

## Deutsche Task Force Erdbeben

### **Das Cariaco (Nordvenezuela)-Erdbeben vom 09. Juli 1997: Schadensfälle** Bericht der Deutschen Task Force Erdbeben - Gruppe BAU

vorgelegt von

**Mathias Raschke, Dominik Lang, Jörg Habenberger und  
Jochen Schwarz (Projektleitung)**

---

Am Mittwoch, 09. Juli. 1997 wurde der Nordosten Venezuelas von einem schweren Beben erschüttert, dem weitere, z.T. starke Nachbeben folgten. Nach Presseangaben forderte das Beben über 70 Menschenleben. Der Großteil der Opfer wurde durch den Einsturz mehrgeschossiger Wohnhäuser bzw. von Schulgebäuden verursacht. Der ökonomische Schaden wird mit 980 Mrd. Bolivar (etwa 2 Mrd. US\$) angegeben.

Am Dienstag, 15. Juli 1997 reiste die Gruppe der Deutschen Task-Force Erdbeben ins Katastrophengebiet. Nach der Ankunft in Caracas/Venezuela wurden die Wissenschaftler und ihre Ausrüstung per Flugzeug an den Einsatzort Cumana im Norden Venezuelas gebracht. Dem Einsatz ging eine Bitte des venezolanischen Instituts für seismologische Forschungen (FUNVISIS) voraus; seine Vorbereitung verlief durch die Botschaften beider Länder unbürokratisch und schnell.

Die Task Force Erdbeben bestand aus vier Wissenschaftlern des GeoForschungsZentrums (GFZ) Potsdam: Dr. M. Baumbach (Leitung vor Ort), Dr. H. Grosser, Dr. W. Welle und Frau M. Sobesiak sowie den Bauingenieuren J. Habenberger, D. Lang und M. Raschke von der Bauhaus - Universität Weimar.

Gesamtverantwortlich für die Einsatzdurchführung war das Deutsche Task Force Komitee Erdbeben unter Vorsitz von Prof. Dr. J. Zschau (GFZ, Aufgabenbereichsleiter Physik des Erdkörpers und Desasterforschung) und Dr.-Ing. J. Schwarz (BU Weimar) für den Ingenieurbereich.

Der vorliegende Bericht gibt einen erste Schadensübersicht und erhebt nicht den Anspruch einer detaillierten Analyse der Schadensursachen. Einige der getroffenen Aussagen und Interpretationen sollten im Zuge der wissenschaftlichen Nachbereitung, zu der die Nachbebenmessungen und Auswertungen der Materialproben beitragen können, präzisiert werden.

---

Kontaktadresse: Bauhaus-Universität Weimar, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau  
Dr.-Ing. J. Schwarz Tel.: +49 3643 584583/ Fax: +49 3643 584590  
email: schwarz @bauing.uni-weimar.de

## **1 Seismologische Aspekte**

Das Epizentrum des Hauptbebens lag nach ersten Schätzungen ca. 7 - 10 km nordöstlich der Stadt Cariaco. Der Ort Cariaco war auch am stärksten Mitleidenschaft gezogen worden. Spektakuläre Schadensfälle traten jedoch auch in entfernteren Orten auf. Die Magnitude des Bebens wird mit  $M_s = 6.9$  angegeben. Der Bebenherd liegt nach ersten Angaben in weniger als 6 km Tiefe. Die Starkbebendauer soll nach [3] 13 bis 18 s betragen haben.

Durch den Schweizer Erdbebendienst wurde folgende Informationen zum Bebenzeitpunkt übermittelt: 09 July 1997 19:24:06.2 UTC. Das Beben fand an der Verwerfung „El Pilar“ statt, die in dieser Region die Südamerikanische von der Karibischen Platte trennt.

Im Schadensgebiet wurden zehn Strong-Motion-Meßgeräte installiert. Die Standortauswahl orientierte sich hauptsächlich an Schadenssituation und Untergrundbedingungen; sie sollte eine großräumige Erfassung der Bodenbewegung gewährleisten. Die Auswertung der Meßdaten steht noch aus.

## **2 Geologische Aspekte**

Die Geologie des Erdbebengebiets kann vereinfacht mit drei Grundmustern beschrieben werden, die verfestigten Sedimente („Fels“) auf Seite der Südamerikanischen Platte, das metamorphe Gestein der Karibischen Platte (die Halbinsel) und Gebiete mit mächtigen Schichten von Sedimenten (Konglomerate), wie die Lagunen (Cariaco) und das Gebiet von Cumana (Fluß- und Meeressedimente), die einen hohen Grundwasserspiegel aufweisen (nach [1], [2], [4]). Soweit dies möglich war, wurden vorgefundene Verwerfungen kartiert, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu können.

## *Bodenverflüssigung*

Bodenverflüssigungen konnten an verschiedenen Stellen beobachtet werden, u.a. in Cariaco (Bild 2) aber auch in anderen herdfirmeren Regionen wie z.B. der Stadt Cumana sowie an der Südküste des Golfes von Cariaco (Bild 1). Bodenproben werden gegenwärtig durch das Baugrundtechnische Labor der Bauhaus-Universität Weimar untersucht.



**Bild 1.** Bodenverflüssigungseffekte bei der Hotelanlage Mariguitar (siehe auch Schadensfall 3).



**Bild 2.** Bodenverflüssigungseffekte in Cariaco

## *Hangrutschungen/ Geländebruch*

Die Böschungen entlang der Straßen und Küste in der Provinz Sucre sind oft sehr steil, u.a. bedingt durch den stark bindigen Boden, der bei Trockenheit eine hohe Festigkeit aufweist. Infolge des Erdbebens lösten sich an vielen Böschungen große Erdmassen (Bilder 3, 4). Ein Zusammenhang mit Verflüssigungserscheinungen in einigen Metern Tiefe erscheint wahrscheinlich. Dies ist auch der Fall bei den Schäden an den Erddämmen der Shrimps-Fabrik in Chiguana (siehe Schadensfall Nr. 16).



**Bild 3.** Hangrutschung südwestlich von San José de Areocuar.



**Bild 4.** Hangrutschung an der Steilküste westlich von Cumana.

### 3. Ingenieuranalyse der Erdbebenschäden - erste Ergebnisse

#### 3.1 Schadensübersicht und makroseismische Erhebungen

Die betroffene Region gehört nach der gültigen Erdbebennorm CONVENIN 1756-82 zur Zone höchster seismischer Aktivität in Venezuela (Bild 5). Für die Zone 4 wird durch die Norm ein Horizontalbeschleunigungswert von 0.3 g vorgegeben. Wie berichtet wurde, stellt das Ereignis für die betroffene das stärkste Beben der letzten 30 Jahre dar. Es ist deshalb nicht auszuschließen, daß bei den in den letzten Jahren errichteten Neubauten die durch die Norm vorgeschriebenen Grundsätze erdbebengerechten Bauens unbeachtet blieben. In ländlichen Gebieten waren einige Ortschaften zu großen Teilen zerstört. Hier dominieren traditionelle „ningenieurmäßige“ Bauweisen, die in der Vergangenheit und unter den Erfahrungen der Bebenfolgen entwickelt wurden (s.[5]).

Eine erste Schadensübersicht wurde von FUNREVI [7] vorgelegt. Darin enthaltene Angaben zur regionalen Schadensverteilung (innerhalb von Verwaltungseinheiten) werden nachfolgend über den prozentualen Anteil an geschädigten (Bild 6 oben), abzureißenden bzw. reparaturbedürftigen Häusern (Bild 6 unten) veranschaulicht.

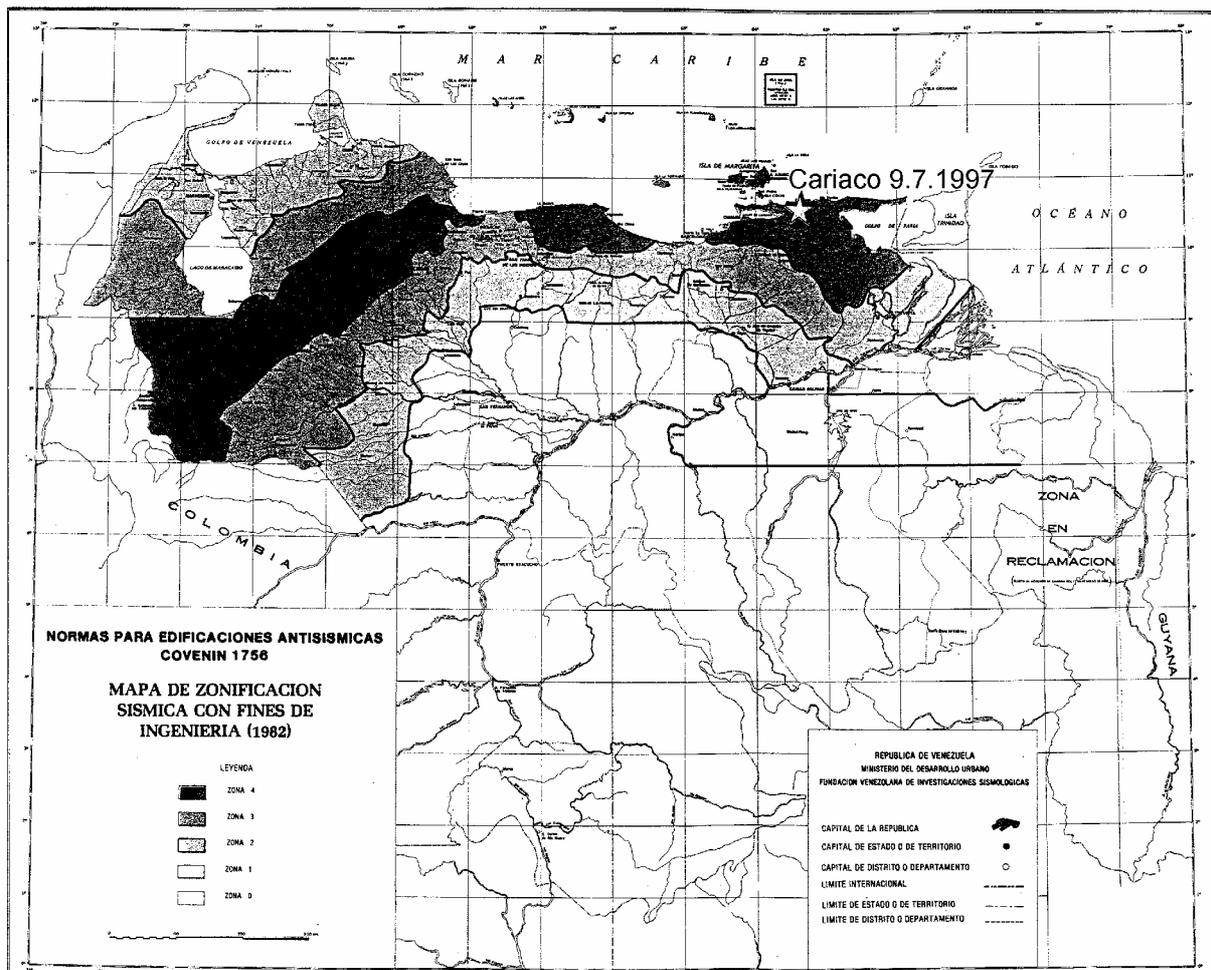
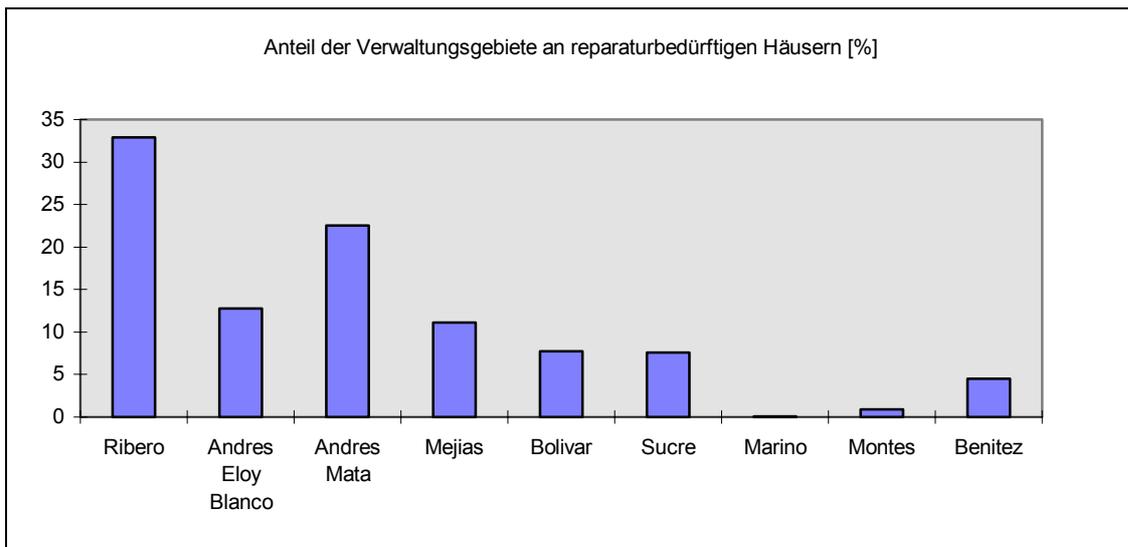
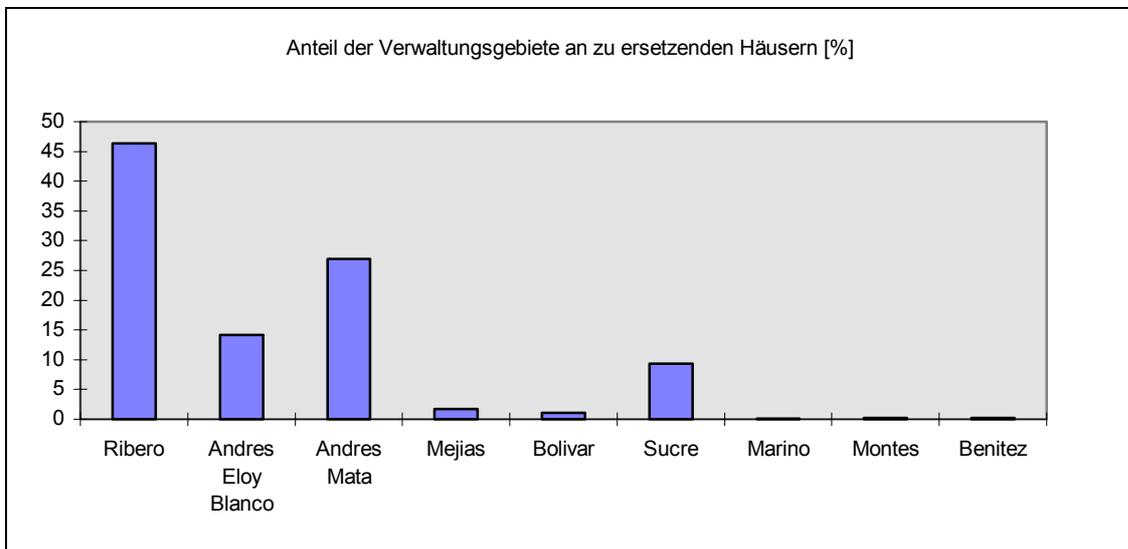
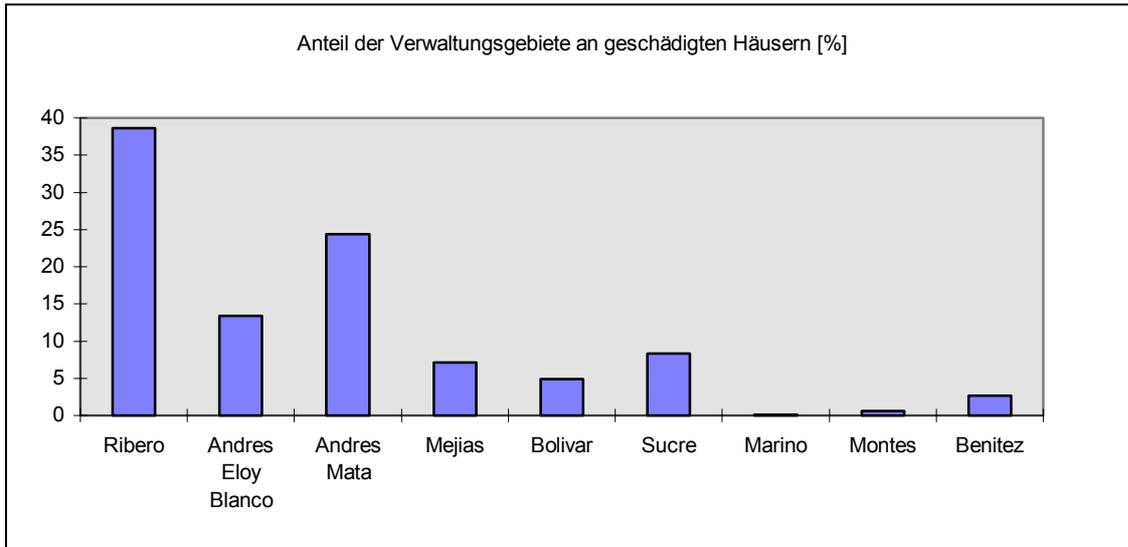
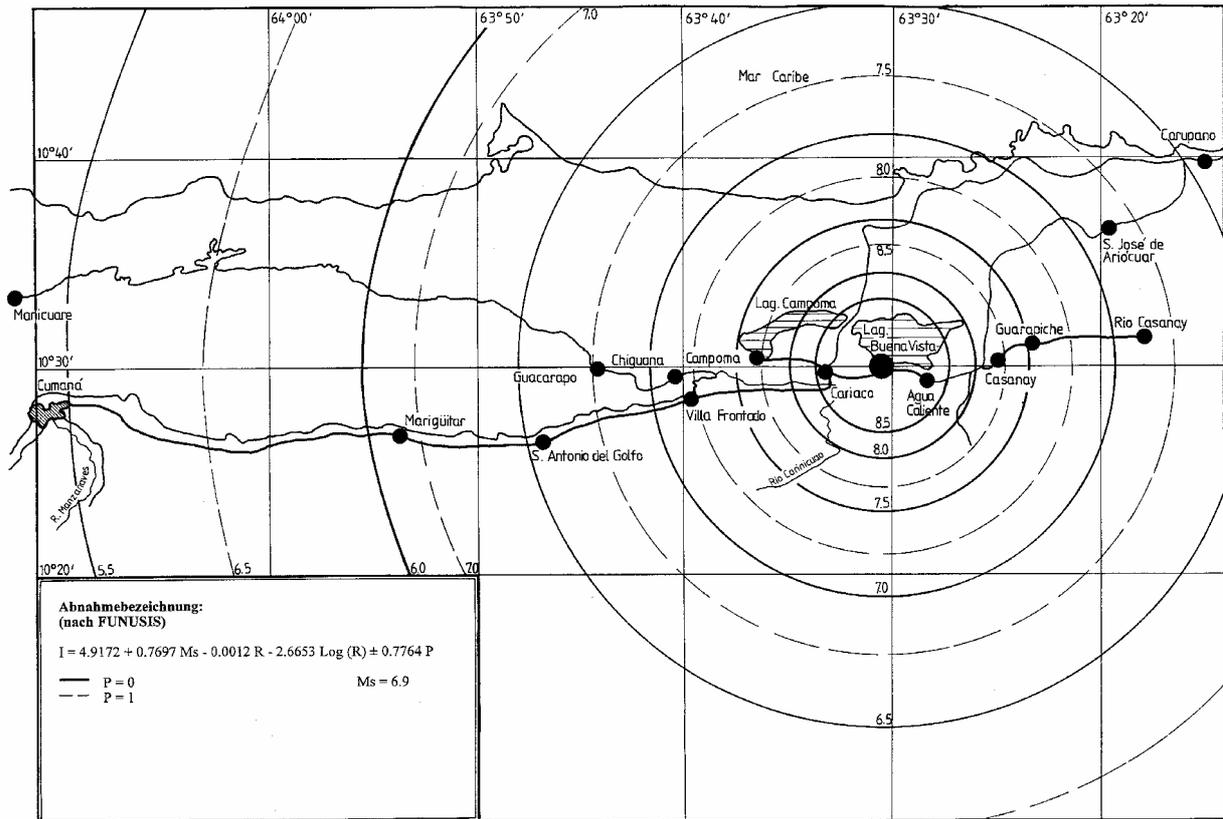


Bild 5. Erdbebenzonenkarte der Venezolanischen Erdbebennorm CONVENIN 1756-82 [6].



**Bild 6.** Schadensausmaß unmittelbar nach dem Ereignis nach [7].



**Bild 7.** Kartenausschnitt der Provinz Sucre und Anzeige radial gleichförmiger Isoseisten nach Auswertung der Intensitätsabnahmebeziehung für die Mittelwerte ohne ( $P=0$ ) und mit Berücksichtigung der Streubreite ( $P=1$ ), nach [8].

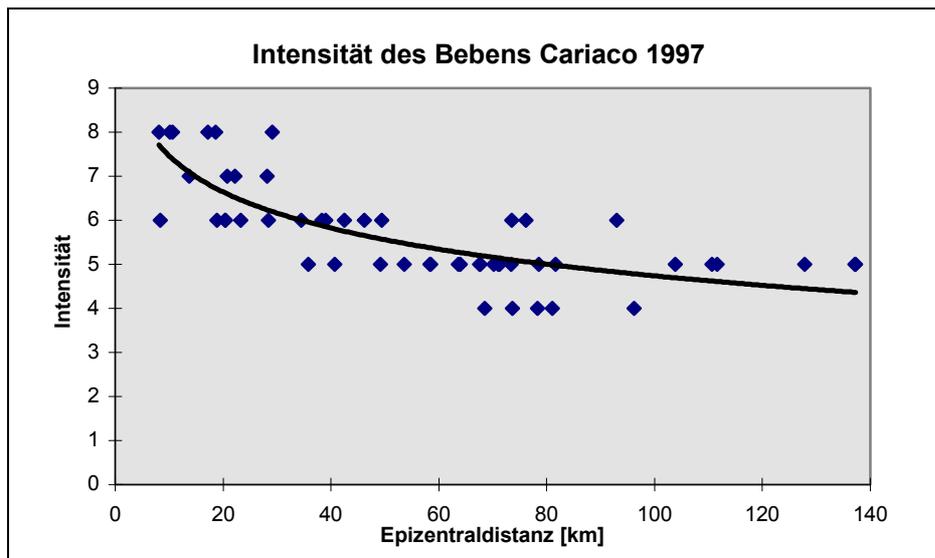
Aus den genannten Verwaltungseinheiten (gemäß Bild 6) wurden folgende Orte berücksichtigt:

- Ribero: Cariaco, Chiguana, Campoma, El Cordon, Caraquito, Campo Alegre
- Andres Eloy Blanco: Casanay, Rio Casanay, Las Varas Santo Domingo
- Andres Mata: Rio Casanay, Rio Colorado, San Jose, San Jose de Areocuar, Tavera Acosta
- Mejias: San Antonio, La Soleda, La Pena, Pericantar
- Bolivar: Marguitar, Campamento, Petare
- Sucre: El Guapo, La Boca del Rio, Cumana, El Penon
- Marino: -
- Montes: Cumanacoa, Agua Santa
- Benitez: -

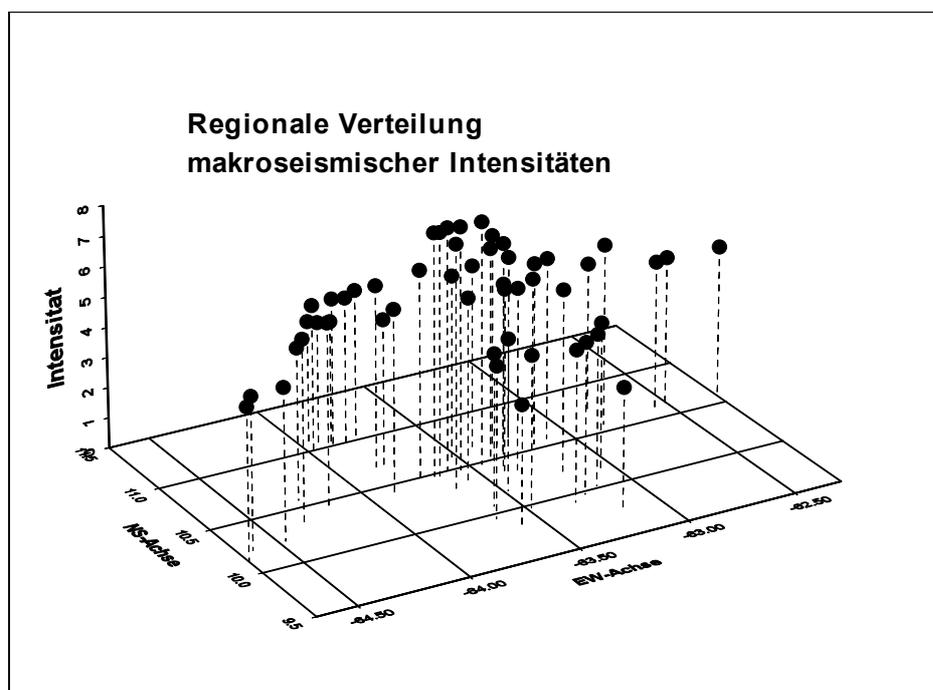
(Innerhalb der Verwaltungseinheiten sind nicht alle Ortschaften vollständig erfaßt.)

Es läßt sich feststellen, daß der Schaden konzentriert im Gebiet Ribero aufgetreten ist. Die erste Intensitätsbewertung auf Grundlage der beobachteten Bauwerksschäden (Schadensgrade) entspricht dem Ergebnis einer Umfrage von FUNVISIS [8]. In der Nähe des Epizentrums (Cariaco) wurde die Intensität mit  $I = VIII$  bewertet. Von Grases [3] werden folgende Intensitätsabschätzungen gegeben (Modified Mercalli):

Cariaco:  $I(MM) = 7 - 9$   
 Cumana:  $I(MM) = 5 - 7$ .

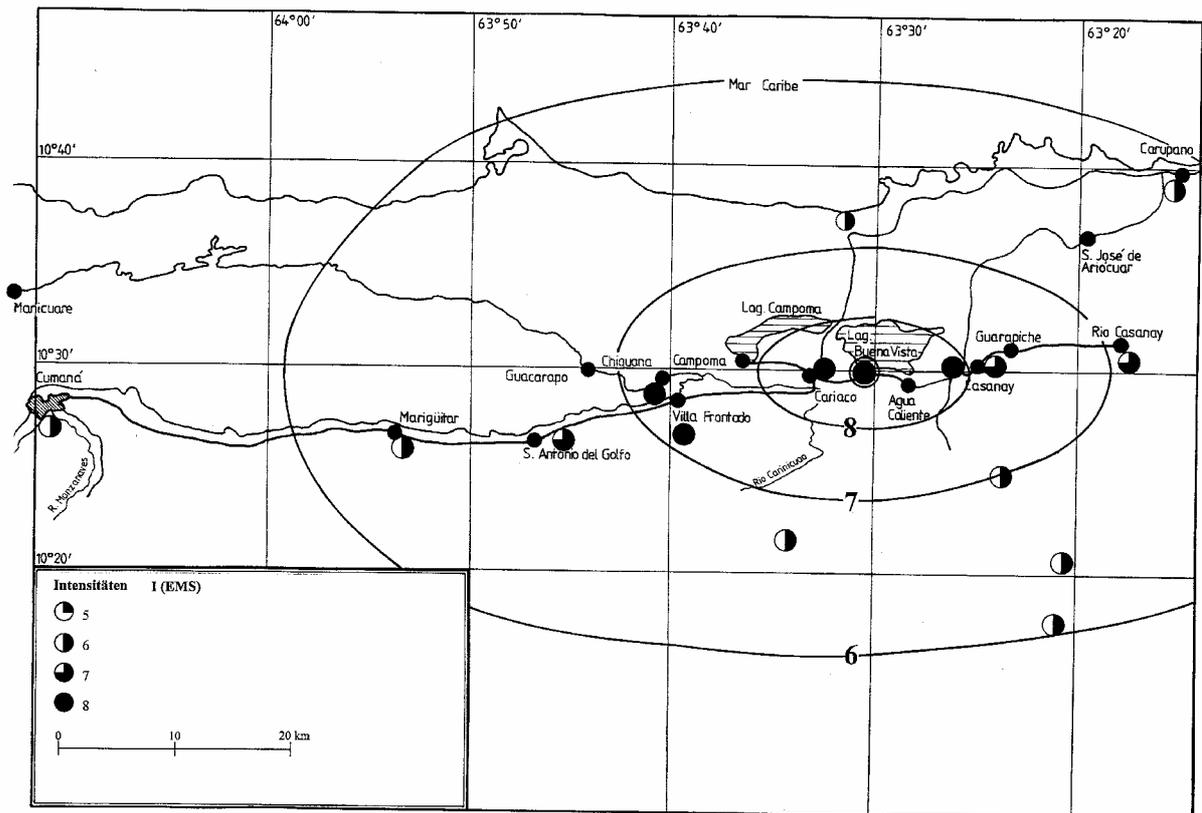


**Bild 8.** Intensitäts-Abnahme-Modell und Beobachtungsfunde (nach [8]).



**Bild 9.** Regionale Verteilung der makroseismischen Schütterwirkungen (Daten nach [7]).

Auf Grundlage der makroseismischen Befunde wurde eine Intensitätsabnahmebeziehung ermittelt. Bild 8 zeigt die beobachteten Intensitäten und Abnahmebeziehung. Eine von venezolanischen Kollegen ermittelte Abnahmebeziehung wird in Bild 7 herangezogen, um die Schütterwirkungen in der Provinz Sucre unter Annahme radial gleichförmiger Ioseisten darzustellen. Die Intensitätsabnahmebeziehung wird für Mittelwerte ( $P=0$ ) und unter Berücksichtigung der Streubreite ( $P=1$ ) in die geografische Situation eingeordnet. Es läßt sich jedoch zeigen, daß die Schütterwirkungen offensichtlich in Richtung der Verwerfung stärker ausgeprägt waren. Bild 9 illustriert diesen Effekt in einem Ausschnitt vorhandener Intensitätsbefunde.



**Bild 10.** Kartenausschnitt der Provinz Sucre und abgeleitete (vorläufige) Verteilung der Schütterwirkungen (makroseismische Karte), nach Angaben in [8].

Über elliptische Ioseisten kann die räumliche Verteilung der Schütterwirkungen offensichtlich besser mit den Beobachtungen in Einklang gebracht werden (vgl. Bild 10). Dies läßt sich auch anhand der durchschnittlichen Abweichungen der beobachteten Intensitäten von der Entfernung (als log Funkt.) nachweisen.

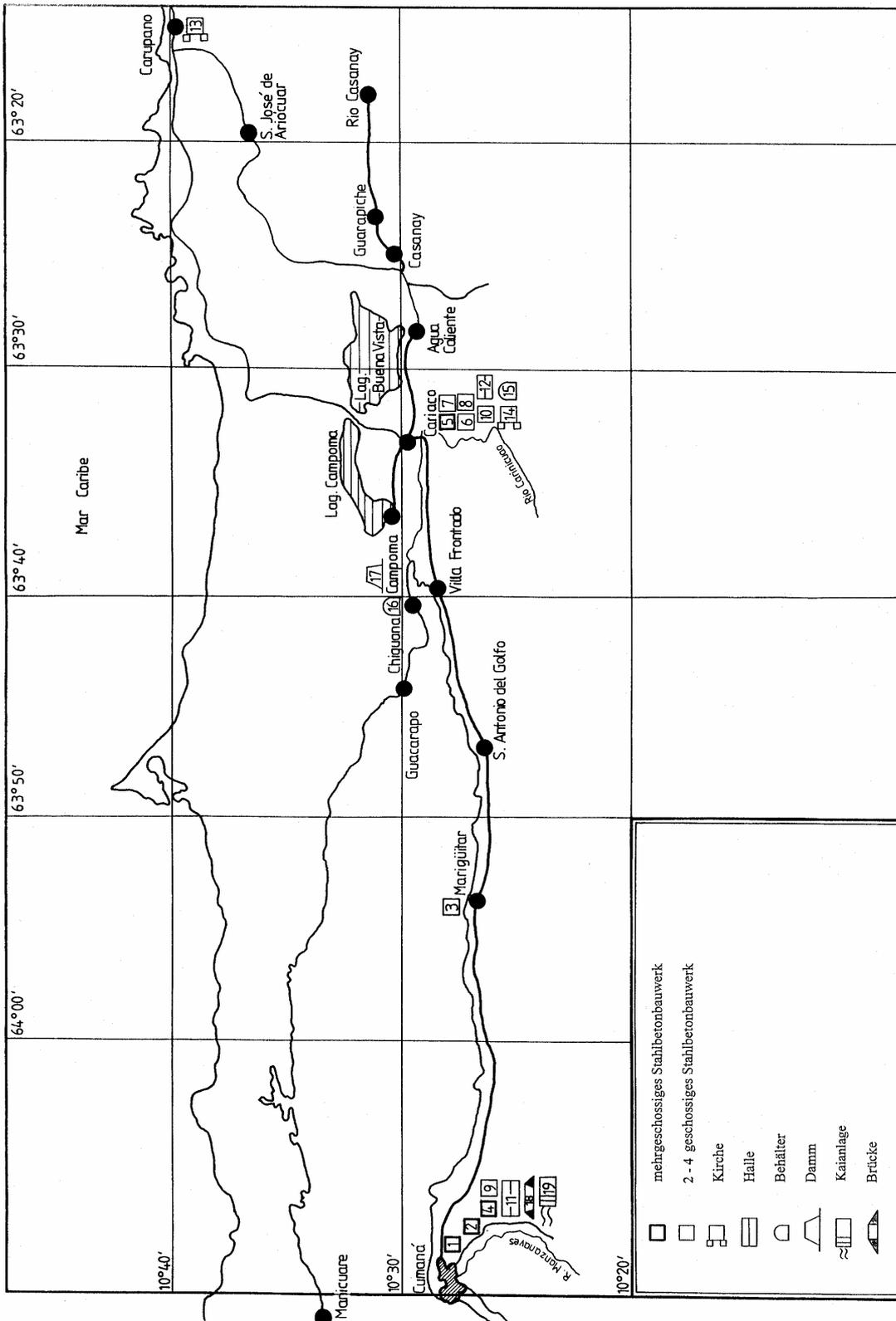
Die Schadensdokumentation wurde mit drei Schwerpunkten durchgeführt:

- (1) Erfassung der spektakulären Schadensfälle mit Schadensgraden 4 und 5, d.h. mit partiellem oder vollständigem Versagen
- (2) Erfassung der typischen Schadensfälle mit Schadensgraden 2 und 3
- (3) Flächendeckende Aufnahme der Schadenssituation in Cumana (einer Stadt mit ca. 200 000 Einwohner) im Vorfeld der Aufbereitung einer detaillierten makroseismischen Karte mit dem Ziel der Erarbeitung einer Planungshilfe.

Ergebnisse zu (1) werden nachfolgend als „Schadensfälle“ kurz vorgestellt. Bild 11 gibt eine Einordnung in die geografische Situation. Der Nummerierung in Bild 11 folgend werden nachfolgend einige Schadensfälle skizziert.

Ergebnisse zu (2) werden als typische Schadensfälle beschrieben und anhand von Beispielen veranschaulicht.

Ergebnisse zu (3) können zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vorgestellt werden.



**Bild 11.** Kartenausschnitt der Provinz Sucre und Kennzeichnung markanter Schadensfälle (Anmerkung: Die Nummerierung der Schadensfälle entspricht der in den nachfolgenden Ausführungen.)

## 3.2 Schäden an Stahlbetonkonstruktionen

Stahlbetonkonstruktionen für Wohn- und Geschäftsbauten in der Provinz Sucre sind in der Regel Stützen-Riegel-Systeme mit Kragarmen (über dem Erdgeschoß), deren Rahmenfelder oft ausgemauert sind (schwache Langlochziegel, nichttragend). Die einachsig gespannten Decken bestehen aus Rippen mit dazwischenliegenden Langlochziegelformsteinen.

### 3.2.1 Mehrschossige Bauten

#### Schadensfall (Nr. 1): Hochhaus Rohbau Avenua Perimetral CUMANA

Hierbei handelt es sich um eine siebengeschossige Rahmenkonstruktion mit Ziegelausfachung; der Grundriß weist Rücksprünge auf, ist jedoch symmetrisch (Bild 12). Schäden im Erdgeschoß (*soft storey*) traten in Form von Betonabplatzungen an den Stützen- und Riegelenden auf (Bilder 14, 15). Eine untergeordnete Stütze versagte infolge unzureichender Bewehrung völlig (Bild 13). Nichttragende Bauteile wie Ausmauerungen wurden stark geschädigt. Letzteres aufgrund des kraftschlüssigen Verbundes mit den Rahmen (keine Fuge).



*Bild 12. Seitenansicht*



*Bild 13. Versagen Trennwand mit Stütze*



*Bild 14. Ansicht Stützen Erdgeschoß*



*Bild 15. Versagen Detail Stütze*

## Schadensfall (Nr. 2): Hochhaus, Avenua Perimetral CUMANA

Unweit von Schadensfall 1 befindet sich eine weitere, stark geschädigte Rahmenkonstruktion mit Ziegelausmauerung. Das mehrgeschossige Bauwerk besitzt nur in den beiden unteren Geschossen einen regelmäßigen Grund- und Aufriß. Die oberen Geschossen tragen jedoch durch Auskragungen und Rücksprünge zu Steifigkeitsunstetigkeiten bei. An der Tragstruktur selbst traten keine signifikanten Schäden auf, nur eine konstruktive, kleine Stütze versagte und das Auflager eines Treppenpodestes auf einem Riegel wies einen waagerechten Riß auf. Die Ausmauerung der Rahmenfelder wurde stark geschädigt, ebenfalls wegen der fehlenden Fuge zwischen Rahmen und Mauerwerk (vor allem im EG). Der Putz wurde entsprechend zerstört. Die Qualitäten von Ziegel und Betons werden als gering eingeschätzt.



**Bild 16.** Seitenansicht



**Bild 17.** Versagen infolge short-column Effekt („kurze“ Stütze)

### **Schadensfall (Nr. 3): Hotelanlage MARIGUITAR**

Bei einer zweigeschossigen Rahmenkonstruktion (Rahmenfelder ausgemauert) traten Schäden infolge Schubversagen auf, die eine Stütze und das angrenzende Mauerwerk betrafen.

In der Umgebung kam es zu Bodenverflüssigungen und starken Erdbewegungen (kein direkter Geländebruch), die eine Rolle bei der Erdbebenbelastung des Gebäudes gespielt haben könnten.



*Bild 18. Seitenansicht gesamt*



*Bild 19. Schubversagen Stütze*



*Bild 20. Schubversagen Seitenansicht Erdgeschoß*

#### Schadensfall (Nr. 4): Haus Mirama in CUMANA

Dieses Wohn- und Geschäftshaus hatte nach Planungsunterlagen sieben Etagen. Nach lokalen Informationen soll das Gebäude jedoch drei oder vier Stockwerke mehr als geplant besessen haben. Der Stahlbetonskelett-Riegel mit Kern (Fahrstuhlschacht) versagte völlig. Mehrere Menschenopfer sind zu beklagen. Der Einsturz wurde teilweise durch die Exzentrizität des Gebäudes und die resultierenden Torsionseffekte verursacht. Es wird vermutet, daß der Baugrund signifikant zur Verstärkung der Bodenbewegung beigetragen hat (Fluß- und Meeressedimente, hoher Grundwasserspiegel). An einigen Bauteilen konnte eine schlechte Verankerung der Bügelbewehrung festgestellt werden, die für die Duktilität (und damit für die Erdbebenwiderstandsfähigkeit) eine große Rolle spielen.



**Bild 21.** Aufräumungsarbeiten (kaum geschädigte Neubauten im Hintergrund)



**Bild 22.** Trümmerberg mit erkennbaren Bewehrungsdetails.

Die Stahlbetonkonstruktionen in der Umgebung des Hauses „Miramar“ zeigten keine bzw. sehr geringe Schäden, es wurde ein maximaler Schadensgrad 1 nach EMS-92 [9] festgestellt (siehe Hintergrund Bild 21). Die Häufung dieses Schadensgrades läßt darauf schließen, daß die Schütterwirkungen am Standort stärker waren als im Gesamtmaßstab für das Stadtgebiet von Cumana ( $I = 6$ ).

### 3.2.2 Wohnblocks

#### **Schadensfall (Nr. 5): Sozialer Wohnungsbau in CARIACO**

Im Norden Cariacos befindet sich ein kleines Quartier des sozialen Wohnungsbaus, das von einem Karrée aus vier Blöcken gebildet wird. Jeweils zwei der Häuser werden dabei nur von einer schmalen Fuge getrennt. Die Tragstruktur besteht aus Stahlbetonrahmen (vier Geschosse, ein Feld mit Kragarmen, Bild 23) und wurde nicht bzw. nur in sehr geringem Maße vom Beben geschädigt (sehr leichte Betonabplatzung). Große Schäden erlitt die Mauerwerksausfachung (schwache Langlochziegel, kraftschlüssig im Rahmen), typische Rißbilder traten auf, Bilder 25, 26. Bedingt durch den geringen Bauwerksabstand kam es zu „pounding“-Effekten, die zum Schaden beigetragen haben (Bild 24). Ein Anbau mit einer anderen Deckenhöhe schädigte infolge der Interaktion einen benachbarten Wohnblock. Die anderen Wohnblocks in der Umgebung des Quartiers und z.T. in anderer Ausführung wurden nicht oder nur sehr schwach geschädigt.



*Bild 23. Seitenansicht*



*Bild 24. Detail Versagen im Öffnungsbereich*



*Bild 25. Diagonalriß in Innenwand.*

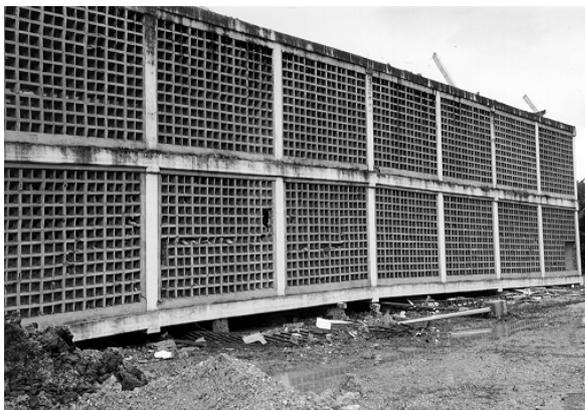


*Bild 26. Rißverlauf in Wandanschluß zur Außenwand mit Fenster.*

### 3.2.3 Zwei-bis dreigeschossige Schulgebäude

#### **Schadensfall (Nr. 6): „Oberschule“ in CARIACO (Typenbauwerk)**

Die „Oberschule“ Cariacos bestand aus einem Gebäudekomplex (drei, teilweise vier Geschosse) mit Innenhof. Der Grundriß war unregelmäßig. Das Tragwerk (Stahlbetonrahmen mit Kragarm und Ausmauerung) versagte teilweise völlig. Unter dem eingestürzten Erdgeschoß verloren über vierzig Menschen ihr Leben. Schadensbegünstigend könnten sich Torsionseffekte ausgewirkt haben. Deutlich zu erkennen ist, daß die Stützen einen zu kleinen Biegeradius (Rotationswinkel) hatten, da die Rahmenfelder zu ca. 2/3 der Höhe ausgemauert waren. Dieses Schadensbild ist auch als *short-column*-Effekt bekannt (Bild 29). Die Verbügelung der Stützen scheint ebenfalls nicht zu genügen. Die Deckenausführung (Stahlbeton und Ziegel) war für die Erdbebeneinwirkungen offensichtlich ungeeignet.



**Bild 27.** Seitenansicht vom eingestürzten Erdgeschoß



**Bild 28.** Ansicht mit kollabierten Mittelbereich



**Bild 29.** Detail Stützenversagen (Ausknicken der Bewehrung)



**Bild 30.** Seitenansicht mit Blick ins innere

## Schadensfall (Nr. 7): „Grundschule“ in CARIACO

Die zweigeschossige Schule war ein ca. 30 Jahre altes Bauwerk aus Stahlbeton. Die Rahmen waren nur in Querrichtung gespannt und besaßen Kragarme (Bild 33). Die Stiele waren im Verhältnis zu den Riegeln schwach dimensioniert, die Verbügelung und die Betonqualität mangelhaft. Eine Aussteifung in Längsrichtung (Bild 31) ist nicht genau zu ermitteln, die Ausmauerungen zwischen den Rahmenfeldern in Längsrichtung dürften bei der Erdbebenerregung mitgewirkt haben. Da sie nur zu etwa 2/3 der lichten Höhe vorhanden waren, hatten die Stahlbetonstützen nur einen kurzen Biegeradius und versagten. Das Gebäude wurde völlig zerstört.



*Bild 31. Seitenansicht*



*Bild 32. Ansicht mit kollabierten Bereich*



*Bild 33. Detail Stützenversagen*

### 3.2.4 Wohnhäuser

#### **Schadensfall (Nr. 8): Dreigeschossiges Wohnhaus in CARIACO**

Das Gebäude in Bild 34 kann als typisches Beispiel für größere Häuser des individuellen Wohnungsbaus betrachtet werden. Die ersten beiden Etagen bestehen aus Stahlbetonrahmen mit Ausmauerungen der Felder. Das dritte Geschoß, welches nachträglich aufgesetzt wurde, ist nur eine leichte Stahlkonstruktion. Diese Bauweise kam in Einzelfällen auch bei eingeschossigen Wohnbauten zur Anwendung. Die Schäden waren in der Regel gering oder nicht erkennbar. Der Schaden beschränkt sich auf kleine Risse in Putz und Mauerwerk.



**Bild 34.** Seitenansicht



**Bild 35.** Detail Diagonalrisse über Bogen/  
Stütze

### 3.2.5 Dreigeschossige Bürogebäude

#### **Schadensfall (Nr. 9): Toyota-Haus in CUMANA**

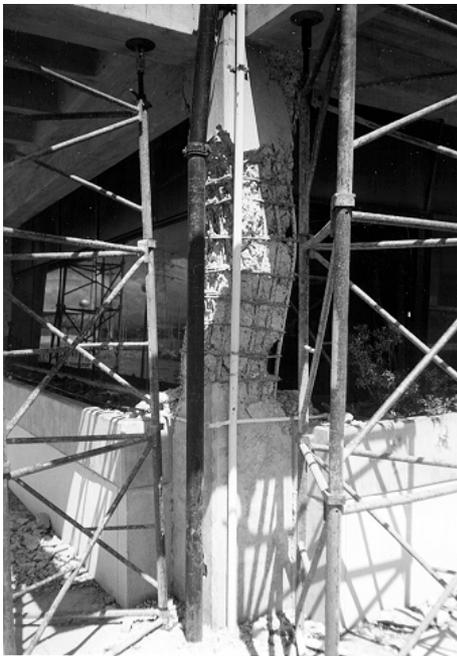
Die Grundtragstruktur des Toyota-Hauses besteht aus einem regelmäßigen, dreigeschossigen Stützen-Riegel-System (Bild 36). Starke Torsionseffekte prägen das Schadensbild. Die Schäden an den Stützen konzentrieren sich an einer Gebäudeecke (Bilder 37, 38). Die dortige Außenstütze verlor ihre Tragfähigkeit völlig. Die Exzentrizität kann im nachhinein nur durch das innere Treppenhaus, welches kraftschlüssig mit dem Rahmensystem verbunden war, sowie die Ausmauerung der Rahmenfelder auf einer Gebäudeseite erklärt werden. Auch sollte das außenliegende (steife) Treppenhaus in die Untersuchungen einbezogen werden. Die Ausmauerung war stark geschädigt. Zu erwähnen ist ebenfalls das Vorhandensein massiver Beton-Blumenkästen zwischen den Außenstützen (auf ca. 1/3 Geschoßhöhe), die zusätzlich eine unnötige und ungünstige Belastung während des Erdbebens auf die Stützen übertrugen. Der Baugrund (ehemalige Lagune) war wenig tragfähig, was einen Bodenaustausch in der Vergangenheit zur Folge hatte.



*Bild 36. Vorderansicht*



*Bild 37. Seitenansicht*



*Bild 38. Detail Eckstütze*



*Bild 39. Detail Mittelstütze*

### **Schadensfall (Nr. 10): Bankgebäude in CARIACO**

Das Bankgebäude wurde völlig zerstört; bei der Inspektion - eine Woche nach dem Beben - waren die Trümmerreste bereits beseitigt. Das Haus ist somit ein Beispiel für Schadensfälle, die bedingt durch den Einsatzbeginn der Task Force nicht näher beschrieben werden können.

### 3.3 Häuser des individuellen Wohnungsbaus aus Mauerwerk

#### 3.3.1 Schäden an eingeschossigen Bauwerken aus eingefaßtem Mauerwerk

In der Region Sucre ist die Bauweise des eingefaßten Mauerwerks sehr verbreitet (Bild 40). Dabei handelt es sich um eine Konstruktion schwacher Stützen aus Stahlbeton, Mauerwerk (meistens Betonhohlblocksteine) und einem Ringanker aus Stahlbeton. Diese Bauweise wurde zum Beispiel bei Projekten des sozialen Wohnungsbaus angewendet, diese Häuser trugen auch auffällig wenig Schäden davon. Bei Häusern des individuellen Bauens waren die Schädigungen stärker (Stützen versagten, die Ringanker waren durchgerissen, Verbund Längs- zu Querswand wurde zerstört). Dies ist auf die schlechte Bauqualität zurückzuführen. So wurden Bauweisen vermischt, Holz- statt Stahlbetonstützen eingebaut. Die Verankerung des Stahls war nicht gewährleistet, der „Beton“ war als solcher nicht zu erkennen und von geringer Qualität. In einigen Fällen wäre eine reine Mauerwerksbauweise unter Verzicht auf Stahlbetonelemente erdbebentauglicher gewesen. Geschädigte Häuser dieser Bauweise finden sich in Cariaco und Umgebung (Campoma), aber auch an der Westküste Cumanas.



**Bild 40.** Seitenansicht Haus mit eingefaßtem Mauerwerk



**Bild 41.** Wohnhaus aus Stahlbetonrahmen mit Betonstein

#### 3.3.2 Schäden an eingeschossigen Bauwerken aus reinem Mauerwerk

Der Mauerwerksbau ist beim individuellen Wohnungsbau in der Provinz Sucre eine weit verbreitete Bauweise. Die eingeschossigen Häuser zeigten vielerorts starke Erdbebenschäden in den für Mauerwerk typischen Schadensbildern (Rißmuster). Hervorzuheben ist die schlechte Qualität des Mauerwerks, insbesondere die der verarbeiteten Betonhohlblocksteine (Bild 41). So trat oft ein Steinversagen vor dem Fugenversagen auf.

Schäden konzentrierten sich ebenfalls in der Umgebung von Cariaco, traten aber auch in Cumana (Westküste) und anderen Orten auf.

### 3.4 Häuser des individuellen Wohnungsbaus aus örtlichen Materialien: Schäden an eingeschossigen Wohnhäusern in „Bajareque“- Bauweise

Die „Bajareque“-Bauweise zeichnet sich durch ein schwaches Tragskelett aus Holzstielen und Holzbalken ohne Querstreben aus. An den beiden Außenseiten (manchmal auch nur an einer Seite) der Wände ist ein Bambusgitter befestigt (mit Stricken aus Pflanzenfasern). Diese sind mit Lehm beschichtet, oft wird auch der ganze Innenraum zwischen den Holzstielen mit Lehm verfüllt. Die Konstruktionstechnik ist alt und wurde aufgrund von Erdbebenschäden an adoben Konstruktionen entwickelt. Wohnhäusern in „Bajareque“- Bauweise waren stark geschädigt, oft deformierte sich das gesamte Haus infolge der fehlenden Aussteifung seitlich (Bild 42). Durch das Versagen dieser Bauweise wurden jedoch keine Menschen getötet.

Die starke Empfindlichkeit der Bauweise ist auf drei Ursachen zurückzuführen:

- die unzureichende Schub-Beanspruchbarkeit
- die schlechte Qualität der Baubsubstanz (viele Holzstiele waren angefault)
- die Mängel in der Bauweise selbst.

Die Schäden konzentrierten sich wieder in der Umgebung von Cariaco, vor allem in ländlichen Siedlungen.



*Bild 42. „Bajareque“ - Bauweise mit typischen Schadensmustern*

### 3.5 Lager- und Hallenbauten

#### Schadensfall (Nr. 11): Lagerhalle CUMANA (El Penón)

Die Halle mit  $16 \times 16 \text{m}^2$  Grundrißfläche ist eine Stahlkonstruktion mit eingefassten Mauerwerkswänden. Die eigentliche Tragstruktur aus Stahl trug keine Schäden davon, die Ausmauerung aus Betonhohlblocksteinen hingegen versagte. Die großen Giebelwände, welche ohne Verankerungen waren, lösten sich und brachen großflächig aus (Bild 43). Die Einfassung des Mauerwerks aus Stahlbetonelementen wurde dabei gänzlich geschädigt.



**Bild 43.** Vorderansicht mit Giebelversagen

### Schadensfall (Nr.12): Markthallen in CARIACO

Auf dem Markt von Cariaco befindet sich ein Komplex aus zwei Hallen mit einem Verbindungsbau und diversen Anbauten (Bild 44). Beide Hallen besitzen ein Tragwerk aus Stahlbetonstützen und Stahlfachwerkbindern; die nichttragenden Außenwände bestehen aus Betonhohlblock- bzw. -formsteinen. Die Halle mit den stärkeren Stützen, einem ausgesteiftem Dach, ohne Attika und ohne Anbauten wurde nicht geschädigt. Die andere Halle dagegen stark. Die Stahlbetonstützen rissen (in Folge einer Interaktion mit den Anbauten), die Giebelwände stellten sich schief, große Teile der Attika stürzten herab (Bild 45).



**Bild 44.** Ansicht der beiden Markthallen



**Bild 45.** Vorderansicht der geschädigten Halle

### 3.6 Sakralbauten

#### Schadensfall (Nr.13): Kirche in CARUPANO

Die Kirche in Carupano ist eine Mauerwerkskonstruktion. Die Risse im Mauerwerk konzentrierten sich auf Verbindungen zwischen den Glockentürmen und dem Hauptschiff (Bild 46), das heißt auf Gebäudeteile mit unterschiedlicher dynamischer Charakteristik. Putzschäden und Mauerwerksschäden an anderen Stellen wurden ebenfalls registriert.



*Bild 46. Vorderansicht Kirche Carupano*



*Bild 47. Kirche in Cariaco*

#### **Schadensfall (Nr. 14): Kirche in CARIACO**

Die Schäden, die von außen kaum zu sehen waren, sind beträchtlich. Breite Rissen (möglicherweise setzungsbedingt) zeigten sich in den Wänden (Bild 47).

### 3.7 Speicherbauten (Wasserturm, Behälter)

#### Schadensfall (Nr. 15): Wasserturm in LOS SILOS DE CARIACO (Cariaco)

An der Einbindung des Bauwerks in das Erdreich konnten Schädigungen (Spalt Bauwerksaußenkante - Erdreich) festgestellt werden (Bild 48). Der Beton an der Druckzone wurde leicht geschädigt. (Das Bauwerk kann in Anlehnung an Eurocode als *inverted-pendulum structure* klassifiziert werden.)



**Bild 48.** *Rißbildung an Basis*



**Bild 49.** *Gesamtansicht*

## Schadensfall (Nr. 16): Wassertanks der Shrimps-Fabrik CHIGUANA

Für die Wasserversorgung der Fabrik befinden sich drei Tanks auf einem einige Meter hohen Hügel. Sie haben bei einem Basisdurchmesser von ca. 7.3 m ein Fassungsvermögen von 600m<sup>3</sup>. Die Wände bestehen aus gewelltem Weißblech, das miteinander verschraubt ist. Gegründet ist jeder Behälter auf einer Stahlbetonplatte. Die gefüllten Tanks versagten bei dem Erdbeben völlig, die Bleche rissen auseinander (Festigkeitsversagen).



*Bild 50. Tank im Hintergrund (leer) ohne größeren Schaden, im Vordergrund Versagen eines gefüllten Tanks*



*Bild 51. Tankkollaps*



*Bild 52. Tank mit Beulerscheinung*

### 3.8 Erdbauwerke/Dämme

#### Schadensfall (Nr.17): Dämme der Shrimps-Fabrik CHIGUANA

Auf dem Gelände der Shrimps-Fabrik befinden sich Wasserbecken, deren Wände aus Erddämmen bestehen, die gleichzeitig die Abdichtung bilden. Der Damm entlang des Abflußkanals und die von ihm gebildeten Behälter wiesen starke Schäden auf. Ein breiter Erdriß läuft parallel zum Damm, bis er diesen schneidet und zerstört (Bild 53). Wahrscheinlich trug eine Bodenverflüssigung an der Dammwurzel zu der starken Schädigung bei.



*Bild 53. Dämme*

### 3.9 Lifelines (Straßen, Brücken)

#### Schadensfall (Nr.18): Brücke in CUMANA

Die Stahlbetonbrücke in der Nähe der Flußmündung bei Cumana besteht aus drei Feldern von jeweils ca.26m Spannweite, das Tragsystem aus Einfeld - Plattenbalken (Bild 54). Die Schäden sind auf eine schlechte Ausbildung der Auflager zurückzuführen. Bewegungen (Verschiebungen) zwischen den Plattenbalken führten zu Schäden auf der Brückenoberseite. Im Auflagerbereich wurden die Brückenpfeiler ebenfalls geschädigt (Bild 55).



*Bild 54. Brücke in Cumana: Ansicht*



*Bild 55. Auflagerverschiebung*

## Schadensfall (19): Kaianlage in CUMANA

An der Mündung des Rio Manzanares befinden sich alte Kaianlagen, deren Spundwände entlang des Ufers so stark verrostet waren, daß sie völlig versagten. Es kam zu Abrutschungen und Verschiebungen, die an den Rissen der Fahrbahndecke zu erkennen sind. An der Flußmündung stürzten Mauern ein, ein Stahlfachwerkmast fiel um, da die Schweißnähte zur Fundamentverankerung rissen (Bild 56). Wahrscheinlich waren auch hier Bodenverflüssigungen der Grund für ein derartiges Schadensbild.



*Bild 56. Rißbildung*



*Bild 57. Detail lokaler Einsturz Fahrbahndecke*

## Schäden an Straßen



*Bild 58. Typischer Grundbruch*

Straßenschäden (wie in Bild 58 abgebildet) wurden vielerorts beobachtet. Auch wurden Straßenschäden sichtbar, die möglicherweise die Hauptverwerfung kennzeichnen.

## **Schäden an Leitungen**

In der Umgebung Cariacos sind einige Hauptwasserleitungen und Abwasserkanäle durch das Beben zerrissen worden.

### **3.10 Zusammenfassung der schadensbegünstigenden Faktoren**

Generell kann von drei schadensbegünstigenden Faktoren gesprochen werden.

1. Qualität von Material und Bauausführung
2. Prinzipielle Entwurfs- und Konstruktionsfehler (Ausmauerung von Stahlbetonrahmen nicht in voller Höhe, kraftschlüssige Verbindungen nichttragender Ausmauerung mit Stahlbetonrahmen, Fehlen von wirksamen Aussteifungselementen in den Hohlrahmen der „Bajareque“-Bauten)
3. Standorteffekte (Baugrund, hoher Grundwasserstand) und Baugrundversagen (Verflüssigung)

## **4 Ausstehende Auswertungen**

Der hier vorgelegte Sofortbericht soll einen Eindruck über die Schadenssituation im betroffenen Gebiet vermitteln und markante bzw. typische Schäden beschreiben. Eine Präzisierung der getroffenen Aussagen wird die Auswertung der Nachbeben ermöglichen. Weiterer Aufschluß über schadensbegünstigende Faktoren wird aus der Analyse der Bodenproben, Betonprobekörper und Bewehrungsprüfungen erwartet.

Ziel der Nachbereitung sind dann u.a.:

- die Auswertung der makroseismischen Schadensaufnahme für die Region
- die Auswertung der mikroseismischen Schadensaufnahme (mittels Umfrage) in Cumana
- die Ableitung von Empfehlungen für die Sanierung der Gebäude.
- die Nachrechnung geschädigter Gebäude.

## **Danksagung**

Die Autoren sind den Behörden und wissenschaftlichen Einrichtungen, die die Auswertungen in hervorragender Weise unterstützt haben, zu Dank verpflichtet. Dank gilt den Mitarbeitern von FUNVISIS, FUNREVI und der Universidad Udo (Cumana). Der persönliche Einsatz und die effiziente Hilfe von Herrn Dr. Michael Schmitz trug zur Lösung der organisatorischen Fragen und damit maßgeblich zur Durchführung aller Untersuchungen bei. Der Einsatz wurde möglich durch die Koordination des Deutschen Task Force Komitees Erdbeben sowie die finanzielle Unterstützung der Hannover Rueck, des GeoForschungsZentrums Potsdam und der Bauhaus-Universität Weimar (Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden).

## Literatur

- [1] Jorge C.; Mora M.: Estudio Litostratigrafico y Estructural de una Zona situada al Norte de la Carretera Santa-Marta-Rio Casanay estado Sucre Venezuela. Uni. Central de Venezuela, Escuela de Geologiaqminas.
- [2] Beltran, C.; Rodruigez, J.A.: Ambientes de sedimentacion Fluvio-Deltaica y su Influencia en la Magnificasion de danos por sismos en la Cuidad de Cumana, Venezuela. FUNVISIS. Proceed. II. Coloquio International de „Microzonificaton Sismica“, Corporiente, Cumana, Junio 1995.
- [3] Deadly 6.9 Earthquake Strikes Coast of Venezuela, July 9, 1997. *EERI Newsletter*, August 1997, Volume 31, Number 8.
- [4] Rodruigez, J.A.: mündlicher Bericht, FUNVISIS, Venezuela.
- [5] Paige, S.: The Earthquake at Cumana, Venezuela, January 17, 1929. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.20, March 1930.
- [6] Autorenkollektiv: Norma Venezolana, „Edificaciones Antisismica“, COVENIN 1756-82
- [7] FUNREVI: Viviendas Afectadas por el Terremoto del 09 de Julio de 1997 (Schadensbericht)
- [8] Ingenieure von FUNVISIS. Mündliche und schriftliche Mitteilungen über erste Ergebnisse von Befragungen zur Intensitätsabschätzung.
- [9] Grünthal,G.(ed.); Musson, R.; Schwarz, J.; Stucchi, M.: European Macroseismic Scale 1992 (up-dated scale). Cahiers du Centre Européen de Geodynamique et de Seismologie, Volume 7, Luxembourg 1993.