



**Naturrisikoanalyse unter Anwendung von  
GIS in der kolumbianischen  
Raumordnungsplanung POT  
am Beispiel der Gemeinde Jerico  
(Antioquia)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

**Monica Zuleta-Salas**  
aus Medellin (Kolumbien)

Düsseldorf, Dezember 2007

aus dem Institut für  
der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Univ. Dr. rer. nat Ekkehard Jordan  
Koreferent: PD Dr. Dr. Ing. Wilfried Linder

Tag der mündlichen Prüfung: 8 Januar 2008

## Danksagung

Mit dem Einreichen dieser Arbeit schließt sich für mich ein Kreis, der während des Aufenthaltes in Deutschland 1998 in Bielefeld begann und 2007 in Kolumbien an der Fakultät für Geisteswissenschaften der Universität Antioquia zum Abschluss kommt.

Meinen Doktorvater Prof. Dr. Ekkehard Jordan lernte ich in 1999 in Düsseldorf kennen. Er unterstützte mich uneingeschränkt von Anfang an und so entstand die Idee, bei ihm eine Doktorarbeit zu schreiben. Herrn Prof. Dr. Jordan gilt mein ganz besonderer Dank für die Anregungen zu dieser Arbeit, die langjährige Unterstützung in Kolumbien und am Geographischen Institut der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Er hat mir als Diplom Geologin die Welt der Geographie, der digitalen Photogrammetrie und der Geographischen Informationssysteme nahe gebracht. Ebenfalls zu großem Dank verpflichtet bin ich Herrn PD Dr. Dr.-Ing. Wilfried Linder vom Geographischen Institut der Universität Düsseldorf für seine Unterstützung meines Dissertationsprojektes.

Sehr dankbar bin ich zudem meinen Kollegen des Geographischen Instituts der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und vor allem den unzähligen Helferinnen und Helfern vor Ort im Arbeitsgebiet, der Gemeinde Jericó, die das Gelingen der vorliegenden Arbeit mit ihrer Hilfsbereitschaft und Herzlichkeit erst ermöglicht haben.

Ohne die Unterstützung meiner deutschen und kolumbianischen Freunde wäre diese Arbeit nicht in dieser nun vorliegenden Form möglich gewesen, herzlich bedanke ich mich daher stellvertretend für viele andere bei Dr. Volker Heck, Dr. C. Hermann Middelanis, Angela Rennwanz, Sophie von Werder, Martin Slawek, Birgit Scheppers, Dr. Michael Braitmeier, Dr. Beatriz Aguirre, Theresa Jordan, Helene Heppner, Anette Kuhn und Dr. Edison Neira,

Einen weiteren aufrichtigen Dank möchte ich für die Unterstützung durch die Fakultät für Geisteswissenschaften der Universidad de Antioquia (*Facultad de*

*Ciencias Humanas y Sociales- UdeA* ) in Kolumbien, dem DAAD für die Gewährung eines dreimonatigen Stipendiums und der Entrepreneur Foundation der HHUD für die Gewährung eines Jahresstipendiums aussprechen, da ohne deren finanzielle Zuwendungen die Arbeit in der vorliegenden Form sicherlich nicht zu erstellen gewesen wäre.

## VERZEICHNISSE

### Inhaltsverzeichnis

Verzeichnisse	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Photoverzeichnis	10
Tabelleverzeichnis	11
Glossar und Abkürzungsverzeichnis	17
<b>1. Einführung</b>	
1.1 Aufgaben- und Problemstellung sowie Begriffserläuterungen	24
1.2 Zielsetzung der Arbeit	32
1.3 Gliederung und Aufbau der Arbeit	35
<b>TEIL I: THEORETISCHE GRUNDLAGE</b>	
2 Hintergrund	36
2.1 Naturkatastrophe als soziales Konzept	38
2.1.1 Zur Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ bei seiner Konzeptualisierung und Kontextualisierung	39
2.1.2 Zur Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ und den daraus erwachsenden Schwierigkeiten bei der Quantifizierung und Klassifizierung von Naturphänomenen	44
2.1.3 Zu den aus der Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ erwachsenden Schwierigkeiten bei der Dokumentation von Desastern	47
2.2 Programme zur Vorbeugung und Handhabung von Naturkatastrophen in Lateinamerika	50
2.3 Naturkatastrophenmanagement in Kolumbien	57
2.3.1 Grundlagen	57
2.3.2 Hindernisse bei der Durchführung von Vorbeugungsmaßnahmen in Kolumbien	62
2.4 Raumordnungspläne in Kolumbien ( <i>Planes de Ordenamiento Territorial</i> )	64
2.4.1 Die Entwicklung der „POTs“ in Kolumbien	67
2.4.2 Zur Problematik der Konzipierung von „POTs“ in Kolumbien	70
2.4.2 Erarbeitung von Vorbeugungsprogrammen im Rahmen der kolumbianischen „POTs“	72

2.5	Zu den Begriffen „Naturrisiko“ und „Naturrisikomanagement“	76
2.5.1	Zum Begriff „Naturgefahr“	77
2.5.1.1	Anthropogene Naturgefahren	79
2.5.1.2	Klassifizierung von Naturgefahren	82
2.5.1.3	Naturgefahrenanalyse	88
2.5.2	Zum Begriff „Vulnerabilität“	91
2.5.2.1	Einschätzung der Vulnerabilität	94
2.5.2.2	Klassifizierung der Vulnerabilität	95
2.5.3	Der Begriff „Naturrisikomanagement“	96
2.5.3.1	Die Risikoanalyse	97
2.5.3.2	Die Risikobewertung	98
2.6	GIS und digitale Photogrammetrie – Werkzeuge zur Erstellung von Naturrisikoanalysen im Rahmen von Raumordnungsplänen („POTs“)	99
2.6.1	Konzepte und Anwendungen von Geo-Informationssystemen	99
2.6.2	Einsatz der digitalen Photogrammetrie in einem GIS	101
2.6.3	Allgemeine, schrittweise Anleitung zur photogrammetrischen Auswertung digitaler Aufnahmen	102
2.6.4	Die Produkte der digitalen photogrammetrischen Auswertung	108
2.6.5	Ansätze zur Anwendung von GIS und digitaler Photogrammetrie in den ländlichen Gebieten Kolumbiens	109
2.6.6	Anwendung eines GIS und der digitalen Photogrammetrie für Zwecke der Erstellung von Naturrisikoanalysen im Rahmen von „POTs“ in Kolumbien	112
2.6.7	Zu den verwendeten Materialien	114
<b>3</b>	<b>Theoretisch-methodische Grundlagen für eine Naturrisikoanalyse mit erstmaliger Anwendung der digitalen Photogrammetrie im Rahmen einer GIS-gestützten POT- Erstellung in Kolumbien</b>	117
3.1	Naturrisikoanalyse-Verfahren in POTs	117
3.1.1	Naturgefahren	118
3.1.2	Vulnerabilität	119
3.2	Arbeitsschritte bei der Formulierung einer Naturrisikoanalysemethode	120
3.2.1	Beschreibung und Begrenzung eines Risikosystems	120
3.2.2	Naturgefahrenanalyse: Gefahrenidentifikation und -abschätzung	123
3.2.3	Errechnung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Naturgefahr unter Verwendung eines geomorphologischen Modells	129
3.2.4	Die beeinflussenden Parameter und ihre Bewertungen (Q)	129
3.2.4.1	Gesteinstypen und Verwitterungszustand	131
3.2.4.2	Geologische Strukturen	133
3.2.4.3	Die Hangneigung	133

3.2.4.4	Auf Massenbewegungen einwirkende geomorphologische Prozesse und Erosionsprozesse	134
3.2.4.5	Häufigkeit und Verdichtung der dokumentierten Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet (historische Daten)	137
3.2.4.6	Festigkeit und Mächtigkeit der Böden im Untersuchungsgebiet	138
3.2.4.7	Landnutzung	139
3.2.5	Schätzung des Naturgefahrengrades	139
3.2.6	Abschätzung der Vulnerabilität	141
3.2.7	Erfassung der exponierten Elemente	143
3.2.7.1	Erfassung sozialer Aspekte	144
3.2.7.2	Soziale Parameter, die die Vulnerabilitätsanalyse beeinflussen, und ihre Bewertung	145
3.2.7.3	Physische Parameter, die die Vulnerabilitätsanalyse beeinflussen, und ihre Bewertung	149
3.2.8	Schätzung des Vulnerabilitätsgrades	150
3.3	Abschätzung des Naturrisikos in Raumeinheiten nach Umfang der zu erwartenden Einbußen	151

## **TEIL II: ERSTELLUNG EINER EMPIRISCHEN RISIKOANALYSE FÜR DIE GEMEINDE JERICÓ**

<b>4</b>	<b>Darstellung des Untersuchungsgebiets</b>	<b>153</b>
4.1	Generelle Beschreibung	153
4.1.1	Lage der Gemeinde	153
4.1.2	Geologie	154
4.1.3	Morphologie	163
4.1.4	Identifizierte Naturgefahren in der Region	181
4.1.5	Regionale und lokale Klimabedingungen	196
4.1.5.1	Regionale Klimabedingungen	196
4.1.5.2	Klimabedingungen im Untersuchungsgebiet	202
4.1.5.3	Analyse der Klimadaten der Klimastationen aus der Region	207
4.1.5.3.1	Klimastation El Dique	207
4.1.5.3.2	Klimastation El Porvenir	216
4.1.5.3.3	Klimastationen in den Nachbargebieten	219
4.1.5.3.3.1	Klimastation Pueblorrico	219
4.1.5.3.3.2	Klimastation Virgen de Oro	229
4.1.5.3.3.3	Klimastation La Cristalina	232
4.1.5.3.3.4	Klimastation Miguel Valencia	237
4.1.5.4	Klimaklassifizierung	250

4.1.6	Gewässernetz	255
4.1.7	Böden	267
	- <u>Boden der Asociación Fredonia</u>	270
	- Boden der Asociación Jericó	271
	- Bodenaufnahme	273
	- Ergebnisse der Bodenprofiluntersuchungen	275
	- Ergebnisse der Bodenanalyse	284
	- Bodenklassifizierung im Untersuchungsgebiet	288
4.1.8	Landnutzung	293
4.2	Naturgefahrenanalyse	303
4.3	Vulnerabilitätsanalyse	314
4.3.1	Soziale Aspekte der Gemeinde	316
4.3.1.1	Bevölkerungsstruktur von Jericó	317
4.3.1.2	Bildungsstand der Bevölkerung von Jericó	324
4.3.1.3	Arbeitslosenquote	325
4.3.1.4	Ein Blick auf den Organisationsgrad der Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe	327
4.3.2	Öffentliche Infrastruktur und Verkehrswege	327
4.4	Auswertung der für die <i>cabecera</i> erstellten Risikoanalyse	334
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	340
	- Theoretische Überlegungen zur Anpassung der in der Arbeit benutzten Methoden zur Naturrisikoanalyse	341
	- Übertragbarkeit der Arbeit	344
	- Vorschlag für lokale Katastrophenmanagement-Programme in Kolumbien	346
<b>6</b>	<b>Zusammenfassungen</b>	348
6.1	Zusammenfassung	348
6.2	Summary	349
6.3	Resumen	351
<b>7</b>	<b>Anhänge</b>	353
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	354
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		
Abb. 1.1:	Zunahme der Marginalisierung und Auswirkungen einer Katastrophe	27
Abb. 1.2:	Lage von Kolumbien und der Gemeinde Jericó sowie der Hauptstadt des	33

*departamento* Medellín

Abb. 2.1:	Analyse und Anzahl der kleinen Naturkatastrophen oder Naturschadenereignisse zwischen 1970-1999 in den 4 bezeichneten lateinamerikanischen Ländern	49
Abb. 2.2:	Graphische Darstellung aller registrierten Naturkatastrophen in Kolumbien seit 1906. Nach OFDA/CRED	50
Abb. 2.3:	Präventives Katastrophenmanagement	51
Abb. 2.4:	Darstellung des Kausalzusammenhangs zwischen Naturereignis und Naturgefahr	79
Abb. 2.5:	Alle Notsituationen im Jahr 2002	88
Abb. 2.6:	Auflagen von Versicherungsgesellschaften zur Bewertung der Risiken von Katastrophen	97
Abb. 2.7:	Schematische Darstellung einer Schichtenstruktur aus dem Untersuchungsgebiet	100
Abb. 2.8:	Verfahrensweise 1: Arbeitsablauf bei digitaler photogrammetrischer Auswertung von Luftaufnahmen unter Anwendung der Programme FOTO LISA 4.2, IMATIE 2.0 und BLUH 30	104
Abb. 2.9:	Verfahrensweise 1: Verfahrensablauf bei der Erstellung von DGM und Orthophotos unter Anwendung der Programme FOTO LISA 4.2, IMATIE 2.0 und BLUH 30	105
Abb. 2.10:	Verfahrensweise 2: Arbeitsablauf bei digitaler photogrammetrischer Auswertung von Luftaufnahmen unter Anwendung der Programme ERDAS IMAGINE 8.7 (LPS), IMATIE und BLUH	106
Abb. 2.11:	Verfahrensweise 2: Verfahrensablauf bei der Erstellung von DGM und Orthophotos unter Anwendung der Programme ERDAS IMAGINE 8.7 (LPS), IMATIE und BLUH	107
Abb. 3.1:	Schema eines Naturrisikoanalyseverfahrens	117
Abb. 3.2:	Abfolge der Arbeitsschritte bei einer Naturrisikoanalyse	120
Abb. 3.3:	Zu beachtende Faktorengruppen eines Risikosystems	121
Abb. 3.4:	Exponierte Elemente, die es bei der Bewertung der physischen Vulnerabilität im Rahmen eines POTs zu beachten gilt	143
Abb. 4.1:	Eine Übersichtskarte von Kolumbien und vom <i>departamento</i> Antioquia	155
Abb. 4.2:	Regionale Geologie im Südosten des <i>departamento</i> Antioquia	158
Abb. 4.3:	Darstellung der Quartärgeologie in der Gemeinde Jericó	159
Abb. 4.4:	Darstellung der Naturgefahrenbewertung in Bezug auf Hangrutschungen und Gesteinsfestigkeit	160
Abb. 4.5a:	Darstellung der Naturgefahrenbewertung in Bezug auf Hangrutschungen und entsprechend der Gesteinsfestigkeit, die im zentralen Bereich der Gemeinde Jericó vorgefunden wird	161
Abb. 4.5b:	Tektonikkarte der Region	162
Abb. 4.6:	3-D Darstellung des nördlichen Teils der Gemeinde Jericó (Orthophoto und DGM aus Luftbilderstreife von 1960)	164
Abb. 4.7:	Digitales Gelände Modell (DGM) des Untersuchungsgebiets	165

Abb. 4.8:	3-D Darstellung des zentralen Gebiets von Jericó	168
Abb. 4.9a:	Darstellung der Hangneigungsklassen im westlichen und im zentralen Teil des Untersuchungsgebiets samt der jeweils zugehörigen Q-Werte	170
Abb. 4.9b:	Hangneigungskarte.	171
Abb. 4.9c:	Darstellung der Geologie und Hangneigungskarte im nordöstlichen Teil der Gemeinde, differenziert nach Q-Werten	172
Abb. 4.9d:	Darstellung der Expositionskarte des zentralen Gebiets und der Hangneigungsgradzuordnung	175
Abb. 4.10a:	Kartierung der geomorphologischen Prozesse im Untersuchungszeitraum 2004 bis 2006	176
Abb. 4.10b:	Darstellung der Q- Werte von Hangneigungen und Naturgefahren im Untersuchungsgebiet	180
Abb. 4.11:	Darstellung der Massenbewegungen von 1947 bis 2006	183
Abb. 4.12a:	Identifizierte und kartierte Standorte von Rutschungen und Überschwemmungen in der Region	187
Abb. 4.12b:	Darstellung der Klassifizierung von Naturgefahren hinsichtlich der Rutschungen nach Tab. 4.1	188
Abb. 4.12c:	Die Abbildung veranschaulicht die im Sektor El Bosque registrierten Massenbewegungen	189
Abb. 4.13a:	Darstellung der geomorphologischen Prozessen und ihre Einschätzung nach der Q-Skala	193
Abb. 4.13b:	Darstellung des Ballungsgebiets, in dem Hangrutschungen dokumentiert und entsprechend der Q-Skala klassifiziert worden sind	194
Abb. 4.13c:	Darstellung der Häufigkeit aller Rutschungen, die in den vergangenen 60 Jahren im Untersuchungsgebiet dokumentiert worden sind	195
Abb. 4.14:	Das Abhängigkeitsverhältnis zwischen den mittleren Jahresniederschlagsmengen und der Höhe im Querprofil der kolumbianischen Anden in Gebieten um den 5° N herum.	197
Abb. 4.15:	Darstellung der Niederschlags- und Feuchtigkeitsverhältnisse auf beiden Seiten der Kordillerenketten	199
Abb. 4.16:	Darstellung der Interaktion von westlichen, nördlichen und östlichen Winden, die vom Pazifik, karibischen Meer bzw. dem Amazonastiefland in die kolumbianischen Anden herangetragen werden	199
Abb. 4.17:	Darstellung der regionalen Anomalie während der warmen Phase des <i>Niño</i> -Phänomens	201
Abb. 4.18a:	Darstellung der ITCZ während beider Phasen des ENSO	201
Abb. 4.18b:	Darstellung der ITCZ in Jahresverlauf	203
Abb. 4.19:	Lage der Klimastationen auf dem Digitalen Gelände Modell (DGM)	204
Abb. 4.20:	Relation der durchschnittlichen Jahresniederschlagswerte und der Standorthöhe an den Klimastationen der Region	206
Abb. 4.21:	Niederschlagsdiagramm der Station El Dique für die Zeit von 1972 bis 2002	210
Abb. 4.22a:	Darstellung der Niederschlagsextrema und –mittelwerte in der gesam-	211

ten Messperiode	
Abb. 4.22b: Niederschlagsverteilung in den vermeintlich trockenen Monaten der <i>Niño</i> -Jahre	212
Abb. 4.22c: Niederschlagsverteilung in den feuchten Monaten der <i>Niña</i> -Jahre	212
Abb. 4.22d: Darstellung der mittleren monatlichen Tagesmaxima von Niederschlagswerten im Zeitraum von 1972 bis 2002	213
Abb. 4.22e: Darstellung der Niederschlagsverteilung im Zeitraum zwischen 1972 und 2000 in der Station El Dique	215
Abb. 4.23a: Darstellung der registrierten Niederschlagsmengen in der Klimastation El Porvenir im Zeitraum zwischen 2000 und 2005	217
Abb. 4.23b: Darstellung der Niederschlagsverteilung in der Klimastation El Porvenir im Zeitraum 2000 bis 2005	218
Abb. 4.23c: Darstellung der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen El Porvenir, El Dique, Miguel Valencia, Pueblorrico, La Cristalina und Virgen de Oro im <i>Niña</i> -Jahr 2000	218
Abb. 4.23d: Vergleich der Niederschlagsmengen in den Klimastationen El Dique und El Porvenir im Zeitraum zwischen 2000 und 2002	219
Abb. 4.24a: GID-Klimadiagramm der Station Pueblorrico	221
Abb. 4.24b: Darstellung der mittleren-, maximalen und minimalen Niederschlagswerte der Station Pueblorrico (oben) zwischen 1970-2001 und die Ausdifferenzierung nach <i>Niño</i> - und <i>Niña</i> -Jahren	222
Abb. 4.24d: Darstellung der Niederschlagsverteilung während der <i>Niño</i> -Monate	224
Abb. 4.24e: Darstellung der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen Pueblorrico und El Dique während der <i>Niña</i> -Monate.	225
Abb. 4.24f: Vergleich der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen El Dique und Pueblorrico im Zeitraum zwischen 1970 und 2001. Die <i>Niña</i> -Jahre wurden mit blauer Ovallinie markiert.	227
Abb. 4.25a: GID-Klimadiagramm der Station Virgen de Oro	229
Abb. 4.25b: Darstellung der mittleren Niederschlagswerte (mittlere, maximale, minimale) in der Station Virgen de Oro	231
Abb. 4.25c: Darstellung der Niederschlagswerte während der <i>Niña</i> -Jahre in der Station Virgen de Oro	232
Abb. 4.26a: GID-Klimadiagramm der Station La Cristalina	233
Abb. 4.26b: Ein Vergleich der mittleren Niederschlagswerte in den Stationen Virgen de Oro und La Cristalina	235
Abb. 4.26c: Verteilung der Niederschläge in den Klimastationen El Dique, El Porvenir, Pueblorrico und La Cristalina zwischen 1998 und 2002	236
Abb. 4.27a: GID-Klimadiagramm der Klimastation Miguel Valencia	238
Abb. 4.27b: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte im Jahresverlauf in der Klimastation Miguel Valencia und der Niederschlagsextrema und -mittelwerte während des <i>Niño</i> - bzw. <i>Niña</i> -Phänomens	239
Abb. 4.27c: Darstellung der mittleren, maximalen und minimalen Niederschlagswerte in den Stationen Miguel Valencia und El Dique (oben) im Zeitraum zwischen 1972 und 2001 und ihrer Ausdifferenzierung nach	240

*Niño-* und *Niña*-Jahren.

Abb. 4.27d:	Darstellung der Niederschlagsverteilung während der <i>Niño</i> -Monate in der Klimastation Miguel Valencia	241
Abb. 4.27e:	Darstellung der monatlichen Niederschlagsmengen während der <i>Niña</i> -Jahre im Zeitraum zwischen 1968 und 2000 in der Klimastation Miguel Valencia	242
Abb. 4.27f:	Darstellung der Niederschlagsverteilung in den drei ältesten Klimastationen der Region	244
Abb. 4.27g:	Darstellung des Verlaufes der Sonnenscheindauern und Niederschlagsmenge in den Klimastationen La Cristalina, Virgen de Oro und Miguel Valencia zwischen 1998 und 2005	247
Abb. 4.28:	Querschnitt durch die kolumbianischen Gebirgsketten	251
Abb. 4.29:	Darstellung einer möglichen Klimaklassifizierung in Untersuchungsgebiet nach der Höhenstufenverteilung von HOLDRIDGE, Verteilung des Niederschlags und der Temperatur nach LANG (1915) und Vegetationsindikatoren	254
Abb. 4.30a:	Gewässernetzkarte des Untersuchungsgebiets	255
Abb. 4.30b:	Darstellung der klassischen Flussordnung nach KELLER	256
Abb. 4.30c:	Darstellung der geologischen Beschaffenheit des Untersuchungsgebiets zugehörigem Gewässernetz	257
Abb. 4.30d:	Darstellung der <i>Río Piedras</i> - Senke mit Geländeprofil des <i>Río Piedras</i>	258
Abb. 4.31:	Flussordnungsstufen des <i>Río Piedras</i> nach KELLER (1962)	259
Abb. 4.32a:	Darstellung des Wasserverteilungssystems in der Gegend um den <i>Río Piedras</i> herum	261
Abb. 4.32b:	Darstellung der Flussdichte im Einzugsgebiet des <i>Río Piedras</i> und der Durchlässigkeit der Gesteine im Untersuchungsgebiet	262
Abb. 4.33a:	Monatliche Niederschlagssummen, die in den Jahren 1992 und 1993 in den Klimastationen <i>El Dique</i> , <i>Pueblorrico</i> und <i>Miguel Valencia</i> gemessen wurden	263
Abb. 4.33 b:	Darstellung der Niederschlagsverteilung über das Jahr 1979	265
Abb. 4.33c:	Darstellung der Verteilung der Niederschläge über das Jahr 1998, die für die Massenbewegung und Überschwemmung, die aus der <i>vereda Las Cruces</i> gemeldet wurden, maßgeblich waren	266
Abb. 4.33d:	Darstellung der Verteilung der Niederschläge über das Jahr 1999	267
Abb. 4.34:	Typische Bodenprofile der <i>Asociación Fredonia</i> im Untersuchungsgebiet	271
Abb. 4.35:	Typisches Bodenprofil <i>der Asociación Jericó</i> im Untersuchungsgebiet	272
Abb. 4.36a:	Beispiel für ein standardisiertes Bodenaufnahmeformular nach GÖK (1999) und HECK (2005:68)	274
Abb. 4.36b:	Darstellung der Standorte, an denen die Bodenprofile erstellt und die Bodenproben entnommen wurden	275
Abb. 4.36c:	Gegenüberstellung der Horizonte der Bodenproben und des Unterbodens	276
Abb. 4.37a:	Bodenprofil Nr. 15. Darstellung eines typischen Bodenprofils der Aso-	277

*ciación Fredonia*

Abb. 4.37b: Darstellung der Bodenprofil Nr. 20	278
Abb. 4.37c: Darstellung der Bodenprofil Nr. 16	279
Abb. 4.37d: Darstellung der Bodenprofil Nr. 14	280
Abb. 4.37e: Darstellung der Bodenprofil Nr. 17 in der <i>vereda Castalia</i>	281
Abb. 4.37f: Darstellung der Bodenprofil Nr.12 aus dem Sektor <i>Aldea de Piedras</i>	282
Abb. 4.37g: Darstellung der Bodenprofil Nr. 18 aus dem Sektor <i>Puente Sucre</i> in der <i>vereda Castalia</i>	283
Abb. 4.38a: Darstellung der Feuchtigkeit und des Plastizitätsindex der Bodenproben	285
Abb. 4.38b: Klassifizierung der im Untersuchungsgebiet analysierten Bodenarten	288
Abb. 4.38c: Darstellung der Quartärablagerungen, der Konsistenzzahl von Bodenproben und der Hangneigung im Untersuchungsgebiet	290
Abb. 4.38d: Darstellung der Q Bewertung nach Festigkeit und Mächtigkeit der Böden und der Hangneigung im Untersuchungsgebiet nach Bodenarten	291
Abb. 4.39a: Darstellung der Landnutzung von 1989 in Jericó	294
Abb. 4.39b: Darstellung der Landnutzung im Jahr 2004 und der potentiell möglichen landwirtschaftlichen Nutzung der Bodenflächen in dieser Region im Jahr 1972	296
Abb. 4.39c: Vergleich der aktuellen Bodennutzung im Untersuchungsgebiet mit der Klimaklassifizierung	298
Abb. 4.39d: Darstellung der Landnutzung im Bereich der <i>cabecera</i> und in den umliegenden <i>veredas</i>	301
Abb. 4.39e: Bewertung der Vulnerabilität im Untersuchungsgebiet in Bezug auf Landnutzung	302
Abb. 4.40a: Darstellung der Gebiete, in denen der Q-Wert für die Hangneigung und Standfestigkeit ermittelt werden konnte	305
Abb. 4.40b: Darstellung der Q-Werte für die Parameter Gesteinstyp und Verwitterungszustand	306
Abb. 4.40c: Darstellung der Q-Werte für Geologie, Hangneigung und Landnutzung (Q-GHL)	307
Abb. 4.40d: Einflussnahme der Parameter Geologie, Hangneigung und Landnutzung (Q-GHL) auf natürlich ausgelöste Rutschungen und geomorphologische Prozesse	309
Abb. 4.41a: Kartierte Rutschungen und Verkehrsverbindungen in Jericó	310
Abb. 4.41b: Darstellung der Straße, die von Jericó nach La Cascada führt	311
Abb. 4.41c: Verteilung des Naturgefahrengrades in Bezug auf Hangrutschungen im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets	312
Abb. 4.41d: Darstellung der Urbanisierungsraumachsen aus dem <i>POT</i> (2000) und der errechneten Naturgefahrengrade im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets	313
Abb. 4.42a: 2D Darstellung des zentralen Bereichs von Jericó: <i>Cabecera</i> und umliegende <i>veredas</i>	316

Abb. 4.42b: Das ländliche Gebiet setzt sich aus 31 <i>veredas</i> und aus dem <i>corregimiento</i> Palocabildo zusammen	317
Abb. 4.43a: Darstellung der Einwohnerzahlen, die in Jericó im Zuge verschiedener Volkszählungen in den letzten 50 Jahren ermittelt wurden	318
Abb. 4.43b: Darstellung der Bevölkerungsverteilung nach Alter und Geschlecht in der Gemeinde	319
Abb. 4.43c: Darstellung der Altersstruktur entsprechend der von SISBEN im Jahr 2003 ermittelten Daten	320
Abb. 4.43d: Darstellung der Bevölkerungsdichte in Einwohnerzahl/km <sup>2</sup> und der Hausdichte in Häuseranzahl/km <sup>2</sup>	321
Abb. 4.43e: Darstellung der Bevölkerungsdichte (Einwohnerzahl/km <sup>2</sup> ) in den einzelnen <i>veredas</i> in Bezug auf die Q-Bewertung	322
Abb. 4.43f: Darstellung der errechneten Anzahl von Familien pro Haus in der Gemeinde Jericó	323
Abb. 4.44: Darstellung des Bildungsstands der Bevölkerung von Jericó für Personen über drei Jahre	325
Abb. 4.45: Lebensqualitätsindex ( <i>índice de calidad de vida</i> ) in der Gemeinde Jericó	326
Abb. 4.46a: Darstellung der Anzahl von Häusern und infrastrukturellen Einrichtungen in Jericó	328
Abb. 4.46b: Verteilung der Häuser und Gebäude im <i>municipio</i> über die letzten 30 Jahre	329
Abb. 4.47: Darstellung aller bisher ermittelten und zusammengerechneten Q-Werte der Vulnerabilität	330
Abb. 4.48a: Darstellung des im zentralen Bereich der Gemeinde nach sozialen und physischen Aspekten errechneten Vulnerabilitätsgrades	331
Abb. 4.48b: Darstellung der zusammengerechneten H-Werte und Vulnerabilitätsgrade im zentralen Bereich von Jericó in Bezug auf soziale und physische Aspekte	332
Abb. 4.49: Darstellung des Untersuchungsgebiets entsprechend der jeweils ermittelten Naturrisikograde bzgl. Rutschungen	333
Abb. 4.50: Lage der wichtigen infrastrukturellen Einrichtungen in der <i>cabecera</i>	335
Abb. 4.51a: Verteilung der Häuser und Einwohnerzahl in der <i>cabecera</i> (2003), aufgegliedert nach Stadtvierteln ( <i>barrios</i> )	335
Abb. 4.51b: Lage der <i>barrios</i> in der <i>cabecera</i>	336
Abb. 4.51c: Häuseranzahl gegliedert nach Stadtvierteln im Raum der <i>cabecera</i>	336
Abb. 4.52a: Darstellung des Wandmaterials und Bodenbelags der Häuser im Raum der <i>cabecera</i>	337
Abb. 4.52b: Darstellung derjenigen Bereiche aus dem Einzugsgebiet der <i>cabecera</i> , in denen eine Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gewährleistet sind.	338
Abb. 4.53: Darstellung der <i>barrios</i> im Einzugsgebiet der <i>cabecera</i> , die an das öffentliche Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetz angeschlossen sind, als auch der beim Hausbau in diesen <i>barrios</i> verwendeten	339

## Baumaterialien

Abb. 5.1:	Empfehlende Katastrophenmanagementstruktur (Prä-Katastrophe)	347
-----------	--	-----

**Photoverzeichnis**

Photo 4.1a:	Photomosaik des nordöstlichen Untersuchungsgebiets	166
Photo 4.1b:	Panoramablick auf das südwestliche Gebiet von Jericó	167
Photo 4.1 c:	Photomosaik des südöstlichen Teils von Jericó.	168
Photo. 4.2:	Beispiel einer komplexen Massenbewegung in der <i>vereda La Leona</i> .	177
Photo 4. 3:	Sackungsspuren. <i>Vereda Sacatin</i> (ehemals <i>Hacienda El Bosque</i> )	177
Photo 4.4:	Stufenrückverlegung und Rinnenspülung auf dem Mittelhang nahe der <i>Hacienda Las Tapias (vereda Sacatin)</i>	178
Photo 4.5:	<i>Vereda La Cabaña</i> . Viehtrittbildung und kleine Hangrutschungen auf einem Mittelhang (rechts)	178
Photo. 4.6:	Bodenkriechen am Unterhang (Sektor <i>El Estadio</i> ). Asphaltstrasse Jericó-La Cascada	179
Photo 4.7:	Erdrutsch im Sektor <i>Sacatin</i> . An der Ausfallstraße Quebradona- Jericó sind Straßenschäden entstanden	179
Photo 4.8a:	Ansicht der dokumentierten Erdrutschspur von 1979	189
Photo 4.8b:	Fotografisch dokumentierte Rutschung, die im Jahr 1954 im Südosten des Ortskerns von Jericó den Sektor El Liceo heimsuchte	190
Photo 4.8c:	Fotografisch dokumentierte Rutschung im Norden der <i>cabecera</i> von Jericó (neben dem <i>morro</i> El Salvador)	190
Photo 4.9a:	Sackungsspuren in Sektor Seminario	191
Photo 4.9b:	Risse auf dem Bürgersteig und in der Beetummauerung im Sektor El Liceo	192
Photo 4.9c:	Zerstörung des Bürgersteigs im Sektor El Liceo, gegenüber vom Haus in der Calle 4 No. 9A-208.	192

**Tabelleverzeichnis**

Tab. 2.1:	Zuständigkeiten der jeweiligen Verwaltungsebenen (vgl. Nationales Protokoll des Nationalen Amtes für Katastrophenprävention und -hilfe)	61
Tab. 2.2:	Zuständigkeiten und Aufgaben der jeweiligen Ebenen nach dem Länderschließungsgesetz von 1997	68
Tab. 2.3:	Zusammenhänge zwischen Naturereignissen, -gefahren und deren Folgenerscheinungen	85
Tab. 2.4:	Naturgefahren und anthropogene Naturgefahren. Nach JOVANOVIC	86
Tab. 2.5:	Informationen zu den verwendeten Materialien	115
Tab. 3.1:	Zu beachtende Faktoren der Systembeschreibung	123
Tab. 3.2:	Zusammenstellung von Massenbewegungstypen nach DICKAU (1996)	126

	und VARNES (1978) mit einigen Modifikationen und Ergänzungen	
Tab. 3.3:	Zu beachtende Faktoren bei Massenbewegungen nach DICKAU	127
Tab. 3.4:	Gestein und oberflächennaher Untergrund gegliedert nach Festigkeit	131
Tab. 3.5:	Morphodynamische Prozesse und Wahrscheinlichkeit von Rutschungen	132
Tab. 3.6:	Anfälligkeit der Gesteine für Erdbeben in Abhängigkeit von den Abständen der Diskontinuitäten zueinander gemäß NICHOLSON	133
Tab. 3.7:	Anfälligkeit der Gesteine für Erdbeben in Abhängigkeit von der Öffnungsgröße zwischen Diskontinuitäten gemäß NICHOLSON	133
Tab. 3.8:	Eigene Bezeichnung und Interpretation der in ZEEP & MÜLLER (1999:39), LESER (1975) und BODENKUNDLICHE KARTIERUNGSANLEITUNG (1994) beschriebenen Hangneigungsklassifizierung	134
Tab. 3.9:	Bewertungen der Hangneigungsklassen, die entsprechend der vorangehenden Tabelle zu Massenbewegungen führen können.	134
Tab. 3.10:	Hangneigung und aktuelle Hangdynamik bei unterschiedlichen Gesteinsarten	135
Tab. 3.11:	Hangneigungen und Landnutzungsarten in der <i>Subpáramo</i> - und <i>Páramo</i> -Stufe	136
Tab. 3.12:	Die im Untersuchungsgebiet aktuell zu beobachtenden geomorphologischen Prozesse	136
Tab. 3.13:	Q-Bewertung der Erosionsprozesse, die zu Massenbewegungen führen können.	137
Tab. 3.14a:	Anzahl früherer Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet	138
Tab. 3.14b:	Q- Bewertung nach Anzahl früherer Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet	138
Tab. 3.15:	Q Bewertung der Geologischer Faktor: Festigkeit und Mächtigkeit der Böden	138
Tab. 3.16:	Q-Bewertung der Landschaftsnutzung	139
Tab. 3.17:	Darstellung der geschätzten Naturgefahrengrade	140
Tab. 3.18a:	Festlegung von Subregionen (Unterbereichen) nach Naturgefahrengrad und Abschätzung der Kosten für Stabilisierungsmaßnahmen im Rahmen eines <i>POTs</i>	140
Tab. 3.18b:	Beschreibung der nach Naturgefahrengrad und Kostenabschätzung klassifizierten Unterbereiche	141
Tab. 3.19:	Gruppierung der exponierten Elemente in einer GIS-unterstützten Naturrisikoanalysendatenbank.	144
Tab. 3.20a:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Bevölkerungsdichte, Altersstruktur und Eigentumsverhältnisse	147
Tab. 3.20b:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Bewohner bzw. Anzahl der Familien pro Haus	147
Tab. 3.21:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des monatlichen Einkommens.	148
Tab. 3.22:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Arbeitslosenquote	148

Tab. 3.23:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des Organisationsgrades der lokalen Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe	148
Tab. 3.24:	Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Nutzungszwecke der Gebäude, des verwendeten Baumaterials und der Anzahl der gebauten Stockwerke	149
Tab. 3.25:	Q-Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Grundversorgung der Gebäude	149
Tab. 3.26:	Q-Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des Alters der bewohnten Gebäude	150
Tab. 3.27:	Schätzung des Vulnerabilitätsgrades	150
Tab. 3.28:	Verteilung des Naturrisikogrades und Gradzuordnung	152
Tab. 4.1:	Die in der Gemeinde Jericó beobachteten und kartierten Massenbewegungen	185
Tab. 4.2:	Art und Standort der Klimastationen im Untersuchungsgebiet und in der Umgebung	205
Tab. 4.3:	Niederschlags- und Temperaturwerte von Jericó und Pueblorrico im Jahresdurchschnitt	206
Tab. 4.4:	Durchschnittliche Temperaturen in den Klimastationen der Region und in der Ortsmitte.	249
Tab. 4.5:	Darstellung der in der Region vorhandenen Klimata entsprechend verschiedener Klassifikationen	252
Tab. 4.6a:	Werte der Bodenanalyse aus dem Labor (Teil I)	286
Tab. 4.6b:	Bodenanalysewerte aus dem Labor (Teil II)	287
Tab. 4.7:	Vorgeschlagene Methode zur Klassifizierung von Bodennutzungsmöglichkeiten, aufgegliedert nach Niederschlagsmengen und Dauer der Sonneneinstrahlung (N/S), Hangneigung und Höhenstufe gemäß MEJIA	297

## **Anhänge**

A1:	Andere Klimastationswerte. Das Dilemma mit den Klimastationen des POT Jerico	353
-----	--	-----

## Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Viele der hier verwendeten spanischen und englischen Begriffe haben landesspezifische Bedeutungsinhalte. In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb möglichst auf die deutsche Begrifflichkeit zurückgegriffen. Da es jedoch in diesen drei Sprachen nicht wenige ähnlich anmutende Bezeichnungen gibt, deren Bedeutungsinhalte aber nicht immer deckungsgleich sind, wurde bei diesen Termini teilweise auf ein fremdsprachliches Äquivalent zugunsten der entsprechenden originalsprachlichen Ausdrucksweise verzichtet. Zum besseren Verständnis wird in diesem Glossar eine etwas vereinfachende Übersetzung aller verwendeten Begriffe präsentiert.

### Glossar

Alcalde	Bürgermeister
Alcaldía	Bürgermeisteramt; Sitz der verschiedenen Ämter einer Gemeinde wie Planungsamt, Gesundheitsamt u.ä.
Alto	Das Wort bedeutet nicht zwangsläufig „Berg“ oder „Hügel“. Es handelt sich im spanischen Sprachgebrauch vielmehr um „höhere Lagen“
Asentamientos subnormales	Unkontrollierte Siedlungen
Asociación de suelos	Bodensequenz aus 2 oder mehreren Bodenentwicklungen. Der Teilbegriff „Asociación“ bezeichnet im Spanischen mehrere Bodenentwicklungen unter den oberen Bodenschichten
Bahareque	eine Art Gemisch aus Zuckerrohr ähnlichen Gräsern und Lehm
Barlovento	Luvseite
Barrio	Orstteil der <i>cabecera</i>

Cabecera urbana	Hauptort einer Gemeinde, beispielsweise Ortszentrum. Als <i>cabecera urbana</i> wird der Kernbezirk, das kommerzielle Zentrum einer Gemeinde bezeichnet
Cabecera	Ortsmitte einer Gemeinde
Cafetero	Kaffeebauer
Comité de Atención de Desastres	Bürgerinitiative zur Erbringung von Katastrophenhilfe
Campeño	Landbewohner
Complejo convectivo de Mesoescala	Regionale Konvektionsströmungen
Filtros/Canales	Offene, Kanäle, Drainageanlagen, Drainageröhre
Catástrofe	Katastrophe
Censo	Volkszählung
Cerro	Berg, Hügel
Corporaciones Autónomas Regionales	Eigenständige regionale Körperschaften zur Erhaltung der Umwelt und zur Verwaltung von Naturressourcen gemäß der Vorgaben des Umweltministeriums
Corregimiento	(vom Kern getrennter, bewohnter) Gemeindebezirk
Cuenca	Becken, Flussbecken, im Rahmen der Arbeit im Sinne von „Wassereinzugsgebiet eines Flusses“ gemeint
Departamento	2. Verwaltungsebene in Kolumbien, vergleichbar mit dem dt. Bundesland
Desastre	Katastrophe, Naturschadenereignis
Dueño	Besitzer oder Pächter eines Landstücks bzw. eines Geschäfts

Emergencia	Naturschadenereignis, Notfall
Finca	Grundstück, Landgut, meist kleiner landwirtschaftlicher Betrieb
Finquero	Besitzer oder Pächter einer <i>finca</i>
Granizada	Hagelschauer
Hacendado, Hacendero	Besitzer oder Pächter einer <i>hacienda</i>
Hacienda	Landgut, Farm; meist gebräuchlich ab einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von 100 ha
Invasores	Vom Besitzer geduldete Wohnungsnutzer ohne Vertragverhältnis. Häufig mit Überwachungsauftrag ausgestattet.
Invierno	Winter, Regenzeit in Kolumbien
Laguna	Lagune, See
Ley	Gesetz
Ley de Desarrollo Territorial	Landerschließungsgesetz
<i>man-made natural hazards</i>	anthropogene Naturgefahren
Monocultivo de café sin sombrío	Kaffeeanbau in schattenlosen Monokulturen
Municipio	3. Verwaltungsebene in Kolumbien: Großgemeinde, Stadtgemeinde
Núcleo	Kern, hier im Sinne von „Ökosystem mit besonders hoher Diversität“ gemeint; auch: Siedlungskern eines <i>municipios</i>
Pasto enmalezado	Brache, Brachfeld
Pastos	Grünland, Wieseland; meist als Weidefläche genutzt
Planeación	Planungsamt innerhalb der verschiedenen Verwaltungseinheiten Kolumbiens

Plan de Ordenamiento Territorial („POT“)	Raumordnungsplan
Potrero	Viehweide
Programas de Prevención y Atención de Desastres (PPAD)	Programme zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen
Quebrada	Nebenfluss oder Zufluss
Rastrojo	Gebüsch
Río	Hauptfluss/Strom (nach KELLER, 1962)
Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres	kolumbianisches nationales Amt für Katastrophenprävention und -hilfe
servicios públicos (agua, electricidad, acueducto y alumbrado público)	Öffentliche Versorgungsbetriebe/ -dienste
Sotavento	Leeseite
Tapia	Lehmgemisch
Verano	Sommer, Trockenzeit in Kolumbien
Veranillo	Schönwetterperiode mit wenigen Niederschlägen
Vereda	Weiler, Gemeindeteil
Vulnerabilidad	Vulnerabilität, Verletzlichkeit
Zonas de Vida	Landschaftszonen im Sinne von Holdridge

### **Abkürzungsverzeichnis**

ADPC	Asian Disaster Preparedness Center
ArcGIS	GIS Programm der Firma ESRI
BLUH	Aerotriangulations Programm. Autor: Dr. Jacobsen

CENICAFE	Corporación Nacional de Caficultores; kolumbianischer Verband der Kaffeeanbauer
DAAD	Deutscher Akademischer Austausch Dienst, Sitz: Bonn
DAPARD	Departamento Administrativo del Sistema de Prevención, Atención y Recuperación de Desastres; Verwaltungsbüro des kolumbianischen Amts zur Prävention, Rehabilitation und Wiederaufbau bei Naturkatastrophen
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística; kolumbianisches Amt für Statistik
DEM	Digital Elevation Model: Digitales Höhenmodell
DGM	Digitales Geländemodell
DGPS	Differenzial GPS – Globales Positionierungssystem
Depto.	Departamento, entspricht in etwa einem Bundesland
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
ENSO	<i>Niño Southern Oscillation</i> : Niño-Phänomen
et al.	und andere
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations Organization, Sitz: Rom
GID	Geographisches Institut der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
GIS	Geographisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System: weltweitestes satellitengestütztes Positionierungssystem
ha.	Hektar
Hrsg.	Herausgeber(-in)
HHUD	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: Meteorologischer Dienst Kolumbiens, erhebt und verwaltet unter anderem Klimadaten
IGAC	Instituto Geográfico Augustin Codazzi: staatliches geographisches Institut mit Sitz in Bogotá, benannt nach Augustin Codazzi, einem General und Naturforscher im Dienste der kolumbianischen Regierung, der im 19. Jh. das Land bereiste und kartierte.
IMATIE	Programm für digitale Photogrammetrie. Autor: Dr. M. Bratmeier vom Geographischen Institut der HHUD
INCORA	Instituto Nacional para la Reforma Agraria: Nationales Institut für Agrarreform und Landverteilung
INDERENA	Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables: frühere staatliche Umweltbehörde, heute zugehörend zum kolumbianischen Umweltministerium
INGEOMINAS	Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (vormals: Instituto de Investigación e Investigación Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear): Geologisches Institut Kolumbiens, gegründet im Jahre 1916.
ITCZ	Innertropische Konvergenzzone
KA GÖK 25	Kartieranleitung Geoökologische Karte im Maßstab 1:25.000, Vorläufer der Landschaftsökologischen Erfassungsstandards
KIWI	Programm für Klimaverwaltungsdaten. Autor: Dr. M. Bratmeier vom Geographischen Institut der HHUD
Km <sup>2</sup>	Quadrat Kilometer
LISA FOTO	Programm für die Digitale Photogrammetrie. Autor: Dr. Wilfried Linder (Geographisches Institut der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf)
LPS	Leica Photogrammetrische Suite (ERDAS IMAGINE)
m.ü.d.M.	Höhe über dem Meeresspiegel in Metern

OFDA/CRED	International Disaster Database
OSSO	Observatorio Sismológico del Sur Occidente
PPAD	Programas de Prevención y Atención de Desastres: Programme zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen
„POT“	Plan de Ordenamiento Territorial (Municipal): Kolumbianischer Raumordnungsplan
Qt, Qar, Qfl	Quartärablagerungen: Terrassen (Qt), Alluvium (Qar) und Kolluvium (Qfl).
SIMPAD	Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres: Städtisches Amt für Katastrophenprävention und -hilfe der Stadt Medellín
SISBEN	Servicio Social de Beneficiencia Nacional. Vom kolumbianischen Staat an bedürftige und mittellose Bevölkerungsschichten angebotene Krankenversicherung
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje: Nationales Ausbildungs- und Lehrinstitut
SINA	Sistema Nacional Ambiental : Nationales Umweltschutzsystem
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission: Radarmission des Space Shuttle Discovery vom 11. bis zum 22. Februar 2000
Tdsa	Magmatite aus Tiefengestein der <i>Formación Quebrada Grande</i>
Tos-Tom-Toi	Sedimentgesteine. Die oberen ( <i>Tos</i> ), mittleren ( <i>Tom</i> ) und unteren ( <i>Toi</i> ) Gruppen der <i>Formación Amagá</i> (GONZALEZ H., 1980).
Tmc	Sedimentgesteine der <i>Formación Combia</i> (VAN DER HAMMEN, 1960)
Tadh,Tada,Tadm	Ergussgesteine (Porphyrite), genannt <i>Rocas hipoabisales porfíricas</i>
UMATA	Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria: Abteilung der Gemeindeverwaltung zur Beratung von <i>campesinos</i> , die <i>fincas</i> mit geringer Fläche bewirtschaften.

# 1 Einführung

## 1.1 Aufgaben- und Problemstellung sowie Begriffserläuterungen

Die Erstellung und Durchsetzung von Raumordnungsplänen bieten in Kolumbien enorme Chancen für den Natur- und Katastrophenschutz. Raumordnungspläne werden in Kolumbien als „*Planes de Ordenamiento Territorial*“ („POT“) bezeichnet und als ein politisches und soziales Konzept verstanden. Definitionsgemäß sollen sie zur Lösung der multidimensionalen Probleme eines Territoriums und zur Förderung der Entwicklungsprozesse eines Landesgebiets über einen längeren Zeitraum beitragen. Dazu, aber auch zur Gewährleistung einer effizienten Durchführung von Entwicklungsprojekten in ländlichen Gebieten ist es notwendig, politische Strategien zur Bewältigung von regionalen Problemen zu entwickeln als auch geeignete methodologische und technische Mittel zu identifizieren, die für die Planungsprozesse erforderlich sind. Vor diesem Hintergrund hat man sich zum Ziel gesetzt, für eine auf den Umwelt- und Naturschutz ausgerichtete nachhaltige Entwicklung von Raumordnungsplänen zu sorgen.

Raumordnungspläne sind in Kolumbien auch bei der Ergeifung von systematischen Maßnahmen zur Prävention von Naturkatastrophen auf lokaler und regionaler Ebene von großem Nutzen. Die Festlegung von geeigneten Präventionsmaßnahmen ist insbesondere wichtig, da in den von vulkanischen Aktivitäten und Erdbeben stark bedrohten Gebieten Kolumbiens Naturkatastrophen großer, aber auch kleinerer Ausmaße immer enorme ökonomische Schäden anrichten und für die Gesellschaft schwerwiegende Folgen haben, was wiederum die Entwicklung des gesamten Landes wesentlich beeinträchtigt. Bei der Festsetzung entsprechender Vorbeugungsmaßnahmen ist es daher notwendig, in den gefährdeten Gemeinden eine Naturrisikoanalyse durchzuführen, und damit auch eine Kartierung von Naturgefahren und ihren Ursachen im Rahmen der „POTs“ zu erstellen.

Eine solche Aufgabe erfordert zahlreiche Vorüberlegungen. Dabei gilt es insbesondere, folgende Fragen vor dem Hintergrund der in den jeweiligen Entwicklungsländern gegebenen Rahmenbedingungen zu analysieren:

- Wodurch werden Naturkatastrophen verursacht? Wie schätzt man den Schaden einer Katastrophe in Entwicklungsländern, insbesondere in Kolumbien ein?
- Inwiefern haben sich Naturgefahren zu einem Problemfeld im Hinblick auf das Zusammenwirken von Umwelt und Gesellschaft entwickelt? Wie können Naturrisikoanalysen, die in die „POTs“ (Raumordnungspläne) und in ihre Planungsvorschläge integrierbar sein sollen, in Entwicklungsländern so durchgeführt werden, dass eine nachhaltige Verbesserung der Beziehung zwischen Gesellschaft und Umwelt gewährleistet werden kann? Welche Methode eignet sich am besten, um Naturgefahren erfassen, bewerten und die dabei erhaltenen Datensätze verwerten zu können?
- Wie erkennt man gefährdete Objekte? Wie bewertet man ihren Vulnerabilitätsgrad?
- Inwiefern können die dem aktuellen Kenntnisstand entsprechend eingesetzten geographischen Techniken und Fernerkundungsmethoden bei der Konzipierung von „POTs“ dabei helfen, eine Antwort auf die oben genannten Problematiken zu liefern?

Im Allgemeinen werden Katastrophen *„as being the social disruption and changes brought about by the physical agent and its impact“* (QUARANTELLI, 1978:3) oder auch *„als die schädlichen Folgen eines auslösenden Ereignisses“* (GEIPEL, 2002) bezeichnet. Solche schädlichen Folgen können sich auf verschiedene Bereiche des alltäglichen Lebens auswirken.

Da Naturkatastrophen fast immer auch negative Folgen für die Gesellschaft haben, können sie nicht nur anhand der geschätzten ökonomischen Verluste bemessen werden. Eine quantitative Abschätzung der gesamten Verluste ist nämlich kaum eingrenzbar, und zwar deswegen, weil die Langzeitfolgen einer Naturkatastrophe für die Gesellschaft und die Wirtschaft anfangs nur schwer abzusehen sind, und weil diese sich oft auch auf verschiedene Bereiche des Alltags auswirken. Bei der Bewertung einer Naturkatastrophe ist es von daher oftmals nötig, diese räumlich und zeitlich entsprechend zu kontextualisieren. So werden Naturkatastrophen in Bezug auf Raum nach der Größe der betroffenen Gebiete klassifiziert und in gesamtgeographischem Zusammenhang beurteilt.

Wenn es um die Beantwortung der Frage nach der Bestimmungsart des Risikogrades und damit nach den zu ergreifenden Maßnahmen zur Prävention von Naturkatastrophen geht, sind auch naturwissenschaftliche und soziale Variablen zu berücksichtigen.

Der Begriff „Katastrophe“ wird mitunter im Sinne von „ein plötzlich eintretendes schädliches Ereignis“ ausgelegt. Daraus abgeleitet würde der Begriff „Naturereignis“ ein dynamisches Produkt der Natur, z. B. ein Erdbeben, einen Wirbelsturm, Massenbewegungen oder Ähnliches bezeichnen. Der Begriff „Naturgefahr“ dagegen ist überwiegend von sozialen und ökonomischen Aspekten geprägt. Dieser Logik folgend ist eine Naturgefahr als ein Ereignis aufzufassen, das für die Gesellschaft und die Wirtschaft negative Auswirkungen hat. Für die Beurteilung, ob es sich bei einem Phänomen um eine Naturgefahr oder ein Naturereignis handelt, ist also immer der Kontext entscheidend.

Die Folgen einer Katastrophe hängen stark vom Standort ab, sie sind in den verschiedenen Ländern und Regionen der Welt selten miteinander vergleichbar. So wirkt sich ein und dasselbe Ereignis in einem Industrie- und einem Schwellenland ganz unterschiedlich aus: Einerseits, weil Schwellenländer nicht über die gleichen Mittel verfügen wie Industrieländer, und andererseits, weil die Bevölkerung in Schwellenländern nicht die gleiche mentale Einstellung zur Erbringung von Hilfe an Katastrophenopfer und zur schnellen Überwindung schädlicher Folgen nach einer Katastrophe an den Tag legt wie die Bevölkerung in den Industrieländern. Diese Ausgangslage erweist sich für die weitere Binnenentwicklung der Schwellenländer als kontraproduktiv.

Der Prozess der Marginalisierung einzelner Bevölkerungsteile, welche sowohl in Schwellenländern als auch in armen Ländern gesamtpolitisch eine immer größere Rolle spielen, hängt häufig mit der Zunahme der sozialen und physischen Vulnerabilität nach Katastrophen zusammen. (vgl. SUSMAN, O´KEEFE und WISNER 1983) So leiden zum Beispiel Menschen, die ihr Hab und Gut als auch ihre Familie aufgrund einer Katastrophe verloren haben, sehr stark und oft auch langwierig unter psychischen und sozialen Folgen. Dieser Umstand wird ihre künftige Beziehung zu ihrem sozialen und natürlichen Umfeld (vgl. Abb. 1.1) nachhaltig maßgeblich beeinflussen.

Dabei ist es oftmals der Mensch, der sowohl in urbanen als auch in ländlichen Gebieten als eigentlicher Verursacher einer Naturkatastrophe angesehen werden muss. Bei CURSON heißt es dazu: *“Primarily, it is people who by the nature of their philosophies, attitudes and behaviour modify or transform this environmental neutrality into either a useful resource or potentially disastrous scenario.”* (CURSON, 1989:3) Trotzdem sei hier gesagt, dass der Mensch nicht für jede Katastrophe die alleinige Schuld trägt, *“so in summary, there are both geophysical and human forces at work in the production of vulnerability to damage and of damage itself.”* (BROOKFIELD, 1999:7)

Die Grenzen zwischen reinen Naturursachen und anthropogenen Naturgefahren lassen sich leider jedoch nicht immer klar und eindeutig ziehen. Folgerichtig bedeutet dies für jede Art von Untersuchung von Naturkatastrophen – und insbesondere für diejenigen, die in den Schwellenländern durchgeführt werden –, dass ihr zentrales Thema die Analyse der Wechselbeziehung Mensch - natürliche Ursachen von Naturkatastrophen sein muss.

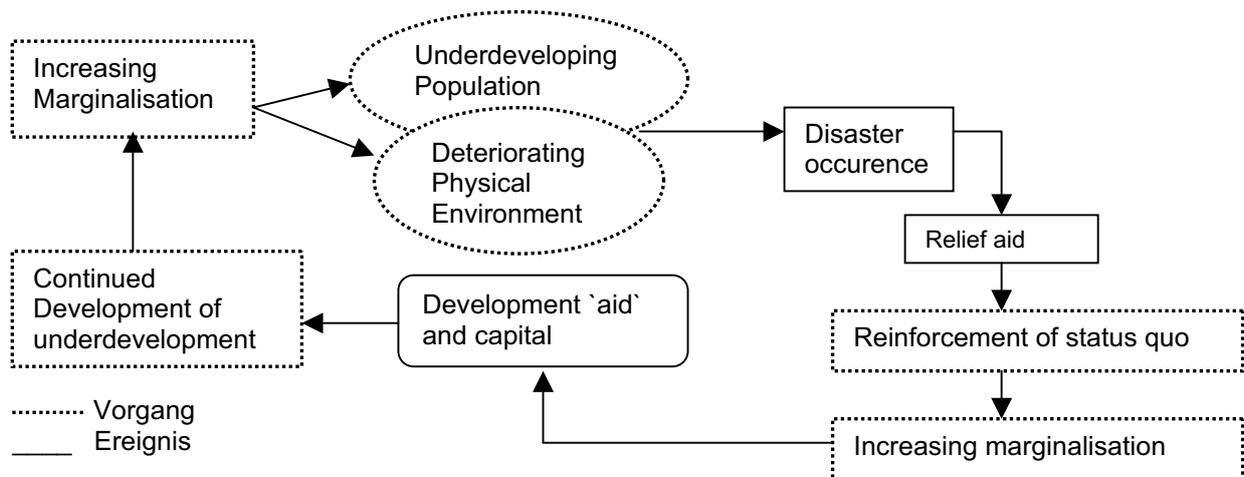


Abb. 1.1: Zunahme der Marginalisierung und Auswirkungen einer Katastrophe (SUSMAN, O'KEEFE und WISNER, 1983: 279)

Die existierenden Programme zur Vorbeugung und zum Management von Naturkatastrophen beschäftigen sich mit der Untersuchung der Ursachen von Katastrophen sowie mit den dabei entstandenen Schäden. Anhand der erhaltenen Daten können eventuell entstandene Schäden auf sozial und ökonomisch tragbarem Niveau analysiert und taxiert werden, was wiederum Voraussetzung ist für die Einleitung von Vorbeugungsprogrammen zur Abwendung solcher Katastrophen. (vgl. HOLLENSTEIN, 1997)

Die Frage nach dem Naturrisiko hat ihren Ursprung in den im Rahmen zur Vorbeugung von Naturkatastrophen und zur Vermeidung großer Schäden realisierten Versuchen. Das Risiko wurde dabei als *„the expected number of lives lost, persons injured, damage to property and disruption of economic activity due to particular phenomenon, and consequently the product of specific risk and elements at risk“* (UNDRO, 1979) definiert.

Naturrisikoanalysen befassen sich mit der Frage nach den geschätzten Schäden, nach der Stärke und Häufigkeit (Wiederkehrwahrscheinlichkeit) einer möglichen Naturkatastrophe sowie nach dem Vulnerabilitätsgrad der gefährdeten Elemente. Naturrisiko kann somit als das Produkt einer Kombination von Vulnerabilität und Naturgefahr, also *„[a] complex combination of vulnerability and hazard“* (BLAIKIE et al, 1994:21), die man anhand einer Naturrisikoanalyse abschätzen kann, verstanden werden.

Naturrisikomanagement wird in Naturrisikoanalyse und Naturrisikobewertung unterteilt. (vgl. HOLLENSTEIN, 1997) Die im Rahmen des Naturrisikomanagements ergriffenen *Maßnahmen* sind nicht immer gleich. Sie verändern sich mit der Zeit in Abhängigkeit von der Veränderung der Naturrisikoursachen. Daraus folgt für die Raumordnungspläne, dass sie – sofern in ihnen Aspekte des Naturrisikomanagements berücksichtigt werden sollen – eine kontinuierliche Naturrisikoüberwachung und eine kontinuierliche Risikobewertung ebenso wie ständige Aktualisierungen der „POT“-Inhalte zur Voraussetzung haben müssen.

Eine Risikoanalyse lässt sich *„als die Nutzung verfügbarer Information zur Abschätzung des durch die Gefahr hervorgerufenen Risikos für die Bevölkerung, das Individuum, das Eigentum, die Umwelt etc.“* (DICKAU, 2002:41) beschreiben; sie liefert eine Antwort auf die Frage: „Was kann passieren?“. (vgl. HOLLENSTEIN, 1997) Zur Erstellung von umfassenden Naturrisikoanalysen ist es demzufolge erforderlich, dass Fachleute verschiedener Fachgebiete interdisziplinär zusammenarbeiten. Dieser Forderung wird bisher jedoch nur teilweise Rechnung getragen.

Im Sinne HOLLENSTEINS wird eine Naturrisikoanalyse als ein *„systematisches nachvollziehbares und formales Verfahren, um in einem abgegrenzten System Risiken*

*hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens und des Ausmaßes der Folgen zu charakterisieren und wenn möglich zu quantifizieren“ (HOLLENSTEIN, 1997:19) bezeichnet.*

In den Naturrisikoanalysen sind vor allem zwei Größen zu beobachten:

1. die gefährdeten Objekte einschließlich der Naturgefahren
2. die Menschen.

Der Begriff *natural hazard* umfasst „*Naturgefahr und Naturrisiko, und in diesen beiden Begriffen steckt die größte Sprengkraft“ (GEIPEL, 2002:5), denn: „von Gefahr ist man betroffen und das Risiko wird gewählt“ (EISIKOVIC, 1990:9). Naturgefahren sind also Naturereignisse, deren Eintreten (oder mögliches Eintreten) starke Einflüsse auf die Gesellschaft haben können und welche ökonomische und soziale Schäden verursachen. In einer Naturgefahrenanalyse geht man folgerichtig auf die Punkte Lokalisierung, Naturgefahrenart, Intensität (Volumen und Geschwindigkeit des Eintretens) und Häufigkeit (Wiederkehrwahrscheinlichkeit) der Naturgefahr ein.*

Manchmal gehen Naturgefahren mit anderweitigen Naturereignissen als auch mit nicht von der Natur verursachten Ereignissen einher. Letztere sind häufig das Produkt menschlicher Aktivitäten. So kommt es, dass je intensiver man sich mit der Frage nach den „natürlichen Ursachen“ von Naturgefahren und nach der Vulnerabilität der Schwellenländer beschäftigt, man immer öfter einen engen Zusammenhang zwischen Naturkatastrophen einerseits und der Beziehung des Menschen zur Natur andererseits feststellt. Daraus folgt, dass die Untersuchung der bestehenden Wechselbeziehungen zwischen Natur und Mensch das zentrale Thema einer jeden Naturgefahrenanalyse sein muss.

Die Vulnerabilität (vgl. GEIPEL, 1994 und DICKAU, 2002), die als ein Maß der Anfälligkeit von Mensch und Infrastruktur für eine Naturgefahr aufzufassen ist, beschreibt den Umfang der Maßnahmen, die zum Schutz der Infrastruktur und der Menschen im Falle eines schädlichen Naturereignisses zu ergreifen sind. Sie ist somit in einem kausalen Zusammenhang mit der Art und Weise zu sehen, in der gefährdete Objekte auf ein schädigendes Naturereignis („*extrem event*“; WHITE 1974) reagieren, und sie dient als Maßstab zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der gefährdete Objekte eine

Naturgefahr überwinden oder sich vor ihr schützen werden können. In einer Vulnerabilitätsanalyse geht es also darum, Daten zu Risikoelementen und Schadenspotentialen zu erheben und die zu erwartenden Schäden in verschiedenen Szenarien durchzugehen und zu evaluieren.

Die Vulnerabilitätsanalyse wird je nach Art der Risikoelemente in funktionale (z. B. Infrastruktureinrichtungen, Verkehr, Baueinrichtungen) und soziale (z. B. Armut, Marginalisierungsprozesse) Bereiche unterteilt. Bei der Erstellung einer gesamtheitlichen Vulnerabilitätsstudie muss man die sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhänge und Wechselwirkungen, die der Mensch kennen muss, um sich und seine Infrastruktur vor Schäden nachhaltig schützen zu können, in Betracht ziehen. Deshalb ist es sinnvoll, die Frage nach der Erkennung von gefährlichen Prozessen, nach ihren Ursachen und nach der sozialen Vulnerabilität ins Zentrum einer Risikoanalyse zu rücken.

Die Naturrisikobewertung lässt sich quantitativ nur sehr schwer erfassen. Naturrisiken werden mittels regionaler Einteilung des Raumes, also durch „Festlegung von Gebieten“ entsprechend der dort festgestellten Intensität und der Ausmaße der Naturrisiken, klassifiziert. Diese Klassifizierung ist für die Raumplanung von großer Bedeutung, denn sie bietet die Grundlage für die Entscheidung, welche konkreten Maßnahmen ergriffen und welche Programme zur Vorbeugung von Naturkatastrophen umgesetzt werden sollen. Gleichzeitig erhält man dank dieses Verfahrens auch Informationen zum Entwicklungsstand der betroffenen Gebiete, was für die Kalkulation der für Entwicklungsprojekte projizierten Kosten unumgänglich ist. (vgl. UNDRO, 1979) Die Implementierung von Vorbeugungs- und Management-programmen ist nur dann effektiv, wenn man dabei die speziellen Charakteristika der betroffenen Region beachtet. Und dazu braucht man wiederum eine Naturrisikoanalyse, die auf einen bestimmten Zeitpunkt und Standort begrenzt sein und auf soziale, ökonomische, kulturelle und geophysische Aspekte eingehen sollte.

Bei der Erstellung einer Naturrisikoanalyse müssen verschiedene Faktoren beobachtet und analysiert werden. Zu diesem Zwecke bedient man sich photogrammetrischer Verfahren und GIS, welche sich beim Erheben, Sammeln, Verwalten, Verschneiden und Analysieren unterschiedlicher Datensätze bisher immer als äußerst hilfreich erwiesen haben.

Für die Erhebung und methodologische Verwaltung von geographischen Informationen ist bei Naturkatastrophen nicht nur die Qualität der Informationen an sich von Bedeutung, sondern auch ihr Bezug auf einen spezifischen Kontext. Eine kontinuierliche und effiziente Überwachung einer Region ist nämlich nur dann möglich, wenn neben der Durchführung einer Prioritätsanalyse für ein bezeichnetes Naturrisiko bzw. eine Naturgefahr auch den im Raumentwicklungsplan vorgezeichneten Zielen Beachtung geschenkt wird.

Der Aufbau eines GIS´ und seine Verwendung in Risikogebieten – im Falle dieser Arbeit auf Gemeindeebene und mit Unterstützung digitaler Photogrammetrie – öffnet für die Eindämmung und Handhabung von Katastrophen eine Vielzahl von Möglichkeiten. Dank der Informationen und der verschiedenen technischen Mittel, die den Experten zur Verfügung stehen, kann man z. B. mithilfe des GIS´ Gebiete entsprechend ihres Gefährdungsgrades eingrenzen. Auf diese Weise baut man ein Register mit Daten historischer, gegenwärtiger und künftiger kleinerer Katastrophen auf, mit dem man eine verbesserte Analyse der betroffenen Gebiete als auch der Ursachen der jeweiligen Naturkatastrophe durchführen kann. So können die Auswirkungen einer Naturkatastrophe künftig in Grenzen gehalten werden. Ein solches Register soll allen voran Daten enthalten, anhand derer man entscheiden kann, welche Maßnahmen die wirkungsvollsten sind, um ein erneutes Auftreten von Katastrophen zu vermeiden. Die im Rahmen der Erstellung eines solchen Registers entwickelten Verfahrensweisen zur Überwachung von gefährdeten Gebieten innerhalb der „POTs“ können auch an die lokalen Behörden weitervermittelt werden. Bei einer bestehenden Gefahr können sich die Gemeinden dann der GIS-Daten bedienen und so auf die Gefahrenmomente schneller reagieren, z. B. indem sie Hilfswege schneller ermitteln, die Anzahl der betroffenen Personen rasch festlegen und unverzüglich sichere Ausweichquartiere zur Verfügung stellen – falls eine Reaktion auf lokaler Ebene denn überhaupt möglich ist.

In Zukunft wird die Verwaltung und Speicherung von geografischen Informationen in digitaler Form ein interdisziplinäres Arbeiten auf lokaler Ebene ermöglichen, was Voraussetzung ist für die Erstellung umfassender Naturrisikoanalysen und somit die Grundlage für die Bestimmung der zu ergreifenden Folgemaßnahmen bildet.

In dieser Dissertation wird der Einsatz von GIS in einer modellhaften Form für Gemeinden erarbeitet, damit sie Naturrisikoanalysen im Rahmen der „POTs“ durchführen können. Dafür sollen jeweils zwei Analysen der ländlichen Gemeinden im Rahmen der „POTs“ erfolgen:

- Erstens, eine Naturrisikoanalyse zur Erkennung von „*nature hazards*“, aus welcher der bestehende Zusammenhang zwischen Hangrutschungen und anthropogenen Aktivitäten hervorgehen sollte, und
- zweitens, eine Vulnerabilitätsanalyse zu den Risiken, die durch Elemente physisch-geographischer Natur verursacht werden.

Der Einsatz eines Geo-Informationssystems sollte an die lokalen Bedingungen systematisch angepasst werden, um zu gewährleisten, dass eine Vielzahl an Informationen gesammelt und große Gebiete regelmäßig und unter Einsatz unterschiedlicher Methoden überwacht werden können.

Der Anwendung neuer Technologien sind in Schwellenländern viele ökonomische und soziale Grenzen gesetzt. Deshalb ist es für eine solche Anwendung notwendig, über eine günstige, aber effiziente Software als auch über eine dafür geeignete Hardware zu verfügen. Für dieses Projekt muss die Implementierung eines GIS deshalb auch an die ökonomischen, technischen und sozialen Möglichkeiten der ländlichen Gebiete Kolumbiens angepasst werden.

## **1.2 Zielsetzung der Arbeit**

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Methode zur Erstellung einer in den ländlichen Gebieten und Gemeinden Kolumbiens brauchbaren Naturrisikoanalyse unter Anwendung von digitaler Photogrammetrie und von Geographischen Informationssystemen (GIS) und im Rahmen der kolumbianischen Raum-ordnungsplanung („POT“). Diese Methode soll an die in den jeweiligen Gemeinden vorherrschenden Rahmenbedingungen angepasst werden.

Die vorliegende Arbeit bietet die Möglichkeit, die örtliche Raumplanung mit den vorhandenen Konzepten zur Gemeindeentwicklung abzustimmen. Für Zwecke dieser Arbeit wurde ein kleines Gebiet in der Gemeinde Jericó (im *departamento* Antioquia im Nordwesten Kolumbiens) ausgewählt. In diesem Untersuchungsgebiet findet man wirklichkeitsgetreue Bedingungen vor, anhand derer sich die Probleme fast aller kolumbianischen Gemeinden exemplarisch vorstellen lassen (s. Abb. 1.2).

Die Vulnerabilität der Gemeinschaft und Infrastruktur wird unter Berücksichtigung der zwischen dem Menschen und dem Auftreten von Naturgefahren bestehenden Beziehung zumindest annähernd beschrieben und analysiert. Dazu werden die in Naturgefahrgebieten beobachteten Landschaftsveränderungen mit Hilfe eines GIS präsentiert, welches durch die Interpretation von Luftaufnahmen aus den letzten 40 Jahren als auch anhand weiterer vorhandener Informationen erarbeitet wurde. Dank einer solchen Studie lässt sich bereits ein Großteil der Ursachen von Naturereignissen, die zu einer Naturgefahr führen, erkennen. Die Arbeit soll zudem eine wichtige Hilfestellung bei der Erarbeitung eines adäquaten Programms zur Vorbeugung von Naturkatastrophen in ländlichen Gemeinden Kolumbiens leisten.

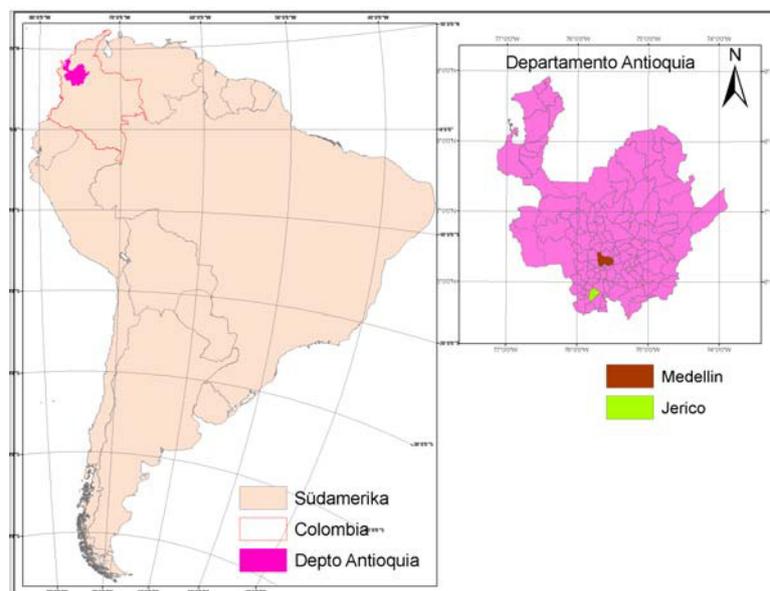


Abb. 1.2: Lage von Kolumbien und der Gemeinde Jericó sowie der Hauptstadt des *departamento* Medellín. Eigene Zusammenstellung.

Das globale Naturrisikomanagement, und insbesondere die entsprechenden Programme zur Vorbeugung und zum Management von Naturkatastrophen, ist ein

interdisziplinäres Arbeitsfeld, das in der Natur- und Sozialwissenschaft angesiedelt ist. Fachübergreifende Arbeiten zu diesem Thema sind bisher noch nicht vorgestellt worden. Bislang gibt es hierzu lediglich eine kleine Anzahl von fachbezogenen und themarelevanten Studien. Es ist nicht Zweck der folgenden Arbeit, diesen Missstand ganz zu überwinden. Vielmehr geht es hier darum, eine exemplarische Naturrisikoanalyse in einem örtlichen GIS zu erstellen und sie für Fachleute interdisziplinärer Arbeitsfelder, die von ihnen in Zukunft Gebrauch machen wollen, in einer vereinfachten Form zu präsentieren.

Die Dissertation soll auch illustrieren, welche Möglichkeiten es in tropischen Ökosystemen zur Regulierung des menschlichen Handelns gibt und inwiefern diese Lösungsvorschläge in den kolumbianischen Raumordnungsplänen berücksichtigt werden können. Sie soll zudem bei der Erstellung einer ökologischen Planung, die mit den gegenwärtig existierenden „POTs“ vereinbar sein sollte, Abhilfe leisten und der Forderung nach Gewährleistung einer nachhaltigen Entwicklung der betroffenen Gebiete nachkommen. Auf diese Weise soll ein Beitrag zur Verbesserung der in den ländlichen Gebieten Kolumbiens auf lokaler Ebene eher dürftigen Beziehung des Menschen zur Umwelt geleistet werden, um so auf lange Sicht die für den Menschen notwendigen natürlichen Ressourcen zu bewahren und die Schaffung lebenswürdiger Bedingungen zu gewährleisten.

Das Ausmaß einer Naturkatastrophe hängt meistens nicht nur vom Eintreten einer Naturgefahr allein ab, sondern vielmehr vom Grad der Vulnerabilität der betroffenen Gesellschaft. Es ist bekannt, dass es zwischen Naturkatastrophen und dem Grad der Schutzlosigkeit, der Armut und der sozialen Ausgrenzung von Teilen der Bevölkerung einen Zusammenhang gibt. Dieses Binom macht eine Suche nach der Antwort auf die Frage, wie man diese Teilgruppen schützen kann, indem man die negativen Folgen einer Naturkatastrophe verhindert bzw. eingedämmt, erforderlich. Und hier kommt die Naturrisikoanalyse ins Spiel. In solch einer Studie werden nämlich die Naturgefahrenanalyse und die Vulnerabilitätsanalyse, je nach Art der Naturgefahr und des jeweils gefährdeten Objekts, in die Naturrisikobetrachtung integriert.

Heutzutage werden in Lateinamerika bzw. in Kolumbien Naturgefahrenanalysen im Rahmen von lokalen Raumordnungsplänen (*Planes de Ordenamiento Territorial*,

„POT“) auf verschiedenen Ebenen durchgeführt, und zwar mit dem Ziel, diese in die vorhandenen Programme zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen zu integrieren. Solche Studien werden meistens für Großstädte angelegt und die gesammelten Daten auf Karten in einem Maßstab von 1:2000 bis 1:1000, bei ländlichen Gemeinden in einem Maßstab von 1:10,000, wiedergegeben. Im Allgemeinen ist die Verwendung von Naturrisikoanalysen aber eher dürftig, wobei die ländlichen Gemeinden über gar keine detaillierten Studien verfügen. Somit sind Naturrisikoanalysen in den meisten Fällen in die „POTs“ noch gar nicht integriert worden. Des Weiteren kommt hinzu, dass bei der Erstellung von Naturgefahrenanalysen Photogrammetrie- und GIS Methoden, dank derer sich die bestehenden Naturgefahren genauer und treffender darstellen ließen, nicht eingesetzt werden.

### **1.3 Gliederung und Aufbau der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt gegliedert: Im Kapitel 1 findet sich die Einführung und Zielsetzung der Arbeit, im Kapitel 2 wird auf den aktuellen Stand der Forschung, auf Begriffserläuterungen und themarelevante Erörterungen, auf das Thema der Vorbeugung und des Managements von Naturkatastrophen, auf die Vorstellung der kolumbianischen „POTs“, auf Programme zur Prävention und zum Management von Naturkatastrophen innerhalb der kolumbianischen „POTs“ und schließlich auf die Erläuterung der Grundlagen von Naturrisikoanalysen eingegangen. Im Kapitel 2 wird zudem eine generelle Einführung in GIS und in die digitale Photogrammetrie präsentiert und es werden die beim Arbeiten benutzten GIS und digitalphotogrammetrischen Arbeitsmethoden vorgestellt. Im Kapitel 3 folgt die Darstellung der Geofaktoren, die in der Gemeinde Jericó mittels der angewandten Naturrisikoanalysemethodik ausgewertet wurden und deren Besonderheiten für mittelgebirgsähnliche Regionen Kolumbiens repräsentativ sind. Kapitel 4 geht auf die Applikation der ausgewählten Methodik im Untersuchungsgebiet Jericó ein. Im Kapitel 5 wird die Frage der Übertragbarkeit der erhaltenen Ergebnisse auf andere Gemeinden behandelt und die dabei gezogenen Schlussfolgerungen diskutiert. Das abschließende Kapitel 6 enthält die Zusammenfassung und das Fazit dieser Dissertation.

# Teil I Theoretische Grundlagen

## 2. Hintergrund

Ob ein schädliches Naturphänomen als eine „Naturkatastrophe“ eingestuft wird, hängt normalerweise vom Ausmaß der Einbußen ab, die die betroffene Bevölkerung und der Wirtschaftssektor im Anschluss daran zu verkraften haben. Das bedeutet, dass ein „Naturereignis“ abhängig vom räumlichen, zeitlichen und sozialen Kontext, in dem es sich gibt, immer dann zu einer Naturkatastrophe hochgestuft werden kann, wenn die diesbezüglich als Mindestanforderungen formulierten physischen, sozialen und ökonomischen Parameter erfüllt sind.

Bei der Entwicklung und Umsetzung von Plänen zur Eindämmung von Naturkatastrophen wird auf eine bestimmte Methode zur Bewertung und Auswertung von natürlichen Risiken zurückgegriffen. Dabei werden zwei grundsätzliche Variablen unter die Lupe genommen, nämlich die „natürlichen“ Gefahren und die naturbedingte Vulnerabilität.

Als Erstes muss man sich aber mit der historischen Entwicklung des Begriffs „Katastrophe“ auseinandersetzen, um die Problematik, die augenblicklich im Zusammenhang mit der Analyse und Bewertung von Risiken besteht, überhaupt erst darlegen bzw. interpretieren zu können. Nur dann wird man nämlich die Tragweite einer jeden Methodik, die bei der Analyse von natürlichen Risiken angewandt wird, als Teil von Raumordnungsplänen nachvollziehen können.

### 2.1 Naturkatastrophe als soziales Konzept

Das Verständnis des Begriffs „Katastrophe“ hat sich im Laufe der Zeit verändert (vgl. CARSON 1989:2), ebenso wie sich die Vorstellungen über die spezifischen Ursachen von Katastrophen gewandelt haben. Früher wurden Naturkatastrophen in den meisten Kulturen als eine Handlung Gottes, als eine Art göttlicher Fügung interpretiert. Beispiele

dafür finden sich in der Literatur der zwanziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts, wo Hungersnöte und Epidemien als Naturkatastrophen und Werke Gottes – als die Strafe Gottes für die vom Menschen begangenen Sünden – beschrieben wurden.

Aus naturwissenschaftlicher Sicht hat es in verschiedenen geologischen Erdzeitaltern Naturkatastrophen gegeben, so z. B. diejenigen, die das Aussterben der Saurier verursachten. Heutzutage ist der Begriff „Naturkatastrophe“ – besonders aus Sicht der Geisteswissenschaft – jedoch aufs Engste mit der Vorstellung der Konsequenzen, die sie für die betroffene Gesellschaft hat, verbunden.

Aktuellere Beispiele für das heutige Verständnis von „Naturkatastrophe“ finden sich in den Werken von BAUMANN und SIMS (vgl. WHITE 1974:29), in denen auf die Bedrohung durch Hurrikane in einer lateinamerikanischen Gesellschaft (Puerto Rico) eingegangen wird und aus denen hervorgeht, dass 54% der befragten Personen im Fall einer Katastrophe ihr Schicksal „in die Hände Gottes legen“. Es sind auch in anderen Ländern aufschlußreiche Studien erarbeitet worden, in denen auf die Frage nach möglichen Auswirkungen einer Naturkatastrophe eingegangen wird und aus denen deutlich hervorgeht, dass in den betreffenden Gesellschaften die weitläufige Meinung vorherrscht, Katastrophen könnten sich doch in jeder beliebigen Gesellschaft abspielen und man könne dagegen sowieso nur wenig unternehmen. Diese Einstellung kommt zum Beispiel im Artikel von ISLAM AMINUL (IN WHITE, 1974:21) zum Tragen, in dem die Frage nach der Bedrohung der Küste von Bangladesh durch tropische Zyklone, wie bei den Überschwemmungen vom 12. und 13. November 1970, analysiert wurde. Aus dieser Studie geht hervor, dass 90% der dortigen Bevölkerung von weiteren Überschwemmungen in diesem Gebiet ausgeht, wobei 70% dieses Bevölkerungsanteils einen weiteren Zyklon schon bald befürchtet und 10% ein solches Ereignis als „Willen Gottes“ ansieht.

Die wissenschaftliche Konzeptualisierung des Begriffs „Katastrophe“ beginnt mit der Untersuchung der bestehenden Zusammenhänge zwischen den *natürlichen* Ursachen und dem *Naturereignis*, die dieses auslösen. Für Wissenschaftler haben bei der Wertung eines Naturereignisses für gewöhnlich zuerst die möglichen Auslöser eine Rolle gespielt, und zwar unabhängig davon, ob es sich dabei um biologische

(Epidemien, Infektionskrankheiten) oder geophysische bzw. meteorologische Vorgänge (BOLT, HORN, MACDONALS & SCOTT: 1975) handelte.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden Studien zu Naturkatastrophen immer häufiger durchgeführt. Zu dieser Zeit begann sich der Begriff „*natural hazards*“ international durchzusetzen. Unter den wichtigsten Befürwortern dieses Terminus befanden sich Geographen wie SIMONS (1957), MILLER (1966), KATES (1962, 1970), GILBERT WHITE (1974), TURNER (1996) u. a., aus deren Studien jedoch hervorgeht, dass sie dieses Thema aus jeweils unterschiedlichen Perspektiven betrachtet haben und sie deshalb auch mit jeweils einem anderen Ansatz darangegangen sind.

Zur gleichen Zeit bemühte man sich auch im Bereich der Sozialwissenschaften um die Vermittlung eines besseren Verständnisses des Begriffs „Katastrophe“. So veröffentlichte man wichtige, themarelevante Beiträge und soziologische Studien dazu, wie zum Beispiel die Untersuchung von SOROKIN, präsentiert in seinem Buch „*Man and Society in Calamity*“ aus dem Jahr 1920. Hinzu kommen auch noch die vielen, seit dem Ende des Ersten Weltkriegs von Sozialwissenschaftlern realisierten empirischen Gesellschaftsstudien (vgl. QUARANTELLI, 1978), sowie die aktuellen Beiträge zur Problematik von Katastrophen, in denen die soziale Perspektive mit der der Naturwissenschaften oftmals gekoppelt wird. Beispiele dafür sind die Arbeiten von O'KEEFE, WESTGATE und WISNER (1983), CANNON (1994) und CONPAS (1983). Alle liefern wertvolle Beiträge zum Verständnis von Katastrophen, welche als Grundlage für die Beurteilung und Analyse natürlicher Risiken dienen.

Die Untersuchung der zwischen natürlichen und sozialen Elementen bestehenden und bei der Feststellung der Ursachen von Katastrophen ins Auge zu fassenden Beziehung bekommt in den 1970er Jahren weiteren Auftrieb durch die Arbeiten von GILBERT WHITE (1974), der die Beziehung zwischen der Bedrohung bzw. dem Naturrisiko und dem sozialen Umfeld analysierte: „*Floods would not be hazard were not man tempted to occupy floodplains: by his occupance he establishes the damage „POT“ential, and may well change the flood regimen itself. [...] The effects of human adjustments will depend upon the particular combination of physical and social environment that prevail at the time.*“ (WHITE, 1974:3) Auch andere, neuere Studien wie die, die von Geowissen-

schaftlern wie GEIPEL (1988/1991), POHL (1988/1997), ALEXANDER (1996), CARRARA (1995) präsentiert worden sind, rückten diese Elemente ins Zentrum der Betrachtung.

Weitere wichtige Beiträge zum Thema „Naturkatastrophe“ stellen die Arbeiten von Forschern wie SUSMAN, O'KEEFE und WISNER (1983) dar, deren Abhandlungen darauf ausgerichtet sind, diese Phänomene in Entwicklungsländern, in denen sie als Teil des Marginalisierungsprozesses betrachtet werden, zu untersuchen, um dadurch den zunehmenden Grad an Anfälligkeit der dortigen Gesellschaften für Katastrophen verstehen zu lernen. In ihrem Artikel *„Disaster, a radical interpretation“* werden außer den bereits genannten Auslösern auch soziale und umweltbedingte Prozesse als mögliche Ursachen von Katastrophen aufgeführt: *„[...] to understand the everyday condition of a population, it is necessary to consider the socio-economic conditions in relation to physical environment.“* (SUSMAN et al. 1983:264)

Die innerhalb der Sozialwissenschaften zu diesem Thema durchgeführten Studien haben letztendlich dazu beigetragen, die Vorstellung, derzufolge „Naturkatastrophen“ als ausschließlich von geophysikalischen und klimatologischen Wechseln ausgelöste Phänomene aufzufassen seien, zu entmystifizieren.

Da auf die in den Sozial- und Naturwissenschaften normalerweise angewandten Verfahrensweisen und Arbeitsmethoden auch im Bereich der Geografie zurückgegriffen wird (vgl. NEEF, 1983), sollten sämtliche, im Bereich dieses Wissenschaftszweigs betriebenen Analysen und Bewertungen von Naturkatastrophen diese auf eine interdisziplinäre Art und Weise untersuchen.

### **2.1.1 Zur Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ bei seiner Konzeptualisierung und Kontextualisierung**

Aus der Art und Weise, wie der Begriff „Naturkatastrophe“ von jemandem verwendet wird, lässt sich mitunter ableiten, was genau die betreffende Person darunter versteht, woraus sich wiederum Rückschlüsse auf ihren fachlichen Kenntnisstand ziehen lassen. Wenn jemand also von „Katastrophen“ spricht, dann ist unbedingt darauf zu achten, welchem Fachbereich diese Person zuzuordnen ist und wie viel Fachwissen sie

mitbringt, denn dies spielt für das Verständnis der von dieser Person bei der Analyse der „Katastrophe“ zugrunde gelegten Variablen eine wesentliche Rolle. Der bei der Einschätzung eines Naturereignisses als „Naturkatastrophe“ gewählte Betrachtungswinkel ist aber auch für die Ausrichtung der Vorsorgeprogramme als auch für die Art und Weise, in der Katastrophen auf lokaler und regionaler Ebene bewältigt werden, ausschlaggebend. So werden in soziologischen Studien Katastrophen im Hinblick auf die im sozialen Gefüge festgestellten Veränderungen analysiert, wohingegen ökonomische Studien ihr Augenmerk auf wirtschaftliche Verluste richten. Demografische Studien wiederum orientieren sich an der betroffenen Bevölkerung, an der Sterberate und an der Krisendauer (vgl. HOLLINGSWORTH, 1979), während man sich im Bereich der Psychologie, die diese Problematik unter Verwendung der so genannten „temporären Konstrukte“ („temporal constructs“, vgl. EVANS, 1994:3) angeht, für den traumatischen Effekt, den eine Katastrophe bei Einzelpersonen als auch in der Gemeinschaft insgesamt hinterlässt, für die von der Bevölkerung im Verlauf einer Katastrophe gesammelten und sich auf ihr Leben über kurz oder lang auswirkenden Erfahrungen als auch für die Fähigkeit der Betroffenen, mit den entstandenen Schäden fertig zu werden, interessiert. Aus ökologischer Sicht werden Katastrophen anhand der in den betroffenen Ökosystemen festgestellten Verluste und Schäden bewertet, wobei sie aber auch als das Resultat des Zusammenspiels zwischen physischen und menschlichen Einwirkungen, also dem, was man auch als ökologische Vulnerabilität (vgl. BURTON et.al, 1993) bezeichnet, verstanden wird.

Aus der Sichtweise der mit dem Management von Naturkatastrophen beauftragten Organisationen geht es bei der Wertung von Katastrophen im Wesentlichen um die Quantifizierung der entstandenen Schäden und um die Festlegung des zur Abhilfe benötigten Leistungsumfangs. Der Staatliche Gesundheitsdienst des Staates New York definiert Katastrophe zum Beispiel folgendermaßen: “[...] *un suceso natural o causado por el hombre, de tal severidad y magnitud que normalmente resulta en muertes, lesiones y daños a la propiedad y que no puede ser manejado mediante los procedimientos y recursos rutinarios del gobierno.*” (FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY: 2001).

In die Definition des Begriffs „Katastrophe“ fließen also eine Vielzahl von Komponenten hinein, die einem klar definierten zeitlich-räumlichen Kontext zugeordnet werden

können und die es ermöglichen, Katastrophen in vier Dimensionen zu erfassen: Raum, Zeit, Größenordnung und Häufigkeit.

In der räumlichen Dimension ist der Einflussbereich einer Katastrophe variabel, denn er kann sich sowohl über lokale als auch regionale, nationale und/oder auch über kontinentale Gebiete ausstrecken. Wie groß der Einflussbereich einer Katastrophe letztendlich ist, hängt von der räumlichen Ausdehnung der Schäden ab als auch davon, welches Nachspiel diese Schäden für die Betroffenen haben werden.

In ihrer zeitlichen Dimension werden Katastrophen meistens mit dem Auftreten plötzlich eintretender Ereignisse bzw. mit dem Eintritt sich sofort auswirkender Ereignisse assoziiert. (vgl. ALEXANDER, 1995:10) Nach dieser Auffassung umfasst der Begriff „Naturkatastrophe“ keine Naturereignisse, die sich langsam bzw. langwierig entfalten (also im Gegensatz zu den „plötzlich eintretenden Phänomenen“). Deshalb gehören für einige Forscher, die sich mit Analysen von Gefahren nach Naturkatastrophen beschäftigen, die vom Menschen verursachte Bodenzerstörung, die durch meteorologische Wechsel (Dürren oder Naturereignisse wie *El Niño*) bedingten Schäden, die fortschreitende Trockenheit sowie Folgeerscheinungen der Umweltverschmutzung und sonstiger menschlicher Aktivitäten, der so genannten *natural man-made hazards*, nicht zu Naturkatastrophen. Da die zeitlich-räumliche Dimension einer *Katastrophe* sehr komplex und vielschichtig sein kann, kann die zeitliche Dimension aber in Wirklichkeit von der räumlichen nicht ganz getrennt betrachtet werden. Im Falle von Überschwemmungen oder Hurrikanen z. B. ist das zeitlich-räumliche Ausmaß der Katastrophe unbedingt langfristig zu erfassen, da es sein kann, dass nicht alle Bereiche sofort betroffen werden. Bei einem Erdbeben wäre es da schon ein ganz anderer Fall. (vgl. ALEXANDER, 1995)

Wenn man bei der Erfassung von Katastrophen von den Faktoren Größenordnung und Häufigkeit ausgeht, so werden relativ belanglose Ereignisse eher registriert als schwere Katastrophen („*extreme geophysical events*“). Dieser Umstand wirkt sich auf die teilweise ohnehin schon stark konditionierte kollektive Wahrnehmung von dem aus, was sie als desaströse Ereignisse empfinden, denn diese müssten ja großflächig und intensiv ausfallen. (vgl. ALEXANDER, 1995) Dabei bezieht sich jedoch der Faktor der Größenordnung, welcher anhand der entstandenen Schäden gemessen wird, vielmehr

auf die Tragweite des physischen Ereignisses. Diese irrtümliche Auslegung des Begriffs „Naturkatastrophe“ hat dazu geführt, dass Naturereignisse, die einen nicht sofort wahrnehmbaren Verlust an Infrastruktur bzw. Menschenleben verursachen – was nach QUARANTELLI als „*social disruption*“ zu bezeichnen ist (vgl. QUARANTELLI; 1978) –, als solche nicht wahrgenommen werden. Eine weitere Konsequenz ist die Vernachlässigung von Studien von natürlichen Prozessen, die nur allmählich zur Entfaltung kommen und dabei stets an Masse, Stärke und Ausdehnung zulegen, und dies, obwohl nicht von der Hand zu weisen ist, dass viele dieser „kleinen Ereignisse“ (in LA RED, 1993, werden sie als „*pequeños eventos*“ bezeichnet) letztendlich die wirklich großen Katastrophen („*extreme geophysical event*“) überhaupt erst auslösen.

Laut Aussagen QUARENTELLIS und CURSONS, wonach “[...] *disasters as being the social disruption and changes brought about by the physical agent and its impact*“ (QUARANTELLI 1978:3) aufzufassen sind und derzufolge “[...] *disasters have always been a common feature of human societies. Epidemics, famines, wars and floods would spasmodically devastate a population leaving behind their indelible marks on demographic and social structures*“ (CURSON 1989:1), ist allen Naturkatastrophen gemeinsam, dass sie eine soziale Störung auslösen, die die betroffene Bevölkerung auf den Plan rufen.

Bei der Suche nach einer allgemein gültigen Definition des Begriffs „Naturkatastrophe“ sollte also in jedem Fall der Faktor der sozialen Reaktion – egal, ob diese individuell oder kollektiv innerhalb einer Gesellschaft stattfindet (vgl. QUARANTELLI, 1978) – auf eine durch ein Naturereignis ausgelöste Veränderung eines gegebenen Zustands, die zu einer als anormal empfundenen „sozialen Situation“ führt, zur Kenntnis genommen werden.

In dieser Arbeit wird auf den Begriff „Katastrophe“ in den Fällen zurückgegriffen, in denen die Katastrophe eine für die betroffene Bevölkerung unerwartete negative Veränderung nach sich zieht. Dieser Begriff wird aber auch dann verwendet, wenn große Wandel natürlicher Art eintreten, auch wenn ihre negativen Auswirkungen nicht sofort wahrnehmbar sind.

Während Katastrophen für einige Autoren einen normalen Bestandteil eines jeden sozialen Systems darstellen (vgl. CLAUSEN, 1978:64), gehen andere weiter und orientieren sich bei ihren Analysen am Grad der nach Katastrophen innerhalb einer Gesellschaft beobachteten Umwälzungen (vgl. WESTGATE and O'KEEFE, 1976), welche von QUARANTELLI als „*disruption*“ bezeichnet werden. (vgl. QUARANTELLI, 1978) Die Einsicht, dass Katastrophen für die betroffene Bevölkerung Veränderungen mitbringen, hat dazu geführt, dass man bei der Analyse von Katastrophen zunehmend die täglichen Aktivitäten des Menschen genauer ins Visier nimmt und diese als eine weitere, bei der Untersuchung von Gefahrenelementen, die durch einen bestimmten Risikofaktor ausgelöst werden, zu beachtende Variable behandelt. (vgl. GEIPEL, 1991)

Um das Ausmaß der durch ein oder mehrere bestimmte Bedrohungen verursachten globalen Risiken abschätzen zu können, ist es also notwendig, die soziale, wirtschaftliche und kulturelle Strukturierung einer Gesellschaft zu verstehen und sie in die Gefahrenanalyse einzubeziehen, um die Variablen, die für die demographische, wirtschaftliche und somit auch soziale Vulnerabilität verantwortlich sind, überhaupt auswerten zu können. Die Kenntnis der genauen Strukturierung einer Gesellschaft ist ein äußerst wichtiger Faktor, der beim Entwerfen bzw. bei der Umsetzung von Programmen zur Vorbeugung bzw. zum Management von Katastrophen berücksichtigt werden sollte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der Definition und Erfassung von Naturkatastrophen die sozialen Variablen genauso zu gewichten sind wie die physischen Komponenten. Daraus folgt wiederum, dass diese Variablen schon bei der Konzipierung von Programmen zur Vorbeugung und zum Management von Naturkatastrophen unbedingt ins Kalkül einzubeziehen sind.

Ein solcher ganzheitlicher Ansatz ist freilich wünschenswert, bisher jedoch noch unausgereift, und zwar weil „[...] die Forschungs- und Handlungsansätze, die eine einzige einheitliche Matrix zu bilden versuchen, in der sich Beiträge der Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften verbinden, gerade erst entwickelt werden“ (freie Übersetzung nach LA RED, 1992:1).

### **2.1.2 Zur Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ und den daraus erwachsenden Schwierigkeiten bei der Quantifizierung und Klassifizierung von Naturphänomenen**

Aus sozialwissenschaftlicher Sicht ist die wichtigste, ein natürliches Phänomen als „Katastrophe“ definierende Komponente der Faktor der Quantifizierung der dabei verlorenen Menschenleben und der zu Schaden gegangenen Infrastruktur. Laut diesem Verständnis von „Katastrophe“ geht man bei der Bewertung eines desaströsen Phänomens also lediglich von der Anzahl der betroffenen Menschen und dem Ausmaß der ökonomischen Schäden aus.

Ein derartiger Ansatz zur Erfassung von Desastern wirkt sich unter anderem auf den Umfang und die Beschaffenheit der Ressourcen aus, die für die Analyse von Umweltgefahren zur Verfügung gestellt werden. So werden beispielsweise zur Zeit mehr Mittel für die Durchführung von Studien zu Erdbeben oder Überschwemmungen vor allem in den lateinamerikanischen Großstädten wie México, D. F. oder Sao Paulo (vgl. SOWAY, 1999:246) bereitgestellt als für Forschungsprojekte zum Thema „Abholzungen“ und zu dem damit einhergehenden Untersuchungsgegenstand „Mögliche Desertifikation städtischer Randgebiete“, und dies, obwohl beide Problematiken gleichermaßen als Szenarien zukünftiger Umweltkatastrophen, die sich in diesen Regionen abspielen werden, wahrgenommen werden.

Bei der Wertung von Desastern nach sozialwissenschaftlichen Maßstäben werden Umweltkatastrophen in den meisten Fällen entsprechend ihrer Stärke, Geschwindigkeit, Dauer als auch der Anzahl der zu beklagenden Todesfälle und Schäden klassifiziert. (vgl. LA RED und OSSO:2002) Es verwundert daher nicht, dass der Umfang der für Schadensbegrenzung und für die Erstellung von Risikoanalysen bestimmten Hilfeleistungen vom Ausmaß der Katastrophe als auch von der Anzahl der Betroffenen und der Größenordnung der erlittenen materiellen Schäden abhängig gemacht wird.

Einige Autoren klassifizieren Naturkatastrophen entsprechend der zu erwartenden wirtschaftlichen und menschlichen Verluste, wobei mindestens eines der folgenden Szenarien gegeben sein muss, damit ein Ereignis als Katastrophe gewertet wird: Die Schadenshöhe muss ungefähr 1 000 000 US\$ betragen und die Zahl der Betroffenen

muss auf 10 Tote bzw. mehr als 100 Verletzte ansteigen. Im *World Disasters Report* wird eine Katastrophe zum Beispiel folgendermaßen definiert: „*A situation or event, which overwhelms local capacity, necessitating a request to national or international level for external assistance [...]*“, wobei mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt sein muss: „*[...] 10 or more people reported killed; 100 people reported affected; a call for international assistance; and/or declaration of a state of emergency [...]*“. (EM-DAT: THE OFDA/CRED International Disaster Database:2003)

Autoren wie HEWITT & BURTON (1974:28) weisen auf eine Serie von Kriterien hin, die erfüllt sein müssen, damit ein Naturereignis als Katastrophe klassifiziert wird. Für sie ist die Schadenshöhe oder die Anzahl der in Mitleidenschaft gezogenen Güter ausschlaggebend: Es müssen mehr als 20 Familien betroffen sein, der Schaden an der Infrastruktur muss sich auf mehr als 50 000 US\$ belaufen, die Versorgung mit öffentlichen Diensten muss unterbrochen sein oder es müssen mindestens 10 Menschenopfer zu beklagen sein, wobei das Zutreffen nur eines dieser Kriterien ausreicht, um ein Ereignis als eine Katastrophe zu registrieren. Andere Autoren wie BAIRD et.al. (1975:14) erhöhen die Schadenssumme auf mindestens 1 Million US\$, und die Toten- bzw. Verletztenanzahl auf mindestens 100.

Diese Kriterien, die den Vertretern der sozialwissenschaftlichen Auslegung von „Katastrophe“ bei der Einstufung von Naturereignissen als Naturkatastrophen als Orientierungshilfe dienen, erweisen sich in Entwicklungsländern als unzulänglich. Denn wenn man die Komplexität der räumlichen und zeitlichen Variablen, die bei Katastrophen eine wichtige Rolle spielen, betrachtet, stellt sich die Frage, inwiefern man eine Katastrophe tatsächlich nur auf der Grundlage der eben angeführten Mengenangaben als stark, mittelstark oder schwach einstufen kann? – Solche Kalkulationen mögen zwar den Vorteil verschaffen, „destruktive Ereignisse“ (wie Zerstörung oder Tod) von „auslösenden Ursachen“ (wie Stürme, Überschwemmungen, Erdbeben) unterscheiden zu können, doch wird dabei der räumliche und soziale Kontext außer Acht gelassen und damit ein Desaster nicht ganzheitlich erfasst. So wird z. B. in Industrieländern der Risikograd ausgehend von der Anzahl der in einem als Naturgefahrbereich (z. B. Wegen Erdbeben, Überschwemmungen etc.) eingestufen Gebiet befindlichen Technologiegüter und der dort identifizierten Sach- und Geldwerte geschätzt (vgl. ALEXANDER, 1995:8), weshalb bei Katastrophen in diesen Ländern häufig

die größten wirtschaftlichen Schäden zu beklagen sind. In Schwellen- bzw. Entwicklungsländern dagegen wird der Risikograd von Naturgefahren (Erdbeben, Überschwemmungen etc.) ausgehend von der Besiedlungsstärke der betroffenen Gebiete und der dort herrschenden Armut eingestuft. Daraus folgt, dass die Überwindung einer Naturkatastrophe in stark besiedelten und armen Gegenden vergleichsweise sehr viel Zeit in Anspruch nehmen kann. Auch werden die Folgen einer Katastrophe in solchen Gebieten über eine längere Zeit spürbar bleiben.

Die nach einer Katastrophe entstandenen ökonomischen Verluste haben für die Wirtschaft eines Entwicklungslandes weit tragende Konsequenzen, da sie einen Rückschlag für ihre Entwicklungsprogramme bedeuten und einen Anstieg des Elends nach sich ziehen können. Eine solche Entwicklung wurde zum Beispiel nach dem Hurrikan *Mitch*, der zwischen dem 21. Oktober und dem 1. November 1998 über Mittelamerika fegte und dabei den Schätzungen der CEPAL zufolge einen Schaden von ca. 5 Milliarden Dollar verursachte, beobachtet. Diese Summe entspricht etwa 10% des jährlichen Bruttoinlandsprodukts aller Länder Zentralamerikas. (vgl. KUMMENZ, 2001:16)

Ein weiteres Beispiel für die bei der Bewertung von Naturkatastrophen beobachteten unterschiedlichen Vorgehensweisen liefert MASKREY (vgl. MASKREY, 1994). Ausgehend von der Annahme, ein Tornado würde in einem Wohngebiet von Miami wüten und an verschiedenen Wohngebäuden Schäden anrichten, so dass einige Familien obdachlos würden und Schäden von über einer Million Dollar entstünden, so wäre davon auszugehen, dass die entstandenen Schäden zumeist von Versicherungen gedeckt werden würden. Im Vergleich dazu müsste man sich nur vorstellen, wie man mit den Auswirkungen eines Erdbebens in einer armen Gegend eines Schwellenlandes umgehen würde. Auch wenn es weniger als 10 Tote zu beklagen gäbe und die Verluste sich nicht auf eine Million Dollar belaufen würden, so wären doch Hunderte von Menschen, die kein Geld für den Wiederaufbau ihrer Unterkünfte haben, betroffen. Und da diese Menschen aller Wahrscheinlichkeit nach keine Versicherung haben, müssten sie die im Rahmen des Wiederaufbaus ihrer Infrastruktur entstandenen Kosten selber tragen – oder es würde eben kein Wiederaufbau stattfinden!

Wie den von SUSMAN, O'KEEFE und WISNER realisierten Studien zu Katastrophenanalysen zu entnehmen ist (vgl. SUSMAN, O'KEEFE und WISNER, 1983), besteht in den

Entwicklungs- und Schwellenländern ein enger Zusammenhang zwischen den Ausmaßen, die Katastrophen annehmen, und dem Grad der dort herrschenden Armut. Es ist allgemein bekannt, dass die ärmsten Bevölkerungsgruppen, die sich in Gefahrenzonen niedergelassen haben, aufgrund ihrer Armut und sozialen Ausgrenzung für Katastrophen besonders anfällig sind und somit den höchsten Grad an Vulnerabilität insgesamt aufweisen.

Die Aufarbeitung eines Desasters ist für diese Teile der Bevölkerung mit einem besonders hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden, und nicht selten schaffen sie es überhaupt nicht, sich von einer Katastrophe jemals zu erholen. Da sie auch nach dem Ausklingen der Katastrophe an sich weiterhin Verluste menschlicher und materieller Natur hinzunehmen haben, ist es in diesen Fällen äußerst schwierig, eine Antwort auf die Frage zu liefern, „*wie man die von einer Katastrophe betroffenen Menschen von den vom Leben insgesamt benachteiligten Menschen unterscheiden kann?*“ (freie Übersetzung nach WILCHES-CHAUX, G. 1997:15).

Katastrophen werden aber nicht nur in Abhängigkeit von der Höhe der zu verkräftenden materiellen Verluste differenziert, sondern auch entsprechend der Eigenart des Naturereignisses, welches zur Auslösung des Desasters geführt hat. So unterscheidet man Naturkatastrophen, die durch geophysische, biologische oder meteorologische Ursachen hervorgerufen worden sind, von den „sozial“ bedingten Desastern. Obwohl es eingangs relativ plausibel erscheint, diese beiden Klassen von Katastrophen voneinander getrennt zu betrachten, so ist nicht von der Hand zu weisen, dass sie oftmals zeitgleich auftreten und für die Entwicklung spezifischer komplexer Vorgänge gleichermaßen verantwortlich sind, weshalb es in vielen Fällen notwendig erscheint, sie als integrale Teile ein und desselben Prozesses zu behandeln.

### **2.1.3 Zu den aus der Vielschichtigkeit des Begriffs „Naturkatastrophe“ erwachsenden Schwierigkeiten bei der Dokumentation von Desastern**

Die von den zuständigen Behörden bei der Einstufung und Dokumentation eines Vorkommnisses als Naturkatastrophe an den Tag gelegten unterschiedlichen Vorgehensweisen haben dazu geführt, dass sich die Problematik, die sich aus der

ambivalenten Auslegung des Begriffs „Katastrophe“ ergibt, noch weiter verschärft hat. Denn das von den Behörden einem jeden Vorkommnis zugeordnete Prädikat bestimmt im Wesentlichen den Umfang der zu ergreifenden Vorbeugungsmaßnahmen und der zu entsendenden Hilfeleistungen zur Schadensbegrenzung.

Wie man einer in der lateinamerikanischen Datenbank zu Naturkatastrophen gespeicherten vergleichenden Studie (vgl. LA RED & OSSO:2002), die auf Daten aus 4 lateinamerikanischen Ländern basiert, entnehmen kann, offenbart sich die ambivalente Vorgehensweise der Behörden bei der Klassifizierung und Dokumentation von Naturkatastrophen ebenfalls durch die Heranziehung unterschiedlicher Variablen zur Einschätzung von unmittelbaren Verlusten an Menschenleben und an der Infrastruktur. Auch wenn in dieser Studie zwischen großen, mittleren und kleineren Katastrophen unterschieden wird, so wird doch deutlich, dass diejenigen Katastrophen, die dort als „klein“ eingestuft werden, im alltäglichen Leben tatsächlich häufig vorkommen, sie in den Statistiken aber meist keinen Niederschlag finden.

Laut der vorgenannten Studie entfallen auf kleinere Naturkatastrophen nur 5% der Todesfälle, die bei Naturkatastrophen aller Größenordnungen insgesamt verzeichnet werden. Da die kleineren im Vergleich zu den mittleren bzw. großen Katastrophen in Wirklichkeit jedoch eine 48%-ig häufigere Inzidenz aufweisen, fällt der Anteil der bei kleinen Katastrophen ums Leben gekommenen Menschen und der dabei beschädigten materiellen Güter tatsächlich viel höher aus.

Diese Tendenz kann auch der Abb. 2.1, in welcher Daten aus den zwischen 1970 und 1999 in 4 ausgewählten lateinamerikanischen Ländern verzeichneten Katastrophen berücksichtigt wurden, entnommen werden.

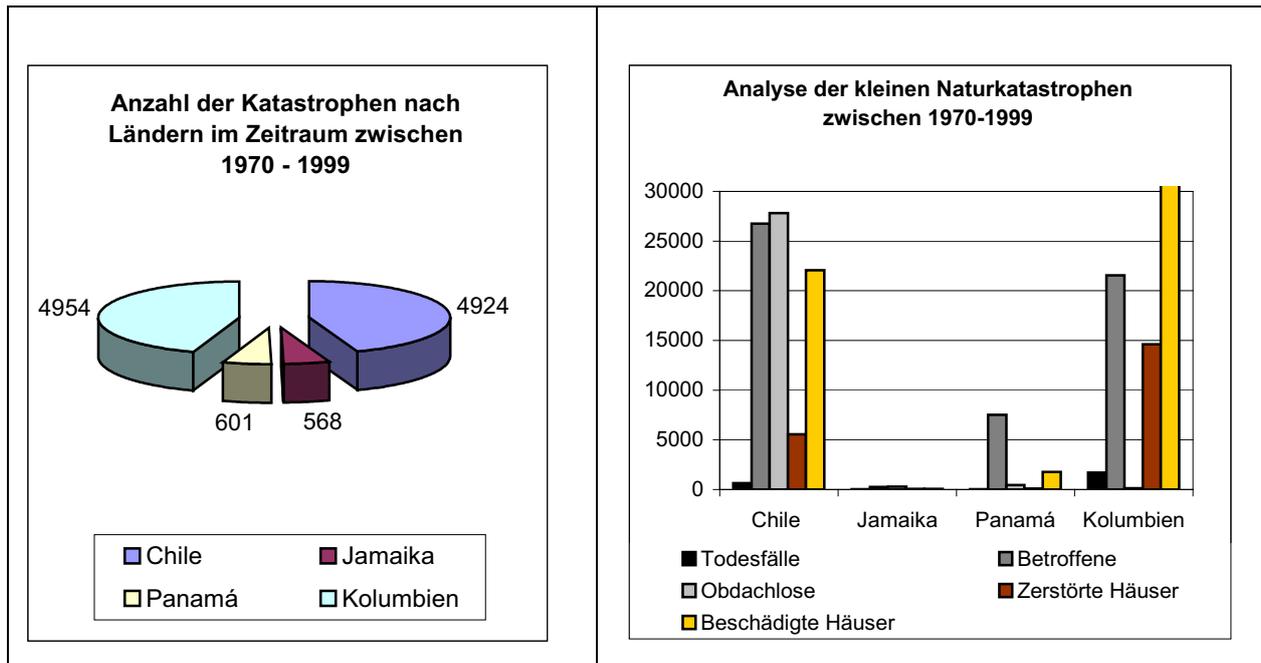


Abb. 2.1 Analyse und Anzahl der kleinen Naturkatastrophen oder Naturschadenereignisse zwischen 1970-1999 in den 4 bezeichneten lateinamerikanischen Ländern. Eigene Zusammenstellung. Quelle: LA RED-OSSO (2002).

Bei großen Katastrophen werden die von Nichtregierungsorganisationen aufgebrauchten Mittel im Allgemeinen für die Leistung von Hilfsmaßnahmen verwendet. Bei kleinen Desastern dagegen findet oft gar keine Reaktion seitens der Hilfsorganisationen statt, da die zuständigen Behörden die Ereignisse entweder gar nicht erst dokumentieren oder – wenn doch – sie sie als belanglos einstufen. Eine solche Einstellung hat letztendlich zur Folge, dass man über verlässliche und realitätsnahe Angaben zur Höhe der von kleineren Katastrophen verursachten Schäden nicht verfügt.

Man muss sich schon bewusst sein über diese, bei der Einschätzung von Naturkatastrophen angewandten ambivalenten Praktiken, bei denen es nur um die Bezifferung der verloren gegangenen materiellen Güter und Menschenleben geht und nicht um eine nachhaltige Auswertung der von kleineren und größeren Katastrophen verursachten Folgen, um die Orientierung der meisten zur Verhütung und zum Management von Katastrophen erarbeiteten Programme nachvollziehen zu können, insbesondere wenn es zu verstehen gilt, wie und in wofür die zur Verfügung gestellten Mittel eingesetzt werden. (vgl. LA RED: 1998) Und da nicht alle kleineren Katastrophen erfasst werden, können ihre Auswirkungen langfristig auch nicht untersucht werden,

was wiederum zur Folge hat, dass zu ihrer Vorbeugung und Handhabung keine Hilfeleistungen aufgebracht werden.

In der internationalen Katastrophen-Datenbank OFDA wird die „Katastrophe von Armero“ als die bedeutendste Naturkatastrophe gelistet, die sich in dem in der Abbildung 2.1 bezeichneten Zeitraum in Kolumbien abgespielt hat. In dieser Datenbank findet man dagegen keinen Eintrag zu kleineren Katastrophen, die sich während dieses Zeitraums abgespielt hätten, was sehr befremdlich erscheint (s. Abb. 2.2). Schon alleine deswegen sollte man sämtliche Statistiken zu diesem Thema mit größter Vorsicht behandeln.

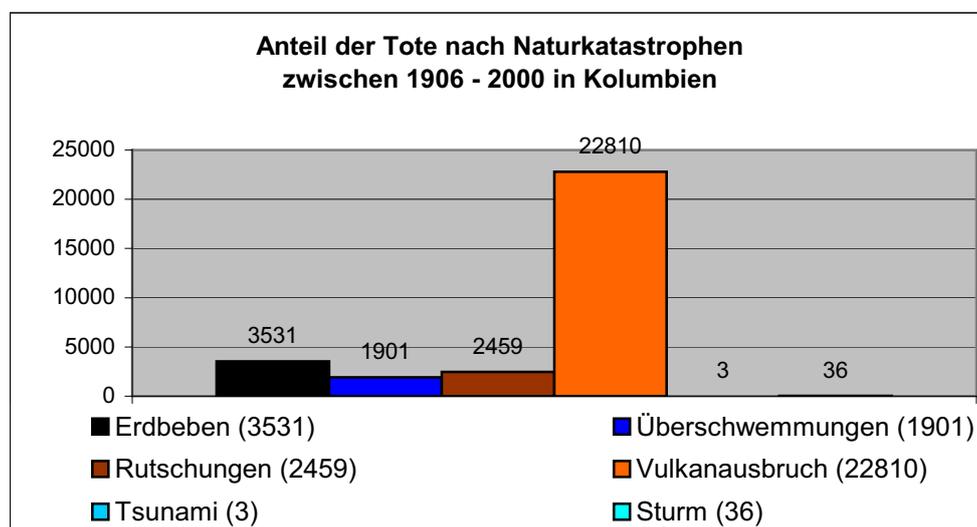


Abb. 2.2: Graphische Darstellung aller registrierten Naturkatastrophen in Kolumbien seit 1906. Nach OFDA/CRED. Eigene Zusammenstellung. Quelle: Datenbank der OFDA/CRED (2003)

## 2.2 Programme zur Vorbeugung und Handhabung von Naturkatastrophen in Lateinamerika

Die in Lateinamerika zur Vorbeugung und Handhabung von Naturkatastrophen entworfenen Programme orientieren sich immer an den geltenden politischen Richtlinien, deren oberste Zielsetzung lautet, eine „nachhaltige Entwicklung“ des Landes zu gewährleisten (vgl. UNO-Resolution 46/182 vom 19.12.1991), um den Lebensstandard der Bevölkerung zu erhöhen. In ihrem Bestreben, dieses Ziel auf

einem möglichst schnellen Wege zu erreichen, würden sich für die Regierung ein besseres wissenschaftliches Verständnis von Katastrophen und von ihren Charakteristika sowie eine sinnvollere Planung von Programmen zur Vorbeugung und Abwendung von Gefahren als auch von Maßnahmen zur Reduzierung der Vulnerabilität zweifellos als eine große Hilfe erweisen.

Der internationale Strategieplan zur Prävention von Katastrophen in Lateinamerika (REVISTA EIRD; 2001) sieht vor, Katastrophenmanagement in zwei Grundsparten einzuteilen:

- Eindämmung von Disastern („*disaster mitigation*“) durch rechtzeitige Erkennung und Einschätzung der bestehenden Risiken sowie durch frühe Planung von Vorbeugungs- und Schutzmaßnahmen (vgl. Abb. 2.3) als auch
- Schadensbehebung („*disaster response*“) durch Mobilisierung humanitärer Hilfe und durch Schaffung von Rehabilitations- und Wiederaufbauprogrammen.

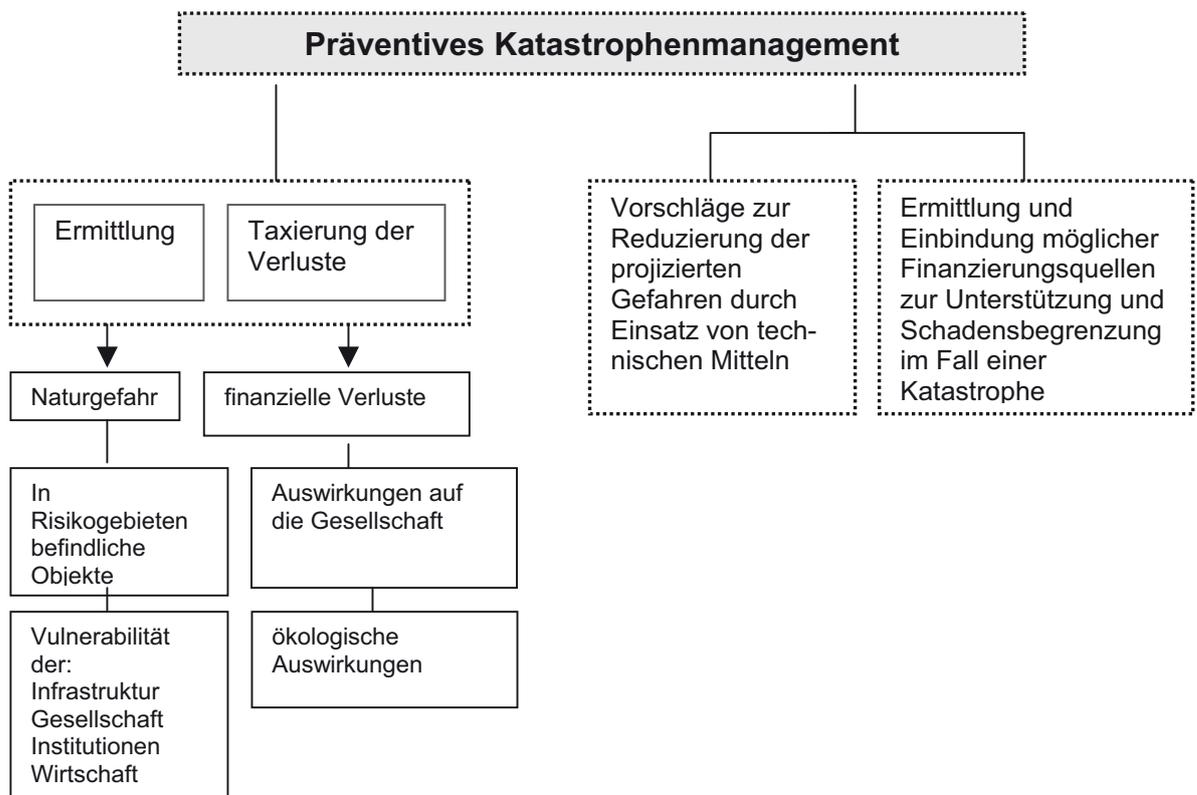


Abb. 2.3 Präventives Katastrophenmanagement.

Quelle: LA RED (1993). Eigene Übersetzung

Eines der offensichtlichsten Probleme, mit denen man beim Katastrophenmanagement zu kämpfen hat, ist das Fehlen einer klaren Linie, wenn es um die Bestimmung der nach dem Eintreten einer Katastrophe – aber auch schon davor – zu ergreifenden Maßnahmen geht. Und da die nationalen Hilfsorganisationen im Allgemeinen eher Programme unterstützen, die der Eindämmung der von Katastrophen verursachten Folgen dienen („*disaster response*“), und nicht so sehr diejenigen, die auf eine präventive Neutralisierung möglicher Auswirkungen von Katastrophen („*disaster mitigation*“) ausgelegt sind, beschränkt sich das Engagement der Gemeinschaft normalerweise auch nur auf die Umsetzung sofort greifender Hilfsmaßnahmen. Diese Haltung der Menschen führt wiederum dazu, dass die zuständigen Behörden von vornherein nur auf Programme zum Management von Katastrophen setzen, die der Eindämmung der von ihr verursachten Folgen (*remedial/paliative*), und nicht ihrer Prävention, dienen.

Das Eintreffen einer Katastrophe kann selbstverständlich auch nicht durch die punktuelle Umsetzung von vorher festgelegten Präventivmaßnahmen 100%-ig ausgeschlossen werden. Die frühzeitige Durchführung einer Studie zur Tauglichkeit der vorbereiteten Präventivmaßnahmen kann aber durchaus Aufschluss darüber geben, ob ein erwartetes extremes Ereignis „kontrollierbar“ oder „unkontrollierbar“ sein wird. In diesem Zusammenhang wäre es ebenfalls von großem Nutzen, die Kosten, die im Falle der Durchführung bestimmter Vorbeugungsmaßnahmen zur Beseitigung der entstandenen Schäden entstehen würden, vorab abzuschätzen. Die Information zur Höhe der für die Erbringung von Hilfeleistungen benötigten Mittel wäre nämlich bei Anfragen seitens der Geld gebenden Organisationen sofort abrufbar, was den Prozess der Mobilisierung von Hilfsmaßnahmen beschleunigen würde.

Die gegenwärtig vorhandenen Programme zur Katastrophenhilfe setzen v. a. auf den Einsatz technischer Methoden, mit denen die Folgeerscheinungen einer Katastrophe in Grenzen gehalten werden sollen. Dabei werden in erster Linie bauliche Maßnahmen zur Verbesserung von Infrastruktur vorangetrieben, um diese für unmittelbar bevorstehende Gefahren zu rüsten. Es wird aber auch der Einsatz von Messinstrumenten, mit denen nach Katastrophenopfern gesucht wird, welche jedoch sehr kostspielig sind und sich nicht immer als besonders hilfreich erweisen, forciert. In Schwellenländern wäre es da wohl schon praktischer und ökonomischer, in die Erarbeitung von

Vorbeugungsprogrammen, die der Minderung der für die Bevölkerung bestehenden Risiken dienen, zu investieren. Auf diese Weise ließe sich der Vulnerabilitätsgrad von potentiell bedrohten Bevölkerungsgruppen wesentlich reduzieren, wodurch sich die Ausgaben für die Entwicklung „technologischer Strategien zur Gefahrenminderung“ gering halten ließen. Dieses vorausschauende Handeln würde für die lokale Wirtschaft wiederum positive Folgen haben.

Der Einsatz modernster Technologien lässt sich aber auch nicht immer rechtfertigen. Die Umsetzung zweckmäßiger Maßnahmen zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen erweist sich als besonders wirkungsvoll nur in den Fällen, in denen die Maßnahmen im Einklang mit bestimmten Einsatzmodellen stehen, in welchen die Eigenarten der betroffenen Naturräume und Gesellschaften samt ihrer sozialen und kulturellen Gewohnheiten berücksichtigt werden und in denen nicht auf *technofix* Lösungen – also auf die Anwendung „*technischer Rezepte*“ für Einzelfälle (vgl. ALEXANDER, 1995) – gepocht wird. Solche Programme können jedoch nur mit Unterstützung ortskundiger Helfer und der zuständigen Behörden entwickelt werden. Die Planung von dienlichen Programmen zum Katastrophenmanagement fällt also unumstritten in den Aufgabenbereich der zuständigen lokalen Behörden.

Jede Risikoanalyse sollte sämtliche Variablen, die den Grad der allgemeinen Bedrohung und die Vulnerabilität der potentiell bedrohten Bevölkerung vergrößern könnten, ins Kalkül ziehen. Risikoanalysen müssen demzufolge immer auf den räumlichen und zeitlichen Parametern, die den gegebenen räumlichen und zeitlichen Kontext und damit den Grad der Vulnerabilität der Bevölkerung als auch die Inzidenz von „*natural hazards*“ bedingen, aufbauen. Im Sinne einer Reduzierung der sozialen Vulnerabilität und zur Erstellung verlässlicher Risikoanalysen wäre es also wünschenswert, dass sich jedes einzelne Mitglied einer potentiell bedrohten Gemeinschaft der Bedeutung einer aktiven Teilnahme an der Durchführung von Programmen zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen bewusst werden würde. Damit solche Programme ihren Zweck erfüllen, ist es jedoch nicht nur notwendig, dass die Gemeinschaft in dessen Umsetzung eingebunden wird, sondern auch, dass man sowohl auf lokaler als auch auf regionaler Ebene nutzbringende Informationssysteme etabliert und konsolidiert. Nur so wird eine kontinuierliche Überwachung der Variablen, die auf einen Anstieg oder eine Abnahme eines

Katastrophenrisikos hindeuten, ermöglicht. Dafür müssen mitunter die heutzutage bei der Umsetzung von Programmen zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen angewandten Methoden verfeinert werden.

Nach MASKREY (1989) sind es normalerweise die folgenden drei gesellschaftlichen Problematiken, die die Effizienz von Programmen zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen beeinträchtigen:

- Der weiterhin ungleiche Entwicklungsstand der Stadt- und Landbewohner und die fehlende Unterstützung der lokalen Organisationen seitens der lokalen Behörden, womit einer Beteiligung der Gemeinschaft an Entscheidungsprozessen im demokratischen Sinn ein Riegel vorgeschoben wird;
- Das Gefühl der Staatsverdrossenheit ist bei den Bürgern nach wie vor sehr stark ausgeprägt – man akzeptiert zwar den Staat in seiner Rolle als Wohltäter und Regulierungsinstanz für soziale Aktivitäten, vermisst jedoch seine Präsenz in vielen Regionen des Landes. Hinzu kommt, dass die gerade erst beginnende Entwicklung von lokalen Erziehungsprogrammen zur Stärkung des kollektiven Umweltbewusstseins noch kein Garant ist für eine bewusste Beteiligung der Bevölkerung an der Suche nach einer Lösung für ihre eigenen unmittelbaren Probleme.
- Die in der Öffentlichkeit verbreitete „formelle Vorstellung“ von dem, was als eine Katastrophe zu bezeichnen ist, weicht noch krass von dem Bild ab, das die zuständigen Behörden von einem Disaster haben: *„Die offiziellen Verwaltungsstellen, die internationalen Kooperationsorganisationen sowie die Mehrheit der mit Katastrophenschutz und Management betrauten Nichtregierungsorganisationen berücksichtigen zwar normalerweise die für jede Gesellschaft [allgemein gültigen] sozialen und kulturellen Parameter, jedoch nicht diejenigen, die den Schauplatz der Katastrophe an sich betreffen“.* (freie Übersetzung nach MASKREY, 1994:12) Die Vorbeugungsprogramme, die aufbauend auf dieser schematischen Vorstellung von „Naturkatastrophen“ entwickelt werden, lassen deshalb im Allgemeinen die innerhalb einer katastrophenbedrohten Gemeinschaft verwurzelten Perzeptionen von Gefahren außer Acht. Damit wird deutlich, dass die Unkenntnis und dürftige Erforschung „lokaler Szenarien“ bei der Erstellung von Katastrophenstudien dazu führen,

dass die traditionell vorgeschlagenen Standardlösungen, ungeachtet der in den verschiedenen Katastrophen-gebieten sehr unterschiedlich ausfallenden Rahmenbedingungen, in immer-gleicher Form zur Anwendung kommen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass man die Wirkungskraft der zur Vorbeugung und Handhabung von Katastrophen ersonnenen wissenschaftlichen und technologischen Verfahren erhöhen könnte, wenn man bei der Planung entsprechender Strategien und Vorgehensweisen den lokalspezifischen Charakteristika der Katastrophenschauplätze und den Erfahrungswerten der lokalen Bevölkerungs-gruppen Beachtung schenken würde.

Naturrisikoanalysen werden im Allgemeinen mit Hilfe einer bestimmten Analyse-methode durchgeführt. Bei Anwendung jedweder dieser Analyse-methoden werden normalerweise auch die Besonderheiten des betroffenen Naturraums unter die Lupe genommen. Anschließend werden einzelne, mögliche Szenarien, die man auch als „individuelle Modelle“ bezeichnet, durchgespielt. Auf der Basis dieser Szenarien können angemessene Katastrophenanalyseverfahren erarbeitet werden, mit deren Hilfe sich die komplexe Verflechtung der sozialen und ökologischen Variablen innerhalb ihres räumlichen Umfelds darstellen und untersuchen lässt.

Dank dieser individuellen Modelle können zum Beispiel einzelne Gruppen von Individuen bzw. ganze Bevölkerungsteile, die sich innerhalb ihres eigenen räumlichen Umfelds durch unterschiedliche Lebensbedingungen, unterschiedliche Zugangsmöglichkeiten zu Informationsquellen, unterschiedliche Wohnlagen und -bedingungen etc. teilweise erheblich voneinander unterscheiden, zum Zwecke einer weiteren Verfeinerung von Katastrophenmanagementprogrammen ermittelt werden.

Bei Durchspielung dieser Szenarien können fernerhin detaillierte Informationen zu einer Vielzahl anderer Probleme, unter denen die von Katastrophen heimgesuchten Gebiete auch noch zu leiden haben, erhoben werden. Die dabei erhobenen Daten können dann von Wissenschaftlern anderer Fachgebiete zu Studienzwecken verwendet werden. So könnte man zum Beispiel die Wechselbeziehungen, die sich in einer bestimmten Region zwischen endogenen und exogenen Kräften aufbauen, erforschen oder die menschlichen Verhaltensweisen bei Eintritt einer natürlichen Gefahr untersuchen,

wodurch sich die soziale Dynamik innerhalb einer Gemeinde nachzeichnen ließe. Anhand solcher Modelle können also nicht nur detaillierte Lokalstudien erstellt werden, sondern es werden auch eventuell brauchbare Antworten auf die Bedürfnisse der lokalen Bevölkerung geboten. Trotz aller Überzeugung von der Nutzbarkeit solcher Modelle sollte man jedoch nicht vergessen, dass auch diese ihre Grenzen haben und sie somit kein Allzweck-heilmittel darstellen, mit dem sich Naturkatastrophen grundsätzlich und gänzlich kontrollieren lassen.

Aufgrund der mangelnden Berücksichtigung der lokalspezifischen Charakteristika von Katastrophenschauplätzen bei der Durchführung von Katastrophenmanagementprogrammen tauchen im Zusammenhang mit dem Einsatz von technischen Mitteln ähnliche Probleme auf wie bei der Umsetzung von wissenschaftlichen und technologischen Verfahren zur Vorbeugung und zum Management von Katastrophen. So findet z. B. die Idee einer Umsetzung von neuen technischen Maßnahmen zur Schadensbegrenzung oder die der Hinzuziehung modernster Technologien zum Katastrophenmanagement (Einsatz von verbesserten Frühwarnsystemen oder Fernsensoren) bei der Bevölkerung nicht nur keinen Rückhalt, sondern sie stößt des Öfteren sogar auf Unverständnis. Diese Reserviertheit der Bevölkerung lässt sich wahrscheinlich damit erklären, dass die Kosten, die bei der Umsetzung von neuen technischen Maßnahmen und durch die Einführung modernster Technologien entstehen, den finanziellen Spielraum der örtlichen Kassen sprengen. Aber auch das Argument der mangelnden Ausbildung des zur Bedienung dieser Technologien bestimmten Personals könnte diese Haltung rechtfertigen.

Zusammenfassend sei hier gesagt, dass es unabdingbar ist, die sozioökonomische Realität der von Katastrophen betroffenen Gesellschaften sowie die in ihnen verbreitete kollektive Wahrnehmung der vorhandenen Risiken im Auge zu behalten, wenn es darum geht, neue Technologien zur Prävention von Katastrophen effizient einzuführen und anzuwenden. Des Weiteren ist es unerlässlich, neu eingesetzte Methoden und Technologien an die lokalen Gegebenheiten anzupassen, um dem Ziel der verfassten Programme zur Eindämmung von Katastrophen nachkommen zu können. Dies würde sich zudem bei der Erstellung von Programmen zum Katastrophenmanagement, die in die „POTs“ integriert werden könnten, als behilflich erweisen.

Inwiefern mangelnde Vorbeugungsmaßnahmen zu einem schlechten Katastrophenmanagement führen können, liefert das Beispiel des Erdbebens von 1999 in Kolumbien. Damals hätten 70% der ums Leben gekommenen Menschen überleben können, wenn das für die vom Naturereignis betroffenen Gemeinde zuständige Krankenhaus angemessen ausgerüstet gewesen und die geltenden Bauvorschriften, Regelungen und Gesetze strikt eingehalten worden wären. (vgl. REVISTA EIRD; Ausgabe Nr.2 von 2001, s. 7)

## **2.3 Naturkatastrophenmanagement in Kolumbien**

### **2.3.1 Grundlagen**

Kolumbien hat eine lange Geschichte kleinerer und größerer Naturkatastrophen. (vgl. Abb. 2.2) Allein seit den 1970er Jahren hat das Land bei Ereignissen wie der Erdbebenserie vom Ende der 1970er Jahre; dem Murgang im Jahr 1985, der durch den Ausbruch des Vulkans Nevado del Ruiz ausgelöst wurde und der das Städtchen Armero unter sich begrub; dem Erdbeben von 1987 im Medelliner Stadtviertel Villatina u.v.a.m. zahlreiche Todesopfer und Infrastrukturverluste zu beklagen gehabt. All diese Vorkommnisse haben seit den 1980er Jahren, als für Zwecke der technischen Naturgefahrenanalyse einige, für Kolumbien neue Standardmethoden implementiert wurden, insgesamt zu einer Verbesserung der vorhandenen Programme zur Prävention und zum Management von Katastrophen geführt. Da die zur Anwendung der entwickelten Standardmethoden notwendigen Technologien, Informationen sowie finanziellen Mittel jedoch nicht überall gleichermaßen zur Verfügung stehen, kommen sie auch nicht in allen Gemeinden zum Einsatz. In solchen Ortschaften wird stattdessen auf ein gemischtes Standardverfahren zurückgegriffen, das sich allen voran auf den Einsatz qualitativer Techniken stützt.

Mit der Verbesserung der vorhandenen Präventions- und Managementprogramme wurde 1988 das kolumbianische Nationale Amt für Katastrophenprävention und -hilfe (*Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres*) ins Leben gerufen. Gleichzeitig wurden regionale und lokale Komitees zur Vorbeugung und Handhabung von Katastrophen eingerichtet. Im *departamento* Antioquia schafften es die neu

gegründeten Komitees bereits Anfang der 1990er Jahre, natürliche Gefahrengebiete entsprechend der Parameter Stabilität, Rehabilitation und angemessene Landnutzung zu identifizieren und sie in einer Naturgefahrenkarte entsprechend zu dokumentieren. Die damals erstellten Studien, bei denen man noch nicht von einem homogen gebrauchten Begriff „Naturgefahr“ ausging und bei denen man sich vor allem auf Erdbeben, Erdbeben und Überschwemmungen konzentrierte, wurden zumeist unter Anwendung von technischen Standardmethoden, die von Geologen zur Analyse von Naturgefahren angewendet werden, durchgeführt. Die dabei erzielten Ergebnisse wurden schließlich in qualitativer Form dargestellt.

Wie den in der Abb. 2.2 präsentierten Angaben zu entnehmen ist, wurde die „Katastrophe von Armero“ als eine Folgeerscheinung eines Vulkanausbruchs gelistet. Dabei war es gar nicht der Vulkanausbruch selbst, dem die meisten Menschen zum Opfer fielen, sondern die Schlammlawine, die – ausgelöst durch die nach dem Vulkanausbruch eingesetzte Gletscherschmelze, die zusammen mit den hohen Niederschlägen zur Bildung eines tödlichen Murgangs führte – den meisten Bewohnern Armeros den Tod brachte.

Aufgrund der Erfahrungswerte, die man während als auch nach dem Ausbruch des Vulkans *Nevado del Ruiz* von 1985 sammelte, begann man in Kolumbien über die Notwendigkeit der Einrichtung eines nationalen Amtes für Katastrophenprävention und -hilfe nachzudenken. 1988 legten die mit dieser Aufgabe betrauten politischen Räte und unabhängigen Expertenausschüsse die Zielsetzungen einer solchen nationalen Einrichtung fest. Deren Hauptaufgabe sollte darin bestehen, alle menschlichen, technischen, administrativen und ökonomischen Ressourcen, die zur Vorbeugung und Handhabung von Katastrophen notwendig sind, angemessenen und effizient einzusetzen. Kraft der gesetzlichen Verordnung Nr. 919 aus dem Jahr 1989 wurde schließlich das nationale Amt für Katastrophenprävention und -hilfe gegründet. Diesem Amt wurde als allererstes aufgetragen, so schnell wie möglich geeignete Richtlinien zur Prävention und Handhabung von Katastrophen festzulegen. Diese wurden in einem Nationalen Plan zum Katastrophenmanagement artikuliert und im Jahr 1998 vom zuständigen kolumbianischen Organ verabschiedet.

In diesem Plan wird im Paragraph 7 die Notwendigkeit hervorgehoben, methodologische Instrumente zur Bewertung von Risiken (natürlichen und anthropogenen Ursprungs) zu entwickeln, eine räumliche Klassifizierung der Risikogebiete vorzunehmen, eine für die von Katastrophen potentiell bedrohten Regionen und Gemeinden verbindliche Vulnerabilitätsstudie zu erstellen als auch die Risiken einzuschätzen, die bei einer Katastrophe für Städte und die sich darin befindlichen Gebäude und Anlagen bestehen. Ebenso wird darin auch die Notwendigkeit einer Dezentralisierung der Institutionen auf nationaler Ebene begründet. Das dabei verfolgte Ziel lautete, die Umsetzung der entworfenen Programme zur Prävention und Handhabung von Katastrophen in die Hände der betroffenen Städte und Gemeinden selbst zu legen, damit sie diese in ihre Entwicklungspläne eingliedern und sie sie autonom und in Eigenverantwortung umsetzen. Seit 1998 fällt es also in den Zuständigkeitsbereich der nationalen, regionalen als auch lokalen Verwaltungsbehörden, die vorhandenen Programme zur Prävention und zum Management von Katastrophen eigens durchzuführen – davor waren die auf lokaler Ebene operierenden Verwaltungsbehörden von dieser Pflicht ausgenommen.

Die neue Dezentralisierungspolitik bringt aber auch Probleme mit sich. Eines der größten davon ergibt sich aus der Annahme, alle Gemeinden verfügten über dieselben infrastrukturellen und personellen Voraussetzungen, um mit den für sie neuen Aufgaben fertig zu werden. Der Staat, der durch den Verwaltungsakt aus dem Jahr 1998 die ihm zugeschriebenen Aufgaben auf die einzelnen Gemeinden abwälzte, hat nie wirklich darauf geachtet, ob sich alle (potentiell bedrohten) Gemeinden denn auch auf demselben administrativen Entwicklungsstand befinden, wie sich die wirtschaftliche Situation der einzelnen Gemeinden darstellt und ob man in jeder einzelnen (potentiell bedrohten) Gemeinde über das zur Durchführung von Katastrophenschutzprogrammen notwendige Fachpersonal verfügt. Viele Gemeinden haben zudem mit dem Problem von immer mehr ausgegrenzten Bevölkerungsteilen sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten zu kämpfen, weshalb sie die für den Katastrophenschutz bestimmten Mittel zuallererst für anderweitige Wohlfahrtsprogramme ausgeben. Die dramatische Verarmung von Teilen der kolumbianischen Bevölkerung belegen auch entsprechende Statistiken: In den letzten 30 Jahren ist der Anteil der als arm geltenden Landbewohner von 40% auf 87% gestiegen; der Anteil der arbeitslosen Stadtbewohner

stieg im gleichen Zeitraum von 13% auf 21%. (vgl. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, 2003:43)

Auch in Medellín, der Hauptstadt des *departamento* Antioquia, ist ein Amt für Katastrophenprävention und -hilfe („*SIMPAD*“) eingerichtet worden. Diese Instanz besteht aus 10 Kommissionen, und sie ist auf 3 Sachgebieten tätig: In der Katastrophenprävention, Katastrophenhilfe und dem Wiederaufbau, wobei die Zivilbevölkerung in die Arbeit auf allen 3 Gebieten einbezogen wird.

Zu diesem Zweck sind auf verschiedenen lokalen Verwaltungsebenen Krisenkomitees gebildet worden: Auf der kommunalen Ebene, auf der Ebene der Stadt- und Schulbezirke als auch auf der Ebene der umliegenden ländlichen Gemeindebezirke und Weiler (*corregimientos und veredas*). Die Mitglieder dieser Komitees, die sich zumeist aus Schulleitern und Schülern öffentlicher Schulen, aus Beamten des öffentlichen Dienstes und aus Hausfrauen und Beschäftigungslosen zusammensetzen, arbeiten auf freiwilliger Basis und ehrenamtlich.

Wie lange diese Arbeitsgruppen Bestand haben und wie gut sie die ihr aufgetragenen Aufgaben erledigen werden, hängt – wie könnte es auch anders sein? – größtenteils von der Motivation eines jeden Komiteemitglieds ab. Zur Anregung der Mitglieder an einer Weiter- bzw. Mitarbeit bietet das Ausbildungsbüro des „*SIMPAD*“ deshalb Erste-Hilfe-Kurse und Rettungskurse sowie organisierte ökologische Wanderungen und soziale Integrationsveranstaltungen an. Es werden zudem Fortbildungskurse für die an der Errichtung von erdbebensicheren Bauwerken beteiligten Mitarbeiter des Industriegewerbes und Handwerker angeboten. Der eine oder andere macht bei diesen Arbeitsgruppen eben aber auch nur mit, weil er/sie auf das Angebot der gratis angebotenen Schulungen zurückgreifen möchte, um sich so fortzubilden und damit die Chancen auf einen guten Arbeitsplatz zu erhöhen.

Tab. 2.1: Zuständigkeiten der jeweiligen Verwaltungsebenen (vgl. Nationales Protokoll des Nationalen Amts für Katastrophenprävention und -hilfe, s.8). Eigene Übersetzung.

Katastrophe	Kriterien
Katastrophe auf Gemeindeebene Stufe 1	Eine Katastrophe fällt in den Zuständigkeitsbereich der Gemeinde, wenn sich das betroffene Gebiet innerhalb der Grenzen einer Gemeinde bzw. eines für sie zuständigen Verwaltungsgebiets befindet bzw. wenn davon auszugehen ist, dass die zu erwartende oder reale Dauer der zu erbringenden Hilfeleistungen bzw. der Anteil der betroffenen Bevölkerung (im Vergleich zur Gesamtbevölkerung der Gemeinde) und die der lokalen Verwaltung zur Verfügung stehenden Mittel eine angemessene Betreuung durch die lokalen Einrichtungen rechtfertigen.
Katastrophe auf der Ebene eines <i>departamento</i> Stufe 2	Eine Katastrophe fällt in den Zuständigkeitsbereich der regionalen Verwaltungsbehörden, wenn die Katastrophe zwei oder mehrere Gemeinden trifft bzw. wenn davon auszugehen ist, dass die zu erwartende oder reale Dauer der zu erbringenden Hilfeleistungen bzw. der Anteil der betroffenen Bevölkerung (im Vergleich zur Gesamtbevölkerung der betroffenen Region) und die der regionalen Verwaltung zur Verfügung stehenden Mittel eine angemessene Betreuung durch die regionalen Einrichtungen rechtfertigen.
Katastrophe auf nationaler Ebene Stufe 3	Eine Katastrophe fällt in den Zuständigkeitsbereich der nationalen Verwaltungsbehörden, wenn die Katastrophe zwei oder mehrere <i>departamentos</i> trifft bzw. wenn davon auszugehen ist, dass die zu erwartende oder reale Dauer der zu erbringenden Hilfeleistungen bzw. der Anteil der betroffenen Bevölkerung (im Vergleich zur Gesamtbevölkerung des Landes) und die der nationalen Verwaltung zur Verfügung stehenden Mittel eine angemessene Betreuung durch die nationalen Einrichtungen rechtfertigen.
Katastrophe auf nationaler Ebene, Krisenzustand Stufe 4	Eine nationale Katastrophe wird als „nationaler Krisenzustand“ eingestuft, wenn die Anzahl der Opfer, das Ausmaß der materiellen Verluste und die Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums extreme Ausmaße annehmen (könnten), was eine sofortige Organisation, Koordination und Bereitstellung von Mitteln in großem Umfang durch die nationalen staatlichen Institutionen, durch die Zivilgesellschaft und möglicherweise auch durch internationale Organisationen erforderlich machen würde.

Der Tabelle 2.1 kann die Aufteilung der Zuständigkeiten unter den verschiedenen kolumbianischen Verwaltungsebenen entsprechend eines vorher festgelegten Kriterienkatalogs, das vom kolumbianischen Amt für Katastrophenprävention und -hilfe (*Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres*) erstellt wurde, entnommen werden.

Das „*SIMPAD*“ verfügt auch über eine Datenbank, in der sämtliche Naturereignisse verzeichnet worden sind, von denen Medellín seit 1880 heimgesucht worden ist, insbesondere jene Katastrophen, die aufgrund der zumeist durch Erdbeben und Erdrutsche verursachten Anzahl der Todesopfer und des Umfangs der wirtschaftlichen Einbußen als besonders schlimm bzw. schwerwiegend eingestuft wurden.

In Gegensatz zu Medellín werden Programme zur Prävention und zum Management von Naturkatastrophen, die in den anderen Gemeinden von Antioquia erstellt worden sind, durch eine andere Instanz, nämlich durch das „*DAPARD*“, verwaltet. Während die Verwaltung dieser Programme in Medellín relativ reibungslos verläuft, sieht die Situation in den kleineren Gemeinden Antioquias jedoch schon ganz anders aus.

### **2.3.2 Hindernisse bei der Durchführung von Vorbeugungsmaßnahmen in Kolumbien**

Eine effektive Durchführung der für den Fall einer Katastrophe vorbereiteten Vorbeugungsmaßnahmen wird von einer Vielzahl von Hindernissen beeinträchtigt. Dazu zählen:

- Zentralisierung der für Vorbeugungsmaßnahmen zuständigen Behörden. Die kolumbianischen Ämter, die für die Durchführung von Programmen zur Prävention und zum Management von Katastrophen zuständig sind, müssen große Gebiete abdecken, wobei sie jedoch ihre Aufgaben von den Hauptstädten der jeweiligen *departamentos* aus wahrnehmen. Außerdem setzen sie sich aus ständig wechselnden kleinen Gruppen von Fachleuten zusammen.
- Es gibt keine Systematik bei der Eingabe der auf dem Gebiet der Prävention von Katastrophen gewonnenen Daten in eine von allen Fachkräften genutzte Datenbank. Ein schneller und zuverlässiger Informationsaustausch als auch eine effiziente Zusammenstellung von Daten wären jedoch notwendig, damit die geplanten Maßnahmen zur Prävention und zum Wiederaufbau auf Dauer Wirkung zeigen.
- Die vorliegenden Informationen werden nur selten aktualisiert und sie liegen nicht in digitaler Form vor. Auf lokaler Ebene werden aktualisierte

Informationssysteme nur selten eingesetzt. So trägt man zur Entstehung von defizitären Kommunikationskanälen bei, was eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unmöglich macht.

- Es gibt keine Aufzeichnungen, denen Informationen über die zeitliche Abfolge von Landnutzungsperioden und über den Zeitpunkt des Eintritts von Katastrophen in ländlichen Gebieten entnommen werden könnten.
- Es fehlen interdisziplinäre Studien zu den zwischen Mensch und Umwelt bestehenden Wechselbeziehungen und zu ihrer gegenseitigen Einflußnahme. Zu diesem Thema gibt es nur wenige lokale Studien und dies, obwohl – wie SUSMAN meint – „*to understand the everyday condition of a population, it is necessary to consider the socio-economic conditions in relation to physical environment*“ (SUSMAN et al., 1983:264). Hinzu kommt noch, dass die Vertreibung der Landbevölkerung aus ihren Ursprungsgebieten als auch die Kolonisation neuer Gebiete die Waldrodung, Bodenerosion und den unkontrollierten Siedlungsbau in Stadtrandgebieten begünstigen, eine Entwicklung, die sowohl in den größeren Städten als auch in den *cabeceras* der Gemeinden zu beobachten ist. Die Konsequenz ist eine Lebensform, die man am besten mit Hilfe des Teminus „territoriale Entwurzelung“ beschreiben könnte: Der ignorante Neusiedler versucht, sein Umfeld an seine unmittelbaren Bedürfnisse und gemäß seiner Erinnerungen an seine ehemaligen Heimatgebiete anzupassen. So sehen sich z. B. die aus einer Region vertriebenen Landwirte dazu gezwungen, steile Hänge und unfruchtbare Böden in Randbezirken von Großstädten mit Kaffee und ähnlichen Agrarprodukten zu bepflanzen. Diese unharmonische Transformation einer Landschaft trägt entscheidend dazu bei, die ohnehin schon vorhandenen Naturrisiken weiterhin zu erhöhen, wodurch auch die Gefahr einer erneuten Katastrophe steigt.
- Die lokalen Verwaltungsbehörden zeigen kein methodologisches Vorgehen bei der Handhabung von Daten und bei der systematischen Kontrolle von Naturrisiken. Die im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte erhobenen Daten werden nicht effizient genutzt. Würde man Daten aus gefährdeten Gebieten über einen längeren Zeitraum sammeln und sie regelmäßig auswerten,

könnten Naturrisiken im Rahmen integraler Entwicklungspläne überwacht werden.

- Es gibt nur wenige Studien zu den Langzeitfolgen von Katastrophen. Würde man solche Studien haben, könnte man das kollektive Verhalten der betroffenen Gesellschaft nach einer Katastrophe besser nachvollziehen.
- Das Anhalten eines bereits 40 Jahre währenden politischen und sozialen Konflikts. Dieser hat eine nimmer endende Landflucht zur Folge. Da ein großer Teil des Budgets, das einem *departamento* zur Verfügung steht, für die Prävention von Katastrophen aufgewendet wird, sind die verbleibenden Ressourcen stark reduziert. Dies führt zu einer Verstärkung der Armut, zur Ausbreitung von Elendsvierteln, zur Besiedlung von instabilen Hängen als auch zur Zerstörung von Wäldern und Ökosystemen in der Umgebung von Städten. Die freigegebenen Mittel werden aber auch nicht selten veruntreut.

Auf lokaler und regionaler Ebene werden die mit Prävention und Management von Katastrophen verbundenen Aktivitäten von einer einzigen Instanz kontrolliert, dem „DAPARD“. Ein gutes Beispiel dafür, wie sich dieser Umstand auf die Verteilung der zur Umsetzung der Programme zur Verhütung und zum Management von Naturkatastrophen bestimmten Hilfeleistungen auswirkt, entnimmt man der Bilanz des „DAPARD“ aus dem Jahr 1998. Für Vorbeugungsmaßnahmen wurden insgesamt \$ 678 725 625 kolumbianische Pesos<sup>1</sup> aufgewendet, für Soforthilfe gab man \$ 334 000 000 Millionen Pesos<sup>2</sup> frei und auf die Geschädigten des innerpolitischen Konflikts entfielen \$ 692 545 423<sup>3</sup> Millionen kolumbianische Pesos. (vgl. VALENCIA N.; 1998)

## 2.4 Raumordnungspläne in Kolumbien (*Planes de Ordenamiento Territorial*)

Der Terminus „Raumplanung“ wird als „Oberbegriff für alle Planungen und Maßnahmen der Einwirkungen auf Standortqualitäten, mit denen die Entwicklung von Raumstrukturen gesteuert werden soll“ (VOGT, 1994:76), verwendet. Raumplanungen

<sup>1</sup> 452 483,75 DM nach dem damals geltenden Wechselkurs

<sup>2</sup> 222 666,60 DM nach dem damals geltenden Wechselkurs

<sup>3</sup> 461 696,94 DM nach dem damals geltenden Wechselkurs

werden entsprechend ihrer formellen Gestaltung (welche wiederum von den zur Verfügung stehenden Instrumenten abhängt), ihrer Zielsetzung und den verschiedenen ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen, innerhalb derer sie zur Entfaltung kommen, klassifiziert.

Der Begriff „Raumordnungsplanung“ wurde in den 1930er Jahren geprägt. Darunter versteht man die Gesamtheit aller Pläne zu Entwicklungsprojekten, die an einem bestimmten Ort durchgeführt werden sollen. Häufig wird dieser Begriff abstrakt gebraucht, weil man es auf diese Weise schafft, ein „Leitbild“ von Raumordnung annähernd zu definieren. Damit bietet man der Bevölkerung eine reelle Chance zu einer angemessenen Nutzung der entworfenen Pläne und zur Erreichung der darin formulierten Ziele. (vgl. VOGT, 1994)

Anders als es die Begriffsform an sich vermuten lassen könnte, geht es bei der Erstellung von Raumordnungsplänen nicht nur darum, vorhandene Bodennutzungsflächen nach bestimmten Parametern zu klassifizieren, natürliche Grenzen zwischen Bodennutzungsflächen zu ziehen oder Eigentumsrechte zu vergeben bzw. diese einzuschränken. Die Raumordnung ist vielmehr eine Aufgabe, die in den Zuständigkeitsbereich der Politik fällt, im Rahmen der Durchführung von sozialen Projekten angegangen wird und insgesamt darin besteht, verschiedene Regeln zum Eigentum, zur Nutzung und zur Umgestaltung von Territorien (Böden und Ressourcen) festzuschreiben, um so bestehende gesellschaftliche Strukturen zu stärken. Um dieser Zielsetzung nachkommen zu können, ist es erforderlich, sich mit den Problematiken, die in den einzelnen Territorien existieren, in einer politischen Debatte frühzeitig auseinander zu setzen und das Thema der Auswahl derjenigen methodologischen und technischen Mittel zur Sprache zu bringen, die man während der Planungsphase unbedingt benötigen wird.

Auf welche Weise und unter Einsatz welcher Mittel ein Konzept einer konkret erarbeiteten Raumordnung letztendlich umgesetzt wird, hängt also weitgehend von den geltenden politischen Richtlinien sowie von der in den einzelnen Territorien angetroffenen, ökologischen und kulturellen Diversität ab. Da der Begriff „Territorium“ sich in einem abstrakten Sinne auf die Komponenten „Selbstbild“ und „Erwartungshaltung der in einem bestimmten Gebiet wohnenden Bevölkerung“ bezieht,

könnte man ihn auch als „die Suche eines räumlich klar eingegrenzten Bevölkerungsteils nach seiner spezifischen Eigenart“ definieren.

In den Ländern Lateinamerikas gibt es für die Schaffung von Raumordnungsplänen ganz andere Voraussetzungen als in den Industrienationen. Damit Raumordnungspläne in lateinamerikanischen Ländern funktionieren, ist es einerseits wichtig, dass die Bürger den innerpolitischen Stellenwert ihres Staates und seine Zuständigkeit auch bei Belangen von lokaler Bedeutung anerkennen, und andererseits, dass der Begriff „Territorium“ klar eingegrenzt wird. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff „Territorium“ bewusst im Sinne seiner in Lateinamerika üblichen Auslegung von „*territorio*“ im Sinne von „Landschaft“ verwendet, gemeint als „ein Gebiet samt aller sich darin befindlichen Elemente (physische Elemente, Flora, Fauna, Infrastruktur, Menschen, soziale Gefüge etc.)“. Wenn man also Bezug nehmend auf Lateinamerika und im Zusammenhang mit Raumordnungsplänen von „*territorio*“ spricht, dann ist im deutschen (fachlichen) Sprachgebrauch auf den Terminus „Landschaft“, und nicht auf „Territorium“, zurückzugreifen. Aus dieser Definition ergibt sich zwangsläufig, dass das in Lateinamerika gebrauchte technische Konzept „Raumordnung“ sich auch immer auf die komplexen sozialen und politischen Problematiken innerhalb eines bestimmten Gebiets bezieht. Raumordnungspläne sehen in Lateinamerika demzufolge nicht nur das geodätische Ordnen eines bestimmten Raums vor, sondern sie zielen vielmehr auf die Schaffung einer „territorialen Ordnung“ ab.

Die Unterscheidung zwischen dem „Ordnen eines Raumes“ und der „Ordnung einer Landschaft“ haben innerhalb der zum Thema „Raumordnung“ geführten Diskussionen zu viel Verwirrung geführt: Das Konzept „Raumordnung“ wird entweder im Sinne von „räumliche Aufteilung eines bestimmten Raumes“ ausgelegt oder mit der „Rechtsnormen, die auf eine territoriale und physische Ordnung bzw. eine Bodennutzungsordnung ausgerichtet sind“, assoziiert. Der Prozess der Etablierung der Definition im Sinne von „*gesellschaftspolitisches Leitbild der Raumordnung*“ (VOGT, 1994) setzt sich dabei immer mehr durch. Multikulturelle Gesellschaften wie die lateinamerikanischen berücksichtigen jedoch immer noch nicht die die einem „Leitbild“ zugrunde liegenden Aspekte und beziehen diese auch nicht in ihre Raumordnungspläne, die so genannten „*Planes de Ordenamiento Territorial*“ („*POTs*“), ein. Auch deswegen werden in Lateinamerika gegenwärtig weitere Studien zum Thema

„POT“ durchgeführt, deren Ergebnisse sich in einschlägiger Fachliteratur finden lassen, u. a. bei HECK 2006.

#### 2.4.1 Die Entwicklung der „POTs“ in Kolumbien

In der Geschichte Kolumbiens ist der Prozess der territorialen Ordnung historisch vor allem darauf ausgerichtet gewesen, die Regierbarkeit dieses unermesslich großen Territoriums sicherzustellen. Seit Inkrafttreten der neuen Verfassung von 1886, in der das Land in die Gebietseinheiten *departamentos*, *intendencias*, *comisarías*, *municipios* und *distritos municipales* aufgeteilt wurde, (vgl. BORJA:1996), ist die Verwaltung zwar überschaubarer geworden, das Ziel einer reibungslosen Regierbarkeit des gesamten Landes wurde dabei jedoch – zumindest teilweise – verfehlt.

Der Prozess der „territorialen“ Ordnung, der 1886 begann und welcher durch die Verfassungsreformen von 1936 und 1968 Rückhalt bekam, orientierte sich an den ökonomischen Modellen des Kapitalismus, der sich auf die folgende Triade (drei grundsätzliche Ebenen einer Regierung) stützt: Staat (*nación*) – Land (*departamento*) – Gemeinde (*municipio*). Die Zuständigkeitsbereiche und Funktionen einer jeder dieser Ebenen sind in der Tabelle 2.2 zusammengefasst.

Seit Inkrafttreten der im Jahr 1986 von der kolumbianischen Regierung erlassenen Verordnung 1333 und der darin enthaltenen Vorschrift zur Städteordnung (*Código de Regimen Municipal*) werden Entwicklungspläne auch für Gemeinden ausgearbeitet. Diese Verordnung ist im Jahr 1989 durch das Gesetz zur urbanen Reform, bekannt als „*Ley de reforma urbana*“, insofern modifiziert worden, als dass einige der darin enthaltenen Aspekte der Zielsetzung von Entwicklungsplänen verändert wurden. Die neu angepasste Verordnung ist nun auf eine Bodennutzungsordnung ausgerichtet.

Laut der in der neuen Verordnung festgelegten Zielsetzung werden kleinere Gemeinden mit einer Einwohnerzahl von nicht mehr als 100 000 dazu angewiesen, einen „Vereinfachten Entwicklungsplan“ (*Plan de Desarrollo Simplificado*) vorzustellen, in dem die Ausarbeitung der folgenden Pläne thematisiert werden soll:

- Bodenordnungs und -nutzungsplan sowie Bebauungsplan

- Verkehrsregelungsplan, Plan zur Regelung des öffentlichen Kraftverkehrs und öffentlicher Arbeiten.

Tab. 2.2 Zuständigkeiten und Aufgaben der jeweiligen Ebenen nach dem Landerschließungsgesetz von 1997. Quelle: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2000. Eigene Übersetzung.

Kompetenzen nach Ebene	Nationale Ebene ( <i>nación</i> )	Regionale Ebene ( <i>departamento</i> )	Lokale Ebene ( <i>municipio</i> )
<p><b>Regelungen</b></p> <p>Allgemeine rechtliche Bevollmächtigung bzw. Befugnis zur Ausübung bestimmter Funktionen oder zum Erlass von Verwaltungsakten</p>	<p>a. Formulierung politischer Richtlinien und Zielsetzungen von allgemeinem Interesse</p> <p>b. Ausarbeitung von Vorschriften zur Regelung der Organisationsform und der Zuständigkeiten von Behörden</p> <p>c. Kontrolle und Bewertung der Arbeit der staatlichen Institutionen und Organismen sowie der Behörden in den jeweiligen Gebietseinheiten</p> <p>d. Beratung der Behörden in den jeweiligen Gebiets-einheiten bei der Formulierung von Programmen, Plänen und Projekten</p> <p>e. Finanzielle Unterstützung von Plänen, Programmen und Projekten auf den untergestellten Ebenen</p> <p>f. Verwaltung, Planung und Verteilung der vom „Sistema Nacional de Participaciones“ freigestellten Mittel (Finanzausgleich zwischen <i>departamentos</i>)</p> <p>g. Entwicklung und Regelung sektorialer Systeme (Umweltpläne, Bebauungspläne etc.)</p>	<p>a. Finanzielle, administrative und technische Unterstützung aller Instanzen innerhalb eines Verwaltungsgebiets bei der Ausübung ihrer Funktionen</p> <p>b. Identifizierung von Prioritäten auf territorialer Ebene sowie Planung von entsprechenden Maßnahmen</p> <p>c. Beratung der Gemeinden sowie der territorialen und indigenen Organismen als auch der untergeordneten administrativen Instanzen bei der Formulierung und Umsetzung von politischen Richtlinien</p> <p>d. Erstellung von Referenzmodellen für alle Gemeinde des betreffenden <i>departamento</i></p> <p>e. Kontrolle und Überwachung der von den zuständigen Gemeindeämtern verrichteten Aufgaben und Übermittlung der erhaltenen Informationen an die zuständigen staatlichen Behörden zur Kontrolle</p> <p>f. Finanzielle Unterstützung der von Gemeinden entwickelten Programme, territorialen Entwicklungsschemata und der von ihnen getragenen, untergeordneten Gebietseinheiten</p>	<p>a. Einbringung, Formulierung, Finanzierung und Umsetzung von Entwicklungsprojekten in Zusammenarbeit mit Behörden aus anderen territorialen Ebenen</p> <p>b. Organisation, Förderung und Veranlassung der Durchführung von Programmen zur lokalen Entwicklung in Übereinstimmung mit den auf Landes- bzw. Regionalebene geltenden politischen Richtlinien</p> <p>c. Feststellung des Bedarfs an öffentlichen Dienstleistungen (derjenigen, die sowohl vom Kollektiv als auch von Einzelpersonen benötigt werden)</p> <p>d. Begutachtung, Überwachung und Kontrolle der Ämter, die zur Gemeindeverwaltung gehören</p> <p>e. Koordinierung von Kampagnen zur Förderung des Ausbaus der öffentlichen, von der Gemeinschaft benötigten Dienstleistungen sowie von Maßnahmen zur Vorbeugung von Krankheiten, als auch Vergabe von Fördermitteln gemäß der geltenden politischen Richtlinien und entsprechend der vorhandenen öffentlichen Interessen</p>

Mit dem Landerschließungsgesetz 388 von 1997, bekannt als „*Ley de Desarrollo Territorial*“, begann der territoriale Ordnungsprozess, wobei der Schwerpunkt zunächst auf das Thema „Umwelt“ gelegt wurde. Die „*POTs*“ waren von Anfang an darauf ausgelegt, den regionalen Behörden bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben Autonomie zu gewähren, in der Bevölkerung die Entwicklung eines Umweltbewusstseins zu fördern, das mit den neuen politischen Tendenzen vereinbar und auf eine nachhaltige Entwicklung des Landes ausgerichtet sein sollte sowie politische Lösungen für den bewaffneten Konflikt zu finden. (vgl. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, 1998) Im Jahr 2000 sind die ersten dieser neu ausgerichteten „*POTs*“ vorgestellt worden, seitdem werden sie immer mehr umgesetzt.

Das heutige Gesetz zur territorialen Ordnung hat mittlerweile den Status eines Gesetzes mit Verfassungsrang („*Ley Orgánica*“) erlangt. Dieses zeichnet sich durch ähnliche Grundzüge aus wie das Gesetz zur urbanen Reform aus dem Jahr 1989; es weist jedoch nur wenige Gemeinsamkeiten mit den im Landerschließungsgesetz von 1997 enthaltenen Regelungen auf. (vgl. BRAND, P.; 2001)

Im Hinblick auf die in diesem Gesetz mit Verfassungsrang festgeschriebenen Zielsetzung wurden die folgenden Prioritäten für die Strukturierung der kolumbianischen „*POTs*“ (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2000) in Übereinstimmung mit den für sie in der jeweiligen Gemeinde geltenden Richtlinien festgelegt:

- Erhaltung und Schutz der Umwelt und der vorhandenen Naturressourcen sowie Prävention von Naturrisiken. Dafür sind eine Vielzahl von Vorsorgemaßnahmen getroffen worden – es wurden z. B. die Grenzen von Naturschutzgebieten festgelegt und historisch und kulturell bedeutende Denkmäler zum nationalen Erbe und zu Kulturgütern des Landes erklärt. Außerdem sind Gebiete identifiziert worden, die aufgrund des hohen Besiedlungsanteils hochgradig katastrophengefährdet sind.
- Erarbeitung von politischen Richtlinien und Normen zur Erhaltung und Nutzung von Orten und Gebäuden, die zum Kulturerbe gehören.
- Lokalisierung und nähere Bestimmung des Nutzungscharakters der vorhandenen Infrastruktur, wie z. B. der regionalen und nationalen See- und Luftverkehrswege,

der Systeme zur Wasser- und Stromversorgung und der Gesundheitsversorgung. Ausarbeitung von Bodennutzungs- und Verkehrsnetzplänen, Bebauungsplänen und Plänen zur Nutzung der öffentlichen Räume.

- Aufteilung des Landesterritoriums in städtische, ländliche und für Zwecke der Stadterweiterung frei zur Verfügung stehende Gebiete. Bestimmung der Reichweite der projizierten Urbanisierungsachsen unter Beachtung der Leistungen, die die öffentlichen Versorgungsbetriebe zur Verfügung stellen können.

#### **2.4.2 Zur Problematik der Konzipierung von „POTs“ in Kolumbien**

Die Formulierung von modellhaften, eine sachgemäße Ausführung der zur Umsetzung von „POTs“ ausgeklügelten Strategien stellt für die mit dieser Aufgabe betrauten Institutionen überall auf der Welt eine ernst zu nehmende Herausforderung dar. In Kolumbien speziell sieht man sich in diesem Zusammenhang insbesondere mit den folgenden Problematiken konfrontiert:

- Politisch gesehen stellt sich das Problem der geringen Akzeptanz des Staates und seiner Befugnisse durch die Landesbevölkerung – der Staatsapparat und die von ihm getroffenen Entscheidungen finden innerhalb großer Bevölkerungsteile meist keinen Rückhalt. (vgl. GARCÉS O.; 1999) Zu der Zeit, als die gegenwärtig nach wie vor herrschenden politischen Strukturen geschaffen wurden, war Kolumbien bereits ein zentralistisch regiertes Land. Die Übertragung des zentralistischen Gedankens auf die unteren Verwaltungseinheiten hat zu einer Vertiefung der ohnehin schon seit jeher vorhandenen Kluft zwischen der armen Landbevölkerung und den relativ wohlhabenden Stadtbewohnern geführt, und damit auch zu Verfestigung der in den einzelnen Regionen unterschiedlich ausgeprägten gesamtpolitischen und kulturellen Entwicklungsstände. Für die Bewohner ländlicher Gebiete bedeutete diese Tendenz den Verfall in eine kulturelle Rückständigkeit sowie eine stetig wachsende Verschlechterung ihrer ohnehin schon dürftigen Lebensqualität. In den Städten hat der Gedanke eines zentralistisch agierenden Staates wiederum zur Folge, dass sich diejenigen Städte, die für die Volkswirtschaft in irgendeiner Weise von Bedeutung sind –

also zumeist die Großstädte – schneller weiterentwickelt haben als kleinere Gemeinden, die vielleicht sogar in der Nähe von Großstädten liegen, für die Politiker in der Hauptstadt jedoch nicht von Relevanz sind. Wegen dieser Art von politischer Diskriminierung sind viele Gebiete in eine extreme Armut gestürzt worden, wohingegen in den Städten der wirtschaftliche und technische Fortschritt Einzug gehalten hat. Die aus diesem Kontrast zwischen der armen Landbevölkerung und den fortgeschrittenen Stadtbewohnern resultierende Problematik manifestiert sich gegenwärtig in Form des andauernden innerpolitischen Konflikts und der dadurch ausgelösten Landflucht, die zu einer starken Zunahme der Bevölkerungsdichte in den großen Städten Kolumbiens geführt hat – heute leben 70% der Kolumbianer in Großstädten. Die „duale“ Struktur der kolumbianischen Gesellschaft offenbart sich heute selbst in den urbanen Zentren. (vgl. GARCES, o.; 1999:46) Das Problem der in den einzelnen Regionen herrschenden ungleichen Entwicklungsstände wurde bei dem erst vor wenigen Jahren angegangenen Prozess der Dezentralisierung des Staates leider jedoch außer Acht gelassen, und so werden heute sämtliche Regionen innerhalb des Landesterritoriums als homogene Einheitsgebiete betrachtet.

- Die Stadtplanung ist in Kolumbien schon immer lediglich auf den Entwurf und auf die Errichtung einer absolut notwendigen Infrastruktur reduziert worden – Projekten zur sozialen Fortentwicklung ist noch nie viel Beachtung geschenkt worden. Die Gestaltung des Territoriums wird in einer Art und Weise angegangen, als handele es sich dabei um die Verwaltung unbewohnter „Objekte“. Diese Sichtweise hat einen Nährboden für städtebauliche Konflikte geschaffen, mit denen die betroffenen Bevölkerungsteile täglich konfrontiert zu kämpfen haben.
- Die kolumbianische Wirtschaft ist ähnlich wie die der meisten Schwellenländer von der Unterstützung und den Zuwendungen der Industrieländer abhängig und deshalb auch auf einen jederzeit reibungslos funktionierenden Handel mit diesen Ländern angewiesen. Das hat zur Konsequenz, dass die ökonomische Stabilität und Weiterentwicklung Kolumbiens immer für die auf den Weltmärkten verzeichneten Kursschwankungen besonders anfällig ist. Als konkretes Beispiel für diese Anfälligkeit kann der Verfall des Kaffeepreises auf dem internationalen Parkett angeführt werden, welcher zu einer rapiden Verarmung der

Kaffeeanbauer geführt hat – eine Abwärtsspirale, die sich anhand der in die Höhe schellenden Indikatoren für Armut und Arbeitslosigkeit belegen lässt. (vgl. BRAND, 2001; FALS BORDA, 1996; GARCES, 1999; BORJA:1996)

### **2.4.3 Erarbeitung von Vorbeugungsprogrammen im Rahmen der kolumbianischen „POTs“**

In Kolumbien wirkt sich das Zusammenspiel verschiedenartiger Komponenten auf das Ausmaß katastrophaler Naturereignisse verstärkend aus. Die direkte Einwirkung von externen Kräften wie Klima, Niederschlagsmengen und -häufigkeit, Topographie, Lithologie, Vegetation, tektonische Aktivitäten, Bodennutzung etc. auf die Erdoberfläche lösen eine Reihe von Prozessen aus, die für den Menschen und sein Umfeld auf lange Sicht katastrophale Folgen haben: Erosions- und Bodentransformationsprozesse, Bewegungen von Erdmassen (Erdrutsche), Zerstörung der Vegetation und der Umwelt insgesamt bis hin zur Desertifikation haben für die Betroffenen noch Jahre nach ihrem Einsetzen schwerwiegende Konsequenzen. Da katastrophale Naturereignisse sowohl größere ländliche Gemeinden als auch Städte gleichermaßen befallen können, werden ihre Folgen – Veränderung natürlicher Ökosysteme, Belastung regionaler Wirtschaftssektoren, Beschädigung der Infrastruktur, Drosselung des Wirtschaftswachstums und damit Einschränkung des allgemeinen Fortschritts und Wohlstands der Bevölkerung – im ganzen Land spürbar bleiben.

In Kolumbien werden zur Zeit lediglich 12,7% der für Agrarzwecke geeigneten Böden für den Ackerbau genutzt (vgl. IGAC; 1995: 590), der Rest der ausgesprochen fruchtbaren Böden wird für Weidewirtschaft verwendet. Von den für die Agrarwirtschaft zur Verfügung stehenden Böden werden aber auch nur 38% tatsächlich für diese Zwecke genutzt, die restlichen Böden liegen praktisch brach. (vgl. IGAC,590:1995)

Auch die Armut – im Jahr 1997 galten 45% der Stadtbevölkerung und 54% der Bewohner ländlicher Gebiete als arm (vgl. CEPAL; 2002)) – sowie das unkontrollierte Wachstum der Städte stellen in Kolumbien im Zusammenhang mit der Erarbeitung von dienlichen Katastrophenpräventionsprogrammen im Rahmen der „POTs“ ein nicht zu verachtendes Problem dar. Nach Berichten der CEPAL (2002) stieg der Anteil der

städtischen Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung in der Zeit zwischen 1985 und 2001 von 66,9% auf 74,5%; die in die Stadt neu Zugezogenen lassen sich meist in Randgebieten nieder, in denen das Risiko einer Naturgefahr meistens am höchsten ist. Damit zählt Kolumbien neben Argentinien (89,6%) und Brasilien (79,9%) zu den Ländern mit der höchsten Zuwachsrates an städtischer Bevölkerung in Lateinamerika, aber auch zu denjenigen, in denen ein immer größerer Bevölkerungsanteil mit einem erhöhten Risiko einer Naturgefahr zu leben hat.

Die andinen Regionen Kolumbiens zeichnen sich durch eine enorme orographische Gegensätzlichkeit aus, ein Umstand, der eine ungehinderte Entfaltung katastrophaler Naturereignisse in diesen Gegenden begünstigt. Aber auch die in diesen Breitengraden nicht selten vorkommenden heftigen seismischen Aktivitäten, die Vielzahl von Flüssen mit starken Strömungen in Verbindung mit dem wechselhaften Klima, die vielseitigen geologischen Unterschiede als auch die menschlichen Aktivitäten leisten einen erheblichen Beitrag zur Zerstörung der Ökosysteme bei. Alles in allem hat die Gesamtheit dieser Faktoren im Laufe der Zeit zu einer Zunahme „desaströser“ Naturereignisse und zu einer Verschlimmerung ihrer Folgen für die Bewohner der andinen Gebiete Kolumbiens geführt. Um das Ausmaß von Katastrophen in Grenzen halten zu können und um die Folgen von Desastern auf schnellstem Weg in den Griff bekommen zu lernen, sollte daher jegliches Projekt zur Risikobewertung und zur Einschätzung der von Desastern verursachten Folgen für Mensch und Natur mit der Festlegung von präventiven Katastrophenschutzmaßnahmen und der Ausarbeitung von Konzepten des Katastrophenmanagements, also mit territorialer Planung und Ordnung, einhergehen.

Diese Art von dringend benötigten und auf die Spezifika der betroffenen Regionen angepassten, zweckdienlichen Programme zur Vorbeugung und zur Abhilfe nach Katastrophen können – und sollten – immer unter Berücksichtigung der im Rahmen von Risikomanagementstudien gewonnenen Einsichten ausgearbeitet werden. Solche Programme sollten zudem immer die Verschiedenartigkeit der vor Ort gegebenen und auf den Verlauf eines Desasters Einfluss nehmenden Parameter berücksichtigen. In diesem Zusammenhang und abhängig von der im Einzelfall angewandten Analysemethoden empfiehlt es sich daher, zumindest die folgenden Maßnahmen zu ergreifen:

- Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der eine Naturkatastrophe in einem bestimmten Gebiet oder in einer bestimmten Region eintreffen wird. Hierbei werden die mögliche Intensität des Naturereignisses und die Größe seines Einflussbereiches in Abhängigkeit von seiner projizierten Dimension als auch von dessen Periodizität ausgewertet.
- Einschätzung der zu erwartenden Verluste. Der Umfang der zu erwartenden Verluste wird anhand von quantitativen und qualitativen Faktoren ermittelt. Zu den quantitativen Faktoren zählt man die qualitative Begutachtung bedrohter Häuser, Anlagen, Güter u. ä., zu den qualitativen Faktoren gehört u. a. die Untersuchung des sozialen und physischen Vulnerabilitätsgrades.
- Identifikation und räumliche Klassifizierung von Risikogebieten in Verbindung mit der Aussondierung der nicht zu erwartenden Risikoarten. Hier geht es um die Abschätzung fallspezifischer Naturgefahrarten und des für ein bestimmtes Risikogebiet prognostizierten Vulnerabilitätsgrades. Das bei der Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades verfolgte Ziel ist es, die Anfälligkeit der innerhalb einer natürlichen Risikozone gelegenen sozialen und natürlichen Komponenten für eine Naturgefahr festzustellen als auch eine Prognose zu deren Resistenzfähigkeit abzugeben. Der Gegenstand der Untersuchung sind also die von einer Naturgefahr möglicherweise bedrohten Bevölkerungsgruppen, ihr Organisationsgrad im Falle einer Katastrophe, die von den einzelnen Naturkatastrophen bedrohten Komponenten der öffentlichen Infrastruktur, der zu erwartende Schadensumfang, die Verfügbarkeit vorhandener Hilfseinrichtungen als auch deren Verteilungsgrad in der näheren Umgebung des analysierten Katastrophengebiets. Die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Naturgefahr in einem bestimmten Gebiet eintreffen wird, ist das Ergebnis detaillierter Studien derjenigen dynamischen Prozesse, die bestimmte Arten von Gefahren hervorrufen könnten (wie z. B. des Untergrunds bei Untersuchung geologischer Ereignisse; der ortsspezifischen Gegebenheiten bei Analyse klimatischer oder hydrologischer Ereignisse etc.). Damit diese Studien eine annähernd realitätsnahe Aussage zur Wahrscheinlichkeit des Eintreffens einer Katastrophe treffen können, ist es unbedingt notwendig, über möglichst viele Informationen zu ähnlichen Ereignissen aus der Vergangenheit und zu der Verhaltensweise und

Reaktionsfähigkeit der betroffenen Bevölkerung auf solche Situationen zu verfügen.

- Festlegung präziser technischer Anweisungen zur Formulierung von angemessenen verfahrenstechnischen Kontroll- und Vorbeugungsmaßnahmen. Die für die jeweiligen Regionen eigens formulierten Präventivmaßnahmen sollten auf das Thema einer angemessenen Ausstattung und Ausbildung des mit Katastrophenschutzhilfe betrauten Personals eingehen und konkrete Informationen zu den Möglichkeiten einer unmittelbaren Inanspruchnahme von Leistungen und Anlagen liefern, die auf die spezifischen Bedürfnisse der betroffenen Bevölkerung angepasst sein sollten und die im Fall einer Krisensituation unverzüglich in Anspruch genommen werden können. Dieser Punkt schließt die Einrichtung von Hilfszentren, die Organisation und Aufstellung von Rettungsbrigaden, die Formierung entsprechender ziviler und militärischer Hilfseinheiten sowie die Gründung lokaler Anstalten zur Vorbeugung von Naturkatastrophen ein. Des Weiteren sollten den potentiell bedrohten Bevölkerungsteilen zweckmäßige Erziehungs- und Organisationskurse angeboten werden, damit sie das Gelernte verinnerlichen und bei Eintritt einer Katastrophe schnell und überlegt reagieren können. In den zu diesem Zwecke ausgearbeiteten Kursen sollten sowohl themarelevante Fortbildungslehrgänge und Diskussionsforen angeboten werden als auch die Umsetzung von Vorbeugungskampagnen diskutiert, Simulationen möglicher Katastrophenszenarien geübt, alternative Flucht- und Evakuationswege festgelegt, Frühwarn- und Alarmsysteme programmiert und bekannt gegeben, verfügbare und zum Zwecke einer sofortigen Betreuung der Opfer durch Fachärzte als auch zur Unterbringung der Verletzten geeignete Erste-Hilfe-Stationen identifiziert, schnell umsetzbare und an die Spezifika der einzelnen Katastrophenarten angepasste Strategien zur Gewährleistung einer effizienten Betreuung der Betroffenen entwickelt und integrale Programme zur Förderung der Solidarität unter der Bevölkerung als auch diverse andere Aktivitäten konzeptualisiert werden.

Das Konzept des Katastrophenmanagements setzt sich aus den Komponenten Risikolanalyse und Risikobewertung zusammen. Die beim Entwurf von Katastrophenmanagementprogrammen primär verfolgte Zielsetzung lautet, eine

Orientierungshilfe zur Planung zweckmäßiger Entscheidungsstrategien zu bieten, um einer Beschädigung von physischen Objekten im Falle eines Naturereignisses vorzubeugen und um die zu Schaden gegangenen Objekte möglichst in Grenzen halten zu können. Katastrophenmanagementprogramme eignen sich aber auch dazu, die Durchführbarkeit zukünftiger Projekte – und die Höhe der daraus resultierenden Ausgaben – abzuschätzen. (vgl. UNDRO, 1979) Das Konzept des Katastrophenmanagements spielt für den Entwurf geeigneter territorialer Ordnungspläne also eine äußerst wichtige Rolle.

## 2.5 Zu den Begriffen „Naturrisiko“ und „Naturrisikomanagement“

Wenn man den Begriff „Naturrisiko“ in der Art und Weise verwendet, wie er von den auf dem Gebiet der Prävention und Handhabung von Katastrophen tätigen Organisationen gebraucht wird – wie z. B. von UNDRO oder UNESCO –, dann bezieht man sich im Wesentlichen auf den theoretisch zu erwartenden Umfang der Verluste, mit denen man bei Eintritt eines Naturereignisses zu rechnen hat. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein „zerstörerisches“ Ereignis eine bestimmte Region heimsuchen wird, wird mittels einer bestimmten, dem Begriff „Risiko“ zugrunde liegenden Variable beschrieben, welche letztendlich für die Einstufung eines Ereignisses als eine „natürliche“ Gefahr ausschlaggebend ist. Diese Variable setzt sich aus den Einzelfaktoren „Naturgefahr“ („*natural hazard*“) und „Vulnerabilität“ (V) zusammen. (vgl. BLAIKIE and BROOKFIELD, 1999)

Ausgehend von diesen zwei Einzelfaktoren kann man Risiko als „*a complex combination of vulnerability and hazard*“ definieren. (BLAIKIE et.al., 1994:21) In diesem Sinne präzisiert auch die UNDRO den Begriff „Katastrophe“, wenn sie ihn als „*the interaction of a disaster agent and the vulnerable population [involved]*“ umschreibt. (UNDRO, 1986:12-55) Diesem Verständnis von „Katastrophe“ Folge leistend wird der Begriff „Risiko“ von der UNDRO schlüssigerweise auch als das Resultat der beiden vorgenannten, miteinander interagierenden Einzelfaktoren verstanden, woraus sich ableiten lässt, dass man bei der Bewertung eines Risikos immer auch auf die zwischen diesen beiden Einzelfaktoren bestehenden Wechselwirkungen zu achten hat. Der Logik dieser Gleichung weiterhin treu bleibend, ist es sogar möglich, dass in einer gegebenen Situation der Risikofaktor ungeachtet einer herannahenden Gefahr null ist,

vorausgesetzt der Einzelfaktor „Vulnerabilität“ tendiert auch zu Null. Im Umkehrschluss besteht also auch dann kein Risiko, wenn die Vulnerabilität zwar hoch ist, es aber keine konkreten Anzeichen für das Einsetzen einer Gefahr gibt. (vgl. BLAKIE et.al., 1994:21)

Der Risikograd wird als ein Grundbestandteil aller auf physischen Faktoren beruhenden Entwicklungspläne erachtet. In diesen Plänen wird auf die folgenden Punkte eingegangen: Wiederaufbau nach der Katastrophe, Rekonstruktion und Modernisierung zerstörter Einrichtungen, Ausbau bereits vorhandener Installationen, Entwicklung bzw. Neugestaltung von Bauten von nationaler/regionaler Bedeutung und Zuteilung der mit diesen Arbeiten verbundenen Aufgaben. (vgl.UNDRO, 1986:6)

### 2.5.1 Zum Begriff „Naturgefahr“

Das Konzept Naturgefahr im Sinne von „Bedrohung durch ein Naturereignis“ („*natural hazard*“) kann formelhaft als die „*Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer potentiell schädigenden Naturerscheinung*“ oder als „*desaströse Auswirkungen natürlicher Ereignisse*“ („*extreme natural event*“) beschrieben werden (vgl. WHITE, 1974). Nach WHITE (1974) wird ein Ereignis als eine natürliche Bedrohung angesehen, sobald „*every parameter of the biosphere subject to seasonal, annual, or secular fluctuation constitutes a hazard to man to the extent that his adjustments to the frequency, magnitude, or timing of its extremes are based on imperfect knowledge*“. (WHITE, 1974:3)

Mit dem Thema der Einschätzung von Naturrisiken und ihren Ursachen beschäftigten sich lange Zeit ausschließlich Vertreter der Naturwissenschaften, deren Ansatz darin bestand, „*[to see] the occurrence and essential features of calamity to depend primarily upon the nature of storms, earthquakes, flood, drought.*“ (HEWITT, 1983:5) Die Naturwissenschaftler setzten die Risikoanalyse also praktisch mit der Analyse natürlicher Gefahren gleich. Als man die ersten dieser Studien in den 1970er und 1980er Jahren durchführte, wurden Katastrophen im Wesentlichen ausschließlich auf der Basis geologischer und klimatologischer Daten analysiert und vorhergesagt, was auch die Aussage von HEATHECOTE belegt, wenn er Katastrophen als „*extreme geophysical events greatly exceeding normal human expectations in terms of magnitude or frequency and causing significant material damage to man and his work*“ (HEATHCOTE, 1979:3) bezeichnet.

Um die Inzidenz von Naturrisiken herabzumindern, sind in den 1970er und 1980er Jahren eine Vielzahl von technischen Lösungen zu ihrer Prävention ins Feld geführt worden, in denen jedoch – wie sich schnell herausstellen sollte – auf die Untersuchung der Gewichtigkeit der menschlichen Aktivitäten in diesem Zusammenhang kein Wert gelegt wurde. Die zu der damaligen Zeit erstellten Studien zu Naturrisiken und die diesbezüglich vorgebrachten Lösungsvorschläge ließen allesamt den Faktor der sozialen Dynamik außen vor, was HEWITT denn auch heftig kritisierte. (vgl. HEWITT, 1983:3 ff.)

Bei diesem Studienansatz (ebd.), den HEWITT als „*Naturdeterminismus*“ bezeichnete, ginge es laut seiner Aussage lediglich darum, geophysische Prozesse in ihrer Rolle als Hauptverursacher einer jeden Naturkatastrophe verstehen zu lernen. Keine Berücksichtigung fand bei dieser deterministischen Herangehensweise jedoch der Effekt „nicht natürlicher“ Ereignisse auf den Verlauf von Naturkatastrophen, also derjenigen Prozesse, die durch menschliche Aktivitäten überhaupt erst ausgelöst werden, wie z. B. Kriege, Explosionen, Unfälle, Einstürze, Terroranschläge, Brände, Umweltverschmutzung u. ä.

Obwohl sich in bestimmten Regionen der Welt physische Naturereignisse tagtäglich abspielen, so münden sie nicht immer automatisch in einer Naturgefahr bzw. einem Naturrisiko, weshalb sie auch nicht immer als „*extreme event/natural hazard*“ kategorisiert werden. (vgl. WHITE, 1974:3) Naturereignisse wie Erdbeben, Überschwemmungen, Vulkanausbrüche, Erdbeben u. a. stellen nämlich zwar oft das Ergebnis natürlicher Prozesse dar, doch können sie deshalb noch lange nicht als die eigentlichen und alleinigen Verursacher von „Katastrophen“ – und damit auch nicht als eine tatsächliche Gefahr – angesehen werden. (vgl. BROOKFIELD, 1999:5) Um die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Naturereignisses im Sinne einer Naturbedrohung/„*natural hazard*“ einschätzen zu können, müssen da schon verschiedene physische und soziale Variablen in Betracht gezogen werden, die der Analyse und dem Verständnis der natürlich ausgelösten Prozesse dienen (vgl. Abb. 2.4).

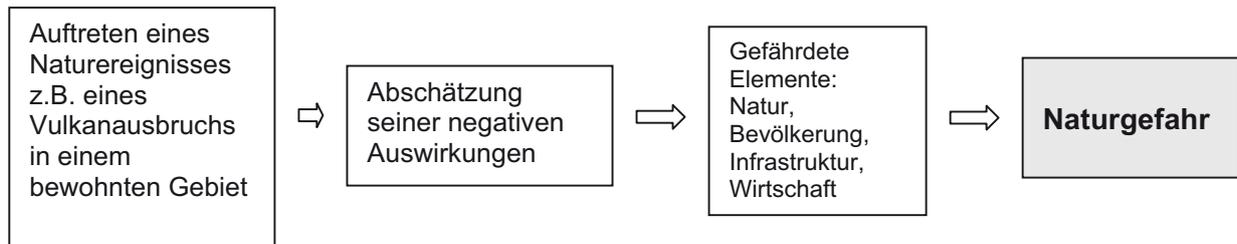


Abb. 2.4: [Eigene] Darstellung des Kausalzusammenhangs zwischen Naturereignis und Naturgefahr.

Wie eben dargestellt, stellen nicht alle Naturereignisse automatisch eine Naturgefahr dar. Ob ein Ereignis als eine Gefahr eingestuft wird, hängt weitestgehend von den negativen Auswirkungen ab, die es für die Gesellschaft und für die Natur möglicherweise haben könnte.

Eine klare Aussage darüber, wie Risiko und Gefahr voneinander zu trennen sind und inwiefern diese beiden Begriffe ineinander greifen, machte erstmals FRITSCHÉ, der das Konzept „Risiko“ als den Versuch einer Quantifizierung einer bestimmten Gefahr formulierte. (vgl. FRITSCHÉ, 1986:7)

Einen weiteren gelungenen Versuch der Unterscheidung zwischen Risiko und Gefahr liefern NOWOTNY and EISIKOVICH, wenn sie sagen, dass man „*von einer Gefahr betroffen ist, das Risiko jedoch gewählt wird*“. (NOWOTNY & EISIKOVICH, 1990:9)

Bei der Einschätzung von Naturrisiken geht es gemäß der eben vorgebrachten Darstellungen also zuallererst darum, die Gewichtigkeit „natürlicher“ Gefahren zum Ausmaß der Schäden, die nach einer Katastrophe im natürlichen und sozialen Umfeld entstehen könnten, in Beziehung zu setzen.

### 2.5.1.1 Anthropogene Naturgefahren

Viele Naturkatastrophen werden vom Menschen ausgelöst. Die einschneidenden Veränderungen natürlicher Landstriche und die dadurch ausgelösten Modifikationen der normalen Zyklen verschiedener Naturprozesse – wie z. B. das immer häufigere Auftreten von Hangrutschungen in Randgebieten der großen Städte Lateinamerikas, welche das Ergebnis unkontrollierter Abholzungen von Wäldern und des nicht

reglementierten Siedlungsbauten sind – gaben den Anstoß zu einer Erweiterung des Bereichs der Katastrophenforschung um eine neue Forschungslinie, die man als das Forschungsgebiet der „*man-made natural hazards*“ – der anthropogenen Naturgefahren – bezeichnet.

Die Untersuchungen von Heutzutage sind denn auch darauf ausgerichtet, der Komplexität der Ursachen von „*Naturkatastrophen*“ auf die Spur zu kommen, und dies, obwohl man sich der Tatsache bewusst ist, dass „*Naturkatastrophen*“ oftmals gar nicht so sehr „natürlichen“ Ursprungs sind: „*Primarily, it is people who by the nature of their philosophies, attitudes and behaviour modify or transform (this) environmental neutrality into either a useful resource or „POT“entially disastrous scenario*“. (CURSON, 1989:3)

Im Allgemeinen sind es nicht nur natürliche Faktoren, die zur Entstehung eines „*extreme event*“ beitragen (vgl. WHITE, 1974:187 ff.), was besonders dann deutlich wird, wenn man die Ursachen vieler Katastrophen aus der näheren Vergangenheit genauer untersucht:

- Hangrutschungen werden oftmals durch soziale Dynamiken wie die Besiedlung instabiler Steilhänge in der Nähe größerer Städte, vor allem in den Ländern Lateinamerikas, verursacht;
- Dürreperioden, Hungersnöte, Bodenversalzung usw. werden durch die Verwüstung ganzer Landstriche, durch den intensiven Ackerbau und durch den Kahlschlag primärer Waldgebiete hervorgerufen;
- das immer häufigere Auftreten von Überschwemmungen und Schlammlawinen sind das Ergebnis der Waldrodungen und des Siedlungsbauten in der Nähe von Flussläufen;
- Hochwasserkatastrophen werden durch die Veränderung oder Begradigung der natürlichen Verläufe von Bächen und Flüssen bewirkt, was eigentlich als eine Strategie zur Anpassung der Natur an die Bedürfnisse des modernen Menschen angedacht ist;
- die immer gravierende Umweltverschmutzung ist auf die fortschreitende Industrialisierung bzw. auf den steigenden Bedarf der modernen Gesellschaft an

Industriegütern und auf die dabei entstehenden Unmengen an Abfällen zurückzuführen;

- Meereskatastrophen werden teilweise durch die Bebauung ganzer Küstenstreifen mit großen touristischen Anlagen und durch den Versuch, dem Meer neues Land abzugewinnen, verursacht, was letztendlich zur Erosion von Küstenterrassen führt.

Bei Verwendung der Bezeichnung „*natürlich*“ im Zusammenhang mit Katastrophen muss man sich heutzutage vor Augen halten, dass diese auch von exogenen Faktoren beeinflusst werden, insbesondere von solchen, die auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind. Naturgefahren werden also sowohl von natürlichen als auch von anthropogenen Faktoren bedingt, welche bei der Einschätzung der Vulnerabilität im Rahmen einer Risikoanalyse allesamt eine wichtige Rolle spielen. Aus diesem Grunde verzichten einige Katastrophenforscher bei ihren Ausführungen zu Desastern so gut wie immer darauf, den Präfix „*Natur-*“ überhaupt erst zu verwenden, was jedoch nicht bedeuten soll, dass es heutzutage keine Naturereignisse mehr gibt, die tatsächlich nur auf „natürliche“ Ursachen zurückzuführen sind.

Heutzutage ist man sich der Tatsache bewusst, dass Katastrophen und die von ihnen verursachten Folgenerscheinungen nicht nur von natürlichen Phänomenen herbeigeführt werden, sondern dass die Ursachen dafür oftmals eher beim Menschen zu suchen sind, der in seinem Bestreben, die Umwelt zu verändern und sie an seine unmittelbaren Bedürfnisse anzupassen, in die natürlichen Naturprozesse eingreift und somit die meisten Desaster selbst auslöst. Ein Beispiel für den entscheidenden Beitrag des Menschen zur Entstehung einer „Naturkatastrophe“ liefert der Fall von Bodenerosionen, die BLAIKIE als „*high erosion hazard*“ bezeichnet (BLAIKIE, 1985:113) und deren Wahrscheinlichkeitsgrad er ausgehend von der Intensität, mit der der Mensch auf die Umwelt einwirkt, berechnet. Die hierzu von BLAIKIE und BROOKFIELD aufgestellte Gleichung lautet:

$$\text{Degradation} = (\text{natural degrading processes} + \text{human interference}) - (\text{natural reproduction} + \text{restorative management})$$

Quelle: BLAIKIE and BROOKFIELD (1999:5)

Diese Gleichung aufgreifend werden in der vorliegenden Arbeit sämtliche Gefahrenquellen, die mit den menschlichen Aktivitäten in irgendeiner Weise im Zusammenhang stehen, unter dem Gesamtbegriff „*man-made natural hazards*“ zusammengefasst.

### 2.5.1.2 Klassifizierung von Naturgefahren

Naturgefahren können entsprechend unterschiedlicher Gesichtspunkte und Analysemethoden klassifiziert werden. Die jeweils gewählte Analysemethode schlägt sich logischerweise auf das Ergebnis einer jeden Risikoanalyse nieder. Einige Autoren unterscheiden deshalb bei der Klassifizierung von Naturgefahren von vornherein zwischen natürlichen („*natural or geological hazards*“) und nicht natürlichen Gefahren (die letzteren schließen die „*technological hazards*“ ein).

Ein Beispiel für die Art und Weise, wie Naturkatastrophen gruppiert werden, findet sich bei BOLT, HORN, MACDONALD und SCOTT (1975) in ihrer Studie zu „*Geological hazards*“, in der nahezu alle in diesem Kontext möglichen geologischen Gefahren aufgelistet werden. Dort wird zwischen den Kategorien Erdbeben, Flutwellen, Lawinen, Hangrutschungen, Absenkungen und Schlammlawinen („*Floods*“) unterschieden.

In derselben Studie bieten BOLT, HORN, MACDONALD und SCOTT innerhalb ihres Ordnungsschemas eine Möglichkeit zur Differenzierung von Erdbeben, die sie in natürlich ausgelöste und in nicht natürlich ausgelöste Beben (technologische Beben) untergliedern.

Ein Beispiel für nicht natürlich ausgelöste Erdbeben wären die „*nuclear earthquakes*“, die dem Wettkampf bestimmter Großmächte um die Entwicklung von Nuklearprogrammen zuzuschreiben sind und dabei aber eine neue Art von Gefahr für die gesamte Menschheit kreieren. In ihrer Arbeit gehen diese Forscher auch auf geologische Gefahren ein, die durch expansive Bodenverschiebungen, durch Bodenerosion, durch Bodenverluste aufgrund städtischer Entwicklungen sowie durch die Zerstörung und Verringerung von Wasserreserven entstehen. (vgl. BOLT, HORN, MACDONALD AND SCOTT, 1975:285)

GEIPEL (1992) dagegen schlägt vor, Naturgefahren in Abhängigkeit vom Ort, an dem sie stattfinden, zu klassifizieren. Er unterscheidet zwischen

- geologischen Naturgefahren („*geological hazard*“), deren Ursprünge in der inneren Erdkruste zu suchen sind – dazu zählen Erdbeben, Flutwellen und Vulkanausbrüche;
- Naturgefahren, die an der Erdoberfläche zur Entfaltung kommen – dazu zählen Hangrutschungen, Sackungen, Muren und Lawinen.
- Naturgefahren, die durch meteorologische und hydrologische Veränderungen hervorgerufen werden („*Meteorological, hydrological and marine hazards*“) – dazu zählen Dürren, Hochwasser, Flutwellen, Stürme, Feuersbrünste u. a.

Andere Autoren wiederum klassifizieren Naturgefahren nicht nach bestimmten Parametern, sondern zählen die am häufigsten, innerhalb einer bestimmten Region vorkommenden Bedrohungen auf (einschließlich der Erosionsprozesse), die sie dann in einheitlichen Gruppen zusammenfassen (vgl. ÖSTEREICHISCHE RAUMORDNUNGS-KONFERENZ – ÖROK, 1986):

- Meteorologische Naturgefahren: Sturm, Gewitter und Hagelschlag, Glatteis, Schneeglätte, hohe Niederschlagsmengen, Nebel, starke Temperaturschwankungen, Dürre, häufige Niederschläge;
- Massenbewegungen;
- Bodenerosion, gruppiert nach dem Grad der Bodenunterspülung;
- Hochwasser – in diese Kategorie können auch komplexe Gefahren wie Flächenspülung und Erdrutsche entfallen;
- Erosionsgefahren: Abschwemmungsgefahr, Überstauungsgefahr, Auswehungsgefahr, Rutschgefahr, Vermurungsgefahr oder Murgängegefahr.
- Erdbeben.

Die „*International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*“ wiederum (NATURAL HAZARDS: 16:98, 1997) ordnet die „*man-made hazards*“ der Gruppe der technologischen Gefahren zu. Hier wird zwischen

- geologischen Gefahren (Erdbeben, Vulkanausbrüche, Erdrutsche, Boden-erosionen etc.);
- meteorologischen Gefahren (Wirbelstürme, Dürren, Wüstenbildung etc.)
- hydrologischen und marinen Gefahren (Flutwellen, Unwetter, Überflutungen, Anstieg der Meeresspiegel, biologische Reaktionen im Meeresinneren etc.)

als auch zwischen

- technologischen und anthropogenen Gefahren (Luft- und Wasserverschmutzung)

unterschieden.

Eine frühzeitige Ursachenerkennung ist für die Auswahl angemessener Maßnahmen zur Eindämmung möglicher Schäden, die im Zuge der erarbeiteten Vorbeugungsprogramme implementiert werden sollen, wichtig. Die Ursachen und Folgen von Naturkatastrophen sind leider jedoch nicht immer einfach voneinander zu trennen. So sind z. B. viele Hangrutschungen das Ergebnis von einzelnen oder mehreren Naturereignissen (vgl. Tab. 2.3).

In dem für die Gemeinde Jericó erstellten „*POT*“ beispielsweise wird auf die Eigenart einer Naturgefahr gar nicht erst eingegangen, sondern es werden nur die zu erwartenden Folgen ins Visier genommen.

Tab. 2.3 Zusammenhänge zwischen Naturereignissen, -gefahren und deren Folgerscheinungen. Eigene Zusammenstellung mit Terminologie nach GÖK.

GESCHWINDIGKEIT DES NATURPROZESSES	ART DER NATURGEFAHR	BEGLEITPHÄNOMEN	FOLGEERSCHEINUNG = KATASTROPHE
	<b>Meteorologische „exogene“ und hydro- logische Naturgefahren</b>		
<b>Schnell</b>	Überschwemmung	Hangunterspülung	Hangrutschung Lawine
	Sturm	Feuersbrunst Überschwemmung	Entwaldung
	Hagelschauer		
	Nebel		
	Hohe Temperaturen	Feuer	Entwaldung und Waldbruch Austrocknung
	Starke Regen ( <i>lluvias torrenciales</i> )	Überschwemmung	Hangrutschung, Bodenerosion Flächen- und Rinnenspülung
	Starker und andauernder Regen	Überschwemmung, Bodenvernässung, Flächen- und Rinnenspülung	Hangrutschung
<b>Langsam</b>	Dürre mit Wind Versandungen		
	Bodenversalzung		
	<b>Naturgefahr mit Ursprung an der Erdoberfläche</b>		
	Hangrutschung	Bodenerosion	
<b>Langsam</b>	Unterspülungen	Sackungen	Hangrutschung Muren Schlammströme und Muren
		Solifluktion Langsame Hangrutschung	Bodenerosion Hangrutschung
	<b>Geologische, endogene Naturgefahren</b>		
<b>Schnell</b>	Erdbeben	Hangrutschung, Überschwemmung Lawinen	Hangrutschung, Überschwemmungen
	Vulkanismus	Flutwelle, Feuer, Lawine	Überschwemmung

JAVANOVIC (1988) schlägt die folgende Klassifizierung von Naturgefahren, deren Entwicklung von anthropogenen Aktivitäten begünstigt wird, vor: Er unterscheidet

zwischen Gefahren, die durch identifizierbare „*natural hazards*“ ausgelöst werden, und denjenigen Bedrohungen, die offensichtlich auf den Menschen zurückzuführen sind („*man-made hazards*“). In der Praxis können Naturereignisse und “nicht natürlich“ ausgelöste, desaströse Ereignisse gleichzeitig auftreten und dabei aufeinander folgende bzw. gleichzeitig stattfindende Kettenreaktionen auslösen (vgl. Tab. 2.4).

Tab. 2.4 Naturgefahren und anthropogene Naturgefahren. Nach JOVANOVIC (1988:10). Eigene Übersetzung ins Deutsche. Ergänzt durch Angaben nach DICKAU (2002:39).

<b>„<i>natural hazards</i>“/ Naturgefahren</b>	<b>„<i>man-made natural hazards</i>“/ anthropogene Naturgefahren</b>
<b>Temperaturschwankungen</b>	Treibhausgase, CO <sub>2</sub> , Zerstörung der Ozonschicht, Erderwärmung
<b>Veränderung der Ozonschicht</b>	Zerstörung der Ozonschicht, Erderwärmung
<b>Überschwemmung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entwaldung</li> <li>2. Expansion von Denudationsflächen</li> <li>3. Zerstörung von Vegetationsoberflächen</li> <li>4. Erosion von Bodenoberflächen</li> <li>5. Landschaftsveränderung</li> <li>6. Schlechtes Design der kommunalen Infrastruktur</li> <li>7. Bodenversiegelung</li> </ol>
<b>Massenbewegungen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Landschaftszerstörung durch Straßenbau</li> <li>2. Tagebau</li> <li>3. Entwaldung</li> <li>4. Drainagesystem: Manipulation, Modifikation, Redistribution</li> </ol> von DICKAU (2002) erweitert um <ul style="list-style-type: none"> <li>- Staudammbau</li> <li>- Entfernung des Hangfußes</li> <li>- Belastung des Oberhangs</li> <li>- Bewässerung</li> <li>- künstliche Bewegung von Massen</li> <li>- undichte Wasserversorgung</li> </ul>
<b>Waldbrände</b> <b>Brand nach Blitzeinschlag</b> <b>Brand nach Vulkanausbruch</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schlechte Planung der Überlandleitungen</li> <li>2. Pyromanie</li> <li>3. Schlechte Forstwirtschaft</li> <li>4. Durchgangszonen ohne Vegetation</li> <li>5. Besiedlung von feuergefährdeten Bereichen</li> </ol>
<b>Dürre</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zerstörung der Vegetation</li> <li>2. Landschaftsveränderung</li> </ol>
<b>Erdbeben</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unterirdische Atomversuche</li> <li>2. Schlechte Planung und Wartung von Wasserbauprojekten (in seismisch aktiven Gebieten)</li> <li>3. Bergbau</li> <li>4. Ungeeignete Baumaterialien und Gebäudekonstruktionen</li> <li>5. Starke Besiedlung ungeeigneter Bereiche</li> </ol>

Ausgehend von den traditionell verwendeten Klassifizierungsschemata wurde schließlich vorgeschlagen, Naturprozesse oder „extreme Ereignisse“ entsprechend der unterschiedlichen Parameter, die das Auftreten einer Gefahr begünstigen können, einheitlich zu gliedern – nach Geschwindigkeit, Ausmaß und Entstehungsort des Naturprozesses sowie nach der Art der von ihm ausgelösten Kettenreaktionen (vgl. Tab. 2.4).

Einige Naturgefahren wiederholen sich periodisch. Anhand der zeitlichen Abfolge von Naturkatastrophen kann die zwischen dem Einsetzen dieser Katastrophen liegende Zeit errechnet werden – z. B. im Fall von Überschwemmungen, Vulkanausbrüchen und Erdbeben. Anthropogene Naturkatastrophen dagegen wiederholen sich nicht regelmäßig, da sie in keinem Zusammenhang zu periodischen Naturzyklen stehen – ihr Eintreffen wird von einer Anzahl von menschlichen Aktivitäten begünstigt. An dieser Stelle sei gesagt, dass „Naturkatastrophen“ von anthropogenen Naturgefahren mithin zwar am häufigsten, aber auch in sehr unregelmäßigen Abständen verursacht werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass – wenn man die *„perspective of balance between natural and human conditions“* im Blick behält (BROOKFIELD, 1999:5) – es außerordentlich schwierig ist, den tatsächlichen Ursprung einer Katastrophe eindeutig auszumachen: Ist der Auslöser die Natur selbst, oder ist es das Wirken des Menschen, das das Entstehen von Katastrophen begünstigt? – Aufgrund dieses Unsicherheitsfaktors zieht man es mittlerweile vor, viele Naturgefahren schlichtweg als *„man-made natural hazards“* zu bezeichnen und diese auch als solche zu registrieren.

Ein anschauliches Beispiel für sämtliche kleineren Katastrophen, die sich im Jahr 2002 in Medellín zugetragen haben und vom städtischen Amt für Katastrophenprävention und -hilfe (SIMPAD) gehandhabt werden mussten, liefert die folgende Abb. 2.5:

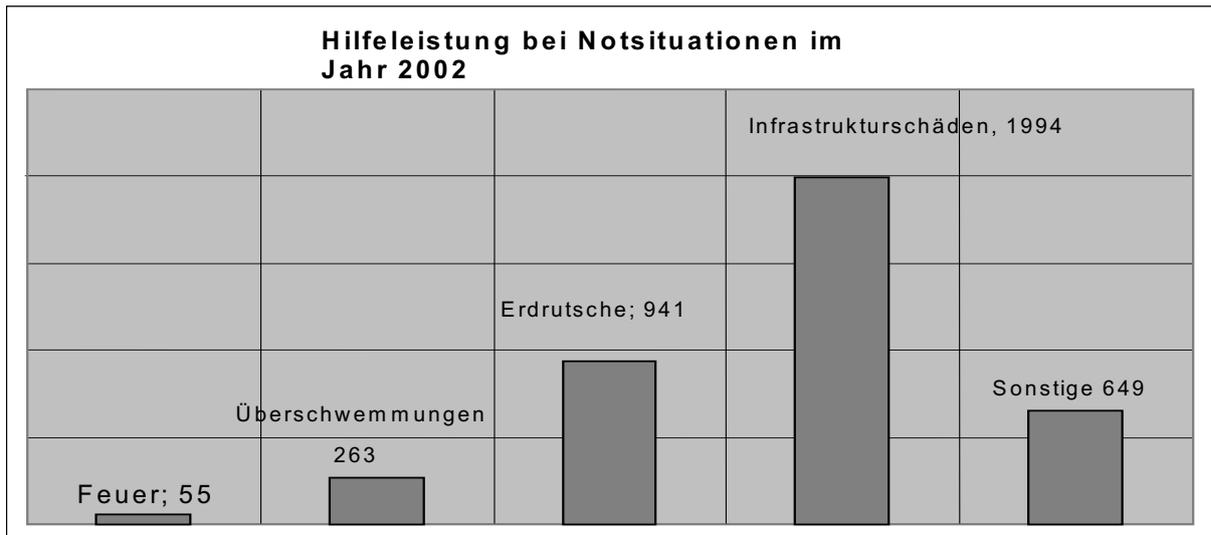


Abb. 2.5: Alle Notsituationen, bei denen Hilfe zur Beseitigung der entstandenen Schäden geleistet werden musste: Feuerbrünste, Überschwemmungen, Erdbeben und Infrastrukturschäden sowie sonstige desaströse Prozesse. Bericht über die Anzahl der verwalteten Notsituationen im Jahr 2002. Quelle: SIMPAD (2002). Eigene Darstellung.

Wie der obigen Abbildung zu entnehmen ist, ist es für die mit Katastrophenhilfe betrauten Institutionen zumeist aufgrund der Abnutzungserscheinungen von Bauten, Erdbeben und der Instabilität von Berghängen (bedingt durch den unkontrollierten Siedlungsbau) notwendig, beim Eintreffen eines Desasters auszurücken und den Betroffenen Hilfe zu leisten. Diese drei Erscheinungsformen von Naturgefahren fallen in die Kategorie „*man-made natural hazards*“. Der nicht reglementierte Siedlungsbau hat zusammen mit der dürftigen Bauweise von Gebäuden zu einer deutlich höheren Gefahr von Erdbeben geführt. Infolge dieses Binoms treten in besiedelten Gebieten „*man-made natural hazards*“ viel häufiger auf als rein natürlich ausgelöste Gefahren.

### 2.5.1.3 Naturgefahrenanalyse

Die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens einer Katastrophe kann mit Hilfe einer Naturgefahrenanalyse abgeschätzt werden. Eine solche Analyse stützt sich sowohl auf Wahrscheinlichkeitsrechnungen als auch auf statistische Methoden. Im Wesentlichen geht es bei solchen Analysen um die Erstellung von Prognosen zum Eintreffen von Katastrophen. Dazu werden normalerweise sowohl historische Daten, statistische

Angaben als auch qualitative Größen, die im Zuge einer kurz-, mittel- und langfristigen Überwachung eines bestimmten Gebiets erhoben werden, ausgewertet.

Obwohl es anhand der erhobenen Angaben möglich ist, das Auftreten und die Stärke eines Naturereignisses mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit vorherzusagen, so kann man den genauen Zeitpunkt seines Eintreffens nie genau festlegen: *“Were there perfectly accurate predictions of what would occur and when it would occur in the intricate web of atmospheric, hydrologic, and biological systems, there would be no hazard”*. (WHITE, 1974:3) Trotzdem sind die gesammelten Informationen behilflich, wenn es darum geht, die Beteiligung der betroffenen Bevölkerung an der Umsetzung von Katastrophenvorsorge- und managementprogrammen zu koordinieren.

Den Gefährdungsgrad kann man auch graphisch darstellen. Dabei wird die spezifische Art einer Gefahr gemäß der Wahrscheinlichkeit ihres Eintritts in eine Graphik eingezeichnet oder es wird unter Zuhilfenahme einer deterministischen Methode die Wahrscheinlichkeit ihres Auslösens durch natürliche Ursache bestimmt. Für welchen Ansatz man sich bei der Bestimmung des Gefährdungsgrades letztendlich entscheidet, hängt von den zur Verfügung stehenden Informationen ab.

Bei Erstellung von Gefahrenkarten nach der „deterministischen“ Methode geht es im Wesentlichen darum, mögliche „Szenarien“ der Gefahr graphisch darzustellen. Dabei werden die möglichen Auswirkungen, die ein bestimmtes Naturereignis einer bestimmten Größenordnung innerhalb eines bestimmten geographischen Naturraums hervorrufen kann, unter Einbeziehung des Vulnerabilitätsgrades der sich in diesem Raum befindlichen Elemente betrachtet. Wie aussagekräftig die Analyse in diesem Fall sein wird, hängt unter anderem vom geographischen Betrachtungsmaßstab, von der geographischen Dimension, der Genauigkeit und dem Umfang der zur Verfügung stehenden Informationen ab (vgl. HECK 2006), aber auch von der Relevanz der potentiell bedrohten Objekte für die Gesellschaft und für die Wirtschaft.

Naturgefahren können im Allgemeinen relativ einfach identifiziert werden. Voraussetzung dafür ist, dass die physischen Prozesse, die eine Naturgefahr auslösen könnten (so z. B. die Erkennung einer Destabilisierung des Untergrunds im Falle von

Hangrutschungen), entweder durch Beobachtung vor Ort oder durch Fernsensoren rechtzeitig erkannt werden.

Nicht ganz so einfach gestaltet sich der Prozess der Erkennung von Naturgefahren in geologisch instabilen Gebieten. Einerseits wird das Terrain dort von anderen, bereits vorher eingesetzten natürlichen Prozessen in Mitleidenschaft gezogen, und andererseits sind dort die Oberflächenböden meistens von üppiger Vegetation bewuchert, was eine genau Untersuchung der Bodenqualität erschwert. Um die in einem bestimmten Gebiet konkret gegebenen Gefahren richtig einschätzen zu können, ist es angesichts dieser Schwierigkeiten aber umso wichtiger, sich über die genaue Beschaffenheit der dortigen Böden Klarheit zu verschaffen und das Feld von Fachexperten genau erkunden zu lassen, insbesondere dann, wenn beim gewählten Analysetyp auf Fernerkundungsmethoden zurückgegriffen werden soll.

Unter Zuhilfenahme der Methode, die in dieser Arbeit für Zwecke der Analyse von Naturgefahren verwendet worden ist, wird der bestehende Zusammenhang zwischen den Faktoren, die die Entstehung einer Naturgefahr begünstigen könnten, und dem Grad ihrer gegenseitigen Beeinflussung untersucht. Dabei werden die folgenden, zwischen den verschiedenen Faktoren bestehende Zusammenhänge ermittelt:

- Wechselbeziehungen zwischen Faktoren („*correlaciones*“);
- Abhängigkeitsverhältnis oder Art des Zusammenspiels von Faktoren: Kettenreaktionen, Synergien, antagonistische Reaktionen, auslösende und resonatorische Kräfte, Akkumulationseffekte;
- Eigenständigkeit oder Parallelität von Faktoren.

Bei der Bewertung von natürlichen Gefahren müssen verschiedene Variablen in Betracht gezogen werden, die für die Herbeiführung einer Gefahrensituation als auch für den weiteren Verlauf eines gefährlichen Prozesses von Bedeutung sind. Dieses Abhängigkeitsverhältnis kann man auch in einer kurzen Formel ausdrücken, so z. B. im Fall einer Erdrutschgefahr (E):

$$E = Z \times T \times P$$

Legende:

Z = Widerstandsfähigkeit der internen Faktoren: Gesteinsarten, Bodenbeschaffenheit, Geomorphologie, Topographie, Vegetationsschichten, Dränagesysteme

T = auslösendes Ereignis, z. B.: Erdbeben, Regenfälle, Bodennutzung, Siedlungsbau u.a.

P = Stärke der freigesetzten destruktiven Energien. Die freigesetzten destruktiven Energien sind für die Stärke und Intensität des Naturereignisses ausschlaggebend.

Diese Gleichung veranschaulicht, dass der Gefährdungsgrad – und somit auch der Risikograd einer Naturgefahr – umso kleiner ist, je geringer der Wert der jeweiligen Faktoren ist.

### 2.5.2 Zum Begriff „Vulnerabilität“

Unter Vulnerabilität versteht man den Grad der Anfälligkeit eines Subjekts bzw. Objekts für Schäden und Beschädigungen. Der Anfälligkeitsgrad ist mit dem Grad der physischen Exposition eines Objekts im Verlauf eines desaströsen Ereignisses („*extrem event*“) aufs Engste verbunden. Vor diesem Hintergrund kann Vulnerabilität folgendermaßen definiert werden: *“The extent to which a community, structure, service or geographic area is likely to be damaged or disrupted by the impact of a particular disaster hazard, on account of their nature, construction, and proximity to hazardous terrain or a disaster prone area”*. (ADPC 2000a:1)

Bei der Einschätzung eines Vulnerabilitäts- bzw. Risikogrades müssen die Reaktionen der durch eine Gefahr tatsächlich bedrohten Elemente berücksichtigt werden. Denn nur wenn man diese Größen in die Rechnung miteinbezieht, wird man eine Chance haben, möglichen Schäden vorzubeugen bzw. das Ausmaß der Schäden im Rahmen zu halten. Zur Ermittlung der von den konkret bedrohten Elementen möglicherweise angenommenen Verhaltens- und Reaktionsweisen werden die folgenden zwei Variablen genauer untersucht:

- erstens, der Grad der Anpassungsfähigkeit der bedrohten Elemente an neue Umstände – damit ist die Art und Weise gemeint, wie sie auf die negativen Auswirkungen einer Gefahr zu reagieren vermögen;

- zweitens, der Grad ihrer „Risikowahrnehmung“ – hier geht es um die Erfassung der Anzeichen, dank derer sowohl Einzelpersonen als auch die Gemeinschaft insgesamt eine Gefahr frühzeitig erkennen können. Der Risikowahrnehmung liegt die Fähigkeit des Menschen zu Grunde, eine Risiko- bzw. Gefahrensituation „intuitiv“ erkennen zu können.

*„Diese Form der intuitiven Risikowahrnehmung basiert auf der Vermittlung von Informationen über die Gefahrenquelle, von physischen Verarbeitungsmechanismen, von Unsicherheit und von früheren Erfahrungen mit Gefahren. Das Ergebnis dieses geistigen Prozesses ist das wahrgenommene Risiko, also ein Bündel von Vorstellungen, die sich die Menschen aufgrund der ihnen verfügbaren Informationen und des gesunden Menschenverstandes über Gefahrenquellen machen.“ (RENN, 1989:167)*

Das Verstehen der oben bezeichneten Variablen, welche im Rahmen der Einschätzung möglicher Reaktionsweisen bedrohter Elemente angesichts einer Naturgefahr analysiert werden, ist für die Beantwortung der folgenden Fragen unentbehrlich:

- Warum leben Menschen, die bereits früher mit einer Katastrophe negative Erfahrungen gemacht haben, weiterhin in katastrophengefährdeten Gebieten?
- Wie lange hält die kollektive Erinnerung an Katastrophen und deren Folgen in verschiedenen Gesellschaften an?
- Welche Verhaltensweisen legen die einzelnen Individuen im Verlauf einer Katastrophe an den Tag?
- Auf welche Strategien der Katastrophenbewältigung greifen sowohl die Individuen als auch die Gesellschaft insgesamt am häufigsten zurück? Welche dieser Strategien sollten weiterhin gefördert werden?

Ein solches Vorgehen bei der Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades von naturbedrohten Elementen macht es möglich, die jeweils individuell bzw. kollektiv entworfenen Strategien zur Bewältigung von Katastrophen aufeinander abzustimmen.

Für viele Autoren ist die Risikowahrnehmung – egal, ob diese individuell oder kollektiv ist – eine wichtige Variable innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse. Die Ergebnisse solcher

Analysen wirken sich unmittelbar auf die Auswahl der zu ergreifenden Vorbeugungsmaßnahmen sowie auf den Umfang der zu erbringenden Hilfeleistungen aus. Die Optimierung der Reaktionsfähigkeit der Betroffenen auf Naturkatastrophen wiederum steigert ihren Grad an Anpassungsfähigkeit auf andere plötzliche Veränderungen, die auch eine Katastrophe einleiten und die zu vielen Schäden führen könnten. Der Grad der individuellen und kollektiven Anpassungsfähigkeit auf plötzliche Veränderungen hängt des Weiteren vom Wissen der betroffenen Gesellschaft um Katastrophen ab, aber auch von ihrer Fähigkeit, auf Naturkatastrophen angemessen, d.h. schnell und effizient, reagieren zu können. (vgl. WHITE, 1974) Durch eine schnelle Reaktion wird der Schadenumfang in Grenzen gehalten werden und der Vulnerabilitätsgrad der potentiell bedrohten Elemente – und damit auch der Risikograd insgesamt – reduziert werden können. Ob der Risikograd nachhaltig verkleinert werden kann, hängt also von der Fähigkeit einer potentiell betroffenen Gesellschaft ab, einem desaströsen Ereignis individuell bzw. im Kollektiv angemessen zu begegnen. Eine auf alle Eventualitäten vorbereitete Gesellschaft muss demzufolge stets Bereitschaft zeigen, jederzeit zivile Verantwortung übernehmen zu wollen und rechtzeitig Schutzmaßnahmen zur Eindämmung desaströser Ereignisse ergreifen zu können.

Das mangelhafte Vorwissen um Katastrophen und um angemessene Reaktionsweisen auf desaströse Ereignisse ist ein typisches Problem des lateinamerikanischen Bauerntums, was auch KIRKBY (1974) Studien zur Bauernschaft aus Oaxaca (Mexiko) deutlich zu entnehmen ist. Laut KIRKBY (KIRKBY, 1974) überlässt die Dorfgemeinschaft dem Staat die Planung und Ausführung sämtlicher Aufgaben, die sich im Zusammenhang mit Katastrophenvorbeugungsprogrammen ergeben. Wie KIRKBY herausstellt, scheint sich niemand so richtig für die eigenständige Ergreifung von Maßnahmen zur Vorbeugung von Naturgefahren verantwortlich zu fühlen. Im Umkehrschluss bedeutet eine solche Einstellung, dass ein großer Teil der Bevölkerung im Falle einer Katastrophe bzw. eines extremen Naturereignisses darauf hofft, irgendwie mit viel Glück davonzukommen bzw. vom Gott oder von der eigenen Regierung gerettet zu werden. Von wem immer die erwartete Hilfeleistung auch kommen mag – man verlässt sich in jedem Falle auf den Beistand irgendwelcher externer Größen, das individuelle Verhalten beschränkt sich dagegen auf Ratlosigkeit oder es kommt überhaupt keine Reaktion.

Bei der Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades muss verschiedenen, die Anfälligkeit von Subjekten und Objekten bedingenden Aspekten Beachtung geschenkt werden: Den Umweltbelastungen, einer möglicherweise schwächeren Wirtschaft, der herrschenden Armut, einer dürftigen Einflussnahme des Staates auf das tägliche Geschehen in der Gesellschaft u.v.a.m. Dies ist insofern wichtig, als dass all diese Aspekte zur Kreierung und zur Steigerung von Unsicherheitsfaktoren, den so genannten „*unsafe conditions*“ (BLAIKIE, 1994:21), beitragen und damit auch zur Erhöhung des Vulnerabilitätsgrades und des Risikos für alle Beteiligten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass kulturbedingte Voraussetzungen ebenso wie ökonomische und soziale Entwicklungen sich auf den Grad der Fähigkeit der Bevölkerung, auf Katastrophen angemessen reagieren und sich an die nach Katastrophen neu entstandenen Umstände schneller anpassen zu können, auswirken, und dass sie deshalb bei der Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades unbedingt ins Kalkül gezogen werden müssen.

### **2.5.2.1 Einschätzung der Vulnerabilität**

Die Vulnerabilität wird allgemein als der Grad der Exposition eines Subjekts bzw. Objekts gegenüber externen Einflüssen verstanden. Hierbei wird ebenfalls die Fähigkeit der exponierten Elemente berücksichtigt, auf Katastrophen angemessen reagieren zu können. Bei der Einschätzung des Vulnerabilitätsgrades gilt es zuallererst, die situationsrelevanten Unsicherheitsfaktoren, die so genannten „*unsafe conditions*“ (BLAIKIE 1994), genau zu analysieren. Die folgende Gleichung ermöglicht es, die Vulnerabilität in Abhängigkeit bestimmter, bereits bekannter Parameter abzuschätzen.

$$V = E/R$$

Legende:

E = Grad der Exposition

R = Widerstandsfähigkeit gegenüber Naturphänomenen (vgl. UNDRP, 1979/1986)

Wie diese Gleichung veranschaulicht, ist es notwendig, die Widerstandsfähigkeit potentiell bedrohter Elemente durch Ergreifung effektiver Vorbeugungsmaßnahmen zu erhöhen, wenn der Grad der Vulnerabilität auf Dauer gesenkt werden soll.

### 2.5.2.2 Klassifizierung der Vulnerabilität

Die Vulnerabilität kann je nach dem zugrunde gelegten Maßstab unter unterschiedlichen Aspekten gesehen und deshalb auch verschiedenen Sparten zugeteilt werden. So bezieht sich die physische Vulnerabilität auf die Wahrscheinlichkeit, mit der Objekte wie Bauten, Häuser, Gebäude, Verkehrswege usw. beim Eintreffen einer Katastrophe zu Schaden kommen werden. Sie wird u. a. von der Bevölkerungsdichte, der Qualität der bei der Errichtung von Gebäuden verwendeten Baumaterialien, dem technischen Entwicklungsstand der Bauten als auch von ihrem Istzustand und von vielen anderen Parametern bedingt.

Der für die ökonomische Vulnerabilität relevanteste Parameter ist der Umfang der finanziellen Mittel, die zur Deckung der entstandenen Schäden und erlittenen Verluste aufgebracht werden müssen, damit die Betroffenen zu ihrem gewohnten Alltag zurückkehren können, ohne unter den wirtschaftlichen Einbußen langfristig leiden zu müssen. (vgl. ADPC 2000b:8)

Die soziale Vulnerabilität beschreibt die Fähigkeit der Gesellschaft, sich von den Folgeerscheinungen einer Katastrophe erholen zu können – dies gilt sowohl für jeden einzelnen Betroffenen als auch für das Kollektiv insgesamt.

Wenn man wiederum von der institutionellen Vulnerabilität spricht, dann bezieht man sich auf die Fähigkeit der staatlichen Institutionen, auf Naturkatastrophen angemessen reagieren zu können. Einige Autoren gehen bei ihren Ansätzen zur Klassifizierung von Vulnerabilität noch weiter und machen diese von Variablen wie Natur, soziales, kulturelles bzw. politisches Bildungsumfeld abhängig. (vgl. CARDONA, 1993) Unter welchen Gesichtspunkten die Vulnerabilität aber letztendlich klassifiziert wird, hängt wohl am meisten vom Tätigkeitsbereich derjenigen Person ab, die die Vulnerabilitätsstudie erstellt. Es erstaunt daher nicht, dass in vielen Vulnerabilitätsanalysen, die von Ingenieuren erstellt worden sind, lediglich von den Erkenntnissen ausgegangen wird, zu denen man bei der Durchführung von physischen Vulnerabilitätsstudien gelangte. Solche Studien orientieren sich also hauptsächlich an der Vulnerabilität physischer Objekte – sprich: an der Vulnerabilität der materiellen Güter.

Soziale und institutionelle Vulnerabilitätsstudien werden allen voran von Vertretern der Sozialwissenschaften betrieben, wohingegen ökonomische Vulnerabilitätsstudien von Wirtschaftswissenschaftlern angefertigt werden. Dabei wäre es doch im Sinne der Erstellung einer für viele Bereiche des Alltags brauchbaren Vulnerabilitätsstudie wünschenswert, wenn die mit dieser Aufgabe betrauten Spezialisten – unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu einem bestimmten Wissenschaftsbereich – auch die von Kollegen anderer Tätigkeitsfelder zusammengebrachten Daten in ihre Analysen integrieren würden. Und genau hier offenbart sich die Notwendigkeit einer Erstellung von Geo-Informationssystemen. Diese mögen zwar noch teilweise fehlerhaft sein, doch fließen in ihnen Daten aus verschiedenen Disziplinen zusammen, die von Forschern diverser Tätigkeitsfelder bei der Erhebung ähnlicher Daten und bei der Durchführung ähnlicher Studien verwendet werden können, womit interdisziplinären Forschungsvorhaben Tür und Angel geöffnet würden.

### **2.5.3 Der Begriff „Naturrisikomanagement“**

Unter „Risikomanagement“ versteht man die *„Methodik zur Gestaltung, Entwicklung und Steuerung von Systemen zur Risikoreduktion. Risikomanagement umfasst Strategien und Maßnahmen, die zu einer Entscheidung über den Handlungsbedarf, zu Maßnahmen und zu deren Implementation und Überwachung führen.“* (HOLLENSTEIN, 1997:21)

Die im Betätigungsfeld „Risikomanagement“ engagierten Personen befassen sich mit zwei Grundtendenzen: Mit der Analyse als auch mit der Bewertung von Risiken (vgl. Abb. 2.6). Sämtliche Maßnahmen, die im Rahmen des Risikomanagements ergriffen werden, bauen denn auch immer auf den Erkenntnissen sowohl von Risikoanalysen – auch Risikoabschätzung genannt – als auch von Risikobewertungen auf. Folgerichtig können die zu ergreifenden Maßnahmen je nach Art der erwarteten Gefahr den Einsatz von unterschiedlichen Hilfsorganisationen erforderlich machen.

Bei der Einschätzung von Risiken geht es im Wesentlichen um die Bewertung der Wahrscheinlichkeit, mit der eine Katastrophe eintreffen wird, welche wiederum von den dafür entscheidenden Belastungsfaktoren abhängt. Eine logische Darstellung dieser Faktoren bietet das folgende Strukturmodell eines Wertsystems.

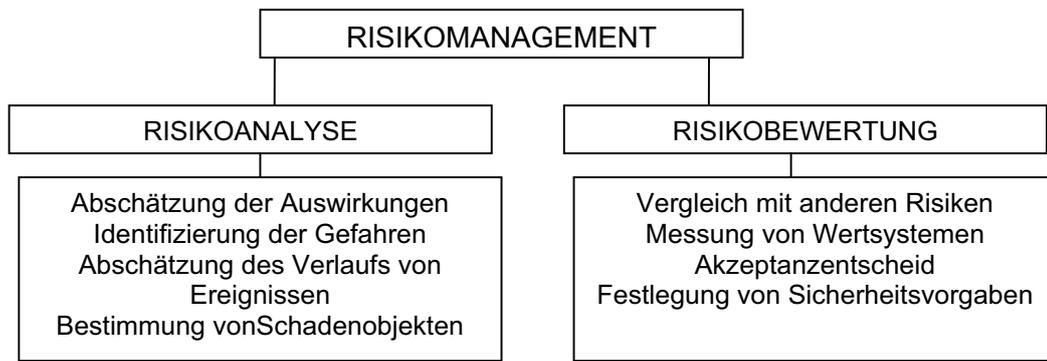


Abb. 2.6 Auflagen von Versicherungsgesellschaften zur Bewertung der Risiken von Katastrophen. Quelle: HOLLENSTEIN, (1997: 22). Eigene Darstellung.

Das in der Abb.2.6 dargestellte Wertsystem ist als ein Schema der Risikobewertung entsprechend geltender internationaler Kriterien zu verstehen. (vgl. HOLLENSTEIN, 1997)

### 2.5.3.1 Die Risikoanalyse

Das Ziel von Naturrisikoanalysen ist es, mögliche Auswirkungen von Katastrophen vorherzusagen, von der Natur erzeugte Gefahren („*natural hazards*“) zu erkennen, von Katastrophen betroffene Personen und Objekte zu identifizieren und zu einer annähernden Einschätzung der zu erwartenden Konsequenzen zu gelangen. Im Alltagsgebrauch wird Risikoanalyse als [ein] „*systematisches, nachvollziehbares und formales Verfahren, um in einem abgegrenzten System Risiken hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens und des Ausmaßes der Folgen zu charakterisieren und wenn möglich zu quantifizieren*“ (HOLLENSTEIN, 1997:19), verstanden.

Nach HOLLENSTEIN (1997:56) sollte sich jede Risikoanalyse aus vier Arbeitsschritten zusammensetzen:

- Systembegrenzung und –beschreibung: Dabei werden alle relevanten Komponenten, Sub- und Teilsysteme als auch deren Interaktionen modellhaft abgebildet.
- Gefahrenabschätzung
- Erfassung und Quantifizierung der gefährdeten Wertobjekte
- Abschätzung der zu erwartenden Folgen und Abschätzung des Risikos.

### 2.5.3.2 Die Risikobewertung

Die Bewertung eines Risikos setzt eine quantitative Einschätzung erwarteter Schäden, eine Wertung der Widerstandsfähigkeit betroffener Subjekte und Objekte gegenüber Katastrophen entsprechend vorgegebener Kriterien sowie eine Veranschlagung der Kosten, die zur Durchführung notwendiger Vorbeugungsmaßnahmen benötigt werden, welche der Abwendung ähnlicher künftiger Katastrophen dienen sollen, voraus. Eine allgemeingültige Definition des Begriffs Risikobewertung existiert zwar nicht, doch wird in HOLLENSTEIN (1997:20) vorgeschlagen, Risikobewertung als ein „*Verfahren, um die aus der Risikoanalyse gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe persönlicher oder kollektiver Kriterien auf ihre Akzeptabilität hin zu beurteilen*“, zu definieren.

Da es im Moment keine klaren Regeln zur Festlegung der exakten Geldbeträge gibt, die zur Abwendung einer Risikosituation aufgebracht werden müssen, scheint es unmöglich, ein Risiko genau, d. h. nach wissenschaftlichen Maßstäben, zu bewerten. Die Aufgabe, künftig erwartete Verluste richtig abzuschätzen, ist von daher nicht leicht zu bewältigen. Ein Beispiel für die Hürde, die man bei der Risikobewertung zu nehmen hat, bietet der Versuch einer Einschätzung des Risikos einer Wiederholung von desaströsen Naturereignissen wie Erdbeben oder Vulkanausbrüchen innerhalb eines bestimmten Gebiets unter Berücksichtigung eines bestimmten Zeitraums, innerhalb dessen es zu einem ähnlichen Ereignis kommen könnte. (vgl. DARGAHI-NOUBARY 1997, LOMNITZ, 1985/1994, NISHENKO & SYKES, 1993 u. a.) Ein solches Risiko kann nur dann annähernd richtig eingeschätzt werden, wenn man nach einer jeden Katastrophe entsprechende Studien zur Bewertung künftiger, ähnlicher Risiken durchführen würde, da man so mit der Zeit eine Fülle an brauchbaren, statistischen Werten zusammenstellen würde, anhand derer Risiken realitätsnaher abgeschätzt werden könnten. Da es bisher jedoch leider noch nicht gelungen ist, die Intervalle zwischen einzelnen Vulkanausbrüchen oder Erdbeben vorherzusagen, können die mit Katastrophenvorsorge betrauten Landesbehörden das zeitlich exakte Eintreffen eines desaströsen Ereignisses als auch seiner Intensität auch bei Befolgung einer „deterministischen“ Methode und unter Zuhilfenahme der bisher erzielten Resultate noch nicht genau ermitteln, weshalb eine genaue Aussage zum diesem Thema als auch zur Höhe des erwarteten Schadenumfangs bis auf weiteres eine Utopie bleiben wird.

## **2.6 GIS und digitale Photogrammetrie – Werkzeuge zur Erstellung von Naturrisikoanalysen im Rahmen von Raumordnungsplänen („POTs“)**

Die steigende Nachfrage nach einer effizienten Vorgehensweise bei der Erhebung und Bearbeitung von Informationen diente als Anstoß für die Entwicklung brauchbarer Softwareprogramme und Implementierung geeigneter Methoden zur Bearbeitung und Analyse von digital abgespeicherten Informationen.

Heutzutage stellen sowohl die modernsten Techniken als auch die im Laufe der Jahre entwickelten und nach und nach verbesserten GIS- und photogrammetrischen Verfahren ein effizientes und präzises Werkzeug zur Erfassung und Analyse von statistischen sowie qualitativen Daten dar. Anhand dieser Hilfsmittel können wissenschaftliche Arbeitsverfahren wie Naturrisikoanalysen mittlerweile relativ einfach durchgeführt werden.

### **2.6.1 Konzepte und Anwendungen von Geo-Informationssystemen**

Ein GIS oder *„Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“* (BILL & FRITSCH, 1991:5). Etwas allgemeiner formuliert könnte man sagen, dass sich geographische Informationssysteme auf die Gesamtheit aller Vorgehensweisen beziehen, die der Speicherung, Handhabung und Analyse von geographischen Daten dienen – egal, ob die Daten dabei manuell oder mithilfe eines Computers verwaltet werden.

In einer kurzen und bündigen Definition kann ein GIS als ein Werkzeug zur Handhabung georeferenzierter Daten beschrieben werden, das zur Lösung bestimmter Fragestellungen und zum Zwecke der Findung geeigneter Problemlösungsstrategien eingesetzt wird.

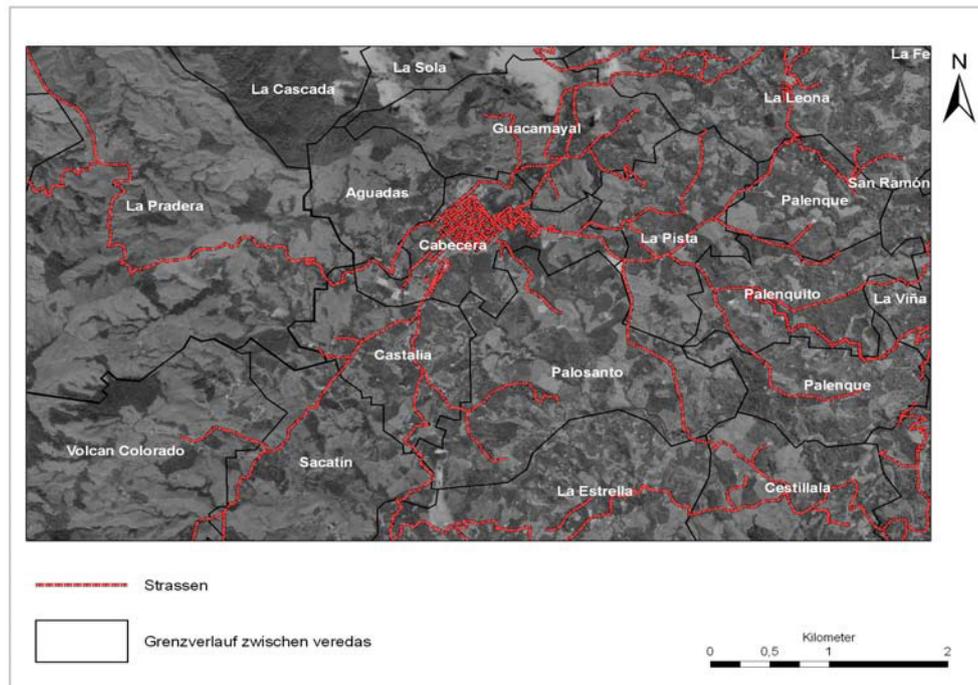


Abb. 2.7 Schematische Darstellung einer Schichtenstruktur aus dem Untersuchungsgebiet, erstellt mit Hilfe von ArcGIS 9,1. Jede Rubrik der Orthophotogrundlagen stellt eine Sicht dar. Verschiedene Raster- und Vektordaten werden unter Anwendung von GIS-Werkzeugen übereinandergelegt, die einzelnen Werte werden dabei statistisch errechnet. Dieses Werkzeug ermöglicht räumliche Datenpräsentationen und -berechnungen. Eigene Darstellung.

Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten eines GIS machen es zu einem für Experten vieler Fachbereiche unentbehrlichen Management-Werkzeug, das bei Entscheidungsfindungsprozessen zur Stützung auf dem Papier bereits existierender Vorhaben eingesetzt werden kann. Seine Anwendung ist für Entscheidungsträger vieler Arbeitsbereiche sehr nutzbringend, insbesondere wenn es um die Bewältigung verschiedenartiger Aufgaben geht, die sich im Zusammenhang mit der Konzeption und Applikation von Raumordnungsplänen („POTs“) und der Umweltplanung insgesamt immer ergeben, also z. B. auch bei der Erstellung von Naturrisikoanalysen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass es dank der Auswertung der Attributdaten der GIS-Werkzeuge u. a. möglich ist, soziale Daten zu erheben, die geometrisch nicht erfasst werden können, obwohl sie doch mit den entsprechenden räumlichen Daten aufs Engste verbunden sind und sie deshalb in jede methodische Sachanalyse unbedingt einfließen müssten.

## 2.6.2 Einsatz der digitalen Photogrammetrie in einem GIS

Die zentralen Aufgaben der Fernerkundung bestehen in der messtechnischen Anwendung von Daten, die aus Luft- bzw. Satellitenaufnahmen stammen (Photogrammetrie), und in der Erkennung und Interpretation von Objekten, Strukturen, verschiedenen zusammenhängenden Entwicklungen als auch Entwicklungsprozessen insgesamt in einem abgebildeten Gelände anhand von Luftaufnahmen. Der Einsatz der digitalen Photogrammetrie setzt die Erstellung von Luftaufnahmen in digitaler Form voraus als auch deren späteres Einscannen in einen Computer. Dieser letzte Schritt wird dank der heutzutage erhältlichen digitalen Kameras, die eine schnelle Datenübertragung auf Computer mittlerweile recht schnell ermöglichen, glücklicherweise aber oftmals überflüssig.

Wenn die Qualität der digitalen Bilder verbessert werden muss (z. B. wenn Kontrastmängel ausgeglichen werden sollen), werden die Bilder mit speziellen Bildverarbeitungsprogrammen bearbeitet. Die digital gespeicherten Daten werden dann über eine photogrammetrische Arbeitsstation in entsprechende Softwareprogramme übertragen. Ihre Ausführung in diesen photogrammetrischen Softwareprogrammen ermöglicht die Rekonstruktion innerer und absoluter Orientierungsparameter. Sobald diese Parameter zur Verfügung stehen, werden zuerst mittels eines Stereokorrelationsverfahrens die so genannten DGMs (Digitale Geländemodelle) erstellt, danach auch die entsprechenden Orthobilder. Anschließend werden die angefertigten Bilder in einer Kartierfläche zusammengetragen. Mit Hilfe der meisten photogrammetrischen Programme ist es zudem möglich, dreidimensionale Stereo-Messungen durchzuführen und dreidimensionale DGM-Präsentationen zu erstellen.

Photogrammetrische Verfahren dienen der Auswertung von digitalen Luftaufnahmen. Die Photogrammetrie ermöglicht es, geographische Objekte in Form von vektorialen Daten darzustellen, die zu ihrer weiteren Bearbeitung in ein GIS-Softwareprogramm eingespeist werden. Die im Rahmen photogrammetrischer Verfahren gewonnenen Daten bilden also die wichtigste geometrische Grundlage für die Ermittlung von Sachdaten, welche für die Erstellung eines GIS unentbehrlich sind.

Der Einsatz der digitalen Photogrammetrie bei der Auswertung von Fernerkundungsdaten bzw. von Luftaufnahmen bringt folgende Vorteile mit sich:

- Erfüllung der hohen Anforderungen in Bezug auf die Genauigkeit der Auswertung von Daten bei immerfort wechselnden, vielfältigen Aufgabenstellungen;
- Möglichkeit zur Messung und Auswertung von unbegehbaren oder terrestrisch unerreichen Geländen und Objekten;
- Option der Nutzung digitaler Luftaufnahmen als Datenquelle zur Einspeisung von Informationen unterschiedlicher Art in geographische Informationssysteme, die für Zwecke der speziellen thematischen Auswertung benötigt werden;
- Bildhafte Dokumentation von Daten aus bereits ausgewerteten Geländebereichen;
- Im Vergleich zu analog durchgeführten photogrammetrischen Verfahren, Reduzierung des Zeit- und Kostenaufwands.

Ein Nachteil des Einsatzes von digitalen photogrammetrischen Auswertungsverfahren ist die radialsymmetrische Verzerrung von Luftbildern. Für photogrammetrische Auswertungsverfahren gilt allgemein, dass die Verzerrungen der einzelnen Bilder umso gravierender sind, je größer die relativen Höhenunterschiede (Relief, Einzelobjekte) sind, je geringer die Flughöhe des Flugapparats ist, aus dem die Luftbilder aufgenommen werden, und je kleiner die Kammerkonstante in der Luftbildkamera ist. In der Praxis werden für kartographische Zwecke Bildelemente mit Höhenunterschieden ohne Entzerrung nur dann benutzt, „*wenn sie kleiner bleiben als die Bildmaßstabszahl geteilt durch 500.*“ (LINDER and JORDAN, 1999:331) Mit photogrammetrischen Verfahren können zudem Verzerrungen entsprechend der festgelegten Genauigkeitsanforderungen beseitigt werden.

### **2.6.3 Allgemeine, schrittweise Anleitung zur photogrammetrischen Auswertung digitaler Aufnahmen**

Bei der photogrammetrischen Auswertung von digitalen Luftaufnahmen ist der Einsatz von analogen stereo-photogrammetrischen Messgeräten heutzutage nicht mehr notwendig. Zur Berechnung von Algorithmen bedient man sich mittlerweile moderner

photogrammetrischer Computerprogramme. Dafür benötigt das Programm bestimmte Datensätze, aus denen die innere und äußere Orientierung im Moment der Luftbildaufnahme als auch Daten zu günstig verteilten Passpunkten hervorgehen sollten. Die eruierten Lage- und Höhendaten können dann durch Anwendung automatischer Stereo-Verfahren oder mittels moderner Flugnavigationsinstrumente über Aerotriangulation bestimmt werden.

Der Einsatz der digitalen Photogrammetrie ermöglicht die Erfassung von geographischen Objekten zum Zwecke ihrer thematischen Kartierung. Die sich aus der Überlagerungstechnik ergebenden Möglichkeiten der Analyse von Datensätzen erlauben es, einen visuell räumlichen Blick über ein bestimmtes Gebiet zu gewinnen. Mit der Übertragung der ermittelten photogrammetrischen Daten in ein GIS-Programm wird nach Festlegung einer exakten Modellgrenze sowie durch die Digitalisierung von räumlichen Objekten mittels Polygonen, Punkten oder Linien die Modellierung eines Raumes wesentlich erleichtert.

Für Zwecke der Betrachtung und visuellen Erfassung von Inhalten digitaler Luftaufnahmen sowie zur Identifizierung und frühzeitigen Erkennung sich anbahnender Naturereignisse muss der je nach Aufgabenstellung gewünschte Detaillierungsgrad festgesetzt werden. Dieser Detaillierungsgrad steht im Zusammenhang mit der Flughöhe, der eingestellten Brennweite und den gewählten Sensorkamwerten, welche für den Maßstab „Grundpixelgröße“ der Luftaufnahmen ausschlaggebend sind.

Die allgemeinen Arbeitsschritte, die bei der Umsetzung von digitalen photogrammetrischen Arbeitsverfahren zu unternehmen sind, können je nach Qualität der Rasterdaten, dem Maßstab (Pixelgröße) der Luftaufnahmen und den geographischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets variieren. Diese drei Parameter bestimmen den Aufwand, der während der Vorbereitungsphase der Aerotriangulation und der nachfolgenden Modellkorrelationsprozesse betrieben werden muss, damit eine realitätsgetreue Geländemodellierung entsteht. Die folgenden Abbildungen 2.8, 2.9, 2.10 und 2.11 zeichnen die allgemeinen Arbeitsschritte nach, die im Verlauf photogrammetrischer Auswertungsverfahren bei Anwendung der in dieser Dissertation verwendeten Softwareprogramme LISA FOTO 4,2, IMATIE 1.7, BLUH und LPS unternommen werden müssen.

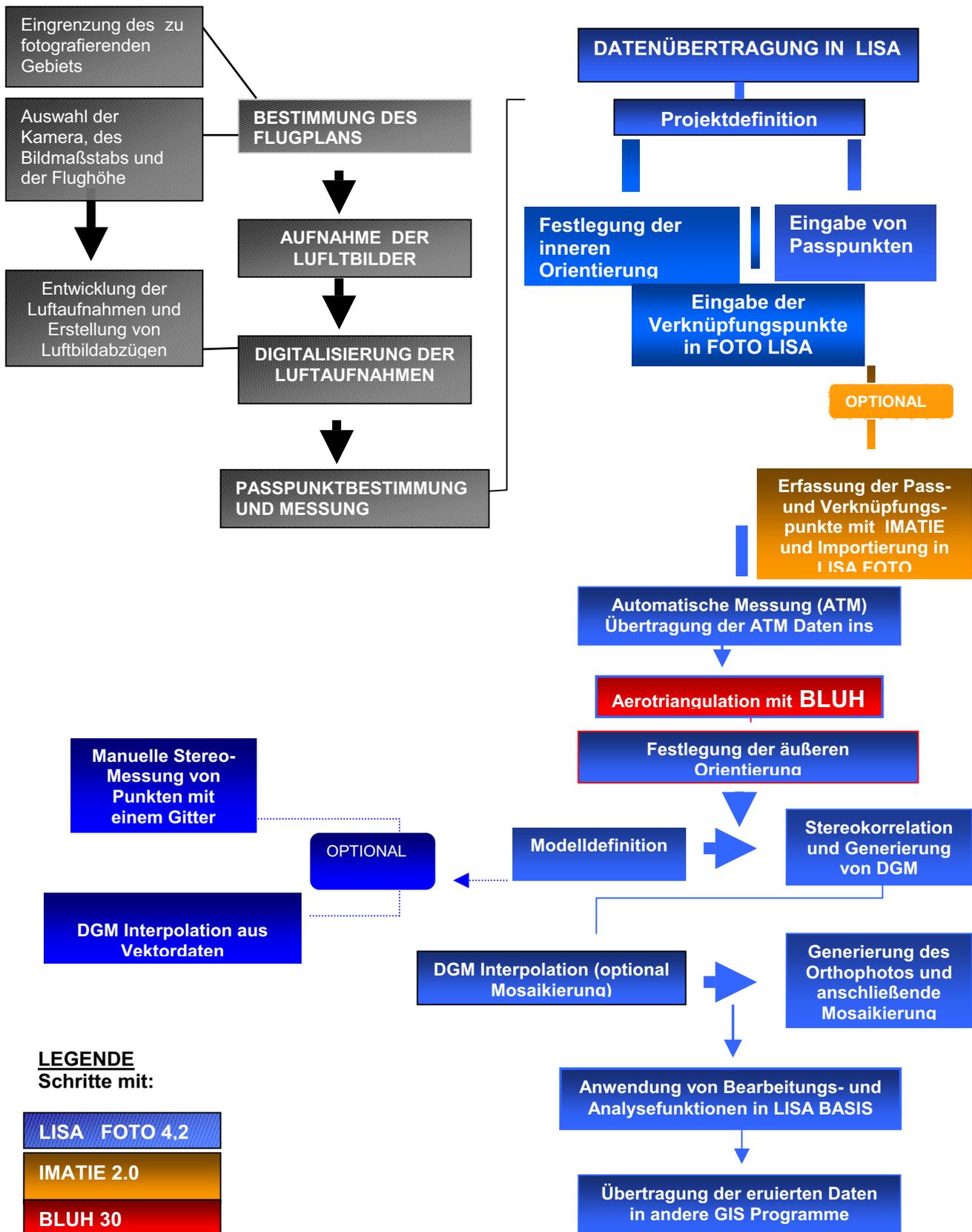


Abb. 2.8, Verfahrensweise 1: Arbeitsablauf bei digitaler photogrammetrischer Auswertung von Luftaufnahmen unter Anwendung der Programme FOTO LISA 4.2, IMATIE 2.0 und BLUH 30. Eigene Darstellung.

**Rasterbild-Import (Stapelbetrieb)**

Format: BMP, PCX, TIFF

Drehen um ... Grad: 0, 90 (= nach rechts), 180, 270 (= nach links)

Halbe Auflösung  
 Originale löschen  
 Negative -> Positive

OK

Importierung der digitalen Luftaufnahmen ins LISA FOTO

Erfassung der inneren Orientierung

Erfassung der Werte der Pass- und Verknüpfungspunkte mit IMATIE und Importierung ins LISA FOTO importieren

**Streifen**

Erstes Bild: 213, letztes Bild: 223

OK, Abbrechen, Fertig

Bearbeiten, Hinzufügen, Löschen

Berechnung der Luftbildstreifen

BLUH\_200 10/2004

Pre processing, Blockadjustment, Post processing ?

Strategy: Pre 1 (BLOR), Pre 2 (BLAPP), Main (BLUH), All / batch, Export orientations

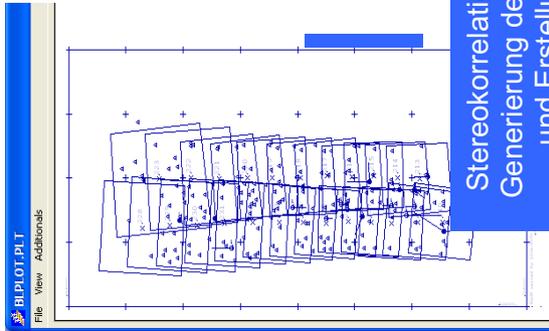
UNIVERSITY OF MARYLAND OCT 2004

ANALYSIS OF RESULTS OF BLOCK ADJUSTMENT

UNIVERSITY OF MARYLAND OCT 2004

LINE	POINT	LINE NUMBER	LINE NUMBER
2014	412927.637	431905.946	2055.000
2015	432076.433	438898.531	2055.000
2016	432624.450	432447.319	2055.000
2017	432624.450	432447.319	2055.000
2018	432624.450	432447.319	2055.000
2019	432624.450	432447.319	2055.000
2020	432624.450	432447.319	2055.000
2021	432624.450	432447.319	2055.000
2022	432624.450	432447.319	2055.000
2023	432624.450	432447.319	2055.000
2024	432624.450	432447.319	2055.000
2025	432624.450	432447.319	2055.000
2026	432624.450	432447.319	2055.000
2027	432624.450	432447.319	2055.000
2028	432624.450	432447.319	2055.000
2029	432624.450	432447.319	2055.000
2030	432624.450	432447.319	2055.000
2031	432624.450	432447.319	2055.000
2032	432624.450	432447.319	2055.000
2033	432624.450	432447.319	2055.000
2034	432624.450	432447.319	2055.000
2035	432624.450	432447.319	2055.000
2036	432624.450	432447.319	2055.000
2037	432624.450	432447.319	2055.000
2038	432624.450	432447.319	2055.000
2039	432624.450	432447.319	2055.000
2040	432624.450	432447.319	2055.000
2041	432624.450	432447.319	2055.000
2042	432624.450	432447.319	2055.000
2043	432624.450	432447.319	2055.000
2044	432624.450	432447.319	2055.000
2045	432624.450	432447.319	2055.000
2046	432624.450	432447.319	2055.000
2047	432624.450	432447.319	2055.000
2048	432624.450	432447.319	2055.000
2049	432624.450	432447.319	2055.000
2050	432624.450	432447.319	2055.000
2051	432624.450	432447.319	2055.000
2052	432624.450	432447.319	2055.000
2053	432624.450	432447.319	2055.000
2054	432624.450	432447.319	2055.000
2055	432624.450	432447.319	2055.000
2056	432624.450	432447.319	2055.000
2057	432624.450	432447.319	2055.000
2058	432624.450	432447.319	2055.000
2059	432624.450	432447.319	2055.000
2060	432624.450	432447.319	2055.000
2061	432624.450	432447.319	2055.000
2062	432624.450	432447.319	2055.000
2063	432624.450	432447.319	2055.000
2064	432624.450	432447.319	2055.000
2065	432624.450	432447.319	2055.000
2066	432624.450	432447.319	2055.000
2067	432624.450	432447.319	2055.000
2068	432624.450	432447.319	2055.000
2069	432624.450	432447.319	2055.000
2070	432624.450	432447.319	2055.000
2071	432624.450	432447.319	2055.000
2072	432624.450	432447.319	2055.000
2073	432624.450	432447.319	2055.000
2074	432624.450	432447.319	2055.000
2075	432624.450	432447.319	2055.000
2076	432624.450	432447.319	2055.000
2077	432624.450	432447.319	2055.000
2078	432624.450	432447.319	2055.000
2079	432624.450	432447.319	2055.000
2080	432624.450	432447.319	2055.000
2081	432624.450	432447.319	2055.000
2082	432624.450	432447.319	2055.000
2083	432624.450	432447.319	2055.000
2084	432624.450	432447.319	2055.000
2085	432624.450	432447.319	2055.000
2086	432624.450	432447.319	2055.000
2087	432624.450	432447.319	2055.000
2088	432624.450	432447.319	2055.000
2089	432624.450	432447.319	2055.000
2090	432624.450	432447.319	2055.000
2091	432624.450	432447.319	2055.000
2092	432624.450	432447.319	2055.000
2093	432624.450	432447.319	2055.000
2094	432624.450	432447.319	2055.000
2095	432624.450	432447.319	2055.000
2096	432624.450	432447.319	2055.000
2097	432624.450	432447.319	2055.000
2098	432624.450	432447.319	2055.000
2099	432624.450	432447.319	2055.000
2100	432624.450	432447.319	2055.000

Aerotriangulation mit BLUH



Stereokorrelation und Generierung des DGM und Erstellung des Orthophotobildes

**Korrelation**

Parameter:  Kosak anstellen,  Kosak einstellen

Auflösung: 5.000, Iterationen: 10, Filter:  Mittelwert,  Median,  Qualität

Näherungs-DGM: Z-Bereich +/- 5, Korr.koeff. > 0.7, Iterationen: 10

Objektkoordinaten: MAXXYZ.DAT, Zusätzliche Vektordaten: ...

Ausgabeformat: BITMAP, Filter:  zusätzlich B-Bild,  Ausgabe Bildkoordinaten,  Qualität

OK, Abbrechen

**Orthobild**

Quelle: Einzelbild, Aktuelles Modell, Alle Optionen

Parameter:  Nur Modellbereich,  Grauwertabgleich,  Verfahren,  Nächster Nachbar,  Bilinear

Modell: S-85GOODFRNGT\_222223.TMA

Bild: ...

OK, Abbrechen

Abb. 2.9, Verfahrensweise 1: Verfahrensablauf bei der Erstellung von DGM und Orthophotos unter Anwendung der Programme FOTO LISA 4.2, IMATIE 2.0 und BLUH 30. Eigene Darstellung

Bei Verwendung eines der im Handel erhältlichen Programme wie ERDAS IMAGINE 8.7 LPS lassen sich die Schritte für die Erstellung eines DGMs unter Anwendung vom Aerotriangulationsprogramm BLUH graphisch wie folgt darstellen:

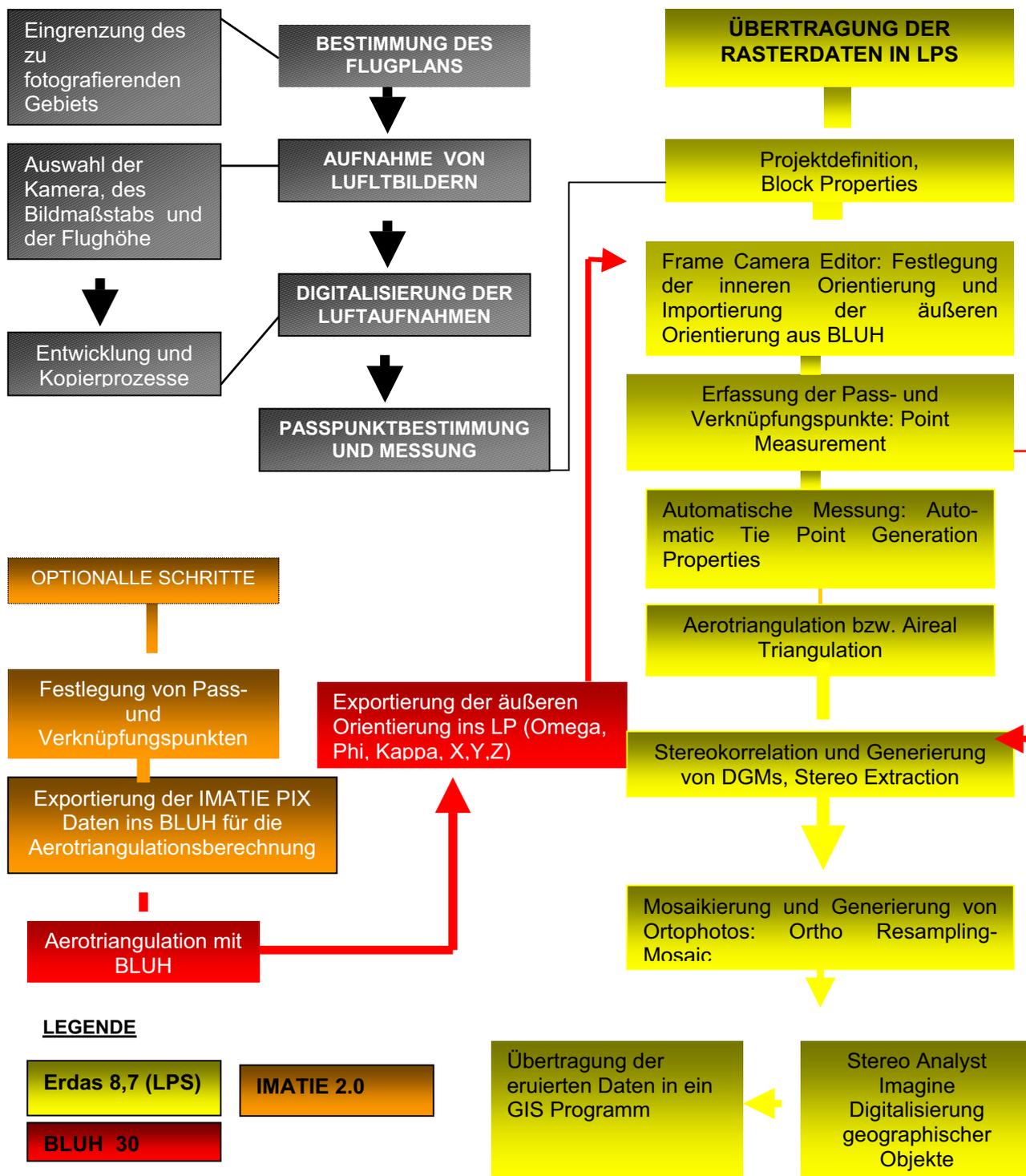


Abb. 2.10, Verfahrensweise 2: Arbeitsablauf bei digitaler photogrammetrischer Auswertung von Luftaufnahmen unter Anwendung der Programme ERDAS IMAGINE 8.7 (LPS), IMATIE und BLUH. Eigene Darstellung.



#### 2.6.4 Die Produkte der digitalen photogrammetrischen Auswertung

Zu den kartografischen Produkten, die man aus dem Einsatz der digitalen Photogrammetrie gewinnen kann, gehören Digitale Geländemodell (DGM), Orthophotos und zahlreiche, daraus erstellbare thematische Erzeugnisse.

DGMs lassen sich als „*any digital representation of the continuous variation of relief over space*“ (BURROUGH, 39:1986) definieren. Ähnlich wie bei den meisten geökologischen Untersuchungen, für die das Georelief ein zentraler Informationsbestandteil ist, kommt ihm auch bei der Erstellung von DGMs eine wichtige Rolle zu.

DGMs bieten wichtige Informationen zur Höhe eines untersuchten Geländes, sie können in verschiedenen Maßstäben wiedergegeben werden und man kann mit ihrer Hilfe Geländedaten für geomorphologische Zwecke erheben. Sie sind u. a. für bodenkundliche Studien, Reliefanalysen, Modellierungem von Hochwasser- und Naturgefahrenanalysen, Schummerungs- und Höhen-liniendarstellungen, Strassenplanungen, Trassierungen von Verkehrswegen, Profildarstellungen und Volumenberechnungen von größter Relevanz. Die Photogrammetrie ermöglicht die Erstellung von DGMs und damit von Reliefelementaranalysen, „[...] für die das Luftbild ohnehin Primärquelle ist“. (LINDER, JORDAN, 1999:340)

Ein DGM unterscheidet sich von einem Digitalen Oberflächenmodell (DOF) insofern, als dass das DGM den Höhenverlauf des natürlichen Geländes rekonstruiert, ohne dabei die auf der Erdoberfläche befindlichen physischen Objekte darzustellen (z. B. Bäume oder Häuser).

Voraussetzung für die Schaffung eines DGM sind gut verteilte Messpunkte (x,y,z), die als Primärdaten fungieren. Sie können auf unterschiedliche Weise erhoben werden, wobei ihre Anzahl und Verteilung vom jeweils vorhandenen Relief abhängt. In Gebieten mit stark variierendem Relief ist es für die Errechnung eines verlässlichen DGMs notwendig, mit einer viel größeren Punktdichte zu operieren als in flachen Gebieten.

### **2.6.5 Ansätze zur Anwendung von GIS und digitaler Photogrammetrie in den ländlichen Gebieten Kolumbiens**

Im Rahmen der Erstellung von Raumordnungsplänen sind bereits Mitte der 1990er Jahre die ersten kartographischen Werkzeuge des GIS zum Einsatz gekommen, mit denen sich die von den *Corporaciones Autónomas Regionales* zur Verfügung gestellten Daten in Form von räumlichen Datenbanken speichern ließen. Zu diesem Zweck sind die Gemeinden aus den jeweiligen Untersuchungsgebieten dazu veranlasst worden, die für ihr Territorium erstellten Kartenvorlagen mit Hilfe von privaten Firmen zu digitalisieren, was sie auch zumeist unter Verwendung von CAD Programmen taten. Die gesammelten räumlichen und nichträumlichen Daten wurden in tabellarischer Form abgespeichert. Leider wurde dabei auf einen genauen räumlichen Bezug wie auch auf die Schaffung von Schnittstellen zwischen den einzelnen Regionalplänen verzichtet.

Die Erstellung und Anwendung von GIS in Risikogebieten mit Hilfe von digitalen photogrammetrischen Techniken – in diesem Fall auf lokaler Ebene – bieten eine Reihe von Möglichkeiten, kleinere Schadensereignisse in Grenzen zu halten bzw. ihrer ganz Herr zu werden. So kann man beispielsweise dank des GIS klar eingegrenzte Gebiete entsprechend der vorhandenen Informationen und unter Nutzung diverser, den Experten zur Verfügung stehender Techniken nach Risikoklassen ordnen. Bei Eintritt eines Notfalls erweisen sich die GIS als äußerst hilfreich bei der Berechnung und Optimierung der „Realzeit“, in der die benötigte Hilfeleistung zu erbringen ist, weil man mit ihnen u. a. den jeweils besten Weg zur Versendung der benötigten Hilfsgüter eindeutig bestimmen kann.

Bei der Erstellung eines GIS müssen sämtliche relevanten Informationen ins System präzise eingegeben werden, da sich die den jeweiligen Objekten entsprechenden Einträge voneinander unterscheiden und weil die gesammelten Daten immer nach Themen, Gruppen und Klassen klassifiziert werden. Deshalb muss man sich von Anfang an, d. h. vor Erstellung einer neuen Datenbank, immer sowohl nur auf das zu suchende Objekt fokussieren als auch über die Gestaltungsart der zu erstellenden räumlichen Analyse reflektieren: Man muss also den Maßstab und die in Betracht zu ziehenden Geostrukturen in Abhängigkeit von den Klassen, in die die Daten in den

entsprechenden Datenbanken eingeordnet werden sollen, festlegen. In Kolumbien hat man dank der seit Mitte der 1990er Jahre erstellten „POTs“ und der in ihnen erfassten Geodaten eine gute Ausgangsposition, um mit Hilfe geeigneter GIS-Software und unter Berücksichtigung der im Rahmen digitaler photogrammetrischer Verfahren erhobenen geographischen Grundinformationen bereits bestehende Datenbanken zu erweitern und zu optimieren. Die Entscheidung für die Benutzung einer bestimmten, für Zwecke der Erstellung eines „POTs“ geeigneten GIS-Softwarevariante hängt in diesem Land jedoch – wie dem so oft ist – vom finanziellen Verfügungsrahmen des Anwenders ab, und nicht so sehr von seinem fachlichen Kenntnisstand. Die hohen Anschaffungskosten für die benötigte GIS- und Photogrammetrie-Software als auch für die zu ihrer Nutzung unentbehrlichen Hardwarekomponenten erweisen sich als äußerst problematisch, da all diese Elemente, die für kommerzielle Nutzung gedacht sind, aus den Gemeindekassen heraus nur schwer finanzierbar sind. Insofern verwundert es nicht, dass die *Corporaciones Autónomas Regionales* lediglich die notwendigen GIS-Softwareprogramme besitzen, an entsprechende Photogrammetrieprogramme jedoch nicht herankommen. Vor diesem Hintergrund kann den Gemeinden, die an einer Implementierung eines GIS interessiert sind, nur dazu geraten werden, auf GIS- und Photogrammetrieprogramme wie LISA Basis und LISA FOTO zurückzugreifen: Ihre Anschaffungskosten sind nicht besonders hoch, sie sind einfach zu bedienen und sie ermöglichen die Übertragung von Daten in oder aus anderen Programmen. Ein besonders interessanter Nebeneffekt, den die Wahl dieser Programme für alle Beteiligten hätte, wäre, dass die Anzahl der derzeit angebotenen Fortbildungskurse zu den Anwendungsmöglichkeiten von GIS- und digitalen Photogrammetrieprogrammen erhöht werden könnte, womit man dem gegenwärtigen Mangel an ausgebildetem Personal entgegenwirken würde.

Der Erwerb der für die Erstellung von aktuellen GIS benötigten Satellitenaufnahmen bzw. von aktuellen Luftaufnahmen ist im Allgemeinen mit einem hohen Kostenaufwand verbunden. In lateinamerikanischen Ländern, und allen voran in Kolumbien, erweist sich dieser Umstand angesichts des reduzierten Haushaltsbudgets, über das die Gemeinden verfügen, als eine besonders schwer zu nehmende Hürde. Glücklicherweise jedoch sind in Kolumbien die aus dem Zeitraum zwischen 1996 und 1998 stammenden Luftaufnahmen von Siedlungszentren fast

aller Gemeinden, die im Rahmen der Erstellung von „POTs“ gemacht wurden und die für Zwecke der Photogrammetrie und der GIS absolut notwendig sind, nach wie vor vorhanden.

Die Einführung neuer Technologien findet v.a. bei den örtlichen Verwaltungsbehörden keinen Rückhalt. Als Argument für ihr Widerstreben führen die Behörden an, dass es keine klaren Bestimmungen zu einer einheitlichen Organisationsform derjenigen Daten gebe, die zur Implementierung neuer Technologien benötigt werden, wobei sie die Notwendigkeit der Einführung solcher Technologien zu einem späteren Zeitpunkt und für Zwecke der Erarbeitung von „POTs“ aber durchaus anerkennen. Die sachliche Unkenntnis auf Seiten der zuständigen Funktionäre und der geringe Grad an Kooperationsbereitschaft seitens der Politik zur Lösung grundlegender Probleme innerhalb der Gemeinden tun ihr Übriges dazu.

Bei der Umsetzung von Raumordnungsplänen taucht noch ein weiteres, generelles Problem auf, das die Erstellung umfassender Datenbanken, in denen Daten tatsächlicher Naturgefahren erfasst werden, betrifft (vgl. LEITHER, et al. 1996): Es fehlen detaillierte Informationen zum Profil der Bevölkerung bestimmter besiedelter Naturgefahrgebiete. Diese Informationen sind für die Analyse des sozialen Risikos aber sehr wichtig, v.a. wenn man berücksichtigt, dass die von der Natur ausgehenden Risiken in Gebieten, die vornehmlich von sozial marginalisierten Gruppen bewohnt werden, besonders groß sind. Die wenigen realisierten Naturrisikoanalysen lassen den Schluss zu, dass es einen deutlichen räumlichen Zusammenhang zwischen Orten mit einer marginalisierten, verarmten Bevölkerung und dem Vorhandensein eines hohen Naturrisikos gibt. (vgl. BEBBINGTON, 1993; BELL and ROBERTS, 1991; BLACK, 1990; BLAIKIE, 1985; CARNEY, 1993; MOORE, 1993; YAPA, 1991; ZIMMERER, 1994) Es kommt des Weiteren hinzu, dass man auf die Identifizierung bestimmter Bevölkerungsunterschichten, die für Naturrisiken besonders anfällig sind, in kolumbianischen Datenbanken meistens verzichtet. Aus diesem Grund wird der Einsatz von GIS in dieser Doktorarbeit für die Gemeinden modellhaft erarbeitet. Das Ziel ist es, eine Naturrisikoanalyse mit Fokus auf Naturgefahren wie Hangrutschungen und *man-made-natural-hazards* zu erstellen als auch die physische bzw. funktionale Vulnerabilität der ländlichen Gemeinden zu analysieren,

um die für ein „POT“ notwendigen Daten zusammenzubekommen. Hierfür ist ein repräsentatives Mustergebiet im *departamento* Antioquia ausgewählt worden. Die aus diesem Gebiet stammenden Daten und Ergebnisse sind ein Spiegelbild der lokalen Bedingungen. Auf dieser Grundlage lässt sich eine Vielzahl an Informationen sammeln und zu einem Gesamtbild der im Mustergebiet vonstatten gehenden Prozesse zusammenstellen, was für die Überwachung großflächiger Gebiete unentbehrlich ist. Beispiele für die Verwendungsmöglichkeiten der erwähnten Technologien liefern LINDER und JORDAN (1999), LINDER (2003), HECK (2006) u.a.

### **2.6.6 Anwendung eines GIS und der digitalen Photogrammetrie für Zwecke der Erstellung von Naturrisikoanalysen im Rahmen von „POTs“ in Kolumbien**

Wenn man Naturrisikoanalysen zur Vorbeugung von Naturkatastrophen durchführen will, muss der Naturrisikograd in Abhängigkeit von sämtlichen natürlichen und sozialen Faktoren abgeschätzt werden. Dafür müssen verschiedene Geofaktoren (z.B. Geologie, Bodenart, Bodentyp, Hydrologie, Klima, Bevölkerungsverteilung, Siedlungsmuster, Infrastruktur usw.) zusammen und systematisch analysiert werden. Manche dieser Faktoren sind nicht statisch. Es ist nahe liegend, dass sich die Landschaft eines Gebiets durch den Umgang des Menschen mit seiner Umgebung als auch bedingt durch geodynamische Prozesse mit der Zeit verändert. Um eine aussagekräftige Naturrisikoanalyse erstellen zu können, gilt es also zuallererst, ein geeignetes Werkzeug und eine zweckmäßige Methode auszuwählen, mit denen die verschiedenartigen Informationen als Daten erfasst und zusammen analysiert werden können. Das dabei verfolgte Ziel lautet, ein GIS zu erstellen, das aus verlässlichen, für Zwecke der Vermeidung von Naturkatastrophen brauchbaren und im Rahmen der „POTs“ einsetzbaren empirischen Daten besteht, die auch langfristig nutzbar sein sollten.

In diesem Zusammenhang ist es notwendig, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der erhobenen Informationen, die mit einer GIS-Software bearbeitet werden sollen, zu überprüfen. Der folgende Schritt besteht darin, diese Informationen in eine digitale Form umzuwandeln. Die erhaltenen Daten werden mit Hilfe des Raumbezugs und

der Geometrie in einer Datenbank entsprechend dekodiert und geordnet, damit sie später einfach verwaltet werden können.

Bei der Erhebung der für eine Naturrisikoanalyse relevanten Informationen kommen die folgenden, in ihrer Konzeption unterschiedlich ausgelegten Methoden zur Anwendung, die u. a. von (BARSCH (2000), LINDER und JORDAN (1999), CASALE ((1999), HILDEBRANDT (1996), DICKAU (1996), BURROUGH (1986), CSAPLOVICS (1992), KIENHOLZ (1977) vorgeschlagen worden sind:

- Datenerfassungsmethode;
- Feldarbeitmethode kombiniert mit einer Naturgefahrenanalyse;
- Anwendung von Labormethoden, Anwendung von geotechnischen Methoden;
- Verschiedene Auswertungs- und Stereomessungsmethoden bei der Anwendung von digitalen Photogrammetrieprogrammen für Zwecke der Erhebung topografischer und morphometrischer Daten eines betreffenden Geländes mit Hilfe eines Digitalen Höhenmodells (DHM) zur anschließenden Herstellung eines Orthophotos;
- GIS-Methoden zur Analyse von Raum- und Attributdaten, „Georeferenzierung“ u. a.

Die in einem GIS verwendeten Daten werden abhängig von ihrer Struktur in Datenbanken verarbeitet, so z. B.:

- Räumliche, quantitative Daten werden einer hierarchischen Datenstruktur folgend gespeichert, z. B. entsprechend der vorgefundenen Datenthemen wie Geologie, Boden, Relief;
- Attributdaten und veränderliche Daten werden in einer Relational-Datenstruktur verwahrt, z. B. entsprechend der Datenmerkmale wie Bodennutzung, Infrastruktur, geomorphologische Prozesse u. ä.

Zur Erkennung, Organisation und Kartierung der gesammelten digitalen Informationen muss beachtet werden, dass bei der Analyse der zur Verfügung stehenden Geo-Informationen sowohl räumliche als auch nichträumliche Daten

berücksichtigt werden, wobei die Raumdaten gemäß entsprechender Themen, Gruppen und Klassen geordnet werden müssen.

### **2.6.7 Zu den verwendeten Materialien**

Sämtliche Unterlagen, die für die Formulierung der vorliegenden Arbeit notwendig sind, wurden im Vorfeld der eigentlichen Geländearbeit beschafft.

Die Luftaufnahmen (Papierbildabzüge) und Karten wurden mit einer Auflösung von 600 dpi eingescannt, womit sich Pixelgrößen von maximal 1,2 m erzielen ließen. Dies erfolgte mit einem EPSON DIN-A3-Flachbettscanner. Dieser ermöglicht das Einscannen einer ganzen Luftaufnahme inklusive der Rahmenmarken. Nach der Messung der inneren Orientierung wurden die einzelnen Luftaufnahmen innerhalb der Befliegungstreifen und zu den Nachbarstreifen passend organisiert, um gemeinsame Verknüpfungspunkte ermitteln zu können. Die Passpunkte wurden vor der photogrammetrischen Auswertung im Zeitraum zwischen 2003 und 2004 vor Ort mit einem Trimble Geoexplorer DGPS errechnet. Für die differentielle Berechnung der mit dem DGPS erhobenen Werte wurde das Programm Pathfinder 2.51 verwendet. Die durchschnittliche Genauigkeit der mit dem DGPS gemessenen Passpunkte (Lage und Höhe) liegt zwischen 50 cm und 1 m. Einige Gebiete der Gemeinde, in denen bestimmte Passpunkte vermessen werden sollten, konnten wegen des anhaltenden innerpolitischen Konflikts jedoch leider nicht aufgesucht werden.

Es wurde fernerhin ein georeferenziertes Satellitenbild (TM\_Landsatszene vom 21.08.2000), das von der University of Maryland WEB zur Verfügung gestellt worden ist, verwendet. Schließlich wurde mit Hilfe des Programms BLUH die Aero triangulation der gesamten Luftbildstreifen errechnet.

Die Digitalen Gelände Modelle und die Orthophotos des Untersuchungsgebiets wurden mittels einer photogrammetrischen Methode berechnet. Die DGMs wurden mit den bezeichneten Verfahren No. 1 und No. 2 (vgl. Abb. 2.8 und Abb. 2.10) erstellt.

Die folgende Tabelle 2.5 gibt Aufschluss über die verwendeten Materialien.

Tab. 2.5: Informationen zu den verwendeten Materialien. Eigene Zusammenstellung.

Flugstreifen	Flug 248M	Flug C-1723	Flug C-2090	Streifen 4N-5N Streifen 7S-8S
<b>Luftaufnahmen</b>	Streifen 643-644	Streifen 233-236	Streifen 200 - 203	Streifen 454-463 & 433-435 Streifen 226-240 & 213-225
Datum	14.02.1961	5.01.1977	24.06.1983	18.04.1998 30.11.1998
Kamera	T-IIGAC	Wild RC 10	RMK-A 15/23	Wild RC 8
Brennweite der Kamera	154 mm	152,93mm	152,915 mm	152,4 mm
Benutzte Information für die Innere Orientierung	LISA-FOTO Pseudokamera- Kalkulation	LISA-FOTO Pseudokamera- kalkulation	Kalibrations- protokoll	Kalibrationsprotokoll
Maßstab	ca. 1:50 000	ca. 1:49 800	ca. 1:32 800	ca. 1:10 000
Eingescannte Auflösung	600 dpi	600 dpi	600 dpi	600 dpi
Bodenauflösung	2,1 m	2,1 m	1,38 m	0,42 m
Ungefähre Flughöhe (H)	7700 m	7350 m	5096 m	3505 m
Aerotriangulations- Software	BLUH	BLUH	BLUH	BLUH
DGM Auflösung	10 m / 5 m	10 m / 5 m	10 m / 5 m	10 m/ 5m/ 1 m
<b>KARTENMATERIAL</b>	Maßstab	Quelle		
Regionale Geologie	1:100 000	INGEOMINAS Plancha 186Riosucio Plancha 166 Jerico Mapa Geológico preliminar 1980		
„POT“entuelle Bodennutzung 1972	1:50 000	Federación Nacional de Cafeteros Gobernación de Antioquia Plancha No. 3/5		Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras Marzo 1972 (Bodennutzungs- karte 1972)
Tatsächliche Bodennutzung 1989	1:25 000	Secretaria de Agricultura de Antioquia Plancha IGAC 166-III-D		Mapa de Uso actual del suelo Octubre 1989 (Bodennutzungs- karte 1989)
Gewässernetz	1:10 000	IGAC Plancha 166 B-III – 1/2/3/4		Topographische Karten

Für die regionale Analyse wurden verschiedene Karten hergestellt. Die Hangneigungskarte der Region wurde mit Hilfe eines DGMs (Pixelgröße 5 Meter) mit dem Programm LISA-BASIS errechnet. Hierfür wurden die Höhenlinien (Äquidistanz 50m) des Kartenblatts IGAC PLANCHA 166 digitalisiert. Nach der Vektor-Raster-Wandlung der Daten erfolgte die Interpolation des DGM als Rasterbild. Zusätzlich wurde ein DGM des Untersuchungsgebiets durch ein photogrammetrisches Verfahren erzeugt. Für die Erstellung der DGMs und der Orthophotos kamen die photogrammetrischen Programme FOTO LISA und LPS als zum Einsatz. Die erzeugten Digitalen Gelände Modelle und Orthophotos wurden unter Anwendung von ArcGIS weiterverarbeitet.

### 3. Theoretisch-methodische Grundlagen für eine Naturrisikoanalyse mit erstmaliger Anwendung der digitalen Photogrammetrie im Rahmen einer GIS-gestützten *POT*-Erstellung in Kolumbien

#### 3.1 Naturrisikoanalyse-Verfahren in *POTs*

Die Zielsetzung einer Risikoanalyse innerhalb eines *POTs* besteht darin, sie in ein Naturrisikomanagement-Programm zu integrieren. Die Naturrisikoanalyse ist dabei als ein Konzept zu verstehen, das auf einer Vernetzung der Naturgefahrenabschätzung mit der Vulnerabilitätsabschätzung beruht (vgl. Kap. 2.5).

Die folgende Abbildung 3.1 gibt einen Überblick über die Verflechtung der verschiedenen Komponenten, die für eine Naturrisikoanalyse von Bedeutung sind:

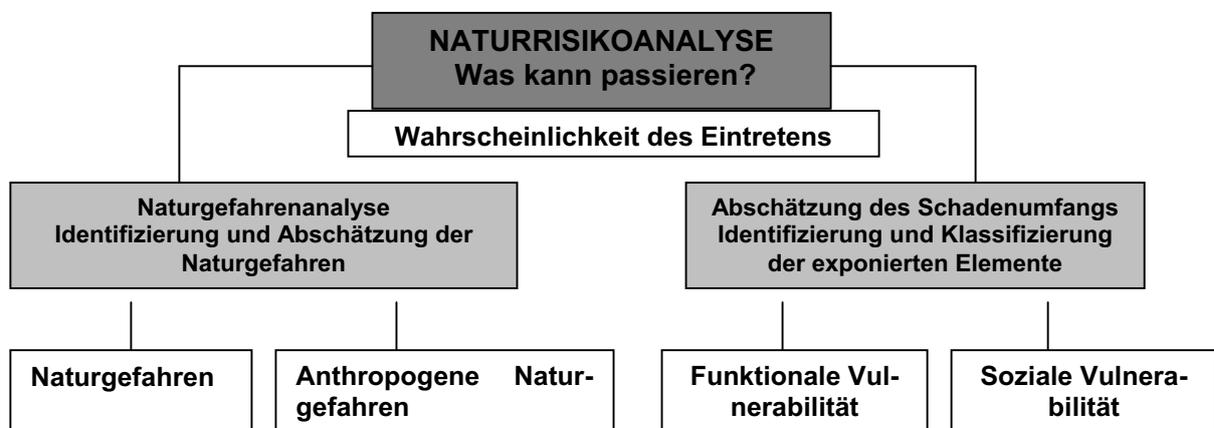


Abb. 3.1 Schema eines Naturrisikoanalyseverfahrens. Eigene Darstellung.

Die Naturrisikoanalyse befasst sich mit der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines kleineren bzw. größeren Naturschadenereignisses.

Die Zielsetzung einer Naturrisikoanalyse ist es, mit einem bestimmten Grad an Sicherheit Vorhersagen zum Eintreten und zur Schwere eines Naturereignisses, welches in diesem Kontext als Naturgefahr verstanden wird, zu treffen. In diesem Rahmen veranschlagen Gemeindeverwaltungen die technischen und nichttechnischen

Investitionen, die für die Durchführung von Risikomanagementprogrammen benötigt werden, um die zu erwartenden Schäden zu reduzieren und ihnen nach Möglichkeit auch vorzubeugen. Bei der Durchführung solcher Analysen werden im Allgemeinen sowohl statistische als auch qualitative Datenauswertungen, die bei der periodischen Überwachung der Naturprozesse gewonnen werden, in Betracht gezogen.

Bei der Frage, welche Komponenten für die Erstellung einer verlässlichen Naturrisikoanalyse von Bedeutung sind, sollten diejenigen Komponenten, die die Variablen Naturgefahr und Vulnerabilität determinieren, berücksichtigt werden.

### **3.1.1 Naturgefahren**

Es ist nicht einfach, eine Naturgefahr in einer bündigen Form zu definieren, da der Grad der Gefahr und ihr Wirkungsgebiet sich mit der Zeit ändern können.

Extreme Naturereignisse treten nicht immer als Einzelereignisse auf, die voneinander getrennt und separat beschrieben werden können, sondern stellen oft auf eine komplexe Art und Weise miteinander verbundene Wirkungsgefüge und Kettenreaktionen mit spezifischen und ineinander greifenden Prozessen dar, die von Ursachen unterschiedlicher Natur hervorgerufen werden können (s. Tab. 2.3 und Tab. 2.4).

Naturgefahren – insbesondere Rutschungen, Hochwässer u. ä. –, die in besiedelten Gebieten auftreten, lassen oft keine eindeutig erkennbare Ursache für ihr Entstehen erkennen. Um das Phänomen einer Naturgefahr nachvollziehen zu können, muss unbedingt berücksichtigt werden, welche Einwirkungen von außen – insbesondere diejenigen, die vom Menschen herbeigeführt wurden – für das Einsetzen der Naturgefahr maßgeblich sind, und welche Konsequenzen diese Einwirkungen auf die Umwelt haben. In diesem Zusammenhang ist eine Analyse der Bodennutzung in einem bestimmten Gebiet von großer Bedeutung.

In den kolumbianischen Raumordnungsplänen (*POT*) fehlt noch immer ein Verzeichnis der „kleineren Katastrophen“ (Naturschadensereignisse), und die potentiell bedrohten Gemeinden verfügen ebenfalls über keine Aufzeichnungen zu ähnlichen Vorfällen in der Region aus der Vergangenheit – Informationen zu Naturschadensereignissen (in Kolumbien werden sie als „*emergencias naturales*“ bezeichnet) finden sich

lediglich in den Archiven einiger weniger Gemeinden. Aus diesem Grund verfügen wir nur über wenige historische Daten zur Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Naturereignissen. Im Allgemeinen wird versucht, die für das Verständnis und für die Identifizierung von Naturereignissen relevanten Informationen durch Befragung der Betroffenen, durch Feldforschungen oder auch durch die Analyse von Luftbildern aus früheren Jahren zu rekonstruieren.

Naturgefahren können von verschiedenen Faktoren verursacht werden, weshalb sie bei einer räumlichen Analyse je nach Art der Gefahr in verschiedenen Gruppen eingeordnet werden. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Bestimmung von Naturgefahren und das Wissen um ihre Dynamik in vielerlei Hinsicht nach wie vor umstritten sind, insbesondere dann, wenn es um den Einsatz bestimmter notwendiger, jedoch kostspieliger Maßnahmen geht, die im Raumordnungsplan der betreffenden Gemeinde vorgesehen sind.

Anders als in den Industrieländern, wo man sich in den Raumordnungsplänen mit der Verringerung der Vulnerabilität befasst, gehen die *POTs* der Entwicklungsländer eher auf Naturrisiken unter dem Gesichtspunkt der Einschätzung von Naturgefahren ein. Die Risikoanalyse basiert dabei vor allem auf einer Abwägung der Kosten-Nutzen-Rechnung. Um diese Gleichung zu verstehen, muss eine Analyse notwendigerweise innerhalb eines interaktiven Systems durchgeführt werden.

### **3.1.2 Vulnerabilität**

Unter Vulnerabilität versteht man den Grad der Anfälligkeit eines Subjekts bzw. Objekts für Schäden und Beschädigungen (s. Punkt 2.5.2). Als exponierte Elemente gelten Menschen und ihre Güter, welche aller Wahrscheinlichkeit nach vom Ereignis einer Naturgefahr direkt bedroht sind. Obwohl jedes Objekt in seiner Wesensart einzigartig ist, müssen bei einer Naturrisikoanalyse, in die vielen räumliche Informationen hineinfließen, sämtliche Elemente in Gruppen zusammengefasst werden.

Ein Teil des Naturrisikomanagements ist die Feststellung des Anpassungsgrades der betroffenen Bevölkerung an die Folgen einer Katastrophe: *“There is large latitude for classifying human response to extreme events, but the term commonly used to describe a human activity intended to reduce the negative impact of the event was adjustment”* (WHITE, 1974:4). Unter Anpassung versteht man alle menschlichen Aktivi-

täten, die darauf ausgerichtet sind, die negativen Folgen eines extremen Naturereignisses zu vermindern. In diesem Zusammenhang wirkt sich eine bestimmte Einstellung der Betroffenen auf den Vulnerabilitätsgrad der exponierten Elemente aus.

### 3.2 Arbeitsschritte bei der Formulierung einer Naturrisikoanalyse

Eine vollständige Naturrisikoanalyse setzt die Erfassung und Kombination von geologischen, physisch-geographischen (insbesondere hydrologischgeomorphologischen und biotischen) als auch sozialen, kulturellen und ökonomischen Informationen zu den exponierten Elementen voraus. Aus diesem Grund kann sie nur durch eine enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit von Fachleuten erreicht werden.

Im Allgemeinen besteht die Hauptaufgabe einer Naturrisikoanalyse darin, räumliche und nicht-räumliche Daten zu den Themenschwerpunkten Geologie, Geomorphologie, Boden, Klima, Hydrologie, Vegetation, Landnutzung, Bevölkerung, Wirtschaft, allgemeine Infrastruktur und soziales Gefüge zu erheben, sowie einen Zusammenhang zwischen diesen Schwerpunkten und den untersuchten Naturereignissen herzustellen (siehe dazu WHITE 1974, BLAIKIE 1985, CARDONA 1993, VARNES 1978, KIENHOLZ 1995, HOLLESTEIN 1997 u.v.a.m.). Um entsprechende Daten für die Analyse aller relevanten Faktoren erhalten zu können, werden sowohl quantitative als auch qualitative Arbeitsmethoden gleichermaßen eingesetzt.

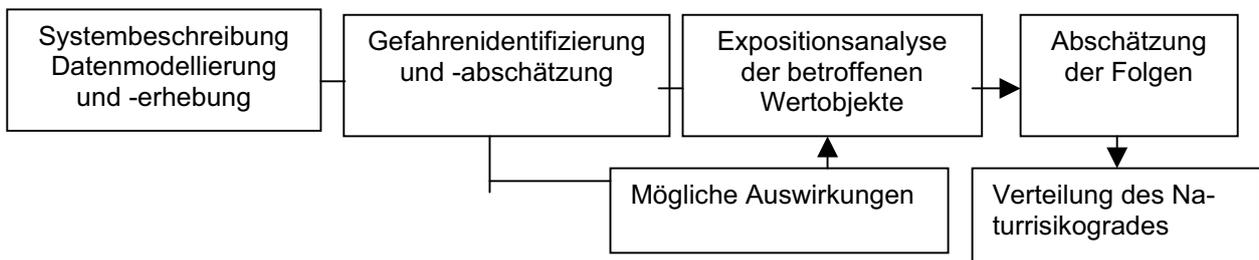


Abb. 3.2 Abfolge der Arbeitsschritte bei einer Naturrisikoanalyse. Eigene Darstellung.

#### 3.2.1 Beschreibung und Begrenzung eines Risikosystems

Wir gehen davon aus, dass eine Landschaft ein offenes System ist – welches zwar nicht linear, aber doch dynamisch ist –, innerhalb dessen sich zwei Arten von aktiven Prozessen abspielen: interne (endogene) und externe (exogene). Diese Prozesse

stehen in einer Wechselbeziehung zueinander und bewahren ein gewisses Gleichgewicht (vgl. SCHEIDEGGER, 1997:103). Damit ist das System, innerhalb dessen Naturrisiken analysiert werden, immer genau definiert und klar eingegrenzt.

Die genaue Beschreibung eines solchen Systems ermöglicht die Entwicklung von realitätsgetreuen Modellen, in denen alle relevanten Teile des Systems, ihre Interaktionen und die Dynamik solcher Prozesse erfassbar sind. Demzufolge beinhaltet die Systembeschreibung all das, was für die Analyse von Naturrisiken relevant ist, insbesondere die Ursachen jener Prozesse, die zu einer Naturgefahr führen.

Die Interaktionen zwischen den einzelnen Bestandteilen und den Prozessen innerhalb eines Systems können zunächst qualitativ beschrieben und danach mit Hilfe von messbaren Parametern quantifiziert werden.

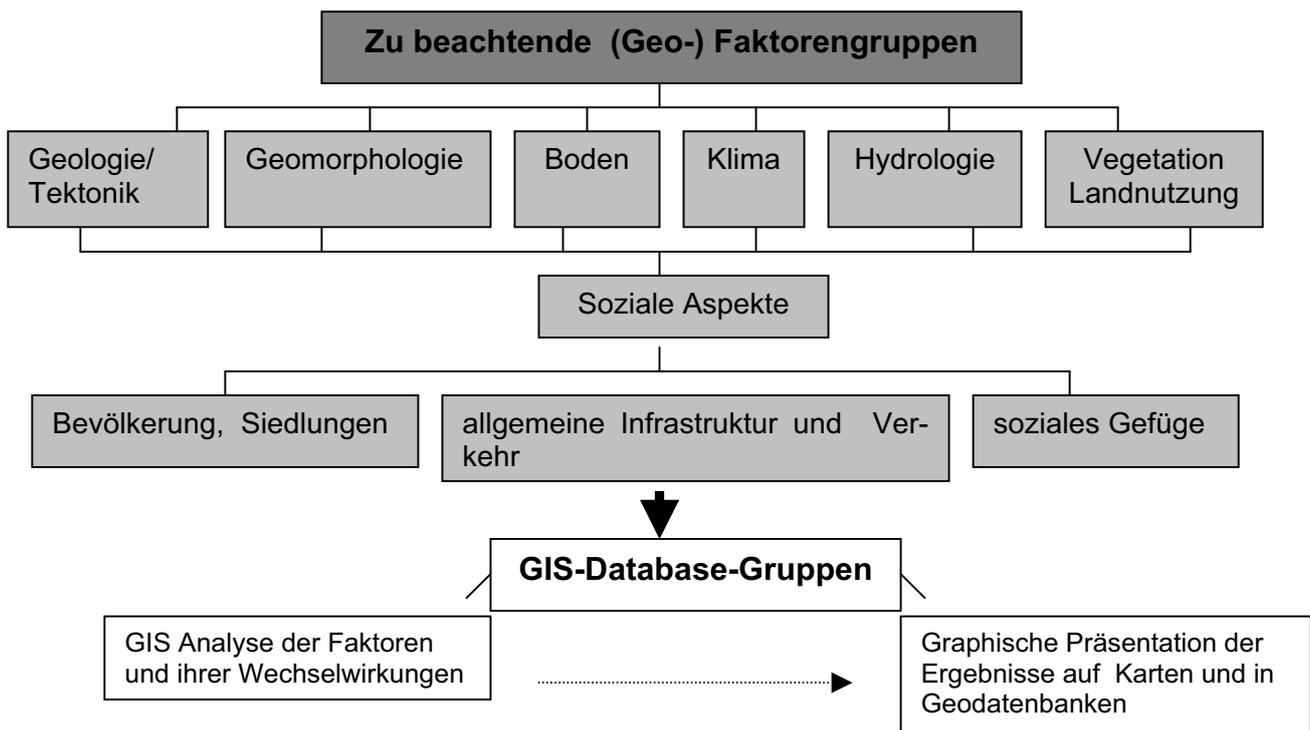


Abb. 3.3 Zu beachtende Faktorengruppen eines Risikosystems.  
Quelle : IGAC (1996) und eigene Ergänzungen.

Im Allgemeinen wird ein System anhand von Gesteinsart, Geomorphologie, Böden, Vegetation, Landnutzung, Infrastruktur und Angaben zur Bevölkerung beschrieben und begrenzt. In diesem Kontext werden auch Daten zu vergangenen Naturereignissen und zu den von ihnen verursachten Schäden erhoben. Auf diese Weise soll an-

nährend abgeschätzt werden, mit welcher Häufigkeit Naturereignisse in einer bestimmten Region auftreten. Bei der Abschätzung einer Naturgefahr, z. B. einer Massenbewegung, und bei der Naturrisikoanalyse werden sämtliche Naturgefahren aus der näheren Vergangenheit und die exponierten Elemente beschrieben und lokalisiert (s. dazu DIKAU et al. 1996A , VARNES 1978, 1996, KIENHOLZ 1995, HOLLESTEIN 1997 u.a.).

Da das Relief in der Regel der Hauptsteuerungsfaktor der im System ablaufenden Prozesse darstellt, erfolgt die Systembeschreibung meistens durch geomorphodynamische Verteilung von Raumeinheiten. Diese Raumeinheiten werden durch geologische und morphologische Faktoren bestimmt, die ein raumtypisches Verhalten innerhalb des Untersuchungsgebiets aufweisen. Für ihre Begrenzung und Beschreibung wird eine Kombination der geologischen, strukturellen und morphologischen Parameter genutzt. Diese Parameter ermöglichen eine Eingrenzung der Raumeinheiten, deren Stabilität vom Verhalten benachbarter Gebiete unabhängig ist, und die von den benachbarten Gebieten kaum beeinflusst werden können.

Bei einem GIS werden alle Informationen bezüglich der zu beachtenden Faktorengruppen in Daten umgewandelt, welche wiederum in Datengruppen aufgeteilt werden. Innerhalb dieser Datengruppen werden dann das Kartenmaterial und die Daten auf regionaler und lokaler Ebene gesammelt und geordnet (vgl. Tab. 3.1). Dabei kommen die Methoden der digitalen Photogrammetrie und des GIS' zur Anwendung, welche bereits im Kapitel 2 beschrieben worden sind (s. Punkt 2.6.2 und 2.6.3).

Bei der Analyse der Wahrscheinlichkeit, mit der eine Naturgefahr eintreten wird, wird häufig ein standardisiertes Systembeschreibungsverfahren genutzt. Hierbei sollten z. B. folgende Parameter berücksichtigt werden: Gestein und oberflächennaher Untergrund, Tektonik, Hangneigung und geomorphologische Prozesse, Bodenarten und -typen, Klima und Niederschlag, Flussnetz und Landnutzung. Mit Hilfe dieser Parameter lassen sich die Naturgefahrenbereiche in Raumeinheiten fassen und begrenzen.

Tab. 3.1 Zu beachtende Faktoren der Systembeschreibung.

Quellen: AG BODEN 1994, eigene Ergänzungen von Schriften verschiedener Autoren u.a.

DATENGRUPPENBEREICH	THEMA	KARTE
GEOLOGIE	Geologie Tektonik Gestein und oberflächennaher Untergrund	Gestein (Art und Lagerung) Strukturen und tektonisches Verhalten Festgesteine Lockergesteine
GEORELIEF	Höhen Hangneigung  Geomorphologische Prozesse  Naturgefahren	Höhenklassifizierung    Hangneigungs- klassifizierung z. B. nach GMK 25 (vgl. LESER & KLINK, 1988:55) aktuellen Hangdynamik Aktuelle, im Gelände zu beobachtende geomorphologische Prozesse vorhandene Prozessspuren Naturschadenklassifizierung    und - beschreibung
BÖDEN	Bodenarten und -typen Verwitterung Körnung Bodenprofilbeschreibung  Landnutzung	Bodenklassifizierung Verwitterungsresistenz Bodenart des Ablagerungs- und Verwit- terungsprodukts (Bodenarten und - typenuntergruppen nach AG BODEN 1994) Bodenerosion Landnutzungsklassifizierung
KLIMA	Klima und Niederschlag	Klima und Niederschlagsklassifizierung; wenn nötig, auch Klassifizierung anderer Klimaelemente
HYDROLOGIE	Flussnetz	Flussnetz und fluviale Prozesse

### 3.2.2 Naturgefahrenanalyse: Gefahrenidentifikation und -abschätzung

Viele geomorphologische Prozesse geben auf Grund direkter oder indirekter Naturereignisse Hinweise darauf, ob, wann und wie Naturgefahren entstehen könnten. Ei-

nige dieser Prozesse ziehen für den Menschen und für die von ihm geschaffenen Werke ein gewisses Risiko nach sich, wenn sie an Orten einsetzen, an denen sich exponierte Elemente befinden bzw. wenn die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines *extreme event* besteht. Wahrscheinlichkeitsmodelle von Naturgefahren, die in der Handhabung äußerst komplex sind, werden heutzutage unter Zuhilfenahme von räumlichen Datenanalysen durchgespielt, die zusätzlich als ein Funktionen- bzw. Werkzeugmodul von vielen GIS unterstützt werden. Ihr Entwurf erfolgt unter Annahme von sowohl wahrscheinlichen als auch statistischen Gesichtspunkten.

Für eine kartographische Darstellung der Bedrohungen bedienen sich viele Autoren einer allgemeinen Analyse der gegenwärtig möglichen Naturgefahren. Die Ergebnisse werden normalerweise in Form einer Bestandsliste präsentiert, für die BOLT & HORN als Erste den Titel „*Study of collective geological hazards*“ vorgeschlagen haben (vgl. BOLT & HORN, 1975:288). Eine solche Bestandsliste wird als eine Zusammenstellung der „gegenwärtigen und wahrscheinlichen“ Naturgefahren innerhalb einer bestimmten Region verstanden. Andere Autoren wiederum sind darum bestrebt, die in einem Gebiet am häufigsten auftretenden Naturgefahren wie Erdbeben, Hochwasser, Wirbelstürme, Hurrikane u. a. zu erfassen. Je nach der vom jeweiligen Autor gewählten Analysemethoden werden anhand mathematischer Modelle verschiedene Szenarien simuliert. Die Ergebnisse der Naturgefahrenanalyse können in Form einer Gefahrenkarte dargestellt werden, in der die Naturgefahren entsprechend „natürlicher“ sowie „gegenwärtiger und wahrscheinlicher“ Naturgefahren innerhalb einer Region klassifiziert werden.

Die zu erfassenden Naturgefahren und ihre Ursachen werden nach der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens eingeschätzt, wobei ihr kontinuierliches Auftreten, ihre Auswirkungen auf die unmittelbare Umgebung und ihre Variabilität innerhalb des untersuchten Gebiets in Betracht gezogen werden müssen. Die zentrale Aufgabe einer jeden Naturgefahrenanalyse bezieht sich also auf die Identifizierung möglicher Naturgefahren und die Einschätzung deren Folgen. Die Identifizierung wird dabei nach dem Muster einer „*Abschätzung als Teil der traditionellen Naturgefahrenbetrachtung*“ (vgl. HOLLESTEIN, 1997:83) durchgeführt, bei der die zu berücksichtigenden Faktoren als deren Ursachen betrachtet werden.

Die Identifizierung der Naturgefahr und die Einschätzung deren Folgen werden zusammen mit der Analyse der exponierten Wertobjekte für eine umfassende Naturrisikoanalyse verwendet. Bei einer Naturrisikoanalyse müssen also die Folgen der Naturgefahr für sämtliche exponierte Elemente abgeschätzt werden. Je nach Art der Auswirkung können Naturgefahren unterschiedlich bewertet werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe, die es von den mit einer Naturgefahrenanalyse Beauftragten zu klären gilt, ist, welche Faktoren bei ihrer Durchführung im Rahmen eines POTs in Betracht gezogen werden müssen, damit die erstellte Naturgefahrenanalyse bei der Formulierung von passenden Katastrophenvorbeugungs- und –managementprogrammen berücksichtigt werden kann. Dies gilt insbesondere für jene Fälle, in denen der Unterschied zwischen den Ursachen einer Naturgefahr und den eine solche Gefahr in besiedelten Gebieten möglicherweise verursachenden Faktoren nicht klar ist. Oftmals ist es äußerst schwierig, zu unterscheiden, welche Ursachen rein natürlichen Ursprungs sind und welche auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind.

Bei der Erstellung von Naturgefahrenanalysen mit Gültigkeit für besiedelte Gebiete werden also auch Faktoren der so genannten *man-made natural hazards* in Betracht gezogen (vgl. Tab. 2.4).

Im Untersuchungsgebiet stellen Massenbewegungen die eigentliche Naturgefahr dar. Um diese Art von Naturgefahr genau erfassen zu können, müssen eindeutige Klassifizierungen der Massenbewegungstypen festgelegt werden. Eine solche Klassifizierung ist von DICKAU (1996) und VARNES (1978) bereits vorgenommen worden, die entsprechenden Massenbewegungstypen (*Landslides*) werden in der folgenden Tabelle 3.2 zusammenfassend dargestellt:

Tab. 3.2. Zusammenstellung von Massenbewegungstypen nach DICKAU (1996) und VARNES (1978) mit einigen Modifikationen und Ergänzungen.

Massenbewegungstyp	Verwendeter Name für die Massenbewegung nach Materialart
Sturz ( <i>fall</i> )	Felssturz
Kippung ( <i>topple</i> )	Felskipfung Kippung im Lockersubstrat
Rotationsrutschung ( <i>rotational slide</i> )	einfache Rotationsrutschung mehrfache Rotationsrutschung rotationsförmige Rutschungsfolge
Blockgleitung (translationsförmig) ( <i>translational slide</i> )	Felsgleitung Schuttrutschung Bodengleitung
Komplex	Kombination vom rotationsförmigen Anbruch und Schuttstrom
Driften (laterale Massenbewegung) ( <i>lateral spreading</i> )	Felsdriften, Bodendriften, Schuttdriften (laterale Bewegung von kohäsiven Lockergesteinen), Quicktonrutschung, Quicktonfließen, Setzungsließen
Sackung, Talzuschub, Bergzerreißung	Bergzerreißung, Mure (feinkörnig), Murgang, Sandfließen, Schlammstrom
Sturzstrom/Lawine ( <i>flow</i> )	Steinlawine plötzliche und schnelle Fließbewegung im kohäsionslosen Lockergestein

Die Erfassung und kartographische Darstellung von Naturgefahren kann in direkter bzw. indirekter Form erfolgen. Hierbei werden verschiedene Modelle angewendet, innerhalb derer das Kriterium der Wahrscheinlichkeit durch das der Häufigkeit ersetzt werden kann. Die Häufigkeit, mit der ein Extremereignis möglicherweise einsetzen kann, wird mit Hilfe der vorhandenen Informationen auf indirekte Weise errechnet.

Die Naturgefarenerfassung stützt sich auf deterministische wie nicht-deterministische Modelle, die auch als „Wahrscheinlichkeitsmodelle“ bekannt sind. Je nach der für die optionierte Naturgefahrenanalyse gewählten Methode werden quantitative (seltener auch qualitative) bzw. sowohl quantitative als auch qualitative Daten verwendet. Je nach Art der verwendeten Daten fällt das Ergebnis selbstverständlich unterschiedlich aus. Heutzutage wird die Naturgefahren-darstellung in Form von Karten und unter Anwendung von Werkzeugen wie dem GIS präsentiert.

Tab. 3.3 Zu beachtende Faktoren bei Massenbewegungen nach DICKAU (vgl. DICKAU 2002:39)

Ursache	Vorbereitende Faktoren (Disposition)	auslösende Faktoren (Trigger)	Bewegungskontrollierende Faktoren
Geologie	Diskontinuität (Schichtung, Schieferung, etc.) strukturelle Diskontinuität <sup>1</sup> (z. B. Streichen/Fallen, tektonische Störungen) Verwitterung Isostasie	Erdbeben Vulkanausbrüche	Gesteinstypen Diskontinuität <sup>1</sup> (Schichtung, Schieferung, etc.) strukturelle Diskontinuität <sup>1</sup> (z. B. Streichen/Fallen, tektonische Störungen)
Klima	lang anhaltender Vorregen Schneesmelze Frost-Tau Zyklen	Niederschlag (Intensität, Menge) schnelle Schneeschmelze	Niederschlag (Intensität, Menge)
Boden	Verwitterung Geotechnische Material-  eigenschaften Bodenart und -typ Schrumpf/Schwell Zyklen subterrane Erosion (z. B. Tunnelerosion)	nicht zutreffend	Wassersättigung Mächtigkeit des Bodens
Vegetation	natürliche Vegetationsänderung <sup>1</sup> (z. B. Waldbrand, Trockenheit)	nicht zutreffend	Vegetation
Hydrologie	schmelzender Permafrost	schnelle Schwankungen des Grundwasserpegels bzw. Porenwasserdrucks	Gerinnerauhigkeit Weitertransport bewegter Massen
Topographie	Hangexposition <sup>1</sup> Hanghöhe	nicht zutreffend	Hangneigung <sup>1</sup> Hangwölbung <sup>1</sup> Tiefenlinien
anthropogene	Entwaldung Staudammbau Entfernung des Hangfußes Belastung des Oberhangs Bewässerung Bergbau künstliche Bewegung (z. B. Sprengung) undichte Wasserversorgung	Hanganschnitte Hangunterschneidung Auflast <sup>1</sup>	künstliche Verbauungen Dämme Gerinnebegradigung, -Verkleinerung, -Vergrößerung

<sup>1</sup> diese Faktoren können je nach Stabilitätszustand des Hanges sowohl vorbereitend, auslösend als auch kontrollierend wirken (DICKAU, 2002).

Die Tabelle 3.3 veranschaulicht eine Auswahl vorbereitender, auslösender und bewegungskontrollierender Faktoren, die nach DICKAU 2002 bei Massenbewegungen (*landslides*) zu beachten sind.

Für punktuelle Naturgefahrenanalysen, die sich auf geomorphologisch homogene Gebiete beziehen, eignen sich die deterministischen bzw. nicht-geomorphologischen Modelle am besten.

Das geomorphologische Modell ist ein nicht-deterministisches Modell, das auf der Heterogenität der ablaufenden Prozesse basiert. Die Wichtigkeit der geomorphologischen Daten wird von KIENHOLZ et. al. (1989) hervorgehoben, wobei die Fotointerpretation als grundsätzliche Methode zur Erhebung von Daten dient. Diese Methode wird vor allem zur Identifizierung und Einschätzung von Naturgefahren in größeren Gebieten benutzt. Beim Sonderfall von Erdbeben muss die „Heterogenität“ solcher Prozesse, welche zur Instabilität von Hängen führen, beachtet werden. Da der Gegenstand der in dieser Arbeit vorangetriebenen Untersuchung ein großes und geomorphologisch nicht-homogenes Gebiet ist, wurde zur Erstellung einer für dieses Gebiet geltenden Naturrisikoanalyse das in Kolumbien im Allgemeinen verwendete nicht-deterministische bzw. geomorphologische Modell hinzugezogen. Solche Modelle eignen sich am besten für *POTs*.

Erdbeben werden als eine an sich schon komplexe Einheit aufgefasst, wobei innerhalb der räumlichen Variabilität verschiedene Parameter zum tragen kommen. So wird z. B. bei einer Erdbebenanalyse zuerst der Zusammenhang zwischen Instabilität und Geoformen mittels einer geomorphologischen Untersuchung des Erdbebens ermittelt. Danach werden die berücksichtigten Parameter auf ein anderes Umfeld übertragen (vgl. BRUNSDEN et al 1975, CARRARA and MERENDA 1974, MALGOT and MAHR 1979, RUPKE et al., 1987). Auf diese Weise ordnet man die verschiedenen bewegungskontrollierenden Parameter nach ihrer Wertigkeit. Abschließend wird nach einer multivariaten Analyse größerer Datenblöcke, die während der Erhebung von geomorphologischen Informationen ermittelt wurden, der entsprechende Naturgefahrengrad festgelegt.

Untersuchungen, die auf eine Eingrenzung der unterschiedlichen Bereiche nach Gefahrengrad innerhalb eines Gesamttrisiko-gebiets ausgerichtet sind, konzentrieren sich im Wesentlichen darauf, Informationen über die am häufigsten auftretenden Extremereignisse in einer Liste zusammenzutragen. In den *POTs* wird z. B. meistens nur Hangrutschungen in Mittel- und Hochgebirgen, Erdbeben und Überschwemmungen Beachtung geschenkt.

### 3.2.3 Errechnung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Naturgefahr unter Verwendung eines geomorphologischen Modells

Die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Naturgefahr (*hazard* (H)) in einem bestimmten Gebiet eintreffen wird, errechnet man nach der Gleichung, die im Folgenden dargestellt wird:

$$H = \prod_{i=1}^n (P_i) \cdot (Q_i)$$

Gleichung nach UNDRO (1986), CARDONA (1991), SUAREZ D. (1998).

Begriffserläuterung:

n = Anzahl der Parameter

P = Prozentsatz des Auftretens dieses Parameters

Q = Bewertung (1-5) der wichtigsten Parameter für eine Naturgefahr

Aufgrund der Komplexität dieser Gleichung erhält man lediglich ein ungefähres Ergebnis, jedoch kein mathematisch-naturwissenschaftlich nachvollziehbares. Dennoch liefert die Formel gute Hinweise für die Abschätzung weiterer Naturgefahren.

### 3.2.4 Die beeinflussenden Parameter und ihre Bewertungen (Q)

Auf Tab. 3.3 sind die Faktoren dargestellt, welche nach DICKAU 2002 bei Massenbewegungen (*landslides*) eine Rolle spielen. Es handelt sich um Faktoren, welche in unterschiedlichem Maße eine Massenbewegung auslösen bzw. beeinflussen können. Sie werden in dieser Arbeit als Parameter im Rahmen der Naturrisikoanalyse berücksichtigt und nach einer multivariaten Analyse größerer Datenblöcke bewertet.

Diese Bewertung wird für die Erstellung der Naturrisikoanalyse eines Raumes benutzt. Die Angabe der Parameter wurde aus der Feldarbeit und den POTs erhoben.

In der Naturgefahrenanalyse werden diese Parameter, je nachdem, in welchem Maße sie die Anfälligkeit für Erdbeben erhöhen, mit einem Q – Wert (von 1 bis 5) angegeben. Diese Art der Analyse ermöglicht die Identifizierung, Bewertung und Einschätzung von Gefahren. Die Ergebnisse der Analyse werden in den folgenden Tabellen dargestellt. (s. Tabellen 3.4 bis 3.16)

Über die berücksichtigten Parameter können Angaben zur Stabilität bzw. Anfälligkeit eines Gebietes gemacht werden. Zugleich erhalten wir Informationen über die Interaktion zwischen Geofaktoren wie Geologie, geomorphologische Prozesse, Böden, Klima, Hydrologie, Vegetation und Landnutzung eines Raumes. Die Geofaktoren und ihre Interaktionen können von Menschen beeinflusst sein.

Bei Räumen mit Quartärablagerungen (Schuttablagerungen) handelt es sich oft um Gebiete mit instabilen Böden (s. Tab. 3.4). In solchen Gebieten können auch die morphodynamischen Prozesse und der Wasserhaushalt stark einwirken, weil dieser Gesteinstyp wenig resistent und häufig wasserstauend ist (s. Tab. 3.5). Deshalb wirken in diesen Räumen die Verwitterungsprozesse stark auf den oberflächennahen Untergrund, insbesondere wenn es labile geologische Strukturen wie z.B. Klüfte gibt. Die Mobilität der Klüfte wird die Einwirkung der Verwitterungsprozesse beeinflussen (s. Tab. 3.6 und Tab. 3.7). Die Hangneigung ist auch ein wichtiger Parameter, welcher Einfluss auf die Entstehung von Erdbeben hat, vor allem in mittel geneigten bis sehr steilen Bereichen (s. Tab. 3.8 und 3.9).

Angaben über die Wirkung von aktuellen geomorphologischen- insb. Erosionsprozessen und früheren Erdbebenstellen können als Hinweise für die Bestimmung und Eingrenzung von Naturgefahrenräumen genutzt werden (s. Tab. 3.10 bis Tab. 3.13). Gebiete, in denen häufige oder benachbarte Erdbeben gemeldet sind (s. Tab. 3.14a und 3.14 b), gelten normalerweise als Räume, die für Erdbeben anfällig sind (KOJAN et. al, 1972).

Die Analyse der Festigkeit und Mächtigkeit der Böden entsprechend der geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (s. Tab. 3.15), sowie auch die Angaben zur Landnutzung und Vegetation (s. Tab. 3.16) ermöglichen die Identifizierung von gefährdeten Gebieten.

Die folgenden Tabellen zeigen die Bewertung der wichtigsten Parameter, die bei der Erstellung einer Naturrisikoanalyse im Rahmen eines *POTs* mit Fokus auf Massenbewegungen eine Rolle spielen

### 3.2.4.1 Gesteinstypen und Verwitterungszustand

Als Locker und Festgestein versteht man oberflächennahes Untergrund- und Ausgangssubstrat der Bodenbildung. Der Gesteinsuntergrund besteht aus Festgestein und seinen Verwitterungsprodukten. Die Verwitterungsresistenz und Durchwurzelbarkeit des Gesteinsuntergrunds variieren je nach Verwitterungsgrad und Klüftung stark.

Tabelle 3.4 Gestein und oberflächennaher Untergrund gegliedert nach Festigkeit gemäß ZEEP & MÜLLER (vgl. 1999:81-86). Eigenständige Abschätzung von Q.

(Q)	Festigkeit	Gestein und oberflächennaher Untergrund gegliedert nach Festigkeit
1	sehr fest	Festgestein (magmatisches Gestein, z. B. Granit, Gabbro, Basalt, Quarzit, Marmor, Siltstein, Arkose, Kalkstein, Dolomit u.a.)
3	mittelfest	mittelfestes Gestein (z. B. Glimmerschiefer, Phyllit, Sandstein, Brekzie, Konglomerat, Tonstein)
4	weich und gering	weiches und geringfügig festes Gestein (z. B. Kalkmergel, Tonstein, vulkanische Tuffe, vulkanische Asche)
5	sehr gering	Lockergestein (z. B. quartäre Deckschichten, Kolluvium), feuchter Schluff, feuchter Ton

In Jericó findet man magmatische Gesteine (Festgesteine) wie Basalt, Ergussgesteine (*rocas hipoabissales*), Sandstein, Brekzie (mittelfestes Gestein), vulkanische Asche (weich- und geringfügig festes Gestein) und Lockergestein (quartäre Ablagerungen).

Durch die Verwitterung und Bodenbildung auf Lockergesteinen sind die ursprünglichen Eigenschaften der Gesteine verändert worden. So sind z. B. die tertiären und quartären Lockergesteine porös und wasserdurchlässig, was aufgrund der Einwirkung von Niederschlägen und der Grundwasserakkumulation Erosionsprozesse stark fördert.

Tabelle 3.5 Morphodynamische Prozesse und Wahrscheinlichkeit von Rutschungen nach ZEPP & MÜLLER (vgl. 1999:81-86). Eigene Abschätzung von Q

(Q)	Gesteinstyp	Beeinflussung des Gesteinstyps durch morphodynamische Prozesse
1	Granit, Rhyolit, Gneis, Syenit, Diorit, Andesit, Gabbro, Basalt, Diabas, Phonolit	indifferent
2	Sandstein, Quarzit	Es bilden sich in der Regel Härtlige oder Stufen, insbesondere bei kieseligen Bindemitteln (Sandstein)
3	Sandstein (kalkhaltig), Kalksandstein, Kalkstein	Häufig rippen- oder stufenartig exponiert. Karstkorrosive Prozesse und Formen (Kalkstein)
4	Phyllit, Kalkstein, Dolomitstein,	Härtligskuppen und Stufen bildend, karstkorrosive Prozesse und Formen schwächer als bei Kalkstein
5	vulkanische Tuffe (Basalttuff), Glimmerschiefer, Tonstein, Ton-, Schluff-, Sandmergelstein, Schuttablagerung	wenig resistent

(Q)	Gesteinstyp	Einfluss auf den Standortwasserhaushalt
1	Granit, Rhyolit, Gneis, Syenit, Diorit, Andesit, Gabbro, Basalt, Diabas, Phonolit, Siltstein	indifferent
2	Marmor, Quarzit	kaum wasserdurchlässig, (geringmächtige) Verwitterungsdecken
3	Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein,	wasserdurchlässig
4	vulkanische Tuffe (Basalttuff), Glimmerschiefer, Phyllit,	gutes bis hohes Wasserspeichervermögen
5	Tonstein, Tonmergel, Kalkmergel, Sandmergelstein, Schuttablagerung	häufig wasserstauend

### 3.2.4.2 Geologische Strukturen

Die an einem gegebenen Ort vorhandenen geologischen Strukturen und der dort vorgefundene Gesteinstyp können je nach Abstand zwischen Diskontinuitäten und der zwischen ihnen gemessenen Öffnungsgröße (Klüftung) Verwitterungsprozesse und geomorphologische Prozesse sowohl beschleunigen als auch verlangsamen.

Tabelle 3.6 Anfälligkeit der Gesteine für Erdbeben in Abhängigkeit von den Abständen der Diskontinuitäten zueinander gemäß NICHOLSON (1997). Eigene Zuordnung des Faktors Q.

(Q)	Abstände zwischen Gesteinspaketen, Klüftung z. B. Klüfte zwischen Felswänden (NICHOLSON, 1997)	
1	< 2 mm	keine
2	2 mm – 60 mm	wenig
3	60 mm – 200 mm	mittel
4	200 mm – 600 mm	stark
5	< 600 mm	sehr stark

Tabelle 3.7 Anfälligkeit der Gesteine für Erdbeben in Abhängigkeit von der Öffnungsgröße zwischen Diskontinuitäten gemäß NICHOLSON (1997). Eigene Zuordnung des Faktors Q.

(Q)	Öffnung der Klüftung, z. B. bei Felsblöcken (NICHOLSON, 1997)	
1	0 – 0,1 mm	geschlossen
2	0,1 – 0,5 mm	fast geschlossen
3	0,5 – 1 mm	halb geöffnet
4	1,0 – 5,0 mm	geöffnet
5	> 5,0 mm	sehr geöffnet

### 3.2.4.3 Die Hangneigung

Die Hangneigungsklassen und ihre Bezeichnungen beziehen sich in der vorliegenden Arbeit auf die von LESER (1975) für Flachland, Mittelgebirge und Hochgebirge entwickelte Hangneigungsklassifizierung (s. Tab. 3.8).

Tab. 3.8 Eigene Bezeichnung und Interpretation der in ZEPP & MÜLLER (1999:39), LESER (1975) und BODENKUNDLICHE KARTIERUNGSANLEITUNG (1994) beschriebenen Hangneigungs-klassifizierung.

Flachland	Mittelgebirge	Bezeichnung	Hochgebirge	Bezeichnung
0,5 - 2°	0,05°	nicht geneigt	0 - 2°	sehr schwach geneigt
<2° - 7	>0,5° - 2°	schwach geneigt	>2° - 15°	schwach geneigt
>7° - 15	>7° - 11°	mittel geneigt	>15° - 25°	mittel geneigt
>15	>11° - 15°	stark geneigt	> 25° - 35°	stark geneigt
	> 15° - 35°	sehr stark geneigt	> 35° - 45°	sehr stark geneigt
	> 35°	steil	>45° - 60°	steil
			> 60°	sehr steil

Die folgende Tabelle 3.9 veranschaulicht eine Klassifizierung von Hangneigungs-klassen nach dem Q-Wert. Der Q-Wert bezieht sich auf die Bewertung der Wahr-scheinlichkeit, mit der eine Hangrutschung stattfinden wird.

Tabelle 3.9 Bewertungen der Hangneigungsklassen, die entsprechend der vorangehenden Tabelle zu Massenbewegungen führen können. Sämtliche Gebiete, die sehr stark geneigt, steil bzw. sehr steil sind, wurden zusammenfassend mit dem Q-Wert 5 versehen. Eigene Zuordnung des Faktors Q.

(Q)	Hangneigungsklasse
1	sehr schwach geneigt
2	schwach geneigt
3	mittel geneigt
4	stark geneigt
5	sehr stark geneigt steil sehr steil

### 3.2.4.4 Auf Massenbewegungen einwirkende geomorphologische Prozesse und Erosionsprozesse

Geologische und geomorphologische Prozesse wie Erosion, Kluftbildung oder Erd-rutsche geben Hinweise auf rezente Reliefbewegungen. Es besteht die Möglichkeit, diese Prozesse im Gelände zu untersuchen, und den für sie je nach Art des geomor-

phologischen Prozesses und dessen Auswirkungen geltenden Naturgefahrengrad zu ermitteln.

In der folgenden Tabelle 3.10 werden die Zusammenhänge zwischen Gesteinstyp, Hangneigungsklasse und den unter gegebenen Umständen häufigsten geomorphologischen Prozessen dargestellt.

Tabelle 3.10 Hangneigung und aktuelle Hangdynamik bei unterschiedlichen Gesteinsarten. Beispiele, erstellt von RENGER nach Vorgabe verschiedener Autoren (zusammengefasst bei LESER, 1999:47).

<b>Kritische Winkel für Rutschungen und Bodenerosion</b>	<b>Prozesse und Disposition der Hangdenudation u. der Bodenerosion</b>
2° > Löß 2 - 8° Skelettboden ( RENGER 1964) > 10° Sandstein. Kritischer Winkel bei Böden (RICHTER, 1965)	7° - 28° Bodenkriechen /Bodenfließen ( DEDKOV, 1967)
13° > Ton trocken (RENGER 1964) Bodenerosion bei Nutzungsänderung. Kritischer Winkel bei Böden (RICHTER, 1965)	
> 20° Sand feucht (RENGER 1964) > 22° Kies (RENGER 1964)	> 21° Rutschung und Hangkriechen (DEDKOV, 1967)
> 27° Lehm (RENGER 1964) >30° Sand trocken (RENGER 1964)	> 36° Bergrutsche (DEDKOV, 1967) > 34° Steilhangprozesse in Festgestein (GERBER & SCHEIDEGGER, 1966)

In der folgenden Tabelle 3.11 wird der Zusammenhang zwischen der Landnutzung und den Hangneigungsklassen und den durch diese Faktoren möglicherweise entstehenden geomorphologischen Prozessen in Gebieten mit sehr feuchten Wäldern (nach Trojer, *bosque muy húmedo*) dargestellt.

Tabelle 3.11 Hangneigungen und Landnutzungsarten in der *Subpáramo*- und *Páramo*-Stufe. Für die bei unterschiedlichen Hangneigungen und Landnutzungsarten in der *Subpáramo*- und *Páramo*-Stufe auftretenden Prozesse gelten auch die folgenden Werte in Gebieten mit sehr feuchten Wäldern in der Umgebung von Jericó. Quelle: vgl. HECK (2006:158)

Hangneigung	Nutzungsart	Prozess
0 – 3°	ohne Ackerbau, Weide	- - -
3 – 7°	ohne Ackerbau, Weide	- - Verdichtung durch Viehtritt
7 – 15°	ohne Ackerbau, Weide	- - Verdichtung durch Viehtritt, Bodenfließen
15 – 35°	ohne Ackerbau, Weide	- Materialverlagerung durch <i>Splash</i> -Erosion Verdichtung durch Viehtritt, Bodenfließen, Badlandbildung
> 35°	ohne Weide	Verdichtung durch Viehtritt, Bodenfließen, Badlandbildung

Die folgende Tabelle 3.12 veranschaulicht die Q-Bewertung der geomorphologischen Prozesse im Untersuchungsgebiet.

Tabelle 3.12. Die im Untersuchungsgebiet aktuell zu beobachtenden geomorphologischen Prozesse. Eigene Darstellung und eigene Bewertung von Q.

(Q)	Die im Gelände aktuell zu beobachtenden geomorphologischen Prozesse
1	Es lassen sich keine geomorphologischen Prozesse beobachten, die zu Massenbewegung führen.
2	Abspülung, Rinnenspülung, Vernässung
3	Rinnenspülung, Solifluktion, Bodenkriechen, Rutschungsspuren
4	Viehtrittbildung, Regenrückhaltebecken am Mittelhang
5	Sackung, Setzung, Rutschung, Hangkriechen, Steinschlag

In der Tabelle 3.13. werden zusammenfassend der Erosionsgrad der Böden im Untersuchungsgebiet und die im Gelände aktuell zu beobachtenden geomorphologischen Prozesse dargestellt.

Tabelle 3.13. Q-Bewertung der Erosionsprozesse, die zu Massenbewegungen führen können. Eigene Zusammenstellung und Bewertung des Faktors Q.

Bewertung (Q)	Erosionsgrad	Die im Gelände aktuell zu beobachtenden geomorphologischen Prozesse
1	schwach	Wenige Spuren von Bodenkriechen und Bodenabspülung
2	mäßig	Mäßige Spuren von Abspülung, Rinnenspülung, Viehtritt, Bodenfließen, Bodenkriechen
3	mittel	Rinnenspülung, Solifluktion, Bodenkriechen, Verdichtung durch Viehtritt
4	stark	Viehtrittbildung, tiefe Rinnenspülungsspuren, Regenrückhaltebecken am Hangmittel, Rutschungsspuren
5	sehr stark	Sackung, Setzung, aktive Rutschung, Hangkriechen, Steinschlag

### 3.2.4.5 Häufigkeit und Verdichtung der dokumentierten Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet (historische Daten)

Dank der Informationen über frühere Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet ist es möglich, Bereiche, die in der Vergangenheit für Massenbewegungen anfällig waren, frühzeitig zu identifizieren. Die in der Tabelle 3.14a dargestellte Q-Bewertung berücksichtigt die Häufigkeit der Massenbewegungen im Verhältnis zur Größe der betroffenen Flächen in Übereinstimmung mit aktuellen und historischen Aufzeichnungen. Die hierfür relevanten Informationen wurden durch Befragung der Bevölkerung, durch die Suche nach Spuren von früheren Massenbewegungen, durch Auswertung der Gemeinearchive, der POTs und früherer Veröffentlichungen zu diesem Thema erhoben.

Tabelle 3.14a Anzahl früherer Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet. Eigene Zusammenstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Verdichtung der dokumentierten Massenbewegungen</b>	<b>Größe der Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q</b>
< 1 Massenbewegung	5	1
1 – 2 Massenbewegungen	5	2
> 2 Massenbewegungen	3	3
< 1	1	4
> 2	1	5

Tabelle 3.14b Anzahl früherer Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet. Eigene Zusammenstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Dokumentierte Massenbewegungen</b>	<b>Q</b>
Dokumentiert in den letzten 20 Jahren	1
Dokumentiert in den letzten 10 Jahren	2
Dokumentiert in den letzten 5 Jahren	3
Aktuell	4
Dokumentiert in den letzten 60 Jahren, die nach wie vor aktuell sind	5

### 3.2.4.6 Festigkeit und Mächtigkeit der Böden im Untersuchungsgebiet

In der Tabelle 3.15 wird der Q-Wert der Böden im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von ihrer Festigkeit und Mächtigkeit dargestellt.

Tabelle 3.15 Geologischer Faktor: Festigkeit und Mächtigkeit der Böden. Eigene Zusammenstellung nach AG BODEN (1994) und HÜTTER (1999). Eigene Bewertung des Faktors Q.

<b>(Q)</b>	<b>Festigkeit und Mächtigkeit der Böden entsprechend der geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet</b>
<b>1</b>	Festgestein
<b>2</b>	Festgestein und Böden < 0.5 m
<b>4</b>	Böden > 0.5 m und Lockergestein
<b>5</b>	Lockergestein, z. B. Quartärablagerung, künstliche Verbauungen

### 3.2.4.7 Landnutzung

In Gebieten, die im Mittelgebirge bzw. Hochgebirge gelegen sind, besteht ein Zusammenhang zwischen Erdbeben, der Landnutzung und den dort vorangetriebenen Besiedlungsprozessen. Die Erdbeben fallen in diesen Gebieten umso gravierender aus, je schneller und je weniger organisiert die Bebauungsprozesse abgewickelt werden. Anthropogene Aktivitäten wie künstliche Ablagerungen, Hanganschnitte, Hangunterschneidungen, Entwaldungen, die Anlegung von künstlichen Teichen (*lagos artificiales*), Eingriffe in die natürlichen Flussläufe, der Aushub von Entwässerungskanälen und die Errichtung von Regenrückhaltebecken (vgl. Tabelle 2.4) können an Hängen zu Erdmassenbewegungen führen. Die vorgenannten anthropogenen Aktivitäten, die Naturgefahren verursachen können, werden unter der Bezeichnung „anthropogene Naturgefahren“ bzw. *man-made natural hazards* zusammengefasst.

Tabelle 3.16 Q-Bewertung der Landschaftsnutzung. Eigene Bewertung des Faktors Q

(Q) Bewertung	Landnutzung
1	Primärwälder
2	Sekundärwälder
3	Brachland Gebüsche, Grünland
4	kontrollierter Siedlungsbau, Ackerland, Land ohne Vegetation
5	Steinbruch, Bergbau, unkontrollierter, wilder Siedlungsbau ( <i>asentamientos sub-normales</i> nach POT)

### 3.2.5 Schätzung des Naturgefahrengrades

Sämtliche Ergebnisse, die bei der Bewertung der Parameter eines bestimmten Gebietes erzielt wurden, werden in die im Punkt 3.2.3 vorgestellte Gleichung eingesetzt, um einen quantifizierbaren Naturgefahrengrad (H-Wert) abschätzen zu können.

Der ermittelte H-Wert, der zwischen 1 und 5 liegen kann, wobei 1 die niedrigste und 5 die höchste Gefahrenstufe darstellt, gibt den Grad der Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Naturgefahr eintreffen wird.

Tab. 3.17 Darstellung der geschätzten Naturgefahrengrade. Eigene Zusammenstellung und Bewertung des Faktors H.

Hazard (H)	Naturgefahrengrad
1	klein
2	mäßig
3	mittel
4	hoch
5	sehr hoch

Nach Einschätzung der Kosten, die bei Ergreifung notwendiger technischer Maßnahmen zur Stabilisierung der einzeln identifizierten Gefahrenbereiche anfallen werden, wird das Untersuchungsgebiet in Subregionen unterteilt. In einem Raumordnungsplan wird die Naturgefahrenanalyse in einer Karte graphisch dargestellt. Das betroffene Gebiet wird in verschiedene Subregionen entsprechend des dort herrschenden Naturgefahrengrades und gemäß einer qualitativen Einschätzung der Kosten für technische Maßnahmen aufgeteilt. Diese Vorgehensweise ist Teil der Risikobewertung, die im Rahmen des Risikomanagements vorgenommen wird (vgl. HOLLENSTEIN 1997:22 und Abbildung 2.6).

Tabelle 3.18a: Festlegung von Subregionen (Unterbereichen) nach Naturgefahrengrad und Abschätzung der Kosten für Stabilisierungsmaßnahmen im Rahmen eines POTs (POT JERICÓ, 2000).

Subregion	Festlegung der Subregionen beim POT
A	Subregion <u>Typ A</u> - Subregion <u>Typ E</u>
B	Subregion <u>Typ B</u>
C	Subregion <u>Typ C</u>
E	Subregion <u>Typ E-1</u>
D	Subregion <u>Typ D</u>

Die Beschreibung der im POT nach Naturgefahrengraden und Abschätzung der Kosten für die Stabilisierung von Böden zu ihrer landwirtschaftlichen Nutzung klassifizierten Unterbereiche erfolgt in der folgenden Tabelle:

Tabelle 3.18b Beschreibung der nach Naturgefahrengrad und Kostenabschätzung klassifizierten Unterbereiche nach CHICA (1987), VARNES (1986), TURNER (1996) u.a.

<u>Unterbereich Typ A</u>	Stabile, unabhängige Unterbereiche. Aufgrund ihrer Eigenschaften haben sie einen „hohen“ Stabilitätsgrad, wobei die Bodenstabilität von der konkreten Landnutzungsart abhängt.
<u>Unterbereich Typ B</u>	Stabile, abhängige Unterbereiche. Ihre Stabilität hängt von externen und internen Faktoren ab, die veränderlich sind.
<u>Unterbereich Typ C</u>	Instabile Unterbereiche, die zurückgewinnbar sind. Ihre Stabilität ist kritisch bzw. es gibt akute Anzeichen von Instabilität. Ihre Rückgewinnung ist durch nur kostenaufwändige Korrekturmaßnahmen möglich.
<u>Unterbereich Typ D</u>	Instabile, nicht zurückgewinnbare Unterbereiche. Dabei handelt es sich um instabile Gebiete, in denen die Behebung des Instabilitätsproblems zu kostenaufwendig und daher sinnlos wäre.
Ausgehend von der vorangehenden Einteilung der Gebiete in Gefahrengebiete wird das folgende Klassifizierungsschema im Hinblick auf eine geplante Urbanisierung in diesen Gebieten bzw. im Hinblick auf die dort vorhandene Infrastruktur festgelegt.	
<u>Unterbereich Typ E</u>	Stabile, nicht nutzbare Unterbereiche. Dabei handelt es sich um stabiles Gelände mit urbanistischen Einschränkungen (z. B. Umweltschutzgebiete, Naturparks etc.)
<u>Unterbereich Typ E-1</u>	Instabile, nicht nutzbare Unterbereiche. Instabile Gebiete mit urbanistischen Einschränkungen (gesetzliche Einschränkungen).

Innerhalb dieser Unterbereiche gibt es wiederum Unterunterbereiche mit unterschiedlichen Stabilitätsbedingungen. In diesen Fällen wird nach dem folgenden Schema unterteilt: A-1, A-2, B-2, C-1, C-... etc (vgl. CHICA 1987, VARNES 1986, TURNER 1996 u.a.).

### 3.2.6 Abschätzung der Vulnerabilität

Zur Abschätzung der Vulnerabilität bedient man sich im Allgemeinen einer hybriden Methode, in der sowohl empirische als auch analytische Werte berücksichtigt werden. Diese Abschätzung erfasst die gefährdeten Objekte und zieht ihren gänzlichen Verlust nach einem *extremen Ereignis* in die Rechnung mit ein (vgl. WHITE (1974), O'KEEFE, WESTGATE und WISNER (1976/1983), CANNON (1994), und CONPAS (1983), HOLLESTEIN (1997). Bei Erdbeben wird z. B. die physische Vulnerabilitätsanalyse nach den folgenden Schritten (vgl. KAPPOS *et al.*, 1991; PITILAKIS, 1995) durchgeführt:

- Abschätzung der Stärke und Häufigkeit der Naturereignisse
- Abschätzung der physischen Vulnerabilität, z. B. nach Baumaterial und Konstruktionsweise
- Analyse der gefährdeten Infrastruktur. Dafür wird ein Inventar der Infrastruktur in einem Naturgefahrengebiet erstellt.
- Abschätzung der möglichen finanziellen Einbußen im Falle einer Naturkatastrophe

Die Vulnerabilität wird entsprechend der folgenden Gleichung geschätzt:

$$V = E/W$$

Begriffserläuterung:

E = Expositionsgrad

W = Widerstandsfähigkeit

Wenn quantitative Methoden auf Grund des Mangels an verlässlichen Daten nicht angewendet werden können, bieten analytische Methoden eine gute Alternative (DOLCE 1995; KAPPOS, STYLIANIDIS & PITILAKIS 1998).

Der Expositionsgrad und die Widerstandsfähigkeit werden in Abhängigkeit von den Faktoren, die die Vulnerabilität beeinflussen, entsprechend der folgenden Gleichung abgeschätzt:

$$V = \prod_{j=1}^n (P_j) \cdot (Q_j)$$

Begriffserläuterung:

n = Anzahl der Parameter

P = Prozentsatz des Auftretens dieses Parameters

Q = Bewertung (1-3) der für die Vulnerabilität wichtigsten Parameter

Der nach dieser Gleichung ermittelte Wert gibt den Grad der Vulnerabilität wieder. Dieser kann nach UNDR0 1979 zwischen 1 und 3 liegen, wobei 1 der niedrigste und 3 der höchste Wert ist.

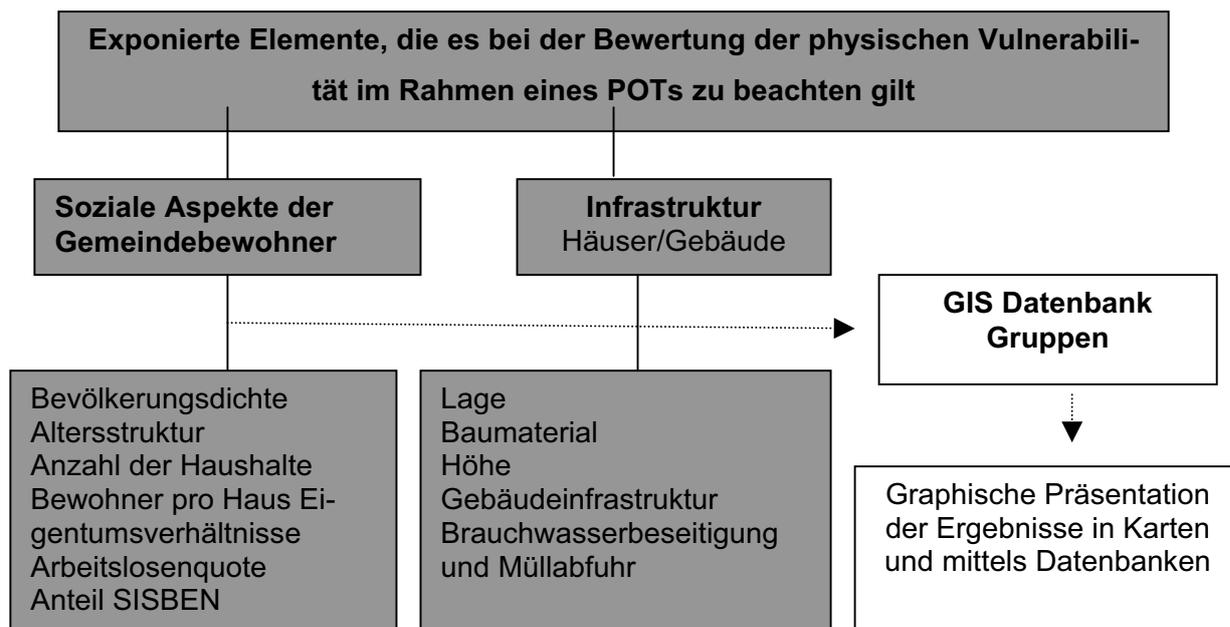


Abb. 3.4 Exponierte Elemente, die es bei der Bewertung der physischen Vulnerabilität im Rahmen eines POTs zu beachten gilt (s. Abb. 3.1. und 3.3). Eigene Darstellung.

### 3.2.7 Erfassung der exponierten Elemente

Da das Eintreffen eines Naturereignisses nur dann als eine Naturgefahr erachtet wird, wenn für Wertobjekte Gefahr besteht, wird bei der Naturgefahrenanalyse die für sämtliche Wertobjekte geltende Gefahrenstufe betrachtet. Das Einzugsgebiet einer Naturgefahr ist bereits bei der Naturgefahrenidentifikation und -abschätzung eingegrenzt worden. Die exponierten Elemente werden je nach Art ihrer Vulnerabilität klassifiziert. Die Faktoren, die die Vulnerabilität der exponierten Elemente beeinflussen können, werden einzeln erhoben und dann in Gruppen zusammengestellt und entsprechend bewertet.

Die in Gruppen zusammengefassten exponierten Elemente werden in eine GIS-Datenbank eingespeist und unter Berücksichtigung der in den folgenden Tabellen präsentierten Q-Werte abgeschätzt. Die erhaltenen Teilwerte fließen in die Berechnungsformel einer ganzheitlichen Naturrisikoanalyse ein. Wie aus der Tabelle 3.19 hervorgeht, lassen sich exponierte Elemente im Gelände selbst identifizieren bzw. anhand von Daten bestimmen.

### 3.2.7.1 Erfassung sozialer Aspekte

Raumordnungspläne und Stadtregister enthalten Informationen über soziale Aspekte, insbesondere jene, die die Bevölkerung aus der *cabecera* betreffen. Diese Informationen können zum Zwecke einer vorläufigen Abschätzung der physischen Vulnerabilität von Bewohnern und infrastrukturellen Bauten genutzt werden.

Die bei der Abschätzung der physischen Vulnerabilität durchzuführende Analyse von sozialen Aspekten ersetzt nicht die Bewertung der sozialen Vulnerabilität, welche in den Aufgabenbereich der Sozialwissenschaftler fällt. Bei der Abschätzung der physischen Vulnerabilität wird versucht, einige soziale Aspekte, die räumlich lokalisierbar sind, in die physische Vulnerabilitätsanalyse zu integrieren. Die sozialen Aspekte sollten v. a. bei der Formulierung von Vorbeugungsprogrammen berücksichtigt werden.

Tab. 3.19 Gruppierung der exponierten Elemente in einer GIS-unterstützten Naturrisikoanalyse-datenbank. Eigene Darstellung.

GRUPPENBEREICH	INHALTE DES GRUPPENBEREICHS	OBJEKTDESCHEIBUNG	PARAMETER	QUELLE DER ERHEBUNG
GEWÄSSER	WASSERFLÄCHEN BAUWERKE AN GEWÄSSERN	Fluss, Bach, Talsperre, Wehr, Schleuse		<b>POT</b>
VEGETATION	VEGETATIONSFLÄCHEN	Ackerland Weideland Gartenland Heide Moor Sumpf Wald, Forst Gehölz Büsche Brachland		<b>POT</b>

	INVENTAR DER BEKANNTEN SPEZIES		Speziesart Grad der Be- drohung	
FAUNA	INVENTAR DER BEKANNTEN SPEZIES			
SIEDLUNG				
	BEBAUTE FLÄCHEN	Ortslage Wohnbaufläche kommerziell und gewerb- lich genutzte Flächen Fläche gemischter Nutzung Mülldeponie Wasserwerk Bildungseinrichtungen Museum	- Anzahl der Gebäudebe- wohner - Gebäudewert - Gebäudezu- stand - Nutzung - Baukosten	<b>POT</b>
	SIEDLUNGSFREIE FLÄCHEN	Sportanlage Friedhof Grünanlage Campingplatz	- Gebäudewert - Gebäudezu- stand - Nutzung - Baukosten	<b>POT</b>
VERKEHR	STRAßENVERKEHR	Straße Weg Platz Fahrbahn	- Gebäudezu- stand - Nutzung - Baukosten - Relevanz	<b>POT</b>

### 3.2.7.2 Soziale Parameter, die die Vulnerabilitätsanalyse beeinflussen, und ihre Bewertung

In der Abb. 3.4 werden soziale Aspekte und physische Parameter dargestellt, die bei einer Vulnerabilitätsanalyse zu Massenbewegungen berücksichtigt wurden. Soziale Aspekte wie Bevölkerungsdichte, Alterstrukturen der Einwohner des Gebietes, Einkommen, das Bestehen eines "Komitees zur Katastrophenhilfe" u.a. erlauben es ein-

zuschätzen, ob die Einwohner der gefährdeten Gebiete die Folgen einer Katastrophe in kurzer Zeit überwinden können. Diese Informationen sind entscheidend für jede Art von Hilfsorganisation.

Bei der Vulnerabilitätsanalyse werden die verschiedenen Aspekte mit einem Q – Wert (von 1 bis 3) nach UNDRP angegeben. Hiermit werden die Aspekte einerseits identifiziert und andererseits eingeschätzt. Diese Einschätzung wird in den folgenden Tabellen dargestellt. (s. Tabellen 3.20a bis 3.26)

Die Angabe der berücksichtigten Aspekte und physischen Parameter wurden während der Feldforschung aus offiziellen Daten zum sozialen Umfeld und dem POT ermittelt.

Man erwartet vermehrt Schäden in dicht besiedelten Gebieten, die in gefährdeten Räumen liegen. Außerdem gelten die Altersgruppen von Kindern und alten Leuten in Fall einer Katastrophe als besonders gefährdet, deshalb wurden bei dieser Untersuchung die Bevölkerungsdichte und die Alterstruktur berücksichtigt. Die sozialen Indikatoren sind auf der Tabelle 3.20a mit der entsprechenden Q-Bewertung aufgeführt.

Ebenso werden auch die Anzahl der Familien pro Haus und der Familienmitglieder berücksichtigt (Tab. 3.20b). Andere wichtige Aspekte sind die Eigentumsverhältnisse, das Durchschnittseinkommen der Bevölkerung sowie die Arbeitslosenquote (s. Tab. 3.21 und Tab. 3.22). In den meisten kolumbianischen Städten und besonders in ländlichen Gemeinden haben die Einwohner weder eine Wohngebäudeversicherung noch sonst einen vorbeugenden Schutz vor Katastrophen. Außerdem ist ihr Einkommen sehr niedrig und die Arbeitslosenquote ist hoch. Die sozialen Indikatoren geben daher klare Hinweise auf die sozialen Folgen im Fall einer Katastrophe und den notwendigen Hilfeleistungen.

Lokale Bürgerinitiativen und Organisationen zur Katastrophenhilfe können die Schäden einer Katastrophe reduzieren und wurden deshalb in dieser Analyse berücksichtigt und mit einem Q-Wert eingeschätzt (s. Tab. 3.23).

Des Weiteren wurde einige Eigenschaften der Gebäude, die in gefährdeten Räumen liegen, in die Analyse mit einbezogen, z.B. der Nutzungszweck (s. Tab. 3.,24), die Grundversorgung (Tab. 3.25) oder das Alter der bewohnten Gebäude (Tab. 3.26). Auch diese Parameter wurden mit einem Q-Wert eingeschätzt.

Die folgenden Tabellen 3.20 bis 3.26 zeigen die Bewertung dieser wichtigsten Parameter, die bei der Erstellung einer Vulnerabilitätsanalyse im Rahmen eines POTs mit Fokus auf Massenbewegungen eine Rolle spielen.

Tabelle 3.20a Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Bevölkerungsdichte, Altersstruktur und Eigentumsverhältnisse. Eigene Darstellung und Bewertung.

(Q)	Bevölkerungsdichte	(Q)	Altersstruktur	(Q)	Eigentumsverhältnisse
1	> 150 Einwohner /km <sup>2</sup>	1	> 21 Jahre	1	Mieter
2	150 - 300 Einwohner /km <sup>2</sup>	2	< 15 Jahre	2	Eigentümer
3	< 300 Einwohner /km <sup>2</sup>	3	> 65 Jahre	3	unbezahlte Wohnungshüter

In der folgenden Tabelle 3.20b wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität entsprechend der Anzahl der Bewohner bzw. Familien pro Haus im Einzugsgebiet von Jericó dargestellt.

Tabelle 3.20b Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Bewohner bzw. Anzahl der Familien pro Haus. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

(Q)	Bewohner pro Haus (Personen)	(Q)	Anzahl der Haushalte
1	< 5	1	eine Familie
2	6 - 10	2	zwei Familien
3	> 10	3	mehr als zwei Familien

In der folgenden Tabelle 3.21 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung ihres jeweiligen monatlichen Einkommens dargestellt.

Tabelle 3.21 Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des monatlichen Einkommens. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Q</b>	<b>Einkommen</b>
1	über dem 2-fachen monatlichen Mindesteinkommen
2	zwischen 1 und 2 monatlichen Mindesteinkommen
3	unter dem monatlichen Mindesteinkommen

In der folgenden Tabelle 3.22 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung der in dieser Gemeinde registrierten Arbeitslosenquote dargestellt.

Tabelle 3.22 Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Arbeitslosenquote. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Q</b>	<b>Arbeitslosenquote</b>
1	0 – 15%
2	16 – 30%
3	> 30%

In der folgenden Tabelle 3.23 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung des Organisationsgrades der lokalen Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe dargestellt.

Tabelle 3.23 Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des Organisationsgrades der lokalen Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Bewertung (Q)</b>	<b>Bestehen eines "Komitees zur Katastrophenhilfe"</b>
1	Ja
2	Nein

<b>Bewertung (Q)</b>	<b>Organisationsstruktur</b>
1	Gut organisiert
2	unorganisiert

### 3.2.7.3 Physische Parameter, die die Vulnerabilitätsanalyse beeinflussen, und ihre Bewertung

In der folgenden Tabelle 3.24 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung der Nutzungszwecke der Gebäude, des bei ihrer Errichtung verwendeten Baumaterials und der Anzahl der gebauten Stockwerke dargestellt.

Tabelle 3.24 Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Nutzungszwecke der Gebäude, des verwendeten Baumaterials und der Anzahl der gebauten Stockwerke. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

Nutzungszweck des Gebäudes	Verwendetes Baumaterial	Anzahl der Stockwerke	(Q)
Gewerbliche Nutzung	festes Mauerwerk mit eingemauerten Eisenstäben in den Stützfeilern	eins	1
Wohnzwecke und gewerbliche Nutzung	Mauerwerk ohne Stützpfiler	zwei	2
Wohnzwecke und Verwaltung	Andere Materialien, z. B. Holz, Blech, Karton, Lehmziegel ( <i>adobe</i> ), Rohputz ( <i>bahareque</i> )	> zwei	3

In der folgenden Tabelle 3.25 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung des Anschlusses an das öffentliche Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetz dargestellt.

Tabelle 3.25 Grundversorgung der Gebäude. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

Anschluss an das öffentliche Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetz	(Q)
Mit Anschluss an das öffentliche Versorgungsnetz (Strom, Wasser, Abwasser, Müllabfuhr)	1
Mit Anschluss an das öffentliche Versorgungsnetz (Wasser, Abwasser, Müllabfuhr), jedoch ohne Stromversorgung	2
Mit Anschluss an das öffentliche Versorgungsnetz, (Strom, Wasser, Abwasser), jedoch ohne Müllabfuhr	3
Mit Anschluss an das öffentliche Stromversorgungsnetz, jedoch ohne Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Müllabfuhr	4
ohne Anschluss an das öffentliche Versorgungsnetz	5

Seit 1984 müssen in Kolumbien beim Bau von Wohnhäusern die geltenden Vorschriften zum erdbebensicheren Bauen, dem sogenannten “Código sismo resistente de construcción”, beachtet werden. Das bedeutet, dass sämtliche Gebäude, die zu Wohnzwecken errichtet werden, die vorgeschriebenen Stabilitätskriterien einhalten müssen. In der folgenden Tabelle 3.26 wird die Q-Bewertung der Vulnerabilität der Bevölkerung von Jericó unter Berücksichtigung des Alters der bewohnten Gebäude dargestellt.

Tabelle 3.26 Q-Bewertung der Vulnerabilität unter Berücksichtigung des Alters der bewohnten Gebäude. Eigene Darstellung und Bewertung des Faktors Q.

<b>Alter des Gebäudes</b>	<b>(Q)</b>
Errichtet vor bzw. nach 1984, jedoch ohne Rücksicht auf die geltenden Bauvorschriften	3
Errichtet nach 1984 unter Berücksichtigung der geltenden Bauvorschriften	1

### 3.2.8 Schätzung des Vulnerabilitätsgrades

Die Abschätzung des physischen Vulnerabilitätsgrades unter Berücksichtigung der vorgenannten sozialen und physischen Parameter lässt sich mit Hilfe von Gradangaben darstellen.

Die Vulnerabilität wird in Gradangaben dargestellt. Die von UNDR0 vorgeschlagene Skala reicht von 1 bis 3, wobei 1 der niedrigste und 3 der höchste Wert ist (s. Tabelle 3.27).

Tabelle 3.27 Schätzung des Vulnerabilitätsgrades. Eigene Zusammenstellung

<b>Abschätzung des Vulnerabilitätsgrades</b>	<b>Vulnerabilität unter Berücksichtigung einiger sozialer Aspekte</b>	<b>Vulnerabilität unter Berücksichtigung einiger sozialer Parameter</b>
1	niedrig	niedrig
2	mittel	mittel
3	hoch	hoch

### 3.3. Abschätzung des Naturrisikos in Raumeinheiten nach Umfang der zu erwartenden Einbußen

Die Bewertung des Naturrisikos erfolgt in zwei Etappen: Zuerst wird die Naturgefahr, und dann dann die Vulnerabilität abgeschätzt.

Die Abschätzung erfolgt nach der folgenden Gleichung (vgl. Kapitel 2):

$$R = \text{Vulnerabilität} \times \text{Naturgefahr}$$

Das Risiko (R) ist 0, wenn die Vulnerabilität 0 ist. Je kleiner einer dieser Faktoren ist, desto geringer die Gefahr. All diese Faktoren können durch Ergreifung entsprechender Maßnahmen klein gehalten werden.

Risiko kann auf zweierlei Ebenen klassifiziert werden:

- Bei der Errechnung des relativen Risikos (*relative risk, RR*) nimmt man auf Grund der zu betrachtenden Faktoren eine „qualitative“ Einschätzung eines Naturrisikos in Bezug auf eine spezifische Naturgefahr vor.
- Bei der Errechnung des wahrscheinlichen Risikos (*probabilistic risk, PR*) nimmt man eine qualitative und quantitative Einschätzung eines Naturrisikos vor. Es wird versucht, die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Natur-schadensereignisses in einem bestimmten Zeitraum zahlenmäßig auszudrücken (vgl. BOLT & HORN, 1975:293).

Bei der Erstellung von *POTs* wird das wahrscheinliche Risiko in Betracht genommen. BOLT & HORN (1975) analysieren die Kraft der Naturgefahr, um eine Bewertung des Risikos auf einer Skala von 1 bis 3 zu vorzunehmen. Die Kraft lässt sich mittels einer Analyse der früheren, im Zielgebiet registrierten Naturgefahren von großer Tragweite bestimmen. Als Kriterium dient die Häufigkeit der eingetretenen Naturereignisse und der Umfang der erlittenen Schäden. Der Naturrisikograd richtet sich nach dem errechneten Schadensumfang. In der vorliegenden Arbeit wurde das Risiko entsprechend der von BOLT & HORN vorgeschlagenen Skala geschätzt (s. Tabelle 3.28).

Tabelle 3.28 Verteilung des Naturrisikogrades und Gradzuordnung. Eigene Zusammenstellung und Gradzuordnung.

<b>Bewertung</b>	<b>Naturrisikograd</b>
1	niedrig
2	mittel
3	hoch
4	sehr hoch

In Hinsicht auf Vorbeugungsprogramme kann das Risiko als kontrollierbar bzw. nichtkontrollierbar bewertet werden. Wie das Risiko letztendlich bewertet wird, hängt meistens von den Kosten ab, die für entsprechende Programme zur Eindämmung bestehender Risiken aufgebracht werden müssen.

In den *POTs* werden Gebiete entsprechend der Kostenhöhe, die zur Durchführung passender Programme zur Eindämmung bestehender Risiken aufgebracht werden müssen, in die folgenden Naturrisikobereiche eingeordnet:

- Naturrisikobereiche mit „niedrigem bzw. akzeptablem Risiko“: In diesem Fall braucht man kein spezielles Managementprogramm.
- Naturrisikobereiche mit „mittlerem bzw. kontrollierbarem Risiko“: In diesem Fall braucht man ein spezielles und finanzierbares Management- und Überwachungsprogramm.
- Naturrisikobereiche mit „hohem bzw. unkontrollierbarem Risiko“: In diesem Fall braucht man Programme zur Eindämmung bestehender Risiken, welche jedoch äußerst kostspielig und deshalb innerhalb kurzer Zeit nicht durchführbar sind. Es wird empfohlen, solche Gebiete nicht zu besiedeln.

## **Teil II Erstellung einer empirischen Risikoanalyse für die Gemeinde Jericó**

### **4. Darstellung des Untersuchungsgebiets**

Die Naturrisikoanalyse für die Gemeinde Jericó wurde aufbauend auf den theoretischen und methodischen Überlegungen, die in den Kapiteln 1, 2 und 3 dargelegt wurden, durchgeführt. Dank seiner naturräumlichen Ausstattung eignet sich das Gebiet um Jericó herum besonders gut für die Anwendung der in den vorgenannten Kapiteln skizzierten Untersuchungsmethoden und für die Umsetzung der Raumordnungsplanung. Die Ermittlung der Ergebnisse erfolgte vor dem Hintergrund der im Untersuchungsgebiet herrschenden geologisch-naturräumlichen Bedingungen und unter Einbeziehung der sozioökonomischen Hintergründe dieser Gemeinde. Zur Erstellung der Naturrisikoanalyse wird hier auf die im Kapitel 3 vorgestellte Methodologie zurückgegriffen.

Für Zwecke der Kartierung wurde ausgehend von dem zur Verfügung stehenden Material und der daraus abgeleiteten thematischen Karten der zentrale Bereich der Gemeinde Jericó als Hauptuntersuchungsgebiet ausgewählt. Die Bebauung ist in diesem Bereich massiv, und die Bevölkerungsstruktur einfach. Diese Gegebenheiten ermöglichen es, die sozialen Komponenten aus dem Pilotgebiet in eine Naturrisikoanalyse zu übertragen. Da Erdbeben eine für das ausgewählte Pilotgebiet typische Naturgefahr darstellen, wird ihnen in dieser Arbeit besonderes viel Beachtung geschenkt.

#### **4.1. Generelle Beschreibung**

##### **4.1.1 Lage der Gemeinde**

Die Gemeinde Jericó liegt im Norden der kolumbianischen Westkordillere im *departamento* Antioquia. Sie befindet sich 122 km von Medellín entfernt, der Hauptstadt

des *departamento* Antioquia, und sie erstreckt sich über eine Fläche von 193 km<sup>2</sup>. Die geographischen Koordinaten des Ortskerns sind 5°47'48" N und 75° 47'06" W. Jericó gehört zur administrativen Unterregion „Cartama“. Das Untersuchungsgebiet ist durch eine Asphaltstraße, die so genannte „*Troncal del Café*“, mit Medellín verbunden. (vgl. Abb. 4.1)

Jericó wurde im Jahr 1850 von den so genannten „*colonos*“, also von Siedlern, die aus dem wichtigsten Kaffeeanbaugebiet Kolumbiens stammten, gegründet. Der Anlass für die Niederlassung der aus den *departamentos* Caldas und Risaralda ausgewanderten und in Richtung Norden ziehenden *cafeteros* in dieser Gegend war der zur damaligen Zeit allgemein herrschende Expansionsdrang der Kaffeebauer.

Das *municipio* Jericó liegt auf einer Höhe zwischen 600 Meter über dem Meeresspiegel, die am Talboden des Flusses Cauca gemessen werden (*tierra caliente*), und 2240 m.ü.d.M. am Gebirgspass „*Alto Las Nubes*“ (Untergrenze der *tierra fría*). Im Ortskern der Gemeinde (*cabecera* des *municipio*) herrscht eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 18°C, die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beläuft sich auf 2738 mm/Jahr. (vgl. POT JERICO, 2000)

#### 4.1.2 Geologie

Die Geologie dieser Region ist äußerst komplex; sie wurde bereits von GROBE (1926), ALVARADO (1939), RESTREPO, TOUSSAINT (1978) und CALLE & GONZALES (1980) in ihren einschlägigen Studien beschrieben und dokumentiert. (vgl. Abb. 4.2)

Die historische Entstehung der Geologie dieser Region begann mit der Andenhebung gegen Mitte des Tertiärs – also zu Anfang des Pliozäns –, und sie dauert bis heute an. Während der Kreidezeit gab es in der Region starke tektonische Aktivitäten, die durch die Erhebung der Zentral- und Westkordilleren (Bergketten) im Verlauf des Miozäns zur Entwicklung der *cuenca interandina* des Cauca – also des Andenlängstalteils – führten.

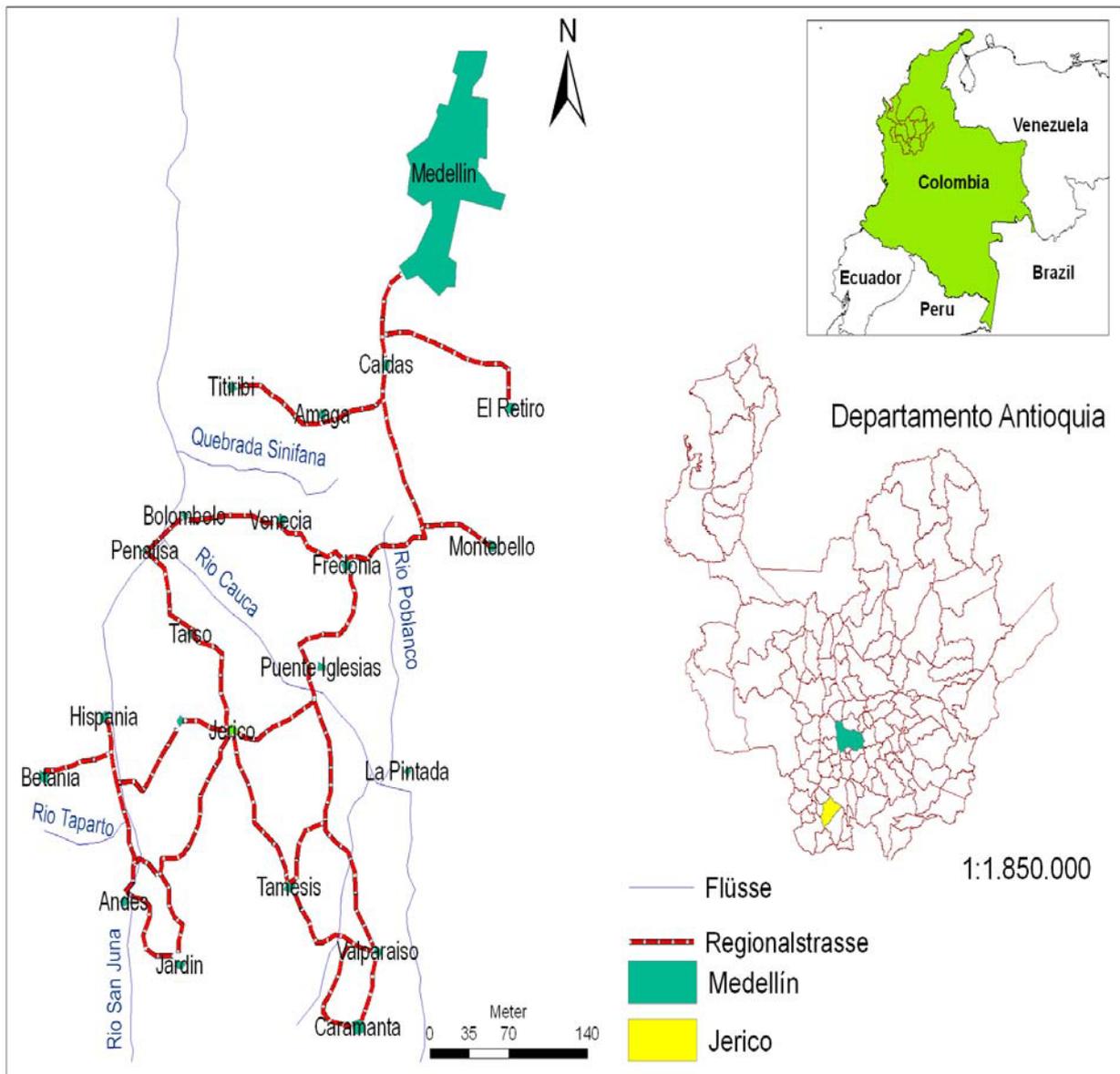


Abb. 4.1: Eine Übersichtskarte von Kolumbien und vom *departamento* Antioquia. Das *departamento* Antioquia samt seiner Gemeindegrenzen erscheint auf dieser Karte auf der rechten Seite. Der Abbildung auf der linken Seite entnimmt man die geographische Lage von Medellín und von Jericó als auch die der dazwischen liegenden *municipios*, Überlandstraßen und des in diesem Gebiet vorhandenen Flussnetzes. Eigene Zusammenstellung auf der Basis der Karte IGAC - Departamento de Antioquia (1996).

Während des Entstehungsprozesses des *cuena interandina* des Cauca lagerten sich hier Sedimente der *Formación Amagá* ab. Am Ende des Tertiärs gab es starke magmatische Aktivitäten, die die Ablagerung von Sedimenten der *Formación Combia* begünstigten und schließlich zur Entstehung von Ergussgesteinen führten, ein Prozess, der bis in die Anfänge des Quartärs andauerte. Die alluvialen und kolluvialen

Ablagerungen, die im Untersuchungsgebiet vorzufinden sind, stammen aus dem Quartär.

Differenziert nach dem Entstehungsalter, gliedert sich die lokale Geologie wie folgt:

- Aus dem Mesozoikum stammen:

- Magmatite aus Tiefengestein (*Tdsa*): Andesite (*diques y silos andesíticos*) und Plutonit (*Plutón de Amagá*), (vgl. GROßE, 1926; PERÉZ, 1967), dazu Fazies, die aus Ergussgesteinen oder Vulkaniten stammen und zur Formation *Quebrada Grande-Miembro volcánico* (vgl. BOTERO, 1963) bzw. *Formación Barroso* (vgl. ALVAREZ & GÓNZALEZ, 1978) gehören. Diese Formation setzt sich aus Spiliten, Basalten und anderen Eruptiva (Tuff, Breckzie u. a.) zusammen.
- Sedimente der *Formación Quebrada Grande-Miembro sedimentario (Kvc)*: Hierbei handelt es sich um Flysche (vgl. BOTERO, 1963), die sich aus karbonatischen Lutiten und Limoliten zusammensetzen. Zudem findet man hier Grauwacke und Arkose vor, an einigen Standorten gebankten, schwarzen Kalkstein. (vgl. GONZALEZ, 1976)

- Aus dem Känozoikum stammen:

- Sedimentgesteine aus dem Tertiär, die den folgenden Gruppen zugeordnet werden können:
  1. *Formación Amagá* (vgl. GONZALEZ, 1980), auch beschrieben als *Terciario Carbonífero de Antioquia* (vgl. GROßE, 1926) oder als *Formación Antioquia* (vgl. VAN DER HAMMEN, 1960). Diese Formation wird in drei Gruppen unterteilt: Die obere (*Tos*), die mittlere (*Tom*) und die untere Gruppe (*Toi*). Es handelt sich hier um Sandsteine, Konglomerate, Tonstein aus dem Paläogen und Neogen. Die aus dem Paläogen stammenden Schichten enthalten Braunkohle, die bis in die 1980er Jahre hinein im großen Mengen abgebaut wurde.
  2. *Formación Combia (Tmc)*: Die aus dem Oberen Miozän/Unteren Pliozän (VAN DER HAMMEN, 1960) stammenden Schichten sind fast horizontal angeordnet, sie weisen eine Neigung von 10° bis 15° in nordwestlicher

Richtung auf. (vgl. ALVARADO, 1939) Das Vorhandensein dieser Formation deutet auf den beginnenden Vulkanismus im Oberen Tertiär hin. Die *Formación Combia* besteht aus zwei Komplexen (vgl. CALLE & GONZALES, 1980):

- Aus einem magmatischen unteren Glied, bestehend aus Brekzien, Tuffen und Konglomeraten, Andesiten sowie sandigen Tuffen (*arenisca Tobacea*) als auch aus Basalten. Der „Cerro Las Nubes“ bei Jericó setzt sich aus Konglomeraten und Tuffen zusammen;
  - aus einem sedimentären oberen Glied, bestehend aus Asche, Konglomeraten mit gerundeten Basaltgeröllen, die auf ein feinsandig-toniges Gefüge hindeuten.
3. Ergussgesteine (Porphyrite), genannt *Rocas hipoabisales porfiríticas* (*Tadh, Tada, Tadm*). Diese bilden die letzten Spuren des Magmatismus, die aus dem Tertiär stammen und in der Region nach wie vor vorzufinden sind.
- Sedimentgesteine aus dem Quartär (quartäre Einheiten) wie Terrassen (*Qt*) als auch Oberflächeablagerungen, bestehend aus Alluvium (*Qar*) und Kolluvium (*Qfl*\_lockere Gesteine).

Jericó erstreckt sich über ein Gebiet, in dem man Sedimente der *Formación Combia* antrifft. Im Nordosten der Gemeinde findet man Magmatite und andesitische Intrusionen vor, im nördlichen Teil der Gemeinde liegen Sedimente der oberen Gruppe der *Formación Amagá*. Entlang der Ufer des Flusses Cauca entdeckt man alluviale Ablagerungen. (vgl. Abb. 4.2)

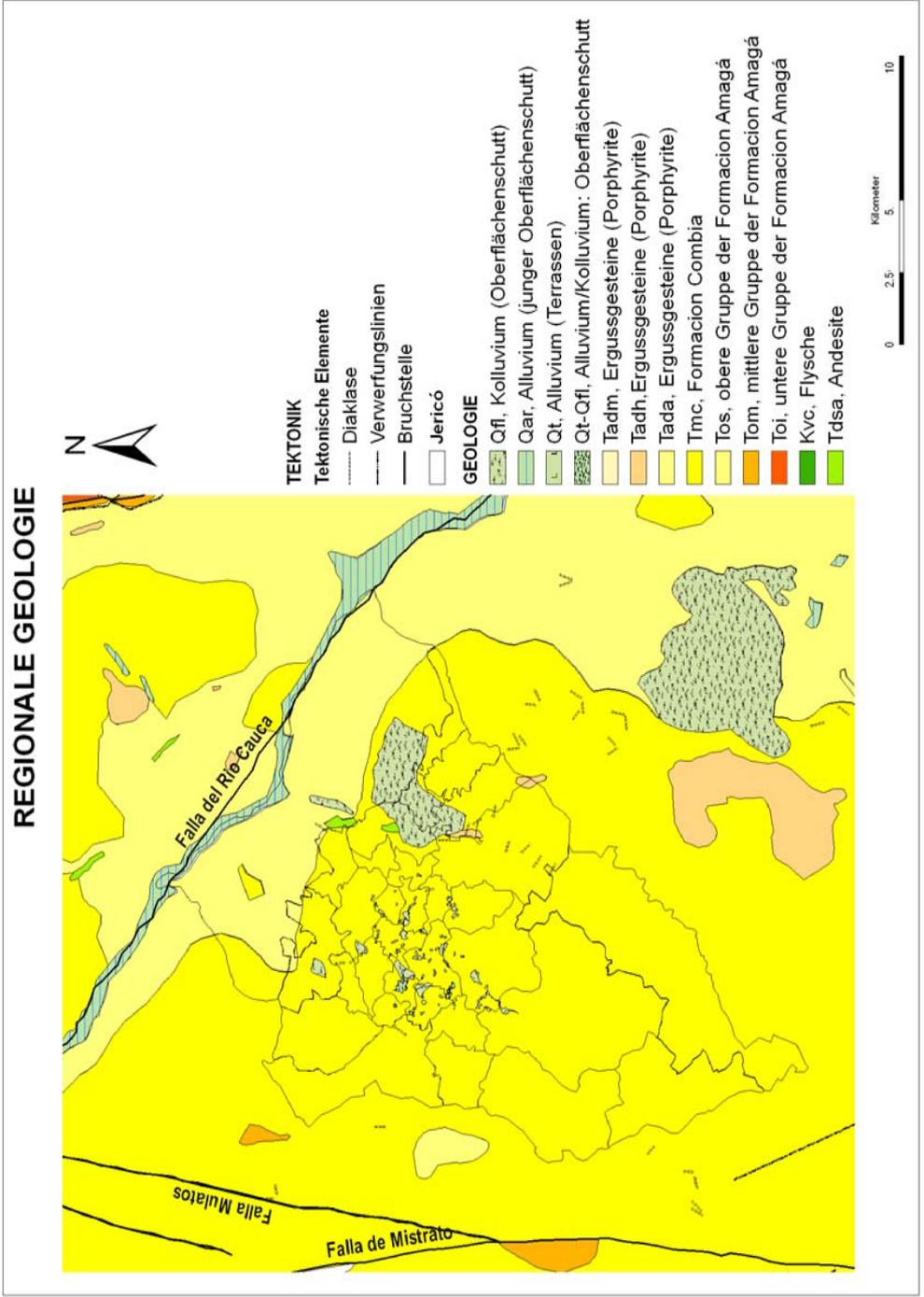


Abb. 4.2: Regionale Geologie im Südosten des *departamento* Antioquia. Jericó erstreckt sich über ein Gebiet, in dem Sedimente der *Formación Combia* vorherrschen. Im Nordosten der Gemeinde findet man Magmatite und andesitische Intrusionen, im nördlichen Teil dieser Region gibt es Sedimente der oberen Gruppe der *Formación Amagá*. Eigene Zusammenstellung. Quelle: IGAC, 1986: Geologia de la Plancha 166 Jericó-186 Riosucio.

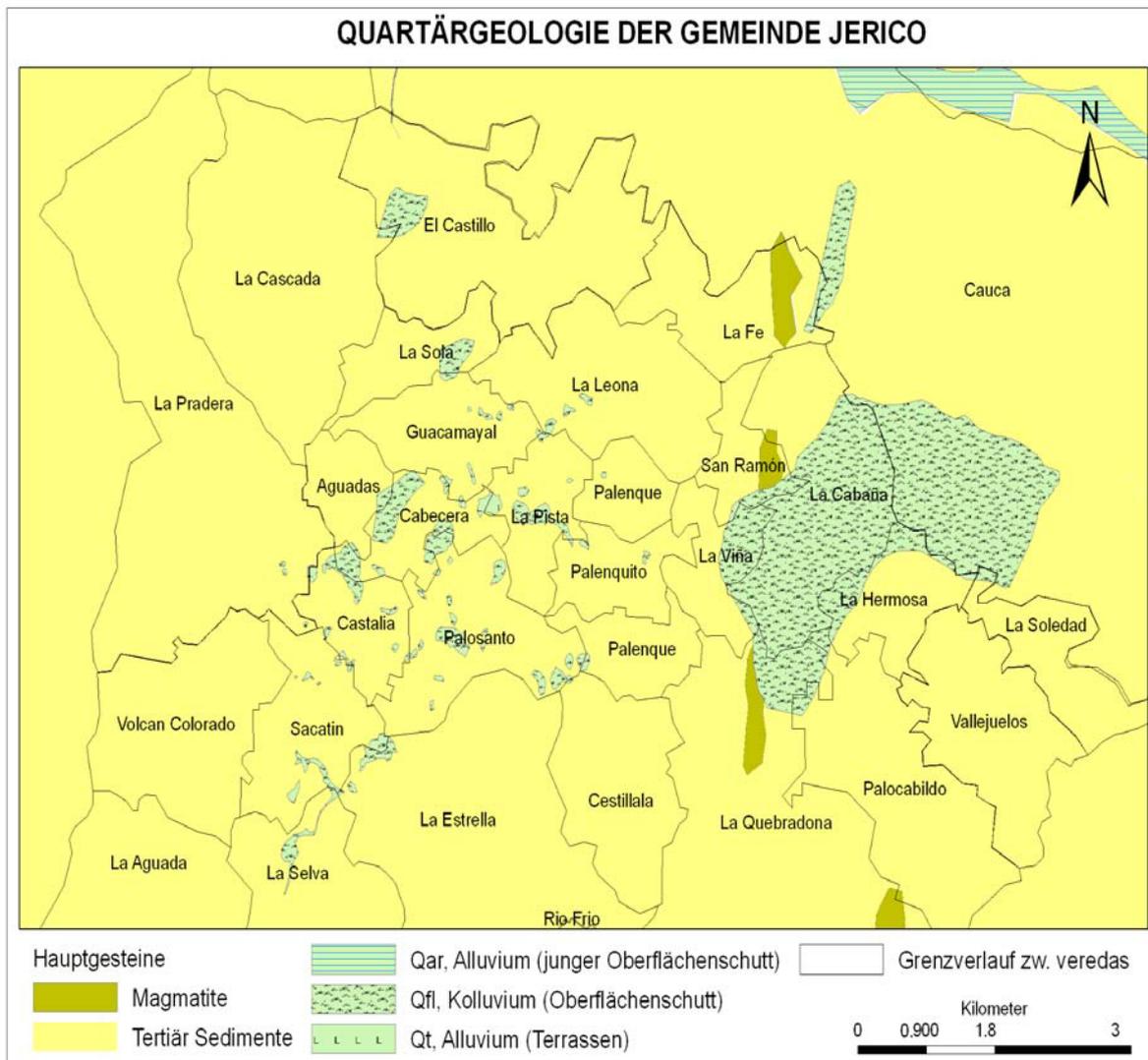


Abb. 4.3: Darstellung der Quartärgeologie in der Gemeinde Jericó. Eigene Zusammenstellung mit Informationen, die aus der Feldkartierung und aus den IGAC KARTEN 166 JERICÓ UND 186 RIOSUCIO stammen.

Die mächtigsten Quartärablagerungen liegen auf den Magmatiten (Basalte) der *Formación Combia*. (vgl. Abb. 4.3)

Die aktuellen Analysen der Geologie aus dieser Region dienen bei der Erstellung von Naturrisikoanalysen, die im Rahmen von „POTs“ angefertigt werden, als ein wichtiger Parameter für die Untersuchung von Massenbewegungen. Die folgende Abbildung 4.4 zeigt die Q-Bewertung gemäß der Tabelle 3.4 „Gestein und oberflächennaher Untergrund im Untersuchungsgebiet nach Gesteinsfestigkeit“, die in Kapitel 3 präsentiert worden ist. Die Quartärablagerungen im Untersuchungsgebiet weisen eine sehr geringe Gesteinsfestigkeit auf, was auf Hangrutschungen hindeutet. (vgl. Abb. 4.4)

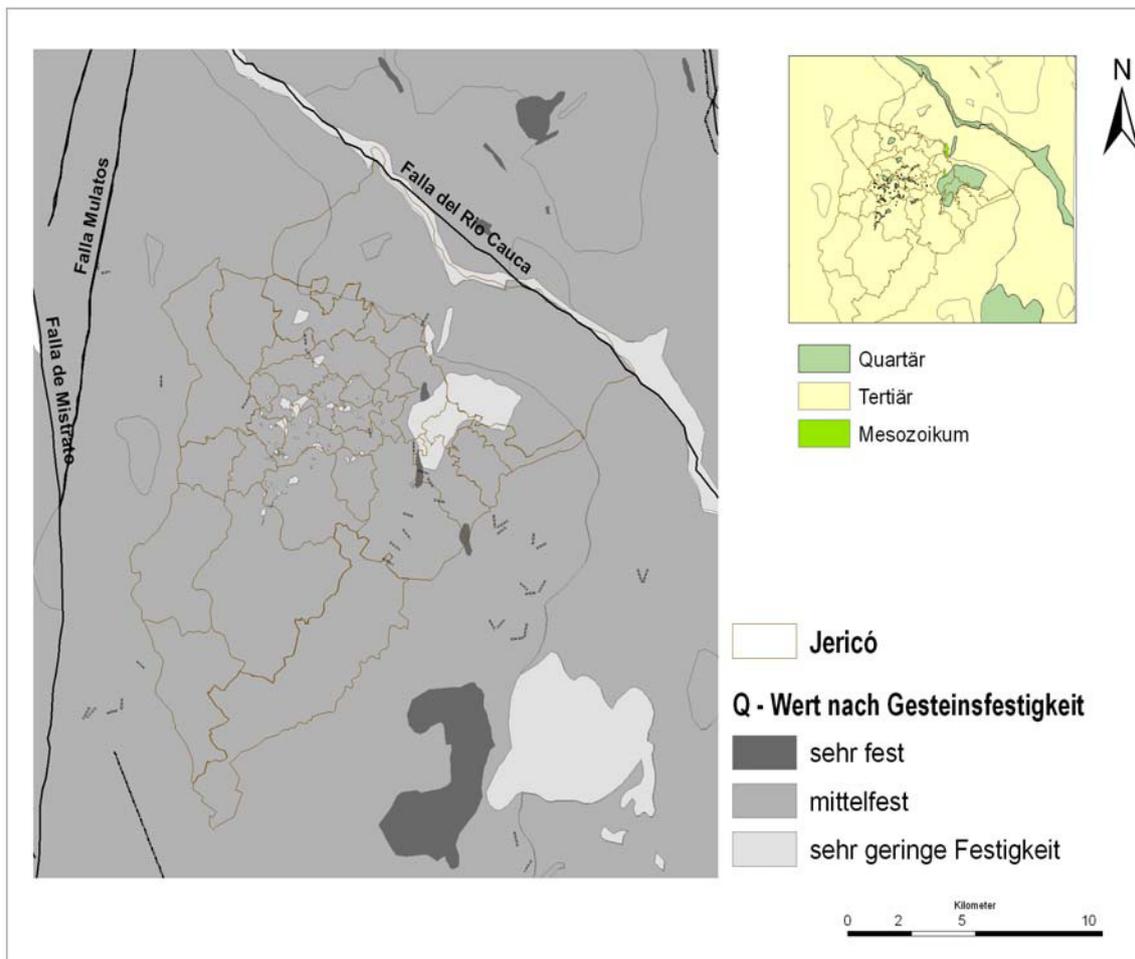


Abb. 4.4: Darstellung der Naturgefahrenbewertung in Bezug auf Hangrutschungen und entsprechend der Gesteinsfestigkeit, die in der regionalen Geologie vorgefunden wird. (s. Tab. 3.4) Eigene Zusammenstellung mit Informationen, die aus der Feldkartierung und aus den IGAC KARTEN 166-JERICO und 186-RIOSUCIO stammen.

Tektonisch gesehen kennzeichnet sich die Region durch eine Reihe von Verwerfungen, die in nordwestlicher/südöstlicher Richtung streichen. (vgl. Abb. 4.5b) Östlich des Flusses Cauca gibt es eine Bruchzone, die dem kolumbianischen Bruchsystem *Sistema de Falla Cauca-Romeral* (Cauca-Romeral Bruchsystem) zugeordnet werden kann. In diesem Gebiet gibt es westlich des *Río Cauca* Brüche und tektonische Linien mit nord-nordöstlichen Streichen, als auch in süd-nördlicher bzw. nord-nordwestlicher Richtung verlaufende Verwerfungslinien. Weitere Bruchsysteme, die man in dieser Region kennt, sind die *Falla Mistrato*, *Falla San Juan*, *Falla Piedecuesta*, *Falla de la Mansa* und eine beträchtliche tektonische Linie mit nordwestlicher Streichrichtung. Diese Bruchsysteme bestimmen den Lauf des *Río Cauca* und seiner Nebenflüsse. (vgl. Abb. 4.5b)

In Naturrisikoanalysen werden Gesteinstypen entsprechend des vorgefundenen, oberflächennahen Untergrunds und der Gesteinsfestigkeit unterschieden (s. Tab. 3.4). Dabei wird den unterschiedlichen Gesteinstypen ein entsprechender Q-Wert zugewiesen (vgl. Abb. 4.5a):

- Q = 1 (sehr fest) für Festgestein (magmatische Gesteine, z. B. Granit, Gabbro, Basalt, Quarzit, Marmor, Siltstein, Arkose, Kalkstein, Dolomit u. a.)
- Q = 3 (mittelfest) für Mittelfestgestein (z. B. Glimmerschiefer, Phyllit, Sandstein, Brekzie, Konglomerat, Tonstein)
- Q = 5 (geringe Gesteinsfestigkeit) für Lockergesteine (z. B. quartäre Deckschichten, Kolluvium u. ä.), für feuchten Schluff und feuchten Ton.

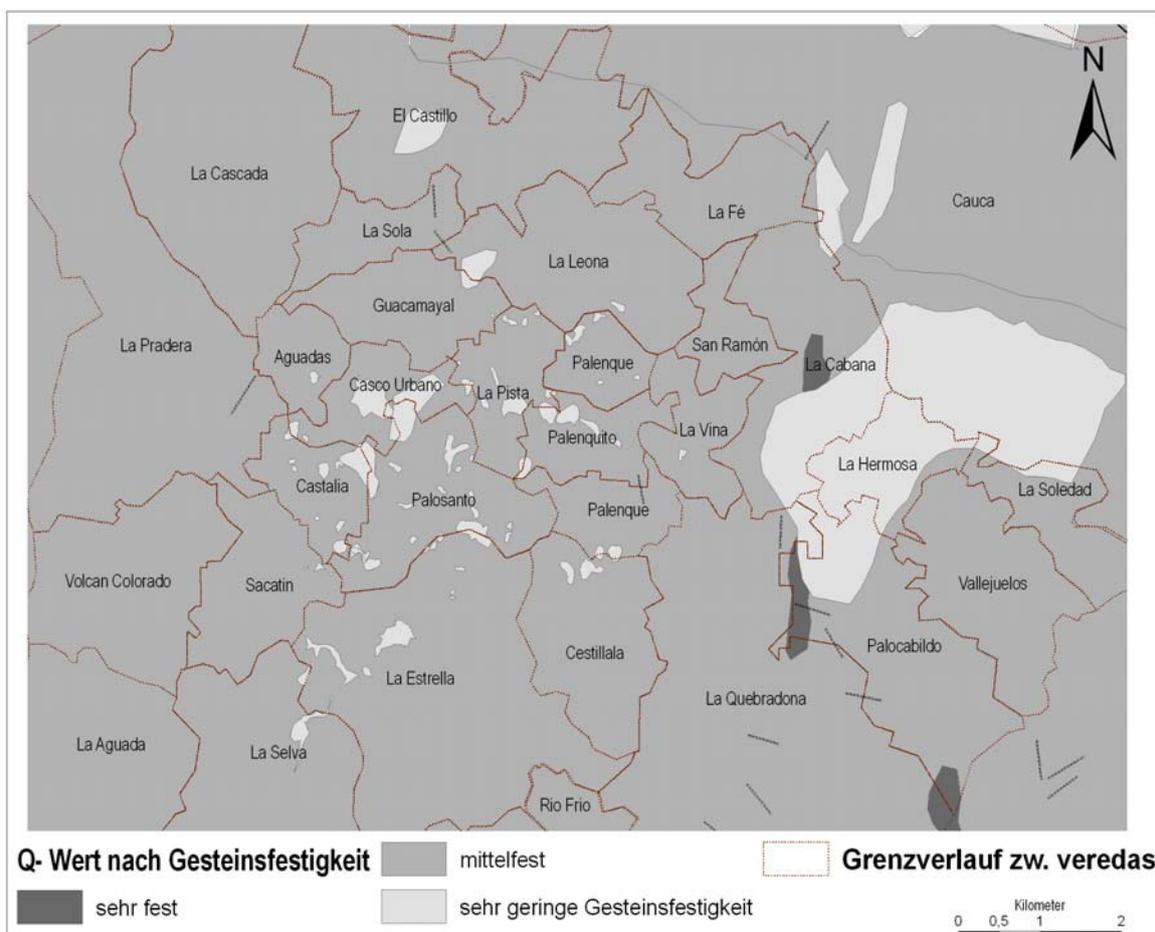


Abb. 4.5a: Darstellung der Naturgefahrenbewertung in Bezug auf Hangrutschungen und entsprechend der Gesteinsfestigkeit, die im zentralen Bereich der Gemeinde Jericó vorgefunden wird. Eigene Zusammenstellung mit Informationen, die aus Feldkartierungen und aus den IGAC KARTEN 166 JERICO UND 186 RIOSUCIO stammen.

Im Untersuchungsgebiet findet man magmatische Gesteine wie Basalt, *rocas hipobisales* (Festgestein), Sandstein, Brekzie (mittelfest), vulkanische Asche (weiche und

mit geringer Festigkeit) und Lockergestein (mit geringer Festigkeit) vor. Die Lockergesteine haben eine sehr geringe Festigkeit. Tertiäre Gesteine (z. B. diejenigen, die der *Formación Amagá* zugeordnet werden) und quartäre Lockergesteine sind porös und haben eine hohen Wasserspeicherkapazität. Dadurch, aber auch aufgrund des hohen Grades an Grundwasserakkumulation haben Erosionsprozesse, die in diesem Gebiet nach Niederschlägen einsetzen, besonders schwer wiegende Konsequenzen. (vgl. Abb. 4.5a)

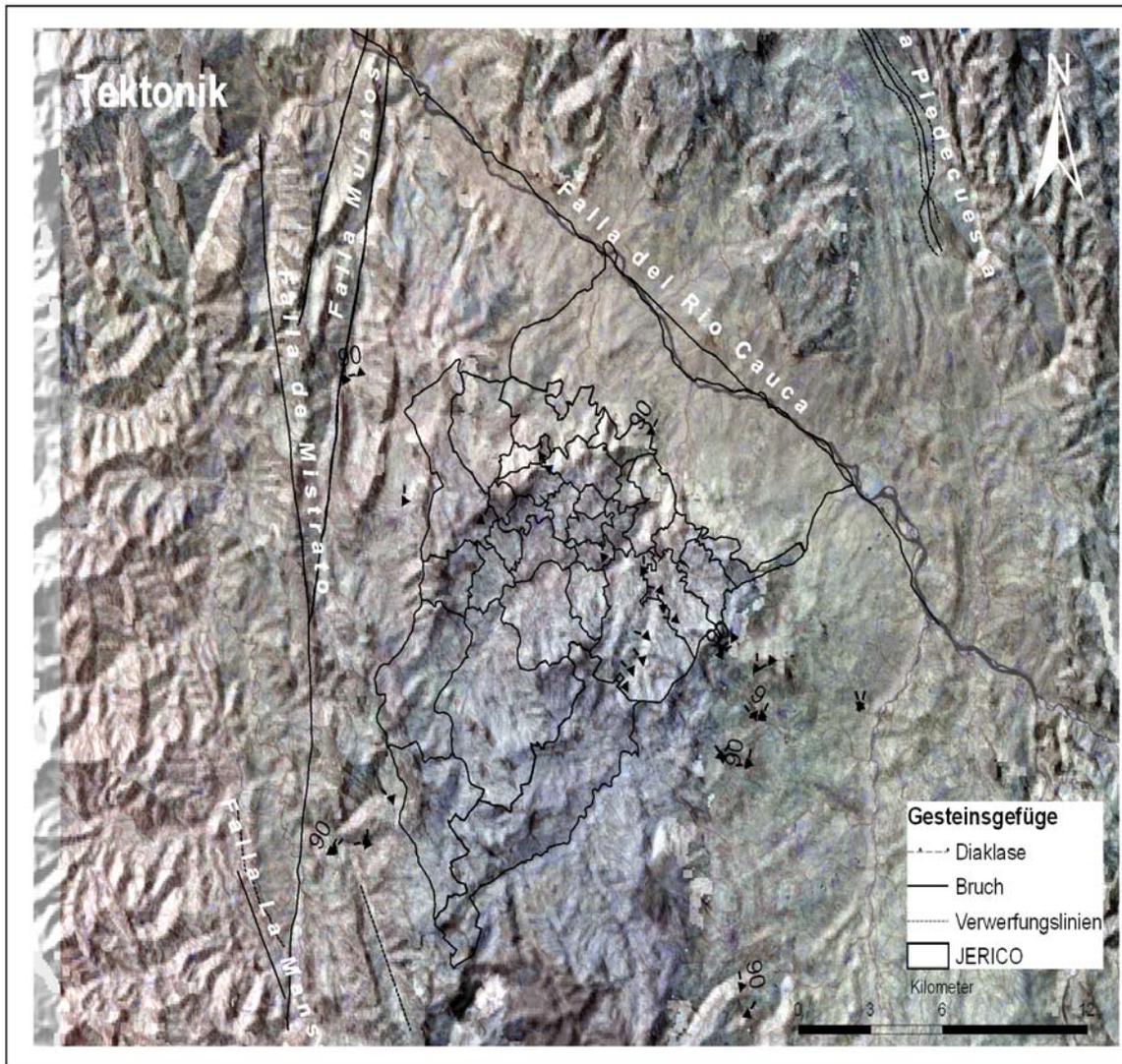


Abb. 4.5b: Tektonikkarte der Region. Quelle: Landsat TM 30m und Geología de la Plancha 166 JERICO-186 RIOSUCIO (IGAC,1986). Eigene Zusammenstellung.

In der Region sind zwei namhafte Bruchsysteme zu erkennen: Im Nordwesten das Bruchsystem *Falla Cauca-Romeral* und im Osten das Bruchsystem *Falla Río San Juan*. Zum Bruchsystem *Falla Cauca-Romeral* gehören asymmetrische Antiklinale und Synklinale, die entlang des Tals des *Río Cauca* auch die *departamentos* Antio-

quia, Caldas, Quindío und Risaralda durchziehen. Diese *departamentos* werden von Brüchen und von Intrusionsgesteinen, die aus dem Boden hervorragen, voneinander getrennt. (vgl. GROSSE, 1926; TOUSSAINT, 1978; CABALLERO & ZAPATA, 1984) Das Bruchsystem *Falla San Juan* verläuft in N-S-Richtung und gehört zum Bruchsystem *Falla Mistrato*.

#### 4.1.3 Morphologie

Die höchsten Erhebungen, die zum *municipio* Jericó gehören, liegen auf einer Höhe von 2000 bis 2400 m.ü.d.M. Zu den wichtigsten Gipfelpunkten im städtischen Teil Jericós gehören *Morro El Salvador* (2000 m.ü.d.M.), *Alto de la Cruz* (2200 m.ü.d.M.), *Cerro Las Nubes* (2400 m.ü.d.M.) und *Alto Rodulfa* (2000 m.ü.d.M.). Diese Erhöhungen markieren die Grenze des Ortskerns und stellen gleichzeitig ein natürliches Hindernis für evtl. vorhandene Pläne zum Ausbau des Ortszentrums dar. Zu den wichtigsten Bergrücken im ländlichen Teil der Gemeinde zählen u. a. *Alto la Raya* (2100 m.ü.d.M.), *Alto Manzanares* (2300 m.ü.d.M.), *Morro el Chagualo* (2400 m.ü.d.M.), *Cuchilla el Chagualo* (2400 m.ü.d.M.), *Cuchilla Careperro* (2200 m.ü.d.M.) und *Alto del Requentadero* (2200 m.ü.d.M.). In den als Photo 4.1a, Photo 4.1b, Photo 4.1.c und Abb. 4.6 bezeichneten Abbildungen werden einige dieser Erhebungen dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet sind die folgenden drei Reliefformtypen (Oberflächenformen) vorzufinden:

- Flachland, vorzufinden im nördlichen Teil der Gemeinde (*vereda Cauca*) entlang des Flusses Cauca. Geologisch gesehen setzt sich dieses Flachland aus Terrassen und Sedimenten der *Fomación Amagá* zusammen (vgl. Abb. 4.7);

Entlang des Flusses Cauca erstreckt sich vorwiegend Flachland mit einigen Höhenlagen, die von 600 bis 800 m.ü.d.M. reichen. Einzelne Hänge fallen mit einer Neigung von bis zu 15° zum *Río Cauca* ab. In diesen Lagen wird der Boden für Weidewirtschaft verwendet, oder das Land liegt brach..

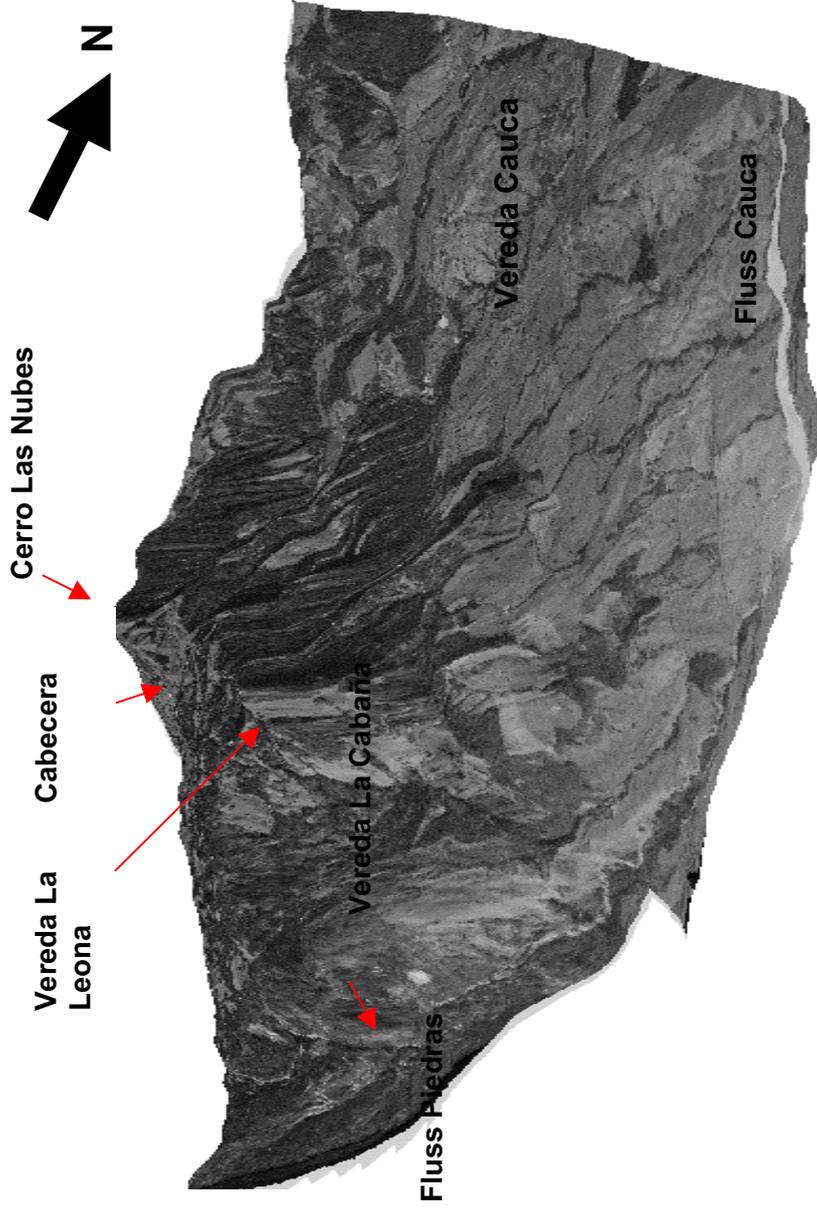


Abb. 4.6: 3-D Darstellung des nördlichen Teils der Gemeinde Jericó (Orthophoto und DGM aus Luftbilderstreife von 1960). Eigene Zusammenstellung.

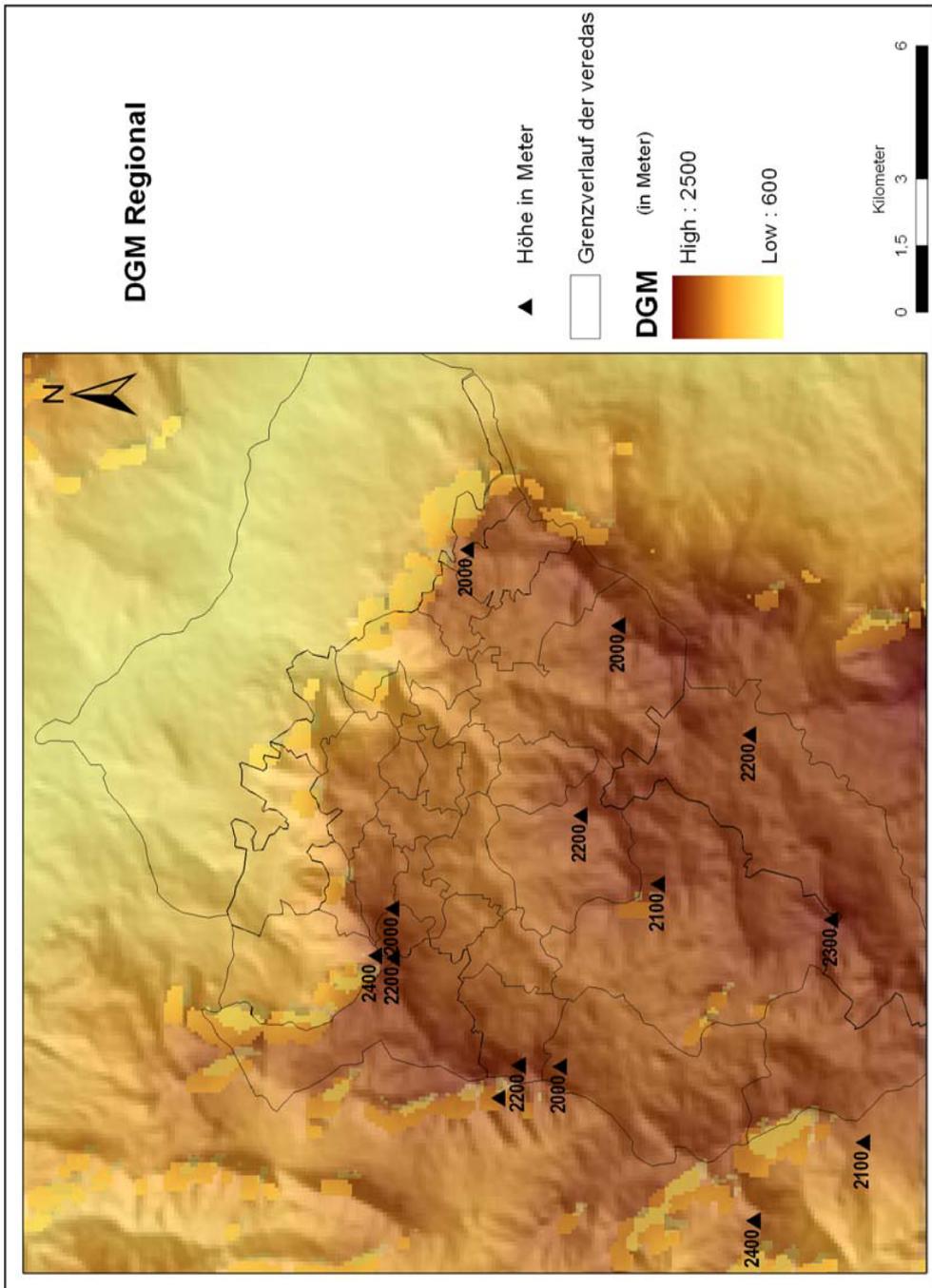


Abb. 4.7: Digitales Gelände Modell (DGM) des Untersuchungsgebiets. Darstellung der wichtigsten Erhebungen der Region. Eigene Zusammenstellung, erstellt anhand von photogrammetrischen Verfahren und unter Anwendung von LISA-PHOTO. Angefertigt auf der Basis von digitalisierten Karten und mit Hilfe von ArcGIS 9.0

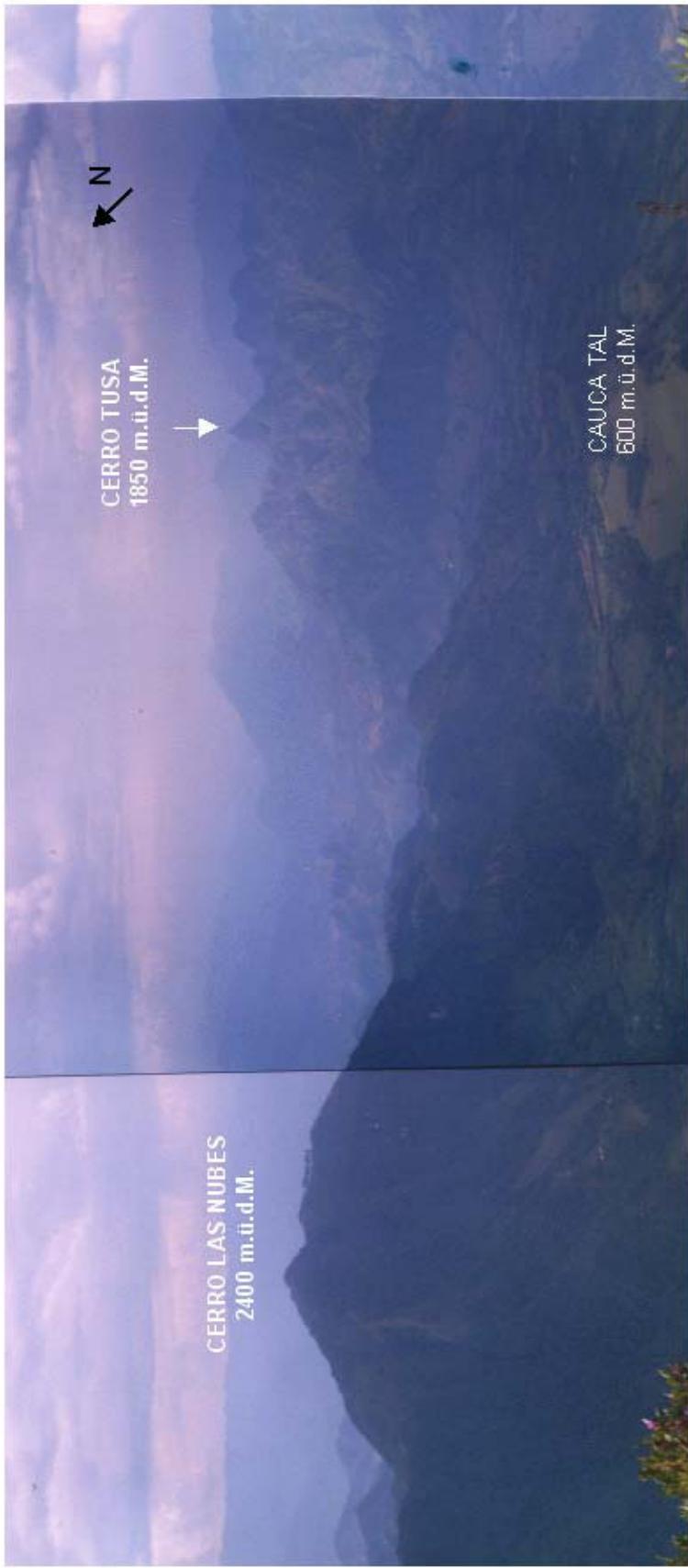


Photo 4.1a: Photomosaik des nordöstlichen Untersuchungsgebiets. Nordöstlich des *Río Cauca* findet man vorwiegend Hügellandschaft vor, die sich aus geologischer Sicht aus den Formationen Combia (z. B. *Cerro Tusa*) und Amagá zusammensetzt. Zur Formation Amagá gehören auch die Steinkohle führenden Schichten der so genannten *Región Carbonífera* von Antioquia. Südwestlich des *Río Cauca* ist die Landschaft eher flach. Das Flachland besteht ebenfalls aus Gesteinen der Formation Amagá und aus Flussterrassen, wohingegen im Bergland südlich des Untersuchungsgebiets vorwiegend Gesteine der Formation Combia vorzufinden sind. Aufn. M. Zuleta vom 07.2004.

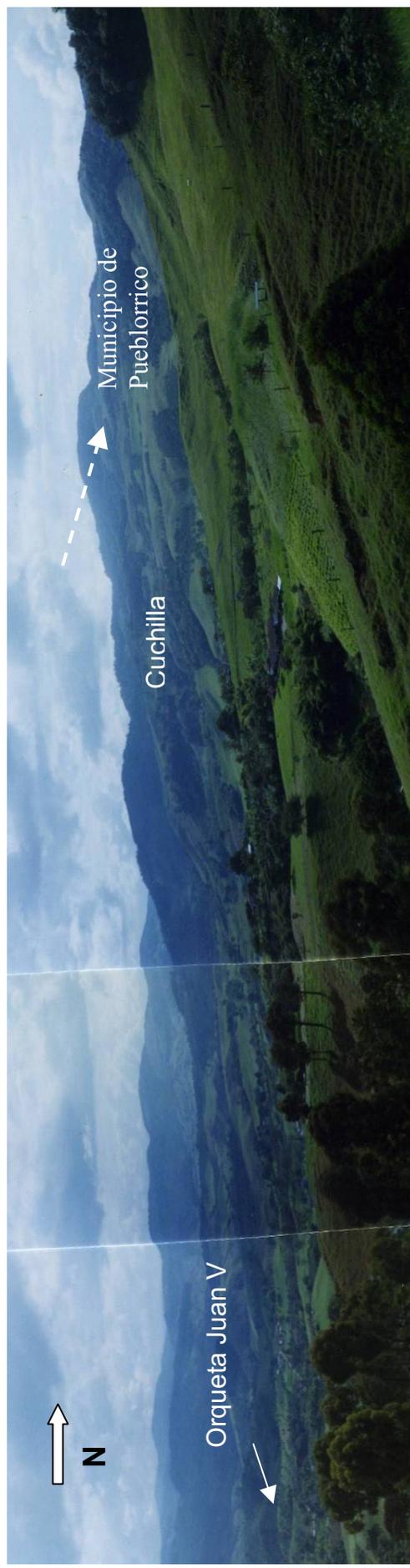
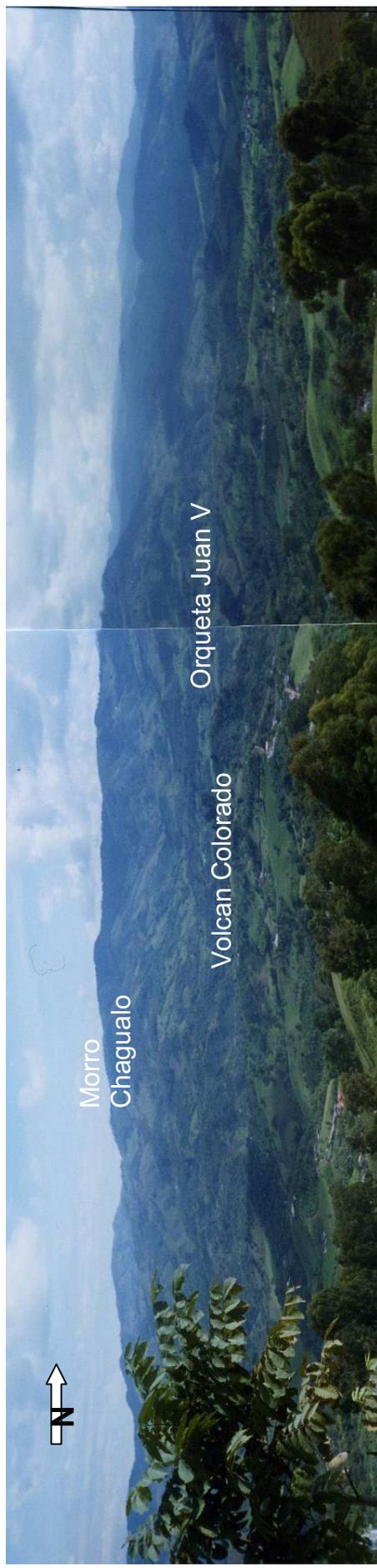


Photo 4.1b: Panoramablick auf das südwestliche Gebiet von Jericó. Der südwestliche Teil des Untersuchungsgebiets weist eine Hügellandschaft mit mittleren Hangneigungen vor. Hier wird der Boden für Weidewirtschaft verwendet bzw. das Land liegt brach, zum Teil wird aber auch Kaffee angebaut. Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets stellt die Bergkammlinie *Cuchilla Careperro* eine natürliche Grenze zwischen den Becken der Flüsse *Piedras* und *San Juan* dar, gleichzeitig bildet sie auch eine administrative Grenze zwischen den Gemeinden Jericó und Pueblorrico. Aufn. M. Zuleta vom 07.2004 in 2000 m.ü.d.M.



Photo 4.1 c: Photomosaik des südöstlichen Teils von Jericó.

Aufn. M. Zuleta vom 07.2004 in 2100 m.ü.d.M.

- Hügellandschaft (*colinas*), vorzufinden vorwiegend zwischen dem *Alto las Nubes*, dem Ortszentrum (*cabecera*) und dem östlichen Teil von Jericó. Die hier angetroffene Hügellandschaft enthält Sedimente der *Formación Combia* als auch kolluviale Quartärablagerungen. (vgl. Abb. 4.8)

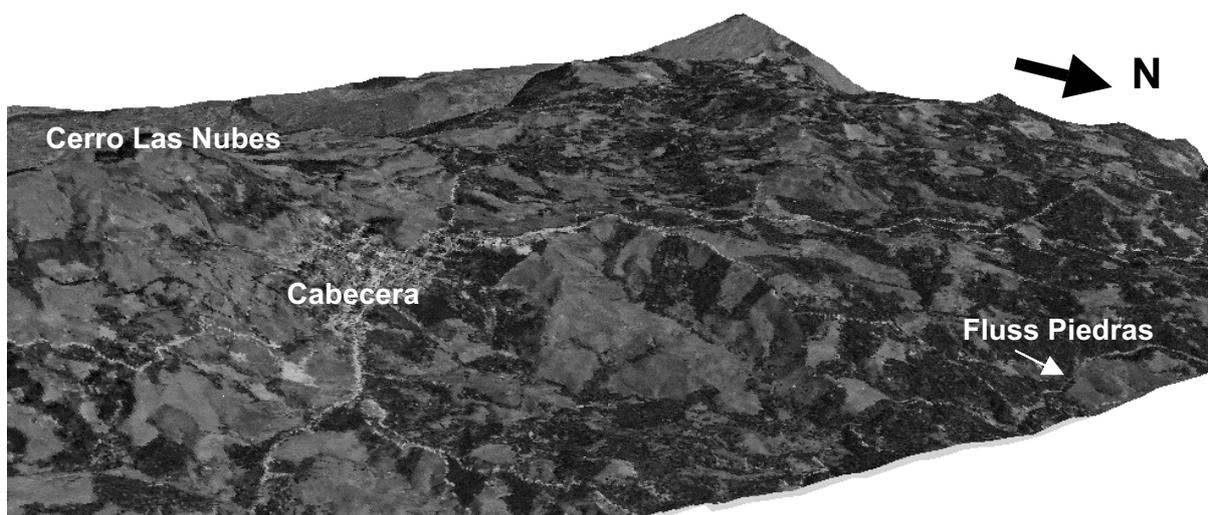


Abb. 4.8: 3-D Darstellung des zentralen Gebiets von Jericó. Die Topographie der Gemeinde ist vorwiegend hügelig, an den Hügeln wird hauptsächlich Kaffee angebaut. Eigene Zusammenstellung (Orthophoto und DGM der Luftbildstreifen aus dem Jahr 1960).

- Bergland mit steilen Hängen (vgl. Abb. 4.7), welches eine natürliche Grenze zwischen den Becken der Flüsse *Piedras* (im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets), *Cartama* (im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets) und *San Juan* (im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets) bildet. Das Bergland besteht größtenteils aus Magmatiten der *Formación Combia* und aus Intrusiva. Hier befinden sich die flächenmäßig größten Naturschutzgebiete von Jericó, in denen noch eine Anzahl kleinerer Primärwälder vorhanden ist.

Die im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Hangneigungen wurden vermessen und entsprechend klassifiziert. Die Hangneigungsklassifizierung wurde mit Hilfe eines DGMs unter Verwendung der Pixelgröße von 5,5 Metern errechnet. (vgl. Abb. 4.9a) In der folgenden Abbildung (vgl. Abb. 4.9b) wurde das DGM des linken Bildes aus digitalisierten Höhenlinien (Äquidistanz 50 m) des Kartenblattes 166 (Plancha 166 Maßstab 1:25 000) abgeleitet. Letzteres Verfahren wird in Kolumbien für die Erzeugung der Hangneigungskarten standardmäßig verwendet, insbesondere wenn es um die Erstellung von „POTs“ geht.

Die Hangneigungsklassifizierung des DGMs aus der rechten Karte wurde unter Anwendung eines photogrammetrischen Verfahrens angefertigt. Als Grundlage dienten Luftaufnahmen aus dem Jahr 1976 in einem Maßstab von 1:50 000. Es ist aus dieser Abbildung deutlich zu ersehen, dass das durch photogrammetrische Verfahren erzeugte DGM relativ gute Ergebnisse liefert.

Im westlichen und im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets befinden sich diejenigen Sektoren, denen in Bezug auf Naturgefahren ein höherer Q-Wert zugewiesen worden sind. Dort befinden sich die *veredas* La Aguada (nördlich des Untersuchungsgebiets), Volcán Colorado, La Pradera (im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets), Guacamayal, La Leona und El Castillo (im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets).

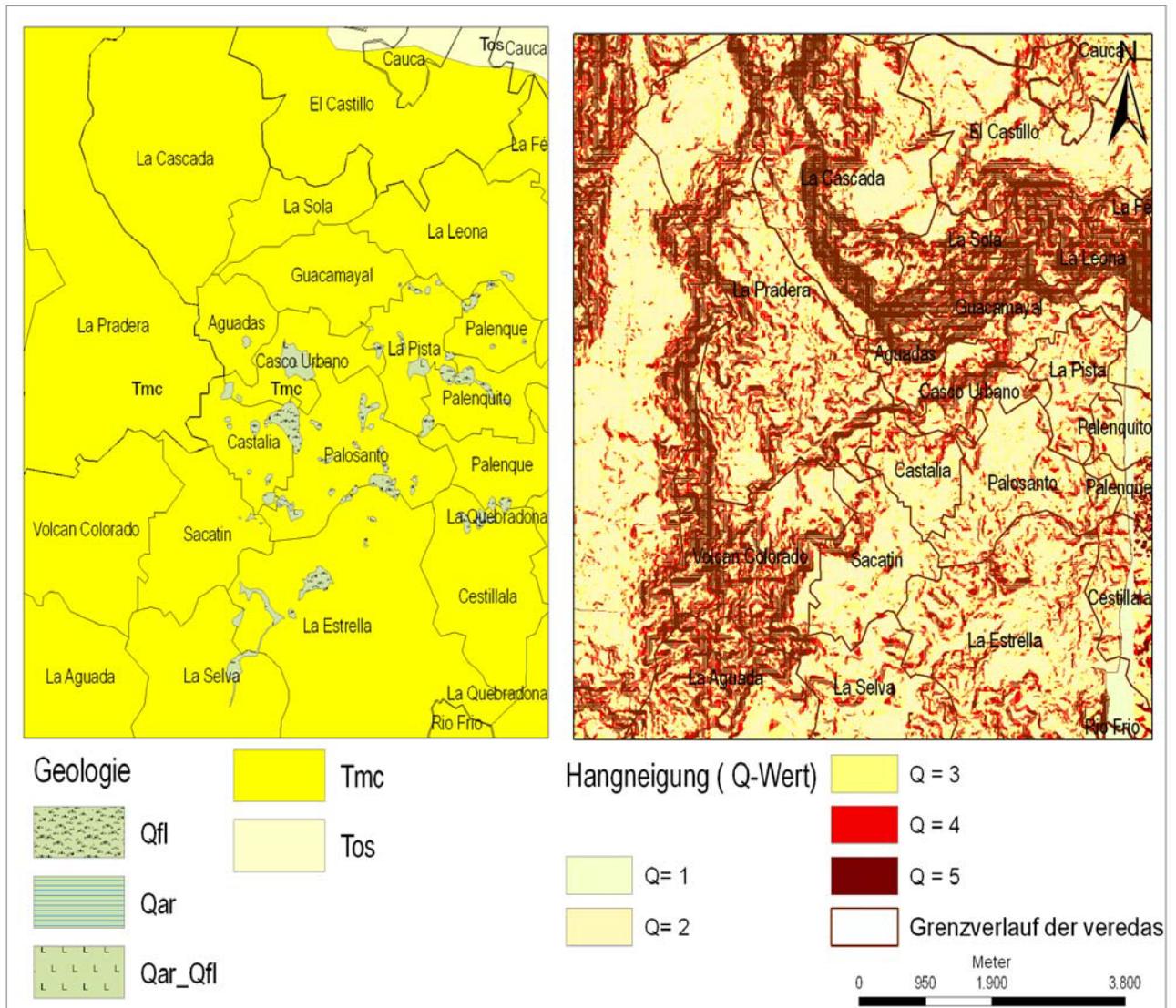


Abb. 4.9a: Darstellung der Hangneigungsklassen im westlichen und im zentralen Teil des Untersuchungsgebiets samt der jeweils zugehörigen Q-Werte. In der rechten Abbildung werden die Hangneigungsklassen gemäß der Tab. 3.8 und Tab. 3.9 mit den jeweils zugehörigen Q-Werten dargestellt. Die linke Abbildung veranschaulicht die Geologie dieses Gebiets, das aus Sedimentgesteinen der *Formación Combia* (Tmc) und aus Quartärablagerungen (Qfl, Qar) besteht. Eigene Zusammenstellung

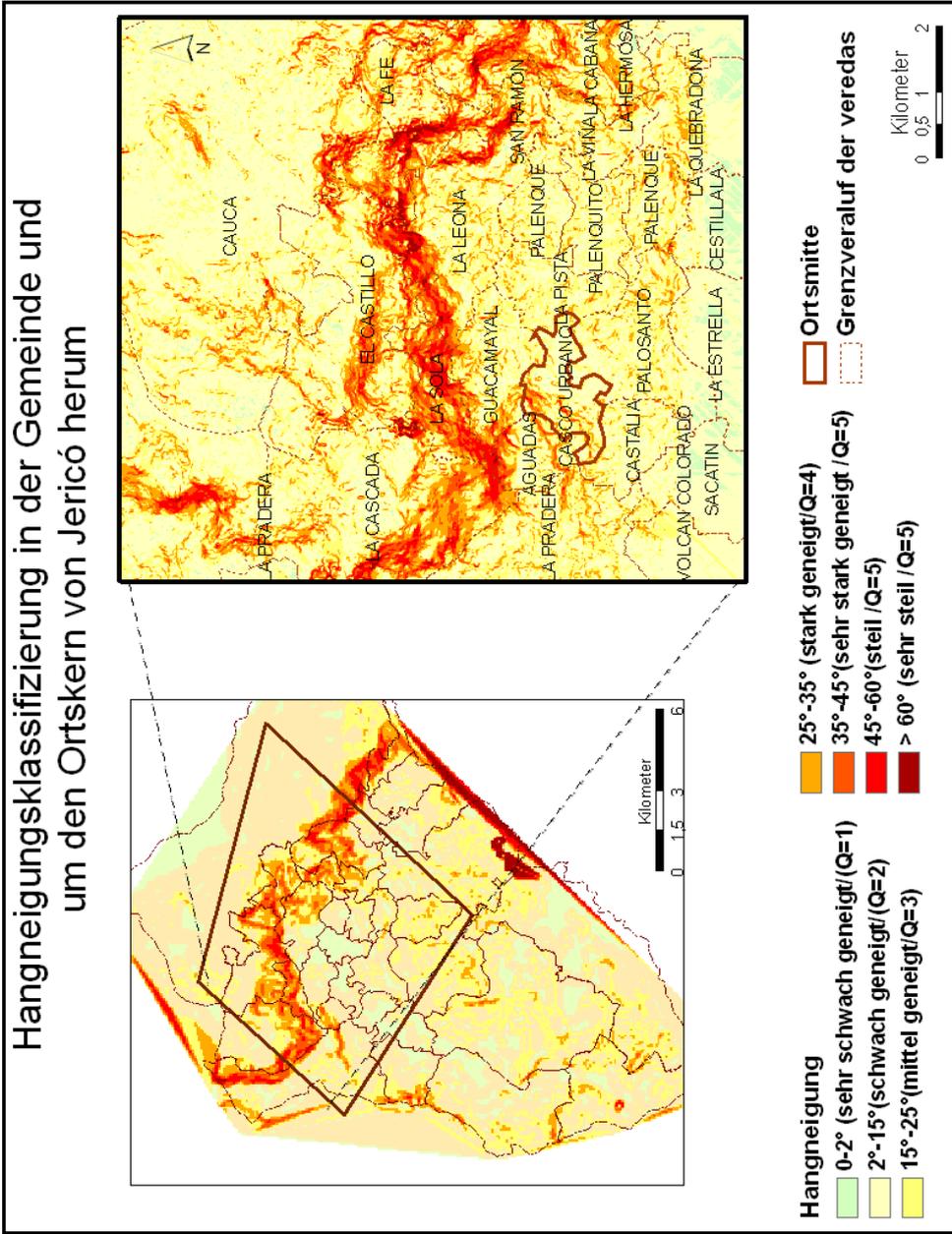


Abb. 4.9b: Hangneigungskarte. Auf der linken Seite sieht man die Hangneigungen, abgeleitet aus der Topographischen Karte (ursprünglicher Maßstab 1:50 000). Auf der rechten Seite ist die Hangneigungsklassifizierung abgebildet, hergeleitet mit Hilfe eines photogrammetrischen Verfahrens. Hangneigungsgraduordnung gemäß Tabelle 3.4. Eigene Zusammenstellung.

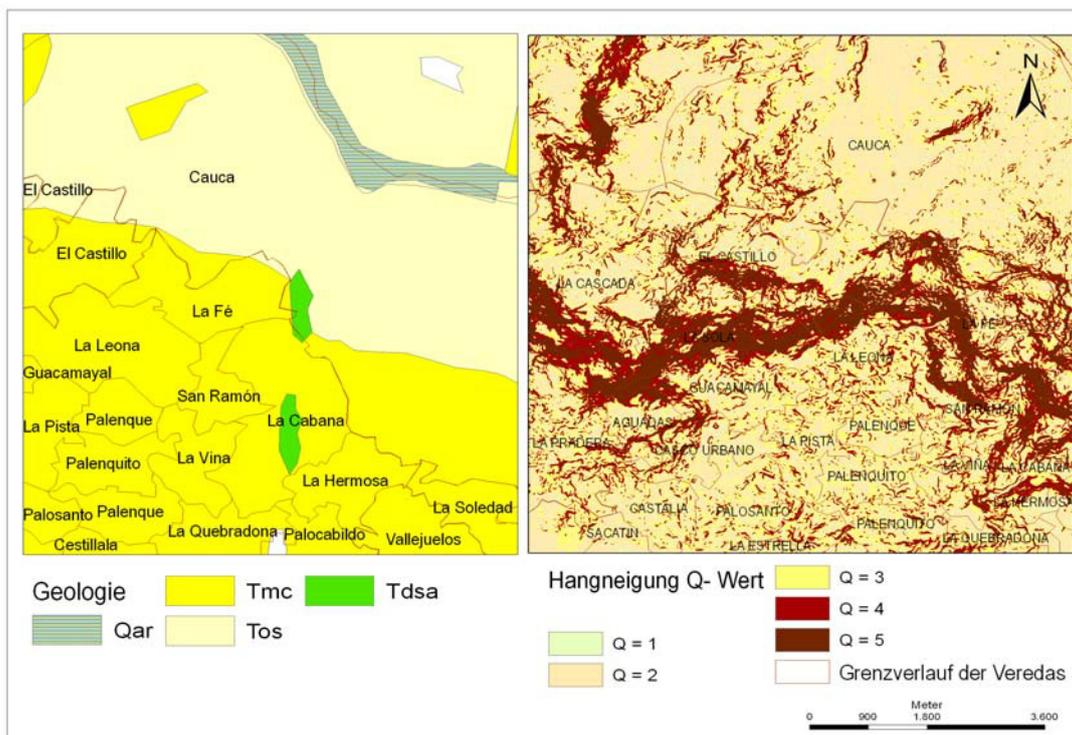


Abb. 4.9c: Darstellung der Geologie (links) und Hangneigungskarte (rechts) im nordöstlichen Teil der Gemeinde, differenziert nach Q-Werten. Auf der rechten Seite werden die Hangneigungsklassen im Nordosten von Jericó entsprechend der Q-Wert-Skala aus Tab. 3.9 dargestellt. Eigene Zusammenstellung.

Legende: Sedimentgesteine der Formación Combia (Tmc), Ergussgesteine (Porphyrite) und rocas hipoabisaes porfiríticas (Tdsa), Alluviale Quatärablagerungen (Qar).

Im Norden des Untersuchungsgebiets gibt es weitere Sektoren, denen aufgrund der dort vorgefundenen steilen Hänge in Bezug auf Naturgefahren ein hoher Q-Wert zugewiesen worden sind. Dort befinden sich die *veredas* La Fe, San Ramón, La Cabaña und La Hermosa. Auf der linken Seite wird die Geologie des nordöstlichen Untersuchungsgebiets dargestellt. Dort findet man vorwiegend Sedimentgesteine der *Formación Combia* (Tmc) mit inselhaften Flecken der Quartärablagerung und Ergussgesteine (Porphyrite) vor, die als *rocas hipoabisaes porfiríticas* (Tdsa) bezeichnet werden.

Das Untersuchungsgebiet (Jericó) liegt im Tal des Flusses Piedras. Die meisten besiedelten Landstriche in diesem Gebiet liegen an Berghängen, die dieses Tal umgeben.

Die Exposition der Hänge nördlich des Untersuchungsgebiets, also am Rande der Terrassen des Flusses Cauca, geht in Richtung Nordost, die Hangneigung beträgt dort bis zu 10° und ist damit relativ gering.

Im Osten der Gemeinde (*veredas Río Frío, Quebradona, Vallejuelos* und *La Soledad*) verlaufen die Bergkämme in nordöstlicher Richtung. Im Westen erhebt sich ein in nordöstlicher Richtung verlaufender, das Becken eingrenzender Gebirgszug (vgl. Abb. 4.9a und Abb. 4.9d).

Aus den eben formulierten Beobachtungen lässt sich schlussfolgern, dass sich der größte Teil des Untersuchungsgebiets auf Berghängen mittlerer Neigung befindet (in der Regel unter 35°). Dort liegen die am dichtesten besiedelten Gebiete. Am Rande des Ortszentrums und in der Nähe der Berge *Cerro las Nubes, Cerro el Salvador* als auch im Norden von Jericó – in den *veredas La Leona* und *Las Cabañas* (vgl. Abb. 4.9c) – gibt es Sektoren mit starken bis sehr starken Neigungen.

Auch die geomorphologischen Prozesse wurden im Untersuchungsgebiet näher analysiert. Im Allgemeinen wird die Landschaft von der Geologie, Morphologie, der Bodenbeschaffenheit, dem Klima, dem Gewässernetz und der Vegetation determiniert. Im Untersuchungsgebiet wirken sich neben diesen Faktoren vielerorts auch die menschlichen Aktivitäten auf den Ablauf der geomorphologischen Prozesse negativ aus, was insbesondere auf den Verlust der natürlichen Vegetationsdecke, die von Landwirten und Viehzüchtern übermäßig beansprucht wird, zurückzuführen ist.

Bei der Kartierung der im Untersuchungsgebiet analysierten geomorphologischen Prozesse (z. B. Rutschungsspuren) ging man teilweise von den Ergebnissen der Studien aus, die in der Gemeinde zu einem früheren Zeitpunkt realisiert wurden, bezog dabei auch die vor Ort aktuell beobachteten geomorphologischen Prozesse mit ein. Diese wurden je nach Art und Jahr, in dem sie beobachtet wurden, graphisch entsprechend dargestellt (vgl. Abb. 4.10a). Es sind die folgenden geomorphologischen Prozesse konstatiert worden:

- Hangrutschungen (Massenbewegungen): Diese Prozesse stellen im Hügel- und Bergland das größte Risiko dar (vgl. Photo. 4.2). So sind z. B. Felsstürze am Mittelhang des *Cerro las Nubes* im Norden der Gemeinde Jericó und

diejenigen, die entlang der Asphaltstraßen registriert werden, welche Jericó mit Puente Iglesias einerseits, und mit La Cascada und weiter mit Medellín andererseits verbinden, keine Seltenheit. Sie treten vorwiegend in Sektoren mit steilen Hängen auf ( $> 35^\circ$ ) (vgl. Photo. 4.7).

- Rinnenspülungen am Mittelhang. Diese Prozesse, die immer mit Massenbewegungen einhergehen, werden von der Hangneigung, vom Niederschlag und vom Gesteinstyp bedingt.
- Sackungen: Plötzliches Zusammendrücken eines belasteten, wasserungesättigten Materials im oberflächennahen Untergrund (vgl. LESER, 1997:723). Diese Prozesse treten im Untersuchungsgebiet am Mittelhang auf, und zwar in Sektoren mit Hängen mittlerer und starker Neigung, die mit Grundwasser verstärkt in Kontakt kommen. Im Untersuchungsgebiet können Sackungen an Orten, an denen es Vernässungsstellen und Wasserquellen am Ober- und Mittelhang gibt, entstehen. Sie treten zusammen mit Massenbewegungen auf und entstehen insbesondere in Sektoren mit kolluvialen Ablagerungen, z. B. innerhalb des Ortskerns im Gemeindeviertel *El Liceo*, sowie in Sektoren mit Sedimentgesteinen der *Formación Amagá* (vgl. GONZALES, 1980) insbesondere an Hängen mit Sandsteinschichten, die auf Tonschichten liegen und eine mittlere Neigung aufweisen (vgl. Photo. 4.3).
- Stufenrückverlegungen: Fluviale Flächenabtragungen von Fußhängen entlang der Flüsse. Im Untersuchungsgebiet werden solche Prozesse am Rande des Flusses *Piedras* in Sektoren mit mittleren bis starken Hangneigungen beobachtet, z. B. in der Gegend um *Los Patios* herum (im südlichen Teil der *cabecera* von Jericó), in der *vereda Palenque* innerhalb der *Hacienda El Bosque* und am Rand der Ausfallstraße, die von *La Viña* nach *La Cabaña* führt. Solche Prozesse gehen mit Absenkungen des Terrains einher und münden immer in Massenbewegungen (vgl. Photo 4.4).
- Bodenkriechen und Viehtrittbildungen: Diese Prozesse werden fast im gesamten Untersuchungsgebiet beobachtet. (vgl. Photo 4.5 und Photo 4.6).

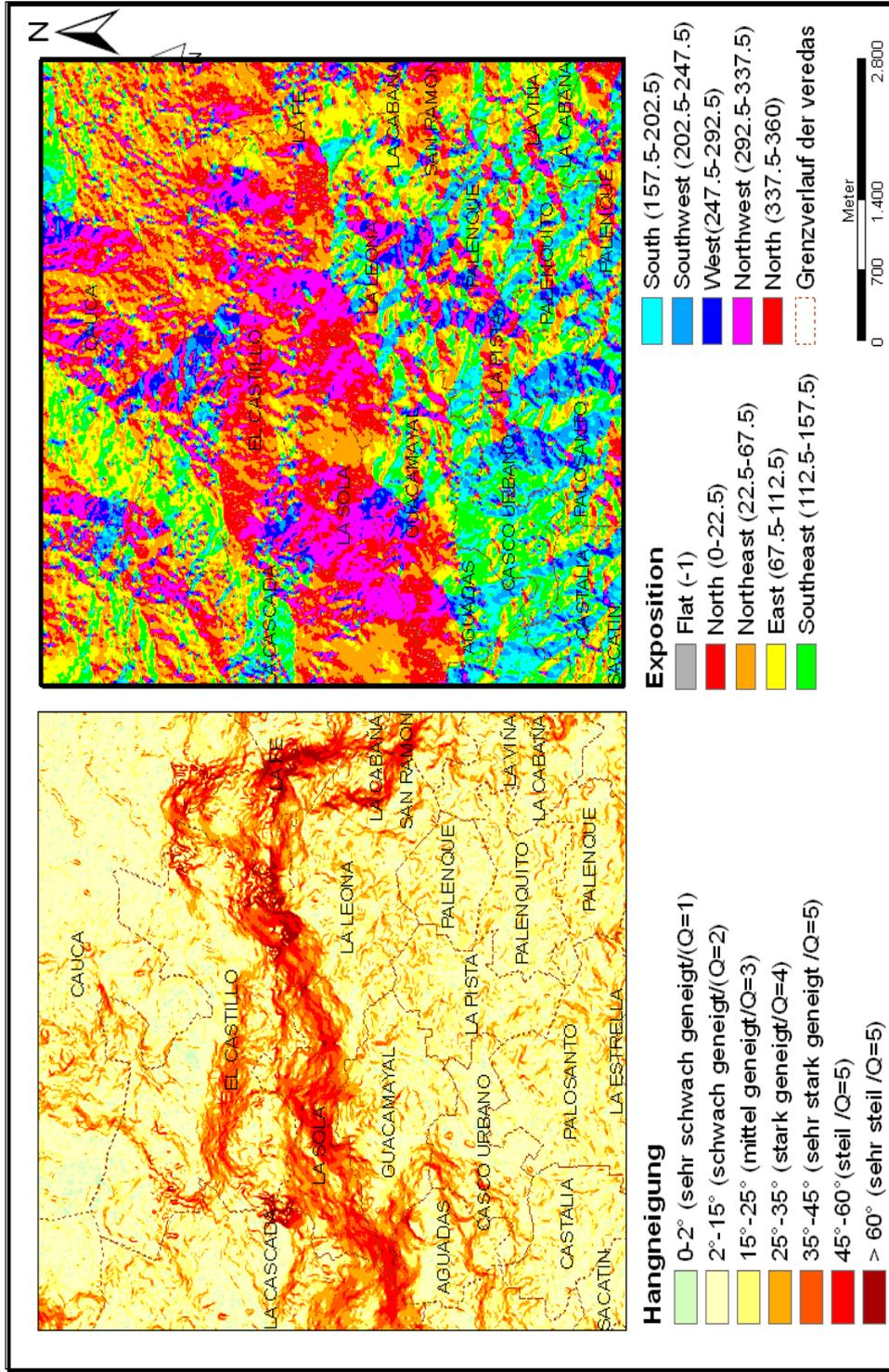


Abb. 4.9d: Auf der rechten Seite, Darstellung der Expositionskarte des zentralen Gebiets. Es ist zu sehen, dass die Hauptrichtung der Exposition südlich des Flusses *Cauca* und westlich des Flusses *Piedras* in nordwestlicher Richtung verläuft. Links, Darstellung der Hangneigungsgraduordnung gemäß Tabelle 3.6. Eigene Zusammenstellung mit Hilfe von ArcGIS 9.0.

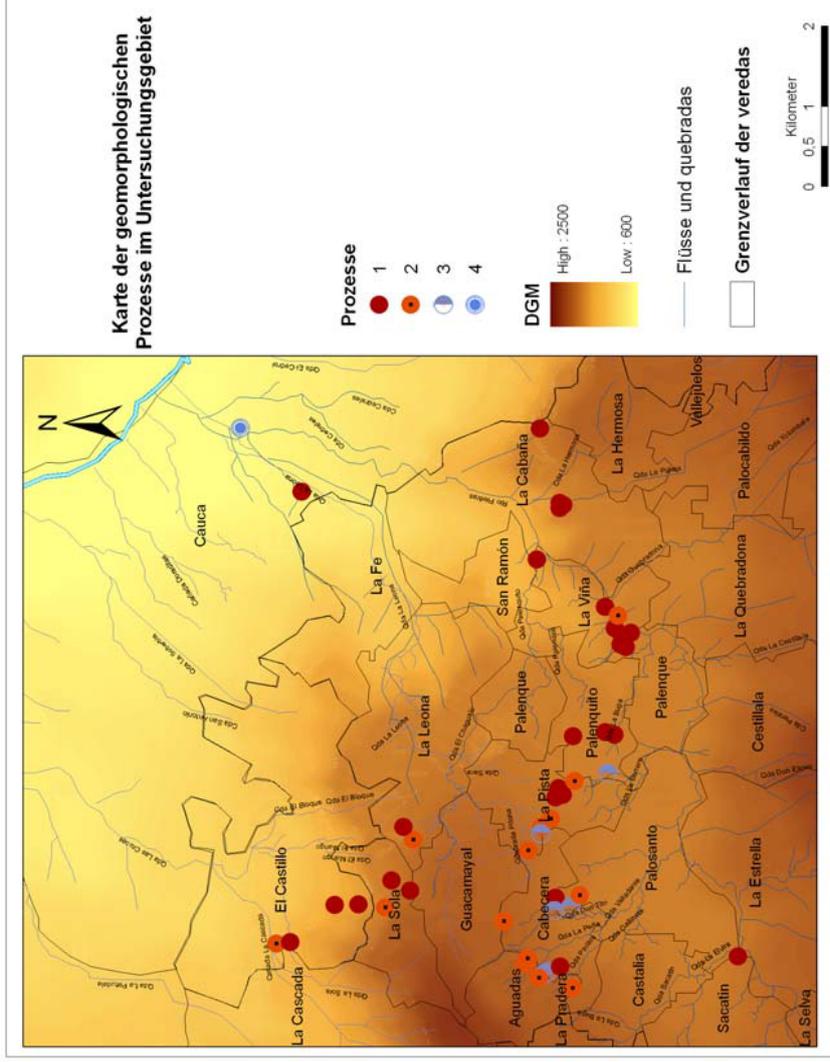


Abb. 4.10a: Kartierung der geomorphologischen Prozesse im Untersuchungszeitraum 2004 bis 2006. Die wichtigsten geomorphologischen Prozesse treten im zentralen Bereich der Gemeinde auf, in dem ein Großteil der Bevölkerung Jericós lebt und in dem die wichtigsten infrastrukturellen Bauten und Anlagen Jericós liegen. Eigene Zusammenstellung.

Begriffserläuterung:

1. Hangrutschung/Sackung, Rutschungsspuren, Rinnenspülung/Senkung, Bodenkriechen/Sackung, Vernässung/Senkung, Bodenkrichen/Rutschungsspuren, Senkung.
2. Bodenkriechen, Rutschungsspuren, Bodenverlust.
3. Quellnässe, Vernässung.
4. Überschwemmung



Photo. 4.2: Beispiel einer komplexen Massenbewegung in der vereda La Leona. Im bezeichneten Gebiet ist sowohl die Geologie als auch die Morphologie äußerst komplex. Dort befindet sich eine geologische Kontaktzone zwischen Sedimenten der *Formación Combia* (im Süden) und denen der *Formación Amagá* (im Norden). Mitte der 1990er Jahre wurde in diesem Raum das private Wasserkraftwerk „*Central Hidroeléctrica Río Piedras*“ errichtet. Über einen Zusammenhang zwischen dem Bau des Wasserwerks und den heute auftretenden Massenbewegungen wird im Raum La Leona nach wie vor spekuliert, eindeutige Beweise, die dies belegen würden, konnten bisher jedoch noch nicht erbracht werden. Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 1800 m.ü.d.M.



Photo 4. 3: Sackungsspuren. Vereda Sacatin (ehemals Hacienda El Bosque). Das ganze Gebiet ist abgesenkt. Die Darstellung zeigt einen Mittelhang, weiter talwärts liegt ein Schuttplatz. Über einen Zusammenhang zwischen der Schuttablagerung und der Sackung wird spekuliert.

Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 1700 m.ü.d.M.



Photo 4.4: Stufenrückverlegung und Rinnenspülung auf dem Mittelhang nahe der *Hacienda Las Tapias (vereda Sacatín)*. Am Hangfuß fließt der Fluss Piedras.

Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 1800 m.ü.d.M.



Photo 4.5: *Vereda La Cabaña*. Viehtrittbildung und kleine Hangrutschungen auf einem Mittelhang (rechts). Bodenkriechen am Mittelhang. Der intensive Kaffeeanbau auf Mittelhängen in Fallrichtung (links) als auch die Viehhaltung begünstigen die Erosionsprozesse an der Erdoberfläche.

Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 1200 m.ü.d.M.



Photo. 4.6: Bodenkriechen am Unterhang (Sektor *El Estadio*).  
Asphaltstrasse Jericó-La Cascada.  
Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 2000 m.ü.d.M.



Photo 4.7: Erdrutsch im Sektor *Sacatin*. An der Ausfallstraße  
Quebradona- Jericó sind Straßenschäden entstanden.  
Aufn. M. Zuleta vom 10.2003 in 1700 m.ü.d.M.

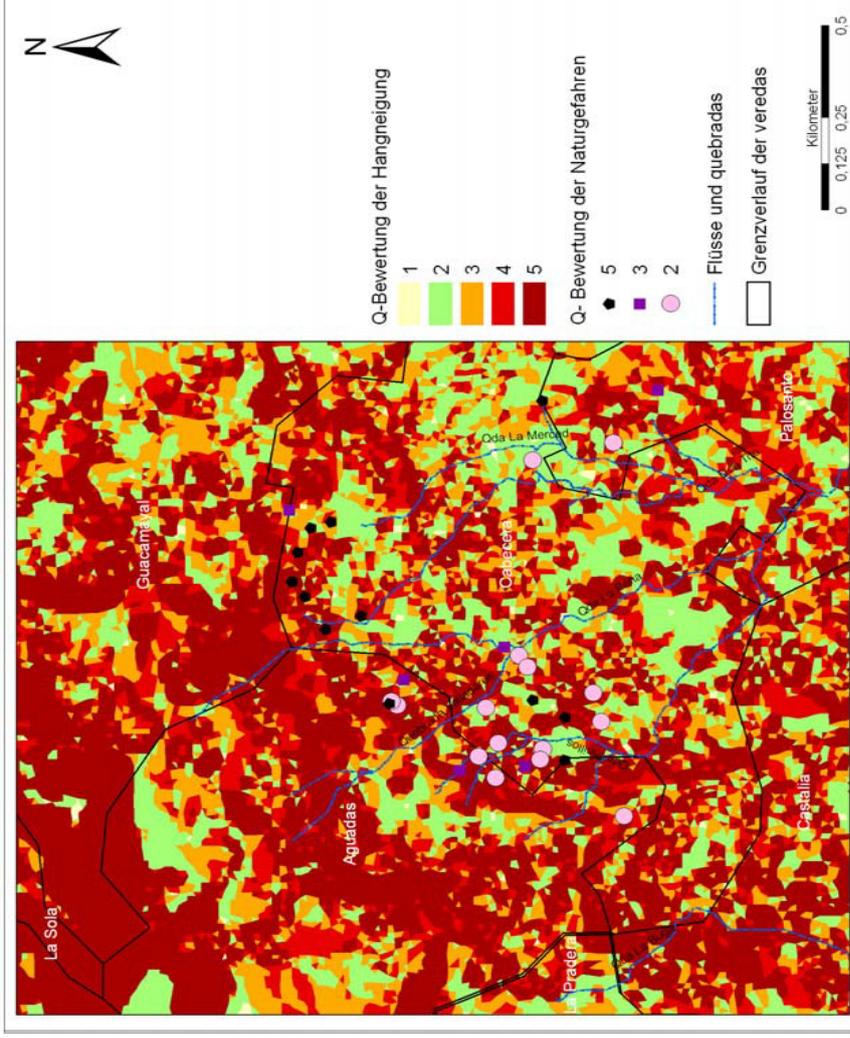


Abb. 4.10b: Darstellung der Q- Werte von Hangneigungen (vgl. Tab. 3.9) und Naturfahren (vgl. Tab. 3.12) im Untersuchungsgebiet. Es ist deutlich zu sehen, dass die kartierten Rutschungen zumeist in Gebieten mit großen Hangneigungen (Q-Wert zwischen 4 und 5) auftreten. Eigene Darstellung, erstellt auf der Basis der photogrammetrischen Bewertung und unter Anwendung von GIS.

#### 4.1.4 Identifizierte Naturgefahren in der Region

Die häufigsten Naturgefahren, die in dieser Gemeinde verzeichnet werden, sind Erdbeben. Rutschungen stellen im Bergland die am meisten ernst zu nehmende Gefahrenquelle dar. Sie werden von folgenden Faktoren bedingt: Gesteinstyp, Morphologie, Bodenart, Klima, Wasser, Vegetation und menschliche Aktivitäten.

Die folgenden Naturgefahren sind in der Region dokumentiert worden:

- 1) Überschwemmungen: Sie kommen in dieser Region nicht besonders häufig vor. Die von Überschwemmungen am meisten bedrohten Gebiete sind flache Uferzonen entlang der Flüsse und der *quebradas*. Die von Überschwemmungen verursachten Schäden treten in Jericó im Zusammenhang mit Massenbewegungen auf.

Im „POT“ und in den Archiven der Gemeinde sind die folgenden Sektoren als Überschwemmungsgebiete dokumentiert worden:

- Entlang des Flusses *Cauca* im Mündungsbereich der *quebradas El Guamo* und *Las Cruces* und in der Nähe der *vereda La Aguada*.
- Entlang der *quebradas Las Cruces* und *Patudala (vereda El Castillo)*. An den Hängen entlang dieser beiden *quebradas* finden sich Schlammstromspuren. Laut Aussagen der Bewohner aus dieser Region gab es hier vor 30 Jahren eine starke Massenbewegung. Als Folge dieser Massenbewegung änderten die Nebenflüsse ihren Verlauf, die *quebrada Las Cruces* hat erst vor 15 Jahren in ihr altes Bett wieder zurückgefunden.
- Entlang der *quebrada El Mango*. In der *vereda El Castillo* (Sektor *Hacienda El Castillo*) ist im Jahr 2001 ein Schlammstrom registriert worden.
- Überschwemmungen können zur Abtragung von Erde am Hangfuss führen und somit Massenbewegungen verursachen (vgl. DICKAU, 1996). Diese Prozesse treten häufig in flussnahen Gebieten mit großen Hangneigungen auf und werden von der Geologie und menschlichen Aktivitäten begünstigt, wie z. B. vom Bau neuer Dorf- und Überlandstraßen, von Veränderungen der

Wasserläufe und vom intensiven Kaffeeanbau (vgl. Abb. 4.11 und Photos 4.8a und 4.8b).

- 2) Massenbewegungen tauchen in den Archiven der Region seit 1895 auf, die am meisten betroffenen Gebiete liegen entlang der *quebradas La Peña, Valladares, Don Tito* und *Pinillos*).

Da die *cabecera* der Gemeinde seit jeher am Fußhang des *Cerro las Nubes* angelegt war und weil sie auf Quartärablagen (diese reichen bis ca. 15 m Tiefe) errichtet wurde, hat die Lage des Ortskerns als auch die dortige Geologie das Eindringen des Regenwassers in den Boden schon immer begünstigt, was im Laufe der Jahre zur Erhöhung des Vulnerabilitätsgrades sämtlicher Elemente für Massenbewegungen geführt hat.

Im Jahr 1939 ist eine nähere Untersuchung der Hangrutschungen am Mittelhang des *Cerro Las Nubes* im Bereich des Ortskerns, bei denen die Kirche der Gemeinde zerstört wurde, durchgeführt worden. Da sich die Rutschungen in der Folgezeit wiederholten, wurde zur Verstärkung der Kirchenstruktur im Jahr 1947 eine Sperrmauer bis tief in das Fundament der Kirche eingelassen, und die Kirche wurde neu aufgebaut. 1954 wiederholten sich diese Massenbewegungen aber erneut; dabei wurden fast alle Häuser, die sich östlich der *cabecera* von Jericó bis zur *Calle 4* befanden, beschädigt.

Diese beiden Naturkatastrophen sind in den Arbeiten von G. BOTERO (1947) und von MARTÍNEZ & ARBELÁEZ (1954) erörtert und entsprechend kartiert worden.

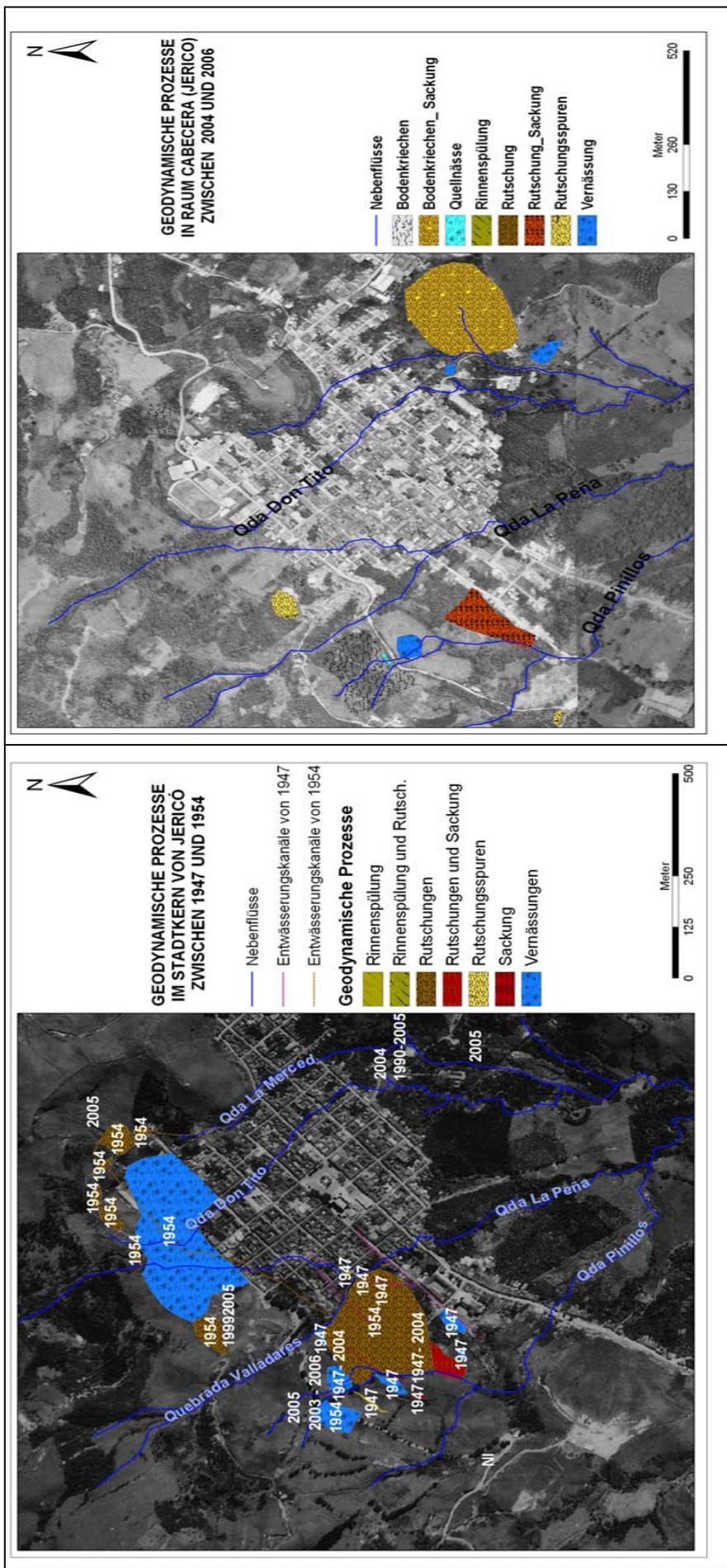


Abb. 4.11: Die obere Karte veranschaulicht die Massenbewegungen, die den Ortsteil *El Liceo* zwischen 1947 und 1954 heimgesucht haben. Ebenfalls eingetragen sind dort die Entwässerungskanäle, die als Vorbeugung vor weiteren Überflutungen gedacht waren und der Ableitung des Regenwassers dienen sollen. Die untere Abbildung gibt die geodynamischen Prozesse wieder, die sich gegenwärtig um den Ortskern herum vollziehen. Eigene Zusammenstellung, erstellt unter Anwendung von ArcGIS 9.0

Die im Bereich des Ortskerns auftretenden Massenbewegungen werden von der lokalen Hydrologie, Geologie und den Hangneigung begünstigt. Anfang und Mitte des 20. Jahrhunderts haben fluviale Erosionsprozesse zu starken Massenbewegungen im Bereich der *cabecera* geführt.

Zu dieser Zeit wurden zur Herabminderung der bestehenden Naturgefahren entsprechende Maßnahmen ergriffen, die darauf abzielten, die vom Regenwasser ausgelösten Bodenerosionsprozesse einzudämmen und die Größe der als Folge davon entstandenen Vernässungsstellen zu reduzieren: Auf Mittelhängen wurden Entwässerungskanäle – die so genannten „*Obras de Defensa*“ – ausgehoben, und die durch die *cabeceras* hindurchfließenden *quebradas* (Nebenflüsse) wurden kanalisiert und in künstlichen Wasserläufen abgeleitet. Der erwünschte Effekt stellte sich bald ein, die Zahl der gemeldeten Schadensfälle wurde deutlich gesenkt. Einige der übrigen Gemeindeviertel, wie z. B. der Sektor *El Liceo*, sind dagegen nach wie vor stark erdrutschgefährdet; hier sind keine vorbeugenden Maßnahmen ergriffen worden, und dies, obwohl die Einwohnerzahl in diesem Viertel in den letzten Jahren stetig gestiegen ist.

Anhand der für die Gemeinde Jericó erstellten „*POTs*“ (2000) und dank der im Rahmen von Felduntersuchungen gewonnenen Einsichten wurden die folgenden, diese Gemeinde betreffenden geomorphologischen Prozesse samt ihrer Ursachen identifiziert sowie entsprechend dokumentiert und klassifiziert (Tabelle 4.1 und Abb. 4.12a und 4.12b).

Tabelle 4.1: Die in der Gemeinde Jericó beobachteten und kartierten Massenbewegungen. Eigene Zusammenstellung. Gruppierung erfolgte anhand der Klassifizierung von DICKAU et al. (1996) (vgl. Tab. 3.2 und Tab. 3.3 ) und von JOVANOVIĆ (1988).

Art der Massenbewegung	Ort des Geschehens und Lagebeschreibung	Art der anthropogenen Ursachen	Art der natürlichen Ursachen
mehrfache Rotationsrutschung  Felssturz oder Steinschlag	Entlang wichtiger Verbindungsstraßen, die von Hängen mit steiler Neigung gesäumt sind, z. B. entlang der Trassen La Cascada-La Viña bzw. Puente Iglesias-Medellín	Landschaftszerstörung durch Straßenbau, Hanganschnitte, Hangunterspülung	Gesteinstyp und Hangneigung
Rotationsförmige Rutschungsfolge	<i>Vereda</i> La Cabaña. An Hängen um die Mündung der <i>quebrada</i> La Leona herum, die in den Fluss Cauca mündet.	Mögliche Auswirkungen auf die Massenbewegungsprozesse in Folge der Errichtung des Wasserkraftwerks	Gesteinstyp und Hangneigung
Rutschungen an der Ausfallstraße Sacatin-Jerico	Eine Anzahl von Rutschungen entlang des Weges, der von der <i>vereda</i> Sacatin nach Jericó führt.	Anschnitte des Mittelhangs durch Straßenbau	Gesteinstyp und Hangneigung
Dokumentierte Erdbeben (Quelle: Bewohner der Gemeinde) Sektor <i>La Cabaña</i>	<i>Vereda</i> La Cabaña. Laut Aussagen der lokalen Bevölkerung gab es dort am 23. Februar 1979 eine große Hangrutschung. Dieses Ereignis habe den natürlichen Verlauf des Flusses Piedras geändert und in der Folgezeit die Landschaft am gegenüberliegenden Ufer verändert. Später sind dort weitere Massenbewegungen verzeichnet worden. (vgl. Photo 4.8a)		
Schuttrutschung	Am Mittelhang hinter der Schule San Ramón. Die zur Schule gehörenden Gebäude weisen Spuren von Geländeverschiebung auf. Auf dem Mittelhang gibt es einen von Menschen errichteten Wasserkanal, der nicht richtig ausgekleidet ist und somit das Eindringen des Wassers in den Boden ermöglicht ( <i>acequia</i> ). Das hier geführte Wasser wird für das Auswaschen von Kaffee in der naheliegenden <i>hacienda</i> verwendet. Die Errichtung von Wasserkanälen dieser Art, die für Zwecke des Kaffeeanbaus benötigt werden, ist in Jericó gang und gäbe. Dies führt u. a. zu Wassermangel.	Drainagesystem: Manipulation, Modifikation und Redistribution von Wasserläufen	
Senkung des Gebiets	<i>Hacienda</i> El Bosque in der <i>vereda</i> Palenque (vgl. Abb. 4.12c).	Künstliche Schuttablagerung	Gesteinstyp, Hangneigung

Rotationsrutschung	<i>Finca</i> Las Tapias ( <i>vereda</i> Mata de Guadua) Reptation des Geländes im Richtung des Flusses Piedras. Der Fluss Piedras erodiert den Fusshang. Dadurch wird der ganze Hang instabil.		Hangunterspülung Gesteinstyp (Schuttablagerung) Hangneigung
Rotationsrutschung	<i>Corregimiento</i> Palocabildo – <i>vereda</i> La Quebradona: Erdrutsche entlang der <i>quebrada</i> Quebradona. Die <i>quebrada</i> spült den unteren Teil des Hangs weg.		Hangunterspülung
Dokumentierte Rotationsrutschung von 1999	Sektor La Cruz, in der Nähe der privaten Wasseraufbereitungsanlage und der <i>finca</i> El Mirador.	Belastung des Mittelhangs durch den intensiven Kaffeeanbau. Zerstörung der Vegetationsdecke	Gesteinstyp Hangneigung
Felssturz	<i>Vereda</i> La Hermosa: Die Schule Escuela Luis E. Bermúdez befindet sich in der Nähe der <i>quebrada</i> Quebradona. Auf dem Hang liegen Blocksteine. Bodenerosion wegen intensiver Viehhaltung.	Bodenerosionsprozesse durch intensive Viehhaltung	Hangneigung
Senkung und Verschiebung talabwärts	Sektor El Liceo ( <i>cabecera</i> ): Das Gelände ist instabil. Die Problematik dieses Geländes wurde in der Literatur bereits Anfang des 19. Jahrhunderts beschrieben. Im oberen Abschnitt des Mittelhangs gab es früher eine Lagune, die im Rahmen des Ausbaus der dortigen Siedlungsgebiete trockengelegt wurde. In den 1960er Jahren wurde die <i>quebrada</i> Pinillo kanalisiert. Am Mittelhang der <i>quebrada</i> Pinillos findet man eine Senkung von ca. 12 Meter Tiefe (vgl. Abb. 4.12).	Besiedlung Veränderung	Hangneigung Gesteinstyp (Schuttablagerung) Wassersättigung
Sackung	Sektor Seminario ( <i>cabecera</i> ). Ein Teil der Infrastruktur (Gebäude und Schwimmbad) wurde durch eine talwärts abgehende Verschiebung des Geländes zerstört. Auf dem Hang werden Rinnenspülungs- und Bodenkriechprozesse beobachtet (vgl. Photo 4.9).	Veraltete und fehlerhafte Entwässerungsanlage im Seminargebäude	Gesteinstyp, Hangneigung

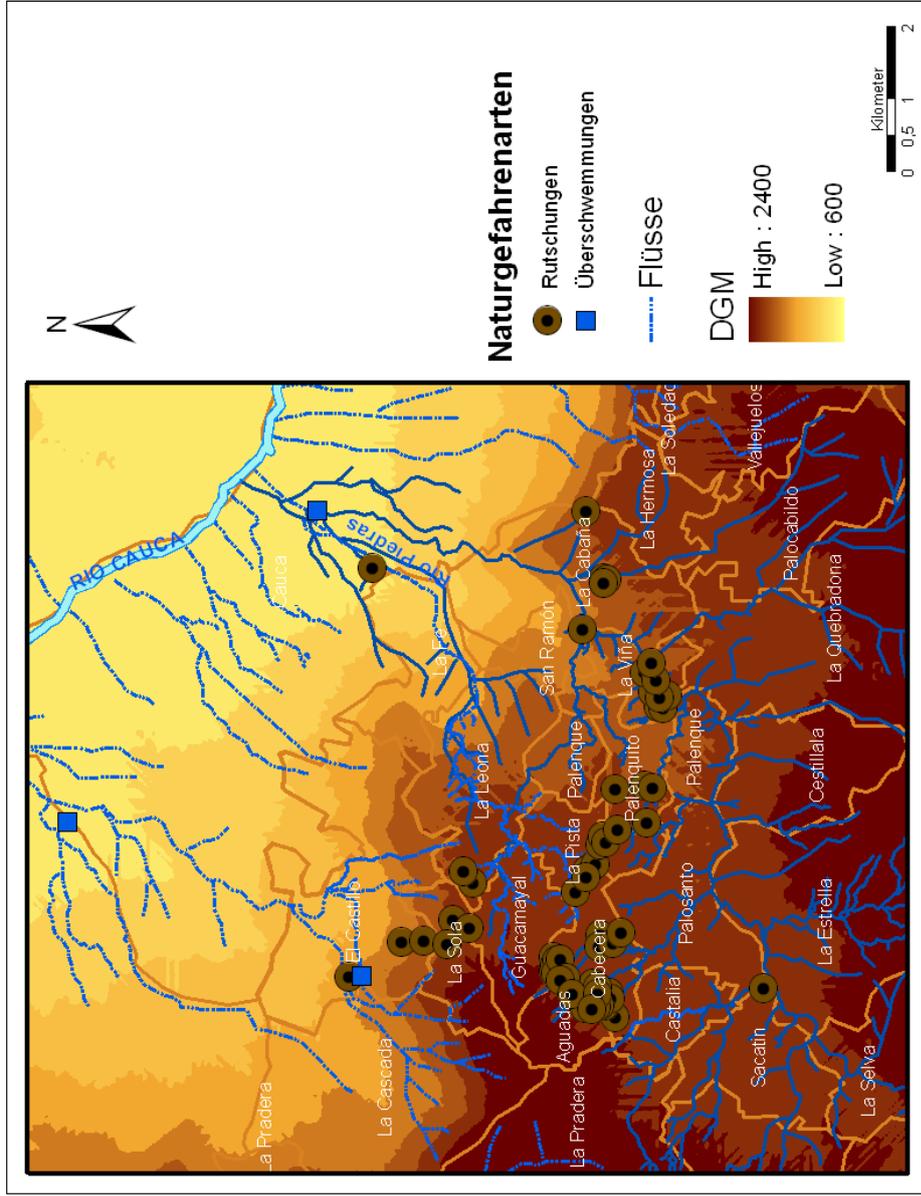


Abb. 4.12a: Identifizierte und kartierte Standorte von Rutschungen und Überschwemmungen in der Region. Die Kartierung erfolgte unter Berücksichtigung der Angaben aus dem „POT“ von Jericó, aus anderweitigen geologischen Studien der Gemeinde und aus aktuellen Feldstudien. (vgl. Tab. 4.1). Die meisten Massenbewegungen werden im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets als auch an Ufern des Flusses Piedras im westlichen und nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets verzeichnet. Eigene Zusammenstellung.

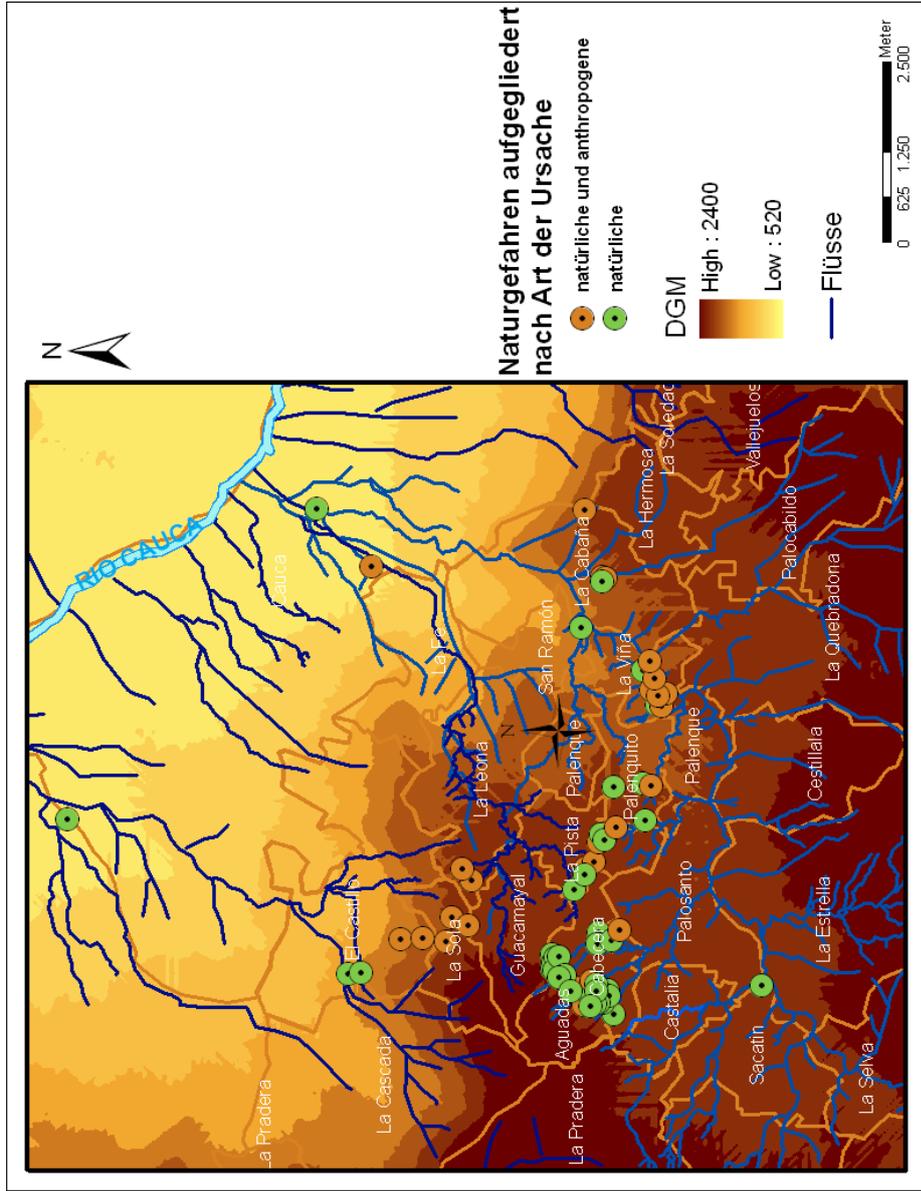


Abb. 4.12b: Darstellung der Klassifizierung von Naturgefahren hinsichtlich der Rutschungen nach Tab. 4.1. Anthropogene Aktivitäten, die Naturgefahren wie Rutschungen herbeiführen, werden im Englischen als *man-made natural hazards* bezeichnet. Diese Art von Gefahr ergibt sich insbesondere in Folge des Siedlungs- und Straßenbaus im Bereich gefährdeter Gebiete. Im Untersuchungsgebiet können Erdrutsche sowohl von natürlichen als auch von anthropogenen Größen ausgelöst werden. (s. Tab. 2.4) Eigene Zusammenstellung.

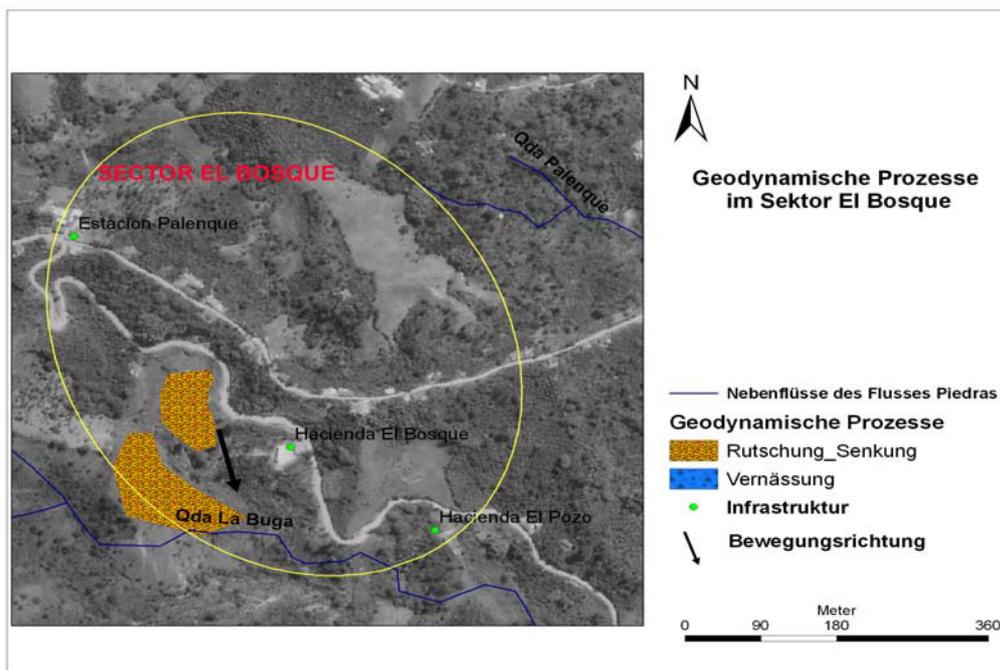


Abb. 4.12c: Die Abbildung veranschaulicht die im Sektor El Bosque registrierten Massenbewegungen. Das Haus, das zur Hacienda El Bosque gehört, ist von der Massenbewegung teilweise zerstört worden. Das ganze umliegende Gebiet ist nach wie vor instabil. Eigene Zusammenstellung, angefertigt unter Anwendung von ArcGIS 9.0.



Photo 4.8a: Ansicht der dokumentierten Erdrutschspur. Diese entstand im Jahr 1979 nach dem Naturereignis, das die *vereda* La Cabaña am westlichen Ufer des Flusses Piedras – in der Nähe der *veredas* La Viña und La Hermosa – heimsuchte. (s. Tab. 4.1). Die Erosion des Unterhangs, verursacht durch den Fluss Piedras, führt auf der einen Uferseite kleinere Hangrutschungen herbei, und auf der anderen Uferseite wiederum führt sie zu Überschwemmungen. Quelle: Photoaufnahme von Duarte, Mazorra (1992).



Photo 4.8b: Fotografisch dokumentierte Rutschung, die im Jahr 1954 im Südosten des Ortskerns von Jericó den Sektor El Liceo heimsuchte. Die starke Hangneigung und der Gesteinstyp verursachen in diesem Gebiet auch heute noch Massenbewegungen.  
Aufn. Martínez & Arbelaez 1954



Photo 4.8c: Fotografisch dokumentierte Rutschung im Norden der cabecera von Jericó (neben dem morro El Salvador). Dieses Ereignis ergab sich in Folge der fluvialen Erosion des Hangfußes, welche wiederum von den Wassermassen, die die *quebrada* La Merced nach dem Ereignis von 1954 zu transportieren hatte, begünstigt wurde. Diese *quebrada* ist inzwischen kanalisiert worden, das umliegende Gebiet sieht heute stabil aus. Aufn. Martínez & Arbelaez 1954

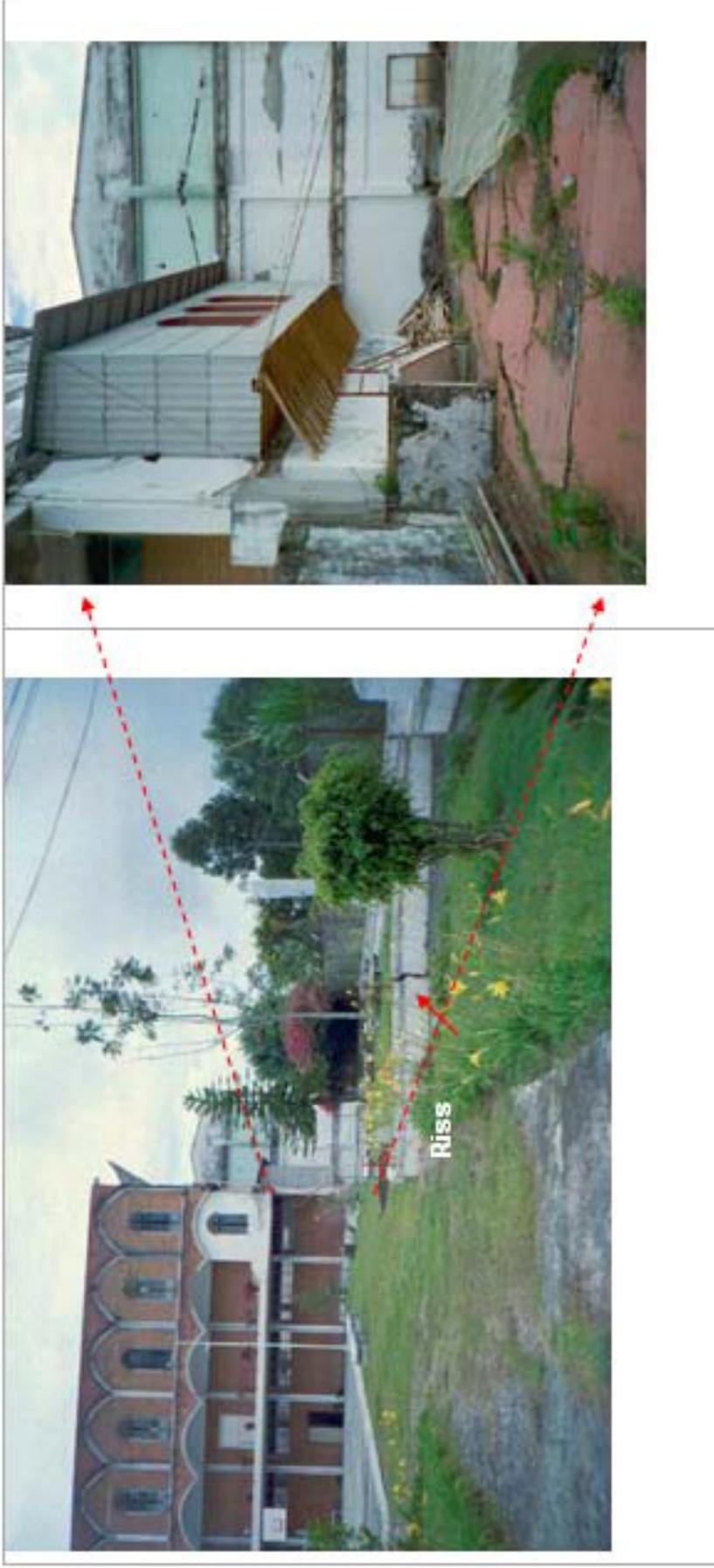


Photo 4.9a: Sackungsspuren in Sektor Seminario. Ein Teil der Infrastruktur (Gebäude rechts) wurde nach einer Verschiebung des Gebiets in Richtung der Hangneigung zerstört. Deutlich erkennbar sind hier der Riss in der Mauer inmitten des Gartenbeets (links) und die Bodenrisse (rechts). Aufn. M. Zuleta vom 10.2003.

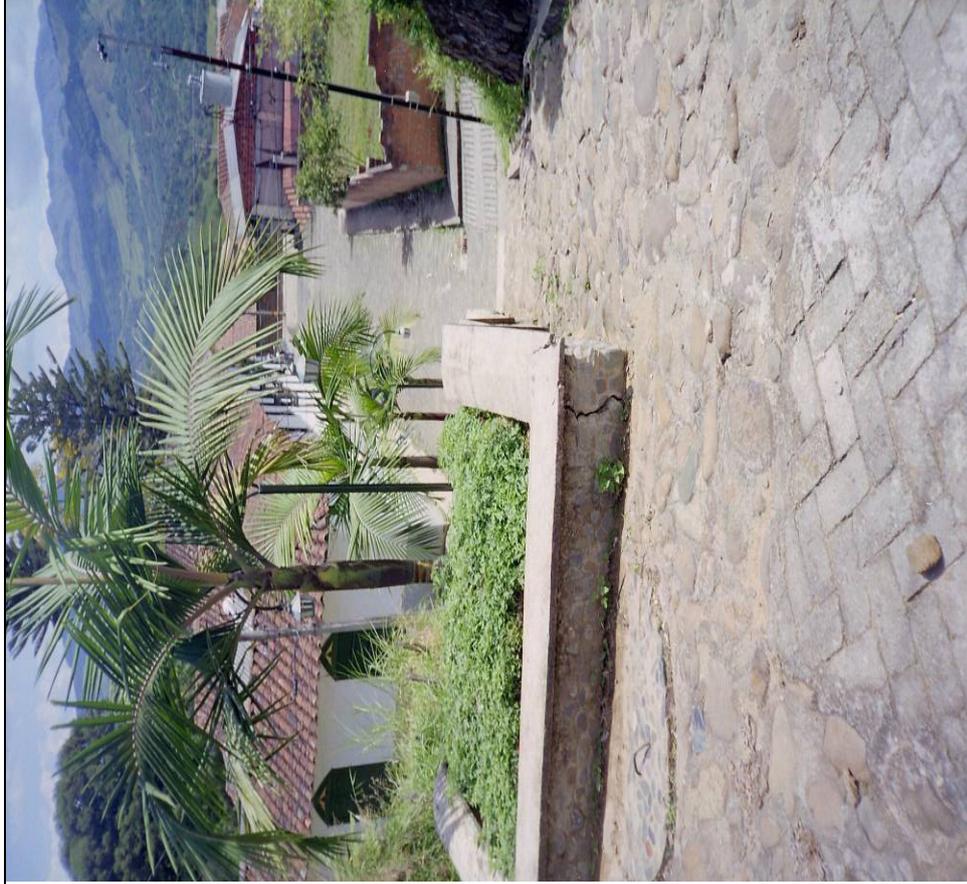


Photo 4.9b: Risse auf dem Bürgersteig und in der Beetummauerung im Sektor El Liceo.  
Aufn. M. Zuleta am 10.2003.

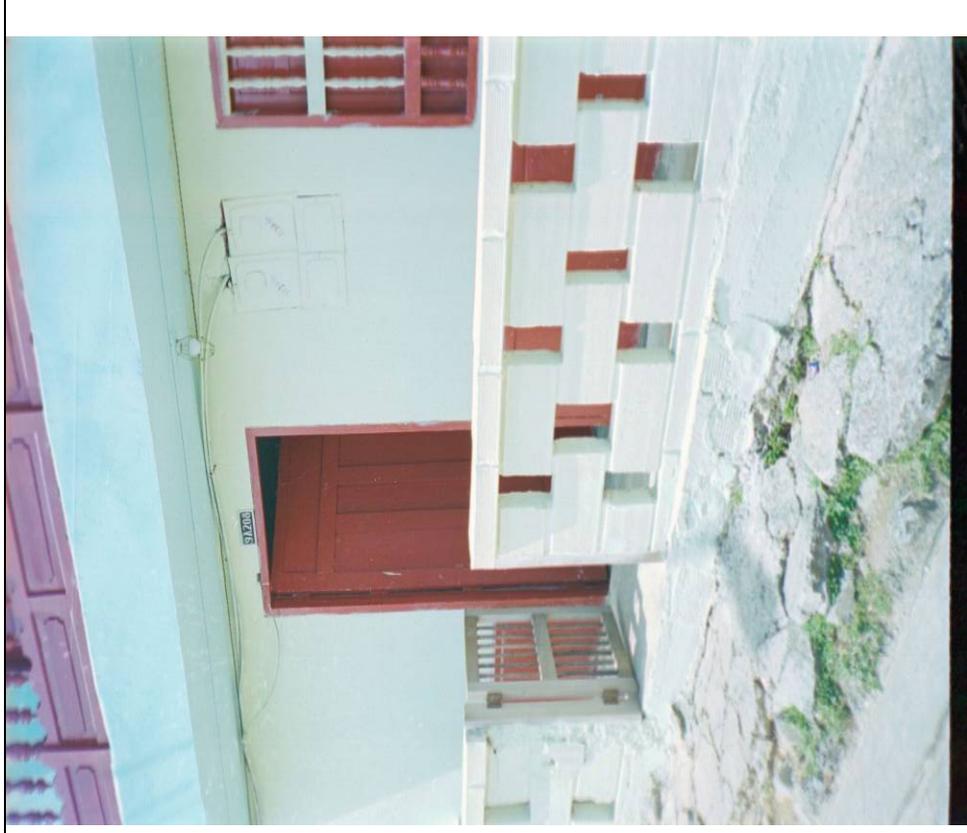


Photo 4.9c: Zerstörung des Bürgersteigs im Sektor El Liceo, gegenüber vom Haus in der Calle 4 No. 9A-208.  
Aufn. M. Zuleta vom 10.2003.

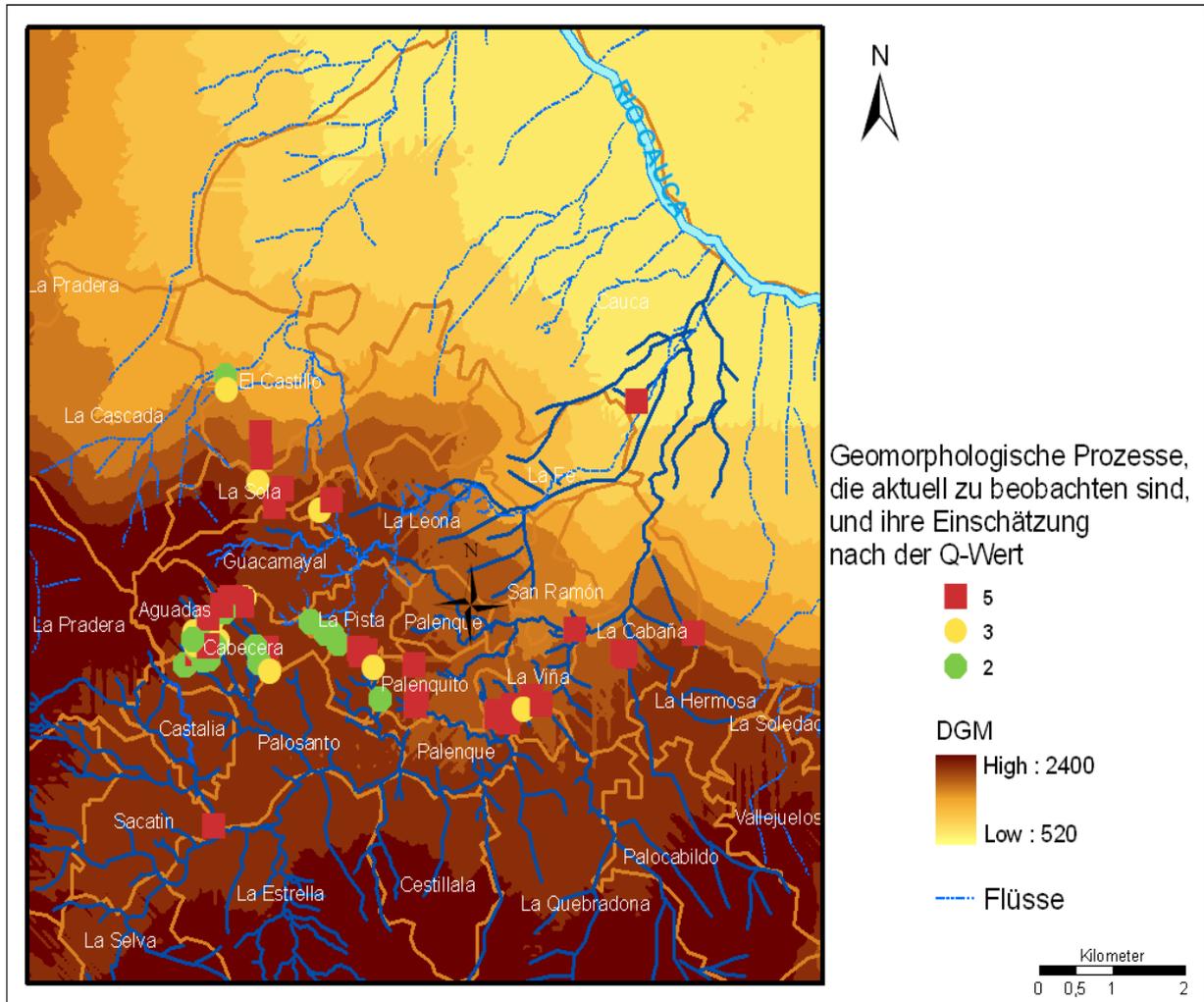


Abb. 4.13a: Darstellung der geomorphologischen Prozessen und ihre Einschätzung nach der Q-Skala. Die folgende Abbildung zeigt die geomorphologischen Prozesse, die im Untersuchungsgebiet aktuell zu beobachten sind, und veranschaulicht ihre Einschätzung nach der Q-Skala gemäß der Werte aus Tabelle 3.12. Je höher der Q-Wert ausfällt (1-5), desto größer ist die Naturgefahr. Hinsichtlich der geomorphologischen Prozesse, die im Untersuchungsgebiet aktuell verzeichnet werden, unterscheidet man laut Angaben aus der Tabelle 3.12 in Bezug auf Naturgefahren und unter Verwendung der Q-Werte zwischen den folgenden Gefahrenklassen:

Q= 2 (Abspülung, Rinnenspülung, Vernässung),

Q= 3 (Rinnenspülung, Solifluktion, Bodenkriechen),

Q= 5 (Sackung, Setzung, Rutschung, Hangkriechen, Steinschlag).

Eigene Darstellung.





Im Untersuchungsgebiet gehen gegenwärtig geomorphologische Prozesse vorstatten, denen ein hoher Q-Wert zugewiesen werden kann (s. Abb. 4.13a und Tab. 3.14b). Im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebiets werden entlang der Landstraße, die von Jericó nach La Cascada führt, also in der Nähe jener Gebiete, in denen bereits früher Hangrutschungen verzeichnet wurden, neuerdings wieder Rutschungen beobachtet und entsprechend dokumentiert. Diejenigen Gebiete wiederum, die schon seit Langem von Rutschungen heimgesucht werden, als auch diejenigen, in denen diese geomorphologischen Prozesse nach wie vor stattfinden, liegen im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets entlang der Ausfallstraße, die von Jericó über La Cabaña bis nach La Viña führt (diesen Rutschungen wurde in der Abbildung der Wert Q-5 zugewiesen). In diesen Gebieten besteht eine erhöhte Gefahr vor Hangrutschungen.

#### **4.1.5 Regionale und lokale Klimabedingungen**

Kolumbien liegt in den Tropen, und zwar zwischen dem 13. Breitengrad Nord und dem 4. Breitengrad Süd. Das *departamento* Antioquia befindet sich inmitten tropischer Hochgebirgszüge, nämlich zwischen dem zentralen und dem westlichen Gebirgszug der Kordilleren. Der Fluss Cauca durchtrennt diese beiden Gebirgszüge.

##### **4.1.5.1 Regionale Klimabedingungen**

Im tropischen Hochgebirge fallen die meisten Niederschläge nicht in den Hochlagen, sondern in Gebieten auf einer Höhe zwischen 1000 und 1400 m.ü.d.M., von WEISCHET als auch Stufe des maximalen Niederschlags bezeichnet (vgl. WEISCHET, 1969:307-310). Die oberen Höhenstufen des tropischen Hochgebirges sind relativ niederschlagsarm, wohingegen im Gebirgsvorland hohe Niederschlagsmengen verzeichnet werden (vgl. Abb. 4.14). Eine solche Verteilung der Niederschläge lässt sich mit den konvektiven Niederschlägen und dem exponentiell abnehmenden Wasserdampfgehalt in der Luft, verursacht durch die vertikale Temperaturabnahme, erklären. (vgl. WEISCHET 1965/1969).

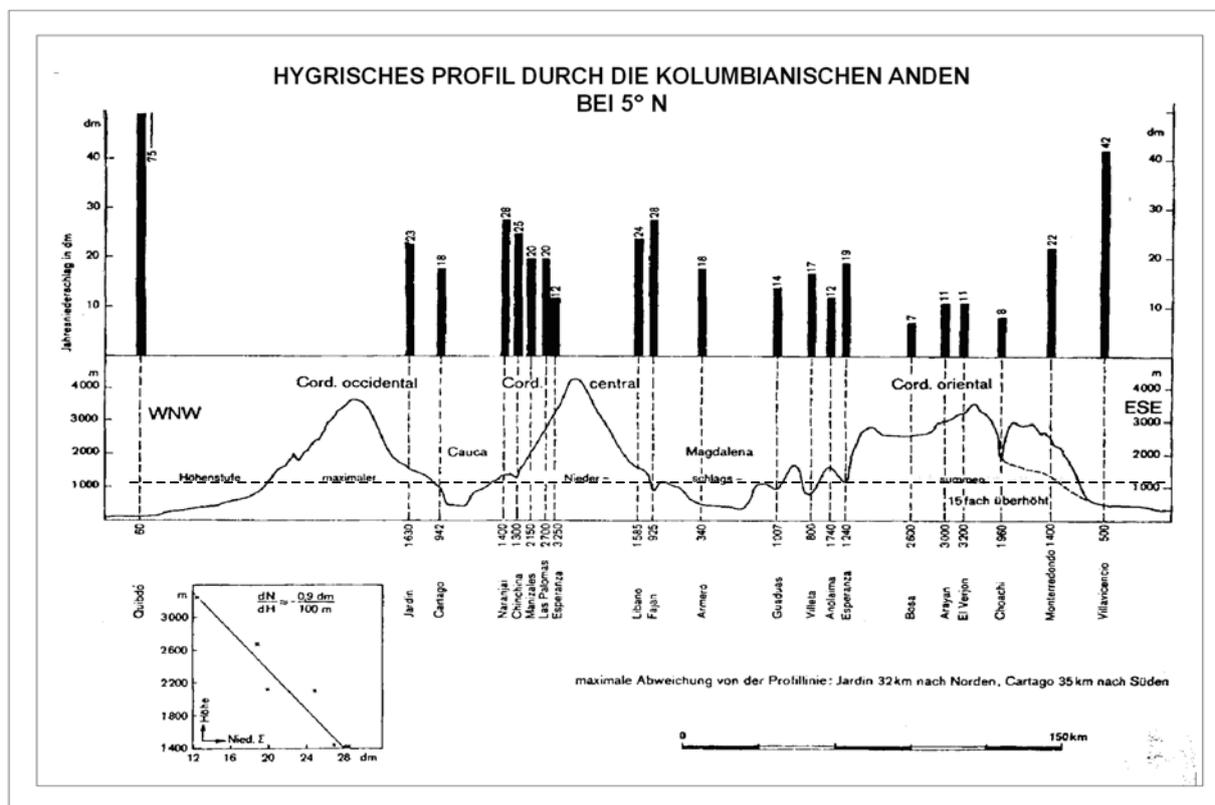


Abb. 4.14 Das Abhängigkeitsverhältnis zwischen den mittleren Jahresniederschlagsmengen und der Höhe im Querprofil der kolumbianischen Anden in Gebieten um den 5° N herum. Die hier wiedergegebenen Daten lassen sich auch auf das Untersuchungsgebiet im Caucaatal übertragen.

Quelle: Blüthgen und Weisheit (1980:307) nach Weisheit 1969.

Die Veränderlichkeit des Klimas in Abhängigkeit vom Raum wird in Kolumbien von verschiedenen Aspekten bedingt, z. B. vom Einfluss von Passatströmungen, von der südlichen Pendelbewegung der Innertropischen Konvergenzzone (ITCZ) hin zu den beiden Ozeanen (Pazifik im Westen und Atlantik im Norden), von der Windzirkulation über dem Amazonasbecken und von den andinen Längstälern (in diesem Fall die Zirkulation lokaler Winde). Das lokale Klima wird ferner durch die Evapotranspiration von Vegetation und Gewässern modifiziert (vgl. UPME, 2000).

Die ITCZ entsteht als Folge der Luftmassenkonvergenz der sich auflösenden NO- und SO-Passate, die zu aufsteigender Luftbewegung, labiler Schichtung und starker Konvektion führen (LESER, 1997:350). Die ITCZ ist daher als eine relativ breite Zone verstärkter Konvektion zu betrachten.

In Kolumbien pendelt die ITCZ innerhalb der Breitengrade 3° N im Januar/Februar und 8°N im Juli/August. In diesen Monaten erreicht sie jeweils maximale Position. Die herangetragenen Luftmassen werden in der ITCZ in die Höhe befördert, wo es zur Kondensation und somit zu der für die Tropen charakteristischen Quellwolkenbildung kommt. Ist das Kondensationsniveau überschritten, kommt es zu starken Regenfällen und Gewitter. Die Niederschlagsmengen, die dabei zur Erde fallen, können lokal sehr unterschiedlich hoch ausfallen (vgl. u.a. HECK, 2006).

Die Verschiebung der ITCZ bewirkt, dass im Laufe des Jahres in weiten Teilen Kolumbiens ein doppeltes Maximum und ein doppeltes Minimum an Niederschlägen verzeichnet wird (vgl. ESLAVA; 1971). In vielen Gebieten Kolumbiens, die im Jahresverlauf zwei Niederschlagsdepressionen (Dezember-März und Juni-August) und zwei Niederschlagsmaxima (April-Mai und Oktober-November) verzeichnen, führt dies zu einem bimodalen Klimazyklus.

„Die Kernzone der ITCZ liegt über den Ozeanen ganzjährig etwas nördlich des Äquators. Es resultiert dabei auch bereits eine schmale und wenig hoch reichende Zone, in welcher die Strömung eine westliche Komponente enthält („äquatoriale Westwinde““ (BLÜTHGEN und WEISCHET, 1980:538). Die vorherrschende Windrichtung innerhalb der ITCZ ist West. Mit der Wanderung der ITCZ im Jahresverlauf erfährt die Hauptwindrichtung Modifikationen hin zu NW-Winden (Januar) und SW-Winden (Juli) (vgl. HECK, 2006).

Die lokale Morphologie und die drei Andenketten (West-, Zentral- und Ostkordillere) haben einen starken Einfluss auf das Klima in Kolumbien insgesamt, wobei diese Faktoren im Untersuchungsgebiet Auswirkungen ganz besonderen Charakters haben. Die vom Pazifik wehenden Winde bringen sehr feuchte Luftmassen mit sich, die im Stau der Westkordillere zum Aufsteigen gezwungen werden und somit verantwortlich sind für die Entstehung von *Cumulonimbus* -*Wolken* bis hinauf in die Gipfelstufe. Diese vom Westen ins Untersuchungsgebiet eindringenden Luftmassen verlieren beim Aufsteigen die mitgeführte Feuchtigkeit, die an der Luvseite (*barlovento*) als Advektionsregen mit maximalen Ergiebigkeiten zwischen 800-1400 m.ü.d.M. („1. Stufe maximaler Niederschläge“) zu Boden fallen (vgl. HECK, 2006) (s. Abb. 4.15 und Abb. 4.16).



Abb. . 4.15 Darstellung der Niederschlags- und Feuchtigkeitsverhältnisse auf beiden Seiten (Luvseite = *barlovento*; Leeseite = *sotavento*) der Kordillerenketten. Quelle: BURROUGHS, W. (1996:37)

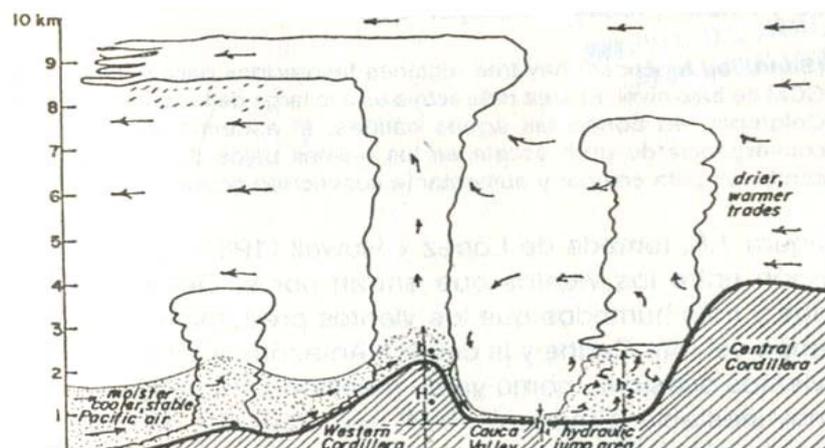


Abb. 4.16 Darstellung der Interaktion von westlichen, nördlichen und östlichen Winden, die vom Pazifik, karibischen Meer bzw. dem Amazonastiefland in die kolumbianischen Anden herangetragen werden. Die relativ trockenen Passate schieben sich in den kolumbianischen Anden über die in der ITCZ generierten pazifischen Westwinde. Aufgrund des Luv-Lee-Effektes bekommen die Westhänge der West- und Zentralkordillere normalerweise mehr Feuchtigkeit ab als die Osthänge.

Quelle: (LOPEZ & HOWELL, 1967:31)

Im Bereich des Untersuchungsgebiets schlängelt sich der Fluss Cauca in südost-nordwestlicher Richtung und verläuft damit diagonal zu den vorherrschenden Westwinden. Seine Nebenflüsse Río San Juan, Río Mulatos und Río Cartama unterteilen dagegen durch ihre nordsüdliche Ausrichtung den Westkordillerezug in vier Gebirgsketten, die parallel zueinander in nord-südlicher Richtung verlaufen somit im Verhältnis zur Westwindrichtung einen mehrfachen Luv-Lee-Effekt erzeugen. Auf-

grund der gestaffelten Mündung dieser Flüsse in den Caucafluss nördlich vom Untersuchungsgebiet wird ein nach Norden hin offenes System generiert. So führen die lokalen und regionalen Zirkulationsverhältnisse in der Kopplung der übergeordneten Westwinde mit den lokalen Hang- Talwindssystemen im Laufe des Jahres zu einer außerordentlich komplizierten Konstellation der hygroklimatischen Abläufe. Aufgrund dieser Konstellation kommt die generelle Tendenz der Stufen maximaler Niederschlagsausfällung in den Tropen, wie von WEISCHET (1980) und LAUER (1999) postuliert, nicht zum Ausdruck. Eine feinere Ausdifferenzierung der räumlichen Niederschlagsverteilung kann daher nur durch langfristige und genaue Beobachtung der Kondensationsniveaus an den Talhängen annähernd abgeleitet werden. Ein hierfür notwendiges engmaschiges Niederschlagsstationsnetz ist in Kolumbien aber noch nicht vorhanden.

Die für das Caucaatal gültige und in mehreren Arbeiten bereits beschriebene Interaktion der Winde im Bereich zwischen den beiden Seiten der westlichen und zentralen Gebirgsketten als auch in dem dazwischen liegenden Caucaatal, das als ein gesondertes Berg- und Talwindesystem zu erfassen ist, muss im Arbeitsgebiet mehrfach modifiziert werden, da sich dieses System auf sämtliche Talquerschnitte auswirkt (andernorts ursprünglich beschreiben von TROLL und wiedergegeben von LAUER, 1999). Ob die dabei beobachtete Querkirkulation auch in den einzelnen Längstälem auftritt, bedarf weiterer Untersuchungen. Ebenso bleibt fraglich, ob der in der Abbildung 4.16 dargestellte Hangaufwind an beiden Seiten des Tals wirklich existiert, und ob die Rückströmung tatsächlich über die Talmitte verläuft. Auf jeden Fall herrscht auch in den Tieflagen des Caucaatals die größte Trockenheit, die feuchteste hygri-sche Stufe im Kondensationsniveau wird an den Hanganstiegseiten der Täler erreicht. Die vorhandenen Klimastationen der Region geben hierüber nur beschränkt Auskunft.

Das kolumbianische Klima wird auch von der *Niño Southern Oscillation* (ENSO), auch als Niño-Phänomen bekannt, beeinflusst. Immer dann, wenn dieses Phänomen auftritt, kommt es wegen der extremen Südverlagerung der ITCZ zu unperiodischen Niederschlagsschwankungen. Die *Niño Southern Oscillation* (ENSO) besteht aus zwei extremen Phasen: einer warmen Phase, genannt *Niño*, und einer kalten Phase, genannt *Niña*.

Das *Niño*-Phänomen tritt in Abständen von 4 bis 7,5 Jahren auf. Die Schwankungsbreite kann auch zwischen 2 und 7 Jahren liegen (vgl. TRENBERTH, 1991).

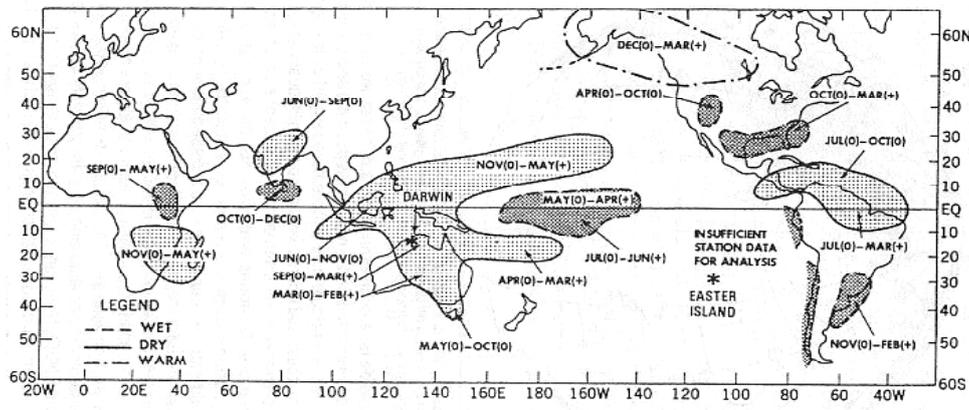


Abb. 4.17 Darstellung der regionalen Anomalie während der warmen Phase des *Niño*-Phänomens. Die mit Punkten markierten Regionen erfahren während des *Niño*-Phänomens eine Dürre („*tiempo seco*“), während die mit Linien markierten Regionen zur gleichen Zeit eine Zunahme von Niederschlagsmengen zu verkräften haben.

Quelle: Peixoto und Oort (1942:427), In: Mejía, Poveda und Carvajal (1991:41)

Während der warmen Phase des ENSO verschiebt sich die ITCZ von ihrer Normalstellung in Richtung Süden (vgl. PULWARTY & DÍAZ, 1993). Dies führt zur Erwärmung des Oberflächenwassers im Pazifik, was wiederum zu einem starken Anstieg der Niederschlagsmengen in den betroffenen Regionen führt (vgl. Abb. 4.18a).

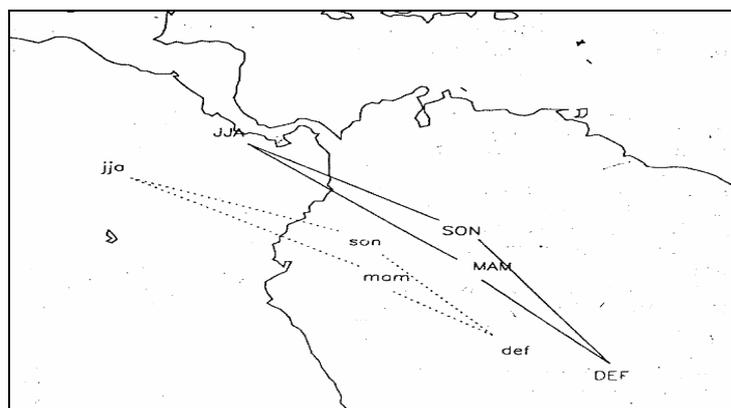


Abb. 4.18a Darstellung der ITCZ während der beiden Phasen des ENSO. Der Verlauf der ITCZ während der warmen Phase wird in durchgezogenen Linien dargestellt. Der Verlauf der ITCZ während der kalten Phase wird in punktierten Linien wiedergegeben.

Legende: DEF/def (Dezember-Januar-Februar), MAM/mam (März-April-Mai), JJA/jja (Juni-Juli-August), SON/son (September-Oktober-November)

Quelle: Mejía, Poveda und Carvajal (1991:78)

Während der kalten Phase der *Niño Southern Oscillation (ENSO)*, also im *Niña*-Zeitraum, kann es wegen der intensiven Regenfälle in der Region zu Naturkatastrophen kommen, was bei den lokalen und regionalen Klimauntersuchungen in Betracht gezogen werden sollte.

Entsprechendes theoretisches Hintergrundwissen bieten die Arbeiten von LAUER (1999), KISTEMANN & LAUER (1990), DEFANT (1949), HACKEL (1985), BLÜTHGEN & WEISCHET (1969), WEISCHET (1965), TROYER (1959) und WEGNER (1936) u.a.

#### **4.1.5.2 Klimabedingungen im Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet liegt an einem der Osthänge der oben beschriebenen, gestaffelt gegliederten und zum Caucatal abfallenden Westkordillere. Nach ESLAVA und LÓPEZ (1986) gehört es zur Region der *Cuenca hidrográfica del Cauca superior y medio*, in der das zuvor erwähnte Caucatal-Klima vorherrscht.

Jericó liegt östlich der Westkordillere und damit auf der Leeseite der westlichen Kordilleren. Die Gemeinde erstreckt sich über Flächen, die zum Teil am Hang und zum Teil in der flachen Uferregion des Caucatals liegen. Die in der Hang- und Tallage dieser Region unterschiedlich ausfallenden Niederschlagswerte lassen sich teilweise mit der Umkehr der Hang- und Talwindzirkulation erklären (vgl. TROYER, 1959); die Westwindzirkulation wird durch den doppelten Föhn oder den doppelten Luv-Lee-Effekt in Untersuchungsraum modifiziert. Es entsteht ein lokal ausgebildetes Windsystem zwischen den Kordilleren, das in die großen Längstäler hineinfällt (s. Abb. 4.19 und 4.16).

Das hier vorherrschende Regionalklima hat gemäß des Jahresablaufs der Großklimakonstellation einen bimodalen Charakter mit Höchstniederschlagswerten, die im 2. und 4. Jahresquartal erreicht werden. Zwischen Dezember und Februar herrscht Trockenzeit, eine zweite kurze Trockenzeit (kurzer Sommer) stellt sich im Juli und August ein. Der kurze Sommer ist jedoch weniger stark ausgeprägt als die Trockenzeit über den Jahreswechsel. Die Regenzeit herrscht im April und Mai als auch im Oktober-November. Die jährliche Lage der ITCZ, das bestehende Relief und die lokale Windzirkulation mit Konvektionsvorgängen haben einen starken Einfluss auf das Klima der Region.

Sowohl das regionale als auch das lokale Klima zeichnen sich durch Schwankungen von hohem (Maxima im Juni) und niedrigem (Minima im Februar) Luftdruck im Jahresverlauf aus, der ebenfalls von der Lage der ITCZ abhängt (vgl. Abb. 4.18b).

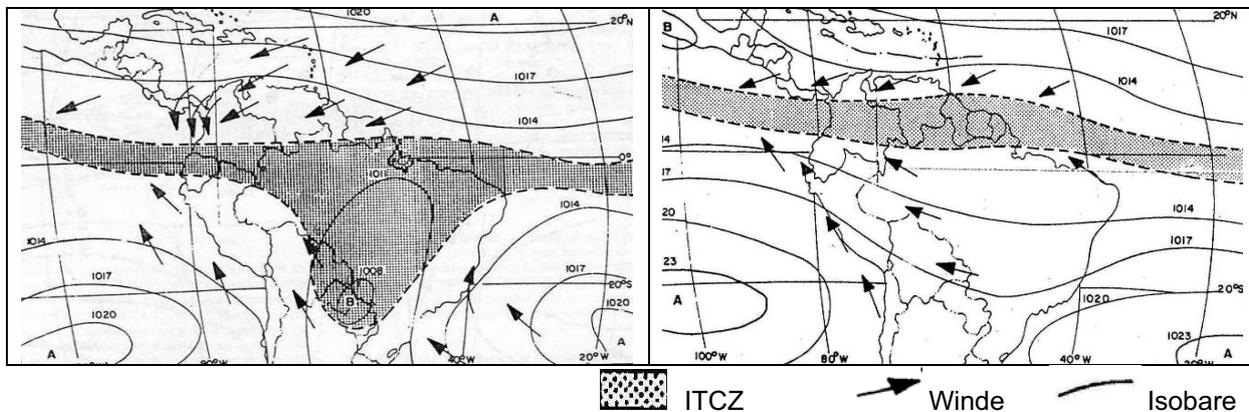


Abb. 4.18b. Darstellung der ITCZ im Jahresverlauf. Links: Darstellung der ITCZ im Januar. Rechts: Darstellung der ITCZ im Juli.

Quelle: Frère, Rjks und Rea (1978)

Die bearbeiteten Klimadaten stammen von Klimastationen, die sich im Untersuchungsgebiet selbst als auch in benachbarten Gemeinden dieser Region befinden. Die Daten wurden unter Berücksichtigung von Daten aus einigen dieser Klimastationen mit dem Programm KIWI generiert und mithilfe von GID-Klimadiagrammen zur Darstellung von Niederschlags- und Temperatugeschehen angefertigt (GID-Klimadiagramm: Dieser Typ von Klimadiagrammen wurde im Geographischen Institut der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf entwickelt, wo er auch verwendet wird), und zwar wie bei Walter-Lieth im Verhältnis 1:2. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass nicht ausreichend klimatische Informationen aus der Region zur Verfügung stehen, um eine detaillierte Analyse des zwischen dem Lokalklima und der Risikoanalyse (inklusive Überschwemmungen und Bodenerosion durch Niederschlag) bestehenden Abhängigkeitsverhältnisses vorzunehmen. Mit diesem Problem sieht man sich in fast allen Regionen Kolumbiens konfrontiert, die Gründe dafür sind die folgenden:

- Die geringe Anzahl an Klimastationen in der Region. Im Untersuchungsgebiet gibt es nur zwei Niederschlagsmessstationen (Station El Dique und Station El Porvenir), die von IDEAM und CENICAFE betrieben werden.

- Aufgrund der geringen Anzahl an Messstationen kann keine umfassende Analyse der Niederschlagsmengen vorgenommen werden, anhand derer man die im Gebiet auftretende Raumdifferenzierung und auch die Extrema ableiten könnte. Dies wäre für Zwecke einer Untersuchung der Überschwemmungen und Bodenerosion allerdings sehr wichtig.
- Keine der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Stationen liefert Angaben zur Temperatur, zum Wind oder zur Strahlung. Diese Parameter werden in der Kaffeeregion nur an einigen Klimastationen von CENICAFE (*Federación Nacional de Cafeteros*) erhoben, leider aber nicht in der Station El Dique in der Gemeinde Jericó.
- Die Messreihen der vorhandenen Stationen weisen zum Teil Lücken auf und die verfügbaren Werte sind nicht besonders zuverlässig, was auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass viele der zeitlich begrenzt betriebenen Klimamessstellen im Raum Jericó außer Betrieb sind.

In jedem Fall gilt es außerdem zu berücksichtigen, dass menschliche und/oder materielle Unzulänglichkeiten die Daten modifizieren können.

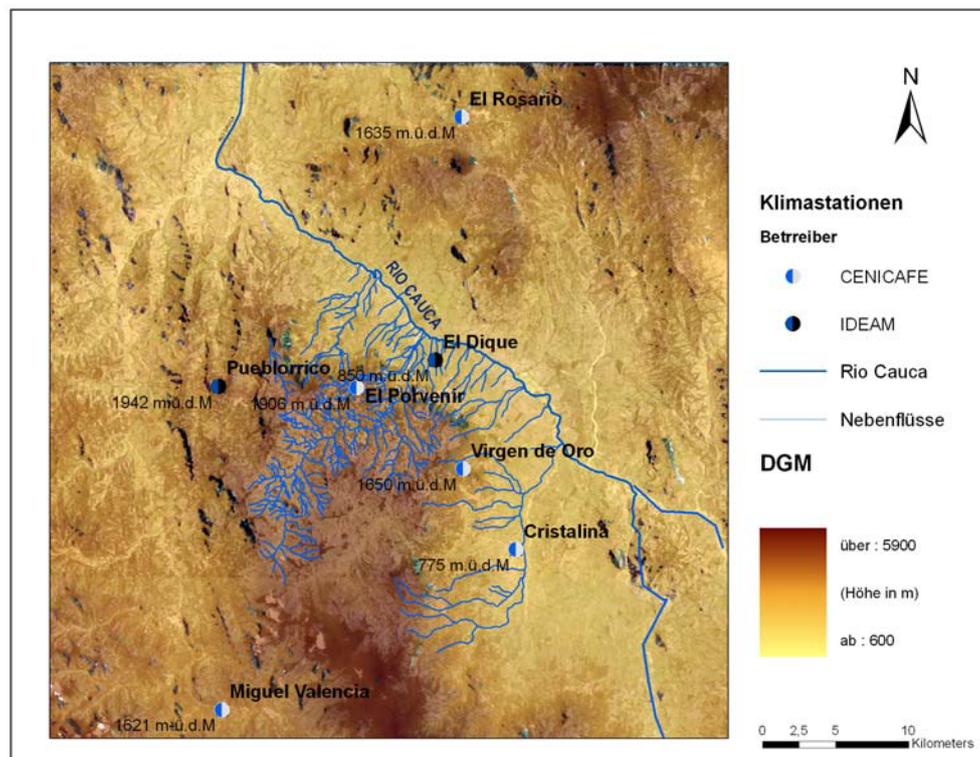


Abb. 4.19 Lage der Klimastationen auf dem Digitalen Gelände Modell (DGM). Eigene Erstellung vom DGM unter Anwendung von ArcGIS 9.0. Quelle: University of Maryland: 7 TM-Landsatzszenen 21.08.2000 überlagert mit Höhenwerten aus dem Radarsatellitenbild SRTM\_03 und mit Klimastations-Lageinformationen von IDEAM und CENICAFE.

Die Standorte der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Klimastationen werden in Abb. 4.19 und Tabelle 4.2 dargestellt. Darüber hinaus liegen Daten von verschiedenen Klimastationen aus dem Untersuchungsgebiet vor, die im *POT* von Jericó zwar Berücksichtigung fanden, hier jedoch außer Acht gelassen wurden, weil sie in einem relativ kurzen Zeitraum erfasst wurden und weil die betreffenden Klimastationen nicht mehr betrieben werden und man somit die Richtigkeit der von ihnen zur Verfügung gestellten Daten nicht mehr überprüfen kann (s. Abb. A1).

Tabelle 4.2 Art und Standort der Klimastationen im Untersuchungsgebiet und in der Umgebung.

Name	Gemeinde	Inbetriebnahme im Jahr	Höhe in m.ü.d.M	Geographische Lage	Betreiber	Art
Miguel Valencia	Jardín	1956	1621	5° 36 N 75° 51 W	CENICAFE	komplett
Virgen de Oro	Tamesis	1998	1650	5°45 N 75°42 W	CENICAFE	komplett
La Cristalina	Tamesis	1997	775	5° 42 N 75° 40 W	CENICAFE	komplett
Pueblorrico	Pueblorrico	1970	1942	5° 48 N 75° 51 W	IDEAM	pluvial
El Rosario	Venecia	1968	1635	5 °58 N 75°42 W	CENICAFE	komplett
El Dique	Jerico	1970	850	5°49 N 75°43 W	IDEAM	pluvial
El Porvenir	Jericó	2000	1906	5° 48 N 75°46 W	CENICAFE	pluvial

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE und IDEAM. Begriffserklärung: komplett = Station erfasst die folgenden Parameter: Niederschlag, Lufttemperatur, Sonnenstrahlung und Luftfeuchtigkeit; pluvial = Station erfasst nur Niederschlagswerte.

Die durchschnittlichen Jahreswerte von Temperatur und Niederschlägen, die den betreffenden Stationen dieser Region nicht mehr zugeordnet werden können, wurden aus der Arbeit von ESLAVA und LÓPEZ (1986) entnommen, die den Raum im Rahmen einer Niederschlagsstudie über die *cuenca hidrográfica del Cauca superior y medio* (Caucatal) untersucht haben (vgl. Tab. 4.3). Diese Angaben liefern einen groben Überblick über die klimatischen Verhältnisse in dieser Region.

Tabelle 4.3 Niederschlags- und Temperaturwerte von Jericó und Pueblorrico im Jahresdurchschnitt.

Gemeinde	Standort	Höhe in m.ü.d.M.	Geographische Koordinaten	Temperatur	Niederschlag
Jericó	<i>cabecera</i> Jericó	1967	5° 48 N 75°47 W	17,55° C	2415 mm
Pueblorrico	<i>cabecera</i> Pueblorrico	1570	05°47 N 75°51W	19,8° C	2765 mm

Eigene Zusammenstellung auf der Grundlage der Angaben von ESLAVA & LÓPEZ (1986).

Die in Abb. 4.20 aufgeführten Niederschlagswerte entsprechen den an verschiedenen Klimastationen in den letzten 30 Jahren erfassten Jahresdurchschnittswerten, die weiter unten unter Anwendung des Programms KIWI in einer detaillierten Form graphisch dargestellt werden.

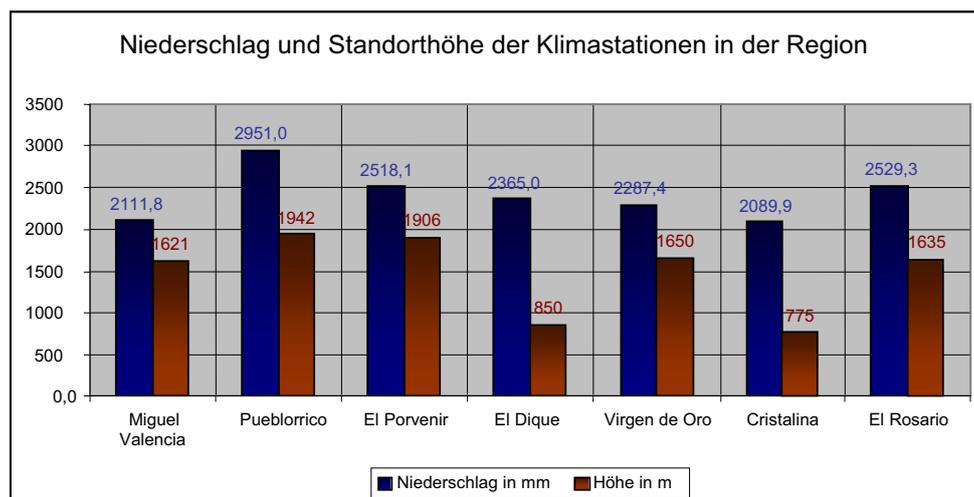


Abb. 4.20 Relation der durchschnittlichen Jahresniederschlagswerte und der Standorthöhe an den Klimastationen der Region. Eigene Darstellung.

Quelle: Daten von CENICAFE und IDEAM.

An den drei Klimastationen El Porvenir (gelegen auf 1650 m.ü.d.M.), Miguel Valencia (1621 m.ü.d.M) und El Rosario (1635 m.ü.d.M) wurden mehr oder minder identische Niederschlagswerte gemessen, was mit der Nähe der einzelnen Stationen zueinander und mit ihrer ähnlichen Höhenlage zu begründen ist (vgl. Abb. 4.20). Diese Niederschlagswerte stimmen mit den Ergebnissen von WEISCHET und mit der von ihm postulierten Abhängigkeit der Niederschläge von der Höhe in den Tropen überein (vgl. Abb. 4.14). Einen Sonderfall stellt in diesem Zusammenhang die Klimastation El

Dique (850 m.ü.d.M) dar, in der absolut große Regenmengen registriert werden. Dies hängt mit dem lokalen Relief und Windsystem zusammen (vgl. Abb. 4.19 und Abb. 4.21).

Die Morphologie in dieser Region hat großen Einfluss auf die gemessenen Werte, sodass eine Interpolation des Niederschlagsgeschehens aufgrund der Kleinkammerung des Reliefs auf den gesamten Untersuchungsraum nicht möglich ist.

#### **4.1.5.3 Analyse der Klimadaten der Klimastationen aus der Region**

Da in Jericó nur Pluvialstationen (El Dique und El Porvenir) vorhanden sind, ist für die Interpretation des gesamten Klimageschehens im Untersuchungsgebiet eine weitere Referenzstation nötig, um die anderen Klimaelemente integrieren und ansprechen zu können. Die Klimastation El Dique verfügt über eine 34-jährige Messreihe, die Klimastation El Porvenir kann ihrerseits mit einer 6-jährigen Messreihe aufwarten. In der Arbeit wurden die Daten von beiden Stationen berücksichtigt.

Andere Klimastationen in der Region mit mehrjährigen Messreihen sind die Stationen Miguel Valencia (gelegen in der Gemeinde Jardín) und El Rosario (in der Gemeinde Venecia). Dank der von ihnen zur Verfügung gestellten Messreihen ist es möglich, das Klima im Untersuchungsgebiet über die letzten 30 Jahre rückblickend zu analysieren. Beide Stationen werden von der *Federación de Cafeteros de Antioquia – CENICAFE* – betrieben. Da die Station El Rosario ziemlich weit vom Untersuchungsgebiet entfernt liegt – sie befindet sich östlich vom Untersuchungsgebiet in der Zentralkordillere –, wurden die von dort stammenden Daten in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Den theoretischen Hintergrund und eine Diskussion zur Aussagefähigkeit von Daten aus Referenzstationen in der Geoökologie liefert HECK 2006 in seiner Arbeit über das Naturschutzgebiet Puracé.

##### **4.1.5.3.1 Klimastation El Dique**

Die Klimastation El Dique liegt an der östlichen Hangseite der Westkordillere, die zum Cauccatal abfällt. Sie befindet sich in einem engen Tal, das vom Río Piedras durchzogen wird. Aufgrund der relativen Enge des Tals kommt es entlang dieses Tals bis hin zum Cauccatal zu Konvektionen. In diesem engen Tal besteht ein Zu-

sammenhang zwischen dem Hang- und Talwindssystem. Auch das relativ breite Caucatal begünstigt die Entstehung von Konvektionen, welche wiederum die Bildung von Quellwolken (vgl. WEISCHET, 1969) und von Zenitalniederschlägen fördern. Das Windverhalten entspricht dort einem Talwind-Phänomen, das das Niederschlagsverhalten an den beiden Talseiten, und insbesondere beim Hanganstieg, beeinflusst. Dies führt zu einer Differenzierung der Vegetation zwischen dem mittleren Teil des Tals (Trockental) und den beiden Hanganstiegsteilen (hygrische Stufe). Graphische Darstellungen dieses Verhaltens aus anderen Regionen findet man in Lauer (1999:106) am Beispiel des Muñeca-Berglandes (Bolivien) nach KISTEMANN & LAUER (1990) u.a. Arbeiten (vgl. Abb. 4.16 ).

In dem Gebiet, in dem die Klimastation angesiedelt ist, befinden sich zwei Landschaftstypen, die sich in Bezug auf das Relief, die Klimaverhältnisse und die Vegetation voneinander wesentlich unterscheiden:

1. Der Landschaftstyp des flachen Ufergebiets Jericos. Dieser Landschaftstyp liegt inmitten des Caucatal. Dort fand man ursprünglich Pflanzenwuchs des als *bosque seco tropical* bezeichneten Lebensraums vor (vgl. ESPINAL, 1992); heute findet man dort hauptsächlich Weiden, Büsche und Brachland, die von Großgrundbesitzern für die Viehzucht (*Latifundistas*) genutzt werden.
2. Der Landschaftstyp am Hangaufstieg des Caucatal – es handelt sich hierbei um das Gebiet, wo die Klimastation liegt. Hier fand man ursprünglich Pflanzenwuchs des als *bosque húmedo tropical* bezeichneten Lebensraums vor (vgl. ESPINAL, 1992); heute werden diese Flächen hauptsächlich für die Viehzucht und den Kaffeeanbau von Kleinlandwirten (*Minifundistas*) genutzt.

Diese beiden Räume sind aufgrund der dort vorgefundenen geomorphologisch-geologischen Gegebenheiten wie der starken Hangneigung und der relativ großen Entfernung zum Ortszentrum (*cabecera*) sehr dünn besiedelt.

In der Nähe der Klimastation El Dique, in der keine jährlichen Messreihen von Temperaturen erhoben werden (vgl. Tab. 4.2), wurde in den 1990er Jahren ein privates Wasserkraftwerk (*Hidroeléctrica Río Piedras*) in Betrieb genommen. Die in dieser

Region ursprünglich vorhandenen Wälder wurden im Zuge der Kolonialisierung zugunsten des Kaffeeanbaus und der Viehzucht mit der Zeit abgeholzt.

Wie aus der Abbildung 4.21 hervorgeht, stimmt die lokale Verteilung des Niederschlags mit dem bimodalen Niederschlagsverhalten des Klimas in der Region überein (s. Abb. 4.21 und Abb. 4.22a). Zwischen Dezember und Februar herrscht eine relative Trockenzeit. Zwischen Juli und August stellt sich eine kurze Abschwächung der Niederschläge ein, die in Kolumbien als *veranillo* bezeichnet wird. Diese „Trockenperiode“ ist jedoch weniger stark ausgeprägt als die „Trockenperiode“ über den Jahreswechsel. In den Hauptniederschlagsmonaten kommt es in wenigen Jahren auch zu deutlich unterdurchschnittlichen Regen, wohingegen in den Trockenmonaten absolut gesehen durchaus auch häufiger sehr hohe Niederschlagsmengen verzeichnet werden können. Die absoluten Maxima der Niederschlagswerte werden im 4. Jahresquartal, insbesondere im Oktober und November, erreicht, wohingegen die absoluten Minima der Niederschlagswerte am Anfang der Trockenzeit im 1. Jahresquartal registriert werden. Ferner ist in Bezug auf die ENSO-Jahre aus der Graphik zu erkennen, dass die Höchstniederschlagswerte nicht notwendigerweise nur in *Niña*-Jahren, und die niedrigsten Niederschlagswerte nicht nur in *Niño*-Jahren, gemessen werden. Es gibt also keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den höchsten und den niedrigsten Niederschlagswerten, die in der Station El Dique gemessen werden, und dem Eintreten des ENSO-Phänomens.

Im 2. Quartal des Jahres 1990 wurde in der Station El Dique ein höherer Niederschlagswert registriert als der für diese Jahreszeit übliche, was möglicherweise mit einer lokalen oder regionalen Konvektionsströmung (*Complejo convectivo de Me-soescala*) (VELASCO & FRISCH, 1997) zusammenhing, wobei auch die Möglichkeit besteht, dass sich der erhöhte Wert aus einem Messfehler ergab. Es ist außerdem in Betracht zu ziehen, dass in dieser Station fast im gesamten Jahresverlauf - vom November abgesehen – ebenfalls niedrige Niederschlagswerte gemessen wurden.

Im Allgemeinen sei festzuhalten, dass die Niederschlagsmaximumwerte in den *Niño*-Jahren unterhalb der Durchschnittswerte bleiben. In den *Niña*-Jahren nehmen die monatlichen Niederschlagswerte zu. Für eine statistische begründbare Aussage reicht die Anzahl der gemessenen Ereignisse jedoch nicht aus.

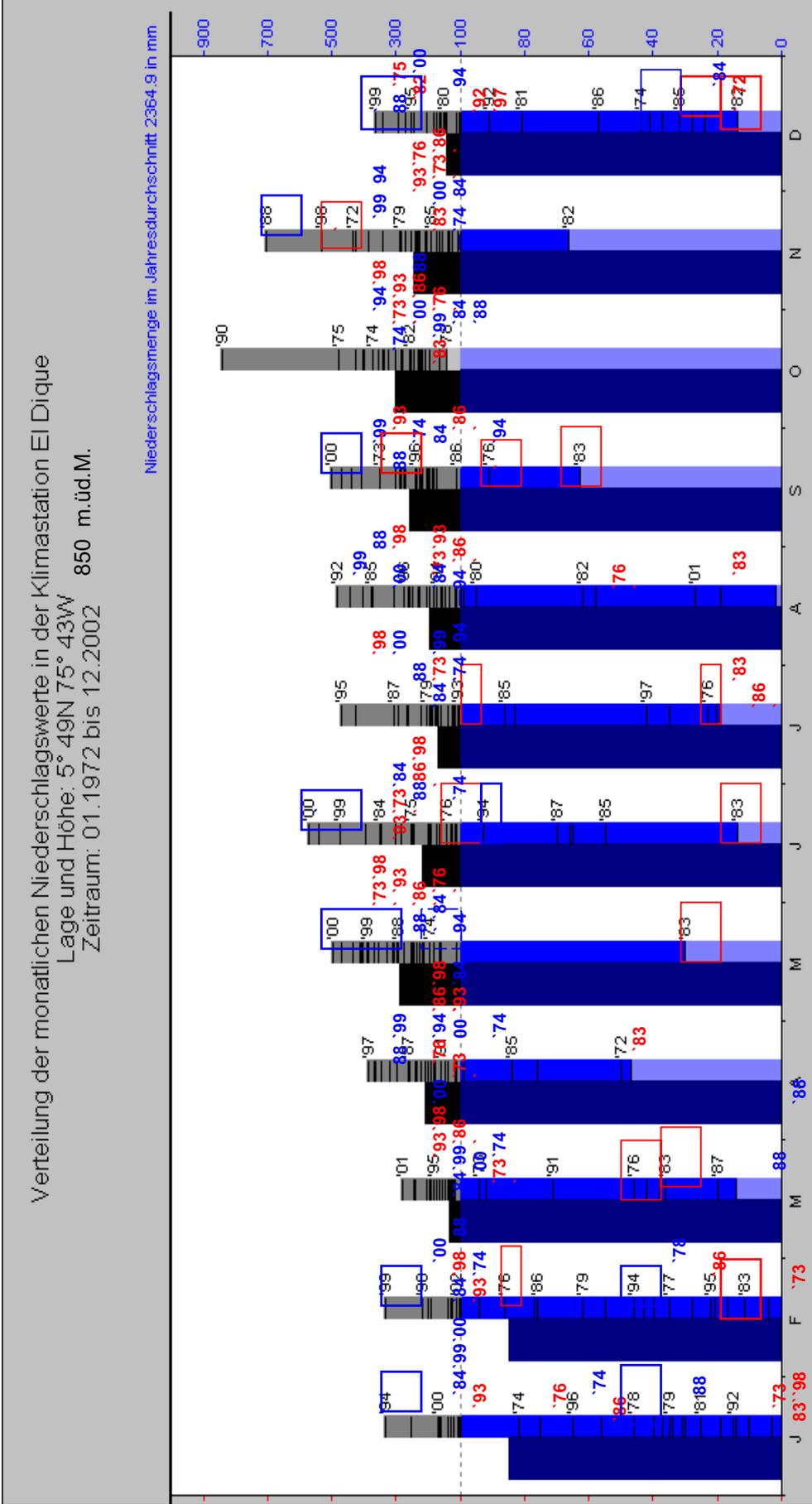
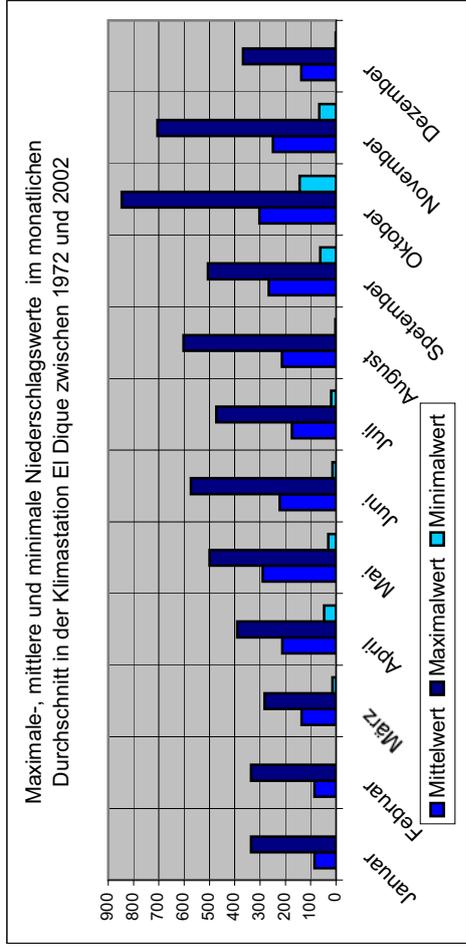


Abb. 4-21 Niederschlagsdiagramm der Station El Dique für die Zeit von 1972 bis 2002. Die Niederschlagsverteilung in dieser Station ist bimodal mit Höchstwerten, die im 2. und 4. Quartal erreicht werden. Die ENSO-Jahre sind im Diagramm deutlich hervorgehoben. Die Niño-Jahre sind rot, und die Niña-Jahre blau markiert. Eigene Darstellung mit KIWI unter Zuhilfenahme von IDEAM Daten.



Niño- Jahre

Niña-Jahre

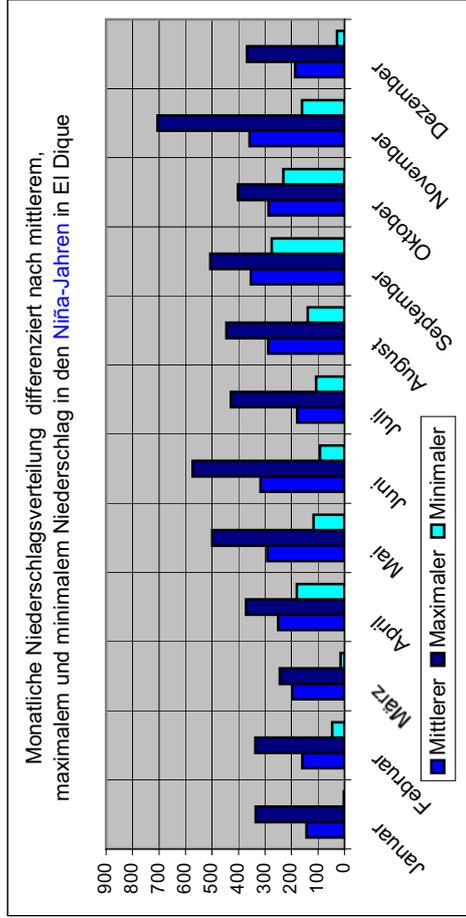
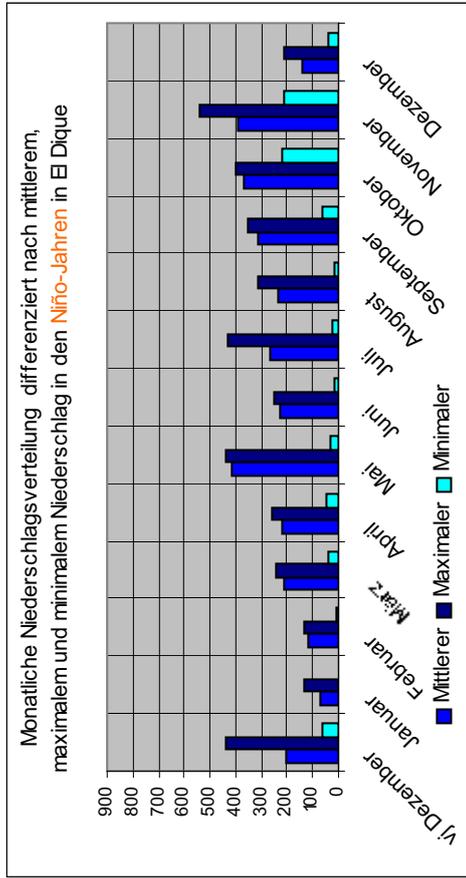


Abb. 4.22a Oben: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte in der gesamten Messperiode. Unten links: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte in den Niño-Jahren. In der Grafik wurde der Monat Dezember, der dem Niño-Jahr vorausgeht (vj Dezember), mitberücksichtigt. Unter rechts: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte in den Niña-Jahren. Zur Erläuterung: Niño-Jahre: 1972/73, 1975/76, 1982/83, 1985/86, 1992/93, 1997/98. Niña-Jahre: 1974, 1984, 1988, 1994, 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13). Eigene Darstellung unter Zuhilfenahm von Daten von IDEAM.

In den *Niño*-Jahren gibt es in der Klimastation El Dique auch Perioden, in denen erwartungsgemäß trockenen Monate hohe Niederschlagswerte aufweisen, z. B. der Januar im Jahr 1993 oder der Februar im Jahr 1997. Außerdem sind die monatlichen mittleren und minimalen Niederschlagswerte im 4. Quartal (Oktober, November) höher als diejenigen, die in normalen Jahren registriert werden. Diese Monate müssen in *Niño*-Jahren in Hinsicht auf Rutschungen und Überschwemmungen unbedingt im Auge behalten werden, da die Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen dann sehr hoch ist. Aus diesem Grund sollte diesen Monaten in jedem Programm zur Vorbeugung von Naturkatastrophen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

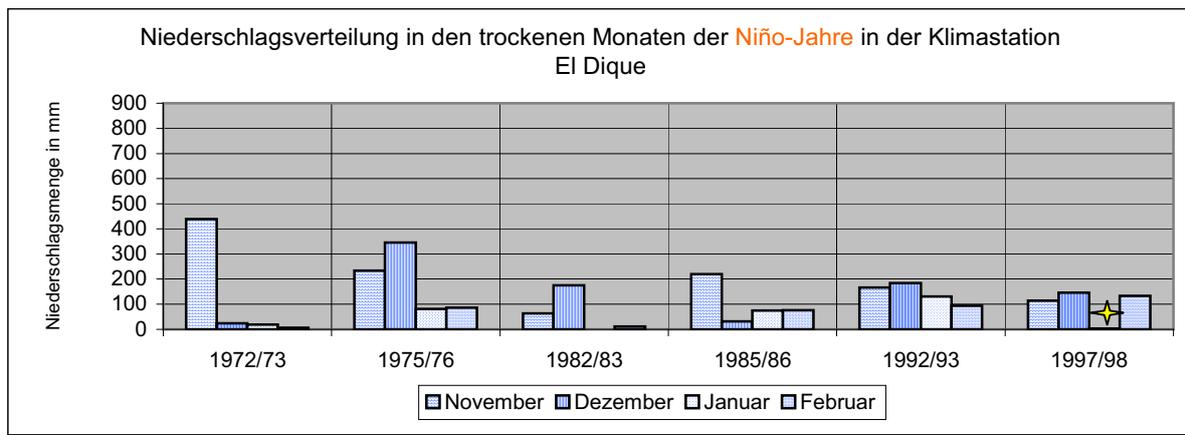


Abb. 4.22b. Niederschlagsverteilung in den vermeintlich trockenen Monaten der *Niño*-Jahre. In der Grafik wurden die Monate November und Dezember, die dem *Niño*-Jahr vorausgehen, mitberücksichtigt. In den *Niño*-Jahren 1972/73 und 1982/1983 wurde eine ausgeprägte Trockenzeit beobachtet. Der Monat, für den es keine Angaben gibt (Januar 1998), ist mit einem gelben Stern markiert.

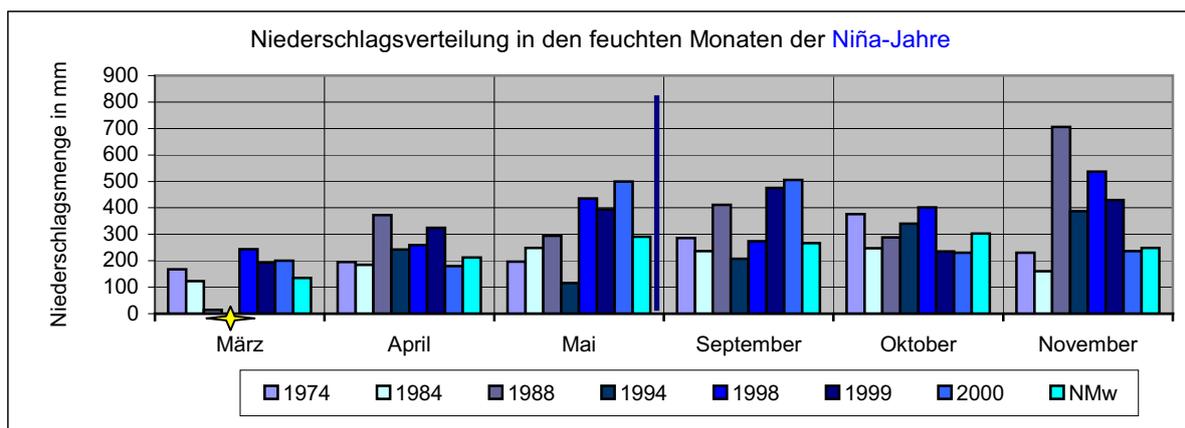


Abb. 4.22c. Niederschlagsverteilung in den feuchten Monaten während der *Niña*-Jahre. In den *Niña* Jahren 1988 und 1999 wurden im 2. und 4. Quartal hohe Niederschlagsmengen verzeichnet. Die Niederschläge dauerten in diesem Zeitraum über Monate an und erreichten ihre Höchstwerte im November. Der Monat, für den es keine Angaben gibt (März 1994), ist mit einem gelben Stern markiert. Begriffserläuterung: NMw: monatliche Niederschlagsmittelwerte, die während der Regenzeiten in der gesamten Messperiode in der Station El Dique gemessen wurden.

Bei den *Niña*-Jahren steigen die mittleren monatlichen Niederschlagswerte schon ab dem 1. Quartal (Februar) an; die minimalen monatlichen Niederschlagswerte tun dies ab dem 2. Jahresquartal. Die maximalen Niederschlagswerte in der feuchten Phase des ENSO treten im 4. Quartal (November) auf (s. Abb. 4.22c). Anhand der Durchschnittswerte lässt sich im Vergleich zu den Normjahren eine Tendenz zum Anstieg der Niederschlagsmengen erkennen. Die regenreichsten *Niña*-Jahre waren die Jahre 1988 und 1998.

Im Zusammenhang mit der Vorbeugung von Naturkatastrophen spielt das *Niña*-Phänomen aufgrund der Zunahme der Niederschlagswerte in diesem Zeitraum eine wichtige Rolle, weshalb dieses Phänomen bei der Formulierung entsprechender Vorbeugungsprogramme beachtet werden muss. So können z. B. Hänge wegen Monate langer Niederschläge instabil werden und dadurch Rutschungen (bei geneigten Gebieten) und Überschwemmungen (auf den tiefstliegenden, flachen Bereichen in Flussnähe) verursachen.

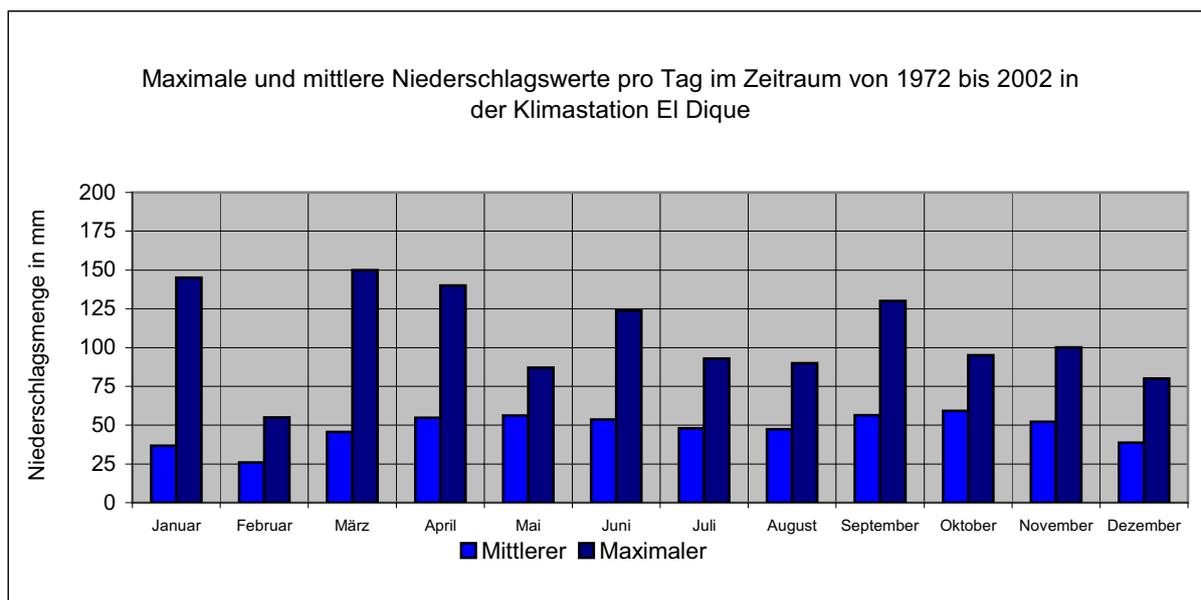


Abb. 4.22d Darstellung der mittleren monatlichen Tagesmaxima (24-Stundenwerte) (mittelblau) von Niederschlagswerten im Zeitraum von 1972 bis 2002. Die absoluten Tagesmaxima der gesamten Messperiode sind in dunkelblau wiedergegeben  
Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM.

Aus der Abbildung 4.22d ist zu ersehen, dass die Tageshöchstniederschlagswerte im 1. Quartal mit 145 mm im Januar 1994 bzw. mit 150 mm im März 1989 sowie wäh-

rend der Trockenzeit mit 124 mm im Juni (1984) verzeichnet wurden. Weitere Tageshöchstniederschlagswerte wurden zu Anfang der beiden Regenzeiten im April 1997 mit 140 mm und im September 1988 mit 130 mm erreicht. Die Maxima der trockenen Monate Januar und Juni entfielen auf die Niña-Jahre 1984 und 1994. Besonders hohe Tagesmaxima, die eine große Gefahrenquelle für Rutschungen darstellen könnten, treten also nicht nur während der Kernregenzeiten auf (s. Abb. 4.22d).

An Tagen, an denen während der *Niña*-Jahre Extremmaxima erreicht werden, besteht die Gefahren von Überschwemmungen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen erhöht. Ein Vorbeugungsprogramm für Naturkatastrophen, welches an ebensolchen Tagen greifen soll, ist schwer umsetzbar, da es sich in solchen Fällen eher um Zufallsereignisse handelt. Leider verfügt man in der Gemeinde Jericó bisher über keine Aufzeichnungen, aus denen sich ein direkter Zusammenhang zwischen Niederschlagsextremereignissen und kleineren und größeren Naturkatastrophen nachzeichnen ließe.

Aus den Abbildungen 4.21 und 4.22e ist zu ersehen, dass Höchstniederschläge nicht ausschließlich während der *Niña*-Jahre verzeichnet werden.

Es hat nämlich auch Jahre ohne *Niña*-Phänomen gegeben, in denen die Höchstniederschlagswerte der gesamten Messperiode auf 5 der 12 Monate des Jahres entfielen. Insgesamt lässt sich aber sagen, dass die meisten Höchstniederschlagswerte generell im 4. Jahresquartal (Oktober-November) gemessen werden. In der Abbildung fällt fernerhin auf, dass während 4 der 6 *Niña*-Jahre im Zeitraum von 1972 bis 2000 überdurchschnittlich hohe Niederschlagswerte im November verzeichnet wurden.

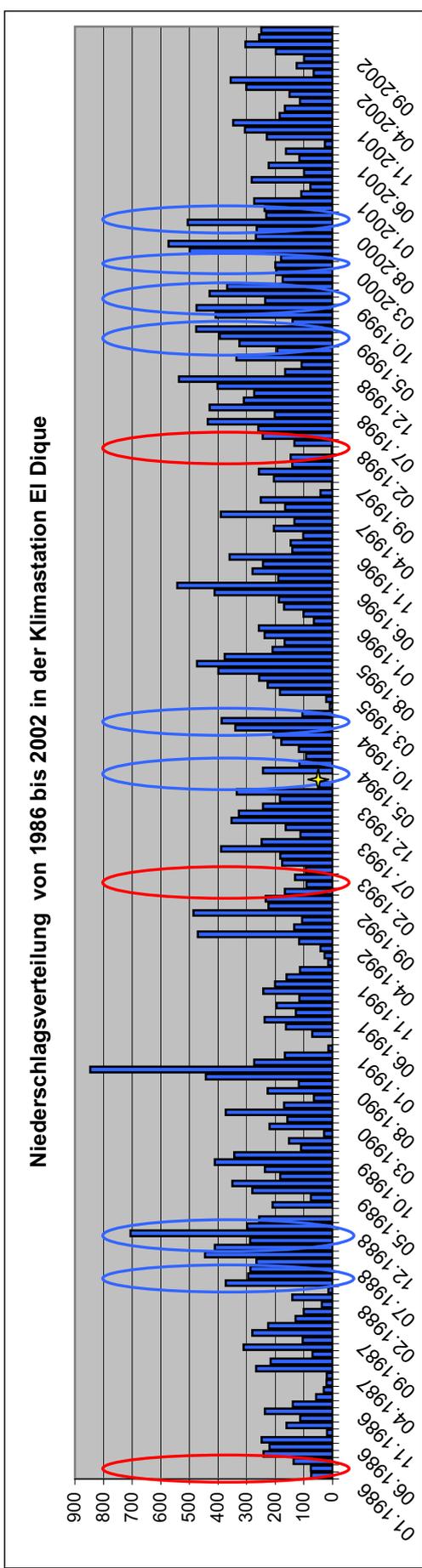
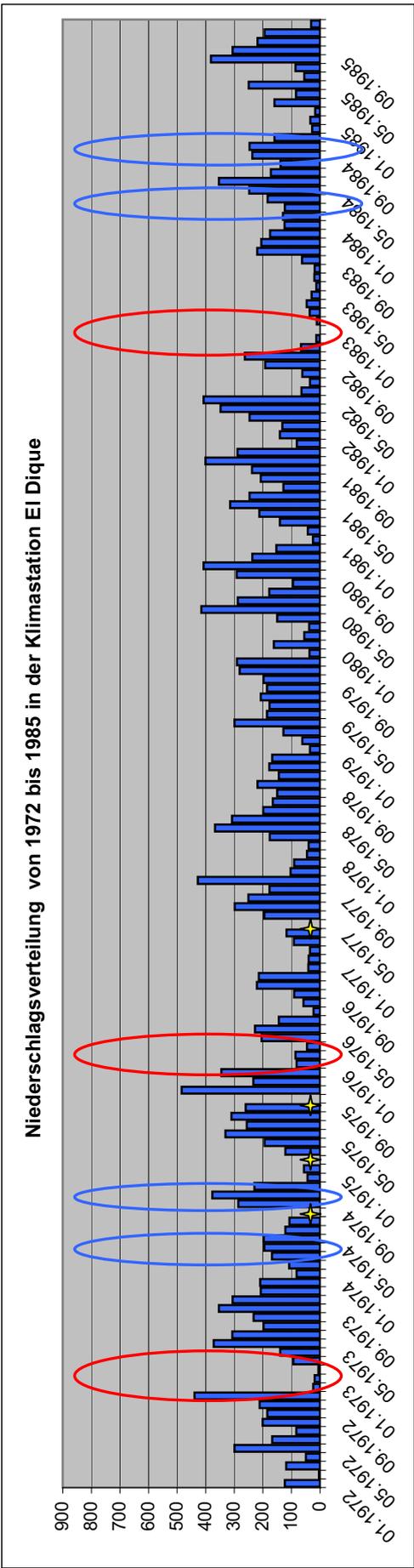


Abb. 4.22e. Darstellung der Niederschlagsverteilung im Zeitraum zwischen 1972 und 2000 in der Station El Dique: Die Niño-Jahre sind rot, die Niña-Jahre blau und die Monate ohne einen entsprechenden Eintrag sind mit einem gelben Stern markiert. Zur Erläuterung: Niño-Jahre: 1985/86, 1992/93, 1997/98. Niña-Jahre: 1988, 1994, 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13).

In den dazwischen liegenden Jahren wurden überdurchschnittlich hohe Niederschlagswerte im Mai und September gemessen, während der Oktober, der sich neben dem Monat Mai als der Monat mit den höchsten durchschnittlichen Monatsmittelwerten der Messperiode kennzeichnet, in *Niña*-Jahren kein besonders auffällig erhöhtes Niederschlagsaufkommen gezeigt hat. Das bedeutet, dass in den eben erwähnten Monaten eine erhöhte Naturrisikogefahr herrscht, wobei hier beachtet werden muss, dass hohe Niederschlagsmengen während der vorangehenden Monate zur Bodenwasserübersättigung führen und somit diese Gefahr verstärken können. Dies sollte in den „POTs“ und Naturkatastrophen-Vorbeugungsprogrammen, in denen auf die Rutschungs- und Überschwemmungsanfälligkeit potentiell bedrohter Gebiete eingegangen wird, in Zukunft unbedingt berücksichtigt werden.

Auch wenn die monatlichen Niederschlagswerte in *Niña*-Jahren im Durchschnitt liegen – und in vielen *Niña*-Jahren sogar darüber –, gibt es in *Niña*-Jahren doch auch viele Monate, in denen unterdurchschnittliche Niederschlagswerte verzeichnet werden, so dass das hohe Niederschlagsaufkommen, das dem Volksglauben nach für *Niña*-Jahre typisch ist, allenfalls als Regel mit vielen Ausnahmen bestehen bleiben kann. Anhand der objektiven Langzeiterfassung von Jahresniederschlagsmengen und deren genauen Analyse kann keine absolute Regelmäßigkeit abgeleitet werden, mit deren Hilfe sich etwaige Höchstniederschläge, die mit diesem Phänomen zusammenhängen, genau prognostizieren lassen würden.

#### **4.1.5.3.2 Klimastation El Porvenir**

Die Station Porvenir liegt südwestlich der Station El Dique (südlich des *Río Cauca*) und nordöstlich der *cabecera* von Jericó in der *vereda* La Leona. Sie wird seit dem Jahr 2000 von CENICAFE betrieben. Die in der Umgebung dieser Klimastation ursprünglich vorhandene Vegetation wurde zerstört, der heutige Bewuchs in dieser Gegend beschränkt sich auf Kaffee, Weideland, Obstbäumen, anderen Kulturpflanzen und Gebüsch. Da die Klimastation Porvenir in der Nähe der *cabecera* von Jericó liegt, weist die Umgebung dieser Klimastation eine größere Siedlungsdichte auf als der Standort der Klimastation El Dique.

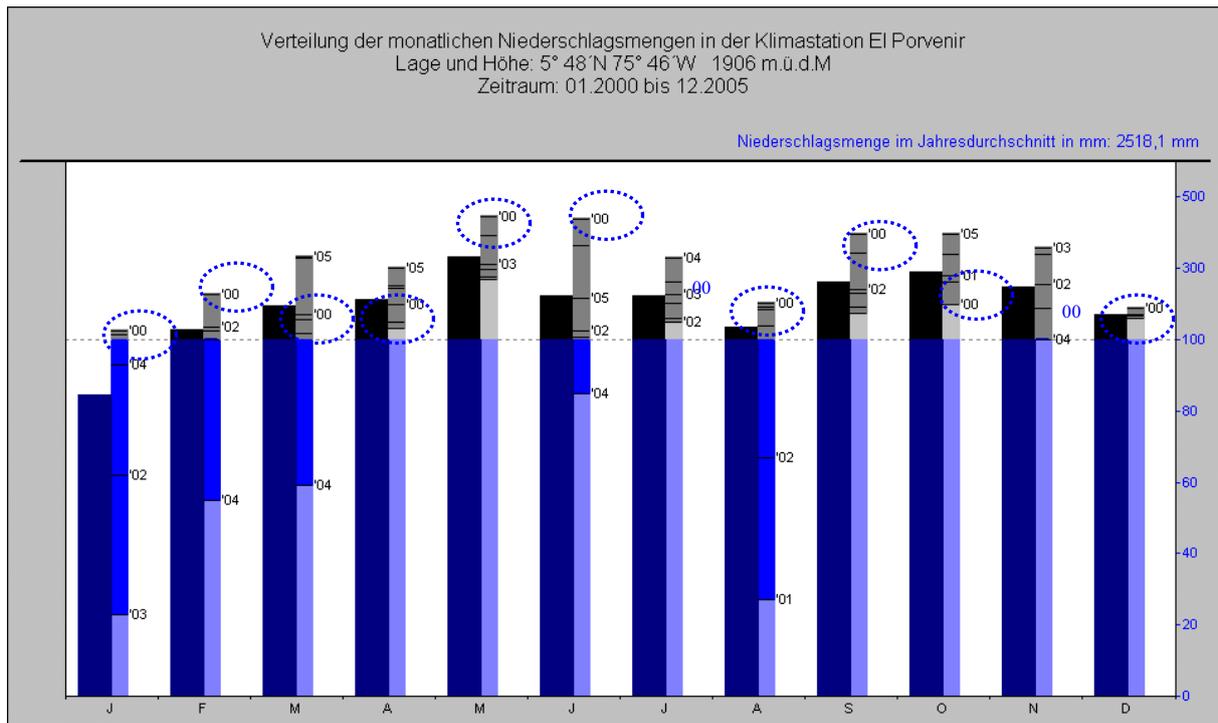


Abb. 4.23a Darstellung der registrierten Niederschlagsmengen in der Klimastation El Porvenir im Zeitraum zwischen 2000 und 2005. Die *Niña*-Jahre sind blau markiert.

Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE und IDEAM.

Die Niederschlagsverteilung in der Klimastation El Porvenir ist bimodal mit Höchstwerten, die im 2. und 4. Jahresquartal erreicht werden. Die Höchstwerte entfallen auf die Monate Mai und Oktober. Eine relative Trockenzeit herrscht zwischen Januar und Februar. Die *Niña*-Jahre sind in der Abbildung mit runden, gepunkteten Blaulinien kenntlich gemacht worden. Im Jahr 2000 gab es ein *Niña*-Phänomen, und ähnlich wie schon anhand der in der Klimastation el Dique erhobenen Daten aufgezeigt wurde, wurden auch hier in den Monaten Mai, Juni und September jenes Jahres hohe Niederschlagsmengen verzeichnet.

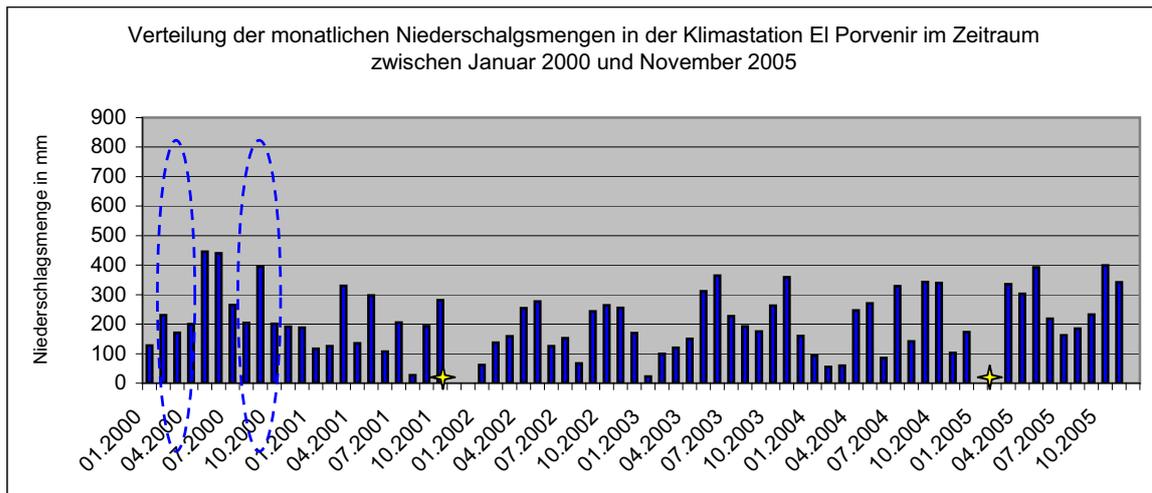


Abb. 4.23b Darstellung der Niederschlagsverteilung in der Klimastation El Porvenir im Zeitraum 2000 bis 2005. Die Monate ohne entsprechende Angaben wurden mit einem gelben Stern markiert, das *Niña*-Jahr 2000 ist in der Abbildung mit runden, gepunkteten Blaulinien kenntlich gemacht worden.. Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE.

Im Gegensatz zum Vergleichszeitraum der Jahre 2004 und 2005 wurden im 2. Jahresquartal (April und Mai) der Jahre 2000 bis 2003 in der Klimastation El Porvenir die höchsten Niederschlagswerte gemessen. Aufgrund der kurzen Aufzeichnungsdauer von dieser Klimastation ist es jedoch nicht möglich, zu erkennen, in welchem Jahresquartal genau die höchsten Niederschlagsmengen im langjährigen Mittel zu Boden fallen.

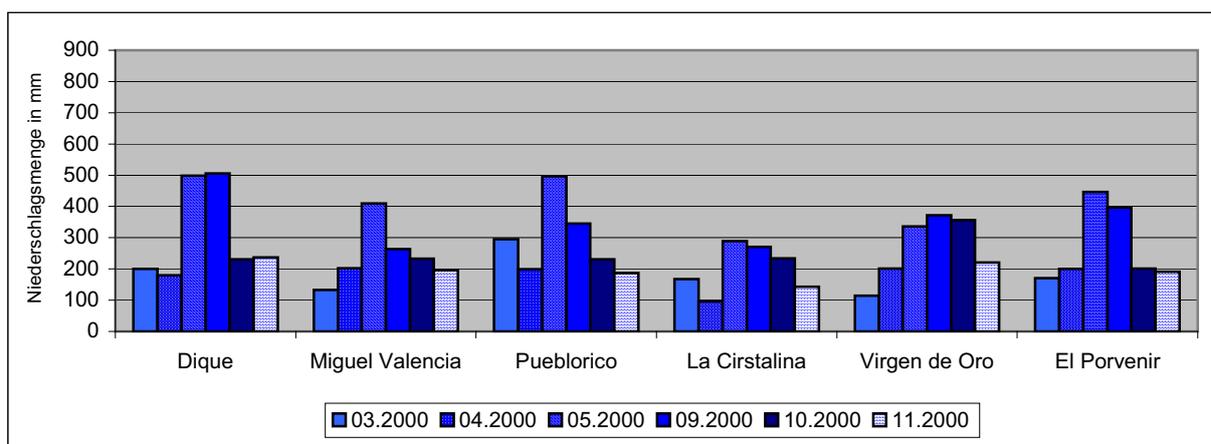


Abb. 4.23c. Darstellung der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen El Porvenir, El Dique, Miguel Valencia, Pueblorrico, La Cristalina und Virgen de Oro im *Niña*-Jahr 2000. Hier sind die Regenzeitmonate des *Niña*-Jahres dargestellt. Die Niederschlagsverteilung in den Stationen El Dique und El Porvenir weisen eine ähnliche Niederschlagsstruktur auf.

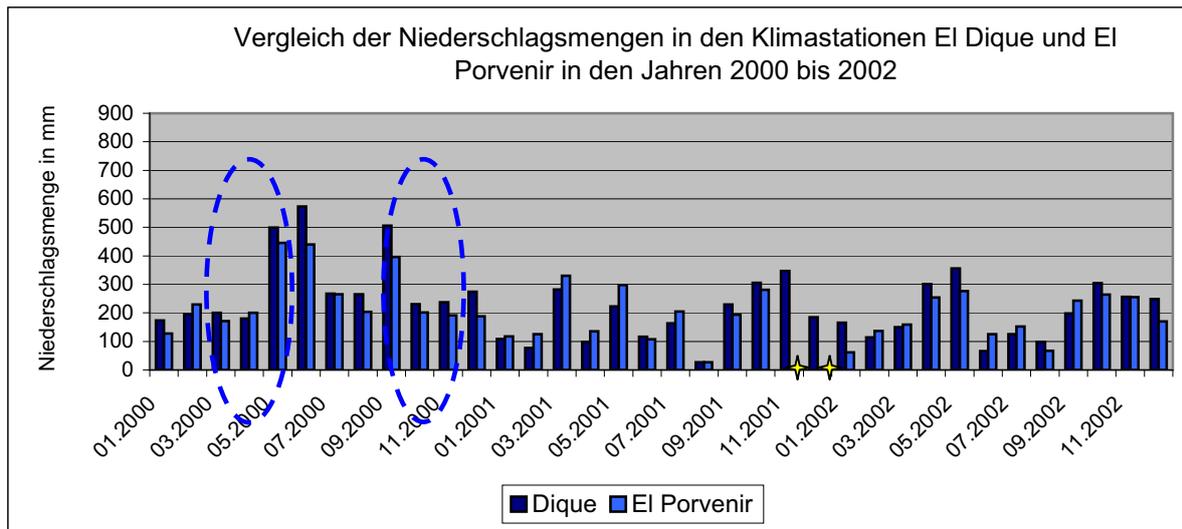


Abb. 4.23d Vergleich der Niederschlagsmengen in den Klimastationen El Dique und El Porvenir im Zeitraum zwischen 2000 und 2002. Das *Niña*-Jahr 2000 ist in der Abbildung mit einem blauen Oval markiert. Die Monate, für die es keine Angaben gibt, sind mit einem gelben Stern markiert worden.

Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE und IDEAM.

#### 4.1.5.3.3 Klimastationen in den Nachbargebieten

Da der Klimaeinfluss auf Naturkatastrophen im eigentlichen Untersuchungsgebiet nur anhand von Daten aus 2 Messstationen untersucht werden konnte, sollen zum besseren, dreidimensionalen Verständnis und zur regionalen Einordnung des Niederschlagsverhaltens die Daten der wenigen Klimastation aus Nachbargemeinden in eine weitere Analyse der Zusammenhänge einbezogen werden.

##### 4.1.5.3.3.1 Klimastation Pueblorrico

Die Station Pueblorrico liegt nordwestlich des Untersuchungsgebiets im San Juan-Tal in der Nähe des Río Mulatos, welcher ein Nebenfluss des Río San Juan ist und in den Río Cauca mündet. Die Station wird seit dem Jahr 1966 betrieben. Die hier gemessene durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge liegt bei 2951,4 mm. In der Station Pueblorrico werden ebenfalls keine Temperaturmessungen durchgeführt. Die hier ursprünglich vorhandene Vegetation wurde zerstört, der heutige Bewuchs beschränkt sich auf Kaffee, Weideland und Gebüsch.

Die Niederschlagsverteilung in der Klimastation Pueblorrico ist bimodal; die Höchstwerte werden dort im 2. und 4. Jahresquartal erreicht, wobei die mittleren Höchstniederschlagswerte in den Monaten Mai und Oktober gemessen werden. Zwischen Dezember und Februar herrscht eine relative Trockenzeit, zwischen Juli und August stellt sich in wenigen Jahren die als *veranillo* bekannte „kurze Trockenzeit“ ein. Diese Trockenperiode ist jedoch weniger stark ausgeprägt als die Trockenzeit über den Jahreswechsel. In der Haupttrockenzeit (Dezember – Februar) gibt es 2 Monate mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von ca. 100 mm (s. Abb 4.24a). Es besteht jedoch durchaus die Möglichkeit, dass in manchen Jahren während dieser 2 Monate maximale Niederschlagsmengen von über 300 mm zu Boden fallen können. Dies bedeutet, dass dieses Gebiet aufgrund der hohen Niederschlagsvariabilität auch in den im Mittel trockneren Monaten absolut gesehen sehr hohe Niederschlagsmengen zu verkräften hat, weshalb hier ständig die Gefahr von Hochwasser und Rutschungen herrscht. Die absolut höchsten Niederschlagswerte werden in den Monaten Mai-Juni-Juli (2.+3. Jahresquartal) als auch im Oktober sowie im September und November (3. und 4. Jahresquartal) verzeichnet. Der höchste Niederschlagswert, der im Laufe der 34-jährigen Messperiode ermittelt worden ist, betrug ca. 1000 mm und wurde im Mai 1984 (*Niña*-Jahr) gemessen. Auf diesen sehr regneten Monat folgten 2 Regenmonate, in denen insgesamt etwas mehr als 700 mm Wasser zu Boden fielen. Da der im Mai 1984 erhobene Wert in der 34-jährigen Messreihe einmalig geblieben ist und weil es keine Möglichkeit gibt, ihn noch einmal zu überprüfen, ist nicht auszuschließen, dass dieser extrem hohe Werte auf einen Angabefehler zurückzuführen ist.

Die maximalen Niederschlagswerte in der Klimastation Pueblorrico wurden in den Jahren 1984 (im Mai), 1987 (im Oktober) und 1988 (im Juli) verzeichnet. 1984 und 1988 waren *Niña*-Jahre. Wie in der Station El Dique lässt sich auch hier festhalten, dass die Höchstniederschlagswerte nicht unbedingt immer mit den *Niña*-Ereignissen einhergehen.

Für die Station Pueblorrico steht leider keine Jahrreihe von Temperaturmessungen zur Verfügung.

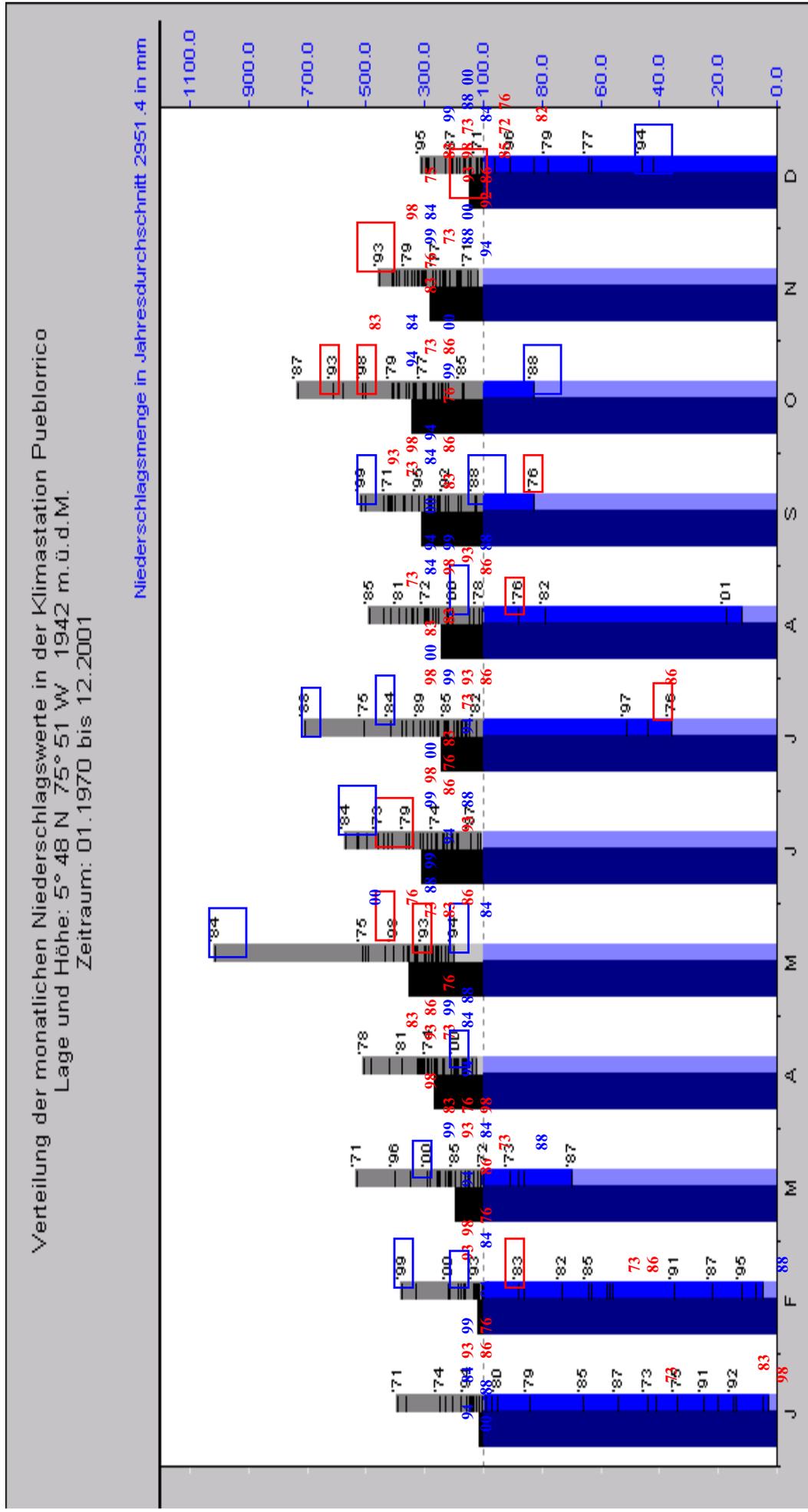
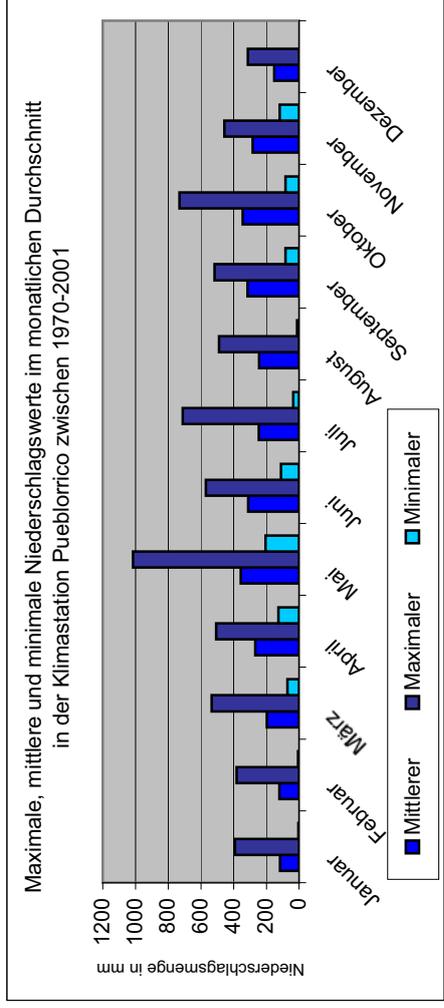
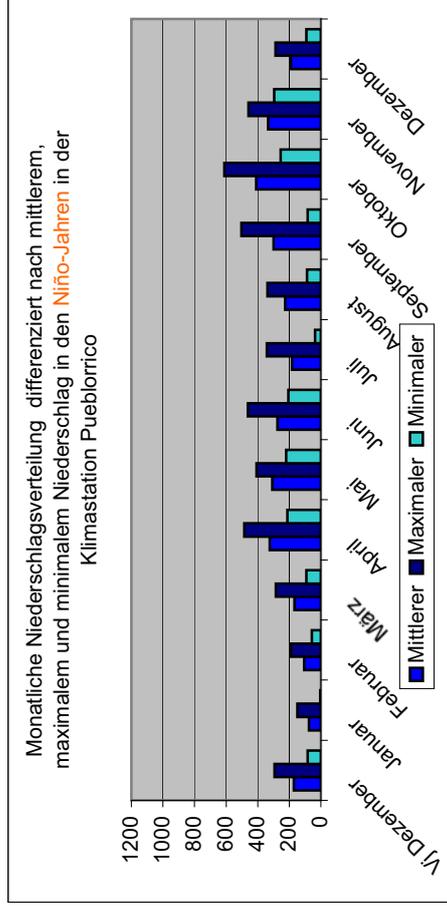


Abb. 4.24a. GID-Klimadiagramm der Station Pueblorrico. Aus der Abbildung geht hervor, dass die lokale Niederschlagsverteilung mit dem bimodalen Niederschlagsverhalten des regionalen Klimas übereinstimmt (Abb. 4.24a und Abb. 4.24b). Die Niño-Jahre sind blau, und die Niño-Jahre sind rot markiert. Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM.



Niño-Jahre



Niña-Jahre

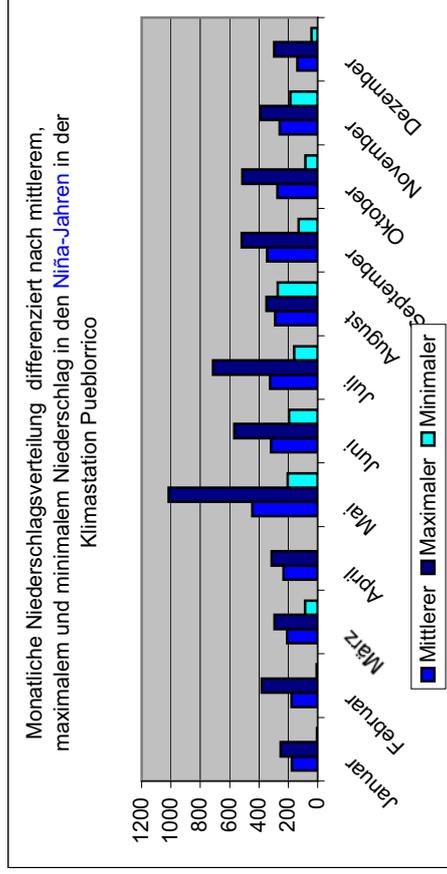


Abb. 4.24b. Darstellung der mittleren-, maximalen und minimalen Niederschlagswerte in Station Pueblorrico (oben) zwischen 1970-2001 und die Ausdifferenzierung nach Niño- und Niña-Jahren. In der Grafik wurde der Monat Dezember, der dem Niño-Jahr vorausgeht (vj Dezember), mitberücksichtigt. Leider hat der Monat Dezember 1997 keine Angabe und deshalb wurde der VJ Dezember 1997 nicht berücksichtigt. Zur Erläuterung: Niño-Jahre: 1972/73, 1975/76, 1982/83, 1985/86, 1992/93, 1997/98. Niña-Jahre: 1974, 1984, 1988, 1994, 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13).

Der Abbildung 4.24b lässt sich zudem entnehmen, dass es in „normalen“ Jahren sowohl Monate mit erhöhten als auch mit niedrigeren Niederschlagswerten geben kann, und dass das *Niña*-Phänomen nicht unbedingt zum Anstieg der Niederschlagswerte führt (vgl. Abb. 4.24a+b). So geht aus den vorgenannten Abbildungen hervor, dass die Höchstniederschlagswerte einer ganzen Messperiode in *Niña*-freien Jahren auf 6 der 12 Jahresmonate entfallen.

Aus der Abbildung 4.24b geht ferner hervor, dass das *ENSO*-Phänomen das Niederschlagsverhalten dahingehend verändert, dass die Höchstniederschlagswerte sowohl im 2. Jahresquartal als auch in der Trockenzeit registriert werden können (s. Niederschlagswerte von Juni und Juli).

An der Klimastation Pueblorrico gibt es im Gegensatz zur Station El Dique wenige Monate, in denen niedrige mittlerer Niederschlagswerte auftreten. Damit deutet sich an, dass das Niederschlagsniveau in Richtung Westen höher ist als an der östlichen Seite der Kordilleren. Dies unterstreicht die einleitende Feststellung aus dem Klimakapitel, in dem auf die Auswirkungen der innertropischen Westwinde und auf die Abnahme der Niederschläge in östlicher Richtung wegen der Luv-Lee Effekte hingewiesen wurde.

In der Station Pueblorrico sind die maximalen Niederschlagswerte in den Monaten März, Mai, Juli und Oktober gemessen worden, wohingegen die Station El Dique ihre Maxima in den Monaten Mai, Juni, August, Oktober und November verzeichnet. Die einzelnen Klimastationen sind aufgrund der starken räumlichen Differenzierung in der kleingekammerten Hochgebirgslandschaft wenig repräsentativ für allgemein gültige Aussagen und können daher für Hochwasservorhersagen auf benachbarte Einzugsgebiete selten übertragen werden, so dass hydrologische Prognosen außerordentlich schwierig sind.

Die Maximalniederschläge in *Niña*-Jahren, die in den beiden Stationen in jeweils unterschiedlichen Monaten erreicht werden, zeugen von großer räumlicher Variabilität der Niederschläge sowohl in Bezug auf die Einzelereignisse als auch der Periodizität.

In den *Niño*-Jahren gibt es auch Jahre, in denen die zu erwartenden trockenen Monaten hohe Niederschlagswerte aufweisen, so z. B. im Jahr 1993.

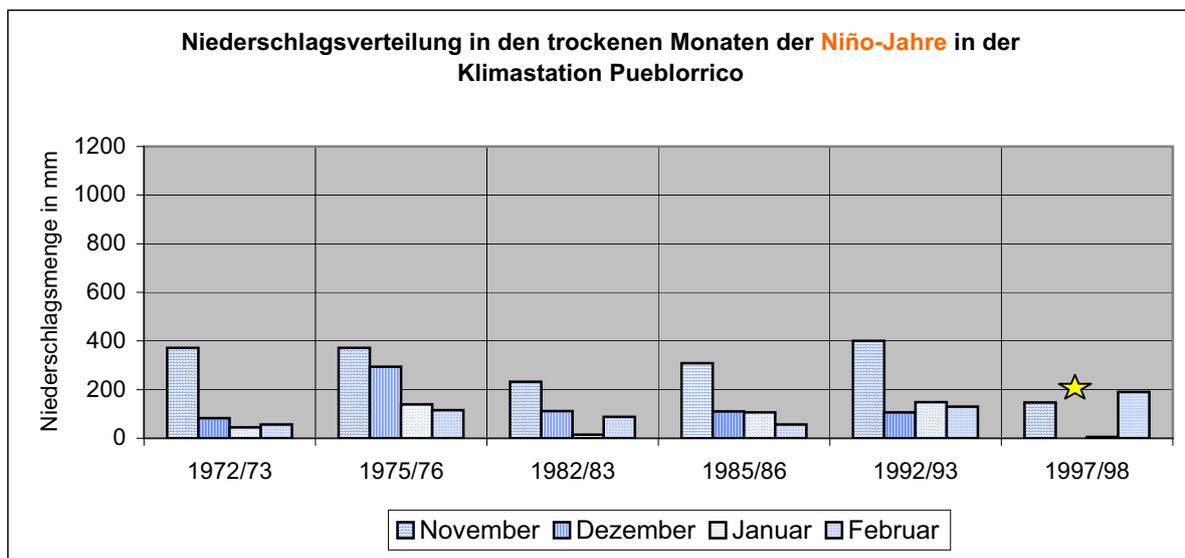


Abb. 4.24d Darstellung der Niederschlagsverteilung während der *Niño*-Monate. Die Monate, für die es keine Angaben gibt, sind mit einem gelben Stern markiert worden.

Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM.

In der Abbildung 4.24d ist der vorangehende Dezember und November dem nachfolgenden *Niño*-Jahr zugerechnet worden. Für Dezember 1997 liegen keine Messwerte vor. Es ist zu sehen, dass jedes *Niño*-Jahr ein anderes Verhaltensmuster aufweist.

Im Gegensatz zur Station El Dique verzeichnete die Klimastation Pueblorrico jedoch in allen *Niño*-Jahren Niederschlagswerte in jedem einzelnen Monat, während im El Dique teilweise in den Monaten Januar und Februar kein Tropfen Regen fiel (s. Abb. 4.24d).

Das Klima, das am Standort der Station Pueblorrico herrscht, entspricht dem Klima-Verhalten des Río San Juan-Beckens.

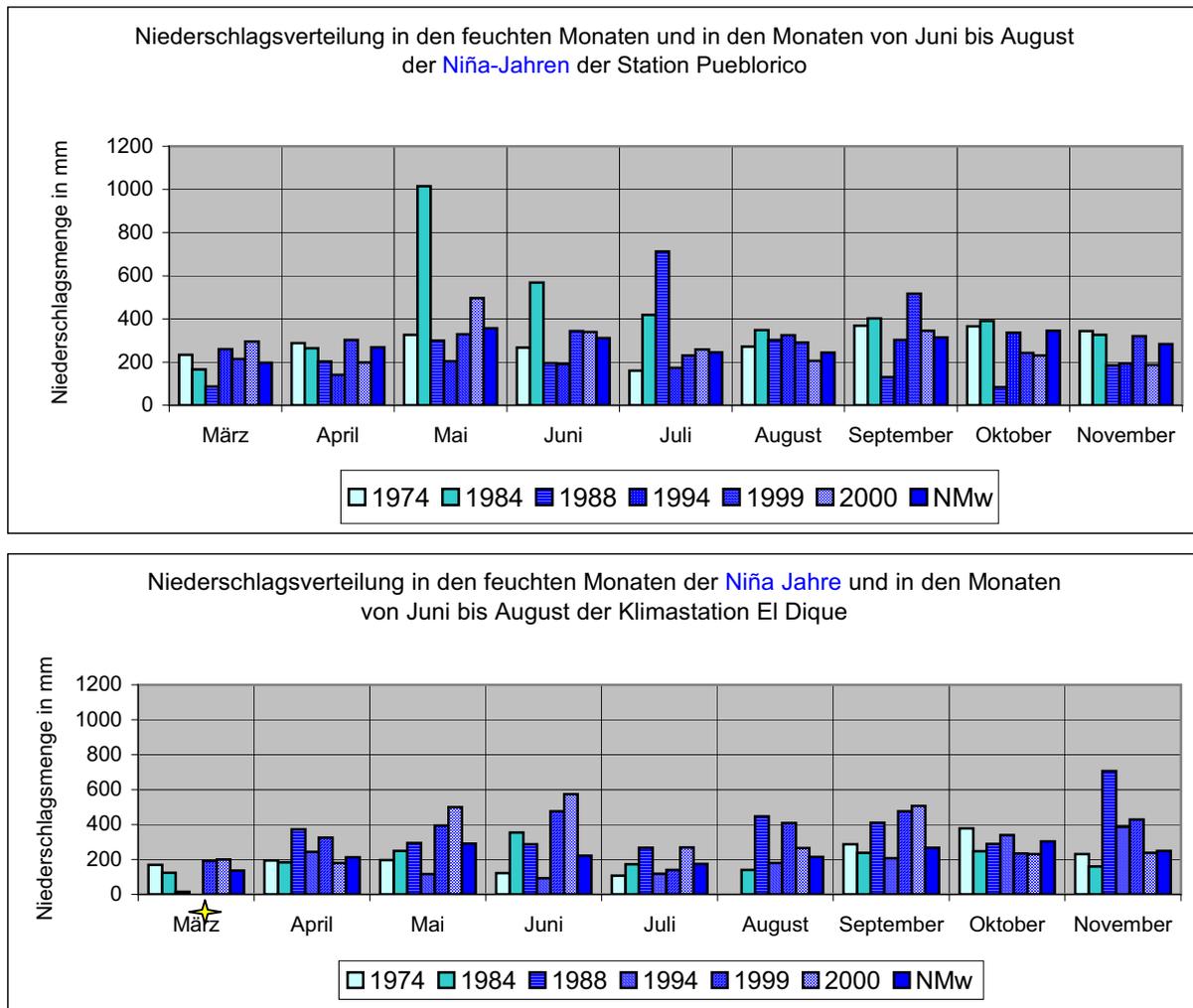


Abb. 4.24e. Darstellung der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen Pueblorrico und El Dique während der Niña-Monate. Die Monate, für die es keine Angaben gibt, sind mit einem gelben Stern markiert worden.

Begriffserläuterung: NMw: monatliche Niederschlagsmittelwerte aller verfügbaren Jahre.

Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM.

Aus der Abb. 4.24e und 4.24f ist zu erkennen, dass in der Klimastation Pueblorrico in den Niña-Jahren 1984 und 1999 kontinuierlich hohe Niederschlagswerte verzeichnet wurden. An der Klimastation El Dique dagegen wurden kontinuierlich hohe Niederschlagswerte in den Niña-Jahren 1994 und 1999 verzeichnet. Diese Messwerte zeigen, dass das Niederschlagsverhalten während eines Niña-Jahres in diesen beiden Klimastationen unterschiedlich ausfallen kann. Im Allgemeinen werden in den Klimastationen Pueblorrico und El Dique während der Niña-Jahre die höchsten Niederschlagsmengen nicht nur während der Jahresregenzeiten sondern auch in der „Trockenzeit“ registriert. Im Niña-Jahr 1984 wurden in der Klimastation Pueblorrico die

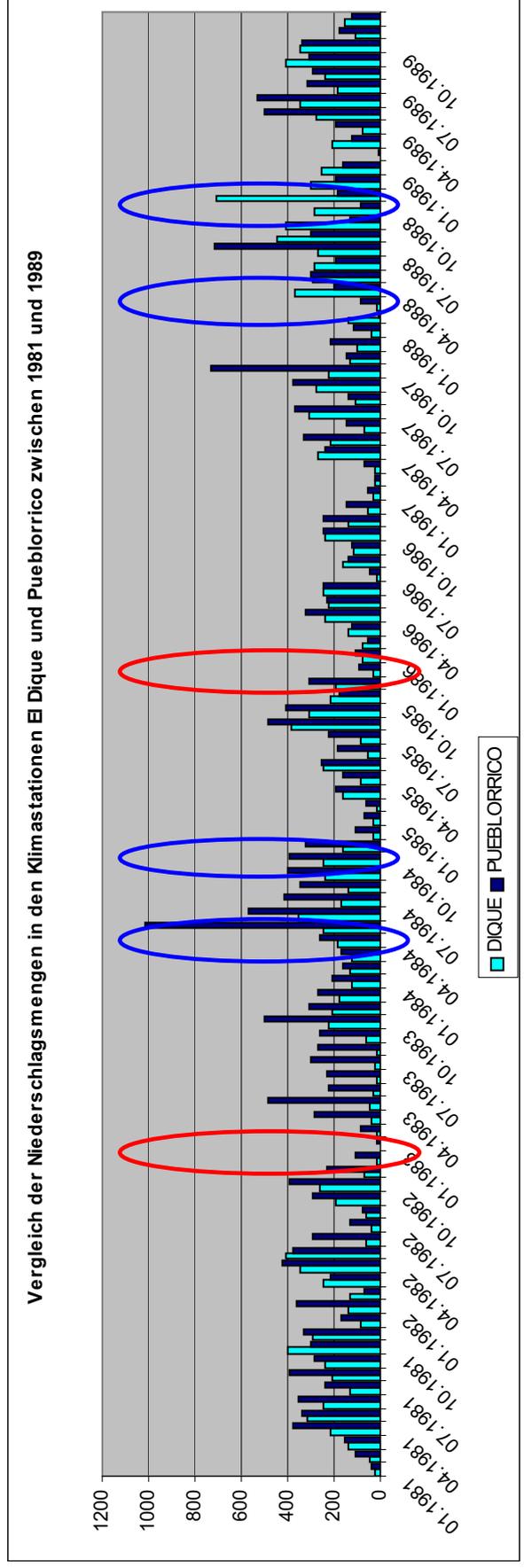
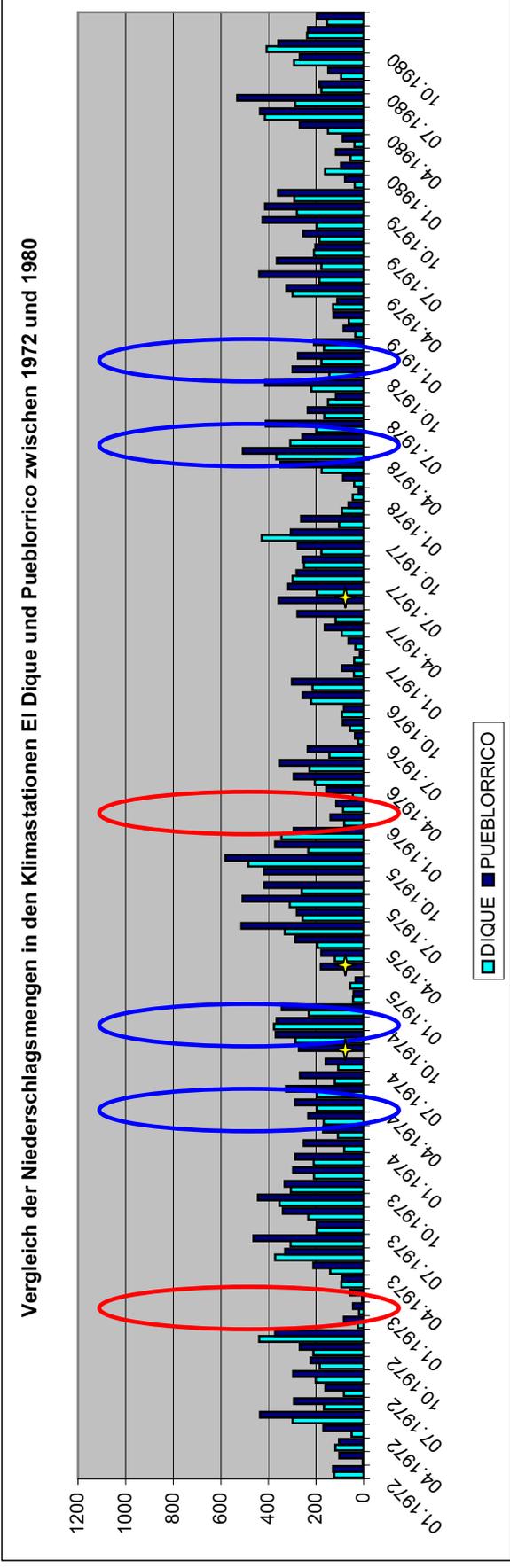
höchsten Niederschlagswerte im Mai registriert, wohingegen sie im Jahr 1999 im September, 1988 im Juli und 1984 ebenfalls im Juni als höchster überhaupt auftretender Niederschlag dieses Monat in *Niño-Jahren* verzeichnet wurden. Es ist zu erkennen, dass jedes *Niña*-Jahr ein anderes Verhaltensmuster aufweist. Zum Beispiel wurden in der Station El Dique die höchsten monatlichen Niederschlagswerte im *Niña-Jahr* 1988 im November registriert, im *Niña-Jahr* 2000 dagegen im Juni. Die Akzentuierung der Niederschlagsperioden in den beiden Klimastationen wird im Jahreslauf vertauscht (s. Abb. 4.24e), weil die lokale Varianz außerordlich hoch ist.

Die Zunahme der Niederschlagswerte im 2. und 3. Quartal der *Niña*-Jahre ist für die Auslösung von Naturkatastrophen ausschlaggebend, weshalb dieser Zeitraum bei der Planung von Vorbeugungsprogrammen in Betracht gezogen werden muss, da kontinuierlich hohe Niederschlagswerte über mehrere Monate zu einer hohen Wassersättigung des Bodens führen, was auch häufig Rutschungen verursacht. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den *Niña*-Jahren und den jährlich vorkommenden Höchstniederschlagswerten ist, genauso wie in der Station El Dique, nicht für alle Jahre nachweisbar (s. Abb. 4.24a).

Hohe Niederschlagswerte sind in beiden Klimastationen sowohl während der *Niña*-Jahre als auch auch in normalen Jahren registriert worden. In *Niña*-Jahren werden die Höchstniederschlagswerte an beiden Klimastationen zu unterschiedlichen Monaten registriert.

Die Stationen El Dique und Pueblorrico weisen eine bimodale Niederschlagsverteilung auf mit Höchstwerten, die in Kernregenzeiten erreicht werden (s. Abb. 4.24f). Zwischen Dezember und Februar herrscht eine relative Trockenzeit, zwischen Juli und August stellt sich die als *veranillo* bekannte „kurze Trockenzeit“ ein. Insgesamt werden in El Dique etwas geringere Niederschlagswerte verzeichnet als in der weiter westlich gelegenen Station Pueblorrico (s. Abb. 4.24e und 4.24f).

Die potentielle Vegetation in der Nähe der Klimastation Pueblorrico entspricht der des *Bosque muy humedo Premontano* (bmh-PM sehr feuchte Wälder) (vgl. ESPINAL, 1992). Der heutige Bewuchs beschränkt sich auf Kaffee, Weideland und Gebüsch.



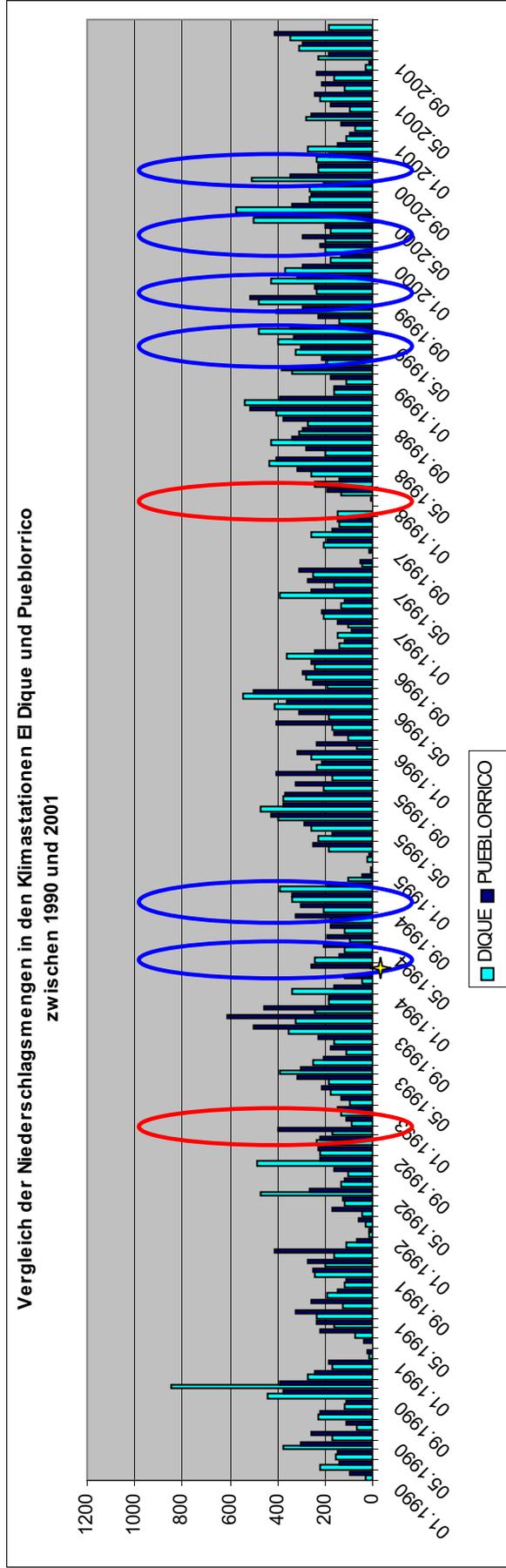


Abb. 4.24f. Vergleich der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen El Dique und Pueblorrico im Zeitraum zwischen 1970 und 2001. Die Niña-Jahre wurden mit blauer Ovallinie markiert. Die Niño-Jahre sind rot markiert. Die Monate ohne jegliche Angaben wurden mit einem gelben Stern gekennzeichnet.

Zur Erläuterung: Niño-Jahre: 1972/73, 1975/76, 1982/83, 1985/86, 1992/93, 1997/98. Niña-Jahre: 1974, 1984, 1988, 1994, 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13).

Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM.

#### 4.1.5.3.3.2 Klimastation Virgen de Oro

Die Station Virgen de Oro liegt südöstlich des Untersuchungsgebiets am Mittelhang der Ostseite der Westkordillere nahe des Río Cauca und des Río Cartama. Die Niederschlagsverteilung ist ebenfalls bimodal mit Maxima, die während der Regenzeiten erreicht werden (vgl. Abb. 4.25a).

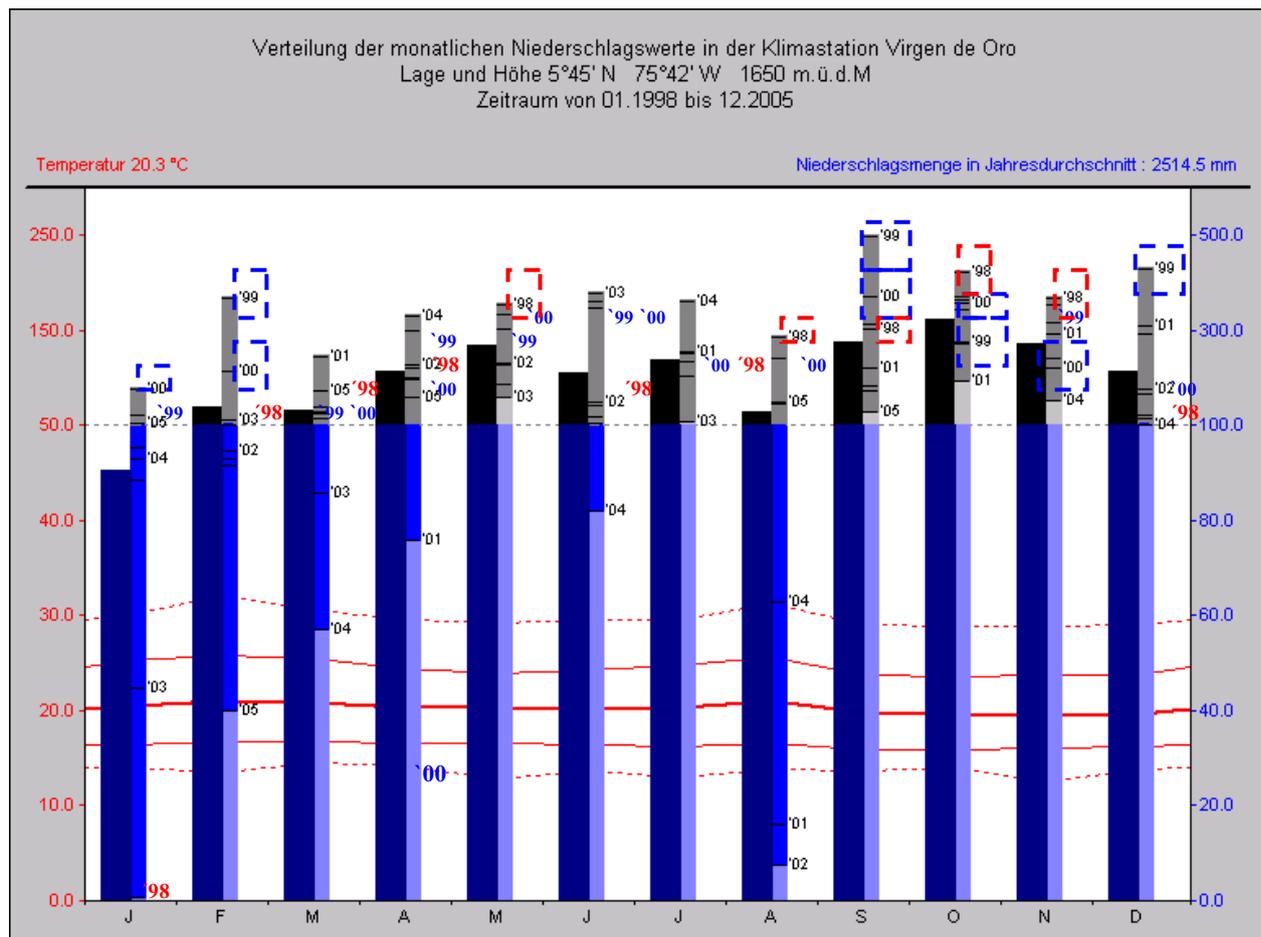


Abb. 4.25a GID-Klimadiagramm der Station Virgen de Oro. Die *Niña*-Jahre sind blau, und die *Niño*-Jahre sind rot markiert. Die Temperaturextrema, gemittelte und absolute Maxima und Minima, sind hier mit roten Linien (gestrichelten und durchgängigen) oberhalb und unterhalb der Durchschnittstemperatur dargestellt.

Zur Erläuterung: *Niño*-Jahre: 1997/98. *Niña*-Jahre: 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13).

Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE.

Die Station Virgen de Oro ist erst seit 7 Jahren in Betrieb. Die Informationen, die sich aus der zur Verfügung gestellten Messreihe ableiten lassen, bieten genügend Anhaltspunkte, um das Klimaverhalten südöstlich des Untersuchungsgebiets einzuordnen, aber erlauben keinen längeren Zeitreihenvergleich.

Die Niederschläge variieren bei einem im Jahresverlauf ausgeglichenen Temperaturniveau deutlich. Eine Absenkung der maximalen Temperatur ist in den Hauptniederschlagsperioden von März bis Mai und von September bis November zu erkennen.

Die mittleren Monatstemperaturen weisen eine maximale Temperatur in den Monaten Februar und März sowie im Juli und August auf; die minimalen Temperaturen werden in den Monaten April-Mai sowie Oktober-November erreicht, und zwar jeweils mit ca. einmonatiger Verzögerung zu den Tagen, an denen die Sonne zu Beginn der Kernregenzeit ihren Höchststand erreicht. Zwischen Dezember und Februar als auch zwischen Juli und August (*veranillo*) herrscht die sog. Trockenzeit. Die durchschnittliche, in dieser Station über einen Zeitraum von 7 Jahren registrierte Temperatur liegt bei 20.3°C.

Aus der Abbildung 4.25a ist zu ersehen, dass die Minimaltemperaturen in der Station Virgen de Oro in der Hauptniederschlagsperiode, also von Oktober bis Dezember, registriert werden. Die Maximaltemperaturen werden in den niederschlagsarmen Monaten Januar, Februar und August verzeichnet. Die Niederschläge variieren bei einem im Jahresverlauf ausgeglichenen Temperaturniveau deutlich. Die gemittelten Minimal- und Maximaltemperaturen bewegen sich im Jahresverlauf zwischen 15° und 22.5°C (s. Abb. 4.25a). Die Schwankungen der mittleren Monatsdurchschnittstemperaturen variieren bis zu 2°C. Diese Schwankungen sind für Zwecke einer Risikoanalyse unbedeutend.

Die *Niña*-Jahre wurden in der Abbildung 4.25a blau markiert. Im *Niña*-Jahr 1999 wurden die höchsten Niederschlagswerte im 1. (Februar) und 3. (September) Jahresquartal registriert. In der *Niño*-Periode 1997/98 wurden die höchsten Niederschlagswerte während der Regenzeiten registriert und zudem hohe Niederschlagswerte während der Trockenzeit im August gemessen. Obwohl in der Klimastation

Virgen de Oro anders als in den anderen Klimastationen aus dieser Gegend die Höchstniederschlagswerte nicht in den Monaten Mai/Juni/Juli erreicht werden, kann aufgrund der kurzen Betriebszeit dieser Station nicht einfach behauptet werden, dass es hier während dieser Monate generell geringere Niederschlagsmengen gibt als an den anderen Messstandorten. Um diese Behauptung aufrechterhalten zu können, bräuchte man eine Messreihe über einen wesentlich längeren Zeitraum.

Im Allgemeinen gilt, dass die höchsten monatlichen Niederschlagswerte auch in Jahren verzeichnet werden können, in denen es kein *Niña*-Phänomen gibt.

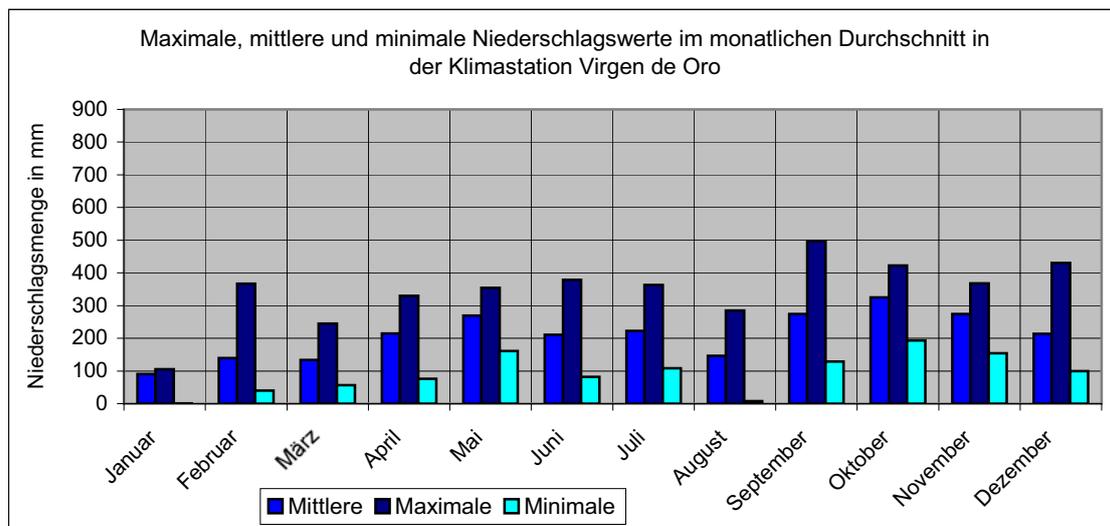


Abb. 4.25b Darstellung der maximalen, mittleren und minimalen Monats-Niederschlagswerte der Klimastation Virgen de Oro. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE.

Wie die Abb. 4.25b verdeutlicht, wurden die höchsten Niederschlagswerte während der zweiten Regenzeit des Jahres registriert. Im Gegensatz zu den durchschnittlichen monatlichen Niederschlagswerten der Klimastationen El Dique und Pueblorrico steigen in der Station Virgen de Oro die maximalen monatlichen Niederschlagswerte während der Jahresregenzeiten nicht über 500 mm, was aber seinen Grund in der kurzen Messreihe haben kann.

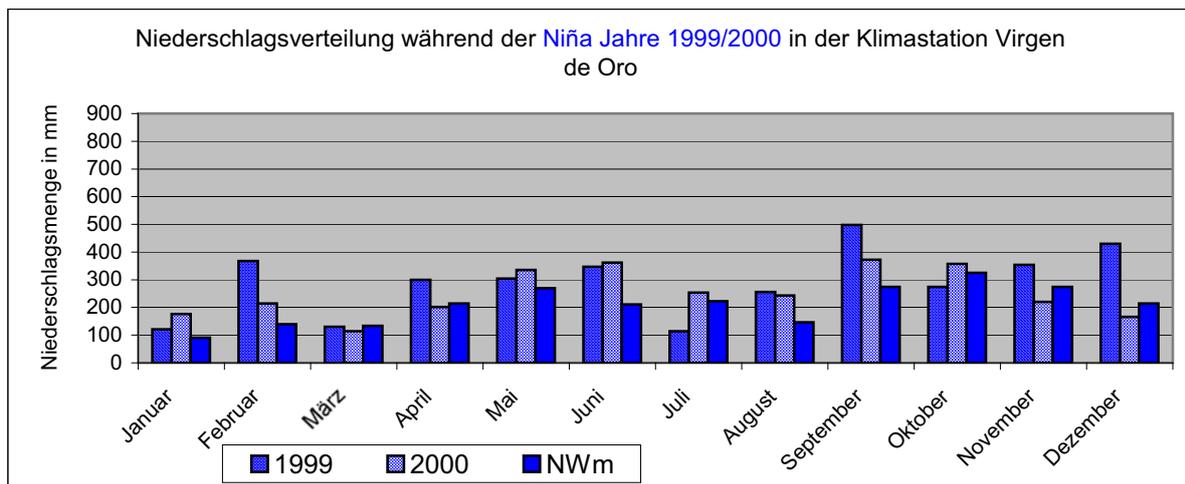


Abb. 4.25c Darstellung der Niederschlagswerte während der *Niña*-Jahre 1999/2000 in der Station Virgen de Oro. Begriffserläuterung: NWm: monatliche Niederschlagsmittelwerte aller verfügbaren Jahre. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE.

In den *Niña*-Jahren 1999/2000 steigen die Niederschlagswerte in der Station Virgen de Oro an, insbesondere am Anfang der zweiten Jahresregenzeit (September). In diesen Jahren ändert sich das Niederschlagsverhalten in dieser Station stark (s. Abb. 4.25c). Im Allgemeinen werden während der *Niña*-Jahre die höchsten Niederschlagsmengen in der Klimastation Virgen de Oro sowie in den Klimastationen Pueblorrico und El Dique sowohl in Jahresregenzeiten als auch in der „Trockenzeit“ registriert. In der Klimastation Virgen de Oro nehmen die mittleren Niederschlagswerte im Februar zu, während sie im März wieder abnehmen. Die Niederschlagsmengen steigen schon in den Monaten vor den normalen Regenperioden während der *Niña*-Jahre z.B. in den Monaten Februar und August an. Diese Betrachtung ist für Zwecke einer Risikoanalyse bedeutend.

Aus den Aufzeichnungen der Klimastationen Virgen de Oro und Cristalina (s. Punkt 4.1.5.3.3) ist es wegen der an diesen beiden Stationen erst kurzen Aufzeichnungsdauer nicht möglich vertiefende Aussagen zu treffen.

#### 4.1.5.3.3 Klimastation La Cristalina

Die Station La Cristalina liegt südöstlich des Untersuchungsgebiets im Tal des Río Cartama. Die Station wird seit 1997 betrieben.

Anhand der von der Station erhobenen Messreihendaten kann man sich eine vage Vorstellung von den südöstlich des Untersuchungsgebiets herrschenden Klimaverhältnissen machen. Die Niederschlagsverteilung ist wieder bimodal mit Höchstwerten, die während der Regenzeiten erreicht werden. Dezember und Februar herrscht Trockenzeit, eine zweite kurze Trockenzeit (kurzer Sommer) stellt sich im Juli und August ein. Der kurze Sommer ist jedoch weniger stark ausgeprägt als die Trockenzeit über den Jahreswechsel (vgl. Abb. 4.26a).

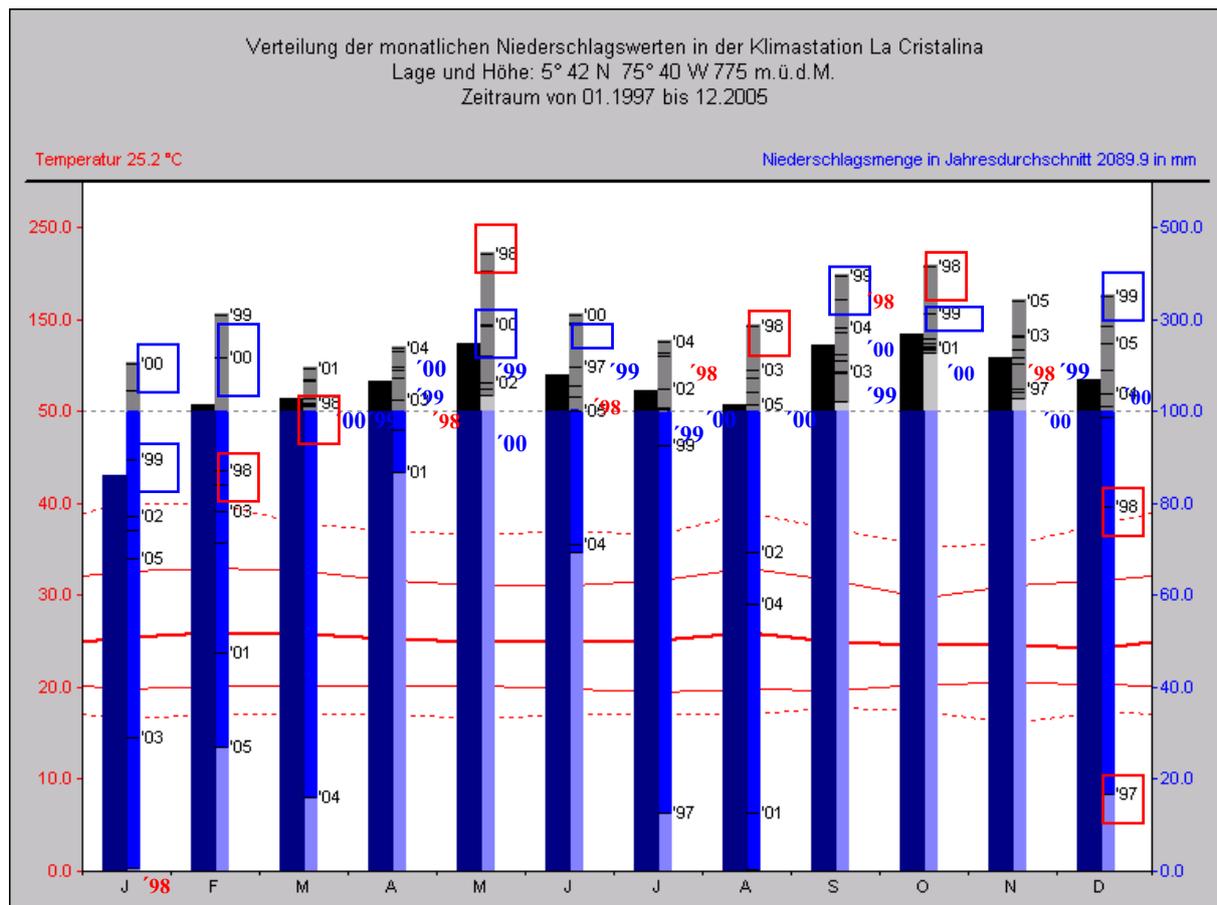


Abb. 4.26a GID-Klimadiagramm der Station La Cristalina. Die Angaben der *Niña*-Jahre sind in der Abbildung blau und die Angabe der *Niño*-Jahre rot markiert. Die Temperaturextrema, gemittelte und absolute Maxima und Minima, sind hier mit roten Linien (gestrichelten und durchgängigen) oberhalb und unterhalb der Durchschnittstemperatur dargestellt.

Zur Erläuterung: *Niño*-Jahre: 1997/98. *Niña*-Jahre: 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13).

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE

Die in der Station La Cristalina registrierte Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 25,2°C, die im Jahresdurchschnitt verzeichnete Niederschlagsmenge liegt dort bei 2089,9 mm. Die mittleren Monatstemperaturen weisen eine maximale Temperatur in den Monaten Februar und März sowie im Juli und August auf; die minimalen Temperaturen werden in den Monaten April-Mai sowie September-Oktober erreicht, und zwar jeweils mit ca. einmonatiger Verzögerung zu den Tagen, an denen die Sonne zu Beginn der Kernregenzeit ihren Höchststand erreicht.

Die absolute Temperatur zeigt Maxima in den Monaten Januar und August, und Minima in den Monaten Mai und November. Die Extreme Maxima und Minima Temperaturen bewegen sich im Jahresverlauf von 17° bis 39° C (s. Abb. 4.26a). Die durchschnittliche, in dieser Station über einen Zeitraum von 8 Jahren registrierte Temperatur liegt bei 25.2°C. Die Niederschläge variieren bei einem im Jahresverlauf ausgeglichenen Temperaturniveau deutlich.

Das Klimaverhalten entspricht dem für die obere *tierra caliente* der Inneren Tropen charakteristischen Temperaturgang, d. h. dass sich im Jahresverlauf nur geringe Temperaturschwankungen ergeben.

In den *Niña*-Jahren werden in der Station La Cristalina hohe Niederschlagswerte in den Monaten Februar, Mai, Juni, September und Oktober registriert. Die niedrigsten Niederschlagswerte werden im Januar, Februar erreicht. Es un periodo corto de medici. Es ist zu erkennen, dass die in den beiden Klimastationen (Virgen de Oro und Cristalina) im Februar unerwarte hohe Niederschlagswerte registriert werden. Diese Werte könnten – angesichts der kurzen Messperiode – die Aussage über die durchschnittlichen Monatsniederschläge wenig repräsentativ verfälschen. (s. Abb. 4.26b). Hier muss ein Vergleich mit den anderen Klimastationen erfolgen.

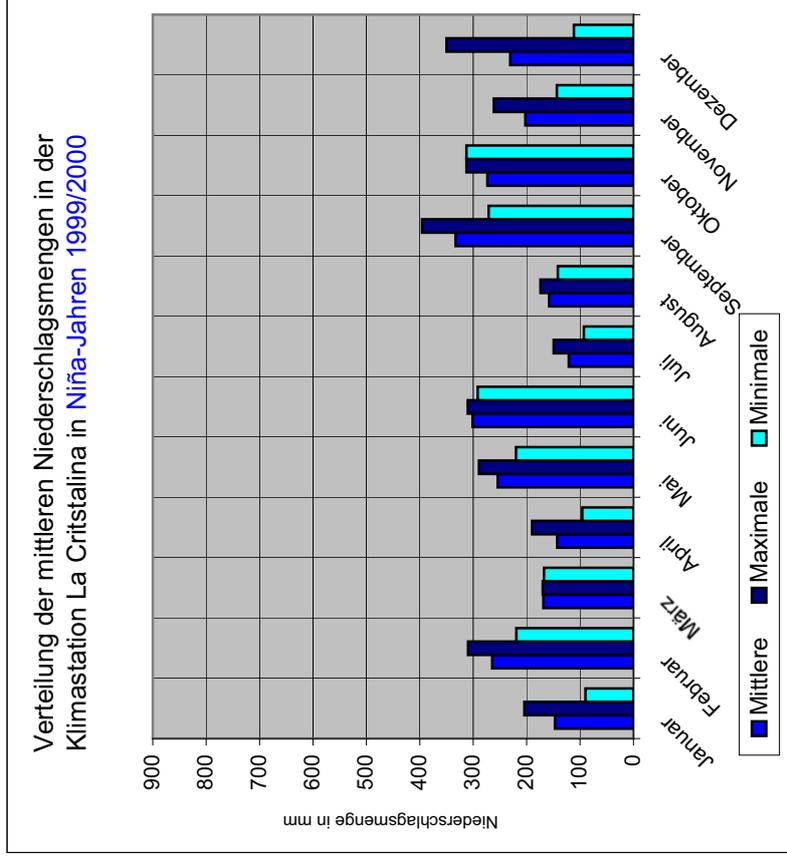
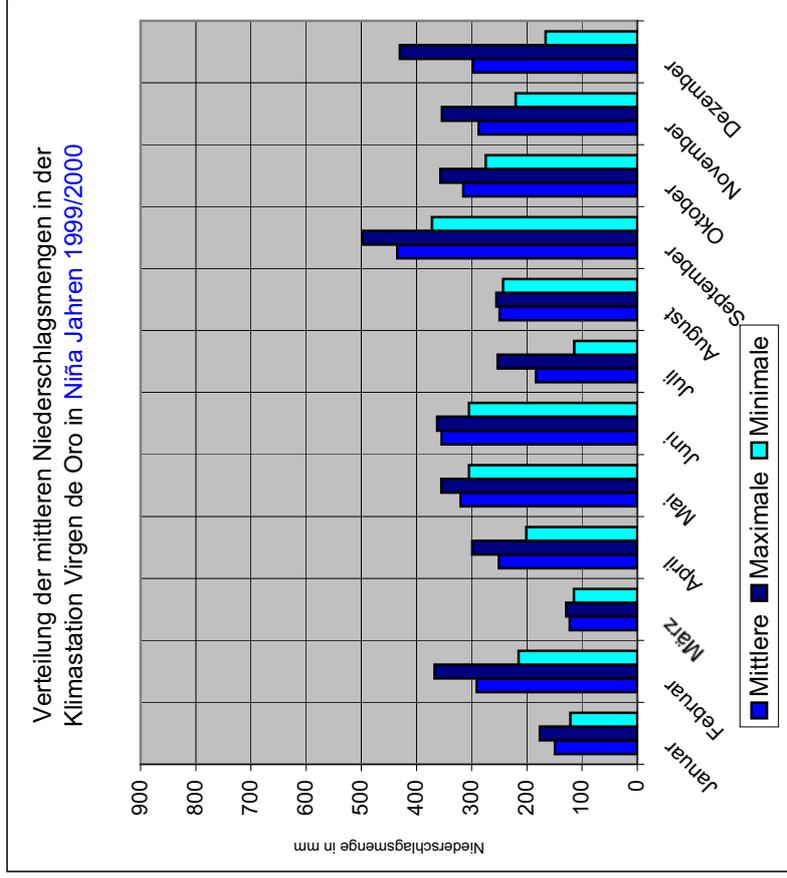


Abb. 4.26b Darstellung der Niederschlagsverteilung in den Klimastationen Virgen de Oro und La Cristalina während der Niña-Monate.

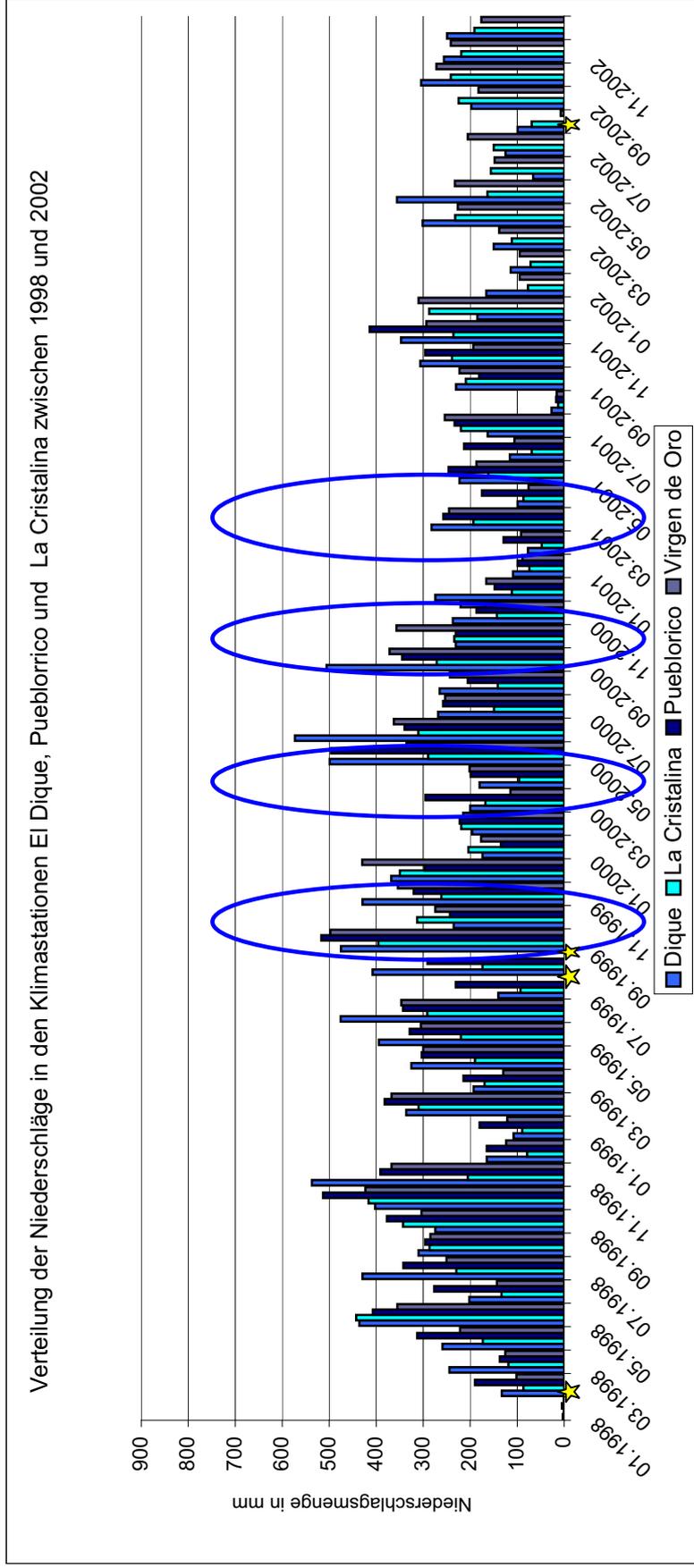


Abb. 4.26c. Verteilung der Niederschläge in den Klimastationen El Dique, Pueblorrico und La Cristalina. Das Niña-Jahr ist mit ovalförmigen Blau-  
 linien markiert. Die Monate ohne jegliche Angaben wurden mit einem gelben Stern gekennzeichnet.  
 Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von CENICAFE und IDEAM.

An allen Klimastationen werden während der Regenzeitmonate in den *Niña*-Jahren hohe Niederschlagswerte erreicht. Nur die Station La Cristalina weist geringere Niederschlagsmengen als die anderen Klimastationen auf (s. Abb. 4.26c). Die Station El Dique verzeichnete während des *Niña*-Phänomens im Jahr 2000 (Juni) höhere Niederschlagswerte als die anderen Stationen, ebenso im November des Niño-Jahres 1998 (s. Abb. 4.26c). Insgesamt sind aber die Daten mit nur 2 Niñaereignissen für Vergleichszwecke wenig aussagefähig. Die Klimastation El Porvenir ist erst seit 2000 in Betrieb, weshalb die dort erhobenen Daten für Zwecke dieses Vergleichs nicht berücksichtigt wurden.

#### 4.1.5.3.3.4 Klimastation Miguel Valencia

Die Klimastation Miguel Valencia liegt südsüdwestlich des Untersuchungsgebiets, ihre genauen Standortdaten lauten 5°36' Nord und 76°51' West. Die Klimastation weist einen für die *tierra templada* der Inneren Tropen charakteristischen Temperaturgang auf, die Temperatur schwankt dort im Jahresverlauf nur geringfügig (Jahresdurchschnittstemperatur: 19,1°C). Der Jahresdurchschnittsniederschlagsmenge beträgt 1995,3 mm. Aufgrund des langen Messzeitraums von 50 Jahren dient die Station als Referenz für die Betrachtung des Klimaverhaltens im gesamten Untersuchungsgebiet.

Wie auch aus der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, gibt es in der Region die bereits bekannte bimodale Niederschlagsverteilung.

Die hohen Niederschlagswerte werden in der Station Miguel Valencia während der Jahresregenzeiten registriert. Im langjährigen Mittel sind alle Monate humid. Bei einem im Jahresverlauf ausgeglichenen Temperaturniveau variieren die Niederschläge deutlich (s. Abb. 4.27a).

Die monatlichen Maximalniederschlagswerte wurden nicht nur in *Niña*-Jahren und nicht nur während der Jahresregenzeiten registriert (s. Abb. 4.27a). Im Allgemeinen gilt, dass die höchsten monatlichen Niederschlagswerte auch in Jahren verzeichnet werden können, in denen es kein *Niña*-Phänomen gibt .



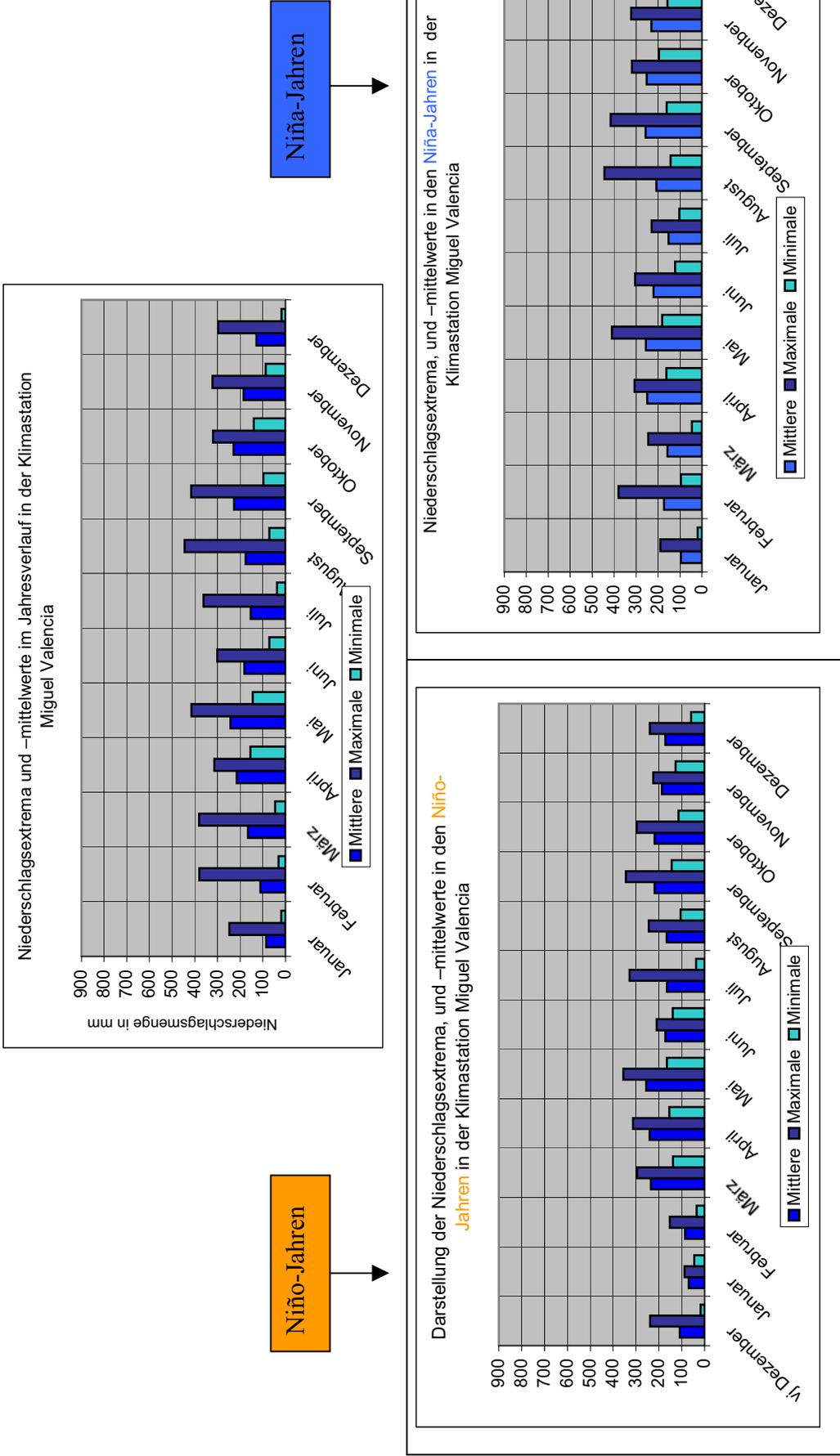


Abb. 4.27b Oben: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte im Jahresverlauf in der Klimastation Miguel Valencia. Unten: Darstellung der Niederschlagsextrema und -mittelwerte während des Niño- bzw. Niña-Phänomens. Monatliche Niederschlagsverteilung differenziert nach mittleren, maximalen und minimalen Werten. In der Abbildung unten links ist der Dezember des Vorjahres dem nachfolgenden Niño-Jahr zugerechnet worden. Das Niño-Jahr 1986 wurden nicht berücksichtigt. Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM

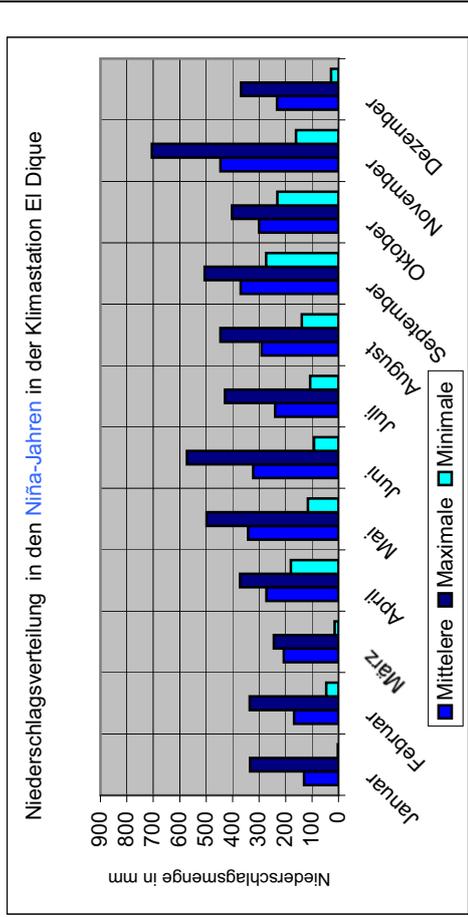
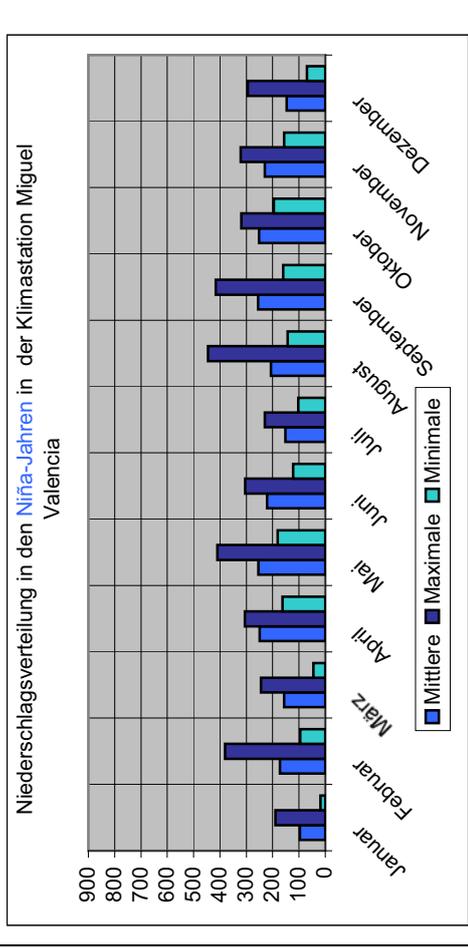
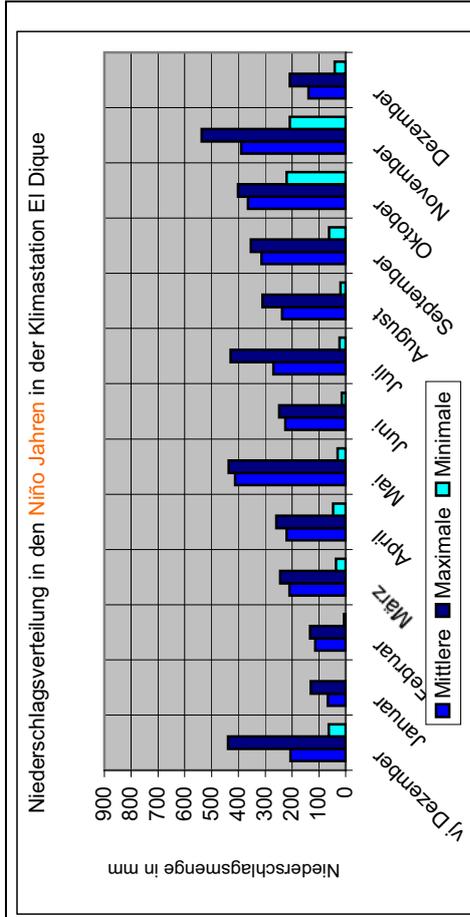
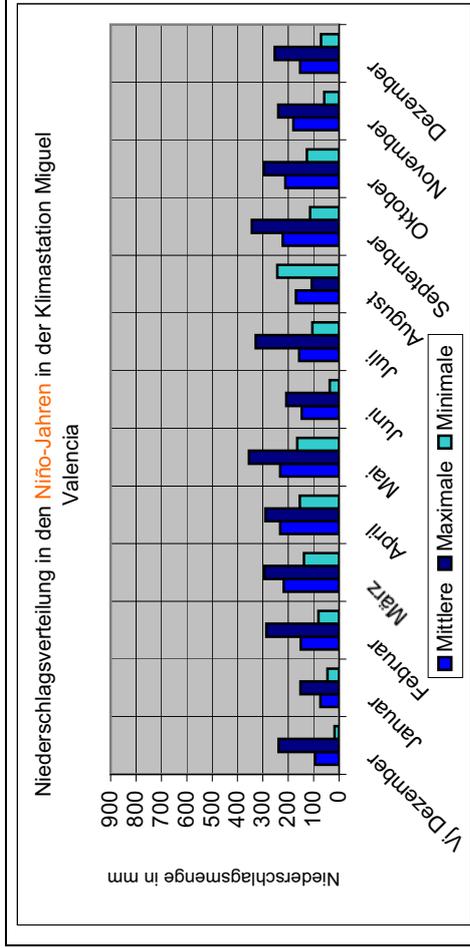


Abb. 4.27c Darstellung der mittleren, maximalen und minimalen Niederschlagswerte in den Stationen Miguel Valencia und El Dique (oben) im Zeitraum zwischen 1972 und 2001 und entsprechend ihrer Ausdifferenzierung nach Niño- und Niña-Jahren. VJDezember: der Dezember des Vorjahres eines Niño-Jahres. Zur Erläuterung: Niño-Jahre: 1972/73, 1975/76, 1982/83, 1985/86, 1992/93, 1997/98. Niña-Jahre: 1974, 1984, 1988, 1994, 1999, 2000. (CAVIEDES, 2005:12-13). Eigene Darstellung mit Hilfe von KIWI und unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM und CENICAFE.

Aus der Abbildung 4.27c ist zu ersehen, dass die monatlichen hohen Niederschlagswerte an den Klimastationen El Dique und Miguel Valencia nicht nur in Regenzeiten während der *Niña*-oder *Niño*-Jahre registriert werden, sondern auch im Monat Juli in *Niña*-oder *Niño*-Jahren in der Klimastation El Dique und in *Niño*-Jahren in der Klimastation Miguel Valencia. Es ist zu erkennen, dass höchste Niederschlagswerte in den Klimastationen Miguel Valencia und El Dique sowie Virgen de Oro und Cristalina (s. Abb. 4.26b und 4.27b) in *Niña*-Jahre schon in trockenen Monaten vor den Jahresregenzeiten (Februar, August) auftreten.

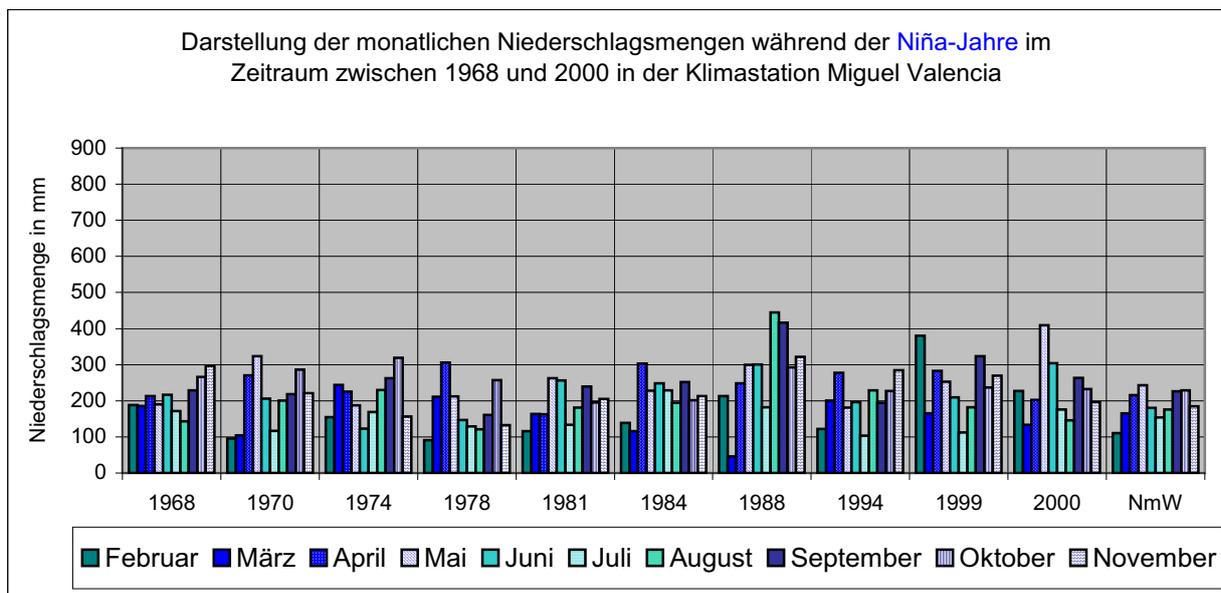


Abb. 4.27d Darstellung der monatlichen Niederschlagsmengen während der *Niña*-Jahre im Zeitraum zwischen 1968 und 2000 in der Klimastation Miguel Valencia. NmW: Monatlicher Niederschlagsmittelwert aller verfügbaren Jahre.

Wie aus der Abbildung 4.27d zu ersehen ist, legt jedes *Niña*-Jahr ein anderes Regenverhaltensmuster an den Tag. Es gab auch *Niña*-Jahre wie 1988 und 1999, in denen die hohen Niederschlagswerte in den Monaten der „Trockenzeit“, also im August (1988) und Februar (1999), verzeichnet wurden. Das zeigt, dass eine Zunahme der Niederschläge auch während der Monate der Trockenzeiten (Januar-Februar, Juli-August) – insbesondere in *Niña*-Jahren – fallen kann. Daraus folgt, dass in den *Niña*-Jahren vor den normalen Regenzeitperioden hohe Niederschlagswerte möglich sind. Diese Tatsache ist für Zwecke einer Risikoanalyse bedeutend.

In Einzelereignissen extreme oder über mehrere Monate hohe, andauernde Niederschläge können im Untersuchungsgebiet zu Naturkatastrophen führen. Aus der

Abbildung 4.27d ist z. B. zu ersehen, dass es im Niña-Jahr 1988 hohe und kontinuierliche Niederschläge in den Monaten August bis November gab. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, bei der Erstellung von Katastrophenschutzprogrammen die Monate vor der Jahresregenzeit in *Niña*-Jahren besonders im Auge zu behalten.

Allerdings ist ein direkter Zusammenhang zwischen *Niña*-Jahren und den jährlich vorkommenden Höchstniederschlagswerten in Miguel Valencia – genauso wie in den anderen Klimastationen – nicht stetig eintretend und damit auch nicht mit Sicherheit prognostizierbar (s. Abb. 4.27d und 4.27a).

Die Niederschlagswerte steigen an den beiden Stationen während der Regenzeiten nicht gleichermaßen an, so fallen sie in der Station Miguel Valencia nicht so hoch aus wie in der Station El Dique (s. Abb. 4.27c).

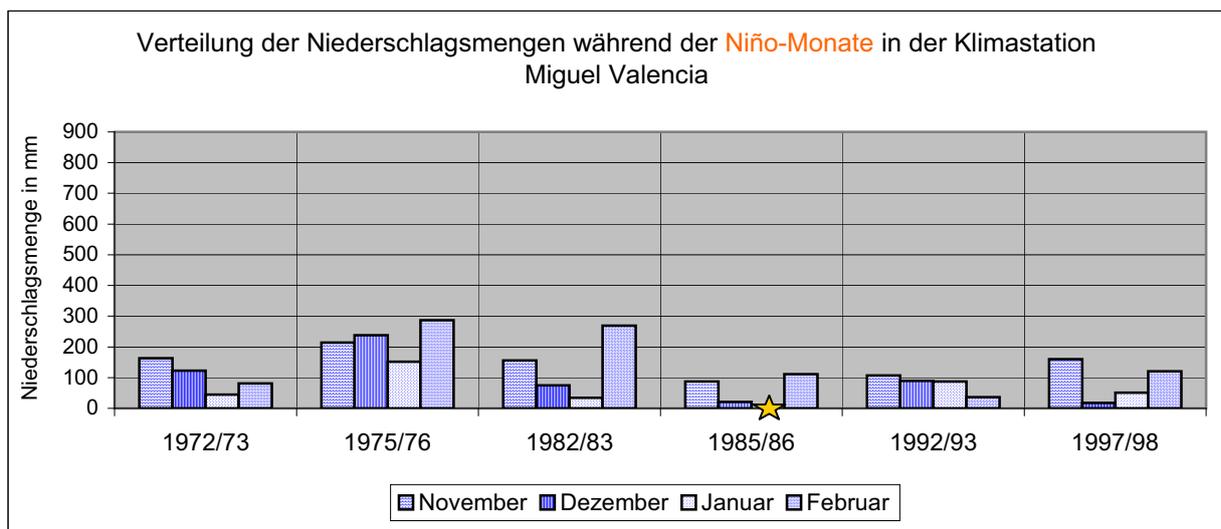
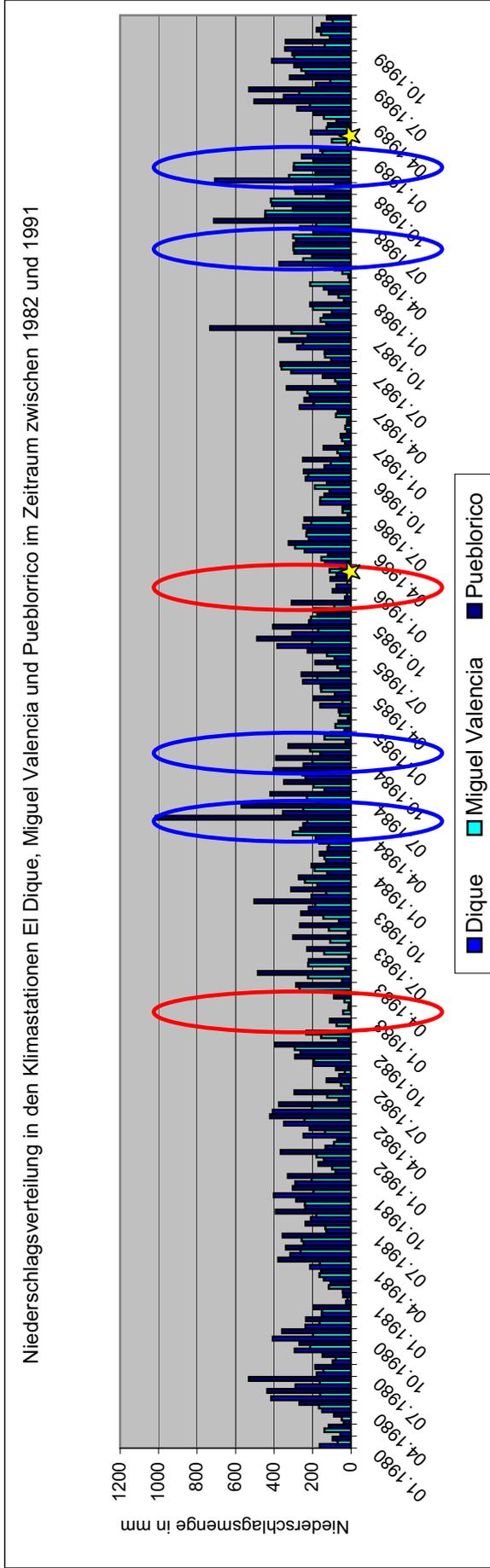
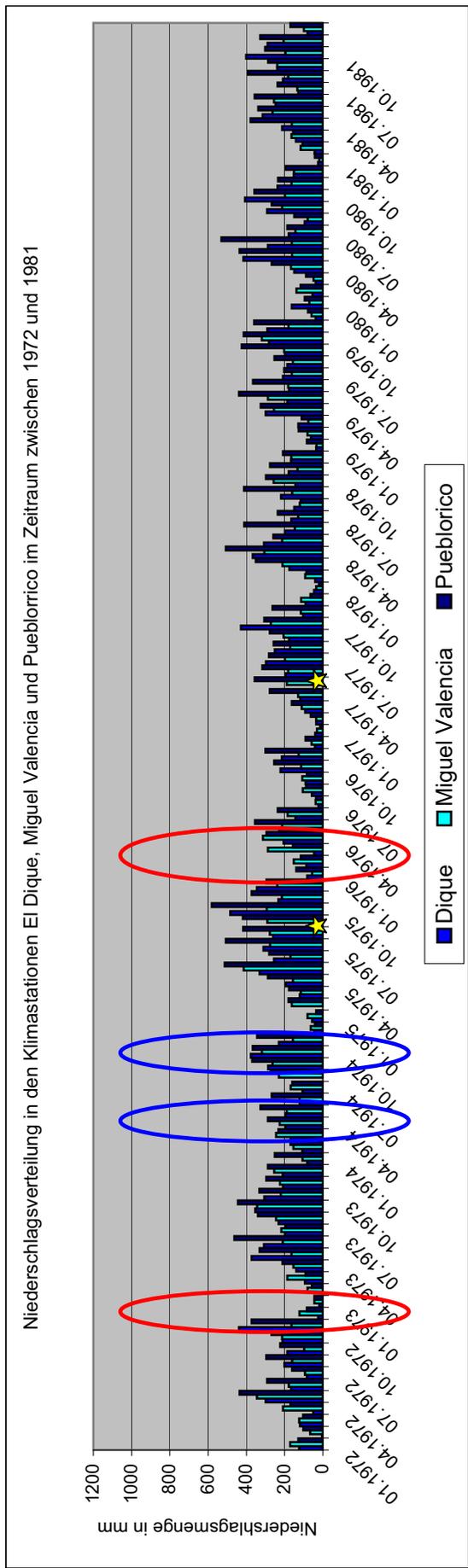


Abb. 4.27e Darstellung der Niederschlagsverteilung während der *Niño*-Monate in der Klimastation Miguel Valencia. In der Abbildung sind der November und Dezember des Vorjahres dem nachfolgenden *Niño*-Jahr zugerechnet worden. Der Niederschlagswert vom Januar 1986 wurde nicht erhoben und mit einem gelben Stern gekennzeichnet. Eigene Darstellung mit Hilfe von Daten von CENICAFE.

Wie aus der Abbildung 4.27e zu ersehen ist, legt jedes *Niño*-Jahr ein anderes Regenverhaltensmuster an den Tag. Im Gegensatz zur Station El Dique, wo es auch niederschlagsfreie Monate gab, sind in der Klimastation Miguel Valencia während der *Niño*-Jahre Niederschläge in allen Monaten verzeichnet worden, so z. B. auch im Jahr 1983 (s. Abb. 4.27c).



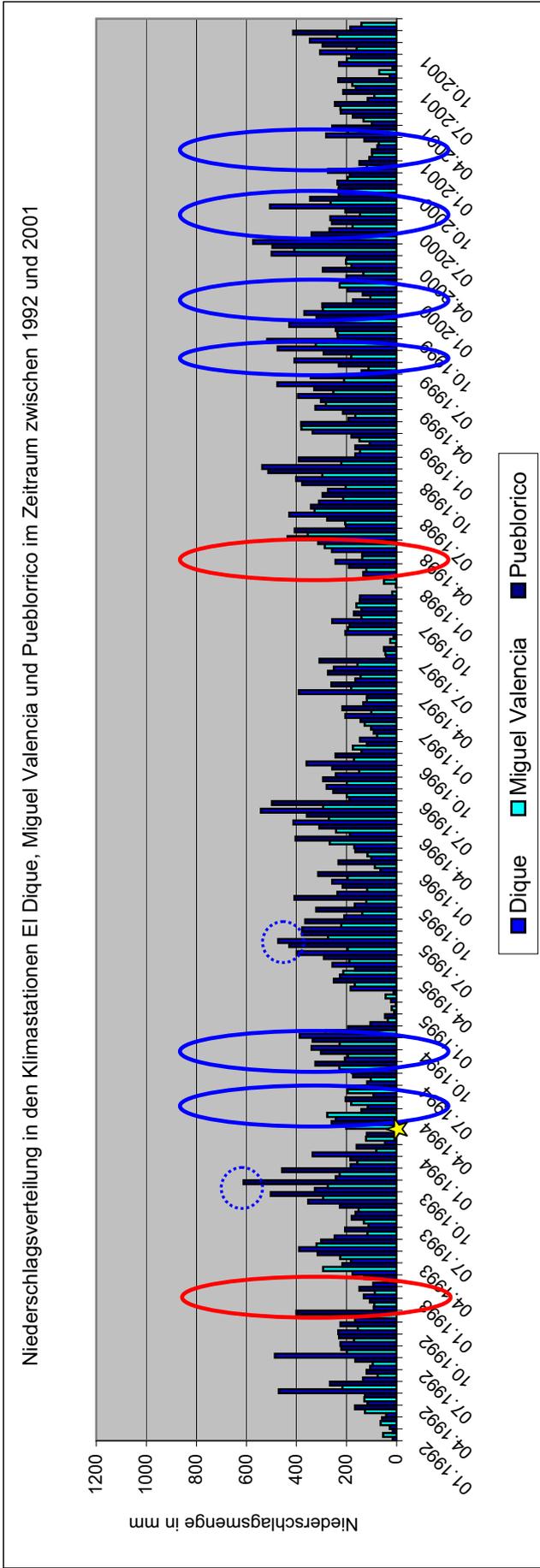


Abb. 4.27f Darstellung der Niederschlagsverteilung in den drei ältesten Klimastationen der Region. Die Monate ohne jegliche Angaben wurden mit einem gelben Stern gekennzeichnet. Monate mit besonders hohen Niederschlagswerten wurden mit ovalen Blaulinien markiert.

Zur Erläuterung: Die *Niña*-Jahre sind in rot markiert, die *Niña*-Jahre werden mit blauen Linien hervorgehoben.

*Niño*-Jahre: 1973, 1976, 1983, 1986, 1993, 1998 u.a.

*Niña*-Jahre: 1974, 1984, 1988, 1994, 1999, 2000, u. a. (vgl. CAVIEDES, 2005:12-13)

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM und GENICAFE

Wie aus der Abb. 4.27f hervorgeht, wurden in den drei Klimastationen im Zeitraum von 1990 bis 2001 in den zwischen den *Niño*- und *Niña*-Jahren liegenden Jahren hohe Niederschlagswerte registriert. In der Klimastation El Dique wurden die höchsten Niederschlagswerte besonders am Anfang des 4. Jahresquartals (im Oktober) gemessen. Der Niederschlagswert vom Oktober 1990 (846 mm) sticht in der Reihe der über dreißig Jahre währenden Niederschlagsmessungen an der Klimastation El Dique heraus, umso mehr, als dass das Jahr 1990 kein *Niña*-Jahr war. Im *Niña*-Jahr 2000 wurden hohe Niederschlagswerte ebenso in den Klimastationen Miguel Valencia, Pueblorrico, El Dique, Virgen de Oro, Cristalina und Porvenir während der ersten Jahresregenzeit (Mai-Juni, s. blaue Markierung) gemessen. Im Allgemeinen gilt zum wiederholten Male, dass die höchsten monatlichen Niederschlagswerte auch in Jahren verzeichnet werden können, in denen es kein *Niña*-Phänomen gibt.

Ausgehend von den ermittelten Niederschlagswerten lässt sich festhalten, dass sich das Klima in der Station Miguel Valencia anders verhält als in den anderen Klimastationen dieser Gegend. Für die naturgefährdeten und bewohnten Räume dieser Region ist es deshalb ratsam, zusammen mit den Einwohnern der Region einen realisierbaren Vorbeugungsplan zu erstellen, damit zum gegebenen Zeitpunkt passende Maßnahmen zur Abschwächung der Auswirkungen von hohen und andauernde Niederschlägen ergriffen werden können. Starke und kontinuierliche Niederschläge können in dieser Region in den Jahren mit und ohne *Niña*-, *Niño*-Phänomen durchaus schon während der „Trockenzeit“ einsetzen.

Hinsichtlich der ENSO-Jahre ist in den Klimastationen El Dique, Miguel Valencia und Pueblorrico zu erkennen, dass die Höchstniederschlagswerte nicht nur in *Niña*-Jahren, und die niedrigsten Niederschlagswerte nicht nur in *Niño*-Jahren erreicht werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass es zwischen den höchsten und den niedrigsten Niederschlagswerten und dem Eintreffen des ENSO-Phänomens in der Klimastation Miguel Valencia sowie in den anderen Klimastationen dieser Region keinen eindeutigen Zusammenhang zu geben scheint (s. Abb. 4.27a und 4.27f).

Die Sonnenstrahlungswerte der Klimastationen La Cristalina, Virgen de Oro und Miguel Valencia geben Aufschluss über den Zusammenhang zwischen den Niederschlagswerten und der Zunahme bzw. Abnahme der Sonnenstunden (s. Abb. 4.27g).

Es gibt z. B. in der Kerntrockenzeit eine Zunahme der Sonneneinstrahlung in den Monaten Dezember (Vorjahr), Januar und Februar. Die Monate Juli und August weisen ein sekundäres Maximum an Sonneneinstrahlung auf. Die Einstrahlungswerte fallen über das ganze Jahr hinweg unterschiedlich aus. In den *ENSO*-Jahren schwanken sie auf Grund der im Jahresverlauf in dieser Region unterschiedlich ausfallenden Niederschlagsverteilung und Niederschlags-Variabilität, was während der *Niña*-Phase in den Jahren 1998/1999 zur Abnahme der Sonneneinstrahlung bei Zunahme der Niederschlagswerte geführt hat. Die Klimastationen Virgen de Oro und Miguel Valencia weisen eine Abnahme der monatlichen Sonnenstunden in den *Niña*-Jahren 1999 und 2000 auf.

Aus den Klimadiagrammen und Darstellungen der verschiedenen Stationen dieser Region lassen sich in allen Klimastationen im Allgemeinen die Auswirkungen des *ENSO*-Phänomens, also die variierenden Niederschlags- und Temperaturwerte, deutlich ablesen. Da die lokale Varianz außerordentlich hoch ist, fallen die Niederschlags- und Temperaturwerte je nach Lage der betreffenden Klimastation unterschiedlich aus.

Abschließend lässt sich festhalten, dass sich das Klima der Region auf der Höhenstufe zwischen 775 m.ü.d.M (Klimastation La Cristalina) und 1942 m.ü.d.M. (Klimastation Pueblorrico) durch einen bimodalen, tropischen Charakter mit einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von ca. 1995 (Klimastation Miguel Valencia) bis ca. 2995 mm (Klimastation Pueblorrico). Die Klimastationen El Dique und El Porvenir liegen in Jericó und verzeichnen jährliche Niederschlagswerte von über 2000 mm. Wenn man die unterschiedlichen Höhenlagen der Messstandorte um Jericó herum berücksichtigt, dann pendelt die Jahresdurchschnittstemperatur von Jericó zwischen 17° (Klimastation El Porvenir) und 25° C (Klimastation El Dique), was einem für *tierra templada und caliente* charakteristischen Wert entspricht (s. Tabelle 4.4).

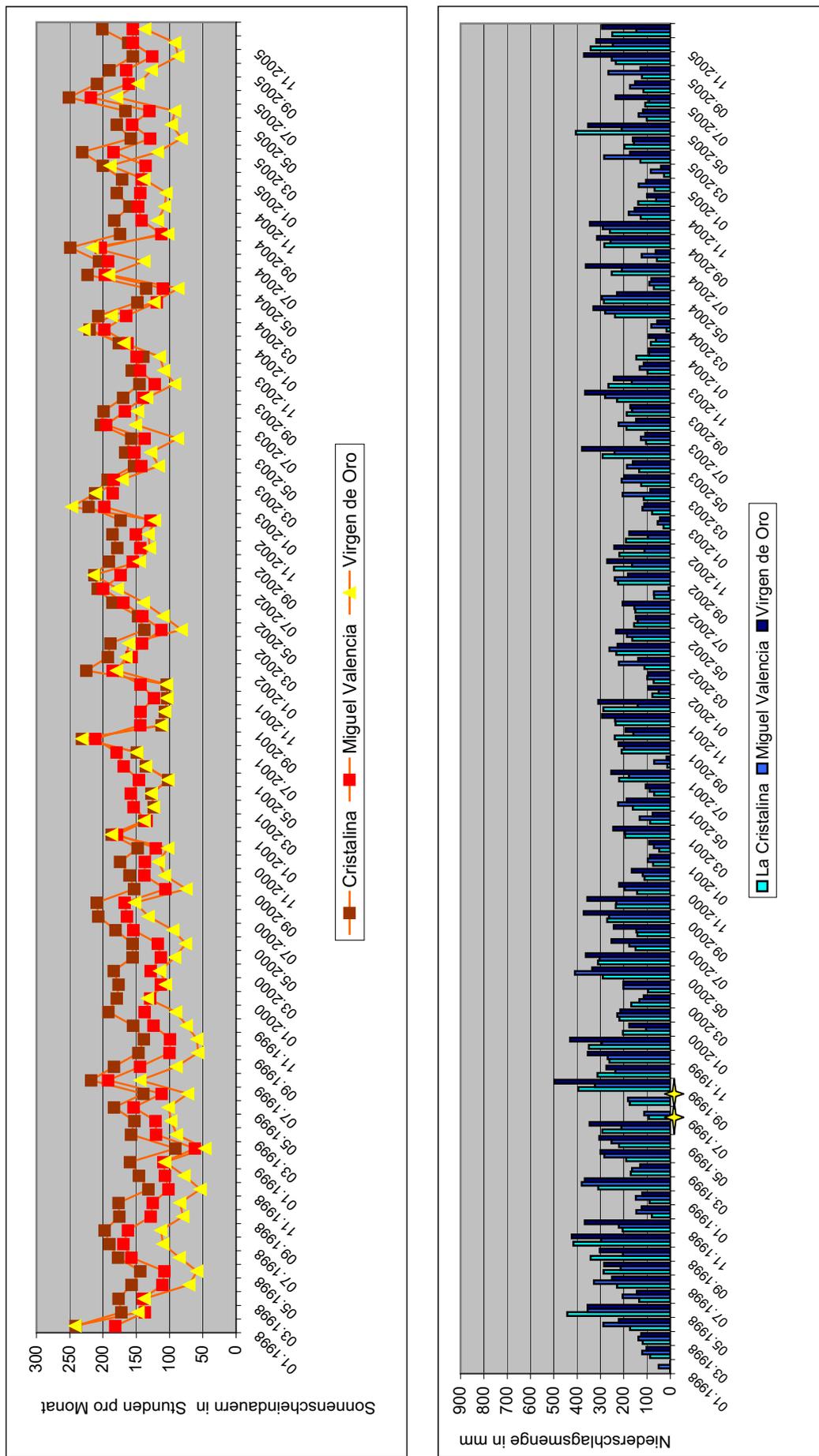


Abb. 4.27g. Darstellung des Verlaufes der Sonnenscheindauern (oben) und Niederschlagsmenge (unten) in den Klimastationen La Cristalina, Virgen de Oro und Miguel Valencia im Zeitraum zwischen 1998 und 2005. Die Monate ohne jegliche Angaben wurden mit einem gelben Stern gekennzeichnet.

Aus allen Klimastationen wurde gleichermaßen gemeldet, dass die Höchstniederschlagswerte nicht unbedingt nur in *Niña*-Jahren gemessen werden, und dass die niedrigsten Niederschlagswerte nicht ausschließlich während der *Niño*-Jahre verzeichnet werden. Daraus folgt, dass es offensichtlich keinen zwingenden Zusammenhang zwischen den höchsten und den niedrigsten Niederschlagswerten in der Region und dem ENSO-Phänomen gibt. Es gibt jedoch durchaus einen engen Zusammenhang zwischen der kalten Phase des ENSO-Phänomens und der Zunahme der monatlichen Niederschlagswerte und über eine längere Zeit anhaltenden Regenfällen ( s. Abb. 4.24e, 4.26d, 4.27c, u.a.). Entgegen der Darstellungen aus der Presse weisen die *Niño*-Jahre nicht immer eine starke Abnahme der Niederschlagsmengen auf, was auf das unterschiedliche Niederschlagsverhalten während eines jeden *Niño*-Jahres und deren kleinräumlich starke Schwankungen zurückzuführen ist. Insgesamt lässt sich sagen, dass Pueblorrico, El Dique und El Porvenir die Klimastationen sind, die während der *Niña*-Jahre die höchsten Niederschlagswerte verzeichnen. Während die Klimastationen am südöstlichen Rand des Untersuchungsgebiets (z.B. im Cartamatal) während der *Niña*-Jahre nicht so hohe Niederschlagswerte aufweisen wie die anderen Stationen in dieser Region.

Eine Regelhaftigkeit, mit deren Hilfe etwaige Höchstniederschlagswerte oder Niederschlagsminima prognostiziert werden könnten, ist in allen Klimastationen also nicht zu erkennen.

Im Jahresverlauf schwankt die mittlere Temperatur unerheblich – die höchsten Werte werden während der Trockenzeiten erreicht, wohingegen die niedrigsten Werte während der Regenzeiten gemessen werden. Minima-Temperaturen werden in den Hauptniederschlagsperioden zwischen Oktober und November gemessen. Maxima-Temperaturen treten in den niederschlagsarmen Monaten zwischen Januar und Anfang März auf. Die monatlichen Niederschlagsmengen variieren bei einem im Jahresverlauf ausgeglichenen Temperaturniveau also viel deutlicher. Allerdings ist die Tagesschwankung der Temperatur beträchtlich was in den Extremen Minimum und Maximum Temperaturen zum Ausdruck kommt und als Kennzeichen der Tropen gilt (Troll, 1959).

Nach WEISCHET liegen die „praktische[n] Werte des „feucht- oder kondensationssadiabatischen Temperaturgradient[en]“ bei  $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}^{\circ}$  (WEISCHET, 1980: 216). Ausgehend von einem für feuchttropische Verhältnisse als normal angenommenen Temperaturgradienten von  $0,5^{\circ}\text{C}$  pro 100 Höhenmeter lassen sich für die Klimastationen El Dique, El Porvenir und Pueblorrico die folgenden Jahresdurchschnittstemperaturen abschätzen:

Tabelle 4.4 Durchschnittliche Jahrestemperaturen in den Klimastationen der Region und in der Ortsmitte benachbarter Siedlungen. Die errechneten Temperaturen - nach dem Temperaturgradient von  $0,5^{\circ}\text{C}$  pro 100 Höhenmeter - sind in rot markiert .

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von ESLAVA und LÓPEZ (1986), IDEAM und CENICAFE

Ort	Gemeinde	Temperatur	Höhenlage	Niederschlag
Station Miguel Valencia	Jardín	19,1°C	1621	1995,3 mm
Station Virgen de Oro	Támesis	20,3°C	1650	2514,5 mm
Station La Cristalina	Támesis	25,2°C	775	2089,9 mm
Station Pueblorrico	Pueblorrico	17,4°C	1942	2951,4 mm
Ortsmitte Jericó	Jericó	17,5° C	1967	2415,0 mm
Ortsmitte Pueblorrico	Pueblorrico	19,8° C	1570	2765,0 mm
Station El Dique	Jericó	25,5°C	850	2364,9 mm
Station El Porvenir	Jericó	17 °C	1906	2518,1 mm

In der Tabelle 4.4. ist die Temperatur der Referenzstation Miguel Valencia als Temperaturstandard eines Ortes, der auf 1621 m.ü.d.M. liegt, genommen.

Aus der Tabelle ist zu erkennen, dass die durchschnittliche Temperatur in der Station El Dique höher als in der Station El Porvenir ist. Der durchschnittliche Temperaturunterschied zwischen diesen beiden Stationen beträgt ca.  $8^{\circ}\text{C}$ . In beiden Stationen werden zudem ähnlich hohe Niederschlagswerte registriert, wobei die Niederschlagswerte in der Station El Porvenir unwesentlich höher ausfallen (s. Tabelle 4.4). Da die Verdunstung umso höher ist, je weiter die Temperatur ansteigt, lässt sich schlussfolgern, dass der Verdunstungsgrad an der Klimastation El Dique beträchtlich höher als an der Klimastation El Porvenir ist. Es ist bekannt, dass der hohe Verdunstungsgrad die Übersättigung des Bodens mit Wasser weniger häufig auftreten lässt, was wiederum den Naturgefahrengrad wegen gravitativer Massenbewegungen ver-

ringert. Das bedeutet, dass gravitative Massenbewegungen durch Bodenwassersättigung in El Porvenir höher sind. Dementsprechend sind die Massenbewegungsgefahren im Raum um die Klimastation El Porvenir höher als in El Dique.

Die Klimastation El Porvenir liegt in der Nähe der Ortsmitte von Jericó. Der Raum ist relativ dicht besiedelt und es gibt dort mehr zentrale Einrichtungen. Aus diesem Grund wurden die Ortsmitte und die um sie herumliegenden *veredas* für Zwecke einer Naturrisikoanalyse ausgewählt.

#### **4.1.5.4 Klimaklassifizierung**

Die großen Klimazonen der Erde bedingen eine weitgehend breitenparallel verlaufende Zonierung der Vegetation in Vegetationszonen (vgl. LÖSCH, 1998:292). Diese wird in den Inneren Tropen nach bestimmten charakteristischen Höhenstufen unterteilt (s. Abb. 4.28). Das Relief ist somit auch klimawirksam (vgl. WEISCHET, 1980:613).

Laut der Naturrisikoanalyse besteht in den gemäßigt-sehr feuchten Gebieten eine erhöhte Naturgefahr vor Hangrutschungen, da in diesen Gebieten hohe Niederschlagsmengen – wie aus den Klimadiagrammen abzulesen ist – verzeichnet werden. Dort ist die Verdunstungsrate geringer als in den tropischen, gemäßigten/ trockenen-halbtrockenen Stufen. Außerdem stellt die große Reliefenergie im Untersuchungsgebiet mit vielen mäßig bis stark geneigten Hängen (s. Abb. 4.9a und 4.9b), einige mit Lockergesteinablagerungen bedeckt (s. Abb. 4.3 und Abb. 4.5a), eine große Gefahr dar, denn es drohen Rutschungen und andere Naturgefahren. Aus diesem Grund wurde eine passende Klimaklassifizierung für das Untersuchungsgebiet durchgeführt und in der Abb. 4.29 dargestellt.

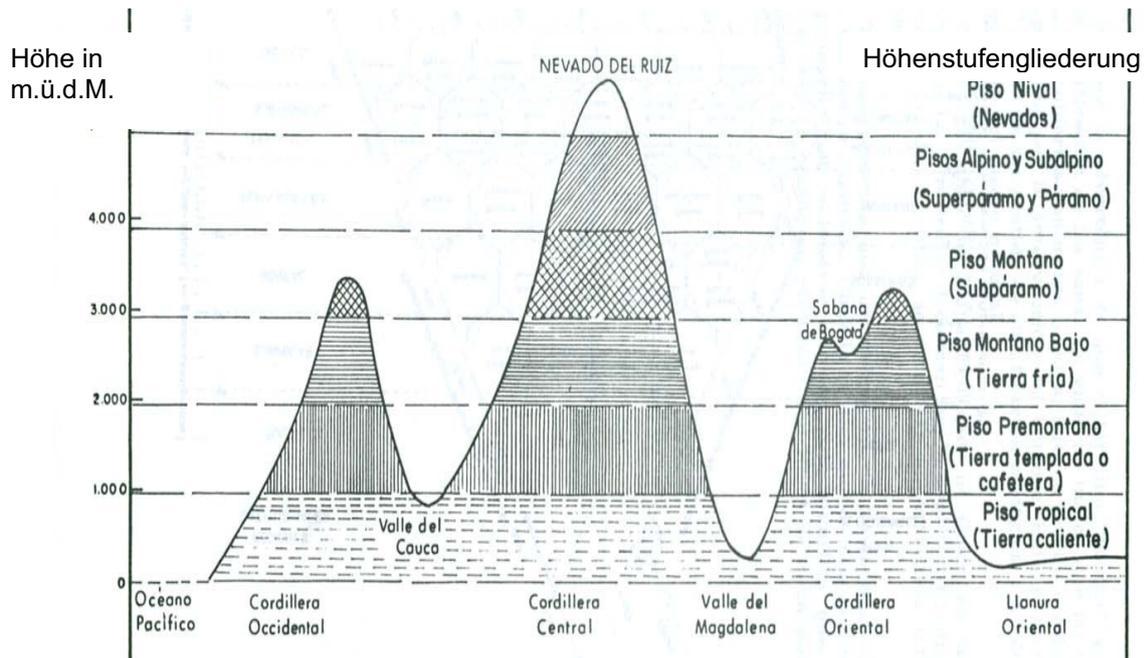


Abb. 4.28 Querschnitt durch die kolumbianischen Gebirgsketten. Darstellung der Höhenstufengliederung (*pisos altitudinales*) nach HOLDRIDGE (1963). Die Höhenstufen zeigen unterschiedliche Verhalten der Temperatur und Vegetation. Auch im Bereich der feuchten Tropen ergeben sich dadurch unterschiedliche Vegetationshöhenstufen. In den Anden dieser Zone werden im Jahresverlauf relativ geringe Temperaturschwankungen registriert. Die Jahreszeiten werden von Regen- und Trockenzeiten bestimmt; der Wind und die Feuchtigkeit machen exponiert gelegene Gebiete bioklimatisch kühler (vgl. WEISCHET, 1980:614). Quelle: ESPINAL (1992:112)

Die für Kolumbien gültigen Klimaklassifikationen werden in Tabelle 4.5 wiedergegeben (vgl. Tab. 4.5).

Der Quotient von TROJER (Niederschlag/Einstrahlung) ( $P/B$ ) schwankt zwischen 0,8 und 3,2, wobei nach der Klassifizierung von LANG (1915) der Quotient zwischen 0,8 und 1,6 dem der tropischen Feuchtwälder (*bosque húmedo tropical bh-T*), und der zwischen 1,6 und 3,2 liegende dem der sehr feuchten Wälder (*bosque muy húmedo bmh*) zuzuordnen ist. Nach dem klimatischen Modell von KÖPPEN (geändert von LOWRY, 1973) herrscht im Untersuchungsgebiet ein immerfeuchtes tropisches Regenwaldklima (*Tropical lluvioso de selva, Af*), was aber durch seine starke Generalisierung als Gesamtkennzeichnung bei der starken Differenzierung des Raumes nicht befriedigen kann.

Tabelle 4.5: Darstellung der in der Region vorhandenen Klimata entsprechend verschiedener Klassifikationen.

STATION	Höhe	N	T	Tropische Höhenstufe	Nach CALDAS (1802) Höhe und T	Nach LANG (1915) Niederschlag/ T	Nach HOLDRIDGE (ESPINAL, 1963)	S	L	Quotient von TROJER (N/T) (N/S)
Cristalina	775	2089,90	24,0	Tierra caliente	Templado	Semihúmedo - 12,6%	bs-T	174,15	68,8	1,01
El Dique	850	2365,00	T<24°	Tierra caliente	Templado	Semihúmedo -7,25%	bs-T	k.A.	k.A.	
Miguel Valencia	1621	2111,80	19,1	Tierra templada	Templado	Húmedo + 10.565%	bh_P	144,72	78,5	0,92
El Rosario	1635	2529,30	20,1	Tierra templada	Templado	Húmedo +25,835%	bh_P	167,01	73,8	
Virgen de Oro	1650	2287,40	35,0	Tierra templada	Templado	Semihúmedo -36,34%	Bh_P	124,17	81,8	2,14
El Porvenir	1906	2518,10	>17°- <20°	Tierra templada	Templado	Húmedo +39,4 bis+26%	bmh_P	k.A.	k.A.	k.A.
Pueblorrico	1942	2951,00	18°C	Tierra templada	Templado	Superhúmedo +63,9%	bmh_P	k.A.	k.A.	k.A.

Zum Zwecke der Bodennutzung in Abhängigkeit von den im betreffenden Gebiet herrschenden Klimaverhältnissen wurde hier der Zusammenhang zwischen N/S (Niederschlag/Sonneneinstrahlung) und N/T (Niederschlag/Temperatur) nach den Methoden von TROJER (1959) und LANG (1915) berücksichtigt. Diese Methoden werden heute nach wie vor von der *Federación de Cafeteros* angewendet.

Begriffserläuterung:

A: Höhe in Meter über dem Meer

N: Niederschlagsdurchschnitt pro Jahr in mm

S: Sonneneinstrahlungsdurchschnitt pro Jahr in h

L: Luftfeuchtigkeitsdurchschnitt in %

T: Temperaturdurchschnitt in °C

\* k.A : keine Angabe

Templado: gemäßigt

Semihúmedo: halbflecht, -trocken

Húmedo: feucht

Superhúmedo: sehr feucht

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM und CENICAFE.

In der Tabelle wird eine makro- bis mesoklimatische Klimaklassifizierung gezeigt, die für Klassifikationen in kleineren Räumen jedoch nicht befriedigend ist. Leider wird der Großmaßstab zur Klassifizierung von Naturgefahren in den kolumbianischen *POTs* allzu häufig angewandt. Eine an das Untersuchungsgebiet angepasste, genauere Klimaklassifikation im Kleinmaßstab lässt sich aufgrund der geringen Anzahl von Klimastationen in diesem Gebiet, die nur begrenzt Klimainformationen liefern können, im Augenblick nicht erstellen. Es böte sich jedoch an, eine Klimaklassifikation ausgehend vom Zentralkriterium des Vegetationsfeuchtigkeitsgrades vorzunehmen. Dazu müsste die spezielle Hilfe von Biologen angefordert werden, die nicht zur Verfügung stand. Nichtsdestoweniger wurde eine geschätzte Klimaklassifikation durchgeführt, die in Abb. 4.29 dargestellt wird. Die für die Abschätzung angewandten Kriterien waren: Höhenstufenverteilung nach HOLDRIDGE, Verteilung des Verhältnisses zwischen Niederschlagsmengen und Temperatur nach LANG (1915) und die grobe Berücksichtigung der im Untersuchungsgebiet beobachteten Vegetationsindikatoren.

Wie aus der Abb. 4.29 zu ersehen ist, ist die natürliche Gefahr vor Hangrutschungen in denjenigen Gebieten des *municipio*, die in gemäßigt-sehr feuchten und kühl-sehr feuchten Lagen liegen, besonders hoch, da dort Lockergesteine auf mäßig bis stark geneigten Hängen vorzufinden sind und weil in diesen Gebieten hohe Niederschlagsmengen verzeichnet werden.

Die *cabecera* des *municipio* und die um sie herumliegenden *veredas* befinden sich in gemäßigt-sehr feuchten Gebieten. Der Raum ist relativ dicht besiedelt und es gibt dort eine relativ große Anzahl zentraler Einrichtungen, weshalb dieser Raum bei der Erstellung von Risikoanalysen besondere Berücksichtigung findet und sich diese Arbeit im Folgenden auch auf diese Räume konzentriert.

Die kühl-sehr feuchten Gebiete sind dünn besiedelt, sodass sie bei einer Naturrisikoanalyse unberücksichtigt bleiben können (s. Abb. 4.29).

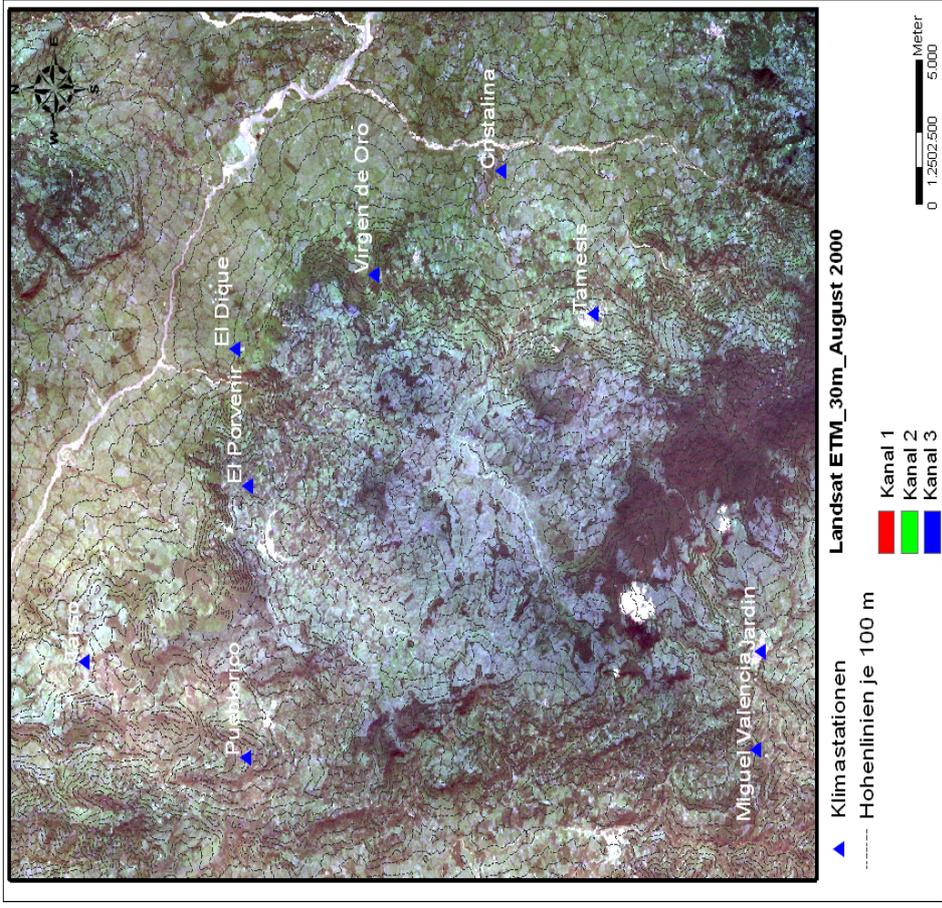
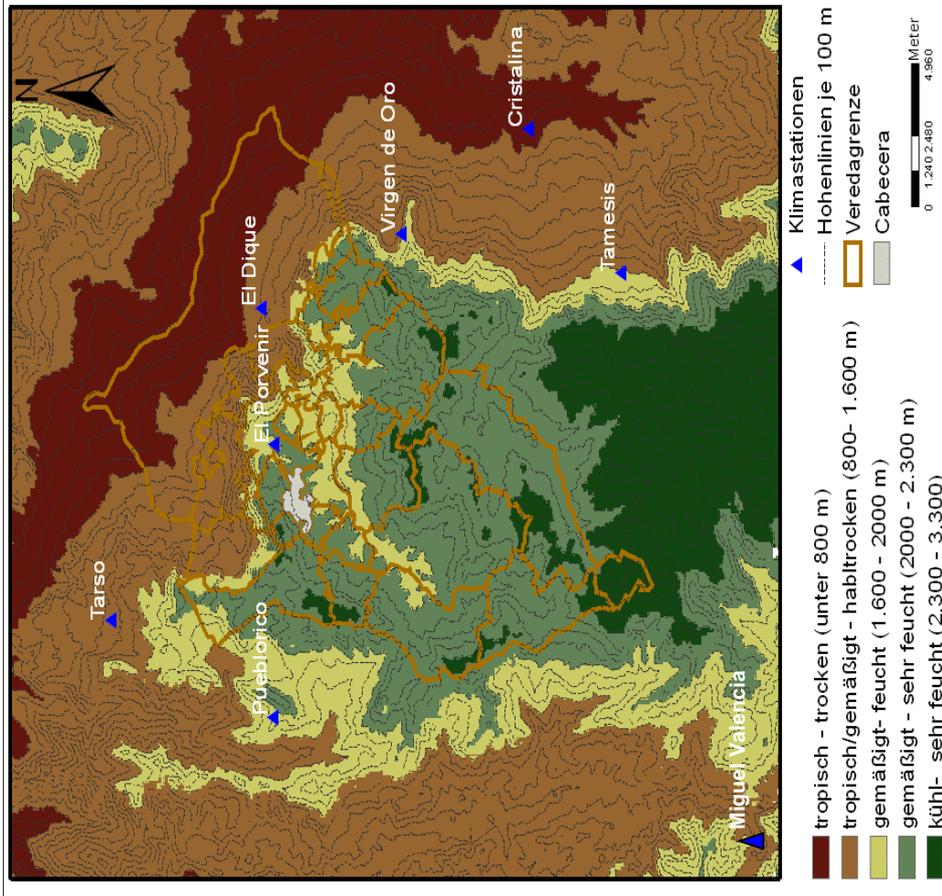


Abb. 4.29: Links: Schätzung einer möglichen Klimaklassifizierung des Untersuchungsgebietes nach der Höhenstufenverteilung von CALDAS, Verteilung des Niederschlags und der Temperatur nach LANG (1915) und Vegetationsindikatoren. Rechts: Landsatbild ETM\_ Landsat und überlagerten Höhenlinien. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von IDEAM, GENICAFE, aus der Feldarbeit und von einer 3 TM-Landsat Szene 21.08.2000(UNIVERSITY OF MARYLAND).

#### 4.1.6 Gewässernetz

Alle fließenden Gewässer, die das Untersuchungsgebiet durchqueren, münden in den Hauptfluss der Region, den Fluss Cauca. Das Untersuchungsgebiet wird durch Zuflüsse des *Río Cauca* begrenzt - den *río* Mulato im Westen und den *río* Frío im Südosten. Der *río* Piedras fließt durch den zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets.

In vulnerablen Gebieten wie dem vorliegenden Untersuchungsgebiet ist es außerordentlich wichtig, eine eingehende Analyse hinsichtlich des dort vorhandenen Gefährdungsgrades durch Hochwasser und Überflutungen durchzuführen, da allgemein bekannt ist, dass Hochwasser und Überflutungen auch Hangrutschungen verursachen können. In der vorliegenden Arbeit wird das Gewässernetz des Untersuchungsgebiets deshalb mit Rücksicht auf diese Art von Naturgefahren analysiert.

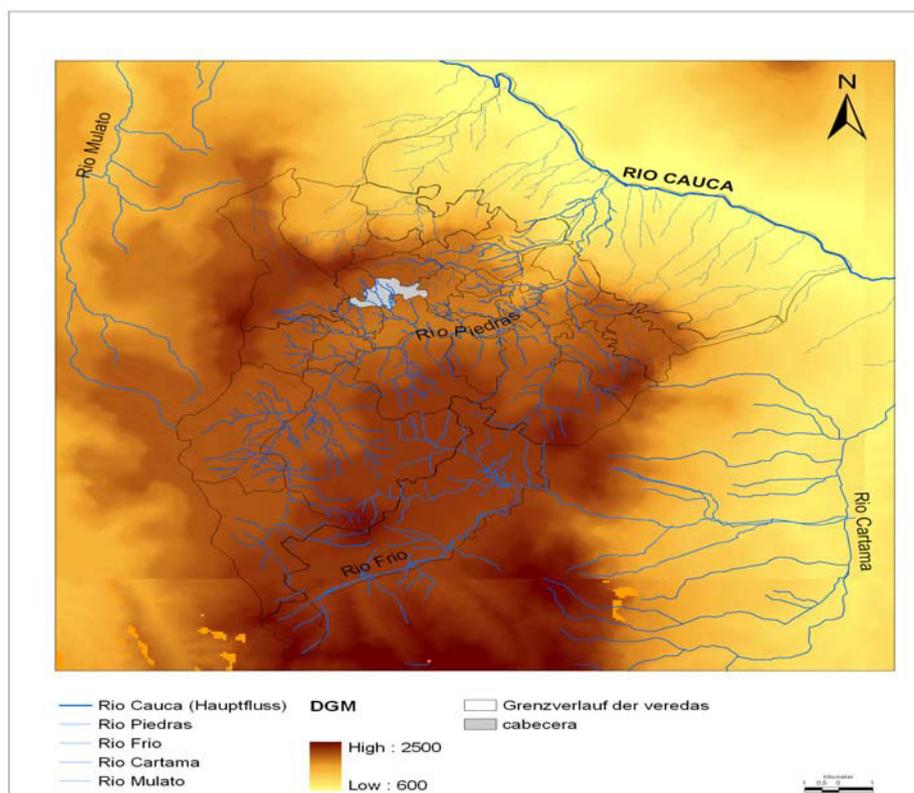


Abb. 4.30a: Gewässernetzkarte des Untersuchungsgebiets.

Eigene Darstellung mit Daten aus den IGAC Karten: PLANCHA 166 B-III –1/2/3/4 (Maßstab 1:50 000).

Wie aus der Abb. 4.30a zu ersehen ist, hat das Relief im Untersuchungsgebiet Auswirkungen auf den Lauf der Zuflüsse des *Río Piedras*. In der *Río Piedras* - Senke gibt es ein dichtes Netz an Zuflüssen. Die *quebradas* durchfließen zumeist Gebiete mit steilen bis mittelsteilen Hängen, aber auch die Ortsmitte (*cabecera*). Der *Río Frío*, nach KELLER (vgl. KELLER 1962:256) als Zufluss dritter Ordnung einzustufen, fließt im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets, wo er in den *río Cartama* mündet. Im südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebiets stellt er sowohl eine Grenze zwischen den Verwaltungsbezirken Jericó und Jardín dar als auch eine natürliche Barriere. Wie im Klimateil beschrieben, haben die Gebiete, die von den Flüssen *Río Piedras*, *Mulatos* und *Cartama* durchzogen werden, jeweils unterschiedliche Klimaausprägungen (s. Teil 4.1.5). Die Zuflüsse *Mulatos*, *Piedras* und *Cartama* verlaufen in N-NO Richtung, wo sie in den Fluss *Cauca* münden

Zur Beschreibung der Dynamik eines Einzugsgebiets in seiner Funktion als ein Wasser-, Energie- bzw. Stoffverteilungssystem bedient man sich einer numerischen Flussordnung. Es gibt je nach den im System gegebenen Voraussetzungen und den darin definierten Zielsetzungen verschiedene Flussordnungsstufen. Bei dieser Arbeit wurde die klassische Flussordnung nach der Auffassung KELLERS verwendet. Im KELLER'SCHEN Flussordnungssystem (1962) wird der Hauptfluss als Ordnung ersten Grades beschrieben; alle Flüsse, die darin zusammenfließen, gehören zur Ordnung zweiten Grades usw. (s. Abb. 4.30b).

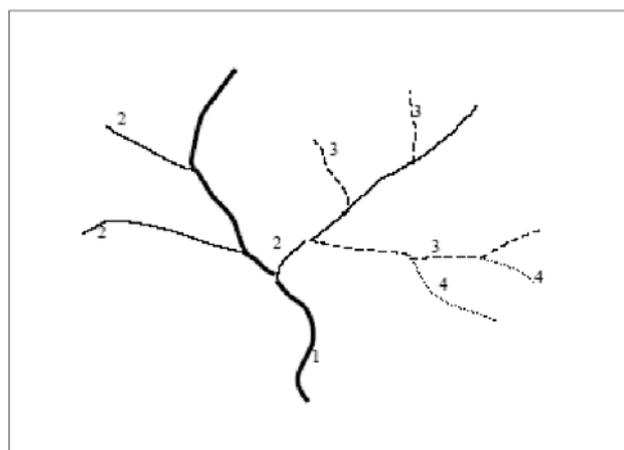


Abb. 4.30b: Darstellung der klassischen Flussordnung nach KELLER (übernommen von BAUMGARTNER und LIEBSCHER, 1996)

Der *Río Piedras* fließt durch ein enges Tal hindurch. Sein Flussbett liegt auf Gesteinen der *Formación Combia*. Dieser Fluss ist nach dem KELLER'SCHEN Fluss-

ordnungssystem (vgl. 1962:258) ein Zufluss zweiter Ordnung. Entlang seiner Nebenflüsse (*quebradas*) finden sich trotz steiler Neigungen Quartärablagerungen. Im Nordosten des Untersuchungsgebiets stößt man an beiden Ufern des *Río Piedras* vorwiegend auf Gebiete mit großen kolluvialen Quartärablagerungen (s. Abb. 4.30c). In diesem Bereich ändert der *Río Piedras* seine ostwestliche Verlaufsrichtung und dreht in Richtung Nordwest ab, zur Mündung des *Río Cauca*. An dieser Stelle, d. h. am unteren Flussverlauf, bewegen sich die Wassermassen im flachen Gelände über Gesteinsschichten der *Formación Amagá*. Südöstlich des Untersuchungsgebiets, im *Cartamatal*, befinden sich Gebiete mit weiteren großen kolluvialen Quartärablagerungen. Diese Quartärablagerungen stellen hinsichtlich diverser Naturgefahren wie Rutschungen bzw. Überschwemmungen einen ernst zu nehmenden Risikofaktor dar.

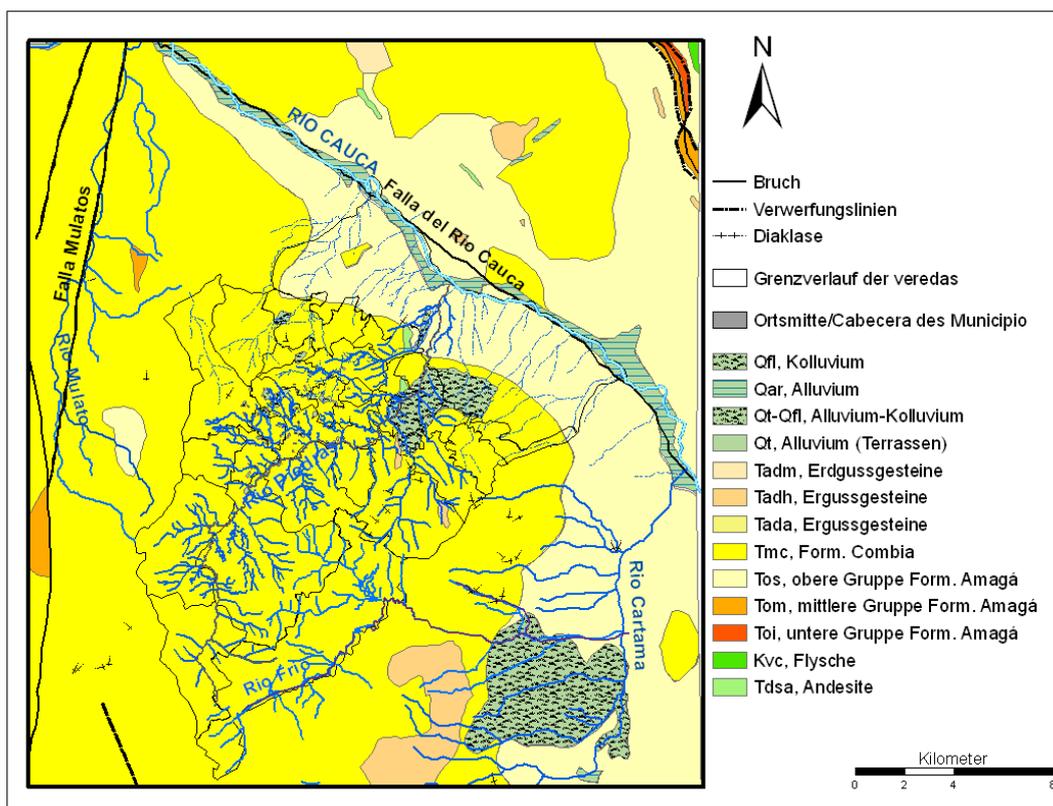


Abb. 4.30c: Darstellung der geologischen Beschaffenheit des Untersuchungsgebiets samt zugehörigem Gewässernetz.

Eigene Darstellung, erstellt auf der Grundlage von Daten aus IGAC Karten: PLANCHA 166 B-III –1/2/3/4

Der *Río Piedras* ist der wichtigste Abfluss im Untersuchungsgebiet. Er schlängelt sich durch die *veredas La Raya* und *Aguadas* inmitten von Hängen mittlerer Neigungen

in Richtung Norden durch, wo er seine Richtung ändert und nach Nordost weiterfließt, sodass er auch die *veredas Cestillala* und *Palo Santo* durchquert. Von da an fließt er durch mittel bis stark geneigtes Relief in ostwestlicher Richtung bis zur *vereda Palenque* weiter. In den *veredas La Viña* und *La Cabaña* fällt er in nördlicher Richtung sehr steile Hänge hinab, um im weiteren, nordöstlichen Verlauf in den *Río Cauca* zu münden.

Die Hangneigung beeinflusst die Fließgeschwindigkeit des Flusses und verstärkt die Erosionsprozesse. Daraus folgt, dass die Fließgeschwindigkeit im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets – zwischen den *veredas Sacatin* und *La Fe* – relativ hoch ist. In diesem Gebiet kann man demzufolge auch eine vergleichbar höhere Erosionsrate – und damit auch mehr Hangrutschungen – erwarten als in Gebieten mit kleineren Neigungen. Diese Entwicklung lässt sich mit der Tatsache erklären, dass gravitative Massenbewegungen, die durch Abtragungen und Abspülungen verursacht werden, an steileren Hängen immer gravierender ausfallen werden als an flacheren Hängen. (s. Abb. 4.30d)

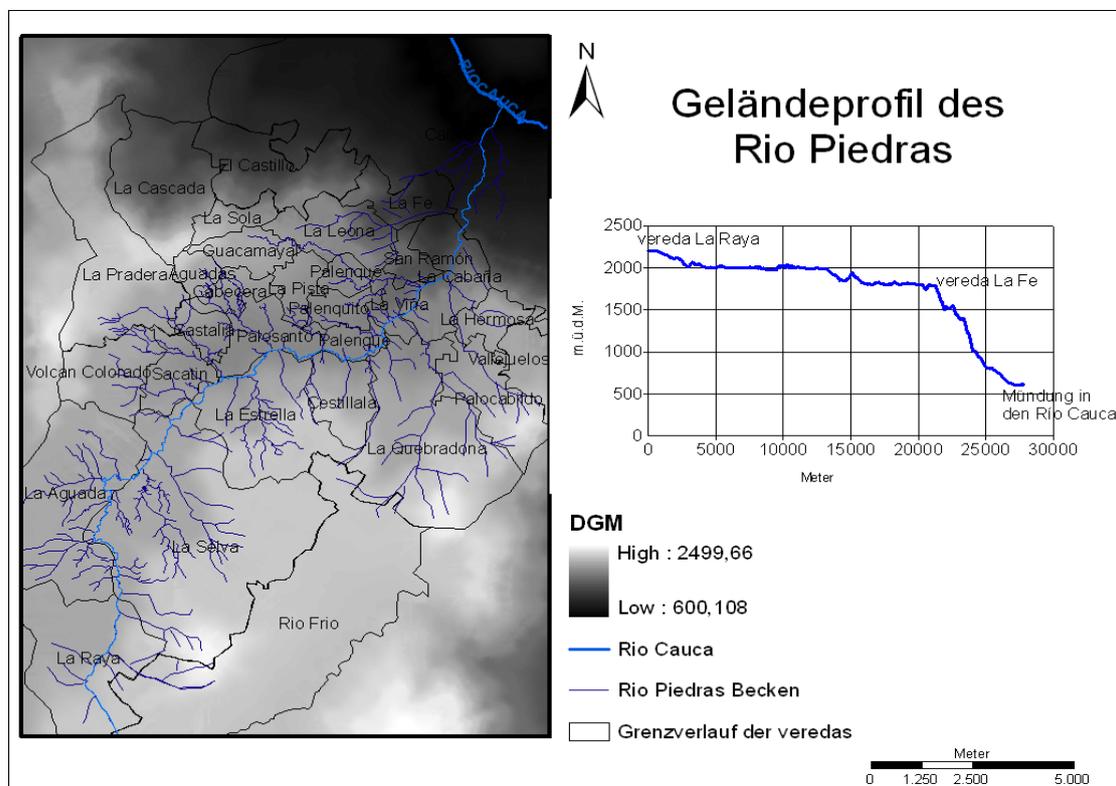


Abb. 4.30d: Darstellung der *Río Piedras* - Senke mit Geländeprofil des *Río Piedras*. Der *Río Piedras* verläuft von Süd nach Nord bis hin zum *Río Cauca*, in den er mündet.

Eigene Darstellung unter Anwendung von Arc GIS 9.0.

Zum Flusssystem des *Río Piedras* gehören einige wichtige Zuflüsse (*quebradas*). Das Spektrum der Ordnungsstufen reicht in diesem Wasserverteilungssystem von der dritten bis zur sechsten Ordnungsstufe (s. Abb. 4.31). Südlich der *cabecera* fließen die *quebradas Sacatin, La Elvira* und *La Gallineta*. Die Ortsmitte wird von den *quebradas Valladares, Pinillos, La Merced, La Peña* und *Don Tito* (im südöstlichen Flussverlauf auch als *quebrada Matadero* bezeichnet) durchzogen. Nördlich der *cabecera* fließen die *quebradas La Barrera, La Buga, Palenque, Palenquito, Quebradona, La Palma, La Hermosa* und *Cedrales*. Die Präsenz der *quebradas* in dieser Gegend (s. Abb. 4.31) muss in der vorliegenden Untersuchung sowohl angesichts der starken Hangneigungen, die die Hangrutschungen begünstigen, als auch aufgrund des relativ hohen Erosionsgrades, der für diese Gegend typisch ist, besonders beachtet werden.

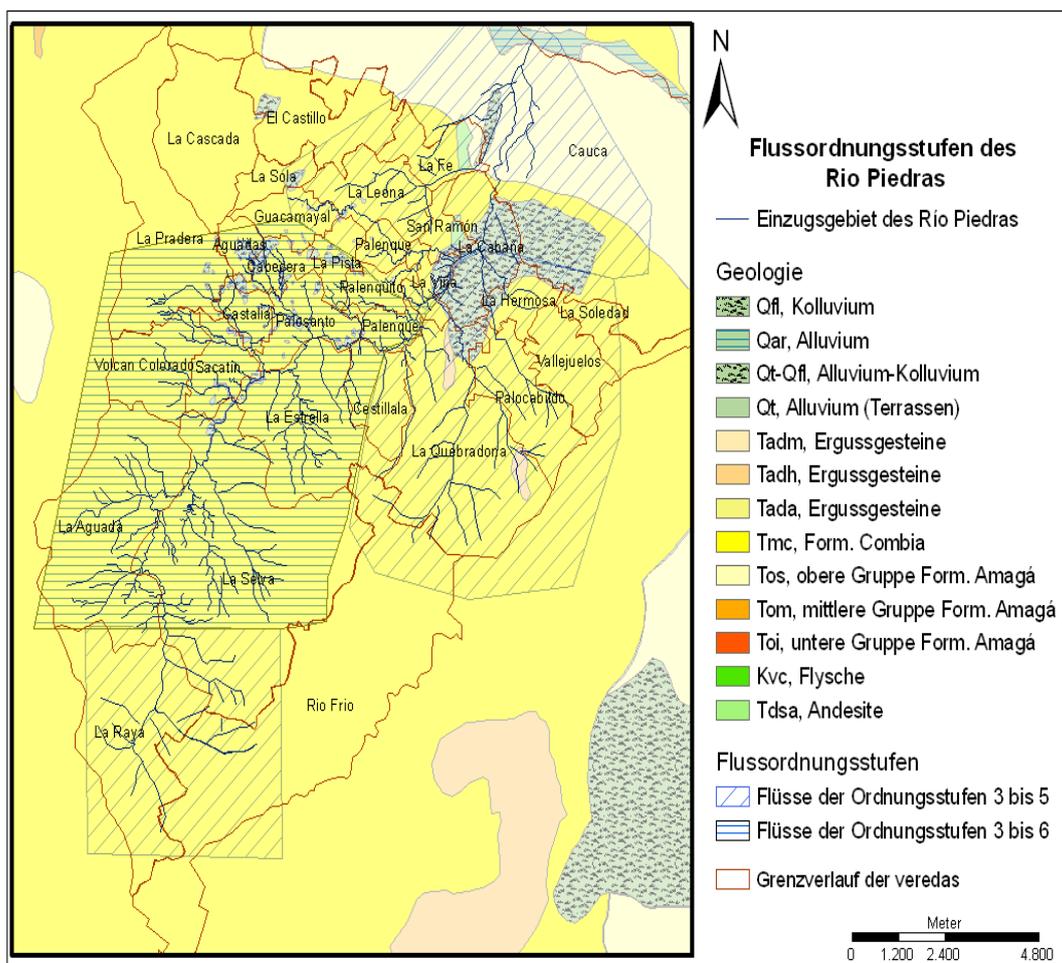


Abb. 4.31: Flussordnungsstufen des *Río Piedras* nach KELLER (1962).

Quelle: IGAC: PLANCHA 166 B-III -1/2/3/4 (Maßstab 1:50 000).

Wie aus der Abb. 4.31 hervorgeht gibt es im Untersuchungsgebiet zwei Bereiche, die sich in vielerlei Hinsicht voneinander unterscheiden, u. a. hinsichtlich des KELLER´SCHEN Flussordnungssystems: In dem einen Gebiet findet man Flüsse der Ordnungsstufen 3 bis 5, im anderen dagegen Flüsse der Ordnungsstufen 3 bis 6.

Die wichtigsten Gefahrengebiete sind hier im zentralen und nördlichen Bereich des Untersuchungsgebiets identifiziert worden. Ebendort finden sich auch die Zuflüsse (*quebradas*) der Flussordnungsstufen 3 bis 6 als auch Gebiete mit starken Hangneigungen.

Der Abb. 4.10b ist zu entnehmen, dass die meisten Rutschungsstellen in Gebieten mit Hanglage verzeichnet werden, die aus Gesteinen der *Formación Combia* und aus Quartärablagerungen bestehen. Hangrutschungen treten besonders im Gebiet der *cabecera* auf. Dort gibt es Bereiche mit starken bis steilen Hangneigungen als auch *quebradas* der Flussordnungsstufen 3 bis 6. Wegen der starken Hangneigung ist der Erosionsgrad in diesen Sektoren relativ hoch.

Die im Untersuchungsgebiet registrierten Niederschlagswerte liegen bei ca. 2300 mm im Jahr, in manchen Jahren, häufig *Niña*-Jahren können sie noch höher ausfallen. Ab und zu treten regionale Konvektionsströmungen auf (in Kolumbien werden sie als „*complejo convectivo de mesoescala*“ bezeichnet, vgl. VELASCO & FRITSCH, 1987:611). In manchen Gebieten haben diese Konvektionsströmungen sehr hohe Niederschlagsmengen zur Konsequenz, und entlang der Flüsse und *quebradas* verursachen sie starke pluviale Erosionsprozesse, welche wiederum Massenbewegungen nach sich ziehen können.

Die Geologie des Untersuchungsgebiets gibt diesen kausalen Zusammenhängen weiteren Auftrieb, wobei hier besonders Gebiete in Mitleidenschaft gezogen werden, in denen nicht konsolidierte Quartärablagerungen und andere sedimentäre Gesteine der *Formación Combia* anzutreffen sind.

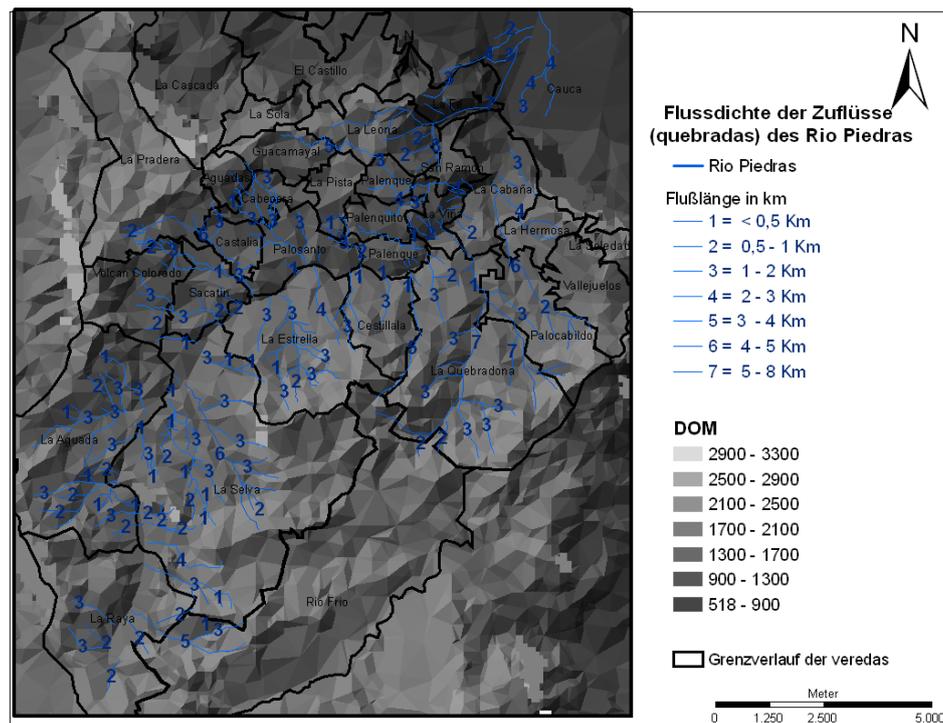


Abb. 4.32a: Darstellung des Wasserverteilungssystems in der Gegend um den *Río Piedras* herum.

Quelle: IGAC: PLANCHA 166 B-III –1/2/3/4 (Maßstab 1:50 000) und eigenes DOM.

Der *Río Piedras* entspringt im Süden der Gemeinde Jericó zwischen den *veredas La Raya* und *Río Frío* (2280 m.ü.d.M.) und erreicht bis zu seiner Mündung im *Río Cauca* (600 m.ü.d.M.) eine Länge von ca. 31 km. Auf einer Höhe zwischen 2280 und 800 m.ü.d.M. bildet er ein Kerbtal, wobei das Geländeprofil in der *vereda La Cabaña* als besonders steil zu bezeichnen wäre. Dort fließt der Fluss durch Gebiete mit Ergussgesteinen der *Formación Combia* und mit kolluvialen Ablagerungen, weshalb es in diesen Gebieten auch zu Hangrutschungen kommt (s. Abb. 4.32a).

Die meisten Zuflüsse des *Río Piedras* der 3. bis 6. Ordnungstufe, die länger als 5 km sind, befinden sich im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets, und zwar in den *veredas La Quebradona, Palo Cabildo* und *La Hermosa*. Dort gibt es weniger steile Hänge als im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets.

Die Berechnung der Flussdichte und der Durchlässigkeit der Gesteine erfolgte nach der KELLER'SCHEN Methode (1962). Bei diesem Verfahren wird „die mittlere Flusslänge (in km) je km<sup>2</sup> Landfläche als Flussdichte bezeichnet. Der Wert nimmt die geringste Größe bei sehr durchlässigen Gesteinen an und erreicht die höchsten

Werte bei undurchlässigen Böden“. (KELLER 1962:259) Dieser Klassifizierungsmethode Folge leistend wurde das Untersuchungsgebiet in 5 Untergebiete unterteilt. Die Durchlässigkeitswerte, die im Untersuchungsgebiet registriert werden, sind hoch. Dies ist auf die dort vorgefundenen Bodenarten und das Vorkommen von Gesteinen der *Formación Combia* (Basalte) zurückzuführen. Gebiete, in denen geringere Durchlässigkeitswerte verzeichnet werden, liegen auf Quartärablagerungen. Die folgende Abbildung gibt die Ergebnisse wieder, die im Rahmen der Untersuchung erarbeitet wurden.

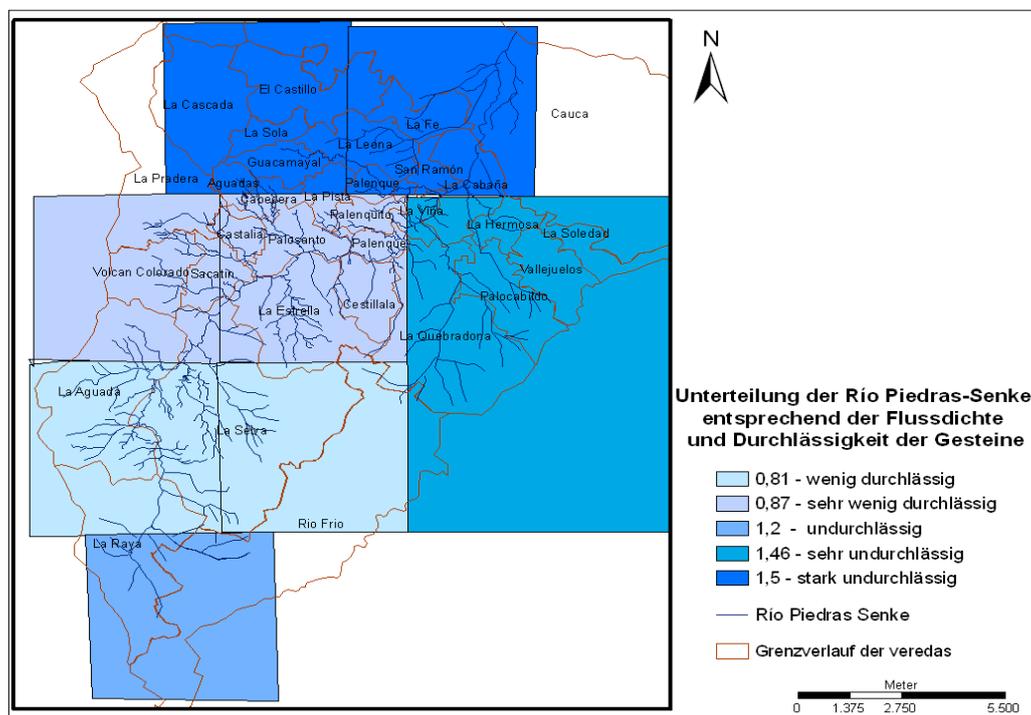


Abb. 4.32b: Darstellung der Flussdichte im Einzugsgebiet des *Río Piedras* und der Durchlässigkeit der Gesteine im Untersuchungsgebiet (nach KELLER, 1962).

Eine Abnahme der Durchlässigkeit wurde südlich von *Jericó* als auch im zentralen Bereich des *municipio* festgestellt. Im zentral gelegenen Untergebiet von *Jericó* – also in der *cabecera* – und in dem Gebiet, das südlich davon liegt – d. h. in den *veredas* *La Aguada*, *La Selva*, *Volcan Colorado*, *Sacatin*, *Castalia*, *Palenque*, *Palenquito*, *Palo Santo*, *La Estrella* und *Cestillala* – wurden Sektoren identifiziert, in denen eine geringere bzw. eine deutlich geringere Durchlässigkeit festgestellt wurde als in den restlichen Untergebieten von *Jericó*. In diesen Gebieten findet man vornehmlich Quartärablagerungen, die die Durchlässigkeit des Bodens begünstigen.

In ebendiesen Gebieten sind auch jene Zuflüsse (*quebradas*), denen die höchsten Ordnungsstufen zugeteilt wurden (bis hin zur 6. Ordnungsstufe).

Rutschungen, die von starken fluvialen Erosionsprozessen ausgelöst wurden, sind von der lokalen Bevölkerung mündlich überliefert und entsprechend dokumentiert worden. Diese mündlich überlieferten Angaben sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, da sie im Widerspruch stehen zu den Aufzeichnungen, die die lokalen Behörden gemacht haben und die in dieser Form in die entsprechenden Statistiken zu Niederschlagsmengen aufgenommen wurden. Um eine Kompromisslösung zu erreichen wurde daher versucht, diese Angaben soweit wie möglich mit den Daten der lokalen Wetterstationen in Einklang zu bringen. Im Folgenden werden einige der mündlich überlieferten Ereignisse aus dieser Gegend geschildert.

- In den Jahren 1937, 1954 und 1992 wurden im Umkreis von *El Liceo* (*cabecera*) Massenbewegungen registriert, von denen das Gebiet betroffen wurde, das zwischen den *quebradas Valladares* und *Pinillos* liegt (vgl. Photo 4.8b und Abb. 4.12). Allerdings verfügte man in den Jahren zwischen 1937 und 1954 noch über kein Archiv zur Aufzeichnung von Klimadaten, sodass genaue Aussagen zum Umfang der entstandenen Schäden nicht möglich sind.

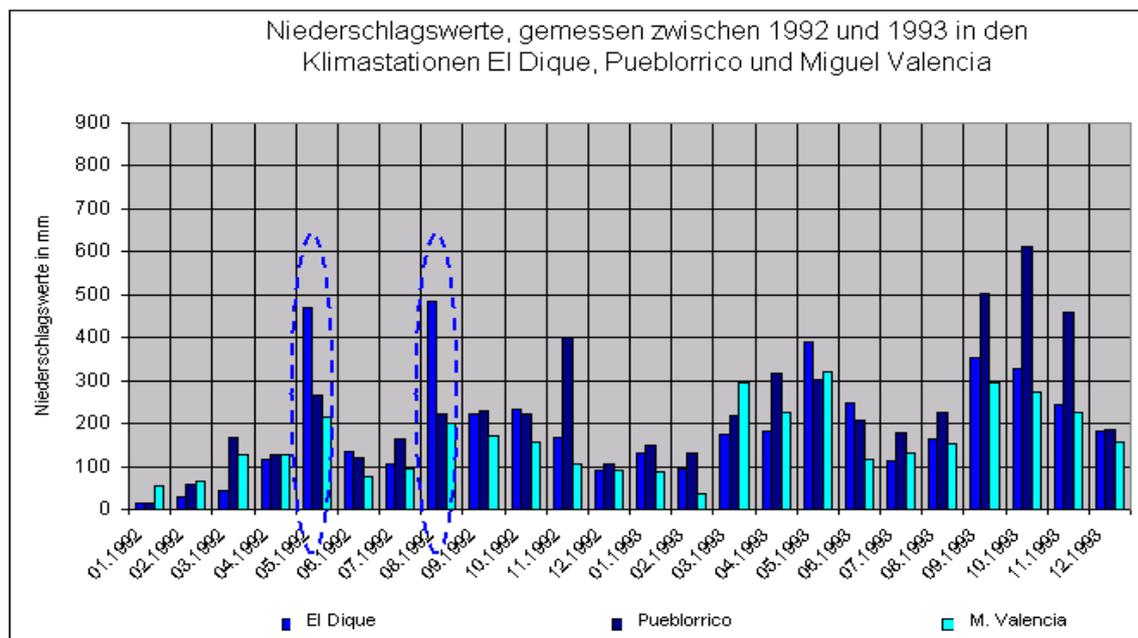


Abb. 4.33 a: Monatliche Niederschlagssummen, die in den Jahren 1992 und 1993 in den Klimastationen *El Dique*, *Pueblorrico* und *Miguel Valencia* gemessen wurden.

Eigene Zusammenstellung unter Berücksichtigung der Daten aus CENICAFE und IDEAM

Wie den Klimadaten in der Abb. 4.33a zu entnehmen ist, wurden im Jahr 1992 die Höchstniederschlagswerte mit über 450 mm im Mai und August erreicht. Es kann durchaus angenommen werden, dass es einen direkten Zusammenhang gibt zwischen der Entwicklung des Klimas, der Erhöhung des Wasserpegels in beiden *quebradas* und der Massenbewegung von 1992. Obwohl 1993 noch höhere Niederschlagsmengen verzeichnet wurden, sind diese weder ausreichend dokumentiert noch die im Anschluss daran eingetretenen Ereignisse in einer angemessenen Weise aufgearbeitet worden, was womöglich damit zusammenhängt, dass die Verteilung der Niederschläge über das ganze Jahr hinweg anders ausfiel als im Jahr davor, und dass die eingetretenen Ereignisse für nicht so viel Aufsehen gesorgt haben.<sup>1</sup>

- Am 23. Februar 1979 konnte das Wasser des *Río Piedras* nach einer Hangrutschung nicht abfließen und es kam zu einer Stauung. Aufgrund der starken Niederschläge kam es auf dem westlichen Mittelhang im Bereich der *vereda La Cabaña* zu einer Hangrutschung (vgl. Photo 4.8a). Die starken Niederschläge ließen das in der *quebrada La Hermosa* geführte Wasser anschwellen, und das Hochwasser (Sturzbach) – dies nimmt man zumindest an – zerstörte die Brücke, die die beiden Ufer dieses Zuflusses miteinander verband. Der geologische Untergrund besteht hier aus Basalten und Konglomeraten der unteren magmatischen Schichten der *Formación Combia*, welche von Quartärablagerungen und Asche bedeckt sind.

Das genaue Datum, an dem die Brücke im Jahr 1979 zerstört wurde, ist nicht bekannt; fest steht, dass im Februar jenen Jahres keine hohen Niederschlagswerte registriert wurden. Ein direkter Zusammenhang zwischen den Niederschlagsmengen und den in jenem Jahr eingetretenen natürlichen Ereignissen kann insofern nicht eindeutig nachgewiesen werden (s. Abb. 4.33b). Allerdings wurden in dieser Region im Verlauf des Jahres 1979 einige tektonische Aktivitäten registriert (Erdstöße/*temblores*), sodass es möglich ist, dass es zwischen den eben erwähnten Ereignissen und den tektonischen Aktivitäten doch einen Zusammenhang gibt. Die besagten Erdstöße wurden am 23. November und 12. Dezember 1979 registriert.

---

<sup>1</sup> Sämtliche Informationen wurden durch Befragung der lokalen Bevölkerung erhoben, es liegen keine konkreten Angaben vor.

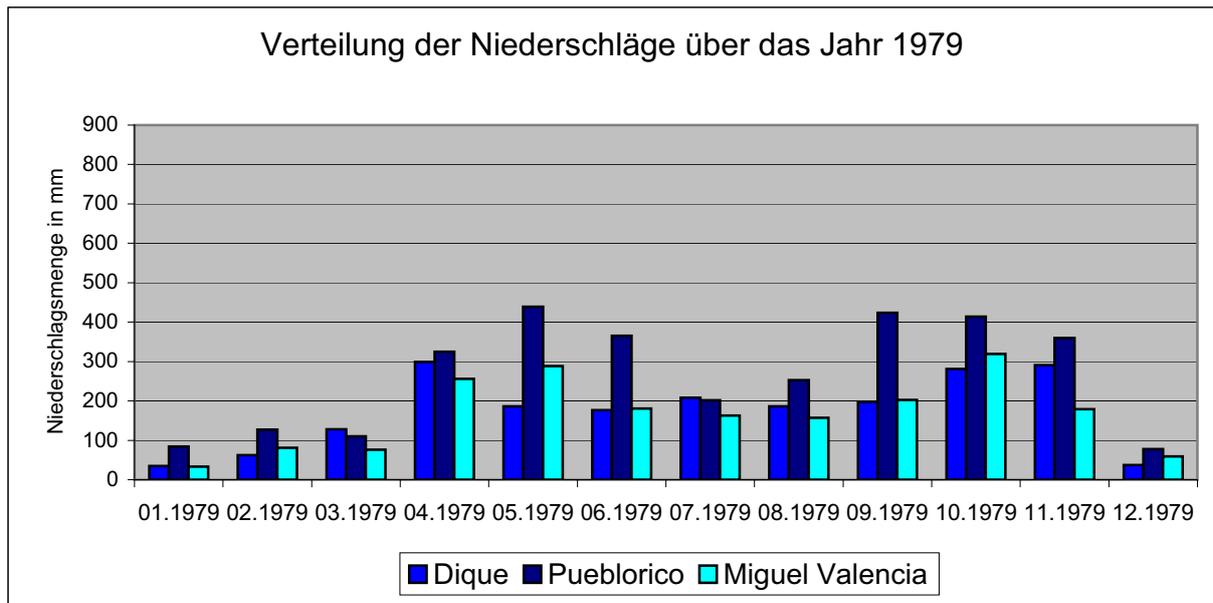


Abb. 4.33 b Darstellung der Niederschlagsverteilung über das Jahr 1979. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus CENICAFE und IDEAM

- Im November 1998 kam es nach mehreren Starkregen zum Abgang von Schlammströmen in den *quebradas La Leona, Los Mangos* und *Las Cruces*. Dabei wurde in der *vereda El Castillo* eine Schule beschädigt (vgl. Abb. 4.33b). Nach Informationen der Anwohner hatte es in diesem Raum 30 Jahre davor bereits eine starke Massenbewegung gegeben, die letztendlich den natürlichen Verlauf der *quebrada Las Cruces* veränderte. Von da an lag das Flussbett dieser *quebrada* in einem Gebiet, das etwas weiter nördlich vom ursprünglichen Kurs lag. Bedauerlicherweise gibt es jedoch keine Klimadaten aus der Zeit vor 1972, mit denen man das tatsächliche Klimaverhalten in dieser Gegend hätte genauer analysieren können. In den letzten 15 Jahren fand die *quebrada Las Cruces* wieder in ihr altes Flussbett zurück.

Auch die Niederschlagswerte aus der Zeit zwischen 1968 und 1972, die in den ältesten Klimastationen dieser Region – *Miguel Valencia, El Dique* und *Pueblorrico* – erhoben wurden, lassen keine eindeutigen Rückschlüsse auf eine reale Veränderung des Klimaverhaltens zu.

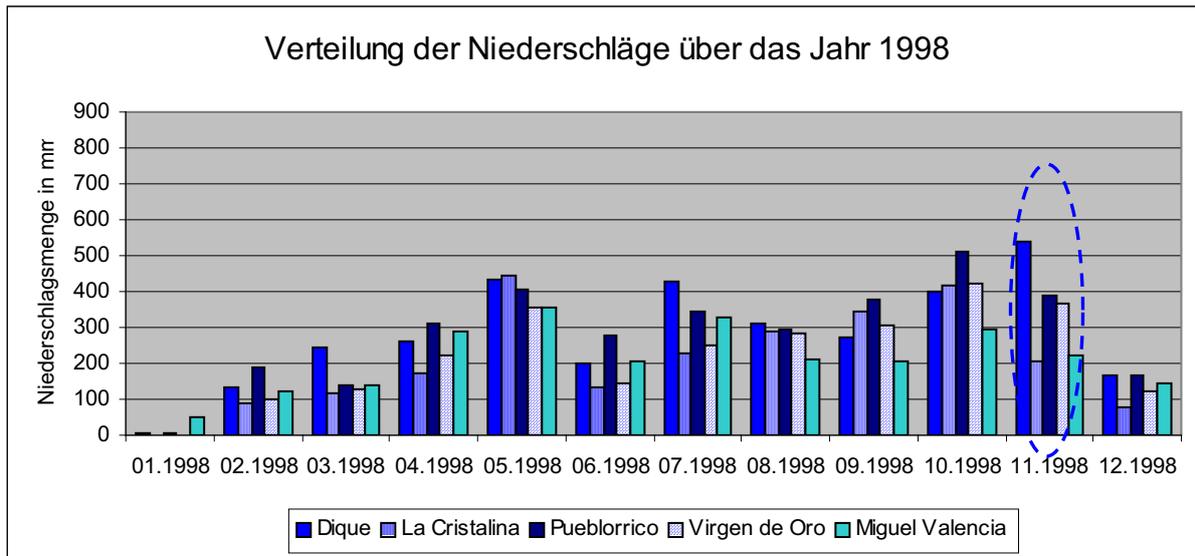


Abb. 4.33c Darstellung der Verteilung der Niederschläge über das Jahr 1998, die für die Massenbewegung und Überschwemmung, die aus der *vereda Las Cruces* gemeldet wurden, maßgeblich waren. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus CENICAFE und IDEAM

Wie die Abb. 4.33c veranschaulicht, wurden die höchsten Niederschlagswerte (über 500 mm) im November 1998 verzeichnet, insbesondere in der Klimastation *El Dique*. Aber auch im Monat davor (Oktober) wurden hohe Niederschlagswerte registriert. Der andauernde Regen könnte zu einer Übersättigung des Bodens geführt haben und folglich sowohl die Massenbewegung als auch die Überschwemmung verursacht haben.

- Im September 1999 wurden aus der *vereda Palenque* im Sektor *El Bosque* eine Senkung und eine Massenbewegung gemeldet (vgl. Abb. 4.13). Beide Ereignisse wurden durch den eingesetzten Starkregen verursacht, wobei auch die Hangneigung, der Gesteinstyp sowie die Flusserosionsprozesse an der *quebrada El Bosque* diesen Prozess begünstigten. Das Jahr 1999 war ein „Niña-Jahr“.

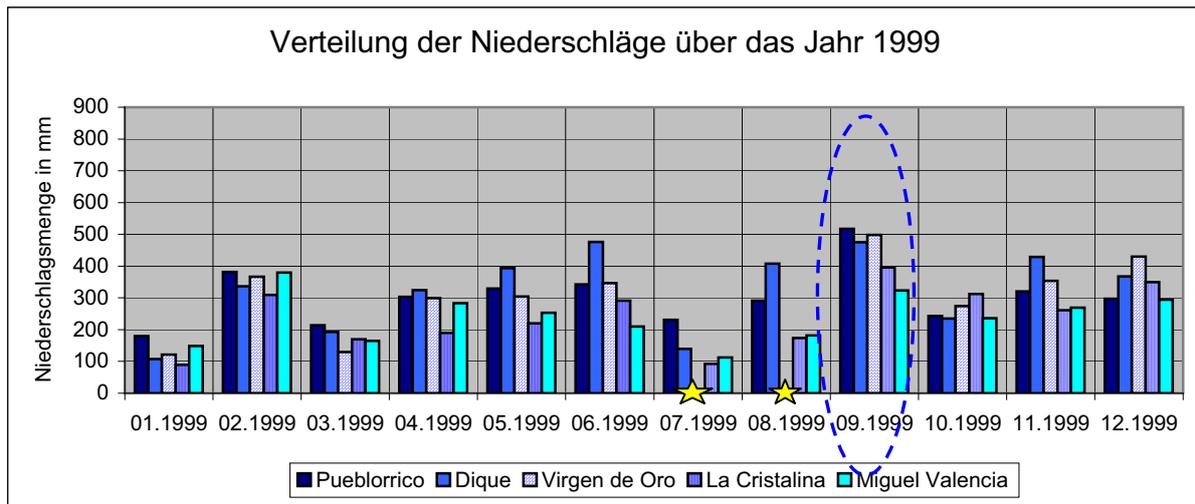


Abb. 4.33d: Darstellung der Verteilung der Niederschläge über das Jahr 1999. Diejenigen Monate, für die es keine genauen Angaben gibt, wurden mit einem gelben Stern markiert. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus CENICAFE und IDEAM

Die Abb. 4.33d verdeutlicht, dass im Jahr 1999 die höchsten Niederschlagswerte (über 450mm) im September verzeichnet wurden, insbesondere in den Klimastationen *Pueblorrico*, *El Dique* und *Virgen de Oro*. Wenn man berücksichtigt, dass aus *Pueblorrico* und *El Dique* bereits im Monat davor hohe Niederschlagswerte gemeldet wurden, dann ist die Größenordnung der entstandenen Schäden durchaus nachzuvollziehbar.

#### 4.1.7. Böden

Begünstigt durch eine Anzahl von speziellen bodensedimentologischen und -genetischen Prozessen, die in dieser Region seit geraumer Zeit ständig zu beobachten sind, haben sich im Untersuchungsgebiet besondere Bodenarten herausgebildet, die sich aus vulkanischer Asche, Sedimentiten (inklusive Quartärablagerungen) und Magmatiten der Formationen *Combia* und *Amagá* zusammensetzen (s. Punkt 4.1.2).

Die Klassifikation dieser Böden erfolgte nach dem vom IGAC standardmäßig eingesetzten amerikanischen Klassifikationssystem für Böden. Die Festsetzungen dieses Systems stimmen mit jenen aus dem internationalen Bodenklassifikationssystem „*Soil Taxonomy*“ überein. Laut dieses Klassifikationssystems

gibt es im Untersuchungsgebiet Bodenarten, die den folgenden Hauptordnungen (*Order Soils*) zugeteilt werden können: *Entisoles*, *Inceptisoles* und *Andisoles* (IGAC,1995).

Die *Andisoles* sind Böden mit andinen Eigenschaften. Die *Entisoles* sind wenig entwickelte Böden ohne erkennbare Horizonte (vgl. SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1998:320), die am Rand des Caucatals (im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets) vorzufinden sind. Die *Inceptisoles* sind schwach entwickelte Böden mit erkennbarer Horizontierung; sie befinden sich im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets.

Wie der Bodenkarte des IGAC (1995) zu entnehmen ist, sind im Untersuchungsgebiet *Andisoles* der folgenden Unterordnungen entstanden:

- *Ustropepts*, *Ustorthents*, *Haulodollis*: Dabei handelt es sich um tropische, gemäßigt-feuchte Böden, die im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets am Rande des Caucatals vorzufinden sind.
- *Dystropepts*, *Humitropepts*, *Melanudands*, *Hauptadands* und *Fulvudands*. Böden, die in gemäßigt-feuchten bis sehr feuchten Gebieten anzutreffen sind, in denen es Asche vulkanischen Ursprungs gibt. Im Untersuchungsgebiet machen sie fast 70% der gesamten Bodenfläche aus.
- *Placudands*: Dies sind Böden, die in kühlen und feuchten bis sehr feuchten Gebieten vorherrschen, in denen es Asche vulkanischen Ursprungs gibt. Im Untersuchungsgebiet sind sie hauptsächlich in höher gelegenen Gebieten vorzufinden.

Wie den Formulierungen des von der Gemeinde Jericó präsentierten „POTs“ zu entnehmen ist, hat man sich dort bei der Erstellung des Raumordnungsplans eines anderen – nämlich eines regionalen – Bodendifferenzierungssystems bedient, welches in dieser Form auch von der *Federación Nacional de Cafeteros* (CENICAFE) verwendet wird. Laut dieses Klassifizierungssystems werden den Böden Namen von regionalen *asociaciones* und von denjenigen Orten verliehen, in denen diese Böden hauptsächlich vorzufinden sind, wobei das Profil des Bodens weitgehend den Charakteristika zu entsprechen hat, die für den Boden der betreffenden Region kennzeichnend sind. Aufgrund der unterschiedlichen Vorgehensweisen beider

Verbände bei der Auswahl derjenigen Parameter, die für die Zuordnung der Böden zu einer bestimmten Klasse maßgeblich sind – und folglich aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften, die den Bodenklassen in beiden Systemen zugeschrieben werden – sind diese beiden Klassifizierungssysteme nicht immer deckungsgleich.

Zur Vergegenwärtigung der vom jeweiligen System angewandten Methodik zur Beschreibung der Beschaffenheit von Böden, die sich je nach dem verwendeten Klassifizierungssystem stark voneinander unterscheiden können, ließe sich das Beispiel der von der *Federación Nacional de Cafeteros* (CENICAFE) als *Asociación Fredonia* und *Asociación Jericó* bezeichneten Böden anführen. Diese Böden würden gemäß der Kriterien des von IGAC verwendeten Klassifizierungssystems als *Andisoles*, *Entisoles* und *Inceptisoles* kategorisiert werden, wohingegen sie im deutschen Bodenklassifikationssystem als tropische Braunerdeböden geführt werden, die sich aus unterschiedlichen Gesteinen und unter Einwirkung verschiedener Reliefparameter wie dem lokalen Klima, dem Relief, dem Ausgangsgestein und der Vegetation herausentwickelt haben. In den folgenden Abbildungen werden die Bodenprofile *Asociación Fredonia* und *Asociación Jericó*, die mit bestimmten Bodenarten übereinstimmen, graphisch dargestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der Rückgriff auf die Nomenklatur dieser Bodenprofile für Zwecke der Erstellung einer differenzierten Studie zur Einschätzung und Zuordnung von Risikopotentialen weitaus relevanter ist als die Verwendung der Klassifikationskriterien, die im genetischen Bodenklassifizierungssystem präzisiert worden sind.

Im Folgenden werden die Charakteristika der bezeichneten Böden bezüglich ihrer Bodenart und ihres Bodentyps wiedergegeben und in entsprechender Form graphisch dargestellt.

Das für das Untersuchungsgebiet typische Bodenprofil stellt eine Kombination von (O-) A-B-C Bodenhorizontsequenzen dar (s. Abb. 4.34 und 4.35). Nach dem deutschen Bodenklassifizierungssystem (vgl. SCHRÖDER:1992) würde dies dem Bodentyp der Braunerde entsprechen.

In Übereinstimmung mit der Nomenklatur des Bodenklassifikationssystems der *Federación Nacional de Cafeteros* (CENICAFE) würde es sich hier um die folgenden Bodenarten handeln:

- Boden der *Asociación Fredonia*

Beim Bodenprofil der *Asociación Fredonia* handelt es sich um lehmig-tonige und quellfähige Böden. Sie sind in Höhenlagen zwischen 1000 und 2100 m.ü.d.M auf schwach bis sehr stark geneigtem Relief in gemäßigt-feuchten bis sehr feuchten Gebieten vorzufinden (vgl. Abb. 4.34). Sie weisen einen gemäßigten bis hohen Erosionsgrad auf. Diese Böden entstehen durch Verwitterung von Gesteinen der *Formación Combia* und *Formación Amagá*. Sie kommen in ca. 80% des Untersuchungsgebiets vor, und sie eignen sich insbesondere für den Kaffeeanbau, für den Anbau diverser Kulturpflanzen als auch als Weideland. Laut des morphogenetischen Klassifikationssystems (SCHRÖDER 1992:106) werden sie als Latosole bezeichnet (Böden aus tropischen und subtropischen Klimabereichen).

Der Bodenhorizont A ist von sandig-braun-grauer Farbe, während die Bodenart – d.h. die Korngrößenzusammensetzung des Bodenhorizonts –, zwischen sandfarbig und tonerdfarbig variiert. Der Grad der Anfälligkeit der Horizonte für Rutschungen ist sehr ungleich.

Die Bodenhorizonte B haben im Vergleich zu den anderen Horizonten die größte Mächtigkeit – vorausgesetzt, das Bodenprofil weist die für diese Klasse von Böden typischen Eigenschaften auf. Ihre Farbe variiert zwischen gelb und dunkelgelb bis ocker-farbig (braun). Dies ist auf die geringere Eisenkonzentration und den höheren Gehalt an Aluminium im Boden – und folglich auch auf die geringere Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub>-Konzentration – zurückzuführen (nach SCHRÖDER, 1992:116).

Die Entstehung von mächtigen B-Horizonten (B) mit einem hohen Gehalt an Tonmineralen ist für Zwecke der Minderung von Rutschungsgefahren von großer Bedeutung. Bodenhorizonte mit einem hohen Gehalt an Tonmineralen weisen nämlich in der Regel einen hohen Grad an Quellfähigkeit auf. An dieser Stelle sei daran erinnert, dass die Quellfähigkeit des Bodens – und damit auch die Rutschungsgefahr – umso höher ist, je höher die Plastizität des Bodens ist. Der Grad der Anfälligkeit der Böden aus dem Untersuchungsgebiet für Erdrutsche ist so

gesehen mittelmäßig bis hoch, wobei es in Wirklichkeit erst dann zu Erdrutschen kommen würde, wenn das von einer Rutschung potentiell bedrohte Terrain eine starke Hangneigung und einen hohen Bodenwassergehalt aufweisen würde.

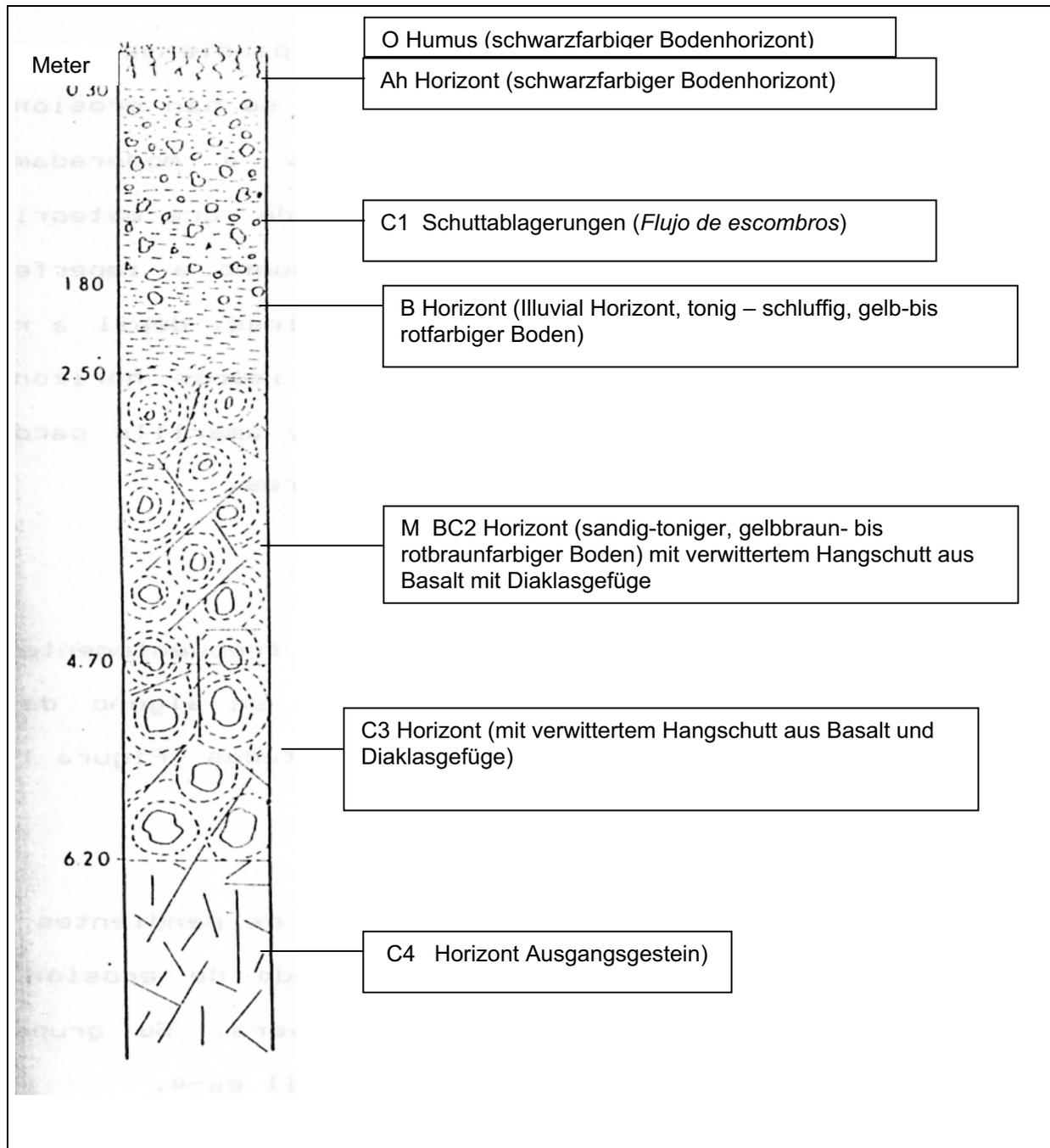


Abb. 4.34 Typische Bodenprofile der *Asociación Fredonia* im Untersuchungsgebiet.

Quelle: *Federación Nacional de Cafeteros*, verändert und ergänzt unter Berücksichtigung der eigenen Ergebnisse aus der Feldforschung.

#### - Boden der *Asociación Jericó*

Böden, deren Profil den Eigenschaften der *Asociación Jericó* entsprechen, findet man überwiegend in Höhen zwischen ca. 2000 und 3000 m.ü.d.M auf stark

geneigtem Relief und in gemäßigt-feuchten bis sehr feuchten Gebieten. Dieser Bodentyp ist in ca. 20% des Untersuchungsgebiets anzutreffen. Böden der *Asociación Jericó* eignen sich je nach Höhenlage entweder für Busch- oder für Waldgesellschaften. Im Untersuchungsgebiet wird auf diesen Böden außerdem Kaffee angebaut und – bis zu einer Höhe 2200 m.ü.d.M. – Weidewirtschaft betrieben. Auch diese Böden werden nach dem deutschen Bodenklassifikationssystem als tropische Braunerde bezeichnet.

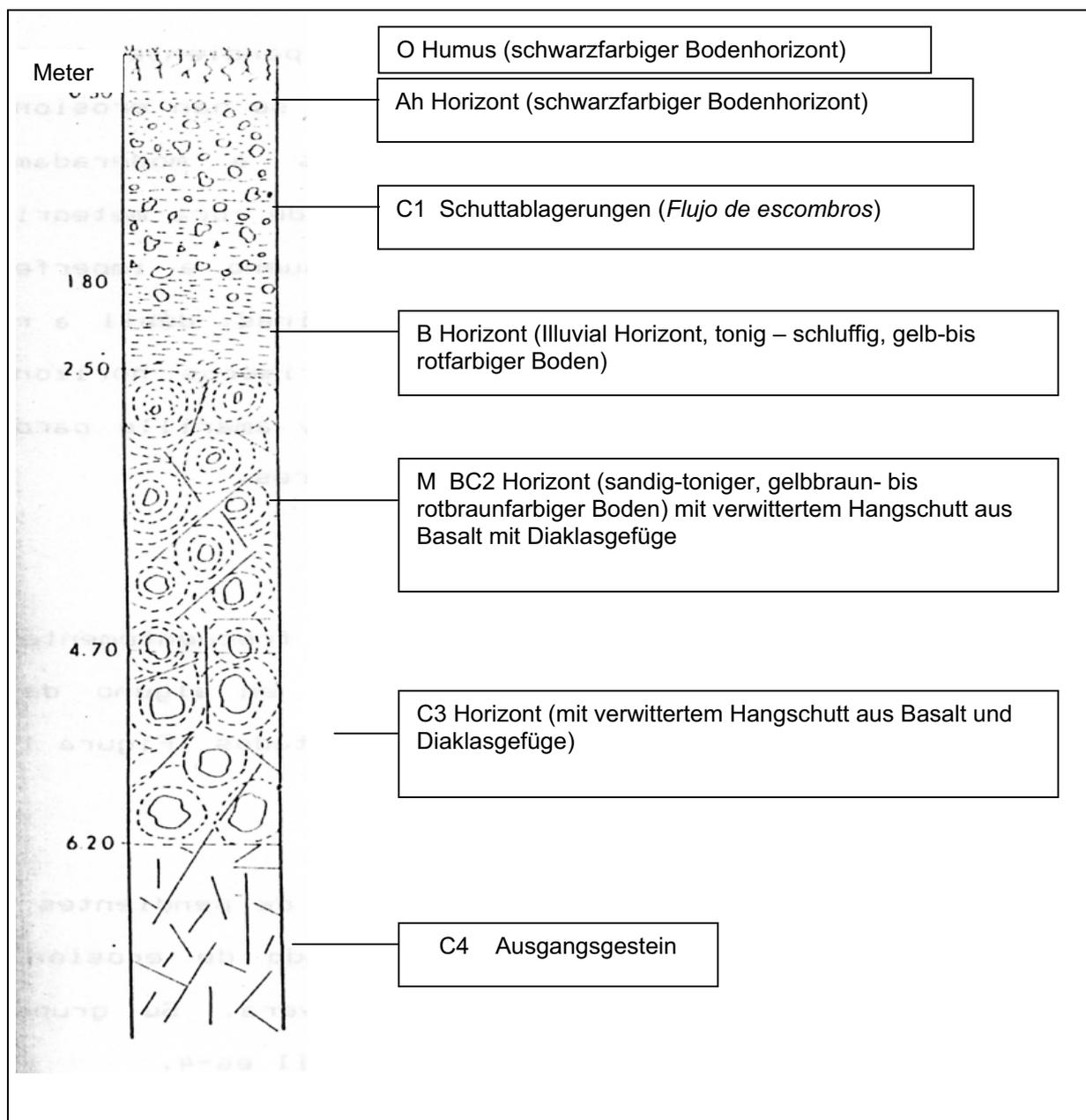


Abb. 4.35 Typisches Bodenprofil *der Asociación Jericó* im Untersuchungsgebiet.

Quelle: *Federación Nacional de Cafeteros*, verändert und ergänzt unter Berücksichtigung der eigenen Ergebnisse aus der Feldforschung.

Die in den Abbildungen 4.34 und 4.35 präsentierten Bodenprofile sehen sich weitgehend ähnlich. Das Bodenprofil *Jericó* (s. Abb. 4.35) enthält jedoch zwischen den Bodenhorizonten A und B eine Schuttablagerungsschicht (C1). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden aus einigen Bodenprofilen Bodenproben entnommen, die dann im Labor genauer analysiert worden sind.

### **- Bodenaufnahme**

Die Bodenaufnahmen wurden in der Ortsmitte und in den umliegenden *veredas* gemacht. Dort lebt ein Großteil der Bevölkerung; dort ist ebenfalls eine angemessene Infrastruktur vorhanden. Die Bodenwertinformation wurde teilweise Arbeiten entnommen, die von anderen Feldforschern schon früher angefertigt wurden (vgl. CARDONA, 1990), zum Teil sind sie aber auch das Ergebnis meiner eigenen Feldarbeit, die ich im Zeitraum zwischen 2002 und 2004 unternommen habe.

Aus Zeit- und Kostengründen sowie wegen der großen Ausdehnung des Untersuchungsgebiets war es nicht möglich, eine noch größere Anzahl an Bodenprofilen anzulegen als hier vorgestellt; aus demselben Grund war es ebenfalls nicht möglich, Bodenproben aus allen angelegten Bodenprofilen zu untersuchen. Erschwerend kam des Weiteren hinzu, dass es in der näheren Umgebung von Jericó Landstriche gibt, zu denen man wegen des anhaltenden innerpolitischen Konflikts keinen Zugang gewährt bekommt.

Bei der Beschreibung der Bodenhorizonte bediente man sich der Symbolik, die von der FAO und der Kommission der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1998) vorgeschlagen wird.

Die Bodenproben stammen aus einer Tiefe von bis zu 1,1 Metern, sie wurden im Bodенlabor der Universität EAFIT zu Medellín einer eingehenden Analyse unterzogen. An einigen Standorten wurden die Attenberggrenzen (Fließgrenzen) bzgl. der Einwirkung von Erdbeben gemessen.

Die Bodenaufnahmen wurden entsprechend des Bodenaufnahmeformulars, das den Standards der GÖK (1999) entspricht und vom Geographischen Institut der HHUD standardmäßig verwendet wird, erstellt. (s. Abb. 4.36a).

Die Bodenproben Nr. 11, 12 und 13 unterzog man einem dreiaxialen Druckversuch. Angesichts der Pläne der Gemeinde Jericó, in der Ortsmitte eine neue Siedlung mit zweistöckigen Häusern zu errichten (*Aldea de Piedras*), wurde als Standort für die Entnahme der Bodenprobe Nr. 12 ebendieses Terrain gewählt. Die Ergebnisse der ausgewerteten Bodenproben, die gemäß der von BUCHNER, DRESCHER et. al. (1984) formulierten Parameter präsentiert werden, sind in Tabelle 4.5a und Tabelle 4.5b zu finden.

*Formblatt Boden/Hoja de trabajo: Suelos*

Photo: \_\_\_\_\_ Datum /Fecha: \_\_\_\_\_

Standort Nr. (röm.)/ Sitio Nr.: \_\_\_\_\_  
 Proben Nr. (arab.) muestra: \_\_\_\_\_

Standortname/Nombre del sitio: \_\_\_\_\_  
 Probenbezeich./ Descripción de la muestra: \_\_\_\_\_  
 Position GPS/ Posición GPS: \_\_\_\_\_

Inklination [°]/Inclinación (°): \_\_\_\_\_  
 Exposition/Dirección de la pendiente: \_\_\_\_\_  
 Höhe [m]/ Altura: \_\_\_\_\_

Lageskizze (Ansicht und Profil) bzw. Benennungen zum Aufnahmestandort auf der Rückseite/Esbozo del sitio y observaciones al dorso

H-Mächtigkeit/ Profundidad del Horizonte [cm]	H-Typ* Tipo del Horiz.	Korngrößen* tamaño del grano	Bodenfarbe/-helligkeit* Color del Suelo/ Tonalidad	Kalk* Car- bonado	Feuchte* Humedad	pH-W.*	Leit- Fähigk. Conduc- tividad	Gefüge* Estruc- tura	Bemerkung Observación
0									
25									
50									
75									
100									
125									
150									
175									
200									

	Temp.	Uhrzeit der Aufnahme/ Hora del levantamiento
5 cm		
50 cm		Grad der Bewölkung (%)* Porcentaje de nubosidad
100 cm		

Schichtung*/Capas	B	S	K
Vegetationshöhe [m] Altura de la vegetación [cm]			
Deckungsgrad [%]* Grado de cobertura[%]			
Bodenfarbe/Anfeucht. Color del suelo (vert.)			
Durchwurzelungstiefe [cm] Profundidad de las raíces [cm]			

Lufttemperatur Temper. del aire

\* s. Erläuterung/  
véase explicación

Abb. 4.36a Beispiel für ein standardisiertes Bodenaufnahmeformular nach GÖK (1999) und HECK (2005:68).

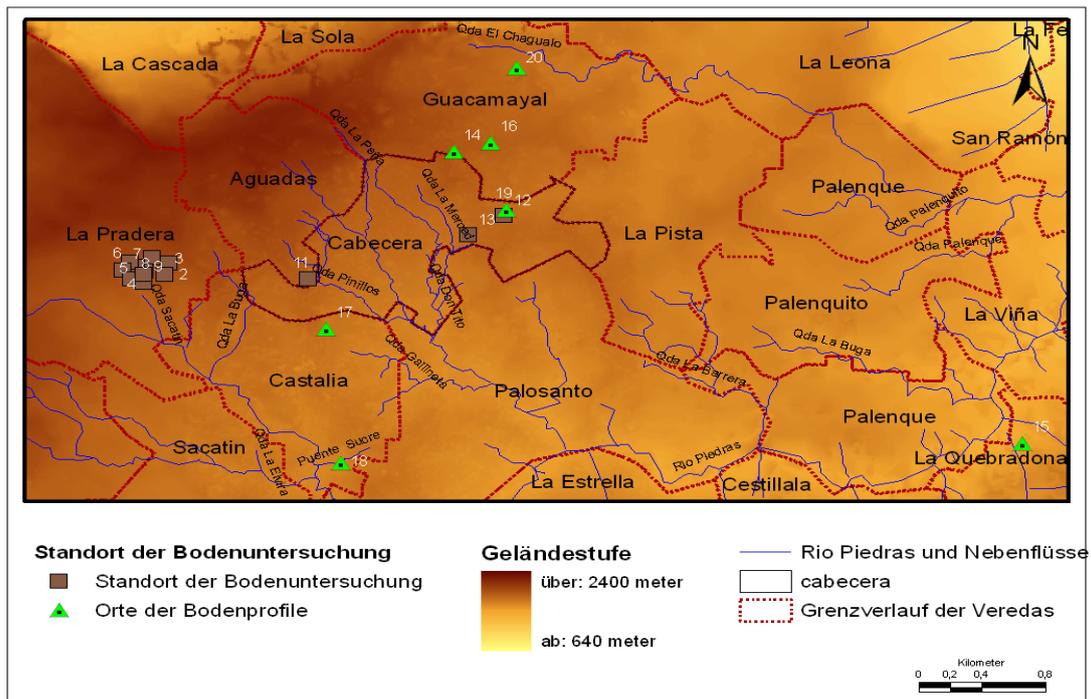


Abb. 4.36b Darstellung der Standorte, an denen die Bodenprofile erstellt und die Bodenproben entnommen wurden.

Quelle: Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von CARDONA (1990) und aus eigener Feldarbeit.

### - Ergebnisse der Bodenprofiluntersuchungen

Fast alle Bodenprofile im Untersuchungsgebiet weisen Ähnlichkeiten mit dem Standardbodenprofil der *Asociación Fredonia* auf. Dieses Profil entspricht der tropischen Braunerde, die auch in Gebieten auf über 2000 m.ü.d.M. anzutreffen ist. Die Präsenz des Standardbodenprofils *der Asociación Jericó*, das einen C1 Horizont (Schuttablagerung) enthält, konnte sowohl in der Nähe der *cabecera* als auch im Sektor *Puente Sucre* nachgewiesen werden. C1 Horizonte sind kennzeichnend für Gebiete, in es häufig zu Erdbeben kommt. (s. Abb. 4.37g)

Die Durchwurzelung liegt in einer Tiefe zwischen 10 cm (Bodenprofil 18) und 45 cm (Bodenprofil 15), was nach AG BODEN (1994) und gemäß des Klassifikationssystems der Gründigkeit der Klasse 1 (flachgründig) und Klasse 3 (mittelgründig) entsprechen würde. Aufgrund der relativ geringen Durchwurzelungstiefe sind die Böden im Untersuchungsgebiet vermindert fruchtbar. Die geringe Durchwurzelungstiefe führt ferner dazu, dass die Versorgung der Böden mit Nährstoffen und mit Wasser mangelhaft ist.

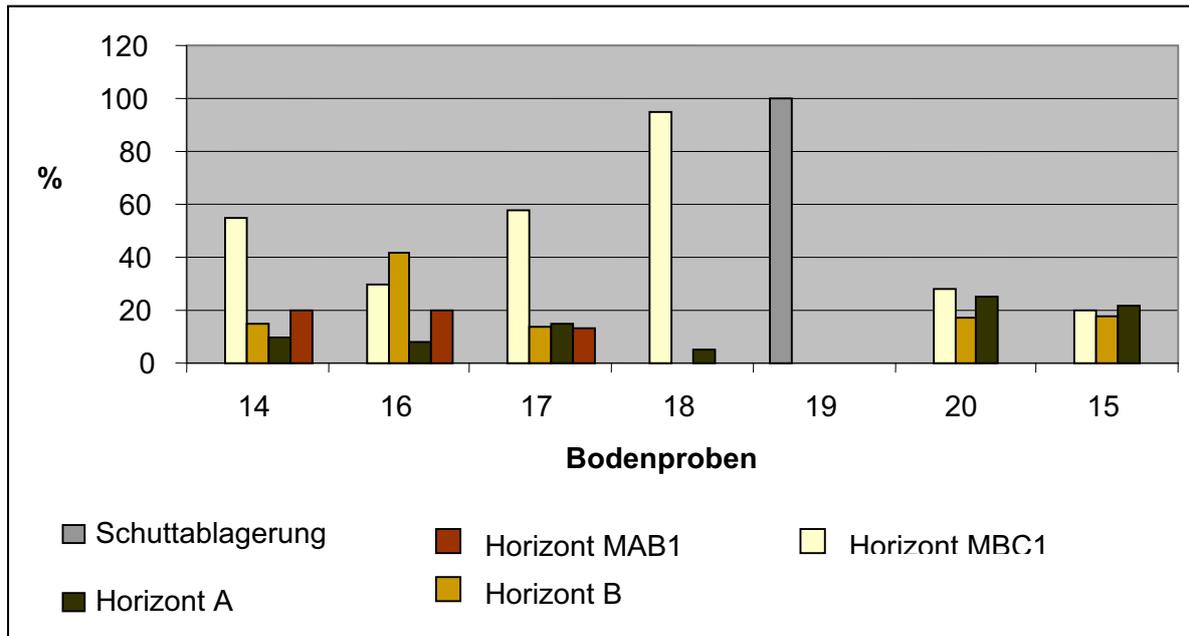


Abb. 4.36c. Gegenüberstellung der Horizonte der Bodenproben und des Unterbodens. Die Bodenproben Nr. 15 und 20 zeigen den höchsten Anteil an Horizont A, und die Bodenproben Nr. 14, 17 und 18 weisen den höchsten Anteil an den Horizonten B und C auf. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Proben, die in 1,1 Meter Tiefe entnommen wurden. Eigene Zusammenstellung der bei der Auswertung der Bodenproben gefundenen Bodenhorizonte.

Für das Verständnis dieser Arbeit ist es notwendig zu beachten, dass die vorhandenen Bodenprofile und Bodenaufnahmen für eine detaillierte Klassifizierung des Bodens im gesamten Gemeindegebiet statistisch nicht ausreichend repräsentativ sind. Trotzdem wurde für den zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets eine grobe Klassifizierung der Bodenarten vorgenommen (s. Abb. 4.38c). Diese berücksichtigt die vom IGAC bereits erhobenen Bodeninformationen als auch frühere Studien, die in diesem Gebiet durchgeführt wurden, aber auch die Ergebnisse aus der eigenen Feldbeobachtung und diejenigen, die während der eigenen Feldarbeit aus den Bodenaufnahmen gewonnen wurden. Aus all diesen Ergebnissen lassen sich wertvolle Rückschlüsse zur Prävention von Erosionsprozessen in diesem Gebiet ziehen. Jedes erhobene Bodenprofil stimmt mit einem der Leitprofile überein, die in den Abbildungen 4.34 und 4.35 dargestellt und interpretiert wurden (siehe oben). Einige Bodenprofile sind fotografisch dokumentiert worden. Sie werden in den folgenden Abbildungen dargestellt.

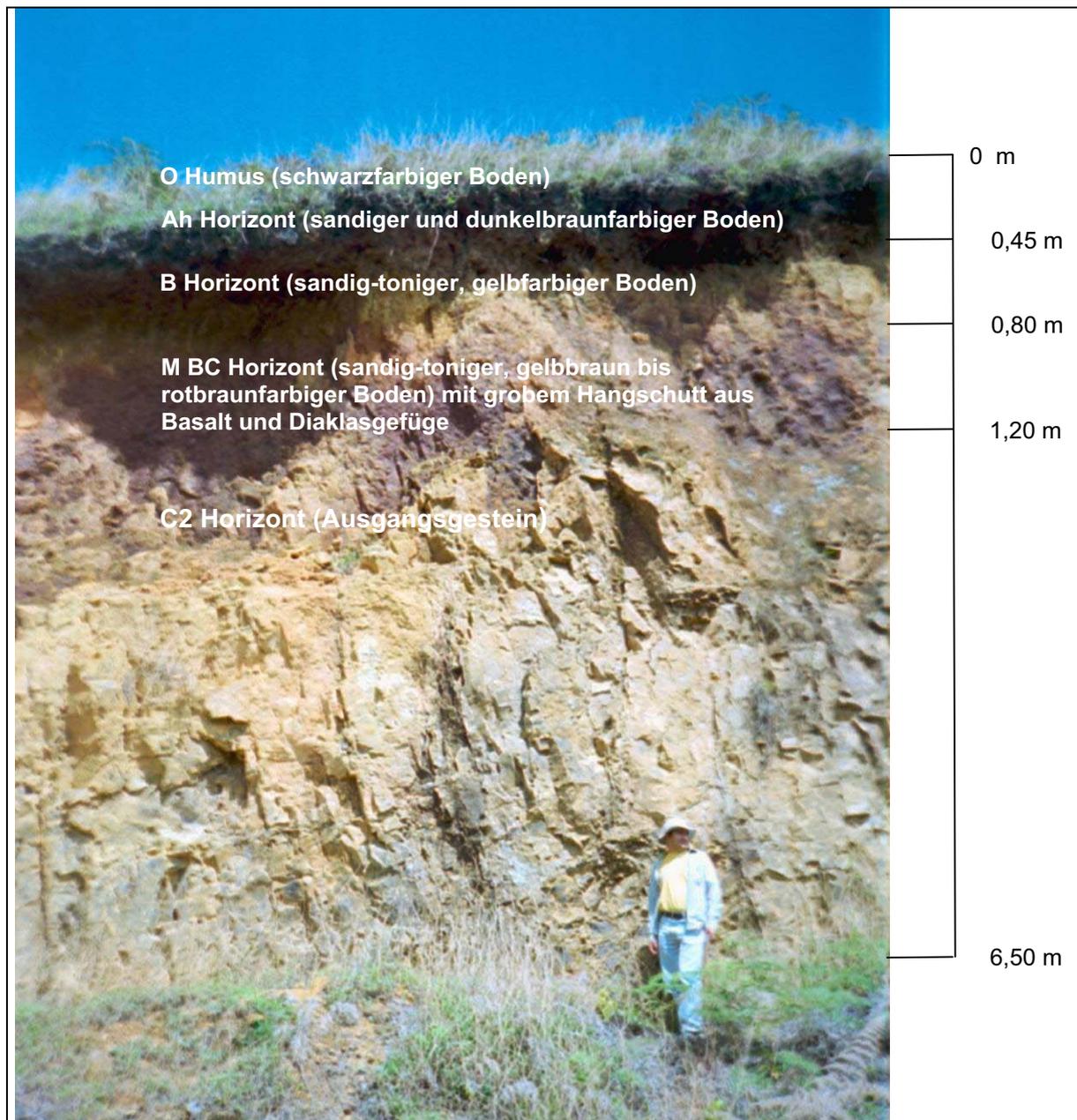


Abb. 4.37a Bodenprofil Nr. 15. Darstellung eines typischen Bodenprofils der *Asociación Fredonia* (vgl. Abb.4:34). Aufn. M. Zuleta vom 02.2002.

Das Bodenprofil Nr. 15 wurde in der *vereda La Quebradona* auf einer Höhe von 1750 m.ü.d.M. (für Standortinformation, s. Abb. 4.36a) erhoben. Die Horizonte A und B haben eine sandig-tonige Bodenstruktur und eine Mächtigkeit von weniger als 1 Meter. Ein Mischhorizont M BC von ca. 40 cm liegt über dem C2 Horizont. Dieses Bodenprofil weist eine mittlere Festigkeit des Bodens auf.

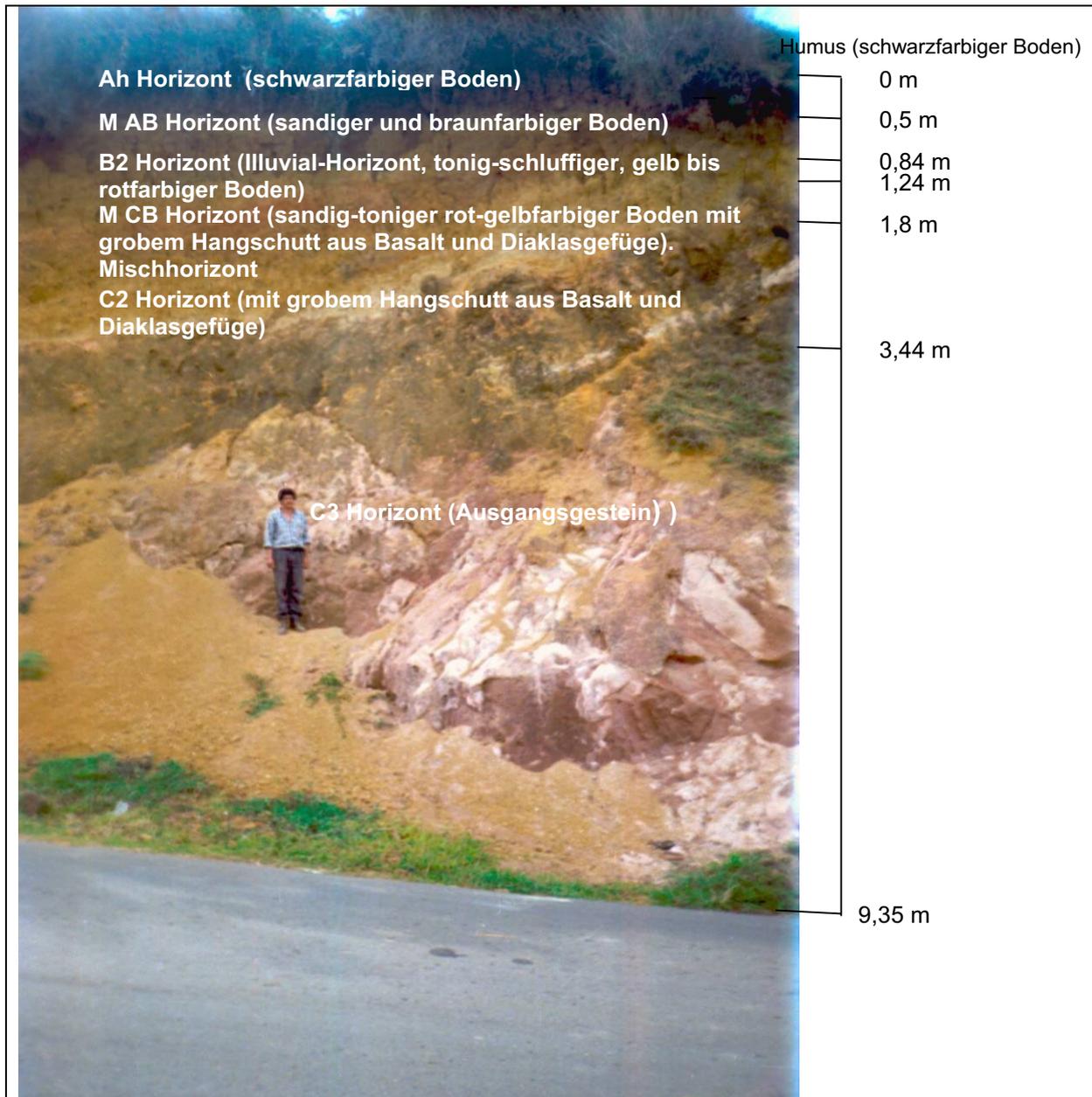


Abb. 4.37b Bodenprofil Nr. 20 (1988 m.ü.d.M.), entnommen in der vereda Guacamayal (Sektor Relleno Sanitario an der Verbindungsstraße, die von Jericó nach La Cascada führt). Bei diesem Bodenprofil zeigen die Bodenhorizonte A und B eine sandig-tonige Korngrößenverteilung. Die Bodenhorizonte haben einen hohen Sandgehalt. Der Anteil an Ton ist nicht so hoch wie bei anderen Profilen; die Festigkeit des Bodens ist bei diesem Profil mittel bis wenig fest. Aufn. M. Zuleta vom 02.2002.

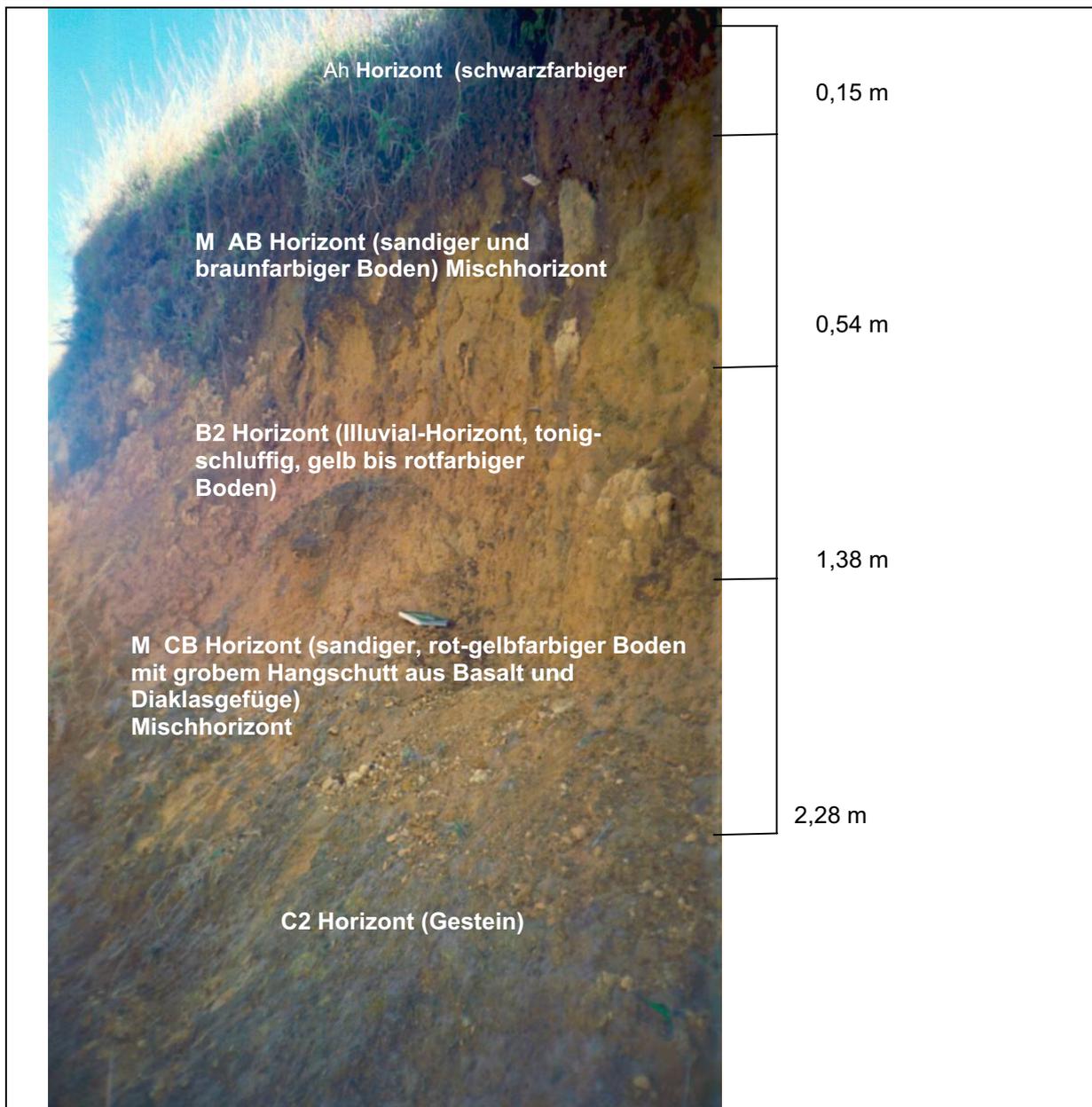


Abb. 4.37c Bodenprofil Nr. 16. Der Standort, gelegen auf einer Höhe von ca. 1750 m.ü.d.M., liegt an der Verbindungsstraße, die Jericó mit der *vereda Guacamaya* verbindet (s. Standortinformation in Abb. 4.36a). Aufn. M. Zuleta vom 02.2002.

Bei dem Bodenprofil Nr. 16 sind die Bodenhorizonte A und M AB von sandig-toniger Bodenart, wobei der Sandgehalt relativ hoch ist. Bei dem B Horizont hingegen ist der Tonmineralgehalt höher als im Bodenhorizont M AB. Die Mächtigkeit des Horizonts B beträgt ca. 1 Meter. Der Tonmineralgehalt ist ein Anzeichen für die Anfälligkeit des Bodens für Rutschungen, deren Einsetzen zudem von der Quellfähigkeit des Bodens begünstigt wird. Der Boden ist in den verschiedenen Horizonten mittelfest bis wenig fest.

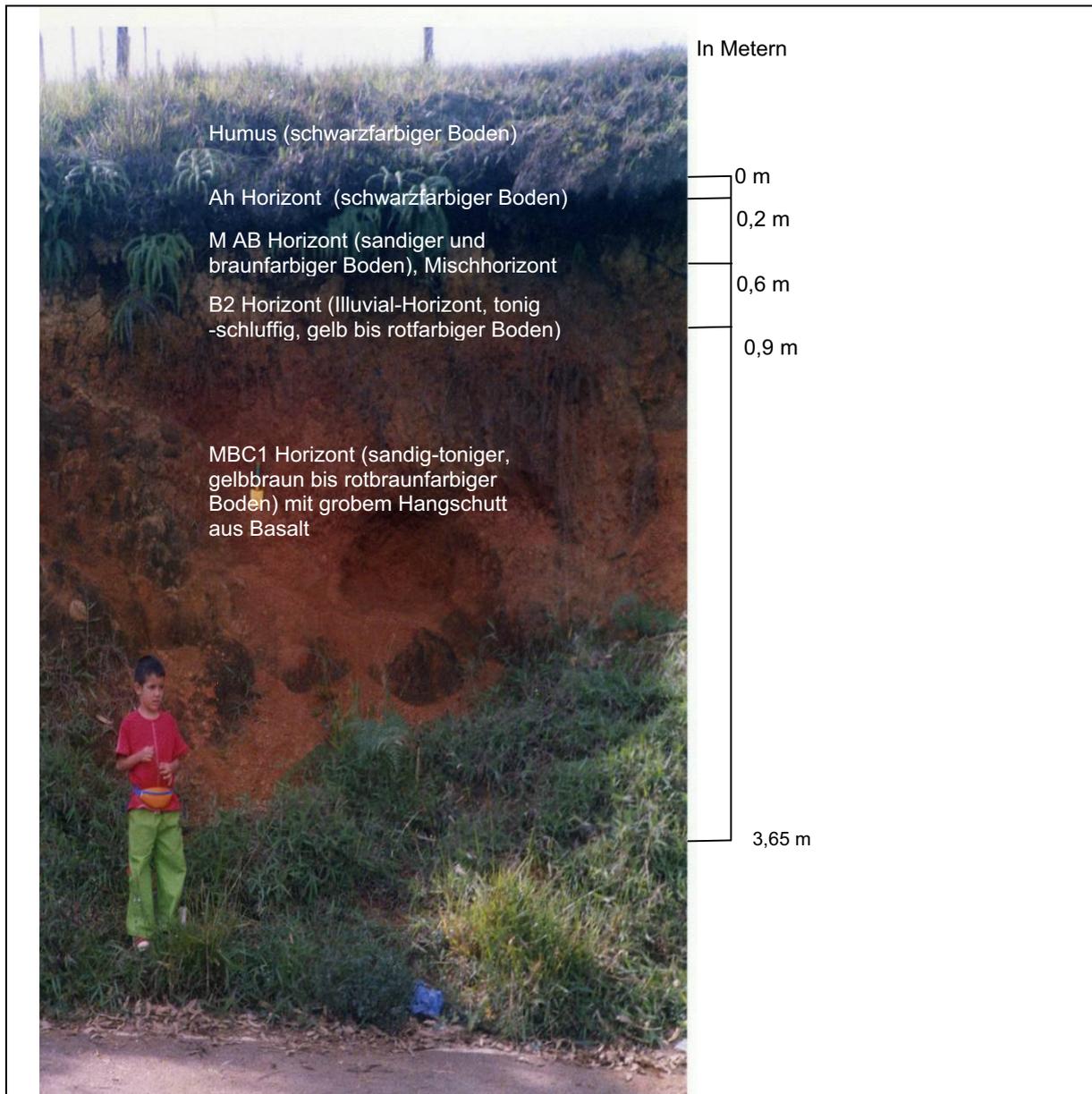


Abb. 4.37d Bodenprofil Nr. 14 auf 2074 m.ü.d.M an der Straße, die von der Ortsmitte in Richtung der *vereda La Pista* verläuft (1/2 Kilometer entfernt von der *cabecera* (s. Standortinformation in Abb. 4.36a). Aufn. M. Zuleta vom 06.2004

Bei dem Bodenprofil Nr. 14 zeigen die Bodenhorizonte A und M AB eine sandig-tonige Korngrößenverteilung, wobei der Anteil an Sand in diesem Horizont vorherrscht. Diese Bodenhorizonte sind rötlich, was auf einen hohen Eisengehalt hinweist. Der Bodenhorizont B weist – ebenso wie alle typischen Bodenprofile im Untersuchungsgebiet – einen hohen Gehalt an Tonmineralen auf. Er hat eine Mächtigkeit von ca. 0,30 Metern. Der hohe Tonmineralgehalt, und damit der hohe Grad an Quellfähigkeit des Bodens, sind ein Anzeichen für die Anfälligkeit des Bodens für Rutschungen. Die Bodenfestigkeit ist bei all diesen Horizonten mäßig.

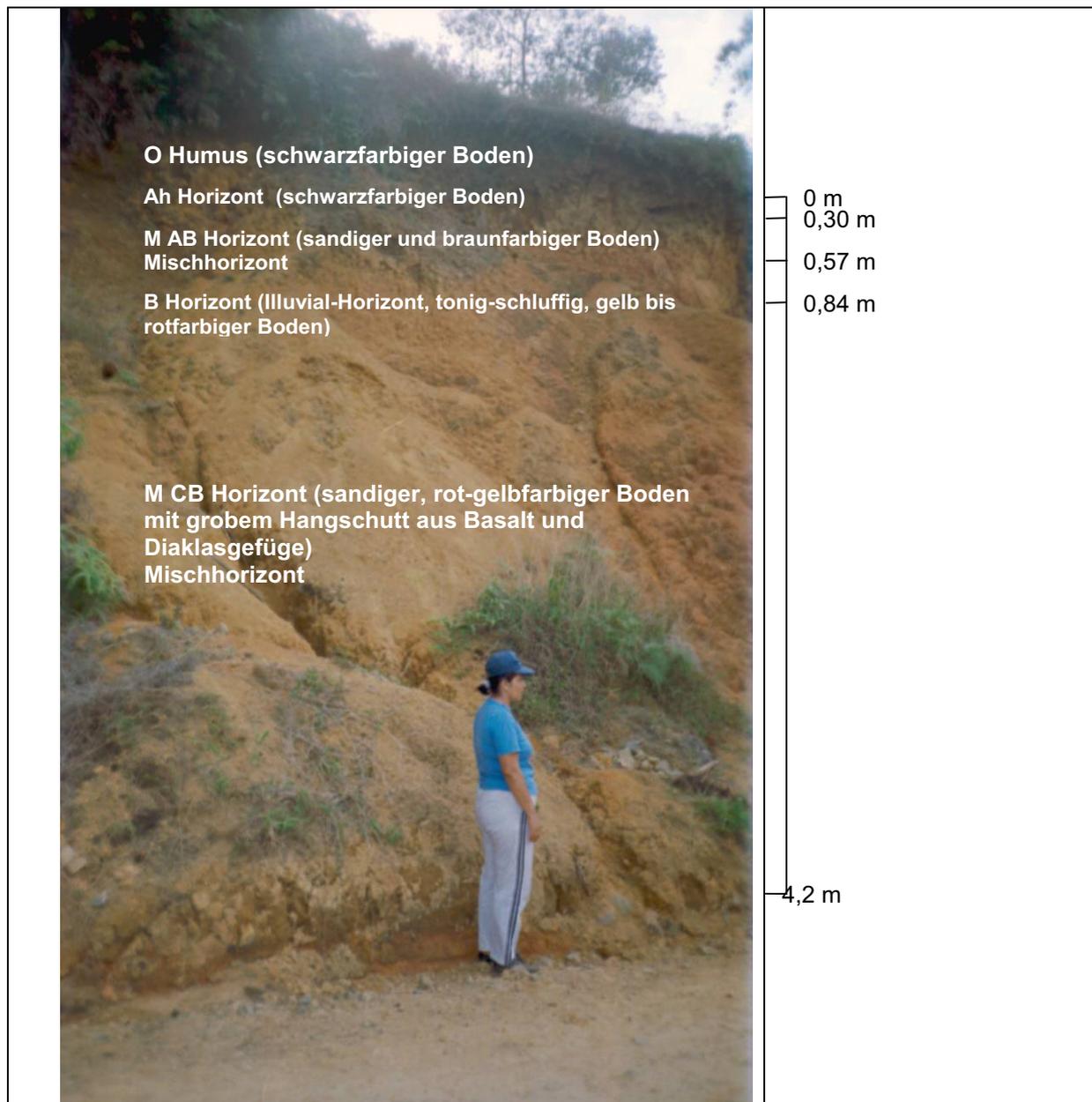


Abb. 4.37e Bodenprofil Nr. 17 in der *vereda Castalia* auf 1957 m.ü.d.M. an der Straße, die von der Ortsmitte in Richtung der *vereda Castalia* führt (s. Standortinformation in Abb. 4.36a). Aufn. M. Zuleta vom 02.2002.

Beim Profil Nr. 17 dominiert ein sandiger, rot-gelber M BC Horizont (M=Mischhorizont). Die Festigkeit des Bodens ist in diesem Horizont schwach. Der tonig-schluffige Bodenhorizont B ist relativ stark anfällig für Rutschungen, hat aber im Vergleich zu den anderen Profilen eine geringere Mächtigkeit, die bei ca. 25 cm liegt.



Abb. 4.37f Bodenprofil Nr.12 aus dem Sektor *Aldea de Piedras*, erhoben auf 1985 m.ü.d.M. Es handelt sich hier um einen sandig-tonigen, gelbbraun bis rotbraunfarbigen M BC Horizont (M= Mischhorizont).

Aufn. M. Zuleta vom 05.2003

Wie in der Abb. 4.37f zu sehen ist, besteht der C2 Horizont aus Schutt (*flujo de escombros*) und enthält große Steinblöcke von bis zu einem halben Meter Durchmesser.

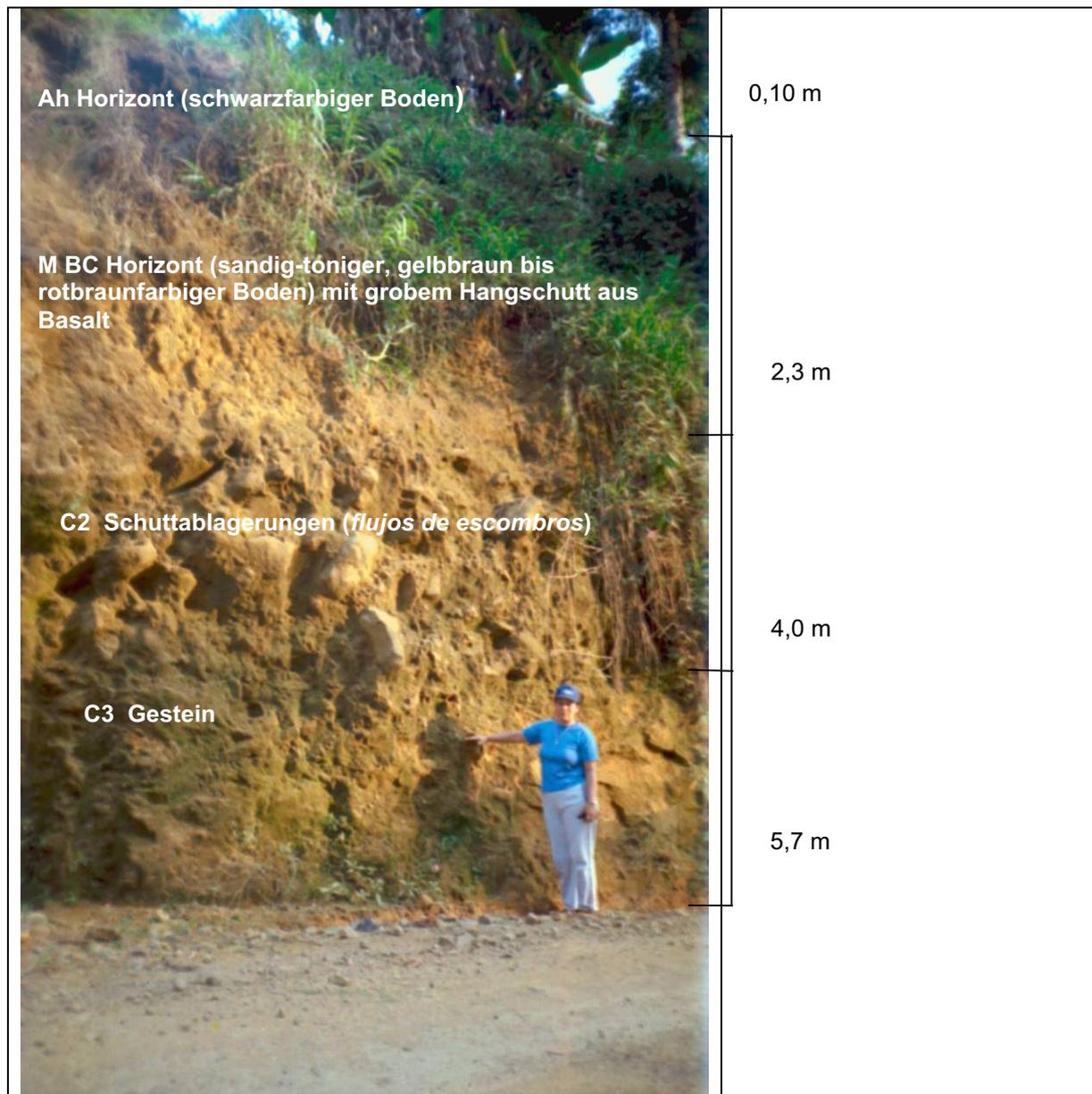


Abb. 4.37g Bodenprofil Nr. 18 aus dem Sektor *Puente Sucre* in der *vereda Castalia*, erhoben auf 1907 m.ü.d.M. (s. Standortinformation in Abb. 4.36a). Darstellung eines typischen Bodenprofils der *Asociación Jericó* (vgl. Abb.4:35). Aufn. M. Zuleta vom 02.2003.

Der Bodenhorizont Ah ist sandig und von geringer Mächtigkeit (0,1 m). Dieser Horizont liegt auf einem mächtigen M BC Horizont von sandig-toniger Bodenart und von gelbbraun- bis rotbrauner Farbe. Der M BC Bodenhorizont ist, wie auch der C2 Horizont, wenig fest. Insgesamt weist dieses Bodenprofil einen wenig festen Boden auf, der für Rutschungen aller Wahrscheinlichkeit nach anfällig ist, da auch hier der Anteil an Ton im M BC Horizont verhältnismäßig hoch ist, was nach einer Wasserstauung den Abgang von Massen begünstigen kann.

Für die vorliegende Untersuchung wurde eine Bodenklassifizierung nach den Parametern Geologie, Relief, Klima und Bodenbeschaffenheit durchgeführt, die bei der Erstellung einer Naturrisikoanalyse genutzt werden kann. Zu diesem Zwecke wurden Bodenaufnahmen im Gelände durchgeführt, und Bodenproben entnommen und analysiert.

### - Ergebnisse der Bodenanalyse

Bei der Erarbeitung einer verlässlichen Naturrisikoanalyse ist es v. a. wichtig, auf die Parameter Korngröße, Konsistenzzahl und Plastizitätsindex der Böden zu achten, da von diesen Größen die Wasserspeicherkapazität und die Wassersättigungsgrenze der Böden abhängen. Diese drei Parameter bedingen gravitative Massenbewegungen. Die Konsistenzzahl liefert z. B. einen Hinweis auf den aktuellen Zustand eines bindigen Bodens, und der Plastizitätsindex „gibt die Spanne an, in der ein Boden von dem halbfesten in den flüssigen Zustand übergeht“. (DRESCHER, 1982:387) Je kleiner der Index also ausfällt, desto empfindlicher reagieren Böden auf den Einfluss von Wasser. Die Korngröße dagegen hängt in einem großen Maße vom Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt ab. Sie wird vom Ausgangsmaterial, Verwitterungsgrad und von der Bodenentwicklung bedingt. Die Bestimmung der Korngrößen bei der Erhebung von Bodenprofilen erfolgt üblicherweise im Gelände durch Fingerprobe; Böden werden dann je nach Korngröße den entsprechenden Bodenarten zugeordnet.

Der Plastizitätsindex errechnet sich aus der Gleichung

$$I_p = W_L - W_P \quad (\text{DRESCHER, 1982:387})$$

Die Konsistenzzahl errechnet sich aus der Gleichung

$$I_c = \frac{W_L - W}{W_L - W_P} \quad (\text{ebd.})$$

W= Feuchtigkeit

$W_L$  = Fließgrenze

$W_P$  = Plastizitätsgrenze

Der Plastizitätsindex ( $L_P$ ) und die Konsistenzzahl ( $I_C$ ) wurden für jede einzelne der entnommenen Bodenproben errechnet (s. Tabelle 4.6a). Die Bodeneigenschaften gemäß der Angaben zu Attenberggrenzen werden in Tabelle 4.6a und 4.6b präsentiert. Die Klassifizierung der Böden orientiert sich an den Kriterien der Ingenieurgeologie, die der deutschen Norm zur Bodenklassifizierung DIN 18 196 entsprechen und die in der Arbeit von ALBRECHT, BUCHNER, DRESCHER und et.al. (1984) vorgestellt werden.

Im Allgemeinen weisen die Bodenproben einen mittleren bis niedrigen Plastizitätsindex auf. Nichtsdestotrotz haben die Bodenproben Nr. 11, 12 und 13 eine hohe Fließ- und Plastizitätsgrenze (s. Tab. 4.5a). Nach der Bodenklassifizierung des Plastizitätsdiagramms herrscht im Untersuchungsgebiet die Bodenart TA vor (ausgeprägt plastische Tone). Dies bedeutet, dass die feinkörnigen Bodenverwitterungsprodukte einen hohen Tonanteil enthalten. Der Plastizitätsindex ( $L_P$ ) liegt zwischen 14% und 57%, und die Konsistenzzahl des Bodens variiert zwischen halbfest und flüssig.

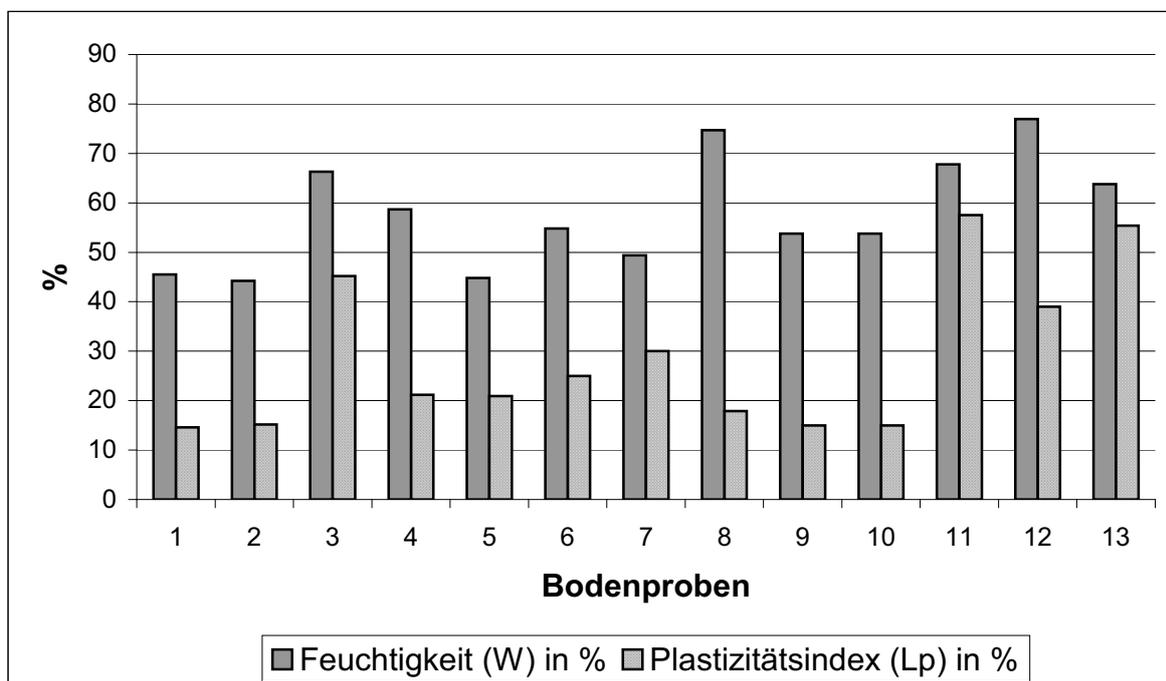


Abb. 4.38a Darstellung der Feuchtigkeit und des Plastizitätsindex der Bodenproben. Die Bodenprobe Nr. 8 ist gemäß der erreichten Konsistenzzahl flüssig. Diese Bodenprobe stammt aus einer Quartär-Schuttablagerung. Eigene Zusammenstellung von Bodenanalysewerten.

Tabelle 4.6a Werte der Bodenanalyse aus dem Labor (Teil I)

Nr. der Bodenprobe	Höhe in m.ü.d.M. (Abweichungen von +/- 5 Meter möglich)	Feuchtigkeit % (W)	Fließgrenze % (W <sub>L</sub> )	Plastizitätsgrenze % (W <sub>P</sub> )	Plastizitätsindex % (I <sub>P</sub> )	Geologie
1	2140	45,50	64,60	50,00	14,60	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
2	2135	44,20	62,60	47,40	15,20	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)
3	2115	66,30	67,50	24,30	45,20	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
4	2090	58,70	61,60	40,50	21,20	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)
5	2096	44,80	55,90	35,00	20,90	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)
6	2125	54,80	65,60	40,60	25	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
7	2100	49,40	69,20	39,20	30,00	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)
8	2065	74,70	53,50	35,60	17,90	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
9	2070	53,80	55,00	40,00	15,00	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
10	2080	53,80	70,00	53,00	15,00	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
11	2005	67,80	122,10	64,60	57,50	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)
12	1990	76,95	115,00	76,10	39,00	Sedimentite der Formation <i>Combia</i> (Basalt )
13	1995	63,80	122,00	66,60	55,40	Sedimentite (Quartär-Schuttablagerungen)

Tabelle 4.6b Bodenanalysewerte aus dem Labor (Teil II)

Nr. der Bodenprobe	Wassergehalt Bezeichnung (DRESCHNER, 1984)	Klassifizierung der Böden nach dem Plastizitätsdiagramm von CASAGRANDE und gemäß DIN 18 196	Hauptgruppe nach DRESCHER (1984)	Konsistenzzahl (I <sub>c</sub> )	Klassifizierung nach der Konsistenzzahl (DRESCHER, 1984)	Bodenartklassifizierung nach DRESCHER (1984)
1	nass	Tone mit organischen Beimengungen und organogene Böden (OT)	Organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen	1,3	halbfest	Organischer Ton, organischer Schluff
2	sehr feucht	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,43	breiig	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
3	nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,02	breiig	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
4	nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,13	breiig	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
5	sehr feucht	Mittelpastische Tone (TM)	Feinkörnige Böden	0,53	weich	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
7	sehr feucht	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,66	weich	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
8	nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	-1,18	flüssig	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
9	nass	Tone mit organischen Beimengungen und organogene Böden (OT)	Organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen	0,08	breiig	Organischer Ton, organischer Schluff
10	nass	Tone mit organischen Beimengungen und organogene Böden (OT)	Organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen	1,08	halbfest	Organischer Ton, organischer Schluff
11	sehr nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,94	steif	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
12	nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	0,97	steif	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)
13	sehr nass	Ausgeprägt plastische Tone (TA)	Feinkörnige Böden	1,01	halbfest	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften (w <sub>L</sub> >50%)

## - Bodenklassifizierung im Untersuchungsgebiet

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine grobe Bodenklassifizierung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Bodenarten vorgenommen. Die Klassifizierung erfolgte nach den Parametern Geologie, Bodenbeschaffenheit, verfügbare Bodeninformationen und Informationen aus der eigenen Feldarbeit. All diese Parameter werden in Abb. 4.38c präsentiert.

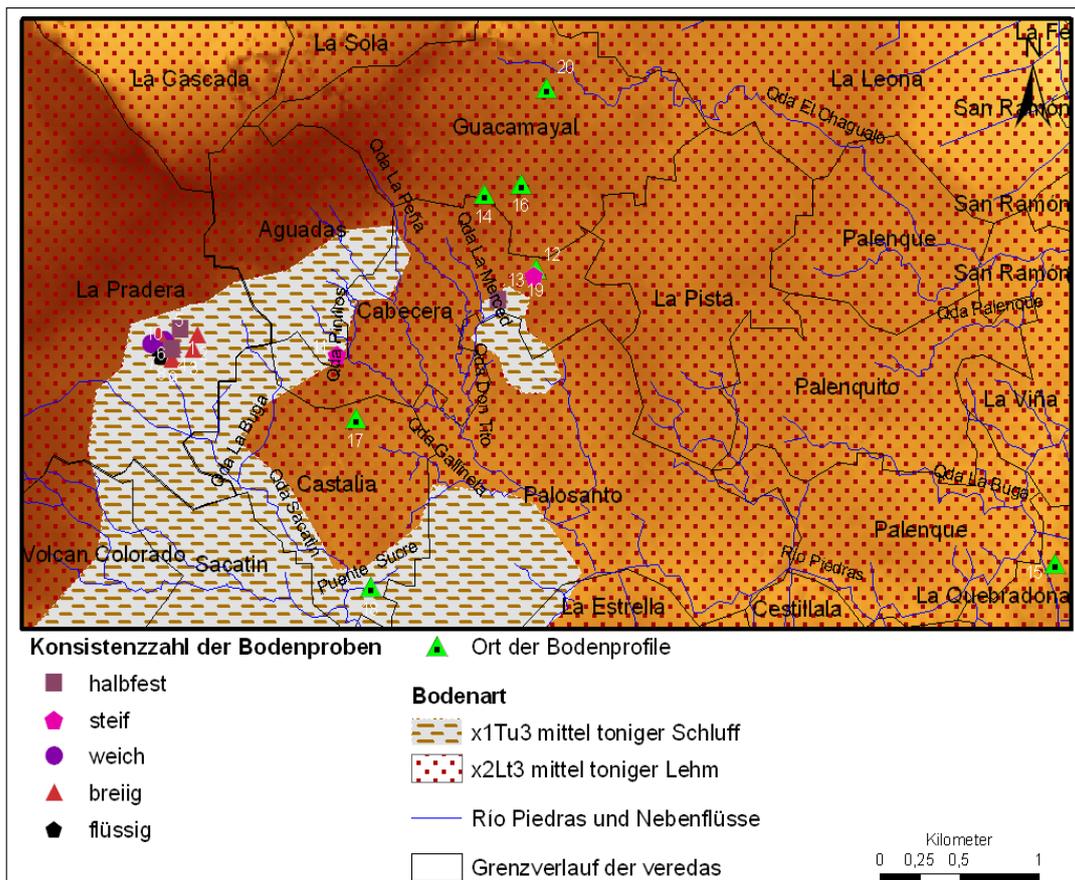


Abb. 4.38b Klassifizierung der im Untersuchungsgebiet analysierten Bodenarten.

Ausgehend von dieser groben Bodenklassifizierung ergibt sich eine sinnvolle Einteilung der Böden in 2 Bodenarten:

- Bodenart 1: Feinkörnige Böden (vgl. DRESCHER, 1984:393) mit ausgeprägten plastischen Eigenschaften ( $w_L > 50\%$ ). Dies sind Böden mit Konsistenzzahl  $> 0,9$  (halbfest/steif) und einem  $w_L > 50\%$ . Nach dem Bodenartendiagramm der AG BODEN (1994) entsprechen sie der Bodenart x2Lt3, d. h. es handelt sich

um mittel-tonigen Lehm bzw. mittel-skeletthaltige Böden (s. Abb. 4.38d rechts).

- Bodenart 2: Feinkörnige Böden (vgl. DRESCHER, 1984:393) mit einer niedrigen Konsistenzzahl von  $>0,02$  (breiig/weich/flüssig), einem  $W_L$  von  $> 60\%$  und einem  $I_p$ , der zwischen 14 und 30 variiert. Hierbei handelt es sich um Böden, die in Quartärablagerungen vorzufinden sind. Nach dem Bodenartendiagramm der AG BODEN (1994) entsprechen diese Böden der Bodenart x1Tu3, d. h. es liegen hier mittel toniger Schluff und sehr gering skeletthaltige Böden vor. Die Eigenschaften dieser Bodenart sind bei Erstellung einer Naturrisikoanalyse besonders zu berücksichtigen, weil die Präsenz von fossilen Rutschungen in dieser Bodenart auf weitere mögliche Rutschungen hinweist (s. Abb. 4.38d rechts).

Der Unterschied zwischen den Bodenarten 1 und 2 bezüglich ihrer Rutschanfälligkeit ist nicht sehr signifikant. Dennoch ist die Rutschungsgefahr bei Böden, die die Bodenart 2 enthalten, höher als bei Böden mit einem hohen Anteil an Bodenart 1.

Die Klimadifferenzierung in dem Bereich, in dem die beiden Bodenarten anzutreffen sind, ist minimal, sodass der Parameter Klima die räumliche Verteilung und die Häufigkeit der Rutschungserscheinungen nicht wirklich beeinflusst. Es sind vielmehr die temporär bedingt veränderlichen Witterungsbedingungen für den Zeitpunkt der jeweiligen Rutschung ausschlaggebend.

Die Geologie und die Hangneigung wirken sich auf die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Naturgefahren wie Rutschungen stark aus. Sedimentgesteine – besonders Quartärablagerungen (Alluvien und Kolluvien) und Lockergesteine, die aus dem sedimentären oberen Glied der Formation *Combia* bestehen – weisen bei zunehmender Hangneigung und unter Einwirkung eines zunehmenden Drucks durch Bodenwassersättigung einen hohen Grad an Anfälligkeit für gravitative Massenbewegungen auf (s. Abb. 4.38c und 4.38d).

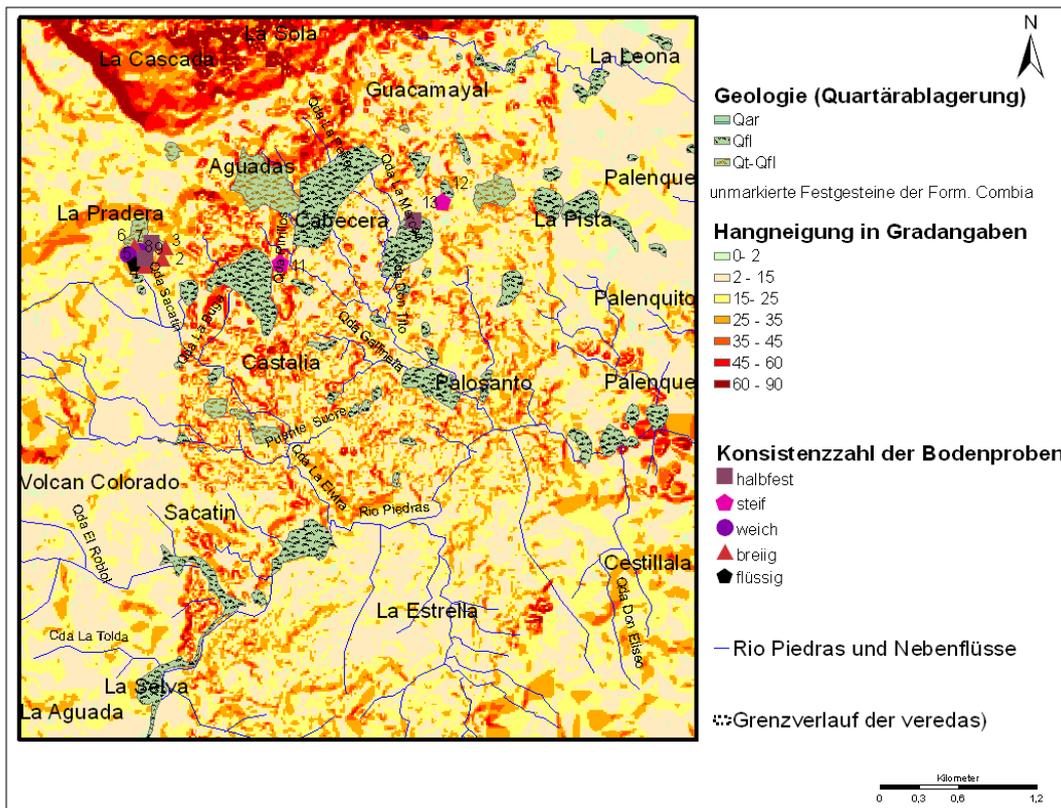


Abb. 4.38c. Darstellung der Quartärablagerungen, der Konsistenzzahl von Bodenproben und der Hangneigung im Untersuchungsgebiet. Eigene Darstellung.

Legende:

Geologie: Qar = Alluvium, Qfl = Kolluvium, Qar-Qfl = Alluvium-Kolluvium

Hangneigungsgradzahlen: sehr schwach geneigt =  $0-2^\circ$ , schwach geneigt =  $>2^\circ-15^\circ$ , mittel geneigt =  $>15^\circ-25^\circ$ , stark geneigt =  $>25^\circ-35^\circ$ , sehr stark geneigt =  $>35^\circ-45^\circ$ , steil =  $>45^\circ-60^\circ$ , sehr steil =  $>60^\circ$

Wie aus der Abbildung 4.38c zu ersehen ist, besteht im Untersuchungsgebiet ein starkes Abhängigkeitsverhältnis zwischen Hangneigungen und Rutschungen. Aber auch geologische Faktoren haben einen großen Einfluss auf das Einsetzen von Rutschungen in diesem Gebiet, da Lockergesteine je nach Hangneigung und Bodenwasserkapazität die Fließfähigkeit von Massen grundsätzlich fördern.

Eine Bewertung der Festigkeit und Mächtigkeit der Böden entsprechend der Vorgaben aus der Tabelle 3.15, die sich auf Naturrisikoanalysen bezieht, wird in der linken Spalte der Abbildung 4.38d wiedergegeben. Die rechte Spalte dieser Abbildung zeigt die Verteilung der beiden, im Untersuchungsgebiet vorgefundenen

Bodenarten über den zentralen Bereich dieses Gebiets, als auch der dort gemessenen Hangneigungen.

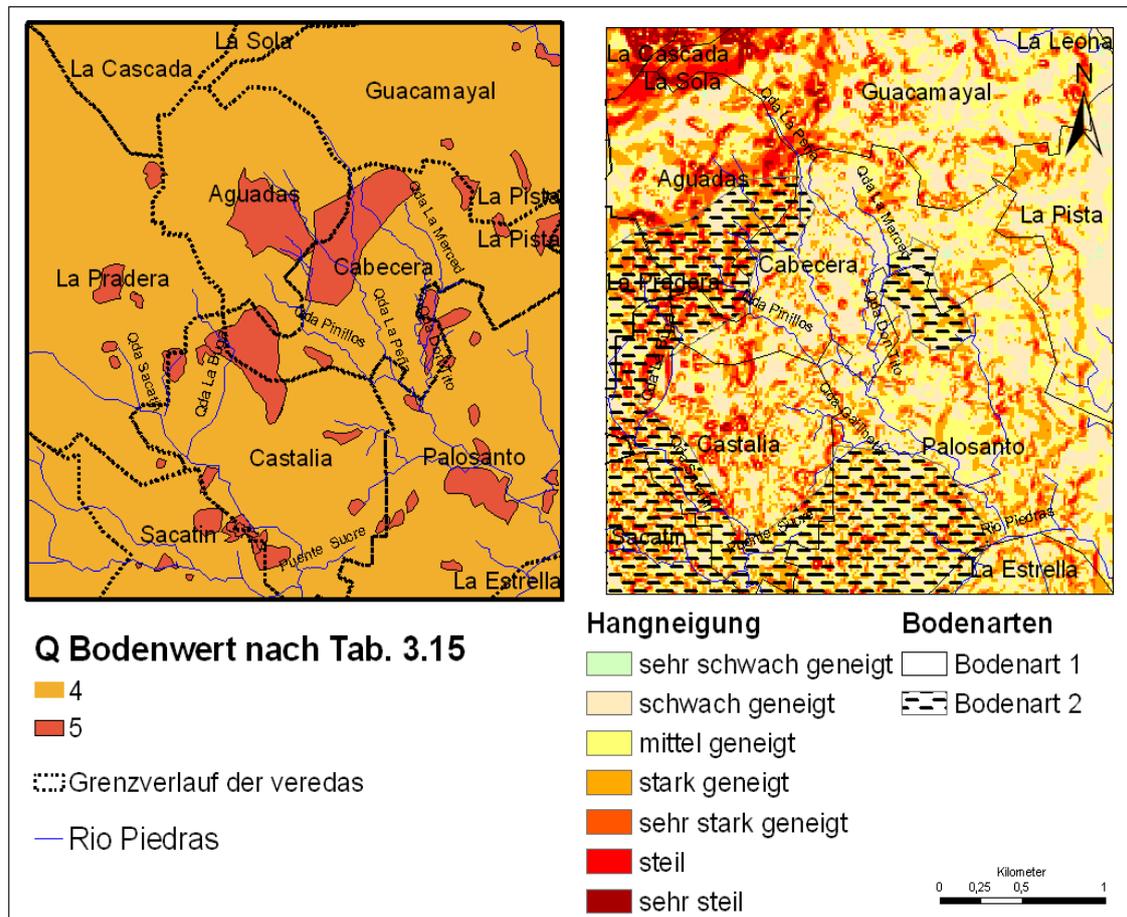


Abb. 4.38d Links, Darstellung der Q Bewertung nach Festigkeit und Mächtigkeit der Böden (gemäß Tabelle 3.15). Rechts, Darstellung der Hangneigung im Untersuchungsgebiet nach Bodenarten.

Legende:

sehr schwach geneigt =  $0-2^\circ$ , schwach geneigt =  $>2^\circ-15^\circ$ , mittel geneigt =  $>15^\circ-25^\circ$ , stark geneigt =  $>25^\circ-35^\circ$ , sehr stark geneigt =  $>35^\circ-45^\circ$ , steil =  $>45^\circ-60^\circ$ , sehr steil =  $>60^\circ$   
Eigene Zusammenstellung nach AG BODEN (1994) und HÜTTER, M. (1999). Eigenständige Schätzung des Faktors Q und der Bodenanalysewerte.

In der Abbildung 4.38d werden als gefährdete Gebiete in dieser Region diejenigen Bereiche ausgewiesen, in denen die Bodenart 2 anzutreffen ist; diese Bodenart weist auf Rutschungen und instabile Gebiete hin. In diesen Gebieten gibt es zudem Standorte mit starken Hangneigungen. Wenngleich Rutschungen auch in Gebieten

einsetzen können, in denen die Bodenart 1 vorherrscht, sind Gebiete mit Vorkommen von Bodenart 2 von Rutschungen grundsätzlich stärker gefährdet.

Mit Hilfe der in Kapitel 3 dargestellten Methode zur Erstellung von Naturrisikoplanen werden die Bodenarten im Untersuchungsgebiet entsprechend der geologischen Parameter, die die Festigkeit und Mächtigkeit von Böden beschreiben, mit dem Faktor Q bewertet. Nach dieser Methode ergab sich im Untersuchungsgebiet eine Verteilung der Q Werte, wie sie in Abb. 4.38d dargestellt wird:

- Q = 2 für Festgestein mit Böden von <0,5 m Mächtigkeit. Dieser Wert wurde wenigen Bereichen zugewiesen und wird v. a. denjenigen Gebieten verliehen, in denen Ergussgesteine, *Rocas Hipoabisales* (im nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebiets) und Magmatite (Basalte) vorkommen. Dem Bereich in der Nähe vom Gipfel *Alto Las Nubes* (in unmittelbarer Nachbarschaft der *cabecera*) wurde auch dieser Q-Wert zugewiesen, wobei dies der Abbildung nicht mehr zu entnehmen ist.
- Q = 4 für Bereiche mit Böden von > 0,5 m Mächtigkeit und mit Präsenz von Lockergestein. Dieser Q-Wert ist im Untersuchungsgebiet am häufigsten anzutreffen.
- Q = 5 für Bereiche mit Präsenz von Lockergestein wie Quartärablagerungen, in denen es auch künstliche Verbauungen gibt. Dieser Q-Wert wurde vornehmlich Gebieten in der Nähe der *cabecera* und des *Río Cauca* verliehen.

Gebiete, in denen hauptsächlich Bodenart 2 anzutreffen ist, wurden in Bezug auf die Festigkeit und Mächtigkeit der Böden entsprechend der Vorgaben aus der Tab. 3.15 mit den Werten 4 und 5 klassifiziert (s. Abb. 4.38d, rechte Spalte). Diese Gebiete sind dicht bewohnt .

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass diejenigen Räume, in denen die Bodenart 2 nachgewiesen wurde, instabil und damit besonders anfällig für Rutschungen sind. In diesen Gebieten ist es auch schon zu Rutschungen gekommen. Bereiche, in denen die Hangneigung stark ist und in denen es einen hohen Anteil an Tonmineralen gibt, sind für Rutschungen stark anfällig. Dies gilt

insbesondere für diejenigen Teile des Untersuchungsgebiets, in denen die Böden eine hohe Plastizität aufweisen.

#### 4.1.8 Landnutzung

Jericó liegt inmitten des wichtigsten Kaffeeanbaugebiets (*region cafetera*) Kolumbiens. Seitdem diese Gemeinde gegründet wurde, hat der Mensch in den regionalen Landschaftshaushalt (Abholzung, Kaffeeanbau, Weidewirtschaft, Infrastrukturausbau) oft und massiv eingegriffen. Die Veränderungen, die sich in dieser Region in den letzten 30 Jahren in Bezug auf die Nutzung der vorhandenen Bodenflächen vollzogen haben, zielten denn auch immer auf die Ausweitung der vorhandenen Flächen zum Anbau vom Kaffee ab.

Während in diesem Gebiet früher noch verschiedene Arten von Kaffee angebaut wurden, wie z. B. *Arábigo*, *Borbón* und *Pajarito*, widmet man sich seit Mitte der 1970er Jahre ausschließlich dem Anbau der neu gezüchteten Kaffeeart *Variedad Colombia*, welche auch als *café sin sombrío* bezeichnet wird. Diese Kaffeeart kann auch ohne die für die traditionellen Kaffeekulturen typischen Schattenbäume kultiviert werden. An diesem Punkt sei daran erinnert, dass Schattenbäume den Bodenabtrag vermindern, Hangrutschungen vorbeugen und die Bodenqualität insgesamt verbessern und somit letztendlich zur Reduzierung des Naturrisikos beitragen.

Die Beseitigung der Schattenbäume hat zu einer Ausweitung der frei zur Verfügung stehenden Kaffeeanbauflächen geführt. Ein weiterer Nebeneffekt ist der starke Rückgang der Waldflächen (*vegetación natural*) in diesem Gebiet. Schon in den 1980er Jahren ist eine erhebliche Ausweitung der frei zur Verfügung stehenden Weideflächen verzeichnet worden, insbesondere im nördlichen Bereich von Jericó entlang des *Río Cauca* (s. Abb. 4.39a). Gegen Ende jenes Jahrzehnts erfolgte die Klassifizierung großer Flächen in diesem Gebiet unter den Begriffen „Gebüsche“ (*rastrojo alto* und *rastrojo bajo*), „Grasland“ (*pastos*), „Brachfelder“ (*pastos enmalezados*) und „Bodenerosionsflächen“.

Anfang der 1970er Jahre fand man in der lokalen Landwirtschaft Kaffee-, Weide-, Gemüse- und Obstflächen vor, die eine große Vielfalt an Anbaukulturen verhießen.

Im Jahr 1970 wurde unter Berücksichtigung der in diesem Gebiet gefundenen Morphologie und Bodenarten eine Landnutzungskarte ausgearbeitet, in welcher Bodenflächen eingezeichnet wurden, auf denen bestimmte Kulturen potenziell angebaut werden konnten. Aus dieser Karte geht deutlich hervor, dass in Jericó eine Vielfalt von Kulturpflanzen angebaut werden können. Vor diesem Hintergrund ist es umso bezeichnender, dass Monokulturen von Kaffee, die für die Einwohner dieser Region die wichtigste Einnahmequelle darstellen, heutzutage das Landschaftsbild dieser Region beherrschen. Und so bezieht heute der lokale Markt Obst, Gemüse, Kakao und Zuckerrohr aus anderen Gemeinden, und dies, obwohl all diese Produkte um Jericó herum selbst angebaut werden könnten (s. Abb. 4.39b).

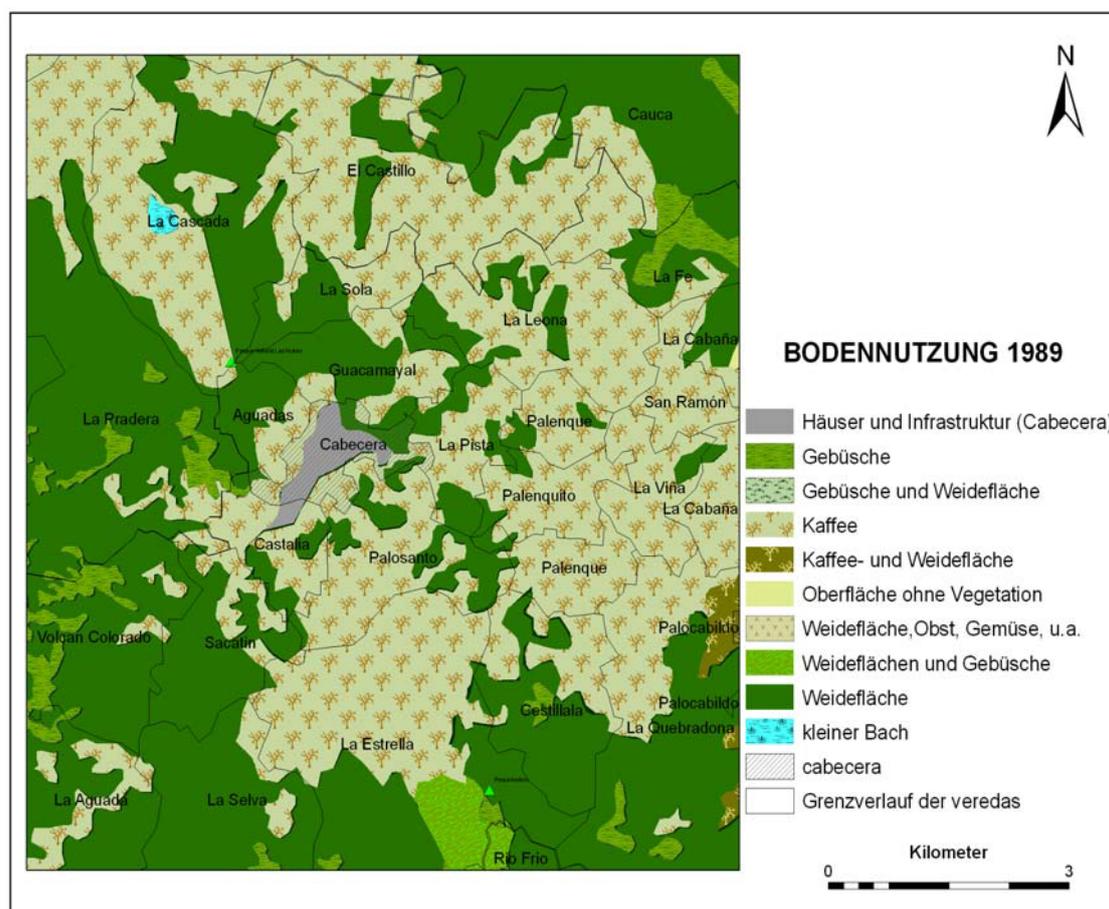


Abb. 4.39a Darstellung der Landnutzung von 1989 in Jericó. Seit Mitte der 1980er Jahre ist wegen der Viehzucht eine Ausweitung der Grasflächen (*pastos manejados*) festzustellen. Eigene Zusammenstellung unter Hinzuziehung von Daten von der *Secretaría de Agricultura de Antioquia - Sección Planeación* (vom November 1989).

Seit den 1980er Jahren werden in den Gebieten nördlich von Jericó immer weniger Flächen für den Kaffeeanbau zur Verfügung gestellt; gleichzeitig wächst aber die Flächengröße der Weiden, die für die Viehzucht gedacht sind, und Brach- und Buschflächen weiten sich aus. An dieser Stelle sei auf eine Entwicklung hingewiesen, die für die ländlichen Gebiete Kolumbiens typisch ist: Die Viehzucht benötigt große Landflächen und weniger Arbeitskräfte als die Landwirtschaft, weshalb immer mehr der in der Region ansässigen und in der Landwirtschaft tätigen Landbewohner seit den 1980er Jahren ihre Arbeit verlieren. Dieser Trend hat sich seit den 1970er Jahren, als der Handel mit den illegalen Drogen Marihuana und Kokain boomte (*Bonanza marimbera/cocalera*), noch weiter verschärft. Ende der 1990er Jahre wurde mit dem Kardamom eine neue Kulturpflanze in dieser Region eingeführt, welche hauptsächlich in arabische Länder exportiert wird. Auch der Bau der Landstraßen, die Jericó mit Puente Iglesias und weiter mit Medellín als auch Jericó/La Cascada mit Peñalisa und Medellín verbinden, hatte eine Ausweitung der Brach- und Buschflächen nördlich der *cabecera* von Jericó zur Konsequenz (s. Abb. 4.1).

Heutzutage beschränkt sich die Landwirtschaft auf den Anbau von Kaffee, Kochbananen und Kardamom. Die Wälder wurden durch Brach-, Busch- und Grasflächen ersetzt. Die Naturschutzgebiete sind von Grasländern und Gebüsch bedeckt. An dieser Stelle ist zu beachten, dass die Daten, die im *Anuario Estadístico de Antioquia* (DANE 2005) enthalten sind, mit den Angaben zur Landnutzung, wie sie in der Abbildung 4.39a präsentiert werden, nicht mehr übereinstimmen, da die Gebüsche im *Anuario Estadístico* zur Gruppe der Wälder gezählt worden sind.

Die Wichtigkeit der Viehzucht für diese Region hat in den 1990er Jahren im Vergleich zu den 1980er Jahren abgenommen; heutzutage betreibt man Viehzucht zumeist in flachen Gebieten, wie z. B. in der *vereda Cauca*.

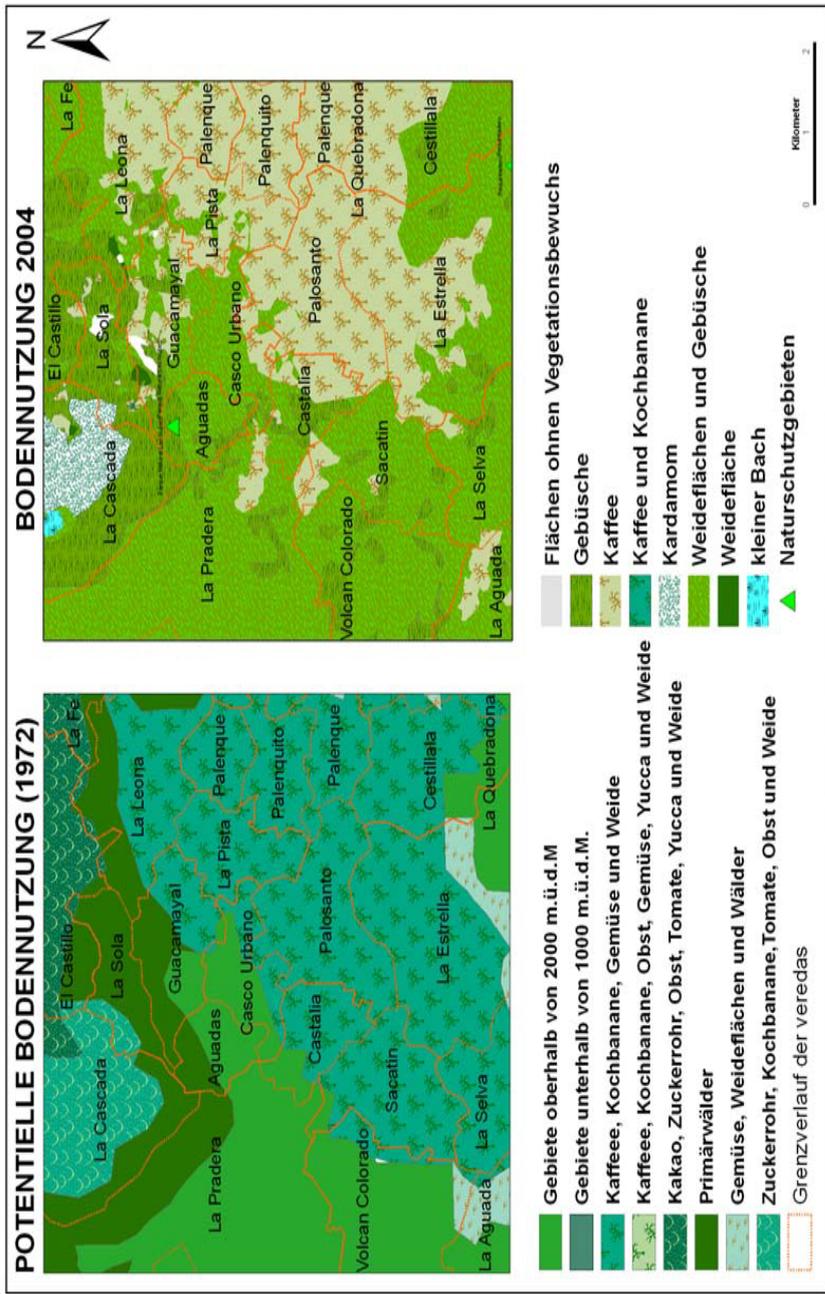


Abb. 4.39b Links, Darstellung der Landnutzung im Jahr 2004 und der potentiell möglichen landwirtschaftlichen Nutzung der Bodenflächen in dieser Region im Jahr 1972. Die rechte Spalte veranschaulicht, welche Kulturpflanzen in Jericó potentiell angebaut werden können, als auch den Anteil an den Flächen, der für ihren Anbau tatsächlich verwendet wird. Diese Karte wurde im Jahr 1972 auf Empfehlung der *Federación de Cafeteros de Colombia* erstellt. Eigene Zusammenstellung auf Basis der Vorgaben aus dem GÖK und aus dem *POT* unter Einbeziehung von Daten aus eigener Feldarbeit (aus dem Zeitraum zwischen 2003 und 2005) und von Daten der *Federación Nacional de Cafeteros* (1972).

CENICAFE schlägt eine Methode zur Klassifizierung der Bodennutzung vor, deren genaue Umsetzung von der vor Ort vorhandenen Vegetationsstufe und den bestehenden klimatischen Bedingungen abhängt. (vgl. MEJÍA, 1982:23) In dieser Methode werden verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmengen (in mm), die zur Dauer der Sonneneinstrahlung in Bezug gesetzt werden (in Stunden), was nach TROJER als eine N/S-Relation zu bezeichnen wäre (vgl. MEJÍA, 1982:21), oder Hangneigung bzw. Höhenstufe berücksichtigt. Die Methode kam im Untersuchungsgebiet zur Anwendung, eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse wird in Tabelle 4.7 präsentiert.

Tabelle 4.7 Vorgeschlagene Methode zur Klassifizierung von Bodennutzungsmöglichkeiten, aufgegliedert nach Niederschlagsmengen und Dauer der Sonneneinstrahlung (N/S), Hangneigung und Höhenstufe gemäß MEJIA (1982:21-24). Eigene Übertragung.

N/S	Bewässerung notwendig	Klimaklassifizierung	Hangneigung	Vorgeschlagene Bodennutzungsoptionen
0,8 – 1,6	Zur Gewährleistung des Übergangs vom Kulturenanbau zum permanenten Ackerbau	tropische Feuchtwälder (gemäßigt feuchte Gebiete)	< 5° 5° - 21° > 45°	Subsistenzwirtschaft Kulturen in verschiedenen Vegetationsstockwerken, Terrassenanbau (z. B. Kaffee mit Schattenbäumen), Weide mit Bäumen Naturschutzgebiete
1,6 – 3,2	Zur Einführung von Fruchtwechsel, zum Anbau verschiedener Kulturen und zur Beseitigung der Monokulturen	Übergang zwischen gemäßigt-feuchten und sehr feuchten Gebieten	< 5° 5° - 10° 10° - 15° > 27°	Landwirtschaft ohne Brache und Subsistenzwirtschaft (Kulturenanbau nur zur Gewährleistung des Lebensunterhalts) Anbau in verschiedenen Vegetationsstockwerken (z. B. Kaffee mit Baumschatten), Weide mit Bäumen Wälder für kommerzielle Nutzung Naturschutzgebiete

Leider weichen die nach Mejía (1982) als Idealfall vorgeschlagenen und in Tabelle 4.7 dargestellten Bodennutzungsoptionen stark von der aktuellen Praxis der Landnutzung in der Gemeinde ab (s. Abb. 4.39b und Abb. 4.39c). Räume, die in der

Klimaklassifizierung (bzgl. Der Vegetationshöhestufen nach ESPINAL) in Gebieten mit gemäßigt-feuchter Stufe liegen, deren Hangneigung größer ist als  $45^\circ$ , werden nicht als Naturschutzgebiete genutzt, sondern für den Kaffeeanbau oder für die Viehzucht, so z. B. die *veredas* La Sola, La Leona, Volcán Colorado, La Aguada, Castalia, Quebradona, San Ramón u. a.. Die vom Vorschlag der Fachspezialisten abweichende Bodennutzung in diesem Gebiet bedeutet eine zusätzliche Belastung der Böden, wodurch Bodenerosionsprozesse beschleunigt und die Gefahr von Hangrutschungen erhöht werden.

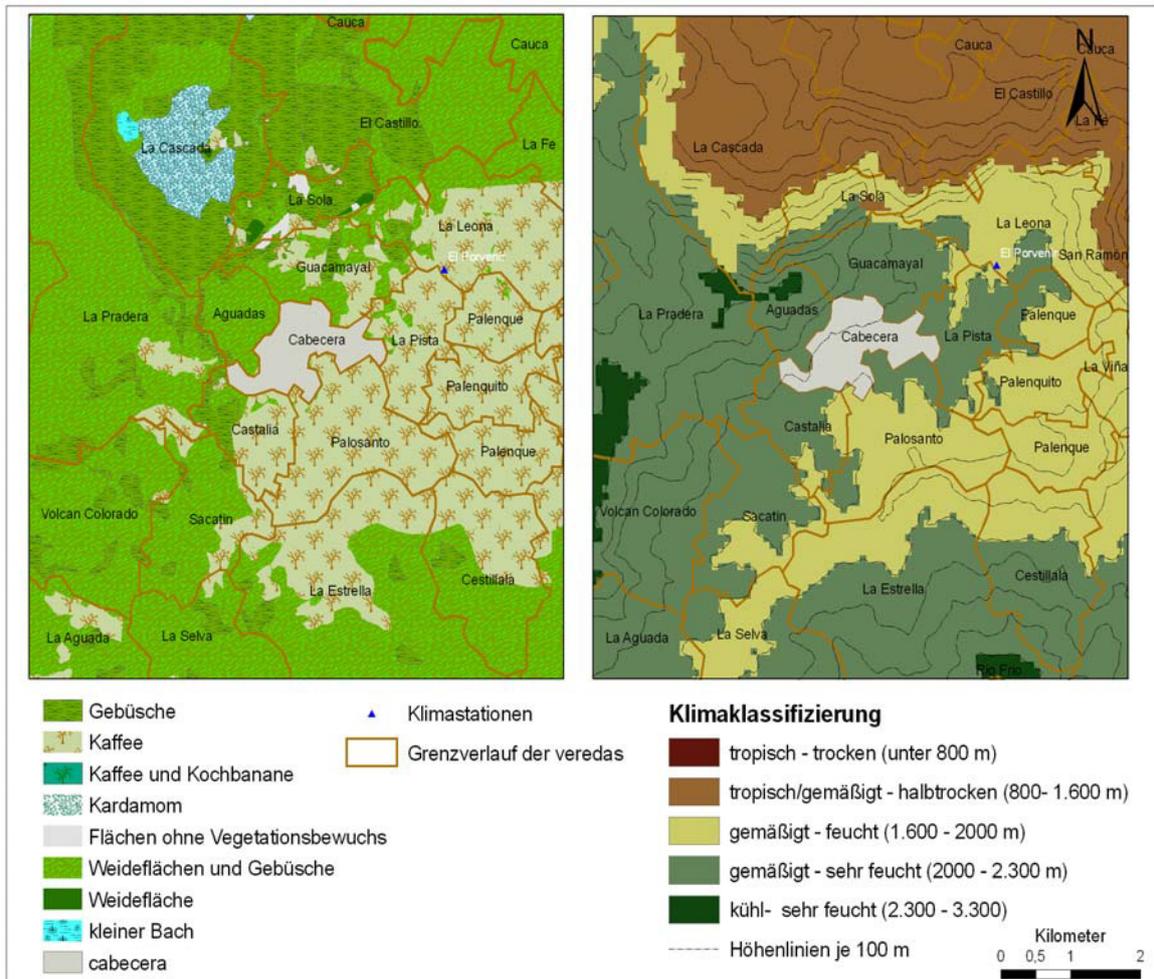


Abb. 4.39c. Vergleich der aktuellen Bodennutzung im Untersuchungsgebiet mit der Klimaklassifizierung (s. Tabelle 4.7).

Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten von der *Federación Nacional de Cafeteros* (1972) und aus eigener Feldarbeit (2003-2005).

Eine Beschreibung der wirtschaftlichen Inwertsetzung dieser Gegend in Abhängigkeit von Höhenstufen (s. Abb. 4.30) zeigt, dass die tropische Trockenstufe (unter 800 m ü. d. M.) für den Tourismus und für die Viehzucht lukrativ sind. Die

tropisch/gemäßigt-halbtrockene Stufe wird besonders als Weidefläche für Vieh genutzt, aber auch als Anbaufläche für Gebüsch, Kardamom und Kaffee (s. Photo 4.5). In der gemäßigt-feuchten Stufe werden meistens Kaffee, Kochbananen als Schattenbäume für die Kaffeepflanzen und Kardamom angebaut. In der darüber liegenden, gemäßigten-sehr feuchten Stufe, die sich zwischen 2000 und 2300 m ü. d. M. befindet, werden auch Kaffee und Kochbananen angebaut. Auf dieser Höhe liegt auch die *cabecera* des *municipio*; hier gibt es auch viele Gebiete, die mit Gebüsch bewachsen sind oder einfach nur als Weideflächen genutzt werden.

Die kühle-sehr feuchte Stufe ist nicht dicht besiedelt, und wegen der dort herrschenden klimatischen Verhältnisse wird dort auch kein Kaffee angebaut. In dieser Stufe befinden sich die Wälder und Naturschutzgebiete sowie die Quellgebiete des *Río Piedras* und des *Río Frío* (s. Abb. 4.39c).

Zur Zeit werden in der Gemeinde vier Typen von Kulturen angebaut:

- Kaffee und andere Kulturpflanzen auf mäßig bis stark geneigten Hängen und in gemäßigt-halbtrockenen, feuchten bis sehr feuchten Gebieten in Höhenlagen zwischen 1400 und 2100 m.ü.d.M. Es werden Kochbananen (*platanos*) auf stark geneigten Hängen angebaut, wodurch die Grundwasserspeicherung des Bodens erhöht und die Gefahr von Hangrutschungen gesteigert wird.
- Grasland und Buschflächen auf mäßig bis sehr stark geneigten Hängen in tropisch-trockenen, gemäßigt-halbtrockenen, feuchten bis sehr feuchten Gebieten in Höhenlagen zwischen 600 und 2200 m.ü.d.M. Die Flächen werden hier hauptsächlich für die Viehzucht genutzt. Nach DANE 2005 wurden in Jericó insgesamt 19 678 Kühe gezählt (vgl. DANE, 2005)
- Kardamomanbau (*cardamomo*) auf mäßig bis stark geneigten Hängen und in gemäßigt-halbtrockenen, feuchten bis sehr feuchten Gebieten in Höhenlagen zwischen 1200 und 2000 m.ü.d.M. Kardamom wird in einem Gebiet angebaut, das nördlich von der *cabecera* des *municipio* liegt und sich bis zur *vereda La Cascada* erstreckt.

- Weideland auf schwach bis stark geneigten Hängen und in gemäßigt-feuchten bis sehr feuchten Räumen in Höhenlagen zwischen 1800 und 2200 m.ü.d.M.

In Übereinstimmung mit der letzten verfügbaren Klassifizierung der Bodennutzung in dieser Region werden die hier zur Verfügung stehenden Flächen für die folgenden Zwecke genutzt: 72% für Weide-, Gras- und Buschland, 6% für Wälder, 12% für Kaffeeanbau, 8% für den Anbau von Kochbananen und 2% für den Anbau von Kardamom (Jericó *POT*, 2002; SANEAR Ltda. 2003).

Laut der Naturrisikoanalyse besteht in den gemäßigt-sehr feuchten Gebieten eine erhöhte Naturgefahr vor Hangrutschungen, da in diesen Gebieten hohe Niederschlagsmengen verzeichnet werden, und da die Verdunstungsrate hier geringer ist als in den tropischen, gemäßigten/ trockenen-halbtrockenen Stufen. Außerdem sind in diesem Gebiet viele mäßig bis stark geneigte Hänge anzutreffen (s. Abb. 4.9a und 4.9b), die mit Lockergesteinablagerungen bedeckt sind, welche wiederum eine mittlere bis sehr geringe Festigkeit aufweisen (s. Abb. 4.3 und Abb. 4.5a).

Je nach Art der Landnutzung können sich die Naturgefahr und die Vulnerabilität eines Gebiets erhöhen bzw. vermindern. Dies wäre der Fall der *cabecera* und der umliegenden *veredas*, die relativ dicht besiedelt sind und wo es die meisten infrastrukturellen Einrichtungen gibt. Diese Faktoren erhöhen den Grad der Vulnerabilität dieses Bereichs, insbesondere was Hangrutschungen angeht. Die Flächen in diesem Bereich werden hauptsächlich für den Anbau von Kaffee und von anderen Kulturpflanzen genutzt, z. B. von Kochbananen auf mäßig bis stark geneigten Hängen (s. Photo 4.1c und Photo 4.4). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dieser Raum von den anthropogenen Aktivitäten stark belastet wird.

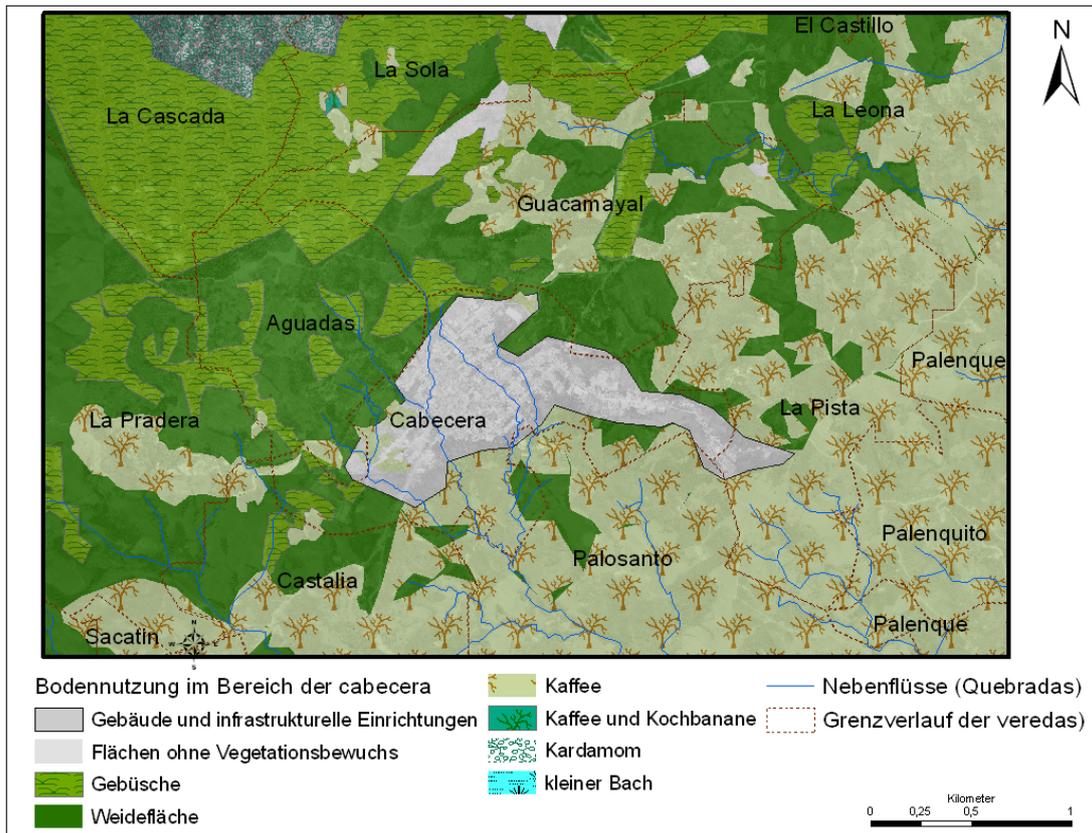


Abb. 4.39d Darstellung der Landnutzung im Bereich der *cabecera* und in den umliegenden *veredas*. Es ist deutlich zu erkennen, dass die meisten infrastrukturellen Einrichtungen inmitten der *cabecera* liegen. In den umliegenden *veredas* wird am häufigsten Kaffee angebaut.

Eine Abschätzung des Vulnerabilitätsgrades im Untersuchungsgebiet wurde nach der im Kapitel 3 beschriebenen Methode und in Abhängigkeit von der im jeweiligen Bereich gewählten Art der Landnutzung durchgeführt. Es wurde ein Zusammenhang zwischen der Landnutzung, den Besiedlungsprozessen und den bestehenden Naturgefahren festgestellt (s. Kapitel 2). Hier wurde also die Vulnerabilität eines klar definierten Gebiets unter Berücksichtigung der in diesem Raum jeweils gewählten Art der Bodennutzung und des Einflusses von anthropogenen Aktivitäten auf diesen Bereich eingeschätzt.

Die folgende Abbildung zeigt die Q-Bewertung des zentralen Bereichs des Untersuchungsgebiets in Zusammenhang mit der Bodennutzung (s. Tab. 3.11).

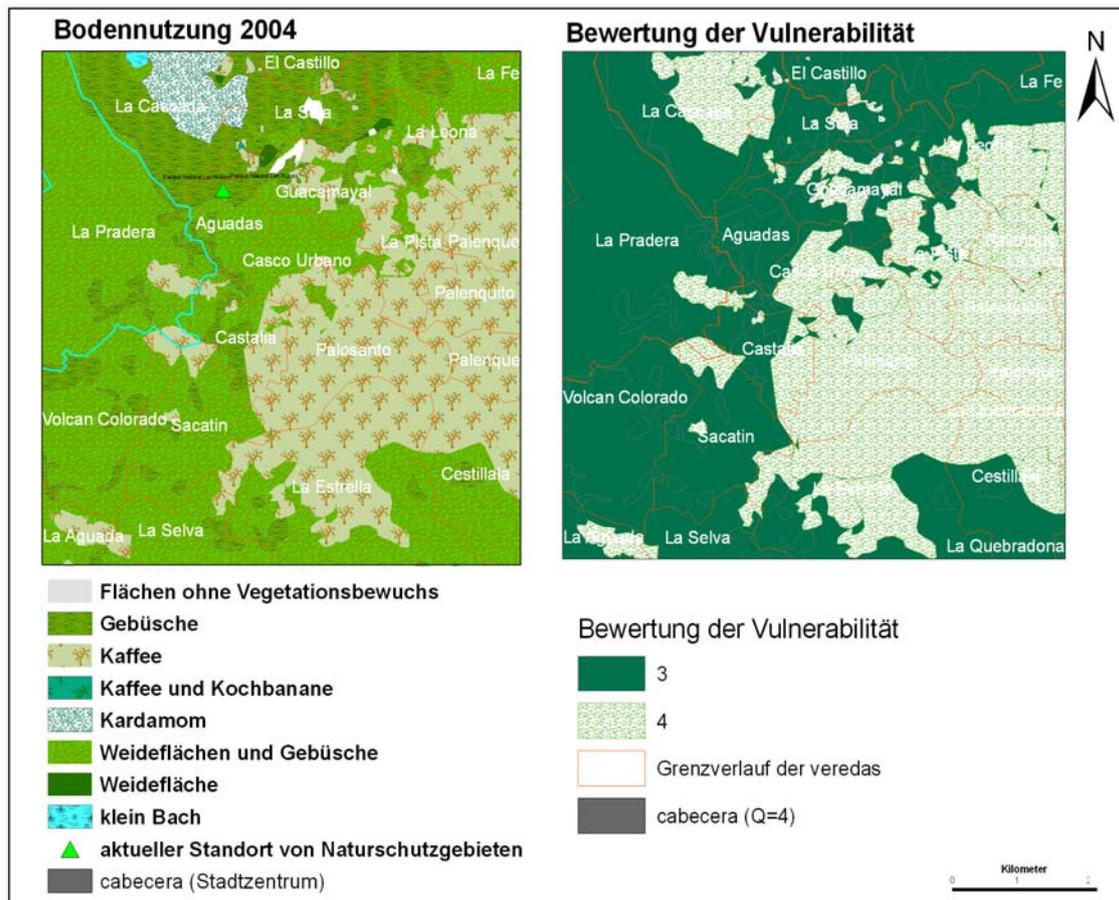


Abb. 4.39e Bewertung der Vulnerabilität im Untersuchungsgebiet in Bezug auf Landnutzung. Eigene Berechnungen und eigene Darstellung.

Laut Tabelle 3.16 kann das Untersuchungsgebiet in Bezug auf Vulnerabilität und je nach Bodennutzung in die folgenden Gebiete unterteilt werden:

- Gebieten, in denen früher Kaffee angebaut wurde und in denen heutzutage Brachland, Gebüsche und Weideflächen vorherrschen, wurde der Q-Wert 3 zugewiesen.
- Gebieten, die dicht besiedelt sind und in denen Häuser stehen, die von der Stadtverwaltung (oft nachträglich) eine Bauerlaubnis erhalten haben und in denen Ackerbau betrieben wird und wo es vegetationslose Böden gibt, wurde der Q-Wert 4 zugewiesen.

Den vorangegangenen Ausführungen Folge leistend lässt sich sagen, dass der Grad eines Naturrisikos über die Einschätzung der Naturgefahr und der Vulnerabilität erschlossen werden kann. Es kann Gebiete geben, die eine große Vulnerabilität

vorweisen, aber in denen eine geringe Naturgefahr herrscht. Diese Gebiete bleiben bei der Erstellung einer Naturrisikoanalyse unberücksichtigt. Im Untersuchungsgebiet steigt aber die Naturgefahr gerade im zentralen Bereich von Jericó, und zwar besonders in den Gebieten, in denen Massenbewegungen bereits zu einem früheren Zeitpunkt verzeichnet wurden. Dies trifft übrigens auf einige Teile des Untersuchungsgebiets zu.

Bei der Erstellung von Naturrisikoanalysen für die Gemeinde Jericó spielt der Faktor der landwirtschaftlichen Nutzung von Flächen eine untergeordnete Rolle. Eine ganz andere Relevanz kommt den besiedelten Gebieten und jenen Bereichen zu, in denen die infrastrukturellen Einrichtungen vorhanden sind. Dies ist damit zu begründen, dass die Vulnerabilität dieser Gebiete automatisch hoch ist (mehr dazu in Kap. 4.2).

## **4.2 Naturgefahrenanalyse**

Eine sachgemäße Anwendung der GIS Methoden bei der Analyse derjenigen Parameter, die Rutschungen auslösen bzw. ihren Verlauf beeinflussen können, kann dank der in Kapitel 3 beschriebenen Methode weitestgehend sichergestellt werden. Unter Anwendung dieser Methode wurden die einzelnen Bereiche des Untersuchungsgebiets entsprechend der Wahrscheinlichkeit einer Naturgefahr (H-Wert, vgl. engl.: hazard = Gefahr) qualitativ gegliedert.

Die erwähnte Methode ermöglicht es, für jeden Parameter, den man analysiert hat, einen Q-Wert zu berechnen, der als Attribut in die georeferenzierten Vektordaten einfließt. Der Q-Wert kann zwischen 1 und 5 liegen. In Gebieten, in denen der Q-Wert 1 vorherrscht, ist die Einflussnahme der Parameter auf die Entstehung und den Verlauf einer Massenbewegung gering, wohingegen in Gebieten, in denen man den Q-Wert 5 errechnet, dieser Einfluss groß ist.

Das methodische Vorgehen bei der Errechnung des Q-Werts für jeden einzelnen Parameter gewährleistet, dass alle Parameter, die für die Abschätzung eines möglichen Desasters relevant werden könnten, einzeln untersucht und die dabei erzielten Ergebnisse zusammengetragen werden, um sie mithilfe eines GIS

Programms in Form eines einzigen Q-Werts, der einer jeden Region zugewiesen wird, zu erfassen.

Die im Nachfolgenden dargestellten Abbildungen geben Aufschluss darüber, wie der Q-Wert für das Untersuchungsgebiet unter Zuhilfenahme der vorgeschlagenen Methode und unter Berücksichtigung der Parameter Geologie, Hangneigung und Landnutzung (Q-GHL Parameter) errechnet wurde.

Bei der Analyse der Parameter GPHV wurde ein Q-Wert errechnet, der sich aus der Bewertung der Parameter geomorphologische Prozesse, Häufigkeit und Verdichtung der dokumentierten Rutschungen im Untersuchungsgebiet ergibt. Der Q-Wert von GPHV wird mit dem Q-Wert von GHL zusammengerechnet; das Resultat ist der H-Wert bzw. der Naturgefahrengrad.

Auch Naturgefahrenräumen und Naturrisikoräumen wurde ein entsprechender Q-Wert zugewiesen. Dabei ist jedoch unbedingt zu beachten, dass die erzielten Untersuchungsergebnisse sich lediglich auf jenes Datenmaterial stützen, zu dem man in Kolumbien auch Zugang bekommt, was bereits im Kapitel 3 erörtert worden ist.

Den Abbildungen 4.40b und 4.40c, in denen die Landnutzung im Untersuchungsgebiet kartiert wurde, entnimmt man, dass einige von den Rutschungen, die dokumentiert worden sind, anthropogenen Ursprungs sind. Die Abbildungen 4.40a bis 4.40d veranschaulichen die territoriale Aufteilung des Untersuchungsgebiets gemäß der Q-Werte, die nach Berücksichtigung aller Parameter, die für den betreffenden Raum ausschlaggebend sind, ermittelt wurden.

Wie der Abb. 4.40a zu entnehmen ist, weisen Gebiete, in denen es hohe Hangneigungen (Q 5) und Quartärablagerungen gibt, in Bezug auf Standfestigkeit einen mittleren bis hohen Q-Wert auf.

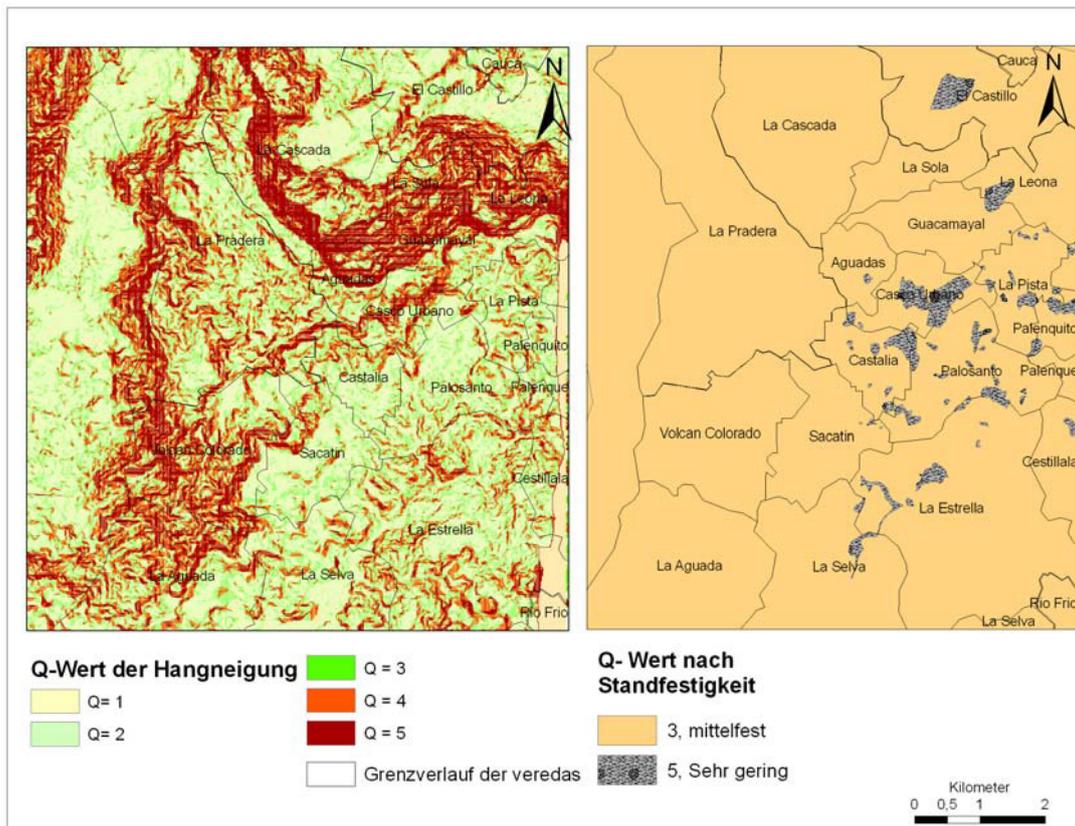


Abb. 4.40a Darstellung der Gebiete, in denen der Q-Wert für die Hangneigung und Standfestigkeit ermittelt werden konnte. Im dargestellten Bereich des Untersuchungsgebiets tauchen die Q-Werte 1, 2 und 4 für die Standfestigkeit nicht auf.  
Eigene Darstellung.

Die Berechnung der Q-Werte für die Parameter Gesteinstyp, Verwitterungs- und Bodenzustand (Festigkeit und Mächtigkeit) erfolgte auf der Basis der Angaben, die in den Tabellen 3.4, 3.5 und 3.15 präsentiert wurden. Diese Werte werden mit dem Q-Wert, der bei der Analyse des Landnutzungsparameters erzielt wurde, zusammengerechnet.

Die Summe wird dann durch die Anzahl der insgesamt berücksichtigten Parameter – also durch 4 – geteilt. Die endgültigen Q-Werte, die bei der Zusammenziehung der einzelnen Q-Werte der verschiedenen Parameter ermittelt wurden, werden in der Abbildung 4.40b dargestellt.

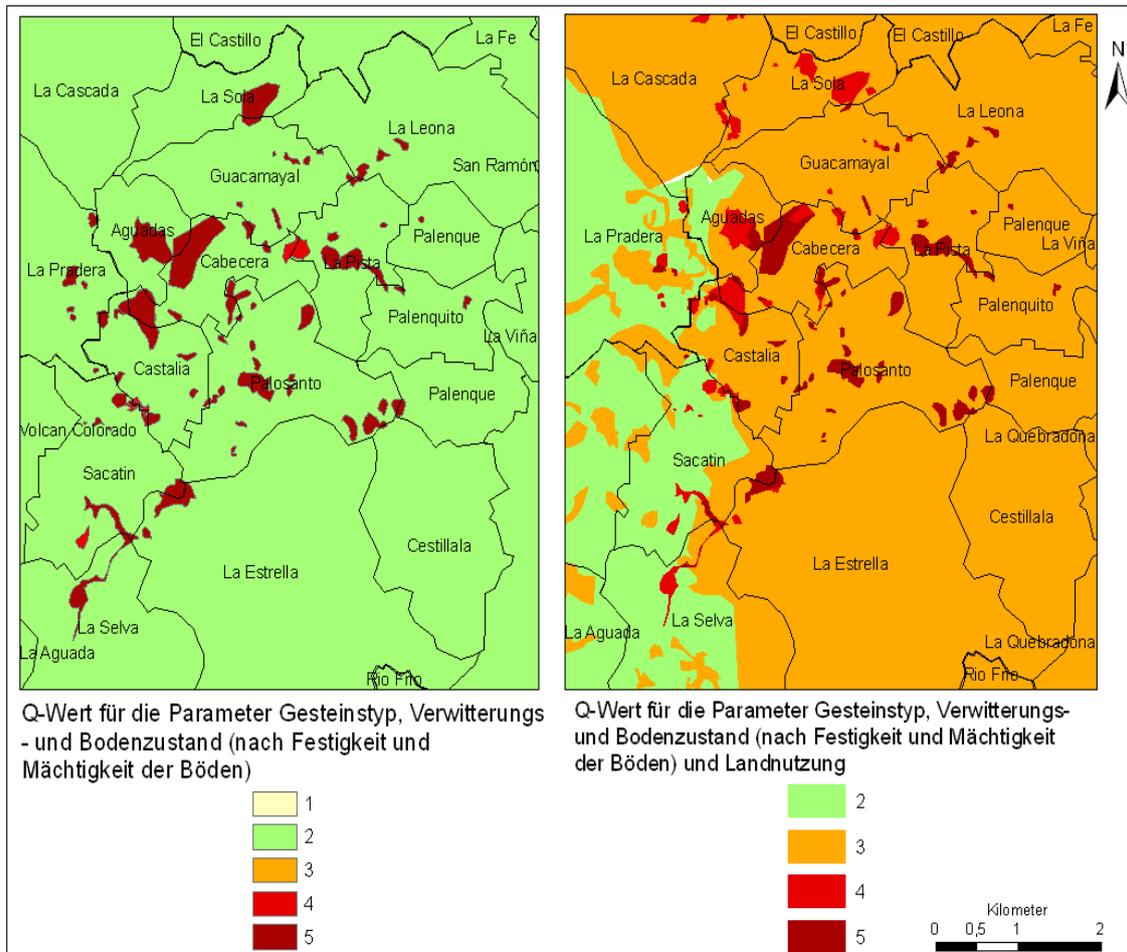


Abb. 4.40b Rechts, Darstellung der Q-Werte für die Parameter Gesteinstyp und Verwitterungszustand (vgl. auch Tab. 3.4 und 3.5). Die Quartärablagerungen wirken sich in Gebieten mit Q-Wert 4 bzw. 5 auf Rutschungserscheinungen verstärkend aus. Links, Darstellung des gesamten Q-Werts nach Analyse der Parameter Geologie (Gesteinstyp, Verwitterungszustand), Bodenzustand (Festigkeit und Mächtigkeit) und Landnutzung (vgl. auch Tab. 3.4, Tab. 3.5 und Tab. 3.16).

Eigene Zusammenstellung.

Im Untersuchungsgebiet haben sich Gebüsche und Brachfelder insbesondere dort ausgeweitet, wo Wälder dem traditionellen Kaffeeanbau und der Viehhaltung weichen mussten. Diese Vegetationsart ist heutzutage v. a. auf mittel bis stark geneigten Hanglagen anzutreffen, obwohl doch ihre Präsenz an ebendiesen Wuchsstellen Erosionsprozesse fördert (s. Abb. 4.39a und 4.39b).

Abgesehen von den geologischen Voraussetzungen haben auch die im Untersuchungsgebiet praktizierten anthropogenen Aktivitäten wie der Kaffeeanbau

oder die Viehhaltung Einfluss darauf, welcher Q-Wert für die Landnutzung in dieser Region ermittelt wird. Daraus folgt, dass diese Region für ein Naturrisiko vergleichsweise anfälliger ist als diejenigen Gebiete, in denen zwar die dieselben geologischen Eigenschaften vorherrschen, wo die verfügbaren Böden aber in einer angemessenen Art und Weise genutzt werden. Diese Tatsache unterstreicht auch der Aussagewert der Abbildung 4.40b, laut der den Kaffeeanbaugebieten ein mittlerer Q-Wert 3 zugewiesen wurde.

Im Folgenden werden die Q-Werte für die Parameter GHL und GPHV in einer Tabelle dargestellt. Der Q-Wert für die Parameter GHL bezieht sich auf die Parameter Gesteinstyp, Verwitterungs- und Bodenzustand (Festigkeit und Mächtigkeit), Hangneigung und Landnutzungsart. Dem Q-Wert für die Parameter GPHV entspricht der für geomorphologische Prozesse errechnete Q-Wert (s. Tab. 3.10 - Tab. 3.13), also die Häufigkeit und Dichte der im Untersuchungsraum dokumentierten Massenbewegungen (s. Tab. 3.14 und Tab. 3.14b).

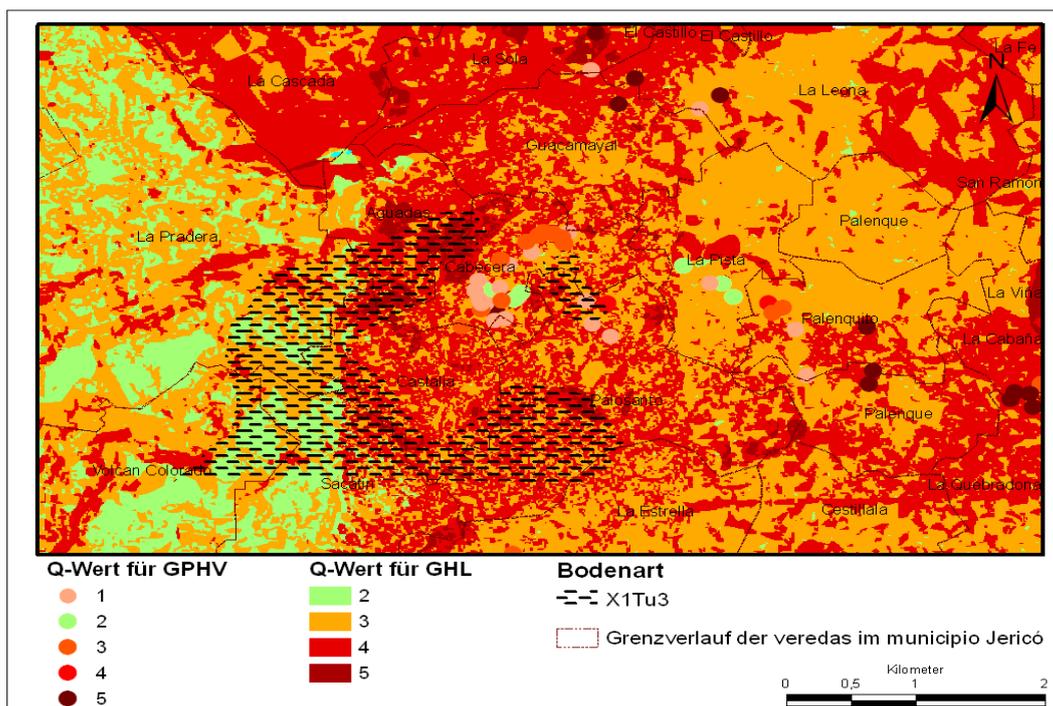


Abb. 4.40c Darstellung der Q-Werte, die für die folgenden Parameter errechnet wurden: Geologie, Hangneigung und Landnutzung (Q-GHL). In derselben Darstellung werden überlagernd die Q-Werte der folgenden Parameter präsentiert: geomorphologische Prozesse und Erosion, Häufigkeit und Verdichtung der Massenbewegungen (Q-GPHV) und Bodenart 2. Eigene Zusammenstellung.

Anhand der erhaltenen Q-Werte lässt sich illustrieren, inwiefern bestimmte Parameter auf das Einsetzen eines Naturereignisses Einfluss nehmen können und wie groß die Anfälligkeit bestimmter Gegenden für eine Naturgefahr ist.

Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets ist ein Bereich identifiziert worden, für den sich nach Verrechnung der einzelnen Q-Werte für die Parameter Geologie, Hangneigung und Landnutzung ein Q-GHL Wert von 4 ergibt. Dasselbe trifft übrigens auf große Teile der *veredas* El Castillo, La Cascada, La Sola und San Ramón zu. Im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets wurden Q-GHL Werte ermittelt, die zwischen 3 und 4 (mittel bis hoch) liegen. In diesem Bereich befinden sich die wichtigsten infrastrukturellen Einrichtungen dieser Region, und es wohnen dort auch die meisten Einwohner der Gemeinde (s. Abb. 4.43d).

Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets (*vereda* La Pradera) sind günstigere Q-GHL-Werte ermittelt worden. In den *veredas* Palenque, La Pista und La Leona kommt man auf einen hohen Q-GHL Wert 5.

Die Böden der Bodenart 2 sind von Quartärablagerungen geprägt. Nach dem Bodenartendiagramm der AG BODEN (1994) entsprechen sie dem mittel tonigen Schluff x1Tu3 und sehr gering skeletthaltigen Böden. Die Untersuchung dieser Bodenart ist für Zwecke einer Naturrisikoanalyse sehr wichtig, da ihre Präsenz auf mögliche fossile Rutschungen hinweist. Im Untersuchungsgebiet findet man sie aber nur äußerst selten vor, weshalb jene Gebiete, in denen diese Bodenart anzutreffen ist, bei der Naturrisikoanalyse gesondert betrachtet werden. In dem Fall würde man zur Errechnung des H-Werts außer den Parametern, die die Bodenart 2 charakterisieren, auch die Parameter Geologie, Hangneigung, geomorphologische Prozesse, Häufigkeit und Verdichtung der Massenbewegungen und Landnutzung zugrunde legen.

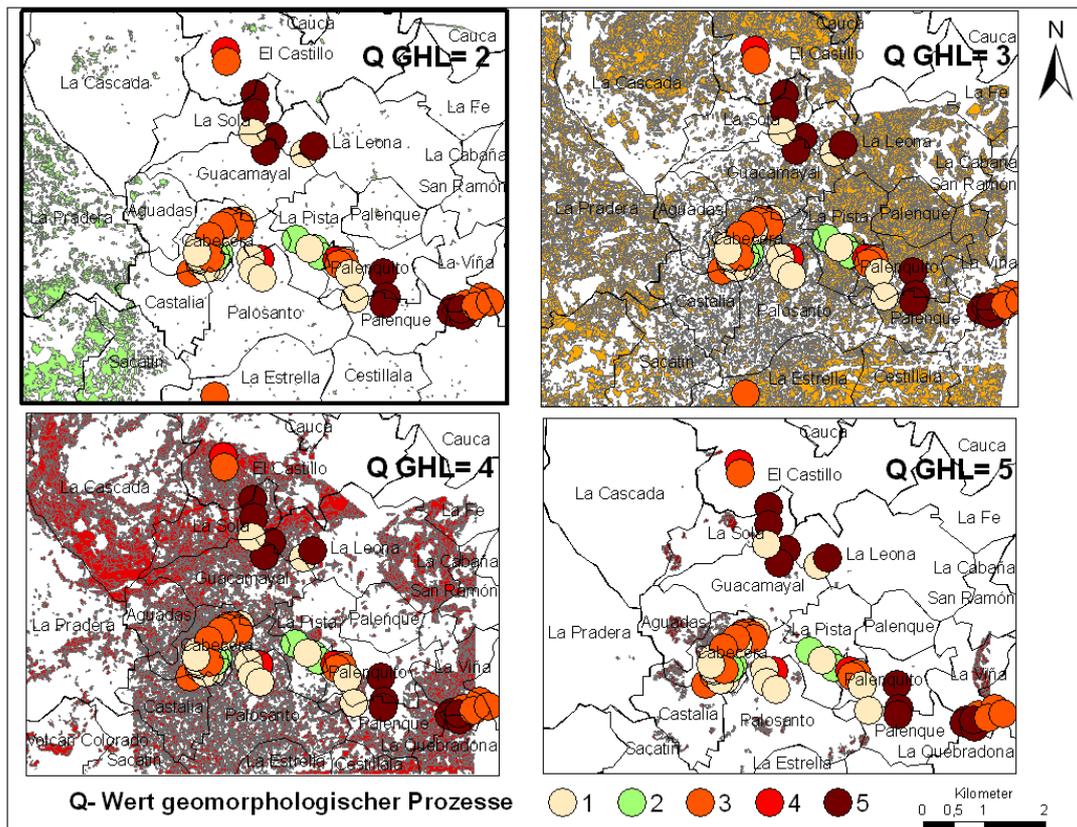


Abb. 4.40d Einflussnahme der Parameter Geologie, Hangneigung und Landnutzung (Q-GHL) auf natürlich ausgelöste Rutschungen und geomorphologische Prozesse. Die Q-GHL Werte werden im Hintergrund dargestellt. Eigene Zusammenstellung.

Begriffserläuterung:

Q-GHL entspricht dem Q-Wert, der aus den Parametern Geologie, Hangneigung und Landnutzung errechnet wurde. Q-GPHV entspricht dem Q-Wert, der aus den Parametern geomorphologische Prozesse, Häufigkeit und Verdichtung der Rutschungen errechnet wurde.

Wie allgemein bekannt ist, bedingen die Reliefverhältnisse in einem starken Maße den Grad der Erosion. Dies trifft insbesondere auf Gebiete mit mittlerer bis sehr starker Neigung zu. Im Untersuchungsgebiet ist die Hangneigung für einen Großteil von Rutschungen verantwortlich. Nichtsdestotrotz verursachen im Untersuchungsgebiet auch andere Parameter die Entstehung von Hangrutschungen. So gab es z. B. Bereiche mit Hangrutschungen vor nicht allzu langer Zeit, die einen relativ niedrigen Q-GH-Wert haben, wo der Q-GHL Wert von 4 aber relativ hoch ist. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Landnutzung als anthropogener Parameter auf den Abgang von Massen einen großen Einfluss ausübt. Fernerhin lässt sich ein

gewisser Zusammenhang zwischen den Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet und dem Straßenbau feststellen. Dies belegt das Beispiel des Ausbaus der Landstraße von Jericó über La Viña nach La Cabaña aus den 1990er Jahren. Der Ausbau wurde notwendig, weil zwischen den *veredas* La Fe und La Cabaña ein privates Wasserwerk zur Gewinnung von Elektrizität über den *río* Piedras errichtet wurde. Seitdem treten in diesem Gebiet Rutschungen häufiger auf als früher, was auch die folgende Abbildung veranschaulicht.

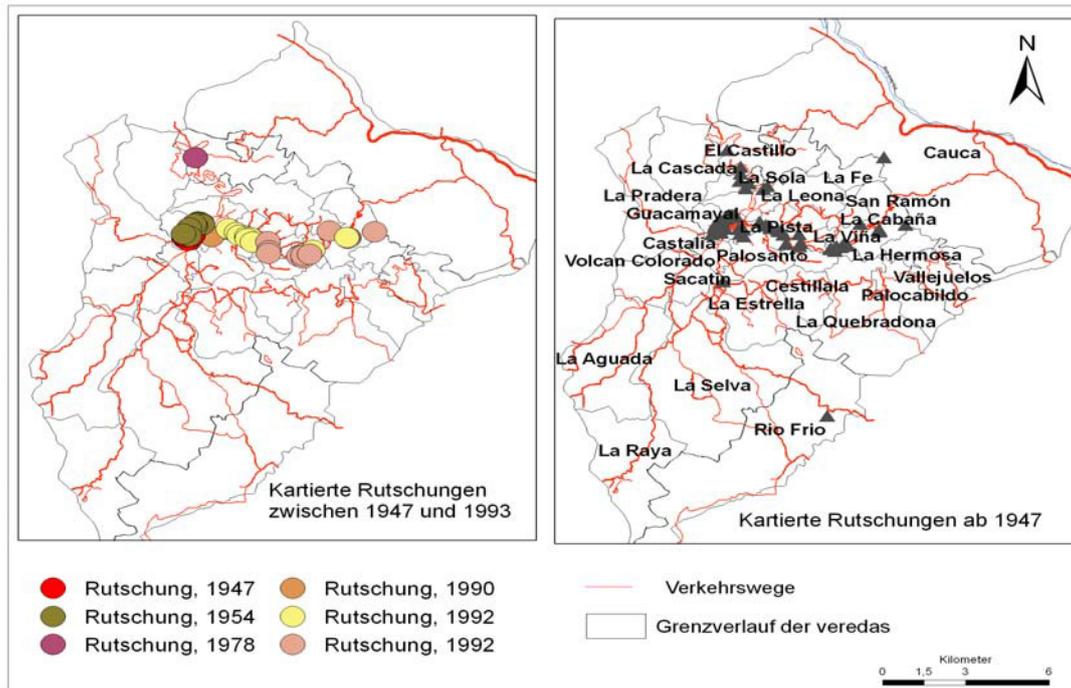


Abb. 4.41a Kartierte Rutschungen und Verkehrsverbindungen in Jericó. Links werden die kartierten Rutschungen aus der Zeit vor dem Ausbau der Straßen dargestellt, die von Jericó nach La Cabaña (vor 1990), von Jericó über La Cascada nach Medellín (nach 1995) und von Jericó über Puente Iglesias nach Medellín (nach 1990) führen. Rechts werden die kartierten Rutschungen dargestellt, die seit 1947 verzeichnet worden sind. Eigene Zusammenstellung.

Entlang der Straßen von Jericó nach La Cascada und von Jericó nach Puente Iglesias (*vereda* La Cabaña) treten seit der Zeit der Straßenarbeiten kleinere Rutschungen auf, was sich damit erklären lässt, dass die Hänge im Straßenbereich aufgrund der Arbeiten noch instabiler wurden, als sie es ohnehin schon waren. Die geologischen Gegebenheiten und die Hangneigung sind auch in diesen beiden *veredas* für die Zunahme der Hangrutschungen verantwortlich. In der folgenden Abbildung werden Rutschungen dargestellt, die sich in der letzten Zeit entlang der Verbindungsstraße Jericó – La Cascada - Medellín zugetragen haben (Abb. 4.41b).

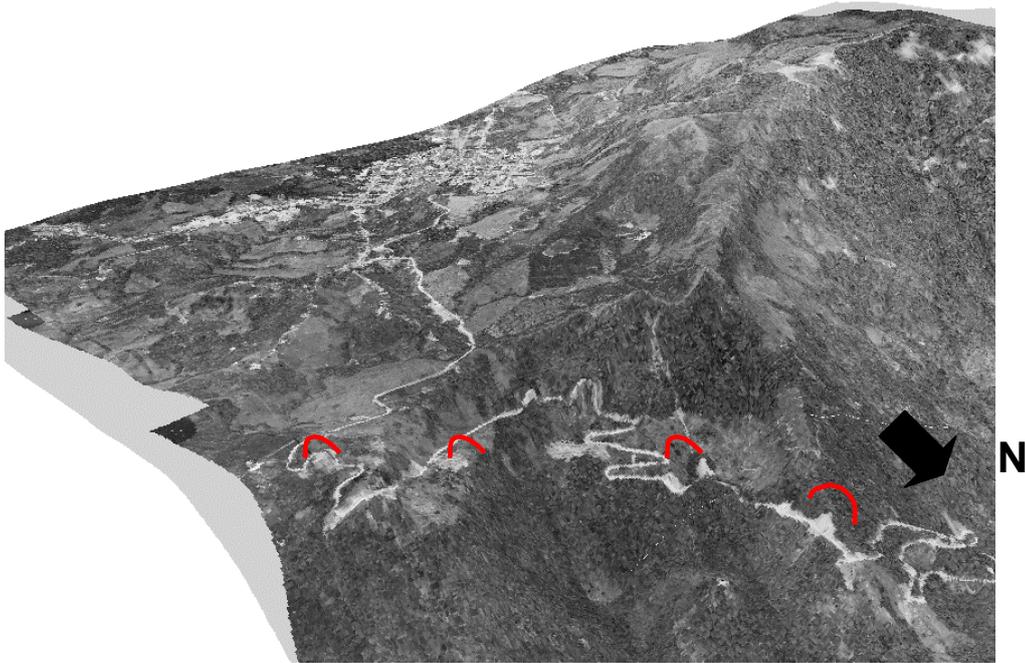


Abb. 4.41b Darstellung der Straße, die von Jericó nach La Cascada führt. Hangrutschungen aus der Feldkartierung wurden rot markiert.

Quelle: Eigene Zusammenstellung von Orthophoto und DGM unter Zuhilfenahme von Luftbildern aus dem Jahr 1998.

Eine räumliche Verteilung der untersuchten Gebiete nach dem dort jeweils ermittelten Naturgefahrengrad wird in Abbildung 4.41c dargestellt. Das in dieser Abbildung repräsentierte Verteilungsmuster ergibt sich aus der Zusammenstellung der Q-Werte, die von allen Parametern, die eine Naturgefahr durch Massenbewegungen einleiten können, ermittelt wurden.

In der Abbildung 4.41c werden auch die Quartärablagerungen dargestellt. Oberflächenablagerungen aus Alluvium (*Qar*), Terrassen (*Qt*), Kolluvium (*Qfl*), lockere Gesteine, Terrassen und Kolluvien (*Qfl-Qt*) sind entsprechend kenntlich gemacht worden. Der graphischen Darstellung der Naturgefahrenanalyse ist zu entnehmen, dass der Naturgefahrengrad im Untersuchungsgebiet nicht überall gleich ist. Die einzelnen Bereiche müssen deshalb immer differenziert betrachtet werden, und ihre Klassifizierung erfolgt dementsprechend immer nach dem jeweils ermittelten Naturgefahrengrad. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine qualitative Abschätzung der Kosten, die zur Erbringung technischer Vorbeugungsmaßnahmen in den einzelnen Bereichen aufgebracht werden müssen, was zwangsläufig die Unterteilung des Untersuchungsgebiets in Subregionen zur Folge hat.

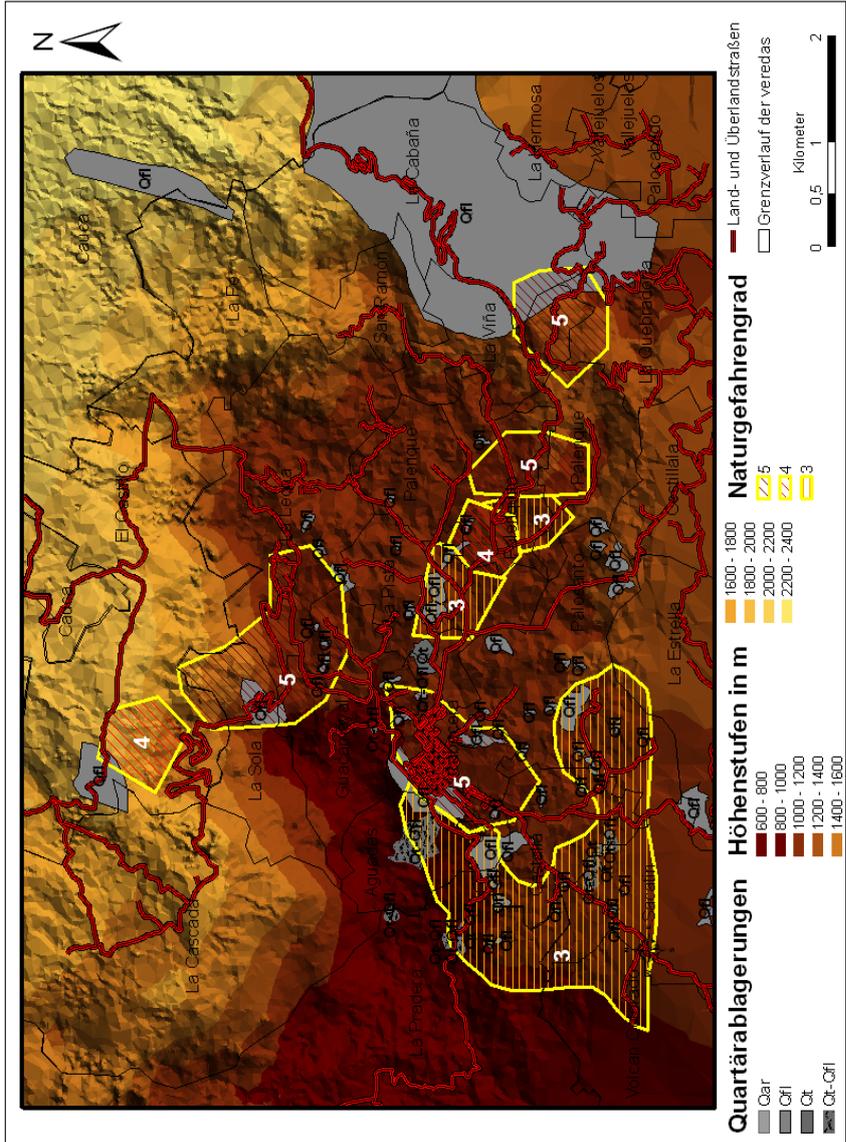


Abb. 4.41c. Verteilung des Naturgefahrengrades in Bezug auf Hangrutschungen im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets. Die Berechnung der H- Werte erfolgte ausgehend von der Tabelle 3.17. In der Abbildung werden zusätzlich Quartärablagerungen dargestellt. Im Untersuchungsgebiet gibt es Bereiche mit unterschiedlichen H-Werten (Naturgefahrengrad). Die Naturgefahrengiete mit einem H-Wert von 1 oder 2 tauchen in der Abbildung nicht auf. Eigene Zusammenstellung.

Begriffserläuterung: H = 1 gering, H = 2 mäßig, H = 3 mittel, H = 4 hoch, H = 5 sehr hoch.

Der Umfang der Kosten, die für technische Vorbeugungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet anfallen würden, lässt sich momentan nicht genau abschätzen, da eine aussagekräftige Kostenaufstellung die Zusammenarbeit von Bauingenieuren mit Ökonomen erfordern würde.

Die Naturgefahrengebiete, die einen H-Wert von 1 oder 2 haben, sind in der Abbildung nicht aufgeführt, da diese Gebiete einen sehr niedrigen Naturgefahrengrad aufweisen. Sie sind zudem nur wenig besiedelt, und es befinden sich dort kaum infrastrukturelle Bauten.

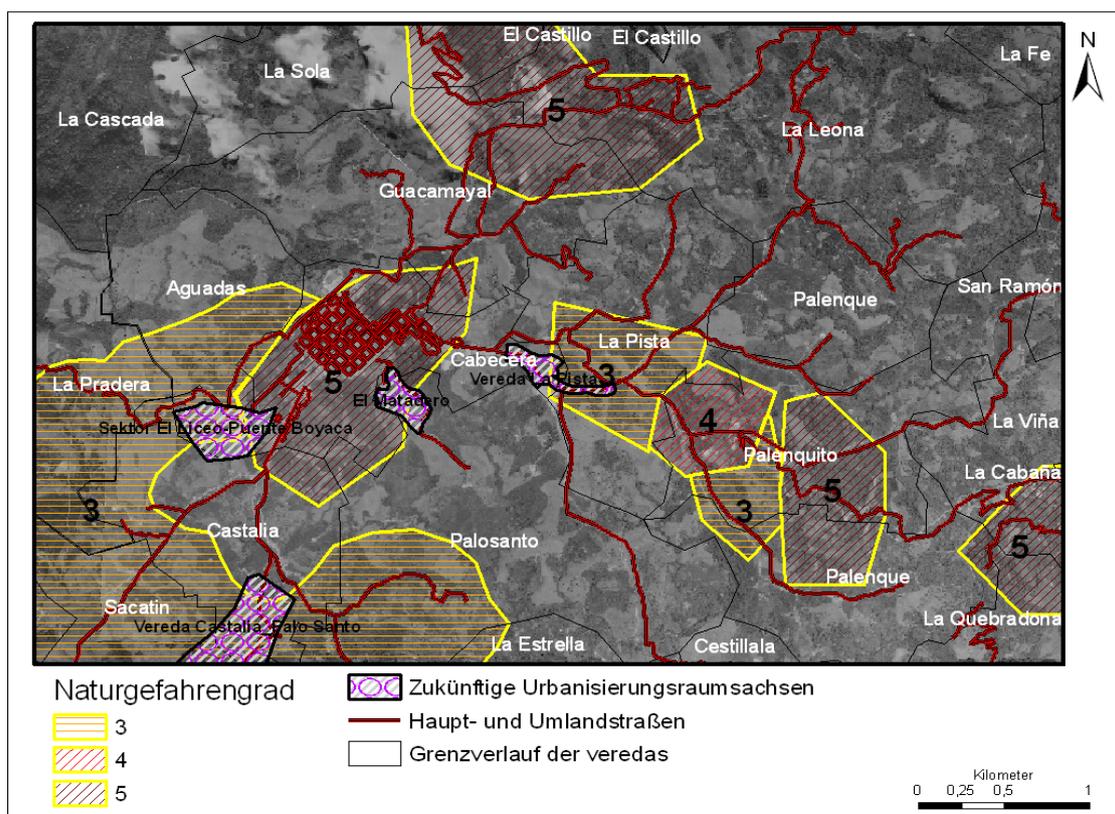


Abb. 4.41d Darstellung der Urbanisierungsraumachsen aus dem POT (2000) und der errechneten Naturgefahrengrade im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets. Als Hauptstraßen werden diejenigen Verbindungswege bezeichnet, die die Gemeinde Jericó mit der Hauptstadt des *departamento* Antioquia, Medellín, verbinden. Als Umlandstraßen gelten Wege, die von der *cabecera* zu den *veredas* führen. Es ist zu erkennen, dass sich die Urbanisierungsraumachsen teilweise über Naturgefahrengebiete erstrecken.

Die Urbanisierungsraumachsen, die für die Zukunft geplant sind, sollen östlich von Jericó die Sektoren Seminario, Cementerio, La Bomba sowie die *veredas* Palenque,

Palenquito, La Viña, La Cabaña, im Sektor El Matadero, und südlich von Jericó die Sektoren El Liceo und Castalia-Palo Santo, durchziehen. Die Informationen über den Verlauf der für die Zukunft geplanten Urbanisierungsraumachsen stammen aus dem „POT“. In den Gebieten, in denen die Urbanisierungsraumachsen angesiedelt werden sollen, befinden sich Teilgebiete mit H-Werten, die zwischen 3 und 5 liegen. Diese Gebiete werden in der Abbildung 4.41d dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet treten sowohl natürliche als auch vom Menschen verursachte Gefahren auf. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb Naturgefahren untersucht, die sowohl natürlichen Ursprungs sein als auch durch anthropogene Aktivitäten ausgelöst werden können.

Die Tatsache, dass das Untersuchungsgebiet sowohl von natürlichen als auch vom Menschen ausgelösten Gefahren heimgesucht werden kann macht es erforderlich, dass bei der Ausarbeitung von angemessenen Vorbeugungsprogrammen sowohl technische Maßnahmen als auch die Beziehung des Menschen mit seinem Umfeld berücksichtigt werden müssen. Damit in einem spezifischen Fall die optimalen Vorbeugungsmaßnahmen ergriffen werden können, ist es entscheidend, den Ursprung der Gefahr richtig einzuschätzen.

### **4.3 Vulnerabilitätsanalyse**

Bei der Einschätzung der Vulnerabilität wird im Allgemeinen eine hybride Methode angewendet, die empirische und analytische Werte erfasst (s. Kapitel 3). In dieser Einschätzung werden die gefährdeten Objekte und die in der jeweiligen Gemeinde geltenden sozialen Aspekte in Betracht gezogen. Der ermittelte Vulnerabilitätswert kann im Gegensatz zur Naturgefahrenanalyse, bei der Werte zwischen 1 und 5 ermittelt werden können, zwischen 1 und 3 liegen, wobei 1 der niedrigste und 3 der höchste Wert ist.

Die in einer Gesellschaft geltenden soziokulturellen Gegebenheiten beeinflussen also ebenso wie der ökonomische und soziale Kontext, inwiefern die Bevölkerung im Falle einer Katastrophe auf diese zeitig reagieren und sich an die neu entstandenen

Bedingungen anpassen kann. Diese Aspekte müssen bei der Bewertung der Vulnerabilität also immer beachtet werden, und dies umso mehr, weil der Vulnerabilitätsgrad den Risikograd bedingt (s. Kapitel 2).

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, den Grad der sozialen und physischen Vulnerabilität anhand der zur Verfügung stehenden Informationen zu errechnen. Die soziale Vulnerabilität drückt die Fähigkeit der Gesellschaft aus, sich nach einer Katastrophe von deren Folgeerscheinungen sowohl auf individueller als auch kollektiver Ebene zu erholen. Die sozialen Aspekte, die in die Einschätzung der sozialen Vulnerabilität einfließen, sind die folgenden: Einwohnerzahl und Einwohnerverteilung nach Geschlecht und Alter, Bevölkerungsdichte, Eigentumsverhältnisse, Anzahl der Bewohner pro Haus, Anzahl der Haushalte, Einkommenshöhe und Anzahl der Haushalte mit Mindesteinkommen, Arbeitslosenrate sowie Organisationsgrad der "Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe".

Die physische Anfälligkeit (Vulnerabilität) hängt u. a. von der Bevölkerungsdichte, von dem am Gebäude verwendeten Baumaterial, vom Technisierungsgrad der Konstruktionen und von ihrem Zustand ab. Bei den physischen Aspekten wurden Gebäudenutzung, Bauweise und verwendetes Baumaterial, Anzahl der Etagen bzw. Höhe der Häuser, Alter der Gebäude und Anschluss an die Grundversorgung berücksichtigt.

Bei der Ermittlung des Vulnerabilitätsgrades hat man auf Informationen zurückgegriffen, die von der Gemeinde zur bereitgestellt wurden, wobei zu beachten ist, dass nicht alle gewünschten Informationen über die sozialen und infrastrukturellen Aspekte der Gemeinde, die eine detaillierte räumliche Vulnerabilitätsanalyse ermöglichen würden, zur Verfügung stehen. Dies ist ein Manko, unter dem die kolumbianischen Gemeinden – sofern es sich dabei um keine mittelgroßen bzw. großen Städte handelt – generell zu leiden haben. Erschwerend kommt des Weiteren hinzu, dass die verfügbaren Informationen zur sozialen Struktur der Gemeinde kaum Daten zur Bevölkerung aus deren ländlichen Gebieten enthalten (mehr in Kapitel 2.2).

Die Einschätzung der Vulnerabilität und ihrer räumlichen Verteilung über das Untersuchungsgebiet stützt sich letztendlich auf eine Auswahl von verfügbaren sozialen und physischen Aspekten. Auf der Grundlage des eingeschätzten Naturgefahren- und Vulnerabilitätsgrades wird schließlich der Naturrisikograd ermittelt und räumlich verteilt.

#### 4.3.1 Soziale Aspekte der Gemeinde

Die Gemeinde Jericó besteht aus einem urbanen Bereich und aus ländlichen Gebieten (s. Abb. 4.42a und Abb. 4.42b). Der urbane Bereich hat eine Fläche von 1,303 km<sup>2</sup> und umfasst das Stadtzentrum bzw. die *cabecera* von Jericó.

Die Bebauung der *cabecera* und der umliegenden *veredas* entspricht der Bevölkerungsstruktur: Sie ist überwiegend einfach und die Bebauungsdichte ist hoch, so dass die physischen und sozialen Komponenten, die bei der Ermittlung des Vulnerabilitätsgrades in Bezug auf Naturrisiken normalerweise berücksichtigt werden, auch auf das Pilotgebiet übertragen werden können. Wegen des spärlichen Umfangs an verfügbaren sozialen Informationen kann als Pilotgebiet für eine physische Vulnerabilitätsanalyse nur die *cabecera* herangezogen werden. Deswegen wurde in diesem Bereich diejenige Methode zur Erstellung einer Naturrisikoanalyse angewendet, die in Kapitel 3 beschrieben wurde.



Abb. 4.42a. 2D Darstellung des zentralen Bereichs von Jericó: *Cabecera* und umliegende *veredas*. Eigene Zusammenstellung.



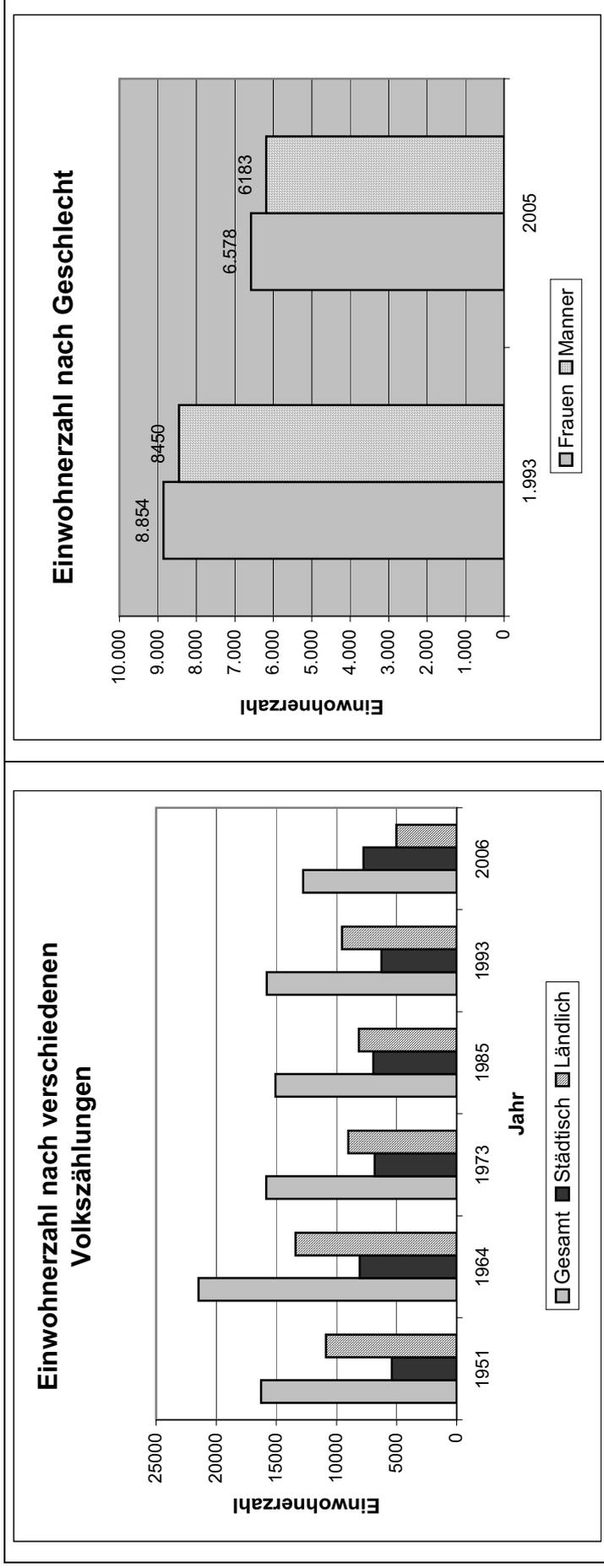


Abb. 4.43a Darstellung der Einwohnerzahlen, die in Jericó im Zuge verschiedener Volkszählungen in den letzten 50 Jahren ermittelt wurden. Quelle: Darstellung von Daten aus dem ANUARIO ESTADISTICO DE ANTIOQUIA (2003-2005) und von der von DANE durchgeführten Volkszählung (2005).

In den 1950er Jahren gab es in Jericó 21485, und in 2005 nur noch 12761 Einwohner. Die Abnahme der Bevölkerungszahl (insgesamt ca. 59,4%) betrifft beide Sektoren, also sowohl das Stadtzentrum als auch die ländlichen Gebiete.

Der zwischen 1954 und 2006 verzeichnete Bevölkerungsrückgang ist auf das in ganz Lateinamerika als Landflucht bekannten Phänomens (*del campo a la ciudad*) zurückzuführen. Eine solche Entwicklung ist mit der Suche der armen Landbevölkerung nach einem besseren Lebensstandard in der Stadt, mit den seit der als *Violencia* bekannten Zeit andauernden politischen Konflikten sowie mit dem Verfall der Kaffeepreise auf dem Weltmarkt zu rechtfertigen. In der rechten Spalte der Abbildung 4.43a wird der in dieser Gemeinde registrierte Anteil an Frauen (51,5%) und Männern (48,5%) dargestellt. In beiden Geschlechtsgruppen wurde im Zeitraum zwischen 1993 und 2006 sowohl in urbanen als auch in ländlichen Gebieten ein ähnlich großer Bevölkerungsrückgang von 19,21% festgestellt. Fast 53% der gesamten Bevölkerung wohnen im bzw. um das Stadtzentrum herum, d. h. die Bevölkerungsdichte im Zentrum relativ hoch ist. Entsprechend der Daten von DANE (2006) kamen 91,3 % der gesamten Bevölkerung von Jericó in ebendieser Gemeinde zur Welt.

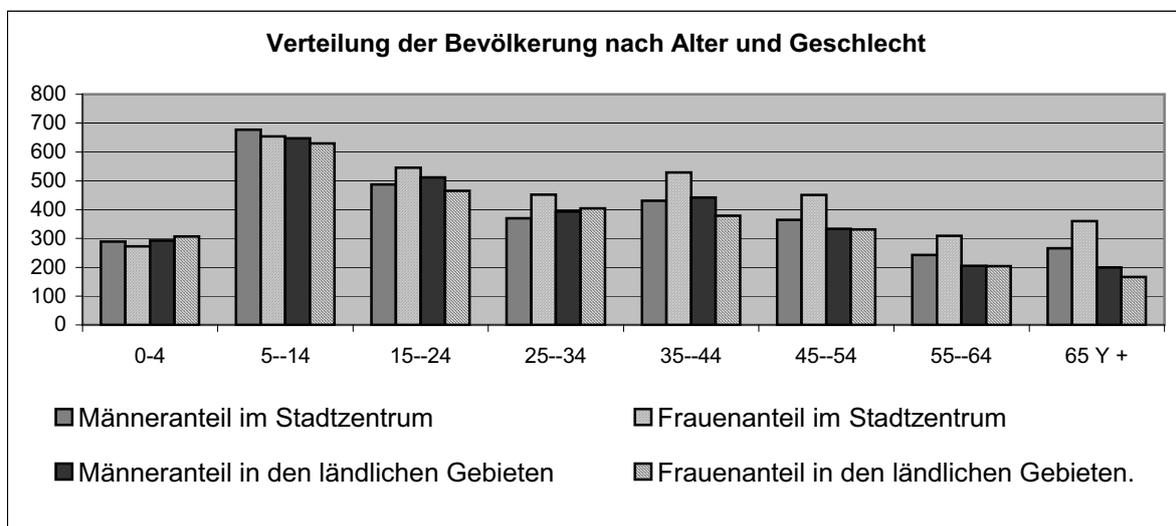


Abb. 4.43b Darstellung der Bevölkerungsverteilung nach Alter und Geschlecht in der Gemeinde.

Quelle: Daten aus dem ANUARIO ESTADISTICO DE ANTIOQUIA (2003) und SISBEN (2003).

Bei Betrachtung der Bevölkerungsverteilung nach Altersgruppen stellt man einen geringfügig höheren Frauenanteil im Stadtzentrum auf als in den ländlichen

Gebieten. Die Anzahl der Männer und Frauen in der Gemeinde hält sich in etwa im Gleichgewicht – es gibt geringfügig mehr Frauen als Männer. (s. Abb. 4.4.3b)

Zur ethnischen Minderheit der Afrokolumbianer (*palenquero, afroacoloniano, raizal, mulato*) gehören nur 2,8% der gesamten Bevölkerung. In Jericó gibt es weder eine anerkannte indianische noch eine Roma-Gruppe (DANE, VOLKSZÄHLUNG 2005).

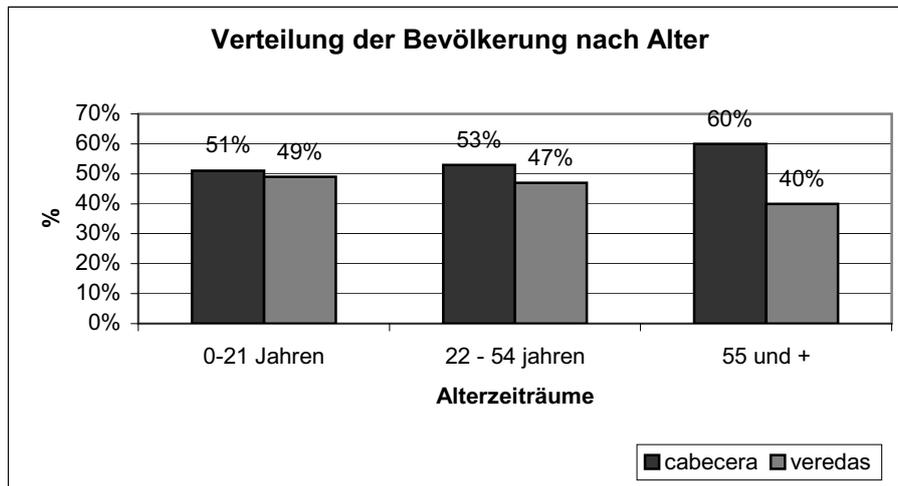


Abb. 4.43c Darstellung der Altersstruktur entsprechend der von SISBEN im Jahr 2003 ermittelten Daten. Die Abbildung zeigt, dass der Anteil der Altersgruppe zwischen 0-21 Jahren und zwischen 22-54 Jahren in der *cabecera* ein wenig höher ist als in den ländlichen Gebieten. Die Altersgruppe über 54 Jahren wohnt meistens im Gebiet des Stadtzentrums.

Quelle: Daten aus ANUARIO ESTADISTICO DE ANTIOQUIA (2003) und aus der DANE VOLKSZÄHLUNG (2005).

Die Altersgruppen zwischen 0-21 Jahren und über 55 Jahren, die verstärkt im Gebiet der *cabecera* wohnen, gelten als vulnerabel (s. Abb. 4.43c), da in diesen Gruppen Minderjährige bzw. alte Leute miterfasst werden und weil man davon ausgeht, dass Katastrophen diese Bevölkerungsteile besonders hart treffen werden. Aus diesem Grund ist das Gebiet um die *cabecera* herum in Bezug auf die Bevölkerungsstruktur mit dem Q-Wert 3 gekennzeichnet worden (s. Tabelle 3.20).

In den *veredas* ist die Altersgruppe zwischen 0-21 Jahren ebenso stark vertreten wie die Altersgruppe zwischen 22-54 Jahren. Hier wurde der Q-Wert 2 vergeben (s. Tabelle 3.20).

Die Daten zur Verteilung der Bevölkerung nach Alter beziehen sich auf die Gesamtheit der *veredas*; entsprechende Daten, die sich auf einzelne *veredas* beziehen, sind nicht bekannt.

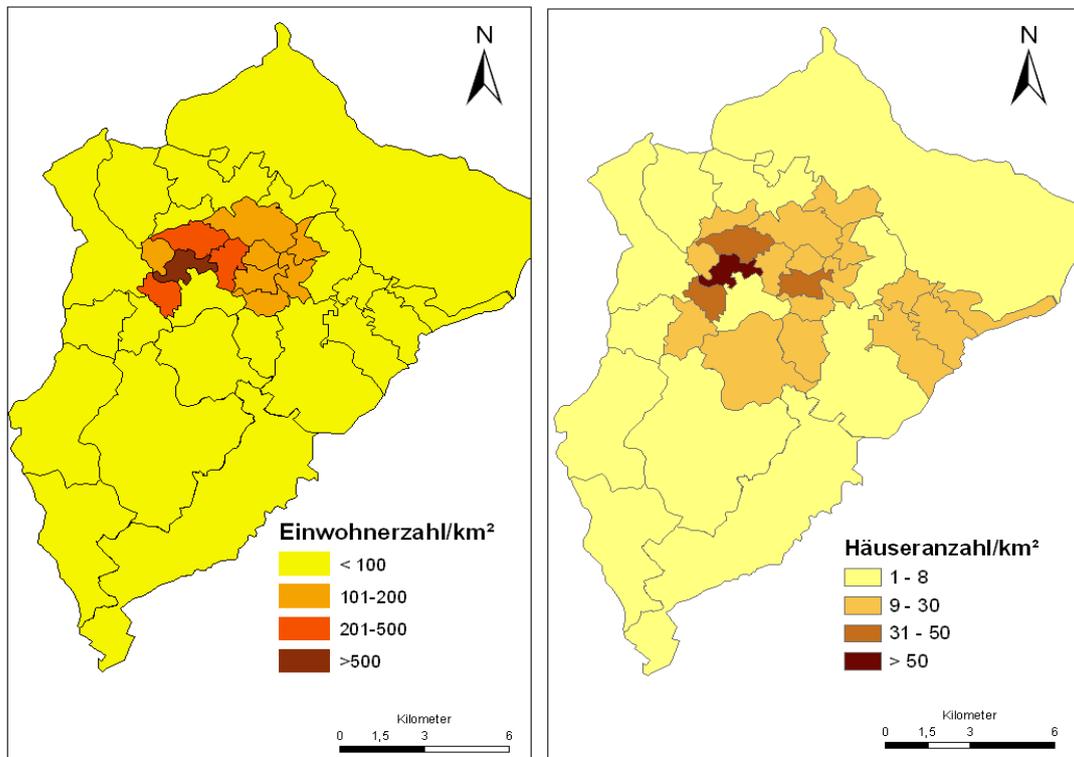


Abb. 4.43d Darstellung der Bevölkerungsdichte (rechts) in Einwohnerzahl/km<sup>2</sup> und der Hausdichte (links) in Häuseranzahl/km<sup>2</sup> entsprechend der von DANE erfassten Informationen zu *veredas* und zur *cabecera* von Jericó. Eigene Darstellung.

Quelle: Darstellung mit Daten aus dem JERICÓ POT (2000)

Wie aus der Abbildung 4.43d hervorgeht, ist die Bevölkerungsdichte insbesondere in der *cabecera* und in den umliegenden *veredas* (Guacamayal, La Pista, Palenquito, Castalia, Buga, Aguacate, Palenque) relativ hoch. Informationen zur Verteilung des Bodeneigentums bzw. zur Anzahl von Minifundien und Latifundien im Untersuchungsgebiet sind zur öffentlichen Einsicht nicht freigegeben worden.

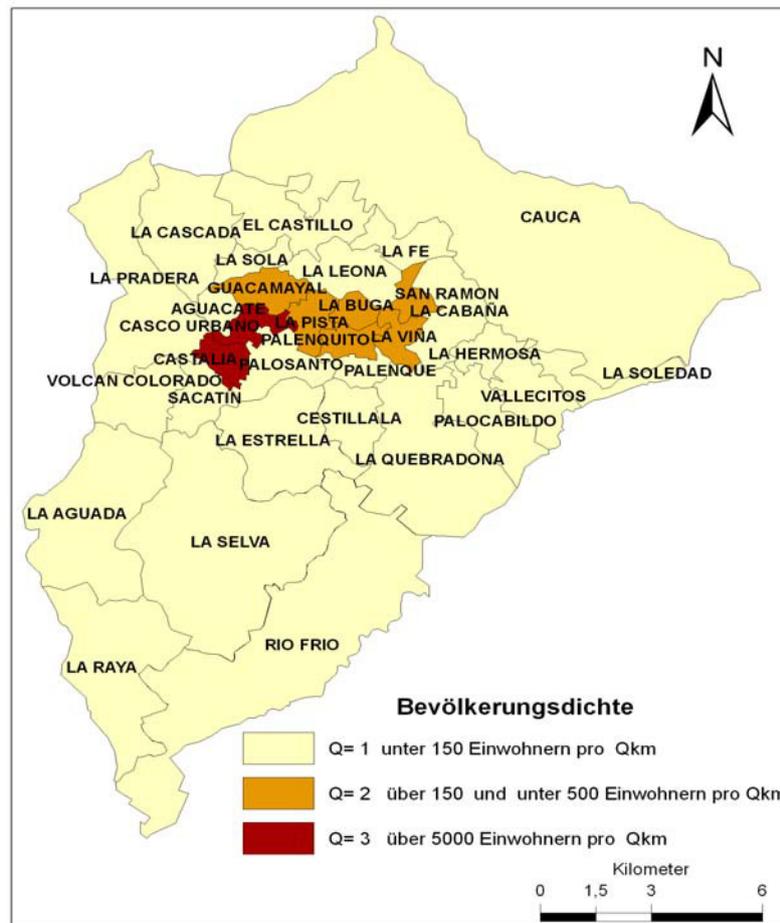


Abb. 4.43e Darstellung der Bevölkerungsdichte (Einwohnerzahl/km<sup>2</sup>, vgl. Tabelle 3.20) in den einzelnen veredas in Bezug auf die Q-Bewertung. Die höchste Bevölkerungsdichte verzeichnen die *cabecera* und die *veredas* Castalia, Guacamayal, La Pista, La Buga, Palenquito, La Viña und San Ramón.

Quelle: Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus dem „POT“ von JERICÓ (2000).

Bei der Planung der Urbanisierungsachsen achtete man darauf, diese möglichst in der Nähe der *cabecera* und der alten Umlandstraßen zu legen. Die Urbanisierungsachse wird im Westen vom Berg *Cerro Las Nubes* eingegrenzt. Die Siedlungsgebiete entlang der neuen Überlandstraße, die von Jericó über La Cascada nach Medellín führt, sind aufgrund der Morphologie in diesem Gebietes räumlich beschränkt.



Abb. 4.43f Darstellung der errechneten Anzahl von Familien pro Haus in der Gemeinde Jericó. Die größte Anzahl von Häusern ist in der *cabecera* und in den umliegenden *veredas* identifiziert worden. Insgesamt entfallen pro Familie etwa 3,9 Personen (laut Angaben von DANE aus dem Jahr 2006). Die *vereda* Quebradona weist dagegen eine Dichte von mehr als 2 Familien pro Haus auf, d. h. in dieser *vereda* herrscht Häusermangel. Obwohl aus dem „POT“ von der Gemeinde Jericó keine Angaben zur Größe der Häuser hervorgehen, liegt der Schluss nahe, dass es in diesem Gebiet insgesamt einen Mangel an Häusern gibt.

Quelle: Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von DANE (2006) und von SANEAR LTDA (2003).

In Fall des Eintretens einer Naturkatastrophe wären in der *vereda* La Quebradona mehrere Familiengruppen pro Haus betroffen. Die Siedlungsdichte ist dort im Vergleich mit dem Gebiet der *cabecera* nicht so hoch, deshalb wurde der außerhalb liegende Ortsteil Quebradona bei der Naturrisikoanalyse nicht berücksichtigt.

#### 4.3.1.2 Bildungsstand der Bevölkerung von Jericó

Bei Ermittlung der sozialen Vulnerabilität ist der Kenntnisstand der Einwohner eines Gebiets bzgl. der im Ernstfall zu ergreifenden Maßnahmen eine der bedeutendsten Größen. Je mehr Wissen die Einwohner diesbezüglich haben, desto höher ist ihre Chance, die Folgen einer Katastrophe schnell zu überwinden, oder Naturkatastrophen ganz vorzubeugen. In diesem Zusammenhang bestünde die Möglichkeit, Kurse zum Thema „Vorbeugung von Naturkatastrophen“ bereits in Schulen anzubieten. Leider sind im kolumbianischen Bildungssystem jedoch weder Kurse noch Seminare zur Naturkatastrophenvorbeugung und zum Naturkatastrophenmanagement für Schüler aller Ausbildungswege (also sowohl für Haupt- als auch für Gymnasialschüler) vorgesehen, und auch die Eigeninitiative vonseiten der Bevölkerung wird nicht angemessen gefördert.

Wie die letzte Volkszählung (*Anuario Estadístico* DANE 2005, s. Abb. 4.44) aufzeigte, sieht der Bildungsstand der lokalen Bevölkerung folgendermaßen aus: 51,6% der gesamten Bevölkerung haben eine abgeschlossene Schulausbildung, 30,9 haben das Gymnasium und 5,20% eine Hochschule besucht. Der Analphabetismus liegt bei 9,6 %, wobei der Großteil derjenigen, die weder lesen noch schreiben können, aus den veredas stammen bzw. dort wohnen (56,3%), was in Vorbeugungsprogrammen unbedingt zu berücksichtigen ist.

Da ein großer Teil der Bevölkerung in der *cabecera* wohnt, befinden sich hier die drei Sekundärschulen, die so genannten *liceos*.

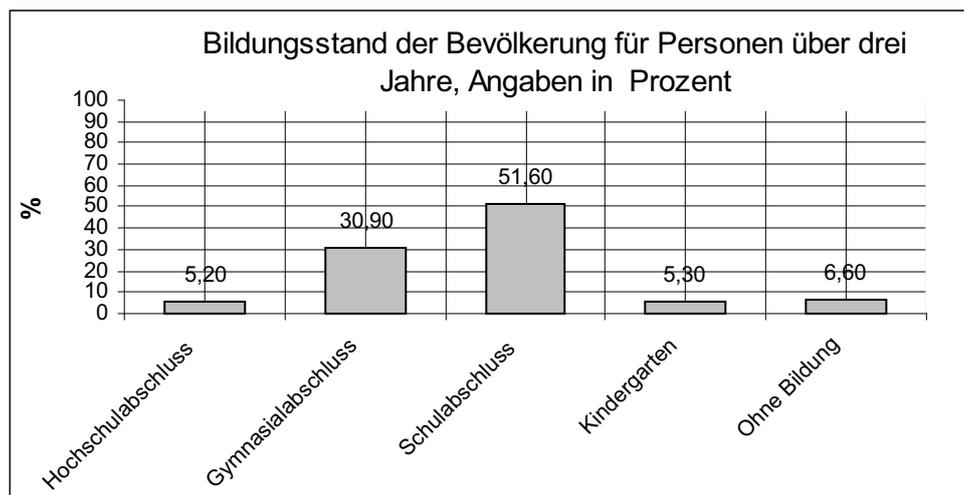


Abb. 4.44 Darstellung des Bildungsstands der Bevölkerung von Jericó für Personen über drei Jahre.

Quelle: Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von DANE (2005).

In der *vereda* Las Playas hat es ehemals ein Institut für technische Studiengänge aus dem Agrarbereich (*Politécnico La Granja*) gegeben. Diese Einrichtung ist jedoch leider nicht mehr in Betrieb. In der Gemeinde unterhält keine einzige Universität eine Niederlassung, wobei die Universität Antioquia in der nahe gelegenen Gemeinde *Andes* eine Außenstelle führt, die für die gesamte südöstliche Region des *departamento* Antioquia zuständig ist. Gemäß der Daten aus der letzten Volkszählung von 2005 haben 51,6% der Einwohner von Jericó einen Schulabschluss, 27,6% haben das Abitur, 1,4 % haben einen Studienabschluss (Hochschul- bzw. Fachhochschulabschluss) und 0,9 % haben sich auf ein Fachgebiet spezialisiert, haben einen Masterabschluss oder haben promoviert. 6,6% der Bevölkerung haben überhaupt keine Schulbildung genossen. In Übereinstimmung mit den ermittelten Daten kann keine eindeutige Aussage zum genauen Wohnort der einzelnen Bildungsgruppen – also ob sie im urbanen Bereich oder in den ländlichen Gebieten wohnen – getroffen werden.

#### 4.3.1.3 Arbeitslosenquote

Die Arbeitslosenquote in der Gemeinde liegt bei 11,5% (vgl. DANE, 2004): In der *cabecera* beträgt der Anteil der arbeitslosen Bevölkerung 7,5%, während er in den ländlichen Gebieten der Gemeinde bei 2,5% liegt. (vgl. SISBEN-DANE, 2003)

Bei Berücksichtigung der Arbeitslosenquote (s. Tabelle 3.22) ergibt sich für die Vulnerabilität der Bevölkerung sowohl in *veredas* als auch in der *cabecera* der Q-Wert 1 (das entspricht einer Arbeitslosenquote von 0-15%).

Die von DANE erhobenen Daten sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, da in der Berufstätigengruppe auch Tagelöhner (*obrero particular*) und Tagesarbeiter (*trabajador por cuenta propia*) geführt werden, womit sich in vielen Fällen eine Arbeitslosigkeit bzw. Unterbeschäftigung verschleiern lässt. Die unsicheren Arbeitsverhältnisse müssen im Falle einer Naturkatastrophe mit einem ziemlich hohen negativen Faktor in die Rechnung eingebracht werden.

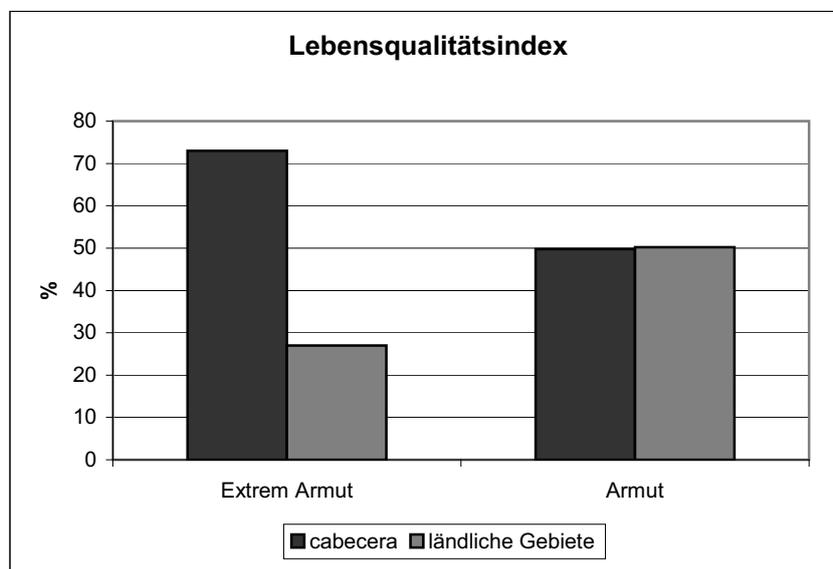


Abb. 4.45 Lebensqualitätsindex (*índice de calidad de vida*) für die Gemeinde Jericó, errechnet auf der Grundlage der von DANE vorgelegten Daten (2005). Diesen Daten zufolge leben die meisten Einwohner (67%) dieser Gemeinde unterhalb der Armutsgrenze. 12,1% der gesamten Gemeindebevölkerung leben in miserablen Verhältnissen, d. h. unterhalb der extremen Armutsgrenze. Der größte Teil davon (73%) wohnt in der Nähe der *cabecera*. Aufgrund dieses Umstands ist der Grad der Anfälligkeit der Bevölkerung für eine Naturkatastrophe in dieser Gemeinde relativ hoch. Quelle: Darstellung aus DANE (2005).

Der hohe Anteil an armer bzw. sehr armer Bevölkerung in dieser Gemeinde fördert den Ausgrenzungsprozess einzelner Bevölkerungsteile und erhöht ihre soziale und physische Vulnerabilität angesichts von Katastrophen.

In Allgemeinen steht einer Familie in der *cabecera* monatlich ein Betrag zwischen 70 und 100 US\$ für den Lebensunterhalt zur Verfügung (vgl. *POT*, 2000). Mit diesem Betrag ist es für eine Familie von 4 Personen (bestehend aus 2 Erwachsenen und 2 Kindern) praktisch unmöglich, eine Naturkatastrophe aus eigener Kraft und mit eigenen finanziellen Mitteln zu überwinden. In solchen Fällen sind die Betroffenen auf staatliche Hilfen angewiesen. Dies bedeutet wiederum, dass diese Bevölkerungsgruppen schon von kleinen Katastrophen – um von großen gar nicht erst zu reden – sehr stark betroffen werden.

Die Q-Bewertung in Bezug auf Vulnerabilität erfolgte nach Tabelle 3.21 und unter Berücksichtigung des Lebensqualitätsindex´ (s. Abb. 4.45) und des Mindesteinkommens, weshalb hier der Q-Wert 3 vergeben wurde.

#### **4.3.1.4 Ein Blick auf den Organisationsgrad der Bürgerinitiativen zur Erbringung von Katastrophenhilfe**

In Jericó gibt es nach den Angaben der Bewohner eine Initiative zur Erbringung von Katastrophenhilfe (*Comité de Atención de Desastres*), an der sich Mitarbeiter der Freiwilligen Feuerwehr, Rathaus- und Polizeibeamte und Freiwillige beteiligen. Dies wird im *POT* nicht erwähnt. Die Mitglieder dieser Initiative treffen sich nur äußerst selten (d. h. nur bei Eintritt einer Katastrophe), sie weisen keine geregelte Organisationsform auf und sie erhalten auch keine Katastrophenhilfefortbildungsgänge. Da es in dieser Gemeinde eine Bürgerinitiative zur Erbringung von Katastrophenhilfe gibt, wurde die soziale Vulnerabilität mit dem Q-Wert 1 taxiert; angesichts ihrer dürftigen Organisation jedoch wurde für die soziale Vulnerabilität dieser Gemeinde schließlich der Q-Wert 2 veranschlagt (vgl. Tabelle 3.23).

#### **4.3.2 Öffentliche Infrastruktur und Verkehrswege**

Ein Großteil der Bevölkerung sowie der für die Gemeinde wichtigen infrastrukturellen Einrichtungen befinden sich innerhalb der *cabecera* als auch in den dicht bewohnten *veredas*. Das Verwaltungszentrum der Gemeinde befindet sich in der *cabecera*.

Die *cabecera* umfasst eine Fläche von ca. 1,4 km<sup>2</sup>. Sie wird im Nordwesten vom Alto las Nubes und dem Sektor “La Cruz” eingegrenzt, im Nordosten vom Alto la Rodulfa und im Süden vom Alto Mata de Guadua. Bei Erstellung der physischen Vulnerabilitätsanalyse (s. Kap 3.2) in Bezug auf infrastrukturelle Parameter wurden diese Grenzverläufe ins Kalkül einbezogen.

Das dichteste Netz an infrastrukturellen Einrichtungen erstreckt sich über die *cabecera* und die umliegenden *veredas*. Die *cabecera* weist mit mehr als 300 Einwohnern pro km<sup>2</sup> eine hohe Bevölkerungsdichte auf, was die hohe Anzahl an Häusern in diesem Bereich erklärt. Die meisten Häuser und infrastrukturelle Einrichtungen pro km<sup>2</sup> befinden sich in der *cabecera* und in der *vereda* Castalia (s. Abb. 4.46a).

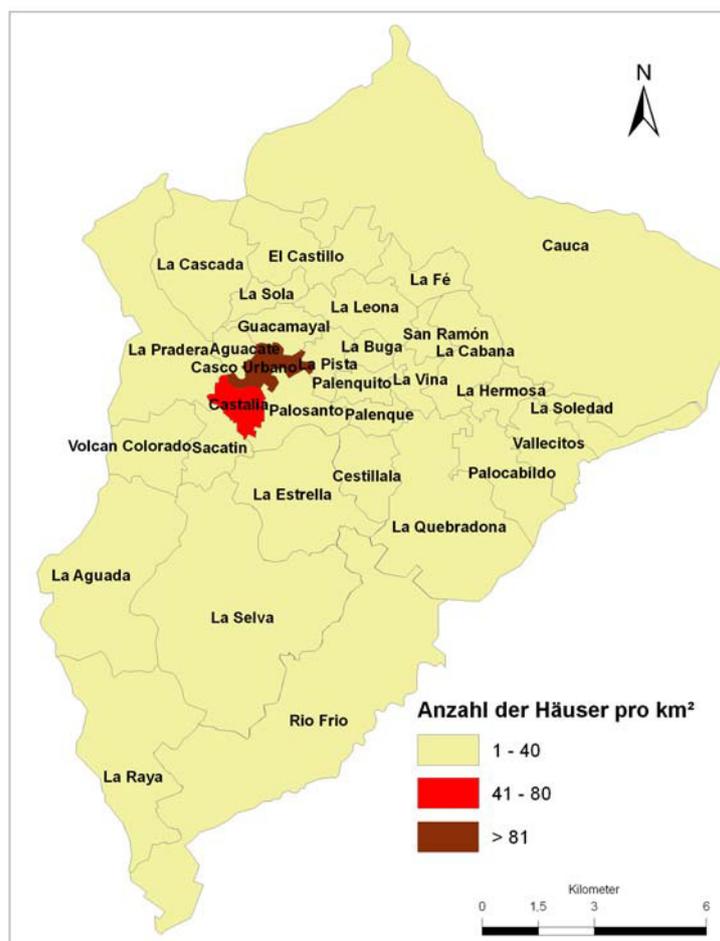


Abb. 4.46a Darstellung der Anzahl von Häusern und infrastrukturellen Einrichtungen in Jericó. Quelle: Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von DANE (2005) und SANEAR LTDA (2003).

In Übereinstimmung mit den von DANE vorgelegten Angaben und entsprechend der folgenden Abbildung gab es im Jahr 2005 im Bereich der *cabecera* 2515 Häuser. Wie jedoch aus der Abbildung 4.46 hervorgeht, hat der Bevölkerungsanteil in den vergangenen 30 Jahren lediglich in den Gebieten südlich der *cabecera* zugenommen. Die im POT aus dem Jahr 2000 für die Zukunft projizierten Urbanisierungsachsen sehen eine Besiedlung der Gemeinde in anderen Richtungen, v. a. in Richtung Osten, vor (s. Abb. 4.49). Die intensive Bebauung der *cabecera* hat dazu geführt, dass die physische Vulnerabilität in diesem Raum gestiegen ist.

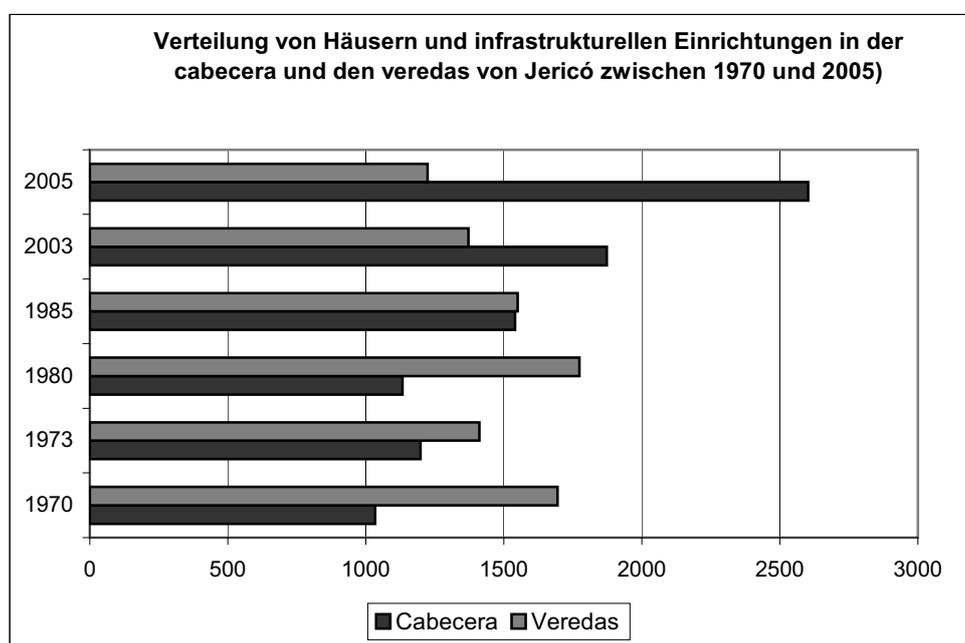


Abb. 4.46b Verteilung der Häuser und Gebäude im *municipio* über die letzten 30 Jahre. Quelle: Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von DANE (2005) und SANEAR LTDA (2003).

Auf der Grundlage der für die sozialen und physischen Parameter errechneten Q-Bewertungen und der vorhandenen Informationen zur Lage und Anzahl der infrastrukturellen Einrichtungen in den *veredas* ist es möglich, nach Zusammenrechnen aller Q-Werte eine allgemeine Vulnerabilitätseinschätzung für die gesamte Gemeinde abzugeben. Diese wird in der folgenden Abbildung 4.47 dargestellt:

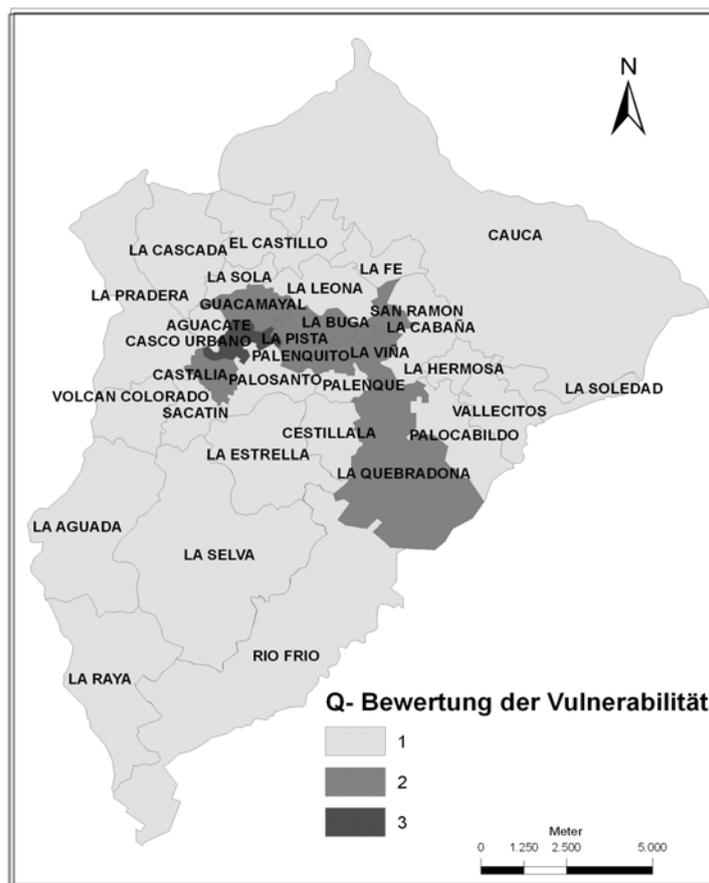


Abb. 4.47 Darstellung aller bisher ermittelten und zusammengerechneten Q-Werte der Vulnerabilität. Die *cabecera* weist mit einem Q-Wert gleich 3 eine hohe Vulnerabilität auf.

Die um die *cabecera* herumliegenden *veredas* (Castalia, Guacamayal, La Pista, La Buga, Palenquito, San Ramón, La Viña und Quebradona) von Jericó und die *cabecera* weisen im Vergleich zu den anderen *veredas* eine hohe Vulnerabilität auf. Aufgrund mangelnder Informationen zu den in den *veredas* vorhandenen infrastrukturellen Einrichtungen konnte im Raum der *cabecera* nur eine physische Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt werden, die auf der in Kapitel 3 beschriebenen Methode beruht. Tatsächlich wurde im Gebiet der *cabecera* die höchste physische Vulnerabilität ermittelt.

Eine Übersicht über die Bewertung der Vulnerabilität und Naturgefahren in den zentralen Bereichen von Jericó wird in den folgenden Abbildungen präsentiert. Dabei wurde auch die für die Zukunft geplante Urbanisierungsachse in Betracht gezogen.

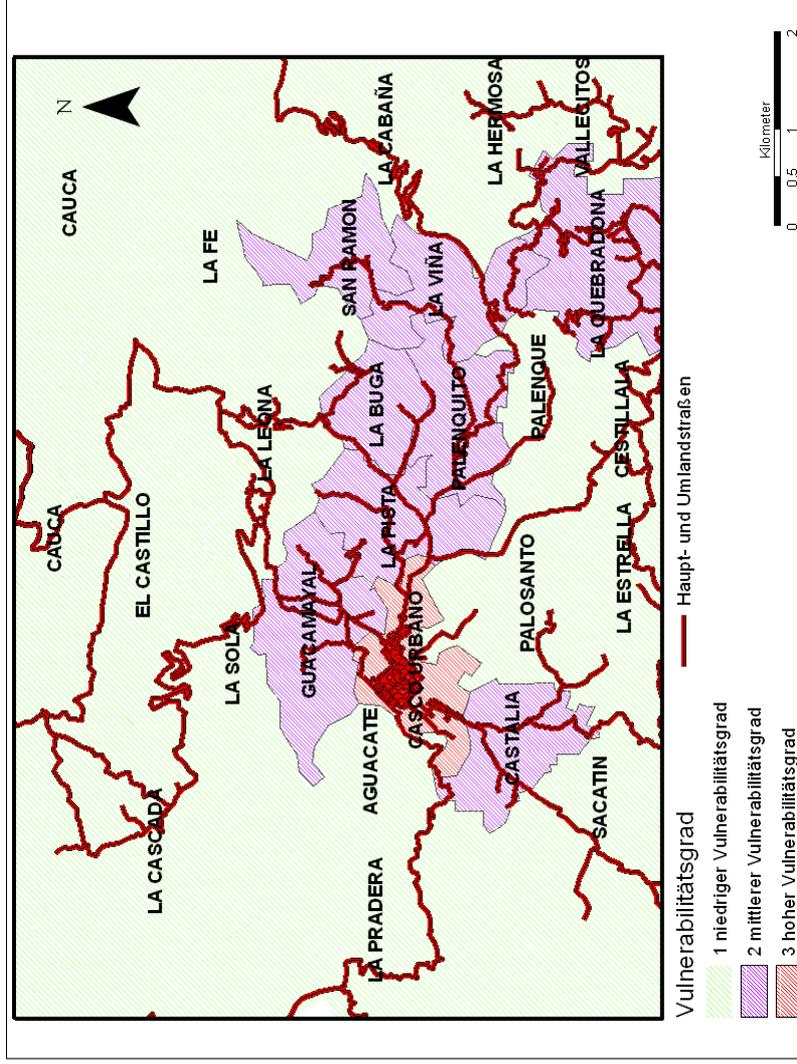


Abb. 4.48a Darstellung des im zentralen Bereich der Gemeinde nach sozialen und physischen Aspekten errechneten Vulnerabilitätsgrades (vgl. Tab. 3.27). Hier sind die Räume deutlich gekennzeichnet, die für eine Naturgefahr besonders anfällig sind. Eigene Zusammenstellung.

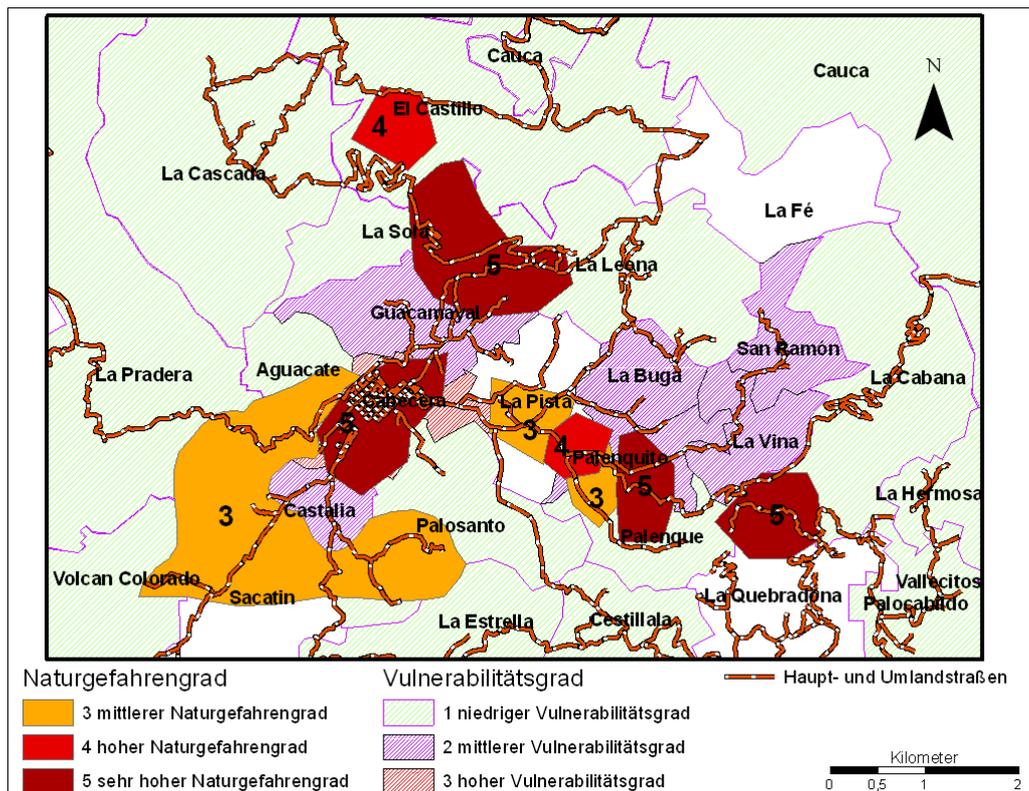


Abb. 4.48b Darstellung der zusammengerechneten H-Werte (vgl. Naturgefahrengrad Tab. 3.17) und Vulnerabilitätsgrade im zentralen Bereich von Jericó in Bezug auf soziale und physische Aspekte (vgl. Tab. 3.27). Die Naturgefahrengebiete, die einen H-Wert 1 und H-Wert 2 haben, erscheinen in der Abbildung nicht. Eigene Zusammenstellung.

In den Abbildungen 4.48b und 4.49 sind die Räume deutlich gekennzeichnet, in denen ein Rutschungsrisiko besteht (vgl. Tab. 3.28). Aus der zuerst genannten Abbildung geht hervor, dass Naturgefahrengebiete mit einem hohen Naturgefahrengrad nicht zwangswise immer einen hohen Vulnerabilitätsgrad aufweisen müssen. Der Naturrisikograd wird nämlich durch Abschätzung der Gefahr und Vulnerabilität ermittelt. Insofern müssen Gebiete, in denen das Rutschungsrisiko hoch ist, nicht unbedingt Gebiete sein, in denen der Naturgefahren- bzw. der Vulnerabilitätsgrad hoch ist. In der folgenden Abbildung wird der abgeschätzte Naturrisikograd dargestellt.

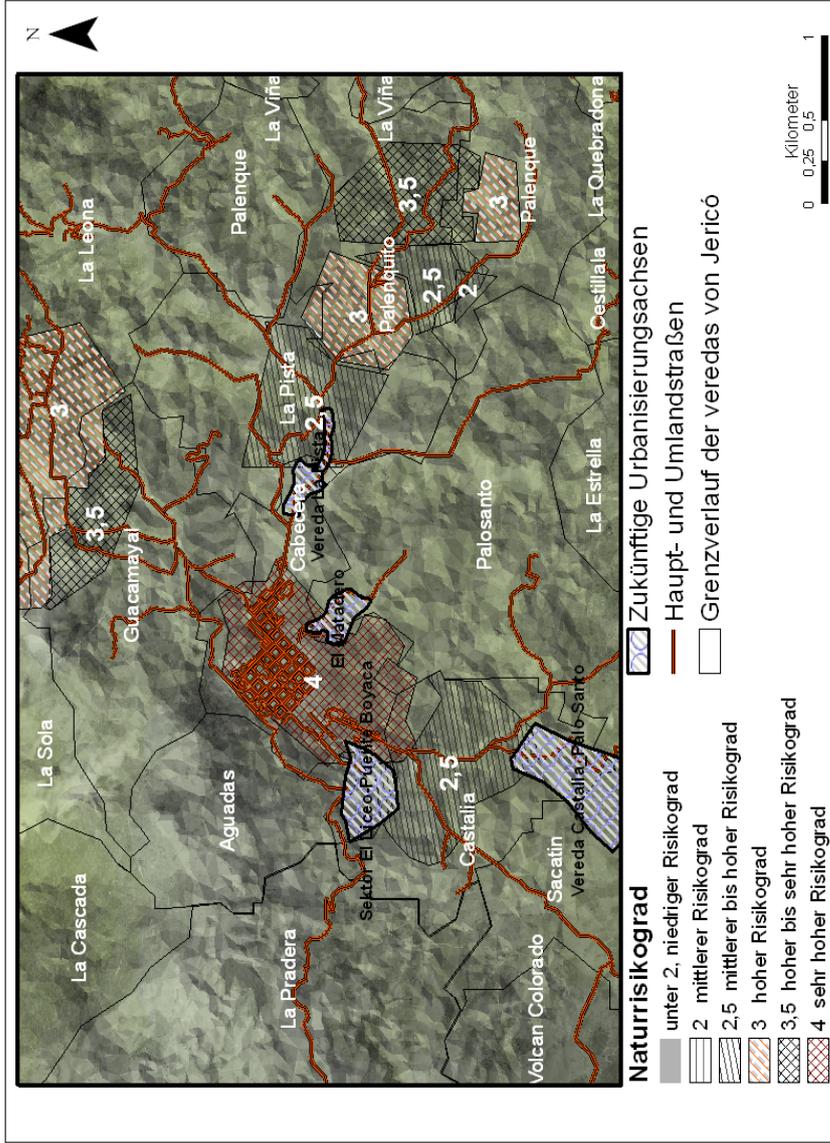


Abb. 4.49 Darstellung des Untersuchungsgebiets entsprechend der jeweils ermittelten Naturrisikograde bzgl. Rutschungen. Hier ist auch die im POT von 2000 projizierte Urbanisierungsachse zu erkennen, die teilweise innerhalb von Risikogebieten liegt. Zur Abschätzung des Risikos wurde hier die oben beschriebene Methode verwendet (vgl. Tab. 3.27). Um das bestehende Risiko in Grenzen zu halten, müssen Vorbeugungsmaßnahmen auf technischer und sozialer Ebene ergriffen werden. Eigene Zusammenstellung

Wie aus der Abbildung 4.49 hervorgeht, wurde für das Gebiet der *cabecera* ein sehr hoher Risikograd errechnet. Dies ist für die *cabeceras* der kolumbianischen Gemeinden nichts Ungewöhnliches, da es in diesem Bereich sehr viele infrastrukturelle Einrichtungen und eine hohe Bevölkerungsdichte gibt, und weil in diesem Bereich zumeist die wichtigsten Vertretungen der lokalen Wirtschaft, Verwaltung und des lokalen Handels angesiedelt sind. Aufgrund dieses Umstands wird die *cabecera* bei der Erstellung einer Naturrisikoanalyse gesondert betrachtet, bei einer Katastrophe entstehen hier nämlich auch die meisten Schadensfälle und -kosten. Östlich von Jericó, genauer gesagt zwischen den *veredas* La Cabaña und La Fe, wurde in den 1980er Jahren das private Wasserkraftwerk „Hidroeléctrica Rio Piedras“ errichtet. Dort wurde entlang der Straße Jericó-La Cabaña eine besonders hohe Rutschungsgefahr festgestellt. Ebenso wurde in der Nähe der Schule El Castillo in der *vereda* El Castillo, die nördlich von Jericó liegt, ein Erdbebengebiet identifiziert. In der Abbildung 4.49 erscheint weder das Gebiet um das Wasserkraftwerk herum, noch die *vereda* El Castillo.

#### **4.4 Auswertung der für die *cabecera* erstellten Risikoanalyse**

Für die Risikoanalyse stellt die *cabecera* einen besonderen Raum dar, da in dieser Gegend 60% der Einwohner von Jericó angesiedelt sind und weil hier die wichtigsten infrastrukturellen Einrichtungen liegen (vgl. Abb. 4.50). Um eine genaue Aussage zur Verteilung der Risiken in diesem Bereich und zur physischen Vulnerabilität dieses Gebiets treffen zu können, wurde die *cabecera* nach *barrios* (Ortsteile) analysiert. Zu diesem Zweck wurden sämtliche vorhandenen Informationen zu Häusern und zu den öffentlichen Versorgungsnetzen in diesen *barrios* ausgewertet.

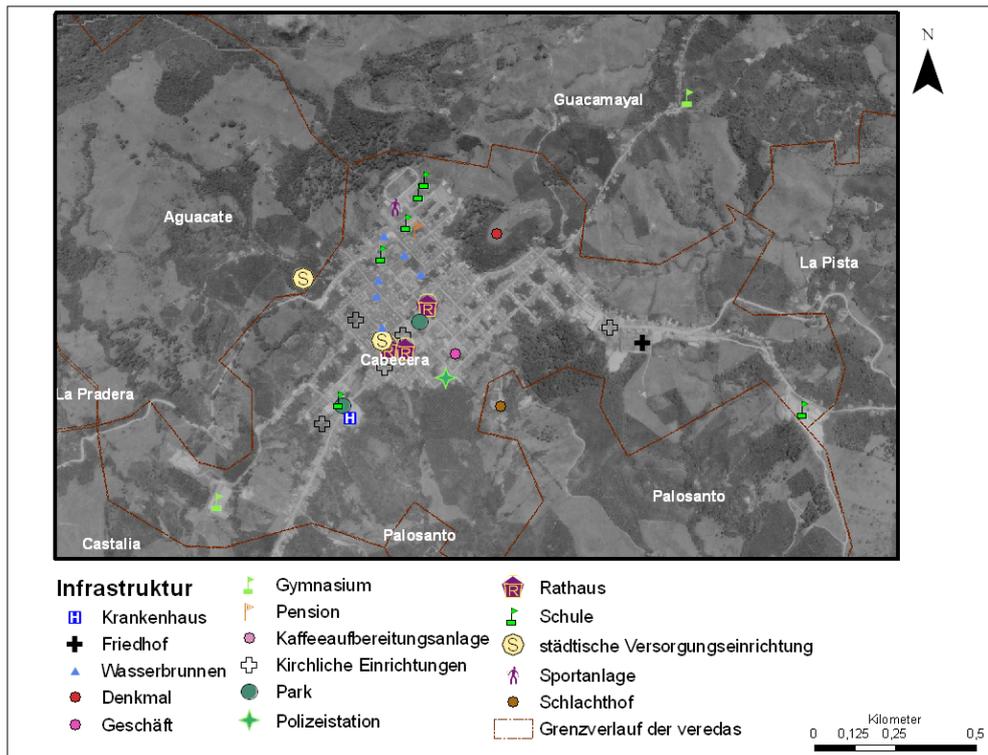


Abb. 4.50 Lage der wichtigen infrastrukturellen Einrichtungen in der *cabecera*. Bauernhöfe sind hier nicht eingetragen. Quelle: Daten aus dem *POT* von Jericó aus dem Jahr 2000 sowie aus der Feldarbeit zwischen 2003 und 2004. Eigene Erstellung des Orthobildes.

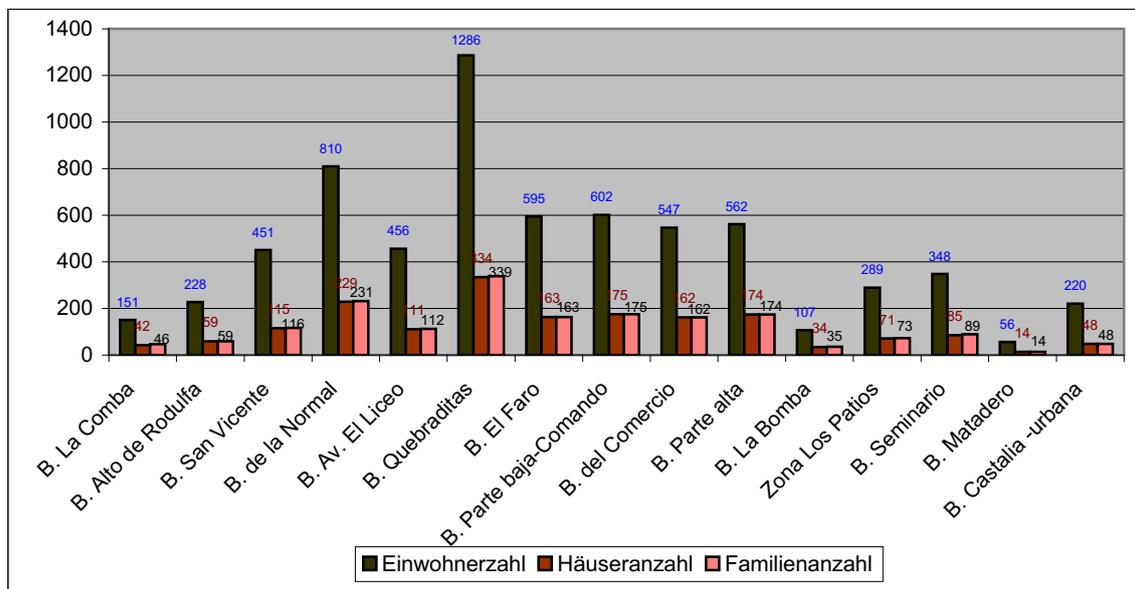


Abb. 4.51a Verteilung der Häuser und Einwohnerzahl in der *cabecera* (2003), aufgliedert nach Ortsteile (*barrios*).

Quelle: Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten von DANE und SANEAR (2003).

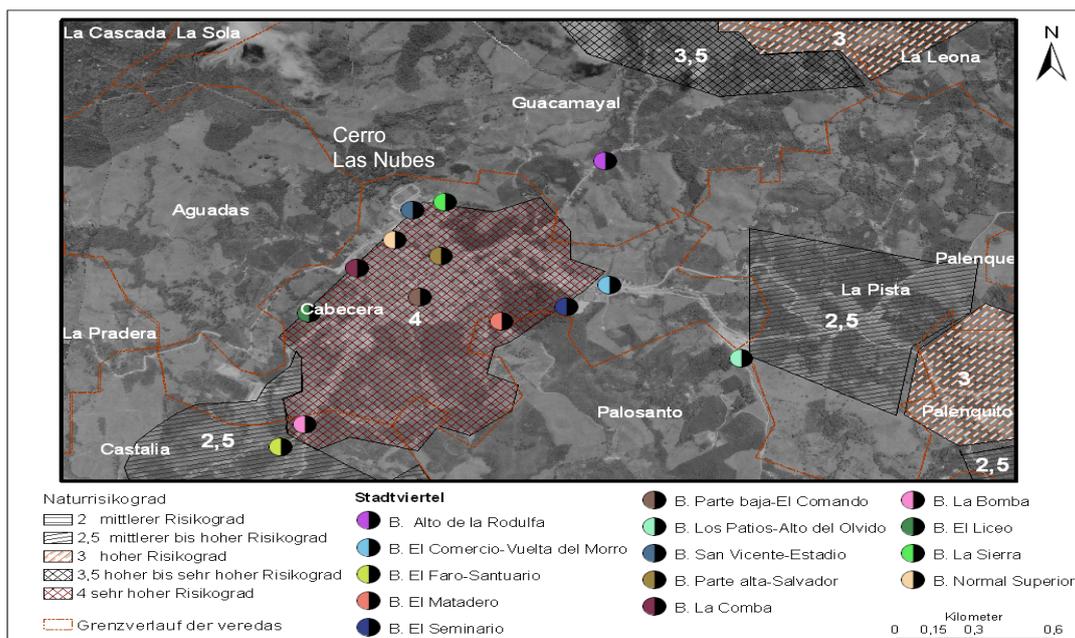


Abb. 4.51b Lage der *barrios* in der *cabecera*. Die meisten *barrios*, die in Gebieten mit einem hohen Risikograd liegen, befinden sich in der Nähe des Westhangs des *Cerro las Nubes*. Hierbei handelt es sich um die folgenden *barrios*: La Sierra, El Liceo de la Normal Superior, Residencial parte alta, San Vicente, La Bomba, Matadero und Residencial parte baja. Auf diesem Orthobild können keine eindeutigen Grenzverläufe zwischen den einzelnen *barrios* eingetragen werden, weil sie als solche nicht einmal im Grundstücksverzeichnis der Gemeinde existieren. Quelle: Eigene Zusammenstellung der Daten aus dem *POT* von Jericó sowie aus der Feldarbeit zwischen 2003 und 2004. Eigene Erstellung des Orthobildes.

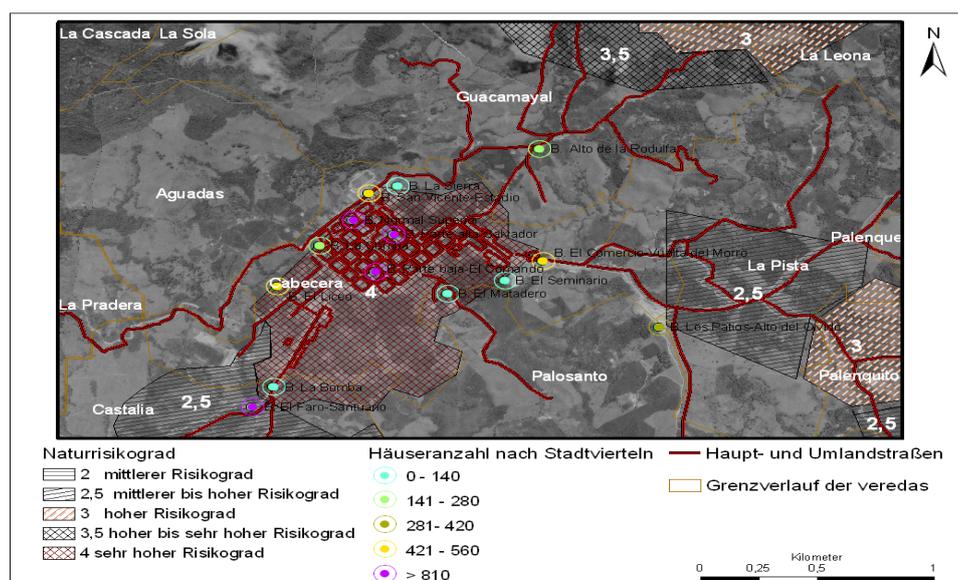


Abb. 4.51c Häuseranzahl gegliedert nach Ortsteile „*barrios*“ im Bereich der *cabecera*. Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus den *POT* und von SANEAR LTDA. (2003).

Die meisten Häuser in Jericó wurden vor dem Jahr 1984 gebaut, als man noch keine Auflagen zur Sicherung der Gebäude gegen Erdbeben erfüllen musste. Die nach 1984 entstandenen *barrios* sind La Sierra und Piedras (gelegen im nördlichen Teil von Jericó im Sektor Seminario). Unter Berücksichtigung des Alters der Gebäude wurde für die *cabecera* in Übereinstimmung mit Tab. 3.25 der Q-Wert 3 ermittelt.

Eine Verteilung der Häuser in der Gemeinde nach dem verwendeten Baumaterial wird in den Abbildungen 4.53a und 4.53b präsentiert. Wie aus der Abbildung 4.53a hervorgeht, wurde im Raum der *cabecera* für den Bau von 578 Häusern *bahareque* verwendet, d. h. eine Art Gemisch aus Zuckerrohr ähnlichen Gräsern und Lehm; für den Bau von 248 Häusern *tapia* (Lehmgemisch), und beim Bau von 114 Häusern wurden überhaupt keine geeigneten Baumaterialien verwendet – hier kamen Wellblech, Karton oder altes Holz zum Einsatz. Diese Bauwerke sind für Erdbeben und Brände besonders anfällig.

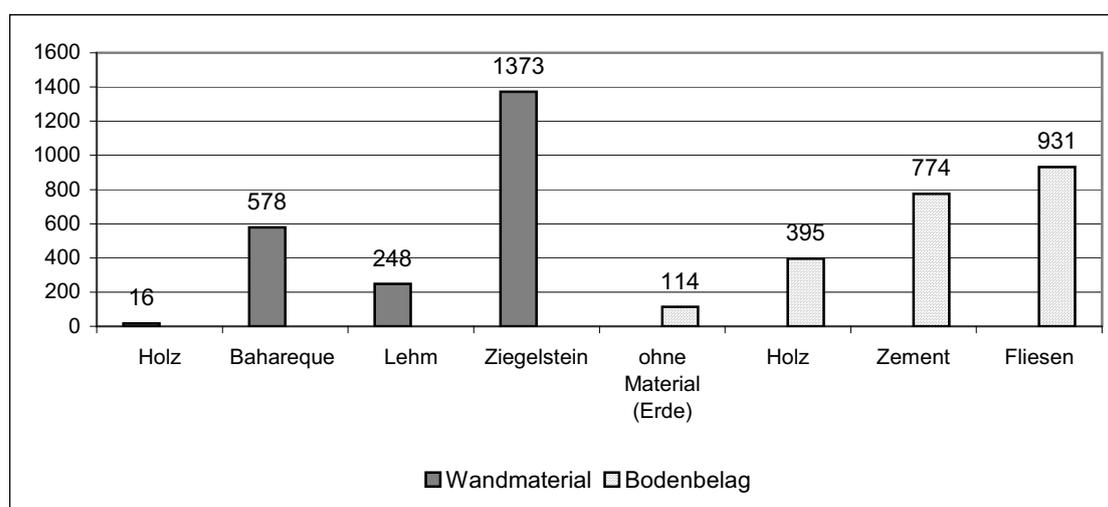


Abb. 4.52a Darstellung des Wandmaterials und Bodenbelags der Häuser im Raum der *cabecera*. Quelle: Eigene Darstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus dem POT von JERICÓ und von SANEAR LTDA (2003).

37,3% der Häuser im Raum der *cabecera* bestehen aus *bahareque* bzw. *tapia*, die meisten dieser Häuser befinden sich im *barrio* Residencial parte alta (s. Abb. 4.52a). Die mit Hilfe von ungeeigneten Baumaterialien errichteten Häuser (114 an der Zahl) entsprechen einem Gesamthäuseranteil in der *cabecera* von

0,05%. Diese Häuser sind über alle Stadtviertel verstreut, wobei sie am häufigsten im zentralen Bereich der *cabecera* vorzufinden sind.

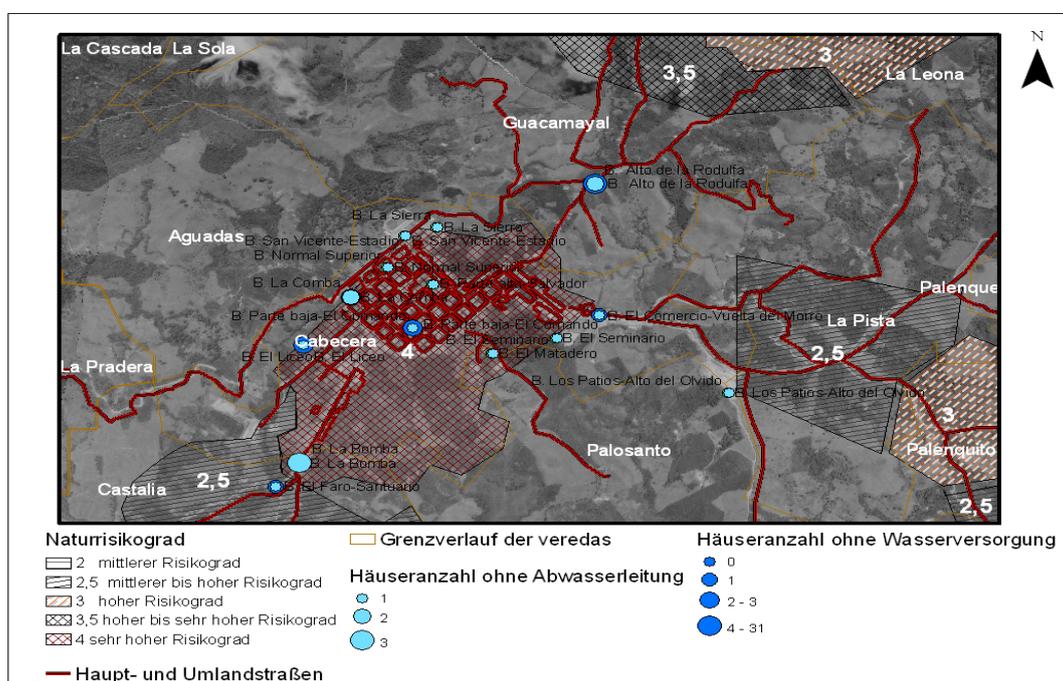


Abb. 4.52b. Darstellung derjenigen Bereiche aus dem Einzugsgebiet der *cabecera*, in denen eine Wasserversorgung und Abwasserentsorgung gewährleistet sind. Es ist zu sehen, dass die meisten Häuser an das öffentliche Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetz angeschlossen sind. Bei Berücksichtigung der Grundversorgung liegt der Q-Wert der physischen Vulnerabilität in diesem Gebiet bei 1 (Q-Wert 1) (vgl. Tabelle 3.26).

Es gibt nur wenige Häuser ohne Anschluss an das öffentliche Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetz, und diese liegen insbesondere im Stadtviertel Alto de la Rodulfa. Dieser Umstand erklärt sich zumeist mit der extremen Armut der in diesen Häusern wohnenden Menschen, und das Ergebnis davon ist eine erhöhte physische und soziale Vulnerabilität in diesem Bereich.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass man eine ganze Fülle von Zusatzinformationen zu jedem einzelnen Anwohner dieser *barrios* benötigen würde, um eine noch detailliertere Abschätzung des Vulnerabilitätsgrades der einzelnen Straßenzüge erstellen zu können. Da man in Kolumbien an diese Art von Informationen aber nicht herankommt, muss das Gebiet um die *cabecera* herum einheitlich mit dem Q-Wert 3 taxiert werden.

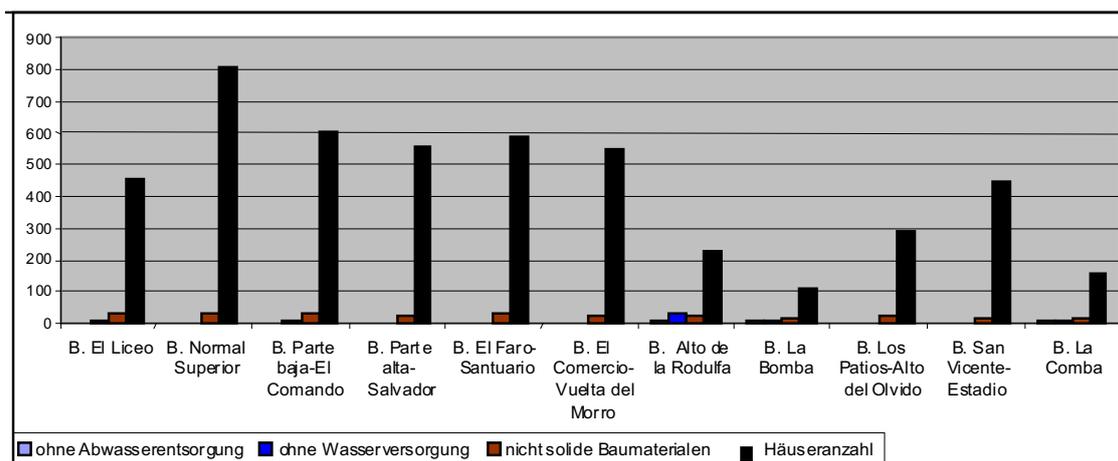


Abb. 4.53 Darstellung der *barrios* im Einzugsgebiet der *cabecera*, die an das öffentliche Wasserversorgungs und -entsorgungsnetz angeschlossen sind, als auch der beim Hausbau in diesen *barrios* verwendeten Baumaterialien. Quelle: Eigene Zusammenstellung unter Zuhilfenahme von Daten aus dem *POT* und von SANEAR LTDA. (2003).

Ein Unterschied zwischen den einzelnen *barrios* innerhalb der *cabecera* besteht aber trotzdem, und zwar insofern, als dass es in unmittelbarer Nachbarschaft Häuser mit und ohne Anschluss an das öffentliche Wasserversorgungs und –entsorgungsnetz geben kann, die mit bzw. ohne geeignete Baumaterialien errichtet wurden. Auch die Anzahl der Häuser in den einzelnen *barrios* variiert stark. Bei Berücksichtigung all dieser Parameter ergibt sich aber lediglich ein Gefälle hinsichtlich des Lebensstandards der Anwohner verschiedener *barrios*, jedoch nicht hinsichtlich der Q-Bewertung ihrer Vulnerabilität. Dabei sind die *barrios* Alto de la Rodulfa, La Normal, El Liceo, La Comba, Residencial parte baja - El Comando, La Sierra, Castalia und El Faro für Naturkatastrophen besonders anfällig. In diesen *barrios* wäre der Naturrisikograd am höchsten, obwohl die Stadtviertel La Normal und La Sierra sind wegen der hohen Bevölkerungsdichte für Naturkatastrophen am anfälligsten sind. Wie im Falle des für die *cabecera* einheitlichen Q-Werts kann in Bezug auf eine individuelle Einschätzung des Naturrisikogrades der einzelnen *barrios* keine konkretere Aussage getroffen werden, weil auch hier keine genauen Angaben zu den Einkommensverhältnissen der Einwohner vorliegen. Aus diesem Grund liegt der Naturrisikograd für die gesamte *cabecera* bei 4.

## 5. Schlussfolgerungen und Ausblick

In Lateinamerika, insbesondere in Kolumbien, werden seit den 90er Jahren Raumordnungspläne (POTs) erstellt, welche sowohl die lokale und regionale als auch die nationale Entwicklung fördern sollen. Die Art der Übertragung dieser „europäischen“ Modelle auf lateinamerikanische Gesellschaften, deren wirtschaftlicher Fortschritt stärker an die landwirtschaftliche als an die industrielle Produktion gebunden ist, bietet Stoff für endlose Diskussionen. Es geht aber in dieser Studie nicht darum, auf diese Fragestellung einzugehen und sie zu vertiefen.

Eine der Schwächen der POTs stellen die fehlenden Vorhersagen und Einschätzungen von Katastrophenrisiken dar. Hinzu kommt das Fehlen einer Methode der Risikoanalyse, die entwickelt werden könnte, wenn man die vorhandenen Informationen über die lokalen Verhältnisse nutzen und in ergänzende risikobezogene Felduntersuchungen einbringen würde. Dadurch wäre es möglich, die Räume, in denen Naturgefahren auftreten könnten und ein hoher Grad von Vulnerabilität im Falle einer Katastrophe zu vermuten ist, örtlich genauer zu erfassen.

„Katastrophen“ beinhalten auch ein soziales Konzept und werden in der vorliegenden Arbeit vor allem vor diesem Hintergrund gesehen. Die Bewertung einer Katastrophe wird vom Ort, dem Zeitpunkt und dem Ausmaß der Schäden, die einer Gemeinschaft zugefügt werden, beeinflusst. Erst wenn man die Ursache für eine Katastrophe kennt, kann man entscheiden, ob sie natürlichen oder menschlichen Ursprungs ist. In modernen Gesellschaften werden viele Katastrophen zugleich auf natürliche und menschliche Weise verursacht. Relativ ist heute ebenso die Unterscheidung zwischen großen und kleinen Katastrophen, da zum Beispiel kurz aufeinander folgende „Notfälle“ zu einer großen Katastrophe führen können. Überdies unterscheiden sich die von den Katastrophen erzeugten Folgen erheblich. Solche Folgen haben einen außerordentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Fortschritt von Entwicklungs- oder sich industrialisierenden Ländern.

## **- Theoretische Überlegungen zur Anpassung der in der Arbeit benutzten Methoden zur Naturrisikoanalyse**

Die aktuellen Studien, welche die kolumbianischen POTs auf dem Gebiet der Katastrophenprävention berücksichtigen, bleiben bei der Quantifizierung der Naturgefahr stehen und erfassen in kleinem Maßstab den Grad einer bestimmten Naturgefahr mit quantitativen und qualitativen Methoden, wobei ihr Interesse hauptsächlich in der Einschätzung der Wiedernutzbarmachung solcher Gefahrenräume in Hinblick auf mögliche Urbanisierungsachsen liegt.

Die technischen Vorschläge und Gegenmaßnahmen, die aus solchen Analysen hervorgehen, sind im Wesentlichen "konjunkturrell", das heißt, sie sind durch den technokratischen Blick auf die Katastrophenprävention verengt. Sie favorisieren die Anwendung technischer Gegenmaßnahmen. Diese Anstrengungen lassen die Rolle der lokalen Gemeinschaften bei Programmen zum Umgang mit Katastrophen und der Minimierung der Schäden in den Hintergrund treten.

Das Naturrisiko wird in diesen Studien als Analyse der Naturgefahr und Vulnerabilität nicht in Betracht gezogen und deshalb wird bei den POTs und regionalen Entwicklungsplänen nicht über Gegenmaßnahmen reflektiert, welche die Vulnerabilität der Gesellschaft bei Eintreten von Naturkatastrophen reduzieren könnten. Es fehlt auch eine Evaluierung nach differenzierenden Kriterien der Verursachung durch den Menschen oder durch Naturereignisse. Durch entsprechende Untersuchungen könnte man die negativen menschlichen Aktivitäten, die große oder kleine Katastrophen im lokalen Umfeld verursachen können, identifizieren und vermeiden.

Deshalb müssten in die POTs neben der Naturrisikoanalyse auch Informationen über die Einschätzung der Vulnerabilität von Sozial- und Infrastruktur einfließen (s. Vulnerabilitätsanalyse in Kapitel 4.3). Eine möglichst breit angelegte Risikoanalyse würde dazu beitragen, die Wirksamkeit der Katastrophenvorbeugungspläne zu erhöhen und die negativen Folgen großer wie auch kleiner Katastrophen zu reduzieren.

Die Anwendung moderner Technologie sowie der Zugang zu Daten, die mit Hilfe der digitalen Photogrammetrie gewonnen werden, erlauben das Erheben topographischer Daten durch Luftbildaufnahmen, die in großem Maßstab Orte detailliert erfassen. Dies ist sowohl abhängig von der Wahl des Maßstabs als auch von der radiometrischen Auflösung beim Scannen oder - noch zeitgemäßer - durch direkte digitale Aufnahme. Die photogrammetrischen Fortschritte sind in Kapitel 2 vorgestellt.

Die photogrammetrische Arbeit kann man mit den marktgängigen Softwarelösungen durchführen (in Südamerika ist LPS am weitesten verbreitet, allerdings ist dies auch mit preisgünstigeren Programmen, z.B. LISAFOTO, möglich). Beide Software-Angebote erlauben die Erstellung von DGMs und Orthophotos. Das direkte Abgreifen von regionalen Reliefformen ist zweifelsfrei erst ab einer Objektgröße von 10 m möglich. Gleichzeitig kann die Erfassung von lokalen Reliefformen schon ab 1 m direkt aus dem Bildmaterial erfolgen, auch wenn dies nur in Abhängigkeit von den erkennbaren Luftbilddetails möglich ist. Kleine Objekte können so digital erfasst werden. Andere Information z.B. Erosionsprozesse, Rutschungen, Landnutzung, Infrastruktur, u.a. kann man auch aus den Luftbildern ermitteln, wenn diese eine Größe von mehreren Pixeln (maßstäblich 1 bis 3 m) aufweisen.

Verschiedene thematische Karten kann man mit GIS-Softwarelösungen wie ArcGIS erstellen (möglicherweise zu günstigeren Preisen für wissenschaftliche Arbeiten). Besonders wichtig hierbei sind die Expositions-, Hangneigungs- und Höhenstufenkarten (s. Kapitel 4.1) sowie die GIS-Werkzeuge für Raster- und Vektordatenanalyse (mehr dazu in Kapitel 2).

Wenn man überdies methodisch korrekt die georeferenzierten Daten des GIS hinzuzieht, erlaubt dies, zusätzliche Informationen zu speichern und zu analysieren. Die zu verwendenden Hilfsmittel, wie das GIS, sind auf dem kolumbianischen Markt immer leichter zugänglich, vorausgesetzt die Preise einer Arbeitsstation mit genannten Programmen entfernen sich nicht zu sehr von der jeweiligen Planung für den öffentlichen Haushalt. Ebenso gibt es in den Bildungsinstitutionen immer mehr Menschen, die dieses Hilfsmittel bedienen können. Hier erfolgten grundlegende Veränderungen seit den 90er Jahren, und seit dem Jahr 2000 hat sich die

Verpflichtung zu solch einem methodischen GIS-Grundkurs in den Universitäten und Weiterbildungsinstitutionen kontinuierlich durchgesetzt.

Große Relevanz haben für die Naturgefahrenanalyse die Beschaffung und Deutung von Geologie-, Relief-, Boden- und Klimadaten. Da die hohen Niederschläge, die zum Teil regional und zeitlich sehr akzentuiert fallen, aufgrund von Bodenarten und hoher Reliefenergie im Untersuchungsgebiet eine große Gefahr von Rutschungen und anderen Naturgefahren bewirken.

Wie im vorliegenden Fall ist es bei der Beschaffung von Klimadaten in Kolumbien häufig erforderlich, die Stationswerte von weiter entfernten Messstellen heranzuziehen. Dies ist wegen eines wenig dichten Stationsnetzes, oft nur kurzer Messreihen und vielfach ausschließlich vorhandener pluviometrischer Daten notwendig. Das erfordert den Vergleich mit Referenzstationen, wie bei dieser Arbeit mit der Station Miguel Valencia und El Dique. Aber es setzt voraus, dass die Messreihen der Referenz-, wie auch die der im Untersuchungsraum befindlichen Stationen, zeitlich synchron sind und macht Abschätzungen der Repräsentativität erforderlich.

Um das regionale Klimageschehen zu interpretieren, wurden die Klimadiagramme der verschiedenen zur Verfügung stehenden Klimastationen aufgrund der vorhandenen Daten analysiert und eine zur Naturgefahrenanalyse passende Klimaklassifizierung dargestellt (mehr in Kapitel 4.1.5).

Bei der Beschaffung der Bodendaten des Untersuchungsgebietes standen Informationen der CENICAFE (Federación de Cafeteros) zur Verfügung. Leider ist dies nicht für alle Gemeinden der Fall. Einige benutzen eine eigene Bodenklassifizierung. In der vorliegenden Arbeit wurde die amerikanische Bodenklassifizierung übernommen, da diese in Südamerika häufig eingesetzt wird. Dazu war es erforderlich, einige Bodenproben zu nehmen und im Labor zu analysieren. Bodenanalyseergebnisse aus vorangegangenen Arbeiten konnten gesichtet, übernommen und nachfolgend im Hinblick auf die Themenstellung interpretiert werden.

Informationen zu vorherigen kleineren Katastrophen (Rutschungen und Überschwemmungen) wurden aus der in der Region vorhandenen Literatur, der Stadtarchivinformation, früheren Forschungsarbeiten, der Feldkartierung und der Befragung der Einwohner (*Memoria oral*) bezogen.

Die Landnutzung wurde anhand von Landnutzungskarten aus den Jahren 1972 und 1989 von CENICAFE, der Interpretation von Luftbildern der Jahre 1998 und aus eigener Geländekartierung erfasst sowie bezüglich der Naturgefahrenursachen analysiert (mehr in Kapitel 4.1.8).

Die Landnutzungsinformation wurde mit den anderen Geofaktoren, die Einfluss auf die Naturkatastrophen haben können, verschnitten und nach der in Kapitel 3 dargelegten Methode analysiert, um die Klassifizierung des Gebietes nach Naturgefahr-, Vulnerabilitäts- und Naturrisikograd graphisch darzustellen.

Die in dieser Arbeit benutzte Methode zur Risikoanalyse basiert auf den üblichen Werten aus der Naturgefahrenanalyse und übernimmt die Methode, die unter anderem verschiedene Autoren wie UNDRO (1986), CARDONA (1991), SUAREZ (1998), DIKAU (1992), KIENHOLZ (1977), nahelegen (mehr in Kapitel 3).

Die verwandte Methode bezieht auch weitere zugängliche und erfassbare Informationen mit ein, die gleichzeitig eine Naturgefahrenanalyse sowie eine soziale und physische Vulnerabilitätsanalyse eines Ortes erlauben, in dieser Pilotstudie die der Gemeinde Jerico (s. Kapitel 4).

Es muss allerdings beachtet werden, dass die besondere innenpolitische Situation in Kolumbien Geländearbeiten im gesamten Gemeindegebiet von Jerico unmöglich macht. Diese Situation und die Konzentration der ökonomischen Netze der Gemeinden um die *Cabeceras* haben eine Konzentration der Bevölkerung in und nahe dieser *Cabeceras* verursacht, während periphere Gebiete unbewohnt sind.

#### **- Übertragbarkeit der Arbeit**

Eine Risikoanalyse auf der Basis der hier entwickelten Methode erfordert seitens der Gemeinde keine hohen Kosten. Es wird aber eine gute Ortskenntnis benötigt, um die

unterschiedlichen Raumeinheiten in dem Fernerkundungsmaterial unterscheiden und gruppieren zu können. Zusätzlich müssen die lokalen Informationen von Geologie, Böden und Morphologie in einem GIS-Projekt georeferenziert und übertragen werden. Ein Teil der Kenntnis des Raums stammt aus vorherigen Arbeiten, dem POT und der Feldarbeit. Die vorliegenden Studien zeigen deutlich auf, dass die in Kolumbien für lokale Gemeinden offiziell verfügbaren Daten häufig unvollständig und damit allein nicht brauchbar sind. Das erforderte eine eigene Kartiergrundlage auf der Basis von Geländekartierungen. Diese wurden in den Jahren 2003 und 2004 durchgeführt.

Die gesammelten Daten wurden danach im Büro hinsichtlich einer Risikoanalyse zusammengestellt und mit Hilfe der GIS-Werkzeuge und durch die in dieser Arbeit entwickelte Methode analysiert.

Die Analyse der Geofaktoren hinsichtlich der in der Naturrisikoanalyse zu bewertenden morphodynamischen Prozesse, des regionalen und lokalen Klimas, der Landnutzung und anderer Naturgefahren erfordert eine gute Kenntnis der lokalen geophysischen und -sozialen Aspekte des Gebietes. Die Geofaktoren wurden in dieser Arbeit in Kapitel 4 analysiert.

Die Gemeinden werden nicht umhinkommen, detaillierte Informationen zu erarbeiten, allerdings gestaltet sich dies bis heute schwierig. In Kolumbien fängt man gerade erst an, solche Informationen auf lokaler Ebene zu sammeln. Für die hier vorgelegte Analyse konnten noch einige soziale Daten auf der Basis des letzten Zensus aus dem Jahre 2005 genutzt werden. Bisher sind leider die detaillierten Angaben dieses Zensus der Öffentlichkeit nicht zugänglich.

Eine Gefahrenanalysestudie und selbst die POTs würden von detaillierten Daten profitieren und auch ihre Zugänglichkeit wäre für die Rathäuser von großer Hilfe, könnten sie doch auf die Anlage der Melderegister Einfluss nehmen. Aus diesem Grund werden die spezifischen Informationen von Einzelpersonen in den Orten nicht berücksichtigt, da die angewandte Methode gezwungen ist, mit ganzen Gruppen aus den Vierteln oder *Veredas* zu arbeiten, ohne die Besonderheiten jedes

Viertelbewohners zu beachten, da sie in gewisser Weise die Vulnerabilitätsanalyse manipulieren könnten.

Zusätzliche Informationen über Infrastruktur, Verteilung nach Bewohnern in Stadtvierteln und nach dem Baumaterial der Häuser in der Gemeinde sind lediglich für die *Cabecera* verfügbar, im Gegensatz zum Rest der *Veredas*. Es stehen auch mehr Informationen vom Raum der *Cabecera* zur Verfügung, die erlauben, eine umfassendere Naturrisikoanalyse nach der empfohlenen Methode durchzuführen. Die *Cabecera* stellt einen wichtigen Bereich für die Risikoanalyse in den kolumbianischen Gemeinden dar, da in den *Cabeceras* ein großer Teil der Einwohner wohnt und dort die wichtigen Teile der Infrastruktur liegen. Deshalb wurde die *Cabecera* von Jerico nach *Barrios* oder Stadtvierteln analysiert, um eine Raumdifferenzierung der Risiken in diesem Gebiet zu erstellen. Dies und die Übertragung der empfohlenen Methode sowie die Ergebnisse der Arbeit sind in Kapitel 4 (s. Abb. 4.51b) dargestellt.

Schließlich erlaubt die Existenz einer solchen Datenbank die ständige Aktualisierung der Daten im GIS der Gemeinde, und auf diese Weise kann die Risikoanalyse ständig den jeweiligen räumlichen und zeitlichen Veränderungen der „natürlichen“ Bedingungen und der Vulnerabilität angepasst werden.

#### **- Vorschlag für lokale Katastrophemanagement-Programme in Kolumbien**

Die Ergebnisse, welche die vorliegende Arbeit vorstellt, können in die POTs und den Entwurf von Naturgefahrenverhütungsplänen sowie in Entwürfe zur Stadtentwicklung eingearbeitet werden.

Die Verortung von Risikogebieten und das Wissen über die Ursachen, die das jeweilige Risiko erhöhen, verbessern die Wirksamkeit beim Einsatz der Mittel zur Risikominimierung und zur Erhöhung des Lebensstandards in den betroffenen Wohngebieten.

Dabei soll die Naturrisikoanalyse basierend auf der hier durchgeführten Methodik berücksichtigt werden. Ebenso ermöglicht sie, dass die ausgewiesenen Gebiete mit hohem Gefährdungsgrad in eine lokale GIS-Datenbank integriert werden und so im



## 6. Zusammenfassungen

### 6.1 Zusammenfassung

In Kolumbien liegt eine der Schwächen der POTs im Hinblick auf die Katastrophenprävention in der mangelnden Bewertung des Naturrisikos. Hinzu kommt das Fehlen einer Methode zur Erstellung einer Risikoanalyse, die entwickelt werden könnte, wenn man die verfügbaren Informationen der Gegebenheiten nutzt und sie in die Pläne einarbeiten würde, die sich aus den POTs ableiten lassen. Sie hätten das Ziel, eine Risikoanalyse in größerem Maßstab und schneller zu erstellen, womit man die Wirksamkeit der Katastrophenvorbeugungspläne erhöhen und auf diese Weise die Schäden reduzieren könnte. Es ist wichtig, sich bewusst zu machen, dass die Risikoanalyse je nach Zeitpunkt variiert. Falls sich die Bedingungen für „natürliche“ Bedrohungen und die Vulnerabilität verändern, so müssen diese regelmäßig aktualisiert werden.

“Katastrophen” werden in dieser Arbeit vor allem aus sozialer Sicht betrachtet. Ihre Einschätzung erfolgt nach den Parametern Lage, Zeit und Schäden, die einer Gemeinschaft zugefügt wurden. Ist die Ursache der Katastrophe ermittelt, kann sie als natürliche und/oder vom Menschen hervorgerufene klassifiziert werden. Heutzutage werden sie immer stärker von beiden Ursachen ausgelöst.

Die Risikoanalyse ermöglicht, mit größerer Genauigkeit die Bereiche festzulegen, in denen ein hohes Risiko besteht, dessen Gründe zu identifizieren und Pläne zur Verringerung der Gefahren und/oder Vulnerabilität für die betroffenen Wohngebiete zu entwerfen. Ebenfalls lassen sich mit größerer Effizienz Konzepte entwickeln, die dazu beitragen, das Verhältnis Mensch – Umwelt in den Gemeinden zu verbessern.

Der Einsatz moderner Technologien wie der digitalen Fotogrammetrie, welche eine detaillierte und weitflächigere topographische und geographische Datenerhebung ermöglicht, sowie die Anwendung eines geographischen Informationssystems (GIS), mit dem georeferenzierte Daten zu speichern und methodisch korrekt zu analysieren

sind, erlauben schnellere und bessere Prävention. Mit beiden Medien kann man Gemeindedatenbanken aufbauen und aktualisieren sowie regelmäßig die Risikoanalyse vornehmen. Auf diese Weise steht ein zeitgemäßes Werkzeug für Entwicklungs- und Katastrophenvorbeugungsprogramme zur Verfügung, welches auf dem lateinamerikanischen Markt immer zugänglicher wird und dessen Kosten in den Haushaltsentwürfen der Rathäuser planbar sind. Überdies werden zunehmend Personen ausgebildet, die damit umgehen können.

Die in dieser Studie angewandte Methode integriert die Parameter, die für die Naturgefahren- und Vulnerabilitätsanalyse üblich sind, und entspricht den meist in Kolumbien verfügbaren Daten in den Gemeinden. Sie integriert dabei die Vorschläge verschiedener Autoren. Als Pilotgebiet wurde die Gemeinde Jerico in der Kaffeeregion der Provinz Antioquia im Südwesten Kolumbiens ausgewählt.

Die hier vorgestellten Ergebnisse können, in die *POTs* einbezogen, bei der Erstellung von Naturkatastrophenvorbeugungsplänen und zur Stadtentwicklung genutzt werden. Die Verortung von Risikogebieten und das Wissen über die Ursachen, die das Risiko mindern, verbessern die Wirksamkeit der Mittel zur Risikominimierung und zur Erhöhung des Lebensstandards in den in Frage kommenden Wohngebieten. Schließlich erleichtert die Integration dieser Daten in *POTs* die Vorbeugungspolitik wie auch die Einrichtung einer obligatorischen Versicherung zur Schadensrisikobegrenzung bei Katastrophen.

## 6.2 Summary

“Disasters” are most of all a social concept. Its appraisal is influenced by place, time and the damages occurred to a community. By knowing the cause of a disaster, it can be classified as natural and/or man made. In the modern society, many of the disasters are due to both causes.

In Colombia, one of the lacks of POT, about the subject of preventing disasters is the appraisal of natural risk. In addition, there is an absence of a methodology of risk analysis. This could be developed by taking advantage on the available information in the localities and, then, integrating it to the plans derived from the POTs with the

aim of applying such analysis to a major scale and in a faster way, contribute to enhance the efficacy of such prevention plans of disaster and reduce the damages. It is important to consider that risk analysis vary in time, not only because conditions of “natural” threats and vulnerability are variable, but also because the analysis must be actualized periodically.

Risk analysis makes possible to locate with greater accuracy places of high risk, to identify causes of risk and consequently to design plans to reduce threats and/or vulnerability of the communities living there. Risk analysis also allows to design, with more efficiency, plans that contribute to improve the relationship man-environment in municipal areas.

The implementation of modern technologies, such as Digital Photogrammetry –the recollection of topographical geographical data with a better detail and to a higher scale– as well as the implementation of a municipal Geographical Information System –that makes possible to store the information in a georeferenciated data base and to analyze it in a methodological way–, facilitate the updating of municipal data bases and the periodical survey of risk analysis, becoming a technological tool of design for the programs of Latin American development and marketing. The aforementioned tools are every day more accessible in the Latin American market and their cost is reachable to the budget of municipalities; equally, more people are being trained in their use.

The methodology applied in this work integrates parameters used for the analysis of natural threats and vulnerability, according to the municipal information available in Colombia. The methodology integrates suggestions of different authors and for its implementation, the pilot zone selected was an area located in the Colombian Northwest - within the coffee region of the Antioquia Department: the municipality of Jerico.

The results of the present report can be integrated to the POT and be used for the designing of natural disaster prevention plans and the development of municipal areas. The localization of risk areas and the knowledge of the causes that to may increase the efficiency of the use of resources destined to diminish the risk and

improve the quality of life of the communities. It also facilitates to integrate the communities to policies of protection such as a mandatory insurance of municipal risk disaster prevention.

### **6.3 Resumen**

Los “Desastres” son ante todo un concepto social. Su valoración está influenciada por el lugar, el tiempo y los daños causados a una comunidad. Conociendo la causa el desastre puede ser éste clasificado ya sea como natural y/o como producto de la influencia humana. En la sociedad moderna, muchos de los desastres son ocasionados por ambos patrones (natural harzardy/o man made hazard).

En Colombia una de las falencias de los Planes de ordenamiento territorial (POT) en el tema de prevención de desastres, es la valoración del riesgo natural. A esto se suma la ausencia de una metodología de análisis de riesgo, que pueda ser desarrollada aprovechando la información disponible de las localidades y ser integrada a los planes que se derivan de los POTs con el fin de realizar el análisis del riesgo a una escala más grande y más rápidamente, lo cual contribuiría a aumentar la eficacia de los planes de prevención de desastres y reducir así, los daños. Es importante tener en cuenta que los análisis de riesgo varían en el tiempo, ya en tanto las condiciones de amenaza “natural” y vulnerabilidad son variables, así que éstos deben actualizarse periódicamente.

El análisis del riesgo posibilita localizar con mayor precisión los sectores de alto riesgo, identificar las causas del riesgo y así diseñar planes que reduzcan la amenaza y/o la vulnerabilidad de las poblaciones que los habitan. Así como el diseñar con mayor eficiencia planes que contribuyan a mejorar la relación hombre-medio ambiente en áreas municipales.

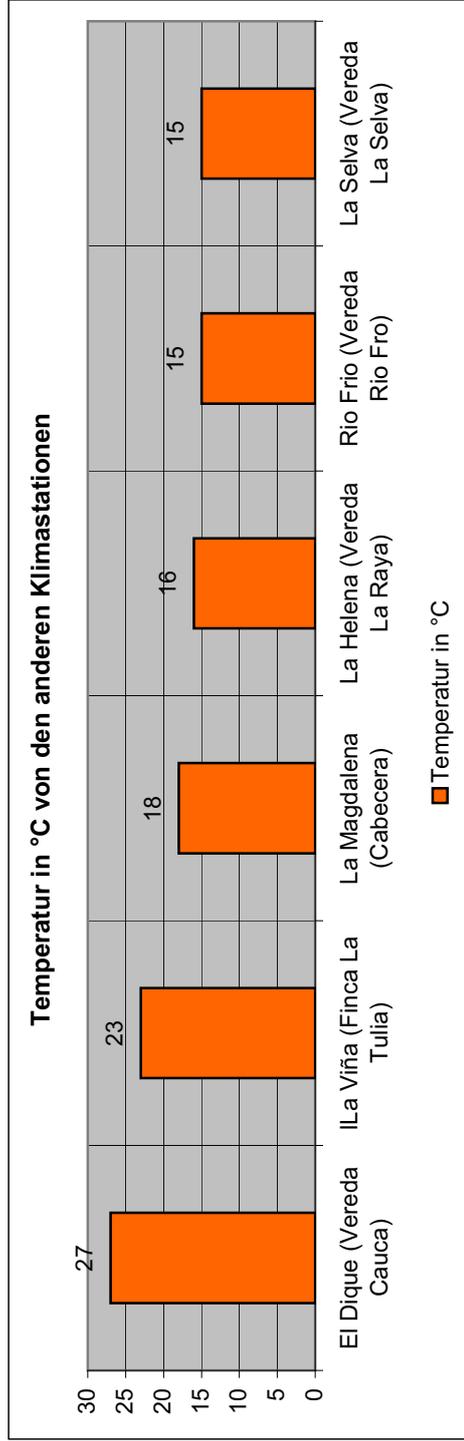
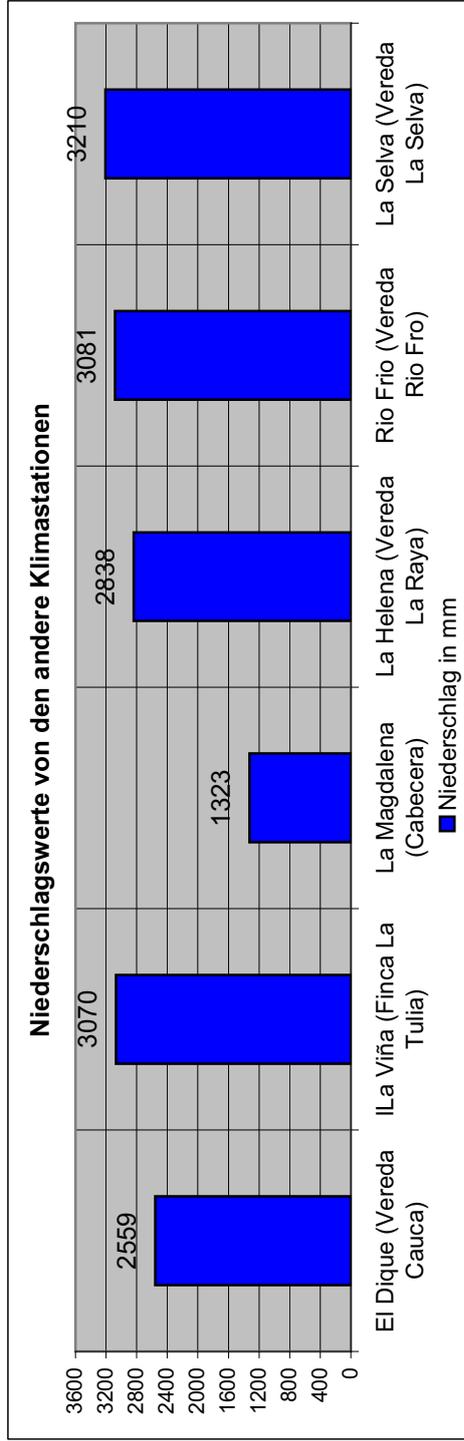
La implementación de tecnologías moderna como son la Fotogrametría digital, la cual permiten el levantamiento de datos topográficos y geográficos con un mejor detalle y a una escala grande, así como la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) municipal, que permite almacenar esta información en una base de datos georeferenciada y analizarla de manera metodológica,

posibilitan la actualización de la base de datos municipal y la realización de análisis del riesgo periódicamente. Lo cual brinda una herramienta de diseño para los programas de desarrollo y prevención de desastres. Dichas herramientas tecnológicas son cada día más asequibles dentro del mercado latinoamericano, y su costo está al alcance de los presupuestos de las alcaldías. Igualmente hay cada vez más las personas capacitadas en el uso de estas herramientas.

La metodología empleada en este trabajo integra los parámetros usados para los análisis de amenaza natural y de vulnerabilidad, de acuerdo a la información municipal disponible en Colombia. La metodología usada integra las sugeridas por diferentes autores. Para la implementación de la misma se escogió una localidad del suroeste colombiano, localizado en la zona cafetera de Antioquia, como zona piloto: el municipio de Jericó.

Los resultados del presente trabajo permiten ser integrados en los POT y ser usados para el diseño de planes de prevención de desastres naturales y de desarrollo municipal. La localización de las áreas de riesgo y el conocimiento de las causas que aumentan el mismo, permite mejorar la eficacia en el uso de los recursos destinados a disminuir el riesgo y mejorar la calidad de vida de las poblaciones que las habitan. Igualmente facilita integrarlas a políticas de protección como el establecimiento de un seguro obligatorio de prevención de desastres a nivel municipal.

**A1. Andere Klimastationswerte – Das Dilemma mit den Klimastationen des POT Jerico**



## 8. Literaturverzeichnis

- ADAM, W.M. & CURTIS, G.D. (1988): The importance of similarities among multiple hazard phenomena. In: EL-SABH, M. & MURTY, T.S. (Hrsg.), Natural and man-made hazards: proceedings of the International Symposium held at Rimouski, Quebec, Canada, 3-9 August, 1986. Reidel Publishing Co. Netherlands. 3-7 S.
- ADPC (2000a): Terms and Definitions. Course materials, Workshop "Urban Disaster Mitigation." 23-27 October 2000. University of Karlsruhe.
- ADPC (2000b): Glossary. Course materials, Workshop "Urban Disaster Mitigation." 23-27 October 2000. University of Karlsruhe.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. (4. Auflage). Hannover.
- ALBERTZ, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung: Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. 2. Auflage. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.
- ALCANTARA- AYALA, I. (2002): Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. Geomorphology. Issue 2-4. Vol. 47. Elsevier. 107-124 S.
- ALEXANDER, D. (1995): A Survey of the field of Natural hazards and Disaster studies. In: CARRARA, A. & GUZZETTI F. (Hrsg.), Geographical Information System in Assessing natural Hazards. London. Kluwer Academic Publishers. 1-19 S.
- AHNERT, F. (1988): Modelling Landform Change. In: ANDERSON, M.G. (Hrsg.), Modelling Geomorphological System. Department of Geography University Bristol. John Wiley & Sons. New York. 375- 400 S.
- ARONOFF, S. (1989): Geographic Information System: A management perspective. W.D.L. Publications. Canada – Ontario 31-44 S.
- ARONOFF, S. (2004): Remote Sensing for GIS Managers. 1. Aufl. ESRI Press.
- BARROW, C.J. (1995): Sustainable development: concept, value and practice. In: Third World Planning Review 17 (4). Liverpool. 369-386 S.
- BARTELME, N. (1994): Geoinformatik. Springer Verlag. Graz- Österreich.
- BARTSCH, E. (2001): Geodaten für den ländlichen Raum, warum und wozu?. Schriften der hessischen Akademie der Forschung und Planung im ländlichen Raum (HAL). VII. Arbeitsbericht. Hessisches Landesvermessung. Kassel.
- BAUMANN D. & SIMS J. (1974): Human response to the Hurricane. In: WHITE, G. (Hrsg.), Natural Hazard: Local, national, global. Oxford University press 25-30 S.
- BENDER, FRIEDRICH. (1984): Angewandte Geowissenschaften. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.

- BERZ, G. (2002): Naturkatastrophen im 21. Jahrhundert. Geographische Rundschau. Jahrgang 54, Heft 1, Westermann. 9-14 S.
- BILL, R. & FRITSCH, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Bd. 1 Hardware, Software und Daten. Wichmann Verlag. Karlsruhe.
- BLAIKIE, P. (1985): The political economy of soil erosion in developing countries. 1. Aufl. In: Longman development studies. Longman Group Limited. New York. 1-53 S.
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. & WISNER, B. (1994): At Risk: natural hazard, people's vulnerability, and disasters. New York. Routledge.
- BLÜTHGEN; J. & WEISCHET; W. (1980): Allgemeine Klimatologie. 3. Aufl. Berlin. Walter de Gruyter.
- BOHLE; H. (1998): Strategien der Überlebenssicherung und Verwundbarkeit in Entwicklungsländern. Rundbrief Geographie 149 (19), September. 13-16 S.
- BOLT, B.; HORN, W.; MACDONALD, G. & SCOTT, R. (1975): Geological Hazards: Earthquakes, Tsunamis, Volcanoes, Avalanchas, Landslides, Floods. Springer-Verlag. Deutschland
- BORJA, MIGUEL. (1996): Estado, Sociedad y Ordenamiento territorial en Colombia. Instituto de Estudios políticos y relaciones internacionales. Universidad Nacional. Noviembre 1996. Bogotá.
- BRABB, E. E. (1991): The World Landslide Problem, *Episodes* 14 (1). 52–61 S.
- BRABB, E. E.: (1984): Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. In: Proceedings 4th Int. Symposium. Canadian Geotechnical Soc. Toronto. 307-324 S.
- BRABB, E.E. (1993): Priorities for landslide mapping during the international decade of hazard reduction. In: NOVOSAD, S. & WAGNER, P. (Hrsg.), Landslides. Seventh Intern. Conference & Field Workshop. A.A. Balkema. Slovak Republic 11-41 S.
- BRAND, P. et. al. (2001): Los planes de ordenamiento territorial en Colombia : una aproximación evaluativa a la implementación de la Ley 388 de 1997". PUR Fac. Arquitectura- Universidad Nacional de Medellín. 1-21 S.
- BROOKFIELD, H. (1999): Environmental damage: distinguishing human from geophysical causes in Natural hazard. Environmental Hazards. Issue 1, 3-11 S.
- Brunsdon, D. et al (1975): Large scale geomorphological mapping and Highway engineering design in Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology; v. 8; issue.4; 227-253 S.
- BURROUGH, P. A. (1986): Principles of geographical Information System for Land Resources Assessment. Monographs on Soil and Resources Survey No. 12. Clarendon Press-Oxford Science Publications.
- BURTON, I., KATES, R. W & WHITE, G.G. (1978): The environment as Hazard, Oxford, University Press. New York.

- BURTON., KATES R.W. & WHITE G.F (1993): The Environment as Hazard. 2<sup>nd</sup> Aufl. Guilford Press. New York.
- CALLE, BERNARDO; GONZALEZ, H. (1980): Estudio Geológico- Geoquímico de la Plancha 166 Jericó". INGEOMINAS. Medellín
- CANNON, T. (1994): Vulnerability Analysis and the Explanation of "Natural" Disaster. In: A. Valery (Hrsg.), Disaster Development and Environment. London.
- CARDONA P.; MONSALVE C. (1990): Zonificación de riesgos geológicos en el municipio de Jericó (Ant.). Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- CARDONA, O. (1993): Los Desastres no son naturales: amenaza, vulnerabilidad y riesgo. In: MASKREY ANDREW (Hrsg.), La Red de Estudios Sociales. 1. Auflage. Tercer Mundo Editores. Colombia. 75-153 S.
- CARRARA, A. & MERENDA, L. (1974): Landslide inventory in northern Calabria, southern Italy in GSA Bulletin; Vol. 87, 1153-1162 S.
- CARRARA; A., BITELLI, G. & CARLA, R. (1997): Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines. Int. J. Geographical Information Science. Vol. 11 Nr. 5. 451-473 S.
- CARRARA, A., CARDINALI, M., GUZZETTI, F. & REICHENBACH, P. (1995): GIS Technology in Mapping Landslide Hazard. In: CARRARA, & GUZZETTI F. (Hrsg.), Geographical Information System in Assessing natural Hazards. Kluwer Academic Publishers. London 135-171 S.
- CASALE, R. & MARGOTTINI, C. (1999): Floods and Landslides integrated risk assessment. Springer Verlag. Heidelberg.
- CAVIEDES, C. (2005): El Niño, Klima macht Geschichte. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt. 9-39 S.
- CEPAL (2002): Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Cepal, Feb. 2002. In Internet: <http://www.eclac.org/publicaciones/Estadisticas>
- CHRISTIANSEN, THOMAS (1998): Geographical Information Systems for regional rural development projects in developing countries. Giessener Geographische Schriften. Band 75.
- CHUNG, CH., FABBRI, A. & VAN WESTEN, C. (1995): Multivariate Regression Analysis for Landslide Hazard Zonation. In: CARRARA, & GUZZETTI F. (Hrsg.), Geographical Information System in Assessing natural Hazards. Kluwer Academic Publishers. London 107 – 133 S.
- CLARKE, J.; CURSON P., KAYASTHA, S.L. & NAG, P. (1989): Population and Disaster. 1. Auflage. Basil Blackwell Ltd and International Geographical Union. Oxford 1-24 S.
- CLAUSEN, L.; et. al. (1978): New Aspects of the sociology of disasters: a theoretical note. Mass Emergencies Vol. 3. Elsevier Scientific of Amsterdam. 61-65 S.

- CONPAS, JEAN (1983): Sahel drought : Science and Underdevelopment, In: HEWITT, K. (Hrsg.), Interpretations of Calamity: from the view of human ecology. Boston. Allen & Unwin Inc. 83-97 S.
- CZERANKA, MARIO. (1997): GIS-basierte Entscheidungsunterstützung in der naturschutzorientierten Raumplanung. Vechta. Studien Umweltwissenschaften SUWV. Band 1.1.
- DAPARD (2000): Informe de gestión Enero-Marzo 2000. Documento interno
- DARGAHI- NOURBARY, G. (1997): A Test of the Cyclicity of Earthquakes. Natural Hazards 16. Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 127-134 S.
- DEAGOSTINI R., D. (1984): Introducción a la Fotogrametría. Ministerio de obras Públicas y Transporte. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Bogotá-Colombia.
- DEGRAFF, J. V. AND ROMERSBURG, H. C (1980): Regional landslide-susceptibility for wildland management: A matrix approach, in Coates and Vitek (eds.), 410–414 S.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DE ANTIOQUIA (2003): Anuario Estadístico de Antioquia 2003. Gobernación de Antioquia. Medellín, Colombia
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DE ANTIOQUIA (2003): Anuario Estadístico de Antioquia 2005. Gobernación de Antioquia. Medellín, Colombia
- DICKAU R. & GLADE T. (2002): Gefahren und Risiken durch Massenbewegung in Geographische Rundschau, Westermann, Heft 1. Jahrgang 54. S. 38-48
- DICKAU R. & GLADE T. (2007): Wenn Berge sich bewegen: Gefahren, Risiken und Katastrophen durch gravitative Massenbewegungen. In Geographische Rundschau, Westermann, Heft 10. Jahrgang 59. 58-65 S.
- DICKAU, R., DENYS, B., SCHROTT L., IBSEN M (1996): Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes. John Wiley and Sons. England.
- DICKAU, R.; FREIDRICH, K.; LESER H. (1999): Die Aufnahme und Erfassung Landschaftsökologischer Daten. In Landschaftsökologische Erfassungsstandards: Ein Methodenbuch. Forschungen für deutschen Landeskunden. Band 244. Deutsche Akademie für Landeskunde (Selbstverlag). Flensburg.
- DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES – Ministerio del Interior: Protocolos Nacionales- Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- DOLCE, M. et al. (1995): State of the art Report of W.G. 3- seismic risk and vulnerability, Proc. 10thEurop. Conf. Earthq. Engng. (Vienna, 1994), Balkema: Rotterdam, 4, 3049–3077 S.
- DRESCHNER, J. (1984): Ingenieurgeologie. In BENDER, F.(Hrsg.): Angewandte Geowissenschaften. Band III. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. 367-462 S.

- DUTTMANN, R. (1999): Geoökologische Informationssysteme und raum-bezogene Datenverarbeitung. In: ZEEP H. UND MÜLLER M. (Hrsg.), Landschaftsökologische Erfassungsstandards: ein Methodenbuch. Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Band 244; Flensburg. 363-437 S.
- EIRD (2001): Mensaje del Secretario General de las Naciones Unidas en el día internacional para la reducción de desastres. EIRD. No. 2, 11 S.
- EITEL, B. (1999): Bodengeographie. Westermann Schulbuchverlag Braunschweig.
- ESLAVA, J.; LOPEZ, V. & OLAYA, G. (2003): Contribución al conocimiento del régimen térmico y pluviométrico de Colombia. Revista Colombia Geográfica XII- No. 2. Bogotá. 53-115 S.
- ESLAVA, J. (1993): Climatología y diversidad climática de Colombia. Revista Academia colombiana Científica 18 (71). Bogotá. 507-538 S.
- ESPINAL, L. (1992): Apuntes ecológicos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín- Facultad de Ciencias.
- EVANS, V. (1994): "An alternative approach to analyzing perception of environmental hazard". A paper presented to the First Inter-American Conference on national experiences in Disaster reduction. Cartagena, Colombia.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (1990): Guidelines for Soil description. 3. Aufl. Rome.
- FAO-UNESCO (1972...1978): Soil map of the world. UNESCO, Paris.
- FELGENTREFF, C. & GLADE, T. (2008): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Spektrum. Netherlands.
- FORUNIER, D'ALBE E. M. (1985): "The quantification of seismic hazard for the purposes of risk assessment". International Conference on Reconstruction, restauration and urban Planning of Towns and Regions in Seismic prone Areas, Skopje, Noviembre.
- FRITSCH, D. (1993): Photogrammetry and geographic information systems – evolution instead of revolution. In. FRITSCH & HOBBIE (Hrsg.), Photogrammetry Week `93 Stuttgart. Wichmann. Karlsruhe. 1-9 S.
- FRITZ, CHARLES (1961): Disaster. In: MERTON, R. & NISBET, R. (Hrsg.), Social Problems. Harcourt, Brance and World. New York:
- FUCHS, S.; KEILER, M. & ZISCHG, A. (2001): Risikoanalyse oberes Suldental Vischgau: Konzepte und Methoden zur Erstellung eines Naturgefahrenhinweis-Informationssystems. Band 31. Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Innsbruck.
- GARCES O, J. M. (1999): Plan de ordenamiento Territorial. Univ. Jorge Tadeo Lozano. TM Editores. 1. Ed. Bogota.

- POHL, J. & GEIPEL, R. (2002): Naturgefahren und Naturrisiken. In Geographische Rundschau. Jahrgang 54, Heft 1, Westermann. 4-8 S.
- POHL, J. (2002): Hochwasser und Hochwassermanagement am Rhein. In: Geographische Rundschau 54, H. 1, 30-37 S.
- POHL, J. (1997): Die Wahrnehmung von Naturrisiken in der Risikogesellschaft“. In: G. HEINRITZ, R. WIESNER UND M. WINIGER (Hrsg.): Nachhaltigkeit als Leitbild der Umwelt- und Raumentwicklung in Europa. 51. Deutscher Geographentag in Bonn 1997. Stuttgart 1998, 153-163 S.
- GEIPEL, R. (1994): IDNDR und Hazardforschung am Beispiel des Friaul. Geographische Rundschau, 46 (1994) 7-8, 393-399 S.
- GEIPEL; R. (1991): Long-Term consequences of Disaster: the reconstruction of Friuli, Italy, in Its International context 1976-1988. New York: Springer Verlag. 4-13 S.
- GEIPEL; R. , POHL; J. & STAGL, R. (1988): Chancen, Probleme und Konsequenzen des Wiederaufbaus nach einer Katastrophe: eine Langzeituntersuchung des Erdbebens im Friaul von 1976 bis 1988. Münchener Geographische Hefte Nr. 59. Verlag Michael Lasseleben. Regensburg.
- GERMAN NGO FORUM ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (2002): Shaping global equity on environmental terms, Bonn.
- GOODCHILD & KEMP (1990): Introduction to GIS. Burroug. California.
- GUDYNAS, E. (1999): Desarrollo sostenible, globalización y regionalismo. PRODENA. La Paz.
- HAKE, G. (1985): Kartographie. Band II: Thematische Karten, Atlanten, kartenverwandte Darstellung, Kartenredaktion und Kartentechnik, rechnergestützte Kartenherstellung, Kartenauswertung, Kartengeschichte. Walter de Gruyter & Co. Berlin.
- HAKE, G. (1982): Kartographie. Band I: Allgemeines, Erfassung der Informationen, Netzentwürfe, Gestaltungsmerkmale, topographische Karten. Aufl. 6.: Walter de Gruyter & Co. Berlin.
- HALL, M.L. (1992): The 1985 Nevado del Ruiz eruption: scientific, social and governmental response and interaction before the event. In: MCCALL, G.J (Hrsg.), Geohazards natural and man made. London: Chapman & Hall. 43-53 S.
- HEATHCOTE, R.L. (1979): The Threat from Natural hazards in Australia., In: HEATHCOTE R.L. and THOM, B.G. (Hrsg.): Natural hazards in Australia. Canberra. Australian Academy of Sciences. 3-10 S.
- HECK, V. (2006): Optimierung von Erfassungsmethoden für die Aufnahme von Geo- und Bioressourcen in hochandinen Ökosystemen Kolumbiens zu deren nachhaltigem Schutz. Heinrich-Heine-Universität. Düsseldorf.

- KOJAN, E., FOGGIN, III, G.T. & RICE, R.M. (1972): Prediction and analysis of debris slide incidence by photogrammetry, Santa Yanez-San Rafael Mountains, California. *Twenty-fourth IGC (Int. Geol. Conf.)* section 13, 124-131 S.
- LEITNER, H; MCMASTER, R.; MILLER, R. & SHEPPARD, E. (1996): GIS and Societal Risk to Hazardous Materials. Department of Geography, University of Minnesota.
- HEWITT, K. (1983): The idea of calamity in a technocratic age. In HEWITT, K. (Hrgs.): *Interpretations of Calamity: from the view of human ecology*. Boston. Allen & Unwin Inc. 1-33 S.
- HEWITT, K. & BURTON I (1971): The hazardousness of a place: a regional ecology of damaging events. Published for the University of Toronto Press, Dept. of Geography. Toronto..
- HEWITT, K. & BURTON I (1974): Ecological dimensions of environmental hazards. In: SARGEANT, F. (Hrsg.), *Human Ecology*. II, 253-84. Amsterdam.
- HOLDRIDGE, L. (1978): *Ecología basada en zonas de Vida*. IICA. San José Costarrica.
- HOLLESTEIN, KURT (1997): *Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken*. Zürich: Hochschulverlag AG. Univ. Dissertation 1996.
- HOLLINGSWORTH, J. R. (1979): *Dimensions in urban history: Historical and social science perspectives on middle-size American cities*. University of Wisconsin Press. Madison.
- HÜTTER, M. (1999): Boden. In: ZEEP, H. & MÜLLER, M. (Hrsg.), *Landschaftökologische Erfassungsstandards: ein Methodenbuch*. Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag. Flensburg. 89-128 S.
- IGAC – Subdirección agrícola (1977): Plancha No. 8. Escala 1:500.000. Bogotá.
- IGAC – Subdirección de Agrología (1995): *Suelos de Colombia*. Bogotá.
- IMHOF, E. (2007): *Cartographic Relief Presentation*. Redlands -California: ESRI Press.
- INEA-HIMAT (1993): *Atlas de Radiación solar de Colombia*: Instituto de Ciencias Nucleares. Bogotá. 52-85 S.
- INTEGRAL (1996): *Proyecto hidroeléctrico Río Piedras: Estudio de impacto ambiental-Generadora Unión*. Medellín.
- IRIGARAY, C., FERNÁNDEZ, T., EL HAMDOUNI, R., & CHACÓN, J. (1999): Verification of landslide susceptibility mapping: A case study. *Earth Surface Processes and Landforms* 24. 537–544 S.
- ISLAM AMINUL, M. (1974): Tropical cyclones : coastal Bangladesh. In: WHITE, G. (Hrg), *Natural Hazard Local, national, global*. University press. Oxford. 19-24 S.
- JADE, S. AND SARKAR, S. (1993): Statistical models for slope instability classification, *Engineering Geology* 36. 91–98 S.

- JOVANOVIC, P. (1988): Modelling of relationship between natural and man-made hazards. In: EL-SABH, M. & MURTY, T.S. (Hrsg.), Natural an man-made hazards: proceedings of the International Symposium held at Rimouski, Quebec, Canada, 3-9 August, 1986. Reidel Publishing Co. Netherlands. 9–17 S.
- KAPPOS, A. J . et. al (1992): Development of earthquake damage scenarios using a comprehensive analytical method, 10th World Conf. on Earthquake Eng. (Madrid, 1992). Rotterdam. 6013–6018 S.
- KAPPOS, A. J., STYLIANIDIS, K. C. PITILAKIS, K. (1998) : Development of Seismic Risk Scenarios Based on a Hybrid Method of Vulnerability Assessment. Natural Hazards 17. Kluwer Academic. Netherlands. 177–192 S.
- KAPPOS, A. J., STYLIANIDIS, K. C., AND PENELIS, G. (1991): Analytical prediction of the response of structures to future earthquakes, Europ. Earthq. Eng. 5(1). 10–21 S.
- KELLER, R. (1962): Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Teubner Verlagsgesellschaft. Leipzig
- KIENHOLZ, H. (1977): Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1:10.000 von Grindelwald. Geographisches Institut der Universität Bern. Band G 4. 24-55 S.
- KIENHOLZ, H. (1981): Zur Methodologie der Beurteilung von Naturgefahren: problem der rationellen Beurteilung und Kartierung unter Wahrung von Sachlicher Richtigkeit und genügender Nachvollziehbarkeit. Geomethodica: 6. Basel. 25-56 S.
- KIENHOLZ, H. (1996): Gefahrenkarten: Maßgebliche Parameter und Kriterien zur Festlegung von Intensitätsstufen. – Intern. Symposium Interpraevent 1996–Garmisch-Patenkirchen, Tagungspublikation, 3. 47-58 S.
- KIRKBY, A. (1974): Individual and community responses to rainfall variability in Oaxaca, México. In: WHITE, G. (Hrsg.), Natural Hazard: Local, national, global. University press. Oxford. 119-129 S.
- KOPHSTAHL, E. (1994): Überblick über Anwendung des Geoinformationssystem ATKIS – Dateintegrationskonzept. In Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung. Bonn-Bad Godesberg. Landesvermessung NRW Fachdarstellung. 33-46 S.
- KOROIWA, J. (1988): Physical planning for multihazard mitigation. In: EL-SABH, M. & MURTY, T.S. (Hrsg.), Natural an man-made hazards: proceedings of the International Symposium held at Rimouski, Quebec, Canada, 3-9 August, 1986. Reidel Publishing Co. Netherlands. 804- 816 S.
- LA RED & OSSO. ISDR (2002): Análisis comparativo de la bases de datos de desastres. Informe final 1130/2002. Documentos de la Red. Colombia.
- LA RED (1998): Guía metodológica para el inventario de Desaster- Desinventar”. OSSO. ITDG. Documentos de la Red. Perú
- LAUER, W. (1983): Beiträge zur Geoökologie von Gebirgsräume in Südamerika und Eurasien. Akademie der Wissenschaften und der Literatur 2. 5-8 S.

- LEIBA, M. BAYNES, F., SCOTT, G. & GRANGER, K. (2003): Regional Landslide Risk to the Cairns Community. In *Natural Hazards Review*. 30. Kluwer Academic. Netherlands. 233-249 S.
- LEITNER, H., MCMASTER R., MILLER R, SHEPPARD, E. (1996): GIS and Societal Risk to Hazardous Materials. Department of Geography, University of Minnesota.
- LESER H. & KLINK, H-J. (1988): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25.000 (KA GÖK 25). Band 228. Zentralausschuss für deutsche Landeskunde, Selbstverlag. Trier.
- LESER H. (1999): Die Aufnahme und Erfassung Landschaftsökologischer Daten. In *Landschaftsökologische Erfassungsstandards: Ein Methodenbuch. Forschungen für deutschen Landeskunden*. Band 244. Deutsche Akademie für Landeskunde (Selbstverlag). Flensburg. 29 – 74 S.
- LESER H. (Hrsg.) (1998): DIERCKE- Wörterbuch Allgemeine Geographie. 10. Aufl. Deutscher Taschenbuch Verlag. München.
- LINDER, W. (2003): *Digital Photogrammetry: theory and applications*. Berlin. Springer Verlag.
- LINDER, W. (1999): *Geo-Informationssysteme: Ein Studien- und Arbeitsbuch*. Springer Verlag. Berlin.
- LINDER, W.; JORDAN E. & HILL, J. (1999): Der Einsatz der Fernerkundung: Luftbilder, digitale Daten. In: ZEEP H. & MÜLLER M. (Hrsg.), *Landschaftsökologische Erfassungsstandards: ein Methodenbuch. Forschungen zur Deutschen Landeskunde*. Band 244. Flensburg. 329-361 S.
- LOMNITZ, C. (1994): *Earthquake Prediction*. Wiley. New York.
- LOMNITZ, C. (1985): Tectonic feedback and earthquake cycle. *Pure Appl Geophys*. 123. 667–687 S.
- MALGOT & MAHR (1979): Engineering geological mapping of the West Carpathian landslide areas, *Bull. Int. Ass. Eng. Geology*, 19, 116-121 S.
- MANI, P. (1992): Geographische Informationssysteme mehr als digital Kartographie?. In: KIENHOLZ, H. & HAEBERLI, W. (Hrsg), *Geographische Informationssysteme in der Geomorphologie*. Geographische Institut der Universität Bern G 39. 19- 32 S.
- MARTINEZ, E. & ARBELAEZ, F. (1954): Deslizamientos y obras de defensa y aplicación al problema de Jericó. Tesis de Grado Facultad Nacional de Minas. Medellín. 1-27 S.
- MASKREY, A. (1989): El manejo popular de los desastres naturales : estudios de vulnerabilidad y mitigación. *Tecnología Intermedia*. Lima, Perú.
- MASKREY, A. (1994): Comunidad y Desastres en América Latina: Estrategias de Intervención (2-04). Conferencia Interamericana sobre reducción de los desastres naturales, Cartagena de Indias, Colombia Marzo 21-24, 1994. 1-25 S.

- MASSONE, HECTOR (1999): Riesgos y desastres naturales: un signo de nuestro tiempo. Revista Ciencia Hoy Vol 9 Nr. 52. Mar del Plata, Argentina.
- MECHLER, R. (2003): Natural disaster risk management and financing disaster losses in developing countries. Universität Karlsruhe, Fak. f. Wirtschaftswissenschaften. Diss. v. 11.02.2003.
- MEJÍA, M. (1982): Clasificaciones climáticas, Clasificaciones ecológicas: P/B para el uso de la tierra. Guía de Estudio CEMAPAL. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 1-30 S.
- MESA, O.; POVEDA, G.; CARVAJAL, L. (1997): Introducción al clima de Colombia. Universidad Nacional de Medellín, Facultad de Minas. Medellín.
- MINESA (1995): Proyecto de aprovechamiento múltiple del río Piedras: informe preliminar. SEDIC LTDA. 4-16 S.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, et. al. (1998): Procesos de Aplicación Ley de Desarrollo Territorial, Ley 388 de 1997. Tomo 1: Aproximación conceptual. Bogotá.
- MURAWSKI, H., MEYER, W. (1998): Geologisches Wörterbuch. 10. Aufl. Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag.
- NEEF, ERNST. (1983): Ausgewählte Schriften. VEB Hermann Haack. Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha. Gotha.
- NISHENKO, S. P. (1991): Circum Pacific seismic potential – 1989–1999. Pure Appl. Geophys. 135. 169–259 S.
- NISHENKO, S.P. & L.R. SYKES (1993): Comment on Seismic Gap Hypothesis: Ten Years After. In: KAGAN Y. & JACKSON D.D., J., Geophys. Res. 98. 909-916 S.
- NOVOSAD, S. & WAGNER, P. (1993): Landslides. Seventh International Conference & Field Workshop. A.A. Balkema. Slovak Republic
- EISIKOVIC, R. & NOWOTNY, H (1990): Entstehung, Wahrnehmung, und Umgang mit Risiken. Schweizerischer Wissenschaftsrat Bern.
- OCAMPO, A. (2000): Panorama Social de América Latina 2002-2003. CEPAL
- OCAMPO, A. (2002): Panorama Social de América Latina 2002-2003: Pobreza y distribución del ingreso. CEPAL.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (1977): Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2. Aufl. Roma.
- O'KEEFE, P. (1975): Gakarara – A Study in the Development of Underdevelopment. Bradford Disaster Research Unit Occasional Paper 6, University of Bradford, Bradford, U.K

- ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ –ÖROK (1986): Raumordnung und Naturgefahren. ÖROK. Wien. 11-57 S.
- PAVLIDIS T. (1982): Algorithms for graphics and image processing. Springer, Berlin.
- PEUKER, T.K., (1977): Data structures for digital terrain models: discussion and comparison. In Proc. Advanced Study. Symp. on Topological Data Structures for Geographic Information System, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- PEUKER, T.K., FOWLER, R.J., LITTLE J.J. AND MARK, D.M. (1978): The triangulated irregular network. In Proc. Of the DTM Symp. American Society of Photogrammetrie-American Congress on Survey and Mapping, St. Louis, Missouri, 24-31 S.
- PITILAKIS, K. (1995): Seismic microzonation practice in Greece: A critical review of some important factors, Proc. 10th Europ. Conf. Earthq. Engng. (Vienna, 1994), Rotterdam. Balkema. 4, 2537– 2545 S.
- PREUSS, VOLKER (Hrsg.) (1996): Risikoanalysen: über den Umgang mit Gesundheits- und Umweltgefahren. Band 1. Heidelberg. Roland Asanger Verlag.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2003): Informe Nacional de Desarrollo Humano- Colombia 2003. El conflicto callejón con salida.
- QUARANTELLI (1978): Some basic themes in Sociological studies of disasters. In: QUARANTELLI, E. (Hrsg.), Disasters, theory and research.. Studies in International Sociology -SAGE Publications Ltd. California. 1- 17 S.
- QUARANTELLI, F. (1987): What should we study? Questions and suggestions for researches about the concept of disaster. International Journal of Mass Emergencies and Disaster, March. Vol. 5, No.1. 7-32 S.
- REMONDO, J; GONZÁLEZ-DÍEZ A.; DÍAZ D. J. & CENDRERO A. (2003): Landslide Susceptibility Models Utilising Spatial Data Analysis Techniques. A Case Study from the Lower Deba Valley, Guipúzcoa (Spain). In: Natural Hazards 30. Netherlands Kluwer Academic Publishers. 267–279 S.
- RENGERS, N., VAN WESTEN, C. J., CHACÓN, J., and IRIGARAY, C. (1998): Draft for the chapter on the application of digital techniques for natural hazard zonation. Report on Mapping of Natural Hazards, International Association of Engineering Geology. Commission No. 1 on Engineering Geological Mapping.
- RENN, O. (1989): Risikowahrnehmung – Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken. In: HOSEMANN, G. (Hg.), Risiko in der Industriegesellschaft. Analysen, Vorsorge und Akzeptanz: Sieben Vorträge. Erlanger Forschungen 19, Univ.-Bund Erlangen- Nürnberg e.V. Erlangen/Nürnberg. 167-192 S.
- RINNER, C. (1998): ATKIS- Objekte in VRML?. In: STROBL & DOLLINGER (Hrsg.), Angewandte Geographische Informationsverarbeitung – Beiträge zum AGIT – Symposium Salzburg '98. Wichmann. 289 – 304 S.
- RUPKE, J. et al. (1987): A geomorphologic mapping system at scale 1:10.000 for mountainous areas. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. 31 No. 2, 229-242 S.

- SCHAUFELBERGER (1962): Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia. Tomo primero suplemento. Genética y clasificación de los suelos tropicales. Federación Nacional de Cafeteros. CENICAFÉ. Colombia.
- SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart.
- SCHEIDEGGER A. E. (1997): Complexity Theory of Natural Disasters; Boundaries of Self Structured Domains. *Natural Hazards* 16, Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 103–112 S.
- SCHEIDEGGER, A. E. (1975): *Physical Aspects of Natural Catastrophes*, Elsevier, Amsterdam.
- SCHEIDEGGER, A. E. (1987): The fundamental principles of landscape evolution, *Catena Supplement* 10, 199–210 S.
- SCHEIDEGGER, A. E. (1995): Order at the edge of chaos in geophysics, Abstracts IUGG XXI General Assembly 1, A11, UA51A10.
- SCHEIDEGGER, A. E. (1996): Ordnung am Rande des Chaos: ein neues Naturgesetz. *Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation* 84(1). Österreich. 69-74 S.
- SCHMELZER, R. (2000): Massenbewegung im Hochgebirge: Talzusub und Bergsturz im Annapurna Himal, Manang District, West Nepal. Czech Republic: Akademické nakladatelství CERM. 27-57 S.
- SCHRÖDER; D: (1992): *Bodenkunde in Stichworten*. 5. Auflage. Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung. Berlin.
- SCHOLZ, D.; G. KIND, E. SCHOLZ, H. BARSCH. (1976): *Geographische Arbeitsmethoden*. Studienbücherei Geographie. 1. Auflage. VEB Hermann Haack. Gotha. Leipzig.
- SIMPAD-COMISIÓN EDUCATIVA (1996): Plan de educación en prevención y atención de desastres para la ciudad de Medellín 1996-1998. Medellín.
- SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES (2000): *Protocolos nacionales*. Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – Ministerio del Interior. Santa Fe de Bogota.
- SOWAY, L. (1999): Socio-Economic Perspective of developing Country megacities vulnerable to Flood and landslide. In: CARALE, R. & MARGOTTINI, C., *Floods and Landslides*. Springer Verlag, Berlin. 245-260 S.
- SUAREZ DÍAZ, J. (1998): *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamiento. Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamientos, Ingeniería de suelos Ltda. Bucaramanga-Colombia.
- SUSMAN P., O'KEEFE, P. & WISNER, B. (1983): Disaster, a radical interpretation. In: HEWITT, K. (Hrsg.), *Interpretations of Calamity: from the view of human ecology*. Allen & Unwin Inc. Boston. 263-283 S.

- FERNÁNDEZ, T., IRIGARAY C. and J. CHACÓN (2003): Methodology for Landslide Susceptibility Mapping by Means of a GIS: Application to the Contraviesa Area (Granada, Spain). *Natural Hazards* 30. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 297–308 S
- TAVKHELIDSE, T., SCHULTE, A., STUMBÖCK, M. & SCHUKRAFT, G. (2000): Aufbau und Entwicklung der Schuttkegel im Finkenbachtal, südlicher Ordenwald. In: BAADE; G. DAUT, G, GUDE, M. & MÄUSBACHER, R. (Hrsg.), *Neuere Beiträge zur geomorphologischen Prozessforschung*. Jena Geographischen Schriften. Band 9. 95-110 S.
- TERLIEN, M.; VAN WESTEN, C. & VAN ASCH, T. (1995): Deterministic Modelling in GIS-Based Landslide Hazard Assessment. In: CARRARA, A., & GUZZETTI F. (Hgrs), *Geographical Information System in Assessing natural Hazards*. London: Kluwer Academic Publishers. 57-77 S.
- TOLOCZYKI, M. (1999): GIS- Einsatz in Projekten der technischen Zusammenarbeit: Probleme bei Systemaufbau und Nachhaltigkeit. Springer Verlag. Berlin /Heidelberg.
- TROLL, C. (1959): Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. *Bonner Geogr. Abh.*, 25
- TURNER, ALAN K.; KEITH, A. (1996): Landslides: Special report / Transportation Research Board ; 247 . A. Keith. Turner A. ed. Washington, DC.
- UDT – DNP (1999): Documentos para el Desarrollo Territorial N° 21. El gobierno central y su estructura territorial, Santafé de Bogotá, D.C.
- UNDRO (1986): Disaster, Prevention and Mitigation: Social and Sicological Aspects. Office of the United Nations Disaster Relief Organization. Vol 12, United Nations. New York.
- UNDRO (1982): Natural Disaster and Vulnerability Analysis. Office Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. Geneva. Switzerland.
- UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator) (1980): Natural Disaster and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979). Geneva.
- VALENCIA NORA, (1998): Desplazamiento en Antioquia: Documento del DAPARD, 31.12.98. Colombia.
- VAN DER HAMEN; T et.al. (1989): Manual of methods for mountain transect studies. Comparative studies of tropical mountain ecosystems. International Union of Biological Sciences.
- VARNES, D. J. (1978): Slope movements types and processes. In: SCHUSTER R. L AND KRIZEK R. J. (Hrsg.), *Landslides: Analysis and Control*, National Academy of Sciences, Transportation Research Board, Washington DC, Special Report 176, 2. 11–33 S.
- VERSTAPPEN, H. (1992): Vocanic hazards in Colombia and Indonesia: Lahars and related phenomena. In: MCCALL, G.J (Hrsg.), *Geohazards natural and man made*. Chapman & Hall. London. 33-42 S.

- VOGT, JOACHIM (1994): Kurswissen Raumstruktur und Raumplanung. Klett Verlag, Stuttgart.
- WATTS, M. & BOHLE H. (1993): The space of vulnerability: The causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography* 17(1). 43-67 S.
- WENGER, D. (1978): Community response to disaster: functional and structural alterations. In: QUARANTELLI, E. (Hrsg.), *Disasters, theory and research*. California. Sage Publications Inc. 17-49 S.
- WESTGATE, K. & O'KEEFE, P (1976): *Natural disasters: an intermediate text*. Bradford Disaster Research Unit, University of Bradford, Bradford.
- WESTGATE, K. (1975): *Flixborough – the Human Response*. Bradford Disaster Research Unit Occasional Paper 7, University of Bradford. U.K.
- WHITE, G. (1974): Natural hazards research: concepts, methods, and policy implications, In: WHITE, G. (Hrsg.), *Natural Hazard: Local, national, global*. Oxford University press. 3-16 S.
- WHITE, G; SLOVIC, P. & KUNREUTHER H. (1974): Decision processes, rationality, and adjustment to natural hazards. In: WHITE, G. (Hrsg.), *Natural Hazard: Local, national, global*. Oxford University press. 187-219 S.
- WILHELMY, H. (1990): *Geomorphologie in Stichworten: II Exogene Morphodynamik*. 5. Auflage von BAUER, B. & FISCHER H.. Verlag Ferdinand Hirt AG.
- WILCHES-CHAUX, G. (1989) : *Desastres, Ecologismo y Formación profesional* SENA, Colombia.
- WILCHES-CHAUX, G. (1997): *La Vulnerabilidad global*. Escritos 7. Red Solidaria Social CORPES Occidente. Medellín: CEHAP- Universidad Nacional. 21- 47 S.
- YALE CENTER FOR ENVIRONMENTAL LAW AND POLICY YALE UNIVERSITY et. al (2002): *Environmental Sustainability Index: An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force*, World Economic Forum Annual Meeting 2002.
- ZEEMAN, E.C. (1977): *Catastrophe Theory: Selected Papers, 1972-9177*. Addison – Wesley Publishing Company. 3. Auf. USA.
- ZEPP, H. & MÜLLER, M. (1999): *Gestein und Oberflächennaher Untergrund*. In *Landschaftsökologische Erfassungsstandards: ein Methodenbuch*. Deutsche Akademie für Landeskunde, Flensburg. 75-88 S.
- ZEPP, H. & MÜLLER, M. (1999): *Landschaftsökologische Erfassungsstandards: ein Methodenbuch*. Deutsche Akademie für Landeskunde, Flensburg.
- ZIMMERMAN, M, MANI, P. & GAMMA; P. ( 1997): *Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS- basierter Ansatz*. 1 Aufl. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- ZUPKA, D. (1994): *El sistema de las naciones unidas y la mitigación de desastres: El rol del departamento de asuntos humanitarios*. In: *Conferencia interamericana sobre reducción de los desastres naturales*, Cartagena Marzo 21-24. 1-3 S.

ZULETA, GUSTAVO (2003): Generación de un SIG para mantenimiento de vías. Tesis de Especialización en Vías. Universidad Nacional de Medellín.

## ZEITSCHRIFTEN

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES, EIRD- América Latina y el Caribe. (2001). No. 2, Costa Rica.

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCION DE DESASTRES, EIRD- América Latina y el Caribe. (2001). No. 3, Costa Rica.

VERMESSUNG UND GEOINFORMATION No. 84 (1), 69–74 S.

## REFERENZEN AUS DEM INTERNET

CEPAL (2002): Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Cepal, Februar. In Internet unter: <http://www.eclac.org/publicaciones/Estadisticas>. Dezember 2005

CEPAL (2002): Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Cepal, Februar. Disponible in Internet: <http://www.eclac.org/>. Dezember 2005

EL ESPECTADOR, Feb. 7 1999, <http://www.elespectador.com>. S.18. 02/1999.

EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database/  
<http://www.cred.be/emdat>. Nov. 2003

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY.  
<http://webadmin@omh.state.ny.us>, 10/09/2001

INFORME SOBRE EL DESARROLLO HUMANO 2001. Programa de las Naciones Unidas por el desarrollo. [http://hdr.undp.org/en/media/hdr\\_2001\\_es.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/hdr_2001_es.pdf). Dezember 2008

MASKREY; A. (1993). Los desastres no son naturales. Red De Estudios Sociales (La RED). Tercer Mundo Editores. Colombia. Internet: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc4081/doc4081-contenido.pdf>. Dezember 2005

LA RED (1992): Agenda de Investigación y Constitución Orgánica. Internet: <http://www.desenredando.org/public/libros/1992/agenda/AgendaDeInvestigacion-1.0.0.pdf>. 12/ 2002

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Subdirección de Educación ambiental. *Normatividad sobre el Medio Ambiente. Política de educación ambiental: Cultura para la paz.* Bogotá 2002. [http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img\\_upload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/POLITICA\\_DE\\_EDUCACION\\_ULTIMA\\_VERSION.pdf](http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img_upload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/POLITICA_DE_EDUCACION_ULTIMA_VERSION.pdf). Dezember 2008