

Niederschlagsereignisse in Mecklenburg-Vorpommern im Sommer 2011

Konrad Miegel, Universität Rostock

1. Einordnung der extremen Trockenheit im Frühjahr 2011

Der Sommer des Jahres 2011 wird den Menschen in Mecklenburg-Vorpommern (M-V) vor allem als außergewöhnlich regenreich in Erinnerung bleiben. In Rostock-Warnemünde wurden im Juli und August die größten Regenmengen beobachtet, seitdem dort Niederschlagsmessungen durchgeführt werden. Dabei fing das Jahr 2011 ganz anders an, denn das Frühjahr war in Europa von Februar bis Mai durch eine ungewöhnliche Trockenperiode gekennzeichnet, von der vor allem der Südosten Englands, Frankreich und Deutschland betroffen waren, in Deutschland stärker die westlichen Bundesländer. Die meteorologische Ursache war ein beständiger Hochdruckrücken über West- und Mitteleuropa, der die über dem Nordatlantik vorherrschende starke Westströmung blockierte, so dass Tiefdruckgebiete nicht in unseren Raum vordringen konnten. Diese ohnehin stabile Situation dauerte zudem noch ungewöhnlich lange an (WMO 2011).

Die Bewertung fällt noch extremer aus, wenn man sich auf das Frühjahr von März bis Mai beschränkt, das das trockenste seit 1893 war. Ähnliche Bedingungen, aber nicht ganz so extrem, gab es 1976 und in den 1990er Jahren. Der April war in Deutschland einer der 10 trockensten Aprilmonate seit 1881 nach ähnlich trockenen Aprilmonaten 2007, 2009 und 2010. Die hydrologischen Folgen waren 2011 sehr niedrige Bodenfeuchten im März und April. Dazu trugen auch die überdurchschnittlichen Temperaturen und eine erhöhte Verdunstung bei. Das Getreidewachstum blieb infolge dessen weit hinter dem in dieser Jahreszeit normalen Stand zurück. Im Mai herrschten an den meisten deutschen Flüssen Pegelstände vor, die in dieser Jahreszeit in den letzten 100 Jahren noch nie so niedrig gewesen sind (WMO 2011).

Aufschlussreich sind auch die Angaben zu den Monatsniederschlägen in Deutschland, die im monatlichen WitterungsReport Express des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2011) zu finden sind. Im Durchschnitt fielen im März 36%, im April 43% und im Mai 62% des langjährigen, monatlichen Niederschlagsmittelwertes. Im Vergleich zu den westlichen Bundesländern war M-V weniger stark betroffen, denn hier belaufen sich diese Angaben auf 52%, 54% und 89%. Dabei ist zu beachten, dass im Nordosten ohnehin vergleichsweise deutlich weniger Niederschlag fällt. Die geringen Niederschläge waren örtlich mit längeren niederschlagsfreien Phasen verbunden. So fiel in Rostock-Warnemünde vom 12. Februar bis 08. März (25 Tage) und in Schwerin vom 14. April bis 10. Mai (27 Tage) kein bzw. kein messbarer Niederschlag. Die Durchschnittstemperatur Deutschlands wurde im April mit 11,6 °C um 4,2 K deutlich übertroffen. Daneben war der April nur 2007 und 2009 sonniger. Der Juni-Niederschlag war bundesdurchschnittlich betrachtet wieder normal, wobei in M-V das Monatsmittel um 33% übertroffen worden ist. Im Bereich der Ostseeküste zwischen Kiel und Rostock fiel im Juni sogar 50% bis 100% mehr Niederschlag als normal. In Kirchdorf auf der Insel Poel wurde im Juni ein Tageswert von 73,3 mm und in Carlow / Nordwestmecklenburg von 65,2 mm erreicht.

2. Einordnung der extremen Sommerniederschläge 2011

Durch die Starkniederschläge in den Sommermonaten, die dem extrem trockenen Frühjahr folgten, wird das Niederschlagsjahr 2011 in M-V als Jahr extremer jahreszeitlicher Gegensätze in die Geschichtsbücher eingehen (Abbildung 1). Während gemessen an den Mittelwerten (Zeitraum 1981 bis 2010) in Warnemünde von März bis Mai nur 74% bzw. im März und April sogar nur 50% des normalen Niederschlags gefallen sind, beträgt der Niederschlag des Zeitraums Juni bis August das rund 3,2-fache des Normalen. Dabei ragt der Juli noch deutlich heraus, in dem der bisherige Monatsrekord in 110 Jahren Beobachtung seit 1901 (189 mm, August 1946) mit 343,9 mm quasi pulverisiert worden ist. Dies entspricht ca. dem 5,5-fachen des Normalen im Juli. Dem folgte im August 2011 mit 192,9 mm eine weitere extreme monatliche Niederschlagssumme, was bedeutet, dass der bisherige Monatsrekord gleich 2 Mal hintereinander überboten worden ist. Der mittlere Jahresniederschlag (1961 bis 2010) beträgt in Warnemünde zum Vergleich 601,9 mm.

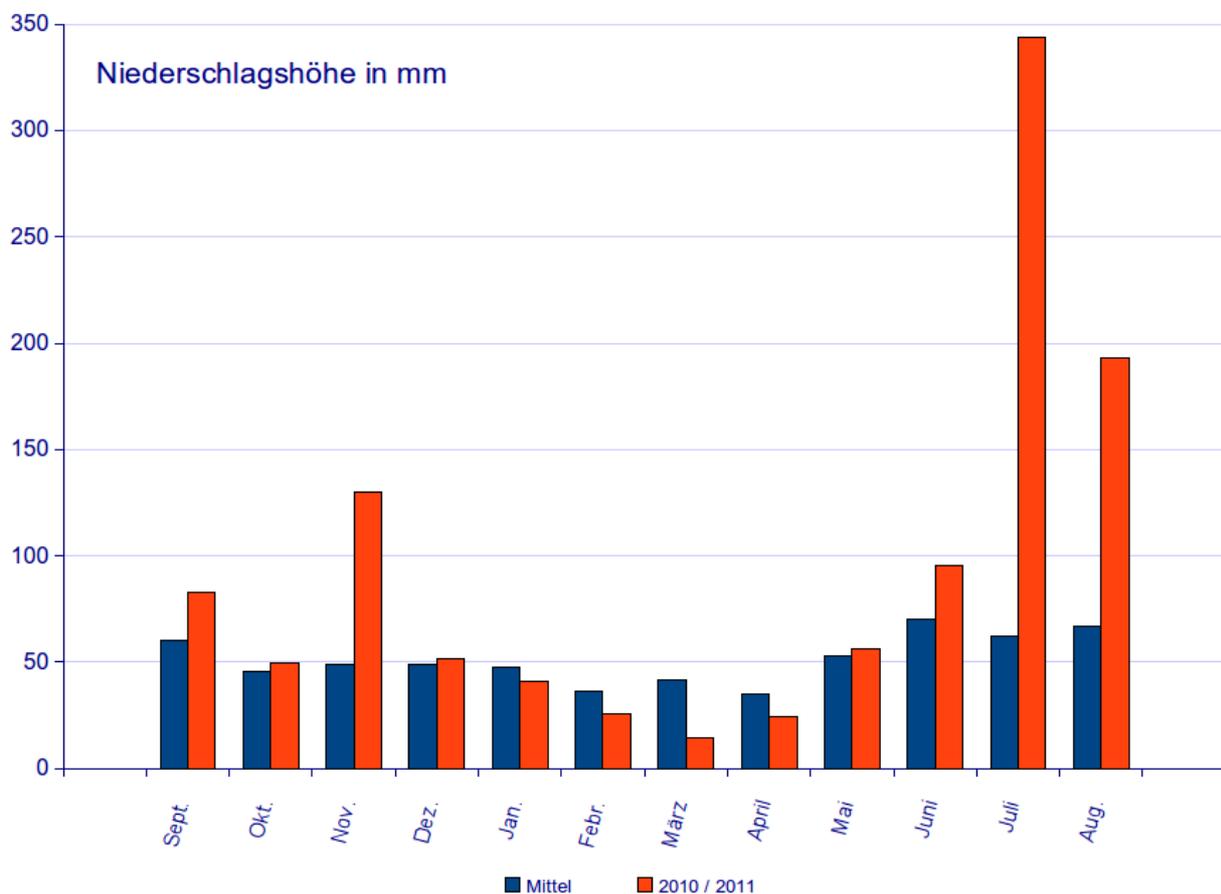


Abbildung 1 Die Monatsniederschläge der Station Warnemünde im Zeitraum September 2010 bis August 2011 im Vergleich zu den Monatsmittelwerten des Zeitraums 1981 bis 2010 (Datenquelle: DWD)

Auch andere Niederschlagsstationen des DWD registrierten in M-V bis hin nach Sachsen im Juli 2011 einen neuen Monatsrekord. Ungeachtet dessen war unter allen Stationen Deutschlands Warnemünde in diesem Monat Spitzenreiter, was auch für die größte Tages-

summe zutrifft (siehe Abbildung 2 und Absatz nach Tabelle 1). Gefolgt wurde Warnemünde in M-V von den Stationen Tribsees mit 325,6 mm, Groß Lüsewitz mit 317,3 mm, Barth mit 297,2 mm und Teterow mit 287,6 mm. Zum Osten des Landes M-V hin war eine Abnahme der Monatswerte mit z. B. 273,5 mm in Greifswald und 252,9 mm in Ueckermünde zu verzeichnen, wobei es sich auch hierbei immer noch um gewaltige Regenmengen handelt. Der Gebietsmittelwert des Landes M-V betrug im Juli 336% des langjährigen Monatsmittels (DWD, 2011).

Da Groß Lüsewitz eine relativ windanfällige Station ist, ist der Vergleich mit den eigenen, in Bodenniveau installierten Niederschlagssammlern interessant. Der Mittelwert dieser drei Messgeräte beträgt 339,1 mm, was dem Monatswert von Warnemünde sehr nahe kommt. Die Messungen in Rostock auf dem Versuchsfeld in der Satower Straße ergaben 283,3 mm bei normaler Aufstellhöhe und 303,6 mm in Bodenniveau. Interessant ist auch der Vergleich des Monatswertes August in Warnemünde mit eigenen Messergebnissen. Dem Messwert von 192,9 mm in Warnemünde stehen 176,3 mm in der Gartenstadt, 157,7 mm in der Satower Str. und nur 102,8 mm in Groß Lüsewitz (normale Aufstellhöhe) gegenüber. Dies deutet auf größere kleinräumige Unterschiede bei einzelnen Regenereignissen und die besondere Betroffenheit von Warnemünde auch in diesem Monat hin.

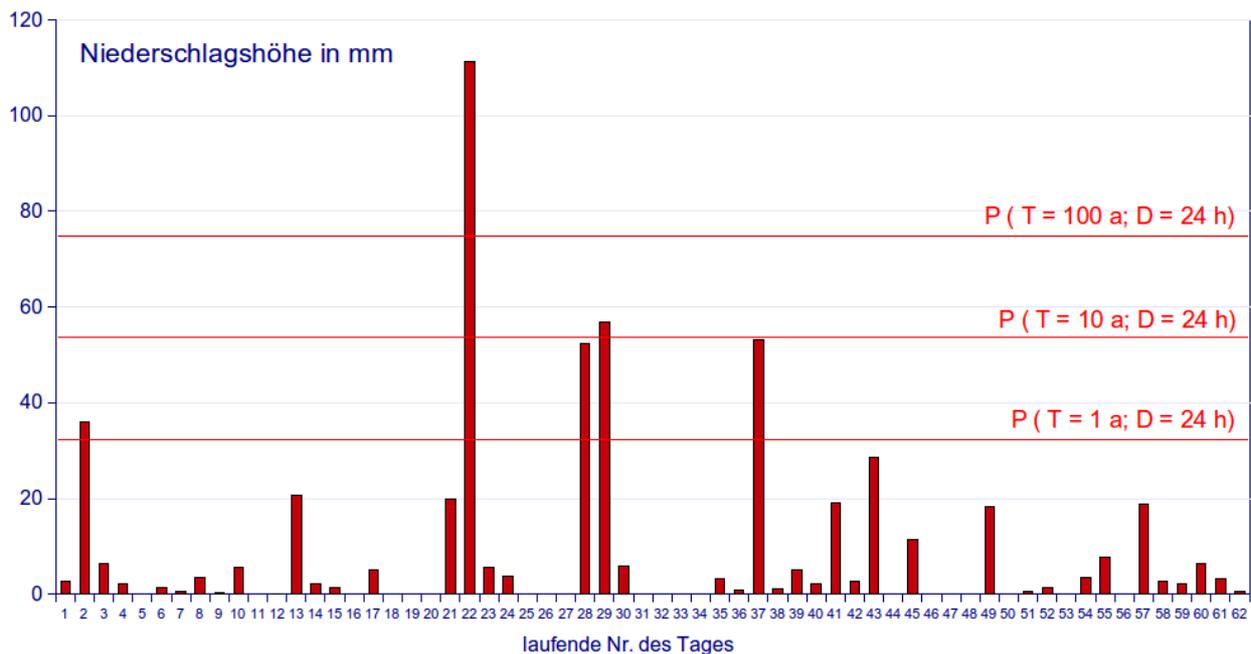


Abbildung 2 Tageswerte des Niederschlags der Station Warnemünde im Zeitraum Juli und August 2011 (Datenquelle: DWD) und Einordnung anhand von 24-h-Starkniederschlägen (Zeitraum Januar bis Dezember; T = Wiederkehrsintervall bzw. Jährlichkeit) nach KOSTRA-2000 (2005)

Bis Juli 2011 (1326 Monate seit Januar 1901) ist in Warnemünde eine Niederschlags-summe von 120 mm nur in 24 Monaten übertroffen worden, d.h. durchschnittlich ein mal in ca. 4 ½ Jahren. 11 mal bzw. alle 10 Jahre war bis dahin die monatliche Niederschlags-menge größer als 140 mm und nur 3 mal größer als 160 mm. Tabelle 1 macht deutlich, dass Monatssummen > 140 mm bisher nur in den Monaten Juli bis September, d. h. in der warmen Jahreszeit nach der Sommersonnenwende beobachtet worden sind.

Tabelle 1 Die größten Monatssummen des Niederschlags in Warnemünde größer als 140 mm seit Januar 1901

| Rangzahl | Monat | Niederschlagssumme |
|----------|----------------|--------------------|
| 01 | Juli 2011 | 343,9 mm |
| 02 | August 2011 | 192,9 mm |
| 03 | August 1946 | 189,0 mm |
| 04 | August 2006 | 188,0 mm |
| 05 | August 1960 | 179,7 mm |
| 06 | Juli 1922 | 160,0 mm |
| 07 | September 2001 | 159,4 mm |
| 08 | Juni 1991 | 154,9 mm |
| 09 | Juli 1965 | 151,4 mm |
| 10 | Juli 1942 | 150,0 mm |
| 11 | August 1963 | 149,2 mm |
| 12 | Juli 1931 | 145,0 mm |
| 13 | September 1990 | 144,1 mm |

Als besonders außergewöhnlich sind auch die Tagesniederschläge (Messzeitraum jeweils 06:50 bis 06:50 Uhr) am 22. Juli mit 111,4 mm, am 28. Juli mit 52,3 mm, am 29. Juli mit 56,8 mm und 06. August mit 53,3 mm zu bezeichnen. In Abb. 2 sind diese Tageswerte u. a. mit dem 10-jährlichen 24-h-Niederschlag verglichen. Gemessen an den statistischen Auswertungen für das Sommerhalbjahr, die anhand der Stationsdaten für den Zeitraum Mai bis September durchgeführt worden sind, sind diese vier Tageswerte sogar allesamt größer als der 10-jährliche 24-h-Niederschlag. Als überragend ist darüber hinaus der Tagesniederschlag vom 22. Juli zu bezeichnen, der deutlich größer als der 100-jährliche 24-h-Niederschlag ist.

Korrekt ist jedoch der Vergleich der statistisch ermittelten 24-h-Niederschläge definierter Jährlichkeit mit den tatsächlich größten Regenmengen, die innerhalb von 24 h gefallen sind, denn das Auftreten extremer Niederschlagshöhen für die Dauer 24 h richtet sich nicht nach dem Messzeitpunkt 06:50 Uhr für Tageswerte. Insofern erhält man bei Auswertung von Stundenwerten den größten 24-h-Niederschlag mit 116,9 mm für den Zeitraum 22. Juli, 04:00 Uhr bis 23. Juli 04:00 Uhr (Tabelle 2).

Tabelle 2 Die größten Niederschlagssummen in Warnemünde im Juli und August 2011 in Abhängigkeit von der Regendauer und ihre Einordnung für Dauern D bis 9 h anhand von KOSTRA-2000 (2005) bzw. für $D \geq 12$ h anhand von PEN-LAWA (2005); jeweils für den Zeitraum 1951 bis 2000 und die Monate Januar bis Dezember

| Dauer | Zeitspanne | Niederschlags- summe | Einordnung |
|--------|---|-------------------------|--------------------|
| 10 min | 06. August, 14:10 Uhr bis 14:20 Uhr | 11,5 mm | $T \approx 10$ a |
| 30 min | 06. August, 14:00 Uhr bis 14:30 Uhr | 21,0 mm | $T \approx 12$ a |
| 60 min | 06. August, 13:50 Uhr bis 14:40 Uhr | 21,7 mm | $T = 5$ a |
| 2 h | 29. Juli, 04:00 Uhr bis 06:00 Uhr | 35,0 mm | $T = 20$ a |
| 3 h | 29. Juli, 03:00 Uhr bis 06:00 Uhr | 43,9 mm | $T \approx 42$ a |
| 4 h | 29. Juli, 02:00 Uhr bis 06:00 Uhr | 48,1 mm | $T \approx 50$ a |
| 6 h | 22. Juli, 07:00 Uhr bis 13:00 Uhr | 64,3 mm | $T \approx 170$ a |
| 9 h | 22. Juli, 06:00 Uhr bis 15:00 Uhr | 78,9 mm | $T \approx 360$ a |
| 12 h | 22. Juli, 07:00 Uhr bis 19:00 Uhr | 95,0 mm | $T \approx 1000$ a |
| 18 h | 22. Juli, 04:00 Uhr bis 22:00 Uhr | 111,0 mm | $T \approx 1000$ a |
| 24 h | 22./23 Juli, 04:00 Uhr bis 04:00 Uhr | 116,9 mm | $T \approx 1000$ a |
| 48 h | 21. Juli, 13:00 Uhr bis 23. Juli, 13:00 Uhr | 136,4 mm | $T \approx 1000$ a |
| 72 h | 21. Juli, 09:00 Uhr bis 24 Juli, 09:00 Uhr | 137,0 mm | $T < 1000$ a |

Zu einem überraschenden Ergebnis führt die genauere Analyse des Geschehens am 28. und 29. Juli. Diese ergab, dass der Niederschlag am 28. Juli erst um 20:00 Uhr mit zunächst geringen Intensitäten eingesetzt und in den folgenden 6 Stunden bis 02:00 Uhr zu einer Regenmenge von 1,0 mm geführt hat. Demzufolge ist der Tagesniederschlag des 28. Juli fast vollständig in der Nacht zum 29. Juli von 02:00 bis 07:00 Uhr gefallen. Diese Niederschlagsphase hielt bis 14:00 Uhr mit teilweise großen Intensitäten an, gefolgt von einer 7-stündigen Regenpause, bevor dann während einer zweiten 6-stündigen Regenphase ab 21:00 Uhr weitere 25,2 mm Regen gefallen sind. Die größte 24-h-Regenmenge realisierte sich dabei im Zeitraum 29. Juli, 02:00 Uhr bis 30. Juli, 02:00 Uhr. Sie beträgt 107,0 mm. Daraus folgt, dass gemessen an den statistischen Auswertungen für den Zeitraum 1951 bis 2000 in der dritten Juli-Dekade gleich zwei 24-h-Niederschläge den 100-jährlichen 24-h-Niederschlag deutlich übertroffen haben. Beide 24-h-Summen waren im Juli 2011 die größten in Deutschland (DWD, 2011). Nur zwei Tagesniederschläge waren in M-V bisher größer, nämlich der vom in Goldberg am 15. August 1959 mit 124,2 mm, gefolgt von 118,5 mm am 24. Juni 1969 in Schwerin (LUNG, 2011).

In Tabelle 2 sind die größten Niederschlagsmengen im Juli und August 2011 in Abhängigkeit von der Dauer aufgelistet. Dabei ist zu beachten, dass die 10- bis 60-Minuten-Werte aus 10-Minuten-Werten und die sonstigen Summen aus Stundenwerten gebildet worden sind. Die Daten verdeutlichen, dass die kurzzeitig größten Regenintensitäten am 06. August 2011 registriert worden sind, d. h. nicht in der dritten Juli-Dekade. Daneben deutet sich an, dass die Ereignisse am 22./23. Juli und 29./30. Juli mit zunehmender Regendauer immer extremer geworden sind, worauf weiter unten noch genauer eingegangen wird.

3. Meteorologische Ursachen der ungewöhnlichen Regenmengen

Der Witterungsverlauf im Juli und August ist in Mitteleuropa durch eine lang anhaltende Dominanz von zyklonalen Lagen (West-, Südwest- und Südlagen) und Troglagen (über West- oder Mitteleuropa) gekennzeichnet, die zwischenzeitlich nur geringfügig durch andere Wetterlagen unterbrochen wurden. Dies war mit einer ungewöhnlich häufigen Abfolge regenreicher Witterungsabschnitte verbunden, die sonst nur vereinzelt auftreten und eher zu singulären Starkregenereignissen führen. Tage mit Niederschlagsmengen > 18 mm (Abbildung 2) wurden in Warnemünde am 02. Juli (36,0 mm), 13. Juli (20,7 mm), 21. Juli (20,0 mm), 22. Juli (111,4 mm), 28. Juli (52,3 mm), 29. Juli (56,8 mm), 06. August (53,3 mm), 10. August (19,0 mm), 12. August (28,5 mm), 18. August (18,3 mm) und 26. August (18,7 mm), d.h. an 11 Tagen beobachtet.

Bei den zyklonal geprägten Witterungsabschnitten reichte die Lage des maßgeblichen Tiefdruckgebietes, das meist bei Island verortet ist, z. T. weit nach Süden in den Raum zwischen der Westküste der Britischen Inseln bis nach Dänemark. Dadurch waren diese Tiefs besonders wetterwirksam, entweder durch kräftige Fronten und / oder Ausbildung von Bodentiefs an ihrer Vorderseite. Ähnliche Lagen führten bereits vom 06. bis 08. Juni (37,1 mm) und 18. bis 22. Juni (41,8 mm) zu ergiebigen Niederschlägen. Zyklonale Lagen waren auch für die Niederschläge am 02. Juli sowie 06., 14. und 26. August entscheidend.

Die sonstigen der oben erwähnten Tagesniederschläge wurden durch Troglagen hervorgerufen, die häufig durch kräftige Labilisierungen an der Vorderseite des Trogs gekennzeichnet sind, an der es ebenfalls zur Ausbildung sehr wirksamer Bodentiefs kommen kann.

Bodentiefs spielten so bei der Mehrzahl der oben aufgelisteten Tagesniederschläge eine wichtige Rolle. Während solche Tiefs vor allem bei zyklonalen Lagen gewöhnlich nördlich unseres Raumes um die steuernden Tiefs herumgeführt und in Deutschland vorrangig durch ihre Fronten wetterwirksam werden, verlief bzw. tangierte ihre Bahn im Juli und August mehrfach den Küstenbereich Nordostdeutschlands, der sich dabei teilweise unmittelbar unter dem Aufgleitschirm des Tiefdruckkerns befand. Herausragend sind dabei die Ereignisse um den 22. Juli bzw. 29. Juli. So zog vom 21. bis 23. Juli das beinahe ortsfeste Tief „Otto“ von Polen kommend über die südliche Ostsee nach Dänemark. Vor allem durch seine sehr langsame Verlagerung war es über dem Rostocker Raum ungewöhnlich lange wetterwirksam. Ähnliches gilt für den 29. und 30. Juli, wobei hier das Tief „Quentin“ eine Zugrichtung von Norden nach Süden aufwies. Bei einzelnen zyklonalen Lagen wie am 06. und 26. August war der Rostocker Raum nicht direkt durch den Kern des Tiefs betroffen, sondern durch deren kräftige Kaltfront, verbunden mit heftigen Labilisierungen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Häufigkeit dieser Ereignisse, hohe Intensitäten der niederschlagsbildenden Prozesse, die Zugrichtung von Tiefs direkt über den Rostocker Raum, ihre teilweise langsame Verlagerung, großräumige Niederschlagsstrukturen und darin eingebettet konvektive Verstärkungen in der Summe zu den außergewöhnlichen Monatssummen im Juli und August 2011 geführt haben.

4. Statistische Einordnung der Regenereignisse

Die nachfolgende statistische Einordnung der Regenereignisse untermauert zwei Kernaussagen der bisherigen Ausführungen eindrucksvoll:

- 1.) Wir haben es mit einer ungewöhnlichen Häufung extremer Einzelereignisse im Juli und August 2011 zu tun.
- 2.) Die beiden Ereignisse um den 22. Juli und 29. Juli herum sind mit der Zunahme der Dauer immer extremer geworden.

Abgesehen vom Starkregenereignis in Blankenhagen am 24. August 2007 übersteigen beide Ereignisse den Erfahrungsbereich der Menschen im Rostocker Raum bei Weitem, sowohl durch ihre Größe, als auch aufgrund ihrer dichten Aufeinanderfolge innerhalb einer Dekade. Tabelle 3 zeigt, wie viel Einzelereignisse bestimmter Dauer im Juli und August 2011 Starkregen $P(T, D)$ unterschiedlicher Jährlichkeit T überschritten haben. Sie macht die Vielzahl extremer Regenereignisse deutlich, die in beiden Monaten aufgetreten sind. Die Anzahl der Ereignisse mit Überschreitung nimmt mit der Dauer naturgemäß ab, da sich die Ereignisse längerer Dauer um den 22. und 29. Juli herum auch in 2 oder mehrere extreme Ereignisse kürzerer Dauer zerlegen lassen. Bei der Dauer $D = 1$ h wurde der 1-jährliche Niederschlag immerhin 6 mal übertroffen, das größte Ereignis entspricht jedoch im Vergleich mit anderen Dauern „nur“ einem T von knapp unter 5 a.

Tabelle 3 Anzahl der Niederschlagsereignisse in Warnemünde (Juli & August 2011) mit Überschreitung verschiedener P (T, D) nach KOSTRA-2000 (2005); Zeitraum 1951 bis 2000, Monate Januar – Dezember

| Dauer | T > 1 | T > 2 | T > 5 | T > 10 | T > 20 | T > 50 | T > 100 |
|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 10 min | 5 | 4 | 3 | | | | |
| 30 min | 6 | 3 | 1 | | | | |
| 1 h | 6 | 3 | | | | | |
| 2 h | 9 | 6 | 2 | 1 | 1 | | |
| 3 h | 8 | 5 | 2 | 2 | 1 | | |
| 6 h | 8 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 12 h | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 24 h | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 48 h | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |

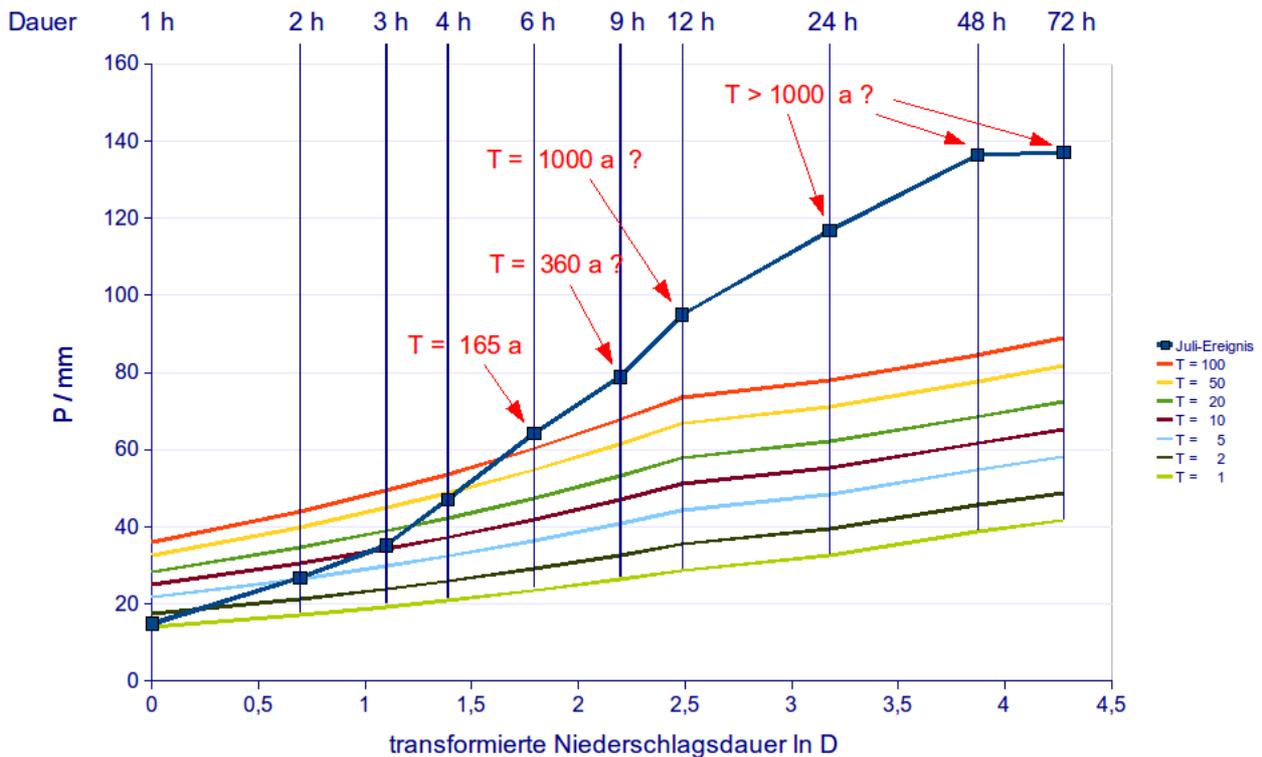


Abbildung 3 Zunahme der Niederschlagssumme mit der Regendauer während des Ereignisses um den 22. Juli 2011 im Vergleich zu den P (T, D) in Warnemünde nach KOSTRA-2000 (2005); Zeitraum 1951 bis 2000; Monate Januar bis Dezember

Die Zunahme des Wiederkehrintervalls des Regenereignisses um den 22. Juli 2011 mit größer werdender Dauer macht auch Abbildung 3 deutlich. Ähnlich sieht die Entwicklung beim Ereignis um den 29. Juli 2011 aus.

In Abbildung 4 bzw. 5 sind für den Standort Warnemünde und die Dauern 1 h bzw. 12 h die Starkniederschläge $P(T, D)$ nach KOSTRA-2000 (blaue Kurve; 1951 bis 2000; für die Monate Januar bis Dezember) bzw. als Ergebnis von Stationsanalysen (rote Kurve; 1951 bis 2010; für das Sommerhalbjahr bzw. die Monate Mai bis September) dargestellt. Zusätzlich sind die größten im Juli und August 2011 beobachteten Einzelereignisse dieser Dauer aufgetragen und statistisch eingeordnet. Bei der Dauer $D = 1$ h liegen 3 weitere Einzelereignisse, die in Abbildung 4 nicht visualisiert sind, im Bereich des 1-jährlichen 1-h-Niederschlags $P(T = 1, D = 1 \text{ h})$. Die Eintragung der $P(T, D)$ für die Wiederkehrintervalle 200 a und 1000 a erfolgte durch Extrapolation der Verteilungsfunktion. Der so ermittelte Starkniederschlag $P(T = 1000 \text{ a}, D = 12 \text{ h})$ entspricht fast exakt dem entsprechenden praxisrelevanten Extremwert PEN nach PEN-LAWA (2005). Auch hier erkennt man, dass die Niederschläge um den 22. und 29. Juli herum mit der Dauer immer extremer geworden sind. Mit der Dauer $D = 12 \text{ h}$ wird das Ereignis vom 22. Juli zu einem 100-jährlichen Ereignis. Bei der Dauer $D = 24 \text{ h}$ liegen beide Ereignisse im Bereich des 1000-jährlichen PEN-Wertes gemäß Ausgleichsfunktion.

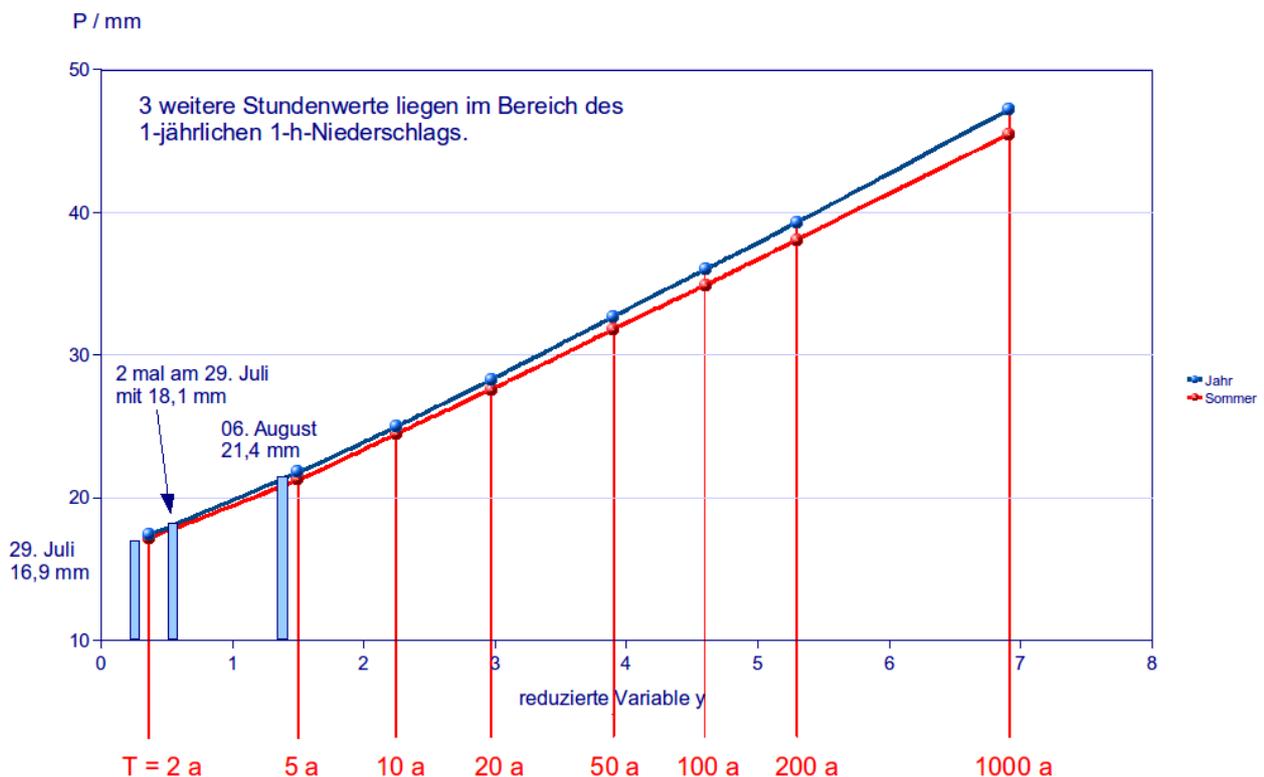


Abbildung 4 Starkniederschläge $P(T, D)$ am Standort Warnemünde nach KOSTRA-2000 (2005) für die Dauer $D = 1$ h und Einordnung der größten beobachteten Niederschläge dieser Dauer im Juli und August 2011 (mit $y = -\ln \ln T / (T - 1)$ gemäß Extremwertverteilung Typ I)

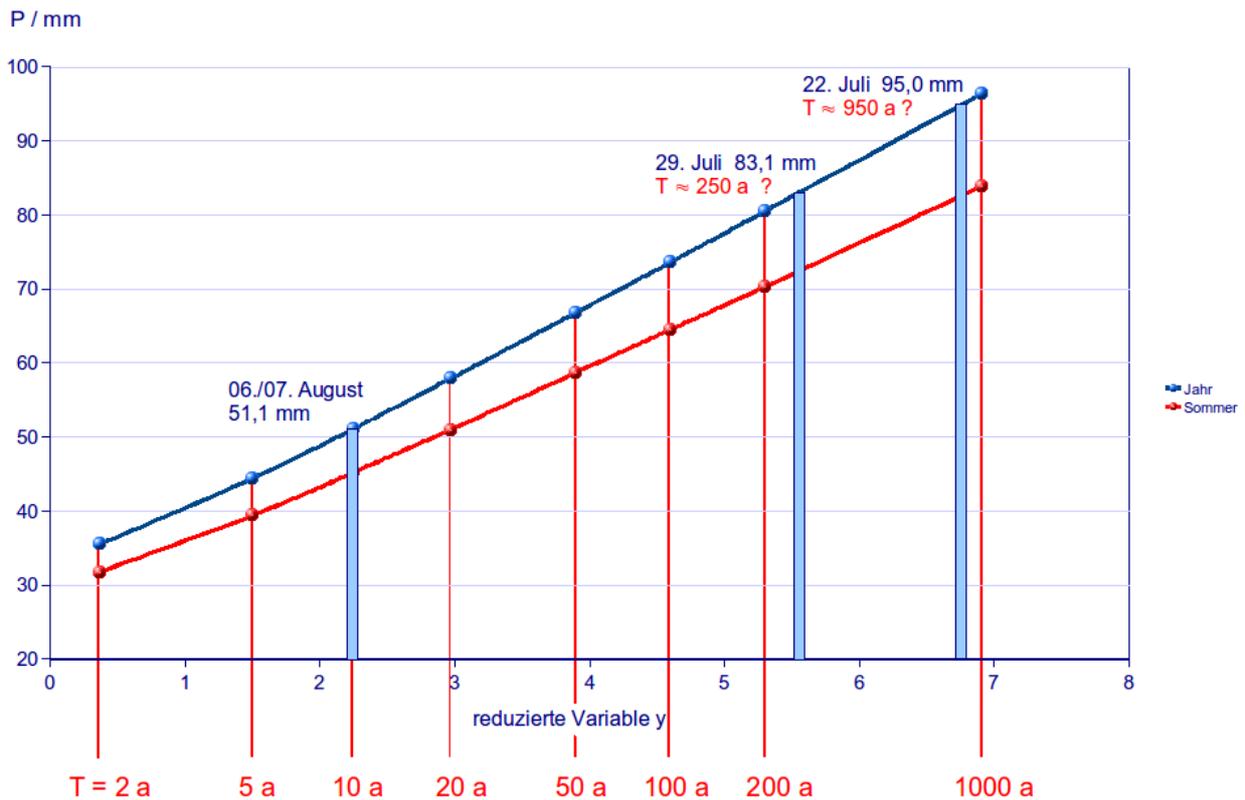


Abbildung 5 Starkniederschläge $P(T, D)$ am Standort Warnemünde nach KOSTRA-2000 (2005) für die Dauer $D = 12$ h und Einordnung der größten beobachteten Niederschläge dieser Dauer im Juli und August 2011 (mit $y = -\ln \ln T / (T - 1)$ gemäß Extremwertverteilung Typ I)

5. Hydrologische Folgen

Aufgrund der großen Trockenheit im Frühjahr 2011 trafen die Niederschläge ab ca. Mitte Mai auf relativ trockene und aufnahmefähige Böden. Vom 22. Mai bis 21. Juli fielen in Groß Lüsewitz in Bodenniveau insgesamt 245,5 mm Niederschlag, der ganz offensichtlich bei den 6 Lysimetern vollständig in der durchwurzelten Bodenzone zurückgehalten worden ist, zusätzlich begünstigt durch intensive Zehrung des Bodenwasservorrats durch Verdunstung in diesem Zeitraum. Selbst größere Tagesniederschläge wie der Niederschlag des 22. Juni (29,2 mm), 02. Juli (17,7 mm) und 13. Juli (34,0 mm) führten bei den Lysimetern nicht zu einem erkennbaren Anstieg der Sickerwasserraten. Vom 21. Mai bis 20. Juli betrug die größte tägliche Sickerwasserrate 0,21 mm (Lysimeter 1 und 2 am 27. Mai). In diesen 6 Dekaden wurde je Dekade und Lysimeter durchschnittlich 0,84 mm Sickerwasser gebildet, mit einem spürbaren Rückgang der ohnehin schon sehr kleinen Tagesraten. So betrug die mittlere Tagesrate in der 2. Juli-Dekade nur noch 0,04 mm. Die nach dem 20. Mai vorherrschenden, sehr geringen und gleichmäßigen Versickerungsraten waren vermutlich überwiegend noch „Reste“ der winterlichen Sickerwasserbildung.

Erst am 23. Juli (Lysimeter 2, 3, 5 und 6) bzw. 24. Juli (Lysimeter 1 und 4) war als Folge der Extremniederschläge des 22. Juli eine quasi spontane Zunahme der Sickerwasserraten zu verzeichnen. Sie betrug am 23. bis 27. Juli (nicht berücksichtigt Lysimeter 1, bei dem die Sickerung sehr langsam einsetzte) durchschnittlich 9,6 mm, 13,6 mm, 13,0 mm, 4,0 mm und 2,4 mm je Lysimeter und Tag.

In der Folge hielt, begünstigt durch weitere Niederschläge, die Versickerung an, mit einem erneuten Höhepunkt nach den Niederschlägen Ende Juli. In den 30 Tagen vom 23. Juli bis 21. August betrug die durchschnittliche Sickerwasserrate aller 6 Lysimeter 136,3 mm, ein für Sommermonate nahezu unglaublicher 30-Tage-Wert, der bisher seit 1972 auch in den Wintermonaten deutlich nicht erreicht worden ist. Die mittlere jährliche Sickerwassermenge (Monate November bis Oktober; 38 Jahre von 1972/73 bis 2009/10) beträgt vergleichsweise 199 mm, wobei nur von November bis April bzw. Januar bis März die monatlichen Mittelwerte größer als 10 mm bzw. 30 mm sind. Sickerwasser wird folglich aufgrund des Jahresgangs der Verdunstung vorrangig im Winter gebildet. Die ungewöhnlich großen Sickerwassermengen im Juli und August 2011 macht auch Abbildung 6 im Vergleich zu den bisherigen Beobachtungen an der Lysimeterstation in diesen Monaten deutlich. Tabelle 4 enthält die 15 größten Monatssummen, die bis Juli 2011 mit Ausnahme des niederschlagsreichen Mai 1983 (auch der April davor brachte ergiebige Niederschläge) ausschließlich von November bis März beobachtet worden sind.

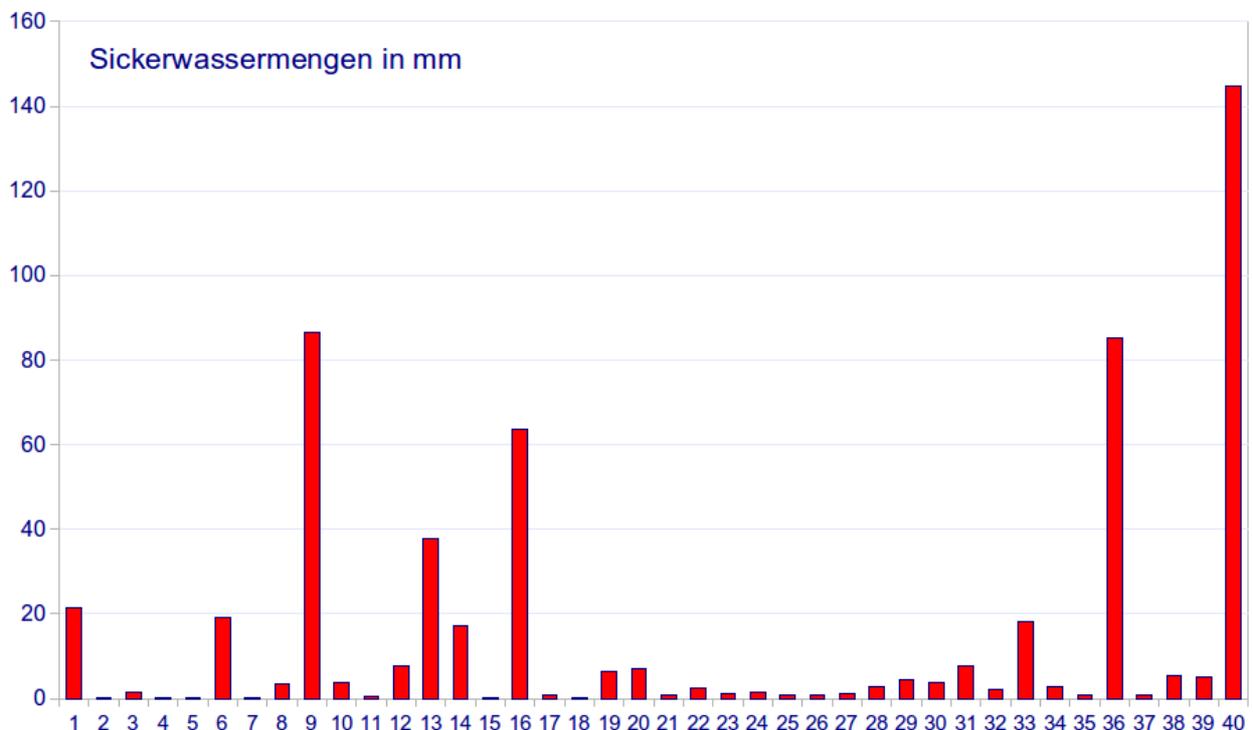


Abbildung 6 Sickerwassermengen in mm an der Lysimeterstation Groß Lüsewitz, Summenwerte der Monate Juli und August von 1972 bis 2011 (die Abszisse kennzeichnet die laufende Nummer der Jahre ab 1972)

Die Sickerwasserbildung ist ein Vorgang, der an die Überschreitung eines Schwellenwertes, hier des Bodenwassergehaltes bei Feldkapazität (= Wassergehalt, der gegen die Schwerkraft im Boden gehalten werden kann), gebunden ist. So kommt es nicht selten vor, dass aufgrund der Verdunstungszehrung der Niederschlag in einzelnen Sommermonaten nicht ausreicht, um Sickerwasserbildung zu induzieren. Dies führt in Abbildung 6 zu etlichen sehr kleinen Summenwerten der Monate Juli und August. Ein extremes Beispiel ist der August 2006, in dem trotz 165,1 mm Niederschlag nur 0,2 mm Sickerwasser gebildet worden ist. Kommt es aber durch Starkniederschläge zur Überschreitung der Feldkapazität, dann sind auch im Sommer größere monatliche, vereinzelt sogar extreme Sickerwassermengen – bisher in 4 Fällen seit 1972 – möglich. Abbildung 6 zeigt, dass aber auch diese 4 Fälle vom Juli/August 2011 klar übertroffen worden sind.

Tabelle 4 Die größten Monatssummen der Versickerung an der Lysimeterstation Groß Lüsewitz größer als 65 mm seit Februar 1972

| Rangzahl | Monat | Versickerung |
|----------|---------------|--------------|
| 01 | Mai 1983 | 87,6 mm |
| 02 | März 1979 | 86,1 mm |
| 03 | März 2010 | 83,3 mm |
| 04 | November 2010 | 80,8 mm |
| 05 | Dezember 1974 | 76,8 mm |
| 06 | August 2011 | 76,1 mm |
| 07 | Februar 2002 | 76,0 mm |
| 08 | Februar 2006 | 73,0 mm |
| 09 | Januar 1994 | 68,8 mm |
| 10 | Juli 2011 | 68,7 mm |
| 11 | März 1988 | 68,1 mm |
| 12 | Dezember 1993 | 66,4 mm |
| 13 | Januar 1988 | 66,1 mm |
| 14 | Januar 1998 | 65,8 mm |
| 15 | Februar 2004 | 65,7 mm |

In Abbildung 7 ist die Entwicklung des Grundwasserflurabstands (GWF), der zwecks besserer Veranschaulichung anders als üblich mit einem negativen Wert abgetragen ist, von September 2010 bis August 2011 mit dem mittleren GWF dieser Monate verglichen und den beobachteten Monatsniederschlägen gegenüber gestellt. Es ist zu erkennen, dass vor dem trockenen Frühjahr die Niederschläge wie im darauf folgenden Sommer ergiebig waren. So sind von November 2010 bis Januar 2011 229,0 mm Niederschlag gefallen, die bei geringer Verdunstung zu 176,5 mm Grundwasserneubildung (GWN) und einem kräftigen Anstieg der Grundwasseroberfläche (GWO) führten. Damit war der GWF deutlich kleiner als normal. Das trockene Frühjahr bedingte zwar wiederum einen starken Rückgang der GWO, diese erreichte dadurch aber nur ihr jahreszeitlich normales Niveau. Davon ausgehend bewirkten die Niederschläge im Juli und August einen ähnlichen Anstieg der GWO wie im Winter zuvor, d. h. um ca. 1,5 m, was bei einer GWN im Juli und August von 144,7 mm hypothetisch mit einer entwässerbaren Porosität von ca. 10% korrespondiert. Wären die Winterniederschläge weniger ergiebig gewesen, wären die Auswirkungen auf das oberflächennahe GW auch weniger drastisch ausgefallen. Damit hatten die Winterniederschläge durchaus ihren Anteil am GW-Anstieg im Sommer. Vielerorts stieg das GW bis an die Geländeoberfläche und trug damit zu den Vernässungserscheinungen bei. Viele Besitzer älterer EFH beklagten erstmals Zutritt von GW in ihren Kellern.

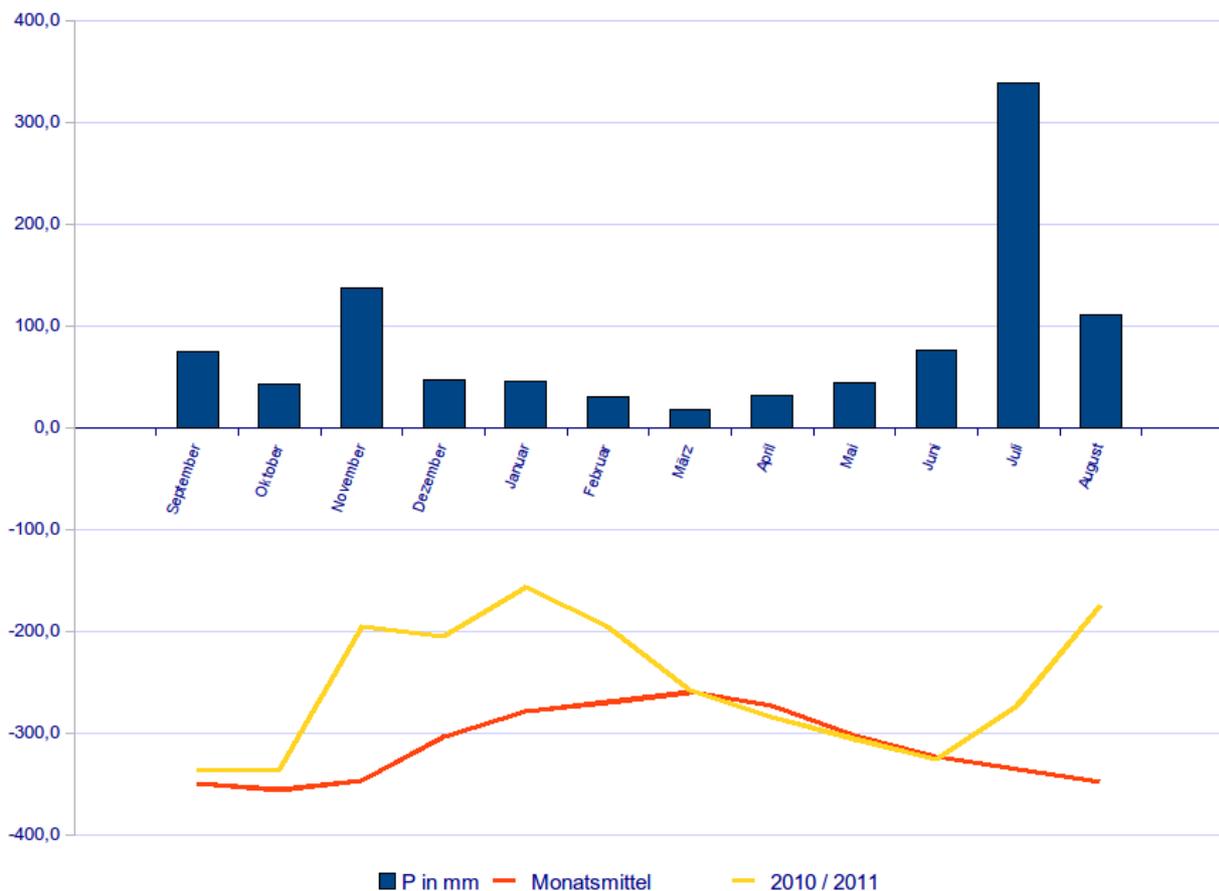


Abbildung 7 Monatswerte des Niederschlags von September 2010 bis August 2011 im Vergleich zum GWF dieser Monate (gelbe Linie) und ihrem langjährig mittleren GWF (rote Linie; Niederschlag in mm; GWF in cm)

6. Folgen im Raum Rostock

Durch die Regenereignisse kam es nicht nur zur Auffüllung der Bodenwasservorräte und zur Tiefenversickerung mit der Folge eines raschen Anstiegs der Grundwasseroberfläche bei Standorten mit oberflächennahem Grundwasser, sondern vielerorts auch zur Sättigung der Bodenoberfläche. Dort, wo das Wasser nicht oberflächlich abfließen konnte (geringes Gefälle, kein Anschluss an einen Vorfluter), waren Vernässungserscheinungen die Folge. An anderer Stelle strömte es in Geländesenken, die dadurch um mehrere Dezimeter angestaut worden sind. Insofern waren vielerorts Areale von Überflutung betroffen, bei denen dies bisher noch nicht beobachtet worden ist – und dies gleich mehrfach ab Beginn der dritten Juli-Dekade 2011. So war Überschwemmung nicht nur eine Erscheinung der Flussauen, sondern auch von Flächen, die fernab von einem Fließgewässer gelegen sind.

Durch die starke Abflussbildung kam es zur Überlastung von Entwässerungs- und Rückhaltesystemen, die für solche Ereignisse einfach nicht ausgelegt sind. Dies betrifft urbane, landwirtschaftliche und küstennahe Entwässerungssysteme. Kleinere Vorfluter waren ebenso überlastet wie größere Fließgewässer. So wurde von der Überschwemmung landwirtschaftlicher Nutzflächen an der Barthe in Nordvorpommern und an der Recknitz berichtet. Die Überlastung von Schöpfwerken im Bereich der Ostseeküste führte dazu, dass dort punktuell ganze Niederungen unter Wasser gingen. Besonders kritisch war die Situation in Graal-Müritz, wo noch größere Schäden nur durch Deichöffnung verhindert werden konnten.

Die Folgen im Raum Rostock waren vielfältig und gravierend sowie die Betroffenheit groß. Dies machen auch die zahlreichen Beiträge in der regionalen Presse deutlich. Die folgende Zusammenfassung beruht überwiegend auf Informationen, die der Ostsee-Zeitung (OZ) entnommen werden konnten:

So wurde berichtet, dass sich Felder in Seenlandschaften verwandelten. Auch viele Siedlungen im Rostocker Raum sowie einige Rostocker Stadtteile waren von Überschwemmung betroffen. Bei Gebäuden ereignete sich Wasserzutritt nicht nur über die Keller und Tiefgaragen, sondern auch oberirdisch bei ebenerdigen bzw. Souterrainwohnungen. Gegenüber den hohen Regenintensitäten erwiesen sich viele Bauhüllen (Dach, Fenster u.a.) als nicht ausreichend dicht. Daneben beklagten einzelne Hausbesitzer Rückstau über die Kanalisation, z.T. mit entsprechenden unangenehmen Verschmutzungen. Von Überflutung waren viele Straßen, Unterführungen und auch Bahnstrecken betroffen, die darauf hin gesperrt werden mussten. Zu den Folgen gehörten unterspülte Bahngleise, Bahndämme und Brücken, eingebrochene Asphaltdecken und verstopfte Durchlässe. Zu den relativ stark Geschädigten gehörten daneben Campingplätze, Ferien- und Kleingartenanlagen, die in den Niederungen teilweise wochenlang unter Wasser standen.

Die Vielzahl an akut aufgetretenen Problempunkten während der Regenereignisse hat dazu geführt, dass eine noch nie da gewesene Anzahl an Einsätzen aller Feuerwehren gefahren werden musste. Trotz ihres unermüdlichen Einsatzes konnten sich die Feuerwehren und Notdienste nur auf die gravierendsten Problempunkte konzentrieren. Dadurch

fühlten sich lokal Betroffene vernachlässigt oder sogar im Stich gelassen. Auch wurde häufig die begrenzte Verfügbarkeit an Einsatzmitteln wie Sandsäcken beklagt. Pumpen wurden zur Mangelware. Die vorhandenen Pumpen waren z. T. wochenlang im Einsatz, vor allem dort, wo der erhöhte Zustrom von Wasser aus den Einzugsgebieten oder der unterirdische Zustrom durch erhöhte Grundwasserstände längere Zeit anhielt.

Die mit den Schäden und Havariemaßnahmen verbundenen Kosten waren gewaltig. So hatten z. B. die großen Wohnungsbaugesellschaften große kumulative Schäden zu beklagen. In der Baubranche kam es insbesondere bei Tiefbaumaßnahmen zu Schäden und Behinderungen. Neben den Schäden an Verkehrswegen hatte die Bahn zusätzliche Aufwendungen für die Umleitung von Güterzügen und Schienenersatzverkehr. Die Verkehrssituation während der Starkregen war Auslöser zahlreicher Verkehrsunfälle. Viele Fahrzeuge gerieten in Überschwemmungsgebieten unter Wasser.

Zu den Folgen in der Landwirtschaft gehörten: mangelnde Befahrbarkeit, damit Behinderung der Ernte und der Vorbereitung der Neuaussaat; Ernteverluste durch auf der Erde liegendes Korn; Pilzbefall des nassen Getreides, Minderung der Backqualität beim Weizen durch die Vielzahl der Niederschläge, der dadurch z.T. nur noch Futterqualität hatte; erhöhter Trocknungsaufwand des Getreides; geplatze Schoten beim Raps durch Niederschlag; verfaultes Futtergras auf Weiden, die unter Wasser standen; bereits Nutzung von Weideflächen im Sommer, die für den Winter vorgesehen waren; auch in den Ställen erhielten die Tiere bereits im Sommer Winterfutter. Schätzungen des Landwirtschafts- und Umweltministeriums zum Gesamtschaden in M-V beliefen sich auf 380 Millionen € (OZ vom 22. August 2011), Die Forstwirtschaft beklagte Schäden an Waldwegen und auf aufgeföresteten Flächen.

Das Wirtschaftsministerium schätzte die Einnahmeverluste in der Tourismusbranche auf 50 Millionen € (OZ vom 26. August 2011). Im Juli und August gab es dem zufolge 500.000 Übernachtungen weniger, obwohl der Juni der beste seit der Wende gewesen ist. Insgesamt hatten nach den Darstellungen in der OZ 47% der privaten Vermieter eine schlechtere Auslastung als 2010 und 35% Stornierungen, bei 64% reisten Gäste früher ab. Keine überstürzten Abreisen gab es dagegen bei Pensionen und Hotels, aber auch dort wurden finanzielle Verluste von 8% bis 10% gemeldet. Durch Ausfälle betroffen sind vor allem auch die ca. 200 Campingplatz-Betreiber, die mit 20% weniger Umsatz rechneten als 2010. Zu nennen ist daneben die Absage etlicher Open-Air-Veranstaltungen (u.a. des letzten Renntages des Galopprennens in Bad Doberan). Die Pumpkosten der Feuerwehr, anderer Einrichtungen u.a. auch bei Privatpersonen waren beträchtlich. Allein in Graal-Müritz betragen die Gesamtkosten, die durch das Hochwasser entstanden sind, 414.000 € (OZ vom 17./18. September 2011).

Angesichts der Schäden beginnt nach solchen Ereignissen, vor allem in den Medien ausgetragen, die Suche nach den Ursachen und Schuldigen. Genannt werden Ursachen wie: verkrautete und zugewucherte Fließgewässer, Bäche und Gräben aufgrund von mangelhafter Unterhaltung und fehlender Grundreinigung; dadurch ungenügende Graben-

tiefen durch Sedimentation und Verschlammung; von den anfallenden Wassermassen überforderte Schöpfwerke; Anschluss neu bebauter Flächen an alte, bestehende Schmutz- und Regenwasserkanalisationen; zunehmende Versiegelung durch Bebauung, neue Bau- und Gewerbegebiete, aber keine entsprechende Anpassung der örtlichen Entwässerungssysteme; falsche Einschätzung der Hochwassersituation bei Erschließungsarbeiten in urbanen Gebieten; Versäumnisse bei der Modernisierung von Entwässerungssystemen; Planungsfehler bei Abwasseranlagen; unzureichender HW-Schutz.

Nicht zuletzt werden immer wieder auch Klimaänderungen als Ursache extremer Starkniederschläge ins Feld geführt. Solchen und anderen Spekulation muss man etwas überspitzt entgegen halten: „Schuld hat in erster Linie die Natur“, die solche Niederschläge hervorbringt. Wenn daran Klimaänderungen einen Anteil haben sollten, muss man von einer gesamtgesellschaftlichen Schuld sprechen, an der alle Anteil haben.

Infolge solcher Ereignisse wird einerseits nicht nur viel spekuliert, sondern andererseits auch Aufklärung gefordert. Beklagt wird durch Betroffene die fehlende Möglichkeit der Schadensregulation durch Versicherungen. Hier ist offensichtlich eine bessere Aufklärung der Bevölkerung durch die Versicherer über die Versicherungsmöglichkeiten gegen Elementarschäden erforderlich. Nach Aussagen der Deutschen Versicherungswirtschaft (OZ vom 02. August 2011) haben nur 25% der Gebäudeversicherten eine entsprechende Zusatzversicherung. Ein Ausgleich von Schäden durch die Solidargemeinschaft der Versicherten ist aber moralisch nur dann zu rechtfertigen, wenn ein Geschädigter aufgrund einer eigenen Versicherung in den Topf dieser Gemeinschaft auch eingezahlt hat. Trotzdem erwarten die Geschädigten nicht ganz zu Unrecht Hilfsleistungen, weil sie fachlich nicht in der Lage sind die örtlichen Gefahren durch Starkregen und Überschwemmung einzuschätzen und weil sie keine Kenntnis von den Restrisiken haben, die mit der Dimensionierung wasserwirtschaftlicher Anlagen für ein bestimmte Ausbaugröße (Wiederkehrintervall) verbunden sind. Solche Hilfen können aber nicht durch die Versicherer, sondern unter bestimmten Bedingungen nur von staatlicher Seite geleistet werden.

Zu den Aufgaben der Nachbereitung der Juli-Ereignisse 2011 gehört die genauere örtliche Ursachen-Analyse der entstandenen Schäden. Zu überprüfen sind die hydraulische Leistungsfähigkeit von Entwässerungssystemen und die Kapazitäten von Schöpfwerken. Infolge dessen sind möglicherweise bauliche Veränderungen und Anpassungen vorzunehmen. In den küstennahen Niederungen sollte man sich dort wo möglich von Pumpen, z. B. durch Schleusen, unabhängig machen.

In den meisten Fällen muss aber bezweifelt werden, dass die oben genannten Probleme wie mangelnde Unterhaltung die Hauptursache für die entstandenen Schäden darstellen, weil diese aufgrund der Wucht der Ereignisse vermutlich auch ohne die oben aufgelisteten Mängel entstanden wären. Man bedenke, dass z. B. 117 mm Niederschlag, wie sie am 22./23. Juli 2011 in Warnemünde als Tagesniederschlag gefallen sind, allein auf einer Fläche von einem Quadratkilometer einer Wassermenge von 117.000 Kubikmeter entsprechen. Möglicherweise wirkten die Mängel aber örtlich (geringfügig) verschärfend.

Ob Klimaänderungen ursächlich sind, kann momentan noch nicht sicher belegt werden. Insofern mangelt es an belastbaren Bemessungsgrundlagen für die Zukunft. Auch hierzu sind weiterführende Untersuchungen und vor allem Beobachtungen erforderlich. Die Frage, ob die statistische Einordnung, die gesichert nur anhand von Beobachtungen in den zurückliegenden Jahrzehnten möglich ist, noch der Realität entspricht, muss im Rahmen solcher Untersuchungen mit beantwortet werden.

Wenn diesbezüglich ein gesicherter Nachweis gelingen sollte, bleibt immer noch die Tatsache, dass wasserwirtschaftliche Anlagen wie Entwässerungs- und Rückhaltesysteme nur für ein bestimmtes Bemessungsniveau ausgelegt werden können. Deren Dimensionierung für extreme Regenereignisse, wie sie sich im Juli und August 2011 abgespielt haben, wird nur punktuell sinnvoll und möglich sein. Flächendeckend wäre dies im Vergleich zu den Schadenspotenzialen vollkommen unwirtschaftlich und an vielen Stellen auch nicht technisch realisierbar. Die Frage nach der Finanzierbarkeit von Anpassungsmaßnahmen steht insbesondere vor den Wasser- und Bodenverbänden, die selbst nur durch Beiträge der Gewässeranlieger finanziert werden. Die Kanalisationen in größeren Kommunen sind über Jahrzehnte entstanden. Viele Teile davon sind veraltet, in früheren Zeiten nicht nach modernen Grundsätzen bemessen worden und sanierungsbedürftig. Auch hier stellt sich die schwierig zu beantwortende Frage nach der Anpassung an den Klimawandel. Es ist vollkommen klar, dass diese Herausforderungen kurzfristig nicht überall, d. h. flächendeckend bewältigt werden können. Hinzu kommen im Küstenbereich die Probleme, die möglicherweise aus dem künftigen Anstieg des Meeresspiegel resultieren.

Insofern muss ausgehend von den Erfahrungen über die örtlichen Betroffenheiten im Weiteren vor allem der Hochwasservorsorge das Hauptaugenmerk geschenkt werden, um auf ähnliche Ereignisse durch angepasstes Handeln und Bauen sowie angepasste Nutzungen besser vorbereitet zu sein.

Dank:

An dieser Stelle sei ausdrücklich dem Deutschen Wetterdienst, insbesondere Frau Dr. Gabriele Malitz, Leiterin des Sachgebietes „Komplexe hydrometeorologische Bilanzen“ in der Abteilung Hydrometeorologie, für die Bereitstellung aller Niederschlagsdaten der Station Rostock-Warnemünde gedankt. Ein Dank geht auch an Dr. Thomas Salzmann und Dipl.-Math. Birgit Zachow für die wissenschaftliche Begleitung der experimentellen Arbeiten und an Dipl.-Ing. Christian Franck, Frank Lippstreu und Brigitta Schlottmann für die umsichtige Erfassung aller Daten an der Lysimeterstation Groß Lüsewitz und im Versuchsfeld Satower Str. in Rostock.

Literatur

DWD (2011): Witterungsreport Express des Deutschen Wetterdienstes, Jahrgang 13, Ausgaben 03/2011 (März), 04/2011 (April), 05/2011 (Mai), 07/2011 (Juli) und 08/2011 (August).

KOSTRA (1997), erarbeitet von Bartels, H.; Malitz, G.; Asmus, S.; Albrecht, F. M.; Dietzer, B.; Günther, Th. & H. Ertel: Starkniederschlagshöhen für Deutschland. Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie, Selbstverlag, Offenbach am Main.

KOSTRA-2000 (2005): Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen. Hrsg. Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie, Selbstverlag, Offenbach am Main. Software/Vertrieb: itwh Hannover.

PEN-LAWA (2005): Ergebnisse des Projektes PEN des Instituts der Wasserwirtschaft der Leibniz Universität im Auftrag der LAWA. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Software/Vertrieb: itwh Hannover. Enthalten: Verworn, H.-R. & U. Kummer (2003 / 2006).

LUNG (2011): Monatsbericht zur Lage im Wasserhaushalt – Wassermenge – Berichtsmonat Juli 2011, vom 15. September 2011. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Wasser.

Verworn, H.-R. & U. Kummer (2003 / 2006): Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags (PEN). Forschungsbericht des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Leibniz Universität Hannover.

WMO RA VI Pilot RCC on Climate Monitoring, DWD, Offenbach (2011): Die außergewöhnliche Trockenperiode in Europa vom Februar bis Mai 2011. In: Mitteilungen DMG 02/2011 der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, S.3.