

**Kai Humml**  
**Lessingstrasse 3, 36329 Romrod**  
**Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität, Gießen**

---

# **Taifune in Taiwan**

**Forschung – Warnsysteme - Schäden**

**- Diplomarbeit -**  
**Dezember 2005**

**Gutachter: Herr Professor Dr. Lorenz King**

**Inhaltsverzeichnis:**

<b>Abbildungsindex:</b> .....	3
<b>Tabellenindex:</b> .....	6
<b>1. Einleitung :</b> .....	7
<b>2. Tropische Wirbelstürme:</b> .....	8
2.1 Entstehung und Entstehungsgebiete .....	8
2.2 Das Phänomen Storm Surge .....	12
2.3 Das SLOSH Modell des National Hurricane Center .....	14
2.4 Zusammenarbeit des Central Weather Bureau Taiwan mit dem Forecast System Laboratory des amerikanischen Wetterdienstes .....	17
2.5 Die Beaufort- und die Saffir-Simpson-Skala .....	19
2.6 Das Tropical Cyclone Program der World Weather Watch .....	21
2.7 Der Anstieg des globalen Meeresspiegels .....	24
2.8 Der steigende Meeresspiegel als Problem für Taiwan .....	28
2.9 Vorbereitung auf einen Tropischen Wirbelsturm am Beispiel der USA .....	31
2.10 Vorbereitung auf einen Taifun in Taiwan .....	34
2.11 Das Disaster Prevention Research Center .....	36
2.11 Der Einfluss auf Taifune durch El Nino und La Nina im Westpazifik und Südchinesischen Meer .....	38
<b>3. Taiwan</b> .....	41
3.0.1 Geographische Einordnung Taiwans .....	41
3.0.2 Klima .....	43
3.0.3 Kurzer geschichtlicher Abriss .....	45
3.0.4 Bevölkerung Taiwans und Verwaltungsgliederung .....	46
3.0.5 Taiwans Forstpolitik und damit verbundene Erosionsschäden .....	48
3.0.6 Taiwans Fischerei- und Landwirtschaft .....	52
3.0.8 Taiwans Verkehrswegesystem .....	55
3.0.7 Taiwans Energienetz und Verteilung auf die Ressourcen zur Energiegewinnung .....	60
3.1 Taifune im Nordwestpazifik und im Südchinesischen Meer .....	62
3.1.1 Niederschläge und Wirbelsturmeinflüsse auf die Niederschlagsbilanz .....	64
3.1.2 Durch Taifune verursachte Schäden und Nutzen .....	66
3.1.3 Besonders starke Wirbelstürme in den letzten zehn Jahren .....	72
3.1.4 Schäden in anderen Ländern, am Beispiel Chinas .....	95
<b>4. Beeinflusst ein potentieller Klimawechsel die Taifune?</b> .....	96
<b>5. Literatur und Quellen:</b> .....	99
<b>6. Tabellen, Daten und weitere Grafiken</b> .....	106

## **Abbildungsindex:**

<b>Abbildung 1:</b> Übersicht über die weltweite Verbreitungsgebiete von Tropischen Wirbelstürmen, deren unterschiedlicher Namensgebung, deren Hauptzugbahnen, der jeweiligen Saison und der damit verbundenen Bedrohung von Küstengebieten. ....	11
<b>Abbildung 2:</b> Durch eine Storm Surge verursachte Erosion an einer Küstenstrasse in Exmouth Australien. Auslöser war der Tropische Wirbelsturm Vance 1999. ....	12
<b>Abbildung 3:</b> Die Richelieu Apartments in Pass Christian, Mississippi, August 1969, vor und nach dem Hurrikan Camille. Eine sieben Meter hohe Storm Surge verwüstete diesen massiven Bau und alles im Umkreis .....	13
<b>Abbildung 4:</b> Ein Geschäft in Port Hedland, Australien, vor und während einer Storm Surge, 1939. ....	14
<b>Abbildung 5:</b> Grafische Darstellung einer berechneten Storm Surge, die ein Tropischer Wirbelsturm bei Landfall vor sich herschiebt. ....	16
<b>Abbildung 6:</b> Anhand von SLOSH Daten von der FEMA erstellter Storm Surge Atlas (Bsp.: Bay County), der die Wahrscheinlichkeit der Überflutungen durch die jeweiligen Kategoriestärken von Hurrikanen und dadurch verursachter Storm Surges darstellt. ....	16
<b>Abbildung 7:</b> Übersichtskarte über die einzelnen RSMC's weltweit, sowie deren Verantwortungs- und Beobachtungsbereich (Area of Responsibility). ....	23
<b>Abbildung 8:</b> Relative Sea Level over the last 300 years .....	24
<b>Abbildung 9:</b> Anstieg des Meeresspiegels .....	25
<b>Abbildung 10:</b> Zunahme des Aerosoleintrags in die Atmo sphäre. Das vierte Diagramm zeigt auf, wie stark auch die Ablagerung von Sulfaten auf dem Eisschild von Grönland ist. ....	26
<b>Abbildung 11:</b> Karte des Flusses Tseng-Wen zum besseren Verständnis rot markiert. Er durchschneidet das Küstentiefland nördlich der Stadt Tainan und bildet einen Ästuar aus. ....	30
<b>Abbildung 12:</b> Tiefebene von I-Lan im Chiayi-Xian, hier rot umrandet. ....	30
<b>Abbildung 13:</b> Die Warnseite des Nationalen Wetterdienstes vom 30. Juni 2003 zeigt für einen großen Bereich des Golf von Mexico und die Küstenlinie im Großraum New Orleans eine Hurrikan-Warnung. ....	32
<b>Abbildung 14:</b> Eine der vielen Aufklärungsaktionen der NOAA war die National Hurricane Awareness Week 2003, in der jeden Tag ein anderes Hurrikan-relevantes Thema besprochen und darüber informiert wurde. ....	33
<b>Abbildung 15:</b> Überwachungsgebiet des RSMC Tokyo. Die roten Punkte sind die für die Übermittlung von Wetterdaten wichtigen Wetterdienste anderer Staaten an das RSMC. ....	34
<b>Abbildung 16:</b> Offizielle Warnung des Joint Typhoon Warning Centers für den Taifun „Haitang“ .....	35
<b>Abbildung 17:</b> Extrem starke El Nino Ausbildung im Jahre 1997. ....	39
<b>Abbildung 18:</b> Entstehungsgebiete für El Ninos für den Zeitraum von 1951-2000(links), Entstehungsgebiete für La Ninas für den Zeitraum von 1954-2000 (rechts) .....	40
<b>Abbildung 19:</b> Häufigkeit von Taifunen und Stärke der Taifune im Zeitraum von 1951-200 während El Ninos (links) und La Ninas (rechts). Die stärksten Taifune sind rot, die schwächsten Taifune grün markiert. ....	41

<b>Abbildung 20:</b> Satellitenbild der Insel Taiwan in Nord-Süd-Ausrichtung. Man sieht sehr deutlich die Aufteilung in Gebirge und Flachland, sowie die rotgefärbten Siedlungs- und Ballungsräume.....	42
<b>Abbildung 21:</b> Tektonische Lage Taiwans und Darstellung der Erdbebenhäufigkeit in dieser Region. ....	43
<b>Abbildung 22:</b> Klimadiagramm von Taipei.....	44
<b>Abbildung 23:</b> Angehängte Daten für Abbildung 25, Klimadiagramm Taipei .....	44
<b>Abbildung 24:</b> Bevölkerungs- und Verwaltungsübersicht.....	45
<b>Abbildung 25:</b> Waldverteilung auf Taiwan und die Größe der Flächen.....	50
<b>Abbildung 26:</b> Fangquoten der Fischereiiindustrie.....	52
<b>Abbildung 27:</b> Gesamtproduktion der Aquakulturen .....	53
<b>Abbildung 28:</b> Handel mit Fisch und Fischereiprodukten.....	54
<b>Abbildung 29:</b> Die Grafik verdeutlicht den durch steigende Mechanisierung sinkenden Anteil der Gesamtbevölkerung an der Landwirtschaft von 1970-2005. ....	54
<b>Abbildung 30:</b> Wichtigsten Eisenbahnlinien, die als großes Ringsystem an alle wichtigen Großstädte angebunden sind. ....	56
<b>Abbildung 31:</b> Highway-Netzwerk der Insel Taiwan.....	59
<b>Abbildung 32:</b> Karte des taiwanesischen Energienetzes. Dargestellt sind Kraftwerke staatlicher und privater Betreiber, sowie die Starkstromüberlandleitungen. ....	60
<b>Abbildung 33:</b> Die Verteilung der 67,6 % der abgegebenen Energie an die Stromkunden und ihren Verwendungszweck. ....	61
<b>Abbildung 34:</b> Diese Grafik dient, wie schon die Grafiken im Artikel zu den El Nino- und La Ninaauswirkungen auf Taifune, mehr dem Eindruck, als einer exakten Bestimmung. ....	62
<b>Abbildung 35:</b> Extrem konzentrierte Verteilung von Regenmengen auf die nordöstliche Bergkette und die relativ niederschlagsarmen südwestlichen Küstenebenen. ....	64
<b>Abbildung 36:</b> Grafik des Einflusses in das Tseng-Wen Reservoir während eines Taifuns zeigt die abrupte Veränderung durch Starkregen in Speicherseen.....	65
<b>Abbildung 37:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Herb.....	74
<b>Abbildung 38:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Kai-Tak.....	76
<b>Abbildung 39:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Chebi .....	78
<b>Abbildung 40:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Utor .....	79
<b>Abbildung 41:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Toraji.....	80
<b>Abbildung 42:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Toraji.....	82
<b>Abbildung 43:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Morakot.....	84

<b>Abbildung 44:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Mindulle .....	85
<b>Abbildung 45:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Aere .....	87
<b>Abbildung 46:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Haima .....	88
<b>Abbildung 47:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Haitang .....	90
<b>Abbildung 48:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Talim .....	91
<b>Abbildung 49:</b> Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Longwang .....	93
<b>Abbildung 50:</b> Anzahl der Taifune im Nordwestpazifik und Südchinesischen Meer in den letzten 15 Jahren.....	97
<b>Abbildung 51:</b> Wärmeverteilung in den Weltmeeren am 02. November 2005. ....	98
<b>Abbildung 52:</b> Zugbahn von Hurrikan „Vince“, dem ersten Hurrikan, der Europa erreichte.	98

**Tabellenindex:**

<b>Tabelle 1:</b> Saffir-Simpson-Skala .....	20
<b>Tabelle 2:</b> Verteilung der Weltbevölkerung .....	27
<b>Tabelle 3:</b> Histogramm für die Verteilung der Windgeschwindigkeiten der Taifune.....	62
<b>Tabelle 4:</b> Histogramm für die Druckverteilung der Taifune.....	63
<b>Tabelle 5:</b> Beaufort-Skala mit Windart und Beschreibung .....	106
<b>Tabelle 6:</b> Beaufort-Skala mit Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Kategorien .....	108
<b>Tabelle 7:</b> Übersicht über die Schäden für die Ressorts Straße, Schiene und Stromgesellschaft (1985-2004).....	109
<b>Tabelle 8:</b> Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2000 .....	110
<b>Tabelle 9:</b> Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2001 .....	111
<b>Tabelle 10:</b> Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2002 .....	112
<b>Tabelle 11:</b> Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2003 .....	113
<b>Tabelle 12:</b> Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2000 .....	114
<b>Tabelle 13:</b> Histogramm für Verteilung des Luftdruckes der Taifune.....	115
<b>Tabelle 14:</b> Histogramm für Verteilung der Windgeschwindigkeiten der Taifune.....	115
<b>Tabelle 15:</b> Histogramm für Verteilung der Taifune auf die Monate .....	115
<b>Tabelle 16:</b> Histogramm für Verteilung der Taifune auf die Jahre .....	116
<b>Tabelle 17:</b> Histogramm für Verteilung der Taifune auf die Monatsdrittel .....	117
<b>Tabelle 18:</b> Histogramm für die Lebensdauer der Taifune .....	117
<b>Tabelle 19:</b> Histogramm für Druckerteilung der Taifune während El Nino .....	118
<b>Tabelle 20:</b> Histogramm für Verteilung der Windgeschwindigkeiten bei El Nino.....	118
<b>Tabelle 21:</b> Histogramm für Verteilung auf der Taifune die Monate bei El Nino .....	118
<b>Tabelle 22:</b> Histogramm für Verteilung der Taifune auf die Jahre bei El Nino.....	119
<b>Tabelle 23:</b> Histogramm für Verteilung auf die Monate in 10-Tages-Schritten bei El Nino	120
<b>Tabelle 24:</b> Histogramm für Verteilung der Lebensdauer bei El Nino .....	120
<b>Tabelle 25:</b> Histogramm für Druckverteilung der Taifune bei La Nina.....	121
<b>Tabelle 26:</b> Histogramm für Verteilung der Windgeschwindigkeiten bei La Nina .....	121
<b>Tabelle 27:</b> Histogramm für Verteilung auf Monate bei La Nina.....	121
<b>Tabelle 28:</b> Histogramm für Verteilung auf die Jahre bei La Nina.....	122
<b>Tabelle 29:</b> Histogramm für Verteilung auf die Monate in 10-Tages-Schritten bei La Nina	123
<b>Tabelle 30:</b> Histogramm für Verteilung auf die Lebensdauer bei La Nina.....	123
<b>Tabelle 31:</b> Verluste durch Naturkatastrophen.....	124

## 1. Einleitung :

Tropische Wirbelstürme stellen neben Vulkanausbrüchen und Erdbeben die stärksten und zerstörerischsten Naturkatastrophen dar, nur daß sie in vielen Regionen der Erde mehrmals im Jahr für Hunderte, nicht selten auch Tausende (Hunderttausende) von Toten, Schäden in Milliardenhöhe, groß angelegte Evakuierungen, gewaltige Überschwemmungen und monatelange Aufräumarbeiten sorgen. Diese Stürme treffen reiche Industrienationen, wie die USA oder Japan, genauso hart, wie Länder, die nicht über dieselben großen Ressourcen zur Katastrophenbewältigung verfügen und nach solchen Katastrophen auf internationale Hilfe angewiesen sind. Oft sind in den betroffenen Ländern, in den verwüsteten Gebieten, Infrastruktur, Landwirtschaft und ganze Ortschaften auf Monate, manchmal Jahre hin zerstört.

Für die Menschen, die in diesen Regionen leben, ist die ständige Bedrohung durch einen Tropischen Wirbelsturm ein lebenslanger Begleiter. Sie müssen immer davon ausgehen, dass ein Tropischer Wirbelsturm ihr Leben und das gesamte Hab und Gut vernichtet. Das persönliche Lebensgefühl leidet unter dieser ständig präsenten Drohung ganz massiv, da man nie weiß, wann der nächste Sturm wieder zuschlägt. Langzeitplanungen können durch Wirbelstürme null und nichtig gemacht werden, selbst ein kurzer Urlaub kann im Ruin enden, wenn bei der Rückkehr Hab und Gut vernichtet sind.

Die meisten Opfer sind nicht, oder wenn, nur unzureichend versichert, da die meisten Versicherungen wiederkehrende Schäden in dieser Größenordnung nicht decken können und wollen.

Auch die Wirtschaft reagiert auf Wirbelstürme indem sie nach solch großen Schäden manchmal ihren Produktionsstandort verlegt, oft dabei Entlassungen vornimmt und damit das soziale Elend in dieser Region noch mehr vertieft.

In meiner Diplomarbeit möchte ich anhand der Insel Taiwan darstellen, was passiert, wenn ein Tropischer Wirbelsturm auf die Küste trifft und welche potentiellen Schäden zu erwarten sind. Ich möchte aufzeigen, wie Taiwan mit dieser Bedrohung umgeht, welche Schutzmaßnahmen getroffen werden, wie ein bereits existierender Küstenschutz und Flutschutz aussieht und ein weiter ausgebauter Küstenschutz und Flutschutz aussehen sollte.

Im Weiteren werden bisher verursachte Überflutungen und die damit verbundenen Schäden kurz beschrieben. Wie nahezu alle Küsten dieser Welt sind die taiwanesischen Küstengebiete stark besiedelt. Durch Taifune und die damit verbundenen Flutwellen werden diese Gebiete regelmäßig ernsthaft bedroht und verwüstet, so dass in diesem Bereich dringender Handlungsbedarf gegeben ist.

## 2. Tropische Wirbelstürme:

### 2.1 Entstehung und Entstehungsgebiete

Tropische Wirbelstürme entstehen, wie der Name schon sagt, über tropischen, aber auch subtropischen Ozeanen. Auf ihren Zugbahnen richten sie ungeheure Schäden durch extrem starke Winde, Böen, Sturmfluten und Überschwemmungen an.

Es gibt sechs verschiedene große Entstehungsgebiete:

- Golf von Bengalen,
- Kapverdisches Becken / Guyanabecken,
- Nordostpazifisches Becken (südliche Region),
- Korallensee/ südl. Zentralpazifisches Becken,
- Zentralindisches Becken
- Nordwestpazifisches Becken / Philippinensee
- Südchinesisches Meer

Aufgrund der in Äquatornähe zu geringen oder fehlenden Corioliskraft entstehen jedoch keine in einem Gebiet von 5° Nord bis 5° Süd. Hier fehlen die Luftströmungen, die notwendig sind, um eine Wirbelbildung zu ermöglichen.

Wichtigster Faktor ist die Oberflächentemperatur des Ozeans. Tropische Wirbelstürme können sich nur bei Wassertemperaturen von mindestens 27°C entwickeln. Meist entstehen Tropische Wirbelstürme aus ausgedehnten Gewitterzelligeiten. Wie bei allen Gewittern steigt die feuchte Luft im Gewittersystem auf, kondensiert in größerer Höhe aus, setzt dabei die dem Ozean entzogene Wärme wieder frei und sinkt wieder ab. Durch diesen Prozess wird die Luftsäule leichter und wärmer und am Boden sinkt der Luftdruck ab. Dies wiederum führt zu einer verstärkten Zufuhr von feuchter Luft zur Gewitterzelle. Es ist ein sich selbst verstärkender Kreislauf, der das lokale Gewittergebiet zu einem tropischen Tiefdrucksystem ausbaut. Sobald das System Windgeschwindigkeiten der Stärke 8 der Beaufort-Skala erreicht (Tabelle siehe Anhang), spricht man von einem Tropischen Sturm, ab Stärke 12 ist es dann ein Hurrikan/Taifun/Zyklon/Willy-Willy.

Da die ungebremste Zufuhr an feuchter Luft zu einem solchen System das Luftdruckgefälle recht schnell ausgleiche und es damit auflöste, sprich die Strömung zum Erliegen käme, bedarf es der Corioliskraft um das System am Leben zu erhalten. Sie sorgt dafür, dass die Stürme auf der Nordhalbkugel nach rechts und auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt werden und dadurch zu rotieren beginnen (Nordhalbkugel gegen den Uhrzeigersinn, Südhalbkugel im Uhrzeigersinn).

Durch diese Rotation wird die Luft spiralförmig in den Kern gezwungen, der durch die schnelle Rotation einen dichten, hohen Wolkenwall aufbaut, den so genannten „Augenwall“. Dieser Wall rotiert so schnell, dass die Luftmassen, die zum Kern gelenkt werden, hier abgefangen werden. In diesem Wall, der bis zu 20 km hinaufreichen kann, konver-

giert die Luft und wird durch die hohe Rotation zum Aufsteigen gezwungen.

Im Augenwall werden die stärksten Niederschläge (120mm/h) und die höchsten Windgeschwindigkeiten (20m/s) verzeichnet. In das Zentrum des Wirbels sinkt Luft aus höheren Schichten ab, erwärmt sich dabei, trocknet aus und löst dadurch die Wolken auf- es entsteht das so genannte „Auge“.

Meist ist es in diesem Auge fast windstill, wolkenlos und 10-15°C wärmer, als im umgebenden Sturm.

Tropische Wirbelstürme sind keine stationären Phänomene, sondern ziehen mit Luftströmungen der mittleren Atmosphäre mit, besonders in den Passatzonen, die sie nach Westen treiben. Auf ihrem Weg folgen sie auch meist indirekt dem Weg der stärksten Energiezufuhr, sprich warmen Seegebieten, und werden von größeren Inseln erheblich abgelenkt, weswegen ihre Route so schwer vorhersehbar ist. Sobald Tropische Wirbelstürme über Land ziehen, schwächt dieses den Tropischen Wirbelsturm massiv ab, einmal durch die verminderte Energiezufuhr aufgrund der Verdunstungsdifferenz von Land zu See, der andere Faktor ist die verstärkte Reibung der Luft über Land, wodurch der Wirbel an Geschwindigkeit verliert und mehr Luft ins Zentrum strömen kann und das Luftdruckgefälle schnell ausgeglichen wird. Es wurde deshalb schon oft beobachtet, dass Tropische Wirbelstürme schon bei Kontakt der ausgedehnten Wolkenbänder mit Land abrupt abdrehen und in großer Entfernung parallel zur Küste wandern und sich bei einer Distanz von ca. 500km langsam abschwächen. Deswegen sind auch Tropische Wirbelstürme, die frontal auf eine Küste treffen, die verheerendsten.

Zusätzlich zu den systemeigenen Windgeschwindigkeiten eines Tropischen Wirbelsturms, spielt die Verlagerungsgeschwindigkeit eine große Rolle, da sie bis zu 50 km/h betragen kann.

Diese Verlagerungsgeschwindigkeit wird auf einer Seite zur Rotationsgeschwindigkeit hinzuaddiert, auf der Nordhalbkugel rechts der Zugbahn, auf der Südhalbkugel links der Zugbahn des Tropischen Wirbelsturms. Der Unterschied kann so bis zu 100 km/h betragen, so dass es oftmals entscheidend für Schäden an Leben und Wirtschaft ist, auf welcher Seite der Kern liegt, wenn ein solcher Sturm auf Land trifft.

Neben den verheerenden Windgeschwindigkeiten, die ein Tropischer Wirbelsturm hervorbringt, sind die Flutwellen, die diese Systeme in Küstennähe vor sich herschieben, die zweiten starken Schadensquellen, die oft die Schäden der Windgewalt noch in den Schatten stellen. Unter dem Begriff „Storm Surge“ versteht man eine, durch ein Tiefdrucksystem, z.B. Tropischer Wirbelsturm, verstärkte Flutwelle. Sie wird durch starke Winde, die von Seeseite wehen, wesentlich verstärkt. Der Wind zwingt das Wasser sich stärker aufzuschieben, als bei normalen Gezeiten üblich. Durch diesen Effekt bauen sich in Küstennähe dann extrem vergrößerte Flutwellen auf, die zu Überschwemmungen bis ins Hinterland führen können.

Besonders dramatisch wird es, wenn diese Sturmwellen in Kombination mit einer regulären Flut auftreten. Das vernichtet jede Vorhersagemöglichkeit, da lange Beobachtungen für eine genaue Vorhersage nötig sind, die in dieser Kombination nicht zu erstellen sind.

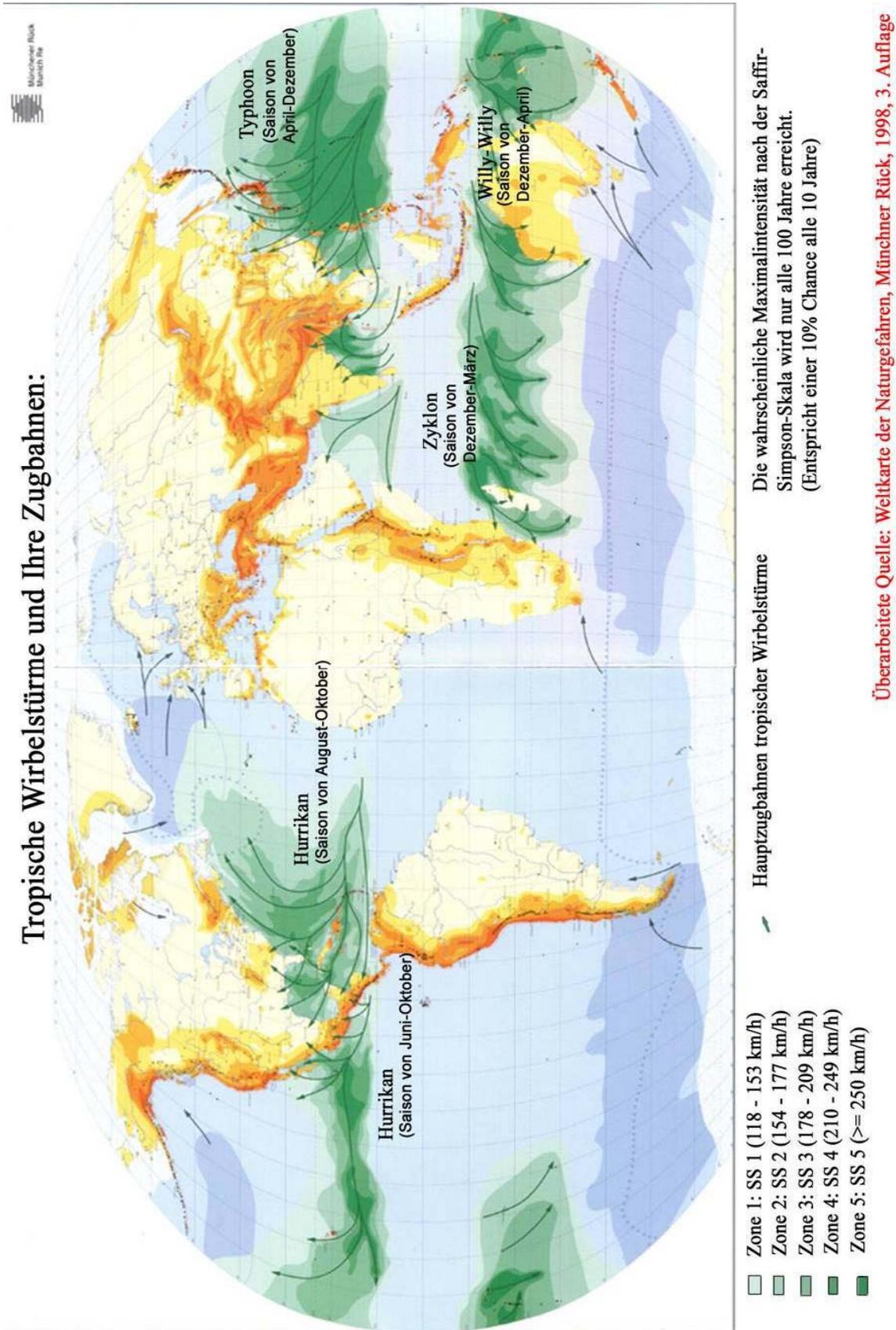
Durch einen Tropischen Wirbelsturm verursachte Flutwellen zählen zur extremsten Variante dieser Flutwellen, die aber auch durch normale Stürme verursacht werden können.

Die zerstörerischste Flutwelle, die jemals aufgezeichnet wurde, entstand 1899 durch den „Bathurst Bay“ genannten Hurrikan, der eine 13 m hohe Flutwelle bei Bathurst Bay in Australien auslöste und schwerste Zerstörungen verursachte.

Nicht selten erhöhen diese Flutwellen den maximalen Tidenpunkt noch um gut fünf Meter und überfordern damit nahezu jeden Küstenschutz, wie Deiche. Die Wassermassen die in Form einer Storm Surge auf den betroffenen Küstenabschnitt treffen, gelangen oft kilometerweit in das Hinterland und richten dort schwerste Schäden an Infrastruktur, Industrieanlagen und Privateigentum an. Vor diesen Flutwellen gibt es so gut wie keinen Schutz, außer einer rechtzeitigen Evakuierung der Bevölkerung aus den betroffenen Gebieten.

Von Starkregenereignissen spricht man, wenn binnen 5 Minuten mehr als 5 Liter Regen pro Quadratmeter oder aber binnen 60 Minuten mehr als 17 Liter Regen pro Quadratmeter fallen. Der Begriff Starkregen ist also zunächst einmal unabhängig von den damit verbundenen Auswirkungen (Hochwasser, Überschwemmungen, ...) zu betrachten. Wenn jedoch Auswirkungen und Schäden mit in die Betrachtung einbezogen werden sollen, so ist der Begriff "Starkregen" nur schwer einheitlich zu greifen, denn ob nun ein Niederschlagsereignis ein Starkniederschlagsereignis (im Hinblick auf auftretende Schadenwirkungen) ist, hängt immer auch stark von der Beschaffenheit des Untergrundes und anderer Rahmenfaktoren (Kanalisation, Geländeneigung, Überlagerung mit Schneeschmelze usw.) ab. Die durch Tropische Wirbelstürme verursachten Starkregen und Flutwellen in Küstengebieten, bergen beide ein gewaltiges Zerstörungspotential in sich, da besonders in Küstengroßstädten wichtige Infrastruktur- und Industrieanlagen oft direkt in unmittelbarer Nähe der Küste, oder des Hafens, gebaut werden und demnach in gefährdeter Lage liegen. Durch starkes Gefälle schießt das Wasser förmlich zu Tal und überfordert auf seinem Weg auch oft Schutzmaßnahmen, wie Deiche und Dämme und führt dann als Resultat zu verheerenden Überschwemmungen, wie während des Taifun „Nari“ im Jahr 2001, als Taipei die schlimmsten Überschwemmungen seit 100 Jahren verzeichnete. Durch Starkregen werden Hänge, welche, wie in Taiwan nicht selten, ihrer natürlichen Vegetation beraubt sind, aufgeweicht. Die schon vorhandene Instabilität wird immer weiter verstärkt, was letztlich zu Erdbeben und Schlammlawinen führen kann, die gleichermaßen Ackerflächen, Industrieanlagen, aber auch Wohngebiete bedrohen und zerstören können und dabei nicht selten Todesopfer und hohe Schäden verursachen können.

## Tropische Wirbelstürme und Ihre Zugbahnen:



**Abbildung 1:** Übersicht über die weltweite Verbreitungsgebiete von Tropischen Wirbelstürmen, deren unterschiedlicher Namensgebung, deren Hauptzugbahnen, der jeweiligen Saison und der damit verbundenen Bedrohung von Küstengebieten.

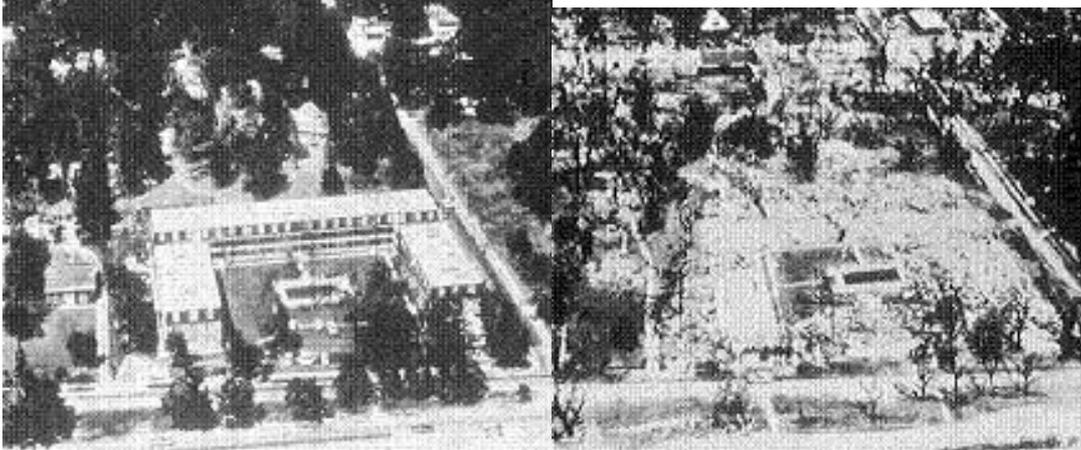
## 2.2 Das Phänomen Storm Surge

Weltweit sind durch Tropische Wirbelstürme verursachte Flutwellen, die so genannten "Storm Surges", für einen hohen Anteil der Toten bei einem Landfall verantwortlich, wie 1970, als ein verheerender Tropischer Wirbelsturm auf die Küste Bangladeshs traf und eine Flutwelle für über 300.000 Tote verantwortlich war. Eine Flutwelle entsteht als Resultat entweder von starken küstengerichteten Winden, starkem Tiefdruck und meistens wenn ein Tropischer Wirbelsturm auf Land trifft. Eine Sturmflut bezeichnet die Kombination einer Storm Surge und der normalen Flut-Gezeit. Die schlimmste Variante formiert sich, wenn eine Storm Surge mit einer Springflut zusammen trifft. Dann können im Küstenhinterland Bereiche weiträumig überflutet werden, die normalerweise nicht bedroht sind. Da diese Flutwellen meist auf breiter Front von bis zu 100 km anlanden, kann das durch starke Winde aufgepeitschte Wasser weit in das in tief liegende Hinterland vordringen. Die Gewalt, die diese Wellen innehaben, können Gebäude zum Einsturz bringen und wegschwemmen, Strassen unterspülen und zerstören und Schiffe auf den Strand werfen. Menschen, die von solchen Flutwellen überrascht werden, haben meist keine Chance auf Überleben.



**Abbildung 2:** Durch eine Storm Surge verursachte Erosion an einer Küstenstrasse in Exmouth Australien. Auslöser war der Tropische Wirbelsturm Vance 1999. (Quelle: Bilderarchiv des australischen Wetterdienstes, 2004)

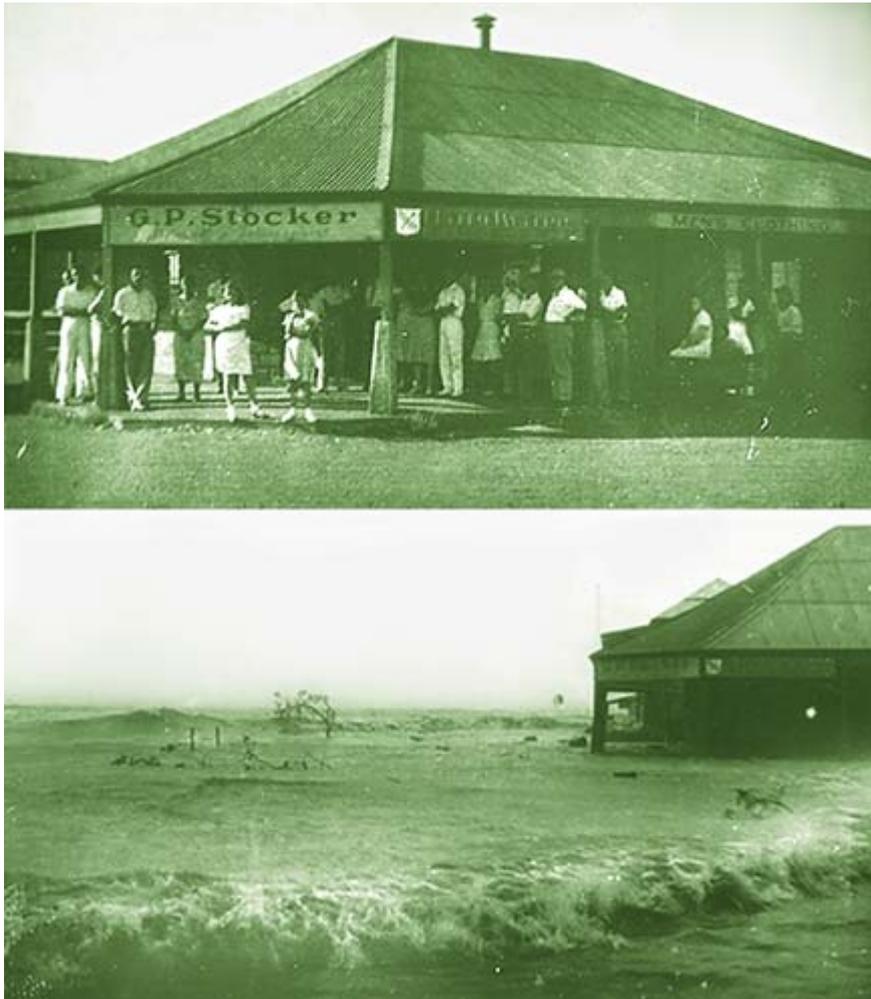
Die Zugpfade von Tropischen Wirbelstürmen sind oft nicht linear, sondern verlaufen mit Sprüngen, mit denen diese Sturmsysteme Landmassen und Inseln oft ausweichen. Dieses „Ausweichen“ macht es für Meteorologen extrem schwierig genau vorherzusagen, wo und wann ein Tropischer Wirbelsturm auf die Küste trifft und wie hoch dann die potentielle Gefahr durch eine Storm Surge sein wird. Meist gehen die zuständigen Behörden dann von der schlimmsten Variante aus und evakuieren die Menschen in den betreffenden Gebieten.



**Abbildung 3:** Die Richelieu Apartments in Pass Christian, Mississippi, August 1969, vor und nach dem Hurrikan Camille. Eine sieben Meter hohe Storm Surge verwüstete diesen massiven Bau und alles im Umkreis (Quelle: Hurrikanarchiv der NOAA Homepage, 2005)

Jeder Tropischer Wirbelsturm, der auf die Küste trifft, bringt eine Storm Surge hervor. Die Höhe und Zerstörungskraft, die dabei aufgebaut wird hängt von mehreren Faktoren ab:

- die Kategorie des Tropischen Wirbelsturms – je stärker die Winde werden, desto höher werden die Wellen aufgeschoben
- die Zuggeschwindigkeit des Tropischen Wirbelsturms – je schneller ein Sturmsystem auf die Küste trifft, desto schneller wird die Storm Surge aufgebaut und umso stärker schlägt sie zu
- der Winkel in dem ein Tropischer Wirbelsturm auf die Küste trifft – je größer der Winkel ist, desto höher wird die Storm Surge aufgeschoben, aber auch bei flachen Winkeln können starke Storm Surges aufgebaut werden, wenn der Landfall in engen Buchten passiert.
- die Beschaffenheit des Meeresboden – die Storm Surge wird stärker aufgebaut, wenn der Seeboden vom Strand flach abfällt. Bei starkem Abfall oder vorgelagerten Riffen fällt die Storm Surge geringer aus.
- die lokale Topographie – Buchten, Landspitzen und vorgelagerte Inseln können die Storm Surge sowohl verstärken als auch abschwächen.



**Abbildung 4:** Ein Geschäft in Port Hedland, Australien, vor und während einer Storm Surge, 1939. (Quelle: Bilderarchiv des australischen Wetterdienstes, 2004)

### 2.3 Das SLOSH Modell des National Hurricane Center

Ein Modell, das Wissenschaftlern bei der potentiellen Berechnung von Storm Surges zur Verfügung steht, ist das so genannte SLOSH Modell. Anhand der Daten, die man von SLOSH erhält, erklären Katastrophenschutzbehörden potentiell betroffene Gebiete zu Evakuierungsgebieten. Was dabei auf keinen Fall außer acht gelassen werden darf, ist die Gefahr, die durch eine Storm Surge aufgestaute Flüsse und Inlandseen ausgeht, da hier Gebiete erreicht werden können, die nicht im direkten Gefahrenbereich des Tropischen Wirbelsturmes liegen.

SLOSH steht für Sea, Lake and Overland Surges from Hurricanes und ist ein Computermodell, welches vom National Hurricane Center (NHC) in Miami betrieben wird um die Windstärke und die Höhe einer Storm Surge voraus zu berechnen. Das wird anhand von historischen Aufzeichnungen, hypothetischen Annahmen und exakten Vorraussagen berechnet.

Wichtige Daten hierbei sind:

- Luftdruck
- Größe des Tropischen Wirbelsturms
- Vorwärtsgeschwindigkeit
- Zugbahn
- Windrichtung und -stärken

Diese Berechnungen werden anhand einer farblich codierten Animation sichtbar gemacht. Die berechnete Höhe der Storm Surge in dem betroffenen Gebiet wird in Fuß über der Referenzhöhe, der National Geodetic Vertical Datum (NGVD), angegeben, die die Höhenreferenz für amerikanische Karten darstellt. Bei der Berechnung dieser Gebiete werden alle relevanten topographischen und physischen Merkmale mit einbezogen:

- Küstenlinie (incl. Buchten und Ästuar)
- Flussdeltas und -läufe
- Wassertiefen
- Brücken und Strassen
- weitere physische Merkmale wie Riffe u.ä.

Wird das Modell zur Berechnung einer Storm Surge eines heranziehenden Tropischen Wirbelsturmes herangezogen (und nicht zur theoretischen Berechnung), müssen die verfügbaren Daten alle sechs Stunden über einen Zeitraum von drei Tagen eingegeben werden um auf immer neue Daten reagieren zu können. Das Modell arbeitet in einem relativ zuverlässigen Rahmen von +/- 20%. Wenn also eine Storm Surge von 10 Fuß angegeben wird, kann man im Allgemeinen mit einer Höhe von 8 bis 12 Fuß ausgehen. Kalkulationsgrößen sind auch die astronomischen Gezeiten, da eine Verbindung von Storm Surge und Springflut eine weit stärkere Bedrohung darstellt. Nicht berücksichtigt werden Regenmengen, Abflußregime eines Flusses und windbedingt verstärkte normale Wellen. Diese Informationen werden dann mit den Ergebnissen des SLOSH Modells an die zuständigen Stellen weitergeleitet um Risikogebiete festzulegen. Das SLOSH-Modell wird auch von anderen Wetterdiensten zur Prognose für mögliche Flutwellen verwendet, wie vom RSMC Tokyo, das Taifune im Nordwestpazifik und Südchinesischen Meer beobachtet und entsprechende Warnungen in der Region veröffentlicht. Auch Taiwan gehört zum Beobachtungsgebiet des RSMC Tokyo.

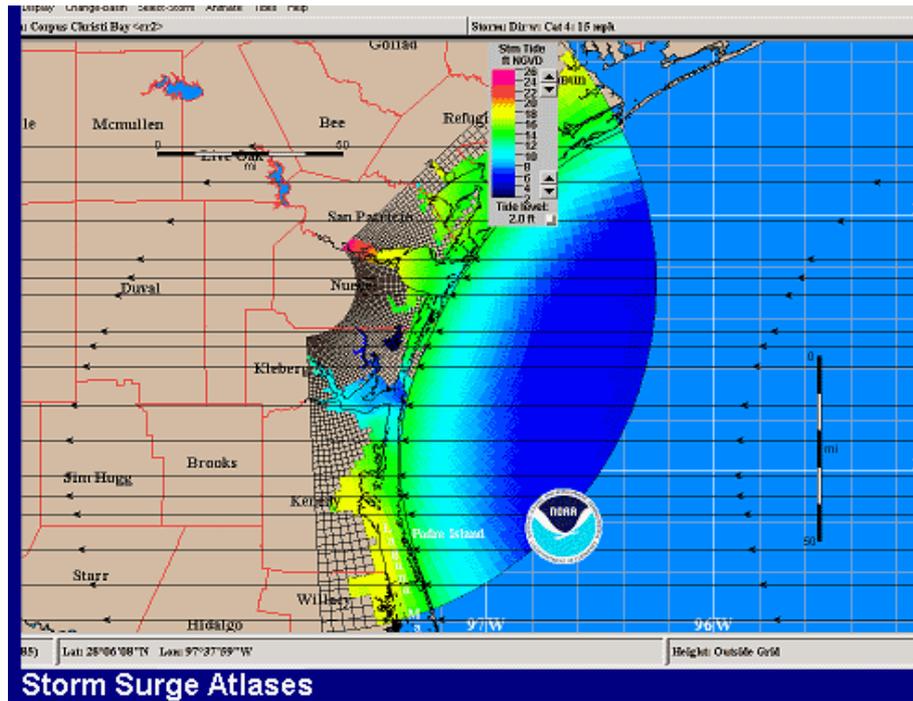


Abbildung 5: Grafische Darstellung einer berechneten Storm Surge, die ein Tropischer Wirbelsturm bei Landfall vor sich herschiebt. (Quelle: Beispielgrafiken des SLOSH Modells, NOAA Homepage, 2003)

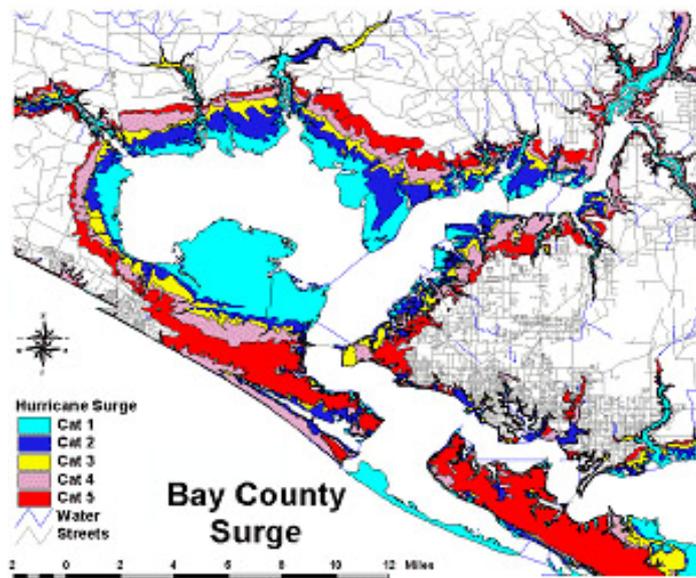


Abbildung 6: Anhand von SLOSH Daten von der FEMA erstellter Storm Surge Atlas (Bsp.: Bay County), der die Wahrscheinlichkeit der Überflutungen durch die jeweiligen Kategoriestärken von Hurrikanen und dadurch verursachter Storm Surges darstellt. (Quelle: Beispielgrafiken des SLOSH Modells, NOAA Homepage, 2003)

## **2.4 Zusammenarbeit des Central Weather Bureau Taiwan mit dem Forecast System Laboratory des amerikanischen Wetterdienstes**

Taiwan ist wie alle Länder, die mit der ständigen Gefahr Tropischer Stürme und Tropischer Wirbelstürme leben müssen, auf ein leistungsfähiges Wettersvorhersagesystem angewiesen. Man benötigt es, um die Flut an Daten schnell und effizient zu verarbeiten, um etwaige Warnungen rechtzeitig veröffentlichen zu können.

Bis Anfang der 1990er Jahre arbeitete man im Central Weather Bureau (CWB) Taiwan mit einem System, das diesen Ansprüchen in keiner Weise gerecht wurde. Es war langsam, es gab nur eingeschränkte Ressourcen und die Weitergabe und Sammlung der Wetterdaten von den Stationen überall auf der Insel dauerte so lange, dass ein ankommender Sturm nicht bewertet werden konnte. Das lag einfach daran, dass man die Daten nicht in der nötigen Zeit bekam und verarbeiten konnte, um notwendige Warnungen heraus zu geben. Das vorhandene System war einfach nicht adäquat und musste dringendst durch ein neues ersetzt werden.

1990 unterzeichnete man das „Joint Systems Project“ mit dem American Institute, der inoffiziellen „Botschaft“ der Vereinigten Staaten in Taiwan. Das Forecast System Laboratory (FSL) in Boulder, Colorado, wurde damit beauftragt, in Zusammenarbeit mit dem Central Weather Bureau, ein modernes leistungsfähiges System zu entwickeln. Auch das nötige technische Wissen sollte durch Training und technische Hilfe vermittelt werden.

Das Forecast System Laboratory ist die Entwicklungsabteilung der National Oceanic and Atmospheric Association für Wettersvorhersagesysteme. Unterdessen wurde es in die Global Systems Division of the Earth System Research Laboratory umbenannt.

Das Abkommen hatte eine Laufzeit von 5 Jahren zwischen dem Taipei Economic and Cultural Representative Office und dem American Institute.

Die wichtigsten Komponenten des Abkommens waren:

- Entwicklung meteorologischer Workstations, mit vollem System- und Softwaredesign, Dokumentationen, sowie Bereitstellung zukünftiger Upgrades
- Anpassung der Entwicklungen des FSL für verschiedenste Vorhersagezwecke
- Technische Ausbildung und Unterstützung sowohl im FSL und im Central Weather Bureau.

1992 wurde das neu entwickelte PC-Basierende System, Weather Information and Nowcasting System (WINS) sechs Monate vor dem Zeitplan in Dienst gestellt. Der wichtigste Punkt des neuen Systems war die Fähigkeit, die Daten der landesweiten Wetterstationen sofort abzurufen und auszuwerten. Damit war der erste Schritt, eine schnelle und zeitgerechte Vorhersage zu veröffentlichen, erreicht.

WINS wertet heute zeitgleich Daten der taiwanesischen Wetterstationen, des Numerical Weather Prediction Model des CWB, des European Center for Medium-Range Forecasting und Satellitenbilder der japanischen geostationären Wettersatelliten aus. Diese Daten werden auch Außenstehenden Institutionen, wie dem Taiwan Hydrology Bureau, zur Verfügung gestellt.

1996 trat eine zweite Phase des Abkommens in Kraft, das man bis zum Juni 2001 verlängert hat.

Kernpunkte der Phase Zwei waren:

- Verbesserung des existierenden Vorhersagesystems und Integration neuer Komponenten und Datenquellen
- Training des Personal, für bessere Vorhersagen und bessere Einschätzung lokaler Wetterkomponenten
- Verbesserung des Radarsystems für die effektivere Ausnutzung der Daten von konventionellen und Dopplerradaren
- Aufwertung des Numerical Weather Prediction Models für die Analyse von Satellitendaten und anderer Datenquellen
- Vereinfachte Übermittlung und Zugänglichkeit der Analysen für die Öffentlichkeit, insbesondere für Telekommunikationsnetzwerke
- Ausbau des internen Netzwerkes für reibungslose Kommunikation mit dem Neubau des Central Weather Bureau

Um das zu erreichen wurde das neue Vorhersagesystem WFO-Advanced (Weather Forecast Office Advanced System) entwickelt, das in das bestehende AWIPS (Advanced Weather Intercative Processing System) eingebettet wird. Um die Kommunikation der verschiedenen Systeme zu verbessern und zu gewährleisten entwickelte man das neue NICE (Network Information exChange Environment). Damit können auch andere Institutionen auf die Daten zugreifen. Das in den USA 1998 eingeführte Vorhersage-Vorbereitungs-System AFPS (AWIPS Forecast Preparation System) wird auch in Taiwan eingebaut und ermöglicht eine verbesserte und effizientere Methode, Vorhersagen graphisch und anschaulich vorzubereiten.

Um die Masse an Daten vorzusortieren wurde das MAPS (Mesoscale Analysis and Prediction System), das in den USA die 48 Festlandsstaaten überwacht, auch für das CWB umfunktioniert. Es dient hauptsächlich der Analyse der eingehenden Winddaten.

Auch ein reger Personaltransfer zwischen dem FSL und dem CWB ist ein wichtiger Punkt. Über 40 Mitarbeiter des FSL waren bis heute als Trainer und Techniker in Taiwan stationiert und im Gegenzug schickte das CWB viele ihrer Techniker in die USA um vor Ort das nötige Wissen zu erlernen, um das heimische System stetig zu verbessern.

Die Zusammenarbeit zwischen dem amerikanischen und dem taiwanesischen Wetterdienst funktionierte auch deswegen so hervorragend, da die Aufgaben und die Struktur der beiden Dienste sehr ähnlich sind, was die Abwicklung und Integration neuer Systeme und Modelle vereinfachte. Mit Abschluss des Projektes im Juni 2001 war der taiwanesischen Wetterdienst von einem unterentwickelten, technisch veralteten Dienst zu einem der am besten ausgestatteten und technisch versiertesten Wetterdienste der Welt geworden und ist den heutigen Anforderungen gewachsen. Auch die Überwachung von Taifunen ist heute „state-of-the-art“ und gewährleistet mittlerweile viel genauere Vorhersagen, wann, wo und wie stark ein Taifun Taiwan bedrohen wird.

## 2.5 Die Beaufort- und die Saffir-Simpson-Skala

### Die Beaufort Skala

Sir Francis Beaufort entwickelte im Jahre 1806 als Kommandant seines Schiffs „Woolwich“ eine zwölfteilige Skala. Die Maßeinheit dieser Skala lautet seitdem Beaufort, abgekürzt Bft. Als Messinstrument diente ihm dabei das Gesamtverhalten der Segel seines Schiffes bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten. Vorläufer dieser Idee waren John Smeaton und ein Mr. Rouse, die 1759 das Verhalten von Windmühlensflügeln in der Smeaton-Rouse-Skala beschrieben hatten. Beauforts Leistung bestand vor allem darin, die Skalierung landunabhängig zu machen. 1835 wurde die Beaufortskala auf der Ersten Internationalen Meteorologischen Konferenz in Brüssel als allgemein gültig angenommen. Die Skala ist mit wenigen, kleinen Veränderungen bis heute gültig. 1949 wurde sie auf Beschluss der Internationalen Meteorologischen Organisation auf 17 Stufen erweitert. Die Stufen 13 bis 17 entsprechen dabei der Saffir-Simpson-Hurrikan-Skala. Zwischen Windgeschwindigkeit  $v$  und Beaufort-Stärke  $B$  besteht dabei in etwa folgender Zusammenhang:

$$v \text{ (in m/s)} = 0,836 \cdot B^{3/2} \quad \text{bzw.} \quad v \text{ (in km/h)} = 3,01 \cdot B^{3/2}$$

Üblicherweise werden die letzten Stellen des Geschwindigkeitsbetrags auf- bzw. abgerundet, je nachdem, ob es sich um die untere oder obere Geschwindigkeitsgrenze der jeweiligen Windstärke handelt. Windstärke 9 Bft (d.h.  $B$  zwischen 8,5 und 9,4) entspricht also einer Windgeschwindigkeit zwischen 20,8 und 24,4 m/s, 10 Bft entsprechend 24,5 bis 28,4 m/s usw. Dieses Potenzgesetz gilt für die Stärken 0 bis 12. In extremen Fällen oder für Stürme auf anderen Planeten, etwa dem Mars wird die Windgeschwindigkeit direkt angegeben. Anmerkung: Der Winddruck steigt mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit und damit mit dem Kubus der Beaufort-Zahl. Die höchste Windgeschwindigkeit, die in Deutschland bislang gemessen wurde, lag bei 335 km/h. Sie wurde am 12. Juni 1985 auf der Zugspitze registriert. Sie entsprach rechnerisch dem Beaufort-Wert 23,1.

## Die Saffir-Simpson-Skala

Als Erweiterung der vor 150 Jahren von Admiral Sir Francis Beaufort (geb. 1774, gest. 1857) entwickelten Skala setzte man 1949 fünf weitere Stufen ein, da die ursprüngliche Einteilung den bei Tropischen Wirbelstürmen vorherrschenden Windgeschwindigkeiten nicht mehr gerecht wurde. Das Ergebnis war Anfang der 1970er Jahre die Saffir-Simpson-Skala, die von Herbert Saffir und Robert Simpson, einem früheren Direktor des National Hurricane Center anhand von Studien über die Auswirkungen von Hurrikanen, speziell des Hurrikans „Camille“, entwickelt und ab 1972 vom National Hurricane Center offiziell eingeführt wurde.

Tabelle 1

SS	Bezeichnung	MWG in m/s	MWG in km/h	MWG in Landmeilen/h	MWG in Knoten
1	schwach	32,7 - 42,6	118 - 153	73 - 95	64 - 82
2	mäßig	42,7 - 49,5	154 - 177	96 - 110	83 - 96
3	stark	49,6 - 58,5	178 - 209	111 - 130	97 - 113
4	sehr stark	58,6 - 69,4	210 - 249	131 - 155	114 - 134
5	verwüstend	49,5 und mehr	250 und mehr	156 und mehr	135 und mehr

SS= Saffir-Simpson / MWG= Mittlere Windgeschwindigkeit (Quelle: Sturm, Münchner Rückversicherungsgesellschaft, 2003)

**Stufe 1:** geringe Schäden an Gebäuden, Schäden hauptsächlich an Vegetation und Landwirtschaft, kleinere Überschwemmungen an Küstenstrassen, Schäden an Holzpielen = Windgeschw.: 118-153 km/h

**Stufe 2:** Nennenswerte Schäden an Dächern, Fenstern, Türen, starke Schäden an Vegetation und Landwirtschaft, starke Schäden an Booten in ungeschützten Häfen, starke Schäden an Pieren = Windgeschw.: 154-177 km/h

**Stufe 3:** Starke Schäden an Gebäuden, in Küstennähe Zerstörung von Gebäuden, Überschwemmungen bis ins Inland, Verluste von Ernten, erhebliche Schäden durch mitgeschwemmte Trümmer an Gebäuden, Telefon- und Stromausfälle durch umgeknickte Telefon- und Strommasten = Windgeschw.: 178-209 km/h

**Stufe 4:** schwere Zerstörungen an massiven Gebäuden, bei Dächern Totalverluste, schwere Überschwemmungen, starke Erosion durch Flutwellen an Küstenstrichen, Flutschäden bis ins Landesinnere, erhebliche Schäden an Industrieanlagen, Schäden an Schiffen in großen geschützten Häfen, Zusammenbruch der Kommunikation und der Stromversorgung, Notstand in betroffenen Gebieten und erste Evakuierungen = Windgeschw.: 210-249 km/h

**Stufe 5:** Verheerende Schäden an Industriegebäuden, totale Zerstörung von Privateigentum, groß angelegte Evakuierungen notwendig, verheerende Überschwemmungen, massive Schäden an Küsten durch Flutwellen, ganze Regionen von Außenwelt abgeschnitten. Landesweiter Not-

stand, Zusammenbruch der medizinischen Versorgung in betroffenen Gebieten = Windgeschw.: > 250 km/h

## **2.6 Das Tropical Cyclone Program der World Weather Watch**

Das Tropical Cyclone Program wurde 1972 als Tropical Cyclone Project von der World Weather Watch als Teil ihres Applications Department eingerichtet. Damit reagierte die World Weather Watch auf den katastrophalen Tropischen Wirbelsturm, der 1970 das Bhrmaputradelta überflutete und über 300.000 Menschen das Leben kostete. Ziel des Programms ist der Erstellung eines koordinierten Frühwarnsystems, welches sowohl auf nationaler als auch regionaler, aber auch multilateraler, Ebene den Schaden und den Verlust menschlichen Lebens durch Tropische Wirbelstürme auf ein Minimum zu reduzieren soll.

Dies soll vor allen Dingen durch koordinierte und kooperative Aktionen erreicht werden, die die beteiligten Mitgliedsländer, regionale World Weather Watch Institutionen aber auch andere internationale und regionale Institutionen involviert:

- möglichst genaue Vorhersagen eventueller Flutwellen, die durch Tropische Wirbelstürme verursacht werden können
- möglichst genaue Vorhersagen von Tropischen Wirbelstürmen und deren Zugbahnen, sowie die relative Vorhersage von damit in Verbindung auftretenden starken Winden und Böen
- die quantitative und zeitliche Vorhersage von Starkregenereignissen
- Simulation und dadurch möglichst genaue Vorhersage von Storm Surges
- generelles Frühwarnsystem für Gebiete, die durch Tropische Wirbelstürme bedroht werden
- Bereitstellung dieser Frühwarnsysteme für Aufklärungsarbeit, Ausbildung und Sensibilisierung der Bevölkerung in diesen Gebieten
- Bereitstellung der wichtigen meteorologischen und hydrologischen Daten und Unterstützung bei der Gefahreinschätzung und der Risikobewertung durch Tropische Wirbelstürme
- Entwicklung von nationalen Katastrophenschutzplänen

Direkt nach Etablierung des Tropical Cyclone Projects engagierte sich die World Weather Watch zusammen mit der United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, kurz ESCAP, bei zwei multilateralen regionalen Organisationen, dem Typhoon Committee und dem Panel on Tropical Cyclones. Diese beiden Organisationen wurden gesponsert und mit technischer und wissenschaftlicher Hilfe unterstützt. 1974 und 1978 kamen bei der World Weather Watch Regional Association weitere Arbeitsgruppen hinzu, erstens das Tropical Cyclone Committee for the South-West Indian Ocean, bezeichnet als Regional Association

on for Africa (RA I), und zweitens das Hurricane Committee, bezeichnet als Regional Association for North America (RA IV).

1979 wurde das Tropical Cyclone Project, um es aufzuwerten und seinen Einsatzgrad zu verstärken, bis 1980 offiziell in das Tropical Cyclone Programme umbenannt.

1985 kam als dritte Arbeitsgruppe das Tropical Cyclone Committee for the South Pacific and South-East Indian Ocean, bezeichnet als Regional Association for South-West Pacific (RA V), hinzu.

Mit dieser letzten Arbeitsgruppe waren alle Gebiete, die durch Tropische Wirbelstürme bedroht werden, abgedeckt. Insgesamt gibt es zwölf zu überwachende Seezonen, die von sechs großen Forschungs- und Überwachungsstationen, den so genannten Regional Specialised Meteorological Centers, betreut werden:

1. RA IV Hurricane Committee: Hauptquartier in Miami – Seezonen I + II
2. Central Pacific Hurricane Center: Hauptquartier in Honolulu – Seezone III
3. ESCAP/WMO Typhoon Committee: Hauptquartier in Tokyo – Seezone IV
4. ESCAP/WMO Panel on Tropical Cyclones: Hauptquartier in New Delhi – Seezone V
5. RA I Tropical Cyclone Committee for the South-West Indian Ocean: Hauptquartier in La Réunion – Seezone VI
6. RA V Tropical Cyclone Committee for the South Pacific and South-East Indian Ocean: Hauptquartier in Nadi/Fiji – Seezonen VII bis XII

Nebenstandorte sind hier in Perth, Darwin, Port Moresby, Brisbane und Wellington.

Das Tropical Cyclone Committee for the South Pacific and South-East Indian Ocean stellt hier eine Besonderheit dar, da hier mehrere Überwachungszonen einem Hauptquartier unterstellt sind, das die Arbeit dann an untergeordnete Forschungsstationen delegiert und so die Überwachung garantiert.

Das RSMC Tokyo (Regional Specialized Meteorological Center) ist eine Unterabteilung der Japan Meteorological Agency, des japanischen Wetterdienstes. Dieses RSMC ist für den gesamten Nordwestpazifik und das südchinesische Meer zuständig, also auch für das Hoheitsgebiet Taiwans. Allerdings hat für Taiwan als Kooperationspartner und Informationsgeber das Joint Typhoon Warning Center der US Navy in Pearl Harbor auf Hawaii einen größeren Stellenwert, was sicherlich auch aus der engen Bindung der beiden Staaten in Hinblick auf Wirtschaft und Militär herrührt.

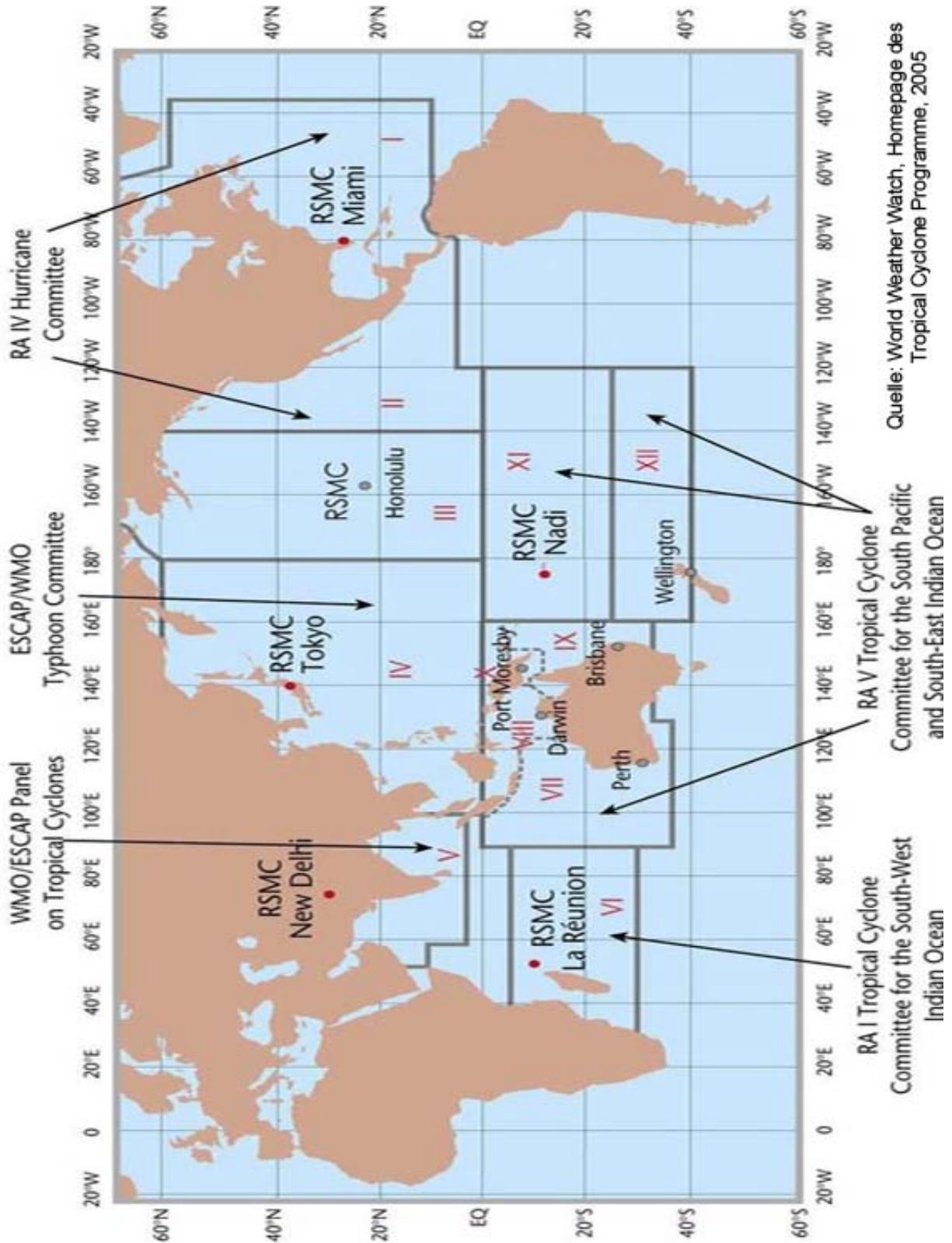


Abbildung 7: Übersichtskarte über die einzelnen RSMC's weltweit, sowie deren Verantwortungs- und Beobachtungsbereich (Area of Responsibility). (Quelle: World Weather Watch, Tropical Cyclone Programme, Homepage der WMO, 2002)

Quelle: World Weather Watch, Homepage des Tropical Cyclone Programme, 2005

## 2.7 Der Anstieg des globalen Meeresspiegels

Ein bereits heute aktuelles Problem für tief liegende Küstenabschnitte und Inseln, ist der langsam aber beständig steigende globale Meeresspiegel. Allein in den letzten hundert Jahren ist der globale Meeresspiegel zwischen 10 bis 25 cm angestiegen. Die Daten erhalten Wissenschaftler von Gezeitenmessanlagen. Dabei stieß man aber auf unvorhergesehene Probleme. Die normalen Messsysteme arbeiten relativ zu einem festen Punkt auf dem Land, womit man dann die Meeresspiegelhöhe festlegen kann. Diese Geräte sind meist an Pieren oder Fixpunkten befestigt und werden anhand eines geodätischen Punktes geeicht. Die Eichung wird normalerweise einmal pro Jahr kontrolliert, um festzustellen, ob der Pier oder Punkt sich gesetzt hat. Bei diesen konventionellen Systemen lässt man außer Acht, dass nicht nur der Meeresspiegel Bewegungen unterworfen ist, sondern auch die Erdoberfläche. Hier spielen isostatische Effekte, Neotektonik und Sedimentation eine immense Rolle. Deswegen ist bei Langzeitmessungen mit konventionellen Systemen oft Vorsicht und eine gesunde Portion Skepsis angebracht, da nie gesichert ist, ob diese Systeme die vertikalen Bewegungen des Festlandes berücksichtigen oder nicht, was die Ergebnisse erheblich verfälschen würde. Wichtigster und allgegenwärtigster Faktor für die vertikalen Bewegungen ist der Post Glacial Rebound (PGR), der die Hebung der nach der letzten Eiszeit von Eis bedeckten Landmassen bezeichnet. Hauptgebiete sind hierbei der skandinavische Festlandschild, Schottland und große Teile Kanadas.

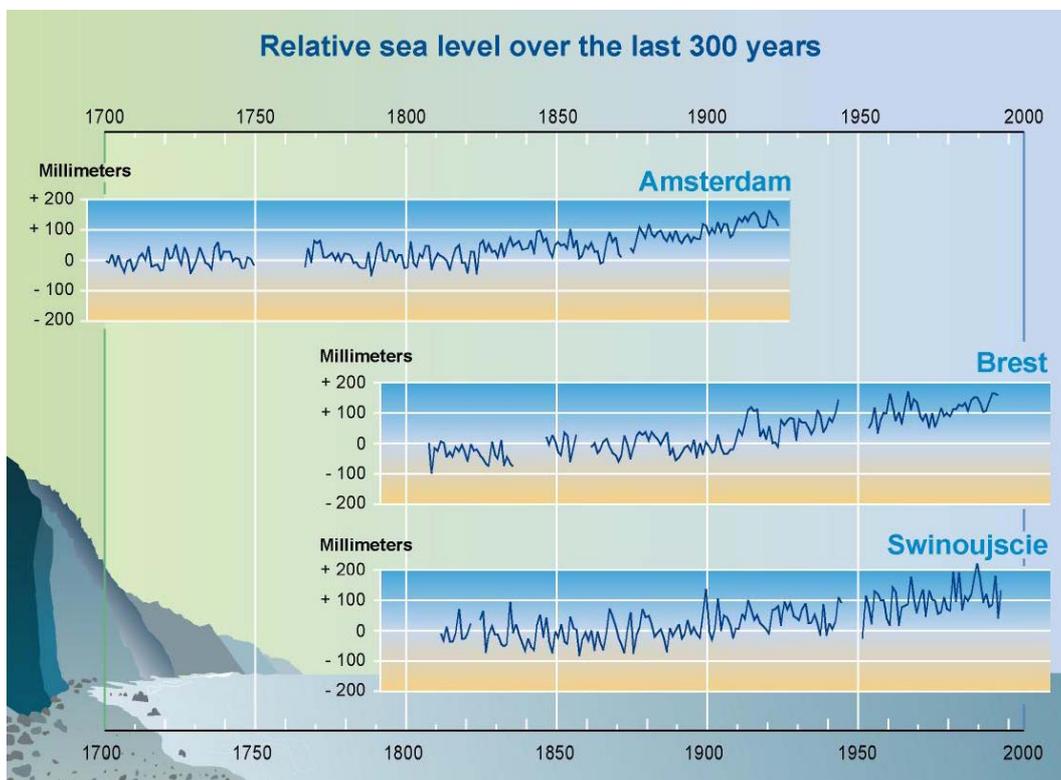


Abbildung 8: Quelle: United Nations Environmental Programme, UNEP-Homepage, 2005

Dieser Effekt ist aber weltweit zu beobachten, nur läuft er hier mit derselben Magnitude wie die globale eustatische Hebung. Inwiefern sich dieser Effekt auswirkt, kann man an einem Beispiel der Städte Baltimore und Stockholm feststellen:

Während der letzten 100 Jahre stieg der Meeresspiegel bei Baltimore und der gesamten Chesapeake Bay im Mittel um 3,5 mm pro Jahr. Im Vergleich dazu fiel der Meeresspiegel in Stockholm in diesem Zeitraum um 4 mm, da sich die Landmasse noch immer seit dem Ende der Vergletscherung erhebt. Dieser starke Effekt des fallenden Meeresspiegels tritt aber nur in Regionen auf, die während der letzten Eiszeit massiv vereist waren. Die meisten Küstengebiete sind einem steigenden Meeresspiegel ausgesetzt.

Man geht mittlerweile davon aus, dass die Erwärmung und die thermale Expansion in den Weltmeeren während der letzten 100 Jahre für einen Anstieg von 2-7 cm verantwortlich sind. Der andere Faktor ist der weltweite Rückzug und die damit verbundene Schmelze der Gletscher und Eisschilde, infolge der globalen Erwärmung, die für weitere 2-5 cm Meeresspiegelanstieg verantwortlich sind. Über die weiteren Faktoren, die noch zum Anstieg beitragen, ist man sich noch nicht im Klaren, wobei ein wichtiger Forschungsansatz hierbei die antarktischen und grönländischen Eisschilde und deren Einfluss auf den globalen Meeresspiegel sind.

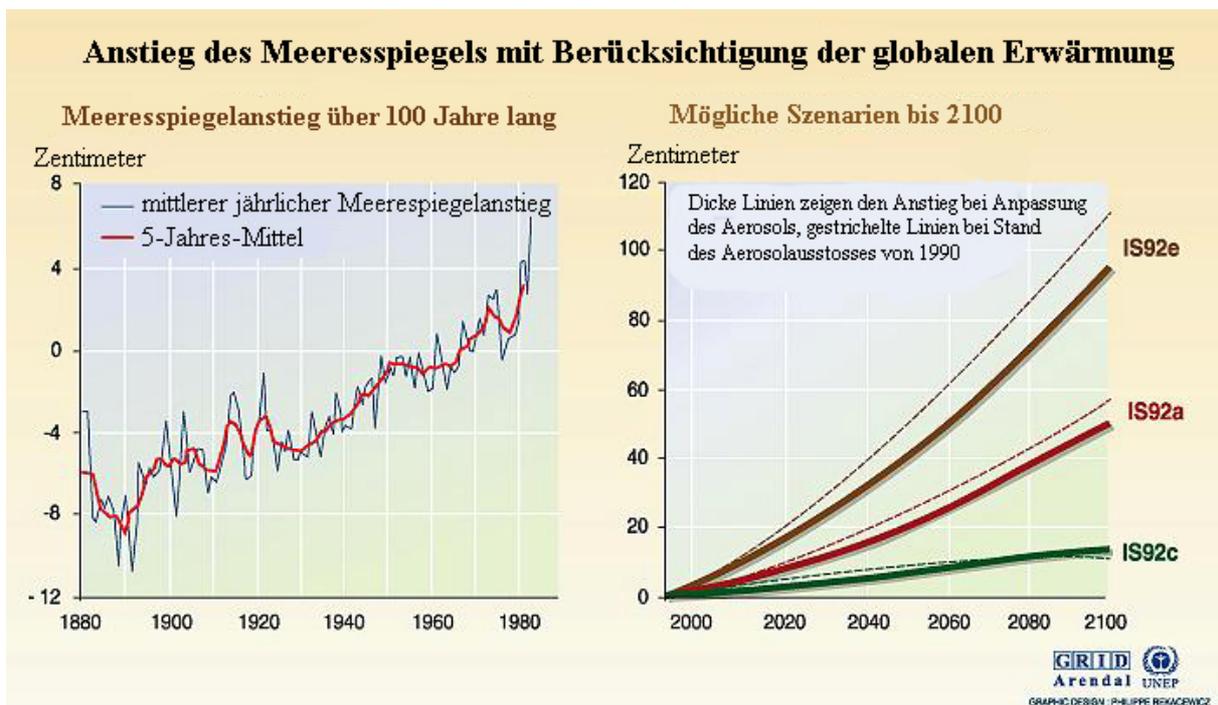
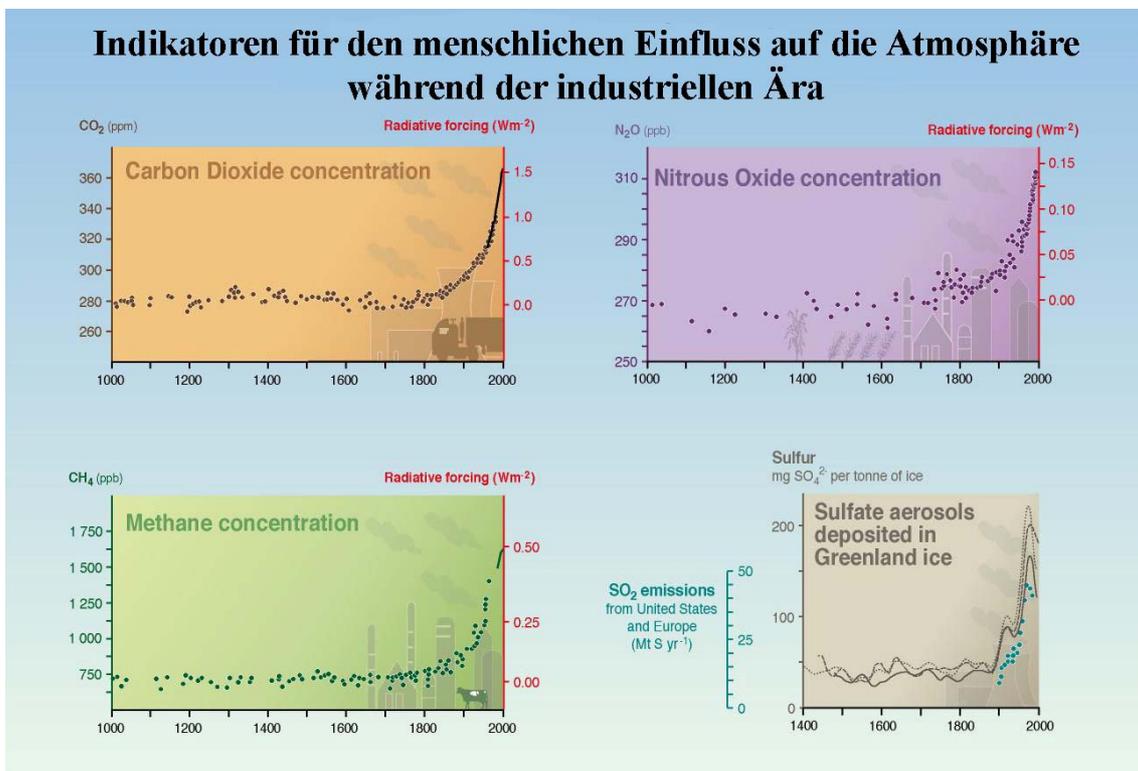


Abbildung 9: Quelle United Nations Environmental Programme, Homepage der UNEP

Schreckensbilder, wie ein überflutetes Manhattan, die reißerische Dokumentation gerne zeigen, sind zwar fern jeder Realität, aber die Schäden, die ein langsam steigender Meeresspiegel und die damit verbundene Überschwemmung von tief liegenden Küstengebieten sowie Erosion verursachen können und bereits in manchen Gegenden der Welt tun, könnten verheerende Ausmaße annehmen.

Auch am Mississippi-Delta im Golf von Mexico ist diese Entwicklung zu beobachten, wo durch den Anstieg schon ein Verlust von mehr als 100 km<sup>2</sup> Feuchtgebiet pro Jahr während des letzten Jahrhunderts zu verzeichnen war. Damit ist diese Region die am stärksten betroffene in den gesamten Vereinigten Staaten. Durch den gestiegenen Meeresspiegel ist die Erosionskraft im Deltabereich gewachsen und hat dadurch zu einem Defizit im Sedimentationsbudget geführt, wodurch sich die Sedimentfracht des Mississippi im Delta nicht mehr so anlagern kann, wie bisher. Was bei Langzeitbeobachtungen des Meeresspiegels aber auch zu beobachten ist, ist die Tatsache, dass der Meeresspiegel auch kurzzeitigen, in unregelmäßigen Abständen und wechselnden Stärken, wiederkehrenden Fluktuationen und Anstiegen unterworfen ist. Diese Fluktuationen verhindern dann eine akkurate Messung und sorgen so für Lücken in den Datenreihen, wie sie in dem Diagramm oben zu sehen sind. Wie schon angesprochen, sind viele Aspekte, die in diese Entwicklung hineinspielen, noch nicht erforscht. Was jedoch von Wissenschaftlern allgemein angenommen wird, ist die Tatsache, dass die Erwärmung der Atmosphäre und die Erwärmung und die damit verbundene Expansion der Weltmeere miteinander verknüpft sind. Ausschlaggebend für diese beständige Entwicklung, ist die Annahme von Klimaforschern, dass sich die globale Durchschnittstemperatur während der letzten Hundert Jahre um 0,5°C erhöht hat. Diese Erwärmung hätte eine Erhöhung des Meeresspiegels um 1 mm zur Folge. Wichtiger Faktor für die globale Erwärmung, über deren Ausmaß auch noch höchst unterschiedliche Ansichten vertreten werden, sind sicherlich die Aerosole und Treibhausgase, die seit Eintritt in die industrielle Ära massiv zugenommen haben.



**Abbildung 10:** Diese Diagramme zeigen eindrucksvoll die rasante Zunahme des Aerosoleintrags in die Atmosphäre. Das vierte Diagramm zeigt auf, wie stark auch die Ablagerung von Sulfaten auf dem Eisschild von Grönland ist. (Quelle: United Nations Environmental Programme, UNEP-Homepage, 2005)

Messungen belegen, dass der globale Meeresspiegel in den letzten 100-150 Jahren um 2 mm pro Jahr gestiegen ist. Was allerdings noch nicht belegt ist und vielleicht auch nicht belegt werden kann, ist die von einigen Wissenschaftlern vertretene Meinung, dass der Anstieg einer Beschleunigung unterworfen ist. Aber auch diese 2 mm jährlich sind noch kein eindeutiger Beweis für eine kurzfristige Entwicklung. Es könnte genau so gut eine Langzeitmagnitude sein, die über einen größeren Zeitraum, als bisher angenommen, verläuft und jede Beobachtung damit unsicher macht. Genaue Meeresspiegelschwankungen werden erst seit knapp 150 Jahren einigermaßen akkurat untersucht, ein zu geringer Zeitraum, um exakte Aussagen zu machen. Wie auch immer diese Untersuchungen ausgehen, die Bedrohungen durch den Anstieg sind bereits heute Realität. Weltweit haben Küstenstädte mit dieser Gefahr zu leben und es müssen Anstrengungen unternommen werden, um die bedrohten Gebiete dagegen abzusichern. New Orleans, Rotterdam und Jakarta sind große Städte der Welt, die teilweise schon über einen Meter, stellenweise sogar zwei Meter, unter dem Meeresspiegel liegen. Aber nicht nur Großstädte sind davon betroffen, sondern auch alle anderen Küstengebiete auf Meeresniveau.

Tabelle 2:

<b>Verteilung der Weltbevölkerung gemessen am Abstand zur nächsten Küstenlinie</b>				
Distanz von der Küste (km)	Bevölkerung (Millionen)	Gesamt-Bevölkerung (Million)	Gesamtanteil in Prozent	Geschätzte Dichte (Einw./km <sup>2</sup> )
bis zu 30	1147	1147	20.6	382
>30 bis 60	480	1627	29.2	160
>60 bis 90	327	1954	35.0	
>90 bis 120	251	2205	39.5	
über 120	3362	5567	100	

Basierend auf der digitalen Vektorkarte von Tobler et al. (1995 and 1997), 1:5 Millionen Maßstab, Bevölkerungsstand von 1994. (Quelle: Gommaes & du Guerny: Potential Impacts of Sea-Level Rise on Populations and Agriculture, FAO 1998)

1994 lebten über 20 % der Weltbevölkerung in unmittelbarer Nähe zur Küste. Besonders für dicht besiedelte Küstenstriche, wie die von Java, ist der steigende Meeresspiegel eine ernste Bedrohung ihrer Existenz. Nicht nur Immobilien sind bedroht, sondern natürlich auch Industrie-

standorte und Infrastruktur. Somit ist dieses Problem nicht nur ein wachsendes Humanitäres, sondern auch ein Ökonomisches.

## **2.8 Der steigende Meeresspiegel als Problem für Taiwan**

Taiwan ist sich der Gefahren, die ein langsam aber stetig steigender Meeresspiegel für sein Territorium bedeutet, sehr bewusst. Die meisten Großstädte liegen unmittelbar an, oder knapp hinter, der Küste. Aber nicht nur die Städte sind davon betroffen. Auch andere wichtige Bereiche sind durch diese schleichende Gefahr bedroht. Nahezu jeder Bereich des öffentlichen Lebens, Wirtschaft, Industrie, Landwirtschaft, Fischerei, Verkehr, Militär, aber auch Schutzbauten für Gezeitschutz, Entwässerung und Naturschutzgebiete sind von diesem Prozess betroffen.

Man hat Studien in Auftrag gegeben, die schätzen sollen, wie stark der Anstieg des Meeresspiegels Taiwan beeinflussen wird. Die Ergebnisse waren alarmierend:

Taiwan verzeichnet in den beiden Gebieten Tainan und Chiayi ein Absinken des Landes von 1 cm pro Jahr. Kombiniert man diesen Effekt mit einem veranschlagten Anstieg des Meeresspiegels von durchschnittlich 0,5 cm pro Jahr, kommt man zu einer Rate von 1,5 cm pro Jahr, was eine erschreckend hohe Rate ist. Seit 90 Jahren wird in Taiwan der Meeresspiegel überwacht, hauptsächlich für die Schifffahrt, aber seit man sich des Problems bewusst ist, auch für wissenschaftliche Zwecke und nicht mehr nur reine Statistiken. 14 Stationen sind für diesen Zweck eingerichtet worden. Es zeigt sich, dass der Meeresspiegel nicht überall gleichmäßig ansteigt. In Keelung und Kaohsiung steigt der Meeresspiegel jährlich um 0,035 cm und 0,061 cm. Im Hafen von Taichung dagegen sank er um 0,0364 cm ab. Daraus ergibt sich ein Nord-Süd-Gefälle: Im Nordwesten, Nordosten und Süden der Insel steigt der Meeresspiegel langsam an, in den zentralen Teilen sinkt er ab. Eine Überwachung der nördlichen Küstenlinie zeigt, dass diese Region relativ stabil ist, aber die Erosion einen sehr starken Effekt auf diese Linie hat. Allein in den letzten 20 Jahren wich die Küstenlinie um 20-50 Meter zurück und auch in den zentralen Küstengebieten mehren sich die Zeichen, dass hier die Erosion in den nächsten Jahren stärker auswirken wird, als bisher. Da sich der Meeresspiegel nicht nur auf die Küstenlinie auswirkt, sondern auch auf Flussdeltas, hat man auch diese Gebiete einem Planspiel unterzogen. Das erste Gebiet war das Flussdelta des Tseng-Wen, der nördlich der Stadt Tainan in das Meer mündet und die I-Lan Sedimentebene an der Nordostküste der Insel im Chiayi Xian. Hier nahm man an, dass der Meeresspiegel in Hundert Jahren um 0,5 m, 1 m und 1,5 m ansteigen werde. Im Bereich An-Ping, einer kleinen Gemeinde westlich von Tainan würden unter diesen Bedingungen 30,6 %, 50,0 % und 72,5 % des Gebietes geflutet werden. In der I-Lan Ebene im Bereich Wu-Chien wären 13,0 %, 27,2 % und 40,2 % der Fläche betroffen. Bei einem angenommen ansteigenden Meeresspiegel von 1m, 2m, 3m und 4m wäre im Tainan-Xian eine Fläche von 51,9 km<sup>2</sup>, 75,8 km<sup>2</sup>, 99,8 km<sup>2</sup> und 121,4

km<sup>2</sup> betroffen, Im Chiayi-Xian eine Fläche von 119,1 km<sup>2</sup>, 162,7 km<sup>2</sup> und 207,4 km<sup>2</sup> betroffen.

Gegen diese potentielle Bedrohung will Taiwan mit verschiedenen Strategien vorgehen:

1. Eine komplette Bewertung der 1.566,3 km taiwanesischer Küste in Hinblick auf den steigenden Meeresspiegel. Ziel ist es, die Fläche, die davon betroffen sein wird, die dort lebende Bevölkerung, sowie die sozioökonomischen Aspekte für eine Vorbeugungsstrategie zu erfassen.  
Fallstudien reichen hierzu nicht mehr. Es muss eine lückenlose Risikoeinschätzung erhoben werden, um für die Zukunft zu wissen, wo man sich verstärkt engagieren muss.
2. Ein verbesserter Küstenschutz, der mit dem Neubau von Flutschutzbauten und besseren Drainage-Systemen einhergehen soll. Die Erstellung neuer Methoden zur Vorbeugung von Gezeiten und Flutereignissen durch genaue Analysen von Flut- und Überflutungsmodellen, um in Zukunft den Schutz von Leben und Eigentum in diesen Regionen gewährleisten zu können.
3. Den Einfluss des steigenden Meeresspiegel reduzieren, indem man die Nutzung dieser Gebiete rigoros einschränkt, den Neubau in tief liegenden Gebieten kontrolliert, Umsiedlungspläne von Industrien an sicherer Standorte unterstützt, aber auch Dünen und Feuchtgebiete, die einen natürlichen Schutz darstellen, unter Schutz stellt.
4. Den strengen Schutz von bedrohten Küsten-Ökosystemen, notfalls durch künstliche Schutzbauten wie Dämme und Deiche. Diese Methode stellt aber meiner Meinung nach einen tiefen Eingriff in den natürlichen Raum ein, den man damit eigentlich schützen will.
5. Kontrolle von groß angelegten Entwicklungsplänen in Küstengebieten, wie z.B. küstennahe Industrieparks. Eingebunden in diese Kontrolle werden die Ergebnisse der Fallstudien des prognostizierten Meeresanstiegs und eine neue Risiko-Nutzen-Einschätzung des Projektes
6. Einbindung von Erkenntnissen und Vorgehensweisen aus internationalen Projekten, in die man durch Kooperation und Wissensaustausch involviert ist.
7. Übergangslösungen für Gebiete, die vor Überschwemmung durch oben genannte Strategien nicht geschützt werden können. Diese Pläne müssen sowohl für die betroffene Bevölkerung, als auch für die ansässige Industrie Umzugspläne und Neuansiedlungspläne in anderen Gebieten beinhalten, um die Schäden zu minimieren.
8. Die genaue Abgrenzung der potentiellen Flutebenen und die Entwicklung und Einbindung eines Flutversicherungssystems, das die verschiedenen Zonen dieser Flutebenen kategorisiert und damit unverantwortliche Entwicklung und Besiedelung verhindern oder zumindest einschränken soll.
9. Einrichtung von Überwachungssystemen: Einmal für den Meeresspiegel und ein weiteres für Küsten und Küstengebäude. Der Ausbau und die technische Erneuerung bestehender Systeme und die

Einrichtung einer Datenbank mit diesen Ergebnissen für weitere Maßnahmen.

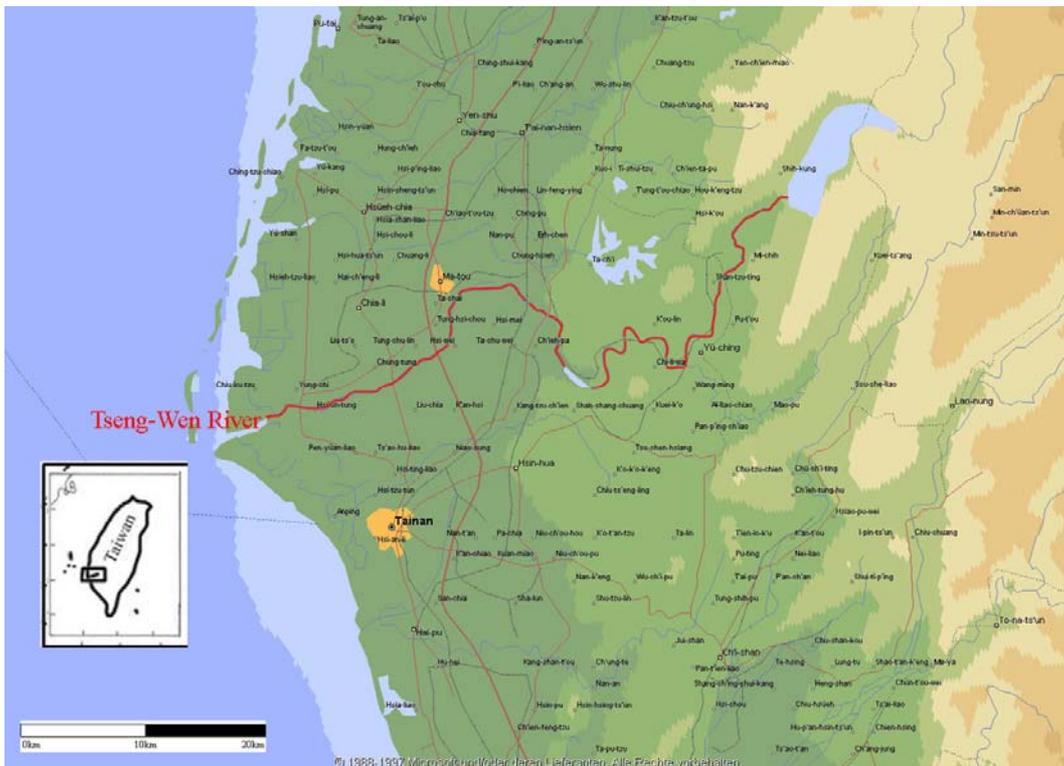


Abbildung 11: Auf dieser Karte ist der Fluss Tseng-Wen zum besseren Verständnis rot markiert. Er durchschneidet das Küstentiefland nördlich der Stadt Tainan und bildet einen Ästuar aus. Als Orientierung dienen die kleine Übersichtskarte und der Maßstab in beiden Karten, um die Gebiete einschätzen zu können. (Quelle: Encarta Weltatlas 1997/98, Microsoft Corporation)

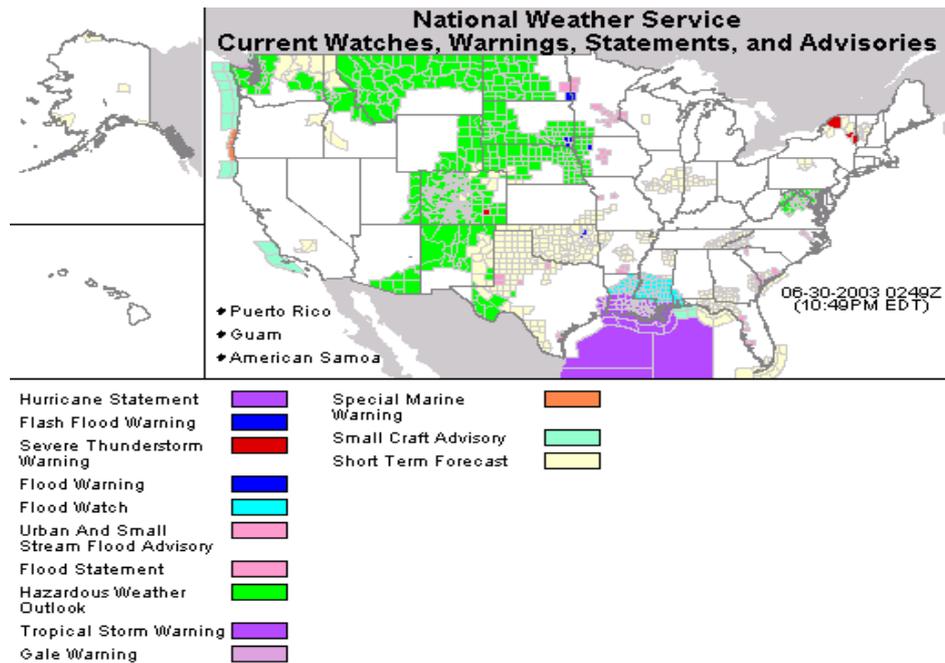


Abbildung 12: Die Tiefebene von I-Lan im Chiayi-Xian ist hier rot umrandet. Man sieht wie eingeschnürt dieser Teil durch das umgebende höher gelegene Land liegt und wie anfällig er dadurch für Überschwemmungen wird. (Quelle: Encarta Weltatlas 1997/98, Microsoft Corporation)

## 2.9 Vorbereitung auf einen Tropischen Wirbelsturm am Beispiel der USA

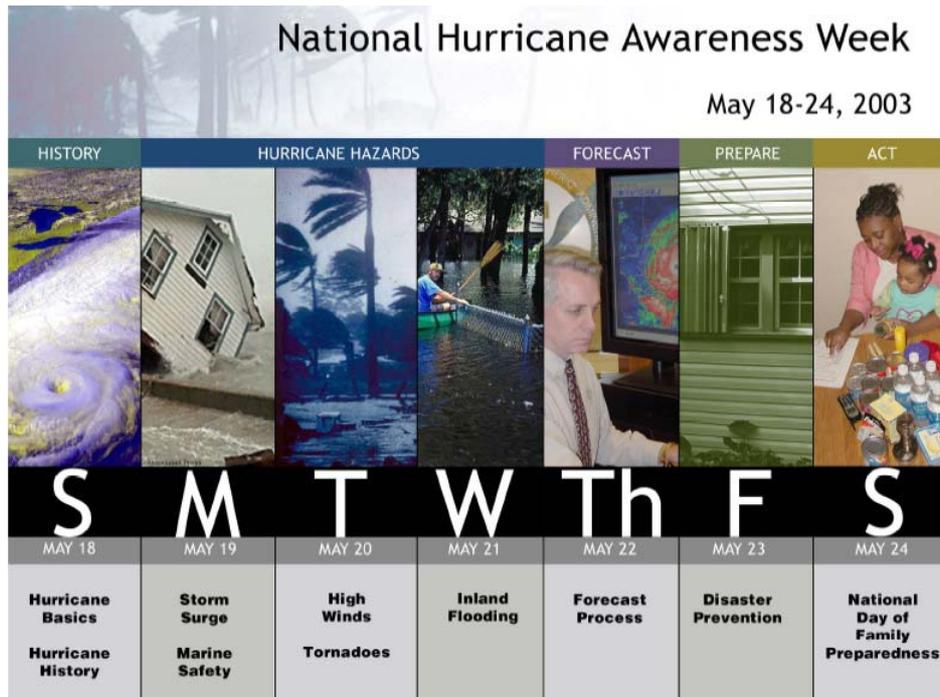
Die gesamte Küste am Golf von Mexico und die Ostküste der Vereinigten Staaten von Amerika von Florida bis zu den Neuenglandstaaten sind jährlich von mehreren Tropischen Wirbelstürmen betroffen, die von Stufe 1 bis Stufe 5 nach der Saffir-Simpson-Skala variieren können. Diese regelmäßige Konfrontation mit dieser Naturgewalt und der damit verbundene Verlust von Menschenleben und immense Schäden, haben die USA dazu gezwungen, sich mit dieser Bedrohung umfassend auseinander zu setzen. Man wollte schon möglichst frühzeitig die Zugbahn und die potentielle Intensität eines Tropischen Wirbelsturmes ermitteln, damit die betroffenen Gebiete möglichst effektiv auf die Gefahr vorbereitet werden können und man nicht gezwungen ist, Gebiete zu evakuieren und in Katastrophenalarm zu versetzen, die überhaupt nicht betroffen sind. Der erste Schritt ist die Überwachung des Seegebietes ab 5° nördlich des Äquators im Atlantik mit Hilfe von geostationären Satelliten, da sich hier die Tiefdruckgebiete entwickeln, aus denen sich bei steigender Intensität Tropische Wirbelstürme entwickeln können. Ist ein solches Tiefdrucksystem entdeckt und eine stetige Verstärkung zu beobachten, wird dieses System permanent durch das Tropical Hurricane Center in Miami, Florida, überwacht und alle möglichen Zugbahnen durchkalkuliert. Dazu werden verschiedene Modelle verwendet, die alle von den zuverlässigen Vorhersagen der Meteorologen abhängig sind. Es gibt Modelle, die auf einfachen Statistiken gestützt sind und komplexe dreidimensionale Vorhersagemodelle. Diese Modelle werden von verschiedenen Instituten unterhalten und für Vorhersagen herangezogen, wie dem Tropical Prediction Center und den National Centers for Environmental Predictions. Es gibt so genannte „frühe“ Modelle, die ihre Berechnungen auf Vorhersagen globaler Vorhersagemodelle, wie z.B. UKMET, dem globalen Vorhersagemodell des britischen Wetterdienstes oder NOGAPS (Navy Operational Global Atmospheric Prediction System), dem globalen Vorhersagemodell der USA, stützen und „späte“ Modelle, die nochmals mit den schon erhaltenen Ergebnissen der „frühen“ Modelle und aktuellen Vorhersagen rechnen, um genauere Daten über Zugbahn und Intensität zu erhalten. So lassen sich relativ exakte Vorhersagen über eine Dauer von mindestens drei bis maximal sechs Tagen machen. Je näher ein Tropischer Wirbelsturm den Küsten der USA kommt, desto öfter werden diese Modelle benutzt um jede Veränderung aufzuzeigen und mögliche Richtungsänderungen zu bemerken und die damit betroffenen Gebiete zu warnen. Zusätzlich zu der satellitengestützten Überwachung werden auch Flugzeuge eingesetzt, die bis in das Auge des Tropischen Wirbelsturms vordringen, um exakte Daten über Windgeschwindigkeiten, Luftdruck und Niederschlagsmengen zu erhalten. Die Besatzungen dieser Maschinen setzen sich bei diesen Flügen einem hohen Risiko aus, da nie genau vorausgesagt werden kann, welche Windverhältnisse in einem Tropischen Wirbelsturm vorzufinden sind. Aber all diese Beobachtungsmaßnahmen können ausgehebelt werden, wenn der Tropische Wirbelsturm eine völlig überraschende und

schnelle Route einschlägt und Gebiete bedroht, die bis dahin als völlig ungefährdet eingestuft wurden. Dies geschah zum Beispiel 1938, als der so genannte „Long Island Express“, ein Stufe-3 Hurrikan, ohne jede Vorwarnung in Long Island, New York und den Neuengland Staaten 700 Menschen tötete und Schäden von, auf heute umgerechnet, 15 Milliarden Dollar verursachte. Das passiert sehr selten, aber wenn die Prognosen versagen, können die Ausmaße meist katastrophal, weit stärker sein, als in vorbereiteten Gebieten.



**Abbildung 13:** Die Warnseite des Nationalen Wetterdienstes vom 30. Juni 2003 zeigt für einen großen Bereich des Golf von Mexiko und die Küstenlinie im Großraum New Orleans eine Hurrikan-Warnung (Quelle: Hurrikanwarnseite des amerikanischen Wetterdienstes NOAA, [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov))

Die ermittelten Daten werden im öffentlichen Fernsehen und auf der Homepage des Wetterdienstes veröffentlicht, verbunden mit einer grafischen Karte, auf der die Gebiete farblich markiert sind. Mit diesen Daten und immer wieder von verschiedensten Stellen veröffentlichten Informationsbroschüren versucht man der Bevölkerung die Gefahren, die von diesen Stürmen und den Begleitphänomenen ausgehen, bewusst zu machen.



**Abbildung 14:** Eine der vielen Aufklärungsaktionen der NOAA war die National Hurrican Awareness Week 2003, in der jeden Tag ein anderes Hurrikan-relevantes Thema besprochen und darüber informiert wurde. (Quelle: Homepage des amerikanischen Wetterdienstes NOAA, [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov))

Auch in Schulen wird die Thematik immer wieder aufgegriffen und kindgerechte Broschüren verteilt, die den Jüngsten vermitteln sollen, was ein Hurrikan für sie bedeutet und wie sie sich verhalten sollen. Ist man sich dann sicher, an welchem Küstenabschnitt der Hurrikan auf Land trifft, treten die Disaster Management Plans der FEMA (Federal Emergency Management Association), des amerikanischen Äquivalents zum dem Bundesamt für Katastrophenschutz, in Kraft:

- es werden, je nach Stärke des Tropischen Wirbelsturmes, weit reichende Evakuierungen angeordnet. Einwohner werden aufgefordert ihre Häuser möglichst gut auf den Sturm vorzubereiten
- falls nötig, werden Industrieanlagen vorübergehend stillgelegt
- Kraftwerke werden heruntergefahren
- der Schiffsverkehr der betroffenen Gebiete wird aufgefordert den nächsten Hafen anzulaufen oder auszuweichen
- der Luftraum für den Zeitraum des Sturmes wird gesperrt und Flughäfen geschlossen.

Auch militärische Bereiche sind regelmäßig davon betroffen. So evakuieren die Air Force und andere Flugzeug führende Verbände ihre Maschinen an sichere Standorte, kehren aber danach sofort zurück, um zusammen mit allen anderen Rettungskräften technische und humanitäre Hilfe zu stellen. Auch wenn sich eine Nation wie die USA, die über alle nötigen Hilfsmittel verfügt, gut auf solche Katastrophen vorzubereiten versucht, sind die Schäden, die Tropische Wirbelstürme immer wieder verursachen, verheerend. Die unterdessen sehr exakten Vorhersagen haben dazu beigetragen, dass heute bei einem solchen Ereignis der Verlust von Menschen auf ein absolutes Minimum reduziert werden konnte. A-

ber selbst dann gibt es katastrophale Fehlannahmen, wie Hurrikan „Katrina“ unlängst bewiesen hat und wieder einmal die Verletzlichkeit von unter dem Meeresspiegel liegenden Städten aufgezeigt hat.

Diese Vorbereitung von wissenschaftlicher Seite auf der einen und Warnung und Vorkehrungen für die wahrscheinlich betroffenen Gebiete auf der anderen Seite sind quasi als Idealfall anzusehen, da die USA viel Geld und Zeit für die Hurrikanforschung und -prävention ausgeben. Doch auch hier leidet die Infrastruktur oft auf Monate hinaus unter den Folgen oder ist vielleicht permanent verloren, wie auch hier New Orleans als Opfer von „Katrina“ genannt sein soll.

## 2.10 Vorbereitung auf einen Taifun in Taiwan

Auch in Taiwan wird ein Tiefdrucksystem, sobald es im Südchinesischen Meer oder dem Nordwestpazifik entsteht von mehreren Stellen permanent beobachtet, damit man jederzeit die notwendigen Entscheidungen treffen kann, falls sich das System zu einem starken Sturm oder Taifun entwickeln sollte.

Die Hauptüberwachungsstation für diese Region ist das Regional Specialised Meteorological Center (RSMC) in Tokyo, Japan (siehe Karte „Tropical Cyclone Programme“). Dieses Wetterzentrum ist die oberste Anlaufstelle für Wetterwarnungen, die Taifune und/oder Tropische Stürme betreffen. Das RSMC ist eine Untereinheit der Japan Meteorological Agency, des Japanischen Meteorologischen Dienstes, und es kooperiert mit allen Wetterdiensten, die im Bereich der Überwachung liegen.

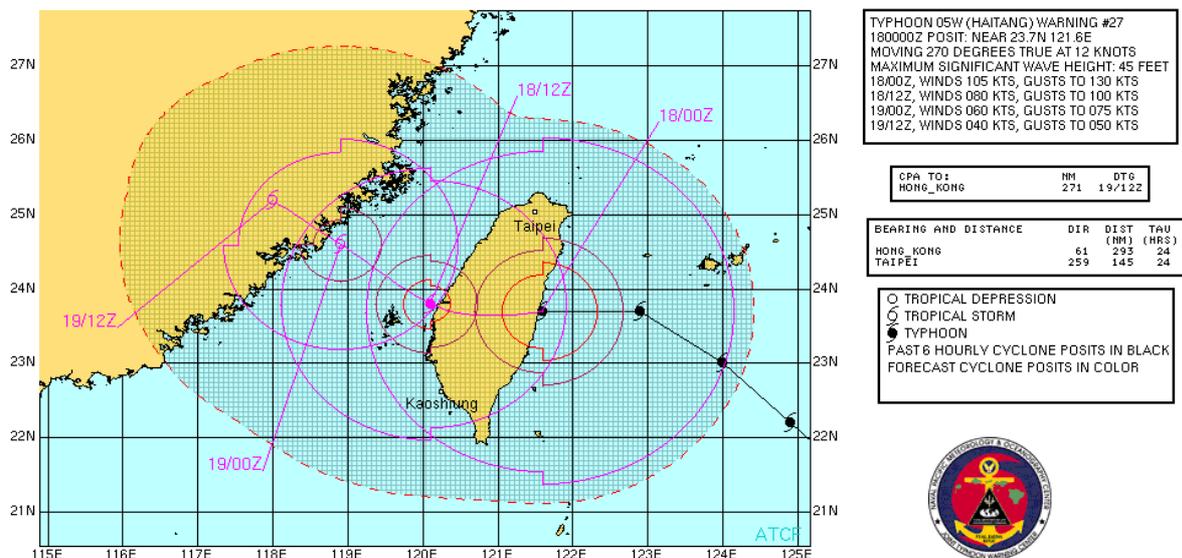


**Abbildung 15:** Überwachungsgebiet des RSMC Tokyo. Die roten Punkte sind die für die Übermittlung von Wetterdaten wichtigen Wetterdienste anderer Staaten an das RSMC. (Quelle: RSMC Tokyo, Homepage, 2005)

Wie man auf der obigen Grafik sehen kann, ist das Central Weather Bureau in Taiwan nicht direkt für die Übermittlung von Wetterdaten eingebunden, da Taiwan international nicht diplomatisch anerkannt und deswegen in viele Programme nicht eingebunden ist. Aber trotzdem arbeiten diese beiden Institute zusammen und gleichen Daten und Warnungen miteinander ab.

Weit wichtiger als das RSMC in Tokyo ist für Taiwan das Joint Typhoon Warning Center der United States Navy in Pearl Harbor auf Hawaii. Die USA haben schon durch ihre intensiven wirtschaftlichen und militärischen Beziehungen, die nicht offiziell sind, da Taiwan auch von den USA nicht anerkannt ist, eine enge Bindung in dieser Hinsicht. So kooperiert das Central Weather Bureau in Taipei sehr eng mit dem Joint Typhoon Warning Center.

Ist die Zugbahn bestätigt und es gilt als sicher, dass der Taifun Taiwan trifft, werden die Gebiete, an der der Taifun die Küste erreichen wird, auf den Sturm vorbereitet. Evakuierungen im großen Maßstab, wie in China und den USA, sind in Taiwan nicht möglich, da schlichtweg der Raum fehlt.



**Abbildung 16:** Diese offizielle Warnung des Joint Typhoon Warning Centers für den Taifun „Haitang“ zeigt die projizierte Zugbahn und Stärke des Taifun. Das schraffierte Gebiet ist die Sezone, für die eine Taifunwarnung herausgegeben wird. Schiffe in diesem Gebiet werden angewiesen Häfen anzulaufen. Schiffe außerhalb sollen dieses Gebiet meiden. (Quelle: Joint Typhoon Warning Center, Pearl Harbor Hawaii, 2005)

Taiwan hat den unschätzbaren Vorteil einer natürlichen Barriere gegen viele Taifune, die zentrale Gebirgskette von Norden nach Süden. Diese Barriere fängt viel der zerstörerischen Gewalt auf. Hier regnen auch die meisten Niederschläge in besonders starker Form ab. Diese Gebiete unterliegen dann auch meist Evakuierungen im kleinen Maßstab. Die ansässige Bevölkerung wird angewiesen sich zum persönlichen Schutz in öffentliche Gebäude, wie Turnhallen und Schulen, zu begeben. Auf der anderen Seite schießt der enorme Niederschlag dann auch mit starker

Wucht zu Tal. Auf seinem Weg reißt das Wasser Straßen, Brücken, Stromleitungen und Häuser mit und überschwemmt dann tiefer liegende Gebiete, wie schon öfter das Gebiet im Tseng-Wen Delta bei der Großstadt Tainan, aber auch immer wieder die Hauptstadt Taipei im Norden. Starke Schäden nehmen hierbei oft landwirtschaftliche Nutzflächen und Aquakulturen.

Für die taiwanesischen Häfen und das betroffene Seegebiet wird eine Warnung herausgegeben. Alle Schiffe in diesem Gebiet werden angewiesen den nächsten Hafen anzulaufen, oder das Gebiet so schnell wie möglich zu verlassen, bzw. zu meiden. Bei starken Taifunen wird zusätzlich noch der Flugverkehr eingestellt und der Eisenbahnverkehr stark eingeschränkt oder eingestellt. Meist werden diese Warnungen relativ schnell wieder aufgehoben, da man in Taiwan, nach Aussage mehrerer Ansprechpartner während meiner Recherche, gelernt hat, mit der Bedrohung zu leben. Wörtlich wurde es in einer Email des Central Weather Bureau als „nasty member in your family“ (Darcy Chu) bezeichnet.

## **2.11 Das Disaster Prevention Research Center**

Das Disaster Prevention Research Center (DPRC) wurde 1996 als Reaktion auf den Taifun „Herb“ ins Leben gerufen. Dieser hatte im Juli des gleichen Jahres mit bis dahin nie da gewesenen Schäden und einem heillosen Chaos in der Koordination der Rettungskräfte, Anlass für eine zentrale Stelle gegeben. Diese zentrale Stelle sollte die Koordination übernehmen. Man wollte nicht noch einmal ein solches Debakel bei der Koordination und solche, vor allem unerwartete, Schäden erleben.

Die wichtigsten Aufgaben sind:

1. Koordination der Forschung zum Schutz vor Katastrophen
2. Einbindung der Forschungsergebnisse in die aktuellen Katastrophenschutzpläne und Vorgehensweisen
3. Entwicklung von Systemen zum Schutz vor Katastrophen
4. Errichtung von Datenbanken für die Vorbereitung auf und den Schutz vor Katastrophen
5. Assistenz bei der Verbesserung existierender Frühwarnsysteme
6. verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung der Bevölkerung
7. Organisation von Symposien, Workshops und Werbekampagnen für die Schutzbemühungen
8. Internationaler Expertenaustausch und Teilnahme an internationalen Konferenzen
9. Druck und Öffentlichkeitsarbeit für akademische Zeitschriften und Medien
10. Erstellung und Betreuung von Projekten für den Schutz vor Katastrophen
11. Bereitstellung von Experten für Beraterdienste

An dieser Stelle sollen hier ein paar Projekte genannt werden, die seit der Inbetriebnahme Anfang 1997 in Angriff genommen worden sind. Ich habe dabei diese ausgewählt, die auch für Taifune und deren Schäden von Relevanz sind:

<u>Partnerorganisation</u>	<u>Titel des Projektes</u>
Public Construction Council	Establishment of the expert information system for the prevention and mitigation on alpine highway and study on its integrated management system (2002)
Ministry of Transportation and Communications	Improve countermeasures of embankment effect on the major flood areas in southern Taiwan (1999)
Council of Agriculture (COA)	To establish the predict and evaluate model of the countermeasure effects for debris flow control (1998)
Soil and Water Conservation Bureau+ COA	Analysis of debris flow latent disaster in the areas damaged by typhoon Torji (2001)
Hualien County Government	Establishment of the geographic information system (GIS) of disaster prevention for Hualien County (2001)
Kaohsiung City Government	Self-criticism and Planning of flood prevention and drainage in Kaohsiung city (2001)

Die Zukunft und die Ziele, die das Disaster Prevention Research Center erreichen will sind die Integration eines Fluss- und Wasserscheidenprojektes mit folgenden Kernpunkten:

1. Risiko-Management inklusive eines verbesserten Katastrophenschutzes und eines Frühwarnsystem
2. Ressourcenmanagement, das die Bereiche Wasser, Böden und Landnutzung betreut
3. Einbindung der ROCSAT-2 Daten
4. Multifrequenzüberwachung von bekannten Risikogebieten.

Verwendung der remote sensing Daten die von ROCSAT-2 eingehen. ROCSAT-2 dient hauptsächlich der digitalen Erfassung Taiwans und angrenzender Seezonen. Sie sollen eine große Hilfe für die Planung in den Bereichen Landnutzung und Landnutzungswechsel, Landwirtschaft und Fortwirtschaft, Überwachung kritischer Gebiete, Katastrophenmanagement, Forschung und Lehre.

Dieser Satellit ist explizit auf die Bedürfnisse und die immer wieder gewünschte Autonomie Taiwans ausgelegt. Er stellt also in gewisser Hinsicht auch ein Prestigeprojekt für den Nationalstolz dar.

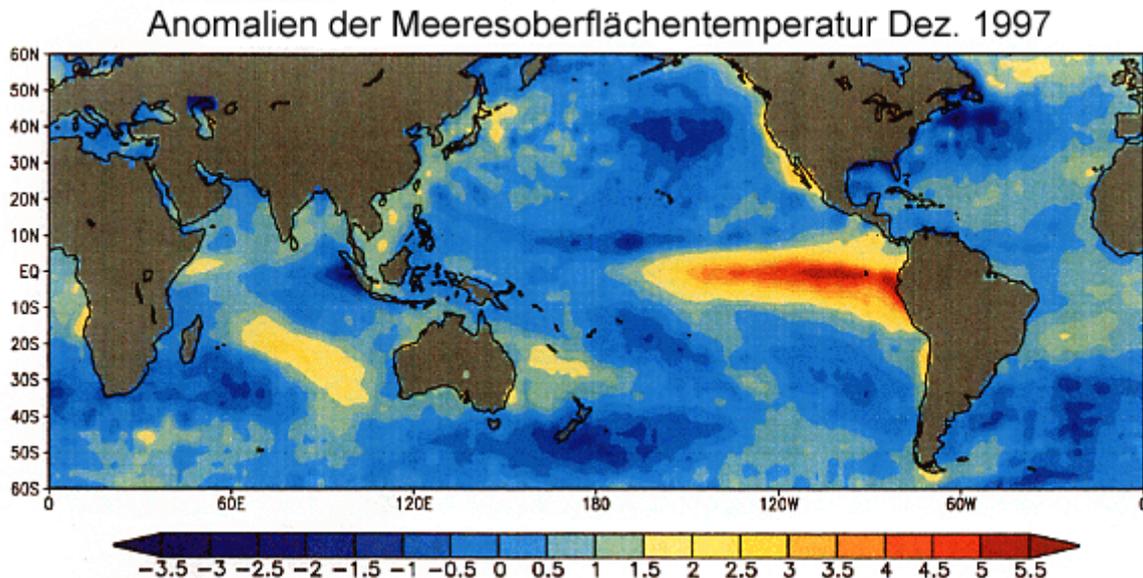
Weiter sollen die Satellitendaten im Verbund mit anderen Datenquellen die Weiterführung der bestehenden Forschung und begonnener Projekte gewährleisten. Schon bald will man mit der Fertigstellung eines Höhenmodells von Taiwan eine wichtige erste Aufgabe vollenden. Für die Zukunft ist auch eine permanente Wasserqualitätsprüfung an der Küste, den Speicherseen und auch der Grundwasserspeicher geplant. Die Küste wird Ziel eines Überwachungssystems für Notfallhilfe bei Katastrophen und Bodensenkung sein.

### **2.11 Der Einfluss auf Taifune durch El Nino und La Nina im Westpazifik und Südchinesischen Meer**

Als El Nino bezeichnet man das Auftreten ungewöhnlicher, nicht-zyklischer, veränderter Strömungen im ozeanographisch-meteorologischen System des äquatorialen Pazifiks.

Registriert wurde dieses Phänomen erstmals 1726 von peruanischen Fischern, die diesen Effekt immer wieder während der Weihnachtszeit durch Fischsterben und einbrechende Fangquoten spürten und ihn „El Nino“, eine Bezeichnung für das Christkind oder kleiner Knabe, nannten.

Während eines El Nino schwächt sich die kalte, aus antarktischen Gewässern kommende Meeresströmung, der Humboldtstrom, stark ab, wodurch warmes Oberflächenwasser aus dem Westpazifik innerhalb von drei Monaten zurück an die Westküste Südamerikas fließt. Durch diese Umkehr der Walkerzirkulation, die die reguläre Zirkulation von Meeresströmungen bezeichnet, des Pazifiks kühlen sich die Gewässer in Südostasien ab, wodurch sich auch die Niederschlagsverteilung in weiten Gebieten ändert. In Südostasien und Teilen von Afrika kommt es zu Dürren, während die südamerikanische Küste und vorgelagerte Inselgruppen unter extremen Regenfällen, Überschwemmungen und dadurch ausgelösten Erdbeben zu leiden haben.



**Abbildung 17:** Diese Grafik zeigt die extrem starke El Nino Ausbildung im Jahre 1997. Man sieht die Warmwasser-Anomalie vor der Westküste Südamerikas, die bis zu 7°C über normal liegt.  
(Quelle: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), Onlineartikel)

Ein weiterer negativer Effekt ist das damit verbundene Massensterben von Korallen in einigen Gebieten. Besonders das Great Barrier Reef vor der australischen Nordostküste wurde während des El Nino von 1997 in Mitleidenschaft gezogen.

Obwohl El Nino ein natürliches Phänomen ist, haben Studien doch belegt, dass der anthropogen verursachte Treibhauseffekt dieses Phänomen verstärken kann. Aber man kann auch unterdessen immer genauer vorhersagen, wann der nächste El Nino entsteht und wie stark er werden wird. Ein ausgedehntes Netzwerk von Bojen im Pazifik misst permanent die Temperaturen, sowohl Luft als auch Wasser, und die Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen des Meereswassers.

Ein weiterer wichtiger Anhaltspunkt für einen bevorstehenden El Nino ist die Berechnung des Southern Oscillation Index (SOI). Hierbei handelt es sich um die Luftdruckverteilung über West- und Ostpazifik. Als Grundlage dienen hierbei die Klimastationen in Darwin, Australien, und auf Tahiti. Man errechnet eine Maßzahl aus der mittleren Differenz eines Monats, die man in Beziehung zu einer mittleren Differenz setzt, die über einen möglichst langen Zeitraum jeweils in dem gleichen Monat registriert wurde. Das Ergebnis, eben jene Maßzahl, liegt zwischen -35 und +35. Ist der Wert positiv, kühlt sich der Ozean ab, ein La Nina entsteht, bei einem negativen Wert, erwärmt sich der Ozean, ein El Nino entsteht.

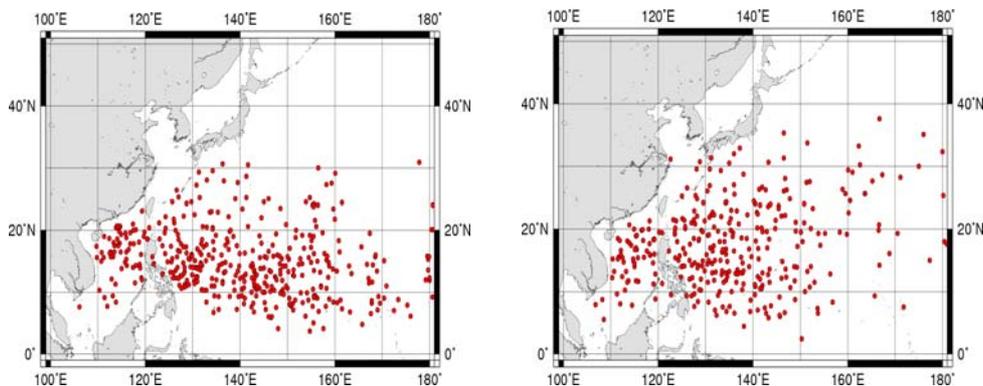
Die Berechnungsformel für den SOI sieht folgendermaßen aus:

$$SOI = 10 \cdot \frac{\Delta P - \Delta P_{avg}}{s_{\Delta P}}$$

wobei:

- $\Delta P$  die Differenz der Mittelwerte des Luftdrucks auf Meereshöhe zwischen Tahiti und Darwin für einen bestimmten Monat ist
- $\Delta P_{avg}$  die mittlere langjährige Differenz der Mittelwerte für den Monat ist
- $S\Delta P$  die Standardabweichung der langjährigen Differenz der Monatsmittel ist

Das Pendant zu El Nino wurde als La Nina, kleines Mädchen, bezeichnet. La Nina tritt meist als Folge eines El Ninos im Folgejahr auf. Hier sind die Auslöser starke Luftdruckunterschiede zwischen Südamerika und Indonesien, die die Passatwinde deutlich verstärken. Diese Winde treiben das warme Oberflächenwasser an der Westküste Südamerikas verstärkt in den südostasiatischen Raum, wodurch kaltes Tiefenwasser aufsteigt und das Oberflächenwasser dadurch im Schnitt 3°C kälter ist. La Nina hat nicht so starke Auswirkungen wie El Nino, aber trotzdem signifikante Effekte, wie verstärkte Trockenheit und Dürren in Südamerika, stärkere Niederschläge in Südostasien und günstigere Entstehungsbedingungen für Hurrikans für Nordamerika. Trotz dieser Auswirkungen fallen die Naturkatastrophen geringer und schwächer aus, als bei El Nino. In den letzten Jahren sind die La Ninas zurückgegangen, dafür hat die Frequenz der El Ninos zugenommen.



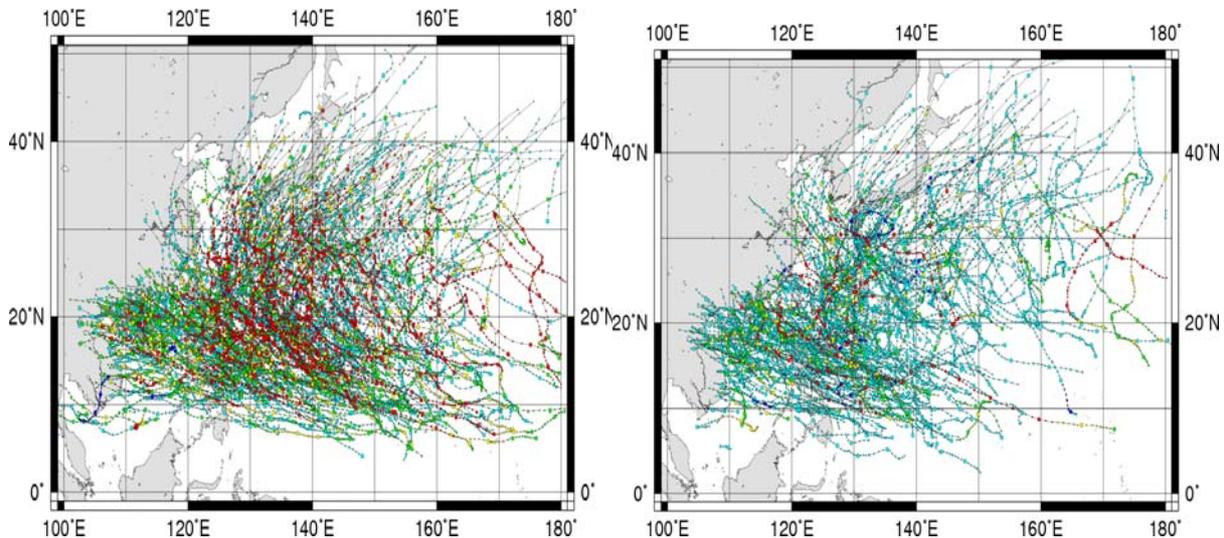
**Abbildung 18:** Die linke Karte zeigt die Entstehungsgebiete für El Ninos für den Zeitraum von 1951-2000, die rechte Karte die Entstehungsgebiete für La Ninas für den Zeitraum von 1954-2000 (Quelle: Digital Typhoon Database)

Während eines El Nino entstehen die meisten Taifune in einem Gebiet von 10° bis 20° nördlicher Breite und 110° - 170° östlicher Länge. Während eines La Nina ist dieses Entstehungsgebiet weit größer und nicht so kompakt, es streut bis 30° nördlicher Breit, dafür ist die östliche Länge geringer, bis ungefähr 160° , wenn man von der Gesamtverteilung für diesen Raum ausgeht. Die beiden Karten sollen diese Verteilung aufzeigen. Während eines La Ninas entstehen auch deutlich weniger Taifune, wie zu Zeiten eines El Ninos.

Ebenso bei der Frequenz der Windgeschwindigkeiten zeigen sich diese Verteilungsunterschiede. So ist bei El Ninos der Anteil starker Taifune mit Windgeschwindigkeiten von mindestens 64 Knoten ~ 120 km/h mit

knapp 57 % sehr hoch, während der Anteil dieser starken Taifune bei La Ninas nur knapp bei 30 % liegt.

Wenn man die Lebensdauer der Taifune während beider Phänomene betrachtet, stellt man fest, dass 12,2 % der Taifune während eines El Ninos zehn und mehr Tage bestehen, während dieser Anteil bei La Ninas nur 3,9 % beträgt. El Ninos fördern also sowohl die Stärke, als auch die Lebensdauer von Taifunen.



**Abbildung 19:** Die beiden Karten zeigen einmal die Häufigkeit von Taifunen und zum anderen die Stärke der Taifune im Zeitraum von 1951-200 während El Ninos (links) und La Ninas (rechts). Die stärksten Taifune sind rot, die schwächsten Taifune grün markiert. (Quelle: Digital Typhoon Database)

### 3. Taiwan

#### 3.0.1 Geographische Einordnung Taiwans

Die Insel Taiwan (früher Formosa) liegt rund 160 Kilometer vor der chinesischen Südostküste entfernt auf der Schnittstelle zwischen Philippinensee Ost- und Südchinesischem Meer. Sie ist in der Nord-Süd-Ausrichtung 394 km lang und in der West-Ost-Ausrichtung 144 km breit. Taiwan weist eine Gesamtfläche von 35.980 km<sup>2</sup> auf, die sich auf 32.260 km<sup>2</sup> Landfläche und auf 3.720 km<sup>2</sup> Wasserfläche verteilt, incl. der dazugehörigen Inseln. Zu der Hauptinsel Taiwan zählen auch noch die kleineren Inseln Quemoy, Matsu, die beide vor der chinesischen Küste liegen und das Penghu-Archipel (früher als Pescadores bekannt) vor der West-Küste Taiwans. Die Insel wird von den Bergen des Zentralgebirges dominiert, die mehrere Gipfel aufweist, die deutlich über 3.000m hoch sind, und die Insel von Nord nach Süd zweiteilt. Der höchste Berg der Insel ist Yu Shan mit 3.951m. Der flachere Bereich der Insel sind Flächen, die sich aus terrassenförmig angelegten Flachland, Gebirgsausläufern, Küstenebenen und Küstenbecken zusammensetzt.



**Abbildung 20:** Satellitenbild der Insel Taiwan in Nord-Süd-Ausrichtung. Man sieht sehr deutlich die Aufteilung in Gebirge und Flachland, sowie die rotgefärbten Siedlungs- und Ballungsräume (Quelle: [www.chuang.ca](http://www.chuang.ca), priv. Homepage)

Taiwan liegt auf dem Festlandsockel Chinas, aber im weiteren Subduktionsbereich der Philippinenplatte unter die Eurasische Platte, wodurch starke Erdbeben für Taiwan und die gesamte Region keine Seltenheit sind.

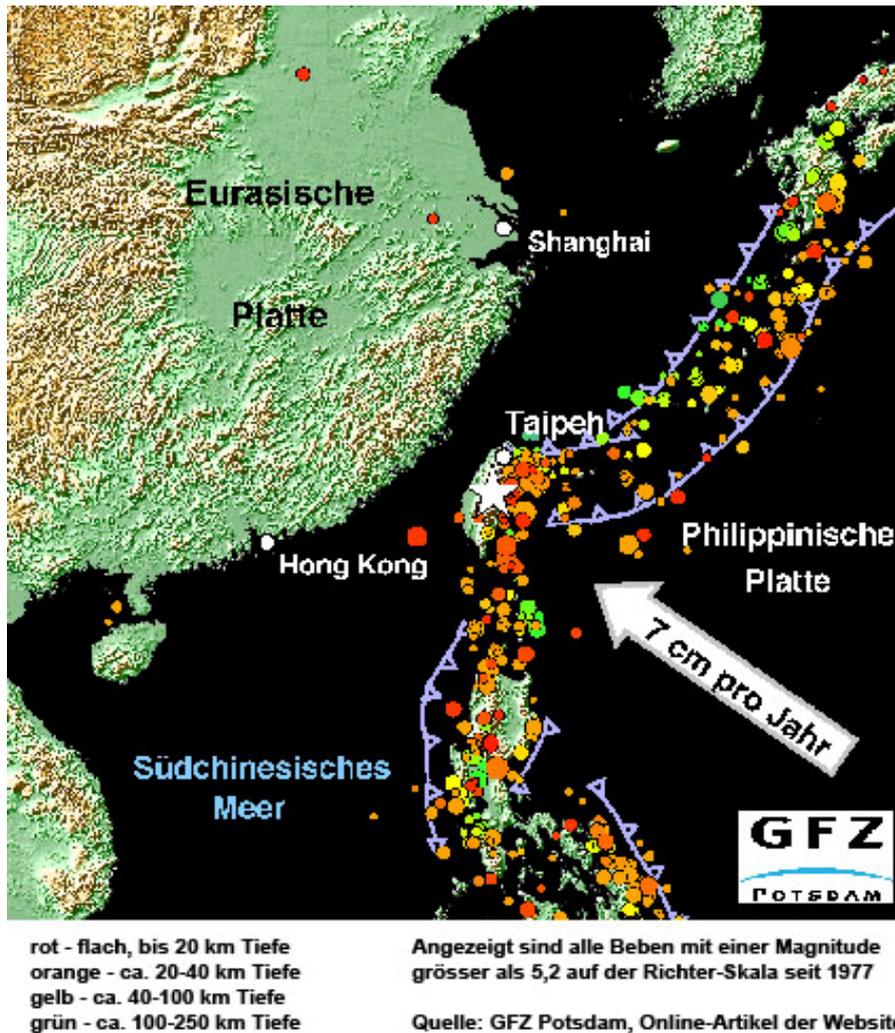


Abbildung 21: Tektonische Lage Taiwans und Darstellung der Erdbebenhäufigkeit in dieser Region. (Quelle: Geologisches Forschungszentrum Potsdam, Homepage, 2005)

### 3.0.2 Klima

Taiwan liegt genau auf dem nördlichen Wendekreis. Das Klima im nördlichen Teil der Insel ist subtropisch, während der Süden tropisch ist. Die Durchschnittstemperatur im Sommer liegt bei 28°C und im Winter bei 14°C, was zu einer Jahresdurchschnittstemperatur von 21°C führt. Durchschnittlich fallen in Taiwan jährlich etwa 2.500 mm Niederschlag, in den hohen Berglagen durchaus auch als Schnee. Diese Niederschlagsmengen werden durch die im Schnitt zwei bis drei Taifune pro Jahr manchmal merklich erhöht. Der Norden der Insel liegt noch im Einflussbereich des Nordwestmonsuns, der von November bis Februar das Wetter beeinflusst, wodurch in dieser Zeit der Niederschlag geringer, dafür aber stärker verteilt ist. Der Süden unterliegt dem Südostmonsun, der hier das Klima von April bis September beherrscht und meist am frühen Nachmittag für heftigen kurzen Regen sorgt.

Die Taifune treten in den Sommermonaten im Schnitt zwei- bis dreimal auf, in extremen Jahren aber auch öfter und können auch Stärken der Stufe vier bis fünf erreichen.

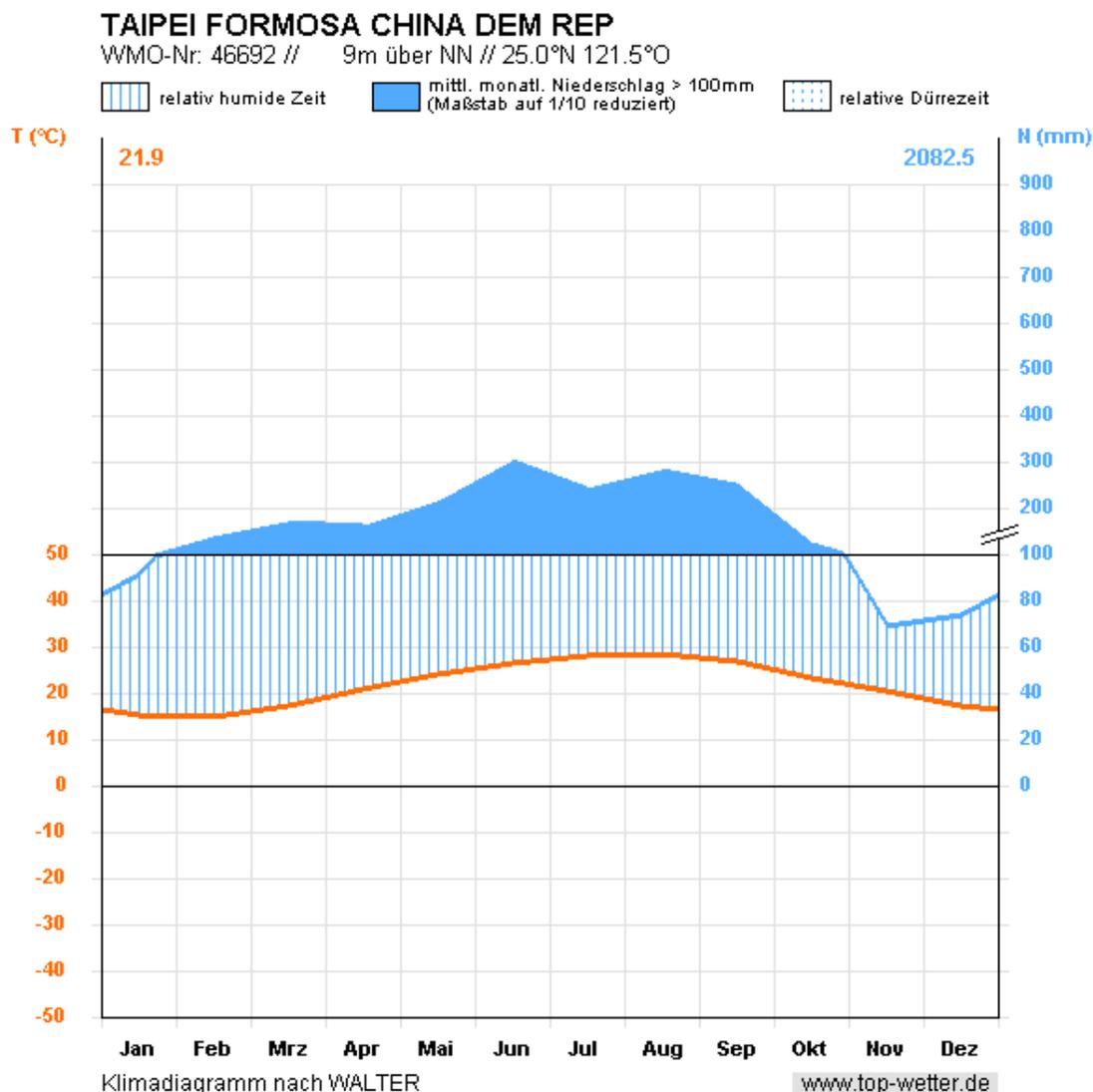


Abbildung 22: Klimadiagramm von Taipei (Quelle: www.top-wetter.de – Weltklimadatenbank)

Temperatur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Temperatur (°C)	15.1	15.1	17.3	20.9	24.4	26.7	28.3	28.1	26.6	23.2	20.2	17.0	21.9
Standardabw. (°C)	1.2	1.2	1.1	1.1	0.9	0.8	0.5	0.6	0.9	0.9	1.0	1.2	
# Mittelungsjahre	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	75	
Mittelungszeitraum: 1897-1972													
Niederschlag	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Niederschlag (mm)	92.0	136.0	166.7	157.4	210.3	297.1	239.2	276.4	245.5	119.2	68.9	73.8	2082.5
Standardabw. (mm)	59.5	81.7	93.1	106.8	112.6	138.4	131.3	169.6	167.3	109.4	42.4	47.0	
# Mittelungsjahre	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	75	
Mittelungszeitraum: 1897-1972													
Luftdruck	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Stationsdruck (hPa)	1020.4	1018.7	1016.7	1013.3	1009.3	1006.0	1005.1	1004.7	1008.4	1014.5	1017.5	1019.8	
Standardabw. (hPa)	1.6	1.4	1.5	0.9	0.7	0.9	1.6	1.8	1.3	1.0	1.4	1.4	
# Mittelungsjahre	41	42	42	42	42	42	41	41	41	41	41	41	
Mittelungszeitraum: 1921-1972   Fehlwerte: 2000. bzw. 999.													

Abbildung 23: Angehängte Daten für Abbildung 25, Klimadiagramm Taipei (Quelle: www.top-wetter.de – Weltklimadatenbank)

### 3.0.3 Kurzer geschichtlicher Abriss

Die Insel Taiwan (chin. „Terrasse die sich aus dem Meer erhebt“) wurde schon in der Jungsteinzeit besiedelt, was zahlreiche archäologische Funde aus dieser Zeit belegen (ca. 4.000 v.Chr.). Bis ca. 200 nach Chr. siedelten sich in mehreren großen Wellen immer wieder Chinesen der verschiedensten Dynastien in Taiwan an. Während der Han-Dynastie in China und der damit verbundenen manchmal gewaltsamen „Beeinflussung“ der Bevölkerung im alten China brach der kulturelle Kontakt zu Taiwan ab, das währenddessen Handel mit den Philippinen betrieb. Vom 7. bis 13. Jahrhundert fanden immer wieder Raubzüge der Chinesen gegen Taiwan statt, bis dann endlich eine permanente Besiedlung und die Gründung von Handelsstationen stattfanden. 1367 wurden die Pescadores von China annektiert und in das Reich eingegliedert.

1583 gelangten erstmals die Portugiesen nach Taiwan und nannten die Insel Formosa, „die schöne Insel“. 1624 besetzten Holländer im Namen der Niederländischen-Ostindien-Kompanie den Süden der Insel, 1626 eroberten die Spanier den Norden. Der Einfluss der Europäer auf die indigenen, die hier ursprünglich lebenden, Völker der Insel war durch die neuen Wertvorstellungen, die Hierarchieneuordnung, besonders aber durch den christlichen Glauben verheerend. Die Kolonialherren setzten neue Häuptlinge ein, die ihrer Meinung nach kooperativer waren, es wurde rigoros missioniert, da den Europäern besonders die Kopffägerstämme ein Dorn im Auge waren. Nur die Stämme, die in den unzugänglichen Bergregionen lebten, konnten sich diesen „zivilisatorischen“ Einflüssen entziehen. 1661 wurde die holländische Herrschaft durch die einwandernden vertriebenen Ming-Loyalisten beendet. Diese Gruppierung wurde ihrerseits durch die, vom chinesischen Festland kommende, Qing-Dynastie vertrieben. Taiwan wurde damals erstmals unter Kontrolle des Festland-Chinas gestellt und ihm 1883 der Status einer Provinz und einer damit verbundenen Abwertung gegeben. Während der ganzen Zeit wurden die indigenen Völker sowohl von Europäern als auch den Chinesen „zivilisiert“. Es wurde die chinesische Sprache in den Schulen gelehrt, es wurde per Gesetz chinesische Kleidung und Namen aufgezungen und der Buddhismus und Konfuzianismus verdrängten den christlichen Glauben. Nach dem Ende des ersten Krieges zwischen China und Japan 1894/95 fiel Taiwan unter japanische Herrschaft und wurde während der 50 Jahre langen Kolonialherrschaft systematisch wirtschaftlich erschlossen. Es wurden Strassen und Eisenbahnen gebaut, aber auch weiterhin tief in die Kultur der indigenen Völker eingegriffen. Ihre Aufstände wurden blutig niedergeschlagen und die Überlebenden in Reservationsen gepfercht. Auch wurde unter japanischer Herrschaft erstmals mit einem massiven, wirtschaftlich orientierten, Holzeinschlag begonnen, da die Japaner schnell feststellten, dass die Insel sonst keine nennenswerten Rohstoffe besaß. Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges besetzte General Chiang Kai Shek mit seinen Truppen die Insel und gründete die Republik China, die nach Maos Sieg auf dem Festland zum Fluchtpunkt für die Kuomintang wurde. Die Herrschaft der Kuomintang wurde durch die künstliche Ordnung des Parlamentes bis 1992 quasi ze-

mentiert. International ist Taiwan durch den Verlust des Sitzes an die Volksrepublik China und dem damit verbundenen Austritt aus der UNO offiziell diplomatisch isoliert, allerdings eine feste Größe in der Weltwirtschaft, mit zahlreichen Handelspartnern und indirekten diplomatischen Beziehungen zu vielen Staaten, besonders den USA, mit denen Taiwan ein Verteidigungsbündnis geschlossen hat. 1996 wurde, nach den ersten freien Parlamentswahlen, ein Präsident direkt vom Volk gewählt.

### **3.0.4 Bevölkerung Taiwans und Verwaltungsgliederung**

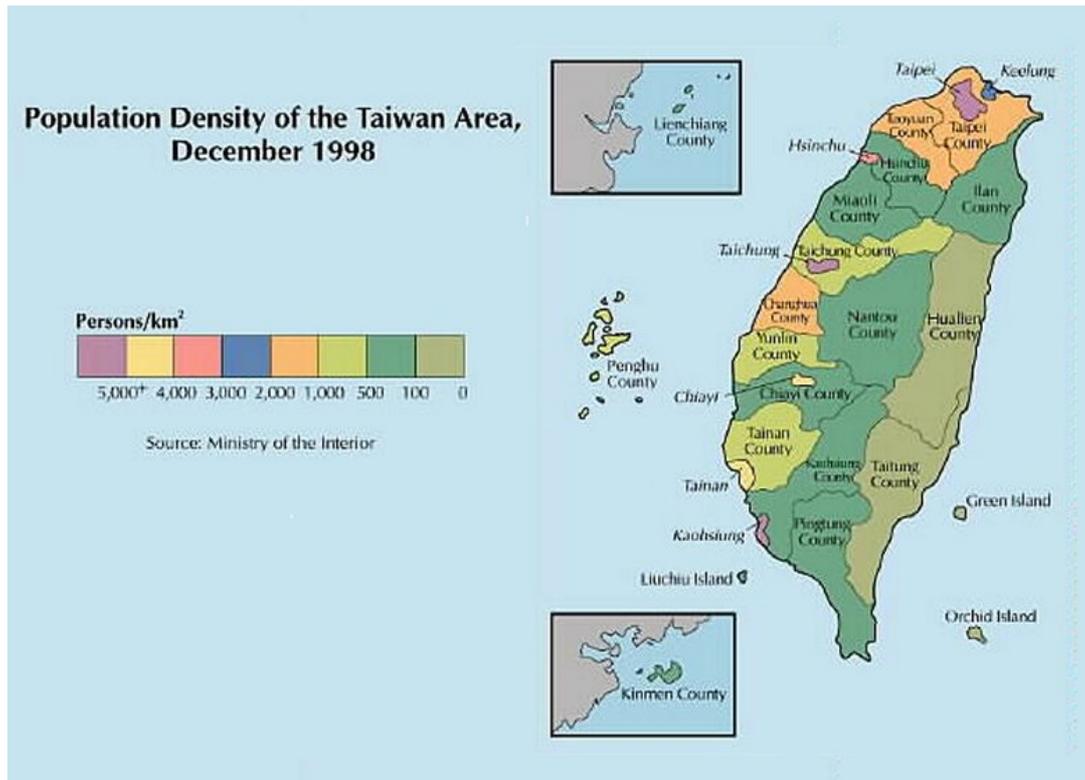
In Taiwan leben derzeit knapp 22.900.000 Menschen, mit einer Bevölkerungsdichte von 627 Einwohnern pro km<sup>2</sup>, die sich folgendermaßen auf die Alterklassen verteilen:

0-14 Jahre: 19,7 % (männlich: 2.349.077 / weiblich: 2.156.755)  
15-64 Jahre: 70,7 % (männlich: 8.205.933 / weiblich: 7.980.056)  
Über 65 Jahre: 9,6 % (männlich: 1.107.708 / weiblich: 1.094.855)

Die Geburtenrate liegt bei 12,64 Geburten pro 1.000 Einwohner, die Sterblichkeitsrate bei 6,38 Todesfällen pro 1.000 Einwohner, was ein gesundes Bevölkerungswachstum von 0,63 % zur Folge hat. Zum Vergleich hat Deutschland eine stagnierende Bevölkerungsentwicklung mit einer Geburtenrate von 8,33 Geburten pro 1.000 Einwohner, aber einer Sterblichkeitsrate von 10,55 Todesfällen pro 1.000 Einwohner. Die Lebenserwartung in Taiwan liegt bei 77,26 Jahren.

In Taiwan leben verschiedene ethnische Gruppen. Einmal die Taiwanesen, die zusammen mit den Hakka, 84 % der Bevölkerung stellen. Dazu kommen 14 % Festlandchinesen und 2 % Ureinwohner, die hauptsächlich in den Bergregionen leben. Der Name Hakka bedeutet „Gastvolk“. Sie stammen ursprünglich aus den Wüstengebieten der südlichen Mongolei und haben eine eigene Sprache und auch Kultur, werden aber trotzdem den Han-Chinesen zugerechnet. Sie stellen 15 % der Gesamtbevölkerung.

Taiwan ist in 16 Bezirke, Xian genannt, unterteilt und sieben kreisfreie Städte, so genannte Shi, von denen Taipei und Kaohsiung direkt der Zentralregierung unterstellt sind. Die anderen Städte haben den Status einer Provinzhauptstadt und sind dadurch eigene Verwaltungseinheiten. Taipei mit 2.621.000 Einwohnern, seit 1949 Hauptstadt, ist die größte Stadt Taiwans. Zusammen mit dem Vorortgürtel leben in Großraum Taipei über 8 Millionen Menschen, also über ein Drittel der Gesamtbevölkerung. Kaohsiung mit 1.510.000 Einwohnern ist das wichtigste Zentrum für die ölverarbeitende Industrie, Maschinen- und Schiffsbau. Ein weiteres dicht bevölkertes Gebiet ist die Region um die Stadt Taichung mit 1.114.000 Millionen Menschen im Stadtgebiet. Generell kann man feststellen, dass die größten Ballungsräume im Westen der Insel liegen, da der zentrale und östliche Bereich zu gebirgig für große Städte und Wirtschaftszentren ist. Die Bevölkerungsdichte in diesen Zentren liegt teilweise bei knapp 7.000 Einwohnern pro km<sup>2</sup>.



Name	Pinyin	Einwohner
Taipei	Táiběi Shì	2.621.000
Kaohsiung	Gāoxióng Shì	1.510.000
Taichung	Táizhōng Shì	1.114.000
Tainan	Táinán Shì	751.000
Keelung	Jīlóng Shì	392.000
Hsinchu	Xīnzhú Shì	384.000
Chiayi	Jiāyì Shì	270.000

Name	Pinyin	Einwohner
Taipei	Táiběi Xiàn	3.694.608
Taoyuan	Táoyuán Xiàn	1.834.045
Yilan	Yílán Xiàn	462.614
Hsinchu	Xīnzhú Xiàn	461.566
Miaoli	Miáoli Xiàn	560.597
Taichung	Táizhōng Xiàn	1.522.986
Changhua	Zhānghuà Xiàn	1.316.321
Nantou	Nántóu	539.721
Yunlin	Yúnlín Xiàn	738.158
Chiayi	Jiāyì Xiàn	559.329
Tainan	Táinán Xiàn	1.105.983
Kaohsiung	Gāoxióng Xiàn	1.237.501
Pingtung	Píngdōng Xiàn	902.639
Taitung	Táidōng Xiàn	241.676
Hualien	Huālián Xiàn	350.468
Penghu	Péng hú Xiàn	91.840
Chinmen	Jīnmén Xiàn	61.614
Lienchiang	Liánjiāng Xiàn	11.002

**Abbildung 24:**

*Oben und Rechts:*

*Verteilung der Bevölkerung Taiwans auf die sieben größten kreisfreien Städte (Shi) und auf die einzelnen Verwaltungsdistrikte (Xian). Die Taipei- und Kaohsiungdistrikte sind nicht identisch mit den Städten, sondern eigenständige Verwaltungseinheiten.*

*(Quelle: www.wikipedia.org – Länderübersicht)*

### 3.0.5 Taiwans Forstpolitik und damit verbundene Erosionsschäden

Taiwans Wälder wurden über Jahrhunderte als Holzlieferant genutzt, da Holz anscheinend unendlich zur Verfügung stand. Eine Studie, die Mitte der 1990er Jahre vom Washingtoner Weltrohstoffinstitut (WRI) veröffentlicht wurde, machte deutlich, wie es in Wirklichkeit um Taiwans einst ausgedehnte Wälder stand:

nur noch 5% der ursprünglichen Wälder Taiwans sind erhalten geblieben. Diese Einschätzung wurde von mehreren Tausend Forstexperten weltweit unter Verwendung von Klimadaten und Satellitenfotos erstellt. Eine achtjährige Gegenstudie taiwanesischer Forscher und des Taiwan Forestry Bureau (TFB) stellte dagegen klar, dass 58,5 % der Insel bewaldet sind, mit einem Urwald-Anteil von 70 %. Es wurde aber auch eingestanden, dass gedankenlose Abholzung ebenso stattfindet wie falsche Aufforstung. Diese Entwicklung hat eine lange Geschichte:

In den fünfziger und sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts war die Aufgabe des TFB hauptsächlich den größtmöglichen Profit aus Taiwans Wäldern zu erzielen. Aufforstung war damals noch kein Thema, da Taiwans Wirtschaft erst in den siebziger Jahren an Schwung gewann und somit durch Holzprodukte viel Geld eingenommen wurde. Besonders das taiwanesisches Zypressenholz war in Japan äußerst begehrt und erzielte hohe Profite, da dieses Holz für Tempelbauten genutzt wird.

Die entstandenen Freiflächen wurden bald von Farmern für die Landwirtschaft erschlossen. Im kühleren Klima der Berge wuchsen Obstsorten, die viel Geld einbrachten, da das Klima für diese Sorten, Äpfel, Orangen, Pflaumen, Pfirsiche und verschiedene Gemüsesorten, sonst auf der Insel ungeeignet war. Auch wurde ausscheidenden Angehörigen des Militärs Land als Abfindung gegeben. Die Böden dieser Freiflächen waren schnell ausgeschöpft, weswegen die TFB Parzellen zu Spottpreisen an Pächter abgaben. Weitere Flächen wurden gerodet und Gemüse, Obst, Tee aber auch Betelnusspalmen, deren Anbau illegal war und ist, angepflanzt. Diese Pflanzungen waren so lukrativ, dass die vergleichsweise geringen Strafen in Kauf genommen wurden.

Um diese Flächen rentabel zu halten wurde massiv auf Düngemittel, Herbizide und Pestizide gesetzt. Als Dünger diente hier oft Hühnermist. Diese Chemikalien und stickstoffreichen Dünger wurden vom Regen in die tiefer liegenden Stauseen geschwemmt, die damit so weit angereichert wurden, dass Algen zu wuchern und zu stinken begannen. Außerdem sind Betelpalmen und Teesträucher flach wurzelnde Pflanzen, die das freiliegende Erdreich nicht halten können. Eine Berechnung des Amtes für Wasserressourcen ergab, dass die Schlammfracht der Flüsse den 14 Millionen Kubikmeter Wasser fassenden Mingte-Stausee völlig auffüllen könnten, wenn nicht Gegenmaßnahmen unternommen werden.

Man legte Staustufen in und Dämme an den Flüssen an, was die Situation zwar entspannte, aber das empfindliche Ökosystem dieser Wasserläufe nachhaltig unterbrach. Insgesamt wurden in den letzten 20 Jahren etwa 2.000 dieser Zwischenstaustufen gebaut. Allein an einem Stausee,

dem Tehchi Stausee wurden für umgerechnet 50 Millionen Euro mehr als siebenzig Deiche und Dämme gebaut.

Ein weiteres Augenmerk fiel auf die von Chemikalien verseuchten Zuflüsse zu den Stauseen, durch die Entdeckung von krebserregenden Stoffen im Trinkwasser, das aus eben diesen Stauseen entnommen wird.

1975 wurde eine neue Direktive für das TFB verabschiedet, welche ein Umdenken beim Umgang mit den vorhandenen Wäldern darstellt. Jetzt setzt man den Naturschutz und die Erhaltung der Wasserressourcen an oberste Stelle. Verpachtung von Farmland und Abholzungskonzessionen wurden massiv eingeschränkt und Versuche unternommen, der Erosion Einhalt zu gebieten. So wurde ein Abholzverbot für Zypressen ausgeben, welche mit ihren tiefen Wurzeln das Erdreich effektiv halten können.

1992 wurde das Fällverbot auf die gesamten Naturwälder und alle darin wachsenden Baumarten ausgedehnt. Die Maximalmenge für Holzeinschlag wurde von 1,5 Millionen Kubikmeter auf 200.000 Kubikmeter heruntergeregelt. Des Weiteren wurde ein Sechs-Jahres-Programm für eine schnelle Wiederaufforstung verabschiedet, welches von der Provinzregierung mit umgerechnet 320 Millionen Euro subventioniert wurde.

Auch wurde der Etat der zuständigen Behörde, des Taiwan Boden- und Wasserschutzamtes von umgerechnet 119.000 Euro auf 187 Millionen Euro angehoben, um den Aufgaben gerecht zu werden. Per Gesetz wurde willigen Farmern eine Prämie von 4.500 Euro für jeden Hektar wieder aufgeforsteten Wald zugestanden, wodurch man in der Lage war seit 1991 299 Hektar Bergland wieder aufzuforsten.



**Abbildung 25:** Diese Satellitenaufnahme zeigt anschaulich die Waldverteilung auf Taiwan und die Größe der Flächen, die allerdings keine Details über den Waldzustand zulassen. (Quelle: [www.chuang.ca](http://www.chuang.ca), priv. Homepage)

Im August 1996 wütete der besonders heftige Taifun „Herb“ tagelang über Taiwan und verursachte mit Niederschlagsmengen, die einem Jahresdurchschnitt entsprachen, besonders in den gerodeten Landwirtschaftsgebieten der Bergregionen zahlreiche Erdrutsche, die Dutzende Häuser und Farmen wegrissen, sowie zahlreiche Strassen und Brücken unterspülten und wegschwemmten. Viele Gegenden waren komplett von der Außenwelt abgeschnitten und konnten nur aus der Luft evakuiert, bzw. versorgt werden.

Der abschließende Bericht bezifferte den Schaden für die Landwirtschaft auf umgerechnet 622 Millionen Euro. Eine danach von mehreren Professoren verfasste Untersuchung machte deutlich, dass nicht nur die natürlichen Faktoren für die Katastrophe verantwortlich waren, wie Regierung und geschädigte Farmer behaupteten, sondern die schlampige Durchsetzung der Pachtgesetze.

Diese Gesetze bestimmen, dass 70% des gepachteten Staatsforstes Wald bleiben müssen, nur dass sich die Farmer daran nicht halten und die gesamte Fläche zum Anbau von Flachwurzlern, wie Tee und Betelnuss, nutzen und außerdem noch Strassen quer zu natürlichen Wasserwegen bauen und diese damit blockieren. Auch die Bürokratie stehe sich selbst im Wege, da einerseits Strafen für illegale Pachtpraktiken verhängt werden, aber auf der anderen Seite vom Landwirtschaftsrat Zuschüsse für Teeanbau vergeben werden.

Bezeichnend ist, dass die massivsten Schäden durch Taifun „Herb“ in den Gebieten gemeldet wurden, die die höchste Dichte an illegalem Holzeinschlag und illegalen Farmen aufweisen. Besonders der Xian Chi-ayi steht hier ganz oben in der Schadensbilanz.

Verantwortlich sind hierfür aber nicht die Förster, sondern die mangelhafte Personalpolitik der Fortbehörde TFB, die den gravierenden Personalmangel ignoriert und einem Förster 1.800 Hektar Wald unterstellt, der gegen die gut organisierten illegalen Holzfäller nichts unternehmen kann. Von Zeit zu Zeit gelingen medien-wirksame Razzien, die aber am Hauptproblem nichts ändern.

Um dieser Entwicklung entgegen zu treten, wurde eine weitere Aufforstungskampagne initiiert, die 50.000 Hektar wieder aufforsten soll. Umgerechnet 300 Millionen Euro stehen hierfür zur Verfügung. Die „Kopfprämie“ für von Farmern wieder aufgeforstete Hektar wurde auf 16.000 Euro erhöht. Diese Summe war allerdings mit einer zwanzig Jahre dauernden Kontrolle verbunden um die Nachhaltigkeit dieser Kampagne zu garantieren.

Diesmal ging man auch mit besserer Planung an das Problem heran. Man pflanzt nicht wie früher einfach nur eine Sorte Bäume, die dann Schädlingen zum Opfer fallen, sondern versucht möglichst gut gemischt und angepasste einheimische Sorten anzupflanzen, um den neu wachsenden Wald widerstandsfähiger zu machen.

Außerdem wird über eine Senkung der Importzölle für Obstsorten nachgedacht, um die Lukrativität der illegalen Farmen zu beenden. Inwieweit diese Vorhaben in die Wirklichkeit umzusetzen sind bleibt abzuwarten. Studien, die momentan wieder anlaufen sollen, werden den Erfolg oder Misserfolg der Kampagne zeigen.

### 3.0.6 Taiwans Fischerei- und Landwirtschaft

Die taiwanesische Küste hat eine Gesamtlänge von 2.007 km. Innerhalb eines 100 km breiten Küstenstreifens leben nahezu 100 % der Bevölkerung, da hier in ausreichendem Maße flaches Bauland und landwirtschaftliche Nutzfläche vorhanden waren. 52 % der Inselfläche sind bewaldet und gerade einmal 25 % sind landwirtschaftliche Nutzflächen.

Taiwan sitzt, wie schon beschrieben, auf dem chinesischen Festlandsockel und hat eine Schelffläche von 79.356 km<sup>2</sup> mit einer Seezone von 36.289 km<sup>2</sup>, die als Hoheitsgewässer beansprucht werden, bei einer Entfernung von bis zu 12 nautischen Meilen von der Küste.

Die Fischfangindustrie und Aquakulturen sind auch im Zeitalter der Hightech-Produktion in Taiwan immer noch ein fester Bestandteil der Wirtschaft. Im Jahr 2000 fingen taiwanesischer Fischer 1.093.256 metrische Tonnen Fisch und 292.050 metrische Tonnen Mollusken und Krustentiere. Damit hat Taiwan 2,9 % Anteil am asiatischen Fischfang und 1,2 % am weltweiten Fischfang im Jahr 2000.

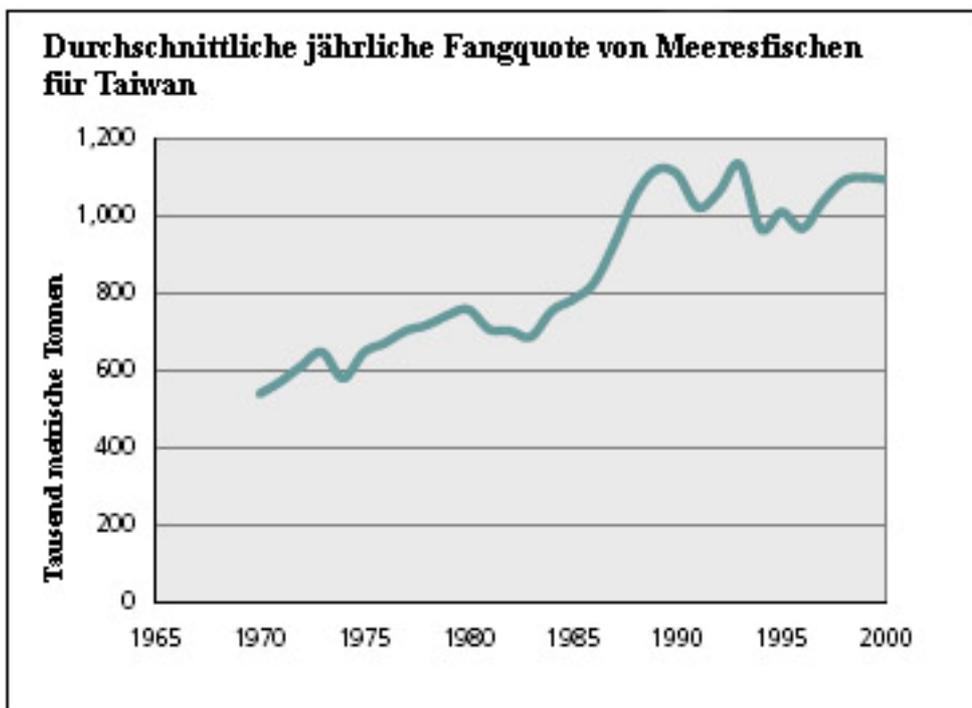


Abbildung 26: (Quelle: Earth Trends 2003, Coastal and Marine Ecosystems- Taiwan)

Die Aquakulturen produzierten 256.385 metrische Tonnen, von denen 109.011 metrische Tonnen Salz- und Frischwasserfisch war, 79.896 metrische Tonnen Mollusken und Krustentiere und 12.582 metrische Tonnen Wasserpflanzen, d.h. Zucht dieser Tiere und Pflanzen sowohl in Salz-, Frisch- und Brackwasser. Hier liegt der Anteil Taiwans im asiatischen Raum bei 0,6 % und weltweit bei 0,56 %. Diese Zahlen basieren auf den Daten von 1997. Aquakulturen werden von der „Food and Agriculture Organization of the United Nations“ (FAO) folgendermaßen bezeichnet:

„Farmen für aquatische Organismen, d.h. Fisch, Mollusken, Krustentiere und Wasserpflanzen.

Die Bewirtschaftung bedeutet Eingriffe in den natürlichen Prozess zum Zweck der schnelleren Vermehrung, durch Züchtung, Fütterung und Schutz vor Räufern, etc. Es bedeutet weiterhin den Besitz des bewirtschafteten Gutes.“

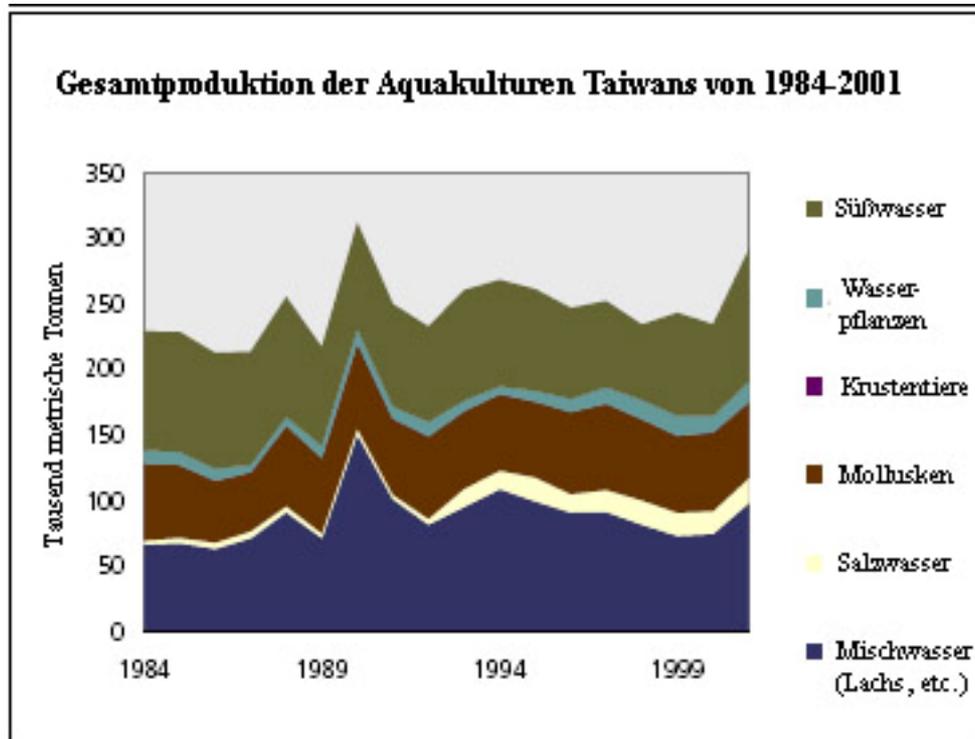


Abbildung 27: (Quelle: Earth Trends 2003, Coastal and Marine Ecosystems- Taiwan)

Im Jahr 2000 stand der Import von Fisch und Fischereiprodukten bei 552.804.000 USD, was einer Steigerung von 141 % zum Jahr 1980 entspricht. Dazu im Vergleich stieg der Export von diesen Produkten um 119 % auf 1.755.984.000 USD an.

Diese umsatzträchtige Industrie beschäftigt 314.099 Menschen in Taiwan und unterhält eine Fischereiflotte von 9.531 Schiffen aller Größen.

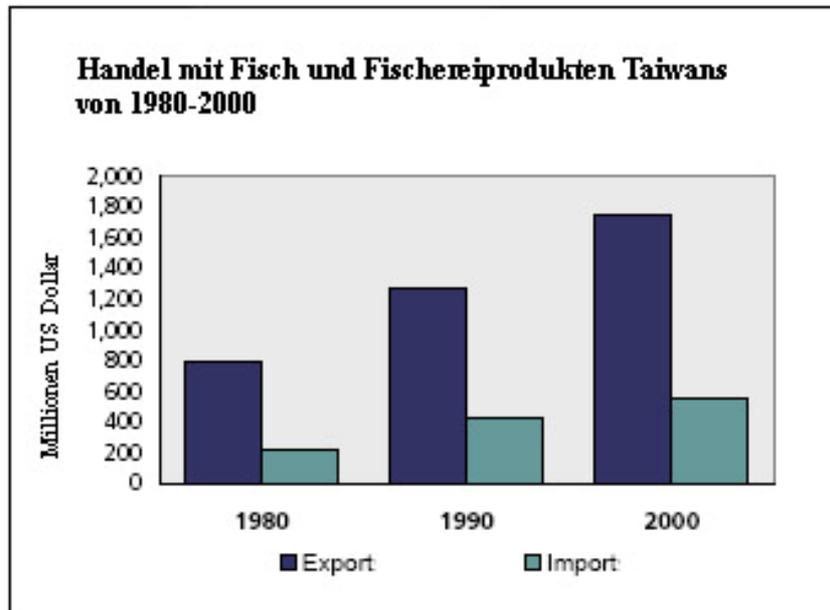


Abbildung 28: (Quelle: Earth Trends 2003, Coastal and Marine Ecosystems- Taiwan)

### Taiwans Landwirtschaft

Obwohl Taiwan mittlerweile den Hauptteil seiner Import-/Exportwirtschaft mit Hochtechnologie, Schwermaschinenbau und Halbleiterprodukten bestreitet, sind immer noch über 4 Millionen Einwohner in der Landwirtschaft verwurzelt. Über 1 Million Angestellte sind in diesem Wirtschaftszweig tätig, der von 800.000 Kleinst- bis Großbauern betrieben wird. Das sind immerhin noch 18,89 % der Bevölkerung und 10,92 % der Angestelltenverhältnisse Taiwans. Es gibt zwar Bestrebungen von Regierungsseite, die Größe der Farmen, die immer noch im Schnitt bei 1,06 ha liegt, zu beschränken und dafür Großbetriebe zu fördern, aber gerade in den Gebirgsregionen ist die Landwirtschaft für, im Schnitt 5-köpfige Familien, die Erwerbsgrundlage und auch aufgrund des abschüssigen Terrains ist es schwierig Großbetriebe hier anzusiedeln.

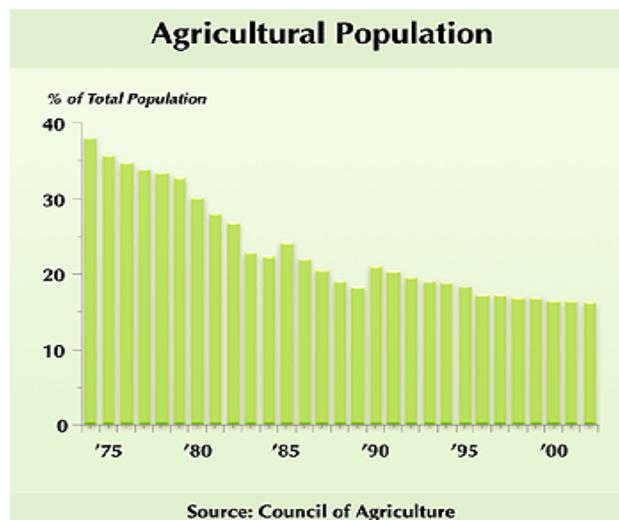


Abbildung 29: Die Grafik verdeutlicht den durch steigende Mechanisierung sinkenden Anteil der Gesamtbevölkerung an der Landwirtschaft von 1970-2005. (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

Die Gesamtfläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche beträgt 865.723 ha, wovon 458.877 ha bewässert werden und 406.846 ha konventionell bewirtschaftet werden.

Taiwans Hauptprodukte in der Landwirtschaft sind Schweine, Reis, Geflügel, Krabben, Aale, Tintenfische, Thunfisch, Zucker und Bananen. Mit dem Ertrag, der in diesen Bereich erwirtschaftet wird, kann sowohl der einheimische Markt befriedigt, als auch noch Exportvolumen produziert werden.

Das Produktionsvolumen verteilte sich hierbei wie folgt:

Aal	33.364 Mill. Tonnen = 498 Millionen U.S. \$
Krabben	38.658 Mill. Tonnen = 316 Millionen U.S. \$
Tintenfisch	159.414 Mill. Tonnen = 197 Millionen U.S. \$
Thunfisch	174.000 Mill. Tonnen = 487 Millionen U.S. \$
Wassermelonen	358.848 Mill. Tonnen = 150 Millionen U.S. \$
Geflügel	582.468 Mill. Tonnen = 1.132 Mrd. U.S. \$
Schweine	1.135.361 Mill. Tonnen = 7.594 Mrd. U.S. \$
Reis	4.577.274 Mill. Tonnen = 1.536 Mrd. U.S. \$
Eier	447.664.000 Mill. Dutzend = 306 Millionen U.S. \$

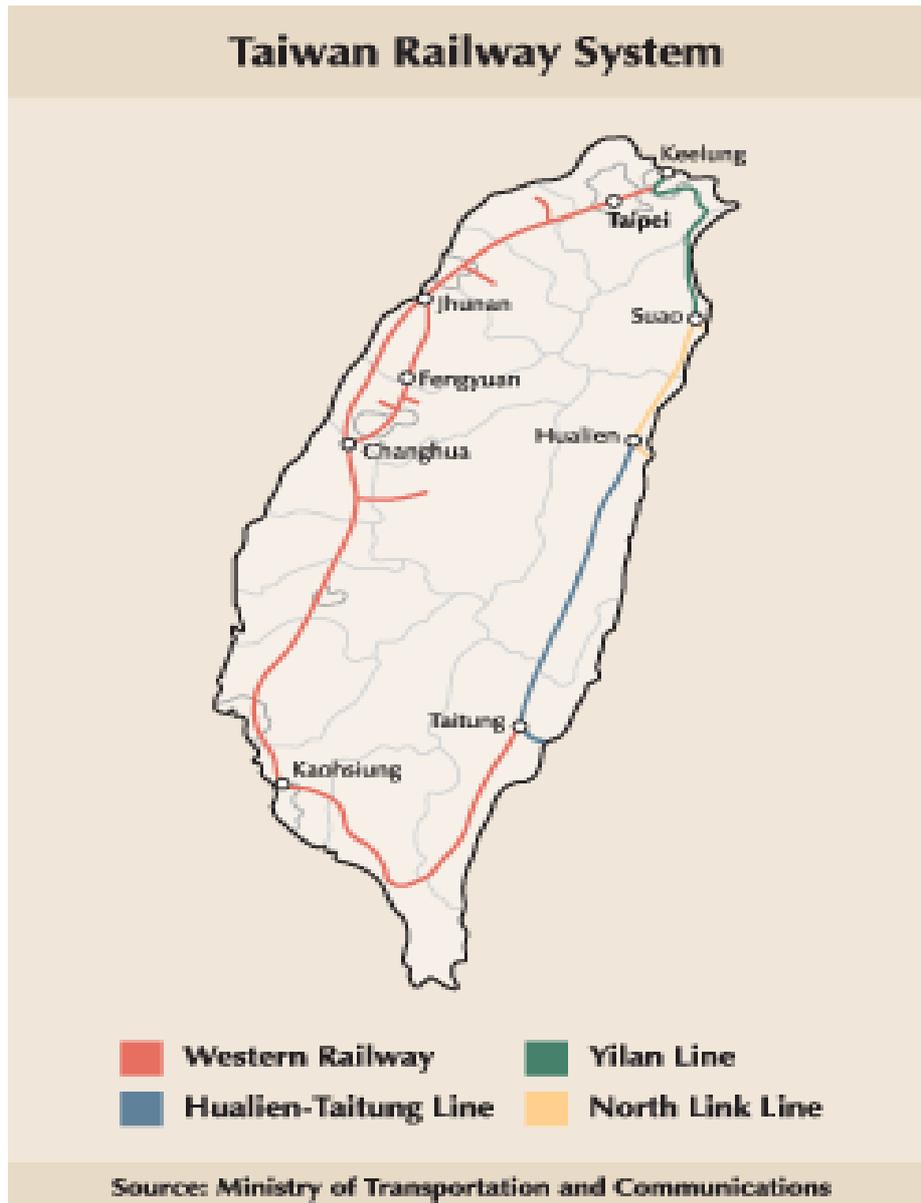
Die Nutztierhaltung machte im Jahr 2002 knapp 30% der Gesamtproduktion der Landwirtschaft aus, mit einem Volumen von über 1 Mrd. U.S. \$. Die Nutzfläche, die von diesem Wirtschaftszweig belegt wird beträgt 11.430 ha, wobei Schweine- und Hühnerfarmen mit 30 % den größten Anteil stellen.

### **3.0.8 Taiwans Verkehrswegesystem**

#### Eisenbahnnetz:

Die Infrastruktur Taiwans ist sehr gut ausgebaut. Taiwan verfügt über 2.508 km Eisenbahnlinie, von denen 1.108 km eine Spurbreite von 1,067 m haben und davon sind 519 km elektrifiziert. Weitere 1.400 km haben eine Spurbreite von 0,762 m und unterstehen der Taiwan Sugar Corporation und dem Taiwan Forestry Bureau und werden für den Warentransport genutzt und befördern nur eine geringe Anzahl an Passagieren.

Das Beförderungsaufkommen für das Jahr 2002 belief sich auf 175 Millionen Passagiere, was einer Steigerung von 5,77 % zum Vorjahr entspricht, und einer Frachtbeförderung von 12.200.000 Tonnen Fracht, eine Steigerung um 1,78 % zum Vorjahr.



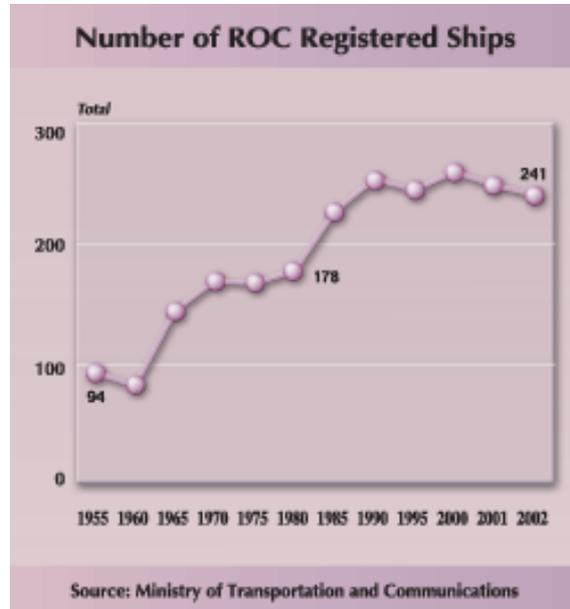
**Abbildung 30:** Die Grafik zeigt die wichtigsten Eisenbahnlagen, die als großes Ringsystem an alle wichtigen Großstädte angebunden sind. Taiwan plant weiterhin den Bau einer Hochgeschwindigkeitseisenbahn, deren Trasse hier nicht erfasst ist, aber im Westen der Insel verlaufen wird. (Quelle: 2004 Statistic Yearbook, Ministry of Transportation and Communication, 2005)

1995 gab die Legislative grünes Licht für den Bau einer 345 km langen Hochgeschwindigkeitseisenbahn, die im Oktober 2005 ihren Dienst aufnehmen wird und an die wichtigsten Städte, von Nangang im Norden bis Kaohsiung im Süden, über eine im Westen der Insel verlaufende Trasse angebunden ist. Der gesamte Etat für Planung und Bau dieser Trasse kostete 13,1 Milliarden US Dollar, die zu 75,5 % aus privaten Investitionen finanziert wurde. Mit Inbetriebnahme dieser Strecke wird die Reisezeit von Taipei nach Kaohsiung von 4,5 Stunden auf gerade mal 90 Minuten gekürzt.

#### Häfen:

Der Seehandel ist eine der Lebensadern Taiwans Import-/Exportwirtschaft. Ende 2002 unterhielten die 135 taiwanesischen

Schiffahrtslinien 241 Schiffe, die mindestens 300.000 Tonnen groß waren und zusammen 4.290.000 Tonnen Frachtraum stellten. Die größte Handelschiffahrtsgesellschaft ist die Yangming Marine Transport Co. die alleine Ende 2002 eine Flotte von 52 dieser Schiffe unterhielt und mehr als ein Drittel der Gesamttonnage.



Taiwan verfügt über sechs internationale Tiefwasserhäfen, von denen Kaohsiung im Süden als fünftgrößter Containerhafen der Welt und Keelung an der Nordspitze als Nummer 28 weltweit, die Bedeutendsten sind. Kaohsiung hatte 2002 einen Handelsumsatz von knapp 8,5 Millionen TEU (Twenty Foot Export Unit = internationaler Standard für Schiffcontainer). Der Hafen verfügt über 118 Ankerplätze an denen Schiffe be- und entladen werden können. Das ergibt eine Gesamtlänge von 26,6 km für 153 Schiffe gleichzeitig, eingerechnet auch Ankerbojen.

Keelung verfügt über 57 Ankerplätze und zwei moderne Containerterminals, mit jeweils einer Gesamtlänge von 3.517 m. 2002 betrug der Umschlag im Keelung Hafen 1,92 Millionen TEU, nachdem der Hafen 2001 wesentlich vergrößert wurde, um den Anforderungen größerer Schiffe gerecht zu werden.

Taichung Hafen ist ein komplett künstlicher Hafen, der in Zentraltaiwan angelegt wurde, um Kaohsiung teilweise zu entlasten. Der Hafen verfügt über 46 Tiefwasser-Kais und acht Containerpiere. 2002 betrug der Umschlag in Taichung 1,19 Millionen TEU, oder 81 Millionen metrische Tonnen.

### Flugverkehr

Taiwan betreibt momentan zwei internationale Flughäfen, von denen Chiang Kai-Shek bei Taoyuan der Wichtigste ist, und mehrere nationale Flughäfen. Nummer zwei ist Kaohsiung International im Süden der Insel. 41 Fluglinien fliegen Ziele in Taiwan an, 35 internationale und sechs nationale, von denen China Airlines die größte Fluglinie ist.

Weiterhin operieren in Taiwan noch 15 Inlandsflughäfen in den anderen Zentren der Insel. Im Flugverkehr ist Taiwan schon gelungen, was diplomatisch bisher am Widerstand der Volksrepublik China scheitert. Man konnte neue Flughandelsabkommen mit Deutschland, Thailand, Japan, Macao und Vietnam schließen. Das bestehende Abkommen mit Hong Kong und Cathay Pacific als Kooperationspartner von China Airlines blieb auch nach Rückgabe der Stadt an China bestehen und stellte bisher einen Einzelfall da. In letzter Zeit fanden aber auch immer mehr Linienflüge zum chinesischen Festland statt, allerdings nur Passagierflüge, keine Fracht.

Chiang Kai-Shek International hatte 2004 ein Flugaufkommen von 148.506 nationalen und internationalen Flügen, die 20.083.556 Personen beförderten. 1.701.020 metrische Tonnen Fracht wurden auf dem Airport umgeschlagen.

Kaohsiung International hatte dazu im Vergleich 2004 ein Flugaufkommen von 86,167 Starts und Landungen national/international und ein Passagiervolumen von 7,582,710 Personen national/international. In Kaohsiung wurden 133.216,2 Tonnen Fracht umgeschlagen, was einem Plus von 10,67 % zum Vorjahr darstellt.

Beide Flughäfen sind wichtige Standbeine für den Export und Import von Terminfracht und werden oder wurden beständig ausgebaut, um dem internationalen Wettbewerb um Hub-Positionen mithalten zu können.

### Straßensystem

Taiwan verfügt über ein Straßennetz mit der Gesamtlänge von 37.299 km, wovon 1.678 km nicht gepflastert sind. In Taiwan ist das gesamte Autobahnnetz in die Obrikeit der zuständigen Behörden eingegliedert, also National-, Express-, Provinz-, Kreis-, Gemeinde- und Stadtautobahnen. Inselweit ist das Autobahnnetz in sieben Kategorien aufgeteilt. Diese Klassifizierung sieht man in der Karte auf der nächsten Seite.

2002 gab es 17.91 Millionen Fahrzeuge in Taiwan, was einem Zuwachs von 2,5 % zum Vorjahr entspricht. Die Gesamtzahl der Autobahnutzer sank zum Vorjahr um 3,4 % auf 1,05 Mrd. Fahrzeuge. Auch das Frachtaufkommen auf taiwanesischen Autobahnen sank um 3,6 % auf 289 Millionen Tonnen. Besonders die Strassen durch die Gebirgsregionen sind bei Taifunen immer wieder von Schlammlawinen, Unterspülungen und weggerissenen Brücken betroffen.



**Abbildung 31:** Die Grafik zeigt das Highway-Netzwerk der Insel. Bei Taifunen immer wieder stark betroffen sind einmal der Central Express Highway (lila) und der Eastern Expressway (hellgrün). (Quelle: 2004 Statistics, Ministry of Interior MOI, 2005)

### 3.0.7 Taiwans Energienetz und Verteilung auf die Ressourcen zur

#### Energiegewinnung

Das taiwanesisches Stromnetz bezieht seine Energie aus den Energieträgern Kohle/Öl, Wasserkraft (Gezeiten- und Pumpspeicherkraftwerke) und Kernkraft, sowie zu einem kleinen Teil aus erneuerbaren Energien, wie Wind- und Solarenergie. 2004 produzierten die taiwanesischen Kraftwerke eine Gesamtleistung von 181,2 Mrd. KW/h, was einem Plus von 4,3% zum Vorjahr entspricht.

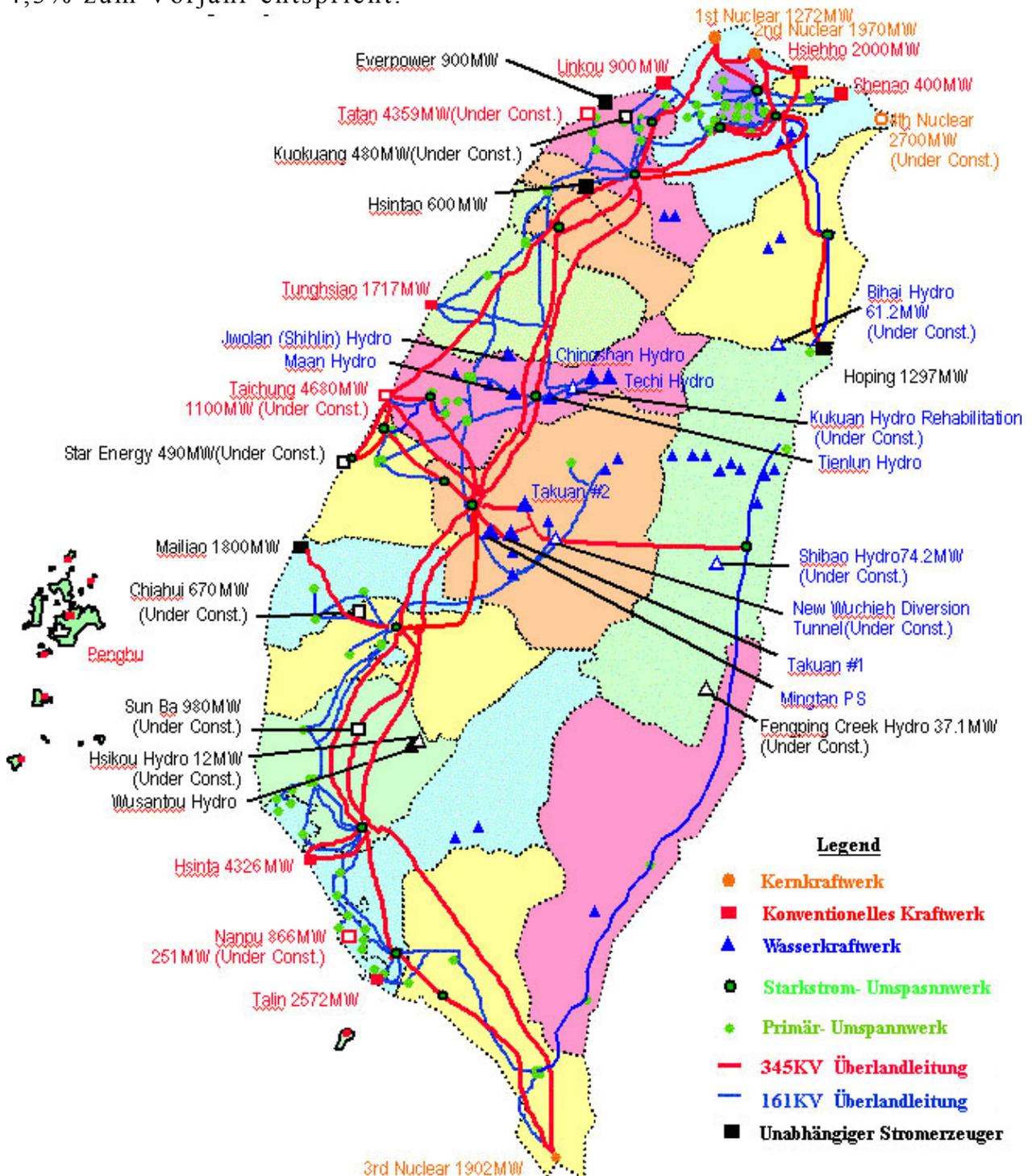
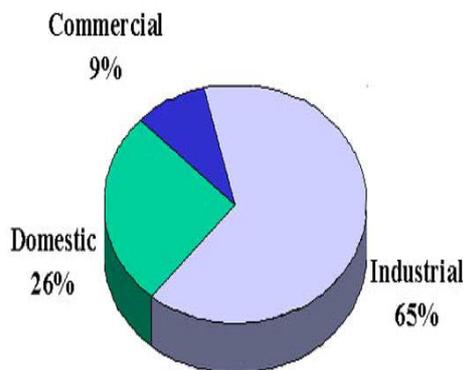


Abbildung 32: Karte des taiwanesischen Energienetzes. Dargestellt sind Kraftwerke staatlicher und privater Betreiber, sowie die Starkstromüberlandleitungen. (Quelle: Taiwan Power Company, 2005)

2004 kamen 3,6 % der produzierten Energie von Wasserkraftwerken, das sind 6,5 Mrd. KW/h (- 4,9 % zum Vorjahr). Konventionelle Kraftwerke, die Öl und Kohle verfeuern, lieferten mit 136,8 Mrd. KW/h 75,5% (+5,6 % zum Vorjahr) und Kernkraftwerke, von denen Taiwan 4 besitzt, 37,9 Mrd. KW/h 20,9 % (+1,5 % zum Vorjahr) der Gesamtleistung. Ein fünftes Kernkraftwerk, momentan in der Planungsphase, ist Anlass hitziger Debatten in der Politik und der Presse, da auch in Taiwan, wie in der BRD, erneuerbaren Energien mehr Raum eingeräumt werden soll. Insgesamt kann das taiwanesisches Energienetz 34.598 MW bereitstellen, eine Kapazität, die allerdings so gut wie nie ausgelastet wird. Der Spitzenwert 2004 betrug 29.034 MW, die normale Netzlast lag bei 20.634 MW.

Unabhängige Stromerzeuger liefern in Taiwan einen beachtlichen Teil der Gesamtstromerzeugung. 2004 lieferten diese Produzenten 33,9 Mrd. KW/h (+ 23,9 % zum Vorjahr), was einem Gesamtanteil von 18,7 % entspricht.

Von dieser erzeugten Energie wurden 167,48 KW/h an Kunden verkauft, was einer Abgabe von 92,4 % entspricht. 32,4 % wurden an Lichtproduzenten abgegeben, die restlichen 67,6 % an Stromabnehmer.



**Abbildung 33:** Die Verteilung der 67,6 % der abgegebenen Energie an die Stromkunden und ihren Verwendungszweck. (Quelle: Taiwan Power Company, 2005)

Das Starkstromleitungssystem Taiwans hat eine Gesamtlänge von 14.959 km und teilt sich in drei Kategorien auf:

1. 345 Kilovoltleitung mit 3.566 km Länge
2. 161 Kilovoltleitung mit 4.367 km Länge
3. 69 Kilovoltleitung mit 5.061 km Länge

Die Hochleistungsleitungen mit 345 Kilovolt verlaufen alle im Westen der Insel und versorgen die Primärabnehmerstationen in den Zentren. Eine 161 Kilovoltleitung versorgt den Osten der Insel, im Norden verlaufen noch einige Kilometer 345 Kilovoltleitung. Die kleineren 69 Kilovoltleitungen findet man überall auf der Insel. Diese Leitungen liefern hauptsächlich Energie in die Gebirgsregionen, wo keine große Industrieanlagen und andere Großabnehmer vorzufinden sind.

### 3.1 Taifune im Nordwestpazifik und im Südchinesischen Meer

Der Nordwestpazifik und das Südchinesische Meer wurden seit Beginn der konstanten Aufzeichnung ab 1951 von 1464 Taifunen heimgesucht. Die Saison mit den wenigsten Taifunen war 1998 mit „nur“ 16 Taifunen, die stärkste Saison 1967 mit 39 Taifunen.

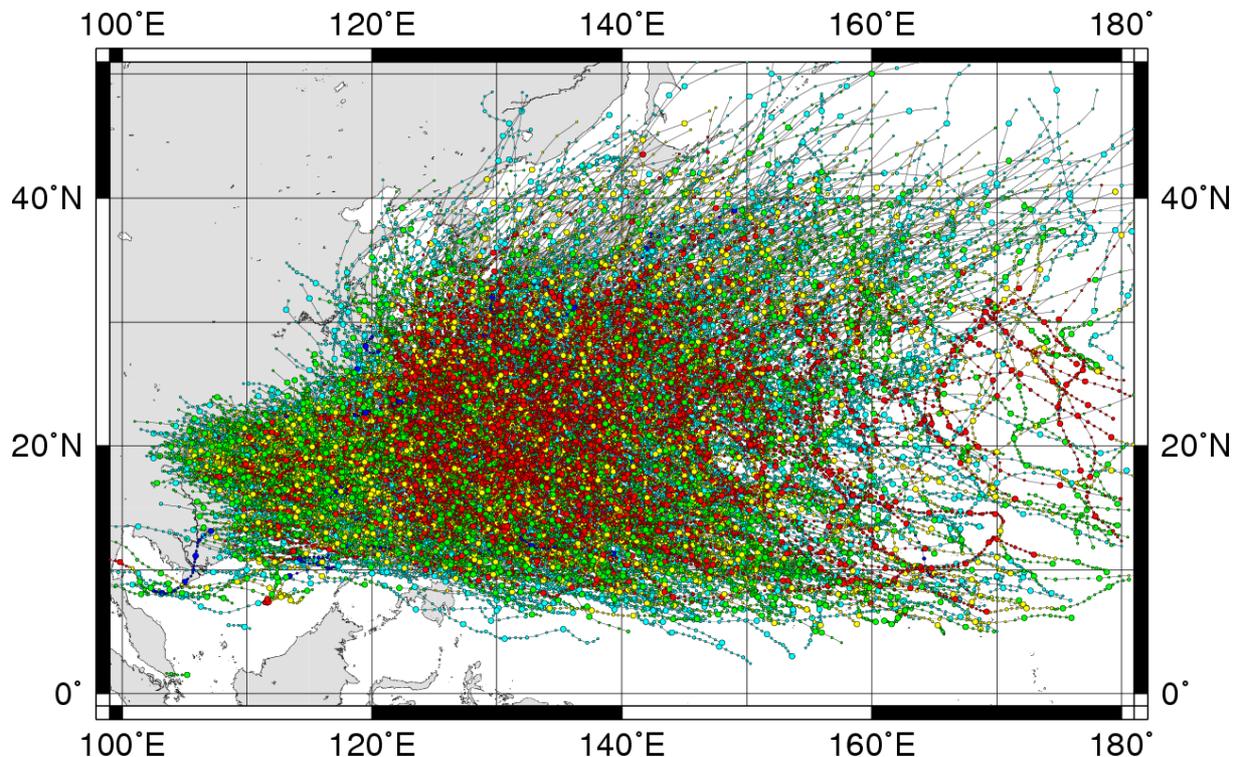


Abbildung 34: Diese Grafik dient, wie schon die Grafiken im Artikel zu den El Nino- und La Ninaauswirkungen auf Taifune, mehr dem Eindruck, als einer exakten Bestimmung. (Quelle: Digital Typhoon, Homepage)

Im Zentrum dieser Grafik liegen die Philippinen und Taiwan, die noch vor der chinesischen und japanischen Küste am häufigsten von Taifunen betroffen sind. Die meisten Taifune in diesem Gebiet sind relativ kurzlebige Stürme, von denen 79,5 % nicht länger als 7 Tage aktiv sind. Die Taifunsaison für dieses Gebiet beginnt Ende Juni und dauert ca. bis Ende Oktober, auch wenn danach noch Taifune entstehen, nimmt die Zahl stark ab. Die Entstehung von Taifunen verteilt sich ungefähr im Verhältnis 1/3 Südchinesisches Meer und 2/3 Nordwestpazifik.

Tabelle 3

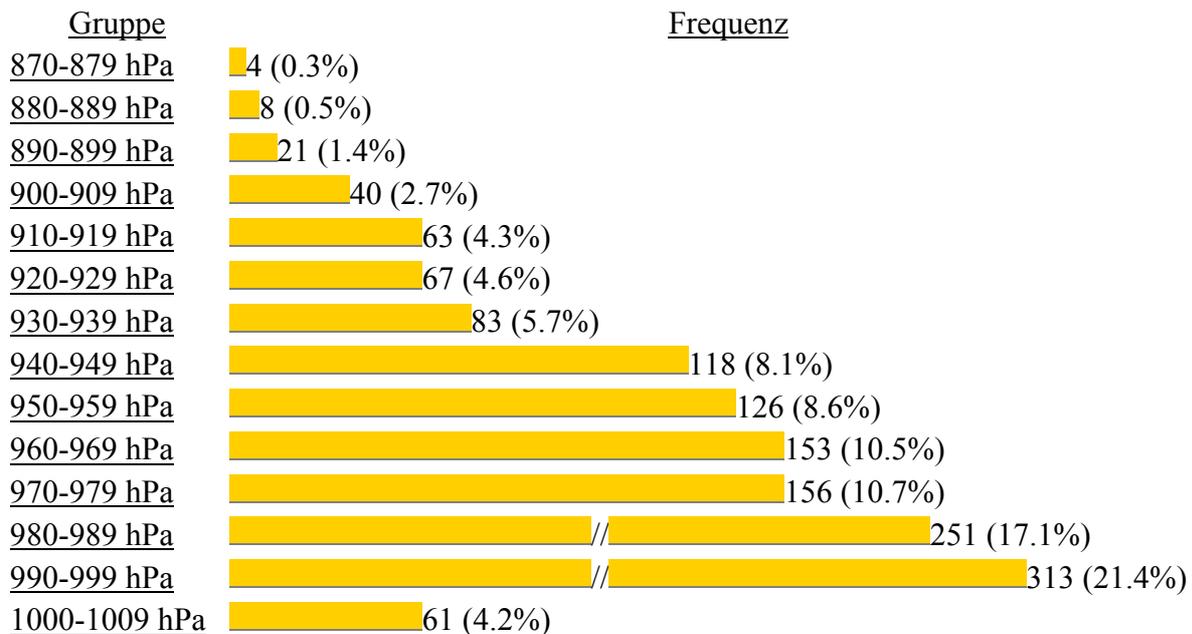
<u>Gruppe</u>	<u>Frequenz</u>
34-47 Knoten	178 (23.5%)
48-63 Knoten	158 (20.9%)
64-84 Knoten	201 (26.6%)
85-104 Knoten	168 (22.2%)
105-140 Knoten	52 (6.9%)

Histogramm für die Verteilung auf die Windgeschwindigkeiten der Taifune im Südchinesischen Meer und Nordwestpazifik (1951-2005) (Quelle: Digital Typhoon)

Die Stärke der Taifune ist natürlich ein weiterer wichtiger Faktor neben der Frequenz der Stürme.

Von 757 beobachteten Stürmen erreichten knapp 30 % Windstärken von mehr als 85 Knoten (ca. 160 km/h) und damit eine Wucht, die zu starken Schäden an Gebäuden, Stromleitung, landwirtschaftlichen Nutzflächen und Industrieanlagen führen kann.

**Tabelle 4**

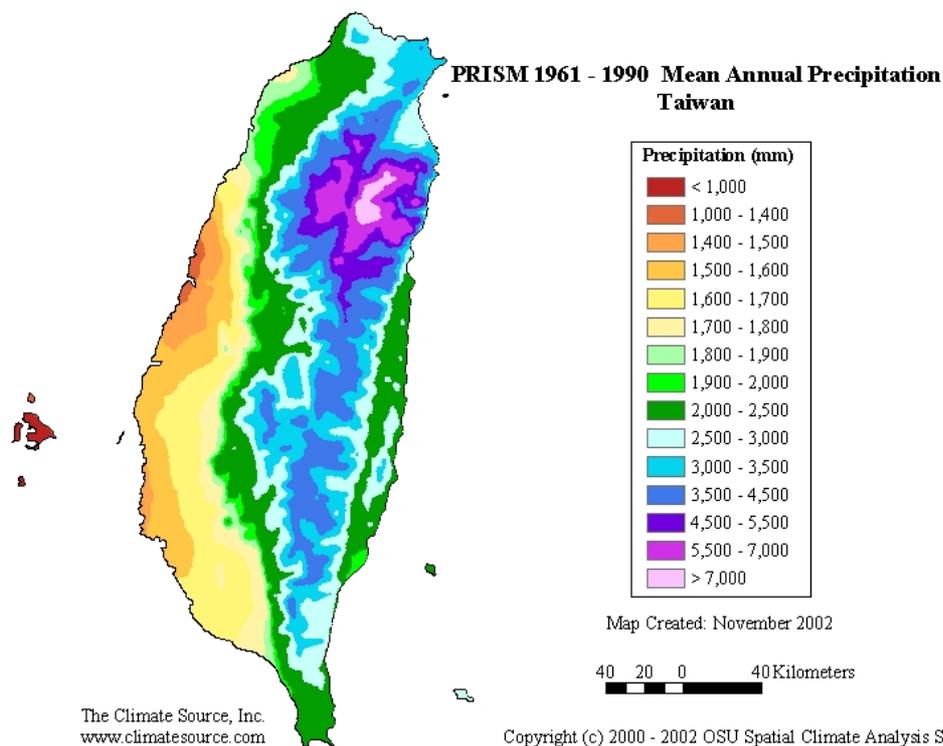


*Histogramm für die Druckverteilung der Taifune im Südchinesischen Meer und Nordwestpazifik (1951-2005)  
(Quelle: Digital Typhoon)*

Dass die Windgeschwindigkeit nicht in einem direkten Verhältnis zu dem Druck des Sturmsystems steht, zeigt die Tatsache, dass nur ca. 42 % aller Taifune unter einen Druck von 980 hPa sinken.

### 3.1.1 Niederschläge und Wirbelsturmeinflüsse auf die Niederschlagsbilanz

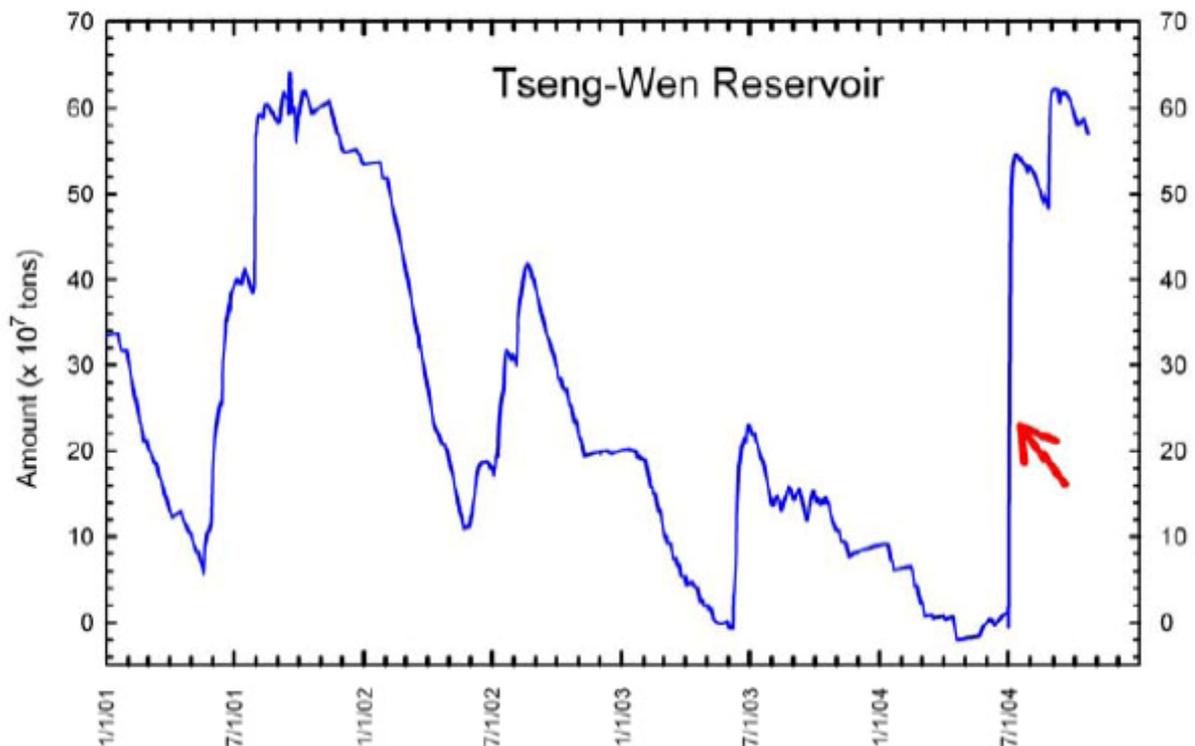
Die Niederschlagsverteilung für Taiwan ist, grafisch dargestellt, sehr eindeutig. Die aus dem Osten kommende feuchte Meeresluft bleibt an den hohen Bergen der taiwanesischen Bergkette hängen und regnet dort ab. Das Gebiet mit den höchsten Niederschlägen liegt in dem Verwaltungsbezirk Yilan Xian, mit Spitzen von über 7.000 mm im Jahr. Diese Bilanz ergibt sich aus Niederschlagsmessungen aus dem Zeitraum 1961-1990. Die Westküste und die Penghu-Inseln sind am niederschlagsärmsten, da sie im großen Regenschatten der Zentralkette liegen.



**Abbildung 35:** Die Grafik zeigt die extrem konzentrierte Verteilung von Regenmengen auf die nordöstliche Bergkette und die relativ niederschlagsarmen südwestlichen Küstenebenen. (Quelle: The Climate Source Inc. 2002, Homepage)

Niederschlagsmessungen seit 1953 verzeichnen verschiedene Trends in der Niederschlagsverteilung in Taiwan. So nahm der Niederschlag in Nord- und Osttaiwan in diesem Zeitraum zu, während er in den zentralen und südlichen Gebieten der Insel einen abnehmenden Trend aufzeigt. Im Gegensatz dazu sank die Anzahl an Tagen, an denen es in diesen beiden Regionen nicht regnet. 1995 veröffentlichte das Wasser-Ressourcen Büro eine Studie wonach bis 2050 die Niederschlagsmengen um 4 % abnehmen werden, möglicherweise sogar um 4,1 % in trockenen Jahren. Das mag im ersten Moment nicht viel klingen, aber Taiwan ist von den jährlichen Niederschlägen aus Taifunen und Starkregen als Wasserlieferant abhängig, um die Wasserversorgung der Bevölkerung und Wirtschaft zu garantieren. Seit der Taifunsaison 1994 verzeichnet man einen Rückgang der Niederschlagsmenge durch Taifune im Jahresmittel mit einem Süd-Nord-Gradienten. Im Süden der Insel nahm der Regenanteil

von Taifunen um über 50 % ab, über 40 % in der Zentralregion und immer noch um die 30 % im Norden der Insel. Dieser Rückgang von Starkregenmengen aus Taifunen hat natürlich einschneidenden Einfluss auf die Wasserbilanz Taiwans. Es gibt immer wieder „Ausreißer“ aus diesen Trends, z.B. wenn ein besonders starker Taifun, wie im August 1996 „Herb“, die Insel trifft, aber diese Extreme ändern nichts am generellen Trend. Nur machen es diese Extreme für die Planer von Notfallplänen und Flussentwicklungsplänen schwer, da die Niederschlagsmengen sich auch auf die Abflussmengen der Gebirgsflüsse auswirken, die teilweise stark verbaut, mehrfach aufgestaut und begradigt sind. Der normale Wechsel von Trockenperiode und Zeiträumen, wo die Flüsse mehr Wasser führen lässt sich relativ genau kalkulieren. Aber Extreme können die Verbauungen und Deiche überlasten und führen eventuell zu weiteren Staustufen, um solche starken Wassermengen abzufedern, oder zu schweren Überschwemmungen und weiteren Schäden, wenn die Verbauungen den Wassermengen nicht standhalten. Was eine zu große Verbauung und Begradigung bei Wasserläufen bewirken kann, sieht man immer wieder, wie unlängst bei starken Unwettern im bayrischen Raum, als die begradigten Flüsse die gewaltigen Wassermengen nicht mehr halten konnten und für schwere Überschwemmungen sorgten.



**Abbildung 36:** Grafik des Einflusses in das Tseng-Wen Reservoir während eines Taifuns zeigt die abrupte Veränderung durch Starkregen in Speicherseen.

### 3.1.2 Durch Taifune verursachte Schäden und Nutzen

Taifune beeinflussen alle Bereiche des öffentlichen Lebens und der taiwanesischen Wirtschaft. Die wichtigsten Bereiche, die ich in Kapitel 3 vorgestellt habe, stelle ich hier mit ihren Risikobereichen vor. Erklärende Tabellen, die einen Überblick über diese Schäden geben, finden sich im Anhang. Diese Statistiken wurden mir freundlicherweise von den zuständigen Ministerien und Behörden zur Verfügung gestellt. Ich konnte somit auf Tabellen über landwirtschaftliche Verluste, Schäden für Straßen, Schienenverkehr und Stromnetz zurückgreifen, genau so wie für Todesopfer und zerstörte Häuser. Diese Tabellen werde ich in diesem Kapitel nicht explizit beschreiben, sondern stelle sie in den Anhang und beschreibe die einzelnen Punkte allgemein. Genauere Schilderungen der Schäden finden sich in „Kapitel 3.1.3 Besonders starke Wirbelstürme in den letzten zehn Jahren“.

#### Landwirtschaft

Besonders die Landwirtschaft ist hier am stark betroffen, da dieser Wirtschaftszweig die größte Fläche einnimmt und somit die größte Angriffsfläche bietet. Immer wieder verwüsten Erdrutsche und Schlammlawinen Anbauflächen in den Bergen und zerstören sie entweder permanent oder zumindest für längere Zeit und vernichten auf jeden Fall die Ernte. Auch die durch Taifune beschleunigte Erosion und die damit verbundene Verminderung guten Bodens für Anbauzwecke macht es mit der Zeit immer schwerer hier Landwirtschaft zu betreiben. Oft ist das hier aber die einzige Einnahmequelle, da Industrie sich fast ausschließlich in den küstennahen Ebenen ansiedelt, wo die Infrastruktur und die Anbindung an Export- und Importplätze sehr gut sind. In den Tieflagen sind es weniger Lawinen und Erdrutsche, sondern mehr die Überschwemmungen und die Storm Surges, die hier Anbauflächen stark in Mitleidenschaft ziehen. Besonders kritisch ist der Einfluss von Salzwasser auf die Anbauflächen, da es zum einen die Pflanzen schädigt und zum anderen in den Boden einsickert und hier und ebenfalls im Grundwasser Salz anlagert. Überschwemmungen durch tagelangen Starkregen, nach dem die Flächen oft hoch unter Wasser stehen, ersticken die Pflanzen und führen auch hier durch Abfluss oft wertvollen Mutterboden mit sich. Der letzte Punkt den ich hier nennen möchte, ist der Windwurf, der besonders bei Anbauformen mit hohen Gewächsen, wie Palmenplantagen, Betelnuss, aber auch Teeplantagen und besonders in der Forstwirtschaft für beträchtliche Schäden sorgt. Viele dieser Schäden sind aber „hausgemacht“. Die jahrzehntelange bedenkenlose Abholzung der Wälder, die Einebnung von Kuppen und die Terrassierung von Hängen, haben diese instabil und anfällig für Starkregen gemacht. Diese Starkregen weichen den, seiner natürlichen Deckung beraubten, Boden auf und schwemmen ihn weg. Diese Erosion in den Bergen bereitet den Behörden und natürlich auch den Menschen, die in diesen Gebieten leben, große Probleme. Frische Flächen, wo Erdmassen abrutschten bieten dann natürlich wieder

Angriffsfläche für neue Erosion. Man versucht die Entwicklung zu stoppen, oder zumindest zu verlangsamen indem man Gebiete von Privatpersonen und Firmen zurückkauft und wieder mit Bäumen aufforstet, die natürlicherweise hier wuchsen. Damit will man Hänge wieder stabilisieren. Auch Farmern zahlt man Provisionen, wenn sie Teile der Fläche wieder nachhaltig aufforsten. Dieses Vorgehen habe ich schon im Artikel zu Taiwans Land- und Forstwirtschaft beschrieben. Eine detaillierte Aufstellung der Schäden findet sich im Anhang in den Tabellen 8 – 12.

### Verkehrssystem

Auch das Verkehrswegesystem wird durch Taifune immer wieder in größere Mitleidenschaft gezogen. In den Bergen, den besonders betroffenen Gebieten, werden regelmäßig Straßen entweder durch Erdbeben und Schlammlawinen verschüttet, oder durch Sturzfluten, verursacht durch tagelange wolkenbruchartige Regenfälle, die Straßen unterspülen und letztendlich wegreißen und dadurch Gebiete von der Außenwelt abschneiden. Die gleichen Schäden werden auch in den tief liegenden Küstengebieten verursacht, wiederum durch Überschwemmungen und Sturzfluten, aber auch durch Sturmfluten. Normale Straßen können relativ schnell wieder in Stand gesetzt werden, bei Highways, die eines gewaltigen technischen Aufwands bedürfen, dauert eine Instandsetzung oft viel länger und beeinträchtigt den Verkehr weit intensiver. Es liegt nicht nur an der zerstörerischen Gewalt der Natur, sondern sehr oft auch an der Ignoranz der Politiker. Es wurden Straßen gebaut, die den dortigen Gegebenheiten in keinster Weise angepasst waren. Zum Beispiel der neue zentrale cross-island Highway, der rein nach politischen und ökonomischen Gesichtspunkten errichtet wurde und ökologische Schutzmaßnahmen ausblendete. Weiterhin wurden Straßen in ländlichen Gebieten gebaut, die völlig überdimensioniert waren, nur um mögliche Wählerstimmen einzufangen. Man will den Menschen dort zeigen, dass auch sie an die High-Tech-Wirtschaft angegliedert sind, wenn sie nicht in Taipei leben. Das sind ökologisch gesehen absolut unverantwortliche Projekte, die aber bis Mitte Ende der Neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts betrieben wurden. Selbst nach den verheerenden Schäden durch „Herb“ 1996, änderte sich nichts Grundlegendes an diesem Verhalten. Im Gegenteil. Die Schäden, die in den nächsten Jahren an Straßen durch Taifune entstanden stiegen um den Faktor 8! Immer neue Gebiete wurden und werden erschlossen und unter Ausblendung ökologischer Gefahren immer neue Straßen gebaut, um der Nachfrage nach Früchten, Betelnüssen und Gemüse nachzukommen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Prestige, die eigene Bevölkerung durch eigene Produkte versorgen zu können, was dem Geist der Unabhängigkeit entspricht, der in vielen Bereichen einen sehr hohen Stellenwert einnimmt. Wenn diese Entwicklung nicht grundlegend geändert wird, sieht sich Taiwan in den nächsten Jahren noch viel größeren Schäden gegenüber.

Gleiches gilt für den Schienenverkehr, nur das hier verstärkt der Frachttransport in Mitleidenschaft gezogen wird. Während eines Taifuns wird zwar auch oft der Express-Personenverkehr eingestellt, aber dies geschieht meist aus Sicherheitsgründen und nicht wegen echten Gefahrensituationen, da die Hochgeschwindigkeitsbahnen schon nach Richtlinien gebaut wurden, die als taifunsicher gelten. Flughäfen und Seehäfen, entscheidenden Knotenpunkte der taiwanesischen Wirtschaft, entscheiden oft unabhängig von allgemeinen Warnungen individuell, wie auf einen Taifun reagiert wird. Meist wird der nationale Flugverkehr eingestellt, internationale Flüge starten und landen meist weiterhin, wenn auch oft mit großer Verspätung. Nur bei besonders starken Taifunen werden auch die Großflughäfen in Taipei und Kaohsiung geschlossen. Die Häfen bleiben geöffnet und werden nur geschlossen, wenn das Hafengebiet direkt betroffen ist.

Häfen werden von den taiwanesischen Behörden während eines Taifuns für Schiffe aller Nationen geöffnet, die hier Schutz suchen wollen. Meist sind darunter auch Fischereischiffe aus China. Diese Schiffe sind immer ein Sonderfall, da es den Besatzungen zwar erlaubt ist, taiwanesischen Häfen anzulaufen, aber nicht erlaubt an Land zu gehen. Man will dadurch ein mögliches Asylersuchen der Festlandschinesen und diplomatischen Ärger mit Peking verhindern. Nur in seltenen Fällen sinkt ein Schiff in taiwanesischen Gewässern während eines Taifuns, so wie 2001 während „Chebi“ ein Erzfrachter. Die Warnungen werden oft früh genug herausgegeben, so dass die Schiffe rechtzeitig in Sicherheit gelangen. Eine genaue Schadensbilanz findet sich in Tabelle 7 im Anhang.

### Stromnetz

Taiwanesischen Städte, Bezirke und Industrie leiden während eines Taifuns oft unter längeren Stromausfällen, die sich zu großflächigen „Black-outs“ ausweiten können. Das passiert meist dann, wenn Hauptstromleitungen heruntergerissen werden, entweder durch Windriss oder Baumschäden. Auch Kurzschlüsse in Umspannwerken durch Blitzschlag sind Ursachen für Stromausfälle. Meist sind nur wenige Tausende betroffen, bei starken Taifunen mit großer Flächenwirkung können aber auch Hunderttausende betroffen sein. Diese Ausfälle sind besonders für die Chipfabriken im Hsinchu-Park, dem taiwanesischen Silicon Valley, ein großer Gefahrenpunkt, da Halbleitertechnologie die große Komponente für das Bruttosozialprodukt Taiwans ist und alle großen Weltfirmen hier Werke gebaut haben. Notabschaltungen in Kraftwerken, wie bei „Kai-Tak“, als ein Atomkraftwerk heruntergefahren werden musste, bei dem der Kühlkreislauf ausfiel, sind aber extrem selten. Eine genaue Schadensbilanz findet sich in Tabelle 7 im Anhang.

### Gebäude

Aus den Nachrichten über Hurrikane in den USA ist man oft das Bild völlig zerstörter Gebäude durch Windschäden gewohnt. Dieses Bild wird sich bei Berichten über Taifune in Taiwan nicht finden, da hier bei Pri-

vathaushalten eine stabilere Bauweise als in den USA verwendet wird. Schäden entstehen an Dächern durch Sturmböen, aber komplette Zerstörungen bis auf die Grundmauern sind aufgrund stabiler Betonbauweise sehr selten. Komplette Zerstörungen werden nur infolge von Schlamm-lawinen, Erdbeben, Überschwemmungen und Storm Surges gemeldet, wobei es dann meist nicht bei einem Haus bleibt, sondern ganze Dörfer bis Landstriche betroffen sind. Natürlich sind aber auch die Schäden durch beschädigte Dächer sehr hoch, so dass für die betroffenen meist Ihr Hab und Gut massiv leidet oder zerstört wird. Eine genaue Übersicht über Gebäudeschäden findet sich im Anhang in Tabelle 31.

### Flusssysteme

Immer wieder treten Flüsse während eines Taifuns aufgrund der gewaltigen Wassermengen, die tagelanger Starkregen mit sich bringt, über die Ufer und sorgen für großräumige Überschwemmungen. Ein weiterer Faktor ist auch die Fließgeschwindigkeit, mit der das Wasser aus den Bergen zu Tal schießt. So ist es nicht nur die reine Menge, sondern auch die Wucht des Wassers, die schwere Schäden verursachen. Aus diesem Grund hat man die meisten größeren Flussläufe stark verbaut, einerseits durch Deiche an den Ufern, die ein Überlaufen verhindern sollen und durch mehrere Staustufen, die dem Wasser die Wucht und die Geschwindigkeit nehmen sollen. Immer wieder erweisen sich diese Deiche allerdings als nicht ausreichend, da zu große Wassermengen die Deiche dann überlasten. Jeder Taifun hat seine eigenen Niederschlagscharakteristika, die sich von Taifun zu Taifun extrem schwer einschätzen lassen. Diese tief greifende Verbauung hat natürlich auch entsprechende Auswirkungen auf die Umwelt und natürliche Kreisläufe, wie Fischwanderungen und die Wasserversorgung mancher Gebiete, die durch die Verbauung nicht mehr die nötigen Wassermengen erhalten. Dieser Entwicklung versucht man durch Kanalsysteme und Wasserpipelines entgegen zu wirken. Ein weiteres Problem ist die bereits angesprochene Erosion, die den starken Eintrag von Schlamm und Sand in Flüsse und Speicherseen beschleunigt. In Flüssen bewirken diese Einträge eine Anhebung der Flussbetten und in Speicherseen eine langsame Auffüllung und Verkürzung der Lebensdauer der Speicher.

Taiwan hat einen jährlichen durchschnittlichen Niederschlag von 2.500 mm, mehr als das Dreifache des globalen Durchschnitts. Allerdings fallen 80 % dieser Niederschläge in den Sommermonaten. Nur 26 % dieser Wassermengen werden genutzt, der Rest fließt ungenutzt ins Meer. Sieht man dann die Niederschlagsmenge pro Kopf, die verfügbar ist, ist das nur ein Sechstel des globalen Mittels. Ein weiteres Problem ist die Wasserverschwendung in Taiwan, die mit 290 Liter/Tag pro Kopf, weit über dem Verbrauch westlicher Industrienationen mit 250 Liter/Tag pro Kopf, liegt. Durch die Kombination von Verschwendung auf der einen Seite und Wasserknappheit außerhalb der Regenzeit auf der anderen Seite, greift man verstärkt auf Grundwasservorkommen zu, die dadurch immer mehr absinken. Dieses unvermeidliche Abpumpen hat in manchen

Gebieten der Insel schon zu Problemen durch Bodenabsenkung geführt. Das führt dazu, dass weite Küstenlinien in großem Rahmen eingedeicht werden mussten. Denn ohne diesen Schutz leiden die Grundwasserspeicher durch die Einsickerung von Salzwasser bei Sturmfluten, bei denen Salzwasser ins Landesinnere gelangt und dadurch die Qualität des Grundwassers sehr stark beeinträchtigt. Das wiederum bringt weitere Einschränkungen für Bevölkerung und Landwirtschaft mit sich. Diese Entwicklung bereitet nach Auskunft des Council of Agriculture und des Central Weather Bureau den Behörden großes Kopfzerbrechen.

### Bevölkerung

Auch wenn dieser Punkt hier verwundert, aber auch die mangelnde Sensibilität der Bevölkerung und der Regierung in Hinblick auf Naturkatastrophen und Umweltschutz ist ein großes Problem und verantwortlich für viele Folgeschäden. Wie mir eine Mitarbeiterin des Central Weather Bureau mitteilte, bewertet man Taifune in Taiwan, wie ein „nerviges Familienmitglied“. Genau darin liegt der Knackpunkt. Man akzeptiert diese Bedingungen und sagt sich, dass es eben so sein muss. Es ist die allgemeine Einstellung, dass man an diesen Naturkatastrophen nichts ändern kann. Das mag stimmen, aber an den Auswirkungen kann man etwas ändern, wenn ein Umdenken in der Öffentlichkeit in Hinblick auf die Umweltsituation einsetzt. Es muss endlich verstanden werden, dass man nicht bedenkenlos Raubbau an der Natur betreiben kann, ohne die Auswirkungen dieser Vorgehensweise zu spüren. Nur dann kann man die Zahl der Opfer weiter verringern. Eine genaue Übersicht über die Opferzahlen liefert Tabelle 31 im Anhang, weswegen ich hier auf eine Beschreibung verzichte

Japan hat ähnliche Bedingungen wie Taiwan, in Hinblick auf Taifune. Auch hier kämpft man mit Erdbeben, Schlammlawinen und Überschwemmungen. Hier ist aber die Situation aber eine völlig andere in Hinblick auf das Umweltbewusstsein und existierende Frühwarnsysteme. Japan unterhält ein Frühwarnsystem für Erdbeben und Schlammlawinen, das eine Genauigkeit von 20 % erreicht. Das mag nicht viel sein, aber die Bevölkerung hat dieses System, obwohl es Fehlmeldungen produziert, als eine Hilfe und Warnung vor Gefahren erkannt. In Taiwan wurde Anfang der Neunziger Jahre ein ähnliches System installiert. Nur erreichte dieses System sogar eine Genauigkeit von 30 %, was eine bemerkenswerte Steigerung zu dem japanischen System darstellte. Nur akzeptierte die taiwanische Bevölkerung dieses System aufgrund seiner Fehlmeldungen nicht. Es wurde kein Vertrauen für dieses Frühwarnsystem entgegengebracht, da die Bevölkerung in betroffenen Gebieten zu oft falsch alarmiert wurde, oder auch mal gar nicht. Aus diesem Grund wurde dieses System 1998 wieder aufgelöst und man kehrte zu den alten Niederschlagsmesssystemen zurück. Diese Ablehnung durch die Bevölkerung liegt aber auch an der verhaltenen Vorgehensweise der Regierung in Hinblick auf Naturkatastrophen. Wirtschaftliche Gesichtspunkte dominieren noch immer die Politik, während Umwelt- und Naturschutz ein Schattendasein führen. Zwar werden nach schweren Naturkatastro-

phen, wie „Herb“, „Toraji“ und „Nari“ großspurige Maßnahmen versprochen und ein Umdenken in der Umweltpolitik versprochen und auch durchgeführt. Aber solange diese Maßnahmen von der Bevölkerung nicht unterstützt werden, laufen sie völlig ins Leere. So ist es Japan beispielsweise verboten in ausgewiesenen Gefahrenzonen zu leben. Flüsse, die als gefährlich gelten, sind durch Auen, Bäume und Betonufer von Siedlungen getrennt. In Taiwan dagegen werden noch immer solche Gebiete besiedelt, wenn auch unter schärferen Auflagen als bisher. Auch in Hinsicht auf Bebauung in unmittelbarer Nähe von gefährlichen Flüssen wurden bis vor kurzem noch Baugenehmigungen erteilt. Das ist einer der Hauptpunkte, den japanische Wissenschaftler und Berater bemängeln. Es wird auch Wiedereinsetzung eines geeigneten, besser vermittelbaren und damit auch stärker akzeptierten Frühwarnsystems für Schlammlawinen und Erdbeben angeraten. Es sollten auch strikte Bauvorschriften für gefährdete Gebiete erlassen werden, die notfalls auch Bauverbote beinhalten.

Welchen Nutzen zieht Taiwan nun aus Taifunen, nachdem ich die Schäden so hervorgehoben habe? Sie gewährleisten die Wasserversorgung der Insel. Während der Taifunaison werden die meisten Speicherseen wieder so weit aufgefüllt, dass die Rationierung in weiten Teilen der Insel wieder aufgehoben werden kann. Dies gewährleisten eben diese Speicherseen und Staustufen, die zum Zweck der Flutkontrolle errichtet wurden. Von hier wird das Wasser durch Druckleitungen und Kanalsysteme an die jeweiligen Zielorte weiterverteilt.

Auch natürliche Grundwasserspeicher werden während dieser Zeit zu einem gewissen Maße wieder gefüllt, was in Bezug auf die Absenkung und die Salzeinsickerung sehr wichtig ist. Umso schwerer wiegt es, wenn eine Taifunaison nicht die erhofften Regenmengen bringt. Das betrifft dann auch die Energiegewinnung durch Wasserkraft. Natürlich hat man, wo möglich, Wasserkraftwerke in die Stauseemauern integriert. Hydroenergie hat nicht einen so hohen Stellenwert in der Gesamtenergieproduktion wie konventionelle und nukleare Energie. In Anbetracht sinkender Vorräte fossiler Brennstoffe und der zwiespältigen Meinung in Taiwan zur Atomenergie ist man sich dieser Energieform und ihrer Bedeutung für die Zukunft aber durchaus bewusst. Führen die jährlichen Taifune also nicht genug Niederschlag mit sich und füllen dadurch Speicherbecken nicht genug auf, kann nicht die entsprechende Menge an Energie gewonnen werden.

### 3.1.3 Besonders starke Wirbelstürme in den letzten zehn Jahren

#### Taifunklassifikationen

Allgemein werden Taifune anhand ihrer Spitzenwindgeschwindigkeiten im 10-Minuten-Mittel klassifiziert. Diese Einteilung hat die World Meteorological Organization (WMO) festgelegt. Es gibt Abweichungen von diesem Generalstandard. Der japanische Wetterdienst, die Japan Meteorological Agency (JMA), klassifiziert Taifune anders. Hier werden schon Sturmsysteme mit Geschwindigkeiten von 33 Knoten oder 62 km/h als Taifun bezeichnet, während sie sonst als Tropischer Sturm bezeichnet werden. International wird ein Sturmtief erst ab 64 Knoten oder 119 km/h als Taifun bezeichnet. Ich habe mich bei meiner Beschreibung der folgenden Taifune an die japanische Variante gehalten, da auch Taiwan diese Einordnung verwendet.

<b>JMA Kategorie</b>	<b>Spitzenwindgeschwindigkeit (10-min-Mittel)</b>		<b>Internationale Kategorie</b>	<b>Stufe</b>
	<b>Knoten (kn)</b>	<b>Kilometer in der Stunde (km/h)</b>		
<b>Tropisches Tiefdrucksystem</b>	- 33	- 62	<b>Tropisches Tief- drucksystem</b>	2
<b>Taifun</b>	34 - 47	63 - 88	<b>Tropischer Sturm (TS)</b>	3
	48 - 63	89 - 118	<b>Schwerer Tropi- scher Sturm (STS)</b>	4
<b>Starker Taifun</b>	64 - 84	119 - 156	<b>Taifun (TY) oder Hurrikan</b>	5
<b>Sehr starker Taifun</b>	85 - 104	157 - 192		
<b>Extremer Taifun</b>	105 -	193 -		

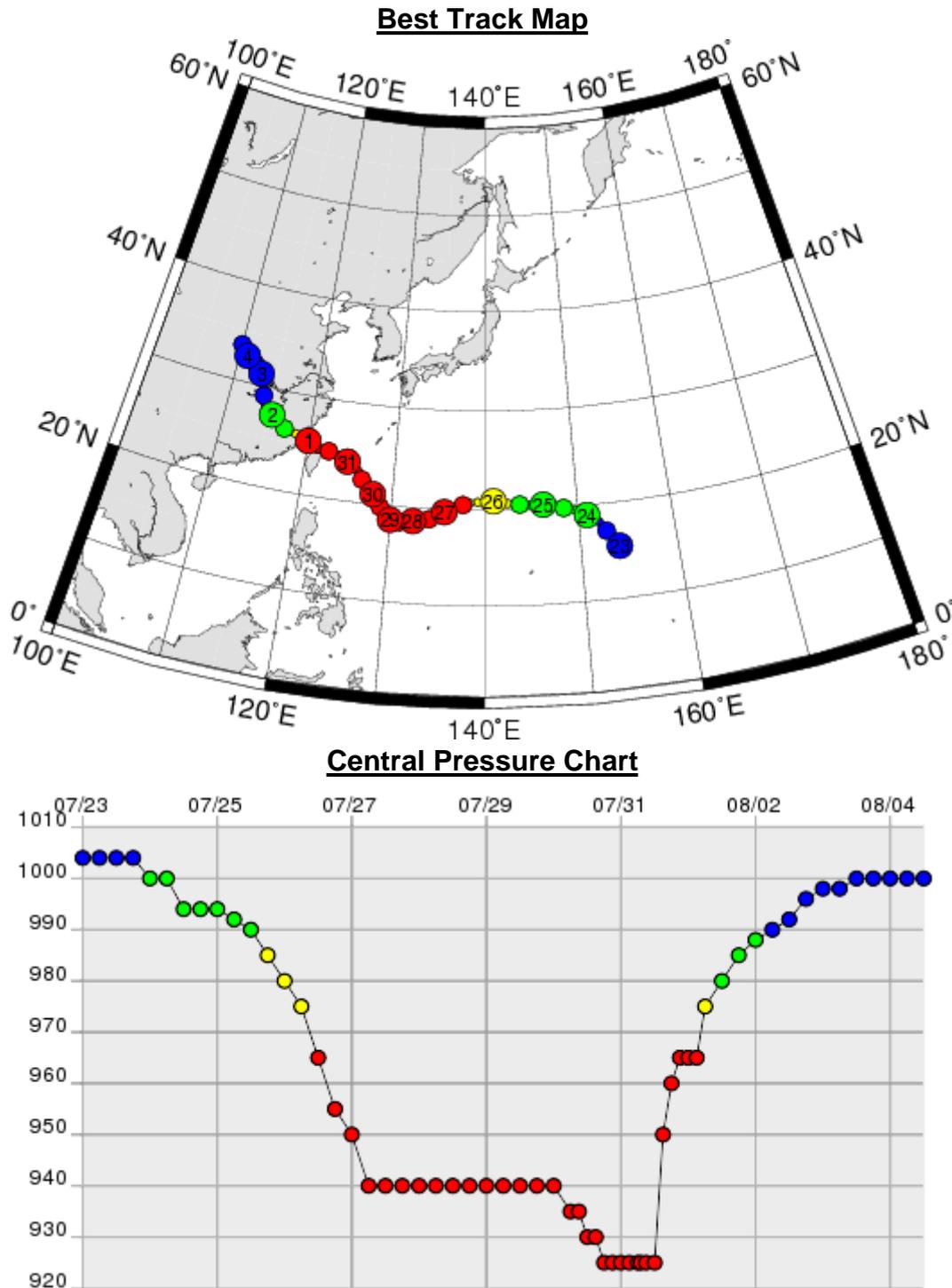
Die Bezeichnung „Super-Taifun“ bezieht sich dagegen immer auf die stärkste Stufe 5. Die Größe eines Taifuns wird durch den Radius des Gebietes festgelegt, wo Windgeschwindigkeiten stärker als 15 m/s erreicht werden. Intensität und Größe sind unabhängige Aspekte eines Taifuns. Es kann durchaus sehr große schwache und sehr kleine aber verheerende Taifune geben.

<u>Kategorie</u>	<u>Radius des Gebietes mit Windgeschwindigkeiten über 15 m/s</u>
Groß	500 – 799 km
Sehr Groß	größer als 800 km

Erläuterung der Symbole der Best Track Maps:

Blau - Tropischer Sturm < 62 km/h  
Grün - Typhoon 63 - 88 km/h  
Gelb - Typhoon 89 - 118 km/h  
Rot - Typhoon ab 119 km/h  
Lila - Aussertropischer Sturm aller Kategorien

## Taifun Herb



**Abbildung 37:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Herb (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Herb entwickelte sich am 24.07.1996 im mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 925 hPa und Windgeschwindigkeiten von 176 km/h am 29.07.1996 östlich von Taiwan und schwächte sich am 02.08.1996 nach 222 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Taifun Herb ging als einer der schlimmsten Taifune in die Geschichte Taiwans ein. Seine Verwüstung hatte die Gründung des Nationalen Katastrophenschutz Centers zur Folge, dass sich von diesem Zeitpunkt an mit der verstärkten Vorbereitung für Taifune beschäftigt und Empfehlungen und Vorgaben für Bauprojekt herausgibt.

Herb tötete 31 Menschen, verletzte Hunderte und brachte 41 Menschen auf die Vermisstenliste.

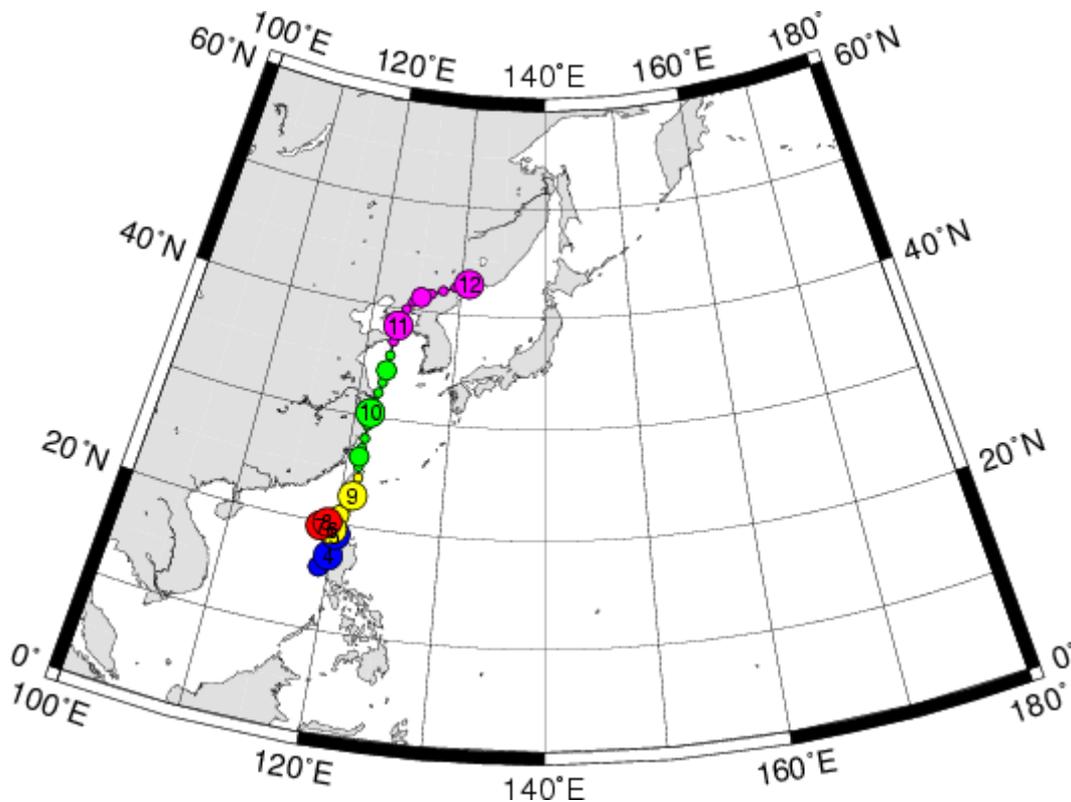
Durch einen Stromausfall im Central Weather Bureau war der Wetterdienst für einen Tag nicht in der Lage den Sturm zu beurteilen. Es entstanden schwerste Schäden an Dächern, Schildern, Werbetafeln, Fenstern, Gärten und Fahrzeugen. Der gesamte Großraum Taipei stand hüft-hoch unter Wasser. Landesweit wurden 11 von 21 Großstädten zu Katastrophengebieten erklärt. Durch tagelangen Starkregen gingen so starke Erdrutsche und Schlammlawinen ab, dass mehrere Flüsse stark anschwellen und viele Trinkwasserspeicher durch Geröll, Treibgut und Müll verseucht wurden. Zahlreiche Brücken, Straßen und Gleisanlagen wurden komplett zerstört. Der Schaden für die Landwirtschaft belief sich auf 313 Mio. \$, wobei hier besonders Plantagen auf gerodeten Berghängen und Reisanbau, sowie Aquakulturen im Tiefland betroffen waren.

An der Nordspitze Taiwans, wo Herb auf Land traf wurden Böen mit Windgeschwindigkeiten bis zu 480 km/h gemessen, der höchste je gemessene Wert, den ein Taifun je in Taiwan erreichte.

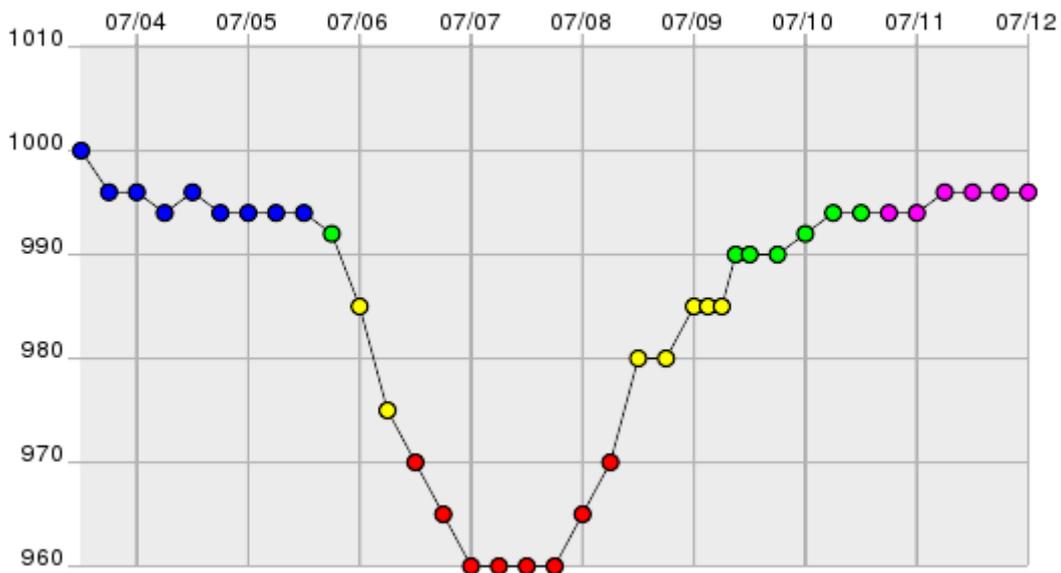
Für die Schäden in Milliardenhöhe in der Finanzwirtschaft und der Industrie stellte die Regierung eine Soforthilfe von 272 Mio. \$ bereit. Dieser Sturm hatte einerseits den Effekt, dass er der taiwanesischen Wirtschaft einen beträchtlichen Schaden brachte, der noch Monate nachwirkte und andererseits durch die vielen Aufträge zum Wiederaufbau die Bauwirtschaft boomen ließ.

## Taifun Kai-Tak

### Best Track Map



### Central Pressure Chart

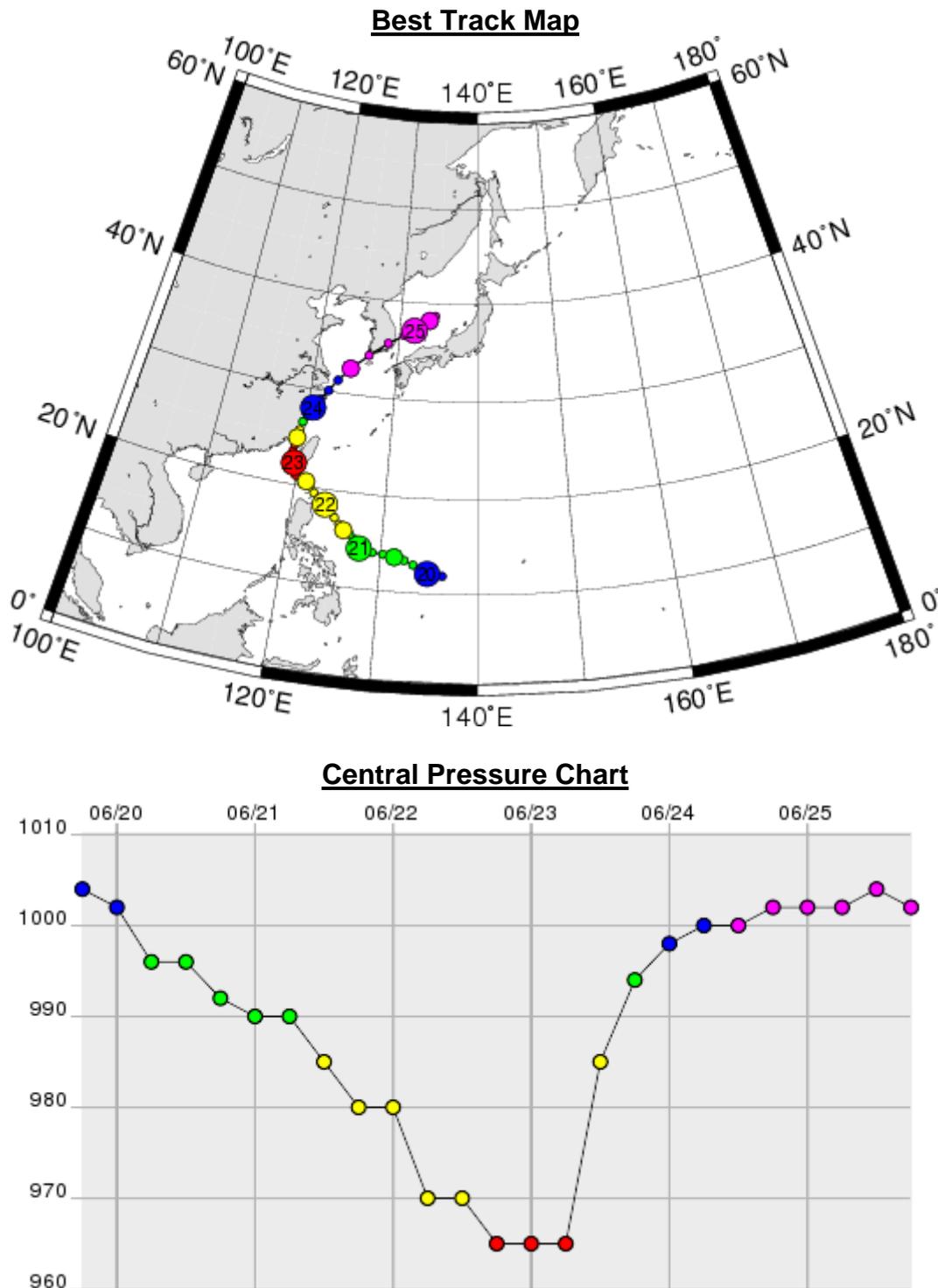


**Abbildung 38:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Kai-Tak (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Kai-Tak entwickelte sich am 05.07.2000 über Luzon zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 960 hPa und Windgeschwindigkeiten von 140 km/h am 07.07.2000 südlich von Taiwan und schwächte sich am 10.07.2000 nach 120 Stunden zu einem außertropischen Sturm ab.

Kai-Tak sorgte im Südosten Taiwans für einen großräumigen „Black-out“ bei 100.000 Haushalten durch Kurzschlüsse in mehreren Umspannwerken, heruntergerissene Stromleitungen und die Notabschaltung eines Atomkraftwerkes. Auf Orchid Island, einer kleinen Insel vor der Südküste liegt, wurden Böen von 350 km/h gemessen. Es gab dort den einzigen Toten, einen Mann, den eine Storm Surge ins Meer riss. Die meisten Verletzten meldete Pingtung County durch schwere Verkehrsunfälle, wo Fahrzeuge durch Böen von der Strasse oder in andere Fahrzeuge geschleudert wurden. Im Haitung County fielen Niederschläge bis zu 500 mm. Diese starken Niederschläge überschwemmt niedriger gelegene Gebiete an der Küste, weswegen Militär und Rettungseinheiten 400 Zwangsevakuierungen in diesen Gebieten vornahmen. In den Bergen gingen mehrere Schlammlawinen und Erdrutsche ab, die Straßen verschütteten und eine „red-alert“ Warnung für 370 Flüsse und Bäche zur Folge hatte.

## Taifun Chebi



**Abbildung 39:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Chebi (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Chebi entwickelte sich am 20.06.2001 im Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 965 hPa und Windgeschwindigkeiten von 120 km/h am 22.06.2001 über Taiwan und schwächte sich am 24.06.2001 nach 90 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Chebi forderte 9 Menschenleben, sorgte für 15 Vermisste und verletzte Hunderte von Personen durch herabfallende und herumfliegende Trümmer.

Landesweit wurde der nationale Flugverkehr eingestellt. Internationale Flüge von Chiang Kai-Shek International und Kaohsiung International starteten mit erheblicher Verspätung. Besonders schwere Schäden entstanden auf den Penghu Inseln, den ehemaligen Pescadores. Hier wurde in den Küstengewässern ein Erzfrachter aus Belize in schwerer See versenkt. Die Besatzung konnte bis auf zwei Seeleute gerettet werden. Auf der Hauptinsel der Penghu-Gruppe zerstörte Chebi 100 Boote und Yachten und verletzte Hafenpersonal, das die Boote vertauen wollte.

### Taifun Utor

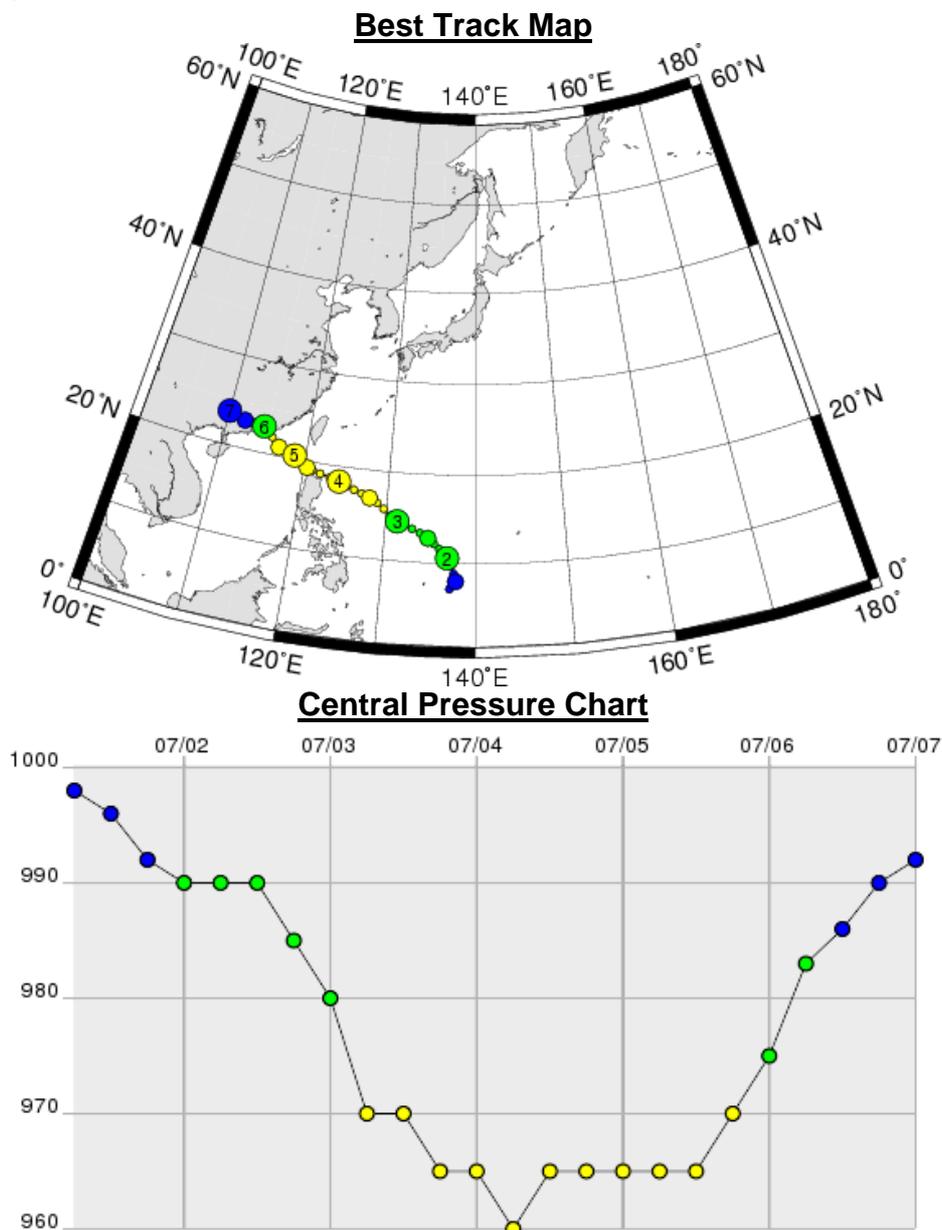
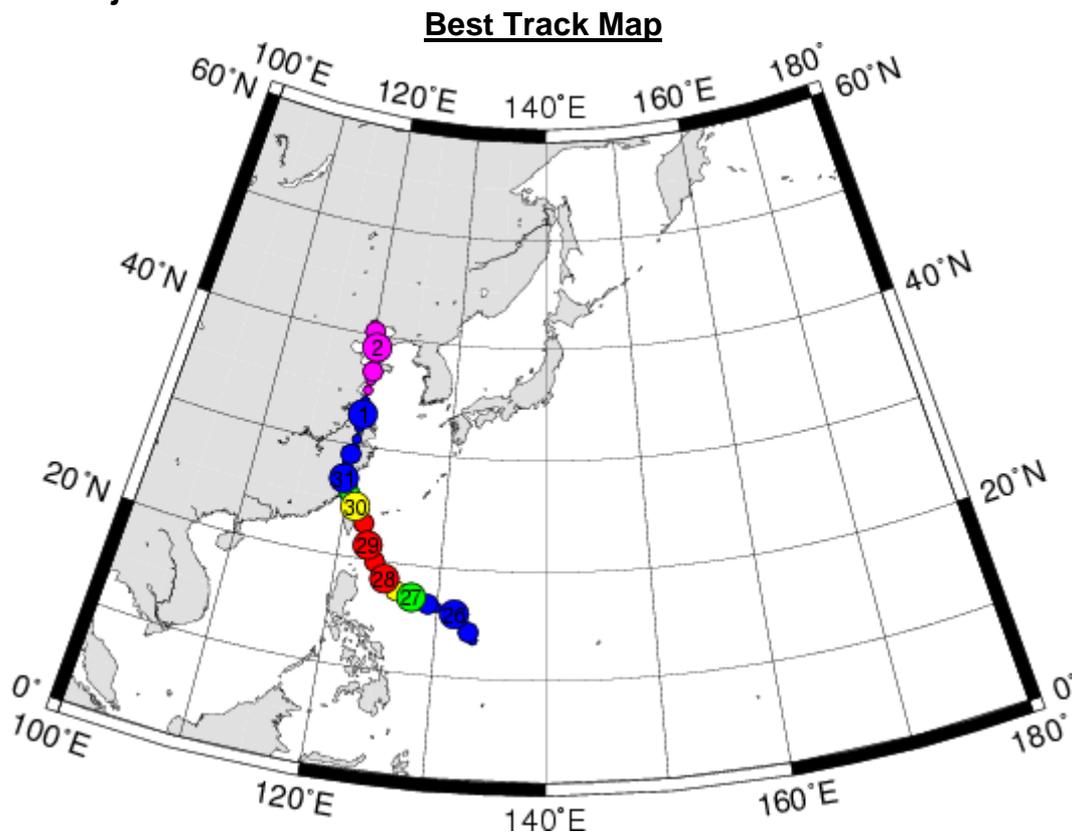


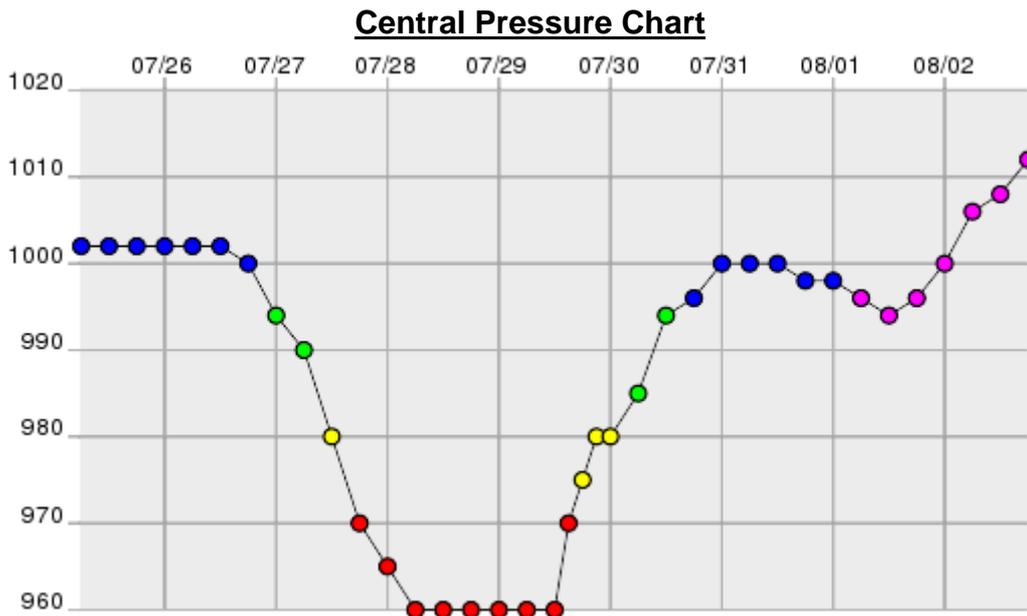
Abbildung 40: Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Utor (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Utor entwickelte sich am 02.07.2001 über dem mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 960 hPa und Windgeschwindigkeiten von 115 km/h am 04.07.2001 als Tropischer Sturm.

Utor forderte keine Menschenleben, wohl aber 15 Vermisste und verursachte beträchtliche Schäden. Der Taifun traf im Südosten der Insel auf Land, brachte Starkregen mit sich, sowie Böen von 175 km/h. In direkter Küstennähe wurden Farmen, Aquakulturen und Dörfer durch mehrere starke Storm Surges stark beschädigt und weiträumig überflutet. In diesen Gebieten wurden Evakuierungen im größeren Rahmen vorgenommen, da Strassen überspült oder zerstört waren. Landesweit wurden alle nationalen Flüge eingestellt, internationale starteten mit großer Verspätung. 400 Fischerboote aus China durften taiwanische Häfen an, wo die 5.000 Fischer den Sturm abwarteten. Auf der Strecke Hualien-Taitung-Taipei-Kaohsiung wurde der Schnellzugverkehr eingestellt. Im Bezirk Tainan blieben Schulen, Behörden und Büros geschlossen. In den Bergen wurden Zwangsevakuierungen aufgrund von Sturzfluten und Erdrutschen vorgenommen, da Straßen und Gleise zerstört oder verschüttet waren.

### Taifun Toraji





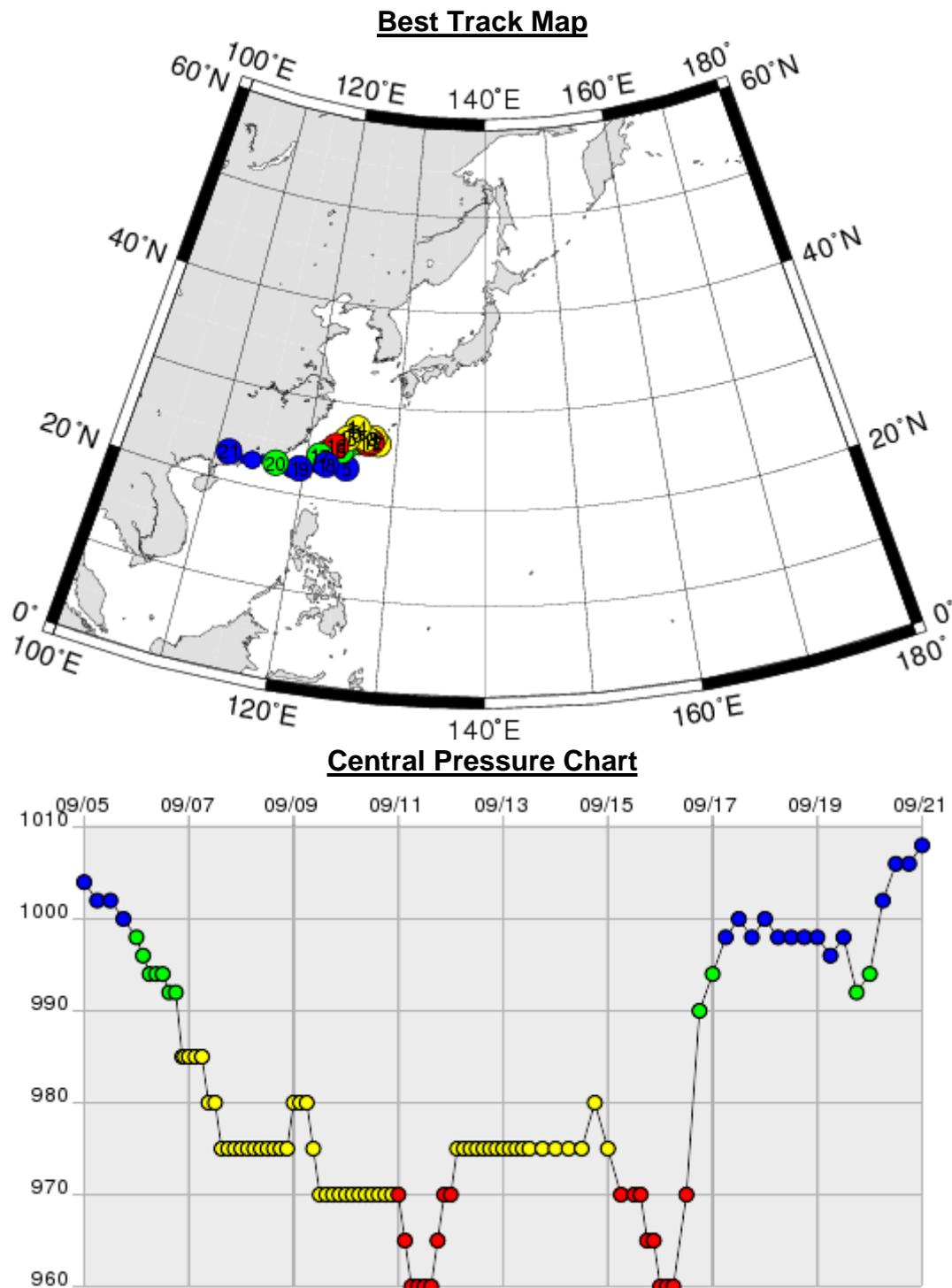
**Abbildung 41:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Toraji (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Toraji entwickelte sich am 27.07.2001 im Westpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 960 hPa und Windgeschwindigkeiten von 140 km/h am 28.07.2001 südöstlich von Taiwan und schwächte sich am 30.07.2001 nach 90 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Taifun Toraji war der tödlichste Taifun seit Jahrzehnten, der in Taiwan weit über 200 Menschenleben forderte und über 300 Menschen verletzte. 3.000 Menschen wurden aus tief gelegenen Gebieten evakuiert. Dutzende Häuser und Tempel stürzten ein. Durch starken Regen und eingebrochene Flussufer wurden weite Flächen überschwemmt. In Hanglagen gingen zahlreiche Erdrutsche ab und vernichteten Reisfelder, Bananen- und Palmenplantagen. Im County Nantou schwellen durch Sturzfluten die Flüsse so stark an, dass vorsorglich alle Brücken und Uferstraßen gesperrt wurden. Viele Straßen und Häuser wurden unterspült und weggerissen. In Taipei blieben alle öffentlich Gebäude, Schulen und Geschäfte geschlossen, genauso wie der Chiang Kai-Shek International. Der gesamte Zugverkehr zwischen der Hauptstadt und Zentral- und Südtaiwan kam zum Erliegen. Im Hsinchu-Park, dem taiwanesischen Äquivalent zum amerikanischen Silicon Valley kam es infolge von Stromausfällen zu großen finanziellen Einbußen, da die großen Chipfirmen ihre Produktion einstellen mussten.

5.000 chinesische Fischer auf 370 Booten durften zur Sicherheit taiwanische Häfen anlaufen aber nicht an Land gehen.

## Taifun Nari



**Abbildung 42:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Toraji  
(Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Nari entwickelte sich am 06.09.2001 über der südchinesischen Küste zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 960 hPa und Windgeschwindigkeiten von 140 km/h am 11.09.2001 über Taiwan und noch einmal am 15.09.2001 östlich von Taiwan und schwächte sich

am 20.09.2002 nach 282 Stunden endgültig zu einem Tropischen Sturm ab.

Toraji nimmt eine Sonderstellung ein. Einmal durch die rekordverdächtigen Schäden, die er verursachte und dann durch die Kombination der Auswirkungen mit den Anschlägen in den USA am 11. September, die besonders der Wirtschaftsverbund zwischen Taiwan und den USA einen ziemlichen Schock versetzte. Dieser Schockzustand war weltweit zu spüren, aber in Taiwan kam noch der verheerende Taifun „Nari“ dazu. Nari war einer der zerstörerischsten Taifune seit Jahren und forderte über 120 Menschenleben in Zentral- und Osttaiwan und verletzte über 200 Personen, meist durch Erdbeben und Schlammlawinen. Das Militär wurde in einer Stärke von 38.000 Mann für Hilfs- und Räumaufgaben abkommandiert. 8.000 Menschen wurden aus gefährdeten und abgeschnittenen Gebieten evakuiert.

Innerhalb von zwei Tagen fielen 2.255 mm Regen, soviel wie seit 70 Jahren nicht mehr. Normalerweise fällt diese Menge Regen in vier Monaten. Diese Wassermassen konnten die meisten Flüsse und Bäche nicht fassen. Weitflächige Überschwemmungen waren die Folge. Verschärft wurde die Situation durch die notwendige Öffnung mehrerer Talsperren, da die Stauseen randvoll waren und auf die Mauer zu großen Druck ausübten.

Der Schaden für die Landwirtschaft beläuft sich auf 80 Mio. \$, wobei hier alle Bereiche gleichermaßen betroffen waren. Das Wirtschaftsministerium verzeichnete Schäden an Firmen und Betrieben in Höhe von 41 Mio. \$. Besonders Taipei war hier betroffen, da hier das Wasser teilweise bis zum zweiten Stock in den Straßen stand.

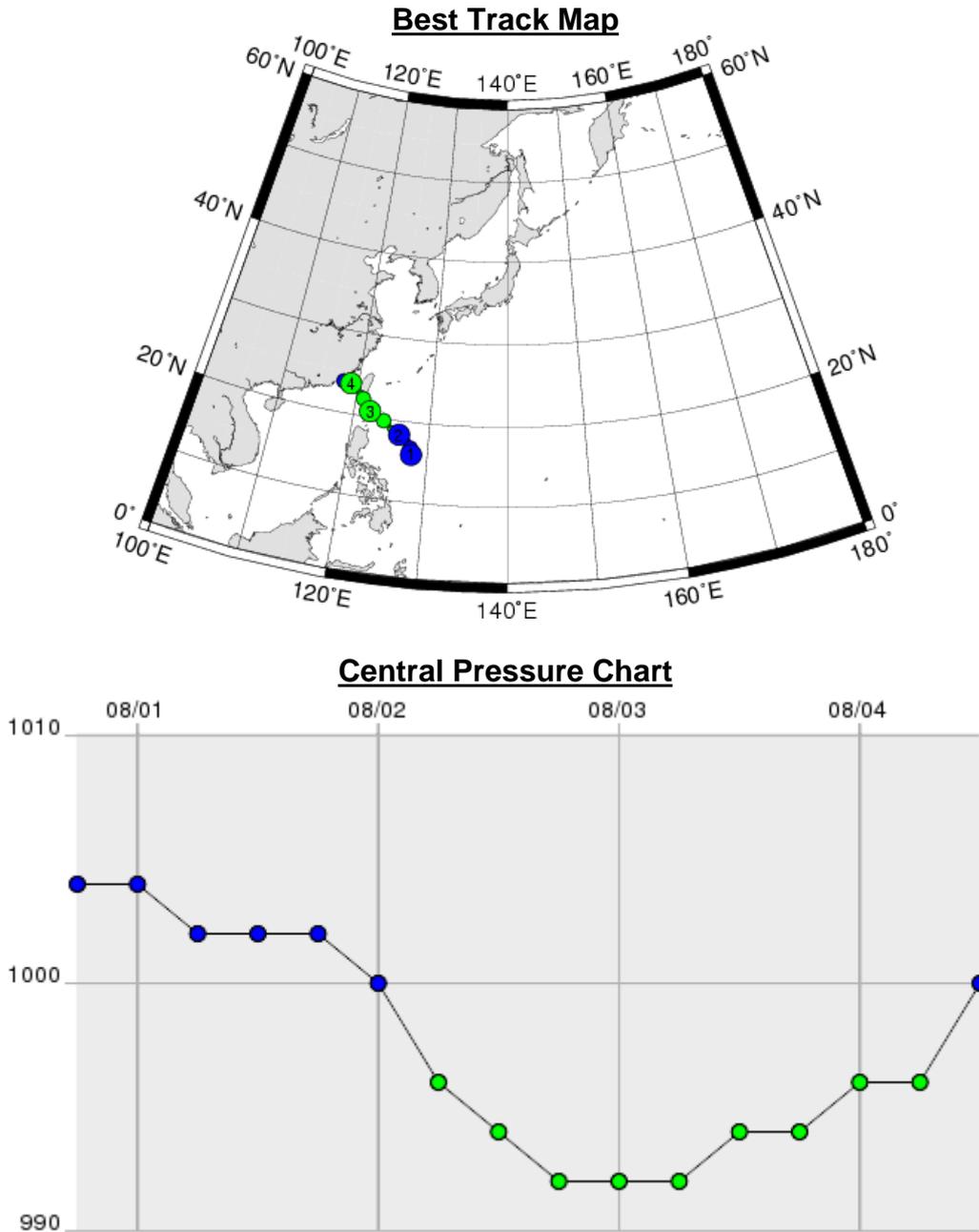
Starke Böen rissen Stromleitungen herunter, wodurch 800.000 Haushalte ohne Strom waren. 200.000 Haushalte waren tagelang ohne Wasser, da viele Wasserreservoirs durch Schlamm und Unrat verunreinigt wurden. Die staatliche Eisenbahngesellschaft meldete Schäden in Höhe von 17 Mio. \$ durch zerstörte Schienen und unterspülte Brücken.

Den größten Schaden verzeichnete man jedoch in Taipei, wo das komplette U-Bahn System wortwörtlich ertrank und auf Wochen blockiert ist. 300 Mio. \$ wird die Instandsetzung kosten.

Die Regierung stellte eine Soforthilfe von 64 Mio. \$ für die Krisengebiete bereit.

Insgesamt belaufen sich die Schäden auf 570 Mio. \$. Das Wirtschaftswachstum für das Bruttosozialprodukt des laufenden Jahres wurde um 0,2% reduziert und der TAIEX, der taiwanische Börsenindex stürzte um 2,75 % ab.

## Taifun Morakot



**Abbildung 43:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Morakot (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Morakot entwickelte sich am 01.08.2003 östlich der Philippinen zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 992 hPa und Windgeschwindigkeiten von 84 km/h am 02.08.2003 im Nordwestpazifik und schwächte sich am 04.08.2003 nach 54 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Morakot traf bei Tawu im Taitung County auf die taiwanesischen Küste. Dort wurden alle Flughäfen, sowie Schulen und Behörden geschlossen. Es fielen im Taitung County in zwei Tagen 1.100 mm Starkregen, was zur Folge hatte, dass der Zugverkehr eingestellt wurde, da Starkregen Gleise unterspülte und wegriss, Highways zerstörte, sowie Stromleitun-

gen herunterriss und damit für 10.000 Haushalte die Stromversorgung unterbrach. Im Kaohsiung County gab es schwere Schäden an Farmen und Aquakulturen durch mehrere Storm Surges. In den Counties Taitung und Kaohsiung trat der Erjen Fluss über die Ufer und überflutete tiefliegende Dörfer und Landwirtschaftsflächen. Für die Penghu-Inseln und die Kinmen-Inseln wurde eine Flutwarnung herausgegeben. Der Mutan-Speichersee lief durch Wasser aus wolkenbruchartigen Regenfällen in den Bergen so schnell voll, dass das Wasser über die Sperrmauer lief und ein Dambruch drohte. Eine Notwarnung an Unteranlieger wurde herausgegeben. Ein Dambruch konnte durch Notablassen des Wassers verhindert werden, was mittlere Überschwemmungen für die Unteranlieger zur Folge hatte.

### Taifun Mindulle

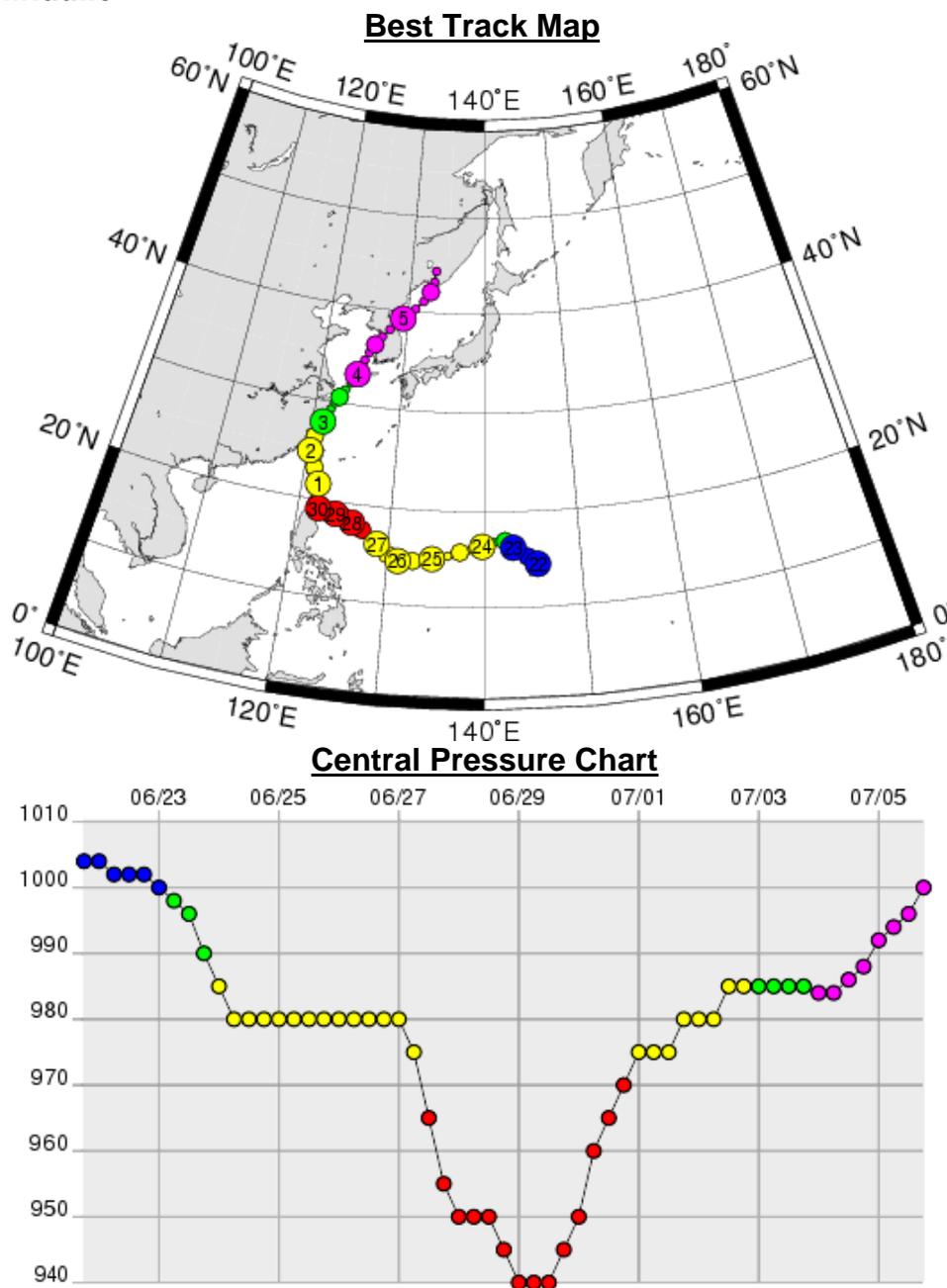


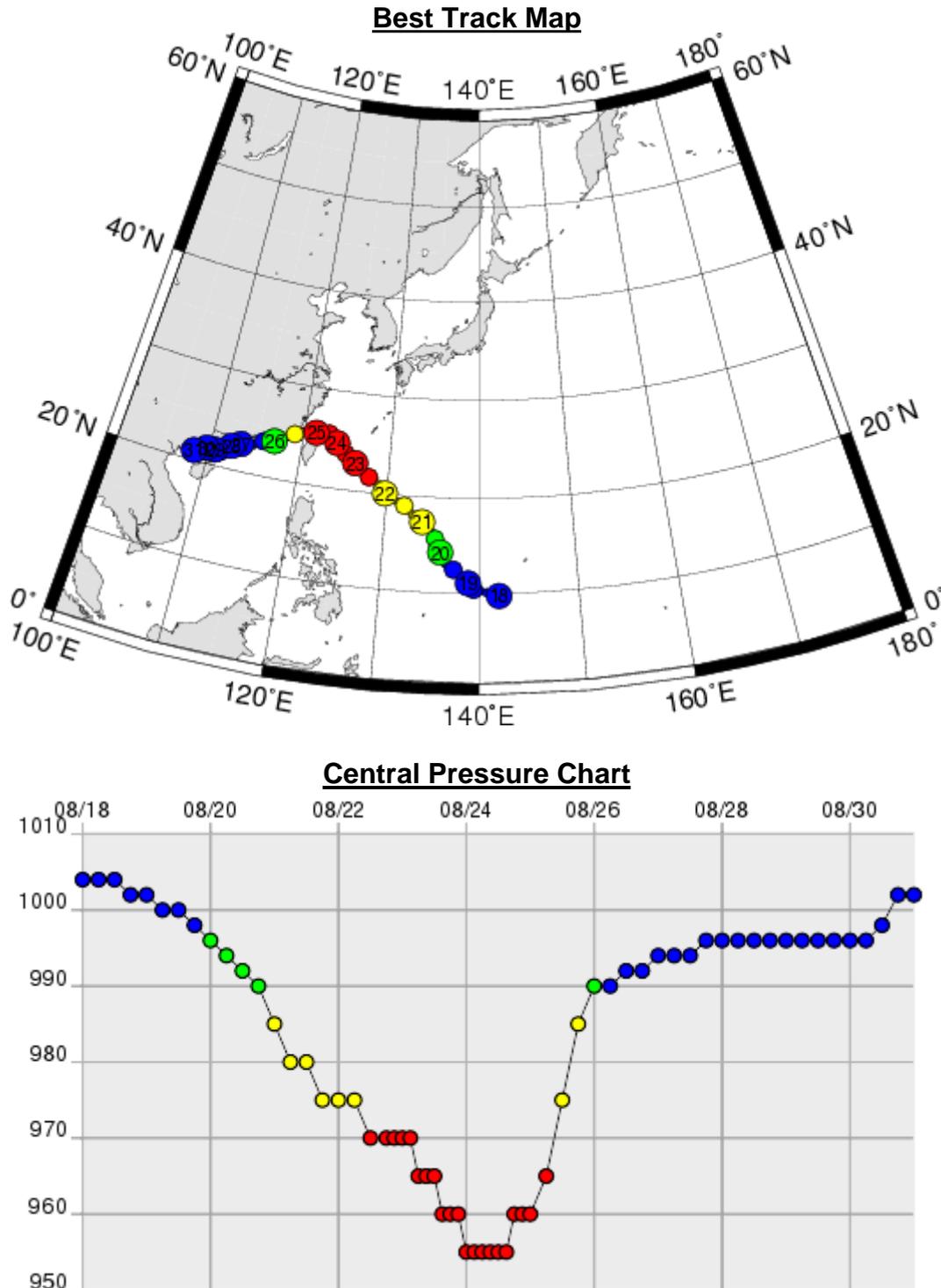
Abbildung 44: Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Mindulle (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Mindulle entwickelte sich am 23.06.2004 im mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 940 hPa und Windgeschwindigkeiten von 176 km/h am 29.06.2004 östlich der Philippinen und schwächte sich am 04.07.2004 nach 258 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Mindulle forderte 23 Menschenleben und verletzte 13 Personen in den Bergen, wo durch weggerissene Brücken und Straßen weitere Hunderte abgeschnitten und auf Versorgung und/oder Evakuierung aus der Luft angewiesen waren. Allein der Schaden für die Landwirtschaft für viele Counties in Zentral- und Osttaiwan beläuft sich auf 150 Mio. \$. Die Regierung stellte für diese Gebiete Staatshilfen bereit. Besonders betroffen waren Getreide, Früchte-, Geflügel- und Aquakulturen. Die Schäden führten zu einer Verknappung auf dem Markt, was zu einer Teuerung von 500 % führte. Die Regierung importierte verstärkt diese Produkte, um die Situation zu mildern.

In ganz Südtaiwan fiel der Strom durch heruntergefallene Kraftwerke und zerstörte Stromleitungen aus.

## Taifun Aere



**Abbildung 45:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Aere (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Aere entwickelte sich am 20.08.2004 im mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 955 hPa und Windgeschwindigkeiten von 150 km/h am 24.08.2004 östlich von Taiwan und schwächte sich am 26.08.2004 nach 150 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Aere forderte 5 Tote, als Fischer vom Deck ihres Bootes gerissen wurden, außerdem gab es Verletzte in Taipei. Schulen, Geschäfte, Behörden

und Banken blieben in 12 Counties und Städten geschlossen. Chiang Kai-Shek International wurde geschlossen, als ein landender Jet durch Aquaplaning von der Landebahn abkam. In Taipei stand das Wasser durch Überschwemmungen aus den Bergen, wo innerhalb 12 Stunden 1.500 mm Regen fielen, hüfthoch und zerstörte zahlreiche Läden und Haushalte. Auch Schlammlawinen verursachten beträchtlichen Schaden. Besonders stark waren die Counties Keelung und Hsinchu, wo Erdstöße abgingen, Straßen zerstört und Stromleitungen wegnickten, betroffen.

### Taifun Haima

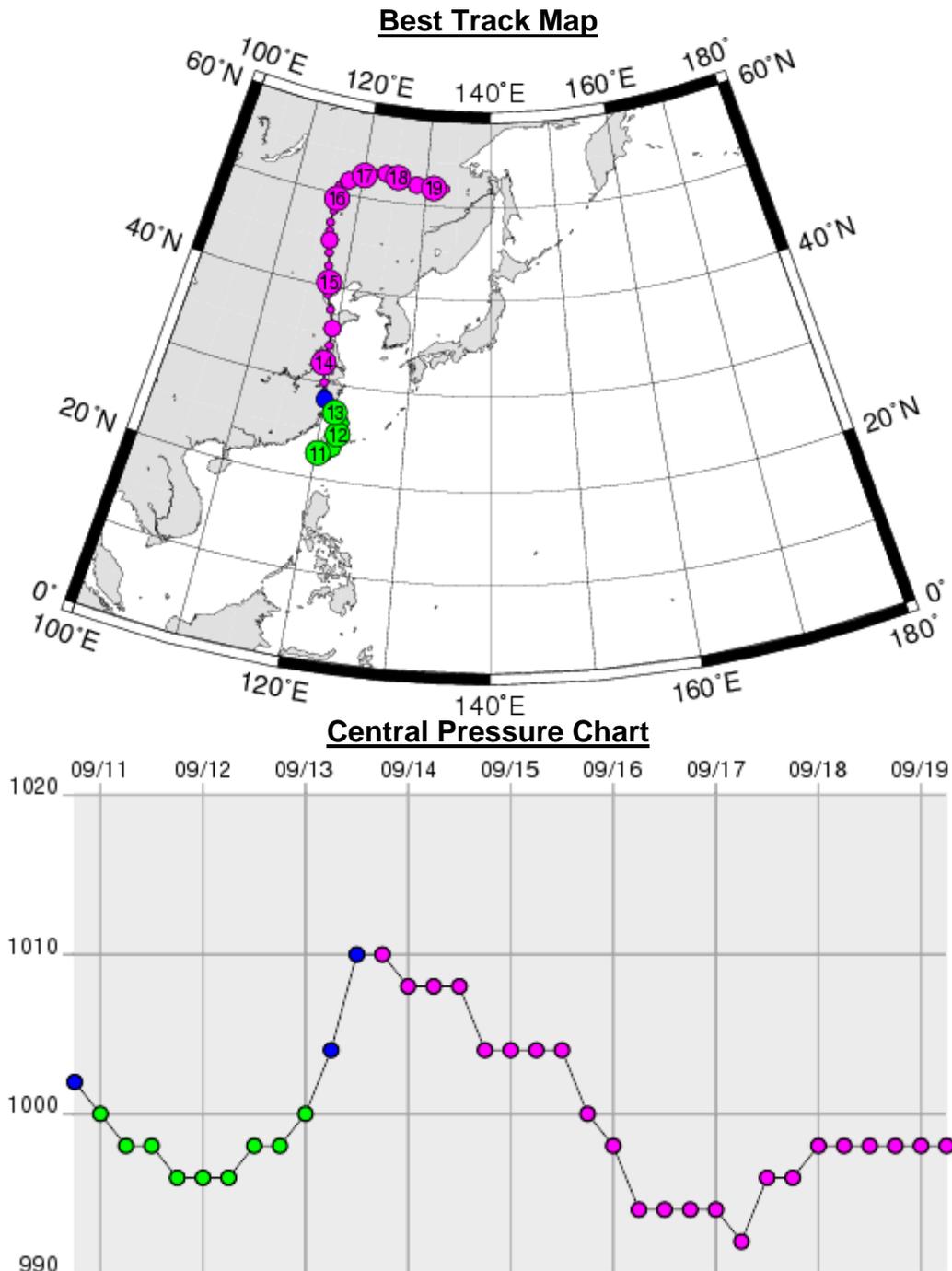


Abbildung 46: Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Haima (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Haima entwickelte sich am 11.09.2004 über Taiwan zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 996 hPa und Windgeschwindigkeiten von 75 km/h am 17.09.2004 als starker außertropischer Sturm über China. Die Datenreihe reicht nicht bis zum Punkt der Abschwächung.

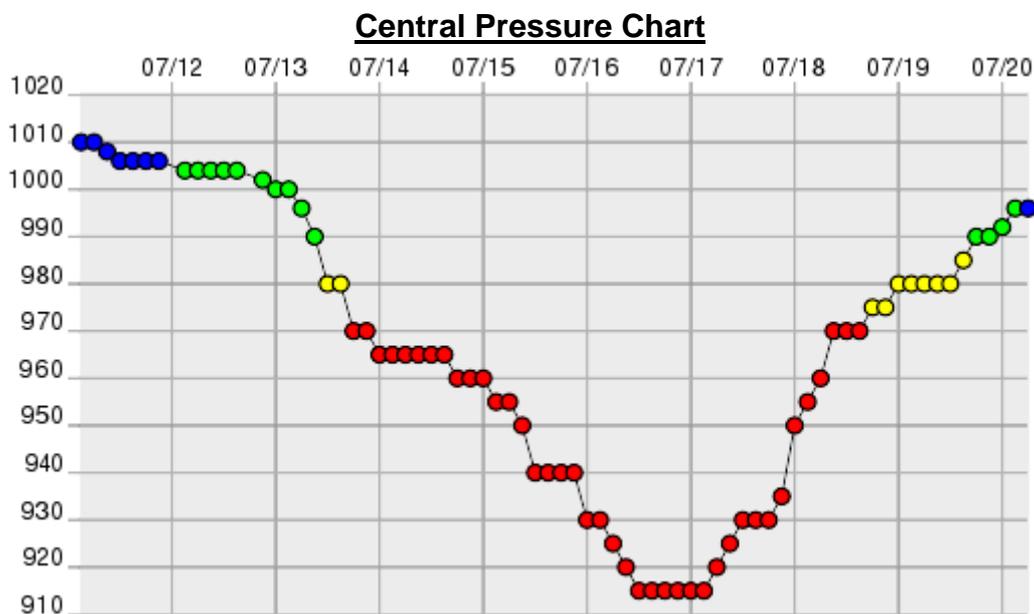
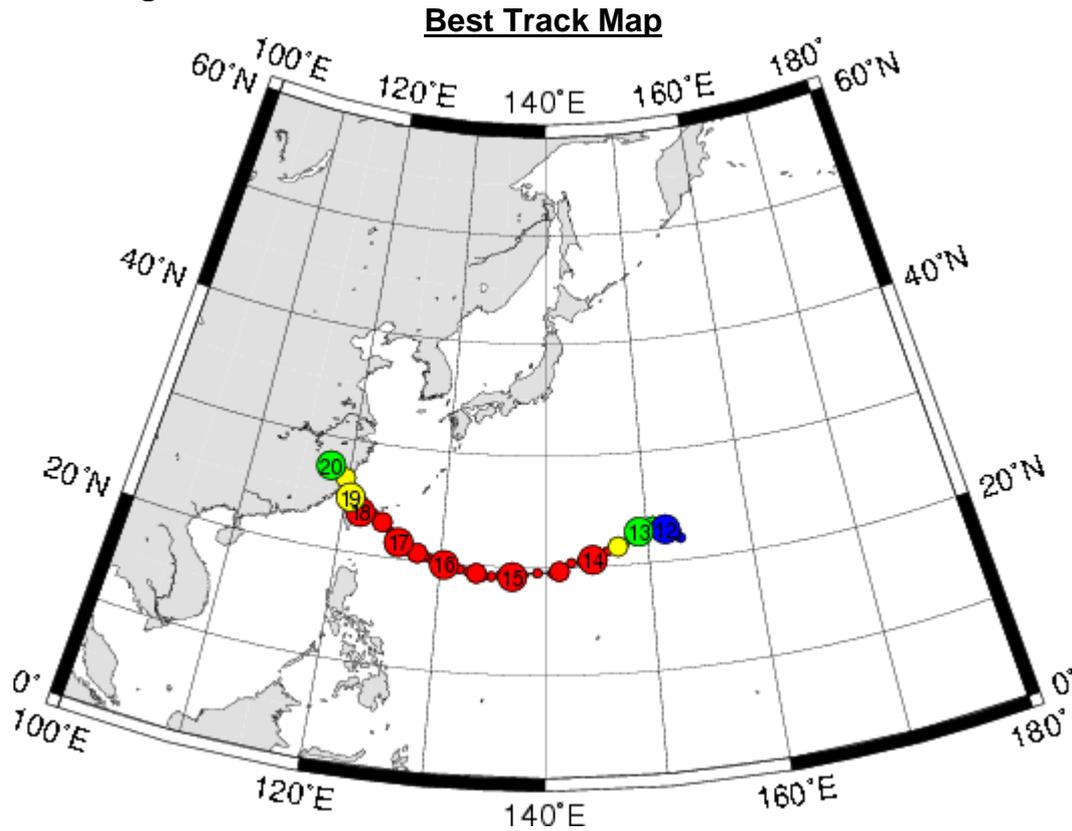
Haima forderte 7 Todesopfer in Taiwan. 4 Menschen starben durch eingestürzte Häuser im Hsinchu County. 2 Menschen wurden in Ruifang im Taipei County durch Sturzfluten getötet. 1 Mensch wurde im Norden im Taoyuan County von der Brandung ins Meer gerissen. Besonders die Counties Taoyuan, Hsinchu, Miaoli, Taipei und Ilan der Insel waren von zahlreichen Erdbeben, Überschwemmungen und wolkenbruchartigen Regenfällen betroffen, die in 46 Gemeinden zahlreiche Häuser und Läden zerstörten und 855 Menschen evakuiert werden mussten. Für die Counties Taoyuan, Miaoli, Taipei, Ilan und die Städte Taipei und Keelung wurde eine Storm Surge Warnung herausgegeben. Im Hsinchu County evakuierte das Militär 200 Menschen in Schutzunterkünfte. Nach Aussage des Council of Agriculture beläuft sich der Schaden an der Landwirtschaft auf 53 Millionen Dollar, wobei besonders Gemüse- und Reisanbau durch Überschwemmungen zerstört wurden.

Für den gesamten Nord und Nordosten wurde eine Aufforderung für alle Schiffe herausgegeben Häfen anzulaufen. Darunter waren auch 322 Schiffe mit 3.100 chinesischen Seeleuten an Bord. Der Hafen von Kaohsiung musste zu großen Teilen wegen Überschwemmungen geschlossen werden.

5 Tage Dauerregen sorgten für schwerer Überschwemmungen im Norden, wo auch zahlreiche Flüsse über die Ufer traten und die Situation noch verschärften. In Taipei versagten die Pumpen, wodurch 98 Distrikte der Stadt hüfthoch unter Wasser standen. Der gleiche Defekt sorgte auch in New Orleans dafür, dass die Stadt mit Wasser voll lief.

Des Weiteren wurde ein Teilneubau der Taipei U-Bahn überflutet und komplett zerstört, was das Projekt um mehrere Monate zurückwarf.

## Taifun Haitang



**Abbildung 47:** Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Haitang (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Haitang entwickelte sich am 12.07.2005 im mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 915 hPa und Windgeschwindigkeiten von 195 km/h am 16.07.2005 im Nordwestpazifik und schwächte sich am 20.07.2005 nach 195 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Der Taifun forderte in Taiwan 4 Tote und 29 Verletzte. Starke Böen rissen im Norden und Osten der Insel Stromleitungen herunter, wodurch

10.000 Haushalte ohne Strom waren. In Hualien wurden Straßen unter-spült und weggerissen und Läden durch Überschwemmungen zerstört. Landesweit wurden Schulen, Behörden und Finanzmärkte geschlossen. Im Nordosten fielen innerhalb von 48 Stunden 1.000 mm Regen, was zu den großflächigen Überschwemmungen im Hualien County führte. Viele Schutzdeiche an Flüssen hielten diesen Wassermassen nicht stand. Ret-tungsdienste evakuierten 1.000 Menschen aus überschwemmtten Häusern und abgelegenen Regionen.

Am Chiang Kai-Shek International wurden nationale und internationale Flüge gestrichen, landesweit schlossen Flughäfen. Der Bahnverkehr kam durch Strom Black-outs zum Erliegen.

### Taifun Talim

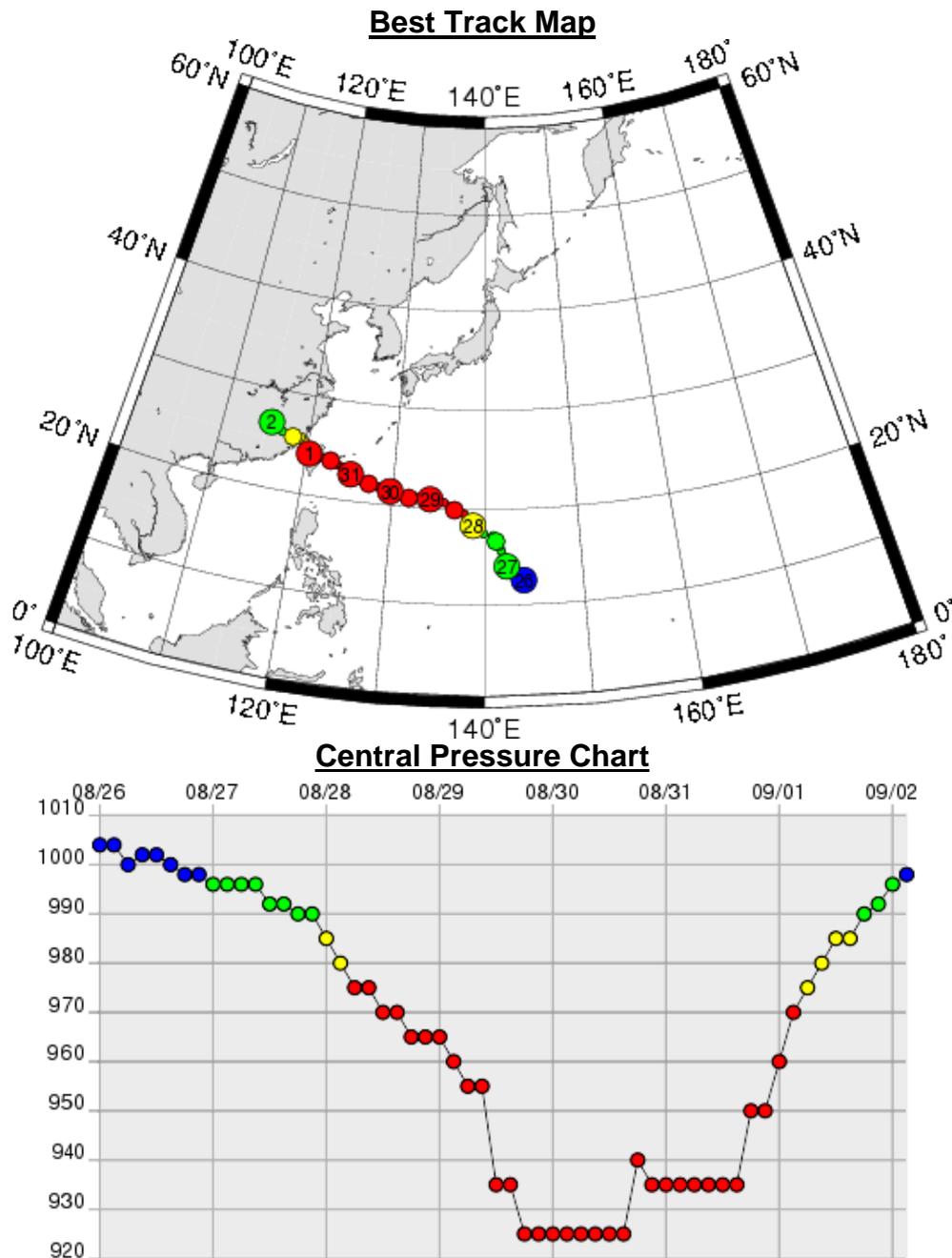


Abbildung 48: Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Talim (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Labrotatory, 2005)

Taifun Talim entwickelte sich am 27.08.2005 im Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 925 hPa und Windgeschwindigkeiten von 175 km/h am 29.08.2005 östlich von Taiwan und schwächte sich am 02.09.2005 nach 147 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Talim brachte wolkenbruchartige Regenfälle mit sich, der besonders die Counties Taipei und Taichung, sowie Taipei City förmlich überflutete. 3 Menschen wurden durch Erdrutsche getötet, da die Regenmassen die Hänge aufgeweichte hatten.

3 weitere starben durch Wassermassen die von den Hängen zu Tal stürzten und die Personen mitrissen. Starke Böen rissen Stromleitungen Schilder und Bäume um, so dass 780.000 Haushalte ohne Strom waren.

Im County Tainan wurden 8.600 Haushalte überschwemmt und landesweit durch zerstörte Wasserleitungen und verschmutzte Wasserspeicher. Für 635.000 Haushalte wurde das Wasser rationiert und 48.500 Haushalte waren ohne Trinkwasser.

In abgelegenen Bergregionen wurden 1.000 Menschen zwangsweise von Militär und Rettungsdiensten evakuiert und in Notunterkünfte gebracht. Insgesamt gab es 59 Verletzte, meist durch herumfliegende Gegenstände.

Auf den Flughäfen wurden Inlandsflüge gestrichen, während internationale stark verspätet starteten und landeten. Eisenbahndienste wurden eingestellt.

In den Bergen wurden mehrere Strassen unterspült oder durch Erdrutsche blockiert.

Für knapp 500 Bäche und Flüsse wurde „red alert“ gegeben, was auf eine akute Gefahr durch Erdrutsche und Sturzfluten hinweist. Das ermöglicht Behörden Zwangsevakuierungen durchzuführen.

## Taifun Longwang

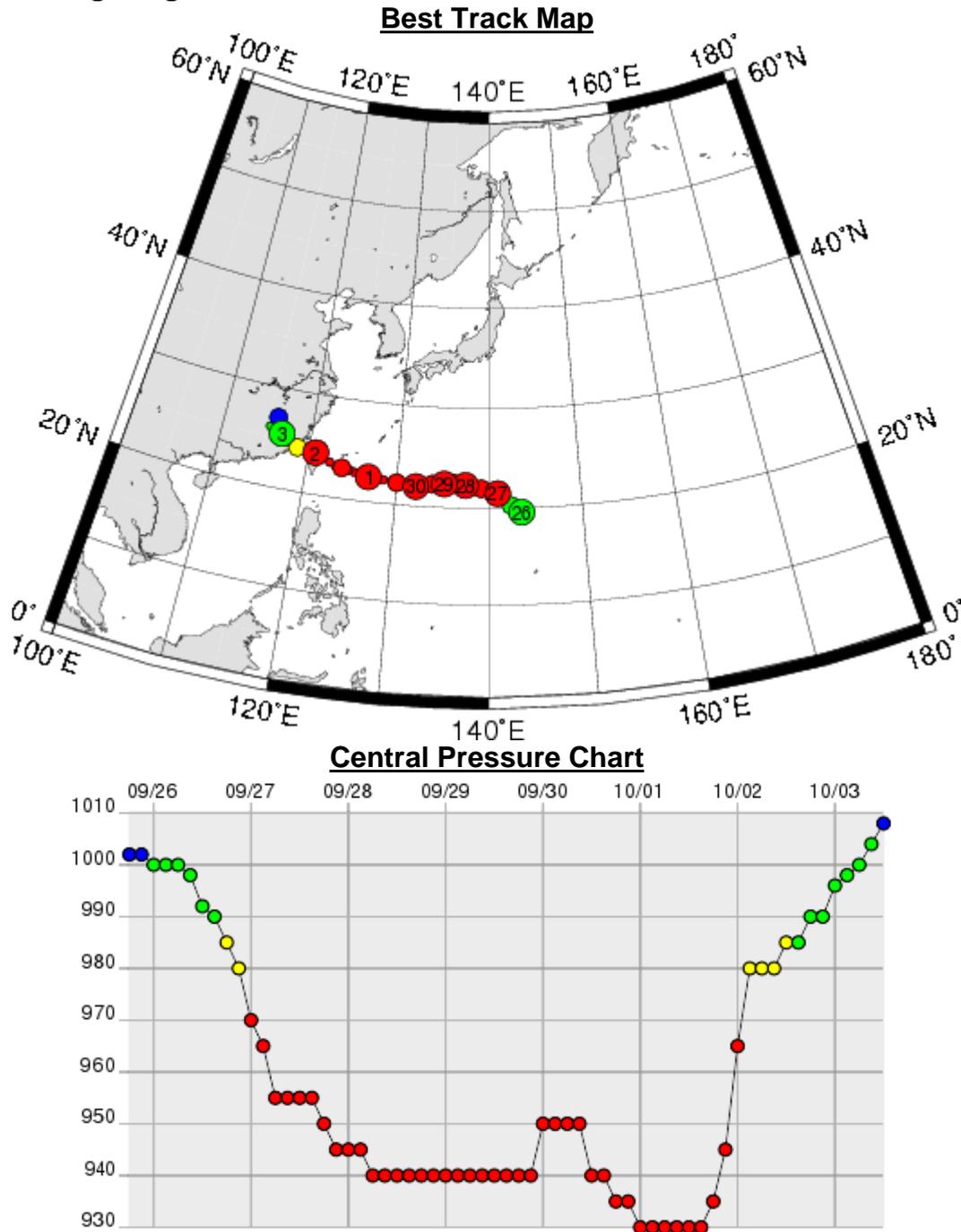


Abbildung 49: Karte mit der Zugbahn und Diagramm mit der Druckentwicklung von Taifun Longwang (Quelle: Digital Typhoon, Kitamoto Asanubo Laboratory, 2005)

Taifun Longwang entwickelte sich am 26.09.2005 im mittleren Nordwestpazifik zu einem Taifun. Er erreichte seine stärkste Phase mit 930 hPa und Windgeschwindigkeiten von 176 km/h am 01.10.2005 im Nordwestpazifik und schwächte sich am 03.10.2005 nach 180 Stunden zu einem Tropischen Sturm ab.

Longwang war bis zu diesem Zeitpunkt der letzte Taifun der Taiwan in diesem Jahr heimgesucht hat. 37 Verletzte gingen auf sein Konto, als er mit Böen von 191 km/h bei Hualien als Super-Taifun Land erreichte.

Vorher produzierte Longwang Böen bis zu 280 km/h. Die meisten Verletzungen entstanden durch herumfliegende Trümmer.

Niederschläge von 400 mm gingen innerhalb von ein paar Stunden alleine im Norden und in den Bergen nieder. Dort wurden Warnungen herausgegeben, um vor Erdrutschen zu warnen. China Airlines strich alle nationalen und internationalen Flüge für die Dauer des Taifuns, alle Zugverbindungen wurden eingestellt. 5.500 Festland-Chinesen suchten in taiwanesischen Häfen Schutz vor schwerer See. Zahllose Bäume wurden entwurzelt, Stromleitungen heruntergerissen, wodurch 740.000 Haushalte ohne Strom waren. Vor der Küste von Hualien lief ein Frachtschiff auf Grund, dessen 16 Besatzungsmitglieder gerettet werden konnten.

### 3.1.4 Schäden in anderen Ländern, am Beispiel Chinas

Die hier beschriebenen Taifune haben natürlich auf ihrer Zugbahn auch in anderen Regionen im Nordwestpazifik und im Südchinesischen Meer Schäden angerichtet, die teilweise stärker, teilweise auch schwächer sind.

Die Philippinen, mit der Insel Luzon, das südliche Japan und die süd- und ostchinesische Küste mit den Provinzen Anhui, Jiangxi, Hubei, Fujian, Zhejiang und Guangdong sind genauso oft betroffen. Besonders in China finden vor Taifunen regelmäßig groß angelegte Evakuierungen statt, die manchmal mehr als eine Million Menschen betreffen. Die Philippinen und Japan führen bei Taifunen zwar auch Evakuierungen durch, aber hier unterliegt man so ziemlich den gleichen Bedingungen wie Taiwan. Platz, um in so einem großen Rahmen wie China zu evakuieren, fehlt einfach.

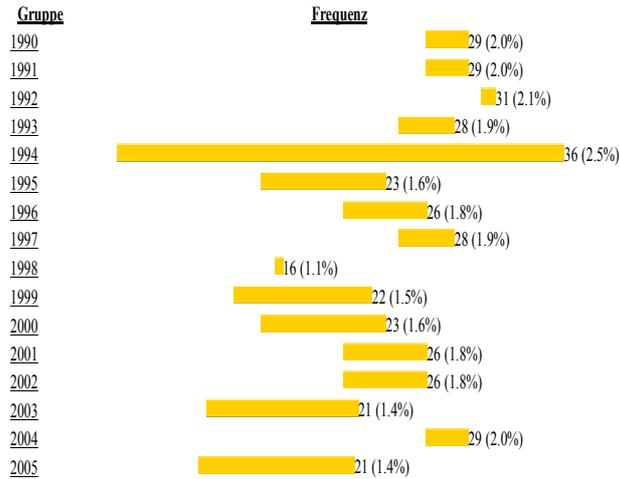
Da eine Aufstellung dieser Schäden dieser Regionen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, gebe ich hier nur einen allgemeinen Überblick über die Situation in China während der letzten drei Taifune „Talim“, „Haitang“ und „Longwang“.

Trotz der Evakuierungen wurden durch die drei Taifune 291 Menschen getötet. Entweder kamen sie direkt durch die Taifune, oder indirekt, durch deren Auswirkungen, ums Leben. Hauptursache waren auch hier Erdbeben, Schlammlawinen und Überschwemmungen durch Starkregen. Alleine durch Taifun „Talim“ wurden 62.000 Häuser zerstört, 171.000 stark beschädigt. 783.000 ha Anbaufläche für Getreide wurden durch Überschwemmung stark in Mitleidenschaft gezogen und davon 124.000 ha komplett zerstört. Der wirtschaftliche Schaden beläuft sich auf 1,33 Mrd. Dollar. Alles in allem waren 15,64 Millionen Menschen durch Talim direkt durch Evakuierungen, oder indirekt, durch Schäden an Land und Besitz, betroffen. Wenn man diese Werte mit den taiwanesischen Schadensmeldungen vergleicht, sieht man die Dimensionen, die die Taifune und die damit verbundenen Schäden in China annehmen.

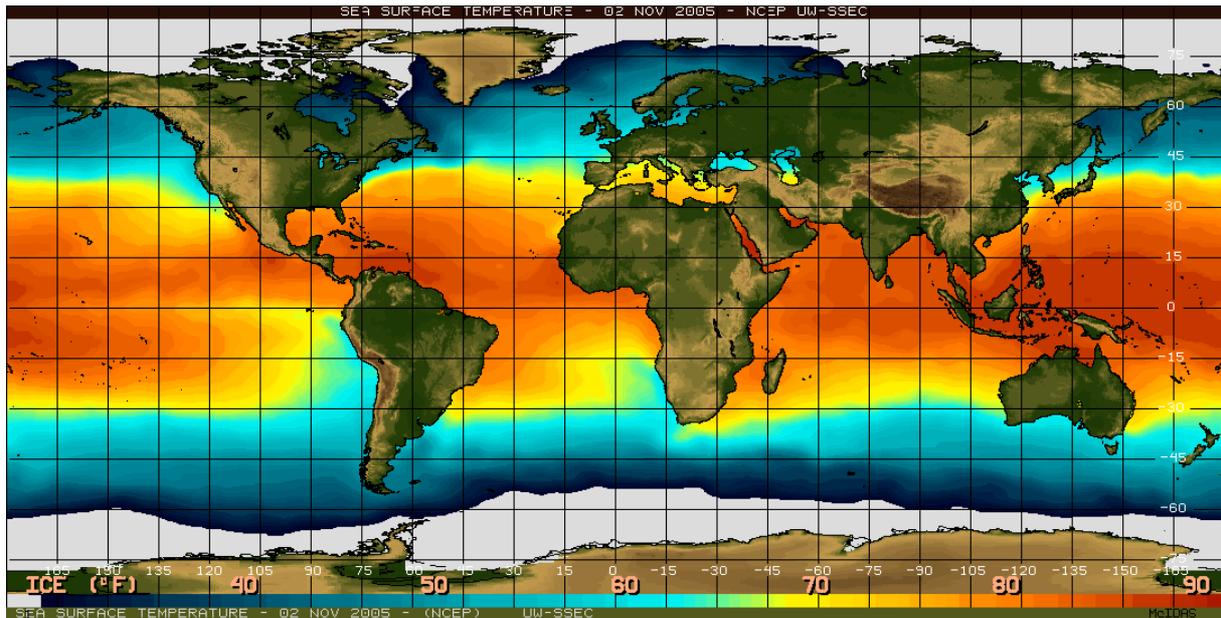
In Vorbereitung der drei Taifune wurden insgesamt über 3 Millionen Menschen evakuiert. Vor Talim brachten die Behörden 1,62 Millionen in Sicherheit, bei Haitang waren es 800.000, sowie 17.000 Boote und Schiffe mit 300.000 Mann Besatzung. Der Schaden für die Landwirtschaft durch Haitang beläuft sich auf 17 Millionen Dollar. Durch Longwang kam es entlang des Weihe-River, einem Hauptzufluss zum Yangtse-River, zu so schweren Überschwemmungen, wie seit 1981 nicht mehr. Mehr als 3,7 Millionen Menschen in 62 Städten und Kreisen in der Provinz Fujian waren von Longwang betroffen. 5.500 Häuser wurden zerstört und 98.000 ha Getreidefelder stark beschädigt. Longwang veranlasste die Behörden 730.000 Menschen zu evakuieren. Das ist nur ein kleiner, aber ziemlich beeindruckender, Einblick in die Schadensbilanz Chinas durch Taifune.

#### 4. Beeinflusst ein potentieller Klimawechsel die Taifune?

Seit 1951 suchten über 1.460 Taifune den Nordwestpazifik und das Südchinesische Meer heim. Im Schnitt sind es 27 Taifune im Jahr für diese Region der Erde. Taiwan trafen in diesem Zeitraum 350 Taifune, oder streiften sie mit Ausläufern. Das macht im Schnitt 6 Taifune für Taiwan pro Jahr.



Die diesjährige Taifunsaison mit 21 Taifunen liegt also deutlich unter dem Schnitt. Ist diese Taifunsaison nun ein Indiz für eine Verringerung der Taifune, oder nur eine schwächere Saison als üblich? Letzteres trifft zu, wenn man sich die Statistiken der letzten Jahre ansieht. 2004 waren es 29 Taifune, 2002 und 2003 waren es 26 Taifune. Die letzte extrem starke Saison war 1994 mit 36 Taifunen. Diese Jahre sind aber die Ausnahmen. In erster Linie bestimmen Wassertemperaturen und die Corioliskraft die Entstehung und Verteilung von Tropischen Wirbelstürmen. Nun haben sich die Wassertemperaturen in den letzten Jahren immer mehr in Richtung Pole erwärmt, wie Langzeitstudien der NOAA ergeben haben. Manche Wissenschaftler vermuten, dass diese Erwärmung der Meere die Lebensdauer und die Intensität von Taifunen in außertropischen Gebieten merklich verlängern könnten. Die Stürme schwächen sich durch die erwärmten Wassermassen langsamer ab und können dadurch Regionen erreichen, die bisher vor Tropischen Wirbelstürmen sicher waren.



**Abbildung 50:** Die Grafik zeigt die Wärmeverteilung in den Weltmeeren am 02. November 2005. (Quelle: Jet Propulsion Laboratory, Homepage der NOAA, 2005)

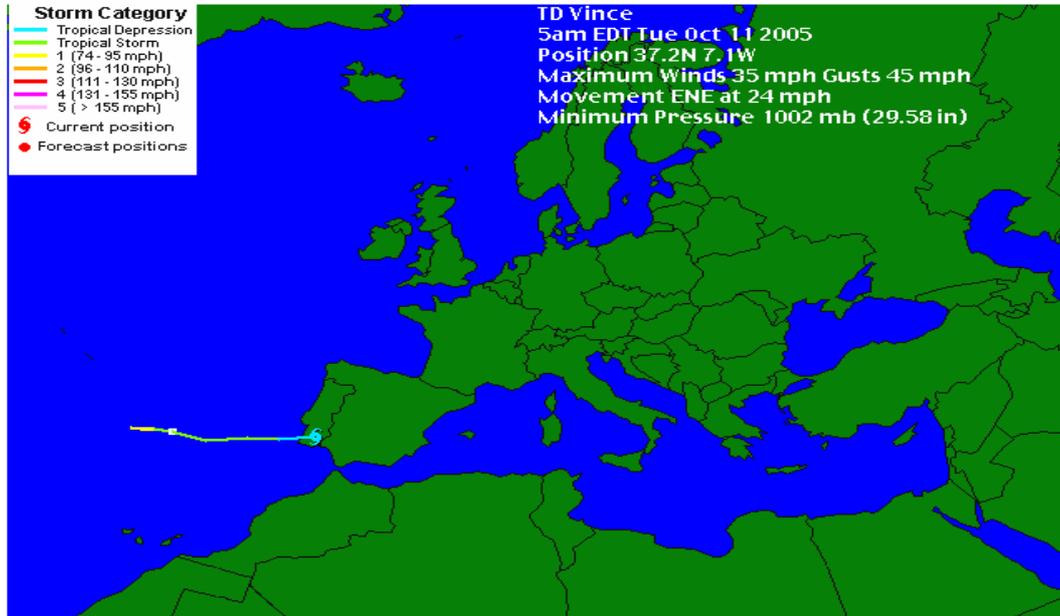
Es gibt aber genauso Studien, die das Gegenteil darstellen. Das die Erwärmung keinen nennenswerten Einfluss auf die Intensität und Lebensdauer von Tropischen Wirbelstürmen haben wird (Ryan, 1992). Es herrscht also völlige Uneinigkeit und Unsicherheit, inwieweit sich diese Entwicklung, die global großen Einfluss hat, auf einzelne Regionen auswirken wird. Besonders die Vorhersagefähigkeit der existierenden Klimamodelle in Hinblick auf einzelne Regionen und kurzlebige klimatische Phänomene wie Tropische Wirbelstürme ist sehr eingeschränkt. Es werden zwar Prognosen für Anzahl, Entstehungsgebiete und Intensität erstellt, aber diese Prognosen sind von sehr geringer Aussagekraft, da der detaillierte Hintergrund akkurater und fundierter Messungen, sowie höher auflösender Klimamodelle fehlt.

Trotz all dieser Unsicherheit wird allgemein von einem leichten Anstieg der Anzahl Tropischer Wirbelstürme ausgegangen. Was bekannt ist, ist die Tatsache, dass die Varianz in der Anzahl der Tropischen Wirbelstürme von Jahr zu Jahr in manchen Regionen stark mit dem El Nino Phänomen verknüpft ist. Inwiefern El Ninos und La Ninas dem sich verändernden Klima unterliegen ist allerdings auch noch nicht belegt.

Eine grundlegende Veränderung in der Anzahl, Verbreitung und Intensität von Tropischen Wirbelstürmen hätte dramatischen Einfluss auf die Schadensbilanz für die bereits getroffenen Gebiete durch stärkere Niederschläge, Sturmfluten und Windstärke. Eine solche Entwicklung, in Verknüpfung mit einem Anstieg des Meeresspiegels würde die jetzige Bedrohung durch Tropische Wirbelstürme noch verstärken. Selbst wenn sich Anzahl und Intensität nicht verstärken sollten, würde allein der Meeresspiegelanstieg die Situation auch für Taiwan verschärfen.

Wie eine mögliche Verschärfung einer solchen Situation aussehen könnte, wenn sich das Wasser polwärts stärker erwärmt, sah man vor einigen Wochen, im Oktober 2005, als das erste Mal überhaupt, seit Beginn der Aufzeichnung, ein Tropischer Wirbelsturm im Seegebiet zwischen den

Azoren und Kanaren entstand und auf die iberische Halbinsel traf. Zwar waren es nur Windgeschwindigkeiten von knapp 80 km/h, die man in Spanien und Portugal maß, aber er brachte beträchtliche Regenfälle für den Südwesten Spaniens und Portugals und war um einiges langlebiger als erwartet.



**Abbildung 51:** Die Grafik zeigt die Zugbahn von Hurrikan „Vince“, dem ersten Hurrikan, der Europa erreichte. (Quelle: [www.underground.com](http://www.underground.com))

## 5. Literatur und Quellen:

- Anderson-Berry, L.J. (2002): Community Vulnerability to Tropical Cyclones: Cairns 1996-2000, Natural Hazards 30: 209-232, Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- Böse, M., Klose, Ch. (o. J.): Taiwan- Landeskunde und Naturraumausstattung, Institut für Geographie, Freie Universität Berlin, Berlin
- Bouchard, R.H. (1990): A Climatology of Very Intense Typhoons: Or where have all the Super Typhoons gone?, Joint Typhoon Warning Centre, Hawaii, USA
- C.I.A. Factbook, Herausgeber (2005): Taiwan Country Profile, C.I.A. World Factbook, Central Intelligence Agency, Homepage der C.I.A.,  
<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/tw.html>
- Climate Prediction Center, Herausgeber (2004): El Nino/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion, Climate Prediction Center, Homepage der NOAA,  
[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/)
- Darwin, R.F., Tol, R.S.J. (2001): Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise, Environmental and Resource Economics 19: 113-129, Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- DeMaria, M. (1997): Summary of the NHC/TPC Tropical Cyclone Track and Intensity Guidance Models, National Hurricane Center, NOAA Homepage, <http://www.nhc.noaa.gov/aboutmodels.shtml>
- Department of Statistics, Herausgeber (2005): Point 7.07. Losses caused by Natural Disasters, Department of Statistics, Ministry of the Interior, Taiwan, Homepage des MOI  
<http://www.moi.gov.tw/stat/english/index.asp>
- Dvorak, V.F. (1975): Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery, Monthly Weather Review
- Environmental Protection Administration, Herausgeber (2005): Global Environmental Issues and Taiwan, Environmental Protection Administration, Government of the Republic of China, Homepage der EPA [http://ivy2.epa.gov.tw/gepp/Default\\_en.htm](http://ivy2.epa.gov.tw/gepp/Default_en.htm)
- Federal Emergency Management Association, Editors (2004): State and Local Guide (SLG) 101: Guide for All-Hazard Emergency Op-

erations Planning, FEMA Homepage, US Department of Homeland Security, <http://www.fema.gov/rrr/gaheop.shtm>

- Federal Emergency Management Association, Editors (2004): National Response Plan, FEMA Homepage, US Department of Homeland Security, [http://www.dhs.gov/dhspublic/interapp/editorial/editorial\\_0566.xml](http://www.dhs.gov/dhspublic/interapp/editorial/editorial_0566.xml)
- Federal Emergency Management Association, Editors (2004): Storm Surge Observation and Calculation by SLOSH, FEMA Homepage, US Department of Home Security, <http://www.fema.gov/hazards/hurricanes/sloshmodel.shtm>
- Gommès, R., du Guerny, J., Nachtergaele, F., Brinkman, R. (1998): Potential Impacts of sea-level rise on populations and agriculture, Sustainable Development Department, Homepage der Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/sd/EIdirect/EIre0046.htm>
- Government Information Office- Republic of China, Herausgeber (2005): Green Vitality: Taiwan's sustainable development, Chapter 3- Impacts, Homepage des GIO, <http://www.gio.gov.tw/taiwan-website/5-gp/eco/html/part4-3.htm>
- Government Information Office- Republic of China, Herausgeber (2005): Green Vitality: Taiwan's sustainable development, Chapter 4- Adaptations, Homepage des GIO, <http://www.gio.gov.tw/taiwan-website/5-gp/eco/html/part4-4.htm>
- Gray, W.M. (1979): Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation, Meteorology Over Tropical Oceans. D. B. Shaw (Ed.), Royal Meteorological Society, James Glaisher House, Grenville Place
- Huang, A. (1997): Der Wald steht schwarz und schweiget (Übersetzung), Government Information Office, Homepage des GIO <http://www.gio.gov.tw/info/nation/ge/fcr97/78/p2.htm>
- Katsaros, K.B., Vachon, P.W., Liu, W.T., Black, P.G. (2002): Microwave Remote Sensing of Tropical Cyclones from Space, Vol.58, pp. 137-151, Journal of Geography
- Lee, C.S., Huang, L.-R., Shen, H.-S., Wang, S.-T. (o. J.): A Climatology Model for Forecasting Typhoon Rainfall in Taiwan, Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University, National S&T Centre for Disaster Reduction, Central Weather Bureau, Taiwan

- Louie, K.-S, Liu, K.-B. (2003): Earliest historical records of typhoons in China, Vol. 29, pp. 299-316, Journal of Historical Geography, Elsevier Science Ltd.
- Lu, M.-M., May, R.J. (2003): Exploring the Possibility of Using Tropical Cyclone Numbers to Project Taiwan Summer Precipitation Patterns, Research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan
- Mathur, M.B. (1997): Development of an eye-wall like structure in a tropical cyclone model simulation, Vol. 27, pp. 527-547, Dynamics of Atmospheres and Oceans, Elsevier Science B.V.
- McGregor, G.R. (1995): The Tropical cyclone hazard over the South China Sea 1970-1989, Vol.15(1), pp. 35-52, Applied Geography, Butterworth-Heinemann
- Ministry of Transport and Telecommunications, Herausgeber (2004): Statistic Yearbook Report, Ministry of Transport and Telecommunications, Taiwan
- Moeng, F., Fullerton, N. (o. J.): FSL Technology at the Taiwan Central Weather Bureau: Six Years Later, Central Weather Bureau Taiwan, 2005
- Münchener Rückversicherungsgesellschaft, Herausgeber (1990): Sturm, München
- Münchner Rückversicherungsgesellschaft, Herausgeber (1998): Weltkarte der Naturgefahren, München
- Münchner Rückversicherungsgesellschaft, Herausgeber (1999): Topics 2000, München
- National Oceanic and Atmospheric Association, Herausgeber (1999): Hurricane Basics, NOAA Homepage, U.S. Department of Commerce, <http://www.nhc.noaa.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Association, Herausgeber (2001): Hurricanes, Unleashing Nature's Fury, NOAA Homepage, U.S. Department of Commerce, <http://www.nhc.noaa.gov/>
- Neander, J. (o.J.): El Nino- Its Far-reaching Environmental Effects on Army Tactical Decision Aids, US Army Topographic Engineering Centre, US Army Corps of Engineer Research and Development Center, Homepage des TEC <http://www.tec.army.mil/publications/elnino/>

- Rau, J.-Y., Chen, L.-C., Tseng, C., Wu, D.-H., Xie, M.-H. (2005): Disaster Detection and Damage Estimation Using Satellite Imagery and Land-Use Information. Centre for Space Remote Sensing Research, National Central University + North Region Water Resource Office, Water Resource Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan
- Rockett, P., Saunders, M. (2000): NW Pacific and Asian Landfalling Typhoons in 2000, Benfiel Greig Hazard Research Centre, University College London, United Kingdom
- Small, C., Gornitz, V., Cohen, J.E. (2000): Coastal Hazards and the Global Distribution of Human Population, Environmental Geosciences, Vol.7, Nr.1
- Taiwan Environmental Action Network, Herausgeber (2005): Taiwan Environmental Action Network in Recognition of the "International Year of the Ocean", International Environmental Protection Association, Tempe, Arizona, USA, Homepage der IEPA/TEAN  
<http://tean.formosa.org/>
- Thompson, B. W. (1990): Forecasting Guide for Tropical Cyclones Crossing Taiwan, Joint Typhoon Warning Centre, Hawaii, USA
- Walsh, K., Pittock, A.B. (1998): Potential Changes in Tropical Storms, Hurricanes and Extreme Rainfall events as a result of Climate Change, Vol. 39. pp.199-213, Climate Change, Kluwer Academic Publishers
- Wang, C.-H. : Precipitation Changes and their Impacts on the Water Resources Management in Taiwan, Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan
- Zehr, R.M. (1992): Tropical Cyclogenesis in the Western North Pacific. NOAA Technical Report NESDIS 61, U. S. Department of Commerce, Washington DC.

-----

- Homepage des Hafens von Kaohsiung, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office  
<http://www.khb.gov.tw/English/index.aspx>
- Homepage des Hafens von Keelung, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office  
<http://www.klhb.gov.tw/>

- Homepage des Flughafen Chiang Kai Shek, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, [http://www.cksairport.gov.tw/e\\_home/chome.htm](http://www.cksairport.gov.tw/e_home/chome.htm)
- Homepage der Taiwan Power Company, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, [http://www.taipower.com.tw/english/e\\_home.htm](http://www.taipower.com.tw/english/e_home.htm)
- Homepage des Taipei City Government, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, <http://english.taipei.gov.tw/TCG/index.jsp?catid=59&recordid=707>
- Homepage des Kaohsiung City Government, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, <http://w4.kcg.gov.tw/~english/>
- Homepage der National Fire Agency, Disaster Response Reports, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, <http://www.nfa.gov.tw/asp/showeng.aspx?pid=2>
- Homepage des RSMC Nadi/Fiji Islands, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, <http://www.met.gov.fj/advisories.html>
- Homepage des Australian Bureau of Meteorology, persönliche Korrespondenz mit Mitarbeitern des Information Office, <http://www.bom.gov.au/>
- Homepage von CNN Asia, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://edition.cnn.com/ASIA/>
- Homepage von BBC News, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://www.bbc.co.uk/asiannetwork/>
- Homepage von Reuters Asia, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://asia.reuters.com/news/default.aspx>
- Homepage von dpa, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://www.dpa.de/sa/unternehmenswelt/unternehmen/asien.html>
- Homepage von The China Post, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://www.chinapost.com.tw/>
- Homepage von Die Zeit, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://www.zeit.de/>
- Homepage von Wikipedia- Online Enzyklopädie, Artikelsammlung Taiwan, <http://en.wikipedia.org/wiki/Taiwan>

- Homepage von Australiannews.com, Berichtarchiv über Taifune in Taiwan, <http://www.theaustralian.news.com.au/>
- Homepage der United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2005), <http://www.unisdr.org/>
- Homepage des Joint Typhoon Warning Center (2005), Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center, <http://www.npmoc.navy.mil/jtwc.html>
- Homepage des Ministry of Economic Affairs (2005), Water Resources Agency, <http://eng.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=11799&CtNode=5180>
- Homepage des Digital Typhoon: Typhoon Images and Information, Kitamoto Asanobu Laboratory (2005), National Institute of Informatics, Graduate University for Advanced Studies, Tokyo, Japan, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
- Homepage des Tropical Cyclone Programme(2005), World Meteorological Organization, United Nations Specialized Agency, <http://www.wmo.ch/index-en.html>
- Homepage des Central Weather Bureau (2005), Central Weather Bureau Taiwan, Typhoon Warning Site <http://www.cwb.gov.tw/V4e/>
- Homepage des National Science and Technology Center for Disaster Reduction NCDR (2005), [http://ncdr.nat.gov.tw/ncdr\\_eng/index.htm](http://ncdr.nat.gov.tw/ncdr_eng/index.htm)
- Homepage Asien-auf-einen-Blick, Länderkundlich-touristischer Führer (2005), <http://www.asien-auf-einen-blick.de/china-rep/index.php>
- Homepage der Taipei Times, Taiwan Yearbook (2004), <http://ecommerce.taipetimes.com/yearbook2004/contents.htm>
- Homepage des United Nations Environment Programme (2005), <http://www.unep.org/>
- Homepage der Japan Meteorological Agency, Typhoon Warning Site (2005) <http://www.jma.go.jp/en/typh/>
- Homepage von Earth Trends, Herausgeber (2000): Coastal and Marine Ecosystems- Taiwan, Province of China, Earth Trends Country Profiles, Earth Trends <http://earthtrends.wri.org>

- Homepage von Earth Trends, Herausgeber (2000): Water Resources and Fresh Water Ecosystems- Taiwan, Province of China, Earth Trends Country Profiles, Earth Trends, <http://earthtrends.wri.org>
  
- Homepage des National Hurricane Centre, Editors(2002): SLOSH Model- A short Presentation, NHC, U.S. Department of Commerce, <http://www.nhc.noaa.gov/>

## 6. Tabellen, Daten und weitere Grafiken

**Tabelle 5: Beaufort-Skala mit Windart und Beschreibung**

(Quelle: Onlineartikel der Wikipedia Online-Enzyklopädie, [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de),2005)

Windstärke	Bezeichnung der Windstärke	Bezeichnung des Seeganges (Windsee)	Beschreibung (Wirkung an Land; auf See)
Bft			
0	Windstille	völlig ruhige, glatte See	Keine Luftbewegung, Rauch steigt senkrecht empor; spiegelglatte See
1	Leiser Zug	ruhige, gekräuselte See	kaum merklich, Rauch treibt leicht ab, Windflügel und Windfahnen unbewegt; leichte Kräuselwellen
2	Leichte Brise	schwach bewegte See	Blätter rascheln, Wind im Gesicht spürbar; kleine, kurze Wellen, Oberfläche glasiert
3	Schwache Brise		Blätter und dünne Zweige bewegen sich, Wimpel werden gestreckt; Anfänge der Schaumbildung
4	Mäßige Brise	leicht bewegte See	Zweige bewegen sich, loses Papier wird vom Boden gehoben; kleine, länger werdende Wellen, überall Schaumköpfe
5	Frische Brise	mäßig bewegte See	größere Zweige und Bäume bewegen sich, Schaumköpfe auf Seen; Wind deutlich hörbar; mäßige Wellen von großer Länge, überall Schaumköpfe
6	Starker Wind	grobe See	Dicke Äste bewegen sich, hörbares Pfeifen an Drahtseilen, in Telefonleitungen; größere Wellen mit brechenden Köpfen, überall weiße Schaumflecken
7	Steifer Wind	sehr grobe See	Bäume schwanken, Widerstand beim Gehen gegen den Wind; grobe See, weißer Schaum von den brechenden Wellenköpfen legt sich in Schaumstreifen in die Windrichtung
8	Stürmischer Wind	hohe See	Große Bäume werden bewegt, Zweige brechen von Bäumen, beim Gehen erhebliche Behinderung; ziemlich hohe Wellenberge, deren Köpfe verweht werden, überall Schaumstreifen

9	Sturm		Äste brechen, Ziegel werden von Dächern gehoben; hohe Wellen mit verwehtem Gischt, Brecher beginnen sich zu bilden
10	schwerer Sturm	sehr hohe See	Bäume werden entwurzelt, Häuser beschädigt; selten im Landesinneren; sehr hohe Wellen, weiße Flecken auf dem Wasser, lange, überbrechende Kämme, schwere Brecher
11	orkanartiger Sturm	außergewöhnlich schwere See	Heftige Böen, schwere Sturmschäden; sehr selten im Binnenland; brüllende See, Wasser wird waagrecht weggeweht, starke Sichtverminderung
12	Orkan		Schwere Sturmschäden und Verwüstungen; sehr selten im Landesinneren; See vollkommen weiß, Luft mit Schaum und Gischt gefüllt, keine Sicht mehr

**Tabelle 6: Beaufort-Skala mit Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Kategorien**  
 (Quelle: Onlineartikel der Wikipedia Online-Enzyklopädie, www.wikipedia.de,2005)

Windstärke	Windgeschwindigkeit				Wellenhöhe (m)	
	Bft	m/s	km/h	mph	kn	Tiefsee (Atlantik)
0	0,0 – <0,5	0,0 – <1,9	0 – <1,2	0 – <1	–	–
1	0,5 – <2,1	1,9 – <7,4	1,2 – <4,6	1 – <4	0,0 – 0,2	0,05
2	2,1 – <3,6	7,4 – <13,0	4,6 – <8,1	4 – <7	0,5 – 0,75	0,6
3	3,6 – <5,7	13,0 – <20,4	8,1 – <12,7	7 – <11		
4	5,7 – <8,2	20,4 – <29,6	12,7 – <18,4	11 – <16	0,8 – 1,2	1,0
5	8,2 – <11,3	29,6 – <40,7	18,4 – <25,3	16 – <22	1,2 – 2,0	1,5
6	11,3 – <14,4	40,7 – <51,9	25,3 – <32,2	22 – <28	2,0 – 3,5	2,3
7	14,4 – <17,5	51,9 – <63,0	32,2 – <39,1	28 – <34	3,5 – 6,0	3,0
8	17,5 – <21,1	63,9 – <75,9	39,1 – <47,2	34 – <41	mehr als 6,0	4,0
9	21,1 – <24,7	75,9 – <88,9	47,2 – <55,2	41 – <48		
10	24,7 – <28,8	88,9 – <103,7	55,2 – <64,4	48 – <56	bis 20,0	5,5
11	28,8 – <32,9	103,7 – <118,5	64,4 – <73,6	56 – <64	bis 20,0	–
12	>32,9	>118,5	>73,6	>64		

**Tabelle 7: Übersicht über die Schäden für die Ressorts Straße, Schiene und Stromgesellschaft (1985-2004)** (Quelle: Emailkorrespondenz mit Mitarbeiter des Ministry of Interior)

Jahr	Eisenbahn	Straßen	Strom Gesellschaft
1985	113999	278548	1247
1986	59719	1018909	135073
1987	212699	1018999	114632
1988	35	787356	90764
1989	89228	888125	96145
1990	626770	2081954	112836
1991	40143	522249	68561
1992	-	41805	-
1993	9240	353430	32633
1994	218120	2357537	3325666
1995	-	294035	27380
1996	-	5019681	681292
1997	89155	1340704	300711
1998	357627	857465	523826
1999	408515	-	8515965
2000	-	-	15825568
2001	-	-	22588211
2002	1390	-	-
2003	-	120867	-
2004	181850	-	-
TOTAL	2408490	16981662	52440512

(Einheit: Tausend Dollar in Taiwan Dollar)

**Tabelle 8: Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2000** (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

		Agricultural Disasters Estimated Loss 2000									
Disaster	Total	Products loss					Cultivated Land Loss	Fishery Facility Loss	Forestry Facility Loss	Soil and Water Conser-vation Loss	Unit:N.T.\$1,000
		Sub-total	Crop	Livestock	Fishery	Forestry					
80	1991	8 000 550	7 145 938	5 018 992	19 037	1 982 230	125679	158 658	51 651	...	644 303
81	1992	5 477 416	4 636 987	3 307 618	20 045	1 210 438	98 886	320 295	116 987	...	403 147
82	1993	2 192 200	1 286 079	1 258 944	5 713	19 130	2 292	354 270	-	...	551 851
83	1994	12 223 189	9 553 319	8 293 628	222 738	660 624	376 329	842 308	176 473	...	1 651 089
84	1995	2 887 157	2 350 525	2 092 077	2 457	235 844	20 147	70 130	93 830	...	372 672
85	1996	25 239 181	19 803 757	16 600 313	471 291	2 065 614	666 539	1 985 344	438 398	...	3 011 682
86	1997	6 279 545	4 931 667	4 711 128	32 769	21 756	166 014	161 591	194 372	13 053	978 862
87	1998	14 699 965	12 693 151	12 183 775	73 577	384 794	51 005	754 956	178 990	138 436	934 432
88	1999	16 267 082	7 593 088	5 222 606	514 645	1 386 400	469437	1 136 581	113 488	1 664 616	5 759 309
89	2000	14 364 999	10 521 288	9 893 857	107 300	304 022	216109	1 080 932	259 877	405 956	2 096 946
Feb. Flood		776 979	394 936	365 198	5 160	-	24 578	122 200	-	255 968	3 875
Apr. Frost		760 348	760 348	760 348	-	-	-	-	-	-	-
Apr. Flood		147 357	33 904	26 046	750	-	7 108	16 020	-	27 580	69 853
Jun. Flood		225 145	170 655	162 054	4 101	4 500	-	48 100	1 500	4 890	-
Jul. Earthquake		1 180	-	-	-	-	-	-	-	1 180	-
Jul. Earthquake		1 905	1 120	-	1 120	-	-	-	-	785	-
Jul. Foehn		5 094	5 094	5 094	-	-	-	-	-	-	-
Jul. Kai-Tak		182 767	101 321	71 278	43	30 000	-	-	4 000	-	77 446
Jul. Flood		384 972	240 655	237 759	1 896	1 000	-	19 320	-	136	124 861
Aug. Bilis		6 975 960	6 119 063	5 719 063	76 783	140 381	182836	36 893	97 957	99 768	622 279
Aug. Prapiroon		1 333	-	-	-	-	-	340	-	401	592
Oct. Xangsane		4 901 959	2 694 192	2 547 017	17 447	128 141	1 587	838 059	156 420	15 248	1 198 040

**Tabelle 9:** Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2001 (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

**Agricultural Disasters Estimated Loss 2001**

Unit:N.T.\$1,000

Disaster	Total	Products loss					Cultivated Land Loss	Fishery Facility Loss	Forestry Facility Loss	Soil and Water Conservation Loss
		Sub-total	Crop	Livestock	Fishery	Forestry				
81 1992	5 477 416	4 636 987	3 307 618	20 045	1 210 438	98 886	320 295	116 987	...	403 147
82 1993	2 192 200	1 286 079	1 258 944	5 713	19 130	2 292	354 270	-	...	551 851
83 1994	12 223 189	9 553 319	8 293 628	222 738	660 624	376329	842 308	176 473	...	1 651 089
84 1995	2 887 157	2 350 525	2 092 077	2 457	235 844	20 147	70 130	93 830	...	372 672
85 1996	25 239 181	19 803 757	16 600 313	471 291	2 065 614	666539	1 985 344	438 398	...	3 011 682
86 1997	6 279 545	4 931 667	4 711 128	32 769	21 756	166014	161 591	194 372	13 053	978 862
87 1998	14 699 965	12 693 151	12 183 775	73 577	384 794	51 005	754 956	178 990	138 436	934 432
88 1999	16 267 082	7 593 088	5 222 606	514 645	1 386 400	469437	1 136 581	113 488	1 664 616	5 759 309
89 2000	14 364 999	10 521 288	9 893 857	107 300	304 022	216109	1 080 932	259 877	405 956	2 096 946
90 2001	14 762 727	5 908 468	4 709 135	399 628	504 817	294888	3 752 759	336 635	1 724 249	3 040 616
Apr. Flood	91 038	87 018	87 018	-	-	-	-	-	145	3 875
May. Cimaron	69 681	69 681	69 681	-	-	-	-	-	-	-
May. Flood	4 093	3 993	-	3 993	-	-	-	-	100	-
Jun. Flood	42 972	21 692	21 122	560	-	10	6 900	-	14 380	-
Jun. Hailstone	1 794	1 794	1 794	-	-	-	-	-	-	-
Jun. Chebi	778 509	534 154	261 413	28 811	237 180	6 750	1 000	241 245	2 110	-
Jul. Flood	12 200	-	-	-	-	-	8 200	-	4 000	-
Jul. Utor	137 489	41 759	20 689	930	20 140	-	35 450	59 960	320	-
Jul. Trami	99 289	99 289	63 541	23 400	12 348	-	-	-	-	-
Jul. Toraji	8 050 289	2 616 779	2 206 369	123 165	18 650	268595	2 631 876	19 120	1 427 614	1 354 900
Sep. Flood	30 520	-	-	-	-	-	30 520	-	-	-
Sep. Nari	4 895 154	1 934 545	1 485 876	218 049	216 499	14 121	1 032 593	11 310	272 908	1 643 798
Sep. Lekima	549 699	497 764	491 632	720	-	5 412	6 220	5 000	2 672	38 043

**Tabelle 10:** Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2002 (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

### Agricultural Disasters Estimated Loss 2002

Unit:N.T.\$1,000

Disaster	Total	Products loss					Cultivated Land Loss	Fishery Facility Loss	Forestry Facility Loss	Soil and Water Conservation Loss
		Sub-total	Crop	Livestock	Fishery	Forestry				
82 1993	2 192 200	1 286 079	1 258 944	5 713	19 130	2 292	354 270	-	...	551 851
83 1994	12 223 189	9 553 319	8 293 628	222 738	660 624	376 329	842 308	176 473	...	1 651 089
84 1995	2 887 157	2 350 525	2 092 077	2 457	235 844	20 147	70 130	93 830	...	372 672
85 1996	25 239 181	19 803 757	16 600 313	471 291	2 065 614	666 539	1 985 344	438 398	...	3 011 682
86 1997	6 279 545	4 931 667	4 711 128	32 769	21 756	166 014	161 591	194 372	13 053	978 862
87 1998	14 699 965	12 693 151	12 183 775	73 577	384 794	51 005	754 956	178 990	138 436	934 432
88 1999	16 267 082	7 593 088	5 222 606	514 645	1 386 400	469 437	1 136 581	113 488	1 664 616	5 759 309
89 2000	14 364 999	10 521 288	9 893 857	107 300	304 022	216 109	1 080 932	259 877	405 956	2 096 946
90 2001	14 762 727	5 908 468	4 709 135	399 628	504 817	294 888	3 752 759	336 635	1 724 249	3 040 616
91 2002	1 205 984	1 082 454	1 081 348	3 126	42 127	17 072	63 246	20 108	18 028	22 148
Jan. Frost Damage	90 014	90 014	90 014	-	-	-	-	-	-	-
Apr. Drought	341 291	341 291	341 291	-	-	-	-	-	-	-
May Flood	38 490	38 490	38 490	-	-	-	-	-	-	-
Jun. Flood	21 298	17 908	17 908	-	-	-	3 250	-	140	-
Jul. Rammasun	18 903	2 340	2 340	-	-	-	-	-	16 563	-
Jul. Tornado	1 074	1 074	-	1 074	-	-	-	-	-	-
Jul. Nakri	34 480	33 902	33 870	-	-	32	-	448	130	-
Aug. Kammuri	97 062	7 778	7 778	2 052	42 127	17 040	59 996	7 140	-	22 148
Aug. Foehn	50 378	50 378	50 378	-	-	-	-	-	-	-
Sep. Sinlaku	13 715	-	-	-	-	-	-	12 520	1 195	-
Dec. Flood	1 064	1 064	1 064	-	-	-	-	-	-	-
Dec. Hailstone	498 215	498 215	498 215	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 11: Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2003** (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

Disaster		Total	Products loss				Cultivated Land Loss	Fishery Facility Loss	Forestry Facility Loss	Soil and Water Conser-vation Loss	
			Sub-total	Crop	Livestock	Fishery					Forestry
83	1994	12 223 189	9 553 319	8 293 628	222 738	660 624	376 329	842 308	176 473	...	1 651 089
84	1995	2 887 157	2 350 525	2 092 077	2 457	235 844	20 147	70 130	93 830	...	372 672
85	1996	25 239 181	19 803 757	16 600 313	471 291	2 065 614	666 539	1 985 344	438 398	...	3 011 682
86	1997	6 279 545	4 931 667	4 711 128	32 769	21 756	166 014	161 591	194 372	13 053	978 862
87	1998	14 699 965	12 693 151	12 183 775	73 577	384 794	51 005	754 956	178 990	138 436	934 432
88	1999	16 267 082	7 593 088	5 222 606	514 645	1 386 400	469 437	1 136 581	113 488	1 664 616	5 759 309
89	2000	14 364 999	10 521 288	9 893 857	107 300	304 022	216 109	1 080 932	259 877	405 956	2 096 946
90	2001	14 762 727	5 908 468	4 709 135	399 628	504 817	294 888	3 752 759	336 635	1 724 249	3 040 616
91	2002	1 267 203	1 143 673	1 081 348	3 126	42 127	17 072	63 246	20 108	18 028	22 148
92	2003	4 389 406	4 236 100	4 060 868	50 765	22 357	102 110	12 280	125 806	15 170	50
Jan. Pear-Scion Damage		40 842	40 842	40 842	-	-	-	-	-	-	-
Jan. Frost Damage		312	312	-	-	312	-	-	-	-	-
Feb.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apr. Drought		227	227	227	-	-	-	-	-	-	-
May Disease		736 912	736 912	736 912	-	-	-	-	-	-	-
Jun. Flood		57 954	57 954	57 899	55	-	-	-	-	-	-
Aug. Drought		332 464	332 464	332 464	-	-	-	-	-	-	-
Aug. Morakot		254 519	241 027	232 407	3 786	4 480	354	12 280	1 000	212	-
Aug. Hailstone		59 927	59 927	59 927	-	-	-	-	-	-	-
Sep. Dujuan		2 671 055	2 554 341	2 390 308	46 924	15 353	101 756	-	101 706	14 958	50
Nov. Melor		209 882	209 882	209 882	-	-	-	-	-	-	-
Dec. Earthquake		23 100	-	-	-	-	-	-	23 100	-	-
Dec. Frost Damage		2 212	2 212	-	-	2 212	-	-	-	-	-

Unit N.T.\$1,000

**Tabelle 12: Landwirtschaftliche Verluste im Jahr 2000** (Quelle: Council of Agriculture, 2005)

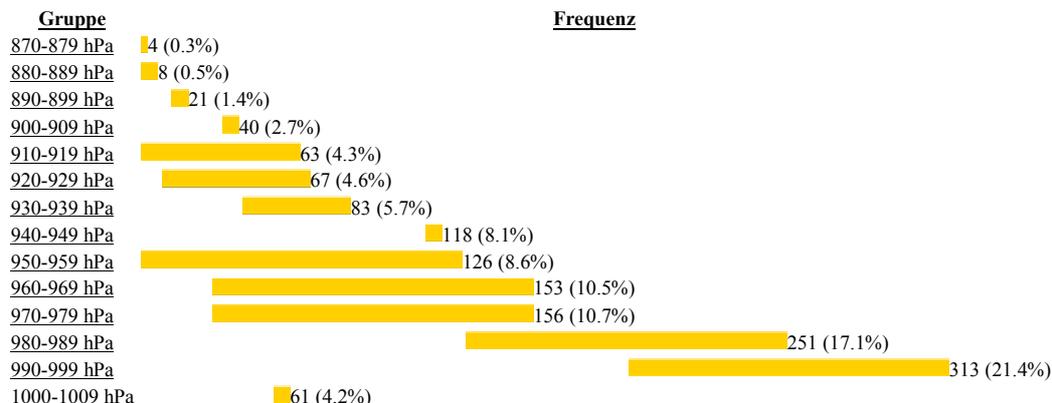
Agricultural Disasters Estimated Loss 2004

Unit N.T.\$1,000

Disaster	Total	Products loss					Cultivated Land Loss	Fishery Facility Loss	Forestry Facility Loss	Soil and Water Conser-vation Loss
		Sub-total	Crop	Livestock	Fishery	Forestry				
84 1995	2 887 157	2 350 525	2 092 077	2 457	235 844	20 147	70 130	93 830	...	372 672
85 1996	25 239181	#####	#####	471 291	2 065614	666539	1 985 344	438398	...	3 011 682
86 1997	6 279 545	4 931 667	4 711 128	32 769	21 756	166014	161 591	194372	13 053	978 862
87 1998	14 699965	#####	#####	73 577	384 794	51 005	754 956	178990	138 436	934 432
88 1999	16 267082	7 593 088	5 222 606	514 645	1 386400	469437	1 136 581	113488	1 664616	5 759 309
89 2000	14 364999	#####	9 893 857	107 300	304 022	216109	1 080 932	259877	405 956	2 096 946
90 2001	14 762727	5 908 468	4 709 135	399 628	504 817	294888	3 752 759	336635	1 724249	3 040 616
91 2002	1 267 203	1 143 673	1 081 348	3 126	42 127	17 072	63 246	20 108	18 028	22 148
92 2003	4 389 406	4 236 100	4 060 868	50 765	22 357	102110	12 280	125806	15 170	50
93 2004	12 004792	7 022 146	5 262 149	185 045	1 383934	191061	1 303 864	876165	1 438516	1 364 101
Jan. Frost Damage	522 341	522 341	235 132	-	287 209	-	-	-	-	-
Apr. Foehn	4 550	4 550	4 550	-	-	-	-	-	-	-
May. Foehn	18 637	18 637	18 637	-	-	-	-	-	-	-
May. Earthquake	25 601	-	-	-	-	-	-	25 601	-	-
Jun. Conson	4 200	4 200	4 200	-	-	-	-	-	-	-
Jun. Midulle	7 822 284	4 660 445	3 555 029	180 699	768 839	155 878	693 370	534944	1 013589	919 936
Aug. Foehn	3 752	3 752	3 752	-	-	-	-	-	-	-
Aug. Aere	1 784 883	552 862	499 324	2 816	21 586	29 136	421 444	76 535	421 527	312 515
Sep. Haima	141 255	38 601	37 887	714	-	-	50 950	100	-	51 604
Sep. Flood	58 830	1 608	1 608	-	-	-	-	57 222	-	-
Oct. Nock-Ten	568 670	282 168	267 359	816	8 817	5 176	138 100	97 093	3 400	47 909
Dec. Nanmadol	904 307	787 500	489 146	-	297 483	871	-	84 670	-	32 137
Dec. Frost Damage	145 482	145 482	145 482	-	-	-	-	-	-	-

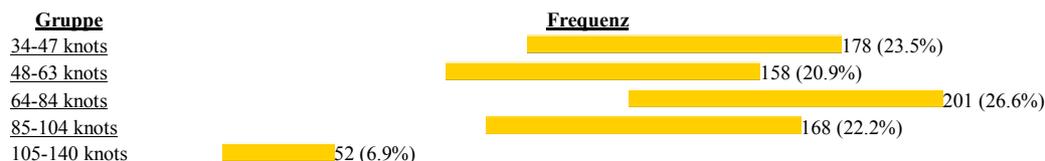
**Tabelle 13**

Histogramm für die Verteilung des Luftdrucks für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)



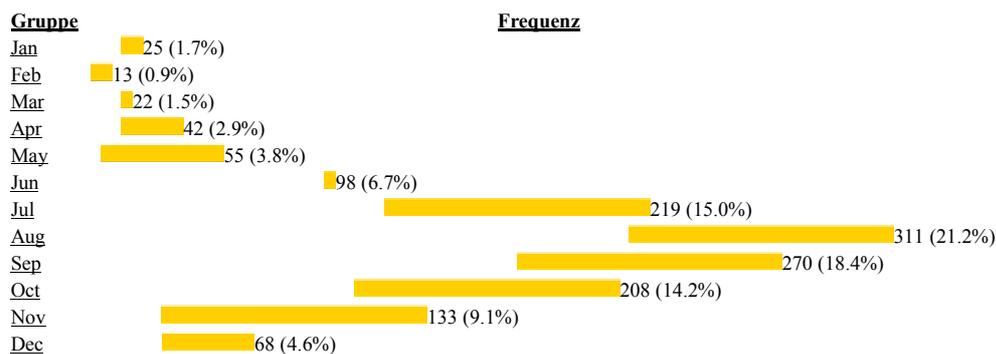
**Tabelle 14**

Histogramm für die Windgeschwindigkeiten für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)



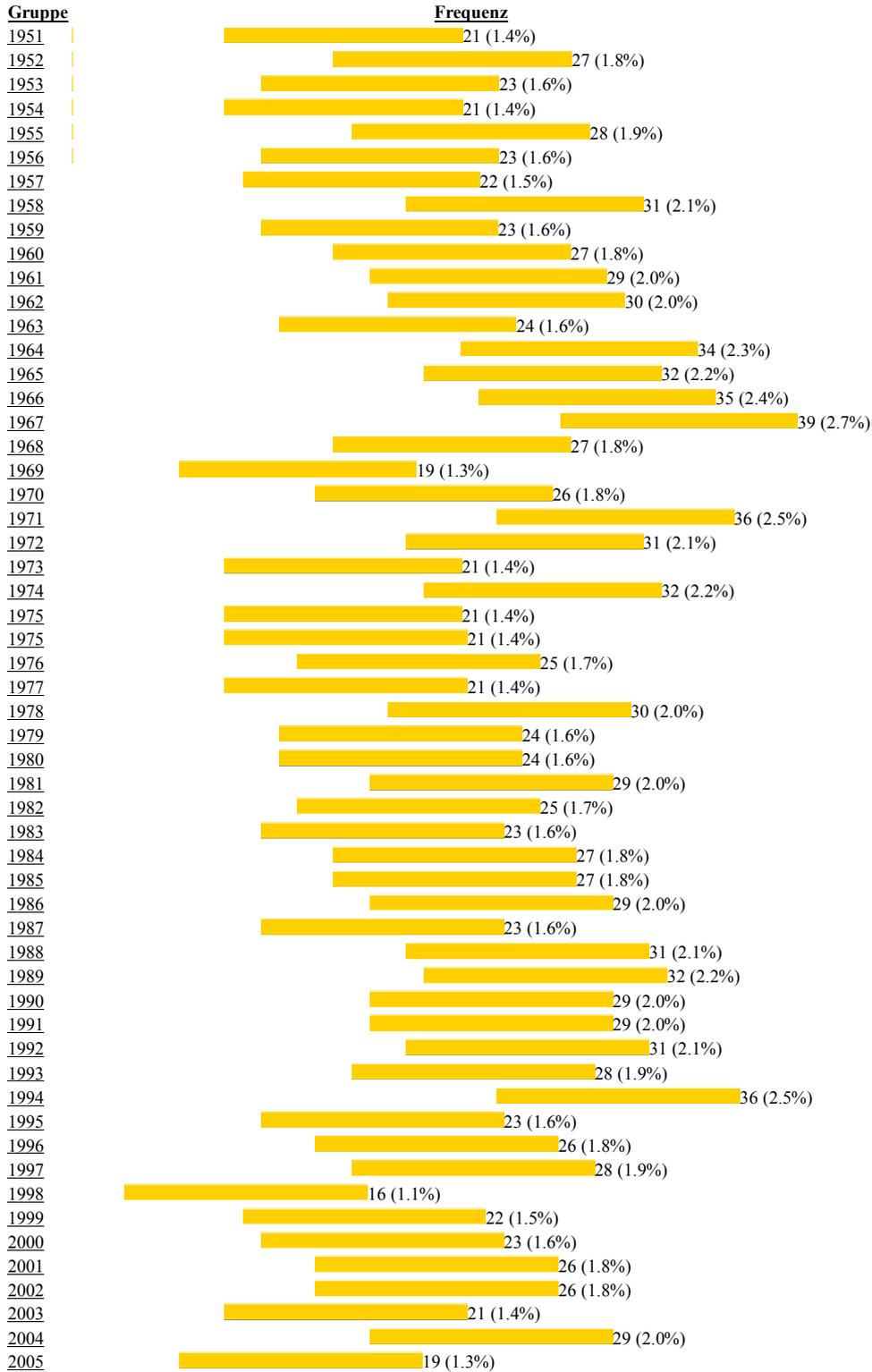
**Tabelle 15**

Histogramm für die Verteilung auf die Monate für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)



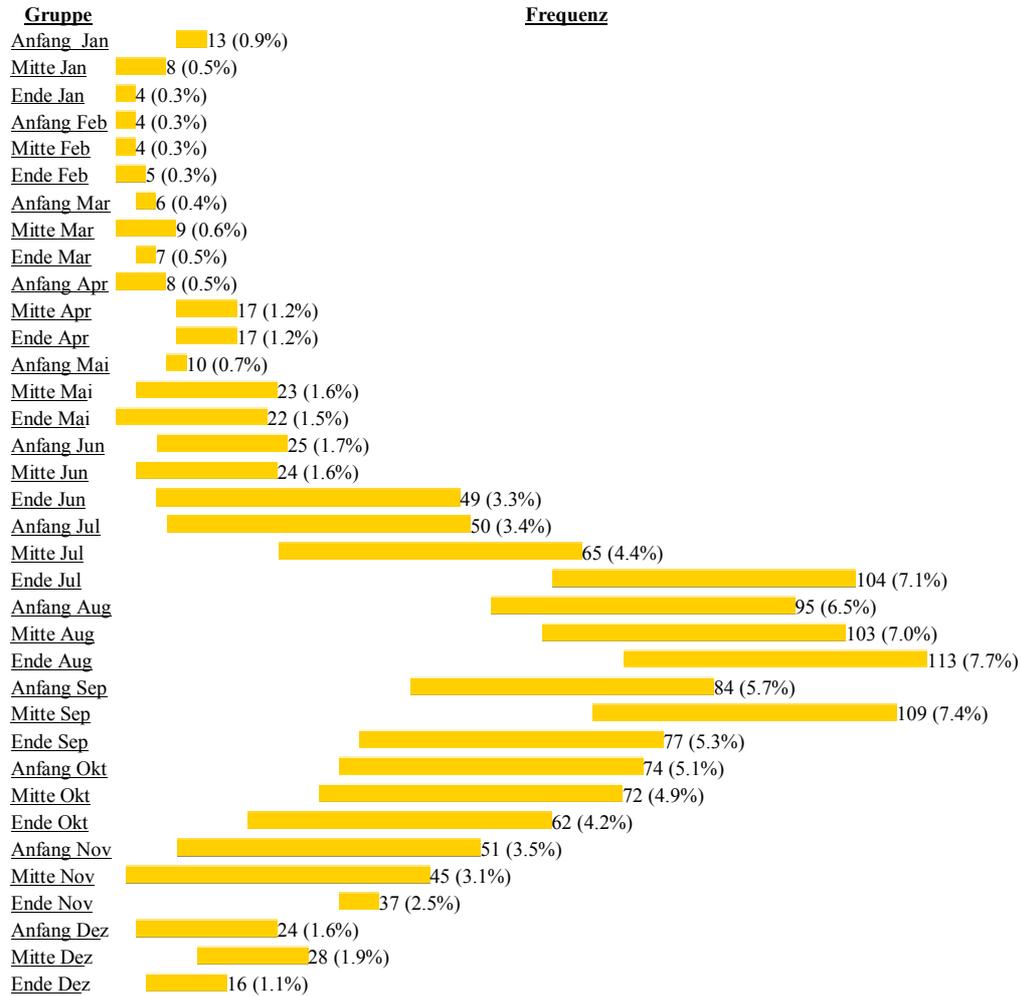
**Tabelle 16**

**Histogramm für die Verteilung auf die Jahre für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)**



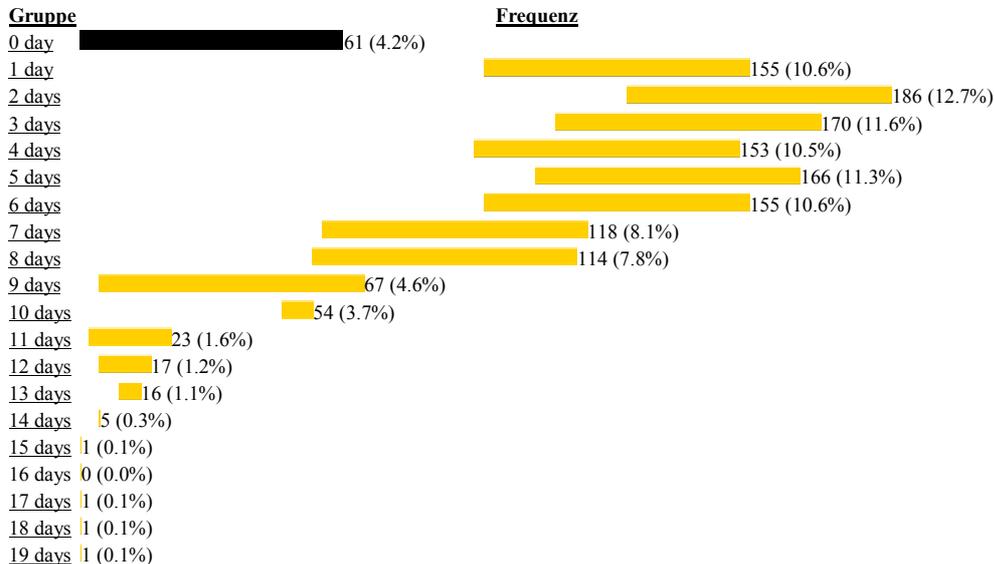
### Tabelle 17

Histogramm für die Verteilung auf die Monatsdrittel für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)



### Tabelle 18

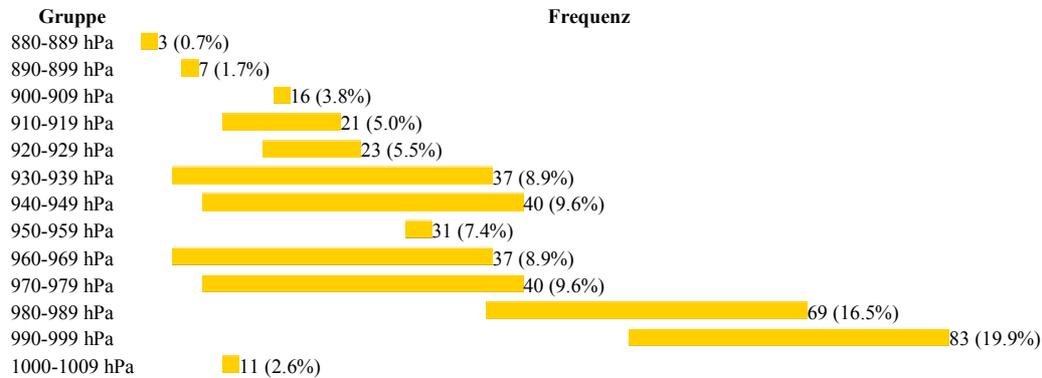
Histogramm für die Lebensdauer für Taifune im Nordwestpazifik/Südchinesisches Meer (1951-2005)



## Tabelle 19

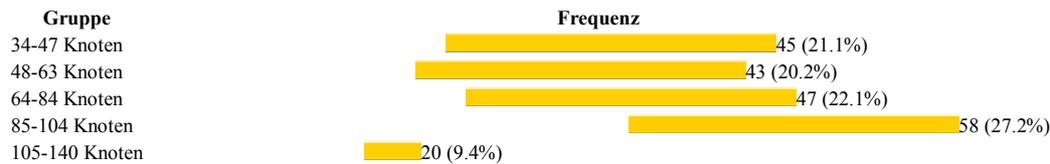
### El Nino Saison Histogramme

#### Histogram für Druckverteilung während der El Nino-Saison



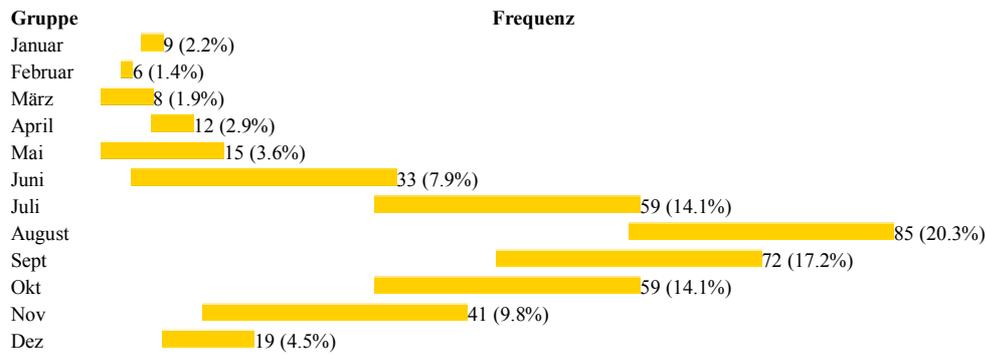
## Tabelle 20

#### Histogram für Verteilung der Windgeschwindigkeiten während der El Nino-Saison



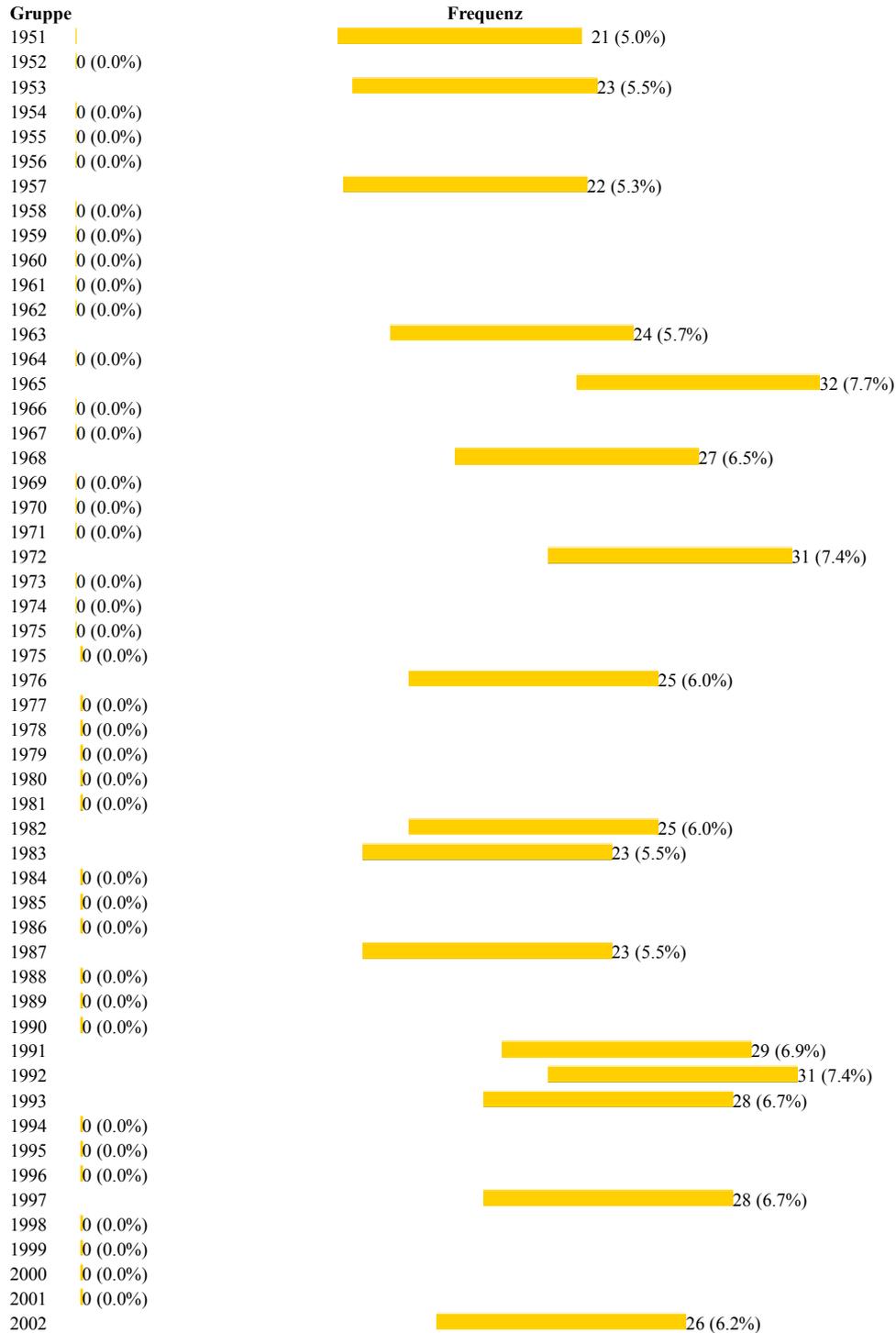
## Tabelle 21

#### Histogram für die Verteilung auf die Monate während der El Nino-Saison



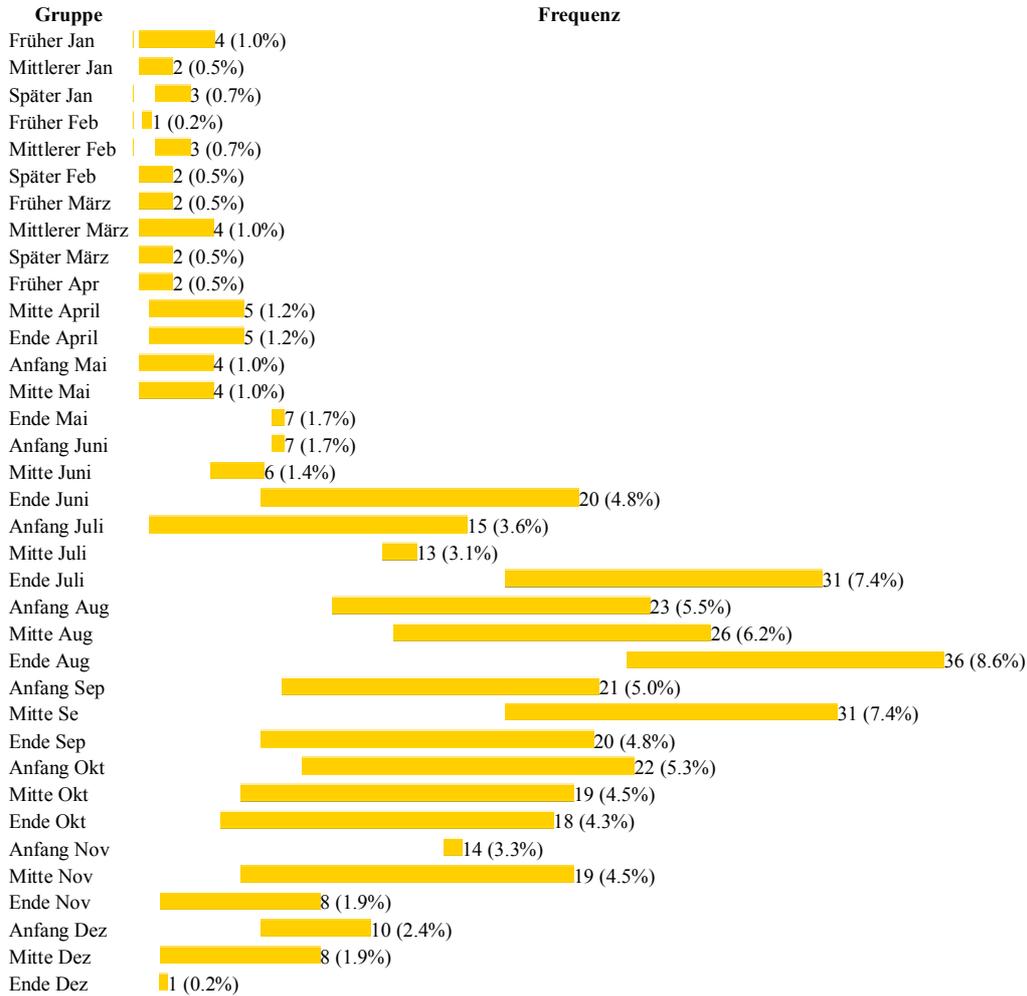
**Tabelle 22**

**Histogram für die Verteilung auf die Jahre während El Nino-Saisons**



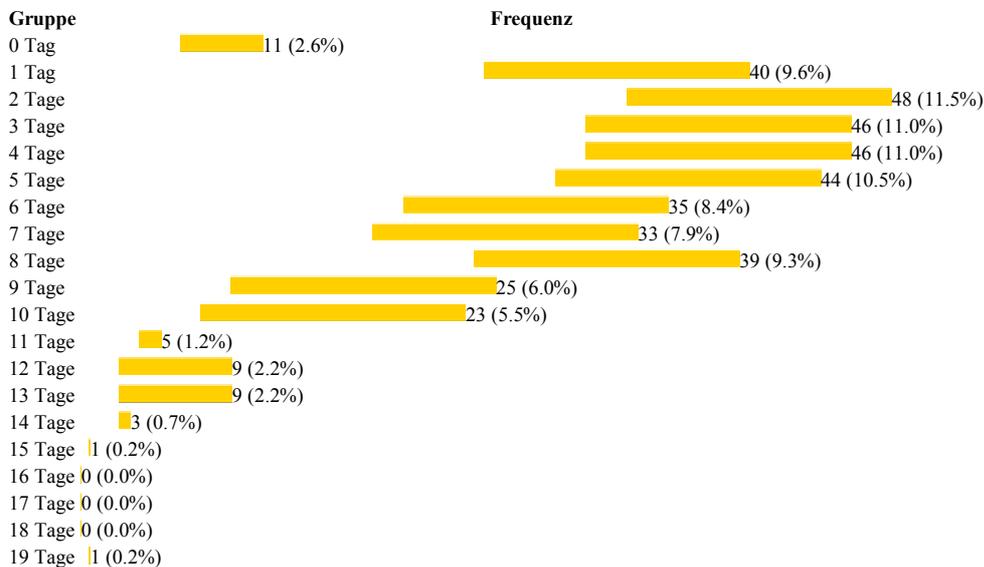
**Tabelle 23**

**Histogram für die Verteilung auf die Monate in 10-Tages-Schritten während El Nino-Saisons**



**Tabelle 24**

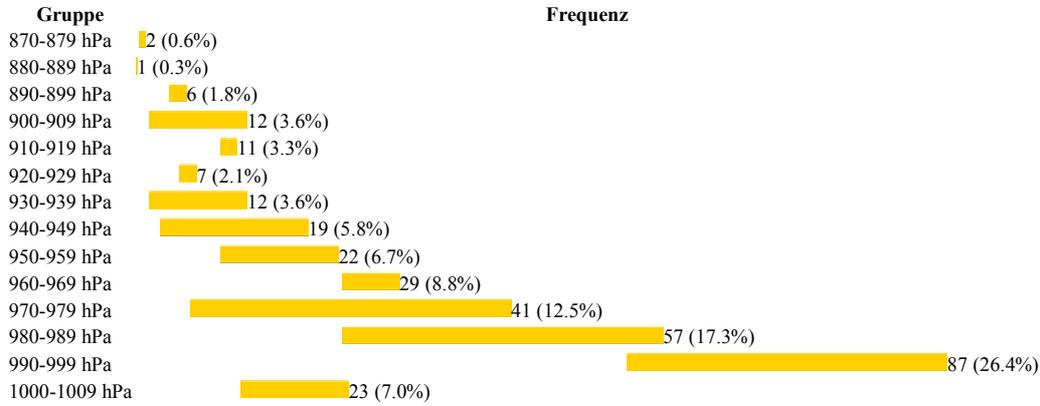
**Histogram für Verteilung der Lebensdauer in Tagen während einer El Nino-Saison**



## Tabelle 25

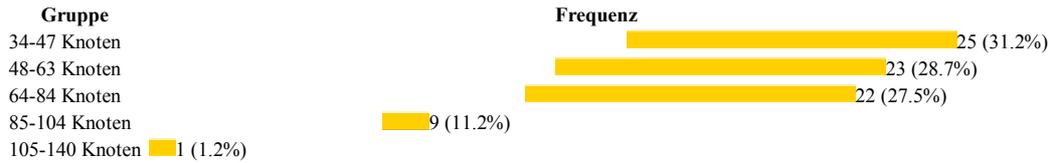
### La Nina Saison Histogramme

Histogramm für die Druckverteilung während La Nina-Saison



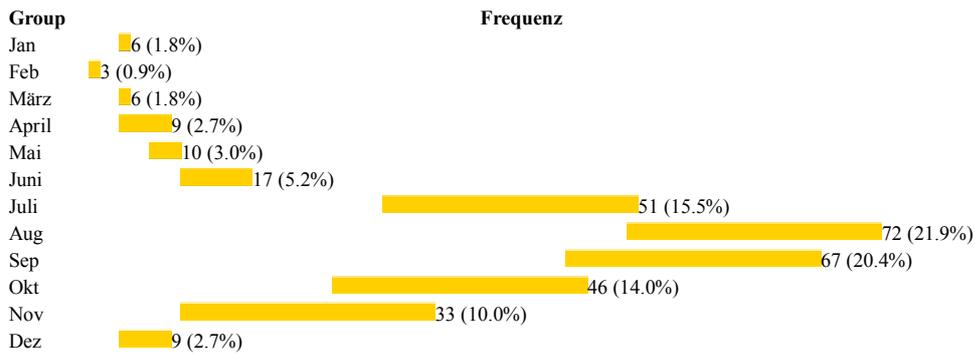
## Tabelle 26

Histogramm für die Verteilung von Windgeschwindigkeiten während La Nina-Saison



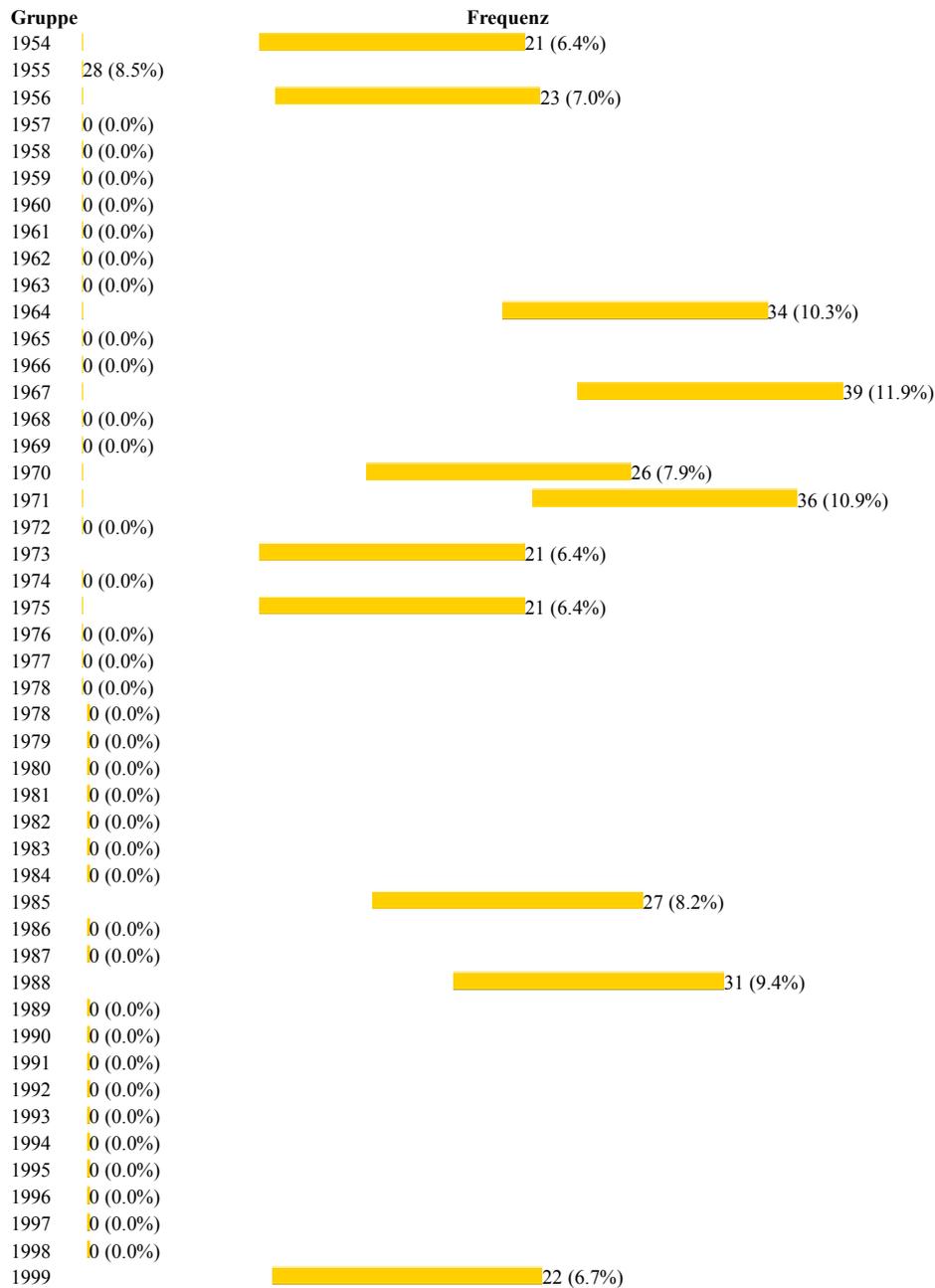
## Tabelle 27

Histogramm für die Verteilung auf die Monate während La Nina-Saison



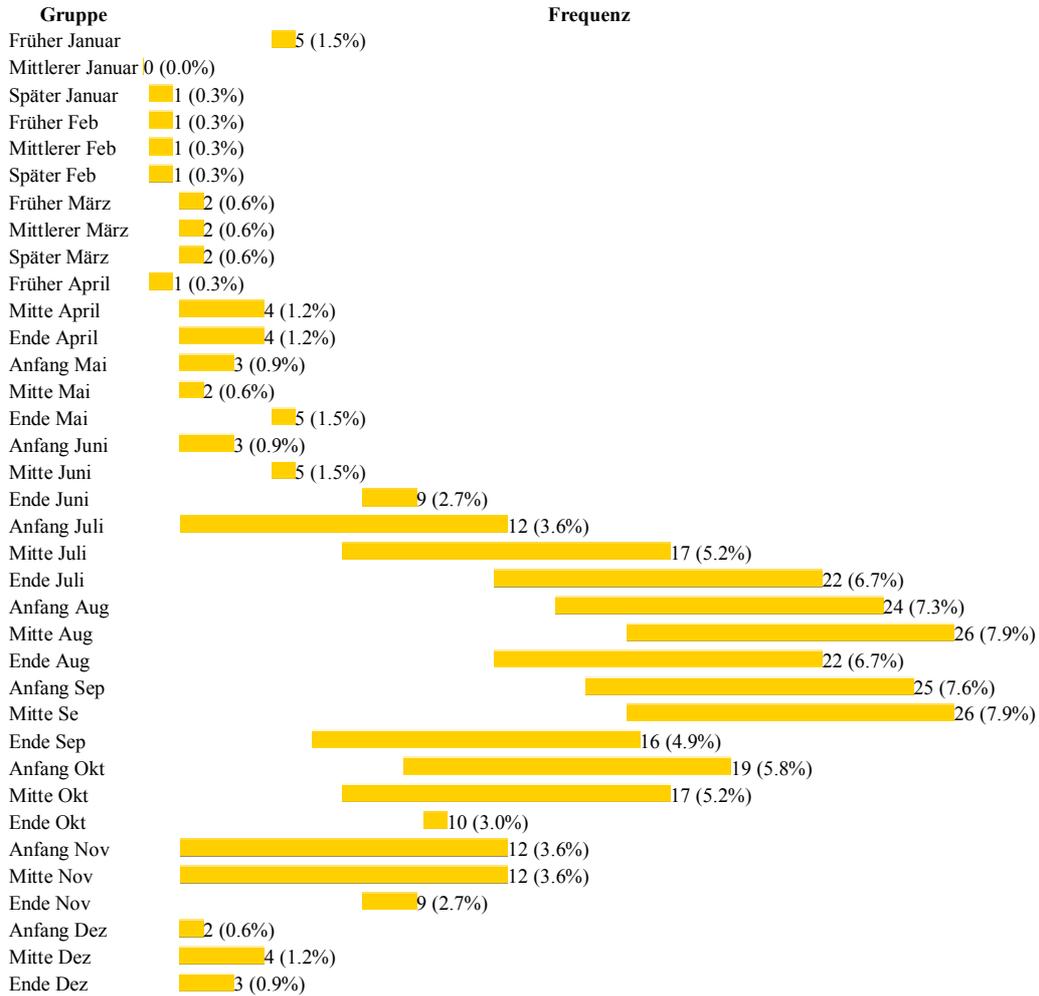
**Tabelle 28**

**Histogramm für die Verteilung auf Jahre während La Nina Saison**



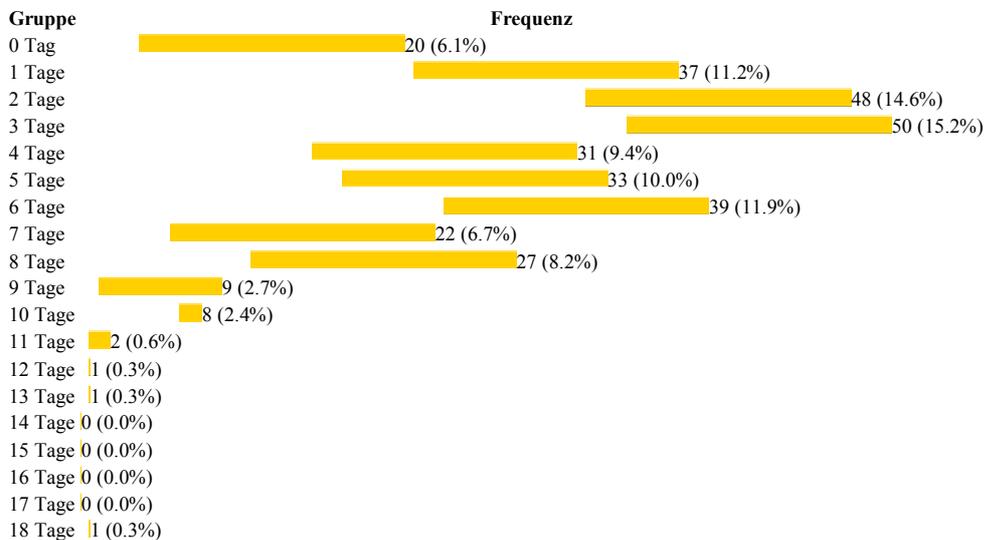
**Tabelle 29**

**Histogramm für die Verteilung auf die Monate in 10-Tages-Schritten während La Nina-Saison**



**Tabelle 30**

**Histogramm für die Verteilung auf Tage für Lebensdauer während La Nina-Saison**



**Tabelle 31**

Verluste durch Naturkatastrophen  
1961-2004

Jahr & Typ	Fälle	Häuser - zerstört	Häuser – halb- zerstört	Rettungs- kräfte (Per- sonen)	Gerettete Opfer	Opfer (Personen)		
						Tote	Vermisste	Verwundete
1961	8	14.907	25.781	...	...	203	145	2.115
1962	5	9.451	16.421	...	...	105	8	1.648
1963	3	14.125	11.022	...	...	235	95	481
1964	2	11.044	30.120	...	...	107	10	660
1965	3	6.705	7.503	...	...	82	13	725
1966	6	1.006	1.238	...	...	30	24	74
1967	6	3.188	3.751	...	...	88	30	293
1968	3	1.562	899	...	...	53	46	45
1969	4	16.306	24.751	...	...	182	45	475
1970	1	2.002	863	...	...	89	41	47
1971	5	5.474	8.540	...	...	63	42	337
1972	6	1.275	1.031	...	...	45	13	21
1973	2	1.262	436	...	...	34	43	86
1974	3	465	253	...	...	61	11	43
1975	3	1.657	3.843	...	...	32	15	187
1976	2	248	708	...	...	4	8	24
1977	3	4.889	28.700	...	...	159	25	364
1978	1	6	□	...	...	4	3	8
1979	4	191	425	...	...	1	□	1
1980	3	250	675	...	...	21	2	36
1981	8	1.535	660	...	...	79	17	36
1982	4	383	967	...	...	35	13	36
1983	1	□	□	...	...	19	5	8
1984	5	46	62	...	...	36	10	8
1985	7	18	23	...	...	11	18	42
1986	7	6.760	31.877	...	...	125	22	540
1987	4	526	1.356	...	...	65	14	47
1988	7	62	95	...	...	26	7	7
1989	2	495	809	...	...	49	20	50
1990	9	186	333	...	...	75	18	41
1991	7	52	162	...	...	6	8	22
1992	4	13	4	...	...	8	6	15
1993	5	□	50	...	...	3	1	6
1994	8	240	651	124.717	...	62	11	117
1995	7	20	33	163	...	10	26	30
1996	6	505	882	7.500	7.374	56	22	475
1997	5	121	30	38.972	1.577	56	3	126
1998	7	32	207	58.315	5.040	42	16	59
<b>1999</b>	4	51.722	53.831	394.730	5.004	2.418	35	11.569
Taifun	1	□	1	2.268	□	1	5	□
Flut	1	4	□	827	□	2	1	2
Erdbeben	2	51.718	53.830	391.635	5.004	2.415	29	11.567
Andere	□	□	□	□	□	□	□	□
<b>2000</b>	11	434	1.725	97.087	293	93	33	232
Taifun	6	434	1.725	90.168	□	78	32	178
Flut	2	□	□	1.804	293	6	1	6

Erdbeben	2	□	□	5.100	□	5	□	48
Andere	1	□	□	15	□	4	□	□
<b>2001</b>	9	646	1.978	37.496	2.472	225	129	588
Taifun	8	646	1.978	37.243	2.472	225	129	585
Flut	□	□	□	□	□	□	□	□
Erdbeben	1	□	□	253	□	□	□	3
Andere	□	□	□	□	□	□	□	□
<b>2002</b>	4	□	160	23.555	6.443	10	1	281
Taifun	3	□	□	22.235	5.962	5	1	12
Flut	□	□	□	□	□	□	□	□
Erdbeben	1	□	160	1.320	481	5	□	269
Andere	□	□	□	□	□	□	□	□
<b>2003</b>	8	□	□	5.165	277	6	1	20
Taifun	7	□	□	5.087	277	6	1	5
Flut	□	□	□	□	□	□	□	□
Erdbeben	1	□	□	78	□	□	□	15
Andere	□	□	□	□	□	□	□	□
<b>2004</b>	12	376	154	226.471	13.029	60	34	525
Taifun	9	342	44	105.928	6.486	27	22	504
Flut	2	34	110	120.485	6.543	31	12	20
Erdbeben	1	□	□	58	□	2	□	1
Andere	□	□	□	□	□	□	□	□

Quelle : National Fire Agency, MOI, 2005.