

# Das Jahrhundert-Hochwasser in Sachsen – Folge des globalen Klimawandels ?

Hartmut Schwarze und Wilfried Kuchler  
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

## 1. Wie kam es zu dem Unwetter?

Das extreme Niederschlagsereignis im August war das Ergebnis des Zusammenspiels verschiedener Prozesse in der Atmosphäre, die in ihrer Summe die dramatische Hochwassersituation in Sachsen auslösten. Ausgangspunkt war eine klassische Vb-Wetterlage. Diese allgemein sehr niederschlagsintensiven Wetterlagen (Beispiel Oder-Hochwasser 1997) sind relativ selten und treten eher im Frühjahr und Herbst auf.

Das Tief „Ilse“ über England zog nicht wie die meisten Tiefdruckgebiete auf der Nordhalbkugel nach Nordost, sondern ausgelöst durch bestimmte Druckverhältnisse direkt nach Süden über den Golf von Genua. Im vorliegenden Fall wurde durch die hohen Wassertemperaturen des Mittelmeeres verstärkt Wasserdampf in die Zirkulation des Tiefs einbezogen. Von dort gelangte das Tief an den Ostalpen vorbei Richtung Österreich und Böhmen. Es zog in der Nacht zum 12.08.2002 über die Tschechische Republik hinweg nach Sachsen und verstärkte sich an den Kammlagen des Erzgebirges. Die Westflanke des Tiefs traf über Sachsen auf eine massive Nordströmung kalter Luftmassen. Die sehr feuchte warme Luft glitt auf den kalten Luftmassen auf wurde in die Höhe gedrückt, kondensierte und Starkniederschläge waren die Folge. Verschärfend kam hinzu, dass der Nordwind am Erzgebirge zu einer Stausituation führte. Das Tief über unserem Raum verlagerte sich nur noch wenig, so dass die starken Regenfälle sehr großflächig auftraten und lange anhielten.

Mehrere sächsische Messstationen erfassten neue Rekordwerte für den 24stündigen Niederschlag. So wurden in Dresden 158 mm Niederschlag registriert (bisheriger Rekord 77 mm am 02.08.1998). An der Station Zinnwald-Georgenfeld wurden sogar 312 mm gemessen. ***Das ist der mit Abstand höchste Tagesniederschlag, der je in Deutschland beobachtet wurde.*** Der bisherige Rekord vom 06.07.1906 lag bei 260 mm in Zeithain bei Riesa. Vom 11. bis 13. August fielen in 72 Stunden in Zinnwald 406 mm Regen. Das entspricht etwa dem vierfachen des Normalwertes für den gesamten Monat August. Der Vergleich der Niederschlagsmengen ist in den Abbildungen 1 und 2 (Anlage, Quelle DWD) dargestellt.

## 2. Besteht ein Zusammenhang zwischen globaler Erwärmung und Starkniederschlagsereignissen?

### 2.1 Unstrittige Fakten

#### - Extreme Hochwasserereignisse gab es schon immer

Analoge Hochwasserkatastrophen hat es in Deutschland bereits in den vergangenen Jahrhunderten gegeben. Als größte Überschwemmungskatastrophe in Mitteleuropa ist das Hochwasser vom August 1342 überliefert. An der Elbe sind mit einem Pegel von über 8 m in Dresden Ereignisse in den Jahren 1501, 1655, 1784, 1799, 1845, 1862, und 1890 zu nennen. Meist waren es Frühjahrshochwasser. Im Sommerhalbjahr traten ähnliche Hochwasserereignisse bisher seltener auf. Der Elbpegel in Dresden überschritt in den letzten

500 Jahren 43-mal die 7 Metermarke. 37 % der Ereignisse erfolgten im Sommerhalbjahr (6 Monate) und 16% im Sommer (3 Monate; Quelle: Hochwasserschutz in Sachsen, SMUL 1996).

#### **- Gesellschaftsentwicklung verstärkt Schadensumfang bei gleichem Naturereignis**

Das Ausmaß einer Naturkatastrophe bemisst sich am gesellschaftlichen Schadensumfang. Dieser Schadensumfang ist bei gleichem Ereignis einerseits durch den technischen Fortschritt (z.B. moderne Verkehrsverbindungen und Gebäude in Leichtbauweise) und andererseits durch Fehlentwicklungen (z.B. Flächenversiegelung, Siedlungsdruck auf hochwassergefährdete Gebiete) trotz Hochwasserschutzmaßnahmen (Dämme, Rückhaltebecken) gestiegen.

#### **- Auch in Sachsen hat sich das Klima signifikant geändert**

Die globale mittlere Temperatur ist in den letzten 100 Jahren um 0,6 Grad gestiegen. Auch in Sachsen hat sich im Verlauf der vergangenen 50 Jahre das Klima signifikant verändert (Forschungsbericht Klimadiagnose LfUG 2001):

- Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um ca. 1 Grad
- Im Winter deutlichste Temperaturzunahme um 1,4 bis 2,6 Grad
- Markante Niederschlagsabnahme um 10 bis 30 % in Nordsachsen
- Abnahme von Dauer und Mächtigkeit der Schneedecke im Erzgebirge
- Zunahme der Globalstrahlung und potenziellen Verdunstung
- Markante Verfrühung des mittleren Vegetationsbeginns

#### **- Klimawandel bedeutet Instabilität – extreme Wetterereignisse häufen sich**

Wenn sich das Klimasystem rasch ändert, wird es instabil. Dabei treten gehäuft Extreme in alle Richtungen auf (Dürreperioden, Überschwemmungen, Temperaturextreme etc.). Gehäufte Extreme wurden beispielsweise beim Übergang vom mittelalterlichen Klimaoptimum zur so genannten „Kleinen Eiszeit“ gegen Ende des 16. Jahrhunderts beobachtet.

Aktuelle internationale Untersuchungen zeigen eine hohe Korrelation zwischen globaler Erwärmung und Häufung von Extremereignissen:

- Extremereignisse nahmen in den vergangenen 50 Jahren weltweit um 300 % zu (Münchener Rückversicherung)
- Seit 1978 Anstieg der Zahl schwerer Stürme um 100 %. Es wird stürmischer in (West-) Europa (Münchener Rückversicherung).

## **- Trockenperioden und Starkregen haben zugenommen**

In den Monaten April, Mai und Juni (Vegetationsperiode I) nimmt sowohl die Häufigkeit, als auch die maximale Länge trockener Tage in Sachsen im Mittel zu. Am stärksten ist dieser Trend in Nordsachsen und am Westrand des Erzgebirges zu verzeichnen.

Für Starkregen ( $\geq 10$  mm und  $\geq 20$  mm) ist in den Monaten Juli und August eine signifikante Zunahme der Häufigkeiten zu beobachten. Noch stärkere Niederschlagsereignisse sind zu selten, als dass zuverlässige Aussagen abgeleitet werden könnten (DWD, RGB Dresden 2001, Zwischenergebnisse „Statistische Untersuchungen regionaler Klimatrends in Sachsen“)

In Oberbayern hat sich die Häufigkeit der Starkniederschläge ( $> 30$  mm) in den letzten 100 Jahren bei 1 K Temperaturzunahme fast verdoppelt (von 2,8 auf 5,2 Tage pro Jahr).

## **2.2 Wissenschaftlich begründete Hypothesen**

### **- Menschheit beschleunigt Klimawandel**

Auf der globalen Skala ist das anthropogene Treibhaussignal mit Abstand am bedeutendsten. Es kann von einem signifikanten anthropogen beschleunigten Klimawandel gesprochen werden (UBA 2000).

An der Universität Frankfurt/Main wurde mittels eines geeigneten statistischen Verfahrens eine Quantifizierung der Störungen des Klimasystems durch Sonnenaktivität, Vulkaneruptionen, die El Nino/Southern Oscillation (ENSO) und die anthropogenen Faktoren Treibhausgase (THG) und Sulfat für den Zeitraum 1866 – 1994 vorgenommen.

Die Ergebnisse zeigen folgende simulierte Änderungen der globalen Lufttemperatur in K:

THG	+ 0,8 bis + 1,2 K	progressiv
Sulfat	- 0,1 bis + 0,4 K	
<b>THG + Sulfat</b>	<b>+ 0,6 bis + 0,8 K</b>	
Vulkaneruption	- 0,1 bis + 0,4 K	episodisch
Sonnenaktivität	+ 0,1 bis + 0,2 K	wechselnd
ENSO	+ 0,2 bis + 0,3 K	episodisch

Der dominante Beitrag der anthropogenen Einflussfaktoren ist augenfällig. Hinzu kommt, dass der anthropogene Einfluss langfristig und progressiv in Erscheinung tritt (Vulkane und Sonne episodisch bzw. wechselnd).

### **- Auch in Sachsen wird sich die Erwärmung verstärken**

Unter einem  $2xCO_2$ -Szenario sind bis Mitte des 21. Jahrhunderts voraussichtlich folgende Klimaänderungen in Sachsen zu erwarten (Sächsisches Klimamodell REKLISA, LfUG 2000):

- Zunahme der Häufigkeit warmer Wetterlagen
- Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um bis zu 2,7 Grad

- Anstieg der Maximaltemperatur im Frühjahr bis zu 4 Grad
- Deutliche Zunahme der Sonnenscheindauer im Frühjahr und Sommer
- Drastischer Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode

An dieser Stelle sei angemerkt, dass vom globalen Klimamodell ECHAM4 des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg bzw. vom Sächsischen Klimamodell REKLISA eine signifikante Zunahme der Häufigkeiten warmer Wetterlagen über Mitteleuropa bis 2050 abgeleitet wird. Da generell von einer hohen Korrelation zwischen globaler Erwärmung und Häufung von Extremereignissen auszugehen ist, muss in der Zukunft voraussichtlich mit einer Zunahme von Extremereignissen in Sachsen insbesondere aber auch von Trockenperioden gerechnet werden.

### **- Studien zu Klimawandel und Niederschlagshäufigkeit**

Eine britisch-finnische Klimastudie versuchte auf der Grundlage der weltweit 19 benutzten Klimamodelle abzuschätzen, um wie viel wahrscheinlicher extreme Niederschläge auftreten, wenn die Treibhausgase in der Atmosphäre weiter zunehmen. Basis für die Berechnungen bildete ein zweimal zwei Szenario der Treibhausgase in der Erdatmosphäre bis zum Jahr 2100. Ausgegangen wurde von einem extrem regenreichen Winter, wie er nach heutigen Maßstäben alle 50 Jahre auftritt. Die Forscher kamen zu dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Winter in Nordeuropa um den Faktor fünf steigen wird, das heißt: Er tritt nicht alle 50 Jahre, sondern alle acht Jahre auf (Palmer, Europäisches Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage, Zeitschrift Nature 1, 2002)

In dem EU-Projekt „SWURVE“ untersuchen Meteorologen in zehn europäischen Städten Zusammenhänge zwischen Niederschlagshäufigkeit und Klimawandel. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die Anzahl von Niederschlagstagen wird in Zukunft abnehmen. Trotzdem ist in den Wintermonaten mit größeren Niederschlagsmengen zu rechnen. In einem wärmeren Klima bringen die verbleibenden Regentagen größere Niederschlagsmengen. Nach der Prognose wird die Zahl der Regentage im Laufe dieses Jahrhunderts in Berlin um 17 abnehmen, in Hannover um 33 (Beckmann DWD, Offenbach).

### **- In Sachsen werden in der Vegetationsperiode die Niederschlagsmengen abnehmen, jedoch örtliche Starkniederschläge zunehmen**

Das sächsische Klimaprognosemodell REKLISA wurde in Zusammenarbeit des LfUG und der FU Berlin mit dem Ziel weiterentwickelt, auch die Simulation von Extremereignissen realisieren zu können. Das auch im internationalen Maßstab neuartige Modell KLISIMEX wurde anhand aktueller sächsischer Klima-Messreihen bereits validiert und wird noch in diesem Jahr für Klimasimulationen unter einem 2xCO<sub>2</sub>-Szenario bis Mitte des 21. Jahrhunderts im Freistaat Sachsen eingesetzt.

Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft die Anzahl von Niederschlagstagen insbesondere im Sommer voraussichtlich abnehmen, Starkniederschläge zumindest gebietsweise zunehmen werden. Das heißt: In Sachsen regnet es seltener, dafür aber mit insgesamt höherer Intensität. Die regionale Differenzierung dürfte dabei erheblich zunehmen.

## **2.3 Versuch einer Bewertung des Ereignisses im August 2002**

### **- Hochwasserkatastrophe in Sachsen war meteorologische Ausnahmeerscheinung**

Das aktuelle Starkregen-*Einzelereignis* kann prinzipiell nicht als Beweis für einen (anthropogenen) Klimawandel angeführt werden. Erst die Untersuchung der Tendenzen und Trends der Extrema über lange Zeiträume erlaubt es, entsprechende Zusammenhänge herzustellen. Der Deutsche Wetterdienst interpretiert das unter Punkt 1 beschriebene extreme Unwetter als ein Ergebnis der Verkettung unglücklicher meteorologischer Umstände.

Das betrifft die *Ausnahmeerscheinung* des Starkregenereignisses, nicht jedoch die unter Punkt 2.1 und 2.2 diskutierte Neigung zu wärmeren und durch erhöhte Persistenz (Erhaltungsneigung) gekennzeichnete Witterung in den vergangenen Jahren in Mitteleuropa und die damit einhergehende Tendenz zu häufigeren Extremereignissen.

### **- Zunehmende warme Wetterlagen erhöhen Gefahr von Starkniederschlagsereignissen**

In den letzten Jahren konnte in Sachsen insgesamt eine deutliche Zunahme von warmen Wetterlagen mit vorherrschenden Luftströmungen um Süd / Südwest festgestellt werden. Seit Januar 2000 waren gegenüber einem Referenzwert von 1961 bis 1990 25 Monate zu warm, nur 6 Monate zu kalt (s. Abb. 3).

Grundsätzlich kann eine warme Atmosphäre mehr Wasserdampf speichern, so dass bei Unwettern auch mehr Energie und mehr Niederschlag frei werden können. Damit derartige Extremereignisse auftreten können, müssen allerdings noch weitere Prozesse in der Atmosphäre zusammentreffen, das gilt für die Luftdruckverteilung und insbesondere auch die Vertikalverteilung von Temperatur und Feuchte in der Troposphäre.

## **3. Schlussfolgerungen für Sachsen**

Ob sich die Wahrscheinlichkeit für Ausnahmewettersituationen, wie wir sie vom 12.-14. August 2002 in großen Teilen Sachsens erlebt haben, signifikant ändert, wissen wir nicht. Mit den laufenden Modellsimulationen von Extremereignissen lassen sich nur langfristige Trends aufzeigen.

Der am 29.08.2002 in die Erdumlaufbahn gebrachte neue europäische Wettersatellit wird ab Mitte nächsten Jahres helfen, die kurzfristigen Wettervorhersagen zu präzisieren. Eine rechtzeitige sowie quantitativ und örtlich präzise Niederschlagsmengenvorhersage wird aber weiterhin nicht möglich sein.

Unabhängig davon sind die beobachteten und prognostizierten Klimaänderungen mit einer Häufung von Extremereignissen ausreichend Anlass zum Handeln.

### **3.1 Auf Klimawandel einstellen, Vorsorge treffen**

#### **- Konsequente Umsetzung von vorbeugenden Hochwasserschutzmaßnahmen**

Auf Basis der bestehenden Rechtsgrundlagen gilt es, das sächsische Hochwasserschutzkonzept konsequenter als bisher umzusetzen. Der Sächsische Landesentwicklungsplan von 1994 schreibt als wesentliche Eckpunkte fest: „Die Nutzung des natürlichen Wasserrückhaltevermögens der Einzugsgebiete der Wasserläufe besitzt Vorrang vor Errichtung von Hochwasserschutzanlagen. Dazu gehören die Aufforstung und zweckmäßige land- und forstwirtschaftliche Nutzung an Hängen zur Verzögerung des

Oberflächenabflusses und zum Erosionsschutz sowie die Reaktivierung natürlicher Überflutungsgebiete.“

Der Bevölkerungsrückgang sowie vorhandene leerstehende Wohn- und Gewerbeflächen in nicht hochwassergefährdeten Gebieten sollten genutzt werden, um den Wiederaufbau von zerstörten Gebäuden und Infrastruktur an exponierten Stellen in Hochwasserschutzgebieten zu vermeiden. Mit geeigneten fiskalischen Instrumenten ist der weiteren Versiegelung entgegenzuwirken.

Wasserbauliche Maßnahmen wie Hochwasserrückhaltebecken, Talsperrenbau und -bewirtschaftung sowie Deichbau sind zu überprüfen und gegebenenfalls zu verstärken.

### **- Forcierung der Klimadiagnose und Klimaprognose für Sachsen**

Die detaillierte flächenhafte Auswertung der Klimadaten für Sachsen gestattet einerseits, die bisherigen Klimaänderungen auch regional zu quantifizieren und andererseits, die Ausgangsdaten für Klimaprognosen zu verbessern. Zur Zeit wird in einem Forschungsvorhaben versucht, die Trends extremer Wetterereignisse wie langanhaltende Trockenereignisse zu simulieren. In einem zukünftigen Vorhaben ist vorgesehen, die klimabedingten Veränderungen der regionalen Vegetationszeiten auszuwerten.

Alle Vorhaben sollen helfen, die bisherigen Klimaveränderungen genauer zu erkennen und die Klimadiagnose für Sachsen zu verbessern.

### **- Fachübergreifend auf Klimaveränderungen einstellen – AG Klimafolgen verstärken**

In der Arbeitsgruppe Klimafolgen beschäftigen sich bisher Experten der Forst-, Land- und Wasserwirtschaft sowie des Naturschutzes mit der Frage, welche vorbeugenden Maßnahmen einzuleiten sind. Temperatur- und Niederschlagsverhalten entscheiden beispielsweise über die Anbau von Baumarten. In einigen Gebieten Sachsens ist es daher nicht mehr sinnvoll, traditionelle Fichtenbestände zu erneuern.

In Auswertung der Hochwasserkatastrophe wird vorgeschlagen, die Arbeitsgruppe zu verstärken und weitere Bereiche wie Landes-, Regional- und Bauleitplanung sowie Wirtschaftsentwicklung (z.B. Tourismus) einzubeziehen. Dabei ist über ein geeignetes Organisationsmodell (Projektgruppe, Kompetenzen, Ressourcen) zu entscheiden.

## **3.2. Reduzierung klimarelevanter Gase beschleunigen und als wirtschaftliche Chance für Sachsen nutzen**

Der anthropogen verursachte Treibhauseffekt erfordert weltweites Handeln. Der derzeitige Uno-Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg verdeutlicht dafür Chancen, Probleme und Risiken. In Überwindung einseitiger nationaler Interessen, gilt es konkrete Vereinbarungen zu treffen und umzusetzen.

Das System Anstieg der Treibhausgasemissionen wirkt mit großer Zeitverzögerung auf die Klimaveränderungen. Daher ist es wichtig, den anthropogenen Emissionsanteil schnell und drastisch zu reduzieren, um zumindest mittel- und langfristig die Klimaveränderungen nicht weiter zu beschleunigen.

Unabhängig von den genannten komplexen Zusammenhängen ist es alleine aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll, jetzt verstärkt in Energiespartechiken und erneuerbare Energien zu investieren. Es gilt für den Standort Sachsen, Chancen auf diesen Zukunftsmärkten zu sichern und die Abhängigkeit von den verbleibenden fossilen Energieträgern schrittweise zu reduzieren.

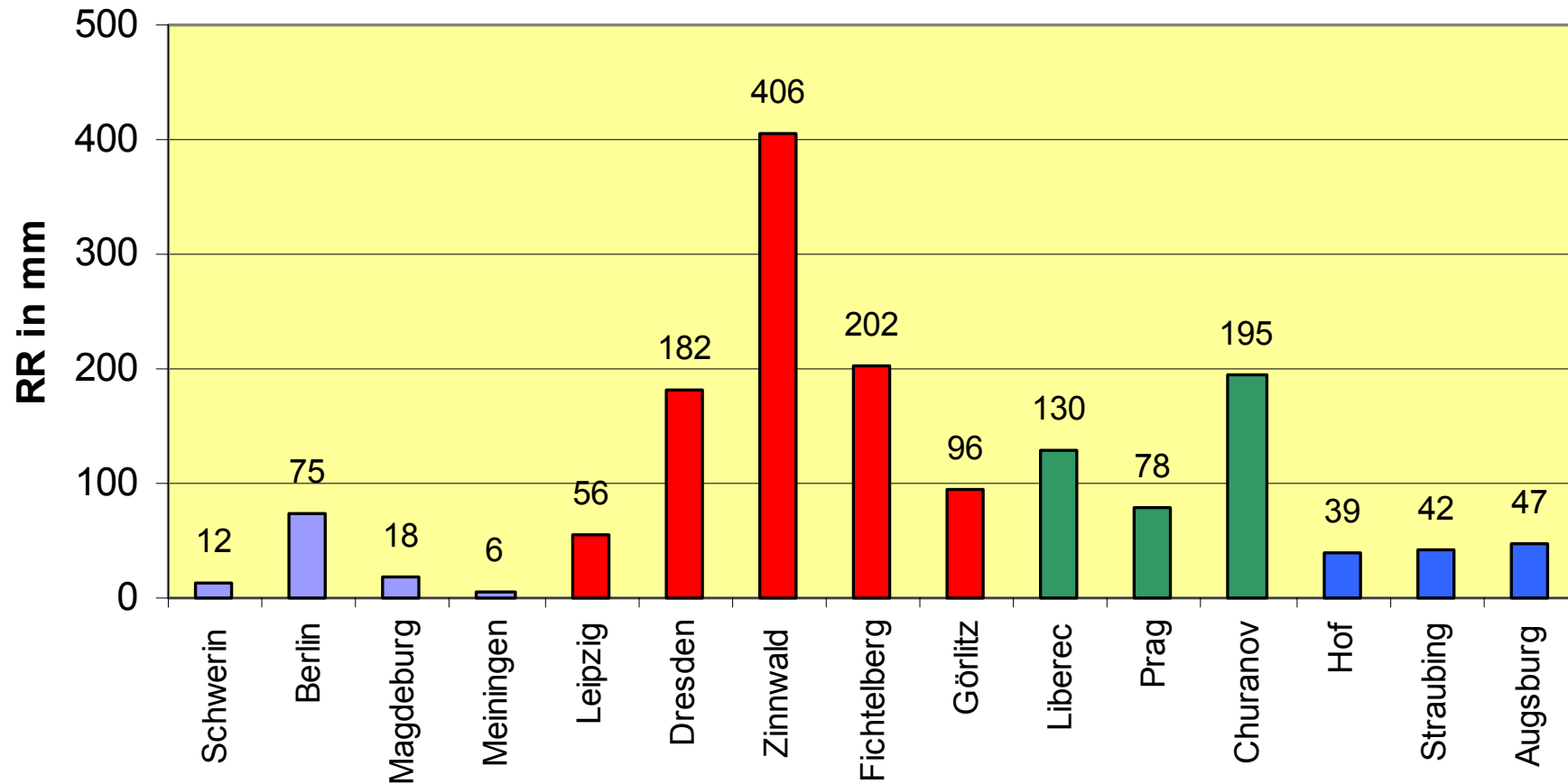
Das Klimaschutzprogramm der Sächsischen Staatsregierung mit konkreten CO<sub>2</sub>-Reduzierungszielen für die Bereiche Haushalte, Kleinverbraucher, Industrie und Verkehr bildet für die nächsten 10 Jahre die Grundlage. Im LfUG wurden mit der Einrichtung des Sächsischen Energieeffizienzentrums und der Integration des Förderprogramms „Immissionsschutz, Klimaschutz“ wichtige Instrumente zur Umsetzung geschaffen. Für die fachliche Begleitung wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe für das Zukunftsthema „Umweltfreundliche Energiebereitstellung und –nutzung gebildet.

Der vom LfUG vorgelegte Vorschlag für ein Soforthilfeprogramm für Flutopfer im Rahmen des Förderprogramms „Immissions- und Klimaschutz“ zeigt u. a. mit der Bezuschussung von effizienten, klimafreundlichen Heizungsanlagen (z.B. Holzpellet- statt Ölfeuerung) und energiesparenden Haushaltgeräten einen Weg, den Wiederaufbau als Zukunftschance zu nutzen.

3 Anlagen



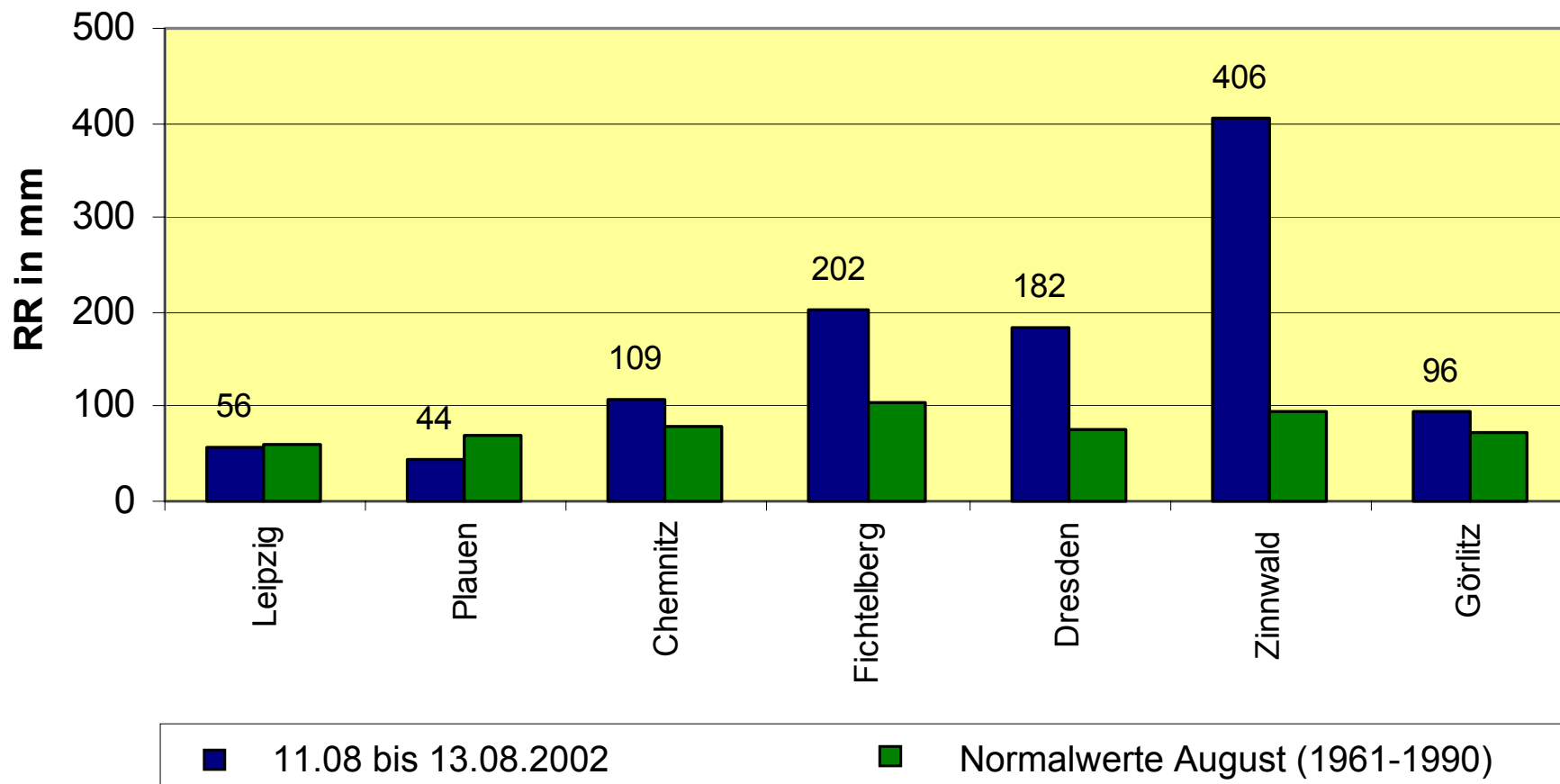
## Niederschlagssummen an ausgewählten Stationen Mitteleuropas vom 11.08. bis 13.08.2002 (72h)







## Niederschlagssummen in Sachsen vom 11. bis 13.08.02 im Vergleich mit Normalwerten für den Monat August





## Abweichung der Monatsmittelwerte der Lufttemperatur seit 2000 vom Referenzwert 1961-1990 in Sachsen

