



REGKLAM - Teilprojekt 3.1.1 Gebäude und Siedlungsstrukturen

Produkt 3.1.1b: Ex-post Analyse von Extremereignissen auf dem Gebiet der Landeshauptstadt Dresden

Endfassung: 23.05.2011

Bearbeitung: Landeshauptstadt Dresden
Umweltamt
Frau Dr. Kirsten Ullrich
Frau Dipl.-Met. Franziska Reinfried



Landeshauptstadt Dresden
Umweltamt
Kontakt: Frau Dr. Kirsten Ullrich
Tel./Fax: 0351/488 6278/9403
E-Mail: KULLrich@dresden.de

REGKLAM

Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden (www.regklam.de)

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen: 01 LR 0802

Koordination: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)
Weberplatz 1, 01217 Dresden
Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
2. Temperaturabhängige Größen: Hitze – Kälte.....	11
2.1 DEFINITION.....	11
2.2 DATENGRUNDLAGE	12
2.3 DATENAUSWERTUNG	15
2.3.1 Minimum- und Maximumtemperaturen.....	17
2.3.2 Sommertage.....	19
2.3.3 Heiße und extrem heiße Tage	21
2.3.4 Tropennächte und Hitzeperioden	23
2.3.5 Frost- und Eistage	25
2.3.6 Heiztage	26
2.3.7 Sonnenscheindauer	27
3. Starkregen	30
3.1 DEFINITION.....	30
3.2 DATENGRUNDLAGE	30
3.3 DATENAUSWERTUNG	32
Mittlere Niederschlagssummen	32
Starkregen	34
4. Wind.....	36
4.1 DEFINITION.....	36
4.2 DATENGRUNDLAGE	36
4.3 DATENAUSWERTUNG	37
5. Hagel.....	40
5.1 DEFINITION.....	40
5.2 DATENGRUNDLAGE	40
5.3 DATENAUSWERTUNG	41
6. Hochwasserereignisse	45
6.1 DAS DRESDNER GEWÄSSERSYSTEM.....	45
6.2 DATENGRUNDLAGE	45
6.3 HOCHWASSEREREIGNISSE AN GEWÄSSERN 2. ORDNUNG - AUGUST 2002	45
6.4 HOCHWASSEREREIGNISSE AN GEWÄSSERN 1. ORDNUNG.....	46
6.4.1 Hochwasser vor 2002	46
6.4.2 Hochwasser August 2002	48
6.4.3 Hochwasser Februar 2006 (Eishochwasser)	53
6.5 HOCHWASSER DER ELBE.....	55
6.5.1 Hochwasserereignisse vor 2002	55
6.5.2 Hochwasserereignis August 2002	56
6.5.3 Hochwasserereignis Januar 2003.....	59
6.5.4 Hochwasserereignis März 2005	59
6.5.5 Hochwasserereignis März/April 2006.....	60
6.5.6 Hochwasserereignis August 2010	61
6.5.7 Hochwasserereignis Januar 2011.....	61
7. Überflutung ohne Gewässerbezug.....	63
8. Grundhochwasser	69

8.1	HISTORISCHE EREIGNISSE	69
8.2	DAS HOCHWASSER VOM AUGUST 2002.....	70
8.3	DAS HOCHWASSER VOM APRIL 2006	74
9.	Fazit	76
	Literatur	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der meteorologischen Stationen im Stadtgebiet	13
Abbildung 2: Verfügbarkeit von Temperaturmesswerten im Dresdner Stadtgebiet	14
Abbildung 3: Jahresmitteltemperaturen an Dresdner Stationen.....	15
Abbildung 4: Dekadische Anomalie der Lufttemperatur an der Station DD-KLO (Referenzperiode 1961-1990)	17
Abbildung 5: Minimumtemperaturen ausgewählter Dresdner Stationen; klimatologischer Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO (gestrichelte Linie)	18
Abbildung 6: Maximumtemperaturen ausgewählter Dresdner Stationen; klimatologischer Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO (gestrichelte Linie)	18
Abbildung 7: Jährliche Anzahl an Sommertagen im Zeitraum 2000-2010.....	19
Abbildung 8: Jährliche Anzahl an Sommertagen im Zeitraum 1961-2010; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)	20
Abbildung 9: Dekadische Anomalie der Anzahl an Sommertagen in Bezug zur Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO.....	21
Abbildung 10: Jährliche Anzahl an heißen Tagen im Zeitraum 2000-2010	21
Abbildung 11: Jährliche Anzahl an heißen Tagen im Zeitraum 1961-2010; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)	22
Abbildung 12: Jährliche Anzahl an extrem heißen Tagen im Zeitraum 2000-2010	22
Abbildung 13: Jährliche Anzahl an extrem heißen Tagen im Zeitraum 1961-2010	23
Abbildung 14: Jährliche Anzahl an Tropennächten im Zeitraum 2000-2010	24
Abbildung 15: Jährliche Anzahl an Tropennächten im Zeitraum 1961-2010	24
Abbildung 16: Jährliche Anzahl an Frosttagen; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie).....	25
Abbildung 17: Dekadische Anomalie der Frosttage in Bezug zur Referenzperiode 1961- 1990 für DD-KLO.....	25
Abbildung 18: Jährliche Anzahl an Eistagen; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie).....	26
Abbildung 19: Jährliche Anzahl an Heiztagen im Zeitraum 2000-2010	27
Abbildung 20: Jährliche Anzahl an Heiztagen im Zeitraum 1961-2010 und Trend für DD- KLO (gestrichelte Linie)	27
Abbildung 21: Sonnenscheindauer in Jahresstunden im Zeitraum 1991-2010 und Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie).....	28
Abbildung 22: Jahresmittel der Globalstrahlung in W/m ² im Zeitraum 1998-2010	29
Abbildung 23: Lage der Regenschreiber der Stadtentwässerung Dresden (SEDD)	31
Abbildung 24: Klimatologische Mittel der Niederschlagssummen pro Monat für die Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010 für DD-KLO	32
Abbildung 25: Dekadische Anomalie der Niederschlagssumme in Bezug zur Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO.....	33

Abbildung 26: Mittlere jährliche Niederschlagssumme an Regenmessstationen im Stadtgebiet für den Zeitraum 1996-2010.....	33
Abbildung 27: Jährliche Anzahl an Starkregenereignissen mit mehr als 5 mm gemessenem Niederschlag innerhalb von 5 min.....	34
Abbildung 28: Jährliche Anzahl an Starkregenereignisse mit mehr als 35 mm gemessenem Niederschlag innerhalb von 360 min	35
Abbildung 29: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit an Dresdner Stationen	37
Abbildung 30: Mittlere monatliche Windgeschwindigkeit gemittelt über den Zeitraum 1991-2010 für DD-KLO	38
Abbildung 31: Jährliche Anzahl an Sturmtagen an der Station DD-KLO und Trend DD-KLO (gestrichelte Linie).....	39
Abbildung 32: Mittlere saisonale Anzahl an Sturmtagen an der Station DD-KLO.....	39
Abbildung 33: Jährliche Anzahl der Tage mit Sturm, schwerem Sturm, orkanartigem Sturm und Orkan an der Station DD-KLO	39
Abbildung 34: DWD-Stationen mit Hagelbeobachtungen im Umkreis von Dresden	41
Abbildung 35: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen an der Station Radebeul-Wahnsdorf (RadeWahn) und Dresden-Klotzsche (DD-KLO)	42
Abbildung 36: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen (Quelle: Beobachtungen an sächsischen DWD-Stationen)	43
Abbildung 37: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen (Quelle: Schadensmeldungen der Vereinigten Hagel VVaG in sächsischen Landkreisen)	44
Abbildung 38: Tatsächlich überschwemmte Flächen an den Gewässern 2. Ordnung im August 2002	46
Abbildung 39: Dresden 1958, Friedrichstraße, Blick Richtung Weißeritzstraße (Bildquelle Fam. Schlegel, Dresden)	47
Abbildung 40: Simulierte Hochwasserganglinien der Weißeritz – Überlagerung der Hochwasserganglinien am Zusammenfluss von Roter und Wilder Weißeritz; (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), 2004).....	49
Abbildung 41: Blick in die Hofmühlenstraße	50
Abbildung 42: Blick Richtung Bienertmühle.....	50
Abbildung 43: Friedrichstadt - Rückseite des Krankenhauses	50
Abbildung 44: Simulierte Hochwasserganglinien für den Lockwitzbach (Bildquelle: Landesamt für Umwelt und Geologie).....	51
Abbildung 45: Tatsächlich überschwemmte Flächen an den Gewässern 1. Ordnung im August 2002	52
Abbildung 46: Uferabriss an der Lockwitz	53
Abbildung 47: Überflutung am Schwingwehr	53
Abbildung 48: Eisabwehr an der Lockwitz in der Nacht vom 07. zum 08.02.2006 (Quelle: Marco Klinger, Dresden)	54
Abbildung 49: Eisablagerungen vom 08.02.2006 nach Ausuferungen der Lockwitz in der Nacht vom 07. zum 08.02.2006 (Quelle: Rolf Böhme, Dresden)	54
Abbildung 50: Jahresmaxima des Wasserstandes der Elbe am Pegel Dresden in [cm] ...	55
Abbildung 51: Auftreten von Hochwasserereignissen in Dresden nach Jahreszeiten.....	56

Abbildung 52: Eisablagerungen Abflussganglinie des Hochwassers im August 2002 am Pegel Dresden (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE KOBLENZ, September 2002).	56
Abbildung 53: Überschwemmungsgebiet der Elbe im August 2002	57
Abbildung 54: Eindrücke vom Hochwasserereignis im August 2002	58
Abbildung 55: Potentielles Überschwemmungsgebiet der Elbe bei einer Wasserspiegellage von 6,00 m am Pegel Dresden	59
Abbildung 56: Überschwemmungsgebiet der Elbe beim Frühjahrshochwasser 2006	61
Abbildung 57: Erosionsabtragsflächen im Stadtgebiet	63
Abbildung 58: Höchste Grundwasserstände an der Grundwassermessstelle Pohlandplatz im Vergleich zu Höchstwerten der Elbe (Landesamt für Umwelt und Geologie, 2003)	70
Abbildung 59: Unterschied der Wasserstände vom August 2002 zu den bisher bekannten Höchstwasserständen an ausgewählten Messstellen	71
Abbildung 60: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 3538 (Wallstraße)	72
Abbildung 61: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 3516 (Botanischer Garten)....	72
Abbildung 62: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 421 (Grunaer Weg)	73
Abbildung 63: Grundwasserflurabstände bei und nach dem Hochwasser vom August 2002	73
Abbildung 64: Anstieg der Grundwasserstände in Abhängigkeit der Entfernung zur Überflutungsfläche	75
Abbildung 65: Grundwasserflurabstände bei und nach dem Hochwasser vom August 2006	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Stationen zur Auswertung der temperaturabhängigen Kenngrößen, *Verwendung nur der Strahlungsmessungen	14
Tabelle 2: Mittlere jährliche Abweichung der Stadtstationen zur Referenzstation DD-KLO	16
Tabelle 3: Klimamittel für die Perioden 1961/90, 1971/00, 1981/10 für DD-KLO	17
Tabelle 4: Dekadische Mittel der Lufttemperatur (TM10), des Niederschlags (RR10), der Sommertage (ST10) und der Frosttage (FT10) für DD-KLO	17
Tabelle 5: Absolute Minimum- und Maximumtemperaturen an den Dresdner Stationen während der jeweiligen Messdauer	18
Tabelle 6: Mittlere und maximale Anzahl an Sommertagen seit Aufzeichnung an der jeweiligen Station	20
Tabelle 7: Mittlere und maximale Anzahl an heißen und extrem heißen Tagen seit Aufzeichnung an Dresdner Stationen.....	23
Tabelle 8: Mittlere und maximale Anzahl an Tropennächten innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen	24
Tabelle 9: Mittlere und maximale Anzahl an Frost- und Eistagen innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen	26
Tabelle 10: Mittlere und maximale Anzahl an Heiztagen innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen.....	27
Tabelle 11: Stations_ID, Name und Lage der SEDD-Regenschreiber	32
Tabelle 12: Klassifikation der Windgeschwindigkeiten (DWD)	36
Tabelle 13: Stationen mit den zur Verfügung stehenden Winddaten	37
Tabelle 14: Anzahl der Hagelereignisse pro Jahr an sächsischen Stationen (Quelle: DWD)	42
Tabelle 15: Abflüsse im Stadtgebiet von Dresden (Landesamt für Umwelt und Geologie, 2006)	50
Tabelle 16: Übersicht über Niederschlagsmesswerte im Einzugsgebiet der Lockwitz vom 11. bis 13.08.2002 (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004)	51
Tabelle 17: Abflüsse am Pegel Kreischa (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2010)	52

1. Einleitung

Nach Angaben von Wissenschaft und Versicherungsgesellschaften, wie z.B. der Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft ist die Zunahme von Schäden an Mensch, Natur und Umwelt durch Naturkatastrophen weltweit eine Tatsache (Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2006). Die Ursachen liegen vor allem im sozioökonomischen Bereich: stetig wachsende Bevölkerungszahlen, steigende Wertekonzentrationen in Ballungsräumen, die Lage der Metropolen in stark exponierten Regionen sowie eine erhöhte wirtschaftliche und technische Verwundbarkeit (Berz, 2008). Hinzu kommt die Zunahme von Wetterextremen in Intensität und Häufigkeit in Folge der sich im Gang befindenden Klimaveränderungen (Berz, 2008). Sowohl globale Beobachtungsdaten als auch Modellrechnungen der letzten 50 Jahre belegen eine generelle Zunahme von Starkregenereignissen und Dauer von Hitzewellen, eine Zunahme der Nachttemperaturen sowie eine Abnahme der Frosttage (Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2006).

Je nach Region führen Wettergeschehen zu ganz unterschiedlichen Ereignissen: im Gebirge kann Starkregen zu Murgängen und Schlammlawinen, das Auftauen der Permafrostböden zu Fels- und Bergstürzen führen, in den Küstenregionen bergen vor allem Sturmfluten die Gefahr von Überschwemmungen. Darüber hinaus können Stürme, Trockenheit, Hitze und Hagel Schäden an Gebäuden, an Wäldern, in der Landwirtschaft und der Infrastruktur anrichten.

Als Extremereignis bezeichnet man ein sehr seltenes, überdurchschnittlich intensives Ereignis, das sich in seinen Folgen durch seine historische Bedeutung und die erheblichen volkswirtschaftlichen Konsequenzen auszeichnet (Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2006).

Innerhalb der Meteorologie und Hydrologie versteht man als Extremereignisse Wetterzustände bzw. Wetterlagen, die sich aufgrund ihres Verlaufs durch signifikante Abweichungen vom Durchschnitt in den Messparametern und Einwirkungen charakterisieren, d.h. die statistisch gesehen am wenigsten wahrscheinlich sind (Foelsche, Regionale Entwicklung und Auswirkung extremer Wetterereignisse am Beispiel Österreich, 2004). Als Beurteilungsgrundlage dienen der klimatologische Mittelwert sowie die Jährlichkeit eines Wetterereignisses als Maß für die Ausnahmerecheinung. Um als extrem klassifiziert zu werden, muss der Wert des betreffenden Klimaelementes jeweils zumindest so groß wie das 90. Perzentil bzw. so klein wie das 10. Perzentil sein (Foelsche, 2003). Bei der Abgrenzung bzw. Beurteilung eines Extremwertes ist außerdem zu beachten, dass dieser nur für die gewählte Region gilt. In anderen Gebieten kann selbiges Ereignis als „normal“ eingestuft werden. Ein Ereignis lässt sich also nur dann als Extremum klassifizieren, wenn es sich in Bezug zu einem bekannten klimatologischen Langzeitwert setzen lässt (TU-Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, 2008).

Neben entsprechend langen Messzeiträumen bedarf es außerdem eines möglichst engmaschigen Messnetzes zur Erfassung eines Extremwetterereignisses. Denn Extremwetterereignisse sind in ihrer zeitlichen und räumlichen Auflösung stark begrenzt (z.B. Hagel-, Starkregenereignisse, Tornados) und fallen daher meist durch die Maschen der üblichen Beobachtungsnetze (Dirksen, 2010). Informationen aus privaten Beobachtungen aber auch von Versicherungsunternehmen sind daher meist unumgänglich, um ein weniger lückenhaftes Bild von Wettergeschehnissen zu bekommen. Tornados treten beispielsweise in Deutschland deutlich häufiger auf als bisherigen Statistiken belegen, wobei die Zunahme der Fälle durch die moderneren Kommunikationsmittel der Bürger begründet ist (Dirksen, 2010). Ähnlich verhält es sich bei Daten von Versicherungsunternehmen (z. B.

Hausratversicherung, Kasko) durch die steigende Anzahl von Versicherungsnehmern. Während Mitte des 20. Jahrhunderts allein Industrie- und Gewerbeunternehmen gegen mögliche Schadensereignisse versichert waren, nimmt seit den 60er Jahren der Anteil an Privathaushalten als Versicherungsnehmer gegen Naturgefahren (Elementarrisiken) stetig zu. Inzwischen beinhaltet eine Sachversicherungspolice standardmäßig Sturm- und Hagelschäden (Berz, 2008).

Eine Fortführung des Trends zunehmender Wetterextreme zeigen die Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert (Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2006). Auch bei einem (utopischem) sofortigen Stoppen der Treibhausgasemissionen sind die Klimaänderungen und die damit einhergehende Zunahme an Wetterextremen nicht mehr zu stoppen (Berz, 2008). Der Klimawandel tangiert mit seinen vielfältigen direkten und indirekten Auswirkungen fast alle Wirtschaftszweige, Lebens- und Standortbedingungen. Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen müssen ergriffen werden, um die Auswirkungen und Schadenspotentiale möglichst gering zu halten.

Im Rahmen des Förderprogramms „**Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten** (KLIMZUG) Regionen gewinnen im Wettbewerb – die Welt gewinnt mit!“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde das Projekt **Regionales Klimaanpassungsprogramm** für die **Modellregion Dresden (REGKLAM)** als eines von sieben Modellprojekten ins Leben gerufen. Das Projekt ist Teil der deutschen Anpassungsstrategie zum Klimawandel und beinhaltet eine umfassende Analyse von Folgen der Klimaveränderung in der Region. Robuste Aussagen zum regionalen Klimawandel und dessen Auswirkungen sollen getroffen werden, um Chancen und Risiken des Klimawandels für eine bestimmte Region konkret beurteilen zu können und räumlich orientierte Strategien zur dauerhaften Sicherung der Lebensqualität in den urbanen und suburbanen Räumen zu entwickeln.

Innerhalb des Teilprojektes 3.1.1 (Gebäude- und Siedlungsstrukturen) erfolgt eine Analyse der wesentlichen Einwirkungen von Extremwetterereignissen auf die in der Modellregion maßgebenden Gebäudetypen- und Siedlungsstrukturen sowie die infolge des Klimawandels zu erwartenden veränderten hydrometeorologischen/hydrogeologischen Einwirkungen. Auf Grundlage dieser Untersuchung werden gebäudetypenspezifisch planerische und bautechnische Anpassungsoptionen analysiert und im Hinblick auf ihre bauliche und wirtschaftliche Tauglichkeit bewertet. Nach heutigem Kenntnisstand gelten als wichtige hydro-meteorologische Einwirkgrößen auf Gebäude- und Siedlungsstrukturen innerhalb der REGKLAM-Modellregion „Sommerhitze“, „Frostperioden“, „Starkregenereignisse“, „Sturm- und Hagelereignisse“ sowie „Überflutungen“ und „Grundhochwasser“. Je nach Ausprägung und auftretender Häufigkeit können diese Parameter als „extrem“ bezeichnet werden.

Der vorliegende Produktbericht umfasst eine systematische Ex-Post-Analyse der o.g. Kenngrößen anhand vorhandener Beobachtungs- und Messdaten für den Betrachtungszeitraum (1961-) 1991-2010, je nach Datenlage, um Rückschlüsse auf bereits tatsächlich aufgetretene Ereignisse in der Region schließen zu können. Weiter zurückliegende Ereignisse wurden, soweit die Informationen vorlagen, mit dokumentiert.

Die Spezifizierung der infolge des Klimawandels zu erwarteten veränderten Extremwetterereignisse in der Modellregion wird innerhalb des Moduls 2 erarbeitet. Die dort erstellten regionalisierten Klimaszenarien und Projektionen werden als wesentliche Randbedingungen im Hinblick auf die Beanspruchung der Gebäude- und Siedlungsstrukturen verwendet.

Bei der vorliegenden Auswertung handelt es sich nicht um eine Extremwertanalyse im Sinne der Extremwertstatistik. Aufgrund der Kürze der Datenreihen kann eine statistische

Einordnung als Extremereignis nicht oder nur bedingt vorgenommen werden. Es werden keinerlei statistische Häufigkeiten bzgl. Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, wie in der Extremwertstatistik üblich, ausgewertet. Der Bericht liefert eine Zusammenstellung der im Stadtgebiet Dresden bisher aufgetretenen und dokumentierten klimatischen, hydrologischen und hydrogeologischen Kenngrößen als Grundlage für weitere Betrachtungen und Analysen im Projekt REGKLAM.

2. Temperaturabhängige Größen: Hitze – Kälte

Die meisten Menschen verbinden einen schönen Sommer mit sonniger, trockener, warmer Witterung. Zu große und zu langanhaltende Hitze wird dagegen schnell als unangenehm empfunden. Nach McMichael sind die Umweltfaktoren, die sich am stärksten auf das Befinden und die Gesundheit des Menschen auswirken, die thermischen Verhältnisse (McMichael, 1996). Mehrere aufeinanderfolgende heiße Tage und Tropennächte vermindern die Schlafqualität, die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit. Insbesondere für Risikogruppen (kranke und ältere Menschen sowie Kleinkinder) wirken Hitzewellen nachweislich belastend auf das Herz-Kreislauf-System und können im schlimmsten Falle einen Hitzetod zur Folge haben (VDI, 2008). Da sich die Menschen in den hochindustrialisierten Ländern hauptsächlich in Innenräumen aufhalten, ist die Ausstattung (Dämmung, Belüftung u.ä.) von Gebäuden entscheidend.

Aber nicht nur für den Mensch können solche Perioden zu wirklichen Belastungssituationen werden. Die Natur, aber auch die Wirtschaft in ihren Produktionsprozessen, Verkehrsstrassen und Gebäude können Schäden durch extreme Temperaturen erfahren. Dies gilt für Hitze wie für extreme Kälte (Kältestress beim Menschen, Frostschäden an Rohbauten, Rohrbrüche u.ä.).

Eine einheitliche wissenschaftliche Definition für den Begriff „Sommerhitze“ oder auch „Kälteperiode“ gibt es nicht. Wohl lässt sich aber dieses individuell sehr unterschiedlich erlebte Wort anhand einiger meteorologischer Kennzahlen definieren (siehe 2.1).

2.1 Definition

Zur Charakterisierung von Hitze bzw. Kälte dienen meteorologische Kenngrößen. Diese temperaturabhängigen Größen sind:

- Maximum- und Minimumtemperaturen (TX, TN)
- Tropennacht (TNN): Minimumtemperatur während der Nacht $\geq 20^{\circ}\text{C}$
- Sommertag (ST): Tagesmaximumtemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$
- Heißer Tag (HT): Tagesmaximumtemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$
- extrem heißer Tage (EHT): Tagesmaximumtemperatur $\geq 35^{\circ}\text{C}$ (REGKLAM)
- Frosttag (FT): Tagesminimumtemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$
- Eistag (ET): Tagesmaximumtemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$
- Heizgradtag (HGT): Tagesmitteltemperatur $< 12^{\circ}\text{C}$
- Maximale Strahlungsintensität bzw. Sonnenscheindauer (SD)

Die Definitionen entstammen dem Deutschen Wetterdienst für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (DWD). In Abhängigkeit der Örtlichkeit auf unserem Globus wird Hitze/Kälte natürlich sehr unterschiedlich empfunden und definiert. Dies mag vielleicht der Grund sein, warum keine allgemein akzeptierte Definition für den Begriff Hitzewelle, z. B. durch die WMO existiert (TU-Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, 2008). Im Aktionsplan Hitzewelle und Ozonspitzen des föderalen öffentlichen Dienstes in Brüssel von 2008 sind einige Definitionen für den Begriff Hitzewelle verschiedener Länder zusammengetragen (Föderaler öffentlicher Dienst, 2008):

Eine „Hitzewelle“ bezeichnet...

- eine Periode von mindestens drei aufeinander folgenden Tagen mit einer durchschnittlichen Mindesttemperatur (Durchschnitt über die drei Tage und nicht pro Tag) über $18,2^{\circ}\text{C}$ und einer durchschnittlichen Höchsttemperatur über $29,6^{\circ}\text{C}$ (Werte gemessen in Uccle, Belgien)
- eine Periode, in der an fünf Tagen eine tägliche Höchsttemperatur mindestens 25°C (sommerliche Tage) und außerdem innerhalb dieser Zeitspanne an drei Tagen

mindestens 30 °C (tropische Tage) gemessen werden. Eine Hitzewelle ist deshalb eine Reihe von mindestens fünf sommerlichen Tagen, von denen mindestens drei tropisch sind. (Königliches Meteorologische Institut der Niederlande)

- eine Periode, in der die Höchsttemperatur an drei aufeinanderfolgenden Tagen 32,2 °C überschreitet (USA). Der „National Service of Meteorology“ der USA wendet allerdings noch eine andere Definition an, auf der Basis eines Hitzeindex (der nicht nur die Temperatur, sondern beispielsweise auch die Luftfeuchtigkeit berücksichtigt).
- eine Hitzeperiode als Zeitspanne, in der die Höchsttemperatur 30 °C überschreitet (Frankreich)

Von der Adaptation and Impacts Research Section der kanadischen Regierung wird eine Hitzewelle benannt als Periode von mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Maximaltemperatur größer oder gleich 32 °C (Kanada) (Environment Canada, 2010).

Der Deutsche Wetterdienst bezeichnet eine Hitzewelle als eine Periode ab 3 Tagen bzw. Nächten mit thermischer Belastung (DWD). Nach Tinz et. al gilt als Hitzewelle eine Folge von mindestens fünf Tagen mit einem Tagesmaximum von im Mittel mindestens 30 °C (Tinz, 2008).

Innerhalb des **REGKLAM**-Teams wurde folgende Definition für den Begriff Hitzewelle festgelegt: Über mindestens 5 aufeinanderfolgende Tage muss eine Minimumtemperatur ≥ 20 °C und eine Tagesmaximumtemperatur ≥ 30 °C gemessen werden. Diese Definition wird zur Auswertung einer Hitzewelle in diesem Bericht zu Grunde gelegt.

2.2 Datengrundlage

Die Verfügbarkeit meteorologischer Messungen innerhalb eines Stadtgebietes ist in vielen Städten sehr beschränkt. So existiert auch in Dresden kein qualitativ hochwertiges, ortsfestes Messnetz. Jedoch sind meteorologische Messsysteme verschiedener Betreiber über unterschiedliche Zeiträume im Stadtgebiet aufgestellt. Die Stationen verfügen jedoch über z.T. sehr unterschiedliche Ausstattungen der Sensoren mit unterschiedlichen Qualitätsstandards. Sowohl bei der Wahl der Station, als auch bei der Auswertung der Daten ist dies zu berücksichtigen.

In Abbildung 1 sind die für die Analyse der Temperaturmessungen herangezogenen meteorologischen Stationen im Stadtgebiet dargestellt und in Tabelle 1 kurz beschrieben. Wie zu erkennen ist, ist die Verteilung der Stationen über dem Stadtgebiet sehr inhomogen. Es fehlt an Wettermessungen sowohl im westlichen und südöstlichen Stadtteil, als auch auf dem Schönfelder Hochland im Nordosten sowie im zentralen, dicht bebauten Innenstadtbereich. Die Luftgütemessstationen des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), die ebenfalls die meteorologischen Parameter messen, können leider nicht für die temperaturbezogenen Auswertungen verwendet werden. Die Temperatursensoren sind nicht wie bei den anderen Stationen entsprechend den Vorgaben der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) in 2 m Höhe angebracht, sondern in einer Höhe von ca. 4 m. Aufgrund des vertikalen Temperaturgradienten, der insbesondere in der unteren Grenzschicht stark von der Bodenbeschaffenheit beeinflusst wird, sind die Temperaturmesswerte der LfULG-Stationen nicht mit den anderen Stationsdaten vergleichbar.

Die Stationen des LfULG, die dem agrarmeteorologischen Messnetz entstammen (DD-STÜ, DD-HOS), sowie die Stationen des DWD, der Drewag und des privaten Betreibers erfüllen sowohl in der Aufstellung als auch in der Ausstattung prinzipiell den Standards der WMO bzw. des DWD. Aufgrund der unterschiedlichen Betreiber der sieben Stationen und der Vielfalt an verfügbarer Messtechnik, weisen die Stationen dennoch Differenzen

auf. Neben der Verwendung von Temperatursensoren unterschiedlicher Hersteller besteht der Hauptunterschied darin, dass einige Sensoren über eine Zwangsbelüftung verfügen, andere wiederum nicht. Zu den erst genannten zählen die Stationen DD-STR, DD-HOS sowie DD-LOS. Alle anderen Messstellen werden nicht zwangsbelüftet. Dies kann z. B. an einem strahlungsreichen windschwachen Sommertag zu einem Temperaturstau und damit zu einer Temperaturerhöhung am Sensor führen, was eine Überschreitung des jeweiligen Grenzwertes zur Folge haben kann, wohingegen eine zwangsbelüftete Station den Wert nicht überschreitet.

Alle verwendeten Stationen werden einer jährlichen Vergleichsmessung und Kalibrierung unterzogen, so dass die Genauigkeit der Daten an sich im Rahmen der Messgenauigkeit gewährleistet ist.

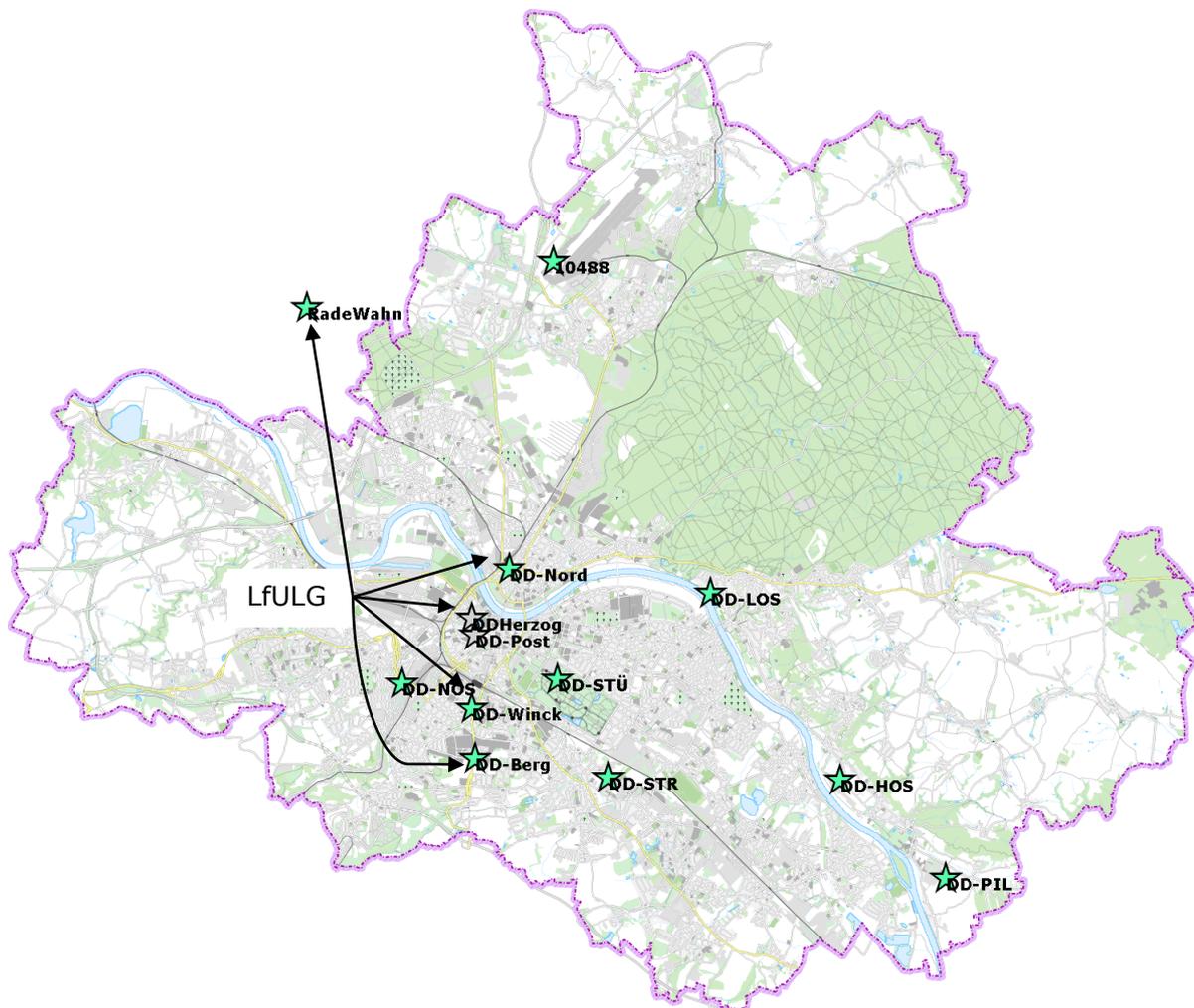


Abbildung 1: Lage der meteorologischen Stationen im Stadtgebiet

Die Messwerte der Stationen stehen für recht unterschiedliche Zeiträume zur Verfügung, je nach Aufstellungszeitpunkt und Messbetrieb der Stationen (siehe Abbildung 2). Bei den Auswertungen, Vergleichen, Mittelwertbildungen u.ä. sind die Länge der Datenreihen bzw. Lücken in den Datenreihen unbedingt zu beachten. Eine statistische Sicherheit über die ausgewerteten Parameter ist daher nicht für jede Station gegeben. Im Folgenden wird nicht immer wieder darauf eingegangen.

Die Daten liegen teilweise als Tageswerte (Mittelwert, Maximum, Minimum), aber auch als Stunden-, 10-Minuten und 15-Minutenwerte vor.

ID	Lage	Betreiber	Charakterisierung
DD-KLO	Klotzsche Flghf, Flugwettermessstelle	DWD	Stadtrandbereich auf Hochfläche, offene Umgebung, sehr gute Durchlüftungsverhältnisse, geringe Abweichungen der meteorologischen Parameter gegenüber dem Umland
DD-STR	Strehlen, Reicker Straße 43	DWD	Innenstadtbereich auf Gelände einer Großgärtnerei, Umgebung geprägt von Kleingartenanlagen, relativ gute Durchlüftungsverhältnisse
DD-HOS	Hosterwitz, Wasserwerkstraße 2	DWD	Standrandbereich im Elbtal, hoher Grünanteil, geringer Versiegelungsgrad, gute Durchlüftung
DD-STÜ	Stübelallee, Botanischer Garten	LfULG-LfL	Innenstadtbereich, mäßige Durchlüftung aufgrund des Baumbestandes sowie umliegende Bebauung, hoher Grünanteil
DD-PIL	Pillnitz, Lohmener Straße 12	LfULG-LfL	Standrandbereich im Elbtal, hoher Grünanteil, geringe Versiegelung, gute Durchlüftung
DD-LOS	Loschwitz, Schevenstraße 19	Privat, www.dresden-wetter.de	Lockere Bebauung der Hanglagen, hoher Vegetationsanteil, mäßige Durchlüftung, z.T. Verschattung der Station durch Baumbestand
DD-NOB	Nossener Brücke, Heizkraftwerk	DREWAG	Innenstadtbereich geprägt durch Industrie- und Bahnanlagen, gute Durchlüftung, geringer Vegetationsanteil
RadeWahn*	Radebeul/Wahnsdorf, Altwahnsdorf 12	LfULG	
DD-Nord*	Schlesischer Platz	LfULG	
DD-Winck*	Winckelmannstraße	LfULG	

Tabelle 1: Ausgewählte Stationen zur Auswertung der temperaturabhängigen Kenngrößen, *Verwendung nur der Strahlungsmessungen

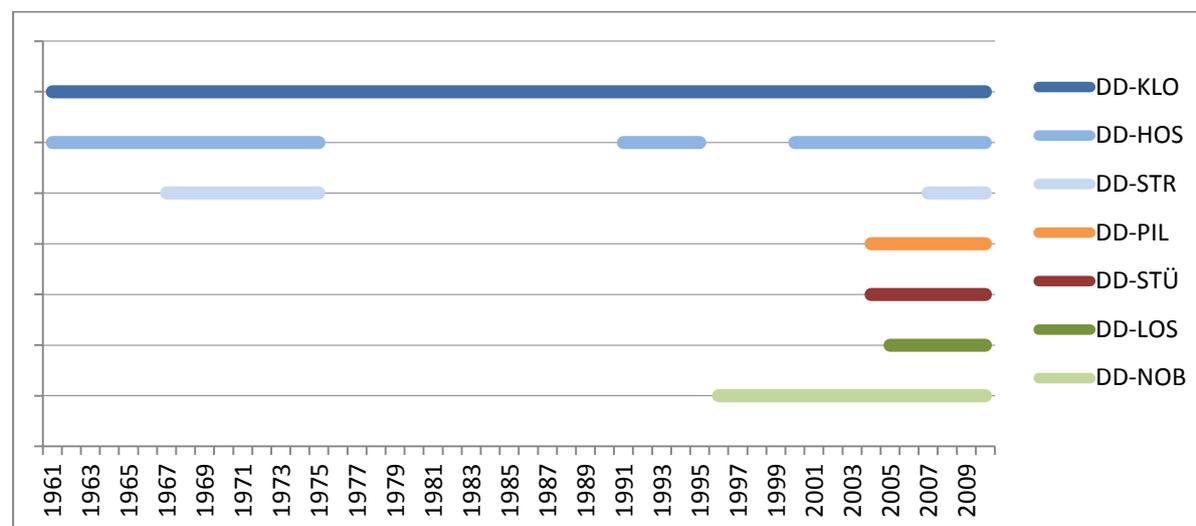


Abbildung 2: Verfügbarkeit von Temperaturmesswerten im Dresdner Stadtgebiet

2.3 Datenauswertung

Die zur Verfügung stehenden Temperaturdaten wurden entsprechend den unter 2.1.1 aufgeführten Kenngrößen ausgewertet pro Monat und Jahr. Die Erfassung dieser Größen birgt jedoch einige Tücken, da sie anhand von Schwellenwerten definiert werden. Durch die lokale Beeinflussung einer Wettermessstation und dort auftretende mikroskalige Turbulenzen ist es keine Seltenheit, dass Grenzwerte nur knapp über- oder unterschritten werden. Abweichungen können schon auf engstem Raum auftreten in Abhängigkeit der Umgebung des Stationsstandortes. Bedingt durch die Umgebung stellt sich um Parkanlagen, in Häuserschluchten, Stadtplätzen etc. ein spezielles Mikroklima ein. Bebauungsstruktur, Bebauungsdichte, Versiegelungsgrad, Verschattung, Vegetationsanteil sowie durch Bebauung reduzierte Durchlüftungsverhältnisse ändern die meteorologischen Parameter signifikant gegenüber denen des Umlands. Baukörper oder Asphaltoberflächen verfügen aufgrund ihrer Materialeigenschaften über höhere Wärmespeicherkapazitäten und Albedowerte als Vegetationsflächen. Die tagsüber absorbierte Wärmestrahlung lässt Gebäude- und Straßenoberflächen stark aufheizen. Die Wärme wird sehr viel länger gespeichert als von der Erdoberfläche oder der Vegetation. Während sich Parkanlagen und Wiesenflächen nach Sonnenuntergang rasch abkühlen, geben die Baumassen nur sehr langsam die vom Tag gespeicherte Wärmeenergie an die Umgebung ab. Das tägliche Aufheizen sowie die nächtliche Wärmeabgabe sind charakteristisch für die Ausprägung einer städtischen Wärmeinsel (P. Hupfer, 2006). Innerhalb einer Stadt ergeben sich somit im Vergleich zum unbebauten Umland veränderte klimatische Bedingungen. Diese Charakteristiken des Stadtklimas spiegeln sich in den Messdaten sehr gut wieder, wie z.B. anhand der Jahresmitteltemperaturen an den Dresdner Stationen in Abbildung 3 zu sehen ist.

Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Stationen sind zum einen bedingt durch die orografischen Gegebenheiten der Stadt Dresden mit ihren Hochflächen, Hängen und der Talsohle, zum anderen bewirken die o.g. urbanen Besonderheiten (Bebauung, Versiegelung etc.) abweichende Temperaturmesswerte, die das Stadtklima und insbesondere die städtische Wärmeinsel charakterisieren (P. Hupfer, 2006).

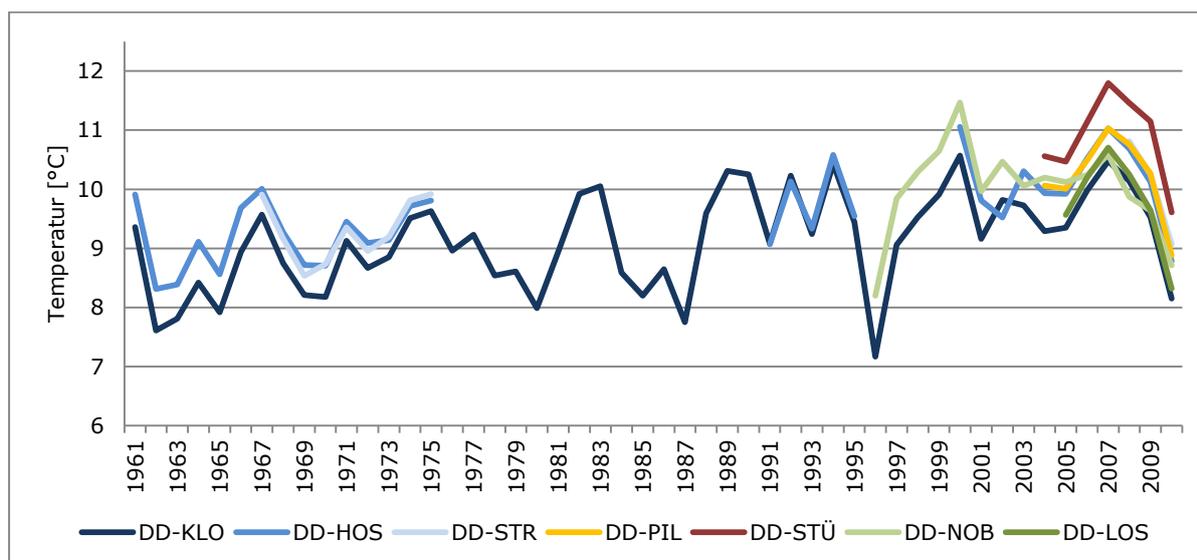


Abbildung 3: Jahresmitteltemperaturen an Dresdner Stationen

In Tabelle 2 sind die mittleren jährlichen Temperaturunterschiede zwischen den Stationen und der Referenzstation DD-KLO zusammengestellt. Aufgrund des Standortes der Station DD-KLO (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1) und weil sie als WMO-Station und Flugwetterstation über die längste zusammenhängende Datenreihe verfügt, wird diese Station als

Referenzstation herangezogen. Abweichungen der Stationen im Talkessel werden immer auf DD-KLO bezogen.

Ein Vergleich der Stationen DD-HOS und DD-KLO macht hauptsächlich die höhenabhängige Temperaturdifferenz deutlich. Die Messstation DD-HOS befindet sich auf freiem Gelände nahe der Elbe am Stadtrand (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1). Ein hoher Vegetationsanteil und gute Durchlüftungsverhältnisse prägen die Umgebung. Allein nach der Charakteristik der unmittelbaren Umgebung unterscheiden sich beide Standorte nicht sonderlich. Die unterschiedliche Lage der Stationen im Tal bzw. auf der Hochfläche ist hier maßgeblich für den Temperaturunterschied.

Je weiter man sich der Innenstadt nähert, umso größer wird die Differenz der gemessenen Temperatur im Vergleich zur Station DD-KLO. Die höchsten Jahresmitteltemperaturen bzw. die größten positiven Abweichungen im Vergleich zu DD-KLO von über 1 K treten an der Station DD-STÜ auf. Zu bedenken ist, dass die Station DD-STÜ zwar relativ innenstadtnah gelegen ist, der Standort jedoch durch einen hohen Vegetationsanteil gekennzeichnet ist. Bei allen Daten ist zu beachten, dass es sich um punktuelle Messungen handelt. Messungen in der z.T. vollversiegelten Altstadt und Neustadt lassen bspw. sehr viel höhere Temperaturabweichungen vermuten.

In allen folgenden Auswertungen zu den temperaturabhängigen Kenngrößen wird dieser thermische Unterschied zwischen den Hochflächen und der Kessellage mit seinen stadtklimatischen Effekten deutlich.

Differenz	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-LOS	DD-NOB
Mittlere jährliche Abweichung zur Station DD-KLO in Kelvin	0,34	0,79	0,62	1,24	0,20	0,60

Tabelle 2: Mittlere jährliche Abweichung der Stadtstationen zur Referenzstation DD-KLO

Um eine gewisse Einordnung der meteorologischen Kenngrößen vornehmen zu können bzw. um Aussagen über mögliche Extreme machen zu können, bedarf es, wie in der Einleitung erwähnt, eines Referenzwertes. Dieser erlaubt, den Einfluss der natürlichen Variabilität in gewisser Weise heraus zu mitteln und somit Extreme als solche einordnen zu können. Als Referenzwert gilt nach Festlegung der WMO der klimatologische Mittelwert, der jeweils 30 Jahre umfasst und im Abstand von 10 Jahren neu bestimmt wird (d.h. 1961/1990, 1971/2000, 1981/2010) (P. Hupfer, 2006).

Eine durchgängige Datenreihe liegt für das Dresdner Stadtgebiet allein für die Station DD-KLO vor. Referenzwerte in Form von klimatologischen Mittelwerten können daher nur für diesen Standort angegeben werden. Diese sind in Tabelle 3 für die Minimumtemperatur (TN mittel), die Mitteltemperatur (TM), die Maximumtemperatur (TX mittel), die Anzahl an Sommertagen (ST), Heißen Tagen (HT), extrem heißen Tagen (EHT), Tropennächten (TNN), Eistagen (ET), Frosttagen (FT) und Heizgradtagen (HGT) sowie für die jährliche Sonnenscheindauer (SD), relative Feuchte (RF), Niederschlagssumme (RR), atmosphärischer Luftdruck (P), mittlere (FM) und maximale Windgeschwindigkeit (FX) angegeben. Die Klimamittel aller temperaturabhängigen Kenngrößen spiegeln den Erwärmungstrend von 1961 bis heute wieder.

Periode	TN [°C]	TM [°C]	TX [°C]	ST [Anzahl]	HT [Anzahl]	EHT [Anzahl]	TNN [Anzahl]	ET [Anzahl]	FT [Anzahl]	HGT [Anzahl]
1961-1990	-15,4	8,9	33	37,7	6,8	0,1	0,8	26,9	81,4	221,9
1971-2000	-14,9	9,2	33,3	39,4	7,3	0,4	1,2	21,6	77	220,6
1981-2010	-15,3	9,4	33,7	41,9	7,7	0,4	1,2	24,7	79,2	214,7

Periode	SD [Std.]	RF [%]	RR [mm]	P [hPa]	FM [m/s]	FX [m/s]
1961-1990	k.A.	k.A.	668,7	k.A.	k.A.	k.A.
1971-2000	1678	74,0	662,7	988,7	2,8	27,5
1981-2010	1715	75,1	663,6	988,5	2,8	27,1

Tabelle 3: Klimamittel für die Perioden 1961/90, 1971/00, 1981/10 für DD-KLO

Dekadische Mittelwerte ermöglichen eine gute Einordnung der Klimaschwankungen in Bezug zur Klimanormalperiode (1961-1990). Die dekadischen Mittel für die Lufttemperatur, den Niederschlag, Anzahl an Sommer- und Frosttagen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Abbildung 4 veranschaulicht die Temperaturanomalien der Dekaden im Vergleich zur Referenzperiode: die letzten vier Jahrzehnte waren stets wärmer.

Dekaden	TM10 [°C]	RR10 [mm]	ST10	FT10
1961-1970	8,48	652,2	35,5	37,4
1971-1980	8,91	670,2	34,3	18,3
1981-1990	9,23	683,7	40,4	25,4
1991-2000	9,47	634,2	40,7	21,4
2001-2010	9,56	625,1	41,9	27,7

Tabelle 4: Dekadische Mittel der Lufttemperatur (TM10), des Niederschlags (RR10), der Sommertage (ST10) und der Frosttage (FT10) für DD-KLO

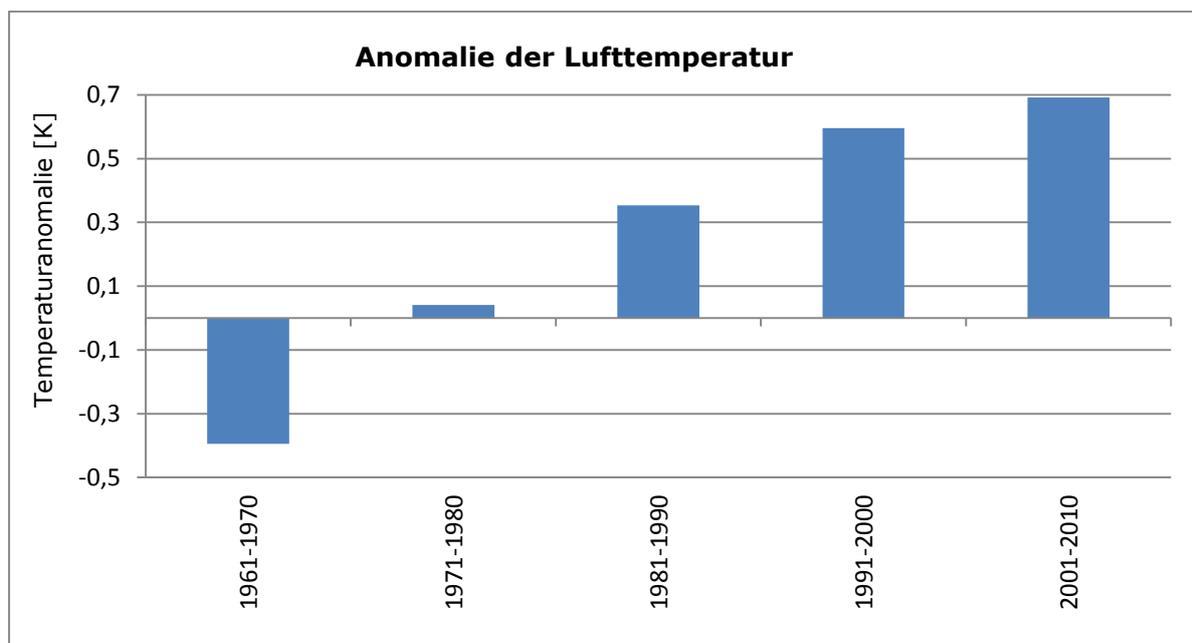


Abbildung 4: Dekadische Anomalie der Lufttemperatur an der Station DD-KLO (Referenzperiode 1961-1990)

Auf die anderen temperaturabhängigen Parameter wird in den nachfolgenden Kapiteln eingegangen.

2.3.1 Minimum- und Maximumtemperaturen

Extremwerte werden oft mit absoluten Minimum- und Maximumwerten gleichgesetzt. Doch auch für Minima und Maxima gilt, sie in Bezug zum klimatologischen Mittel der jeweiligen Größe zu setzen. Nachfolgende Abbildungen zeigen für ausgewählte Dresdner Stationen die innerhalb des Zeitraums 1961-2010 gemessenen absoluten Minima und Maxima des entsprechenden Jahres. Außerdem ist der klimatologische Mittelwert der Minimum-/ Maximumtemperatur (DD-KLO) eingetragen (gestrichelte Linie).

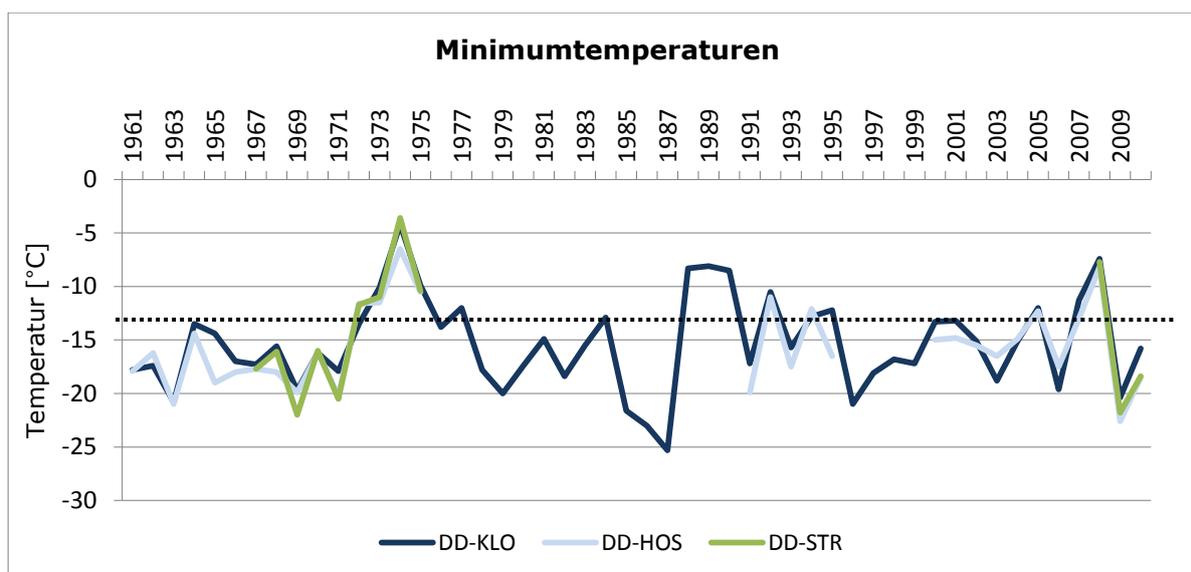


Abbildung 5: Minimumtemperaturen ausgewählter Dresdner Stationen; klimatologischer Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO (gestrichelte Linie)

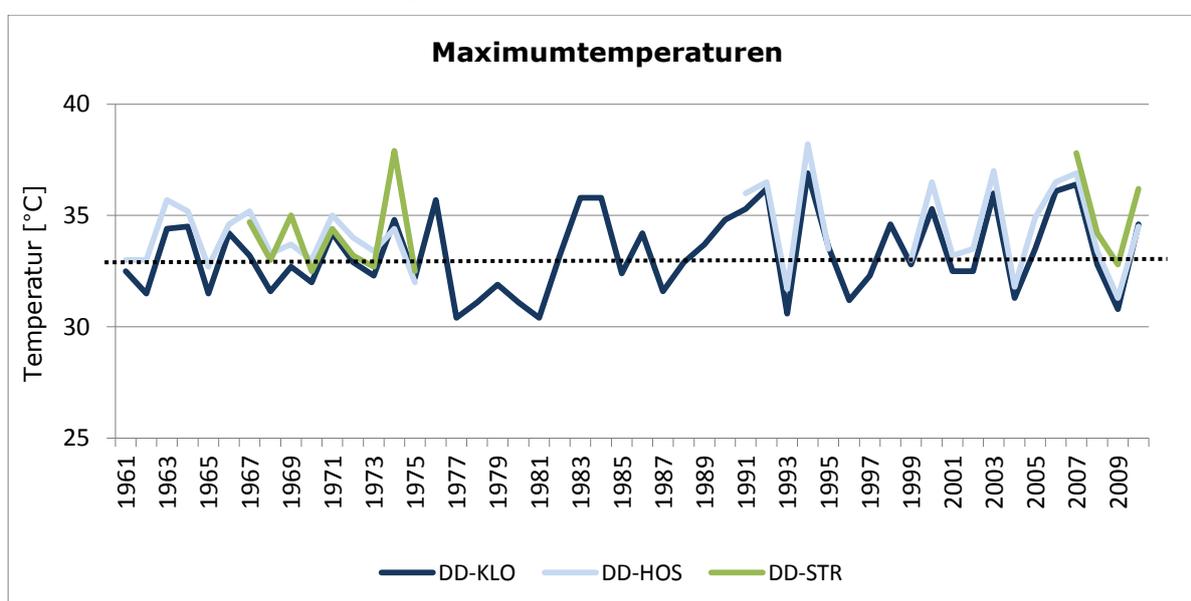


Abbildung 6: Maximumtemperaturen ausgewählter Dresdner Stationen; klimatologischer Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Tabelle 5 listet die an den Stationen innerhalb des Messzeitraumes jemals gemessenen Minimal- und Maximalwerte auf. Die unterschiedlichen Messperioden sind unbedingt zu berücksichtigen. Die Werte der absoluten Minima vermitteln auf den ersten Blick, dass das Jahr 2009 extrem kalt war, da dort an allen Stationen bis auf Dresden-Klotzsche die tiefsten je gemessenen Temperaturen registriert wurden.

	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-LOS	DD-NOB
Absolutes Minimum [°C]	-25,3 (1985)	-22,6 (2009)	-21,8 (2009)	-26,0 (2009)	-22,4 (2009)	-21,0 (2009)	-21,4 (2009)
Absolutes Maximum [°C]	36,9 (1994)	38,2 (1994)	37,9 (1974)	37,0 (2007)	39,2 (2006)	36,5 (2007)	38,6 (2000)

Tabelle 5: Absolute Minimum- und Maximumtemperaturen an den Dresdner Stationen während der jeweiligen Messdauer

Betrachtet man jedoch Abbildung 5, ist zu vermuten, dass Mitte der 80er Jahre noch niedrigere Temperaturen im Stadtgebiet herrschten. Dort fehlt es jedoch an Daten, was die Einschätzung des Jahres 2009 als einen extrem kalten Winter erschwert.

Die Kennzeichen einer städtischen Wärmeinsel werden in den Minima und Maxima wiederholt deutlich. Die absolut niedrigsten Temperaturen werden am Stadtrand gemessen, die heißesten Temperaturen im Innenstadtbereich.

Eine signifikante Änderung der Minimum-/Maximumtemperaturen ist seit 1961 nicht auszumachen.

2.3.2 Sommertage

Ein Tag zählt als Sommertag, wenn eine Tagesmaximumtemperatur von 25 °C erreicht oder überschritten wird. Die Anzahl der Sommertage beinhaltet dementsprechend die Anzahl heißer und extrem heißer Tage.

Abbildung 7 zeigt die Zahl der Sommertage pro Jahr für die 7 Stationen im Dresdner Stadtgebiet für die Jahre 2000-2010.

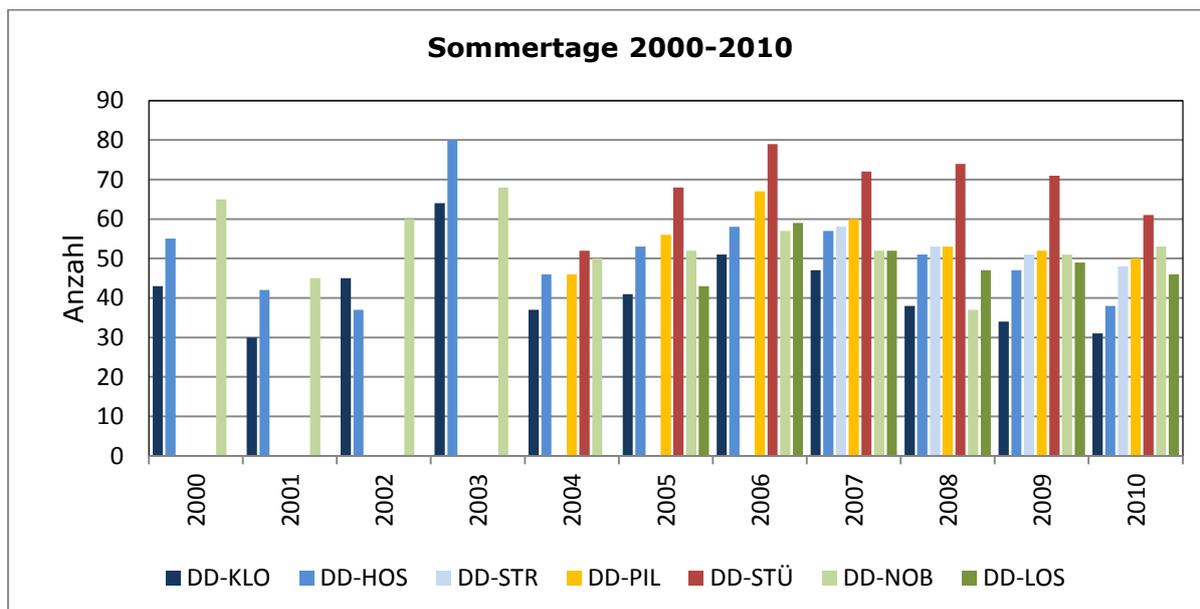


Abbildung 7: Jährliche Anzahl an Sommertagen im Zeitraum 2000-2010

In Abhängigkeit des Standortes gemäß den obigen Erläuterungen variiert die Anzahl der Sommertage an den Messstationen im Stadtgebiet sehr deutlich.

Im Zeitraum 2000-2010 wird die höchste Anzahl an Sommertagen an der Station DD-STÜ registriert. Die Ursache der auffällig hohen Zahlen an dieser Station wird neben der innenstadtnahen Lage u.a. auf die Ausstattung des Temperatursensors ohne Zwangsbelüftung zurückgeführt. An einem strahlungsreichen, windschwachen Sommertag kann dieser Fakt zu deutlichen Messunterschieden führen. Eine Überschreitung des Sommertag-Schwellenwertes ($TX \geq 25 \text{ °C}$) ist dann möglich, wohingegen eine zwangsbelüftete Station in unmittelbarer Nähe keinen Sommertag gemessen hätte. Eine gewisse Verfälschung insbesondere der Bewertung bioklimatischer Belastungssituationen, die sich ebenfalls aus Grenzwerten ableiten, kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Die mittlere sowie die maximale Anzahl an Sommertagen seit Aufzeichnungsbeginn an der jeweiligen Station ist in Tabelle 6 zusammengetragen. Im Vergleich zu den Hochflächen (DD-KLO) erhöhen sich die gemessenen Sommertage im Elbtal im Mittel um nahezu 40 %.

Um die Entwicklung der Anzahl an Sommertagen zu verdeutlichen, zeigt Abbildung 8 den Zeitraum 1961-2010. Zur Übersichtlichkeit sind nur die Stationen DD-KLO, DD-HOS und DD-STR dargestellt. Mit einer maximalen Anzahl von 70 Sommertagen an der Station

DD-KLO weicht das Jahr 1983 signifikant vom klimatologischen Mittel (37 Sommertage) ab. Im „Hitzesommer 2003“ wurden 6 Sommertage weniger als 1983 gemessen.

Station	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-NOB	DD-LOS
Mittlere Anzahl an Sommertagen	39,1	50,1	51,3	54,9	68,1	51,5	49,3
Maximale Anzahl an Sommertagen	70 (1983)	80 (2003)	61 (1975)	67 (2006)	79 (2006)	68 (2003)	59 (2006)

Tabelle 6: Mittlere und maximale Anzahl an Sommertagen seit Aufzeichnung an der jeweiligen Station

Die städtische Überwärmung wird auch in dieser Abbildung wieder deutlich an den höheren Werten der Stationen DD-STÜ und DD-HOS. Ob es sich bei den Anzahlen jedoch um extrem hohe Werte handelt, kann nicht beurteilt werden, da im Elbtal bereits ein höheres thermisches Ausgangsniveau herrscht (vgl. 2.3) und von keiner dortigen Station ein Referenzwert zum Vergleich vorliegt.

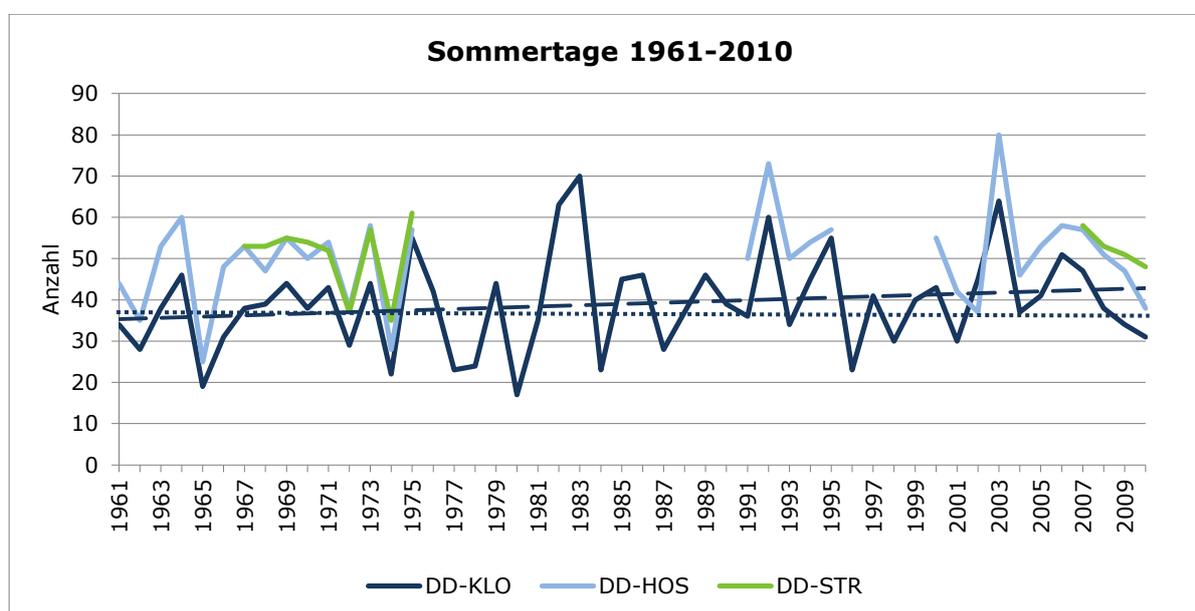


Abbildung 8: Jährliche Anzahl an Sommertagen im Zeitraum 1961-2010; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Eine tendenzielle Zunahme an Sommertagen seit 1961 zeigt sich in der Trendlinie für DD-KLO (gestrichelte Linie) sowie in den Abweichungen der dekadischen Mittelwerte vom Referenzwert, dargestellt in Abbildung 9.

Ähnlich der Lufttemperatur lagen die dekadischen Mittel der letzten drei Jahrzehnte jeweils über dem langjährigen Mittel. Zwischen den 70er und 80er Jahren gab es einen deutlichen Anstieg der Sommertage. Auch im letzten Jahrzehnt (2000-2010) wurden im Mittel nochmals häufiger Sommertage registriert, was mit dem weiteren Anstieg der dekadischen Mitteltemperatur einhergeht (vgl. Abbildung 4).

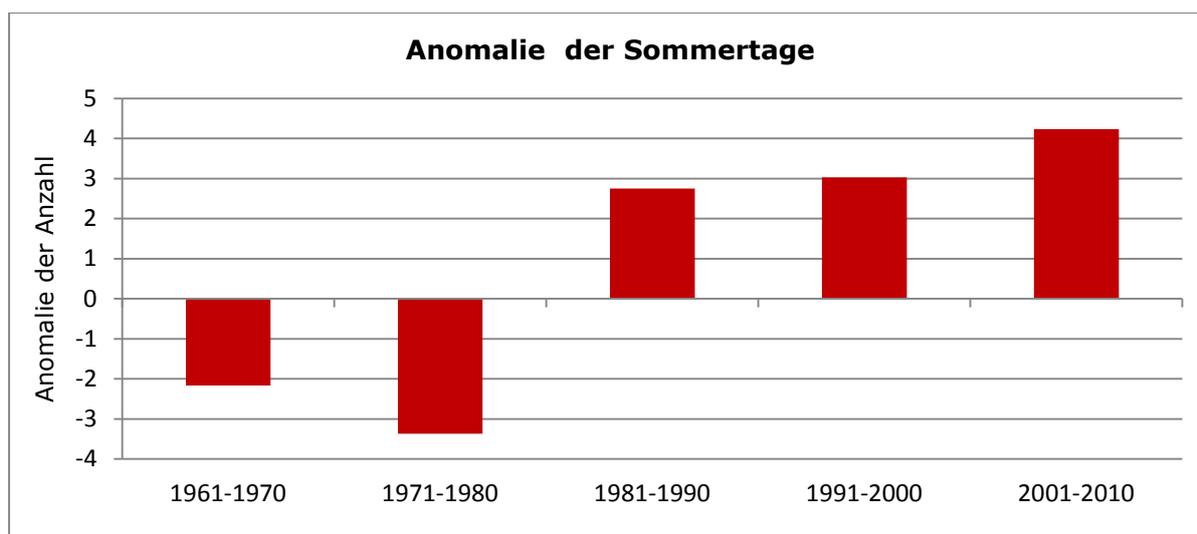


Abbildung 9: Dekadische Anomalie der Anzahl an Sommertagen in Bezug zur Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO

2.3.3 Heiße und extrem heiße Tage

Eine weitere Klassifizierung der gemessenen Tagestemperaturwerte erfolgt nach der Einordnung in heiße Tage ($TX \geq 30 \text{ °C}$) und extrem heißer Tage ($TX \geq 35 \text{ °C}$). Die Darstellungen entsprechen denen des vorhergehenden Abschnittes: Zeitraum 2000-2010 für alle meteorologischen Stationen im Stadtgebiet (Abbildung 10), Zeitraum 1961-2010 für drei ausgewählte Stationen (Abbildung 11).

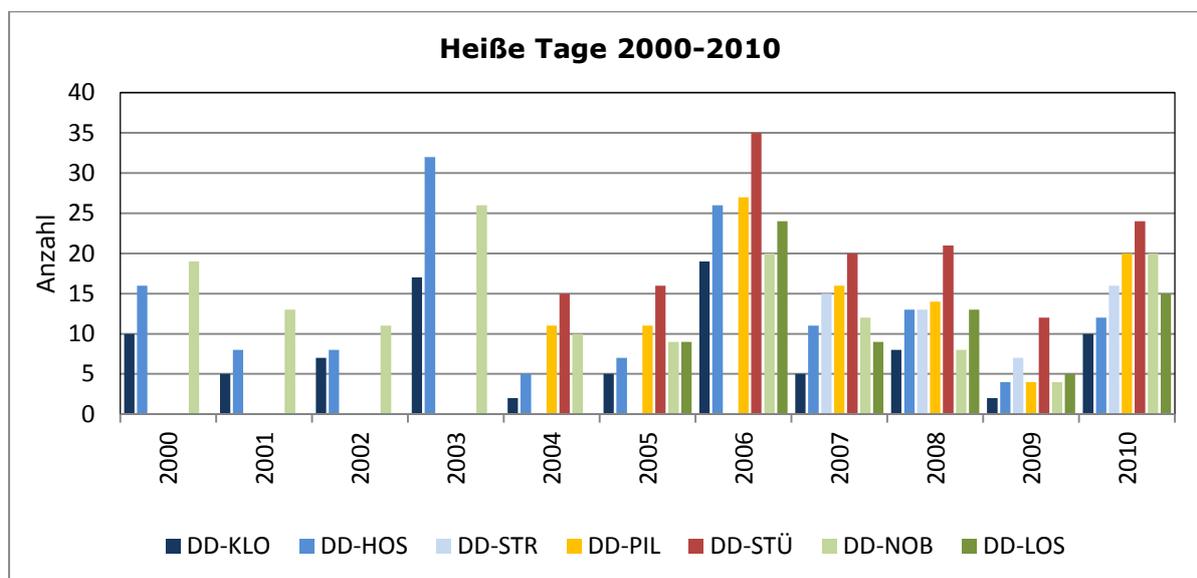


Abbildung 10: Jährliche Anzahl an heißen Tagen im Zeitraum 2000-2010

Die Verteilung der Häufigkeiten gemessener heißer Tage im Stadtgebiet entspricht der der Sommertage. Die meisten heißen Tage werden in der Innenstadt registriert und nehmen zum Stadtrand hin ab. Innerhalb eines Jahres erreicht bzw. überschreitet die Maximumtemperatur im Mittel an ca. 7 Tagen die 30 °C -Marke auf den Hochflächen am Stadtrand und an ca. 20 Tagen in der Innenstadt. Auch hier ist anzumerken, dass eine Temperaturmessung in den stark versiegelten Stadtgebieten Altstadt und Neustadt eine weit höhere Anzahl an heißen Tagen liefern würde.

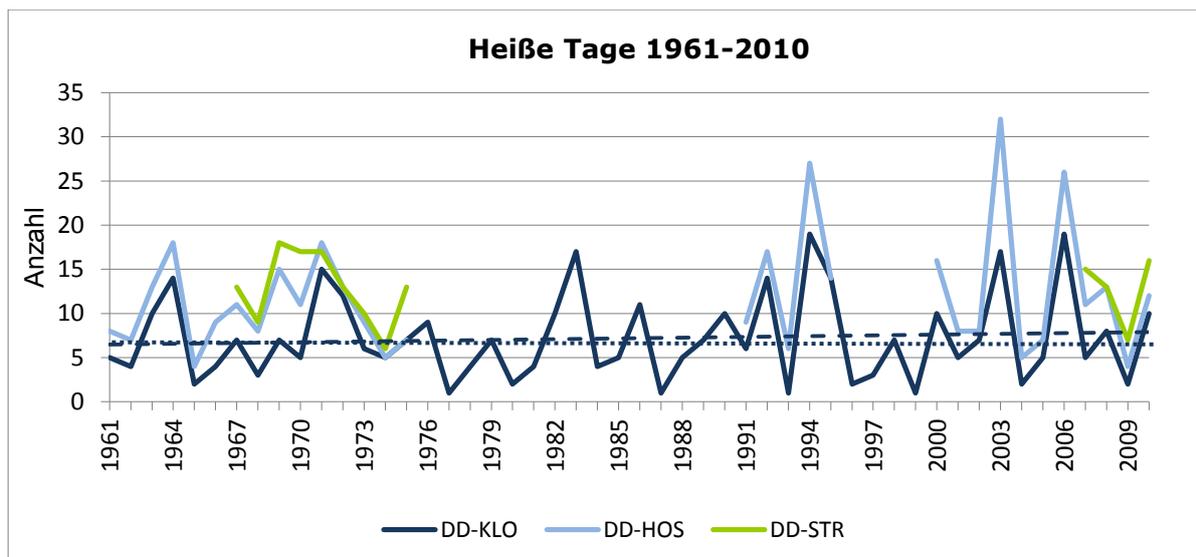


Abbildung 11: Jährliche Anzahl an heißen Tagen im Zeitraum 1961-2010; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Bemerkenswert ist, dass der „Hitzesommer 2003“ bzgl. der gemessenen heißen Tage an der Station DD-KLO Platz drei einnimmt, hingegen an der Station DD-HOS 2003 die bisher höchste Zahl an heißen Tagen gemessen wurde. Die synoptische Situation mit Ausprägung von Hochdruck- und Inversionswetterlagen über dem Elbtal hat hier einen entscheidenden Einfluss.

Die Entwicklung der heißen Tage von 1961 bis 2010 zeigt eine nur sehr geringe Zunahme (Abbildung 11, Trendlinie für DD-KLO).

Bei der Analyse der extrem heißen Tage mit einer Tagesmaximumtemperatur $\geq 35^\circ\text{C}$ scheinen die Jahre 2006, 2007 und 2010 etwas herauszutreten (Abbildung 12). Zu beachten ist jedoch, dass DD-PIL und DD-STÜ erst ab 2004 Messwerte liefern, DD-LOS ab 2005 und DD-STR erst ab 2007. Die Anzahl extrem heißer Tagen bewegt sich in einer Spannbreite von einem und sieben Tagen. Es könnte aber bspw. an doppelt so vielen Tagen Tagestemperaturmaxima von $34,9^\circ\text{C}$ gemessen worden sein, die demnach den Schwellenwert von 35°C nicht erreichen und somit nicht in der Grafik erscheinen.

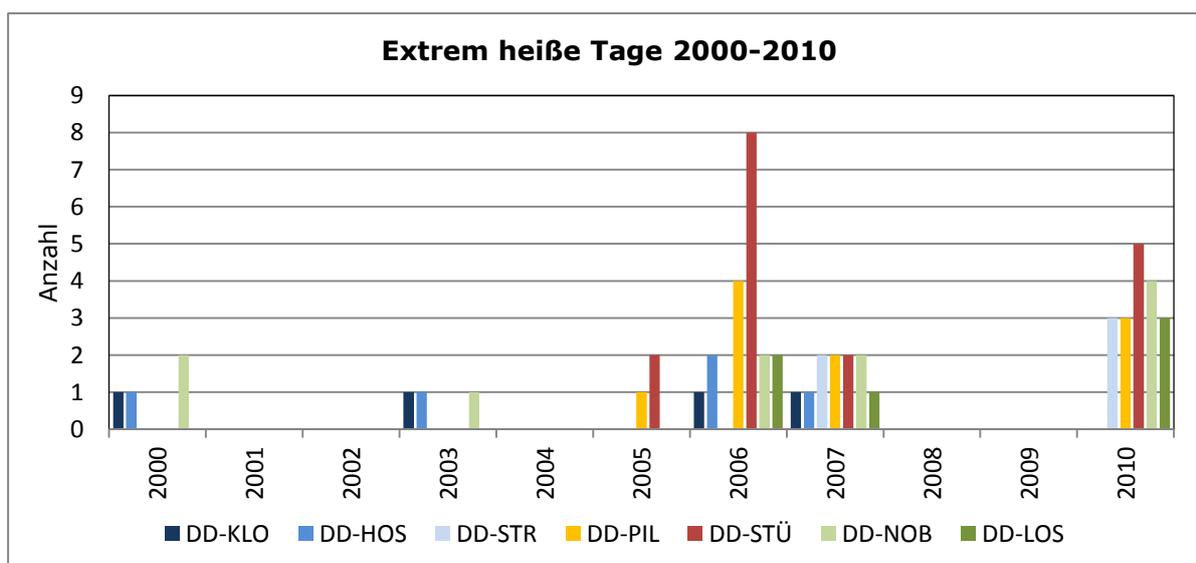


Abbildung 12: Jährliche Anzahl an extrem heißen Tagen im Zeitraum 2000-2010

Je höher der Schwellenwert liegt, umso deutlicher wird der Einfluss der Messung an sich. Bei einer mittleren Anzahl an Sommertagen von 40 bis 70 treten Fehlwerte, die sich

durch Nicht-erreichen des Schwellenwertes ergeben, nicht so deutlich heraus, wie bei den heißen bzw. extrem heißen Tagen, die im Mittel an nur 0,3 bis 2,4 Tage pro Jahr auftreten. Die spezifischen Standort- und Messeigenschaften fallen hier noch mehr ins Gewicht. Eine Trendaussage sollte daher nicht getroffen werden.

Die mittlere jährliche Anzahl an heißen und extrem heißen Tagen sowie die innerhalb des Messzeitraums gemessene maximale Anzahl ist für die Dresdner Stationen in Tabelle 7 zusammengestellt.

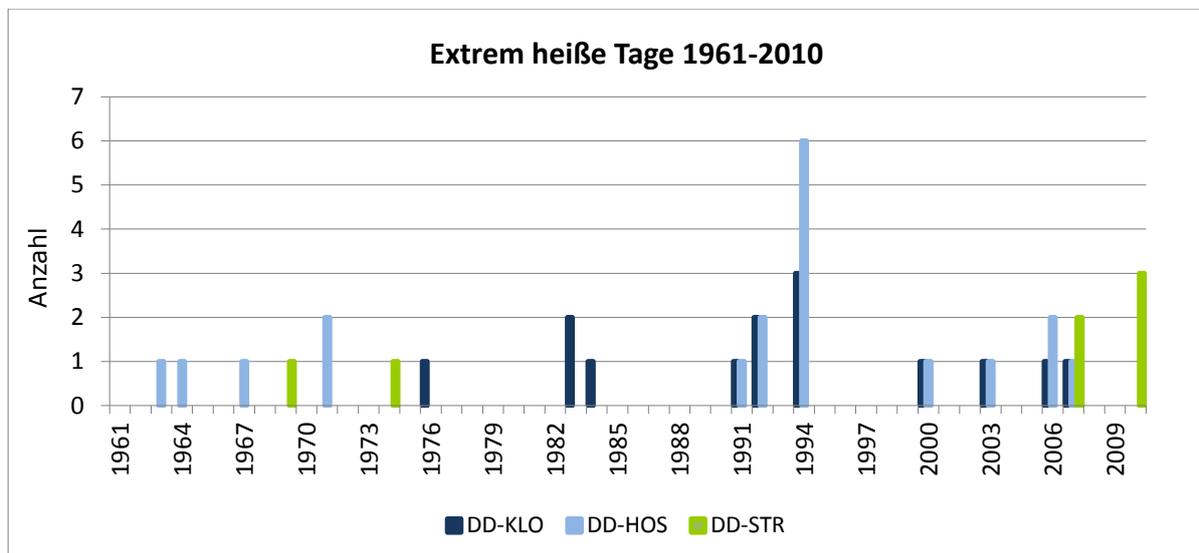


Abbildung 13: Jährliche Anzahl an extrem heißen Tagen im Zeitraum 1961-2010

Station	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-NOB	DD-LOS
Mittlere Anzahl an heißen Tagen	7,2	12,0	12,8	14,7	20,4	12,2	12,5
Maximale Anzahl an heißen Tagen	19 (2006)	32 (2003)	18 (1969)	27 (2006)	35 (2006)	26 (2003)	24 (2006)
Mittlere Anzahl an extrem heißen Tagen	0,3	0,6	0,5	1,4	2,4	1,2	1,0
Maximale Anzahl an extrem heißen Tagen	3 (1994)	6 (1994)	3 (2010)	4 (2006)	8 (2006)	4 (1998, 2010)	3 (2010)

Tabelle 7: Mittlere und maximale Anzahl an heißen und extrem heißen Tagen seit Aufzeichnung an Dresdner Stationen

2.3.4 Tropennächte und Hitzeperioden

In Mitteleuropa sind Tropennächte, an denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C abkühlt, eher eine Seltenheit (DWD, 2010). In Dresden gibt es im langjährigen Mittel (DD-KLO) gerade eine Tropennacht pro Jahr (Tabelle 8). Infolge der städtischen Strukturen kann sich dieser Wert jedoch im Innenstadtbereich durchaus erhöhen. Anthropogene Wärmequellen, erhöhte Wärmespeicherkapazitäten und verminderte Durchlüftungsverhältnisse reduzieren die nächtliche Abkühlung im Vergleich zum Umland. Einerseits werden diese heißen Nächte begrüßt, wenn es z.B. um lange Grillabende geht, andererseits leidet die Schlafqualität des Stadtbewohners (P. Hupfer, 2006).

An der Station DD-KLO wurde die bisher höchste Anzahl von 6 Tropennächten im Jahr 1994 verzeichnet. Es ist durchaus anzunehmen, dass im Stadtgebiet sehr viel öfter tropische Nächte auftreten. Eine entsprechende Messstation im dicht bebauten Innenstadtbereich könnte hier den Beweis erbringen.

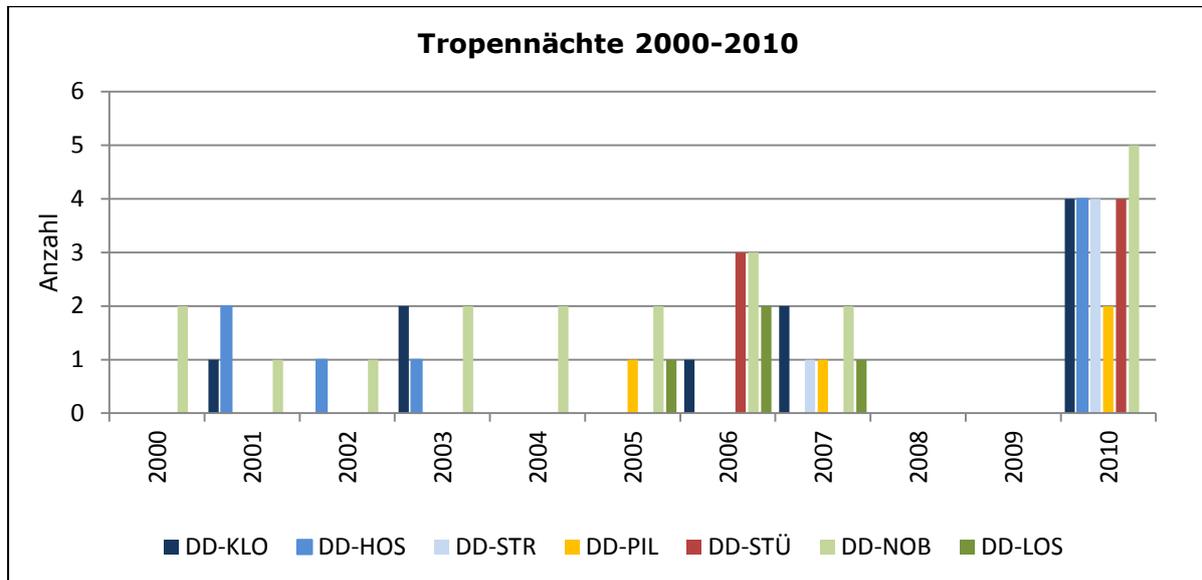


Abbildung 14: Jährliche Anzahl an Tropennächten im Zeitraum 2000-2010

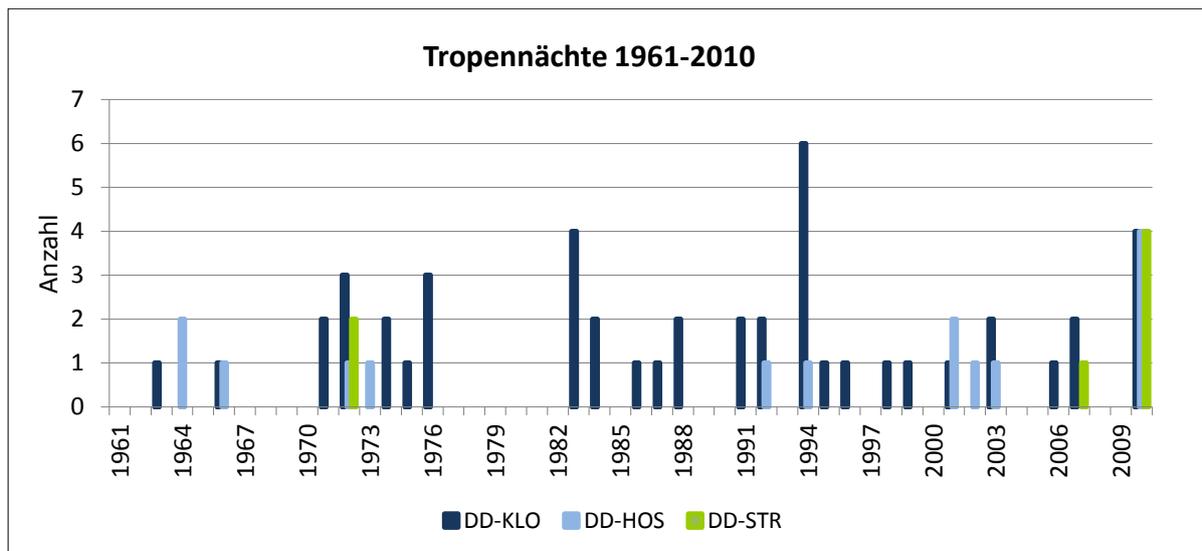


Abbildung 15: Jährliche Anzahl an Tropennächten im Zeitraum 1961-2010

Station	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-NOB	DD-LOS
Mittlere Anzahl an Tropennächten	0,9	0,5	0,5	0,6	1,0	1,7	0,7
Maximale Anzahl an Tropennächten	6 (1994)	4 (2010)	4 (2010)	2 (2010)	4 (2010)	5 (2010)	2 (2006)

Tabelle 8: Mittlere und maximale Anzahl an Tropennächten innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen

Eine Trendaussage über eine mögliche Änderung des Auftretens an Tropennächten sollte aus den unter 2.3.3 getroffenen Aussagen auch hier nicht erfolgen.

Nach der innerhalb des REGKLAM-Teams festgelegten Definition einer Hitzeperiode (2.1) trat solch eine bis dato nicht in Dresden auf. Die maximale Anzahl aufeinanderfolgender Tropennächte lag bei drei Tropennächten, gemessen an der Station DD-KLO 1994 und

2010. Beim Herabsetzen des Schwellenwertes einer Tropennacht auf z.B. 18 °C erhält man eine 9tägige Periode von Tropennächten im Sommer 1994. Im Jahr 2010 fiel im Stadtgebiet (DD-NOB) an 7 Tagen ohne Unterbrechung die Temperatur nicht unter 19 °C.

2.3.5 Frost- und Eistage

Fällt die Minimumtemperatur unter 0 °C, spricht man von einem Frosttag, erreicht das Tagesmaximum der Lufttemperatur die 0 °C-Marke nicht, spricht man von einem Eistag. Die Aussage der Abnahme an Frosttagen durch das MPI (Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2006) bestätigt sich im Trend für DD-KLO (Abbildung 16, gestrichelte Linie), wenn auch nur geringfügig. Dies ist u.a. dadurch zu begründen, dass im letzten Jahrzehnt wieder geringfügig mehr Frosttage gemessen wurden, wie aus Abbildung 17 hervorgeht. Aus Abbildung 9 und Abbildung 17 wird deutlich, dass die Schwankungsbreite bezogen auf Hitze und Kälte leicht zugenommen hat: eine höhere Anzahl sowohl an Sommertagen als auch an Frosttagen.

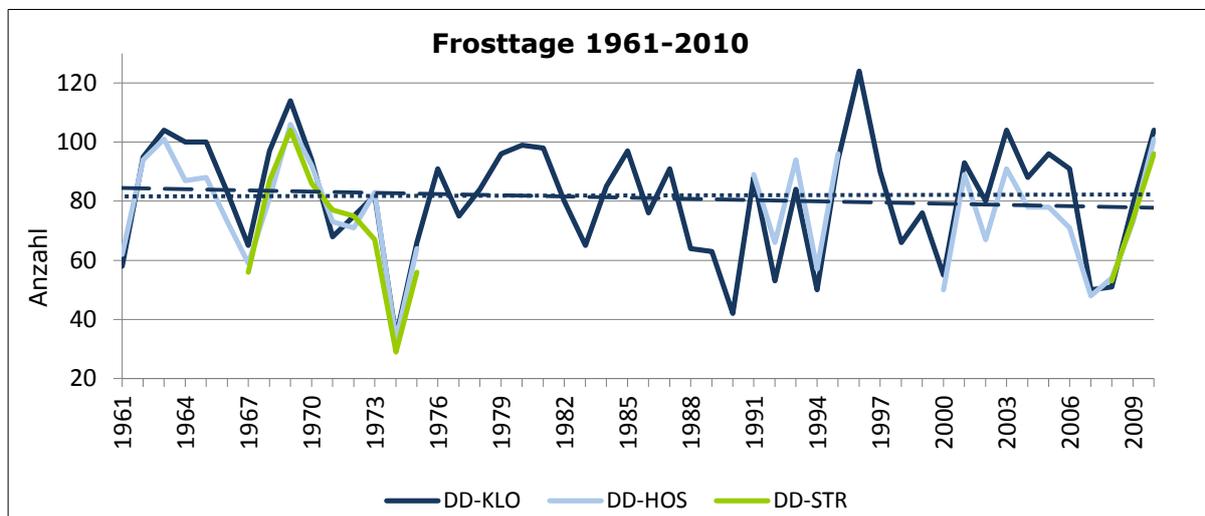


Abbildung 16: Jährliche Anzahl an Frosttagen; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

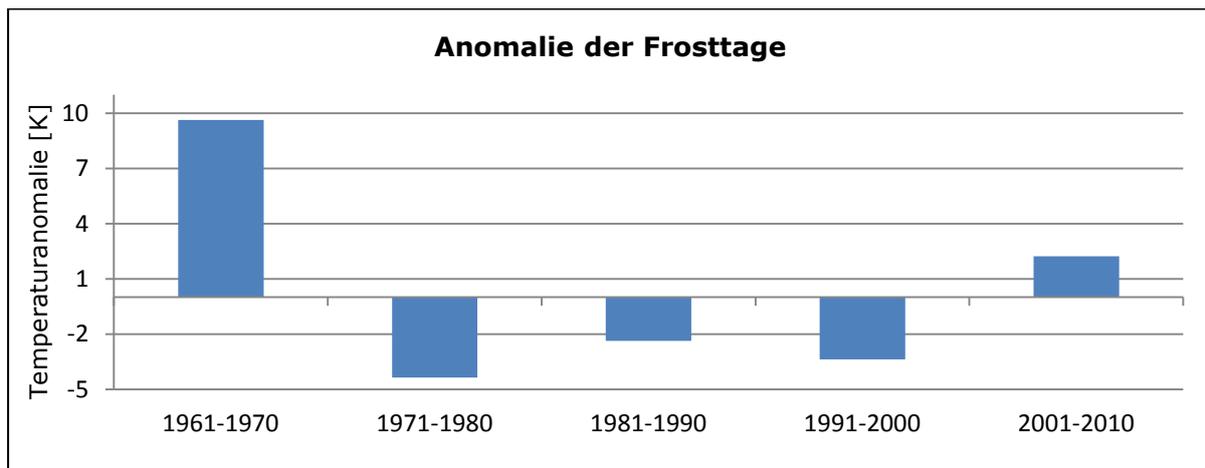


Abbildung 17: Dekadische Anomalie der Frosttage in Bezug zur Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO

Wie bereits mehrfach erwähnt, spiegelt sich der Stadteffekt auch in dieser thermischen Komponente wieder: es werden weniger Frosttage im Stadtgebiet gezählt als im städtischen Randbereich der Hochflächen.

Bei Betrachtung der Häufigkeit an Eistagen treten die Jahre 1963 und 2010 deutlich hervor. In diesen Jahren wurden mehr als doppelt so viele Eistage im Vergleich zum langjäh-

rigen Mittelwert gemessen. Die maximale Anzahl an Eistagen gemessen an der Station DD-KLO liegt bei 68 (1963), 2010 wurden nur fünf Eistage weniger (63) gezählt.

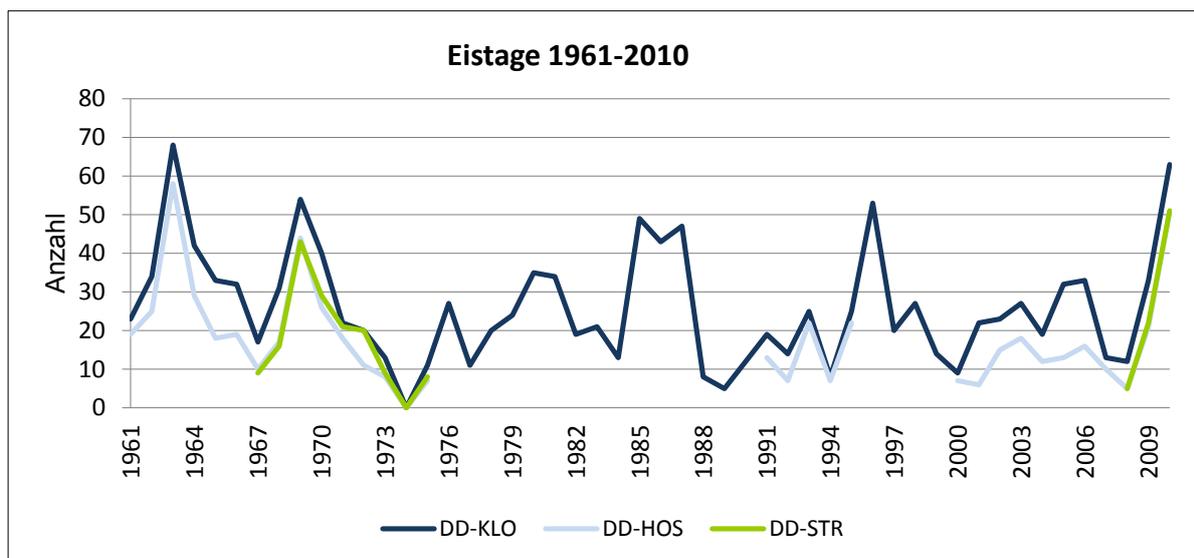


Abbildung 18: Jährliche Anzahl an Eistagen; klimatologischer Mittelwert DD-KLO (gepunktete Linie); Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Station	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-NOB	DD-LOS
Mittlere Anzahl an Frosttagen	81,4	76,1	74,0	77,0	70,6	78,3	80,1
Maximale Anzahl an Frosttagen	124 (1996)	106 (1969)	104 (1969)	107 (2010)	96 (2010)	103 (1996, 2010)	109 (2010)
Mittlere Anzahl an Eistagen	25,6	17,2	21,7	21,3	19,0	23,3	28,8
Maximale Anzahl an Eistagen	68 (1963)	58 (1963)	51 (2010)	47 (2010)	41 (2010)	56 (2010)	58 (2010)

Tabelle 9: Mittlere und maximale Anzahl an Frost- und Eistagen innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen

2.3.6 Heiztage

Ein Heiztag ist als Tag definiert, an dem die mittlere Lufttemperatur unter der Heizgrenze liegt. Um die Innenraumtemperatur auf einem bestimmten Wert zu halten, muss an einem Heiztag die Heizung eingeschaltet werden. Die Heizperiode ist dann der Zeitraum vom ersten bis zum letzten Heiztag der Wintersaison bzw. eine Andauer von mindestens fünf Heiztagen.

Abbildung 19 zeigt die gemessene Anzahl an Heiztagen an den Dresdner Stationen. Ein gewisser positiver Effekt der städtischen Wärmeinsel ergibt sich in der verringerten Anzahl an Heiztagen im Stadtgebiet gegenüber dem Umland. Der (geringen) Abnahme an Frost- und Eistagen folgend, ist ein abnehmender Trend der Heiztage pro Jahr seit 1961 zu beobachten (Abbildung 20). In wie weit sich der reduzierte winterliche Heizenergiebedarf ggf. mit einem erhöhten Kühlbedarf durch wärmere Sommer deckt, ist eine interessante energiewirtschaftliche Fragestellung, die in diesem Rahmen jedoch nicht weiter erörtert werden soll. Die Analyse der letzten Dekade lässt allerdings vermuten, dass die Herausforderung in einer zunehmenden Variabilität bzw. Spannweite der meteorologischen Kenntage liegt, d.h. sowohl heißere Sommer als auch kältere Winter auftreten.

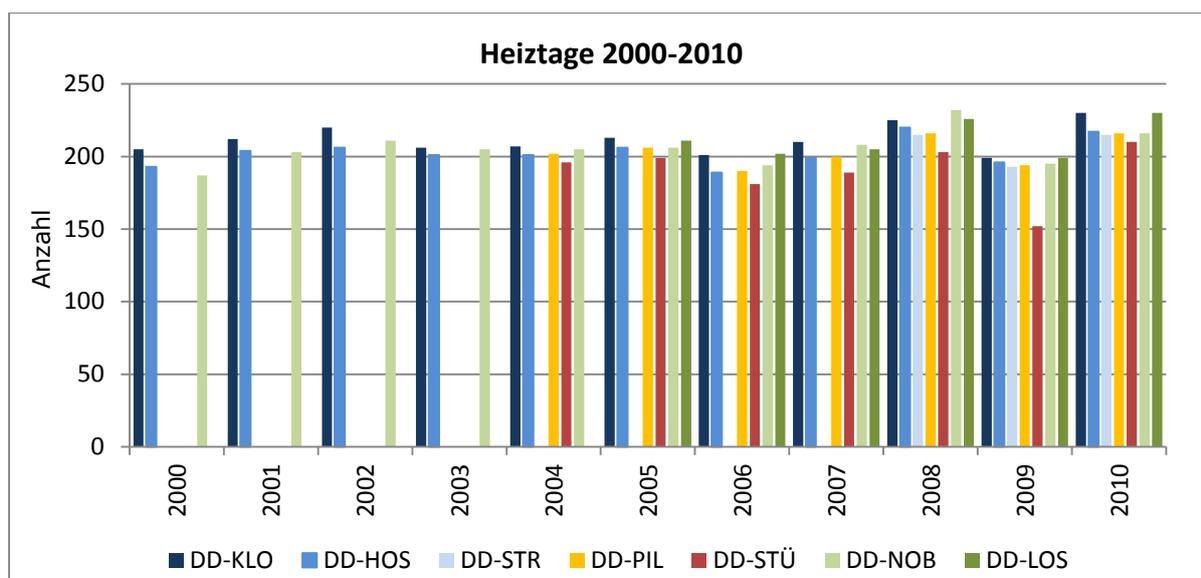


Abbildung 19: Jährliche Anzahl an Heiztagen im Zeitraum 2000-2010

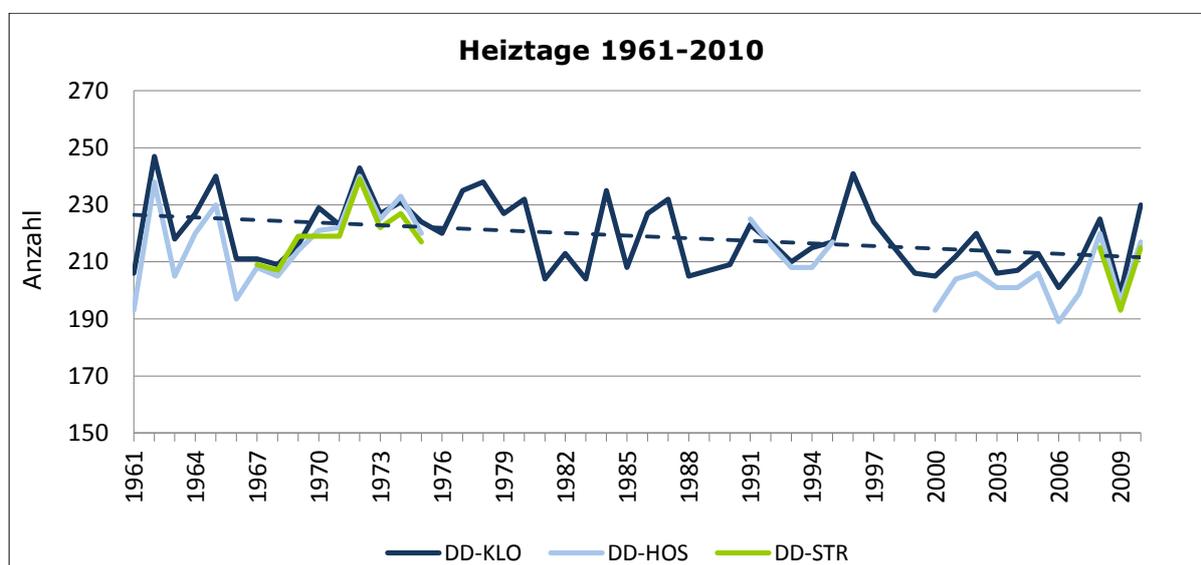


Abbildung 20: Jährliche Anzahl an Heiztagen im Zeitraum 1961-2010 und Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Station	DD-KLO	DD-HOS	DD-STR	DD-PIL	DD-STÜ	DD-NOB	DD-LOS
Mittlere Anzahl an Heiztagen	219,1	212,2	216,8	203,4	190	206,1	212,2
Maximale Anzahl an Heiztagen	247 (1962)	240 (1972)	239 (1972)	216 (2010)	210 (2010)	232 (2008)	230 (2010)

Tabelle 10: Mittlere und maximale Anzahl an Heiztagen innerhalb des Messbetriebs an Dresdner Stationen

2.3.7 Sonnenscheindauer

Die solare Einstrahlung stellt den wichtigsten energetischen Input in das Erde-Atmosphäre-System dar. Auch unter stadtklimatischen Aspekten ist die Sonnenstrahlung ein wichtiger Gesichtspunkt. In orographisch gegliedertem Gelände, so im Dresdner Stadtgebiet, können u.a. aufgrund von Hangneigung und Hangausrichtung, aber auch durch Gebäudehöhen und -dichten die Strahlungsverhältnisse schon auf kurzen Entfernungen differieren. Dies führt wiederum zu einer unterschiedlichen Erwärmung der Oberflächen und somit der darüber liegenden Luftschicht. Ausprägungen von Hitzeinseln, aber auch kleinräumigen Turbulenzen sind die Folge. Urbane Luftverunreinigungen können eine Reduzierung der Einstrahlung bedingen.

An den meteorologischen Stationen im Stadtgebiet werden einerseits die Sonnenscheindauer gemessen (DD-KLO, DD-HOS), andererseits die Globalstrahlung (DD-STR, DD-PIL, DD-NOB, DD-Winck, DD-Nord, RadeWahn).

„Unter der Sonnenscheindauer versteht man die in Stunden angegebene Zeit des Vorhandenseins direkter Sonnenstrahlung“ (P. Hupfer, 2006). Die Messung erfolgt mittels Sonnenscheinautograph durch Bündelung der Sonnenstrahlen durch eine Linse, wodurch auf einem Papierstreifen eine Spur eingebrannt wird. Die Länge der Brennspur gibt dann Auskunft über die Sonnenscheindauer bis auf eine zehntel Stunde genau.

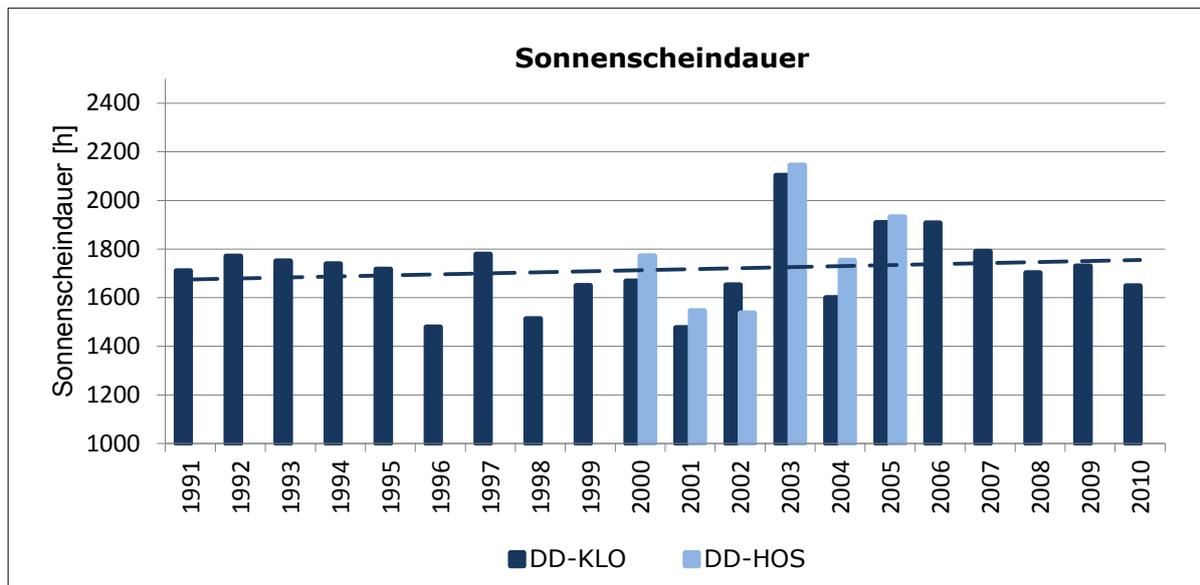


Abbildung 21: Sonnenscheindauer in Jahresstunden im Zeitraum 1991-2010 und Trend für DD-KLO (gestrichelte Linie)

Mit einer mittleren Summe von 1715 Sonnenstunden (Station DD-KLO, 1991-2010) liegt Dresden um 165 h über dem Deutschlandmittel. Innerhalb des Messzeitraumes 1991-2010 erhielt die Stadt 2003 den meisten Sonnenschein (Abbildung 21), was mit der maximalen Anzahl an gemessenen Sommertagen an der Station DD-HOS und DD-NOB einhergeht (Abbildung 7 bzw. Abbildung 8). An der Station DD-KLO wurde 2003 die zweithöchste Zahl an Sommertagen seit 1961 registriert.

Obwohl für den relativ kurzen Messzeitraum keine belastbare Trendaussage vorgenommen werden kann, spiegelt die in Abbildung 21 eingezeichnete Trendlinie die in der Veröffentlichung „Sachen im Klimawandel – Eine Analyse“ (TU-Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, 2008) bereits erwähnte Strahlungszunahme der letzten Jahrzehnte wieder. Diese beruht u.a. auf einer Verbesserung der Luftqualität im sächsisch-böhmischen Raum.

Die Globalstrahlung umfasst die gesamte solare Strahlungsleistung (direkte und diffuse Strahlung), die auf eine waagerechte Fläche trifft. Sie wird als Strahlungsflussdichte in W/m^2 mit einem Pyranometer gemessen. Die für Tag/Nacht, geographischer Breite, Sonnenschein/Bewölkung gemittelte jährliche Globalstrahlung für Deutschland beträgt $110 W/m^2$ (Wikipedia, 2011). An der Station DD-NOB wurde innerhalb des Messzeitraums eine mittlere Globalstrahlung von $120 W/m^2$ ermittelt. Abbildung 22 vermittelt den Eindruck eines Anstiegs der Globalstrahlung von 1998 bis ca. 2006 sowie einer nachfolgenden langsamen Abnahme bis 2010. Bei Betrachtung sehr langer Zeitreihen (mehrere Jahrzehnte) lässt sich ein sinusförmiger Verlauf in den Strahlungsmessungen erkennen. Der hier dargestellte kurze Zeitabschnitt liegt demnach vermutlich gerade in einer Phase des oberen Umkehrpunktes einer solchen Sinuskurve.

Die z.T. relativ hohen Unterschiede zwischen den Messstationen bis zu 20 % sind vermutlich auf die unterschiedlichen Sensoren bzw. unterschiedlichen Qualitäts-/Kalibrierungsverfahren zurückzuführen.

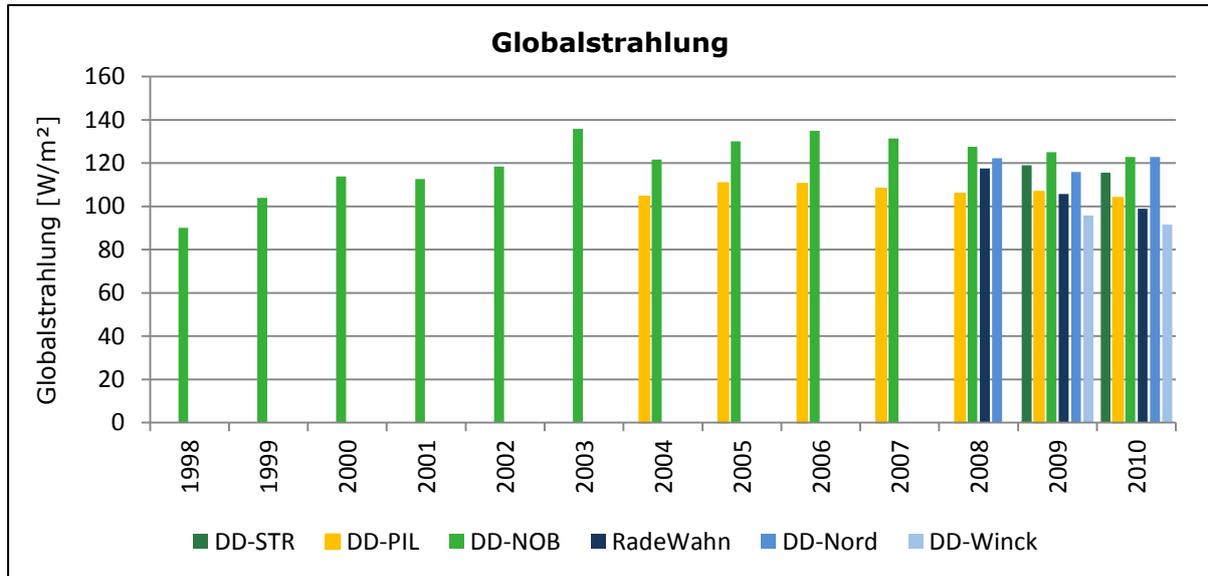


Abbildung 22: Jahresmittel der Globalstrahlung in W/m² im Zeitraum 1998-2010

3. Starkregen

Eine exakte Quantifizierung des Auftretens von Sturm-, Hagel- und Starkregenereignissen ist kaum möglich. Niederschlag entsteht aufgrund dynamischer Hebungsprozesse in der Atmosphäre. Diese Vorgänge laufen diskontinuierlich ab und unterliegen ständigen Veränderungen. Dementsprechend treten schon auf geringen Entfernungen erhebliche Unterschiede in Niederschlagsmenge und -dauer auf. Insbesondere ist dies bei Schauer- und Gewitterwetterlagen der Fall. Die z. T. heftigen Auf- und Abwärtsbewegungen in der instabilen Atmosphäre bedingen permanente Niederschlagsbildung und -auflösung. So bilden sich Niederschlagszellen von sehr unterschiedlicher Lebensdauer und Ausdehnung.

Lokale Wärmegewitter sind beispielsweise sehr kleinräumige Phänomene mit einer horizontalen Erstreckung von etwa 1-5 km und einer Lebensdauer von ca. 30-60 min. Diese können örtlich sehr ähnliche Erscheinungen (Starkregen, Böen, Hagel) hervorrufen wie mesoskalige konvektive Systeme, welche einen Durchmesser von 10-25 km (bis 100 km Durchmesser möglich) und eine sehr viel längere Lebensdauer aufweisen. Der Niederschlag des kleinen Einzelzellengewitters wird in starker Abhängigkeit von der Zugrichtung der Zelle möglicherweise von keiner einzigen Wetterstationen registriert, während das Regenereignis eines großskaligen Gewitterkomplexes mit sehr viel höherer Wahrscheinlichkeit erfasst wird.

Über mögliche Schäden durch Starkregenereignisse liegen so gut wie keine Daten vor (L. Cleemann, 2010). Erkenntnisse über die meteorologische Gefährdung durch Starkregen bzw. die hydrologische Gefährdung durch das Abflussgeschehen (z.B. Sturzfluten) stammen maximal aus einzelnen Schadens- oder Beschwerdemeldungen. Eine Abschätzung der Schäden ist daher nach wie vor sehr problematisch.

3.1 Definition

Laut DWD ist Starkregen definiert als Niederschlag hoher Dichte pro Zeiteinheit. Starkniederschläge mit einer Dauer von weniger als einer Stunde sind konvektiven Ursprungs innerhalb einer labilen atmosphärischen Schichtung, mit schauerartigem Charakter und häufig verbunden mit Gewittern. Sie treten lokal stark begrenzt auf. Schnell ansteigendes und abfließendes Hochwasser oder Überschwemmungen, oft verbunden mit Bodenerosion, können die Folge sein. Durch großflächiges Aufsteigen der Luft an Warmfronten oder an Gebirgszügen in eher stationären Wetterlagen können länger anhaltende ergiebige Niederschläge entstehen.

Starkregen ist nach Richtlinie des DWD in der BRD definiert als:

- Niederschlag > 5 mm/5 min
- Niederschlag > 7,1 mm/10 min
- Niederschlag > 10 mm/20 min
- Niederschlag > 17,1 mm/60 min

Außerdem ist „heftiger Starkregen“ wie folgt definiert:

- Niederschlag > 25 mm/ 1 Std.
- Niederschlag > 35 mm/ 6 Std.

3.2 Datengrundlage

Niederschlagsmessstationen sind im gesamten Stadtgebiet vorhanden, da neben den unter 2.1.2 aufgeführten Messstationen, welche neben der Temperatur z.T. auch Niederschlag aufzeichnen, weitere 16 Regenschreiber der Stadtentwässerung Dresden (SEDD)

Niederschlag registrieren. Die Regenschreiber sind in Tabelle 11 aufgelistet, die Lage zeigt Abbildung 23.

Die Verwendung der vorhandenen Daten wird durch die Messintervalle und die Definition von Starkregenereignissen eingeschränkt. Hauptsächlich Kurzzeitintervalle <60 Minuten sind hier von Bedeutung. Der Großteil der Daten liegt leider nur als Tageswerte oder 1-Stunden-Werte vor und ist daher für die Starkregenauswertung unbrauchbar. Lediglich die Regenschreiber der SEDD messen in 5-Minuten-Intervallen, so dass sich die Analyse der Starkregenereignisse hauptsächlich auf diesen Datenpool beschränkt. Die Inbetriebnahme/Messdauer der 16 Schreiber ist allerdings sehr unterschiedlich und die Datensätze sind z.T. sehr lückenhaft. Die Daten liegen unkorrigiert vor.

Für die Zeitintervalle ≥ 60 Minuten finden zusätzlich die 1-Stunden-Werte der DWD-Stationen DD-KLO, DD-HOS und DD-STR sowie die Stationen des agrarmeteorologischen Messnetzes DD-PIL und DD-STÜ Verwendung, die seit 01/2009 vorliegen.

Wie bereits in der Einführung erläutert, ist bei der Auswertung der Anzahl von Starkregenereignissen zu beachten, dass es sich bei den Niederschlagsmessungen um punktuelle, ortsfeste Messungen handelt. Es ist also durchaus möglich, dass ein Ereignis durch die Maschen des Beobachtungsnetzes fällt und somit nicht registriert wird. Die gezählten Ereignisse liefern daher in keiner Weise eine quantitativ gesicherte Angabe. Desweiteren sind Niederschlagsmessung stets mit einem systematischen Messfehler behaftet, der v.a. durch den Windeinfluss entsteht. Dieser wird mit steigender Niederschlagsintensität kleiner. Bei der vorliegenden Klassifizierung der Niederschlagsmengen in Grenzwertbereiche ist dies zu berücksichtigen.

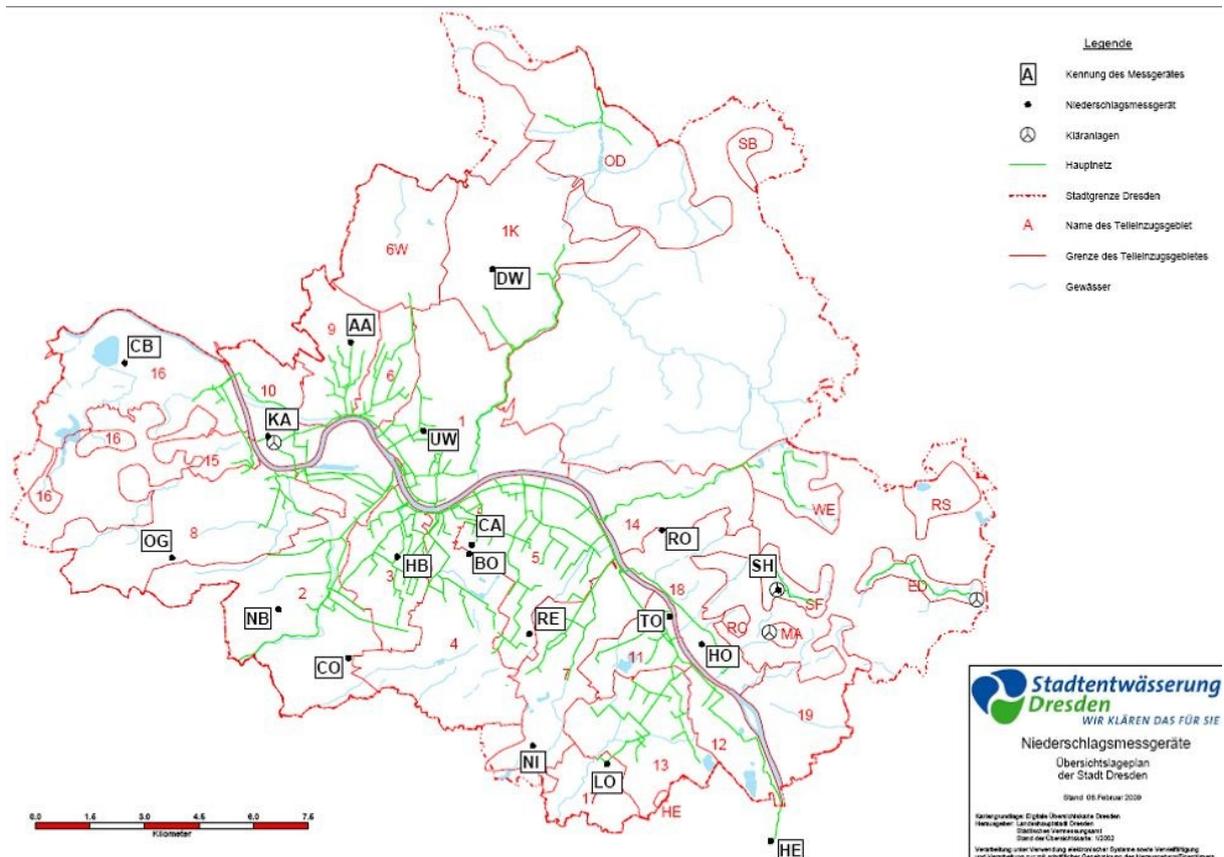


Abbildung 23: Lage der Regenschreiber der Stadtentwässerung Dresden (SEDD)

Stations_ID	Stationsname (Lage)
AA	UEPW Trachau (Aachener Str.)
CA	Cannalettostr. (Altstadt)
CO	WW Coschuetz (Kohlenstr.)
DW	DEST Klotzsche (Doernichtweg)
HB	Reitbahnstr. / Hbf (Luftkissendueker)
HO	WW Hosterwitz (Wasserwerkstr.)
LO	Lockwitz (Lockwitztalstr.)
NB	HB Nausslitz (Bonner Str.)
NI	HB Nickern (Fritz-Meinhardt-Str.)
OG	HB Obergorbitz (Altnossener Str.)
RE	HKW Reick (Liebstaetter Str.)
RO	HB Rochwitz (Kruegerstr.)
TO	WW Tolkewitz (Wehler Str.)
UW	UW Neustadt (Fritz-Reuter-Str.)
SH	KA Schoenfeld
BO	Botanischer Garten (Stuebelallee)

Tabelle 11: Stations_ID, Name und Lage der SEDD-Regenschreiber

3.3 Datenauswertung

Mittlere Niederschlagssummen

Um einen Überblick über die Dresdner Niederschlagsverhältnisse zu bekommen, ist in Abbildung 24 der klimatologische Mittelwert der Station DD-KLO für die Zeiträume 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 dargestellt.

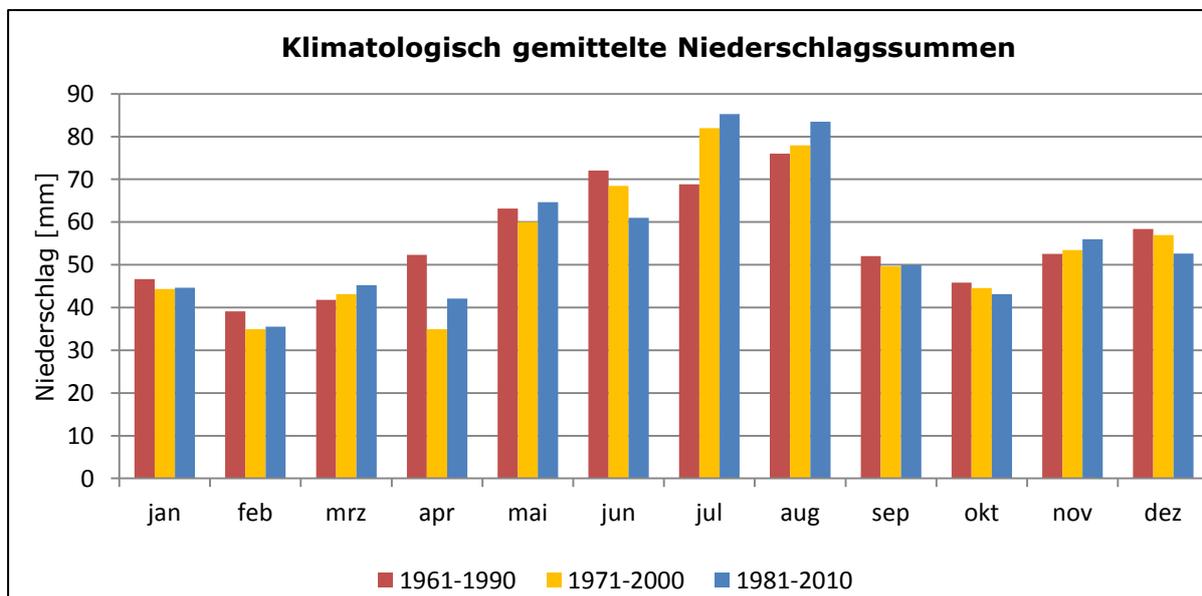


Abbildung 24: Klimatologische Mittel der Niederschlagssummen pro Monat für die Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010 für DD-KLO

In der Klimanormalperiode 1961-1990 lag der Jahresniederschlag in Dresden-Klotzsche bei 669 mm (zum Vergleich das Deutschlandmittel für denselben Zeitraum: 789 mm). Im Zeitraum 1971-2000 lag die mittlere Jahresniederschlagssumme bei 650 mm, im Zeitraum 1981-2010 bei 664 mm. Mengenmäßig hat sich demnach das Niederschlagsangebot in diesen Perioden nicht nennenswert verändert. Jedoch ist eine monatliche Umverteilung festzustellen, wie aus Abbildung 24 hervorgeht. Eine Regenzunahme hat insbe-

sondere in den Monaten Juli und August stattgefunden. Trockener wurde es im Herbst und Winter.

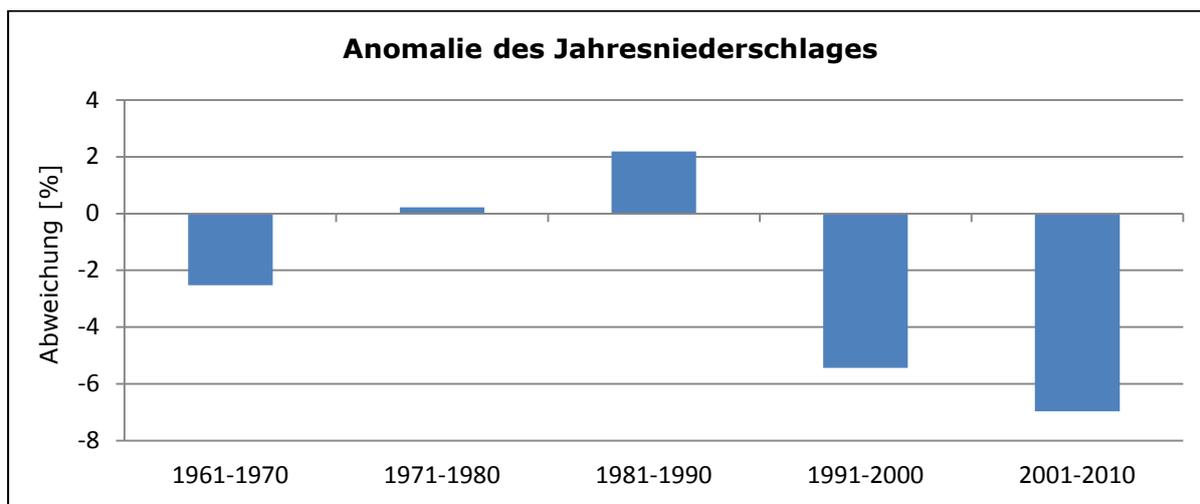


Abbildung 25: Dekadische Anomalie der Niederschlagssumme in Bezug zur Referenzperiode 1961-1990 für DD-KLO

Betrachtet man die dekadische Veränderung der Niederschlagssummen (Abbildung 25) zum klimatologischen Mittelwert (1961-1990) ist eine Abnahme in den letzten zwei Jahrzehnten zu beobachten, die mit maximal -7 % (2000-2010) jedoch nur äußerst gering ausfällt.

Innerhalb des Stadtgebietes variieren die Messwerte der jährlichen Niederschläge teilweise deutlich (Abbildung 26). Dies ist hauptsächlich durch die Datenlücken und unterschiedlich langen Zeitreihen zu begründen. Eine gewisse Verfälschung der Jahressummen ist daher wahrscheinlich. Innerhalb des angegebenen Zeitraumes liegt ein durchgängiger Datensatz lediglich von den Station DD-KLO, DD-STR und HO (SEDD) vor. Die Datenreihen aller Regenschreiber weisen Lücken von unterschiedlichem Umfang auf. Fehlen mehr als 10 % der Tageswerte wurden keine Monatswerte ausgewiesen, dementsprechend ggf. auch keine Jahreswerte. Die Daten wurden von der Stadtentwässerung Dresden unkorrigiert übernommen und auch keiner weiteren Korrektur unterzogen.

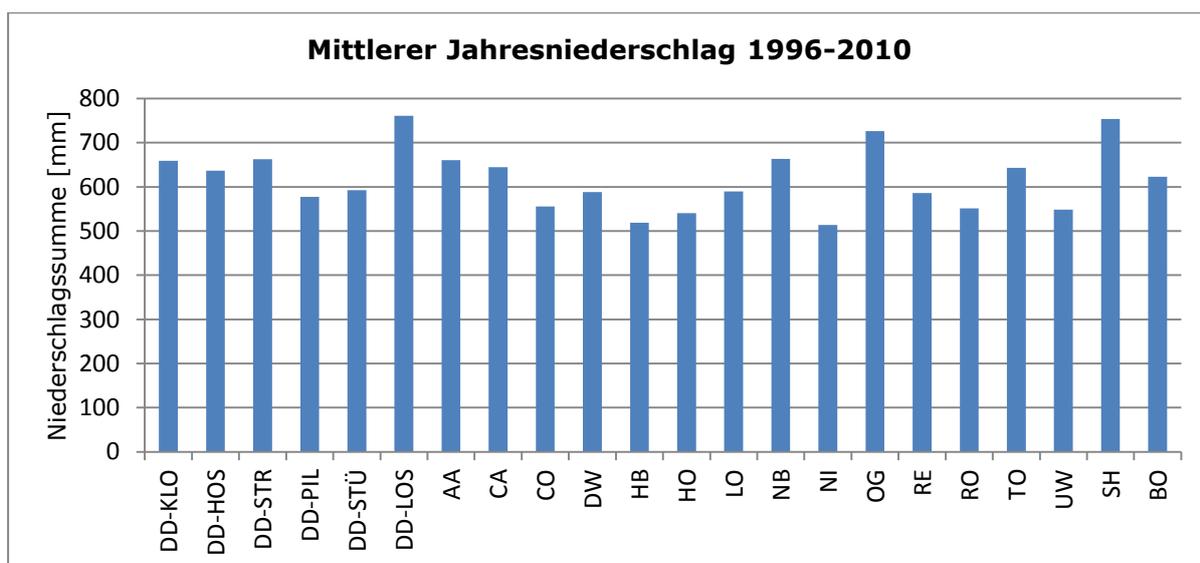


Abbildung 26: Mittlere jährliche Niederschlagssumme an Regenmessstationen im Stadtgebiet für den Zeitraum 1996-2010

Die höchsten Jahressummen werden an den Stationen DD-LOS, OG und SH gemessen. Orographische Effekte sowie der Stadteffekt können eine gewissen Umverteilung der Nie-

derschläge bedingen: höhere Niederschlagssummen treten auf den südlichen Hochflächen sowie im Lee der Stadt, also vornehmlich auf den nord-/nordöstlichen Hochflächen (Schönfelder Hochland).

Starkregen

Die Auswertung der Starkregenereignisse erfolgt nach der ersten registrierten Schwellenwertüberschreitung (3.1). Entsprechend des auszuwertenden Zeitintervalls wurden nachfolgende Ereignisse ermittelt. Es wurde jede einzelne Überschreitung aufgenommen, unabhängig davon, ob die Ereignisse an einem Tag hintereinander auftraten oder an unterschiedlichen Tagen. Es wurden alle Zeitintervalle entsprechend den Definitionen für Starkregenereignisse (3.1) ausgewertet. Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen beispielhaft die Ergebnisse der Starkregenereignisauswertung für das 5 min-Intervall und das 360 min-Intervall.

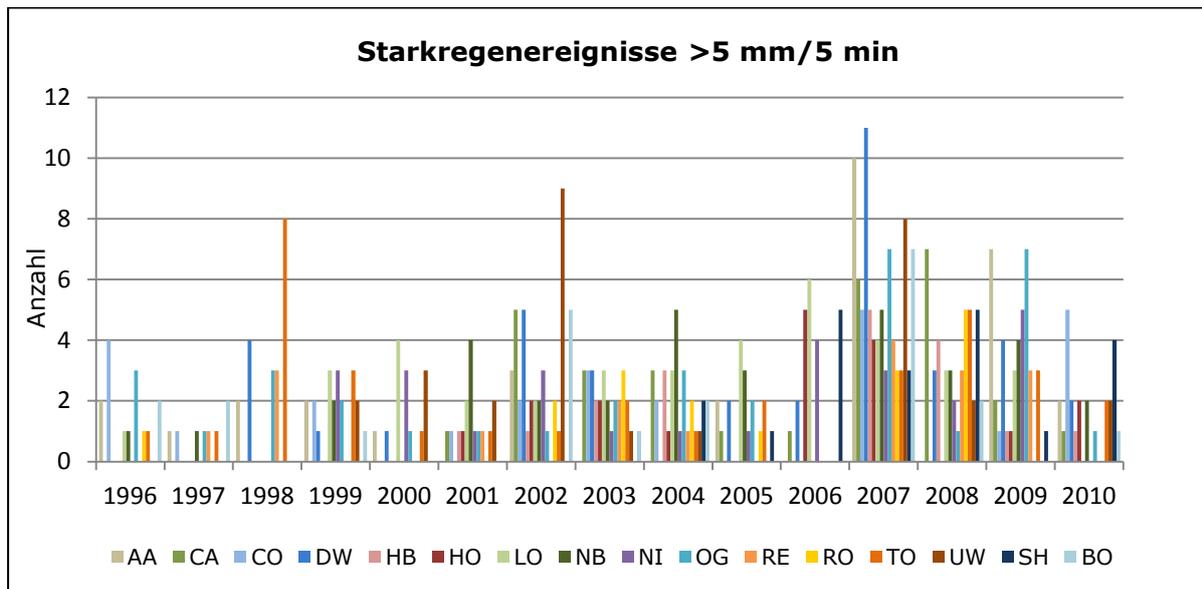


Abbildung 27: Jährliche Anzahl an Starkregenereignissen mit mehr als 5 mm gemessenem Niederschlag innerhalb von 5 min

Innerhalb des Messzeitraumes, der für die jeweiligen Regenschreiber variiert, gab es maximal 11 Starkregenereignisse (2007) der Kategorie >5 mm/5 min. Die Ereignisse traten alle zwischen Mai und September auf. Es wurden maximal 5 Ereignisse innerhalb eines Monats registriert.

Die Häufigkeit von Starkregen, der mehr als 35 mm innerhalb von 2 Stunden liefert, ist deutlich geringer (Abbildung 28). Die höchste Anzahl von 10 Ereignissen, gemessen am Regenschreiber BO (Botanischer Garten) in einem Jahr weicht deutlich von den anderen Messwerten ab. Alle 10 Ereignisse wurden im August 2002 gemessen. Leider existieren aus diesem Zeitraum keine Regendaten der unmittelbar benachbarten Station DD-STÜ, die diese Menge bestätigen könnten. Von allen anderen Regenschreibern werden zwar deutlich weniger Ereignisse beobachtet als am Schreiber BO, jedoch treten die im Jahr 2002 registrierten Ereignisse ebenfalls alle im August auf, hervorgerufen durch die damals außergewöhnliche meteorologischen Situation.

In den anderen Starkregenabstufungen liegen die Ereigniszahlen in ähnlichen Größenordnungen wie in den beiden hier vorgestellten Intervallen. Eine maximale Anzahl von 12 Starkregenereignissen pro Jahr wird in keinem der Intervalle überschritten. Je länger die vorgegebenen Zeitintervalle, umso weniger Regenschreiber registrieren ein solches Ereignis.

Ein Trend bzw. eine innerstädtische Verteilung der Eintrittshäufigkeit von Starkregen ist aufgrund der Datenlage und der hohen Variabilität von Niederschlag nicht ableitbar.

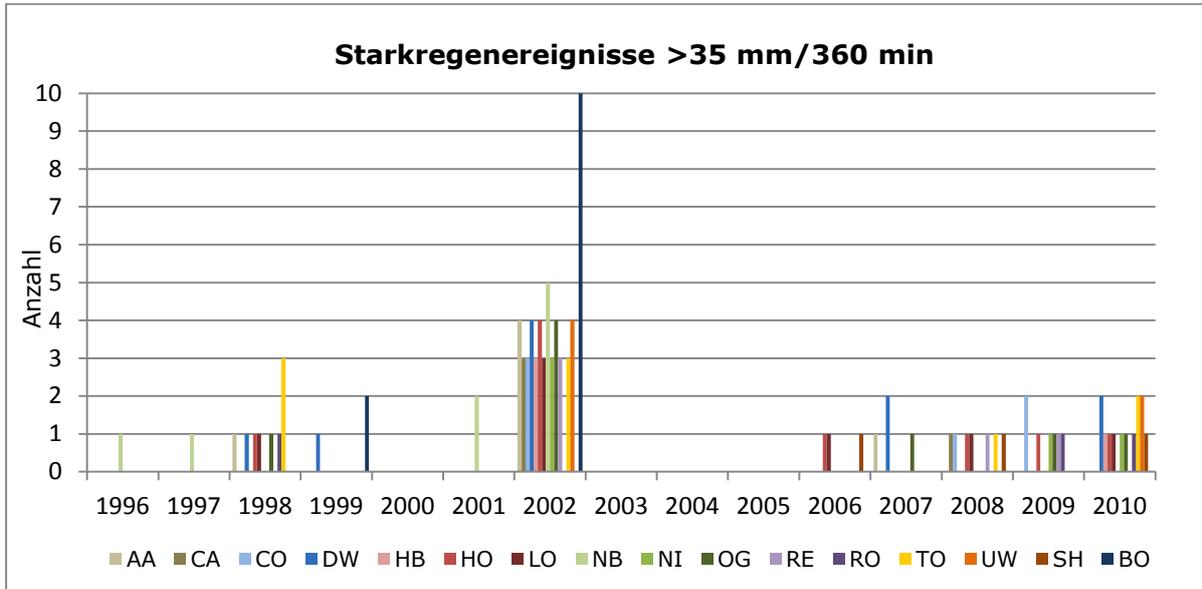


Abbildung 28: Jährliche Anzahl an Starkregenereignisse mit mehr als 35 mm gemessenem Niederschlag innerhalb von 360 min

4. Wind

Windbewegungen sind die Folge von atmosphärischen Druckunterschieden. Je größer der Druckgradient ist, umso höhere Windgeschwindigkeiten können auftreten. Aber auch Kanalisationseffekte durch z.B. die Orographie können eine Windgeschwindigkeitsverstärkung hervorrufen. Bei einer gemessenen Windgeschwindigkeit der Stärke >8 Beaufort (maximales 10-Minuten Mittel) spricht man von einem Sturmtag (DWD). Versicherungsgesellschaften kommen für Sturmschäden erst bei Überschreitung dieser Windgeschwindigkeit auf (D. Aller, 2008). Die verschiedenen Abstufungen der Heftigkeit eines Sturmes sind in Tabelle 12 unter 4.1 aufgelistet.

Sturmschäden treten an Gebäuden z.B. durch das Abdecken eines Daches und/oder Eindrücken von Fenstern auf. Aber auch umherfliegende Gegenstände, abbrechende Äste, Umknicken von Bäumen können erhebliche Schäden an Menschen, Gebäuden, Infrastruktur, Kraftverkehr u.ä. verursachen. Innerhalb des Stadtgebietes kann es durch die Ausrichtung von Straßenschluchten zu einer Windverstärkung kommen. An Gebäudekanten können infolge der Luftbewegung Druckunterschiede entstehen, die ein Abheben der Dachbedeckung zur Folge haben können oder zum Eindrücken von Fensterscheiben führen. Es muss aber nicht immer das Windereignis an sich Ursache des Schadens sein. Ungenügende Dimensionierung in der Bauweise oder der Gebäudezustand selbst können Grund des Schadens sein (D. Aller, 2008).

4.1 Definition

Der Deutsche Wetterdienst definiert Sturm als Wind von großer Heftigkeit, der erhebliche Schäden und Zerstörungen anrichten kann. Dabei wird unterschieden zwischen verschiedenen Stärken von Sturm, wie die nachfolgende Tabelle zeigt:

	Bft	m/s	km/h
Sturmtag	≥8	>17.2	>62
Sturm	9	20.8-24.4	75-88
Schwerer Sturm	10	24.5-28.4	89-102
Orkanartiger Sturm	11	28.5-32.6	103-117
Orkan	>12	ab 32.7	ab 118

Tabelle 12: Klassifikation der Windgeschwindigkeiten (DWD)

Allgemein gilt als Sturmtag ein Tag, an dem das größte während des Tages aufgetretene 10-Minuten-Mittel 8 Beaufort erreicht bzw. überschreitet. Ebenso zählt als Orkan das Andauern einer Windgeschwindigkeit >12 Beaufort über einen Zeitraum von mindestens 10 Minuten. Handelt es sich nur um kurzzeitige Windgeschwindigkeitsspitzen von mindestens 118 km/h (höchstens 20 Sek, mindestens 3 Sek) spricht man von Orkan**böen**, die zu jeder Jahreszeit auftreten können.

4.2 Datengrundlage

Die meisten der in Tabelle 1 aufgeführten Stationen messen lediglich die Windgeschwindigkeit als Tagesmittel. Auch von den Messcontainern des LfULG stehen nur 1-Stunden-Werte für die Auswertung zur Verfügung. Monats- bzw. Jahresmittelwerte können daraus natürlich bezogen werden. Zur Auswertung von Sturmereignissen müssen jedoch 10-Minuten-Mittel herangezogen werden bzw. gemessene Windgeschwindigkeitsmaxima. So

beschränken sich die für die Sturmereignisauswertung nutzbaren Daten ausschließlich auf die Station DD-KLO für den Zeitraum 1991-2010.

Station	Windgeschwindigkeitsmaxima	Tages-/Monats-/Jahresmittel
DD-KLO	x	x
DD-NOB		x
RadeWahn		x
DD-Nord		x

Tabelle 13: Stationen mit den zur Verfügung stehenden Winddaten

4.3 Datenauswertung

Mittlere Windgeschwindigkeit

Zur Vollständigkeit zeigt Abbildung 29 die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit gemessen an den Dresdner Stationen. Der Unterschied zwischen Tallage und Hochebenen wird beim Vergleich der Stationen DD-PIL und DD-KLO bzw. RadeWahn deutlich. Aufgrund der in Dresden vorherrschenden Hauptwindrichtung aus dem südwestlichen Sektor liegen die Stationen DD-KLO und RadeWahn im mehr oder weniger freien Anströmbereich. Beide Stationen befinden sich auf der Hochfläche im Nordwesten der Stadt unter ähnlichen Umgebungs- und Anströmbedingungen. Daher weichen die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten nur unwesentlich voneinander ab. Aufgrund der Topographie treten im nordwest-südöstlich ausgerichteten Elbtal an der Talsohle niedrigere mittlere Windgeschwindigkeiten auf (DD-PIL).

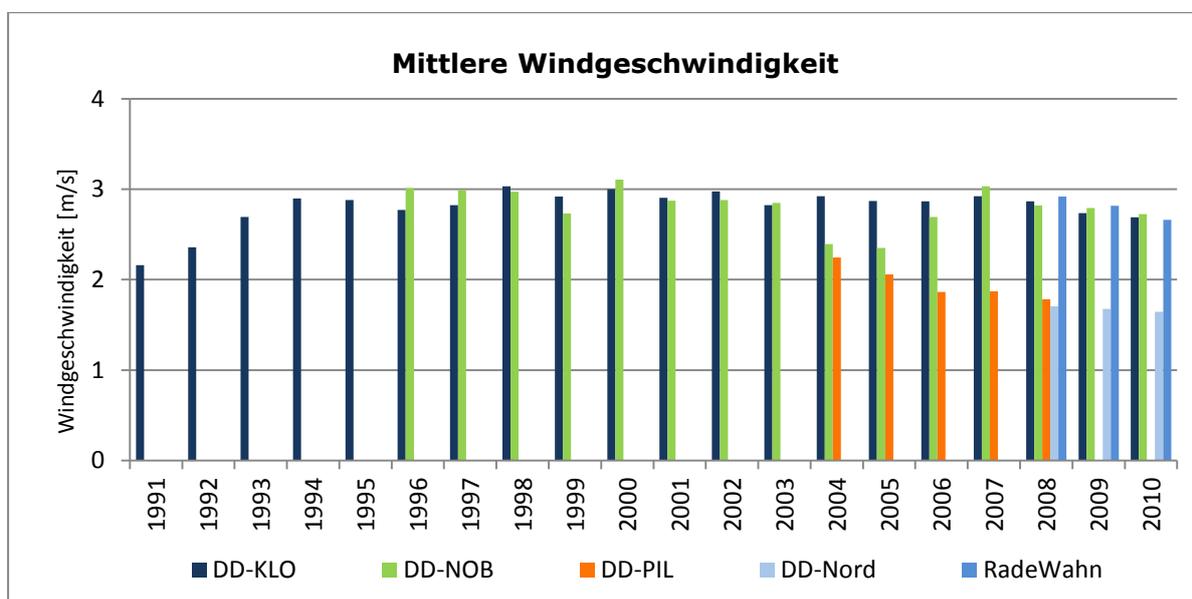


Abbildung 29: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit an Dresdner Stationen

Auffällig und typisch für die städtischen Strukturen ist die reduzierte mittlere Windgeschwindigkeit an den Stationen im dicht bebauten Stadtgebiet gegenüber den gering bebauten Randbereichen. Je weiter sich die Messstation im Innenstadtbereich befindet, umso geringer werden die mittleren Windgeschwindigkeiten. An der Station DD-Nord ist die mittlere Windgeschwindigkeit um ca. 40 % reduziert im Vergleich zur Referenzstation DD-KLO.

Bei den Werten der Station DD-NOB ist zu beachten, dass die Windmessung nicht wie üblich in 10 m über Grund registriert wird, sondern sich das Anemometer auf dem Dach

eines 3 stöckigen Gebäudes befindet. Dies erklärt die dort gemessenen hohen Windgeschwindigkeiten.

Die Windgeschwindigkeitsverteilung übers Jahr zeigt Abbildung 30. Ein typischer Jahresgang ist zu erkennen mit einem Windgeschwindigkeitsminimum in den Sommermonaten und einem Maximum im Winter. Dies ist begründet durch den südlicheren Verlauf der Polarfront (Zone des Aufeinandertreffens der polaren und subtropischen Luftmassen, „Ursprungsgebiet“ der Tiefdrucksysteme) im Winterhalbjahr. Weniger Hochdruckwetterlagen und stärkere Druckgradienten mit häufigerem Durchzug von ausgeprägten Tiefdrucksystemen bestimmen diesen Zeitraum.

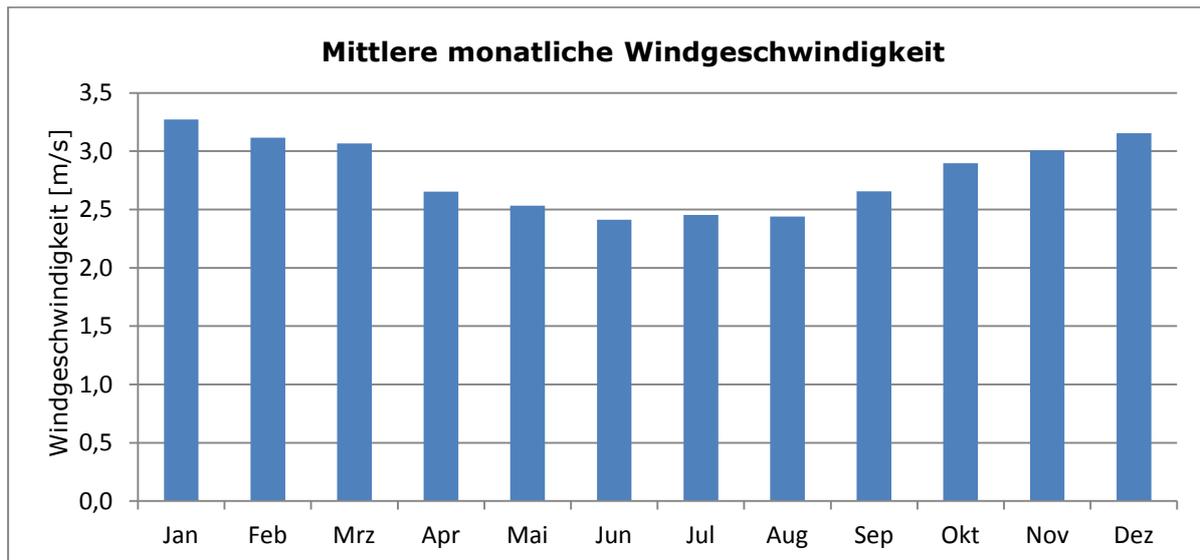


Abbildung 30: Mittlere monatliche Windgeschwindigkeit gemittelt über den Zeitraum 1991-2010 für DD-KLO

Sturmereignisse

Bei der Auswertung der Häufigkeiten von Sturmereignissen ist zu beachten, dass lediglich die maximale Windgeschwindigkeit des Tages ausgewertet werden konnte. Mehrmaliges Überschreiten des Schwellenwertes für Sturm/schweren Sturm/orkanartigem Sturm/Orkan an einem Tag konnte somit nicht berücksichtigt werden.

Abbildung 31 zeigt die Summe der pro Jahr aufgetretenen Sturmtage, gemessen an der Station DD-KLO. Obwohl in der Abbildung eine Trendlinie eingezeichnet ist, sollten Tendaussagen zur Windgeschwindigkeit aufgrund der langperiodischen Variabilität nur aus sehr langen Zeiträumen abgeleitet werden (Rosenhagen, 2008). Im Mittel gibt es 28 Tage im Jahr, an denen eine maximale Windgeschwindigkeit >8 Bft gemessen wird.

Abbildung 32 stellt den saisonalen Verlauf der Sturmtage im Zeitraum 1991-2010 dar. Korrespondierend zu Abbildung 30 treten im Winter deutlich mehr Sturmtage auf als im Sommer.

Die Häufigkeiten der seit 1991 in DD-KLO gemessenen Kategorien an Sturmereignissen (Sturm, schwerer Sturm, orkanartiger Sturm, Orkan) zeigt Abbildung 33. Die höchste Anzahl von 19 Tagen mit einer maximalen Windgeschwindigkeit ≥ 9 Bft trat 1995 auf. Dabei wurden 8 der 19 Ereignisse im Januar registriert.

Im Messzeitraum 1991-2010 wurden zwei Orkanereignisse gemessen: im Januar 1994 und Januar 2007. Die maximalen Windgeschwindigkeiten betragen 32,9 m/s bzw. 34,3 m/s.

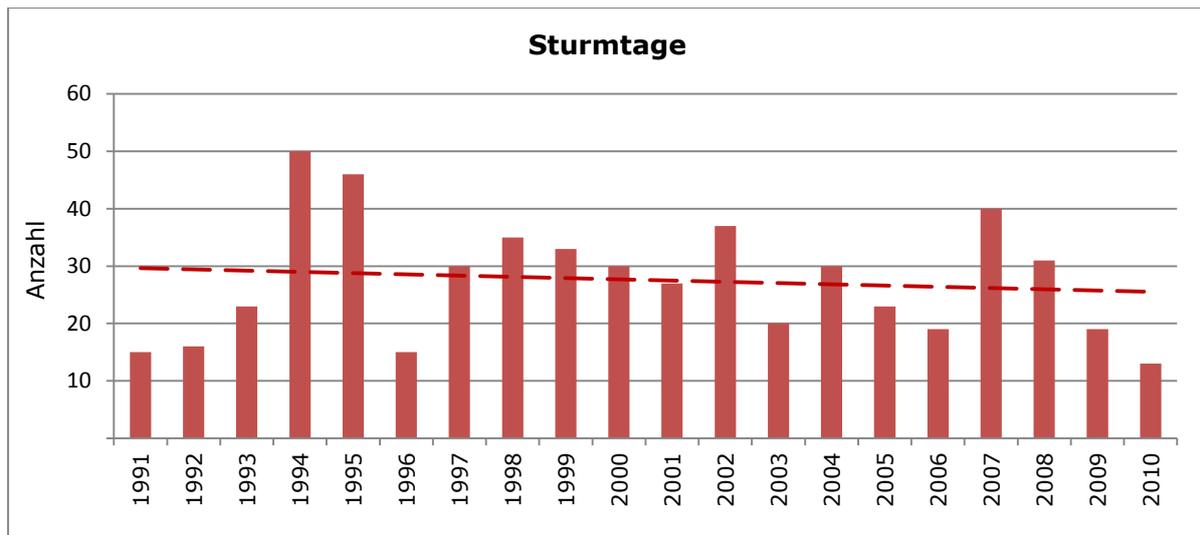


Abbildung 31: Jährliche Anzahl an Sturmtagen an der Station DD-KLO und Trend DD-KLO (gestrichelte Linie)

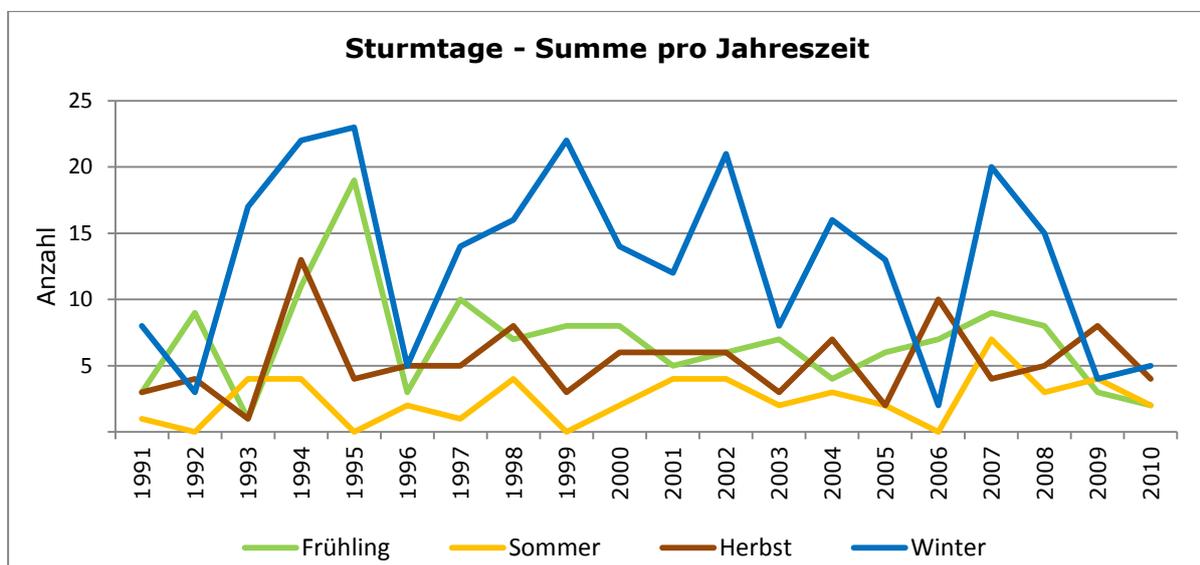


Abbildung 32: Mittlere saisonale Anzahl an Sturmtagen an der Station DD-KLO

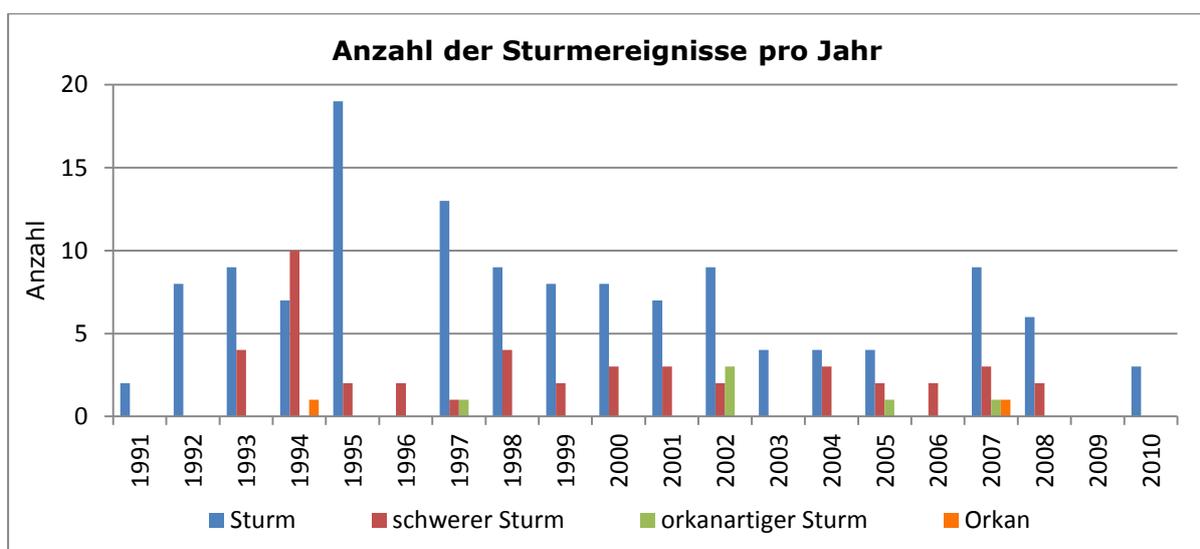


Abbildung 33: Jährliche Anzahl der Tage mit Sturm, schwerem Sturm, orkanartigem Sturm und Orkan an der Station DD-KLO

5. Hagel

Nach Schäden durch Winterstürme und Hochwasser nehmen Hagelschäden mit 25 % an den Gesamtschäden den dritten Platz ein (Puskeiler, 2009). Laut Schiesser (1988) verursachen Hagelkorngrößen ab 10 mm Durchmesser die ersten Schäden. Autos und Scheiben sind ab Korngrößen von 15 mm Durchmesser gefährdet. In der Landwirtschaft sind die Schäden abhängig von der angebauten Frucht und dem Reifegrad. Ausschlaggebend für die Schadenshöhe sind die Anzahl der Hagelkörner sowie deren maximale und durchschnittliche Größe (Puskeiler, 2009). Die Aussage Puskeilers, dass in Windböen eingebettete und somit stark beschleunigte Hagelkörner die Schadenswirkung erhöhen, stimmt mit Ausführungen der Vereinigten Hagel WaG überein, wohingegen die Aussage, dass die Hagelkorngröße Einfluss auf die Schadenshöhe hat, von der Vereinigten Hagel nicht bestätigt wurde (Aussage im telefonischen Gespräch).

Einen weiteren entscheidenden Einflussfaktor auf den Hagelschaden an Gebäuden hat die Gebäudebeschaffenheit. Dabei sind insbesondere Typ und Alter der Gebäudestruktur, der Zustand des Bauwerks sowie die verwendeten Baumaterialien und eventuelle Abschattungen des Gebäudes durch z.B. Bäume relevant (Puskeiler, 2009). Modernere Gebäude sind nicht in jedem Falle standhafter gegen solche Art Unwetter. Wintergärten, große Glasfassaden und Dachfenster sind stärker gefährdet als traditionell gebaute Bauwerke mit z.B. herkömmlichen Ziegeldächern. Der größte Teil, fast 90 % aller gemeldeten Schäden, tritt an Wohngebäuden durch beschädigte Rollläden, Farbabplatzungen an Fassaden und Dachschäden auf (M. Stucki, 2007).

5.1 Definition

Hagel als Niederschlag in Form von Eiskugeln oder Eisklumpen gehört zu den fallenden Hydrometeoren. Erst ab einem Durchmesser von 5 mm spricht man von Hagel, darunter von Graupel (DWD).

Hagel entsteht in hochreichenden Gewitterwolken durch das sofortige Gefrieren unterkühlten Wassers an Kristallisationskernen. Nur hier herrschen die starken Auf- und Abwinde, die durch die weitere Anlagerung von Wasser, Eis- und Schneekristallen zum Anwachsen der Eiskörner zum Hagelkorn führen. Haben die Hagelkörner eine bestimmte Größe erreicht, können sie nicht mehr von den Aufwinden getragen werden. Aufgrund der Schwerkraft fallen sie zur Erde. Ähnlich wie bei Starkregen tritt Hagel lokal sehr begrenzt auf als Folge von Wärmegewittern. Handelt es sich um Gewitterfronten (z.B. Kaltfrontgewitter), können auch ausgedehntere Hagelzüge entstehen. Hagel tritt hauptsächlich zwischen April und November, insbesondere von Juni bis August auf (R. Hohl, 2001).

5.2 Datengrundlage

Die Datenlage zu Hagelereignissen ist sehr spärlich, u.a. aufgrund des sehr lokalen Auftretens. Zudem gibt es bisher keine standardisierte automatische Messtechnik. Bei den Wetterdiensten, so auch beim DWD, wird Hagel allein durch einen Beobachter (Wetterbeobachter, Privatperson o.ä.) registriert. Desweiteren verfügen Versicherungsunternehmen über einen z.T. recht umfangreichen Datensatz. Hier werden Hagelereignisse im Nachhinein durch Eingang einer Schadensmeldung vermerkt.

Der DWD hat von einigen sächsischen Wetterstationen (siehe Abbildung 34) in und um Dresden Daten von Hagelmeldungen zur Verfügung gestellt. Die Datenbank ist jedoch weder vollständig noch homogen. U.a. durch Einstellungen oder Verkürzungen des Schichtbetriebs an Wetterbeobachtungsstationen oder einen Wechsel des Beobachtungs-

personals wird eine Inkonsistenz der Daten hervorgerufen, die zum Großteil nicht dokumentiert wurde. Die Daten können also nur einen groben Anhaltspunkt zur Einordnung der ungefähren Anzahl an Hagelereignissen in einem Jahr bedeuten.

Gesuchter Ort: Dresden (1067)		Koordinaten: 51° 3' 0" 13° 44' 55"			Radius: 50 km		
Bezeichnung	ID	Kennziffer	Höhe	Entfernung	Messbeginn	Messende	BL
BAD GOTTLEJBA-B (AKKST)	7307	4442	300	24,3 km	01.12.1999	30.11.2001	SH
DIESBAR-SEUSSLITZ	955	3235	100	32,4 km	01.01.1951	31.12.1975	SH
DIPPOLDISWALDE-REINBERG	931	4404	365	14,9 km	01.01.1991	26.02.2011	SH
DOEBELN	1003	3236	201	47,7 km	01.01.1947	31.12.1966	SH
DRESDEN-HOSTERWITZ	1050	3394	114	8,0 km	01.01.1951	26.02.2011	SH
DRESDEN-KLOTZ.(FLUGWEWA)	1048	3386	227	8,8 km	01.01.1967	26.02.2011	SH
DRESDEN-STREHLEN	1051	3237	119	3,4 km	01.01.1967	26.02.2011	SH
FREIBERG	1441	4402	380	33,2 km	01.01.1947	30.04.1993	SH
GARSEBACH BEI MEISSEN	3234	3384	157	24,9 km	01.01.1991	26.02.2011	SH
GEISINGBERG	1583	3238	823	30,8 km	01.05.1947	31.12.1970	SH
HINTERHERMSDORF	2225	3239	385	48,1 km	01.01.1947	31.12.1950	SH
KAMENZ	2506	3275	270	34,5 km	01.01.1947	31.08.1963	SH
LICHTENHAIN-MITTE.(AWST)	2985	4405	321	36,3 km	01.06.1994	26.02.2011	SH
NEUHAUSENERZG.-RAUSCHEN	833	4416	615	44,1 km	01.01.1991	30.04.2001	SH
NOSEN	6314	3379	308	33,0 km	31.07.2005	25.02.2011	SH
TAUBENHEIM-SEELIGSTADT	6095	3385	273	22,4 km	01.05.1998	30.09.1999	SH
WAHNSDORF B. DRESDEN	5282	3244	246	8,8 km	01.01.1917	30.06.1974	SH
ZINNWALD-GEORGEN.(WEWA)	5779	4414	877	35,2 km	01.01.1971	25.02.2011	SH

Abbildung 34: DWD-Stationen mit Hagelbeobachtungen im Umkreis von Dresden

Desweiteren hat die Vereinigte Hagel VVaG Daten aus ihren Schadensmeldungen bereit gestellt. Meldungen liegen aufgeschlüsselt nach Landkreisen (LK Dresden, LK Meißen, LK Sächsische Schweiz - Osterzgebirge und LK Bautzen) seit 2001 vor. Angaben über die Hagelkorngröße liegen jedoch nicht vor.

Die Verwendung der Daten von Versicherungsunternehmen beinhaltet größere Unsicherheiten, da die Schadensmeldungen in erster Linie abhängig sind von der Anzahl der versicherten Haushalte und von der Genauigkeit der gemeldeten Schäden selbst (L. Cleemann, 2010). Auch die von der Versicherung angegebene Schadenssumme hängt davon ab, welche Leistungen in die Versicherung überhaupt eingeschlossen sind (Puskeiler, 2009).

Aussagen über die Quantität oder den Trend des Auftretens von Hagelereignissen sollten aus den vorliegenden Daten nicht getroffen werden.

5.3 Datenauswertung

Wie im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, ist für den Datensatz des DWD keine Homogenität gewährleistet, zwischenzeitliche Datenlücken der einzelnen Stationen sind nicht dokumentiert. Allein für die Station Wahnsdorf wurde ein durchgängiger Stationsbetrieb von 1940 bis 1974 bestätigt. Gleiches gilt für die Flugwetterstation Dresden-Klotzsche für den Zeitraum 1970-2010.

Die Tagesangabe bedeutet, dass an diesem genannten Tag durch den Beobachter an der Station Hagel beobachtet wurde. In der Datentabelle sind dann wiederum die Eintrittshäufigkeiten pro Monat und Jahr für die jeweilige Station angegeben. Abbildung 35 zeigt die an den Stationen RadeWahn und DD-KLO beobachteten Hagelereignisse, aufsummiert pro Jahr.

Obwohl für beide Stationen ein kontinuierlicher Beobachtungsdienst durch den DWD bestätigt wurde, ist ein deutlicher Sprung in den Datensätzen zu sehen. Es handelt sich zwar um zwei unterschiedliche Standorte, jedoch differiert ihre Lage nicht so stark (beide Stationen befinden sich auf den Hochflächen am nordwestlichen Stadtrand), dass dies den signifikanten Unterschied im Werteverlauf erklären könnte. Betrachtet man einen 30jährigen Zeitraum, ergibt sich für RadeWahn für den Zeitraum 1941-1970 ein Mittelwert von 2,3 Hagelereignissen pro Jahr. An der Station DD-KLO liegt das 30jährige Mittel

im Zeitraum 1971-2000 bei 0,6 beobachteten Ereignissen pro Jahr. Maximal wurde 7mal innerhalb eines Jahres Hagel an der Station RadeWahn erfasst. Pro Monat gab es höchstens 2 Hagelvorkommnisse.

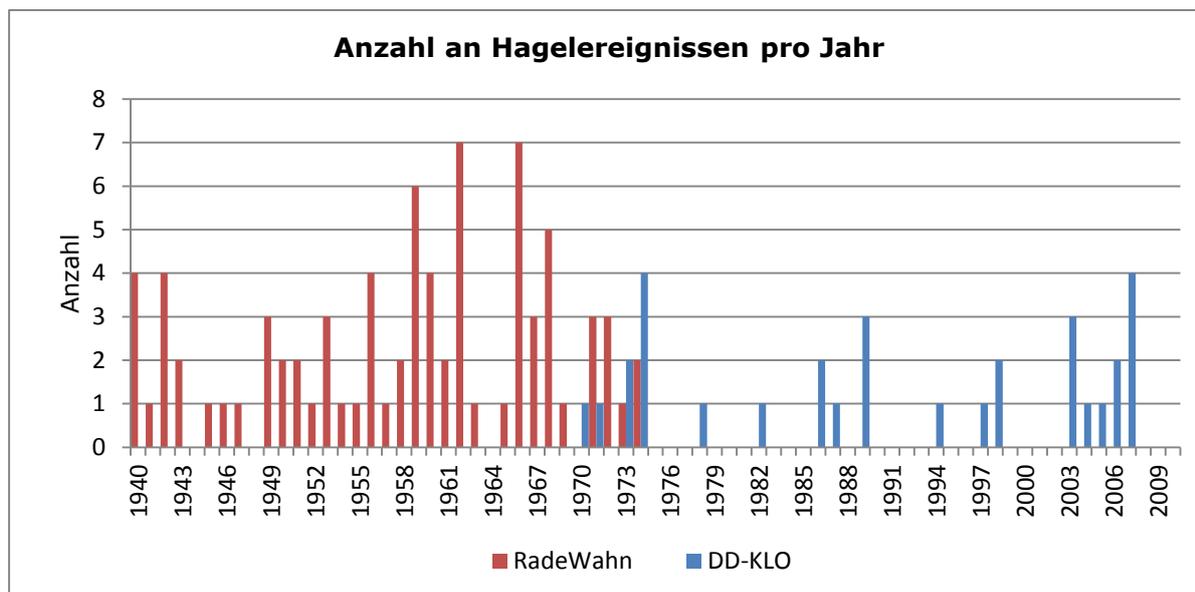


Abbildung 35: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen an der Station Radebeul-Wahnsdorf (RadeWahn) und Dresden-Klotzsche (DD-KLO)

	DD-Klotzsche	Dippoldiswalde-Reinberg	DD-Hosterwitz	DD-Strehlen	Garsebach bei Meißen	Nossen	Neuhausen/Erzgeb.-Rauschenbach
1991	0	-	1	0	-	-	2
1992	0	1	2	0	1	-	2
1993	0	2	0	0	0	-	1
1994	1	0	1	0	1	-	0
1995	0	0	0	0	2	-	0
1996	0	0	0	0	2	-	2
1997	1	0	0	0	0	-	1
1998	2	0	0	0	0	-	2
1999	0	0	1	0	0	-	4
2000	0	0	1	0	0	-	2
2001	0	0	0	0	0	-	-
2002	0	0	0	0	0	-	-
2003	3	0	1	0	0	-	-
2004	1	0	0	0	0	-	-
2005	1	0	2	0	2	-	-
2006	2	3	0	0	4	1	-
2007	4	4	2	2	1	1	-
2008	0	2	1	0	1	1	-
2009	0	2	0	1	0	1	-
2010	0	1	0	1	2	0	-

Tabelle 14: Anzahl der Hagelereignisse pro Jahr an sächsischen Stationen (Quelle: DWD)

Um einen Anhaltspunkt zu bekommen, wie oft in der Dresdner Region Hagel auftritt, wurden die vom DWD gelieferten Daten für verschiedene sächsische Stationen ausgewertet. Die beobachteten Ereignisse sind in Tabelle 14 zusammengetragen. Bekannte Datenlücken sind markiert (-), jedoch liegen keine Aussagen vor, ob innerhalb der angegebenen Messdauer weitere Lücken aufgetreten sind, wovon z.T. ausgegangen werden muss. Die graphische Darstellung der Werte zeigt Abbildung 36.

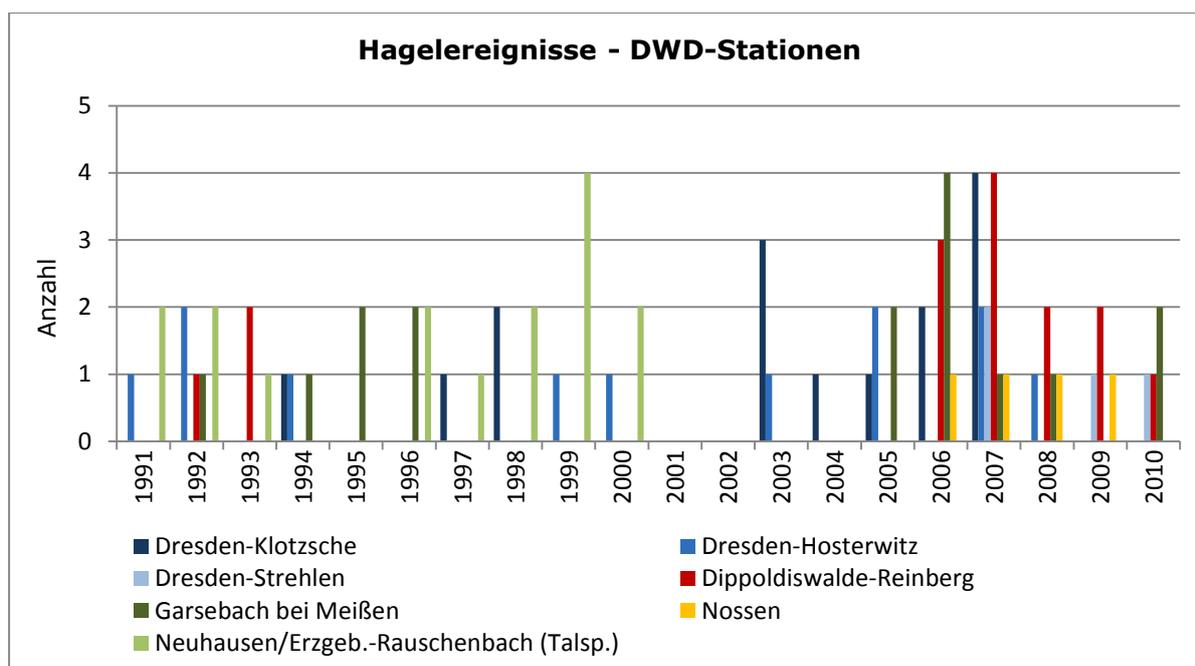


Abbildung 36: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen (Quelle: Beobachtungen an sächsischen DWD-Stationen)

An den vorliegenden 7 Stationen kam es höchstens zu 4 Hagelereignissen im Jahr, pro Monat traten höchstens 2 Ereignisse auf. Ob es sich bei der Anzahl von 4 Ereignissen im Jahr um eine realistische Zahl für das maximale Auftreten von Hagelunwettern in Sachsen handelt, ist fraglich. Hagelereignisse sind sehr lokale Wetterphänomene, die bei kleinsten Änderungen der meteorologischen Bedingungen bereits auf einer ganz anderen Zugbahn verlaufen können. Die Erfassung durch ein ortsfestes Messsystem ist daher eher als „glücklicher“ Umstand anzusehen. Augenbeobachtungen und Meldungen durch Privatpersonen oder durch die Mitglieder von Vereinen wie Skywarn Deutschland e.V. oder Stormchaser Europe sind daher ein wichtiger Bestandteil des Beobachtungssystems sowohl zur Meldung und Warnung von Gewittern und deren Begleiterscheinungen als auch zur Dokumentation und Analyse von Schäden nach Sturmereignissen. Doch auch in solchen Datensätzen ist zu berücksichtigen, dass Meldungen stark von der Präsenz der Beobachter abhängen.

Ein weiterer großer Datenpool liegt bei Versicherungsunternehmen. Die Vereinigte Hagel VVaG als Hagel-Spezialversicherer für Landwirtschaft, Gemüse-, Obst- und Weinbau mit einem Marktanteil von 55 % in Deutschland verfügt über eine Datenbank aus Schadensmeldungen in verschiedensten Landkreisen Deutschlands. Im Vergleich zu den Daten des DWD (Tabelle 14) liegen die beim Versicherungsunternehmer gemeldeten Hagelereignisse deutlich höher (Abbildung 37).

Im Jahr 2009 wurde mit 14 Ereignissen die höchste Anzahl an Hagelunwettern gemeldet. Allein 9 der 14 Ereignisse traten im Juli 2009 auf. Während 2002 an keiner der untersuchten DWD-Stationen Hagel beobachtet wurde (sofern die Station in diesem Zeitraum in Betrieb war), erfolgte in allen Landkreisen eine Hagelschadensmeldung bei der Vereinigten Hagel. Es wurde sogar die höchsten Anzahl von 4 Ereignissen im Kreis Dresden angegeben.

Dass im Kreis Dresden weit weniger Hagel gemeldet wird als in den umgebenden Landkreisen, mag einerseits in der sehr viel kleineren Fläche des Kreises Dresden begründet sein, andererseits in der Art der Versicherungsnehmer, die sich vermutlich stärker auf landwirtschaftliche Unternehmen stützt.

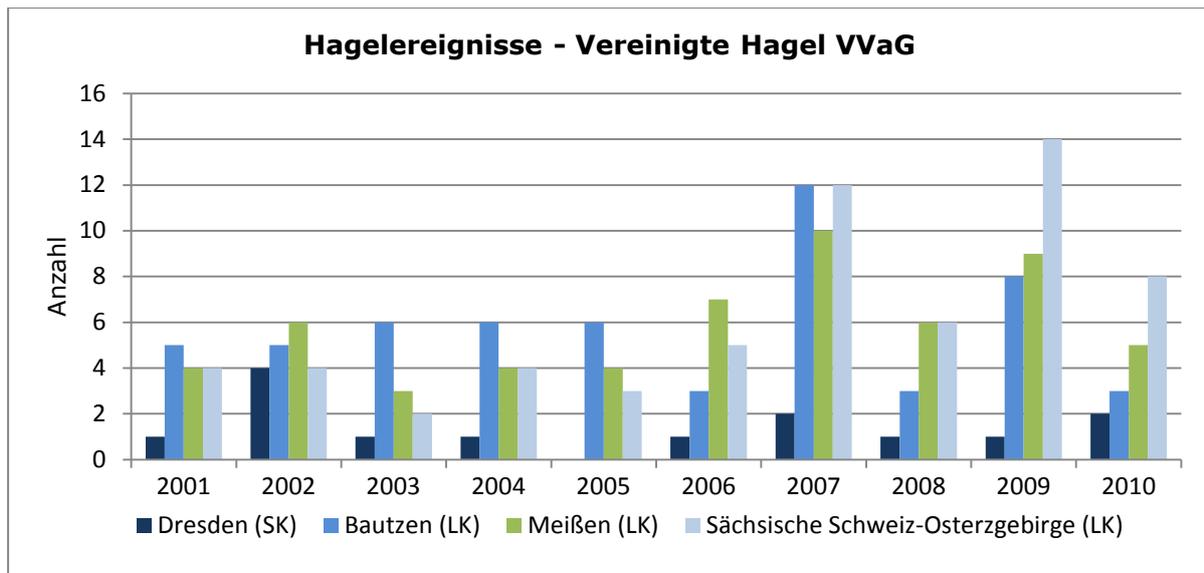


Abbildung 37: Jährliche Anzahl an Hagelereignissen (Quelle: Schadensmeldungen der Vereinigten Hagel VVaG in sächsischen Landkreisen)

Das aktuellste großräumige Hagelereignis war am 15.08.2010. Aus allen Landkreisen gingen Schadensmeldungen durch Hagel ein. Innerhalb des DWD-Datensatzes wurde Hagel in Garsebach bei Meißen registriert. Das Unwetter ging einher mit den u.a. an den Stationen DD-PIL und DD-HOS gemessenen Starkregenereignissen (>25 mm/60 min und >35 mm/360 min).

6. Hochwasserereignisse

6.1 Das Dresdner Gewässersystem

Dominierendes Gewässer im Stadtgebiet von Dresden ist mit einer Länge von 30,45 km und einem mittleren Durchfluss von etwa 320 m³/s die Bundeswasserstraße Elbe. Zuständig für die Unterhaltung der Wasserstraße ist der Bund. Die Vereinigte Weißeritz, der Lockwitzbach und die Große Röder sind Gewässer erster Ordnung, für die das Land Sachsen zuständig ist. Darüber hinaus fließen über 490 Gewässer zweiter Ordnung mit einer Gesamtlänge von etwa 420 km (davon rund 80 km verrohrt) im Stadtgebiet durch Dresden. Hier ist die Stadt Dresden selbst verantwortlich. Hinzu kommen etwa 270 stehende Gewässer mit einer Gesamtfläche von etwa 1 600 000 m² (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2009).

6.2 Datengrundlage

Kontinuierliche Wasserstandmessungen gibt es im Stadtgebiet an der Elbe (Pegel Dresden, an der Augustusbrücke), der Vereinigten Weißeritz (Pegel Cotta), dem Lockwitzbach (Pegel Kreischa), dem Gorbitzbach (Pegel Gorbitz 1), dem Weidigtbach (Pegel Gorbitz 2) und der Prießnitz (Pegel Klotzsche). Der Pegel an der Elbe wird durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes betrieben. Die weiteren Pegel werden durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) des Freistaates Sachsen betrieben. Zu den Hochwasserereignissen vom August 2002 und vom April 2006 liegen flächenkonkrete Informationen zur Ausdehnung der tatsächlichen Überschwemmungsgebiete an den einzelnen Gewässersystemen vor. Diese wurden durch Ortsbegehungen und Luftbilddauswertungen generiert und anschließend für die Elbe in einem interaktiven Beteiligungsprozess verifiziert.

6.3 Hochwasserereignisse an Gewässern 2. Ordnung - August 2002

Das bedeutendste Überflutungsereignis an den Gewässern 2. Ordnung trat im August 2002 auf. Nach einer Expertise des Deutschen Wetterdienstes, Regionales Gutachterbüro Dresden (zitiert in (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004)) kann das Regenerereignis vom 11. bis 13. August 2002 im Stadtgebiet von Dresden als 100-jährlicher Regen mit einer außerordentlich großen Fülle eingestuft werden. Die Niederschläge waren in Dresden nicht gleichmäßig verteilt. In Dresden-Neustadt wurden von der Stadtentwässerung Dresden ca. 150 mm und in Dresden-Gorbitz 235 mm innerhalb von 48 Stunden gemessen. Die Niederschlagsmengen führten zu einem extrem schnellen Anstieg der Abflüsse in den Gewässern 2. Ordnung innerhalb von wenigen Stunden. Auf Grund der Schnelligkeit konnten keine koordinierten Maßnahmen zur Steuerung der Abflüsse oder zur Begrenzung der Schäden ergriffen werden.

Insgesamt sind die Gewässer 2. Ordnung im Stadtgebiet auf etwa 48,5 km Länge ausgefert und haben dabei eine Fläche von etwa 3,9 km² überschwemmt. Dabei waren etwa 2100 Gebäude betroffen. Die Lage der überschwemmten Gebiete ist in Abbildung 38 dargestellt.

Durch das August-Hochwasser 2002 entstanden über 300 Schäden direkt an den Gewässern 2. Ordnung mit einem geschätzten Schadensumfang von ca. 13 Mio. Euro. Die indirekten Schäden und die Folgeschäden an Gebäuden, Infrastruktur etc. werden auf ca. 70 Mio. Euro geschätzt (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004).

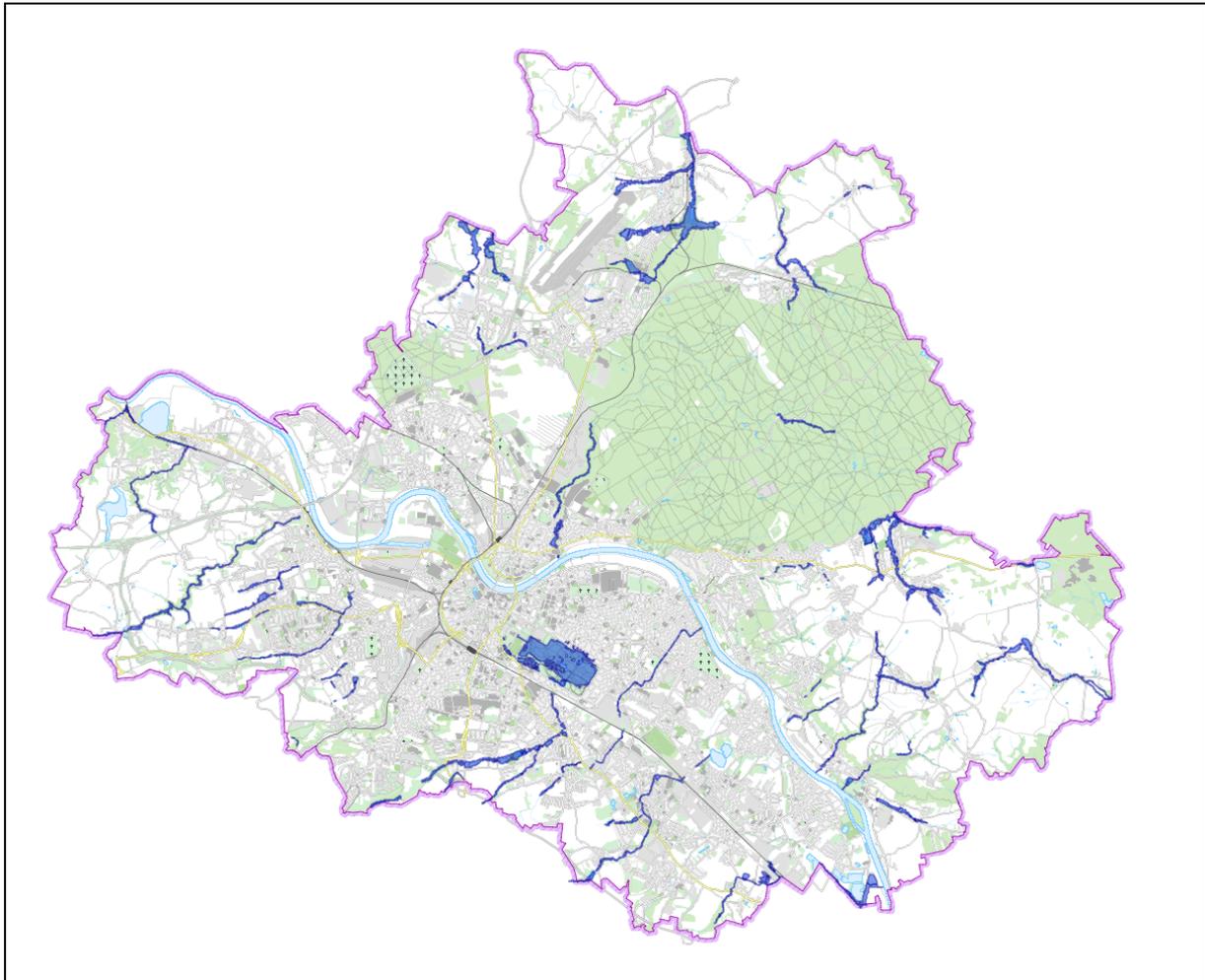


Abbildung 38: Tatsächlich überschwemmte Flächen an den Gewässern 2. Ordnung im August 2002

6.4 Hochwasserereignisse an Gewässern 1. Ordnung

6.4.1 Hochwasser vor 2002

a) Weißeritz

Die Tallagen der Weißeritz waren schon immer besonders hochwassergefährdet. Dies ist zum einen auf ihre geografische Lage und das teilweise sehr starke Gefälle des Gewässers zurückzuführen; zum anderen aber auch durch das geringe Rückhaltevermögen von Niederschlag im Einzugsgebiet bedingt. Aus der jüngsten Zeit sind die Hochwasser von 1897, 1927 und 1957 als besonders schwere, mit hohen Schäden und Verlust an Menschenleben verbundene Fluten bekannt.

Daneben sind zahlreiche Hochwasserereignisse dokumentiert, die ähnlich wie im August 2002 weite Teile des Osterzgebirges betreffen (Fügner, 2002) und (Pohl, 2004). Das war beispielsweise 1703, 1799, 1897 und 1958 der Fall.

Betrachtet man die Verteilung der Hochwasserereignisse aus den verschiedenen Flussgebieten in dieser Region über das Kalenderjahr, so ist eine Häufung der Extremereignisse von der 6. bis zur 10. Woche (Februar bis Anfang März) und vor allem von der 25. bis zur 35. Woche (Ende Juni bis Ende August) zu verzeichnen. Im Folgenden soll ein kurzer Rückblick auf die markanten Hochwasserereignisse im Weißeritzgebiet seit Ende des 19. Jahrhunderts gegeben werden.

Das Weißeritz-Hochwasser am 29./30. Juli 1897 mit einem nachträglich geschätzten Abfluss im Stadtteil Plauen von etwa 300 m³/s zerstörte im Plauenschen Grund die Felsenkellerbrauerei und den Dölzschener Eisenhammer. An der Tharandter Straße wurden mehrere Häuser beschädigt oder zerstört und die damals neu gebauten Brücken an der Würzburger Straße und der Bienertstraße zum Einsturz gebracht. In Löbtau wurde die Ufermauer vor dem Rathaus völlig zerstört und ein Teil des sich damals im Bau befindlichen Rathauses stürzte ein. Bei diesem Hochwasser floss die Weißeritz erstmals nach ihrer Umverlegung von 1893 wieder in ihr altes Bett und richtete in der Friedrichstadt sowie entlang des neuen Flusslaufes großen Schaden an. Im Bereich der „neuen“ Mündung der Weißeritz in die Elbe bei Cotta wurden umfangreiche Geschiebmassen mit einem Volumen von etwa 140 000 m³ abgelagert, die zeitweise sogar den Schiffsverkehr auf der Elbe verhinderten. In Tharandt waren alle Brücken zerstört, im Rabenauer Grund 15 Bahnbrücken. In den Freitaler Stadtteilen Deuben, Döhlen und Potschappel kamen zahlreiche Wohngebäude zum Einsturz. Es waren 19 Todesopfer und hunderte Obdachlose zu beklagen (Die große Wassersnot in Sachsen 1897, Leipzig 1897, 2002).

Am 08./09. Juli 1927 fielen in den oberen Einzugsgebieten von Gottleuba und Müglitz innerhalb weniger Stunden in Folge einer Vb-Wetterlage mehr als 200 mm Regen. Dies führte zu verheerenden Sturzfluten in den beiden genannten Flüssen, wobei 152 Menschen starben. Das Einzugsgebiet der Weißeritz war davon nicht in diesem Maße betroffen.

Am 09. Juli 1954 kam es zu einem Weißeritzhochwasser mit einem Durchfluss von etwa 108 m³/s am Pegel Dölzsch. Ursache dafür waren überdurchschnittlich starke Niederschläge, die in Sachsen im Zeitraum vom 07. bis 13. Juli 1954 fielen. Aus Freital wurde über Schäden in den Uferbereichen berichtet; weiterhin über die Ablagerung von Geröll im kurz zuvor geräumten Mündungsbereich in die Elbe (Böer, Schubert, & Wilser, 1959). Nach Aussagen von Zeitzeugen führte das Hochwasser zu keinen wesentlichen Ausuferungen im Stadtgebiet von Dresden.



Abbildung 39: Dresden 1958, Friedrichstraße, Blick Richtung Weißeritzstraße (Bildquelle Fam. Schlegel, Dresden)

Wiederum eine Vb-Wetterlage verursachte am 22./23. Juli 1957 ein Katastrophenhochwasser im Einzugsgebiet von Gottleuba und Müglitz mit der bis dahin größten Überflu-

tung des Stadtgebietes von Pirna. Für die Vereinigte Weißeritz wurde für dieses Ereignis eine Durchflussmenge von etwa 50 m³/s angegeben.

Beim Weißeritzhochwasser vom 05./06. Juli 1958 lag der Schwerpunkt der Niederschläge im Zwischeneinzugsgebiet unterhalb der Talsperren, die selbst nicht zum Überlauf kamen. Damals wurde am Pegel Dölzschen ein Durchfluss von 230 m³/s gemessen. Dies überstieg die Leistungsfähigkeit des Gewässerbettes der Vereinigten Weißeritz in Dresden. Ab einem Durchfluss von etwa 160 m³/s wurden einige Brücken eingestaut, ab einem Durchfluss von etwa 190 m³/s begann der Fluss am „Weißeritzknick“ auszufern. Daher ergossen sich die Wassermassen erneut entlang des historischen Verlaufs in die Friedrichstadt, aber auch in Richtung Cotta (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2010).

b) Lockwitz

Das Lockwitztal hat immer wieder schwere Überschwemmungen erfahren. Die älteste Überlieferung stammt aus dem Jahr 1616, als ein Wolkenbruch im Bereich zwischen Willich, Luchberg und Kohlberg niederging, der schwere Überschwemmungen in den unterhalb liegenden Orten zur Folge hatte.

Wie das gesamte Osterzgebirge war auch das Lockwitztal 1897 vom Hochwasser stark betroffen (Die große Wassersnot in Sachsen 1897, Leipzig 1897, 2002).

Als Maßnahme zum Schutz der Dresdner Stadtgebiete vor Überflutungen wurde nach dem Hochwasser von 1897 der Ausbau des Mühlgrabens ab der Tögelstraße beschlossen. Am 11. April 1927 wurde dazu am so genannten Pferdetump in Lockwitz ein automatisches Schwingwehr in Betrieb genommen. Anfang des 20. Jahrhunderts begann man mit der Eindeichung des Lockwitzbaches von der Mündung in die Elbe auf einer Länge von 2,3 km flussaufwärts. Die Dammhöhe des Lockwitzbaches wurde auf 30 cm über dem Hochwasser von 1845 festgelegt. Ebenso wurde in dieser Zeit die Eindeichung des Niedersedlitzer Flutgraben und damit die Begrenzung auf eine Abflusskapazität von ca. 15 m³/s bis zur Pirnaer Landstraße vorgenommen (Staatsarchiv Dresden, Wasserbaudirektion, 1901).

6.4.2 Hochwasser August 2002

c) Weißeritz

Am 12./13. August 2002 ist die Vereinigte Weißeritz zum dritten Male seit ihrer Umverlegung 1893 im Bereich ihres alten Flussbettes durchgebrochen und hat dabei die Friedrichstadt, die Wilsdruffer Vorstadt und das historische Stadtzentrum überflutet. Die Folgen des Hochwassers übertrafen alle bisherigen Ereignisse, da sogar der Hauptbahnhof und in der Folge weitere Teile der Innenstadt überschwemmt wurden. Deshalb flutete die Weißeritz 2002 nicht nur die gesamte Friedrichstadt, sondern auch Teile der historischen Innenstadt, den Zwinger und das Schauspielhaus. Am Sächsischen Landtag schließlich ergoss sich der Fluss in breiter Front in die Elbe, etwa an der Stelle, wo früher ein alter Weißeritzmühlgraben mündete.

Das Zentrum der Starkniederschläge am 12. und 13. August 2002 lag in den Einzugsgebieten der Roten und Wilden Weißeritz (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002). Das daraus entstehende Hochwasser zeigte die Grenzen der Rückhaltekapazität in den vorhandenen Talsperren deutlich. Sowohl die Rote und die Wilde Weißeritz als auch die Vereinigte Weißeritz wiesen Zuflüsse in bisher unbekanntem Maße auf. Da die Talsperren nur sehr begrenzt in der Lage waren, extrem große Wassermengen zurück zu halten, lag ihre Wirkung weniger in einer Reduzierung, sondern in einer zeitlichen Verzö-

gerung der Hochwasserscheitel. Durch diese Verzögerung des Hochwasserscheitels in der Wilden Weißeritz durch die Talsperren Klingenberg und Lehmühle wurde verhindert, dass die Hochwasserscheitelspitzen von Wilder und Roter Weißeritz in Freital-Hainsberg zur gleichen Zeit eintrafen. Wenn die Scheitel zusammengetroffen wären, hätte der Spitzendurchfluss in Freital etwa $500 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen. So konnte er auf rund $410 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden (Dittrich, 2003).

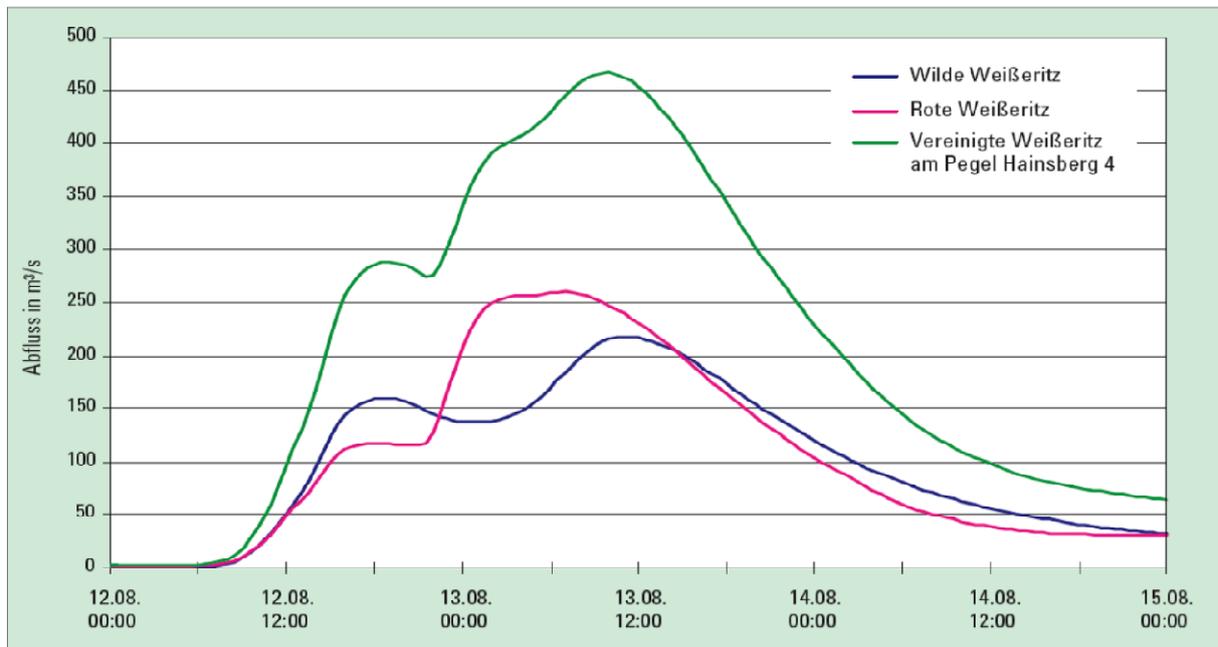


Abbildung 40: Simulierte Hochwasserganglinien der Weißeritz – Überlagerung der Hochwasserganglinien am Zusammenfluss von Roter und Wilder Weißeritz; (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), 2004)

Weder das Flussbett der Roten, der Wilden noch der Vereinigten Weißeritz waren ausreichend leistungsfähig, um die extremen Abflüsse aufzunehmen, so dass es zu Ausuferungen, erheblichen Erosionsschäden und Zerstörungen im Flussbereich kam. In den Flussbetten trat vorwiegend Seitenerosion auf. Diese führte u. a. zum Abbruch von Ufermauern und -befestigungen, zur Zerstörung von Verkehrsanlagen, zur Unterspülung und zum Umstürzen zahlloser Bäume.

Das Hochwasser mobilisierte große Mengen an Geschiebe und Treibgut, das sich in Bereichen mit abnehmender Fließgeschwindigkeit ablagerte und damit den verfügbaren Flussbettquerschnitt reduzierte. Eine solche Ablagerung entstand auch am linken Ufer im Weißeritzknick an der Löbtauer Straße. Durch die während des Hochwassers aufwachsende Geröllbank und den Versatz der Brücken mit Treibgut drängte die Vereinigte Weißeritz aus ihrem Bett und ergoss sich breitflächig nach Löbtau und über die Löbtauer Straße, Freiburger Straße und schließlich entlang des alten Weißeritzbettes bis zur Friedrichstadt und in die Wilsdruffer Vorstadt. Dabei traten hohe Fließgeschwindigkeiten von rund 5 m/s auf (TU Dresden im Auftrag der LTV, 2003), die massive Zerstörungen an Gebäuden und an den Straßenkörpern zur Folge hatten. Die sich im Bereich der Brücken und Wehre bildenden Wirbel führten zu intensivem Materialabtrag und zur Zerstörung von Uferbefestigungen. An der Würzburger Straße kam es zum Einsturz der Ufermauer und nachfolgend eines Wohnhauses. Hier war ein Todesopfer zu beklagen.

Die Vereinigte Weißeritz floss in die Senke unter der Nossener Brücke und dem ehemaligen Tiefgleis folgend in den Hauptbahnhof und von dort in die Dresdner Innenstadt bis zum Dr.-Külz-Ring. Der Scheitelabfluss wurde mit etwa $450 \text{ m}^3/\text{s}$ angegeben, von denen am Pegel Cotta tatsächlich etwa $300 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeflossen sind. Der übrige Anteil strömte

durch den Hauptbahnhof und die Dresdner Innenstadt. Zum Vergleich: der mittlere Durchfluss am Pegel Cotta liegt bei 3,5 m³/s (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2010).

Pegel Cotta	Einzugsgebiet 374 km ² , Reihe 2000 bis 2004
Mittlerer Durchflusswert (MQ)	3,5 m ³ /s
Mittlerer höchster Durchflusswert(MHQ)	47,5 m ³ /s
Bisher bekannter höchster Durchflusswert (HHQ)	300 m ³ /s (13. August 2002)
10-jährliches Hochwasser (HQ10)	133 m ³ /s
20-jährliches Hochwasser (HQ20)	159 m ³ /s
50-jährliches Hochwasser (HQ50)	194 m ³ /s
100-jährliches Hochwasser (HQ100):	234 m ³ /s
200-jährliches Hochwasser (HQ200)	263 m ³ /s

Tabelle 15: Abflüsse im Stadtgebiet von Dresden (Landesamt für Umwelt und Geologie, 2006)

Insgesamt hat die Weißeritz im Stadtgebiet eine Fläche von etwa 5,7 km² überschwemmt. Davon waren etwa 3350 Gebäude betroffen. Die Wassertiefen an der Bebauung betragen in ungünstigen Lagen bis zu 3 m. Im Mittel lagen die Wassertiefen jedoch bei weniger als 1 m. Beispiele für die Auswirkung der Überflutung zeigen die Abbildung 41 bis Abbildung 43. Die Lage der beim Hochwasser 2002 tatsächlich überschwemmten Flächen ist in Abbildung 45 dargestellt.



Abbildung 41: Blick in die Hofmühlenstraße



Abbildung 42: Blick Richtung Bienertmühle



Abbildung 43: Friedrichstadt - Rückseite des Krankenhauses

Die von der Weißeritzflut gemeinsam mit dem nachfolgenden Elbehochwasser verursachten Schäden belaufen sich allein für die städtischen Einrichtungen und die städtische Infrastruktur auf ca. 500 Mio. EUR. Der Schaden an Wohngebäuden beträgt ca. 380 Mio. EUR. Darüber hinaus sind der Landtag, wichtige Kulturgüter und Kunstschätze des Freistaates, aber auch 400 Gewerbebetriebe geschädigt worden (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004).

Es lassen sich im Nachhinein die Schäden von Weißeritz und Elbe nur schwer voneinander trennen. Ungeachtet dessen kann festgestellt werden, dass auch ohne das Elbehochwasser der Großteil dieser Schäden eingetreten wäre.

a) Lockwitz

Die meteorologische Situation hat, verbunden mit der Großwetterlage in Europa, im August 2002 im gesamten Einzugsgebiet des Lockwitzbaches zu extremen Niederschlagsmengen geführt. Das Maximum der prozentualen Abweichung vom mittleren Niederschlag im Monat August war im Bereich Zinnwald-Georgenfeld mit 400 % zu verzeichnen. Die Niederschlagszuordnung wurde getrennt für den 12.08.2002 und für den Zeitraum 11.08.2002 bis 13.08.2002 vorgenommen (Tabelle 16).

Station	12.08.2002		11.08.2002 bis 13.08.2002	
	hn (mm)	T (a)	hn (mm)	T (a)
Zinnwald -Georgenfeld	312	> 100	406,2	> 100
Lauenstein	267,3	> 100	324,7	> 100
Leuben	173,3	> 100	237	> 100

Tabelle 16: Übersicht über Niederschlagsmesswerte im Einzugsgebiet der Lockwitz vom 11. bis 13.08.2002 (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004)

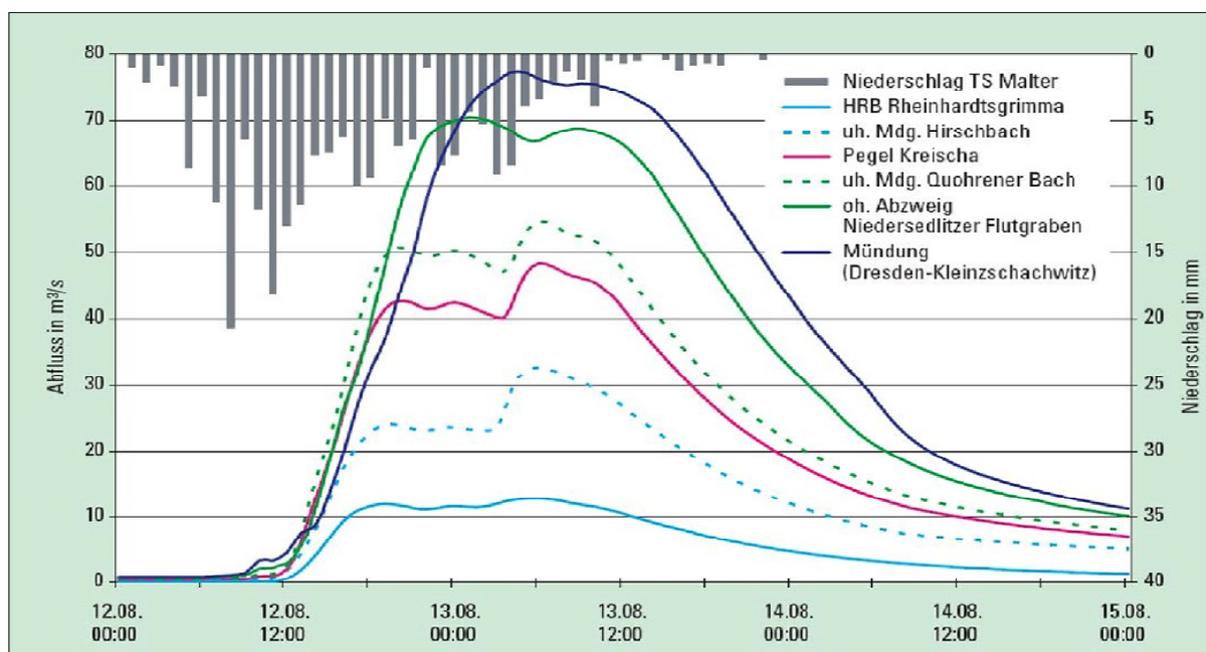


Abbildung 44: Simulierte Hochwasserganglinien für den Lockwitzbach (Bildquelle: Landesamt für Umwelt und Geologie)

Die einzige Abflussmessung für das Augusthochwasser 2002 am Lockwitzbach liegt in Form der Wasserstandsganglinie und deren Auswertung am Pegel Kreischa vor. Dieser Pegel wurde im Zuge des Ereignisses aufgrund von Ausuferungen seitlich umflossen und gibt somit die Spitze quantitativ nicht wieder. Folglich existiert für das Hochwasserereignis vom August 2002 am Lockwitzbach keine belastbare Messung. Der Spitzenabfluss in Kreischa trat 13.08.2002 gegen 07:00 Uhr ein. Er wurde nach den Niederschlag/Abfluss-Simulationen mit etwa 45 m³/s ermittelt.

Abflüsse am Pegel Kreischa	Einzugsgebiet 43,5 km ² , Reihe 1963 bis 2005 / 1
Mittlerer Durchflusswert (MQ)	0,344 m ³ /s
Mittlerer höchster Durchflusswert (MHQ)	5,96 m ³ /s
Bisher bekannter höchster Durchflusswert (HHQ)	45 m ³ /s am 13. August 2002
10-jährliches Hochwasser (HQ10)	11,2 m ³ /s
100-jährliches Hochwasser (HQ100)	33 m ³ /s
Abflüsse in Dresden	
10-jährliches Hochwasser (HQ10)	16,8 m ³ /s, oberhalb Abzweig Niedersedlitzer Flutgraben
100-jährliches Hochwasser (HQ100)	49,5 m ³ /s, oberhalb Abzweig Niedersedlitzer Flutgraben
Durchfluss am 13. August 2002 in Dresden (EHQ)	etwa 80 m ³ /s, Elbmündung

Tabelle 17: Abflüsse am Pegel Kreischa (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2010)

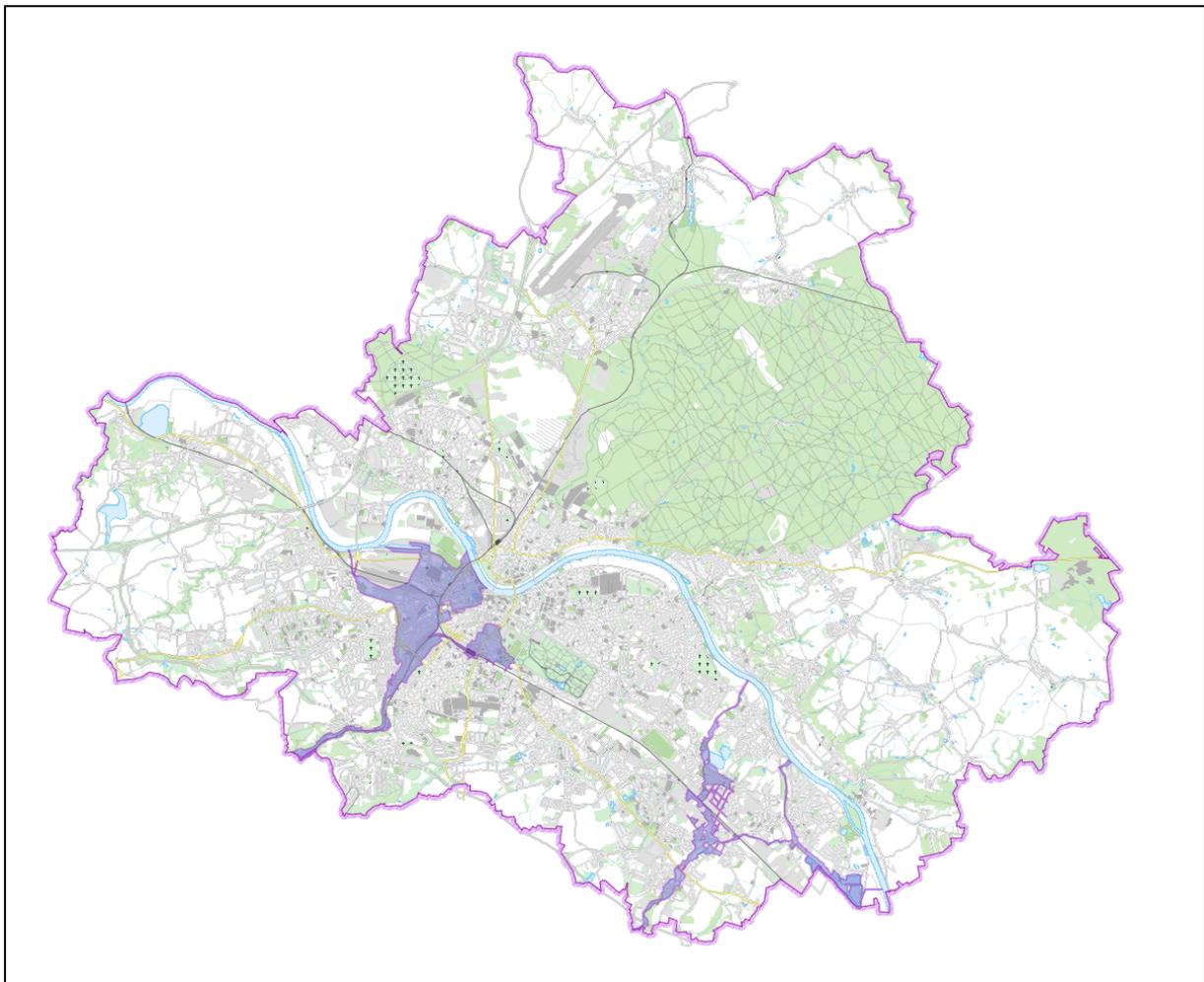


Abbildung 45: Tatsächlich überschwemmte Flächen an den Gewässern 1. Ordnung im August 2002

Dem Auguthochwasser wird am Lockwitzbach unter Berücksichtigung der Abflussganglinien im oberen Einzugsgebiet eine Jährlichkeit von über 200 Jahren zugeordnet. Im Zentrum des Einzugsgebietes wurde eine Jährlichkeit von 300 Jahren ermittelt. Für das Stadtgebiet von Dresden wurde eine Jährlichkeit von 100 bis 150 Jahren zugeordnet. Eine Einmessung von Hochwassermarken konnte nur an sechs Messpunkten erfolgen.

Insgesamt hat die Lockwitz eine Fläche von etwa 2,3 km² überschwemmt. Hier waren etwa 1450 Gebäude betroffen. Angaben zu den aufgetretenen Wasserständen liegen dem

Umweltamt nicht vor. Die Lage der überschwemmten Gebiete ist in Abbildung 45 dargestellt.

Am Lockwitzbachsystem wurden umfangreiche Schäden durch Seitenerosion, zerstörte Uferbefestigungen, Sedimentationen, Barrierebildung, Tiefenerosion und Bachbettverlagerungen festgestellt. Die Schäden am Gewässersystem im Stadtbereich wurden mit 1,5 Mio. € geschätzt. Schäden an baulichen Anlagen wurden insbesondere an Brücken, Straßen und Gebäuden registriert. So wurden allein in den 73 gewerblichen Unternehmen Schäden in Höhe von 3,2 Mio. € festgestellt und die Schäden an der kommunalen Infrastruktur mit ca. 10 Mio. € ermittelt (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2004).



Abbildung 46: Uferabriss an der Lockwitz



Abbildung 47: Überflutung am Schwingwehr

6.4.3 Hochwasser Februar 2006 (Eishochwasser)

Während es im Weißeritzgebiet während der Schneeschmelze im Frühjahr 2006 nicht zu nennenswerten Abflüssen kam, musste am Lockwitzbach vom 7. zum 8. Februar 2006 ein Eishochwasser bewältigt werden. Ein solches Ereignis war seit mehreren Jahrzehnten in Dresden nicht mehr aufgetreten.

Anfang Februar 2006 wurde eine mehrwöchige Dauerfrostperiode durch ein Atlantiktief abgelöst, das im Einzugsgebiet ergiebigen Regen und Tauwetter bis ins Quellgebiet der Lockwitz und ihrer Zuflüsse brachte. Die gefrorenen Böden verhinderten eine Rückhaltung in der Fläche, so dass die Niederschläge direkt in die Gewässer abflossen.

Dank des gemeinsamen Handelns von Feuerwehr, Landestalsperrenverwaltung, Technischem Hilfswerk, Straßen- und Tiefbauamt und Umweltamt konnte eine großflächige Überflutung in Dresden-Niedersedlitz abgewendet werden. Lokale Überflutungen an einer Baustelle der Landestalsperrenverwaltung (LTV) in der Dorfstraße und des Bahnhofes Dresden-Niedersedlitz konnten unter den gegebenen Bedingungen nicht verhindert werden (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2007).



6.5 Hochwasser der Elbe

6.5.1 Hochwasserereignisse vor 2002

Die maßgeblichen Hochwasserereignisse an der Elbe vor 2002 wiesen je nach ihrem jahreszeitlichen Auftreten eine unterschiedliche Entwicklung auf. Neben typischen Winterhochwässern im März 1845 und März 1940 gab es ebenso typische Sommerereignisse im September 1890 und im Juli 1981. Merkmale der Winterhochwasser sind die Auslösung durch Schneeschmelze, verbunden mit Niederschlägen im Einzugsgebiet und Verstärkung der Gefährdung durch Eisgang auf der Elbe. Auslöser für extreme Sommerhochwasser sind großräumige ergiebige Niederschläge, wobei die Bodenfeuchte meist durch zeitlich vorausgehende Regenereignisse bereits sehr hoch ist.

Der Pegelstand von 7 m wurde in Dresden im 20. Jahrhundert insgesamt fünfmal überschritten: 1900, 1920, 1923, 1940 und 1941, jeweils im Winter. Das größte Elbehochwasser des 20. Jahrhunderts ereignete sich im März 1940. Damals wurde am 17.03.1940 bei Eisgang ein Pegelstand von 7,78 m registriert. In Abbildung 50 sind die jährlichen Maxima des Wasserstandes der Elbe am Pegel Dresden dargestellt und nach Sommerereignissen (Mai bis Oktober) und Winterereignissen (November bis April) differenziert.

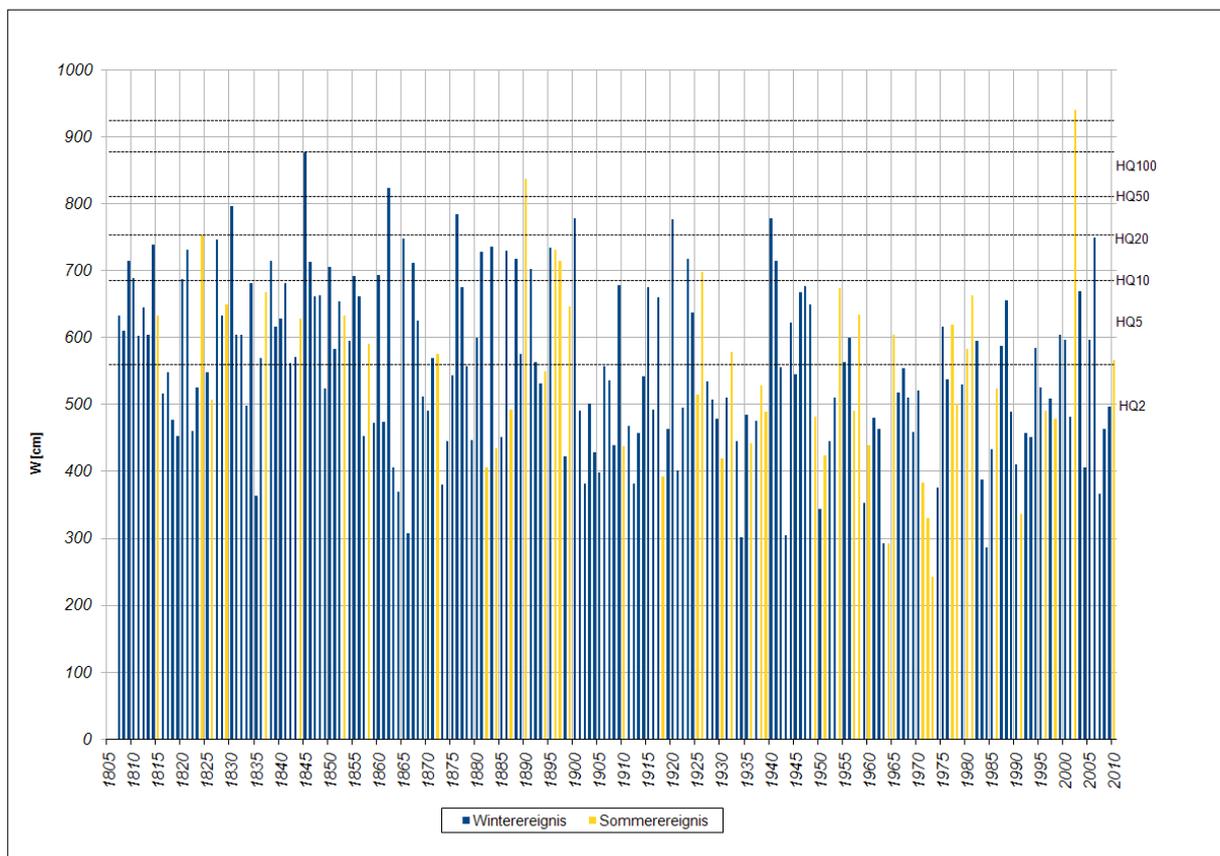


Abbildung 50: Jahresmaxima des Wasserstandes der Elbe am Pegel Dresden in [cm]

Die jährlichen Höchstwasserstände werden an der Elbe ganz überwiegend im Winterhalbjahr beobachtet. Auch die Hochwasserereignisse mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bis zu 20 Jahren sind zu etwa drei Vierteln Ereignisse im Winterhalbjahr (Abbildung 51). Grundsätzlich gilt, dass seit Mitte der fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts das Abflussgeschehen der Elbe in Dresden maßgeblich durch anthropogene Einflüsse, vor allem durch die Talsperrenbewirtschaftung in den tschechischen Einzugsgebieten (Moldaukaskade) geprägt wird. Ein signifikanter Trend sowohl bei der Ereignishäufigkeit als auch bei der Scheitelhöhe ist derzeit nicht erkennbar (so auch (BfG, 2006)).

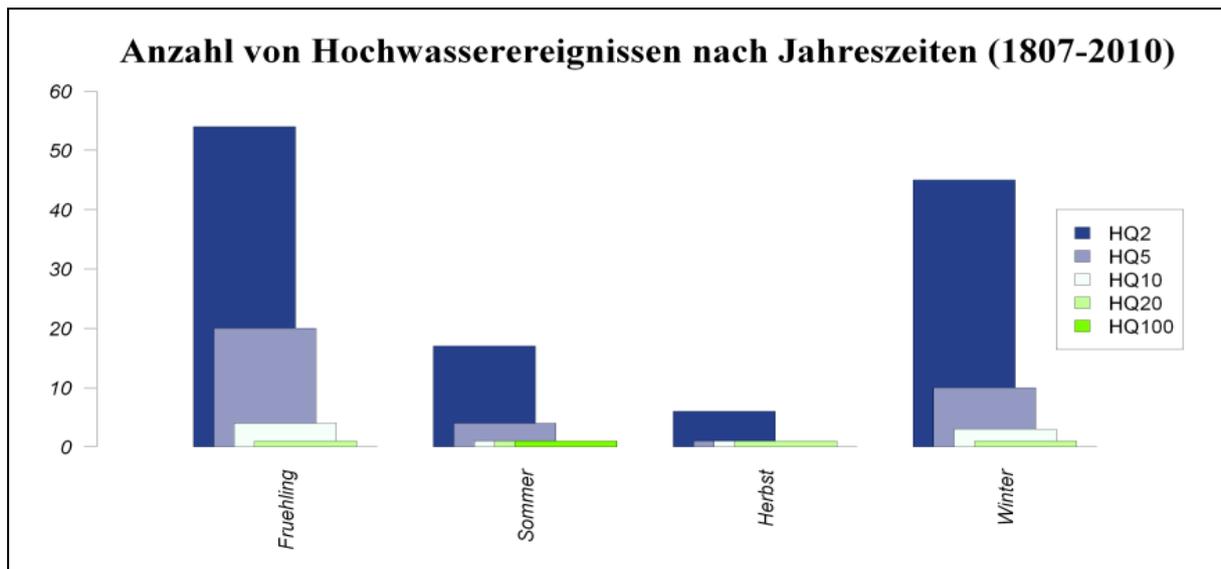


Abbildung 51: Auftreten von Hochwasserereignissen in Dresden nach Jahreszeiten

6.5.2 Hochwasserereignis August 2002

Verursacht durch die starken Niederschläge vom 06.08./07.08.2002 in Südböhmen stiegen die Wasserstände an den sächsischen Elbepiegeln in kürzester Zeit stark an. Am Pegel Dresden erhöhte sich der Wasserstand innerhalb von 3 Tagen um ca. 400 cm und erreichte am 11.08.2002 gegen 7:00 Uhr einen Wasserstand von 559 cm. Nach zwischenzeitlich gleichbleibender bis leicht fallender Tendenz stieg die Wasserführung ab dem Nachmittag des 12.08.2002 durch die extrem hohen Zuflüsse der linksseitigen Nebenflüsse der oberen Elbe unterhalb Schöna erneut rasch an. An den Pegeln Dresden und Torgau bildete sich ein kurzzeitiger Scheitel heraus. Danach stieg die Wasserführung an allen sächsischen Elbepiegeln infolge der erneuten Niederschläge in Süd- und Westböhmen kontinuierlich weiter an.

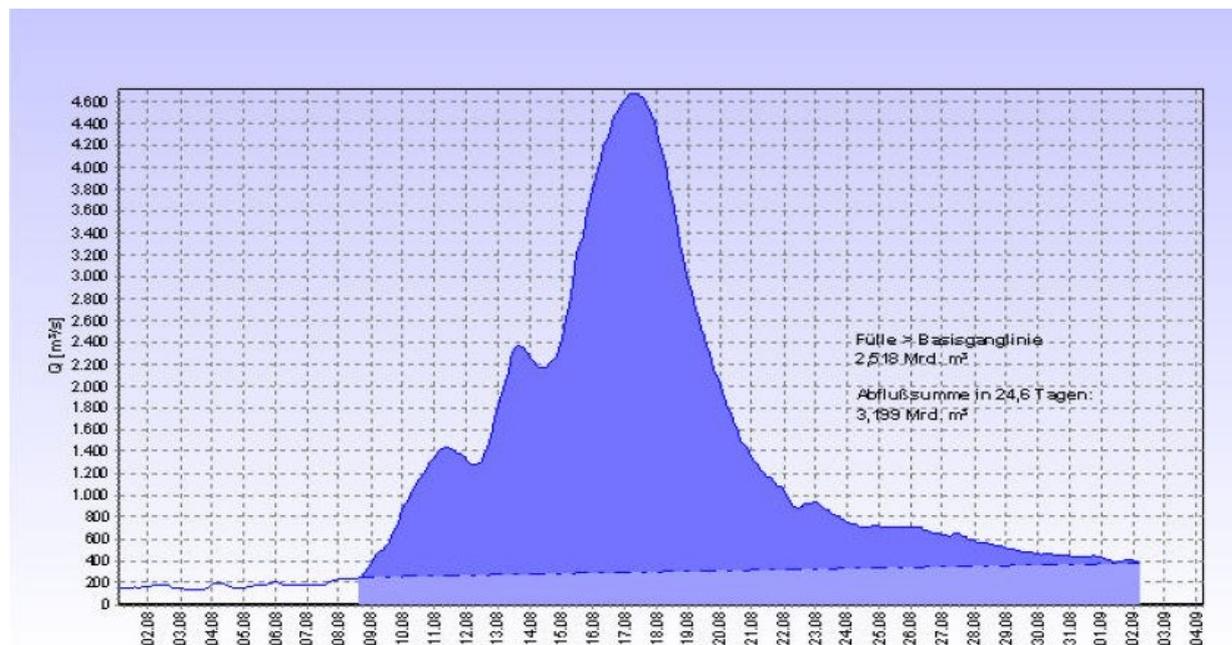


Abbildung 52: Eisablagerungen Abflussganglinie des Hochwassers im August 2002 am Pegel Dresden (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE KOBLENZ, September 2002)

Am Pegel Dresden wurde der Höchststand am 17.08.2002 in der Zeit von 07:00 Uhr bis 09:00 Uhr mit 940 cm ($Q = 4680 \text{ m}^3/\text{s}$ vorläufiger Wert nach Einschätzung der Bundes-

anstalt für Gewässerkunde) registriert. Laut ersten Auswertungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde entspricht dieser Scheiteldurchfluss einer Hochwasserwahrscheinlichkeit von >200 Jahren (Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002).

Das Dresdner Schutzsystem gegen Elbehochwasser, das aufgrund der früheren Vorgaben nur für einen prognostizierten Pegelstand von 8,17 m ausgelegt war, hat bis zur Pegelhöhe von ca. 8,50 m bis 8,70 m erwartungsgemäß funktioniert. Ab 8,70 m wurde der Altelbarm massiv durchströmt. Bei einem Pegel von ca. 9,30 m brach der Deich in Kaditz-Mickten. Eine massive Überschwemmung von Trachenberge und Trachau einschließlich des Krankenhauses Neustadt konnte durch den rechtzeitig vorbereiteten Verschluss der Bahndurchführung der Leipziger Straße verhindert werden. Bei 9,30 m brachen ebenfalls die Schutzverbauwerke der Kläranlage. Die dadurch eingeschränkte Entwässerung führte gebietsweise zu deutlich schnellem Wasseraustritt aus Kanälen bzw. zum Anstieg des Grundwassers.

Die Elbe ist im Stadtgebiet auf der gesamten Länge über die Ufer getreten und hat dabei eine Fläche von etwa 24,8 km² überschwemmt. Davon waren etwa 11.550 Gebäude betroffen.

Die Wassertiefen an der Bebauung betragen in ungünstigen Lagen über 4 m (Teile von Cossebaude). Die Lage der durch das Hochwasser vom August 2002 überschwemmten Gebiete ist in Abbildung 53 dargestellt.

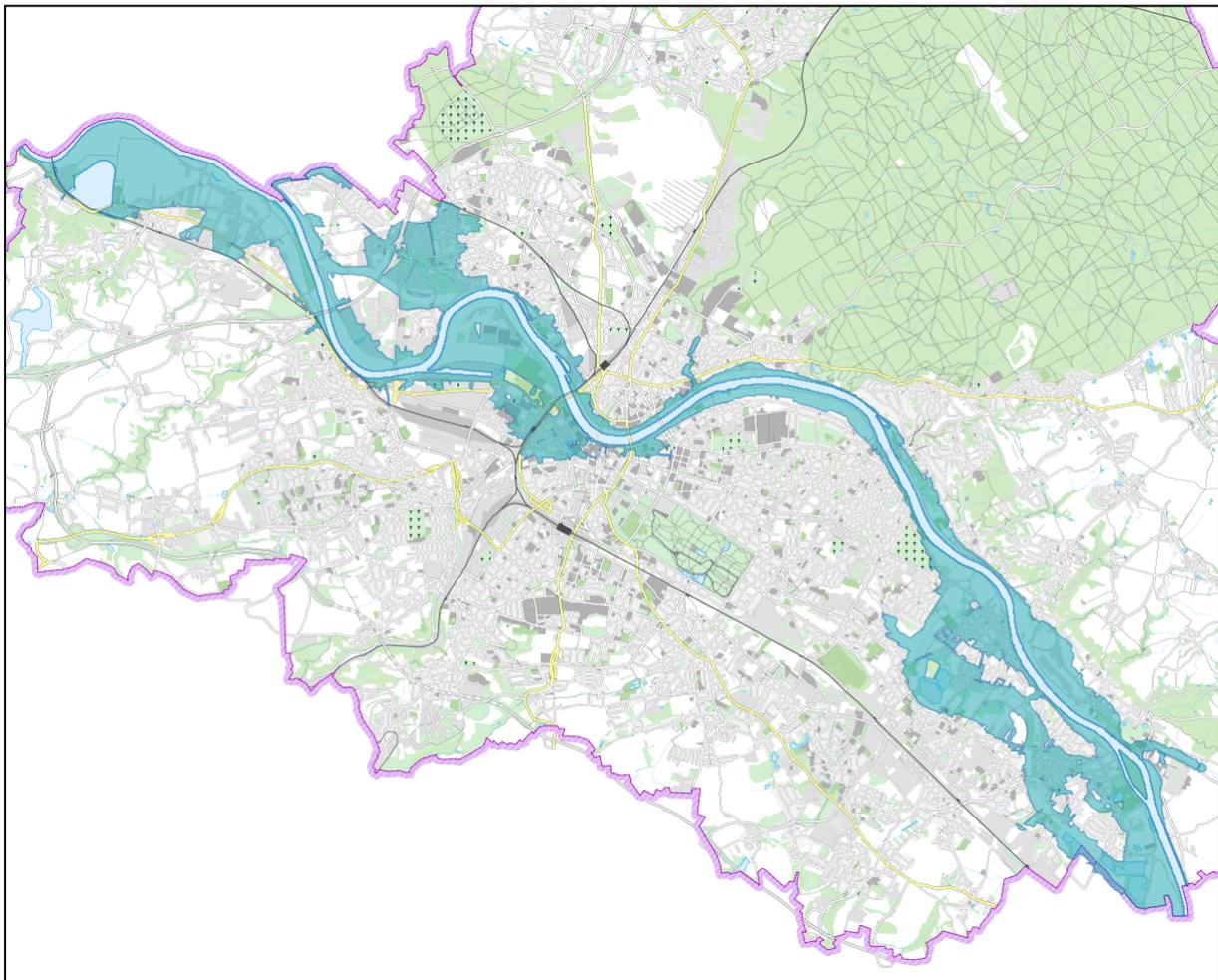


Abbildung 53: Überschwemmungsgebiet der Elbe im August 2002

	
<p>Semperoper und Zwinger</p>	<p>Einlauf zur Flutrinne Ostragehege</p>
	
<p>Laubegast</p>	<p>Elbepark</p>
	
<p>Moritzburger Straße</p>	<p>Leipziger Straße/Kolbestraße</p>
	
<p>Kläranlage Kaditz</p>	<p>Cossebaude/ Gohlis</p>

Abbildung 54: Eindrücke vom Hochwasserereignis im August 2002

6.5.3 Hochwasserereignis Januar 2003

Über den Jahreswechsel 2002/2003 führten anhaltende Regenfälle und Schneeschmelze zu stark ansteigenden Wasserständen. Davon war vor allem das Einzugsgebiet der Vltava (Moldau) betroffen. Die Talsperren der Moldau-Kaskade wurden so gesteuert, dass in Prag der Abfluss der Moldau bei etwa 1.000 m³/s gehalten werden konnte. Am späten Abend des 01.01.2003 wurde in Dresden ein Pegelstand von etwa 500 cm erreicht, danach stagnierte die Wasserstandsentwicklung. In den Mittagsstunden des 03.01.2003 begann ein erneuter starker Wasserstandsanstieg, bis schließlich in der Nacht vom 06. zum 07.01.2003 der lang gestreckte Hochwasserscheitel mit einem Wasserstand von 669 cm die Stadt Dresden passierte. Dieser Wert liegt zwischen einem 2- und einem 5-jährlichen Hochwasser. Eine Kartendarstellung liegt dazu nicht vor.

6.5.4 Hochwasserereignis März 2005

Im Zeitraum von Ende Februar bis Mitte März 2005 war die Schneebedeckung im Einzugsgebiet der Elbe überdurchschnittlich hoch. Nach 3 bis 4 Tagen mit durchgreifendem Tauwetter und nahezu vollständigem Abschmelzen der Schneedecke unterhalb der Höhenlagen von 600 bis 800 m, aber ohne nennenswerte Niederschläge, kam es in Dresden am 20.03.2005 zum Durchgang eines Hochwasserscheitels in der Elbe mit einer Höhe von maximal von 597 cm am Pegel Dresden.

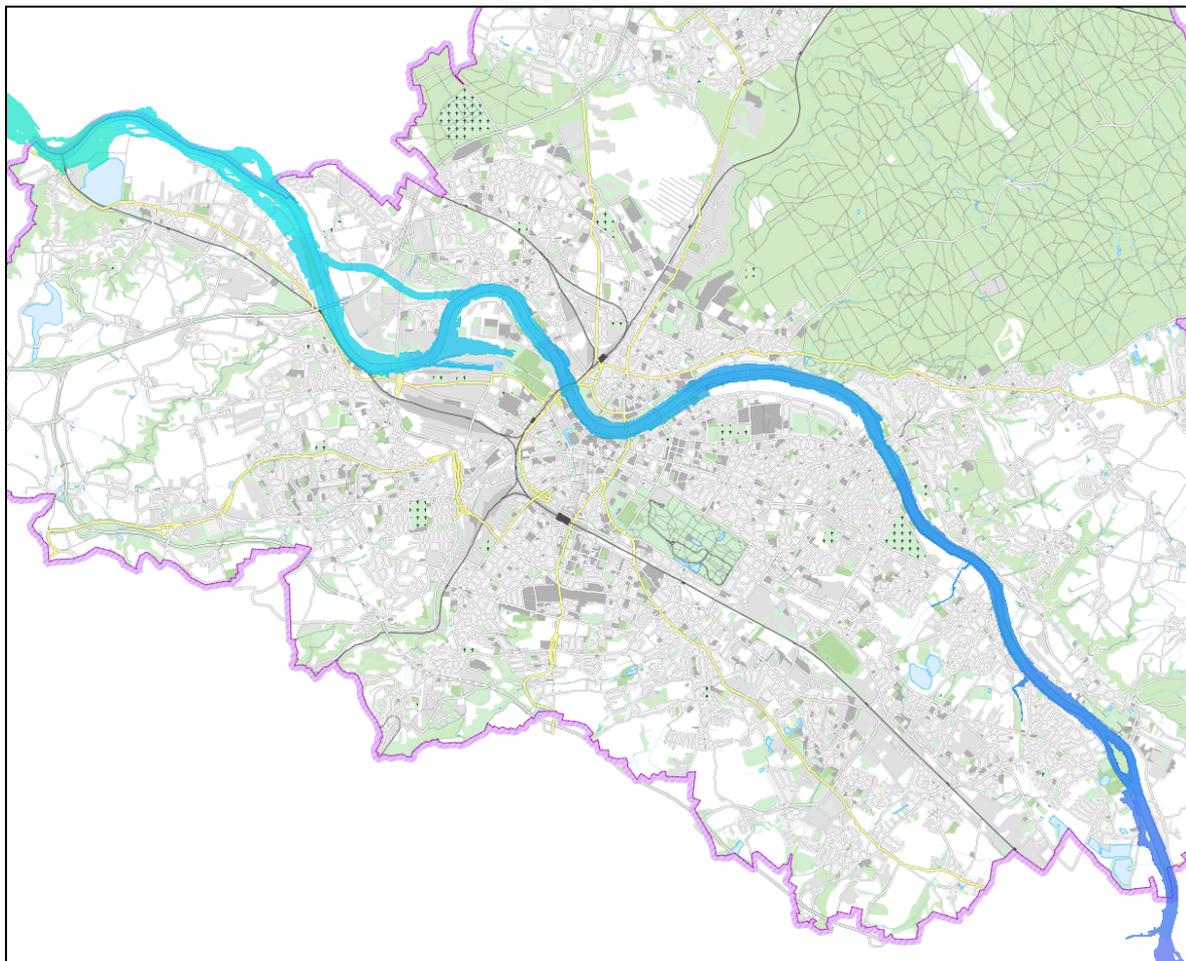


Abbildung 55: Potentielles Überschwemmungsgebiet der Elbe bei einer Wasserspiegellage von 6,00 m am Pegel Dresden

Dieser Wert liegt etwas über einem 2-jährlichen Hochwasserereignis. Eine relevante Ausuferung der Elbe in bebaute Bereiche trat nicht auf. Das potentielle Überschwemmungs-

gebiet der Elbe bei einem Wasserstand von 6,00 m am Pegel Dresden ist in Abbildung 55 dargestellt.

6.5.5 Hochwasserereignis März/April 2006

Der Winter 2005/2006 war der zweite außergewöhnlich schneereiche Winter in Folge. Im März 2006 waren die als Schnee gebundenen Wassermengen noch etwas höher als im März 2005. Deren Abschmelzen allein hätte aber nur zu einem ein- bis fünfjährigen Hochwasser in der Elbe geführt. Ein entscheidender Unterschied bestand aber darin, dass der Boden unter der Schneedecke verbreitet gefroren war und damit die Möglichkeit der Versickerung eines großen Teils des Schmelzwassers verhinderte bzw. verzögerte.

In Verbindung mit flächendeckenden Niederschlägen entwickelte sich eine Hochwassersituation mit einem Höchststand von 749 cm am Pegel Dresden. Höhere Pegelstände in Dresden wurden vor allem dadurch vermieden, dass durch die gezielte Steuerung wasserwirtschaftlicher Anlagen in der Tschechischen Republik (Moldau-Kaskade) der Abfluss der Moldau in Prag unter 1 500 m³/s gehalten werden konnte. Gleichermäßen abflussdämpfend wirkte die Talsperre Nechanice an der Ohře (Eger). Bezüglich Wasserstand und Durchfluss kann das Frühjahrshochwasser der Elbe als Ereignis mit etwa zehnjährigem Wiederkehrintervall (HQ10) eingeordnet werden.

Im Stadtgebiet Dresden begann der Anstieg der Elbe am 27.03.2006 vergleichsweise moderat

27.03.2006	13:00 Uhr	Alarmstufe 1	3,50 m
28.03.2006	06:00 Uhr	Alarmstufe 2	5,00 m
29.03.2006	10:00 Uhr	Alarmstufe 3	6,00 m
31.03.2006	10:45 Uhr	Alarmstufe 4	7,00 m
04.04.2006	03:00 bis 08:00 Uhr	Scheitel	7,49 m

Dieser langsame Hochwasseranstieg führte dazu, dass die Elbe die Retentionsräume vollständig füllen konnte und es zur Ausspiegelung kam (z. B. Altelbarm). Gefährliche Strömungen traten nicht auf.

Oberhalb von 6,50 m erreichte die Elbe die tiefliegenden Gehöfte in Zschieren am Elbeweg, bei weiterem Anstieg auch Häuser am Laubegaster Ufer, Alttolkewitz, Meußnitz und Loschwitz. Mit dem weiterem Wasseranstieg drang das Elbwasser von Zschieren im Altelbarm bis zur Struppener Straße vor. An der Lockwitzmündung staute die Elbe zurück, flutete dort die Kleingartenanlagen und erreichte die Nähe der Leubener Straße. Von Alttolkewitz staute der Altelbarm bis zur Salzburger Straße ein. Die Evakuierungswege Struppener-, Salzburger- und Leubener Straße konnten freigehalten werden.

Die Dresdner Innenstadt liegt so hoch, dass keine ernsthafte Gefährdung bestand. Münzgasse und Brühlsche Gasse wurden temporär verschlossen. Am Festungsbauwerk und am Kongresszentrum kam der vorbereitete Objektschutz zum Einsatz. Die Grundwasserabsenkanlagen an Landtag, Semperoper und Neumarkt wurden in Betrieb genommen. Die Friedrichstadt wurde mit einem Sandsackverbau an der Yenidze geschützt.

Die Durchströmung der Ostrafutrinne setzte nicht bei den erwarteten 6,20 m sondern erst bei ca. 7,20 m richtig ein. Die eingedeichten Abschnitte der Kaditzer Flutrinne und der Elbe bei Stetzsch funktionierten ohne Probleme. Ab ca. 7,20 m wurde der Gohliser Querdeich über seine gesamte Länge von 400 m überströmt (im August 2002 begann das bei 7,10 m).

Die reale Wasserstandsentwicklung blieb im Weiteren deutlich hinter der ursprünglichen Prognose zurück. Die Polderfüllung nahm bis zum 03.04.2006 den bereitstehenden Retentionsraum in Anspruch (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2006).

Insgesamt trat die Elbe im gesamten Stadtgebiet über die Ufer und überschwemmte dabei eine Fläche von 11,5 km². Davon waren etwa 1000 Gebäude betroffen. Die Lage der überschwemmten Flächen ist in Abbildung 56 dargestellt.

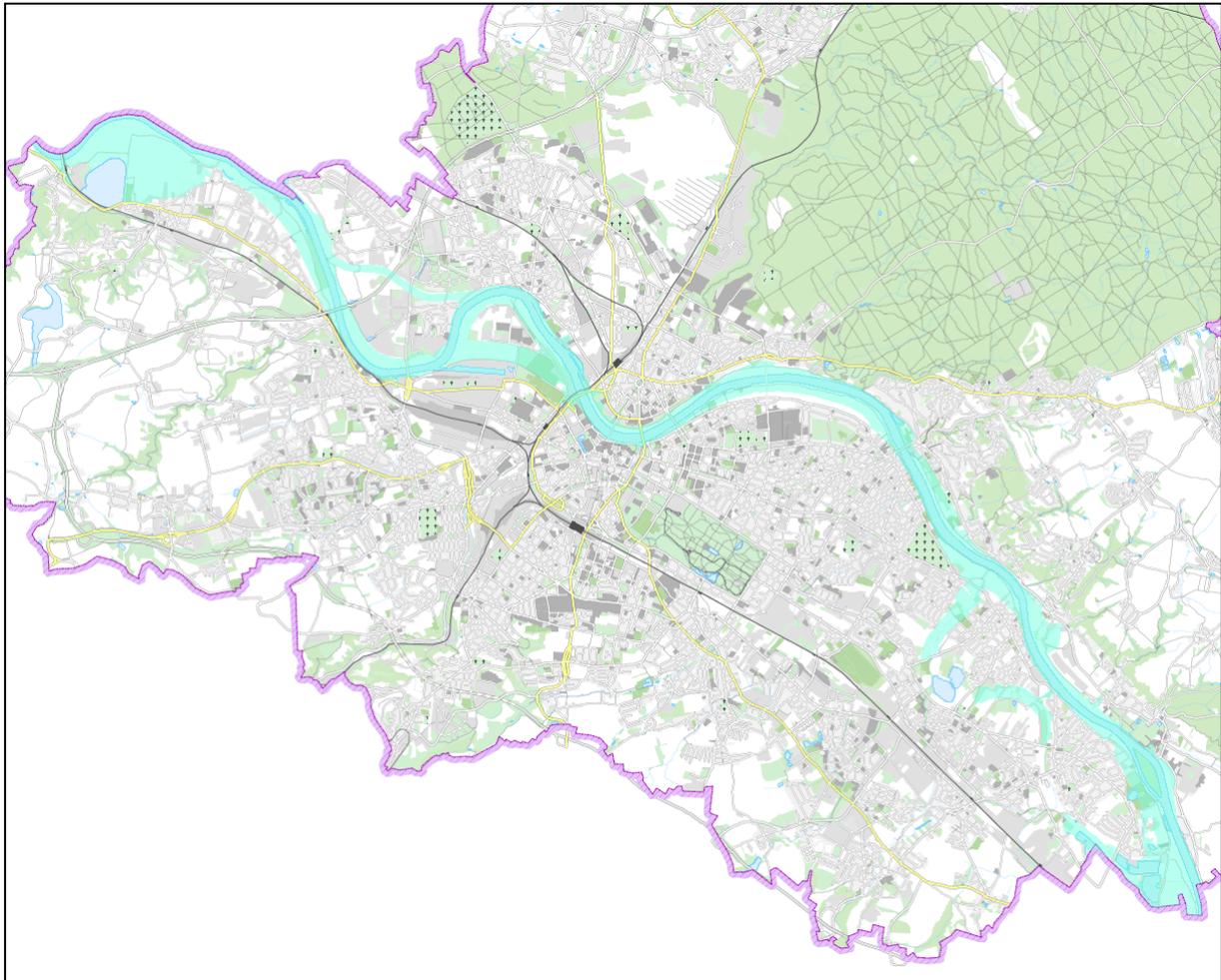


Abbildung 56: Überschwemmungsgebiet der Elbe beim Frühjahrshochwasser 2006

6.5.6 Hochwasserereignis August 2010

Anfang August 2010 kam es in Sachsen zu ergiebigem Dauerregen. Davon war insbesondere Ostsachsen betroffen. Auch in den Einzugsgebieten der rechtsseitigen Zuflüsse zur Elbe wurden 24-stündige Summen von 150 mm gemessen. Dies führte zu extremen Hochwassern insbesondere in Kitzsch, Sebnitz, Polenz und Wesenitz.

Danach musste es folgerichtig zu einem sehr schnellen Anstieg der Wasserführung im Elbestrom kommen (innerhalb 12 Stunden um 3 Meter). Der Hochwasserscheitel in Dresden bildete sich in der Nacht vom 07. zum 08.08.2010 bei einem Höchstwert von $W=566$ cm aus. Bebaute Bereiche wurden jedoch nicht beeinflusst.

6.5.7 Hochwasserereignis Januar 2011

Tauwetter in Verbindung mit teils ergiebigem Niederschlägen führte im Januar 2011 zu starken Wasserstandsanstiegen, insbesondere in Ohre und Berounka, aber auch im Übrigen tschechischen Elbeeinzugsgebiet. Insbesondere im Einzugsgebiet der Eger stellte sich

eine kritische Situation ein. Weitere ergiebige Niederschläge führten auch in den Nebenflüssen der Oberen Elbe zu starken Wasserstandsanstiegen.

Am 17.01.2011 erreichte der Pegel Dresden einen Höchstwert von 680 cm. Das entspricht etwa einem Ereignis mit fünfjährigem Wiederkehrintervall (HQ5). Eine relevante Ausuferung in bebauten Bereiche trat nicht auf.

7. Überflutung ohne Gewässerbezug

Eine systematische Erfassung und Dokumentation von Überflutungen ohne Gewässerbezug erfolgt für das Gebiet der Landeshauptstadt Dresden nicht. Grundlage der nachfolgenden Darstellung sind aktenkundig aufgenommene Hinweise bzw. Bürgerbeschwerden zu Überflutungen vor allem im Kontext mit Bodenerosionen und -umlagerungen. Nachfolgend wurden teilweise Erosionsmodellierungen vorgenommen, um die in Frage kommenden Abtragsflächen auszuweisen (Abbildung 57).

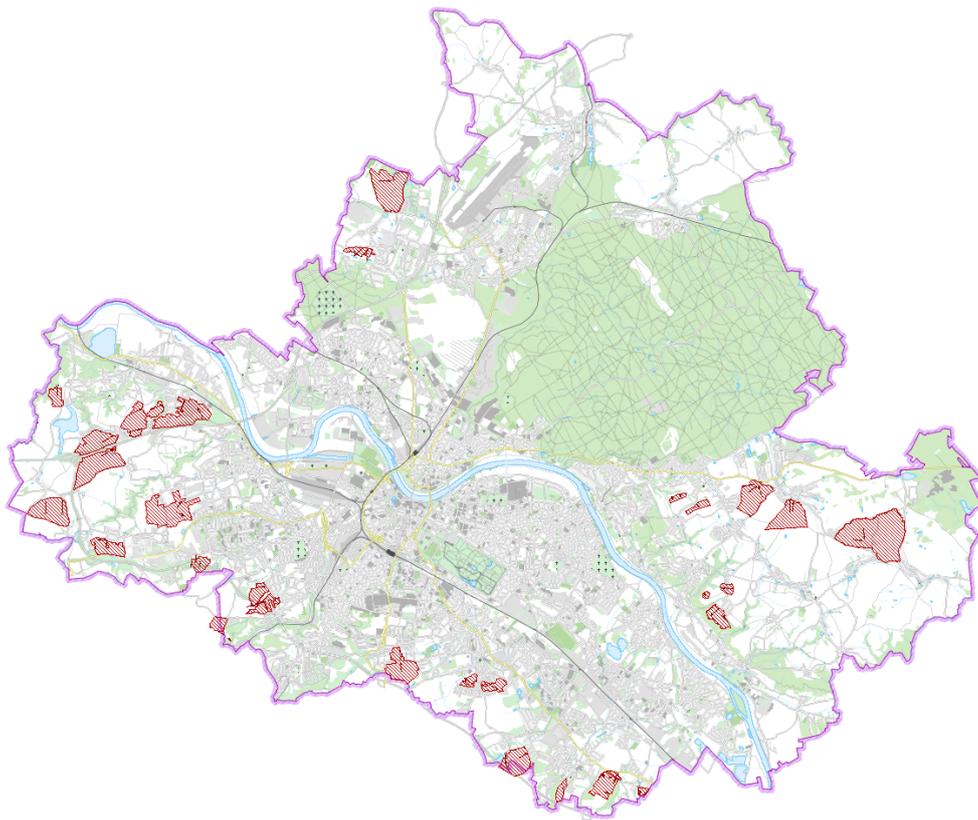


Abbildung 57: Erosionsabtragsflächen im Stadtgebiet

Im Folgenden wird eine Übersicht über die im Umweltamt aktenkundig erfassten Standorte mit schädlichen Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser gegeben.

Standort 1: Dölzsch, Naußlitz: Kirschwiesengraben

Der Wasserabfluss erfolgt vom Friedhofsweg über eine grasbewachsene Hohlform in den Kirschwiesengraben nach Osten. Flächenhafte Ausspülungen gehen in Linienerosion entlang der Gemarkungsgrenzen Dölzsch/Roßthal über, dabei entstehen flächenhafte Ablagerungen feinkörnigen Bodens im Bereich Friedhofsweg und Wiesbadener Straße. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignisse: 08.05./09.05.2003, Jahreswechsel 2002/2003, August 2002

Standort 2: Naußlitz, Dölzschengraben

Der Wasserabfluss erfolgt aus Richtung Böschung BAB 17 (Tunneleingang Roßthal) in Richtung Ortslage Hainichener Straße. Als Vorflut dient der Dölzschener Abflussgraben.

Der Autobahntunnel wurde aus Richtung Pesterwitz über die Böschung massiv auf der rechten Fahrbahnseite geflutet bis zur Vorflut Weißeritz

Schadensereignisse: 20.11.2002 - 06.01.2003, 08.01.2003, Frühjahr 2006

Standort 3: Potschappel, Steigerwegbach

Der Wasserabfluss erfolgt in Richtung Jochhöh, in den Steigerwegbach. Flächenhafte Ausspülungen gehen in Linienerosion auf der Ackerfläche über, dabei entstehen flächenhafte Ablagerungen feinkörnigen Bodens im Bereich Tharandter Str. 200. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignis: 21.07.1998

Standort 4: Gorbitz, Gorbitzbach

Beiderseits der BAB 17 Böschung ab Grüntunnel Altfranken erfolgt Abfluss aus den Feldfluren entlang der Autobahn Richtung Pesterwitzer Straße. Unzureichende Abflussgräben und Einläufe führen zu Erosionsrinnen entlang der Pesterwitzer Straße bis zur Vorflut Gorbitzbach.

Ab Böschung BAB 17 führt der Abfluss Richtung Kaufbacher Straße in die Ortslage Altgorbitz. Unzureichende Abflussgräben und Einläufe führen zur Überflutung von Anliegergrundstücken bis zur Vorflut Gorbitzbach.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, Frühjahr 2006

Standort 5: Zöllmen, Jammer

Flächenhafte Abspülungen treten im Ober- und Mittellauf im Einzugsgebiet des Jammers auf sowie flächenhafte Ablagerung feinkörnigen Bodens im Bereich der Aue des Jammers und im Bachbett. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignisse: keine konkreten Daten bekannt

Standort 6: Steinbach, Steinbach

Der Wasserabfluss erfolgt in Richtung Steinbach, lineare Erosionsrinnen befinden sich westlich der Verbindungsstraße Steinbach/Unkersdorf und flächenhafte Ablagerung feinkörnigen Bodens im Steinbach und im Bereich der Uferböschung. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignisse: Herbst 2002, Winter 2002/2003

Standort 7: Omsewitz, Omsewitzer und Gompitzer Graben

Der Wasserabfluss erfolgt aus Richtung Feldfluren Ockerwitzer Allee, Straßengräben sind nicht ausreichend aufnahmefähig, Anliegergrundstücke werden geflutet. Der Omsewitzer Graben ist im Oberlauf und der Gompitzer Graben als Vorflut hydraulisch überlastet.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 17.02.2006

Standort 8: Brabschütz, Podemus, Lotzebach

Flächenhafte Abtragsstrukturen treten vor allem südlich der A4 auf, lineare Abtragsformen wurden entlang der Autobahnböschungen beobachtet. Flächenhafte Ablagerung feinkörnigen Bodens in Richtung Wirtschaftsweg, parallel zum Lotzebach. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignis: 12.08./13.08.2002

Standort 9: Mobschatz, Tummelsbach

Der Wasserabfluss erfolgt aus den Feldfluren Oberlandstraße, Altleuteritzer Ring. Flächenhafte Abtragsstrukturen treten vor allem südwestlich des Tummelsbaches auf. Es kommt zur flächenhaften Ablagerung feinkörnigen Bodens im Hangwald des Tummelsba-

ches und Tummelsbach. Anliegergrundstücke, Straßen und Gleise der DB AG waren überflutet.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 20.06.2006

Standort 10: Mobschatz, Altleuteritzer Ring

Der Wasserabfluss erfolgt von Altleuteritz in die Ortslage nach Mobschatz und Stetzsch. Vorhandene RRB des STA laufen über. Straßengräben sind nicht aufnahmefähig. Eine Vorflut besteht nicht. Erosionen im Feldbereich.

Begrünung einer Hangrinne und eines 20 m breiten Feldrandstreifens vor der Wohnbebauung Martin-Luther-Ring 8.

Der Wasserabfluss erfolgt aus Richtung Merbitz durch die Brücke Kirchweg der BAB 4 und von der BAB 4 Böschung Richtung Stetzsch. Das RRB am Autobahnzubringer Altstadt ist nicht ausreichend. Erosionen im Feldbereich. Eine Vorflut besteht nicht.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 10.09./11.09.2005, 07.02.2006

Standort 11: Oberwartha, Fünf-Brüder-Bach

Flächenhafte Abtragsstrukturen wurden in Richtung Fünf-Brüder-Bach beobachtet. Lineare Strukturen sind am Hang des Fünf-Brüder-Baches bzw. Tännichtgrundes erkennbar.

Flächenhafte Ablagerung feinkörnigen Bodens im nördlichen Areal im Übergangsbereich Ackerfläche/Tännichtgrund; im Unterlauf des Tännichtgrundes. Erosionen sind im Feldbereich vorhanden.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 30.08.2002

Standort 12: Hellerau, Löbnitzgraben, Pfarrbuschgraben

Flächenhafte Ablagerung feinkörnigen Bodens auf dem Boxdorfer Weg, Autobahnauffahrt „Wilder Mann“ entstammen der unmittelbaren Aue des Pfarrbuschgrabens.

Schadensereignis: keine konkreten Daten bekannt

Standort 13: Wilschdorf: Bartlake

Lineare Abtragsstrukturen konzentrieren sich im nördlichen Areal Altwilschdorfer Weg. Eintrag von feinkörnigem Boden in die Bartlake, im Unterlauf werden Langer Teich und Mühlteich durch Sediment verschlammte.

Schadensereignis: 12.08./13.08.2002

Standort 14: Hosterwitz, Rockau: Pillnitz-Loschwitzer Elbhänge nahe des Friedrich-August-Steines

Der Wasserabfluss erfolgt aus Richtung der Rockauer Feldfluren oberhalb des Friedrich-August-Steines, über Waldflächen zur Dresdner Straße. Die Zufahrtsstraße zu den Anliegergrundstücken wird überschwemmt, dadurch kommt es zur Überflutung der Dresdner Straße und Flutung der DREWAG-Fläche (Obstplantage) Pillnitzer Landstraße.

Fehlende Straßengräben, unzureichende Straßeneinläufe und fehlende Vorflut führen zu Verkehrsflächenüberflutungen.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 08.07./09.07.2004, 14.08.2004, 08.02.2006

Standort 15: Weißig, Wiesengraben-Ost, Quohrener Feldgraben

Es dominieren lineare Abtragsstrukturen entlang des gegenwärtig verrohrten Quohrener Feldgrabens und des Wiesengrabens-Ost. Feinkörniger Boden wird insbesondere im Bereich der Siedlungsflächen und der B 6 akkumuliert.

Schadensereignis: 10.09.2002

Standort 16: Weißig, Dammbach

Lineare Abtragsstrukturen dominieren entlang des Dammbaches, insbesondere im unteren, verrohrten Abschnitt kommt es zu einer Konzentration; weitere Abflussbahnen befinden sich im Osten in Richtung Weidenbach.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002

Standort 17: Schullwitz, Schullwitzer Wiesengraben

Lineare Abtragsstrukturen dominieren entlang der verrohrten Gewässer. Feinkörniger Boden wird vor allem im Bereich Pirnaer Straße/Bühlauer Straße akkumuliert.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002

Standort 18: Mockritz, Kaitzbach

Es sind lineare Abtragsstrukturen vorhanden. Flächenhafte Abträge gehen sehr schnell in Linearerosion über. Feinkörniger Boden wird sowohl im Bereich der Boderitzer Straße nach Altmockritz akkumuliert als auch bis zum Kaitzbach als Vorflut transportiert. Fehlende Straßengräben und Einläufe führten zur Flutung einzelner Grundstücke in Altmockritz.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, 17.02.2006

Standort 19: Leubnitz-Neuostra, Leubnitzbach

Sowohl flächenhafte als auch lineare Abtragsformen sind vorhanden. Aufgrund des starken Gefälles bilden Fahrspuren, Furchen etc. schnell bevorzugte lineare Abflussbahnen. Feinkörniger Boden wird in den Leubnitzbach eingetragen, so dass zum einen die unmittelbare Bachau betroffen ist, zum anderen kommt es zur Verschlammung eines Rückhaltebeckens.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002

Standort 20: Kauscha, Geberbach, Kauschaer Abzugsgraben

Aufgrund von Bodentyp und Bodenart in Zusammenhang mit dem starken Gefälle dominieren lineare Abtragsformen. Feinkörniger Boden wird im Bereich des Geberbaches als Vorflut unmittelbar unterhalb des Talsperrenauslaufs abgelagert als auch weiter bachabwärts auf Höhe des Schlosses Nickern. Es kommt zu Flutung von Anliegergrundstücken und Tiefgaragen Arno-Schellenberg-Straße.

Schadensereignisse: 12.08./13.08.2002, Frühjahr 2006

Standort 21: Hutbergstraße DD-Bühlau

Wasserabfluss erfolgt aus dem Feldbereich zwischen Hutbergstraße und Rochwitzer Straße bis in die angrenzenden, südlich der Hutbergstraße liegenden Siedlungsgrundstücke weiter zur Vorflut Bühlau-Rochwitzer Grenzbach. Fehlende Straßengräben und Einläufe führten zur Flutung einzelner Grundstücke.

Schadensereignisse: 01.07.2005, 27.03.2006, 26.04.2006

Standort 22: Rodelweg

Wasserabfluss erfolgt aus dem Feldbereich zwischen Hutbergstraße und Rodelweg in Richtung Bühlau-Rochwitzer Grenzbach bis zur Grundstraße. Anliegergrundstücke und Verkehrsflächen wurden überschwemmt.

Schadensereignis: 26.04.2006

Standort 23: Alte Landstraße/Dohnaer Straße

Sowohl flächenhafte als auch lineare Abtragsformen sind vorhanden. Aufgrund des starken Gefälles bilden Fahrspuren, Furchen etc. schnell bevorzugte lineare Abflussbahnen.

Starker Wasserabfluss erfolgt ungerichtet mit Erosionsrinnenbildung in Richtung Kreuzung B 172/Autobahnzubringer Heidenau, Dohnaer Straße und zur Vorflut Maltengraben beiderseits der B 172.

Es kam zur Überflutung des Wohngebietes „Grünes Viertel“ und Anliegergrundstücke an der Lugaer Straße durch fehlende Straßenentwässerung, unzureichende Einläufe und hydraulischer Überlastung des Maltengrabens.

Schadensereignisse: 10.07.1999, 07.02.2006, 27.06.2006, 23.08.2007, 08.08.2008, 09.06.2009

Standort 24: Lockwitzgrund

Der Wasserabfluss erfolgt aus Richtung Feldfluren Maxener Straße durch den Hangwald in den Lockwitzbach mit Erosionsrinnenbildung.

Schadensereignisse: 28.05.2007, 25.06.2007

Standort 25: Cunnersdorf, Keppbach

Der Wasserabfluss erfolgt aus den Feldfluren in Richtung Keppbach und führt zur Überflutung einzelner Grundstücke. Wasserabfluss durch Überlastung des verrohrten Gewässers oberirdisch mit Überflutung der Nordstraße und Anliegergrundstücke bis zum Feuerlöschteich.

Schadensereignis: 25.06.2008

Standort 26: Schönfeld/Weißig - Dresdner Straße

Keine näheren Angaben vorhanden.

Schadensereignis: keine konkreten Daten bekannt

Standort 27: Kleinluga

Der Wasserfluss erfolgt aus den Feldfluren in Richtung Lugturmstraße. Es ist kein Vorfluter vorhanden. Einzelne Grundstücke werden überflutet.

Schadensereignisse: 09.06.2009 gegen 12:30 Uhr, 01.07.2009 gegen 15/16 Uhr, 04.07.2009 gegen 15/16 Uhr

Standort 28: Am Helfenberger Park

Der Wasserabfluss erfolgt aus den Feldfluren über anschließenden Steilhangbereich (Wald) in den Helfenberger Bach/Helfenberger Grund.

Schadensereignis: 27.06.2006

Standort 29: Leubnitz/Neuostra - Alttorna

Der Wasserabfluss erfolgt aus den Feldfluren von Kauschaer Straße in Richtung Röntgenstraße/Alttorna. Es ist kein Vorfluter vorhanden. Einzelne Grundstücke wurden überflutet.

Schadensereignis: 17.02.2006 gegen 13/14 Uhr

Standort 30: Eschdorf

Der Wasserabfluss erfolgt aus den Feldfluren in Richtung Pirnaer Straße. Es ist kein Vorfluter vorhanden. Einzelne Grundstücke werden überflutet.

Schadensereignis: 16.08.2010

Die folgenden Bereiche führten nur durch wild abfließendes Wasser in den Tauperioden im Frühjahr 2006 zu Überflutungen von Grundstücken und Verkehrsflächen:

Feldfluren Gostritz/Babisnauer Straße

Die Flutung der Babisnauer Straße ohne Gräben an der Vorflut Nöthnitzbach erfolgt durch den Wasserabfluss aus den Feldfluren.

Feldfluren Gostritz/Friebelstraße

Die Flutung der Friebelstraße erfolgt durch Wasserabfluss ohne Graben von der Wasserscheide Nöthnitz/Gostritz.

Feldfluren Leubnitz-Neuostra/Goppeln BAB 17

Starker Wasserabfluss erfolgt entlang der Goppelner Straße zur Vorflut Zauchgraben/Leubnitzbach.

Feldfluren Nickern/Langobardenstraße BAB 17/Autobahnzubringer Nickern/ Goppeln

Der Wasserabfluss von den Feldfluren erfolgt aus Richtung Goppeln unter Erosionsrinnenbildung zur Vorflut Nickerner Abzugsgraben.

Feldfluren Goppeln/Kauscha Fritz-Meinhardt-Straße

Starker Wasserabfluss aus Richtung Goppeln erfolgt bei unzureichenden Straßengräben und Straßenquerungen. Dabei entstehen Erosionsrinnenbildung bis zur Vorflut Geberbach in Altkauscha. Es kommt zu Flutung von Verkehrsflächen und Anliegergrundstücken.

Neue Schadensereignisse traten am 10.10.2010 und im Dezember 2010 (ab 13.12.2010) auf.

Feldfluren Deponie Amand Lockwitz/Viertelacker/Maxener Straße

Wasserabfluss erfolgt in Richtung Viertelacker/B 172 mit Flutung der B 172 durch unzureichende und fehlende Straßengräben. Es entsteht eine starke Belastung der Vorflut Hänichenmühlgraben.

Wasserabfluss erfolgt entlang der Maxener Straße mit Übertritt auf die Maxener Straße und weiter in Richtung Vorflut Lockwitzbach.

8. Grundhochwasser

In Dresden hat man sich darauf verständigt, durch Hochwasser ausgelöste hohe Grundwasserstände mit einem Flurabstand von kleiner oder gleich 3 Meter unter Gelände als Grundhochwasser zu bezeichnen. Zu unterscheiden davon sind Grundwasserstände, die infolge der in einem Gebiet vorhandenen geologisch/hydrogeologischen Situation auch ohne Hochwassereinwirkung sehr flurnah auftreten.

Die Wasserstände der oberirdischen Gewässer wirken sich vor allem bei Hochwasserereignissen auf die Grundwasserstände aus. Unter normalen Bedingungen fließt das Grundwasser im Untergrund dem oberirdischen Gewässer zu (*effluente Verhältnisse*). Steigt aber durch ein Hochwasser der Wasserstand im oberirdischen Gewässer an, kehrt sich die Fließrichtung um und Wasser aus dem oberirdischen Gewässer drückt in den Grundwasserleiter (*influente Verhältnisse*). Die unmittelbare Folge ist ein Ansteigen des Grundwasserstandes in der Umgebung des Fließgewässers.

In oberirdisch überfluteten Flächen kommt es gleichzeitig zur flächenhaften Infiltration großer Wassermengen in den Untergrund. Durch die Umkehr der Strömungsrichtung kann es bei länger anhaltenden Hochwässern im Weiteren zum Aufstau von Grundwasser kommen, da das aus den Neubildungsgebieten zufließende Grundwasser nicht in den Vorfluter entwässern kann. Die Grundwasserstände steigen an und können zur Gefährdung von Bauwerken und Technik führen. Grundsätzlich können die durch Grundhochwasser verursachten Schäden folgenden Kategorien zugeordnet werden:

- Schäden an Gebäudesubstanz und -einrichtung durch Eindringen von Grundwasser in das Gebäude,
- Durchfeuchtung von Kellerfußböden und -wänden durch aufsteigendes Grundwasser,
- Kontamination von Gebäudeteilen durch austretende Schadstoffe in Folge von Einwirkung aufsteigenden Grundwassers,
- Zerstörung oder Beschädigung des Gebäudes durch Instabilität des Untergrundes bei zu geringer Gebäudelast („Aufschwimmen“ bzw. hydraulischer Grundbruch).

Des Weiteren treten indirekte Schäden durch den Nutzungsausfall auf. Bei einem Grundhochwasser kann eine besondere Gefährdungssituation durch die Kombination von großer Anstiegsgeschwindigkeit und Anstiegshöhe entstehen.

Im Gegensatz zum oberirdischen Hochwassergeschehen, das direkt beobachtet und über Luftaufnahmen recht genau ermittelt werden kann, spielt sich die Entwicklung der Grundwasserstände weitgehend im Verborgenen ab. Nur durch Beobachtung an Grundwasseraufschlüssen (Brunnen oder Messpegel) lassen sich Informationen zur Druckhöhe des Grundwassers zu einem konkreten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort ermitteln.

8.1 Historische Ereignisse

Während die Erfassung der höchsten Elbwasserstände bis in das 15. Jahrhundert zurück reicht, erfolgt die Beobachtung der Grundwasserstände an der ältesten Messstelle des sächsischen Landesmessnetzes am Dresdner Pohlandplatz erst seit 1894. Grundwasserstandsaufzeichnungen vor dieser Zeit gibt es in Dresden nicht.

Aus den Anfangsjahren der Grundwasserbeobachtung sind nur die Monatsmittelwerte und die Extremwerte vorhanden. Aus dem Zeitraum von 1916 bis 1951 stehen nahezu keine Messwerte zur Verfügung.

Die Messstelle Pohlandplatz liegt in rund 1600 m Entfernung von der Elbe entfernt und wird nicht direkt vom Elbehochwasser beeinflusst. Es besteht nur eine indirekte Beein-

flussung durch Verhinderung des Grundwasserabflusses im Hochwasserfall. Abbildung 58 zeigt die Entwicklung der höchsten Grundwasserstände an der Messstelle Pohlandplatz im Vergleich zu den höchsten jährlichen Elbwasserständen.

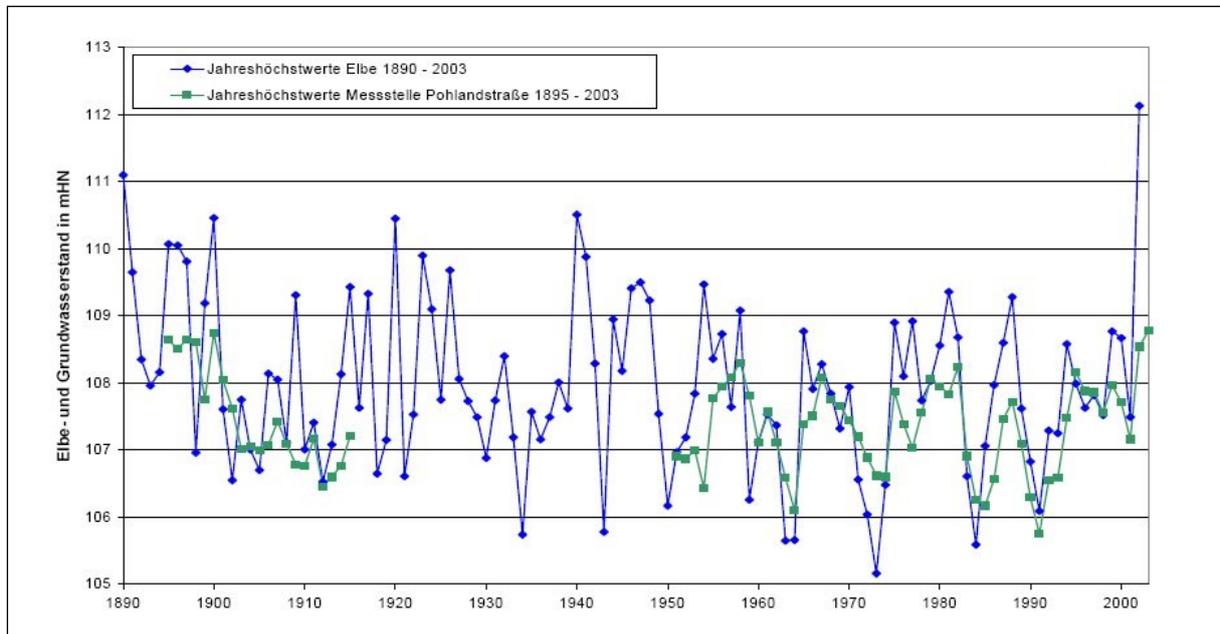


Abbildung 58: Höchste Grundwasserstände an der Grundwassermessstelle Pohlandplatz im Vergleich zu Höchstwerten der Elbe (Landesamt für Umwelt und Geologie, 2003)

Beim Vergleich der Grundwasserstände 1895 bis 1900 und 2002/2003 wird deutlich, dass die hohen Grundwasserstände 2002/2003 an dieser Messstelle nicht außergewöhnlich sind.

8.2 Das Hochwasser vom August 2002

Im August 2002 wurde Dresden von einem der schlimmsten Hochwasser in der Geschichte der Stadt getroffen. Ausgelöst durch die extremen Niederschläge und die damit verbundenen Überflutungen großer Flächen stieg auch die Grundwasseroberfläche auf ein Niveau an, das zuvor - mit Ausnahme der Messstelle Pohlandplatz - noch nicht gemessen wurde. Auch wenn dies teilweise durch die zu kurzen Beobachtungsreihen begründet sein kann, ergeben sich grundlegende Unterschiede zu vorangegangenen Hochwasserereignissen. Insbesondere fehlten im elbnahen Bereich die sonst typische zeitliche Verzögerung der Hochwasserwelle im Grundwasser um ein bis zwei Tage sowie die Dämpfung der Amplitude fast vollständig. Die außergewöhnliche Entwicklung der Grundwasserstände lässt sich auf mehrere, zeitlich eng aufeinander folgende Ursachen zurückführen:

- hohe Grundwasserneubildung durch die extremen Niederschläge am 11./12.08.2002,
- zusätzliche Infiltration infolge der flächenhaften Ausuferungen der Gewässer 1. und 2. Ordnung (insbesondere Vereinigte Weißeritz, Lockwitzbach, Kaitzbach) am 12./13.08.2002,
- Infiltration aus durch das Elbhochwasser überstauten Flächen einschließlich einer Anhebung des Grundwasserspiegels durch Umkehr der Fließrichtung bis ca. 28.08.2002,
- zusätzliche Zuführung von Oberflächenwasser durch das eingestaute und zum Teil unter Druck geratene Abwassersystem sowie geflutete Fernwärmekäme in den Untergrund auch in nicht direkt von der oberirdischen Überflutung betroffene Bereiche.

Während der Hochwasserphase hat sich die normalerweise zur Elbe hin gerichtete Fließrichtung des Grundwassers umgekehrt. Elbwasser drückte in den Grundwasserleiter hinein. Dieser konnte so als Speicher für einen Teil des Elbwassers wirken. Während der etwa zehn Tage andauernden Hochwasserphase wurden ungefähr 25 Millionen m³ Elbwasser im Grundwasserleiter zwischengespeichert.

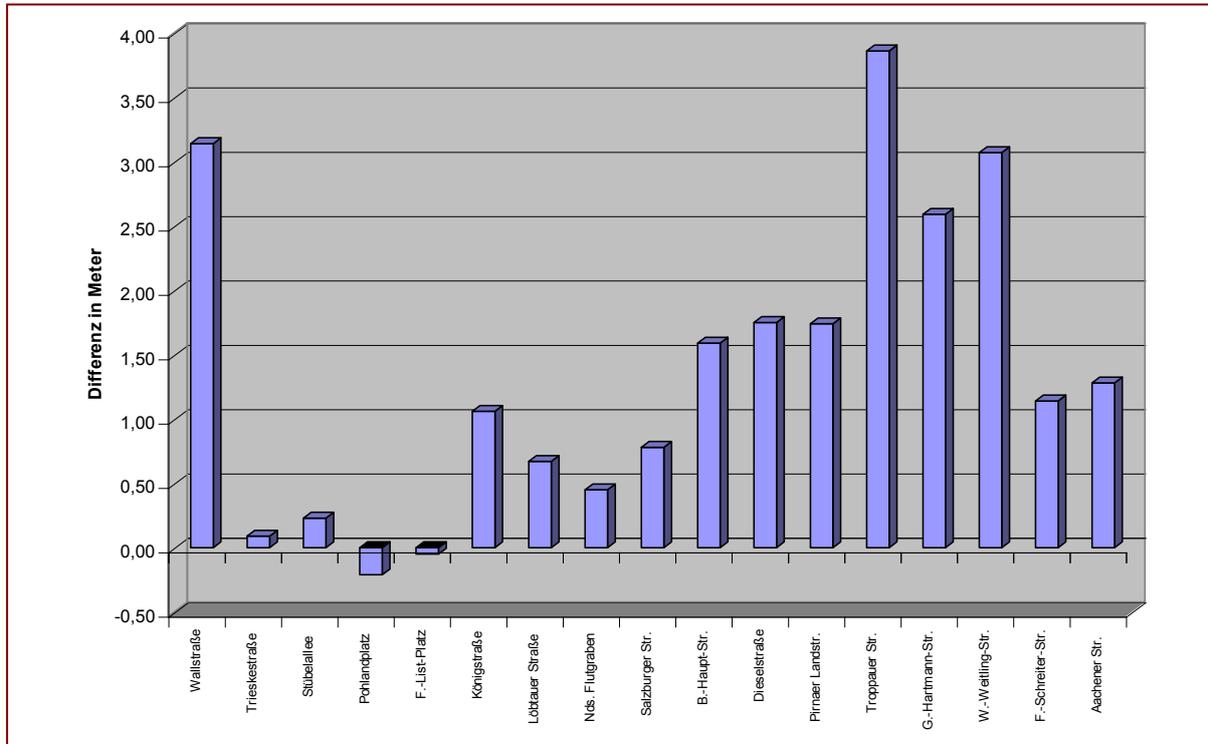


Abbildung 59: Unterschied der Wasserstände vom August 2002 zu den bisher bekannten Höchstwasserständen an ausgewählten Messstellen

Zwischen September 2002 und dem Ende des Jahres 2002 kam es zu einem langfristigen Ausgleich der Grundwasserdruckpotenziale. Dabei sanken die Grundwasserstände elbnah, während sie im Hinterland weiter anstiegen. Sehr nah am Elbtalrand gelegene Messstellen erreichten die höchsten Wasserstände erst im März bis Mai 2003. Zum Jahreswechsel 2002/2003 stellte sich infolge anhaltend feuchter Witterung eine erhöhte Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ein. Die Neubildungsraten lagen dabei teilweise doppelt so hoch wie im August 2002 (Planungsgesellschaft Dr. Scholz mbH, 2004). Gleichzeitig ließ das Winterhochwasser vom Januar 2003 insbesondere in Elbnähe die Grundwasserstände wieder ansteigen. Danach setzte ein kontinuierlicher Rückgang der Grundwasserstände an allen Messstellen ein. Erst gegen Ende 2003 hatte sich die Situation mit den o. g. Ausnahmen weitgehend normalisiert. Anstieg und Rückgang der Grundwasserstände vollzogen sich in Abhängigkeit von der konkreten geologischen Situation und der Entfernung des betrachteten Bereiches zur Elbe sehr unterschiedlich wie die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2005).

Abbildung 60 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Innenstadt. Der Grundwasserstand stieg im August 2002 nahezu zeitgleich mit dem Elbwasserstand an. Der Anstieg vollzog sich innerhalb von 72 Stunden und wies eine Höhe von sechs Metern auf. Zeitliche Verzögerung und Dämpfung der Hochwasserwelle fehlten völlig. Das war vor allem auf die flächige Infiltration von Wasser aus den Überflutungsflächen von Weißeritz und Elbe sowie die direkte Zuführung von Wasser in den Untergrund über die unterirdischen Kanalsysteme zurück zu führen.

Fast ebenso schnell wie der Anstieg vollzog sich der Rückgang der Wasserstände. Erst beim Januarhochwasser 2003 war eine Dämpfung wieder erkennbar – die Höhe von Grundwasserspiegel und Elbwasserstand unterscheiden sich deutlich.

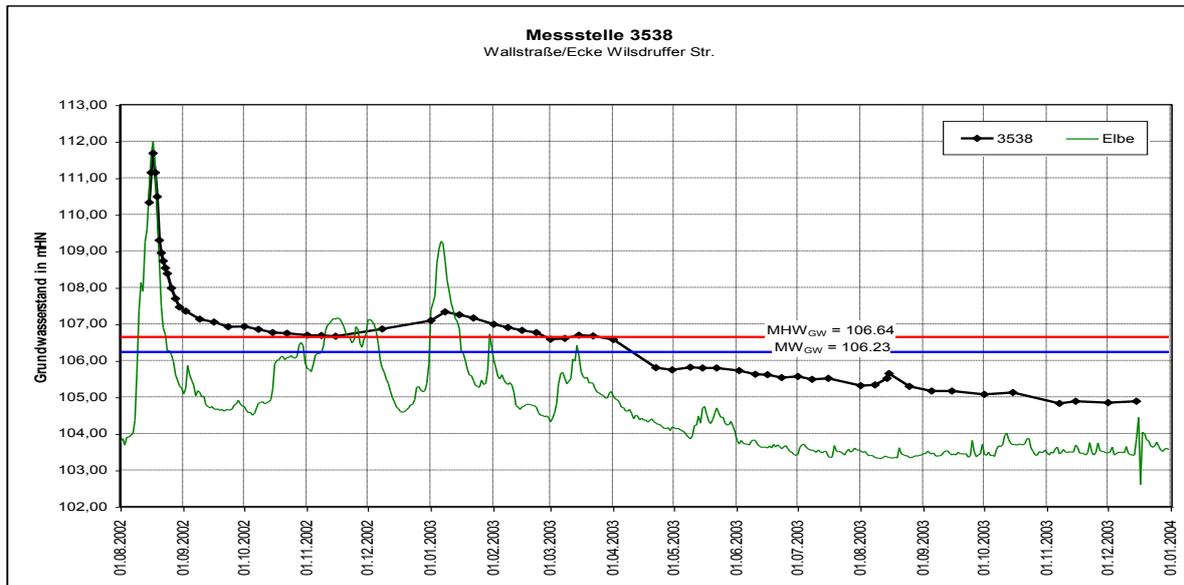


Abbildung 60: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 3538 (Wallstraße)

Während in der Dresdner Innenstadt der Anstieg des Grundwassers extrem schnell erfolgte, waren weiter entfernt von der Elbe bzw. den überfluteten Flächen gelegene Gebiete durch einen langsameren und in der Höhe deutlich gedämpften Anstieg der Wasserstände gekennzeichnet. Beispielhaft dafür ist die Messstelle 3516 am Botanischen Garten (Abbildung 61). Die Entfernung der Messstelle zur Elbe beträgt etwa 1,5 km.

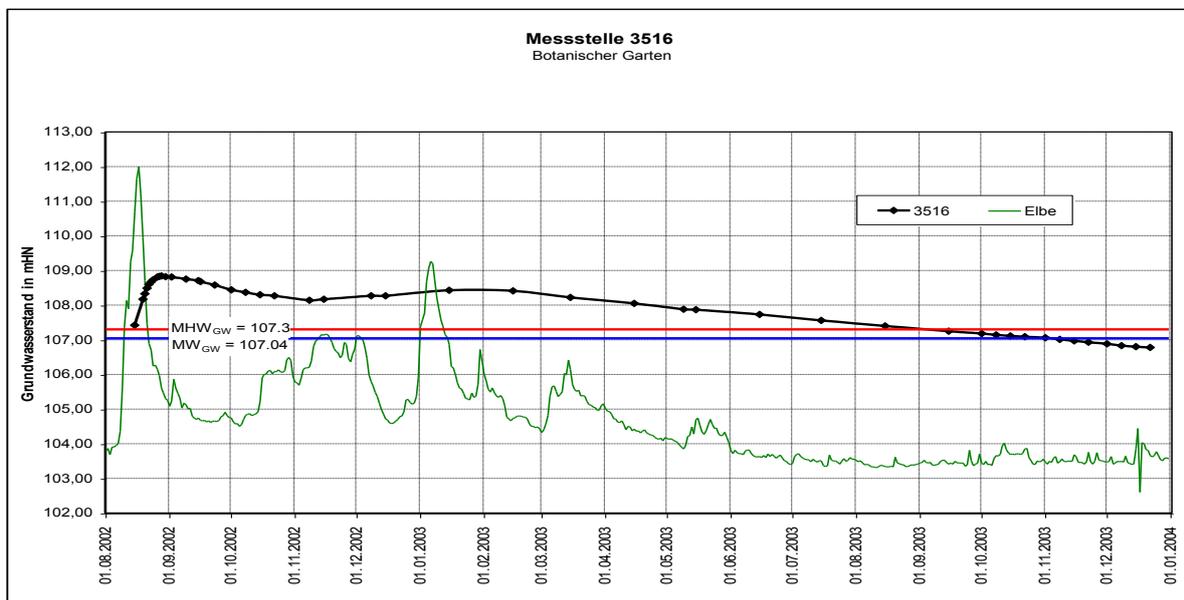


Abbildung 61: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 3516 (Botanischer Garten)

Der höchste Wasserstand trat hier am 28.08.2002 und damit elf Tage nach dem Durchgang des Hochwasserscheitels auf. Die Erhöhung des Wasserspiegels im Vergleich zum Ausgangswasserstand lag mit etwa 1,5 m deutlich unter den Werten der elbnahen Messstellen. Der Rückgang der Wasserstände vollzog sich ebenfalls deutlich langsamer als im Innenstadtbereich und wurde durch das Januarhochwasser 2003 noch einmal umgekehrt. Mittlere Wasserstände stellten sich erst im September/Oktober 2003 wieder ein.

Durch einen noch langsameren, aber kontinuierlichen und langanhaltenden Anstieg der Wasserstände ist die in etwa 4 km Entfernung von der Elbe gelegene Messstelle 421 am Grunaer Weg gekennzeichnet (Abbildung 62). Hier traten die höchsten Wasserstände erst im März 2003 auf. Der Anstieg zum Ausgangswasserstand lag bei etwa 1 m. Selbst am Jahresende 2003 waren mittlere Verhältnisse noch nicht wieder erreicht. Erst im Oktober 2004, also über zwei Jahre nach dem Hochwasser, hatten sich die Grundwasserverhältnisse in diesem Bereich wieder normalisiert.

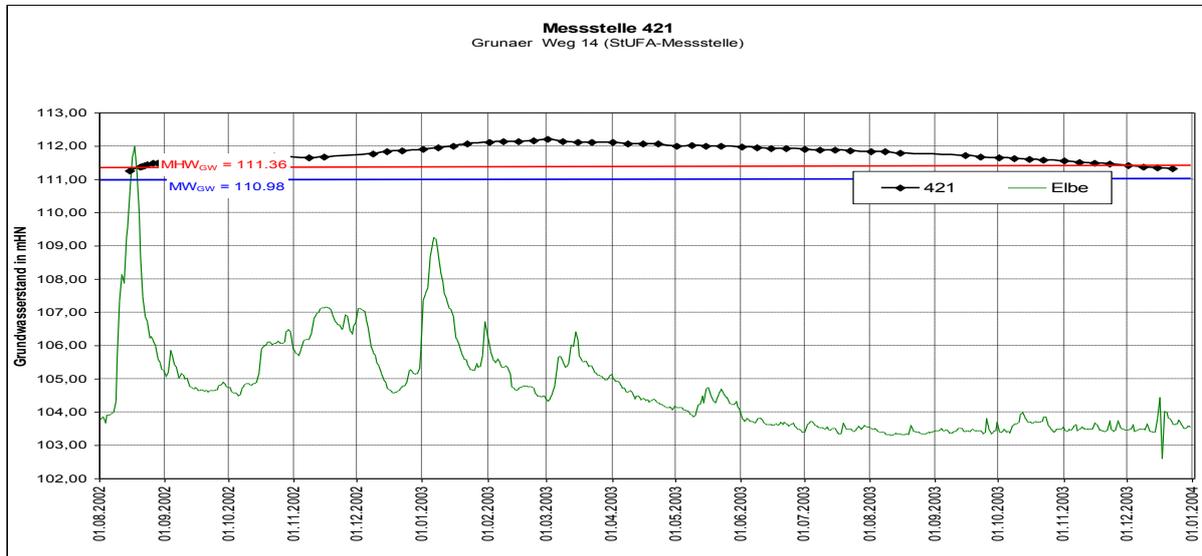


Abbildung 62: Grundwasserstandsentwicklung Messstelle 421 (Grunaer Weg)

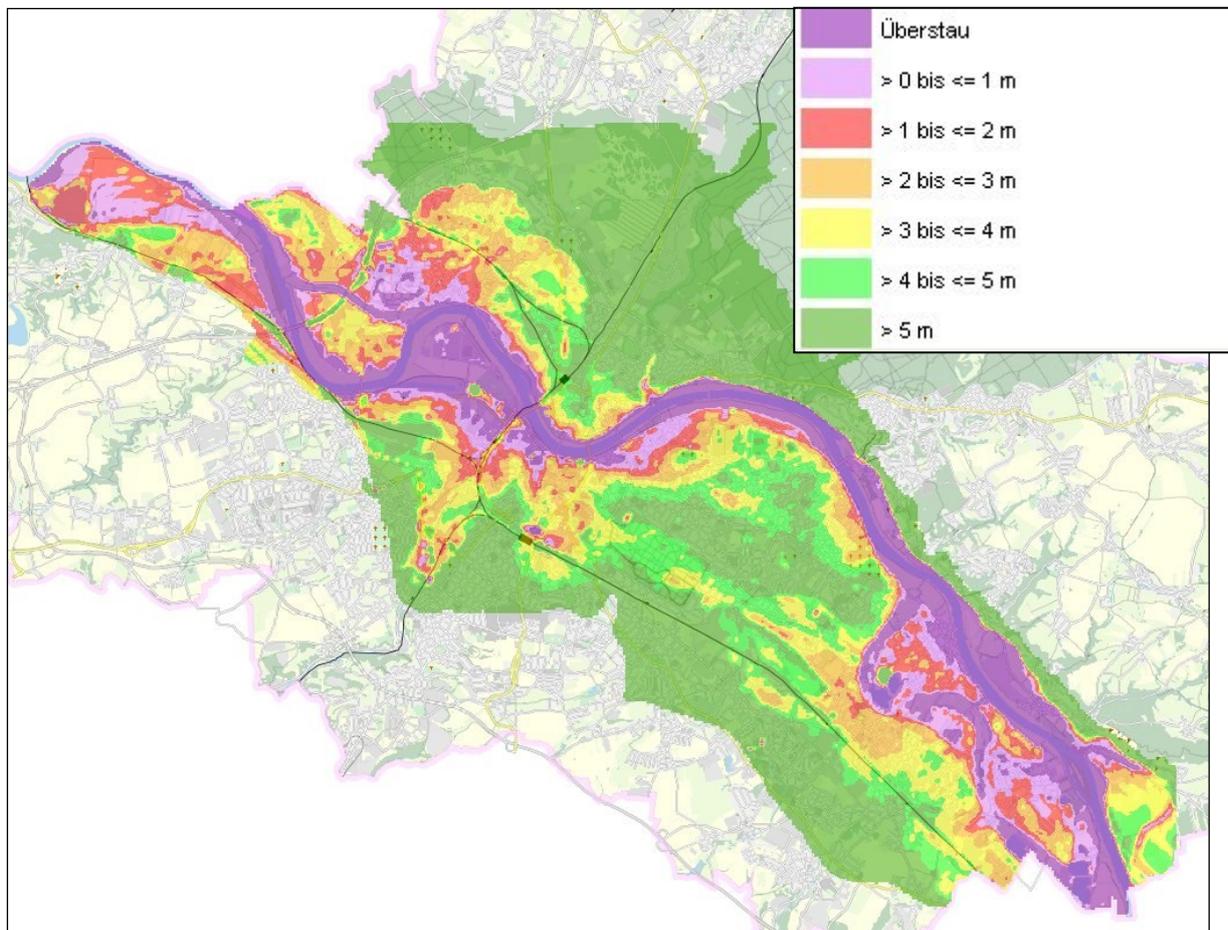


Abbildung 63: Grundwasserflurabstände bei und nach dem Hochwasser vom August 2002

Während des Auguthochwassers 2002 waren im Dresdner Stadtgebiet Flächen von etwa 45 km² durch Grundhochwasser (Flächen mit einem hochwasserbedingten Grundwasserflurabstand < 3 m unter Gelände) betroffen.

Für eine flächenhafte Abbildung der aufgetretenen Grundwasserstände und Grundwasserflurabstände ist aufgrund dieser differenzierten zeitlichen und räumlichen Abläufe die Darstellung eines einzelnen Zeitpunktes nicht ausreichend. Es wurden deshalb die an den einzelnen Messstellen beobachteten Höchstgrundwasserstände in einer synoptischen Darstellung zu einer einheitlichen Grundwasseroberfläche zusammengefasst und mit der Geländeoberfläche verschnitten (Abbildung 63). Diese Darstellung kann auch im Themenstadtplan der Landeshauptstadt Dresden abgerufen werden (Landeshauptstadt Dresden, 2007).

8.3 Das Hochwasser vom April 2006

Im Frühjahr 2006 war Dresden von mehreren Hochwasserereignissen in den kleineren Fließgewässern – teilweise mit Eisgang – und von einem Elbhochwasser mit etwa 10-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit und einem Scheitelwasserstand am Pegel Dresden 7,49 m am 4. April 2006 betroffen.

Auf das Grundwasser hat sich vor allem das Hochwasser der Elbe ausgewirkt. Vor Beginn des Hochwassers befanden sich die Grundwasserstände im Stadtgebiet mit Ausnahme des Gebietes um den alten Elbarm auf einem für das Frühjahr untypisch niedrigen Niveau. Die langjährig beobachteten Messstellen des staatlichen Netzes zeigten Werte von durchschnittlich 30 cm unter dem langjährigen Mittelwert für den Monat März.

Der Anstieg des Grundwassers vollzog sich insgesamt erwartungsgemäß deutlich weniger dramatisch als beim Hochwasser vom August 2002. Auch der Rückgang der Grundwasserstände nach dem Hochwasser erfolgte innerhalb weniger Wochen (ARGE UBV/DGC, April 2006).

Anders als 2002 wurden im Innenstadtbereich die Grundwasserstände durch die Hochwasserentlastungsanlagen von Landtag, Semperoper, Schloss und Ständehaus/Johanneum kontrolliert. Die Anlagen wurden beim Durchgang des Hochwasserscheitels mit einer maximalen Förderleistung von 840 m³/h (0,25 m³/s) betrieben. Die zentrale Kälteversorgungsanlage der DREWAG am Neumarkt befand sich im Testbetrieb und trug mit einer Entnahmemenge von 250 m³/h ebenfalls zu einer deutlichen Entlastung der Grundwasserstände in der Innenstadt bei.

Aus der Auswertung aller Messergebnisse geht hervor, dass das Elbwasser 2006 einen direkten Einfluss nur bis in etwa 800 m Entfernung von der Überflutungsfläche ausgeübt hat (Abbildung 64). Weiter entfernt gelegene Bereiche wurden nur indirekt durch den Aufstau des aus dem Hinterland zufließenden Grundwassers beeinflusst. In dem direkt beeinflussten Bereich stieg das Grundwasser um durchschnittlich einen Meter an. Der größte Anstieg trat dabei mit 2,36 m an der Wilhelm-Weitling-Straße auf. In den entfernter gelegenen Gebieten war der Anstieg nur gering (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2006).

Auch für das Hochwasser vom April 2006 sind die beobachteten Grundwasserflurabstände im Internet abrufbar (Landeshauptstadt Dresden, 2007).

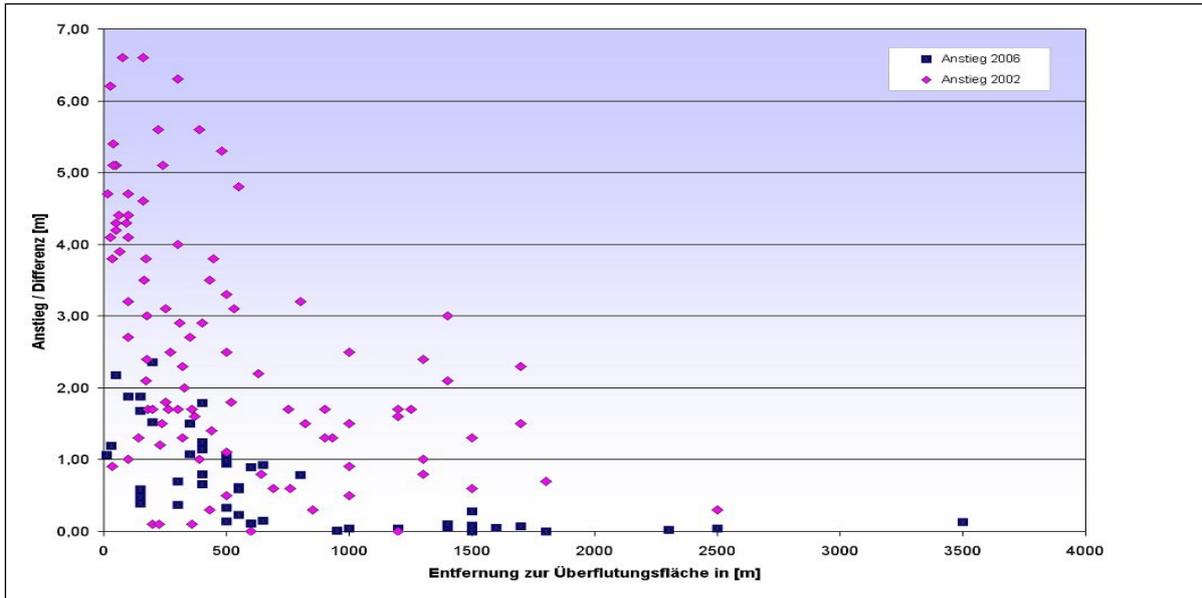


Abbildung 64: Anstieg der Grundwasserstände in Abhängigkeit der Entfernung zur Überflutungsfläche

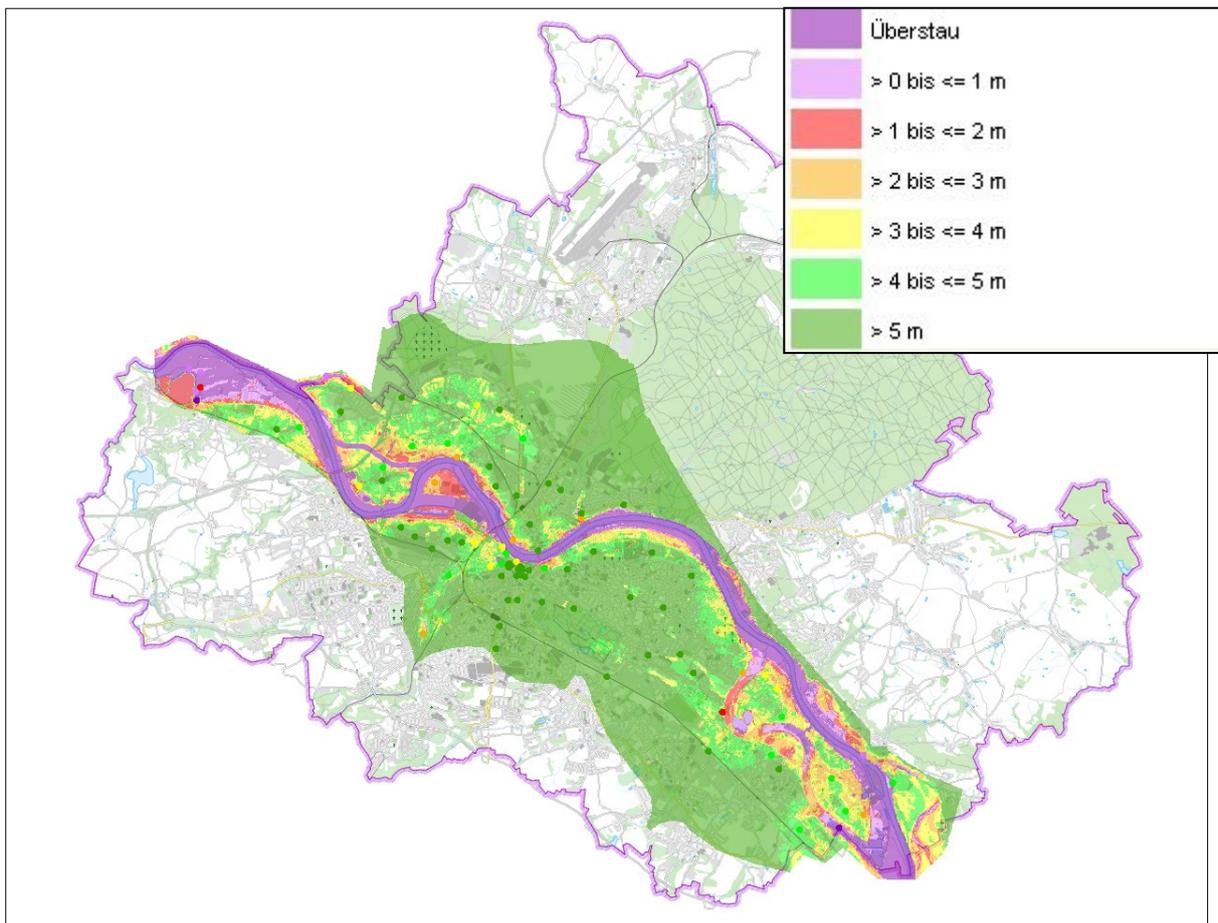


Abbildung 65: Grundwasserflurabstände bei und nach dem Hochwasser vom August 2006

9. Fazit

Im vorliegenden Bericht wurden erstmals alle bisher aufgetretenen und dokumentierten klimatischen, hydrologischen und hydrogeologischen Einwirkgrößen für den Raum Dresden in einem Dokument zusammengetragen. Nach umfassender Datenrecherche, -sammlung und -aufbereitung erfolgte eine Auswertung der Ereignisse entsprechend definierter Kenngrößen.

Um Extreme aus den Datenreihen klassifizieren zu können, bedarf es langer Messzeiträume in einem kontinuierlich laufenden Messnetz. Da es an einem solchen im Stadtgebiet jedoch mangelt bzw. durch bauliche Veränderungen (bspw. Talsperrenbewirtschaftung) kein Rückschluss mehr auf das natürliche Einwirken zu ziehen ist, konnte eine Einordnung der Messparameter hinsichtlich der Extremwertstatistik nicht erfolgen.

Eine Erweiterung des städtischen meteorologischen Messnetzes würde helfen, stadtklimatische Effekte und Einwirkgrößen besser quantifizieren und bewerten zu können. Eine Aufstellung von Messstationen in verschiedenen beschaffenen Baustrukturen wäre eine sinnvolle Verbesserung zur Analyse der mikroklimatischen Situation in Gebieten unterschiedlicher urbaner Prägung im Stadtgebiet. Die Kenntnis über klimatische Last- und Ausgleichsräume sollte insbesondere in Hinsicht auf ein sich veränderndes Klima sowie den demographischen Wandel ein entscheidender Aspekt zukünftiger Stadtplanung darstellen. Nicht zuletzt zur Verifizierung erarbeiteter Klimaprojektionen sollte ein kontinuierliches Monitoring meteorologischer und hydrologischer Parameter betrieben werden.

Der Bericht dient als Grundlage für weitere Betrachtungen und Analysen im Projekt REGKLAM.

Literatur

- ARGE UBV/DGC. (April 2006). *Grundwasserüberwachung Frühjahrshochwasser 2006*. Dresden.
- Berz, G. (2008). Versicherungsrisiko "Klimawandel". (DWD, Hrsg.) *promet - Meteorologische Fortbildung*, Jahrgang 34, Heft 1/2, S. 71.
- BfG. (2006). *Das Hochwasser der Elbe im Frühjahr 2006, BfG-Bericht 1514*. Koblenz.
- Böer, W., Schubert, H., & Wilser, O. (1959). *Das Sommerhochwasser der Elbe im Juli 1954. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahrbuch.*. Berlin.
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE KOBLENZ. (September 2002). *Das Auguthochwasser 2002 im Elbegebiet*. Koblenz.
- D. Aller, E. K. (2008). Unwetter und ihre Relevanz für die Versicherungswirtschaft. (DWD, Hrsg.) *promet - Meteorologische Fortbildung*, Jahrgang 34, Heft 1/2, S. 71.
- (2002). *Die große Wassersnot in Sachsen 1897, Leipzig 1897*. Husum.
- Dirksen, E. K. (2010). Das Skywarn-Meldesystem - Notwendigkeit und Nutzen von Unwettermeldungen. (D. M. Gesellschaft, Hrsg.) *Mitteilungen DMG* (Heft 04, 2010), S. 60.
- Dittrich, I. e. (2003). *Das Hochwasser der Weißeritz in der Großen Kreisstadt Freital im August 2002. - zitiert in Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2010*). Bannewitz.
- DWD. (2010). *Berlin im Klimawandel - Eine Untersuchung zum Bioklima*. Abteilung Klima- und Umweltberatung. Potsdam: DWD.
- DWD. (kein Datum). *Deutscher Wetterdienst, Wetterlexikon*. Abgerufen am 02. 03 2011 von www.dwd.de
- Environment Canada. (29. 11 2010). <http://ontario.hazards.ca/maps/background/ExtremeHeat-e.html>. Abgerufen am 01 2011 von Atmospheric Hazards - Ontario Region, Extreme Heat.
- Föderaler öffentlicher Dienst . (2008). *Aktionsplan Hitzewelle und Ozonspitzen*. Volksgesundheit, Sicherheit der Nahrungsmittelkette und Umwelt. Brüssel: Dr. Dirk Cuypers.
- Foelsche, U. (2004). Regionale Entwicklung und Auswirkung extremer Wetterereignisse am Beispiel Österreich. In C. S. K. Steininger (Hrsg.), *Extreme Wetterereignisse - Auswirkungen und Auswege für betroffene österreichische Wirtschaftssektoren* (S. 25-39). Springer, Berlin-Heidelberg.
- Foelsche, U. (2003). StartClim-Workshop Extreme Wetterereignisse – Auswirkungen und Auswege für betroffene österreichische Wirtschaftssektoren . *Entwicklung extremer Wetterereignisse und regionale Auswirkungen auf Österreich* . (H. D. Austria, Hrsg.) Universität Graz, Österreich.
- Fügner, D. (2002). *Hochwasser-Katastrophen in Sachsen*. Taucha: Erstellt im Rahmen des BMBF-Projektes" Integration von historischen und hydrologisch/hydraulischen Analysen zur Verbesserung der regionalen Gefährdungsabschätzung und zur Erhöhung des Hochwasserbewusstseins".
- Huber, G. u. (2003). *Konzepte des Hochwasserschutzes für die Bauten des Freistaates Sachsen im Historischen Stadtkern von Dresden*. - in: *Landeshauptstadt Dresden und DGFZ e.V. (Hrsg.): Hochwassernachsorge Grundwasser Dresden. Tagungsband zum Statusseminar am 08. Oktober 2003*. Dresden.
- Kreibich, H., & Thieken, A. (2008). *Assessment of damage caused by high groundwater inundation*. - *Water Resour. Res.* Vol. 44, pp. W09409.
- Kreibich, H., Thieken, A., Grunenberg, H., Ullrich, K., & Sommer, T. (2009). *Extent, perception and mitigation of damage due to high groundwater levels in the city of Dresden, Germany*. - *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol. 9, pp. 1247-1258.

- L. Cleemann, U. C. (2010). *Klimafolgenforschung zur Beurteilung der Auswirkungen von konvektiven Extremwetterereignissen - Workshop Report 1*. Germany: Climate Service Center und Sustainable Business Institute.
- Landesamt für Umwelt und Geologie. (2003). *Einfluss des August Hochwassers 2002 auf das Grundwasser*. Dresden.
- Landesamt für Umwelt und Geologie. (2006). *Hydrologisches Jahrbuch Teil 1, Pegelverzeichnis*. Dresden.
- Landesamt für Umwelt und Geologie. (2002). *Vorläufiger Kurzbericht über die meteorologisch-hydrologische Situation beim Hochwasser im August 2002 Version 3, 07.11.02*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden. (2007). *Grundwasserflurabstände Hochwasser 2002*. Abgerufen am 20. 01 2011 von Grundwasserflurabstände Hochwasser 2006: <http://stadtplan.dresden.de>
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2005). *Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2006). *Bericht zum Frühjahrshochwasser 2006 vom 20.04.2006*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2004). *Bericht zur Hochwasserschadensbeseitigung, zu den Sofortmaßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zum weiteren Vorgehen beim Plan Hochwasservorsorge Dresden vom 09.03.2004*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2010). *Plan Hochwasservorsorge Dresden, hier: Gewässersteckbrief Lockwitz*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2010). *Plan Hochwasservorsorge Dresden, hier: Gewässersteckbrief Weißeritz*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2007). *Umweltbericht 2005/2006 Fakten zur Umwelt, Teil 2 - Bericht der Projektgruppe Hochwasservorsorge*. Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. (2009). *Umweltbericht Fakten 2007/2008*. Dresden.
- Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (kein Datum). www.regklam.de. Abgerufen am 14. 02 2011
- M. Stucki, T. E. (2007). *Elementarschutzregister Hagel, Untersuchungen zur Hagelgefahr und zum Widerstand der Gebäudehülle*.
- Max-Planck-Institut für Meteorologie. (Januar 2006). *Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert*. (M.-P.-I. f. Meteorologie, Hrsg.) Abgerufen am 05. 03 2011 von www.mpimet.mpg.de: <http://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/grafik/presse/Klimaprojektionen2006.pdf>
- McMichael, A. (1996). Human population health. (R. Z. Watson, Hrsg.) *Climate Change 1995 - Impacts, Adaptions, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses* , S. 561-584.
- P. Hupfer, W. K. (2006). *Witterung und Klima*. Wiesbaden: B. G. Teubner Verlag.
- Pflüger, P. F. (02. 12 2002). <http://www.benno-gym.de/Sites/Flood/index.html>. Abgerufen am 02. 03 2011
- Planungsgesellschaft Dr. Scholz mbH. (2004). *Hochwasser 2002 - Auswirkungen auf das Grundwasser, Hochwasserschutzkonzeption obere Elbe, Auswertung von Daten zur Grundwasserüberwachung*. unveröffentlicht.
- Pohl, R. (2004). *Historische Hochwasser aus dem Erzgebirge. Von der Gottleuba bis zur Mulde*. Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. *Dresdener Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 28*. . Dresden.

Puskeiler, M. (2009). *Analyse der Hagelgefährdung durch Kombination von Radardaten und Schadendaten für Südwestdeutschland*. Karlsruhe: Universität Karlsruhe (TH) / Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

R. Hohl, H. H. (2001). Hailfall: The relationship between hail kinetic energy and hail damage to buildings. *Atmospheric Research* 63 , 177-207.

Rosenhagen, G. (2008). Zur Entwicklung der Sturmaktivität in Mittel- und Westeuropa. (DWD, Hrsg.) *promet - Meteorologische Fortbildung* , Jahrgang 34, Heft 1/2, S. 71.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.). (2004). *Ereignisanalyse - Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Materialien zur Wasserwirtschaft 2004*. Dresden.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. (2002). *Vorläufiger Kurzbericht über die meteorologisch-hydrologische Situation beim Hochwasser im August 2002, Version 5*. Dresden.

Schiesser, H. H. (1988). *Fernerkundung von Hagelschäden mittels Wetterradar - untersucht an Ackerkulturen (Dissertation)*. Universität Zürich.

Staatsarchiv Dresden, Wasserbaudirektion. (1901). *Wasserbauverwaltung Nr. 494 vom 16.03.1901 (zitiert in Plan hochwaservorsorge Dresden, Gewässersteckbrief Lockwitz)*. Dresden.

Tinz, B. F. (2008). *Hitzeepisoden in Deutschland im 20. und 21. Jahrhundert*. Hamburg: J. Lozán u.a.: Warnsignal Klima. Gesundheitsrisiken.

TU Dresden im Auftrag der LTV. (2003). *Zweidimensionale Analyse von Wasserständen und Fließvorgängen der Elbe und der Weißeritz bei definierten Abflussverhältnissen und Randbedingungen im Stadtgebiet von Dresden*. Dresden: unveröffentlicht.

TU-Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie. (2008). *Sachsen im Klimawandel - Eine Analyse*. Dresden: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.

VDI. (2008). *VDI 3787 Bl. 2 - Umweltmeteorologie, Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung, Teil I: Klima*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Wikipedia. (01. 02 2011). *Wikipedia, Sonnenscheindauer*. Abgerufen am 04. 04 2011 von <http://de.wikipedia.org/>