

Skript zum Vortrag

Versicherungsmathematik in der Praxis: Verursacht der Klimawandel höhere Sturmrisiken?

Univ.-Prof. Dr. Dietmar Pfeifer,
Institut für Mathematik, Universität Oldenburg

Donnerstag, den 13. November 2008
Krönungssaal des Rathauses der Stadt Aachen

Versicherungsmathematik in der Praxis: Verursacht der Klimawandel höhere Sturmrisiken?

Vortrag im Rahmen der Reihe „Uni im Rathaus“
RWTH Aachen, 13.11.2008

DIETMAR PFEIFER

Institut für Mathematik, Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg

Die aktuelle politische Klimadiskussion zeigt immer erschreckendere Szenarien für die kommenden 100 Jahre auf. Die großen, international operierenden Rückversicherer haben sich inhaltlich schon längst darauf eingestellt. Kann man die Auswirkungen des unterstellten Klimawandels heute schon an beobachteten Schadensverläufen messen? In dem Vortrag soll diese Frage aus Sicht der Versicherungsmathematik in allgemeinverständlicher Form diskutiert werden.

Inhalt

1. Stimmen aus der Versicherungswirtschaft
2. Winterstürme - Klimawandel in Europa ?
3. Sturmschäden aus der Sicht der Mathematik
4. Zusammenfassung und Diskussion
5. Quellen



Auswirkungen des Sturms Kyrill bei Magdeburg 2007

1. Stimmen aus der Versicherungswirtschaft

Die Münchener Rück, weltweit größtes Rückversicherungsunternehmen, schreibt eindringlich in ihren Publikationen (siehe [2] und [3]):

„Stürme in Europa – ein (immer noch) unterschätztes Risiko?“ So oder ähnlich lautete für viele (Rück)versicherer nach den Orkanen „Anatol“, „Lothar“ und „Martin“ im Dezember 1999 eine der zentralen Fragen, nachdem das versicherte Schadensmaß von insgesamt über 10 Mrd. € aus diesen Ereignissen feststand. Dabei waren keine zehn Jahre vergangen, seit die Orkanserie von 1990 mit „Daria“, „Vivian“, „Wiebke“ und fünf weiteren Stürmen ebenfalls in Westeuropa eine Schadenbilanz von annähernd 9 Mrd. € (in Werten von 1990) hinterließ.

Der IPCC-Bericht 2007 (Intergovernmental Panel on Climate Change) bestätigt, worauf die Münchener Rück seit Langem hinweist: Der Klimawandel findet statt. Dafür verantwortlich sind mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 90 % vor allem klimawirksame Spurengase, die durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre abgegeben werden. Die globale Mitteltemperatur hat in den vergangenen 100 Jahren weltweit um 0,74 °C, in Europa sogar um 0,95 °C zugenommen.

Das IPCC bestätigt auch unsere Analysen, dass der Klimawandel bereits zu mehr und stärkeren Wetterextremen führt. Einzelne Ereignisse wie die großen Überschwemmungen in Ostdeutschland 2002, der Hitzesommer 2003 in großen Teilen Europas, die Über-

schwemmungen im Alpenraum 2005 und der Orkan Kyrill im Januar 2007 mit versicherten Schäden von etwa 4,5 Milliarden € sind zwar nicht direkt auf den Klimawandel zurückzuführen. Die steigenden Frequenzen und Intensitäten der Ereignisse deuten jedoch auf einen solchen Einfluss hin.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die finanziellen Auswirkungen einiger ausgewählter Sturmschäden der letzten 30 Jahre.

Sturmschadenereignisse in Deutschland und Europa

Versicherter Schaden (Mio. EUR)			
		Deutschland	Europa
Januar 1976	Capella	260	
Januar 1990	Daria	520	8.510
Februar 1990	Hertha	260	
Februar 1990	Judith	25	
Februar 1990	Wintersturm	75	
Februar 1990	Vivian	520	
Feb./März 1990	Wiebke	520	
		1.920	
Dezember 1999	Anatol	100	2.250
Dezember 1999	Lothar	650	5.900
Dezember 1999	Martin	100	2.500
		850	12.150
Oktober 2002	Jeanett	700	1.500
Januar 2007	Kyrill	2.400	4.000
März 2008	Emma	600	1.200

Quelle: AON Rück / H. Essert [5], Hamburger Feuerkasse (2008)

Die Hamburger Feuerkasse, eines der ersten öffentlich-rechtlichen Versicherungsunternehmen mit Gründung im Jahr 1676, verfügt über eine lange Schadenhistorie im Bereich der Gebäudeversicherung, insbesondere auch im Bereich der Sturmversicherung. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der durchschnittlichen Schadenhäufigkeiten und Schadenaufwendungen bezogen auf die Dekaden von 1930 bis heute:

Sturmschäden - Schadenhäufigkeit 1930 bis 2007

	Durchschn. Anzahl Schäden pro Jahr	Anzahl Gebäudeverträge	Schadenhäufigkeit (%)
1930-1939	138	49.871	0,3
1940-1949	787	115.739	0,7
1950-1959	1.258	156.485	0,8
1960-1969	5.233	168.450	3,1
1970-1979	7.462	181.307	4,1
1980-1989	6.662	203.850	3,3
1990-1999	11.512	213.026	5,4
2000-2007	6.885	171.310	4,0

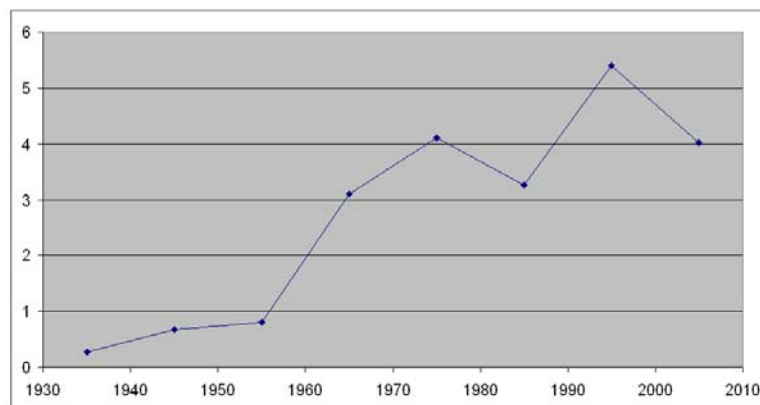
Quelle: H. Essert [5], Hamburger Feuerkasse (2008)

Aufwendungen für Sturmschäden – Verhältnis zur Versicherungssumme

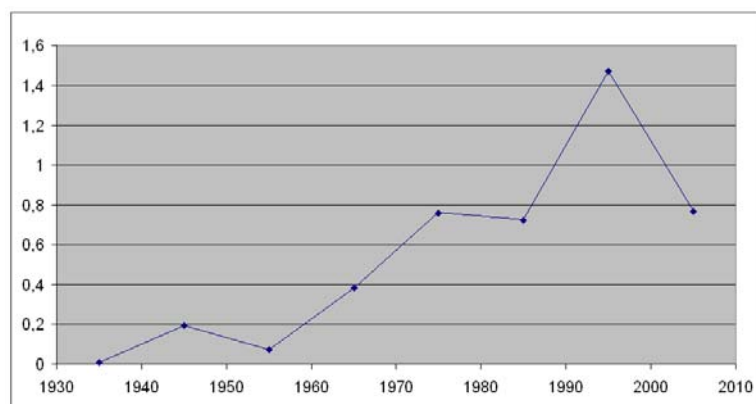
	Aufwendungen (Mio. EUR)	Index	Versicherungssumme (Mrd. EUR)
1930-1939	0,02	1,2	2,7
1940-1949	0,29	1,6	3,4
1950-1959	0,22	2,9	8,7
1960-1969	1,52	5,3	21,2
1970-1979	4,0	11,0	57,8
1980-1989	4,5	17,3	107,7
1990-1999	11,7	23,1	183,5
2000-2007	7,5	26,0	254,4

Quelle: H. Essert [5], Hamburger Feuerkasse (2008)

Wenn man diese Zahlen graphisch aufbereitet, ergeben sich folgende Bilder:



Mittlere Sturmschadenhäufigkeit / Dekade im Verhältnis zum Bestand, in %



Mittlerer Sturmschadenaufwand / Dekade im Verhältnis zur Versicherungssumme, in %

Auf den ersten Blick ist hier eine deutliche zeitliche Aufwärtsentwicklung zu erkennen, sowohl im Frequenz- als auch im Schadenlastbereich. Ist dies schon ein Signal in die Richtung, dass eine Klimaveränderung an Daten der Versicherungswirtschaft sichtbar wird?

2. Winterstürme - Klimawandel in Europa ?

Wenn man auf die letzten Jahrzehnte zurückblickt, so erinnert man sich an einige recht exorbitante Sturmereignisse, die nicht nur Deutschland, sondern auch andere europäische Länder stark tangiert haben. In Süddeutschland und der Schweiz waren dies über Weihnachten 1999 die Stürme Lothar und Martin, vor allem in Nord- und Westdeutschland zuletzt der Wintersturm *Kyrill*, der im Februar 2007 auftrat und ganze Landstriche, vor allem in Nordrhein-Westfalen, geradezu verwüstet hat. Hier einige Bilder dazu, die alle aus der Internet-Quelle

<http://www.naturgewalten.de/kyrill.htm>

stammen:



bei Schüren (Sauerland)



bei Eckenhagen (Sauerland)



Bochum (Ruhrgebiet)



Wenden wir uns nun zunächst der Frage zu, was die physikalischen Ursachen solcher verheerender Stürme sind, und wie die zukünftige Entwicklung aus Sicht der Klimaforschung aussehen könnte. Der mit zahlreichen Preisen ausgezeichnete renommierte Meteorologe Prof. Dr. Lennart Bengtsson, langjähriger Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg und Professor am Environmental Systems Science Center der Universität Reading (England), hat dies kürzlich in einem Vortrag in London [3] folgendermaßen dargestellt (Auszug):

Was sind die physikalischen Ursachen für extreme Stürme?

- Stürme werden durch Temperaturunterschiede angetrieben, wobei die vorhandene potentielle Energie (Lageenergie) in kinetische Energie umgewandelt wird (Max Margules¹ 1905: *Über die Energie der Stürme*).
- Dies ist der wesentliche Grund dafür, dass die Stürme mit dem höchsten Gefahrenpotenzial im Winter auftreten.

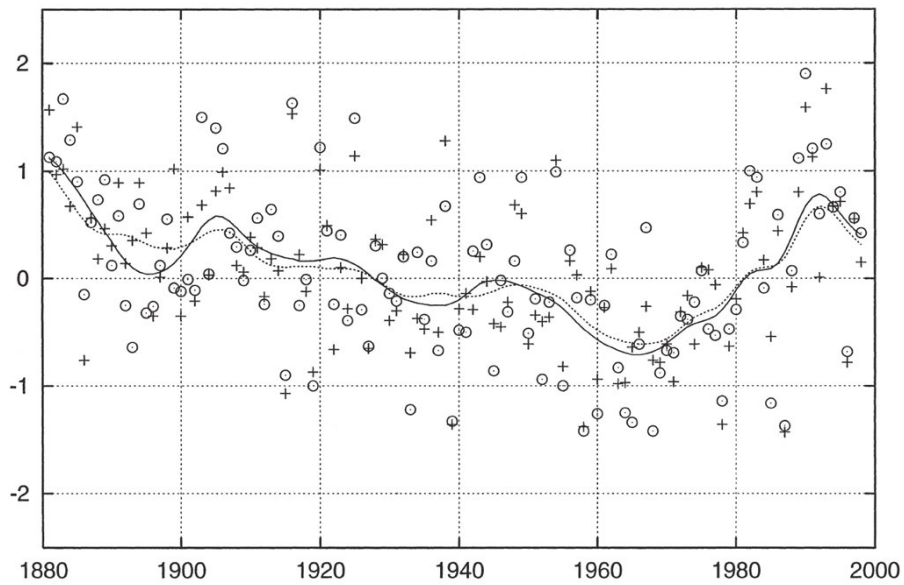
Sind die europäischen Stürme stärker geworden?

- Zwischen 1960 und 1990 ist eine deutliche Zunahme extremer Winde zu beobachten, danach eine leichte Abnahme.
- Das Schwankungsmuster folgt den Variationen in der großskaligen nord-atlantischen Zirkulation (NAO).
- **Es gibt keinen robusten Trend, der eine Zunahme extremer Stürme signalisiert.**

Vor allem die letzte Aussage erscheint überraschend und widersprüchlich im Licht der vorigen Ausführungen zu sein. Aber ist sie wirklich so überraschend? Schauen wir uns dazu einmal an, auf welche Quellen Prof. Bengtsson in seiner Analyse u.a. zurückgegriffen hat:

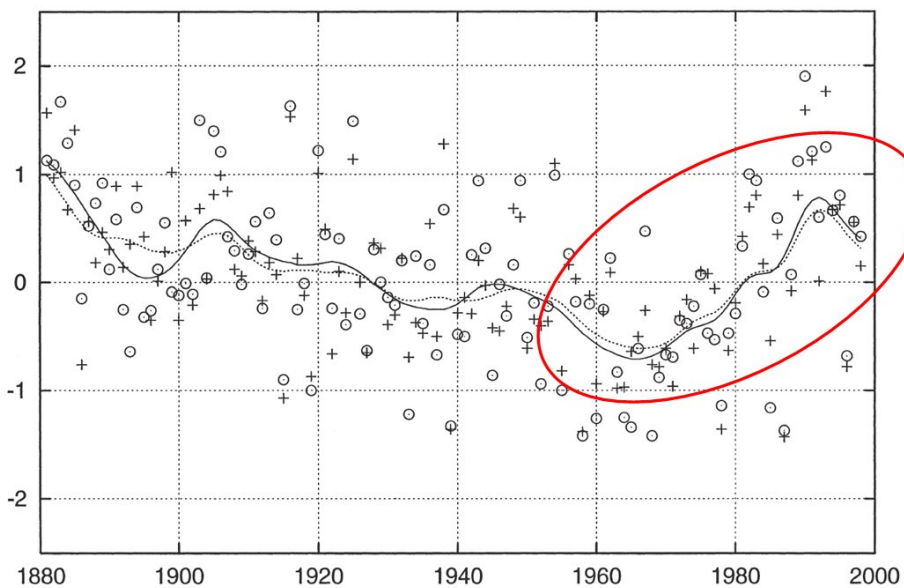
¹ Max Margules (1856 – 1920) war ein österreichischer Meteorologe. Er studierte an der Universität Wien Mathematik, Physik und Chemie, 1876 promovierte er zum Doktor der Philosophie. Er beschäftigte sich mit Fragen der Elektro- und Hydrodynamik, von 1885 bis 1906 war er an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik tätig.

Sturmindex Nordatlantik, 1881 - 1998



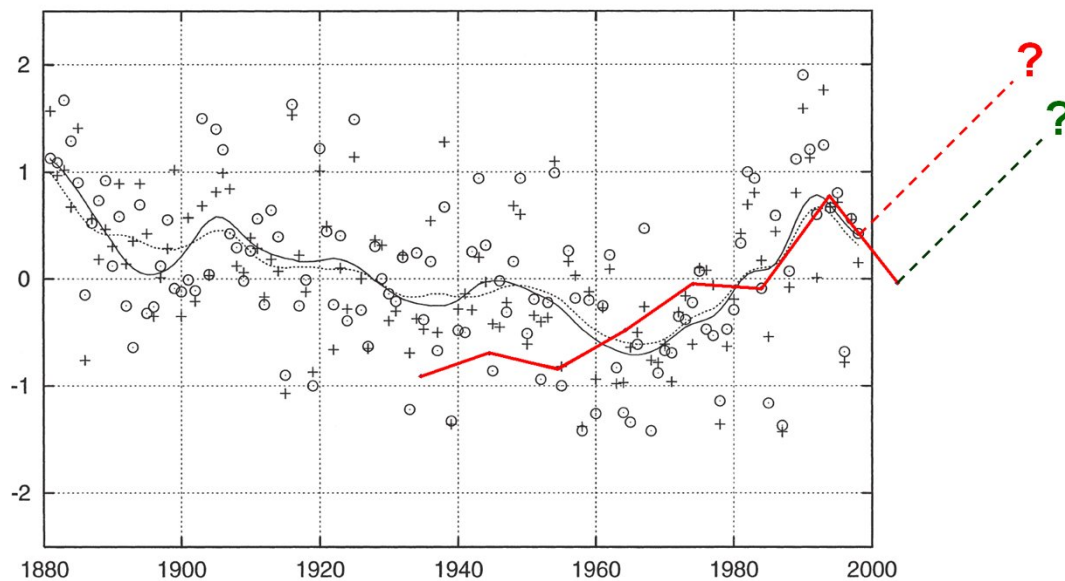
Quelle: H. Alexandersson et al. [1] (2000)

Sturmindex Nordatlantik, 1881 - 1998



Der hier rot markierte Bereich zeigt die Entwicklung des mittleren nordatlantischen Sturmindex der letzten 50 Jahre auf; dort ist ganz offensichtlich eine Zunahme bis etwa 1990 abzulesen. Eine sehr bemerkenswerte Graphik erhält man, wenn man diese Entwicklung des mittleren Sturmindex mit der Entwicklung des mittleren Sturmschadensaufwands der Hamburger Feuerkasse überlagert:

Sturmindex Nordatlantik, 1881 - 1998



Die Parallelität der Entwicklungen ist geradezu frappierend. Wenn man jedoch den gesamten Zeithorizont von 1881 bis 1998 betrachtet, so stellt man fest, dass die Zunahme der Sturmaktivitäten der letzten fünf Jahrzehnte im „normalen“ Schwankungsbereich des Index liegt. Eine verlässliche Prognose darüber, ob sich dieser zuletzt klar erkennbare Trend (mit dem leichten Rückgang nach 1990) auch mehrere Jahrzehnte in die Zukunft fortsetzen wird, ist deshalb mehr als ungewiss. Für die Versicherungswirtschaft sind allerdings auch schon Zehn-Jahres-Trends mit steigenden Schadenlasten, die offenbar – zumindest im norddeutschen Raum – mit der Variabilität des Sturmindex näherungsweise einhergehen, mit erheblichen finanziellen Konsequenzen verbunden.

Die zentrale Frage des Vortrags

Verursacht der Klimawandel höhere Sturmrisiken?

lässt sich damit an dieser Stelle insoweit vorsichtig bejahend beantworten, dass wohl davon ausgegangen werden muss, dass sich die Sturmrisiken in erheblichem Maß parallel zu den klimatologisch-meteorologischen Trends mit ihren oszillierenden Aufwärts- und Abwärtsphasen entwickeln.

Für eine genauere Analyse dieser und anderer Fragen wollen wir jetzt die Mathematik bemühen.

3. Sturmschäden aus der Sicht der Mathematik

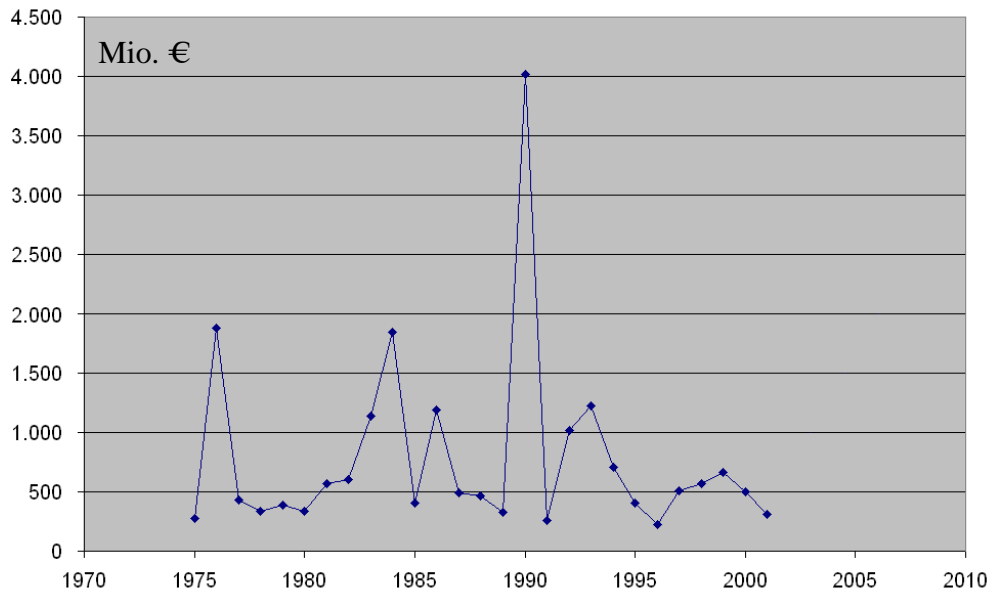
Die nachfolgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Sturmschäden in Deutschland zwischen 1975 und 2001. Zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit wurden die Schadenaufwände mit der Zahl der Versicherungsverträge und der Entwicklung der Baukosten indiziert.

Jahr	Zahl der Verträge VGV	Schadenaufwand VGV-Sturm (Mio. €)	Baukosten-Index	Aufwand vertragsindiziert	Aufwand gesamtindiziert
1975	4.355.103	29,790	922	124,880	273,501
1976	4.968.777	243,520	965	894,762	1.872,910
1977	5.176.286	61,470	1010	216,804	433,733
1978	5.356.209	51,910	1054	176,936	338,974
1979	5.608.034	65,221	1108	212,324	387,089
1980	5.855.568	65,865	1226	205,356	338,269
1981	6.048.049	121,707	1298	367,386	571,697
1982	6.222.791	134,757	1336	395,356	597,993
1983	6.433.187	269,902	1364	765,953	1.134,579
1984	6.599.008	461,018	1397	1.275,444	1.843,708
1985	6.790.903	103,567	1403	278,430	400,790
1986	7.005.770	321,934	1423	838,944	1.191,247
1987	7.163.400	138,809	1450	353,770	492,974
1988	7.304.886	135,607	1481	338,915	462,417
1989	7.439.555	101,664	1535	249,484	328,418
1990	7.771.017	1.383,590	1633	3.250,512	4.019,857
1991	8.161.856	100,594	1747	225,012	260,189
1992	8.654.930	443,899	1859	936,360	1.017,618
1993	9.147.955	589,156	1950	1.175,786	1.217,744
1994	12.455.069	477,333	1997	699,677	707,700
1995	17.125.964	380,342	2044	405,454	400,693
1996	17.060.594	208,739	2041	223,373	221,129
1997	17.300.353	478,316	2025	504,757	503,461
1998	17.661.989	550,315	2018	568,845	569,409
1999	17.921.302	644,670	2011	656,735	659,740
2000	18.085.493	492,033	2017	496,691	497,429
2001	18.256.696	306,958	2020	306,958	306,958

Quelle: Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), siehe auch [6]

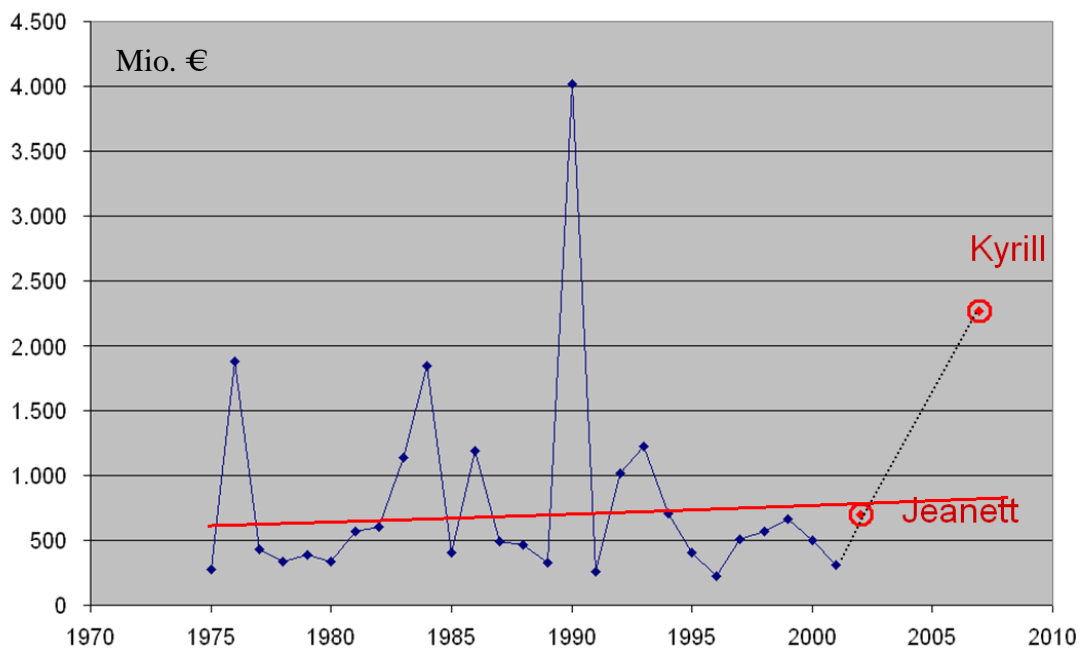
Die beiden rot unterlegten Zeilen markieren die größten Schäden in diesem Zeitraum, verursacht durch die Stürme Capella (1976) und die Sturmserie Darian, Vivian, Wiebke und andere (1990). Die gelb unterlegten Zeilen markieren Sturmschäden, die nach Bereinigung der Daten immer noch die Marke 1 Milliarde € überschritten.

Für eine erste mathematisch-statistische Analyse bietet es sich an, den zeitlichen Verlauf der bereinigten Schadenlaufwände graphisch darzustellen. Man erhält dann folgendes Ergebnis:



Schadensaufwand Sturm Deutschland, mit Versicherungssumme und Baukosten indiziert

Auf den ersten Blick ist hier außer einer Spitze im Jahr 1990 nichts Besonderes zu erkennen, eine einfache (lineare) Regressionsrechnung führt zu keinem signifikanten Trend. Selbst wenn man die Daten des GDV um die neueren beobachteten Extreme ergänzt, ändert sich das Bild nicht drastisch:



Mit einigem guten Willen könnte man hier noch einen sehr schwachen Trend mit einer Zunahme von 0,92% jährlich unterstellen.

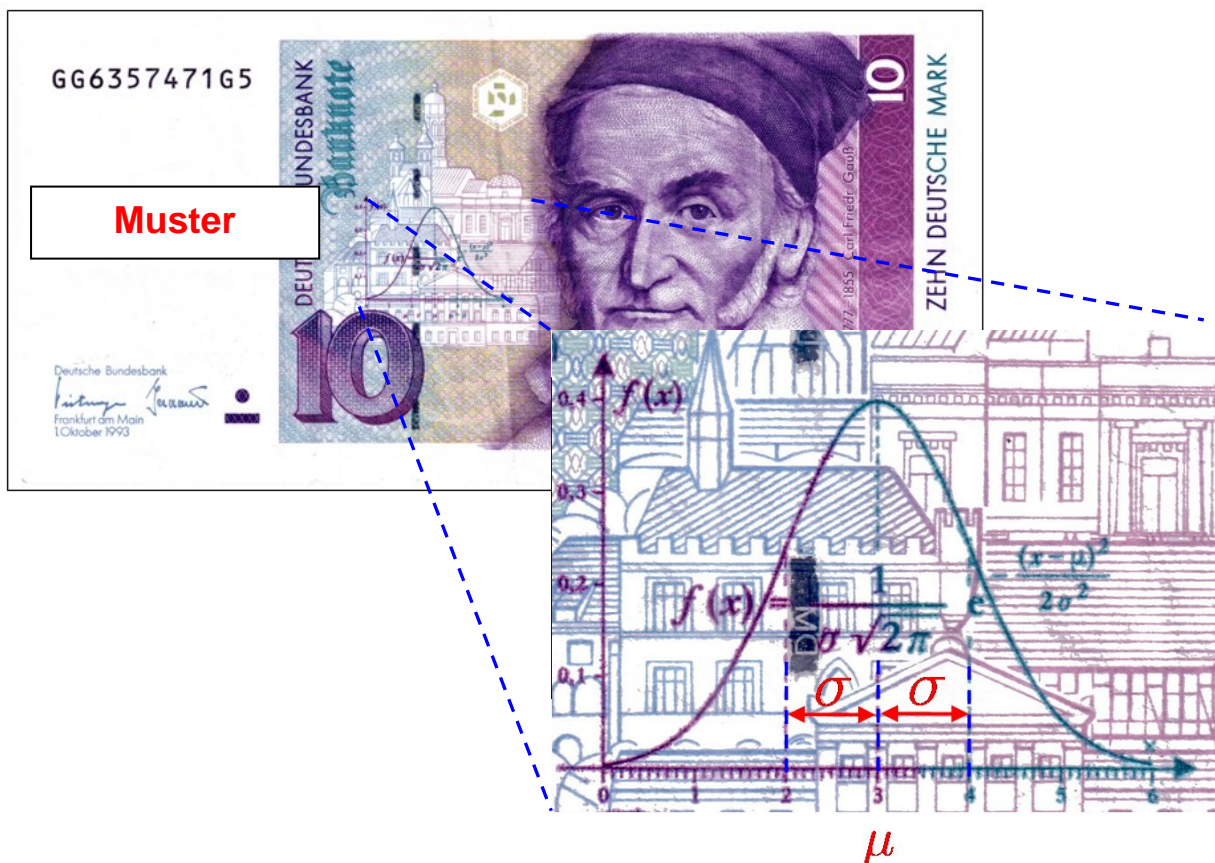
Welche anderen Methoden bietet nun die (Versicherungs-)mathematik oder auch aktuarielle Statistik an, um solchen Daten genauer zu analysieren?

Eine wesentliche Aufgabe der aktuariellen Statistik im Bereich der Schadenversicherung ist es, auf der Basis historischer Daten geeignete Wahrscheinlichkeitsmodelle zu identifizieren, mit denen man eine möglichst genaue quantitative Risikoeinschätzung vornehmen kann. Eine solche Einschätzung ist unerlässlich z.B. für die Berechnung von *Versicherungstarifen* oder für eine so genannte *interne Risikomodellierung*, die heutzutage von allen größeren (Rück-) Versicherungsunternehmen im Rahmen einer *wertorientierten Unternehmenssteuerung* verlangt wird.

Ein hierfür sehr gut geeignetes Werkzeug bilden die so genannten *Quantil-Quantil-Plots* (Q-Q-Plots).

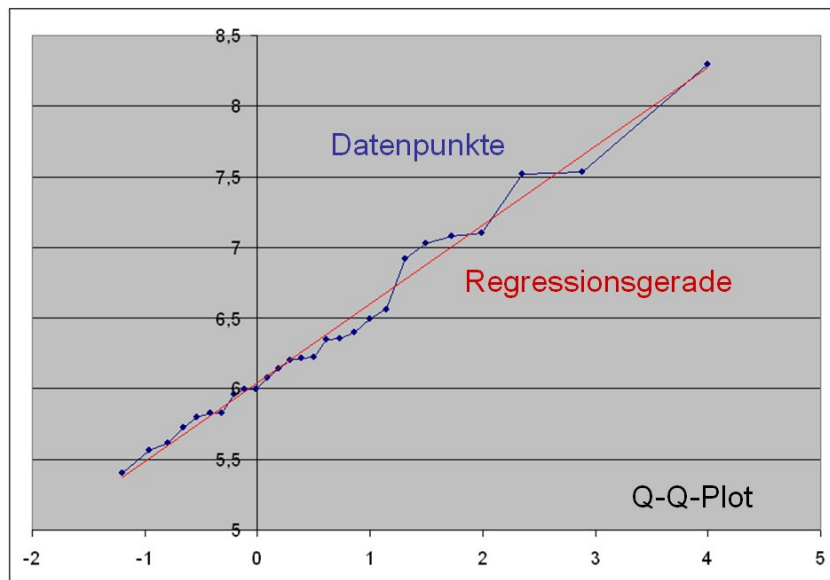
- In einem Q-Q-Plot wird die beobachtete, geordnete Stichprobe aufgetragen gegen eine „theoretische“ Stichprobe aus einem zu überprüfenden Wahrscheinlichkeits-Modell.
- Ist das Wahrscheinlichkeits-Modell ein so genanntes **Lage-Skalen-Modell** oder (μ, σ) -Modell, so kann aus der Regressionsgeraden der Mittelwert μ als **Achsenabschnitt** und die Streuung σ als **Steigung** abgelesen werden.
- Je „näher“ die Regressionsgrade an den Datenpunkten liegt, um so besser passt das Modell zu den Daten.

Vor Einführung des Euro als europäische Währungseinheit konnte man sich in Deutschland ein solches Lage-Skalen-Modell sehr schön mit Hilfe des 10-DM-Scheines veranschaulichen:

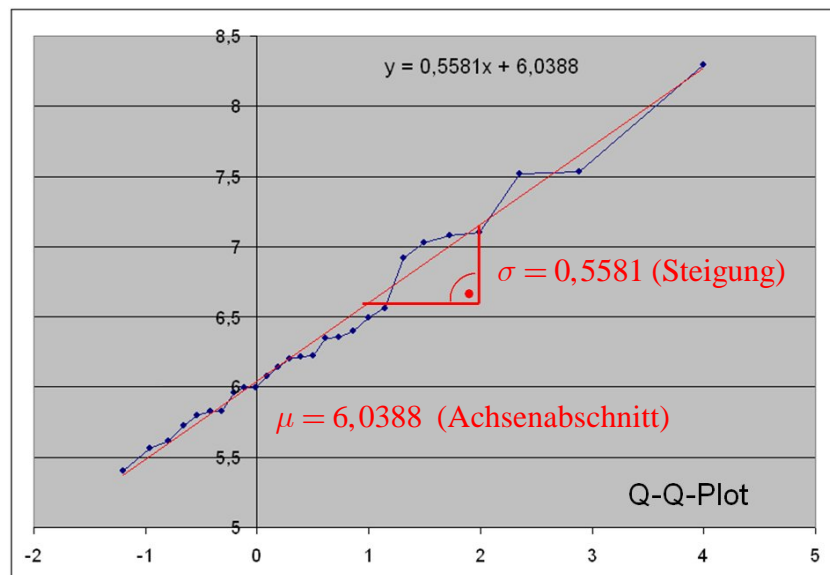


Langjährige Erfahrungen mit der Auswertung von Sturmdatenreihen haben gezeigt, dass sich für die Modellierung von Sturmschäden so genannte *Extremwertverteilungen* besonders gut eignen. Solche Verteilungsmodelle berücksichtigen in besonderem Maße potenzielle Großschäden, wie sie im zeitlichen Verlauf bei Stürmen immer wieder auftreten.

Die folgenden Graphiken zeigen einen Q-Q-Plot für die logarithmierten indizierten Schadendaten des GDV, mit einer Anpassung an eine *Gumbelverteilung*:



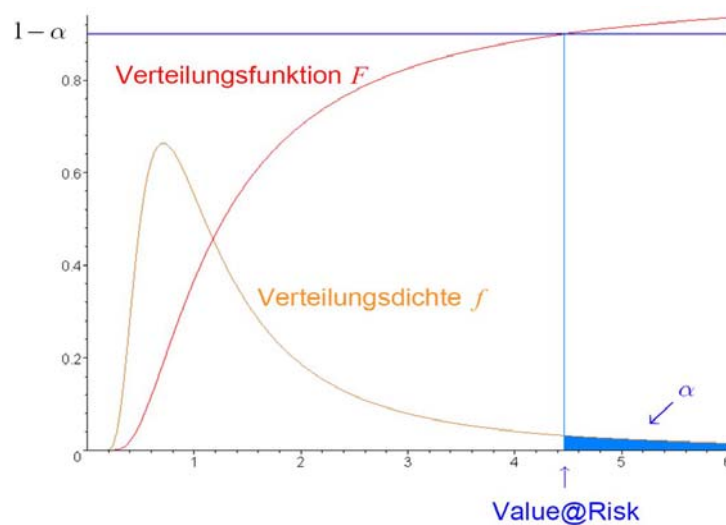
Q-Q-Plot für die GDV-Schadendaten



Ergebnis:

- Die Anpassungsgüte ist erstaunlich gut (kann auch theoretisch im Rahmen der **Extremwertstatistik** begründet werden).
- Aus den abgelesenen Parametern μ (Mittelwert) und σ (Streuung) für die logarithmierten Daten können weitere wichtige Informationen über das Risikoprofil berechnet werden, z.B. der **Value@Risk** VaR_α zum Risikoniveau α , hier:

$$\text{VaR}_\alpha = \frac{\exp(\mu)}{(-\ln(1-\alpha))^\sigma} \approx \frac{e^\mu}{\alpha^\sigma}$$



Wiederkehrperiode T_α :

- Darunter versteht man die mittlere Anzahl Jahre, die vergeht, bis erstmalig der VaR_α überschritten wird, in Formeln:

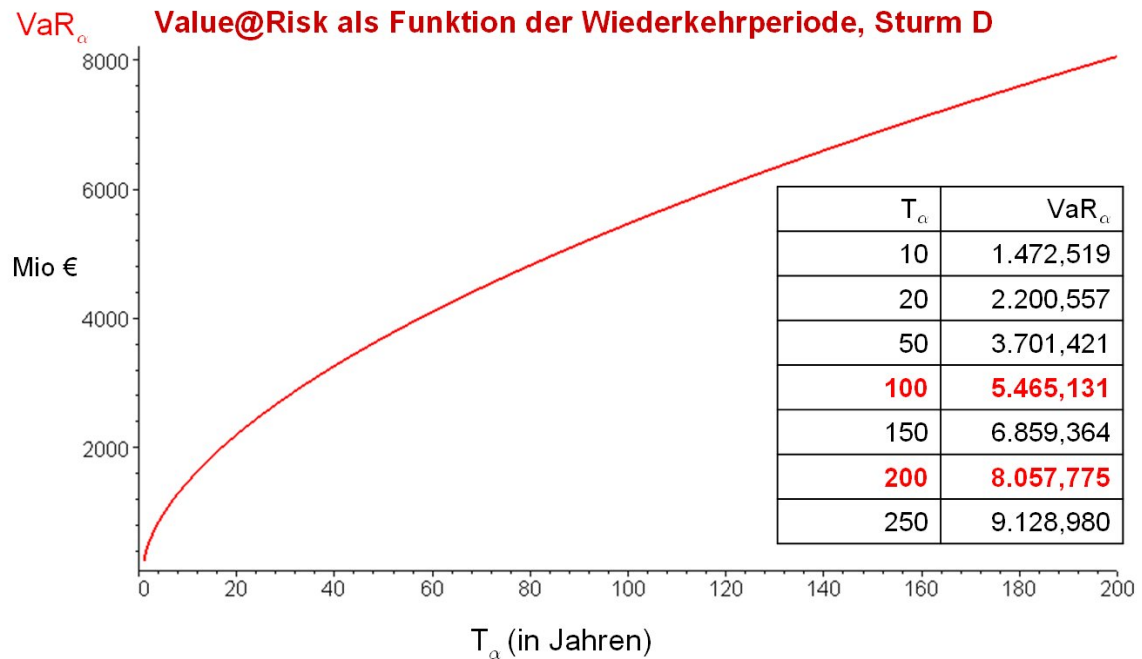
$$T_\alpha = \frac{1}{\alpha}$$

- Man kann den **Value@Risk** auch als Funktion der Wiederkehrperiode angeben; man erhält dann hier:

$$\text{VaR}_\alpha = \frac{\exp(\mu)}{(-\ln(1-1/T_\alpha))^\sigma} \approx e^\mu \cdot T_\alpha^\sigma \quad (*)$$

d.h. der Value@Risk wächst mit der Wiederkehrperiode wie eine Potenzfunktion, mit der Streuung σ als Exponenten.

Die folgende Graphik zeigt den Verlauf des Value@Risk als Funktion der Wiederkehrperiode für den GDV-Datensatz:

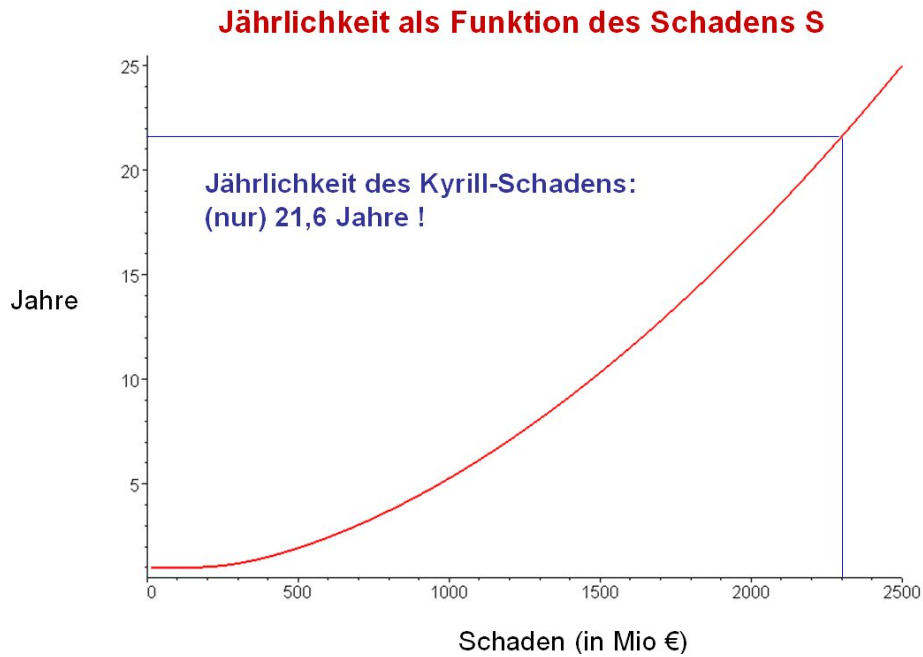


Der 100-Jahres-Schaden für Sturm Deutschland liegt nach dieser Analyse bei ca. 5,5 Mrd. € der 200-Jahres-Schaden bei ca. 8,1 Mrd. € Diese Zahlen decken sich mit eigenen Berechnungen des GDV.

Jährlichkeit eines Schadens S:

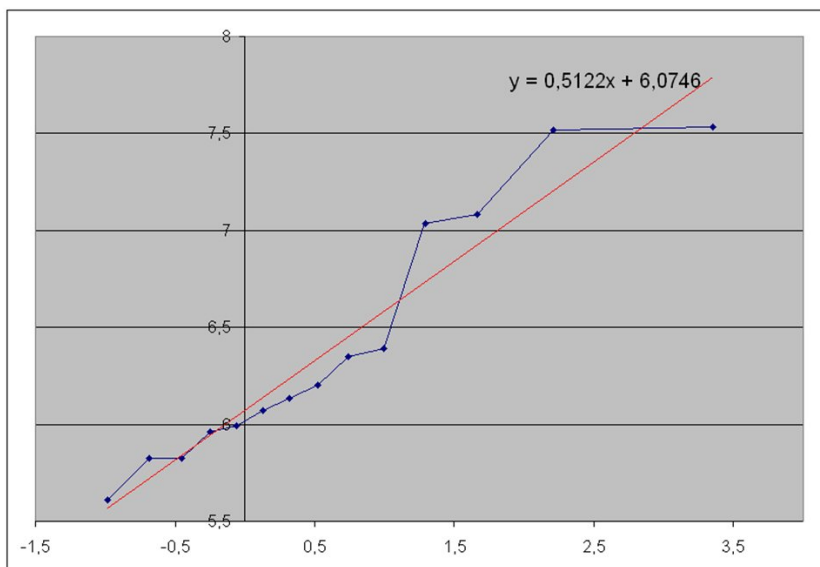
- Darunter versteht man diejenige Wiederkehrperiode, die zu diesem Schaden S als **Value@Risk** gehört (Umkehrfunktion).
- Man kann die Jährlichkeit durch Auflösen der Gleichung (*) nach T bestimmen, hier:

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left(-\frac{e^{\mu/\sigma}}{S^{1/\sigma}}\right)} \approx e^{-\mu/\sigma} \cdot S^{1/\sigma}$$



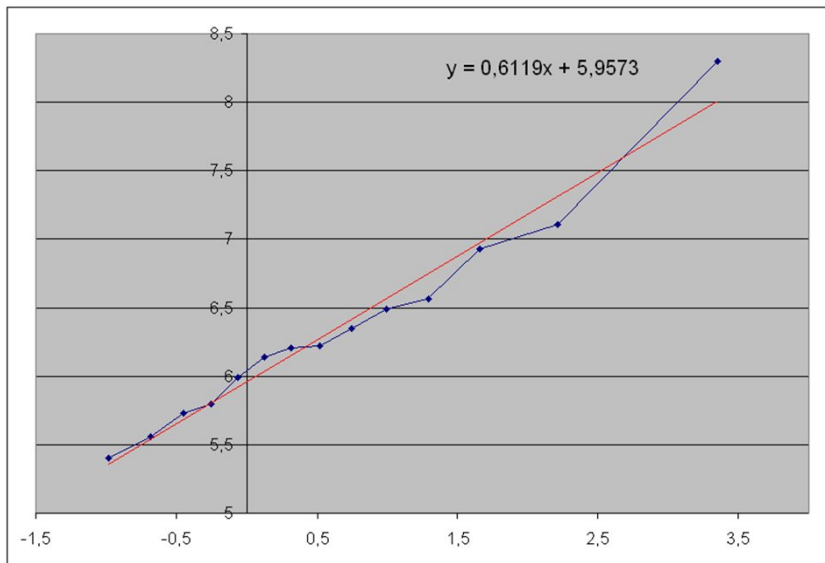
Die erstaunliche Erkenntnis hieraus ist, dass ein deutschlandweiter Sturmschaden in der Größenordnung von Kyrill gar nicht so selten ist, wie man es aus persönlicher Sicht vielleicht glauben würde!

Gehen wir abschließend noch der Frage auf den Grund, ob man durch eine detailliertere Analyse nicht doch noch aus den GDV-Daten einen gewissen zeitlichen Trend herausfiltern kann. Wir zerlegen dazu die Zeitreihe in zwei etwa gleich große Hälften, von 1975 bis 1988 und von 1988 bis 2001. Die folgenden Graphiken zeigen die zugehörigen Q-Q-Plots mit den daraus resultierenden Value@Risk-Werten:



T_α	VaR_α
10	1.376,416
20	1.990,088
50	3.207,262
100	4.586,151
150	5.649,573
200	6.549,310
250	7.344,200

Q-Q-Plot Sturm Deutschland, Jahre 1975 – 1988 (1. Hälfte)



T_α	VaR_α
10	1.531,955
20	2.379,778
50	4.208,646
100	6.451,909
150	8.277,219
200	9.875,453
250	11.323,733

Q-Q-Plot Sturm Deutschland, Jahre 1988 – 2001 (2. Hälfte)

In der Gesamtschau erhält man folgende Ergebnisse:

T_α	VaR_α
10	1.376,416
20	1.990,088
50	3.207,262
100	4.586,151
150	5.649,573
200	6.549,310
250	7.344,200

$$\mu = 6,0746 \quad \sigma = 0,5122$$

1975 – 1988

T_α	VaR_α
10	1.531,955
20	2.379,778
50	4.208,646
100	6.451,909
150	8.277,219
200	9.875,453
250	11.323,733

$$\mu = 5,9573 \quad \sigma = 0,6119$$

1988 – 2001

T_α	VaR_α
10	1.472,519
20	2.200,557
50	3.701,421
100	5.465,131
150	6.859,364
200	8.057,775
250	9.128,980

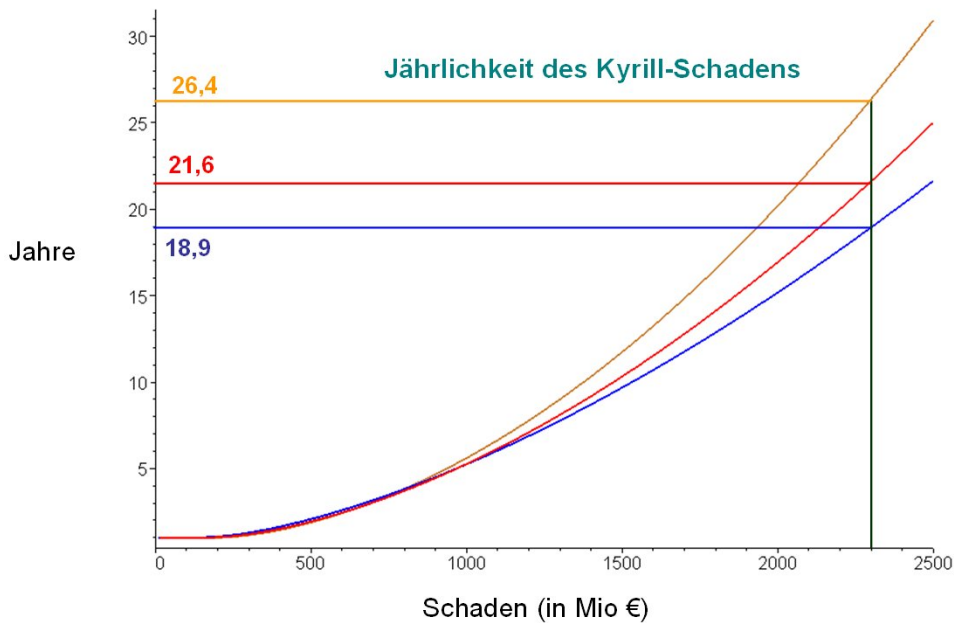
$$\mu = 6,0388 \quad \sigma = 0,5581$$

1975 – 2001

Hier ist ein deutliches Anwachsen der 100- und 200-Jahres-Schäden zu erkennen, was im Wesentlichen durch eine größere Streuung σ in der zweiten Hälfte der Zeitreihe zu erklären ist, wohingegen der Mittelwert μ in beiden Hälften relativ stabil bleibt.

Trotzdem sind die Auswirkungen dieser geteilten Betrachtungsweise etwa auf die Jährlichkeit eines Schadens in der Größenordnung von Kyrill nicht sehr gravierend, wie die folgende Graphik zeigt:

Jährlichkeit als Funktion des Schadens S, drei alternative Modelle



beige: Daten der 1. Hälfte, blau: Daten der zweiten Hälfte, rot: Daten ungeteilt

4. Zusammenfassung und Diskussion

Lassen wir abschließend noch einmal die Münchener Rück zu Wort kommen:

Die Auswirkungen der Klimaänderung auf das Sturmgesehen in Europa werden kontrovers diskutiert, auch in wissenschaftlichen Gremien. Die Klimamodellierer und Meteorologen können mit den heutzutage verwendeten Computermodellen noch keine verlässlichen quantitativen Abschätzungen liefern, da Sturmgeneese und -verlauf – sowohl räumlich als auch zeitlich betrachtet – äußerst komplexe, dynamische Prozesse sind.

Wissenschaftliche Studien, die sich mit den Auswirkungen der Klimaänderung in Europa befassen, drücken sich deshalb meist recht vorsichtig aus. Eine Zunahme der Sturmfrequenz gilt nicht als erwiesen, wird aber „für möglich gehalten“. Als wissenschaftlich gesichert gilt die generelle Zunahme der Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr. Einzelne Winterstürme werden demzufolge „feuchter“, d.h. regenreicher, eine Tatsache, die sich auch auf die Sturmschäden insgesamt und signifikant auf Einzelschäden auswirken wird.

Doch selbst wenn im Hinblick auf das Sturmrisiko wissenschaftliche Beweise noch fehlen, müssen wir – nach dem Prinzip der Vorsorge – mit einer Verschärfung der Situation in Mitteleuropa rechnen, d.h. mit einer Zunahme von Häufigkeit und Intensität sowohl bei den Winterstürmen als auch bei lokalen Stürmen. Es wäre sicher übertrieben, im Zusammenhang mit dem sich deutlich abzeichnenden Klimawandel Horrorszenarien für Europa zu entwickeln. Insgesamt muss in einem wärmeren Klima aber mit häufigeren und intensiveren Sturm- und Unwetterereignissen gerechnet werden.

Die (Versicherungs-)Mathematik kann dabei helfen, auf der Basis bereinigter historischer Daten geeignete stochastische Modelle zu finden, mit denen man (kurz- und langfristige) zeitliche Trends in der Schadenentwicklung bzw. Value@Risk-Werte oder auch Jährlichkeiten beobachteter Schäden schätzen kann. Sie vervollständigt insbesondere geophysikalische Modellierungsansätze, die auf der Basis von Monte-Carlo-Simulationen individuelle Portfolioschäden eines Versicherers synthetisch generieren.

Sie liefert damit wertvolle ergänzende Informationen zu der Zeichnungspolitik und Risikostrategie von Erst- und Rückversicherungsunternehmen, insbesondere im Hinblick auf die aktuell diskutierten neuen europäischen Vorgaben zur Eigenkapitalausstattung von Versicherungsunternehmen (Solvency II).

5. Quellen

Bilder:

Magdeburg (Titelbild): dpa (Tagesschau), Schüren: Foto Kleinsorge GmbH, Eckenhagen: Lars Prigniz, Bochum: Fabian Ruhnau

<http://www.naturgewalten.de/kyrill.htm>

Texte:

- [1] Hans Alexandersson et al. (2000): Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set. CLIMATE RESEARCH 14, 71 – 73. <http://www.int-res.com/articles/cr/14/c014p071.pdf>
- [2] Ernst Bedacht et al. (2007): Zwischen Hoch und Tief. Wetterrisiken in Mitteleuropa. Münchener Rück. <http://www.munichre.com/de/publications/>
- [3] Lennart Bengtsson (2008): Extreme (European) Windstorms and Expected Changes in a Warmer Climate. Vortrag, 2. Mai 2008, London. <http://www.nerc-essc.ac.uk/~olb/TALKS/London-2-may-2008.ppt>
- [4] Gerhard Bertz et al. (2000): Winterstürme in Europa (II). Münchener Rück. <http://www.munichre.com/de/publications/>
- [5] Hartwig Essert (2008): Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf die Elementarschaden-Versicherung. AON Rück Marktforum, Hamburg 2008.
- [6] Dietmar Pfeifer (2009): Katastrophenrisiken und Extremwerttheorie. Erscheint in: Gleisner / Romeike (Hrsg.): Handbuch Risikomanagement.