung (2011): Aktionsplanung Anpassung der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Kabinettsbeschluss vom 31.08.2011. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan\\_anpassung\\_klimawandel\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf)

Deutscher Städtetag (2012): Positionspapier Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen und Maßnahmen der Städte.

[http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier\\_klimawandel\\_juni\\_2012.pdf](http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf)

- Deutschländer, T. und Wichura, B. (2005): Klimastatusbericht 2005 des Deutschen Wetterdienstes. Das Münsterländer Schneechaos am 1. Adventswochenende 2005.  
[http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne\\_berichte/ksb2005\\_pdf/15\\_2005,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/15\\_2005.pdf](http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne_berichte/ksb2005_pdf/15_2005,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/15_2005.pdf).
- DWD (=Deutscher Wetterdienst) (2014): Klimadaten der Messstation Hannover-Langenhagen ab 1936, Offenbach, 2014.
- DWD (=Deutscher Wetterdienst) (2014a): Rasterdaten vieljähriger Mittelwerte für Gebiete in Deutschland - online – frei.  
[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_klimadaten\\_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten\\_kostenfrei%2Fkldat\\_D\\_gebiete\\_rasterdaten\\_node.html%3Fnnn%3Dtrue&state=maximized&>windowLabel=T82002](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima_Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten_kostenfrei%2Fkldat_D_gebiete_rasterdaten_node.html%3Fnnn%3Dtrue&state=maximized&>windowLabel=T82002)
- DWD (=Deutscher Wetterdienst) (2014b): Erläuterung zu den Rasterklimadaten.  
[http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/download/gebietsmittel/raster\\_methode,templateId=raw,property=publicationFile.doc/raster\\_methode.doc](http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/download/gebietsmittel/raster_methode,templateId=raw,property=publicationFile.doc/raster_methode.doc)
- Feuerwehr-Magazin (2010): Unwetter führt zu Katastrophenalarm.  
<http://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/einsatze/unwetter-fuehrt-zu-katastrophenalarm-11808>
- Frischbier, N., Profft, I. und Arenhövel, W. (2010): Die Ausweisung klimawandelangepasster Bestandeszieltypen für Thüringen. In: FORST und HOLZ, 65(4), S.28-35.
- GEO-NET (2010): Modellierung von Kenngrößen zum Klimawandel für das Stadtgebiet von Hannover.
- GEO-NET (2014): Fachgutachten Klimawandel für die Landeshauptstadt Magdeburg.  
<http://www.magdeburg.de/Start/B%C3%BCrger-Stadt/Leben-in-Magdeburg/Umwelt/Klimaschutzportal/Klimawandel/Klimawandel-Magdeburg>
- IPCC (=Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (=Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kalb und Schmidt (1977): Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, Statistische Auswertungen und Erläuterungen für Zwecke der angewandten Klimatologie Offenbach: DWD (= Deutscher Wetterdienst, Nr. 143, Bd. 18).
- Krause, A. (2011): Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen - Teilprojekt 1: Lokaler Klimawandel – Endbericht <http://cmsv057c.rrzn.uni-hannover.de/fileadmin/umwelt2/doku/Endbericht.pdf> (01.10.11)
- Kuttler, W. (2013): Klimatologie. Paderborn: Ferdinand Schöningh Verlag. 2.Auflage.
- LABO (=Bunde/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (2010): LABO-Positionspapier – Klimawandel – Betroffenheiten und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes. [https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO Positionspapier Boden und Klimawandel 090610 aa8 bf5.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Positionspapier_Boden_und_Klimawandel_090610_aa8_bf5.pdf)
- LBEG (=Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) (Hg.) (2011): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (=Geoberichte, 18).
- Meyers (1987): Meyers Kleines Lexikon Meteorologie. Mannheim: Meyers Lexikonverlag.
- Moss, R. H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.A., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer R.J., Thomson A.M., Weyant, J.P. und Wilbanks, T.J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. In: Nature, 463, 747-754
- MU (=Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz) (2012): Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Hannover: Regierungskommission Klimaschutz.
- Rapp und Schönwiese (1995): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891 - 1990, Frankfurt am Main: Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie B, Bd. 5.
- Region Hannover (2010): Klimaschutzrahmenprogramm für die Region Hannover. <http://www.hannover.de/content/download/229417/3559433/file/Klimaschutzrahmenprogramm-der-Region-Hannover.pdf>
- Region Hannover (2012): Integriertes Klimaschutzkonzept für die Region Hannover.
- Region Hannover (2014): Beschlussdrucksache Nr. 1533 (III) BDs vom 17.03.2014
- Region Hannover (2014a): Broschüre zum Masterplan Stadt und Region Hannover | 100% für den Klimaschutz [http://www.hannover.de/content/download/521545/11909374/file/Brosch%C3%BCre\\_100\\_Prozent\\_Klimaschutz\\_2014-10-01\\_final.pdf](http://www.hannover.de/content/download/521545/11909374/file/Brosch%C3%BCre_100_Prozent_Klimaschutz_2014-10-01_final.pdf)

NKomVG (=Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz) in seiner Fassung vom 18.07.2012

Schönwiese (1992): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Berlin: Gebrüder Bornträger.

Schönwiese und Janoschitz (2008): Klima-Trendatlas Europa 1901-2000. Frankfurt: Universitätsverlag (=Berichte des Instituts für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt/Main, 7).

Schönwiese (2013): Klimatologie. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag. 4.Auflage.

Spiekermann und Franck (2014): Anpassung an den Klimawandel in der räumlichen Planung - Handlungsempfehlungen für die niedersächsische Planungspraxis auf Landes- und Regionalebene. Hannover: ARL (Arbeitsberichte der ARL, 11).