GEOLOGICA SAXONICA
Journal of Central European Geology 52/53 (2007) 129–142

Der rhythmische Zusammenhang von globaler vulkanischer Aktivität mit der Bildung regionaler Extremniederschläge und daraus folgenden Hochwassern, Beispiele in Sachsen

The rhythmic coherence of global volcanic activity with the formation of regional rainfalls extreme and resulting floods. Examples in Saxony.

Jürgen Buchwald
Herzberger Straße 14, D-01239 Dresden

Kurzfassung

Auffälligkeiten der Sommer- und einzelner Frühjahrs-Hochwasserstände der Elbe (Dresden) nach großen explosiven Vulkanausbrüchen in den Vorjahren veranlassten den Autor, eine Beziehung zwischen vulkanischer Aktivität und Hochwasser zu suchen. Vulkane mit weit in die Stratosphäre reichender Eruptionsäule bilden in großer Menge Aerosole des Schwefels mit klimatischer Auswirkung von 1 bis 3 Jahren auf das Wettergeschehen der Erde. Für den Zeitraum der letzten 300 Jahre konnte für Flussgebiete vorrangig sächsischer Territorien bei 23 in Frage kommenden Zeitabschnitten großer globaler vulkanischer Aktivitäten nachfolgende extreme Niederschläge in zeitliche Beziehung gebracht werden. Möglicherweise begünstigte die Lage des Erzgebirges bzw. weiterer Mittelgebirge die Bildung außergewöhnlicher Tiefdruckgebiete und somit das Auslösen besonders extremer Niederschläge, wie das zum Beispiel im Sommer 2002 der Fall war. Der rhythmische Bezug „Vulkanausbruch – Sommerhochwasser“ wurde durch Gegenüberstellung der Daten (Vulkan, Hochwasser) dargestellt und thesenhaft beschrieben. Im Ergebnis konnte für den Zeitraum 1700 bis 2006 der Bezug bei Sommerhochwasser von 17 der 23 Zeitabschnitte nachgewiesen werden. Jeweils 7 Hochwasser verteilen sich auf das 1. und 2. Folgejahr, nur 3 Hochwasser auf das 3. Folgejahr vulkanischer Eruptionen. Zusätzlich wurden 12 vulkanisch bedingte Frühjahrshochwasser ausgewertet. Es wird empfohlen, diese Erkenntnisse zur Voraussage von Hochwasser im Rahmen des meteorologisch-hydrologischen Frühwarnsystems der Hochwasservorsorge zu nutzen.

Abstract

Volcanos with high eruption columns up to the stratosphere by releasing a large quantities of sulphur aerosol caused a climatic impact for 1 to 3 years on the weather pattern on earth. Exemplarily on Saxonian rivers over a period of the last 300 years in 23 cases a connection could be establish between global volcanic activities and subsequen extreme rainfalls. It is recommended to attend these cognitions within the framework of a meteorologic and hydrological early warning system.

Vorbemerkungen

Es ist und bleibt eine Aufgabe der Meteorologen, bei gefahrdrohenden Wettererscheinungen wie langanhaltenden Starkniederschlägen eine Vorwarnung bzw. Warnung offiziell zu verkünden. So hatte der Deutsche Wetterdienst am 11.08.2002 reagiert. Leider viel zu spät und von vielen nicht ernsthaft wahrgenommen, wie sich herausstellte. Am 12.08.2002 nahm die Flutkatastrophe in Sachsen ihren Lauf.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) führte dazu aus: „Ursache war eine so genannte Vb-Wetterlage, bei der feuchtwarme Luftmassen aus dem Mittelmeerraum östlich um die Alpen nordwärts geführt wurden und

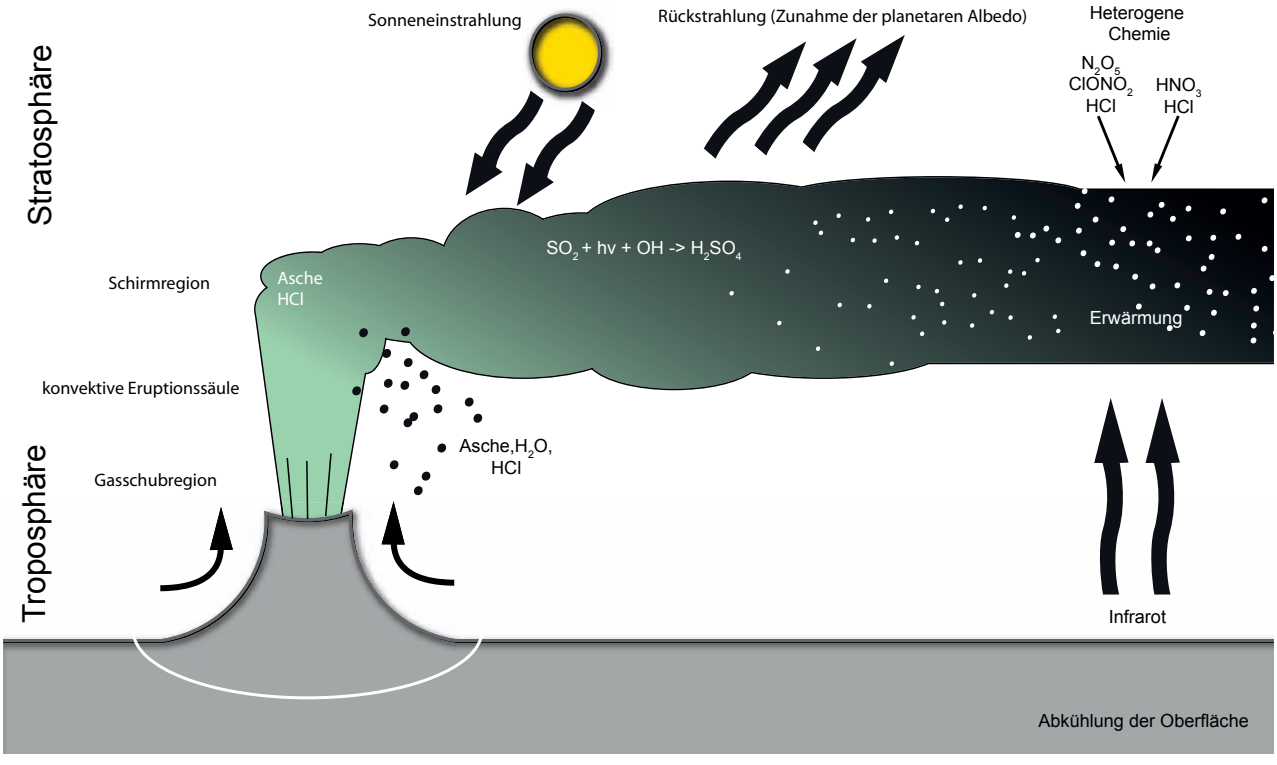

Abb. 1: Eintrag von Schwefeldioxid in die Stratosphäre (nach Schmincke 2001).
Fig. 1: Input of sulphur dioxide in the stratosphere (after Schmincke 2001).

auf kühlere, aus Westen kommende Luftmassen trafen. In der Folge bildete sich eine stationäre Tiefdruckrinne, deren Niederschläge durch die orographisch bedingte Hebung der Luft an den Sudeten, dem Erzgebirge, dem Bayerischen Wald, wie auch im Alpenbereich erheblich verstärkt wurden“ (DKKV 2003).

Der Autor dieses Beitrages ist der Auffassung, dass die eigentliche Ursache der bedrohlichen Wettersituation aus einer zuvor eingetretenen veränderten Luftchemie der Stratosphäre und Troposphäre herzuleiten ist. Schuld daran ist die Wirkung des extrem hohen SO_2-Gehaltes in der Folge hoch in die Stratosphäre reichender Vulkaneruptionen. Es ist bewiesen, dass dieser Klimafaktor mit kürzeren natürlichen Schwankungen von nur zwei bis drei Jahren auf das Wettergeschehen der Erde einwirkt (Schmincke 2000 und 2001).

Nach dem Dokument über die Hochwasservorsorge in Deutschland (DKKV 2003) gehen die hydrologischen Vorhersagemodelle und Wetterprognosen von Vorhersagezeiten von 1–2 Tagen, im Mittel- und Unterlauf der Elbe von bis zu 5 Tagen aus. Angestrebt wird die Entwicklung eines meteorologisch-hydrologischen Frühwarnsystems für das Elbegebiet zu mehr- bis zehntägigen Prognosen. Im Unterschied zu diesen Möglichkeiten der relativ kurzzeitigen meteorologischen Vorhersagen soll in diesem Beitrag nicht von „Vorhersage“, sondern von vulkanbezogener „Voraussage“ gesprochen werden.

Diese „Hochwasser-Voraussage“ beträgt in Anlehnung der von Schmincke (2000, 2001) obengenannten Aussage einheitlich ein bis drei Jahre nach dem Eintritt vulkanischer Gase in die Stratosphäre.

Es ist das Ziel dieser Arbeit, durch systematische Untersuchungen die Beziehungen von globalen Vulkanereignissen und lokalem Extremniederschlag beispielhaft für den sächsischen Mittelgebirgsraum zu belegen, um unter Beachtung einer prozentualen Wahrscheinlichkeit das vermutliche Eintreten von Hochwasser abschätzen zu können.

GEOLOGICA SAXONICA
Journal of Central European Geology 52/53 (2007) 129–142

Aerosole des Schwefels

Durch die Experimente von Keppler (1999) konnte bewiesen werden, dass in der Magmenkammer vor der Eruption große Mengen von Schwefel in der Dampfphase konzentriert werden. Bei der Eruption werden dann die Gase explosionsartig freigesetzt; gewaltige Mengen vor allem von Schwefeldioxid gelangen so in die Stratosphäre.

Die intensiven vulkanologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit den bedeutenden Vulkaneruptionen des

- Mt. St. Helens / USA im Mai 1980,
- El Chichon / Mexiko im März 1982,
- Pinatubo / Philippinen im Juni 1991

sowie den analytischen Messungen der eingesetzten Stratosphärenflugzeuge brachten erstmals quantitative Daten zur Luftchemie der Stratosphäre. Es waren also eindeutig vor allem schweflige Verbindungen der vulkanischen Gase, die u.a. für eine Veränderung im Temperaturhaushalt der Erde verantwortlich zeichnen (Schmincke 2000 und 2001).

Seit der Pinatupo-Eruption im Jahre 1991 wird durch Informationssatelliten weltweit die Luftchemie der Stratosphäre bestimmt. Darunter fällt auch die spektrometrische Messung des Schwefeldioxides. Es ist demnach möglich, in der Folge großer vulkanischer Gaseinträge in die Stratosphäre quantitative Daten zum SO_2-Haushalt zu erhalten.

Nach Auswertung von Satellitendaten und erhöhten Säuregehalten in den Eiskernen von Grönland gibt Bardintzeff (1999, S.164) einen vulkanisch bedingten jährlichen SO_2-Eintrag in die Stratosphäre von durchschnittlich 0,5 bis 1,0 × 10^6 t an. Dieser „Normal"-Zustand erhöht sich um mehr als ein bis zwei Größenordnungen, erreichen vulkanische Aerosole die Stratosphäre infolge großer explosiver Eruptionen (Schmincke 2001).

Kurz nach einer Eruption können aerosolreiche Luftmassen (Konzentration von Tröpfchen schwefliger Säure und Sulfat-Aerosole) innerhalb einiger Wochen um den Globus wandern. Sie bilden zusammenhängende Schleier in Höhen von 20 bis 30 km, sammeln sich über beide Polgebiete. Etwa 2 bis 3 Jahre kann sich das Aerosol in der Stratosphäre halten, bevor es die Atmosphäre erreicht und zur Erde sinkt. Salz- und säurehaltige Aerosole sind besonders hygroskopisch und somit am wirksamsten, sie besitzen die Fähigkeit Wasser an sich zu ziehen. Es bilden sich Kondensationskerne, die Grundlage zur Entstehung von Regen. Große Mengen aktiver SO_2-Aerosole haben somit ungewöhnliche hohe Niederschlagsmengen zur Folge (TaschenAtlas Wetter, S.86, 2003).

Beziehungen zwischen Vulkanismus und Hochwasser

In den kritischen Tagen des Elbehochwassers in Dresden (13.–17.08.2002) fiel mir bei der Betrachtung der Hochwassermarken (Messlatte am „Fährhaus") in Dresden-Kleinzschachwitz auf, dass besonders im Sommer dann extreme Hochwasser auftraten, wenn diese in zeitlicher Beziehung vorheriger großer Vulkaneruptionen standen. Besonders auffällig betrifft das die Hochwasserjahre 1712, 1771 (bei beiden noch nach den Hochwassermarken des Festungsgrabens Dresdens), 1784, 1824, 1890, 1897, 1926, 1954, 1981 und schließlich 2002. Unter Mitbetrachtung des Flusssystems, welches die sächsisch-thüringischen Mittelgebirge entwässert, kann man Sommerhochwasser der Jahre 1927 (Müglitz, Gottleuba), 1954 (Weiße Elster, Weißeritz, Mulde), 1957 (Gottleuba, Bahra, Müglitz), 1958 (Weißeritz, Freiberger Mulde), 1981 (Müglitz, Rote Weißeritz, Spree u.a.) und 1995 (Weiße Elster, Mulde) einbeziehen.

Es kam der Gedanke auf, eine zeitliche Beziehung zwischen ausgewählten Frühjahrshochwassern und allen Sommerhochwassern mit vorherigen großen explosiven Vulkaneruptionen für die letzten 300 Jahre herzustellen (Tab. 1).

Erläuterungen zur Tabelle 1 und Bewertung verwendeter Daten:

1. Die links in der Tabelle 1 genannten Daten zum Alter und den Besonderheiten großer explosiver Vulkane wurden im wesentlichen den Veröffentlichungen von Rast, H. (1987), Schmincke, H.-U. (2000 und 2001) und

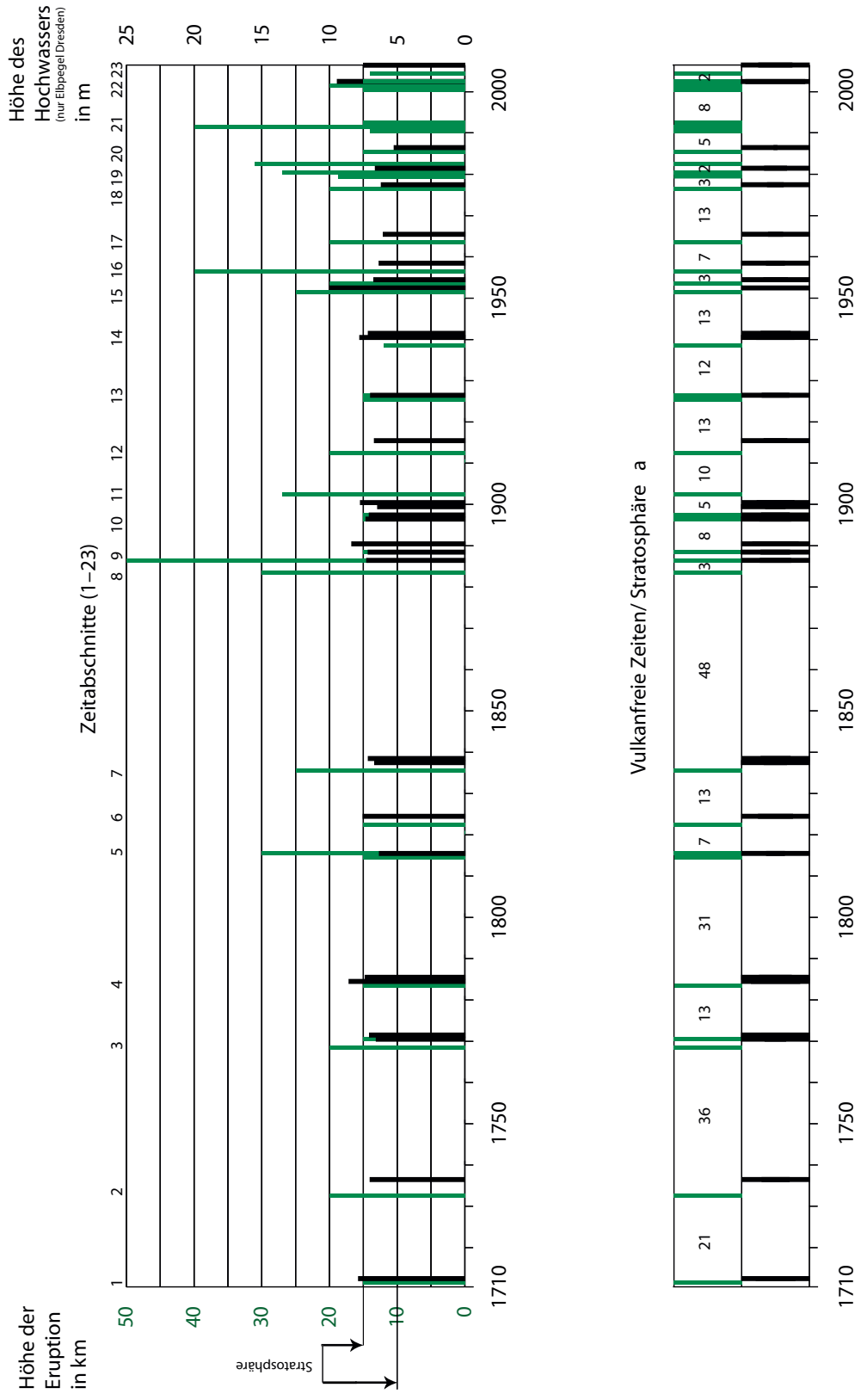

Abb. 2: Verteilung und Häufigkeit von hohen vulkanischen Eruptionen (rot) und darauf folgenden Hochwassern der Elbe in Dresden (blau).

Fig. 2: Distribution and frequency of high volcanic eruptions (red) and ensuing high water levels of the Elbe river in Dresden (blue).

GEOLOGICA SAXONICA
Journal of Central European Geology 52/53 (2007) 129–142

Bardintzeff, J.-M. (1999) entnommen. Ergänzungen entstammen dem TaschenAtlas Vulkane und Erdbeben (2003).

2. Soweit Informationen vorlagen, wurden alle großen bedeutenden explosiven Vulkane für die Auswertung herangezogen, vor allem solche mit weit in die Stratosphäre reichender Eruptionssäule. Als Richtwerte wurden über 15 km Eruptionssäule an äquatorialen Breiten (z. B. Philippinen, Indonesien, Ecuador) und über 10 km Eruptionssäule in den hohen Breiten (z. B. Alaska, Kamtschatka) angewendet. Die ausgewerteten Vulkane befinden sich vorrangig

- in der nördlichen Hemisphäre bis ca. 60^0 nördlicher Breite,
- in der Äquatorialzone und
- in der südlichen Hemisphäre bis max. 40^0 südlicher Breite (z. B. Nordinsel Neuseeland).

Obengenannte Breiten der Erde sind der Wirkungsbereich der vulkanisch bedingten globalen Klimaveränderungen. In der Regel beschränken sich diese auf die Hemisphäre, auf der sich die eruptierten Vulkane befinden.

3. Im Zeitraum der ausgewerteten 300 Jahre (1700 bis Gegenwart) erreichten die vulkanischen Gase nachgewiesen, berechnet oder vermutet in 55 Fällen die Stratosphäre. Sichere Informationen fehlen vor allem für den Zeitraum bis 1883 (Krakatau). „Kleinere" Eruptionen nicht bestimmbarer Vulkane könnten aber durchaus in der explosiven Phase der Eruption die Stratosphäre in einzelnen Fällen erreicht haben. Vielleicht ließen sich dann auch mögliche Zusammenhänge zu den im allgemein niedrigen Sommerhochwassern (< 7 m am Pegel Dresden) der Jahre 1804, 1827, 1829, 1844, 1847 und 1853 erklären (Tab. 1). Messwerte über die tatsächlichen Höhen der Eruptionssäule liegen erst seit etwa 1950 vor. Für den Zeitraum davor wurden für diese Arbeit die Eintragshöhen der Gase nach den Ausbruchsbeschreibungen insbesondere zur Explosivität der Vulkane abgeleitet bzw. vermutet.

Desweiteren wurden für die Auswahl der Vulkane als Zeugnisse hohen SO_2-Eintrages in die Stratosphäre erstens deutlich erhöhte Säurekonzentrationen in den Eiskernen von Grönland und zweitens eindeutige Frostringe in den Jahresringen alter kalifornischer Bäume berücksichtigt. Nach Schmincke (2000, Abb. 14.11) und einzelnen eigenen Ergänzungen ist das bei folgenden Vulkanen belegt:

Abb. 3: „Blick auf Dresden bei Sonnenuntergang" von Carl Gustav Carus 1822. Schwefelige Verbindungen vulkanischer Gase waren verantwortlich für farbenprächtige Sonnenuntergänge. Städtische Kunstsammlungen Chemnitz, Inv.-Nr. 211.

Fig. 3: „View of Dresden at sunsset" by Carl Gustav Carus 1822. Sulphureous compounds of volcanic gases caused the gorgeous sunsets. Städtische Kunstsammlungen Chemnitz, Inv.-No. 211.

- Timanfaya auf Lanzarote/Spanien, 1732
- Laki/Island und Asama/Japan, 1783
- Tambora/Indonesien, 1815
- Merapi und Galunggung/Indonesien, Vesuv/Italien, 1822
- Coseguina/Nicaragua, 1837
- Krakatau/Indonesien, 1883
- Santa Maria/Guatemala, 1902
- Katmai/USA (Alaska), 1912
- Agung/Indonesien, 1963

Eindrucksvoll sind in diesem Zusammenhang die kunsthistorischen Belege in Form von Gemälden farbenprächtiger Sonnenuntergänge mehrerer Landschaftsmaler des 19. Jahrhunderts (Abb. 3).

Damit ist global betrachtet der enorm große Eintrag vulkanischen Schwefels in die Stratosphäre nur bei den hier ausgewerteten Vulkanen als gesichert anzusehen. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, treten dazwischen sogenannte „vulkanfreie Zeiten" (Vulkane, die die Stratosphäre in der Regel nicht erreichten) auf. Bemerkens-

wert ist, dass die Abstände der „vulkanfreien Zeiten" zwischen 1711 (Gunung Awu) und 1883 (Krakatau) im Durchschnitt ca. 21 Jahre (Streubreite 7 … 48 Jahre) sowie ab 1883 im Durchschnitt ca. 7 Jahre (Streubreite 2…13 Jahre) betragen. Auch die Anzahl der stratosphärischen Vulkaneruptionen hat von 13 (1711 bis 1883) auf 42 (ab 1883) um das 3-fache zugenommen.

4. Die in den Betrachtungszeitraum der letzten 300 Jahre fallenden größten Vulkanausbrüche des Tambora 1815 und Krakatau 1883 ergaben keine nachvollziehbaren katastrophalen Hochwasserflutungen im mitteleuropäischen Raum. Unmittelbar nach der Explosion des Vulkanberges Tambora mit einem Austrag von 150 km^3 Magma im Zeitraum 05.–11.04.1815 gelangten die vulkanischen Gase (darin 130 Mt SO_2) um den Erdball und veränderten die Luftchemie der Troposphäre erheblich. Vermutlich sind die Extremniederschläge für das nur mäßige Sommerhochwasser im August 1815 eine diesbezügliche Auswirkung.

Grundsätzlich waren jedoch die Klimaauswirkungen insbesondere des Tambora weltweit enorm. Das Jahr 1816 ging als das Jahr ohne Sommer in die Geschichte ein (Stommel & Stommel 1988). In Europa und in Nordamerika zeigten die Thermometer die niedrigsten Temperaturen der zurückliegenden 200 Jahre an. Offenbar war die gesamte Atmosphäre so verändert, dass eine Wetterbildung von Hoch- und Tiefdruckgebieten stark abgeschwächt wurde. Die in die Stratosphäre gelangten gewaltigen SO_2-Mengen konnten sich vermutlich nicht kurzzeitig (1–3 Jahre) über die Erde entladen; die Aerosolmengen verdünnten sich über einen langjährigen Zeitraum.

5. Bei den in der Tabelle 1 aufgeführten Vulkanen handelt es sich um die an hoher Explosivität berüchtigten plinianischen Eruptionen. Sie gehören den konvergierenden Subduktionszonen der Plattenränder an (z. B. Krakatau/Indonesien) oder befinden sich im Kollisionsbereich kontinentaler Platten (z. B. Ätna/Italien). Nur in 3 Fällen wurden stratosphärische Eruptionen von Vulkanen der mittelozeanischen Rücken in die Auswertung einbezogen (Laki/Island, Negra Sierra/Ecuador und Grimsvötn/Island).

6. In der Tabelle 1 konnten im Betrachtungszeitraum der letzten 300 Jahre insgesamt 23 Zeitabschnitte mit hoch in die Stratosphäre reichender Vulkane ausgewiesen werden. Unter Zeitabschnitt wird hier eine Periode vom Beginn eines oder mehrerer Explosivausbrüche bis zum Ende eines Hochwassers in einem oder mehrerer Folgejahre verstanden. Bei 17 der 23 Zeitabschnitte kann ein enger Zusammenhang zwischen globaler stratosphärischer Eruption und Sommerhochwasser im sächsischen Territorium nachgewiesen werden (Abb. 2). Es gibt auch Zeitabschnitte, in denen auffällig große explosive Vulkaneruptionen sich weltweit häufen. Das betrifft die Jahre 1822, 1888, 1896/1897, 1951/1952/1953, 1990/1991/1992 und vor allem 2001 (siehe Tab. 1 und 2). Die Häufung von 7 großen Eruptionen im Zeitabschnitt 2000/2002 können einen extrem großen SO_2-Eintrag in die Stratosphäre bewirkt haben. Die Folge waren extrem starke Auswirkungen auf die Niederschlagsbildung des Jahres 2002.

7. Die im mittleren und rechten Teil der Tabelle 1 angeführten Daten entstammen

- der Veröffentlichung „Die große Wassernot in Sachsen 1897"
- der TATSACHEN-Broschüre „Hochwasserkatastrophen in Sachsen", 2003, von D. Fügner
- der Veröffentlichung „Extreme hydro(meteoro)logische Ereignisse im Elbegebiet, 2006, von U. Grünewald
- der DKKV-Schriftreihe „Hochwasservorsorge in Deutschland", 2003
- den Materialien für Wasserwirtschaft für den „Hochwasserschutz in Sachsen", SMUL 2002.

Aus der zuletzt genannten Veröffentlichung sind die amtlichen historischen Hochwasserstände bezogen auf den 1935 um 3 m abgesenkten, seit 1775 bestehenden Lattenpegel Dresden/Elbe (Augustusbrücke Dresden-Altstadt) entnommen (Tab. 1 und Abb. 2).

Die den folgenden Ausführungen zugrunde liegenden Hochwasser umfassen die Sommerhochwasser von 1700 bis 2006 mit einem Wasserstand > 6 m am Pegel Dresden (bei Wasserständen vor 1935 wurde die Pegelverlegung einbezogen). Zusätzlich werden noch Bemerkungen zu ausgewählten Frühjahrshochwassern mit einem Wasserstand > 7 m am Pegel Dresden mit

aufgenommen, die auf Vulkanausbrüche und damit zusammenhängende strenge Winter zurückgeführt werden können. Diese werden jedoch in die statistische Auswertung nicht mit einbezogen.

Alle der 16 Jahre mit bedeutenden Sommerhochwas serereignissen der Elbe (1736, 1770, 1771, 1815, 1824, 1838, 1890,1897, 1899, 1926, 1954, 1958, 1965, 1977, 1981 und 2002) und ihren sächsischen Nebenflüssen (1771, 1824, 1890, 1897, 1927, 1954, 1957, 1958, 1981, 1992, 1995, 2002) in den letzten 300 Jahren gingen 1 bis 3 Jahre zuvor in die Stratosphäre geschleuderte schwefelhaltige vulkanische Gase voraus (7 mal im 1. Folgejahr, 7 mal im 2. Folgejahr, nur 3 mal im 3. Folgejahr), die als Ursache der Extremniederschläge in den Sommermonaten (Mai bis September) in Betracht kommen.

Fallen solche Extremniederschläge auf den Winter, dann wirken sich so genannte vulkanische Kälteabschnitte oftmals noch katastrophaler aus. Großflächig starke Schneefälle, Extremkälte, Eisversetzungen der Flüsse, plötzliches Tauwetter und erneut Starkniederschläge sind die Folge für 12 extreme Frühjahrshochwasser, wie sie an der Elbe einschließlich ihrer sächsischen Nebenflüsse für die Jahre 1712, 1771, 1784, 1785, 1838, 1886, 1888, 1900, 1940, 1941, 1981 und 2006 typisch waren. Unter anderem durch Vulkane Islands (Laki 1783, Grimsvötn 2004) ausgelöst, waren die Frühjahrshochwasser der Jahre 1784/85, 1940/41 und 2006 mit großen Auswirkungen bei mitteleuropäischen Flussgebieten (Elbe, Rhein, Donau u. a.).

Der erhöhte Wasserstand der Elbe am 10.10.1915 (6,70 m) könnte ein Hinweis auf Zusammenhänge in Auswirkung der ungewöhnlichen jedoch sehr intensiven Ausbrüche vom Katmai aus Alaska sein.

Grundsätzlich die gleiche Situation der vulkanisch bedingten Sommer- und Frühjahrshochwasser trifft auch für die Nebenflüsse der Elbe und teilweise auch auf andere Flussgebiete Mitteleuropas (z.B. Rhein 1784, Oder 1903, Weichsel 2001) zu. In Sachsen handelt es sich in den letzen 300 Jahren um die Hochwasserbildung folgender Nebenflüsse der Elbe u. a. Flussgebiete:

1771 Mulde, Chemnitz, Flöha
1824 Gottleuba, Müglitz
1890 Gebiet Obere Elbe (Böhmen, Osterzgebirge)
1897 Müglitz, Weißeritz, Mulde u.a.
1927 Müglitz, Gottleuba, Mulde
1954 Weiße Elster, Weißeritz, Mulde u.a.
1957 Gottleuba, Bahra, Seidewitz, Müglitz u. a.
1958 Weißeritz, Mulde u. a.
1981 Müglitz, Rote Weißeritz, Spree, Neiße, Mandau u. a.
1992 Freiberger Mulde
1995 Schwarze Elster, Schwarzwasser, Weiße und Schwarze Schöps, Weiße Elster, Chemnitz, Zwickauer Mulde
2002 alle Flüsse in Sachsen, besonders Weißeritz, Müglitz und Mulde

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei diesen genannten Flüssen es sich ausschließlich um Sommerhochwasser handelt, eingetreten im ersten und/oder zweiten Folgejahr weltweiter stratosphärischer Vulkaneruptionen (siehe Tab. 1 und 2).

8. Hochwasserbildende Fluten der Flüsse in der Größenordnung des Jahres 2002 hat es in der über 5 Millionen Jahre alten Flussgeschichte der Elbe mehrfach gegeben. Das bezeugen u.a.

- die nördlich gerichtete Entwässerung der böhmischen Mittelgebirge etwa in dem heutigen Flusslauf der Elbe bis zum heutigem Gebiet Dresdens (tertiäre und quartäre Elbeläufe),
- die morphologische Heraushebung des Erzgebirges konform mit der randlichen Einsenkung der Braunkohlenbecken im Miozän (z. B. Nordböhmen, Zittauer Becken),
- die tiefen Taleinschnitte der Elbe und ihrer Nebenflüsse und
- die enormen Kiesakkumulationen in den Unterläufen der Elbe im nördlichen Vorland.

Die gewaltige Erosion fand im geologischen Zeitraum des Tertiär (ab Miozän) und Quartär statt (Wolf & Schubert 1992).

Aus historischer Zeit gibt es Überlieferungen von katastrophalen Überschwemmungen, jedoch sind Aufzeichnungen unvollständig und lückenhaft („Die große Wassernot in Sachsen 1897“).

Für die in dieser Arbeit aufgestellte Beziehung zwischen Hochwasser mit vorherigen Vulkaneruptionen konnten nur die Informationen der letzten 300 Jahre herangezogen werden.

Tab. 2: Statistische Verteilung vulkanisch bedingten Hochwassers geordnet nach Aktivitätsabschnitten.
Tab. 2: Statistic distribution of high water conditional on volcanism sorted by activity periods.

Zeitabschnitt			**Anzahl der Sommerhochwasser**		
Nr.	Jahre	Anzahl der Vulkane	1. Folgejahr	2. Folgejahr	3. Folgejahr
1	1711–1712	1	–	–	–
2	1732–1736	1	–	–	1 (1736)
3	1768–1771	2	1 (1770)	1 (1771)	–
4	1783–1785	2	–	–	–
5	1814–1815	2	1 (1815)	–	–
6	1822–1824	3	–	1 (1824)	–
7	1835–1838	1	–	–	1 (1838)
8	1883–1886	2	–	–	–
9	1886–1890	4	–	1 (1890)	–
10	1896–1900	3	1 (1897)	1 (1899)	–
11	1902–1903	3	((1)) (1903) Oder	–	–
12	1912–1915	1	–	–	1 (1915)
13	1925–1927	3	1 (1926)	–	–
14	1938–1941	1	–	–	–
15	1951–1954	4	1 (1954)	–	–
16	1956–1958	1	–	1 (1958)	–
17	1963–1965	1	–	1 (1965)	–
18	1976–1977	2	1 (1977)	–	–
19	1979–1981	3	1 (1981)	–	–
20	1982–1987	3	((1)) (1986)	–	–
21	1990–1995	4	–	–	–
22	2000–2002	7	((1)) (2001) Weichsel	1 (2002)	–
23	2004–2006	1	–	–	–
1–23	1711–2006	55	7 ((3))	7	3

(( )) für statistische Berechnung nicht benutzt !

9. In der rechten Spalte der Tabelle 1 wurden aus der Eruptionszeit betreffender Vulkane die Folgejahre für mögliche Hochwasser abgeleitet und die zugetroffenen Jahre mit einem „X“ gekennzeichnet.

In Tab. 2 ist die Verteilung nur der Sommerhochwasser sächsischer Flüsse nach Folgejahren vulkanischer Aktivitäten und nach Zeitabschnitten angegeben. Zusammenfassend fallen auf das

- 1. Folgejahr 7 Hochwasser
- 2. Folgejahr 7 Hochwasser
- 3. Folgejahr 3 Hochwasser

Als Richtwerte für die nachfolgend statistische Berechnung der prozentualen Wahrscheinlichkeit kamen zur Anwendung

- erstens der Zeitraum 1700 bis zur Gegenwart,
- zweitens Sommerhochwasser mit einem Wasserstand > 6 m am Pegel Dresden und
- drittens die Anrechnung von 1 Hochwasser pro Zeitabschnitt in beiden Folgejahren.

Genannte Richtwerte werden durch die Zeitabschnitte 2, 3 (1 mal), 5, 6, 7, 9, 10 (1 mal), 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19 und 22, also insgesamt 15 mal, erfüllt. Das entspricht bei insgesamt 23 Zeitabschnitten einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hochwasser von ca. 65 %.

Voraussage von Hochwasser

Werden weltweit bei Vulkanausbrüchen solche vulkanologischen Kriterien wie

- hohe explosive Eruptionshöhe der Vulkane (mindestens 15 km in äquatorialen Breiten, mindestens 10 km in den hohen Breiten),
- Eintrag großer Mengen an SO_2 in die Stratosphäre,
- Bildung der Aerosole des Schwefels und
- Migration aerosolreicher Luftmassen um den Globus

erfüllt, dann treten in der Regel in den ersten beiden Jahren nach der Vulkaneruption extreme meteorologische Kälteabschnitte und Starkniederschläge in dafür besonders geeigneten Gebieten auf. Diese wissenschaftliche Erkenntnis (Schmincke 2000) hatte der Autor benutzt, um an Beispielen des Gebietes der sächsischen Flussgebiete den rhythmischen Bezug von Vulkanausbruch zu Hochwasserereignis zu beweisen.

Eine theoretische Voraussage von Hochwasser für dafür prädestiniert gefährdete Gebiete wird im Ergebnis dieser Arbeit für möglich gehalten.

Epilog

Die gewaltigen Mengen von Schwefeldioxid der 2001 eruptierten Vulkane (Zeitabschnitt 22 in Tab. 1) können als Ursache zur Auslösung der extremen Niederschläge im August 2002 angesehen werden. Vom Februar 2002 bis Oktober 2004 erreichte danach weltweit kein Vulkan mehr die Stratosphäre, das entspricht einer sogenannten „vulkanfreien Zeit“ von fast 3 Jahren.

Erst als Ende Oktober 2004 vom Ausbruch des Vulkans Grimsvötn auf Island berichtet wurde, meldeten die Medien eine bis 14 km hohe Eruptionswolke. Damit war aktuell der erneute Eintrag von Schwefeldioxid in die Stratosphäre vollzogen. Durch den zeitlichen rhythmischen Zusammenhang von stratosphärischer Vulkaneruption und sich durch die Aerosole ausgelösten Extremniederschläge war mit dem Ausbruch des Grimsvötn/Island das voraussichtliche Eintreten von Hochwasser für den Zeitraum 2005 bis 2007 vorprogrammiert.

P. S.: Tatsächlich waren im Sommer 2007 außergewöhnliche, meistens lokale Extremniederschläge mit Hochwasserfolgen in Europa und weltweit zu registrieren. (z. B. im Cambrischen Gebirge von Wales mit Überflutungen im Flussgebiet der Servern/Wales und England).

Tab. 1: Vulkanisch bedingter SO_2-Eintrag in die Stratosphäre, Auswirkungen der Aerosole auf Extremniederschläge – Zeitabschnitte 1–23.
Table1: Volcanogenic SO_2 in the stratospere, effects of aerosols on rainfall extreme.

	Große explosive Vulkaneruptionen mit hoher SO_2-Förderung			**Niederschlagsextreme und Hochwasserereignisse im Zeitabschnitt 1700–2006, Beispiele in Sachsen (Messwerte vom Pegel Dresden)**			**Voraussage möglich**
	Jahr	**Vulkan / Land**	**Höhen der Eruptionssäule Besonderheiten**	**Zeit**	**Flussgebiete**	**alle Sommerhochwasser > 6 m Frühjahrshochwasser > 7 m**	**Jahr (X = zu-getroffen)**
1	1711	Gunung Awu / Indonesien	Eruptionssäule vermutlich > 15 km	25.04.1712	Elbe	7,86 m Frühjahrshochwasser Dresden	1712 X 1713
2	1732	Timanfaya auf Lanzarote / Spanien	Eruptionssäule vermutlich > 20 km erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	20.07.1736	Elbe	7,00 m Hochwasserstand Dresden	1733 1734 1735 1736 X
3	1768 1770	Cotopaxi / Ecuador Alaid / Russland (Kurilen)	große Eruption, Höhen von vermutlich > 20 km Eruptionssäule vermutlich > 15 km (SCHMINCKE 2000, Abb. 14.12)	06.08.1770 18.03.1771 06.06.1771 30.06.1771	Elbe Elbe Elbe Chemnitz, Mulde, Flöha	6,56 m Hochwasserstand Dresden 7,06 m Frühjahrshochwasser Dresden 7,15 m Hochwasserstand Dresden extreme Wasserfluten in den Jahren 1770 und 1771	1769 1770 X 1771 X 1772
4	1783 1783	Laki / Island Asama / Japan	Eruptionssäule > 15 km 122 Mt SO_2 in 8 Monaten, kalter trockener Nebel (sog. „Blauer Dunst“) und 8⁰ C Temperatur-Absenkung nördliche Halbkugel heftiger Dampfausbruch, Eruptionssäule weit > 15 km erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	Winter 1783/1784 und 1784/1785 01.03.1784 22.04.1785	alle Flüsse in Sachsen, viele in Europa (z.B. Rhein) Elbe Elbe	extreme Kälte (-30⁰ C, 108 Tage Eisstand in Dresden), Tauwetter, große Niederschläge, starke Überflutungen, Eisversetzungen 8,57 m Frühjahrshochwasser Dresden 7,37 m Frühjahrshochwasser Dresden	1784 X 1785 X
				17.06.1804	Elbe	6,85 m Hochwasserstand Dresden	
5	1814 1815 (11.04.)	Mayon / Philippinen Tambora / Indonesien	Eruptionssäule vermutlich > 15 km, SO_2-reich Gewaltigster historischer Explosivaus-bruch, SO_2-reiche Gase verm. bis 30 km in die Stratosphäre, 130 Mt SO_2-Ausstoß erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	14.08.1815 1816	Elbe Nördliche Hemisphäre	6,33 m Hochwasserstand Dresden „Das Jahr ohne Sommer“ Sonneneinstrahlung anhaltend abgeschwächt, die Folge war weltweit eine ungewöhnliche Kältewelle (z.B. 5⁰ C weniger im Juni), besonders Ostküste USA, Kanada, Süd- und Westeuropa, schlechte Ernten, Hungersnöte.	1815 X 1816 1817
6	1822 1822 1822	Merapi / Indonesien Galunggung / Indonesien Vesuv / Italien	Gewaltige Explosionen mit Eruptionshöhen > 15 km und erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	28.06.1824 25.06.1824	Elbe Gottleuba, Müglitz	7,53 m Hochwasserstand Dresden Wasserfluten der Gebirgsflüsse	1823 1824 X
				1827 Sommer	Elbe	6,16 m Hochwasserstand Dresden	

				1829 Sommer	Elbe	6,49 m Hochwasserstand Dresden	
7	1835	Coseguina / Nicaragua	Eruptionssäule vermutlich > 25 km, erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	19.05.1837 09.03.1838	Elbe Elbe	6,68 m Hochwasserstand Dresden 7,15 m Frühjahrshochwasser Dresden	1836 1837 1838 X
				01.06.1844	Elbe	6,28 m Hochwasserstand Dresden	
				1847	Elbe	6,52 m Hochwasserstand Dresden	
				01.05.1853	Elbe	6,33 m Hochwasserstand Dresden	
8	1883 1883	Krakatau / Indonesien Merapi / Indonesien	Explosivausbruch von gewaltigem Ausmaß, SO_2-reiche Gase verm. > 30 km in Stratosphäre, 32 Mt SO_2-Ausstoß erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland Eruptionssäule > 15 km	1883 bis 1885 25.03.1886	 Elbe	SO_2-Aerosole verblieben 3 Jahre in der Erdumlaufbahn, Abnahme der Sonneneinstrahlung um 10 %, Absinken der Temperatur um 0,4^{0}C, schlechte Ernten, Hungersnöte. 7,27 m Frühjahrshochwasser Dresden	1883 1884 1885 1886 X
9	1886 1888 1888 1888	Tarawera / Neuseeland Vulcano / Italien Bandai / Japan Ritterinsel / Papua-Neuguinea	Eruptionssäule bis 50 km (BARDINTZEFF 1999, S. 120) Schwere explosive Gas- und Lockermassen-ausbrüche mit Eruptionssäulen > 15 km bei diesen drei Vulkanen weltweit Klimaauswirkungen	14.03.1888 02.- 04.09.1890 06.09.1890	Elbe Gebiet ObereElbe Elbe	7,16 m Frühjahrshochwasser Dresden großflächig 150-200 mm Regen, Wasserfluten der Gebirgsflüsse 8,37 m Hochwasserstand Dresden	1887 1888 X 1889 1890 X
10	1896 1897 1897	Tangkuban / Indonesien Arenal / Costa Rica Mayon / Philippinen	Eruptionssäule > 15 km, unsicher Eruptionssäule vermutlich > 15 km Eruptionssäule > 15 km, extrem SO_2-reiche Gase in Stratosphäre	07.05.1896 29.07.- 01.08.1897 02.08.1897 16.09.1899 11.04.1900	Elbe Alle Flüsse in Sachsen, viele in Mitteleuropa Elbe Elbe Elbe	7,32 m Hochwasserstand Dresden Niederschläge von 140 mm in 24 h in Kammlagen des Erzgebirges 7,08 m Hochwasserstand Dresden 6,46 m Hochwasserstand Dresden 7,73 m Frühjahrshochwasser Dresden	(1896 X) 1897 X 1898 1899 X 1900 X
11	1902 1902 1902	Santa Maria / Guatemala Soufriere de Saint Vincent / Grenadien Mont Pelee / Martinique	Eruptionssäule bis 27 km, 13 Mt SO_2-Ausstoß Eruptionssäule bis 16 km Nach BARDINTZEFF (1999, S. 119) ist Eruptionshöhe von 14–26 km möglich, erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland	1903	Oder	keine Hochwasser im Elbegebiet, dafür im Odergebiet	1903
12	1912	Novarupta auch Katmai / USA (Alaska)	Eruptionssäule vermutlich ca. 20 km erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland 12 Mt SO_2-Ausstoß	10.10.1915	Elbe	6,70 m Hochwasserstand Dresden	1913 1914 1915 X
13	1925 1926 1926	Tokachi / Japan Cumbal / Kolumbien Batur / Indonesien	extrem hohe Aktivitäten und vermutlich Eruptionssäule > 15 km bei diesen drei Vulkanen	22.06.1926 08.07.1927 09.07.1927	Elbe, Mulde Müglitz, Gottleuba	6,98 m Hochwasserstand Dresden, in wenigen Stunden 200 mm Niederschlag, im Zentrum von 44 km^2 in 25 min rund 100 mm Niederschlag	1926 X 1927 X

14	1938	Kljutschewskoi / Russland (Kamtschatka)	Eruptionssäule bis 12 km vom Nebenkegel Biljukai	17.03.1940 10.04.1941	Elbe Elbe	strenger Winter 1939/40, Eisversetzungen 7,78 m Frühjahrshochwasser Dresden 7,15 m Frühjahrshochwasser Dresden	1939 1940 X 1941 X
15	1951 1951 1952 1953	Hibok / Philippinen Lamington / Papua-Neuguinea Karpinski / Russland Ruapehu / Neuseeland	Eruptionssäule vermutlich > 15 km Eruptionssäule > 25 km Eruptionssäule > 10 km, flüssiger S Eruptionswolken bis 20 km, 10 Mt SO_2 freigesetzt	12.07.1954	Weiße Elster, Elbe, Weißeritz, Mulde u.a.	strenger Winter 1953/54 ca. 200 mm Niederschlag, Flüsse mit hohem Wasserstand, 6,74 m Hochwasserstand der Elbe in Dresden	1952 1953 1954 X
16	1956	Bezymianny / Russland (Kamtschatka)	Eruptionssäule bis 40 km, langwirkende SO_2-Aerosole	22.07.1957 23.07.1957 05.07.1958 06.07.1958	Gottleuba, Bahra, Seidewitz, Müglitz u.a. Weißeritz u.a. Elbe, Mulde	Starkniederschläge mit Zentrum Obere Gottleuba, > 150 mm in 24 h, extreme Wassermengen starke Wasserfluten 6,35 m Hochwasserstand Dresden	1957 X 1958 X
17	1963	Agung / Indonesien	Eruptionssäule vermutlich > 20 km , erhöhte Säurekonzentration in den Eiskernen von Grönland 5–13 Mt SO_2-Ausstoß	13.06.1965	Elbe	6,04 m Hochwasserstand Dresden	1964 1965 X
18	1976 1976 Februar	Tolbatschik / Russland (Kamtschatka) Augustine / USA (Alaska)	Eruptionssäule vermutlich > 20 km Stratosphäre erreicht	26.08.1977	Elbe	6,19 m Hochwasserstand Dresden	1977 X 1978
19	1979 April 1980 Mai 1980	Soufriere de Saint Vincent / Grenadien Mt. St. Helens / USA Negra Sierra / Ecuador	Eruptionssäule bis 18,7 km Eruptionssäule bis 27 km, 1 Mt SO_2 stratosphärische Eruption nach SCHMINCKE (2000)	15.03.1981 23.07.1981	Elbe Elbe, Müglitz, Rote Weißeritz, Spree, Neiße, Mandau u.a.	6,52 m Frühjahrshochwasser Dresden extreme Niederschläge, starke Fluten, 6,63 m Hochwasserstand der Elbe in Dresden	 1980 1981 X
20	1982 März 1985 Nov. 1985 Nov.	El Chichon / Mexiko Nevado del Ruiz / Kolumbien Ulawun / Papua-Neuguinea	Eruptionssäule bis 31km, 13 Mt SO_2, über 2 Jahre die SO_2-Aerosole in Stratosphäre gemessen, danach in Atmosphäre Eruptionshöhe 8 km plus 5,3 km Berghöhe = 13,5 km Höhe Eruptionssäule vermutlich > 15 km Nach SCHMINCKE (2000) bei diesen Vulkanen mit stratosphärischen Eruptionen	02.06.1986	Elbe	5,24 m erhöhter Wasserstand der Elbe in Dresden	1983 1984 1985 1986 X 1987

21	1990 März	Redoubt / USA (Alaska)	Asche und Gase bis 14 km Höhe	06.07.1992	Freiberger Mulde	in 4 Stunden ca. 170 mm Niederschlag (lokal)	1992 X
	1991 Juni	Pinatubo / Philippinen	Eruptionssäule bis 40 km, 17 Mt SO_2	01.–16.06.1995	Schwarze Elster, Weißen- und Schwarzen Schöps	Regensummen von 140 bis 190 mm im Osterzgebirge und Lausitz starke Überflutungen	1993 1994
	1991 August	Cerro Hudson / Chile	Gase erreichten Stratosphäre, 2 Mt SO_2				
	1992 Juni	Mount Spurr / USA (Alaska)	Asche und Gase bis 15 km Höhe	31.08.–01.09.1995	Weiße Elster Zwickauer Mulde	Regenmengen bis zu 150 mm im Vogtland und Westerzgebirge starke Überflutungen	1995 X
22	2000 Dez.	Popocatepetl / Mexiko	Eruptionssäule > 15 km, viel SO_2	2001 13.–17.08.2002	Weichsel alle Flüsse in Sachsen, bes. Weißeritz, Mulde, Müglitz, Elbe		2001 2002 X
	2001 Februar	Merapi / Indonesien	Eruptionssäule > 15 km			Tagessumme des Niederschlages von 312 mm in den Kammregionen, Rekord in Zinnwald mit 406 mm (24 Stunden), vielerorts extreme Überflutungen 9,40 m Hochwasserstand in Dresden extreme Überflutungen im Elbtal	
	2001 Mai	Schiwelitsch / Russland	Gas und Asche bis in große Höhen				
	2001 Juli	Mayon / Philippinen	Eruptionssäule bis 15 km, SO_2-reich	17.08.2002			
	2001 Juli	Ätna / Italien	Schwerer Ausbruch, viel Gas und Asche				
	2001 August	Guagua / Ecuador	Eruptionssäule bis 20 km				2003
	2002 Januar	Rabaul / P.-Neuguinea	Eruptionssäule > 15 km, viel SO_2				
23	2004 Oktober	Grimsvötn / Island	Eruptionssäule ca. 14 km (nach RTL-Jahresrückblick 2004)	Winter 2005/2006	viele Flüsse in Sachsen und Mitteleuropa	extreme Schneefälle, Kälte, Eisversetzungen, Überflutungen	2005
				04.04.2006	Elbe	7,49 m Frühjahrshochwasser Dresden starke Überflutungen im Elbtal, Rhein, Weichsel, Donau u.a.	2006 X
				Juli/August 2007	Flüsse in Europa und weltweit	lokale extreme Niederschläge mit Überflutungen (Mittelengland, Schweiz u. a.)	2007 X

Danksagung

Der Autor ist folgenden Personen für die Unterstützung und Hilfestellung zu hohem Dank verpflichtet: Herrn Prof. Dr. Christoph Breitkreuz, Institut für Geologie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Herrn Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Grünewald, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Frau Dipl.-Hydr. Sabine Schümberg, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Herrn Erhard Wolf, Landeshochwasserzentrum im Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie Dresden, Frau Bettina Buchwald, Rheinstetten, für die schreibtechnische Ausführung der Veröffentlichung sowie Herrn Thomas Lewandofski für die elektronische Umsetzung der Abbildungen.

Literatur

Autorenkollektiv (1897): Die große Wassernot in Sachsen 1897. 1–394, Leipzig (Sächsischer Volksschriftenverlag).

Bardintzeff, J-M. (1999): Vulkanologie (Übersetzung). 1–280, Stuttgart (Ferdinand Enke).

DKKV (2003): Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V.: Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29, November 2003, 150 S., Bonn.

Fügner, D. (2003): Hochwasserkatastrophen in Sachsen, 3. Auflage. 1–88, Tauchaer Verlag.

Grünewald, U. (2006): Extreme hydro(meteoro-)logische Ereignisse im Elbegebiet, Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft Heft 3–4, März/April 2006, 58. Jahrgang, S. 27–33, Springer Wien, New York.

Keppler, H. (1999): Experimental Evidence for the Source of Excess Sulfur in Explosive Volcanic, Science 284, 1652–1654.

Rast, H. (1987): Vulkane und Vulkanismus. 1–236, Stuttgart (Ferdinand Enke).

Schmincke, H.-U. (2000): Vulkanismus. 264, Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).

Schmincke, H.-U. (2001): Die Vulkane und das Klima, Die unruhige Erde, Dossier, Heft 2, Spektrum der Wissenschaft. 80–85, Heidelberg (Spektrum der Wissenschaft).

SMUL (2002): Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Hochwasserschutz in Sachsen, Materialien zur Wasserwirtschaft, Dresden.

Stommel, H. & Stommel, E. (1988): 1816: Das Jahr ohne Sommer, 2. Auflage. 128–135, Heidelberg (Spektrum der Wissenschaft).

TaschenAtlas (2003): Vulkane und Erdbeben. 1–285, Gotha (Justus Perthes).

TaschenAtlas (2003): Wetter. 1–285, Gotha (Justus Perthes).

Wolf, L. & Schubert, G. (1992): Die spättertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster-Kaltzeit in Sachsen, Geoprofil 4: 1–43, Freiberg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologica Saxonica - Journal of Central European Geology

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: 52-53

Autor(en)/Author(s): Buchwald Jürgen

Artikel/Article: Der rhythmische Zusammenhang von globaler vulkanischer Aktivität mit der Bildung regionaler Extremniederschläge und daraus folgenden Hochwassern, Beispiele in Sachsen 129-142