

5

Tropische Zyklonen

Der Sturm heulte und tobte mit unbändiger Wut durch die Nacht. Dann und wann brach sich der Sturm, wie von einer ungeheuren konzentrierten Kraft durch einen Trichter gejagt, am Schiff; in solchen Augenblicken war es, als werde es über das Wasser hinausgehoben und in die Höhe gehalten, während nur ein leises Beben von seinem einen Ende bis zum andern spürbar war. Dann begann das Hinundherschleudern aufs neue, wie wenn das Schiff in einen siedenden Kessel geworfen worden wäre.

(Joseph Conrad, Typhoon, 1903)

5.1

DAS PHÄNOMEN

Das Wort Zyklone kommt aus dem Griechischen: *kyklos* = Kreis; *kyklein* = drehen, sich im Kreis bewegen.

Die bei weitem gefährlichsten atmosphärischen Bewegungssysteme sind die Tropischen Zyklonen, wenn sie Hurrikan- bzw. Taifun-Stärke erreichen. Sicher erweist sich ein Tornado dort, wo er zuschlägt, als überaus gewalttätig; aber sein Sturmfeld ist doch räumlich sehr begrenzt mit einem im Mittel kleineren Durchmesser als 1 km. Tropische Zyklonen können dagegen zu riesigen Gebilden anwachsen.

Allgemein nennt man ein tropisches Tiefdrucksystem der Skala von einigen 100 km mit einer deutlichen zyklonalen Zirkulation des oberflächennahen Windes eine *Tropische Zyklone*. Nicht jeder dieser Wirbel besitzt die Stärke eines Hurrikans oder Taifuns. Nach internationaler Vereinbarung unterscheidet man (s. Glossary of Meteorology der American Meteorological Society, 2000) bei den Tropischen Zyklonen nach der *höchsten im betreffenden Sturm auftretenden oberflächennahen mittleren Windstärke* (in der englischsprachigen Literatur als *maximum sustained surface wind* bezeichnet)

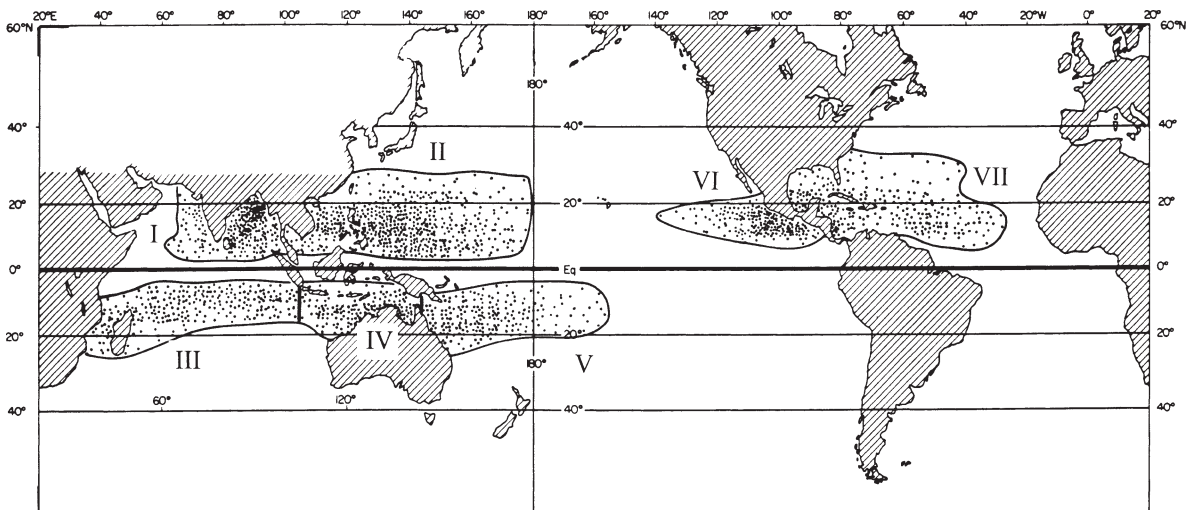
- *Tropische Depressionen* mit Windstärken bis zu $63 \text{ km h}^{-1} = 17 \text{ m s}^{-1}$,
- *Tropische Stürme* mit Windstärken zwischen 64 und 119 km h^{-1} (18 bis 33 m s^{-1}) und
- *Hurrikane* oder *Taifune* mit Windstärken von mehr als $119 \text{ km h}^{-1} = 33 \text{ m s}^{-1}$.

Es gibt keine einheitliche Definition dafür, was hier mit „mittlerer“ Windstärke (sustained wind) gemeint ist. Die WMO (World Meteorological Organization) empfiehlt ein 10 min-Mittel, womit die obigen Werte nach Tabelle 2.2 und dem in Abschn. 2.4 Gesagten direkt in den entsprechenden Graden der Beaufort-Skala ausgedrückt werden können. Die meisten Länder benutzen dies als Standard. Das National Hurricane Center (NHC) und das Joint Typhoon Warning Center (JTWC) der USA benutzen jedoch 1 min-Mittel. Dies führt natürlich zu Komplikationen, u. a. beim Vergleich von Statistiken. Es bleibt auch oft unklar, welche Art von Mittelung in einem aktuellen Fall oder in einer bestimmten Literaturstelle gemeint ist. Jedenfalls ist bei böigem Wind innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls das maximale 1 min-Mittel der Windstärke größer als das maximale 10 min-Mittel. Als groben Verhältniswert kann man sich für turbulente Strömungen – und die Winde in Tropischen Zyklonen sind ja in höchstem Maße turbulent – die Zahl 1,2 merken: Das maximale 1 min-Mittel der Windstärke erreicht etwa den 1,2-fachen Wert des maximalen 10 min-Mittels. Wir benutzen diese Zahl in Tabelle 5.3. Man darf auch nicht vergessen, wie schwierig es ist, wirklich die maximalen Werte in einem so komplexen System, wie es eine Tropische Zyklone darstellt, zu erfassen, und wie wenig genau die Beobachtungsmethoden oft sind.

Die Bezeichnung Hurrikan (engl.: hurricane) oder Taifun (engl.: typhoon) hängt von der Region ihres Auftretens ab. Im Nordatlantik und im östlichen Nordpazifik spricht man von *Hurrikan*, im westlichen Pazifik und im Indischen Ozean von *Taifun*, s. dazu Bild 5.1. Im südlichen Atlantik und im östlichen Südpazifik treten solche Stürme

BILD 5.1.

Orte, an denen eine Tropische Zyklone, die sich zu einem Tropischen Sturm mit maximalen oberflächennahen Windstärken von mindestens $20\text{--}25\text{ m s}^{-1}$ (1 min-Mittelwerte) entwickelt hat, in den 20 Jahren von 1952 bis 1971 zum ersten Male als Tropische Zyklone (Definition s. o.) beobachtet wurde. Sieben verschiedene Entstehungsgebiete sind durch römische Zahlen gekennzeichnet (*I* nördlicher Indischer Ozean, *II* westlicher Nordpazifik, *III* südlicher Indischer Ozean, *IV* Nord- und Westaustralien, *V* Südpazifik, *VI* östlicher Nordpazifik, *VII* Nordatlantik). Siehe dazu auch Tabelle 5.1. Nach Gray (1975); s. auch Pielke (1990)



nicht auf. Ländergebundene Namen sind *Willy-Willy* in Australien, *Baguio* auf den Philippinen und *Cordonazo* in Mexiko.

Namen (z. B. Andrew, Agnes oder Isaac) bekommen die einzelnen Zyklonen dann, wenn sie das Stadium eines Tropischen Sturmes erreicht haben.

Tropische Zyklonen erscheinen nahezu kreissymmetrisch. Die Größe der Hurrikane (Taifune) lässt sich unterschiedlich angeben. Der Durchmesser mit zyklonaler Bewegung um den Kern erreicht Werte bis 2 000 km, aber der der inneren starken Regenbänder und somit der starken Aufwinde und der starken Bewölkung im Mittel etwa 400 km. In diesem inneren Teil toben auch die zerstörerischen Winde, die in Extremfällen 1 min-Mittel der Windstärke von mehr als 70 m s^{-1} erreichen. Hurrikane (Taifune) sind also in vielen Fällen, was das zyklonale Windfeld angeht, nicht kleiner als Mittelbreitenzyklonen und deutlich größer als die in Abschn. 4.6 besprochenen Cloud Cluster.

Bild 5.2 zeigt ein Schema der mittleren Struktur und Größe von Tropischen Stürmen, Hurrikanen und Taifunen. Es wurde als Komposit aus 248 Systemen auf der Basis von Radiosonden-Daten erstellt, die von 1961 bis 1970 im Gebiet des nordwestlichen Pazifik gewonnen wurden. Die Bilder 5.3a–d zeigen Satellitenaufnahmen, die die typischen Strukturmerkmale verdeutlichen. Das sind die *spiralförmigen Wolkenbänder*, voneinander getrennt durch wolkenärmere Gebiete; sie münden in den mächtigen *Wolkenwall* (Eye-Wall), der kreisförmig das Zentrum umgibt; letzteres ist häufig als wolkenfreies *Auge* ausgebildet. Die Wolkenbänder bestehen aus einer Vielzahl von konvektiven Zellen, die

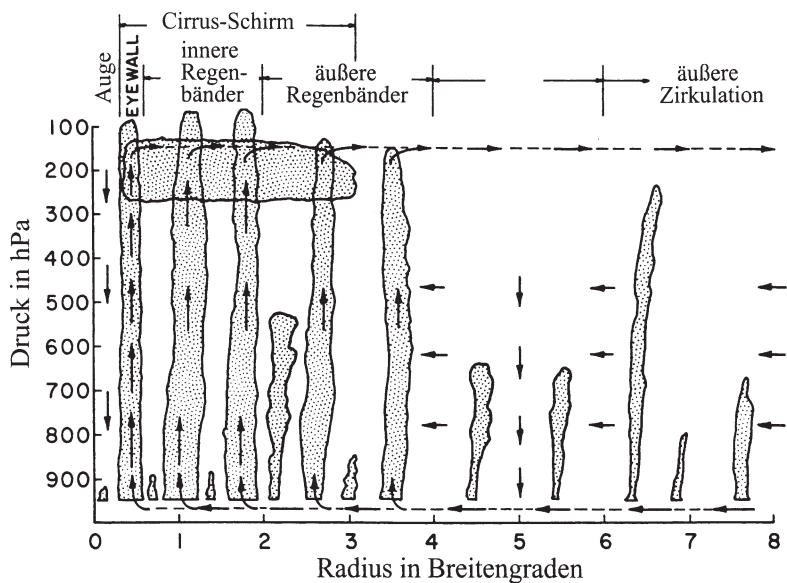


BILD 5.2.
Schema einer typischen Tropischen Zyklone, die mindestens die Stärke eines Tropischen Sturmes erreicht hat. Die Ordinate zeigt statt der Höhe über der Erdoberfläche den nach oben abnehmenden Luftdruck bis 100 hPa (das entspricht einer Höhe von etwa 15 km). Nach Frank (1977)

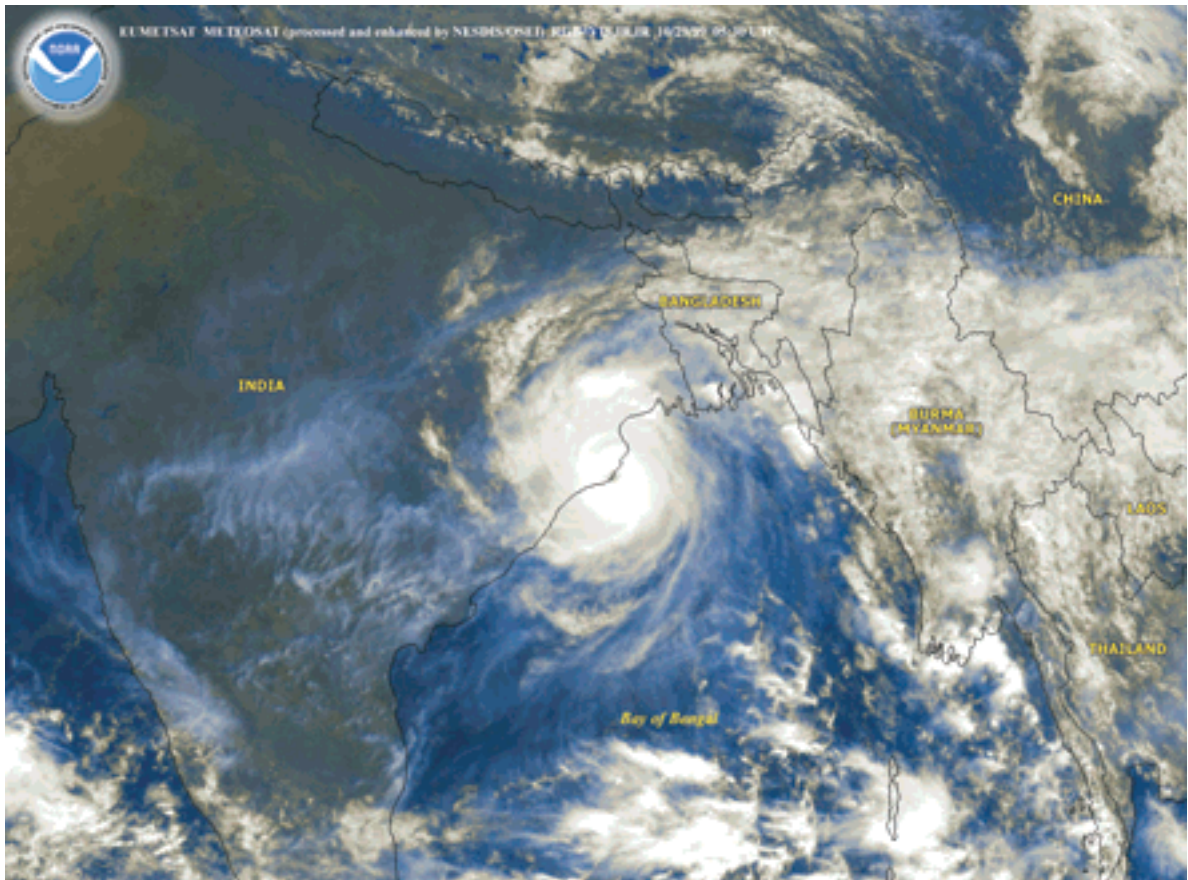


BILD 5.3. Satellitenbilder von Tropischen Zyklonen: Zur Konstruktion wurden mehrere Aufnahmen unterschiedlicher Spektralbereiche zusammengefasst (multichannel color composite imagery). Quelle: NOAA Operational Significant Event Imagery (www.osei.noaa.gov).

a Dieser mächtige Taifun überschreitet, vom Golf von Bengalen kommend, gerade die Küste im Nordosten Indiens. Er bewegt sich mit mehr als 10 km h^{-1} nach Nordwesten. Er bringt flutartigen Regen, 1 min-Mittel der Windstärke bis zu 210 km h^{-1} und Böen bis zu 260 km h^{-1} . Der Durchmesser der hohen weißen Wolken ist mit $\sim 500 \text{ km}$ etwa so groß wie die Nord-Süd-Erstreckung von Bangladesh. Datum: 29. Oktober 1999. Das gut ausgebildete Auge liegt genau über der Küste

bis zur Tropopause hinauf reichen. In ihnen gibt es intensive, nach oben gerichtete Vertikalwinde mit starken internen Verwirbelungen, was, wie bei allen konvektiven Elementen mit starker Vorticity, auch hier zur Entwicklung von Tornados (s. Abschn. 4.1.5) führen kann. Es gibt also große Gebiete mit aufsteigender Luft, wie es auch Bild 5.2 zeigt. Im Auge aber steigt die Luft ab, die Wolken lösen sich dort deshalb auf, und es ist dort noch wärmer als in der übrigen warmen Zyklone. Einen Eindruck der Struktur der inneren Regionen eines Hurrikans vermittelt auch Bild 5.4.

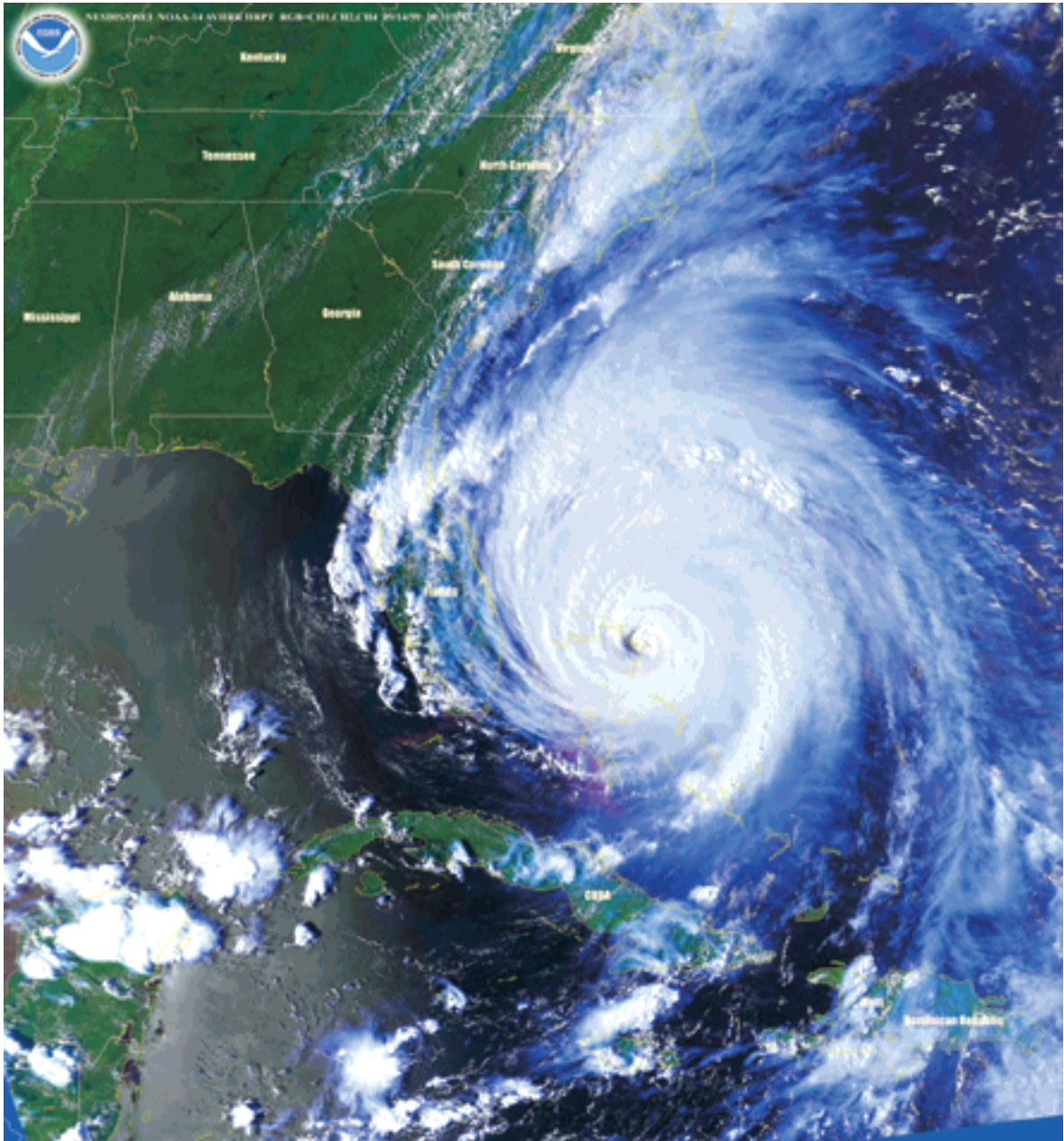


BILD 5.3b. Hurrikan Floyd, hier am 14. September 1999, 20.30 Uhr UTC, über den Bahamas. Er bewegt sich mit etwa 20 km h^{-1} nach Nordwesten und gefährdet so die Ostküste der USA. In der gezeigten Situation ist er mit maximalen 1 min-Mitteln der Windstärke von mehr als 210 km h^{-1} in Kategorie 4 der Saffir-Simpson-Skala (s. Tabelle 5.3) einzustufen. Besonders hingewiesen sei auf das durch den Schattenwurf klar erkennbare Auge, die zyklonal einströmenden Bänder mit (den weißen) konvektiven Wolken und die antizyklonal spiralförmig ausströmenden sehr hohen (bläulichen) Cirrus-Wolken. Maßstab: die Basislinie des Bildes umfasst eine Länge von etwa 2300 km

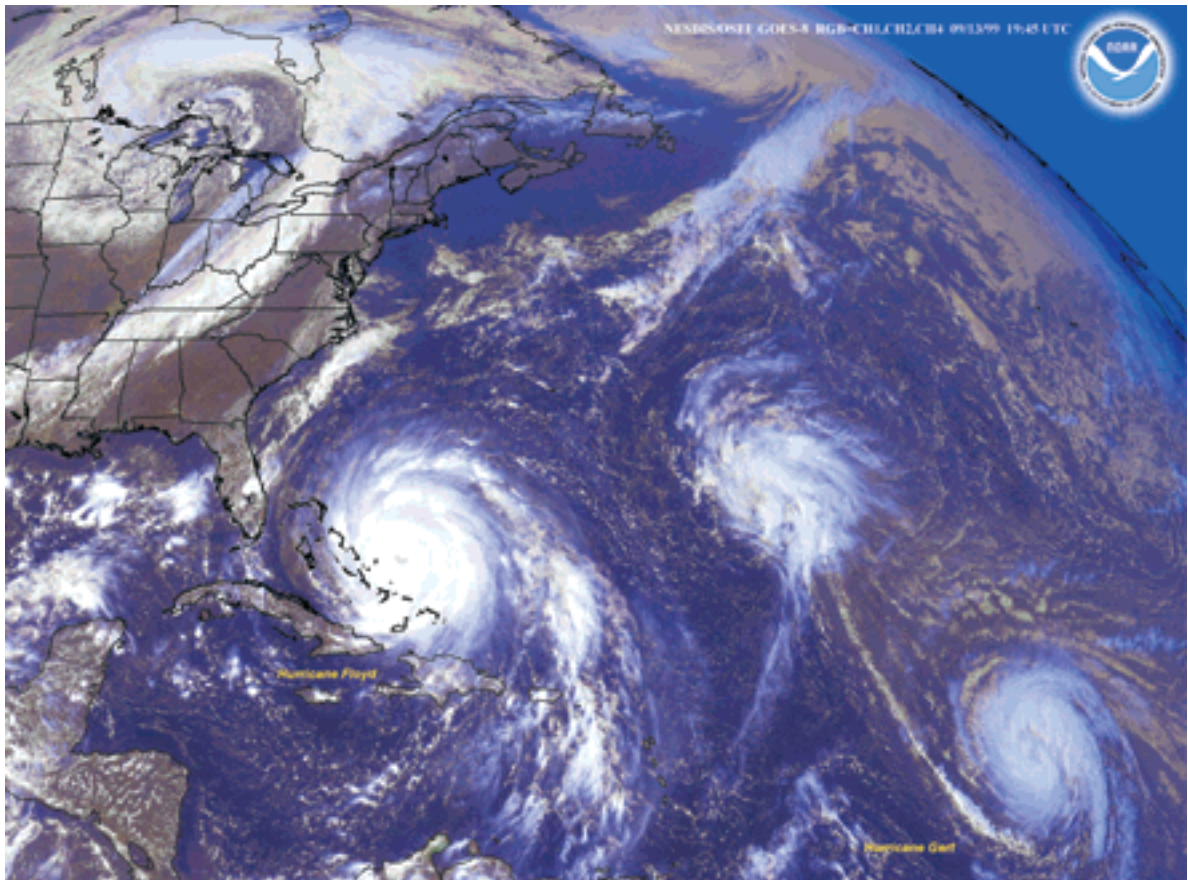


BILD 5.3c. Hurrikan Floyd am 13. September 1999, 19.45 Uhr UTC (also einen Tag früher als in Bild 5.3b) noch östlich der Bahamas. Zur gleichen Zeit sieht man einen zweiten Hurrikan mit Namen Gert in der rechten unteren Bildecke. Zwischen diesen beiden Stürmen erkennt man, etwas nach Norden versetzt, einen Cloud Cluster, der im Moment weder eine geschlossene Zirkulation noch so hohe Windstärken besitzt, dass er auch nur als „Tropische Depression“ eingestuft werden könnte. Die drei Systeme bewegen sich westwärts über den tropischen Atlantik. Die höchsten 1 min-Mittel der Windstärke von Hurrikan Floyd betragen in dieser Situation 250 km h^{-1} , die stärksten Böen mehr als 300 km h^{-1} . Bei Hurrikan Gert sind es „nur“ etwa 140 bzw. 160 km h^{-1} ; er folgt Hurrikan Floyd in einem Abstand von etwa 3400 km . Interessant an diesem Bild sind auch die beiden Mittelbreitenzyklonen; die östliche besitzt einen Kern unweit der Südspitze Grönlands und eine langgestreckte Kaltfront nördlich des Cloud Clusters, die westliche einen Kern über Kanada und eine Kaltfront, die sich über den USA nach Südwesten erstreckt. Man erkennt, dass diese Systeme deutlich größer sind als die Tropischen Zyklonen

Der Luftdruck in Tropischen Zyklonen zeigt ein für die Tropen außergewöhnliches Verhalten. Während ganz allgemein die Luftdruckschwankungen in den Tropen recht klein sind (sie bewegen sich in der Größenordnung von $\pm 3 \text{ hPa}$ oder – bei einem Luftdruck in NN von etwa 1000 hPa – von $\pm 0,3 \%$), kann der Luftdruck in Meeresniveau in einem Hurrikan (Taifun) bis unter 900 hPa fallen, das entspricht einer Änderung von 10% . Natürlich ist nicht jeder Hurrikan

Risiko Wetter

Die Entstehung von Stürmen und anderen
atmosphärischen Gefahren

Kraus, H.; Ebel, U.

2003, IX, 253 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-00184-3