WASSERMANAGEMENT
IN EINER SEMIARIDEN REGION IN CHILE -

Studie über die Wasserressourcen, die Trinkwasserversorgung, die Abwasserentsorgung und die Bewässerungssituation in der Gemeinde Río Hurtado in der IV. Region Chiles

April 2002

Julika Post

Dipl.-Ing. Technischer Umweltschutz

Erstellt mit Unterstützung
der Municipalidad de la Comuna Río Hurtado,
der Nichtregierungsorganisation El Canelo de Nos aus Santiago und
dem Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung aus Berlin.

Gefördert durch das Fortbildungsprogramm der Carl Duisberg Gesellschaft "Praktika für deutsche Fach- und Nachwuchsführungskräfte in Lateinamerika"

Dank

Ich danke im Besonderen den folgenden Menschen, die alle zur Entstehung dieser Studie beigetragen haben:

Joachim Borner vom Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung,

Gabriel Sanhueza und Oscar Nunez von El Canelo de Nos,

Allán Ramírez, der mich in Pichasca in sein Haus aufnahm und mir half mich in dieser doch so anderen Welt zurecht zufinden,

Willy Godoy, dem Leiter des Departamento de Educación in der Comuna Río Hurtado, der mir die abgelegenen, schwer zu erreichenden Orte der Gemeinde zeigte und mir zur Durchführung einer Umfrage eine Fahrgelegenheit zur Verfügung stellte,

Jorge Valenzuela von Obras Hidráulicas in La Serena und Ruth Mercado vom Laboratorio ESSCO, die mir Informationen und Daten zum Thema Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung zur Verfügung stellten,

den Vertretern von INDAP in Ovalle und den Mitarbeitern des Departamento de Desarollo der Comuna Río Hurtado für Informationen zum Thema landwirtschaftliche Bewässerung,

allen Mitarbeitern der Komitees Agua Potable Rural, die geduldig und ausführlich meine Fragen beantworteten,

sowie meiner Familie und meinen Freunden für ihre Geduld und ihre Hilfe bei der Erstellung und Korrektur der Studie.

Außerdem danke ich der Carl Duisberg Gesellschaft für die finanzielle Förderung meines Aufenthalts in Chile.

ABSTRACT

Die Studie „**Wassermanagement in einer semiariden Region Chiles**“ untersucht die Wasserressourcen, die Trinkwasserver- sowie die Abwasserentsorgung und die Bewässerungssituation in der chilenischen Gemeinde Río Hurtado. Zur Ermittlung des aktuellen Zustandes wurden die für die dezentral strukturierte Wasserversorgung zuständigen Personen anhand eines Fragebogens interviewt. Außerdem wurden Gespräche mit Vertretern der zuständigen Institutionen auf lokaler und regionaler Ebene geführt. Der überwiegende Teil der Bevölkerung in der Gemeinde Río Hurtado ist inzwischen an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen, deren Zustand im Allgemeinen als gut bezeichnet werden kann. Verbessert werden muss hier vor allem die Kontrolle der Trinkwasserqualität. Die Abwasserbeseitigung stellte in der Vergangenheit kein größeres Problem dar, da das Abwasseraufkommen punktuell relativ gering war. Der steigende Verbrauch an Haushaltschemikalien und die zunehmende Konzentrierung der Bevölkerung in den größeren Orten erfordern jedoch für die Zukunft ein anderes System der Abwasserentsorgung. Die Qualität der Wasserressourcen wird außerdem durch Rückstände vom Bergbau in den Quellgebieten und durch den steigenden Einsatz von Chemikalien in der Landwirtschaft gefährdet. Quantitative Wasserprobleme treten in der Landwirtschaft auf: Verursacht durch ineffiziente Bewässerungsmethoden kann der Bedarf in den regelmäßig wiederkehrenden Trockenzeiten nicht gedeckt werden. Die Studie stellt exemplarisch für die weltweit zunehmenden Gebiete, in denen es an Wasser in ausreichender Quantität und/oder Qualität mangelt, die Probleme einer ländlichen, semiariden Gemeinde dar und zeigt Lösungswege zur Verbesserung ihres Wassermanagements auf.

The study “**Water Management in a Semiarid Region of Chile**” analyzes water resources, drinking water supply, wastewater disposal and irrigation systems in the Chilean municipality of Río Hurtado. The current state-of-affairs in these areas was examined by semi-structured interviews with officials responsible for the decentralized water supply in the municipality. Additionally, representatives of the relevant institutions on local and regional level were consulted. The predominant part of the population of Río Hurtado is meanwhile connected to public drinking water supply systems, which generally performs well. However, particularly the monitoring of drinking water quality must be improved. Wastewater disposal has not been a major problem in the community in the past, since the quantity of wastewater generated locally has been low. Yet, the growing use of household chemicals and an increasing concentration of population in larger settlements require a different system of wastewater disposal. The quality of water resources is furthermore endangered by mining residues in the headwaters and by the increased use of chemicals in agriculture. Quantitative water problems occur in the agricultural sector: During recurrent dry seasons, inefficient irrigation methods can not meet the necessary demand. Exemplarily for the increasing areas suffering from water shortage and water contamination worldwide, this study illustrates the problems that a rural, semiarid community faces and presents solutions to improve their water management.

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG 1

2 DIE GEMEINDE RIO HURTADO 3

2.1 Geographie, Administration und Klima 3

2.2 Bevölkerung 4

2.3 Wirtschaftliche Aktivitäten in der Gemeinde 6

2.3.1 Landwirtschaft und Ziegenhaltung 6

2.3.1.1 Landwirtschaftlicher Anbau 7

2.3.1.2 Ziegenhaltung 9

2.3.2 Industrie 10

2.3.3 Bergbau 11

2.4 Erosion und Desertifikation 13

3 DIE RESSOURCE WASSER 16

3.1 Der Río Hurtado und seine Zuflüsse 16

3.1.1 Hydrographie 16

3.1.2 Messstationen und Wasserabflussmengen 16

3.2 Grundwasser 19

3.3 Niederschläge 20

3.4 Wasserqualität 22

3.4.1 Gesetzliche Regelungen zum Schutz der Ressource Wasser 22

3.4.2 Quellen der Verschmutzung 23

3.4.3 Kontrolle der Wasserqualität 24

4 TRINKWASSERVERSORGUNG 26

4.1 Entwicklung der Trinkwasserversorgung in den ländlichen Gebieten Chiles 26

4.2 Gesetzliche Regelungen zur Trinkwasserversorgung in Chile 27

4.3 Akteure im Bereich der Trinkwasserversorgung in Río Hurtado 29

4.3.1 Direktion für hydraulische Arbeiten DOH in der IV. Region 29

4.3.2 Gemeindeverwaltung Río Hurtado 30

4.3.3 Komitees zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten 30

4.4 Wasserversorgungssituation in der Gemeinde Río Hurtado 32
4.4.1 Trinkwasserversorgung durch die Komitees A.P.R. 33
4.4.1.1 Mitarbeiter der Komitees A.P.R. 33
4.4.1.2 Vermögensverhältnisse und Ausstattung der Komitees A.P.R. 33
4.4.1.3 Kosten des Trinkwassers 34
4.4.1.4 Wasserverbrauch 35
4.4.1.5 Trinkwassergewinnung und -aufbereitung 37
4.4.1.6 Trinkwasserspeicherung und -verteilung 39
4.4.1.7 Trinkwasserqualität 40
4.4.1.8 Probleme bei der Trinkwasserversorgung durch die Komitees A.P.R. und Projekte zur Verbesserung der Situation 42
4.4.2 Trinkwasserversorgung in den dünn besiedelten Gebieten 44
4.4.3 Wasserversorgung der Industrie 50

5 ABWASSERENTSORGUNG 51
5.1 Stand der Abwasserentsorgung in Chile 51
5.2 Gesetzliche Regelungen zur Abwasserentsorgung in Chile 52
5.3 Menge und Zusammensetzung des häuslichen Abwassers 53
5.4 Abwasserentsorgungssysteme im ländlichen Raum 54
5.4.1 Trocken- oder Komposttoilette (Letrina Seca) 55
5.4.2 Absetzkammer (Fosa Séptica) mit anschließender Versickerung 56
5.4.3 Pflanzenkläranlage 57
5.4.4 Abwasserteich (Laguna) 59
5.4.5 Kompaktkläranlage 59
5.5 Abwasserentsorgung in der Gemeinde Río Hurtado 60
5.5.1 Entsorgung der häuslichen Abwässer 60
5.5.2 Projekte zur Verbesserung der Abwasserentsorgungssituation 62
5.5.3 Abwasserentsorgung in der Industrie 66
5.5.4 Abwasserentsorgung im Bergbau 67

6 LANDWIRTSCHAFTLICHE BEWÄSSERUNG 68
6.1 Staatliche Bewässerungspolitik 68
6.1.1 Wassernutzungsrechte 68
6.1.2 Staatliche Akteure im Bereich der Bewässerung 69
6.1.3 Staatl. Programme zur Förderung von Investitionen im Bewässerungsbereich 70

6.2 Bewässerungsmethoden 71
6.2.1 Traditionelle Bewässerungsmethoden 72
6.2.1.1 Handrieselung / Schwemmbewässerung (Riego por Tendido) 72
6.2.1.2 Furchenbewässerung (Riego por Surcos) 72
6.2.1.3 Streifenbewässerung (Riego por Bordes) 73
6.2.1.4 Beckenbewässerung /Überflutung (Riego por Estanques / Inundación) 73
6.2.2 Mechanisierte Bewässerungsmethoden 73
6.2.2.1 Tropfbewässerung (Riego por Goteo) 74
6.2.2.2 Mikroberegnung (Microaspersión y Microjet) 74
6.2.2.3 Beregnung (Aspersión) 74
6.2.2.4 Wasserspeicher (Estanques Acumuladores de Agua) 75
6.2.2.5 Kosten der mechanisierten Bewässerungsmethoden 75
6.2.3 Überblick über die verschiedenen Bewässerungsmethoden 76
6.3 Die Bewässerungssituation in der Gemeinde Río Hurtado 76
6.3.1 Wasserechte in der Gemeinde Río Hurtado 77
6.3.2 Preis des Wassers und Regulierung der Wasserentnahme 78
6.3.3 Zustand und Ausbau der Kanäle 79
6.3.4 Studie zur Optimierung der Bewässerungssituation 79
6.3.5 Bewässerungsfläche und -methoden in der Gemeinde Río Hurtado 80
6.3.6 Projekte zur Verbesserung der Bewässerungssituation in Río Hurtado 81
7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK 84
8 LITERATURVERZEICHNIS 89
9 ANHANG 91

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Die Siedlung Serón im Flusstal des Río Hurtado, im Hintergrund die Anden 4
Abb. 2.2: Bevölkerungsentwicklung in Río Hurtado 5
Abb. 2.3: Altersverteilung in Río Hurtado von 1952 bis 1992 5
Abb. 2.4: Nutzfläche der Gemeinde 1997 7
Abb. 2.5: Nutzung der landwirtschaftlichen Anbaufläche 1997 8
Abb. 2.6 a und b: Piscobrennerei der Kooperative Capel in Serón 11
Abb. 2.7: Die Quebrada Pichasca im Juli 2001 15
Abb. 3.1: Mittelwerte der mittleren monatliche Abflusswerte und der monatlichen Maximalwerte des Río Hurtado in San Agustín und Angostura de Pangue, 1946-2000 17
Abb. 3.2: Mittlere jährliche Abflusswerte in San Agustín, Angostura de Pangue und am Stausee Recoleta, 1946-2000 18
Abb. 3.3: Füllvolumina des Stausees Recoleta im Monatsdurchschnitt von 1981-2002 19
Abb. 3.4: Jährliche Niederschlagsmengen in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001 20
Abb. 3.5: Mittlere monatliche Niederschlagsmengen in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001 21
Abb. 3.6: Max. gemessene Niederschläge in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001 21
Abb. 3.7: Maximal gemessene Niederschläge in Hurtado von 1946 bis 2001, in Abschnitten von 14 Jahren dargestellt 22
Abb. 3.8: Leitfähigkeit des Wassers des Río Hurtado in San Agustín, Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta, 1970-1989 24
Abb. 3.9: pH-Wert des Wassers des Río Hurtado in San Agustín, Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta, 1970-1989 25
Abb. 4.1: Der neue Brunnen in Pichasca 37
Abb. 4.2: Brunnen des Komitees Quebrada Santander ohne Umzäunung 38
Abb. 4.3: Automatische Chlorung in Las Breas 38
Abb. 4.4: Umzäunter 50 m³-Wasserspeicher des Komitees Hurtado-El Chañar 39
Abb. 4.5: Umzäunter 15 m³-Wasserspeicher des Komitees Huampulla 39
Abb. 4.6: Privater Wassertank in El Romeral 45
Abb. 4.7: Ungeschütztes Noria in Minillas 47
Abb. 4.8: Mit Zweigen geschützte Quelle 47
Abb. 4.9: Filtrationsmethode, Schule von El Sauce 48
Abb. 5.1: Schematische Darstellung einer Pflanzenkläranlage 57
Abb. 5.2: Pflanzenkläranlage „Wetland Ganter & Errázuriz®“ 58
Abb. 5.3: Konstruktion einer Absetzkammer beim Neubau eines Hauses in Tahuinco 61

Abb. 5.4: Die ehemaligen Latrinen der Schule in El Romeral (inzwischen sind zwei Wassertoiletten installiert worden) 62
Abb. 5.5: Häuschen mit Trockentoilette, Dusche, Küchenspüle und Trinkwassertank (links im Bild) in El Romeral 65
Abb. 5.6: Trockentoilette und Dusche im Inneren 65
Abb. 6.1: Handrieselung (Riego por Tendido)[13] 72
Abb. 6.2: Furchenbewässerung 73

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1: Komitees A.P.R in der Gemeinde Río Hurtado 31
Tab. 4.2: Trinkwassersysteme, Haushalte und Einwohner in Río Hurtado 32
Tab. 4.3: Wasserpreise der Komitees A.P.R. in Pesos ($) und Euro-Cent (ct) 34
Tab. 4.4: Durchschnittlicher Gesamt-Wasserverbrauch (GWV) pro Monat im Sommer, Winter, über das gesamte Jahr und pro Anschluss, sowie der durchschnittliche Wasserverbrauch in Liter pro Einwohner und Tag (l/Ed) 36
Tab. 4.5: Vorgeschriebene Untersuchungen nach NCh 409/2. Of84 bzw. NCh 409/2.cR99 40
Tab. 6.1: Überblick über verschiedene Bewässerungsmethoden 76
Tab. 6.2: Kanäle des Río Hurtado oberhalb des Stausees Recoleta 78
Tab. 6.3: Bono Campesino-Bewässerungsprojekte in Río Hurtado von 1997 bis 2001 81
Tab. 6.4: Prodecop-Bewässerungsprojekte in Río Hurtado von 1998 bis 2001 82
Tab. 6.5: Projekte der Großgrundbesitzer zur Modernisierung der Bewässerung (Konstruktion von Speicherbecken und Installation von Tropfbewässerung) 83
Tab. 9.1: Distrikte, Siedlungen, Comunidades Agrícolas (CA) und Fundos in Río Hurtado 94
Tab. 9.2: Physikalische Grenzwerte 96
Tab. 9.3: Chemische Grenzwerte 96

Abkürzungen

A.P.R.	Agua Potable Rural
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNA	Banco Nacional de Aguas
CA	Comunidad Agrícola
C.R.R.	Comisión Regional de Riego
CIRH	Centro de Informaciones de Recursos Hídricos
CNR	Comisión Nacional de Riego
CODEFF	Comité Nacional Pro Defensa de Fauna y Flora
CONAF	Corporación Nacional de Forestación
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
DGA	Dirección General de Aguas
DIRECTEMAR	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
EMOS	Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S. A.
ESSCO	Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo S. A.
FDLA	Fondo de las Américas
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FNDR	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
ISAR	Inversión Sectorial de Asignación Regional
MOP	Ministerio de Obras Públicas
NCh	Norma Chilena
SEGPRES	Secretaría General de la Presidencia
SENDOS	Servicio Nacional de Obras Sanitarias
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
TW	Trinkwasser
UF	Unidades de Fomento (chilenische Währungseinheit)
UNO	United Nations Organisation
UVAL	Unidad de Validación
WHO	World Health Organisation

1 EINLEITUNG

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts ist Wasser in vielen Gebieten der Erde ein knappes Gut, und Wassermangel bedroht in zunehmendem Maße Mensch und Natur. Hervorgerufen wird die **Wasserkrise** vor allem durch die falsche Bewirtschaftung von Wasser. Verstärkt wird die Entwicklung durch die globalen Klimaveränderungen, die in vielen tropischen und subtropischen Regionen zu geringeren und ungleichmäßiger verteilten Niederschlägen führen. Besonders die armen und ärmsten Bevölkerungsgruppen sind von den Folgen der zunehmenden Wasserknappheit betroffen, und alle Anzeichen deuten darauf hin, dass sich die Wasserkrise in den kommenden Jahren weiter verschärfen wird, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Ein Beispiel für die weltweit zunehmenden Gebiete mit Wassermangel ist die **Gemeinde Río Hurtado**. Die ländliche Gemeinde mit rund 5.000 Einwohnern liegt im kleinen Norden Chiles, in der IV. Region. Es handelt sich um eine bergige Region mit wenigen Wasserressourcen. Wichtigste Wasserquelle der Gemeinde ist der in den Anden entspringende Río Hurtado. Das Klima der Region, die südlich an die Atacama-Wüste, eine der trockensten Wüsten der Erde angrenzt, ist semiarid. Die wenigen Niederschläge finden hauptsächlich in den Monaten Juni bis August statt. Der globale Klimawandel wirkt sich auch auf diese Gegend aus. Die Niederschläge finden sporadischer, jedoch mit zunehmender Heftigkeit statt. Zugleich werden die immer wieder auftretenden Dürreperioden länger und erreichen heute Zeiträume von bis zu fünf Jahren.

Landwirtschaft und Ziegenhaltung prägen die Ökonomie der Gemeinde, die zu einer der ärmsten in Chile gehört. Die Hauptprodukte sind Trauben und Ziegenkäse. Der landwirtschaftliche Anbau in der Gemeinde Río Hurtado ist geprägt von kleinen Familienbetrieben. Es handelt sich vorwiegend um Subsistenzlandwirtschaft zur Selbstversorgung mit gelegentlichem Überschussverkauf. Die in dieser Klimaregion für den Anbau notwendige Bewässerung der Felder erfolgt überwiegend mit traditionellen, wenig effizienten Bewässerungsmethoden und in den Dürreperioden reichen die Wasserreserven nicht aus, um den Bedarf der Landwirtschaft zu decken.

Die Qualität der knappen Wasserressourcen wird durch den in den Quellgebieten stattfindenden Bergbau bedroht. Die Probleme der mangelhaften Abwasserentsorgung treten inzwischen deutlicher hervor, da sich die Bevölkerung zunehmend in den größeren Ortschaften konzentriert.

Die Studie gibt einen Überblick über die Situation der Gemeinde Río Hurtado in den Bereichen Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung und landwirtschaftliche Bewässerung. Die folgenden Themen werden behandelt:

- Die Wassersituation in Chile sowie die **rechtlichen Rahmenbedingungen** werden dargestellt.
- Vorhandene Informationen über **Quantität und Qualität der Wasserressourcen** in der Gemeinde werden zusammengestellt, und das Fehlen von Daten für ein effizientes Wassermanagement wird aufgezeigt.
- Der Zustand und die Organisation der **Trinkwassersysteme**, sowie die Versorgungssicherheit, die Trinkwasserqualität und deren Kontrolle werden detailliert untersucht.
- Der aktuelle Stand des **Abwassermanagements** wird dargestellt, gegenwärtige Probleme, geplante Entwicklungen und alternative Entwicklungsmöglichkeiten werden aufgezeigt.
- Die Struktur und Organisation der **landwirtschaftlichen Bewässerung** in Chile, die derzeitige Situation in der Gemeinde, sowie die angewandten Bewässerungsmethoden, deren Vor- und Nachteile, und Programme zur Förderung moderner Methoden und zur Verbesserung der Wassernutzung werden erläutert.

Die in dieser Studie zusammengetragenen Informationen können der Gemeindeverwaltung und anderen zuständigen Institutionen bei der Verbesserung der Wassermanagements in der Gemeinde Río Hurtado und bei der Planung von Maßnahmen im Wassersektor nützlich sein. Außerdem erhalten private Investoren, die an der Installation von dezentralen Trinkwasser- oder Abwassersystemen interessiert sind, einen Überblick.

2 DIE GEMEINDE RIO HURTADO

2.1 Geographie, Administration und Klima

Die Gemeinde Río Hurtado befindet sich in der IV. Region Chiles, der Región de Coquimbo, in der Provinz Limarí auf 30° südlicher Breite und 71°2' westlicher Länge (ca. 450 km nördlich von Santiago). Das Gebiet der Gemeinde umfasst knapp 2.400 km² [16]. Es liegt im Mittelgebirge der Voranden (montaña media) und erstreckt sich entlang des Flusstals des Río Hurtado und seiner transversalen Seitentäler. Das Haupttal verläuft von der Quelle in den Anden aus zuerst von Süd-Ost nach Nord-West, bei der Siedlung Hurtado ändert es seine Richtung und verläuft von Nord-Ost nach Süd-West. Die Höhe des Gebietes bewegt sich zwischen über 4.000 m ü. M. in den Anden an der argentinischen Grenze und ca. 400 m ü. M. am Eingang des Tales an der Grenze zur Gemeinde Ovalle. Es handelt sich um eine bergige Region südlich der Atacama-Wüste, einer der trockensten Wüste der Erde, mit vielen Hanglagen, Böden geringer Mächtigkeit und wenigen Wasserressourcen, die stark von Desertifikation bedroht ist.

Im Anhang A finden sich Karten von Chile, der Región de Coquimbo und der Provinz Limarí.

Die Gemeinde ist in zehn Distrikte[1] unterteilt und besitzt 20 Siedlungen (poblades), fünf Ländereien von Großgrundbesitzern (fundos) und zehn landwirtschaftliche Genossenschafen (comunidades agrícolas) (siehe Anhang B). Die Siedlungen befinden sich hauptsächlich entlang des Haupttales des Río Hurtado. Es handelt sich um eine Region mit ausschließlich ländlicher Bevölkerung (población rural), die größten Siedlungen sind Pichasca, Serón und Hurtado mit jeweils 500 bis 600 Einwohnern. Der Verwaltungssitz der Gemeinde liegt in Samo Alto [11].

[1] Las Breas, Cachacos, Samo Alto, Pichasca, Fundina, Serón, Hurtado, El Chañar, Tabaqueros und El Romeral

Abb. 2.1: Die Siedlung Serón im Flusstal des Río Hurtado, im Hintergrund die Anden

Das **Klima** der Region ist semiarid. In acht bis zehn Monaten des Jahres wird die Region stark vom Antizyklon des Pazifiks beeinflusst und ist deswegen von einer hohen Trockenheit der Atmosphäre geprägt. Wegen der starken Sonneneinstrahlung ist die Bewölkung gering. Die wenigen Niederschläge finden hauptsächlich in den Monaten Juni bis August statt. Die Niederschlagsmenge schwankt zwischen 100 und 130 mm pro Jahr. Im Vergleich zum chilenischen Durchschnitt von ungefähr 1.500 mm Niederschlägen pro Jahr sind diese Werte sehr niedrig. Nur in den Wüstengebieten des Nordens, in der I. und II. Region Chiles, fallen mit durchschnittlich 60 mm pro Jahr noch weniger Niederschläge [12].

Die globale Erwärmung der Atmosphäre, die das Klima weltweit verändert, wirkt sich auch auf die IV. Region aus. Der Klimawandel sorgt in der Gemeinde für extremere Trockenheit mit abnehmenden Niederschlägen, die sich vom Winter immer mehr in den Frühling verlagern. Die Niederschläge finden immer sporadischer statt, jedoch mit zunehmend größerer Heftigkeit, wachsender Schadwirkung und verstärkter Bodenerosion. Zugleich werden die immer wieder auftretenden Dürreperioden länger und erreichen heute Zeiträume von 3 - 5 Jahren [12].

2.2 Bevölkerung

Bei der letzten amtlichen Zählung im Jahre 1992 hatte die Gemeinde Río Hurtado 5.090 Einwohner [14]. Die Vorbereitungen für die nächste amtliche Zählung im April 2002 haben für das Jahr 2001 eine Abnahme der Bevölkerung auf 4.656 Einwohner ergeben [15]. Gründe

für den Rückgang der Einwohnerzahlen sind vor allem das Fehlen von Arbeitsplätzen und die besseren Entwicklungsmöglichkeiten in den urbanen Zentren. Die Bevölkerung wandert ab. Besonders in Trockenzeiten, wenn es nicht möglich ist mit Landwirtschaft und Ziegenhaltung Erträge zu erzielen, verlassen vor allem die Jüngeren das Tal. In Abb. 2.2 ist die Entwicklung der Einwohnerzahlen in den letzten 70 Jahren dargestellt.

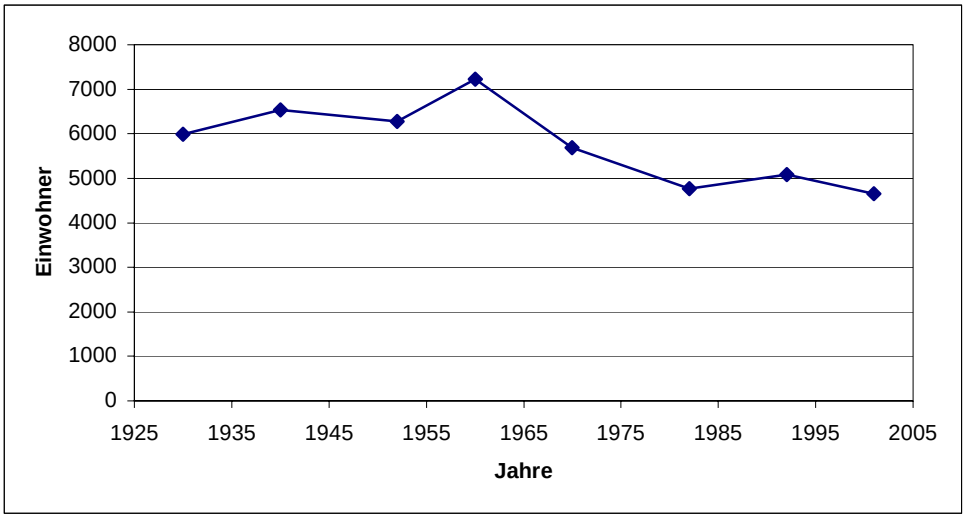


Abb. 2.2: Bevölkerungsentwicklung in Río Hurtado [14], [15]

Seit den 50er Jahren liegt der Anteil der Bevölkerung im arbeitsfähigen Alter (15-60 Jahre) relativ stabil bei ca. 50 %, doch seit den 70er Jahren ist eine zunehmende Alterung der Bevölkerung zu erkennen. Mit einem Anteil der unter 15-Jährigen von 34 % (1992) ist die Bevölkerung der Gemeinde zwar immer noch relativ jung, aber schon deutlich älter als 1970, als noch 47 % unter 15 Jahre alt waren (vgl. Abb. 2.3) [14].

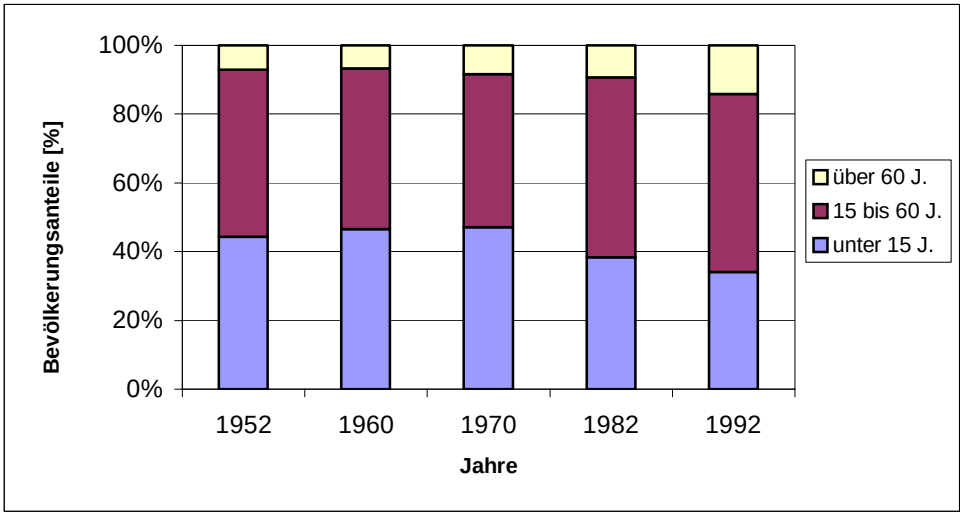


Abb. 2.3: Altersverteilung in Río Hurtado von 1952 bis 1992 [14]

2.3 Wirtschaftliche Aktivitäten in der Gemeinde

Landwirtschaft und Ziegenhaltung prägen die Ökonomie der Gemeinde. 87 % der aktiven Bevölkerung arbeiten in diesem Sektor. Der größte Arbeitgeber der Gemeinde ist der Staat mit 188 Angestellten, die in der Verwaltung (44), den Schulen (125) und den Krankenstationen (19) der Gemeinde tätig sind [12]. 1992 wurden 22 Unternehmer in der Gemeinde gezählt. Der einzige größere gewerbliche Arbeitgeber ist mit 15 Festangestellten und 20 zusätzlichen Saisonarbeitern die Piscobrennerei der Kooperative Capel (Cooperativa Agrícola y Pisquera del Elqui Ltda.) in Serón, die das Nationalgetränk der Chilenen, den Pisco, einen klaren Weinbrand, erzeugt.

Das monetäre Einkommen von 85 % der Einwohner liegt mit 15.000 chilenischen Pesos ($) monatlich (ca. 25 €) deutlich unter dem chilenischen Durchschnitt in ländlichen Gebieten von 33.000 $ (ca. 55 €) [20]. In den urbanen Gebieten liegen die monetären Einkommen wesentlich höher. So betrug das mittlere Realeinkommen in der IV. Region 1990 knapp 100.000 $ (175 €) und 1997 bereits knapp 200.000 $ (350 €) [10]. Damit ist Río Hurtado eine der Gemeinden Chiles, die am stärksten sowohl von Armut als auch von Desertifikation betroffen sind. Aufgrund fehlender Arbeitsplätze ist die Abwanderung der Bevölkerung ein gravierendes Problem. Eine Entlastung dieser Situation durch die Ansiedlung von Wirtschaftsunternehmen findet aufgrund gering entwickelter Geldwirtschaft, teils gemeinschaftlicher Eigentumsrechte an Boden und Wasser, infrastruktureller Abgelegenheit und politischer Marginalität nicht statt.

2.3.1 Landwirtschaft und Ziegenhaltung

Bei der Landwirtschaft handelt sich überwiegend um Subsistenzlandwirtschaft mit diskontinuierlichem/saisonbedingtem Überschussverkauf auf überregionalen Märkten. Die Hauptprodukte sind Trauben und Ziegenkäse.

Die letzte amtliche landwirtschaftliche Zählung im Jahr 1997 ergab, dass 76,2 % der 2.400 km² Nutzfläche der Gemeinde mit natürlichen Wiesen und Weiden bedeckt sind, die für die Ziegenhaltung genutzt werden. 22,5 % der Fläche sind unfruchtbar. Weniger als 1,2 % (knapp 2.800 ha) werden für den landwirtschaftlichen Anbau genutzt. Gut 0,1 % der Fläche (336 ha) werden indirekt genutzt für Häuser, Straßen, Wege, Kanäle, etc. [16].

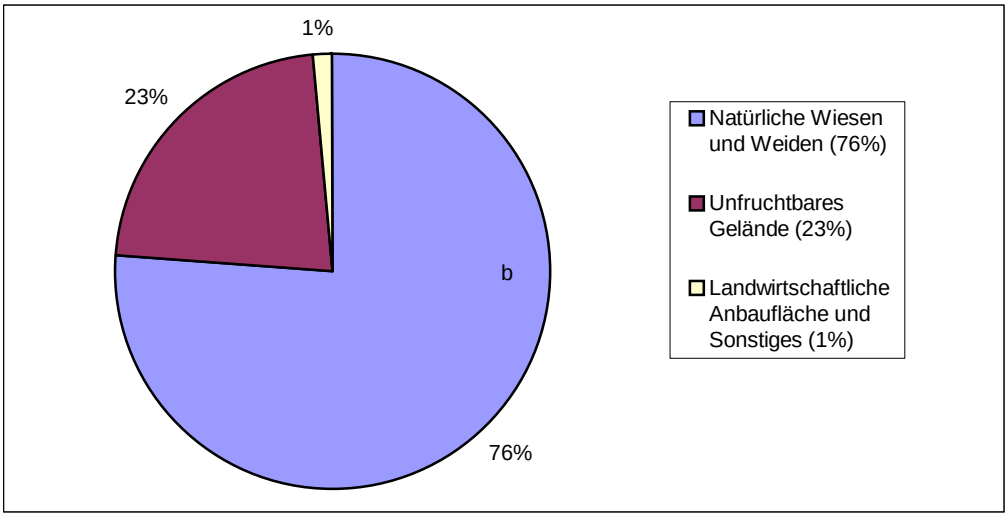


Abb. 2.4: Nutzfläche der Gemeinde 1997 [16]

Der Landbesitz in der Gemeinde ist aufgeteilt zwischen landwirtschaftlichen Gemeinschaften (comunidades agrícolas), Großgrundbesitzern (patrones) und Kleinbauern (campesisos). Die großen, zusammenhängenden und fruchtbaren Anbauflächen sind im Besitz von fünf Großgrundbesitzern. Diese „Fundos“ liegen bei Tahuinco (El Carmen), Samo Alto (El Esperanza), Fundina (La Cortadera), Serón und Las Breas (El Bosque). Die übrigen landwirtschaftlich nutzbaren Flächen im Flusstal sind hauptsächlich kleine Parzellen in Familienbesitz. Der Besitz der landwirtschaftlichen Gemeinschaften verteilt sich überwiegend auf die Flächen in den Bergen und wird als Weidefläche für Ziegen genutzt.

2.3.1.1 Landwirtschaftlicher Anbau

Der landwirtschaftliche Anbau in der Gemeinde Río Hurtado wird geprägt von Familienbetrieben mit kleinen, zerstückelten Anbauflächen. 40 % der Landwirte bearbeiten Flächen von unter einem Hektar, 50 % der Landwirte bewirtschaften zwischen einem und zehn Hektar und nur 10 % der Landwirte bearbeiten mehr als zehn Hektar. Es handelt sich vorwiegend um Subsistenzlandwirtschaft zur Selbstversorgung. Durch den Verkauf von Überschüssen werden saisonal monetäre Einkommen erzielt.

Allein auf den großen, zusammenhängenden und fruchtbaren Flächen der Großgrundbesitzer erfolgt die Produktion großflächig und kommerziell in Monokulturen. In Tabaqueros werden Tafeltrauben und Avocado für den Export produziert. In Samo Alto und in der Cortadera werden Trauben für den Piscoproduzenten Pisco Control angebaut. In der Cortadera werden außerdem Pfirsiche, Nüsse und Gemüse kultiviert. In Serón und El Bosque werden Trauben für den Piscoproduzenten Pisco Capel angebaut. Die Trauben

werden in der Piscobrennerei in Serón verarbeitet[2]. In El Bosque werden außerdem Futtermittel in größeren Mengen angebaut.

Die vorliegenden Daten über die Verteilung der Anbauprodukte wurden bei der letzten amtlichen landwirtschaftlichen Zählung im Jahr 1997 für das landwirtschaftliche Jahr Mai 1996 bis April 1997 ermittelt. Bei der Analyse dieser Daten muss allerdings beachtet werden, dass von September 1993 bis Mai 1997 eine vierjährige Dürreperiode in der Region herrschte und infolge dessen 96/97 wesentlich weniger angebaut wurde als in normalen Jahren. So erklärt sich, dass 1997 62,2 % der landwirtschaftlichen Anbaufläche brachlagen bzw. zum Teil zur Nachzucht genutzt wurden, nur auf 15,5 % der Fläche wurden Futterpflanzen angebaut, auf 12,2 % Trauben, auf 7,3 % Früchte und auf 1,5 % standen Baumpflanzungen (siehe Abb. 2.5) [16].

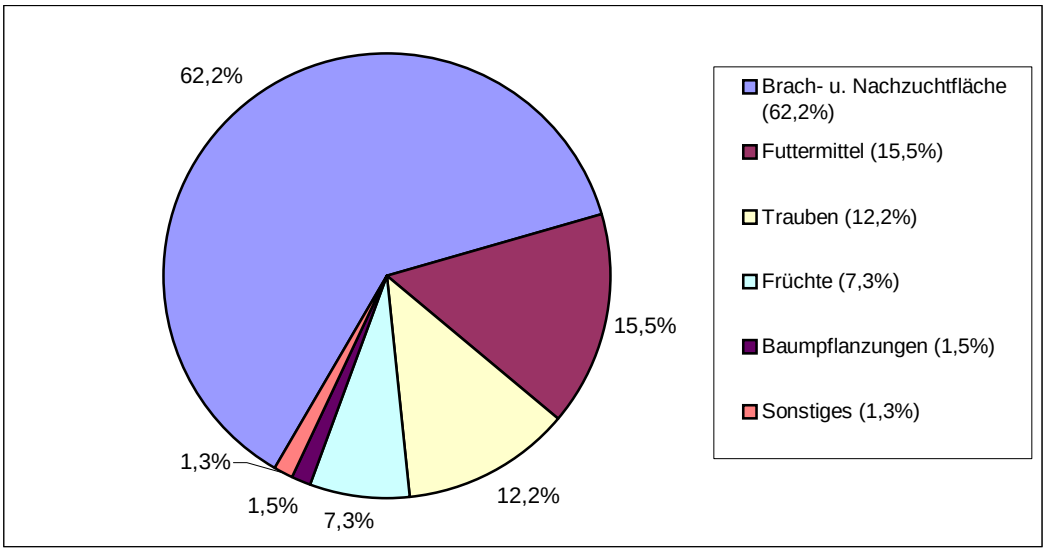


Abb. 2.5: Nutzung der landwirtschaftlichen Anbaufläche 1997 [16]

Die Produktionsformen und die Bearbeitung der Böden sind traditionell. Landwirtschaftliche Maschinen werden nicht eingesetzt. Nur auf den Fundos der Großgrundbesitzer in El Carmen (Tahuinco), La Cortadera (bei Fundina) und El Bosque (Las Breas) werden Maschinen eingesetzt. Die Kosten der Produktion sind hoch und die Erträge sind gering [11]. Die Bewässerung erfolgt überwiegend mit traditioneller Schwemmbewässerung, was zu einer permanenten Wassererosion der Böden und damit zu einer Verringerung der Bodenfruchtbarkeit führt (siehe Kap. 6.2.1). Der Gebrauch von Pestiziden und mineralischem Dünger ist in den letzten Jahren angestiegen. Wird die Art der Produktionsform beibehalten,

[2] Durch die gestiegenen Produktionsmengen sind die Marktpreise für die Trauben gesunken und lagen 2001 unterhalb der Produktionskosten. 2001 konnten nicht alle Trauben, die produziert wurden, verarbeitet werden, und für 2002 wird eine ähnliche Situation prognostiziert.

wird es nach Schätzungen des Nationalen Komitees zum Schutz der Fauna und Flora CODEFF (Comité Nacional Pro Defensa de Fauna y Flora) in 15 bis 20 Jahren keine gesunden Böden mehr geben [3].

Zukunftschancen werden in der Gemeinde im Obstanbau gesehen. Früchte wie Avocados, Zitrusfrüchte, Pfirsiche, Aprikosen, Feigen, Mandeln, Oliven, Chirimoyas und Tafeltrauben wachsen sehr gut im Klima der Region. Sie sind gut zu vermarkten, zum Export geeignet und besitzen eine wesentlich höhere Gewinnspanne als z. B. Futterpflanzen. Eine kommerzielle Nutzung ist jedoch nur bei Ertragssteigerung, Reduzierung der Produktionskosten und Verbesserung der Qualität möglich. Dies kann nur durch eine Modernisierung der Anbaumethoden, speziell des Bewässerungssystems, erreicht werden. Die Landwirte würden durch verbesserte Produktionsmethoden außerdem Zeit gewinnen, die sie z. B zur Weiterverarbeitung der Produkte und zur Organisation des Vertriebs nutzen könnten, um so die Wertschöpfungskette zu verlängern.

2.3.1.2 Ziegenhaltung

Die Ziegenhaltung stellt mit über 15.000 Tieren den Hauptteil der Viehwirtschaft in der Gemeinde dar, da Ziegen am besten an die Umweltbedingungen in der Region angepasst sind. An zweiter Stelle steht die Rinderhaltung mit knapp 1.500 Tieren. Die traditionelle Haltungsform für Ziegen ist die nomadisierende Haltung in den Bergen. Die Produkte sind Ziegenkäse, Fleisch, Milch und Häute.

Die Produktivität dieser Haltungsform pro Tier ist gering. Deshalb werden mehr und mehr Tiere gehalten, um die Einkommen zu erhöhen. Dies führt zu einem wachsenden Überbesatz an Ziegen und dadurch zu Überweidung und Verringerung des Bewuchses. Die Ziegen finden immer weniger Futter, und durch Unterernährung und Krankheiten sinkt die Qualität der Produkte. Durch eine Erhöhung der Tierzahlen ohne eine Veränderung der Haltungsbedingungen lassen sich die Erträge in diesem Ökosystem nicht weiter steigern.

Die am Markt erzielten Preise für den Ziegenkäse sind gering, da die staatlich vorgeschriebenen Hygienevorschriften mit der traditionellen Herstellungsform in Familienbetrieben nicht erfüllt werden können. Die Käse können bakteriologisch belastet sein und stellen dadurch ein Gesundheitsrisiko für die Verbraucher dar. Es gibt Projekte, die Käseherstellung zu modernisieren, indem sich die Produzenten in Kooperativen zusammenschließen und den Käse unter hygienisch einwandfreien Bedingungen in kleinen Käsereien herstellen. Eine dieser Käsereien befindet sich in Hurtado und ist als Versuchsprojekt an die dortige Oberschule angegliedert.

In der Oberschule werden außerdem Kreuzungsversuche mit verschiedenen Ziegenarten durchgeführt. Ziel ist es, eine Rasse zu erhalten, die mehr Milch gibt und in Gattern gehalten

werden kann. Die zurzeit verwendeten Ziegenrassen brauchen das freie Herumziehen in den Bergen. Durch die Einführung der Gatterhaltung würde sich für die Ziegenhirten die Lebens- und Wohnqualität erhöhen, denn die Familien könnten im Ort bleiben und die Kinder zur Schule gehen. Der Zeitgewinn durch die neue Produktionsweise könnte zur Verbreiterung der Produktpalette genutzt werden, z. B. zur Lederverarbeitung, zur Milch- und Käseveredlung, zum Herstellung von Butter und Jogurt für den Markt. Die Ziegenhirten stehen einer Veränderung ihrer traditionellen Produktionsweise in allgemeinen jedoch sehr kritisch gegenüber. Überzeugungsarbeit wird vor allem durch Projekte mit Modellcharakter geleistet, wo die Vorteile einer Umstellung der Haltungsform demonstriert werden. Zusätzlich müssten die Ziegenhirten finanzielle Unterstützung erhalten, denn meistens fehlt ihnen das Kapital, um neue Ziegenrassen und Futtermittel zu kaufen.

2.3.2 Industrie

Die einzige industrielle Anlage in der Gemeinde Río Hurtado ist die Piscobrennerei der Kooperative Capel (Cooperativa Agrícola y Pisquera del Elqui Ltda.,) in Serón. Die Kooperative Capel besitzt insgesamt Produktionsanlagen an sechs Orten in der Region. Der Hauptsitz befindet sich in Vicuña im Nachbartal Valle Elqui. Dort steht auch die einzige Abfüllanlage von Capel[3].

Die Anlage in Serón ist seit zehn Jahren in Betrieb. Es werden ausschließlich Trauben der Gemeinde Río Hurtado verarbeitet. Zur Weinlese, die ungefähr von Mitte Februar bis Mitte Mai dauert, werden 35 Arbeiter in der Anlage beschäftigt. Die restliche Zeit des Jahres arbeiten 15 Angestellte in der Brennerei. 2001 wurden 5,3 Tonnen Trauben zu 4,3 Millionen Litern Wein verarbeitet. Anschließend wird der Wein destilliert, und Pisco wird als 80-prozentiger Alkohol gewonnen. Bei Destillationsprozess werden zur Erzeugung der Wärmeenergie pro Jahr ca. 1.000 Tonnen Holz benötigt. Seit sechs Jahren stammt ein Teil dieses Holzes aus dem betriebseigenen Eukalyptuswald (auf 0,5 Hektar wachsen ca. 500 Bäume), der mit dem Abwasser der Anlage bewässert wird (siehe Kap. 5.5.3).

Der 80-prozentige Pisco wird in Tankwagen nach Vicuña transportiert, in der dortigen Anlage verdünnt und in Flaschen abgefüllt. Handelsübliche Verdünnungen sind: Tradicional (30 und 33 Vol %), Reservado (35 Vol %), Especial (40 Vol %), und Gran Pisco (43, 46 und 50 Vol %).

[3] Weitere Informationen zu Capel und Pisco unter: http://www.piscocapel.cl/
Betriebsleiter der Anlage in Serón: Mario Guerrero, Tel: +56-(0)53-198 11 40

Abb. 2.6 a und b: Piscobrennerei der Kooperative Capel in Serón

2.3.3 Bergbau

Die Gesteine der Region sind reich an metallischen Erzen und Mineralien und in der Gemeinde Río Hurtado arbeiten nach Schätzung der Bergbauinnung Asociación Gremial Minera de Ovalle ca. 500 Personen im Bergbau. Gold, Kupfer und Silber werden traditionell in kleinen, handwerklichen Minen (pequeña minería artesanal) abgebaut[4]. Es gibt ungefähr 1.500 dieser Minen in der Río Hurtado, von denen aber heute viele nicht mehr bewirtschaftet werden. Die in den letzten Jahren stark gefallenen Weltmarktpreise für Kupfer und Gold

[4] Nach der Definition der nationalen Bergbaugesellschaft (Sociedad Nacional de Minería) gelten Minen mit Förderleistung von max. 2.400 Tonnen Mineral pro Jahr als kleine, handwerkliche Minen (pequeña minería artesanal)

haben den Bergbau in der Region zum großen Teil unrentabel gemacht. In früheren Jahren dagegen wurden die reichen Erz- und Mineralvorkommen der Region in großem Umfang abgebaut.

Normalerweise wird das abgebaute Erz nicht vor Ort weiterverarbeitet, da die Technik und die finanziellen Mittel dazu fehlen. Stattdessen werden die Erze zum nächstgelegenen Einkaufszentrum der nationalen Bergbaugesellschaft ENAMI (Empresa Nacional de Minería)[5] transportiert und dort weiterverarbeitet. Im Falle der Gemeinde Río Hurtado ist dies die Compañía Minera de Panulcillo S.A. bei Ovalle.

In einigen Minen werden dennoch einfache Techniken zur Aufkonzentrierung der Erze angewendet, um die Transportkosten zu senken. Zuerst werden die Erze zerkleinert und gemahlen. Danach folgt die Aufkonzentrierung. Dazu werden hochgiftige Chemikalien eingesetzt, u. a. Quecksilber, Natriumcyanid, Zinksulfat, Schwefelsäure [22]. Die Chemikalien finden sich auch in den Rückstandsschlämmen, die beim Aufbereitungsprozess in große Mengen anfallen, wieder. Üblicherweise werden diese Schlämme in Sammelbecken deponiert und dort von der Sonne getrocknet. Diese Sammelbecken liegen häufig in Quebradas, das sind kleine Bäche in den Bergen, die meist nur temporal Wasser führen. Bei starken Niederschlägen besteht die Gefahr, dass die Sammelbecken überflutet werden und stark belastete Schlammrückstände in die Wasserläufe und damit in das Ökosystem der Gemeinde gelangen.

So wurde z. B. die Inbetriebnahme der Mine Los Pingos, die in der Cordillera an der Grenze zur Gemeinde Río Hurtado liegt, durch Proteste der betroffenen Landwirte verzögert, da das Rückstandsammelbecken der Mine in einer Quebrada liegt, in der bei starken Niederschlägen großen Wassermengen abfließen. Die Gefahr einer Überflutung ist deshalb besonders hoch. Der Fall wird zurzeit von der nationalen Umweltbehörde CONAMA (Corporación Nacional del Medio Ambiente)[6] geprüft.

Eine weitere Gefahr droht dem Ökosystem der Gemeinde durch folgendes Projekt: Im Grenzgebiet zu Argentinien lagern große Erz- und Mineralvorkommen und seit einigen Jahren wird die Möglichkeit des wirtschaftlichen Abbaus von der chilenischen Regierung

[5] ENAMI, Eduardo de la Borra 205, La Serena, Ansprechpartner: José Díaz, Iván Enriques, Tel. +56-(0)51-22 45 3

[6] CONAMA Regional, Las Rojas Oriente 322, La Serena, Direktor: Elier Tabilo, Tel.: +56-(0)51-21 95 34, http://www.conama.cl/

untersucht[7]. Sollte im Quellgebiet des Río Hurtado in den Anden auf über 3000 m Höhe in großem Umfang mit dem kommerziellem Abbau der Erz- und Mineralvorkommen begonnen werden, wäre das ökologische System des Tales stark gefährdet.

2.4 Erosion und Desertifikation

Desertifikation ist ein Prozess, der durch die Degradierung und Verarmung der Böden hervorgerufen wird. Besonders gefährdet sind die empfindlichen Böden, die an die Wüsten angrenzen. Desertifikation wird u. a. von klimatischen Faktoren und durch menschliche Eingriffe verursacht, die eine Verringerung der Vegetationsdecke und des Gehölzbestandes bewirken. Dadurch sind die Böden vermehrt der Erosion durch Wind und Wasser ausgesetzt, die Grundwasserinfiltration wird vermindert und die organische Substanz der Böden geht verloren. Desertifikation und Armut sind zwei miteinander einhergehende Phänomene, die sich gegenseitig verstärken. Die Desertifikation verschlechtert die Lebensbedingungen und ruft so Armut hervor, die wiederum einen höheren Druck auf die Ökosysteme ausübt und diese noch mehr schädigt.

Die Gemeinde Río Hurtado liegt in einer semiariden Region, die südlich an die Atacama-Wüste, eine der trockensten Wüsten der Erde angrenzt. Es handelt sich um eine bergige Region mit wenigen Wasserressourcen, vielen Hanglagen und Böden geringer Mächtigkeit, die stark von Erosion und Desertifikation bedroht ist. 1993 betraf die Desertifikations-problematik 53 % der kultivierten Böden der Gemeinde, 39,1 % waren bereits hochgradig degradiert [3].

In Río Hurtado hat die Desertifikation verschiedene Ursachen: Ende des 19. Jahrhunderts begann der Baumeinschlag an den bewaldeten Berghängen zur Brennholzgewinnung für die sich entwickelnden Salpeter- und Mineralminen im Norden des Landes. In den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts folgte die flächendeckende Abholzung des natürlichen Baumbestan-des: Durch die Weltwirtschaftskrise arbeitslos gewordene Bergarbeiter aus dem Norden wanderten in das Tal ein, um dort Landwirtschaft zu betreiben. Um Felder für die landwirt-schaftliche Nutzung zu gewinnen, wurden Flächen gerodet. Der restliche Baumbestand wurde zur Holzkohleproduktion abgeholzt, da die Energieversorgung wegen der Wirtschaft-krise mangelhaft war und auf Holzkohle ausgewichen werden musste. Nachdem der größte Teil des Baumbestandes abgeholzt war, wurde im größeren Ausmaß mit der Ziegenhaltung in den Bergen begonnen.

[7] Weitere Informationen: Nationaler Dienst für Geologie und Bergbau (Servicio Nacional de Geología y Minera), P. Muñoz 650, La Serena, Ansprechpartner: Gabriel Gonzáles, Tel.: +56-(0)51-21 41 03

Heute ist die **Ziegenhaltung** einer der wesentlichen Faktoren, die den Desertifikationsprozess weiter vorantreiben. Durch die zunehmende Intensivierung der traditionellen, nomadisierenden Ziegenhaltung benötigen die herumziehenden Ziegenherden alle Ansätze von Vegetation zur Ernährung, der Bewuchs verringert sich, die Böden erodieren und verlieren ihre karge Humusschicht. Zusätzlich reißen die Hufe der Ziegen den Boden auf und verstärken dadurch die Erosion (vgl. Kap. 2.3.1.2).

Ein weiterer wichtiger Faktor, der zur Erosion und Desertifikation beiträgt, ist die Tradition der Bevölkerung, Holz für den häuslichen Energiebedarf zu sammeln. 96 % der Familien nutzen Brennholz zum Kochen, Wasser erhitzen und Heizen. Der tägliche **Brennholzkonsum** beträgt etwa drei bis fünf Kilogramm pro Person [2]. Der Aufwand zum Brennholzsammeln steigt und liegt heute bei ½ Arbeitskraft pro Familie und Tag. Der Radius des Holzeinschlags dehnt sich immer weiter aus bis in die puffernden Vegetationszonen zur Wüste. Die nationale Waldschutzbehörde CONAF (Corporación Nacional de Forestación) und die gemeinnützige Nicht-Regierungsorganisation El Canelo de Nos aus Santiago versuchen den Brennholzkonsum in Río Hurtado zu senken, indem sie durch das Aufstellen von Solarküchen die Nutzung der Solarenergie in der Gemeinde fördern[8].

Ein weiterer Faktor, der zur Erosion und damit zum Verlust des fruchtbaren Bodens beiträgt, ist die in der Landwirtschaft noch überwiegend angewendete Art der traditionellen **Schwemmbewässerung**. Die permanente Wassererosion führt zur Verringerung der Bodenfruchtbarkeit (vgl. Kap. 6.2.1).

Ein zusätzlicher Faktor, der die Erosion und Desertifikation in der Gemeinde verstärkt, ist der **Klimawandel**, in der Region für extremere Trockenheit und häufiger auftretende Dürreperioden sorgt. Die schützende Pflanzendecke vertrocknet und lässt den Boden ungeschützt für Wind- und Wassererosion. Die Niederschläge finden sporadischer, aber heftiger und mit wachsender Schadwirkung statt (vgl. Kap. 2.1). Bei starken Regenfällen verursachen Überschwemmungen starke Bodenerosion. Die Abb. 2.7 zeigt die Quebrada Pichasca, ein

[8] Von 1995 bis Januar 2002 wurden über 200 Solarküchen in der Gemeinde aufgestellt:

1995: 90 Solarküchen des ersten Designtyps aus Holz in Tabaqueros, Huampulla, San Pedro, Pichasca, Fundina, finanziert u. a. vom FDLA (Fondo de las Americas), 5 Mio. Pesos.

1999: 40 Solarküchen des neuen Designtyps aus Metal in Pichasca, Projekt des Centro de Madres Pichasca, finanziert von der CONAMA, 3 Mio. Pesos.

2001/02: 85 Solarküchen, 30 Trockner zur Herstellung von Trockenfrüchten und 30 Lehmöfen mit stark verringertem Holzverbrauch in San Pedro, Pichasca, Fundina und La Huerta, finanziert von der UNO, 12 Mio. Pesos.

normalerweise trockenes Seitental, 14 Stunden nach dem Einsetzen eines mittelstarken Regens im Juli 2001. Bodenmaterial, Steine und Geröll wurden in großen Mengen ins Tal und damit in den Río Hurtado gespült. Die den Strom kreuzende Straße musste anschließend mit schwerem Gerät geräumt werden, um wieder passierbar zu sein.

Abb. 2.7: Die Quebrada Pichasca im Juli 2001

3 DIE RESSOURCE WASSER

3.1 Der Río Hurtado und seine Zuflüsse

3.1.1 Hydrographie

Der Río Hurtado ist Teil des Flussgebietes Limarí (siehe Anhang C). Er entspringt in 3.300 m Höhe in den Anden und mündet nach 125 km Länge bei Puntilla Peñones in den Río Grande, der schließlich als Río Limarí in den Pazifik fließt. Die Zuflüsse des Río Hurtado sind Bäche (Quebradas) mit geringer Wassermenge, die häufig nur temporal Wasser führen. Die wichtigsten Zuflüsse im Oberlauf sind die Quebradas Venado und San Agustín. Es folgen die Quebradas Chape, Pichasca und Minillas im mittleren Teil des Flusses. Die Quebrada Cachaco mündet unmittelbar oberhalb der Felsschlucht Angostura de Pangue ein, wo sich der Río Hurtado stark verengt. Im Unterlauf wurde im Jahre 1934 auf 380 m Höhe der Stausee Recoleta, der ein Volumen von 100 Mio. m³ hat, fertiggestellt, um die Bewässerungssituation der Anbauflächen am Unterlauf zu verbessern. In den Stausee Recoleta mündet die Quebrada Higuerillas, und weiter unterhalb fließt die Quebrada Villaseca in den Río Hurtado, bevor dieser in den Río Grande mündet. [9].

3.1.2 Messstationen und Wasserabflussmengen

In Chile werden die Wasserabflussdaten der Flüsse im Auftrag des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten MOP (Ministerio de Obras Públicas) von der Generaldirektion Wasser DGA (Dirección General de Aguas) ermittelt. Sie werden in der nationalen Wasserdatenbank BNA (Banco Nacional de Aguas) gespeichert und können gegen Bezahlung beim Wasserressourcen-Informationszentrum CIRH (Centro de Informaciones de Recursos Hídricos) abgefragt werden[9].

Am Río Hurtado gibt es drei Messstationen, wo seit 1946 regelmäßig der Wasserstand kontrolliert wird. Im Oberlauf befindet sich auf 2035 m ü. M. die Messstation San Agustín. Weiter unterhalb auf 485 m ü. M., wo sich der Río Hurtado in der Felsschlucht Angostura de Pangue stark verengt, befindet sich die Messstation Angostura de Pangue. Die Messstation befindet sich ca. 5 km vor dem Stausee Recoleta und repräsentiert deshalb (mit geringem Fehler) die Gesamtheit der Wasserressourcen des Rio Hurtado vor der Einmündung in den Stausee. Die dritte Messstation befindet sich auf 380 m ü. M. am Auslauf des Stausees Recoleta. Diese Station wurde 1998 aufgegeben, aber Zufluss, Volumen und Abfluss des

[9] Mehr Informationen und Kontakt unter: http://www.gda.cl/

Stausees wird von der Asociación de Canalistas de Embalse Recoleta (Vereinigung der Nutzer des Stausees zur Bewässerung) weiterhin untersucht.

Die in dieser Arbeit verwendeten Wasserabflussdaten des Río Hurtado von 1980 bis 2000 stammen von der Regionalvertretung der DGA in Ovalle. Die von 1946 bis 1979 wurden der Studie „Optimización Recurso Hídrico Cuenca Alta Río Hurtado“ entnommen [21].

Die durchschnittliche jährliche Wasserabflussmenge des Río Hurtado beträgt im Oberlauf in San Agustín 2,5 m³/s und in der Angostura de Pangue 3,5 m³/s (Mittelwert von 1946 bis 2001), da hier die Zuflüsse der Quebradas hinzukommen[10]. In Abb. 3.1 ist der Jahresverlauf der Abflussmengen des Río Hurtado abgebildet. Man erkennt, dass die Abflussmengen im Oktober ansteigen. Im Dezember werden die höchsten Werte erreicht und von Januar bis März nehmen die Abflüsse wieder ab. Dieser Anstieg ist auf die Schneeschmelze in den Anden im Frühling und Sommer zurückzuführen, die den Fluss in schneereichen Jahren stark anwachsen lässt. Die Maximalwerte zeigen, dass der Fluss im Dezember in der Messstation San Agustín Abflussmengen von über 30 m³/s und in der Messstation Angostura de Pangue Abflussmengen von über 45 m³/s erreichen kann. Die Abflusswerte der Station Angostura de Pangue zeigen außerdem den Einfluss von Regenfällen und Unwettern im Winter, die den Fluss im Juli und August innerhalb kurzer Zeit stark anwachsen lassen können (starker Einfluss der Quebradas). Hier werden Maximalwerte von über 35 m³/s erreicht.

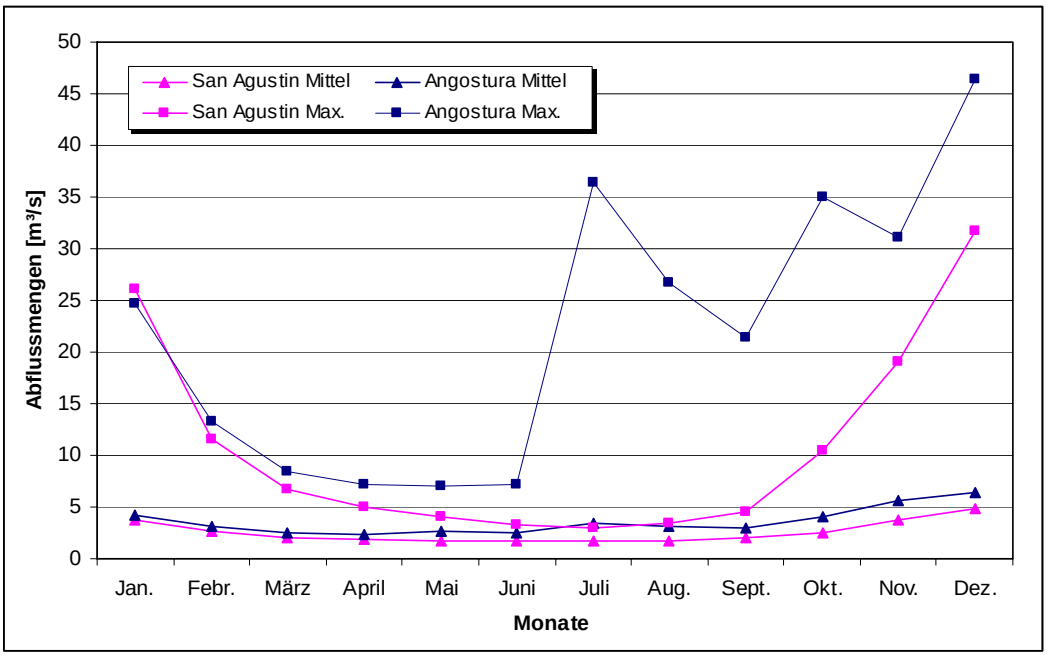


Abb. 3.1: Mittelwerte der mittleren monatliche Abflusswerte und der monatlichen Maximalwerte des Río Hurtado in San Agustín und Angostura de Pangue, 1946-2000

[10] Zum Vergleich: Die durchschnittliche Abflussmenge des Río Limarí liegt bei 14 m³/s.

In Abb. 3.2 werden die mittleren jährlichen Abflussmengen von 1946 bis 2000 in den Messstationen San Agustín, Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta dargestellt. Die in der Messstation Angostura de Pangue gemessenen Abflüsse sind höher als die Abflussdaten der Station San Agustín, da die Zuflüsse der Quebradas mit enthalten sind. Die Abflussdaten des Stausees sind wesentlich niedriger, da dem Stausee über andere Abflüsse viel Wasser zur Bewässerung entnommen wird. Der Wechsel von trockenen Jahren und regelmäßig auftretenden Jahren mit sehr hohen Abflüssen ist gut zu erkennen, meist folgt auf eine Trockenzeit ein Jahr mit starken Niederschlägen[11].

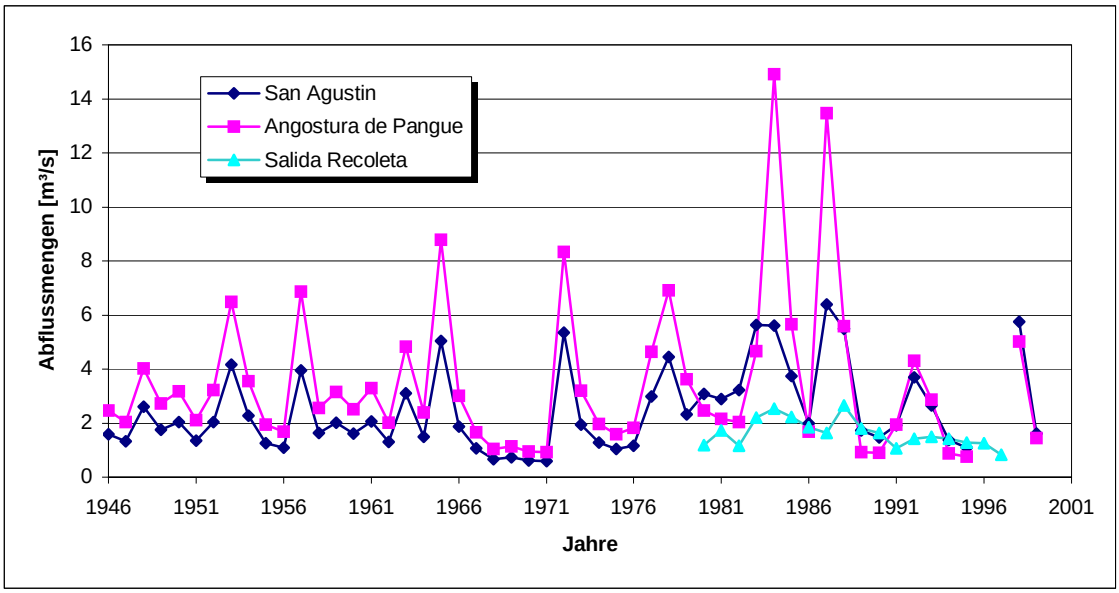


Abb. 3.2: Mittlere jährliche Abflusswerte in San Agustín, Angostura de Pangue und am Stausee Recoleta, 1946-2000

Der Verlauf von Trockenzeiten spiegelt sich in den Füllvolumina des Stausees Recoleta, die in Abb. 3.3 dargestellt sind, noch deutlicher wieder. Man erkennt deutlich, dass das Wasservolumen des Stausees während einer Dürreperiode von Monat zu Monat abnimmt und anschließend wieder aufgefüllt wird. Die Daten ab Mai 1981 wurden auf Anfrage der DGA von der Asociación de Canalistas de Embalse Recoleta (Vereinigung der Nutzer des Stausees zur Bewässerung) zur Verfügung gestellt. Daten von vor Mai 1981 wurden nach Aussage der Asociación de Canalistas de Embalse Recoleta durch ein Feuer vernichtet.

[11] Trockenzeiten: 1955-56 (2 J.), 1967-71 (5 J.), 1974-76 (3 J.). 1990, 1994-97 (4 J.)
Hohe Abflußwerte: 1953, 1957, 1965, 1972, 1978, 1982-84, 1988, 1992, 1998

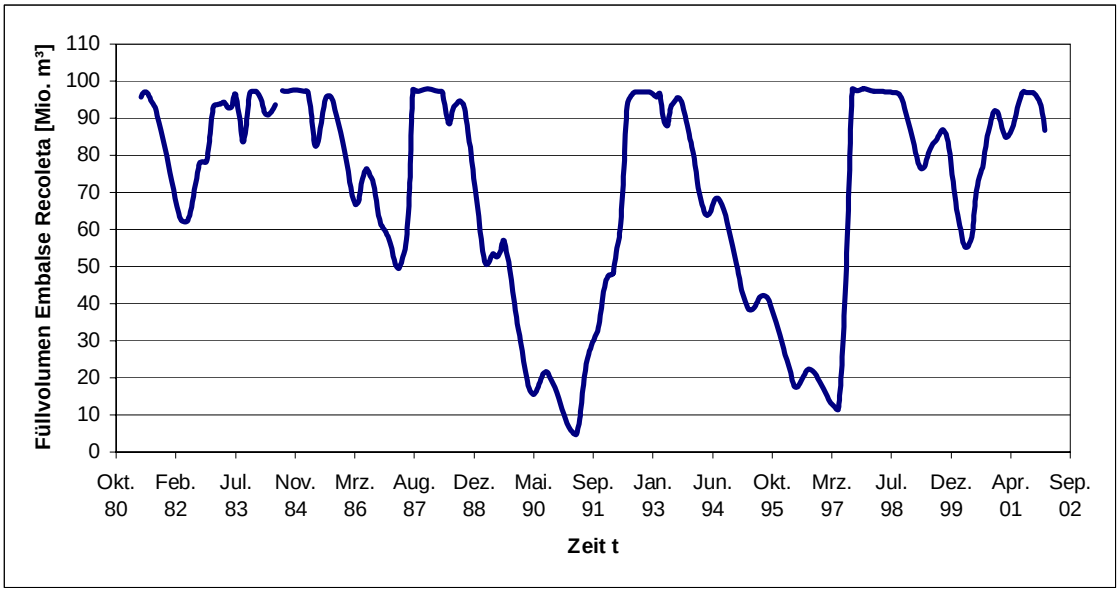


Abb. 3.3: Füllvolumina des Stausees Recoleta im Monatsdurchschnitt von 1981-2002

3.2 Grundwasser

Grundwasser wird in der Gemeinde sowohl im Flusstal des Río Hurtado (Uferfiltrat) als auch in den Bergen zur Trinkwasserversorgung genutzt. Außerdem wird das Grundwasser in Gegenden, die nicht an das Bewässerungskanalnetz des Río Hurtado angeschlossen sind, zur Bewässerung verwendet. Dies geschieht zurzeit allerdings nur in sehr geringem Umfang.

Die Erfassung von Grundwasserdaten erfolgt in Chile ebenso wie die Erfassung der Abflussdaten der Flüsse im Auftrag des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten MOP durch die Generaldirektion Wasser DGA. In der Gemeinde Río Hurtado wird nur in einem einzigen Brunnen, dem Trinkwasserbrunnen von Samo Alto, der Grundwasserstand von der DGA erfasst. Der Brunnen liegt 100 Meter vom Fluss entfernt. Nach Aussage der DGA schwankt der Grundwasserpegel dort jahreszeitlich bedingt, aber es ist keine dauerhafte Abnahme oder ein Anstieg des Grundwasserpegels zu beobachten. Wegen fehlender Daten kann keine Aussage über mögliche Veränderungen des Grundwasserstandes in der Vergangenheit getroffen werden. Ein aussagekräftiges Grundwassermonitoring findet in Río Hurtado nicht statt.

3.3 Niederschläge

Niederschläge werden in der Gemeinde Río Hurtado im Auftrag des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten MOP von der Generaldirektion Wasser DGA seit Mai 1946 an drei Orten aufgezeichnet. Die Messstationen befinden sich in Hurtado (1200 m ü. M.), Pichasca (725 m ü. M.) und am Stausee Recoleta (400 m ü. M.).

Die in dieser Arbeit verwendeten Niederschlagsdaten der Messstation Pichasca und die Daten der Messstationen Hurtado und Stausee Recoleta von 1997 bis 2001 stammen von der Regionalvertretung der DGA in Ovalle. Die der Messstationen Hurtado und am Stausee Recoleta von 1946 bis 1996 wurden der Studie „Optimización Recurso Hídrico Cuenca Alta Río Hurtado“ entnommen [21].

Die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen liegen in Hurtado bei 147 mm, in Pichasca bei 120 mm und am Stausee Recoleta bei 101 mm (ermittelt aus den Daten von 1946 und 2001)[12]. In Abb. 3.4 sind die jährlichen Niederschläge der drei Messstationen von 1946 bis 2001 dargestellt. Man erkennt deutlich die niederschlagsarmen und die niederschlagsreichen Jahre.

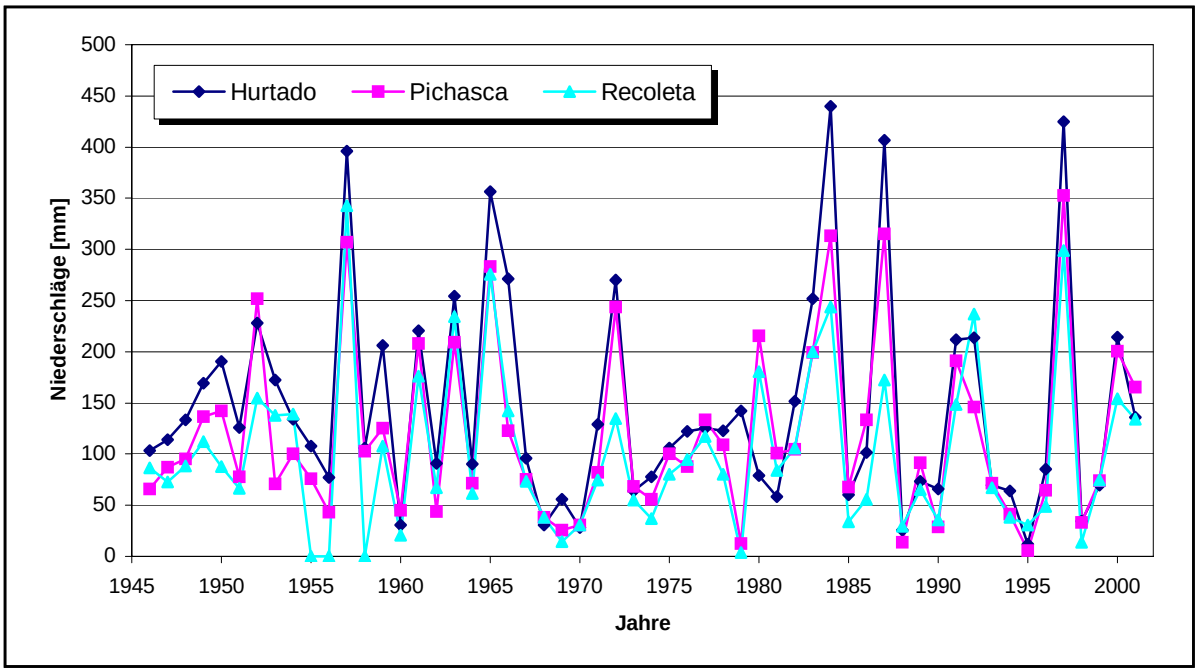


Abb. 3.4: Jährliche Niederschlagsmengen in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001

[12] Zum Vergleich: In der I. und II. Region Chiles (Wüste) liegen die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen bei 59 mm, in Chile insgesamt bei 1522 mm, in Südamerika bei 1564 mm und weltweit betrachtet bei 746 mm.

Die offizielle Einteilung, ob ein Jahr als trocken gilt, erfolgt nicht nach den Niederschlagsmengen, sondern nach den Abflussmengen des Río Hurtado, da in niederschlagsarmen Jahren durchaus viel Schnee in den Anden fallen kann, so dass im Tal keine Wasserknappheit besteht.

In der Abb. 3.5 sind die Niederschläge im Jahresverlauf dargestellt. Man erkennt, dass wesentliche Niederschläge nur in den Monaten Juni bis August auftreten.

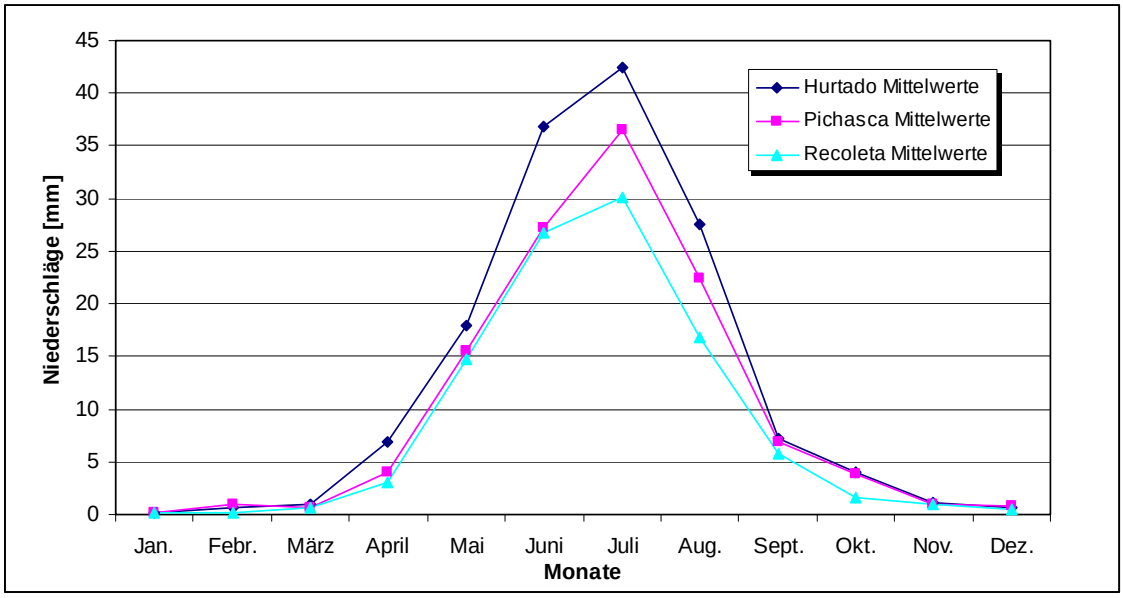


Abb. 3.5: Mittlere monatliche Niederschlagsmengen in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001

In Abb. 3.6 werden für den Zeitraum von 1946 bis 2001 die im jeweiligen Monat maximal aufgezeichneten Niederschläge dargestellt. Niederschläge von über 150 mm traten zwischen Mai und August auf. Die Spitzenwerte mit bis zu 400 mm liegen im Juli.

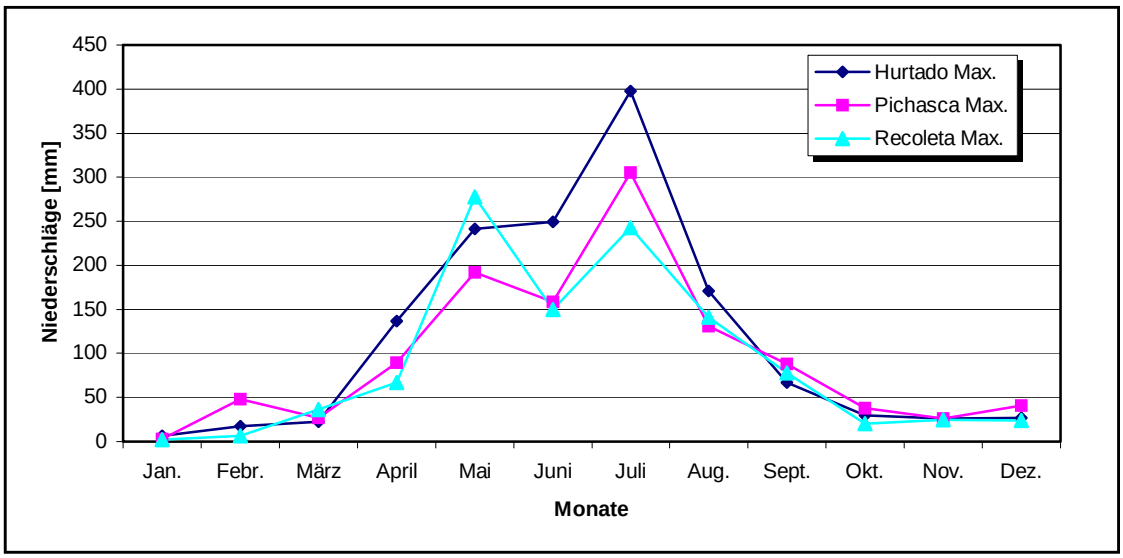


Abb. 3.6: Max. gemessene Niederschläge in Hurtado, Pichasca und am Stausee Recoleta, 1946-2001

In Abb. 3.7 sind die in Hurtado gemessenen Maximalwerte für Zeiträume von je 14 Jahren dargestellt. Anhand dieser Abbildung lässt sich die Behauptung, dass die Niederschläge in den letzten Jahren mit größerer Heftigkeit auftreten nicht direkt bestätigen.

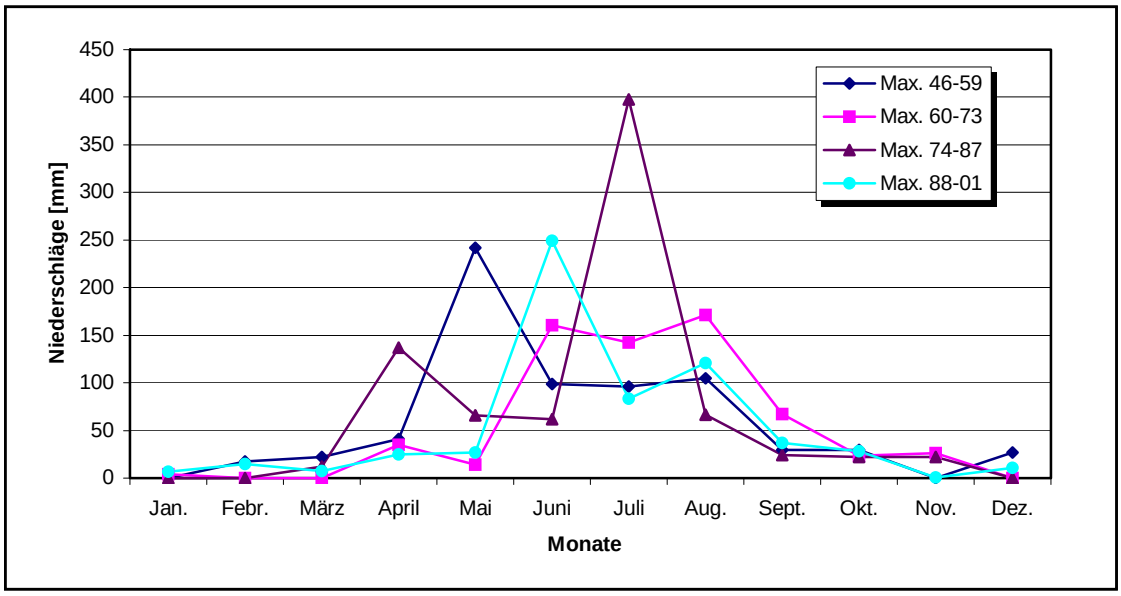


Abb. 3.7: Maximal gemessene Niederschläge in Hurtado von 1946 bis 2001, in Abschnitten von 14 Jahren dargestellt

Betrachtet man aber die besonders starken Niederschlägen von über 200 mm zwischen 1946 und 2001, so fällt auf, dass von vier heftigen Niederschlagsereignissen drei in den letzten 18 Jahren auftraten (Juli 84: 398 mm; Juli 87: 295 mm; Juni 97: 250 mm), wohingegen in den 39 Jahren davor nur einmal ein Niederschlagsereignis mit über 200 mm gemessen wurde (Mai 57: 242 mm, noch dazu der geringste Wert).

3.4 Wasserqualität

3.4.1 Gesetzliche Regelungen zum Schutz der Ressource Wasser

1981 wurde in Chile ein Wassergesetzbuch „**Código de Aguas**“ verabschiedet, das die Nutzung der Ressource Wasser regelt. Danach ist die Generaldirektion Wasser DGA zuständig für die Politik zur Bewahrung und zum Schutz der Ressource und koordiniert die Funktionen, die in Übereinstimmung mit den geltenden Gesetzen verschiedene Organisationen und öffentliche Stellen übernehmen.

1994 wurde ein Umweltgesetz (**Gesetz 19.300**) verabschiedet. Das Gesetz erkennt die Verantwortung des Staates für die Umwelt an und legt die Gründung der Umweltbehörde CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) zur Koordination der Umweltpolitik des

Landes fest. Normen zur Sicherung der Umweltqualität und Emissionsnormen werden gefordert. Verantwortlich für die Entwicklung dieser Normen ist die CONAMA.

Die Norm **NCh 409** (Norma Chilena), die seit 1984 gilt und zurzeit überarbeitet wird, regelt die Anforderungen an das Trinkwasser und deren Kontrolle (siehe Kap. 4.2). Die Norm **NCh 1.333**, die seit 1987 gilt, regelt die Anforderungen an die Wasserqualität für verschiedene Nutzungsarten, wie z. B. die Verwendung zur Bewässerung oder zur Erholung. Bei der Verwendung als Trinkwasser wird auf die Norm NCh 409 verwiesen. Eine Emissionsnorm zur Regulierung der Entsorgung von flüssigen industriellen Abfällen in die Kanalisation wurde 1998 verabschiedet und eine Emissionsnorm zur Regulierung der Entsorgung von flüssigen Abfällen in marine und kontinentale Oberflächengewässer im Jahr 2000. Vor der Verabschiedung stehen eine Qualitätsnorm zum Schutz der kontinentalen Oberflächengewässer (Anteproyecto 2000), eine Qualitätsnorm für die marinen Gewässer auf nationalem Niveau (Anteproyecto 2001), und eine Norm zur Regulierung der Emissionen in das Grundwasser (Anteproyecto 2001) (siehe dazu auch Kap. 5.2).

3.4.2 Quellen der Verschmutzung

Es existieren wenige Daten über die Verschmutzung der Ressource Wasser in der Gemeinde Río Hurtado. Mögliche Quellen sind:

- **Häusliche Abwässer:** Eintrag von Hauhaltschemikalien und pathogenen Keimen aus unbehandelten Abwässern durch das Fehlen einer adäquaten Abwasserentsorgung.
- **Landwirtschaft:** Steigender und häufig unsachgemäßer Gebrauch von Chemikalien (Pestizide und mineralischer Dünger) in der Landwirtschaft.
- **Tierhaltung:** Die Ziegenhaltung in den Bergen kann zur Eutrophierung der kleinen, nur temporal wasserführenden Bäche (Quebradas) führen.
- **Bergbau:** Im Bergbau werden zur Aufbereitung der Erze zahlreiche Chemikalien wie z. B. Schwefelsäure, Cyanide und Quecksilber verwendet. Genaue Daten, wo und in welchem Umfang Chemikalien verwendet wurden bzw. werden, fehlen jedoch. Da die Rückstände vom Bergbau in den Quebradas, die das hydrographische System der Gemeinde formen, deponiert werden, geht von ihnen ein hohes, nicht quantifizierbares Risiko aus (vgl. 2.3.3).
- **Industrie:** Die einzige Industrieanlage in Río Hurtado ist die Piscobrennerei in Serón. Mögliche Quellen der Verschmutzung sind das mit Natronlauge versetze Reinigungswasser und die beim Destillationsprozess zurückbleibende saure Tresterwein (v) (pH-Wert = 3,5). Dieser wird nach einem Sedimentationsprozess zur

Neutralisation mit dem restlichen Abwasser (vorwiegend aus Reinigungsprozessen) vermischt und zur Bewässerung eines Eukalyptuswaldes verwendet. Vordringliches Problem bei diesem Verfahren ist die starke Geruchsbelästigung.

3.4.3 Kontrolle der Wasserqualität

Eine regelmäßige Kontrolle der Wasserqualität findet in Río Hurtado nur bei den gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen der Trinkwasserqualität (siehe Kap. 4.4.1.7) statt. Untersuchungen des Flusswassers erfolgen zurzeit nicht.

In den 70er und 80er Jahren wurden an den Messstationen San Agustín und Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta Leitfähigkeit und pH-Wert der Río Hurtado untersucht. 1986 und 1987 wurde außerdem der Sauerstoffgehalt des Río Hurtado gemessen. Die Daten sind in der nationalen Wasserdatenbank BNA (Banco Nacional de Aguas) gespeichert.

In den folgenden beiden Abbildungen sind die aufgezeichneten Werte von Leitfähigkeit und pH-Wert dargestellt.

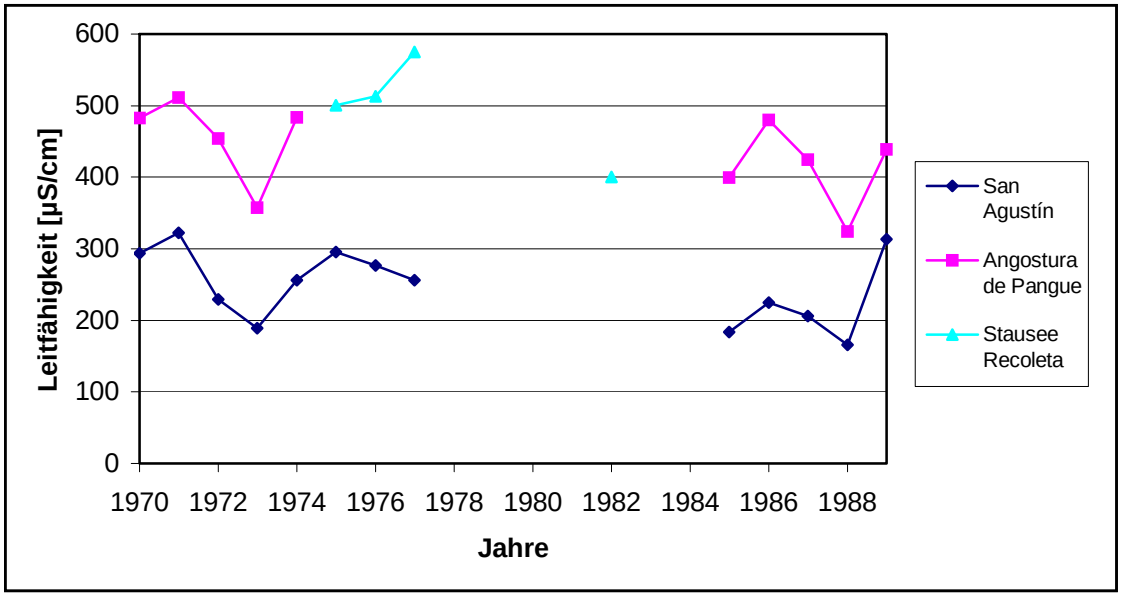


Abb. 3.8: Leitfähigkeit des Wassers des Río Hurtado in San Agustín, Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta, 1970-1989

Die Leitfähigkeit ist ein Maß für die im Wasser gelösten Salze. Der Salzgehalt eines Gewässers wird in erster Linie durch das Mineralgestein bestimmt, durch das das Wasser fließt. Durch die Auswaschung von landwirtschaftlichen Düngemitteln aus dem Boden oder durch Emissionen aus dem Bergbau kann die Leitfähigkeit erhöht werden. Die chilenische Trinkwassernorm NCh 409 gibt keinen Grenzwert für die Leitfähigkeit an; in der deutschen Trinkwasserverordnung liegt der Grenzwert bei max. 2000 µS/cm.

Beim Río Hurtado liegt die Leitfähigkeit zwischen 200 und 600 µS/cm und befindet damit im unteren bis mittleren Bereich für ein Gewässer (< 200 µS/cm: extrem weiche Wässer, in der Regel kalklösend und metallaggressiv). Die Leitfähigkeit des Wassers im Oberlauf ist niedriger als im Unterlauf. Eine Aussage darüber, ob diese Erhöhung durch die natürliche Auswaschung von Gesteinen oder durch anthropogene Verschmutzungen verursacht wird, ist anhand der geringen Informationen nicht möglich.

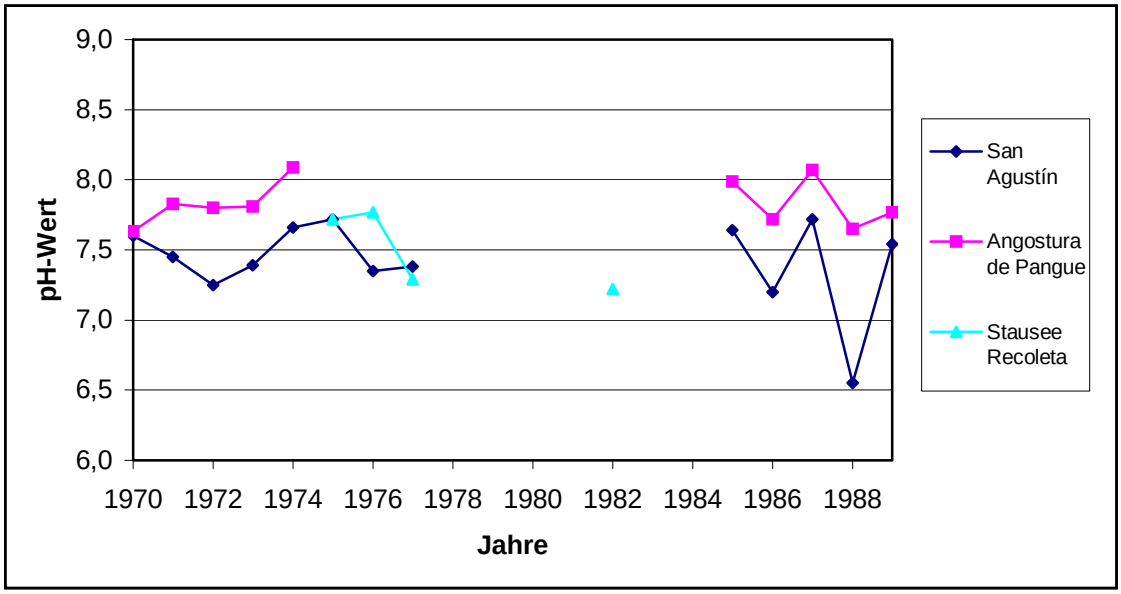


Abb. 3.9: pH-Wert des Wassers des Río Hurtado in San Agustín, Angostura de Pangue und am Abfluss des Stausees Recoleta, 1970-1989

Der pH-Wert gibt den Säuregrad eines Gewässers an. Der Neutralpunkt liegt bei pH 7. Der pH-Wert des Río Hurtado liegt zwischen 6,5 und 8,1. Der pH-Wert im Oberlauf ist niedriger als 5 km vor dem Stausee (Angostura de Pangue). Im Stausee ist der pH-Wert wieder niedriger. In Norm NCh 1.333, die Anforderungen an Wasser, das zur Bewässerung oder zu ästhetischen oder Erholungszwecken verwendet wird, festlegt, wird ein pH-Wert zwischen 5,5 und 9,5 gefordert.

Die Datenlage ist viel zu gering, um die Wasserqualität bewerten zu können. Es müssten regelmäßige Untersuchung durchgeführt werden, um Information über die aktuelle Wasserqualität des Fluss- und des Grundwassers zu erhalten. Erst dann ist es möglich Aussagen über anthropogene Verunreinigungen, z. B. durch häusliche Abwässer, Landwirtschaft, Industrie und Bergbau zu treffen. Die Kenntnis und Kontrolle des Ist-Zustandes ist für die Planung von Ressourcenmanagementaktivitäten sehr wichtig.

4 TRINKWASSERVERSORGUNG

4.1 Entwicklung der Trinkwasserversorgung in den ländlichen Gebieten Chiles

1960 waren in Chile nur 6 % der ländlichen Bevölkerung an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen. 1964 wurde die erste Etappe des nationalen Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten (**Programa Nacional de Agua Potable Rural**) gestartet, um die sanitäre Infrastruktur in den ländlichen Gebieten des Landes, wo sich der ärmste Teil der Bevölkerung konzentriert, zu verbessern. Die erste Etappe des Programms von 1964 bis 1970 wurde mit der Hilfe der interamerikanischen Entwicklungsbank BID (Banco Interamericano de Desarollo) finanziert und von Ministerium für öffentliche Bauarbeiten MOP (Ministerio de Obras Públicas) durchgeführt. 1977 wurde der nationale Service für sanitäre Arbeiten SENDOS (Servicio Nacional de Obras Sanitarias) gegründet, der bis zu seiner Auflösung im Jahr 1990 die zweite, dritte und vierte Etappe des Programms durchführte. Bis 1990 wurden 130 Mio. US$ in das nationale Programm zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten investiert. Damit wurde erreicht, dass 1990 in Chile 76,5 % der ländlichen Bevölkerung in konzentrierten, ländlichen Siedlungen[13] an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen waren.

1989 und 1990 wurden in einer großangelegten Reform zur Dezentralisierung der Trinkwasserversorgung regionale Gesellschaften gegründet, die zu 99 % Eigentum des Staates waren. Die Gelder zur Finanzierung des Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten wurden an die regionalen staatlichen Gesellschaften transferiert, die für die Umsetzung des Programms vor Ort verantwortlich waren. Mit dieser Strukturreform wurden jedoch im ruralen Bereich nicht die gewünschten Ergebnisse erzielt, so dass 1994 die nationale Planungsdirektion des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten (Dirección Nacional de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas) die Verantwortung für die Finanzierung des Programms übernahm. Für die praktische, technische Umsetzung blieben weiterhin die regionalen, staatlichen Gesellschaften verantwortlich [6].

[13] Per Definition hat eine konzentrierte, ländliche Siedlung (Localidad Rural Concentrada) zwischen 150 und 3.000 Einwohner und mindestens 15 Häuser pro Straßenkilometer. Siedlungen, die weniger als 150 Einwohner haben werden als halbkonzentrierte, ländliche Siedlungen (Localidadedes Rurales Semiconcentradas) bezeichnet. Orte mit über 3.000 Einwohnern gelten als urban.

Aber auch bei dieser Organisationsform kamen Zweifel auf, ob die Staatsgelder optimal verwendet werden, und deshalb wurde 1995 in der VII. Region ein Pilotprojekt gestartet: Die Gelder zur Umsetzung des Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten werden nicht mehr an die regionale staatliche Gesellschaft weitergeleitet. Stattdessen wird das Programm, um eine effizientere Verwendung der Gelder gewährleisten, direkt von einer staatlichen Behörde, der Direktion für hydraulische Arbeiten DOH (Dirección de Obras Hidráulicas), durchgeführt, die dem Ministerium für öffentliche Bauarbeiten MOP unterstellt ist. Nachdem hiermit sehr gute Ergebnisse erzielt wurden, wurde das Pilotprojekt ausgeweitet. Ursprünglich sollte die Direktion für hydraulische Arbeiten DOH die Trinkwasserversorgung in den ländlichen Gebieten der I., IV., IX. und XI. Region übernehmen, aber politische Interessen verhinderten, dass die regionalen staatlichen Gesellschaften die Trinkwasserversorgung in den ländlichen Gebieten der I., IX. und XI. Region abgaben. Im Januar 2001 übernahm die Direktion für hydraulische Arbeiten DOH daraufhin nur in der IV. Region, der Región de Coquimbo, in der sich auch die Gemeinde Río Hurtado befindet, die Durchführung des Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten. Werden hier ebenso positive Ergebnisse wie in der VII. Region erzielt, ist eine weitere Ausweitung des Projektes geplant.

Von 1990 bis 2000 war die 1990 gegründete, staatliche Gesellschaft der Region ESSCO (Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo) für die Durchführung des Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten in der IV. Region zuständig. 1990 waren in der IV. Region nur 38 % der ländlichen Bevölkerung an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen. 56.230 Einwohner in 112 Ortschaften wurden von 98 Trinkwasserdiensten versorgt (11.246 Anschlüsse). Bis 2000 hatte sich der Anschlussgrad auf 78 % erhöht. 116.935 Einwohner wurden in 224 Ortschaften von 147 Trinkwasserdiensten versorgt (23.387 Anschlüsse) [6].

In der Gemeinde Río Hurtado waren nach Angaben von ESSCO im Jahr 1998 72 % der Bevölkerung an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen [5] und eine im Juli und August 2001 durchgeführte Umfrage ergab, dass rund 87 % der Bevölkerung an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen.

4.2 Gesetzliche Regelungen zur Trinkwasserversorgung in Chile

Die wichtigste Regelung in Chile im Bereich Trinkwasser ist die chilenische **Norm NCh 409** (Norma Chilena 409) aus dem Jahr 1984. Bereits seit 1999 wird öffentlich über eine Neufassung der Norm beraten (proyecto de norma en consulta pública) und mit der baldigen Verabschiedung der neuen Fassung wird gerechnet. Die Norm gliedert sich in zwei Teile:

NCh 409/1.Of84: Trinkwasser – Teil 1: Erfordernisse (Requisitos)

Der erste Teil legt physikalische, chemische, radioaktive und bakteriologische Grenzwerte sowie Grenzwerte für Pestizide fest. Im Vergleich zur deutschen Trinkwasserverordnung sind einige Grenzwerte der chilenischen Norm höher (Eisen, Blei, Sulfat) bzw. erheblich höher (Arsen, Cadmium, Cyanid, Phenol, Magnesium, Mangan, Nitrit) angesetzt. Einige Elemente, für die in der deutschen Trinkwasserverordnung Grenzwerte angegeben werden, werden in der chilenischen Norm nicht erwähnt (Leitfähigkeit, Silber, Aluminium, Bor, Barium, Kalium, Natrium, Ammonium, Nickel, Phosphor, Antimon). Dafür enthält die chilenische Norm Grenzwerte für Ammoniak, Kupfer und Zink. Bei der geplanten Neufassung der Norm NCh 409 sollen nur wenige Grenzwerte (Trübung, Zink, einige Pestizide) verschärft werden. Das Recht des Gesundheitsministeriums, in Ausnahmefällen für einige Stoffe (Chlorid, Kupfer, Eisen, Mangan, Nitrat, abfiltrierbare Stoffe, Sulfat und Zink) Werte über dem Grenzwert zuzulassen, wird gestrichen. Die Grenzwerte für mehrere Stoffe werden gelockert (Ammoniak, Chlorid, Nitrat, Nitrit, abfiltrierbare Stoffe, Trichlormethan und DDT). Für einige organische Verbindungen werden Grenzwerte neu eingeführt (Tetrachlorethen, Benzen, Toluen, Xyluen). Eine Gegenüberstellung der Grenzwerte der geltenden NCh 409 mit denen der geplanten Neufassung und den Werten der deutschen Trinkwasserverordnung findet sich im Anhang D.

Die Norm NCh 409 schreibt verbindlich einen Prozess der Desinfektion zur Trinkwasseraufbereitung vor. Das übliche Desinfektionsverfahren in Chile ist die Chlorung. Chlor tötet Bakterien und wirkt auch bei starker Keimbelastung schnell und sicher. Es ist das weltweit am häufigsten verwendete Mittel zur Trinkwasserdesinfektion. Die Chlorung ist ein kostengünstiges, effektives Verfahren. Wenn das Wasser allerdings stickstoffhaltige Verbindungen, wie z. B. Urin und Schweiß, enthält, kann es zur Bildung von Chloraminen kommen, die im Verdacht stehen, kanzerogen zu wirken. Bisher konnten bei Beobachtungen am Menschen jedoch keine toxischen oder kanzerogenen Effekte durch die Aufnahme von Monochloramin nachgewiesen werden. Bei sachgemäßer Anwendung der Chlorung ist nach bisherigem Erkenntnisstand keine Gesundheitsgefährdung durch gechlortes Trinkwasser zu befürchten. Da eine Chlorung nicht vor der Wiederverkeimung der Leitungen und Vorratsbehälter schützt, muss im Leitungsnetz immer ein aktiver Restbestandteil des Desinfektionsmittels vorhanden sein. Die Norm NCh 409 schreibt vor, dass im Falle der **Desinfektion mit Chlor** in allen Punkten des Leitungsnetzes eine Restkonzentration an freiem Chlor von mindestens 0,20 mg/l nachweisbar sein muss. Ein Grenzwert für den maximalen Gehalt an freiem Chlor im Trinkwasser existiert bisher nicht. In der Neufassung sollen 5 mg/l freies Chlor als Grenzwert festgeschrieben werden. Außerdem soll ein Grenzwert für Mono-

chloramin von 3 mg/l eingeführt werden. Der Grenzwert der Weltgesundheitsorganisation WHO für freies Chlor im Trinkwasser liegt bei 3 mg/l [17], [18].

NCh 409/2.Of84: Trinkwasser – Teil 2: Qualitätskontrolle (Muestro)

Der zweite Teil der chilenischen Norm 409 regelt die Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Einhaltung der im ersten Teil festgelegten Grenzwerte zu kontrollieren. So sind dort u. a. die Art und Häufigkeit der Probenahme in Abhängigkeit von der Größe des Versorgungsnetzes sowie die Art der zu verwendenden Analysemethoden festgelegt.

4.3 Akteure im Bereich der Trinkwasserversorgung in Río Hurtado

Akteure im Bereich der Trinkwasserversorgung in der Gemeinde Río Hurtado sind die Direktion für hydraulische Arbeiten DOH der IV. Region (Dirección de Obras Hidráulicas), die Gemeindeverwaltung von Río Hurtado (Ilustre Municipalidad de la Comuna Río Hurtado) und die Komitees zur ländlichen Trinkwasserversorgung – Komitees A.P.R. (Comités de Agua Potable Rural).

4.3.1 Direktion für hydraulische Arbeiten DOH in der IV. Region

Seit Januar 2001 ist die Direktion für hydraulische Arbeiten DOH für die Durchführung des Programms zur Trinkwasserversorgung in den ländlichen Gebieten der IV. Region zuständig[14]. Die DOH plant und errichtet die Trinkwasserversorgung im Auftrag des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten MOP, organisiert die DOH die Gründung neuer Komitees zur Trinkwasserversorgung (Comités de Agua Potable Rural - A.P.R.), wenn ein Versorgungssystem neu eingerichtet wurde. Außerdem berät und unterstützt die DOH die bestehenden Komitees A.P.R. technisch und administrativ [4]. Investitionen werden u. a. vom Fond für regionale Entwicklung FNDR (Fondo Nacional de Desarrollo Regional) und seit 1994 auch vom Programm für sektorielle Investitionen mit regionaler Zuweisung ISAR (Inversión Sectorial de Asignación Regional) finanziert.

Für die Jahre 2001 bis 2010 plant die DOH in der IV. Region den Anschluss der konzentrierten, ländlichen Siedlungen an eine öffentliche Trinkwasserversorgung abzuschließen, die existierenden Systeme zu verbessern und zu erweitern, die öffentlichen Trinkwasserversorgung auf halbkonzentrierte Siedlungen mit weniger als 150 Einwohnern auszuweiten und in den konzentrierten, ländlichen Siedlungen eine Abwasserentsorgung zu installieren. In der Gemeinde Río Hurtado arbeitet die DOH bisher mit acht Komitees A.P.R. zusammen,

[14] Dirección de Obras Hidráulicas, Colon 641, La Serena; Ansprechpartner: Jorge Valenzuela, Tel.: +56-(0)51-22 19 34, und Sandra Campos (Asistente Social A.P.R. Provincia de Limarí)

die elf konzentrierte und drei halbkonzentrierte ländliche Siedlungen mit Trinkwasser versorgen. Außerdem fördert die DOH zwei Projekte zur Abwasserentsorgung in der Gemeinde (siehe Kap. 5.5).

4.3.2 Gemeindeverwaltung Río Hurtado

Die Gemeindeverwaltung von Río Hurtado führt über die Abteilung für Bauarbeiten (Dirección de Obras) Projekte zur Verbesserung und Ausweitung der Trinkwasserversorgung durch. Sie arbeitet dabei mit den Komitees zur Trinkwasserversorgung in den einzelnen Ortschaften und seit 2001 mit der DOH zusammen. Die Gemeindeverwaltung ist besonders daran interessiert, eine Trinkwasserversorgung in den Orten zu installieren, die bisher noch nicht an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen sind. Zur Finanzierung kleiner Projekten bis zu einem Umfang von 2 Mio. $ (ca. 3.500 €) kann die Gemeindeverwaltung auf Gelder des Gemeindehaushalts zugreifen. Größere Projekte können aus dem nationalen Fond zur regionalen Entwicklung FNDR und durch das staatliche Programm „Chile Bario“ zur Förderung der ärmsten Viertel Chiles (anerkannt für die Ortschaften El Romeral und Fundina) finanziert werden.

Für die Trinkwasserversorgung der Schulen ist die Abteilung für Bildung (Departamento de Educación) zuständig. In den Ortschaften, in denen noch keine öffentliche Trinkwasserversorgung besteht, ist die Bildungsabteilung daran interessiert, eine sichere Quelle zur Trinkwasserversorgung zu erschließen und eine professionelle Aufbereitung (Chlorung) zu installieren, damit diese Schulen nicht weiterhin von der teilweise unsicheren Trinkwasserversorgung durch LKWs abhängen (siehe dazu Kap. 4.4.2)

4.3.3 Komitees zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten

Die wichtigsten Akteure im Bereich der Trinkwasserversorgung vor Ort in ländlichen Gebieten sind die Komitees A.P.R. (Comités de Agua Potable Rural), die im Rahmen des „Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten“ seit den 60er Jahren in konzentrierten, ländlichen Siedlungen gegründet werden.

Die Komitees A.P.R. zur ländlichen Trinkwasserversorgung verwalten, betreiben und unterhalten die Trinkwasserversorgung in einer Ortschaft. Die Komitees A.P.R sind gemeinschaftliche Organisationen ohne Gewinninteressen, die sich finanziell selbst tragen müssen. Die Komitees A.P.R. sind verpflichtet sich eine offizielle Satzung zu geben. Mitglieder der Komitees A.P.R. sind Personen über 18 Jahre, die einen oder mehrere Wasseranschlüsse besitzen und in das Mitgliedsbuch eingeschrieben sind. Die Mitglieder wählen den Vorstand des Komitees A.P.R. für zwei Jahre. Der Vorstand setzt sich aus fünf Personen zusammen (Präsident, Sekretär, Schatzmeister, erster und zweiter Direktor).

In der Gemeinde Río Hurtado existieren neun Komitees A.P.R.. Acht Komitees arbeiten seit 2001 mit der DOH zusammen. Das Komitee Quebrada Santander wurde 1999 von ESSCO eingerichtet, arbeitet aber bisher noch nicht mit der DOH zusammen. Eine Zusammenarbeit wird angestrebt. In der folgenden Tabelle werden die einzelnen Komitees A.P.R. und die von ihnen versorgten Ortschaften, der Beginn der öffentlichen Wasserversorgung, die Anzahl der Mitglieder der einzelnen Komitees und die Anzahl der Trinkwasseranschlüsse je Ortschaft aufgelistet. Die Daten wurden im Rahmen einer Umfrage ermittelt, die im Juli und August in Río Hurtado durchgeführt wurde.

Tab. 4.1: Komitees A.P.R in der Gemeinde Río Hurtado, Stand: Juli/August 2001

Komitee A.P.R.	Siedlungen, Ortsteile im Versorgungsgebiet	Öffentl. TW-Versorgung seit:	Anzahl der Mitglieder	Anzahl der TW-Anschlüsse
Las Breas	Las Breas	1996	79	79
Hurtado - El Chañar	Hurtado	1982	282	127
	El Chañar	1982		73
	Los Lavaderos	1995		25
	Morillos	2000		63
	El Vado de Morrillos	2000		18
				(Σ 306)
Serón	Serón	1978	218	218
Fundina	Fundina (Sur)	1991	110	95
	Fundina Norte	1991		30
	El Puerto	2000		20
				(Σ 145)
Pichasca - San Pedro (seit 1999 zusammen-geschlossen)	Pichasca	1978	320	171
	San Pedro	1984		96
	El Espinal	1990		64
				(Σ 331)
Samo Alto	Samo Alto	1985	163	129
	Parral Viejo	2000		36
				(Σ 165)
Quebrada Santander	Quebrada Santander	1999	25	25
Huampulla	Huampulla	1983	77	77
Tabaqueros	Tabaqueros	1984	138	65
	Tahuinco	1995		46
	Nueva Esperanza	1998		33
				(Σ 144)
		insgesamt:		**1.490**

4.4 Wasserversorgungssituation in der Gemeinde Río Hurtado

Im Jahr 2001 wurden von den 22 Siedlungen in der Gemeinde mit mindestens 30 Einwohner 15 durch Trinkwassersysteme der Komitees A.P.R. versorgt. Sieben Siedlungen haben eigene Systeme oder werden mit Tankwagen versorgt.

Tab. 4.2: Trinkwassersysteme, Haushalte und Einwohner in Río Hurtado, Stand: Juli/August 2001[15]

Siedlungen mit TW-Systemen der Komitees A.P.R.	**Haushalte**	**Einwohner**
Las Breas	73	286
El Chañar	67	245
Hurtado	106	586
El Vado de Morillos	15	64
Morillos	23	94
Serón	124	496
Fundina	87	352
Pichasca	139	657
San Pedro	59	293
El Espinal	42	165
Samo Alto / Parral Viejo	94	307
Quebrada Santander	9	30
Huampulla	45	157
Tabaqueros	67	254
Tahuinco	21	85
Summe der Haushalte bzw. Einwohner mit TW-Systemen der Komitees A.P.R.	**933** **83,3 %**	**4.071** **87,4 %**
Siedlungen ohne TW-System der Komitees A.P.R.		
El Romeral	27	105
Los Maitenes de Serón	14	81
El Sauce	12	66
El Chacay	14	65
La Huerta	19	56
Las Minillas	7	46
Los Maitenes de Samo Alto	10	34
Summe der Siedlungen, Fundos, Comunidades Agrícolas mit unter 20 Einwohnern	46	132
Summe der Siedlungen ohne TW-Systemen der Komitees A.P.R.	**187** **16,7 %**	**585** **12,6 %**

Vergleicht man Tab. 4.1 mit Tab. 4.2, fällt auf, das die Anzahl der Trinkwasseranschlüsse in den einzelnen Orten meist weit über der Anzahl der aktuell bewohnten Haushalte liegt. Das ist dadurch zu erklären, dass einige Häuser, die über einen Trinkwasseranschluss verfügen, unbewohnt oder nur zeitweise bewohnt sind (Sommer-/Feriendomizile). Die bewohnten

[15] Einwohnerzahlen und Anzahl der Haushalte beziehen sich auf den Precenso 2001, da zurzeit der Datenerfassung für diese Studie die Zahlen des Censo von 2002 noch nicht vorlagen [15].

Häuser sind bis auf wenige Ausnahmen (Neubauten, Bewohner wollen keinen Anschluss) an das Trinkwassernetz angeschlossen. In Samo Alto und Tabaqueros ist es allerdings zurzeit nicht möglich weitere Häuser anzuschließen, da das Netz bereits überlastet ist (siehe dazu Kap. 4.4.1.8).

In den folgenden Abschnitten wird zuerst die Trinkwasserversorgung durch die Komitees A.P.R. beschrieben. Anschließend wird kurz auf die Orte mit eigenen Systemen zur Trinkwasserversorgung eingegangen.

4.4.1 Trinkwasserversorgung durch die Komitees A.P.R.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Umfrage, die im Juli und August 2001 u. a. zu den Themen Wasserver- und -entsorgung, Wassergewinnung und Wasserqualität bei den neun Komitees A.P.R. der Gemeinde Río Hurtado durchgeführt, zusammenfassend dargestellt.

4.4.1.1 Mitarbeiter der Komitees A.P.R.

Jedes Komitee A.P.R. mindestens eine Sekretärin (Secretaria Administrativa) und eine(n) Betreiber(in) (Operador(a)), der/die die Anlagen zur Trinkwassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung und -verteilung betreibt und wartet. In Las Breas und Fundina übernimmt eine Frau beide Aufgaben. Die großen Komitees beschäftigen mehrere Sekretärinnen. Das Komitee Hurtado - El Chañar beschäftigt drei Sekretärinnen, eine in Hurtado, eine in El Chañar und eine in Morillos. Das Komitee Pichasca - San Pedro beschäftigt zwei Sekretärinnen und zwei Operadores (jeweils in Pichasca und in San Pedro). Mit der Rechnungsprüfung werden externe Buchhalter (Contadores) beauftragt. Die Gehälter der Angestellten der verschiedenen Komitees variieren sehr stark. Die Operadores verdienen zwischen 15.000 $ und 125.000 $ monatlich (26 - 220 €). Die Sekretärinnen zwischen 10.000 $ und 105.000 $ monatlich (17,50 - 185 €). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Arbeitsaufwand je nach Größe des Systems und der Mitgliederzahl ebenfalls sehr unterschiedlich sein kann.

4.4.1.2 Vermögensverhältnisse und Ausstattung der Komitees A.P.R.

Die Vermögensverhältnisse der einzelnen Komitees A.P.R. sind recht unterschiedlich, wobei die älteren Komitees im Allgemeinen besser gestellt sind. Vier Komitees besitzen ein eigenes Büro, zwei haben ein Büro gemietet, in drei Komitees arbeiten die Sekretärinnen zu Hause. Mit Computer und Drucker sind drei Büros ausgestattet, eines mit Schreibmaschine. Zwei Komitees besitzen ein Werkzeuglager. Alle Komitees sind mit Werkzeugen und Ersatzteilen ausgestattet.

Die Komitees sind verpflichtet einen Rücklagen-Fond bei einer Bank einzurichten, aus dem die Wartung und notwendige Erneuerungen und Investitionen finanziert werden können. Die

Rücklagen betragen zwischen 400.000 $ (700 €) beim jüngsten Komitee und 12 Mio. $ (21.000 €) bei den älteren Komitees. In den Jahren 2000 und 2001 wurden folgende Investitionen getätigt: drei Komitees kauften eine neue Pumpe (1.500 - 2.500 €), zwei einen Computer (1.000 €), eines ein Büro (1.750 €), und eines Material zum Bau einer Toilette.

4.4.1.3 Kosten des Trinkwassers

Für jeden Trinkwasseranschluss muss unabhängig vom Wasserverbrauch ein Grundpreis gezahlt werden. Zusätzlich werden für die Kubikmeter Wasser gestaffelt nach Verbrauch Gebühren erhoben. Je höher der Verbrauch desto teurer wird das Wasser. In Tab. 4.3 sind die Wasserpreise der einzelnen Komitees dargestellt. Die Preise variieren erheblich. Am günstigsten ist das Trinkwasser in Pichasca und Serón. Dort existiert die Trinkwasserversorgung bereits seit 1978. Am teuersten ist das Wasser in Las Breas und Quebrada Santander, wo die Trinkwassersysteme erst 1996 bzw. 1999 installiert wurden.

Tab. 4.3: Wasserpreise der Komitees A.P.R. in Pesos ($) und Euro-Cent (ct), Stand: Juli/Aug. 2001

Komitee A.P.R.	Grundpreis		Preis für den 0 - 10 m³		Preis für den 11 - 40 m³		Preis für den 41 - 60 m³		Preis für den über 60 m³	
	[$]	[ct]	[$]	[ct]	[$]	[ct]	[$]	[ct]	[$]	[ct]
Las Breas	1600	280	340	60	500	88	590	103	675	118
Hurtado - El Chañar	860	151	300	53	390	68	430	75	490	86
Los Lavaderos*	1970	345	330	58	430	75	470	82	530	93
Serón	630	110	170	30	255	45	300	53	340	60
Fundina	1000	175	270	47	410	72	480	84	550	96
Pichasca - San Pedro	490	86	130	23	195	34	230	40	260	46
Samo Alto	700	123	190	33	290	51	340	60	390	68
Quebrada Santander	1500	263	400	70	600	105	700	123	800	140
Huampulla	840	147	225	39	340	60	395	69	450	79
Tabaqueros	700	123	190	33	285	50	330	58	380	67

* Los Lavaderos gehört zum Komitee A.P.R. Hurtado - El Chañar, hat aber ein eigenes Tarifsystem, da hohe Kosten für das Pumpsystem Hydro-Pac anfallen.

Mitglieder der Komitees A.P.R. mit geringem Einkommen können bei der Gemeindeverwaltung eine Reduktion der Trinkwassergebühren beantragen. Die Abteilung für Soziales (Departamento Social) prüft, ob die Vorraussetzungen erfüllt sind. Wird der Antrag bewilligt, übernimmt die Gemeindeverwaltung die Hälfte des Grundpreises und die Hälfte der Kosten für die ersten 15 m³. Für darüber hinausgehenden Konsum müssen die Verbraucher die vollen Kosten tragen. In der Gemeinde Río Hurtado erhalten durchschnittlich knapp 50 % der Mitglieder der Komitees A.P.R. diese finanzielle Unterstützung. Am niedrigsten ist der Prozentsatz in Samo Alto mit 33 %, am höchsten in Huampulla mit 61 %.

4.4.1.4 Wasserverbrauch

Nach Aussage der Komitees A.P.R. ist in der Gemeinde Río Hurtado immer, auch in Trockenzeiten, ausreichend Wasser für die Trinkwasserversorgung vorhanden. Die Brunnen zur Trinkwassergewinnung sind noch nie trockengefallen. Die meisten Komitees geben an, dass die Mitglieder sehr wenig Wasser verbrauchen und deshalb auch keine Informationsveranstaltungen oder Broschüren zum Thema Wassersparen notwendig sind. Nur in Huampulla wurde angegeben, dass ESSCO und die Gemeindeverwaltung Broschüren zum Thema Wassersparen verteilt haben. In Pichasca werden die Mitglieder individuell beraten, wenn ihre Wasserrechnung sehr hoch ist. Die Anschlüsse, Toilettenspülungen, Wasserhähne, etc. werden auf Wasserverluste untersucht, gegebenenfalls repariert, und es wird geraten das Wasser sparsam zu verwenden, z. B. nicht zum Wässern des Gartens.

Die Angaben, die die Komitees A.P.R. über den Wasserverbrauch machen konnten, waren leider sehr ungenau, da nur in Samo Alto der monatliche Wasserverbrauch mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung erfasst wird. In den anderen Komitees konnte der Wasserverbrauch nur anhand der einzelnen Rechnungen des letzten Jahres ermittelt werden. Wenn nicht alle Rechnungen vorhanden waren, beruhen die Daten auf Schätzungen der Angestellten des Komitees A.P.R..

In den kleinen Orten, in denen generell sehr wenig Wasser verbraucht wird und viele Häuser noch nicht mit Dusche und Toilette mit Wasserspülung ausgestattet sind, variiert der Wasserverbrauch zwischen Sommer und Winter kaum, z. B. in Las Breas, der Quebrada Santander und Tabaqueros. In den größeren Orten ist der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Anschluss bzw. Einwohner höher, weil es mehr Geschäfte und Einrichtungen mit hohem Verbrauch gibt, wie z. B. die Gemeindeverwaltung in Samo Alto, Internate in Hurtado und Pichasca, große Schulen in Hurtado, Serón und Pichasca und die Krankenstation in Pichasca. Der Unterschied zwischen dem Wasserverbrauch im Sommer und im Winter ist hier sehr ausgeprägt. Im Sommer wird bis zu doppelt so viel Wasser verbraucht. Das ist auch darauf zurückzuführen, dass ehemalige Bewohner und Gäste in den Sommermonaten ihre Ferien in Río Hurtado verbringen, und sich dadurch wesentlich mehr Menschen = Wasserkonsumenten im Tal befinden.

In der folgenden Tab. 4.4 sind die Unterschiede im Wasserverbrauch in Sommer- und Wintermonaten dargestellt. Außerdem wird der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Monat über das gesamte Jahr abgebildet und daraus der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Anschluss in m^3/Monat, sowie pro Einwohner in Liter/Tag abgeleitet.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich in einigen Orten Institutionen mit einem weit überdurchschnittlichen Verbrauch befinden[16] und dadurch der Gesamtverbrauch deutlich über dem Haushaltsverbrauch liegen kann.

Tab. 4.4: Durchschnittlicher Gesamt-Wasserverbrauch (GWV) pro Monat im Sommer, Winter, über das gesamte Jahr und pro Anschluss, sowie der durchschnittliche Wasserverbrauch in Liter pro Einwohner und Tag (l/Ed) [Quelle: Umfrage 2001]

Komitee A.P.R.	durchschnittl. GWV im Sommer [m³/Monat]	durchschnittl. GWV im Winter [m³/Monat]	durchschnittl. GWV im Jahr [m³/Monat]	durchschnittl. GWV pro Anschluss [m³/Monat]	durchschnittl. GWV pro Einwohner [l/Ed]
Las Breas	302	302	302	3,82	35
Hurtado - El Chañar	2800	2100	2450	8,01	83
Serón	2600	1500	2050	9,40	138
Fundina	527	500	514	3,54	49
Pichasca - San Pedro	6000	3000	4500	13,60	135
Samo Alto	2100	800	1411	8,55	153
	ohne Gemeindeverwaltung:		1192	7,22	129
Quebrada Santander	105	85	95	3,80	96
Huampulla	900	750	825	10,71	175
Tabaqueros	1300	1300	1300	9,03	128

In Chile werden durchschnittlich 200 l/Ed (Liter Wasser pro Einwohner und Tag) verbraucht. Dabei handelt es sich um einen Durchschnittswert, im Hochsommer steigt der Wert auf bis zu 250 bis 300 l/Ed an[17]. In ländlichen Gegenden ist der Wasserverbrauch geringer und liegt bei durchschnittlich 96 l/Ed, wenn Bad und Dusche vorhanden sind. Wenn keine Toilette mit Wasserspülung vorhanden ist, liegt der Wert noch einmal erheblich niedriger [8]. In der Gemeinde Río Hurtado werden durchschnittlich zwischen 35 und 175 l/Ed verbraucht. Diese Werte dürfen jedoch wegen der oben beschriebenen Unsicherheiten bei der Ermittlung nur als Anhaltswerte für eine ungefähre Einschätzung verwendet werden.

---

[16] **Komitee A.P.R.** — **Institutionen mit (rel.) hohem Wasserverbrauch (bez. auf einen Monat)**

Hurtado - El Chañar:	Hurtado: Internat (100 m³), Schule (40-85 m³), Gymnasium (40 - 60 m³), Polizeistation (30 m³), Gesundheitsposten; El Chañar: Schule (26-50 m³), Gesundheitsposten
Serón:	Schule (60 - 80 m³), Kindergarten (25 - 30 m³)
Pichasca - San Pedro:	Internat, Schule, Polizeistation, Krankenstation
Samo Alto:	Gemeindeverwaltung (150 - 300 m³, 2625 m³/a)
Huampulla:	Schule (40 m³), Betrieb (40 m³), Gesundheitsposten
Tabaqueros:	Schule, Gesundheitsposten (15 m³)

[17] In Deutschland liegt der Wasserverbrauch im Haushalt bei durchschnittlich 130 l/Ed, was im Vergleich zu anderen entwickelten Ländern allerdings sehr niedrig ist.

4.4.1.5 Trinkwassergewinnung und -aufbereitung

Das Wasser für die Trinkwasserversorgung wird in allen Komitees A.P.R. aus Brunnen in der Nähe des Río Hurtado gewonnen. Alle Systeme werden jeweils von einem Brunnen versorgt. Nur in Pichasca wurde vor drei Jahren ein zweiter Brunnen angelegt (siehe Abb. 4.1), um den damals 20 Jahre alten, ersten Brunnen zu entlasten. Die beiden Brunnen werden jetzt im Wechsel betrieben.

Abb. 4.1: Der neue Brunnen in Pichasca

Die Brunnen der Komitees A.P.R sind zwischen 10 und 25 m tief und befinden sich in 10 bis 200 m Entfernung von Fluss (Durchschnitt: 90 m; El Chañar: 10 m; Fundina und Tabaqueros: 200 m), so dass das Wasser als Uferfiltrat bezeichnet werden kann. Die Brunnen sind in der Regel mit einem Zaun vor dem direkten Zugang geschützt. Die umzäunte Fläche ist zwischen 4 und 100 m^2 groß. Der alte Brunnen in Pichasca und der Brunnen der Quebrada Santander sind nicht abgesperrt. Eine Absperrung der direkten Umgebung des Brunnens ist zum Schutz von Verunreinigung sehr wichtig und sollte schnellst möglichst installiert werden. Die Entfernung des Brunnen zur nächstgelegenen Sickergrube (Abwasserentsorgung) beträgt zwischen 100 m (Pichasca, Samo Alto) und über 1 km (Las Breas, El Chañar, Fundina, Tabaqueros). Ob ein Abstand von 100 m ausreichend ist, um die Kontamination des Brunnenwassers mit Abwasser zu verhindern, kann ohne weitere Informationen nicht beurteilt werden. Es sollten in Brunnennähe auf jeden Fall keine Abwässer versickert werden.

Abb. 4.2: Brunnen des Komitees Quebrada Santander ohne Umzäunung

Abb. 4.3: Automatische Chlorung in Las Breas

Als einziger Aufbereitungsschritt nach der Entnahme des Wassers aus dem Brunnen erfolgt in allen Systemen eine Desinfektion durch Chlorung. Die Desinfektionslösung wird mit einer Dosierpumpe automatisch in die Leitung injiziert. Die Lösung wird vom Betriebspersonal (Operador) aus Calciumhypochlorit-Granulat mit Wasser angesetzt. Die Dosiermenge wird vom Operador eingestellt und an Hand von Kontrollmessungen nachgeregelt, so dass an allen Stellen des Leitungsnetzes ein Restgehalt an freiem Chlor von mindestens 0,3 mg/l vorhanden ist. Die Calciumhypochlorit-Lösung muss regelmäßig nachgefüllt und die Dosierstation muss regelmäßig gereinigt werden. Die einwandfreie Funktion der automatischen Chlorung hängt entscheidend von der Erfahrung des Betriebspersonals ab.

4.4.1.6 Trinkwasserspeicherung und -verteilung

Das gechlorte Wasser wird in hochgelegene **Wasserspeicher** gefördert. Die Systeme der Komitees A.P.R. verfügen über einen oder zwei Wasserspeicher mit einer Kapazität von 10 m³ (Quebrada Santander) bis 100 m³ (Hurtado-El Chañar: 2x 50 m³) (siehe Abb. 4.4).

Abb. 4.4: Umzäunter 50 m³-Wasserspeicher des Komitees Hurtado-El Chañar

Abb. 4.5: Umzäunter 15 m³-Wasserspeicher des Komitees Huampulla

Von den Wasserspeichern aus wird das Trinkwasser allein mit Hilfe der Schwerkraft im Netz verteilt. Im Bereich des Komitees Hurtado - El Chañar wird die höher gelegene Siedlung Los Lavadeos mit einem energie- und damit kostenintensiven Pumpsystem (Hydro-Pac) versorgt. Es ist allerdings geplant, einen Speichertank in Los Lavaderos zu errichten, um den Energieverbrauch und damit die Kosten zu senken. In Serón wird das Trinkwasser mit einer zusätzlichen Pumpe zur Schule gepumpt. In Samo Alto wird dringend eine zusätzliche Pumpe benö-

tigt, da ca. 15 höher gelegene Häuser nur mit Wasser versorgt werden, wenn der Speicher voll ist. Sinkt der Füllstand des Wasserspeichers während des Tages, reicht der Wasserdruck nicht mehr aus, um diese Häuser zu versorgen.

Das **Leitungsnetz** der Komitees A.P.R. ist aus PVC-Rohren mit einem Durchmesser von 63 mm gefertigt. Die älteren Systeme in Pichasca, Serón und Hurtado-El Chañar besitzen noch Leitungen aus Rocalit mit einem Durchmesser von 75 mm. Rocalit ist ein Faserzement, der eventuell Asbest enthält. Es laufen Projekte zur Modernisierung dieser Netze und in Serón und Hurtado-El Chañar sollen bis Ende 2002 alle Rocalit-Leitungen durch PVC ersetzt werden.

Einige Einrichtungen in der Gemeinde besitzen **Notfalltanks**, damit ein Ausfall der Wasserversorgung für eine gewisse Zeit überbrückt werden kann. Folgende Einrichtungen verfügen über einen Notfalltank: die Gemeindeverwaltung (Municipalidad) in Samo Alto, die Krankenstation (Consultorio Médico Rural) in Pichasca und die Gesundheitsposten (Postas de Salud) in Samo Alto, Serón, Hurtado, El Chañar und Las Breas, die Polizeistation (Carabineros) in Pichasca, die Schulen in Serón und Pichasca und das Internat in Pichasca.

4.4.1.7 Trinkwasserqualität

In der Gemeinde Río Hurtado wird das Trinkwasser aus Grundwasser (bzw. Uferfiltrat) gewonnen. Jedes Trinkwassersystem versorgt unter 4.000 Einwohner. Nach der chilenischen Norm NCh 409/2 gelten deshalb für die vorgeschriebenen Kontrolluntersuchungen die in Tab. 4.5 dargestellten Regelungen. Die Konzentration an freiem Chlor muss an allen Punkten des Leitungsnetzes mindestens 0,2 mg/l betragen. Ein Höchstwert ist laut Norm nicht festgelegt, aber die Direktion für hydraulische Arbeiten DOH empfiehlt 1 mg/l an freiem Chlor nicht zu überschreiten.

Tab. 4.5: Vorgeschriebene Untersuchungen nach NCh 409/2. Of84 bzw. NCh 409/2.cR99 [17], [18]

Häufigkeit der Untersuchungen	**Geltende Norm NCh 409/2.Of84**	**Geplante Neufassung NCh 409/2.cR99**
täglich	Konzentration an freiem Chlor an 4 Punktes des Leitungsnetzes	Konzentration an freiem Chlor an 4 Punktes des Leitungsnetzes
2 x pro Woche		Bakteriologische Untersuchung, Trübung
1 x pro Woche	Bakteriologische Untersuchung	
1 x im Monat	Trübung, Färbung, Geruch, Geschmack	
1 x im Jahr	Analyse der chemischen Parameter	Analyse der chemischen Parameter, Färbung, Geruch, Geschmack

In der Gemeinde Río Hurtado werden erst seit 1993 regelmäßige Kontrollen der Trinkwasserqualität durchgeführt. Die Häufigkeit der durchgeführten Analysen weicht allerdings auch heute noch stark von den Vorschriften der Norm ab. So schreibt die DOH abweichend von der Norm NCH 409/2 vor, dass die Konzentration an freiem Chlor einmal täglich an mindestens einer Stelle des Leitungsnetzes kontrolliert werden soll (anstatt an vier Stellen). Der Probenahmeort soll jedes Mal wechseln. Die bakteriologische Untersuchung und die Untersuchung von pH-Wert, Trübung und Färbung sollen alle zwei Monate erfolgen (anstatt einmal wöchentlich bzw. einmal monatlich). Die komplette Analyse aller chemischen Parameter soll mindestens alle fünf Jahre erfolgen (anstatt jährlich).

In sechs der neun Komitees werden laut Auskunft der Operadores täglich ein bis vier Proben an unterschiedlichen Stellen zur Untersuchung der Konzentration an freiem Chlor genommen. In Fundina, Quebrada Santander und Huampulla wird die Konzentration an freiem Chlor nur zwei- bis dreimal wöchentlich kontrolliert. In Huampulla wird die Probe außerdem immer am gleichen Ort genommen. Die bakteriologische Untersuchung und die Untersuchung von pH-Wert, Trübung, Färbung und Konzentration an freiem Chlor werden ca. alle zwei Monate von ESSCO-Lab[18], einem Analyselabor in La Serena durchgeführt. Die Komitees verfügen nicht über die Ausstattung und das Personal, um die Probenahme und die Untersuchungen durchzuführen. Die Analysen inklusive Probenahmen kosten je Komitee rund 55 € alle zwei Monate. Die letzte komplette Analyse aller chemischen Parameter erfolgte je nach Komitee 1998 oder 1999. Die Untersuchungen wurden ebenfalls von ESSCO-Lab durchgeführt und kosteten je Komitee inklusive Probenahme ca. 150 €. Soweit es in Erfahrung zu bringen war, gab es in der Gemeinde Río Hurtado bisher keine Probleme mit der Trinkwasserqualität (abgesehen von den mineralischen Ausfällungen in Las Breas, siehe 4.4.1.8). Die Untersuchungsergebnisse von ESSCO-Lab entsprachen immer den Anforderungen der Norm NCh 409/1, abgesehen von seltenen Unterschreitungen der Mindestkonzentration an freiem Chlor von 0,2 mg/l.

Durchschnittlich einmal im Monat kontrolliert die staatliche Behörde für Umwelthygiene (Departamento Higiene Ambiental)[19] unangemeldet die Trinkwassersysteme der Komitees in Río Hurtado (außer Komitee A.P.R. Quebrada Santander). Sie überprüfen den Zustand der Brunnen und des Leitungsnetzes, kontrollieren die Konzentration an freiem Chlor im Leitungsnetz und nehmen Proben zur bakteriologischen Untersuchung. Wenn die Unter-

[18] Laboratorio ESSCO-Lab S. A., Alberto Arena 2467, La Serena, Leiterin des technischen Labors: Ruth Mercado Herrera, Tel.: +56-(0)51-29 55 20

[19] Departamento Higiene Ambiental, Hospital de Ovalle, Ovalle, Ansprechpartner: Eduardo Alvarez, Tel.: +56-(0)53-66 01 07

suchungsergebnisse nicht den Anforderungen der Norm NCh 409 entsprechen, muss der Präsident des jeweiligen Komitees A.P.R. die Ursachen erklären, und unter Umständen können Sanktionen von bis zu 70 € verhängt werden. Nach Aussage des Leiters der Behörde E. Alvarez (Interview am 4.10.01) gibt es in der Gemeinde Río Hurtado keine Probleme mit der bakteriologischen Trinkwasserqualität. Selten ist die Konzentration an freiem Chlor zu gering.

4.4.1.8 Probleme bei der Trinkwasserversorgung durch die Komitees A.P.R. und Projekte zur Verbesserung der Situation

Las Breas

Der Brunnen wurde 1996 schlecht konstruiert, das Wasser ist häufig gelblich gefärbt und verfärbt z. B. die Wäsche beim Waschen. Das Wasser hat einen hohen Mineralgehalt und besonders im Winter finden sich gelbliche Sedimente im Wasser. 1998 wurde der Brunnen von deshalb der DOH gereinigt, aber bereits 1999 traten die Probleme erneut auf. Daraufhin wurde der Brunnen im Oktober 2001 noch einmal gereinigt, aber um die Wasserqualität dauerhaft zu verbessern muss entweder ein Filter eingebaut oder ein neuer Brunnen an anderer Stelle gebohrt werden. Außerdem stört die Bewohner in Las Breas das Chlor im Wasser und viele verwenden weiterhin das hygienisch bedenkliche Wasser aus Bächen und Kanälen. Die Bevölkerung sollte deshalb besser über die Gründe der Chlorung informiert werden. Der Wasserverbrauch in Las Breas ist sehr gering, da nur wenige Häuser mit Dusche und Wasserklosett ausgestattet sind.

Hurtado - El Chañar

Für 2002 ist der Austausch des alten Rocalit-Leitungsnetzes gegen PVC-Rohre geplant. In El Chañar wird das Leitungsnetz 2002 um 20 Anschlüsse erweitert. Das Projekt wird von der Gemeindeverwaltung (Dirección de Obras Municipales) durchgeführt und vom nationalen Fond für regionale Entwicklung FNDR finanziert [12]. In Los Lavaderos soll ein zusätzlicher Wasserspeicher gebaut werden, um die hohen Energiekosten für das Hydro-Pac-Pumpsystem einzusparen.

Morillos, El Vado de Morillos

Die beiden Orte sind im Jahr 2000 gegen ihren Willen an das Trinkwassernetz von Hurtado - El Chañar angeschlossen worden. Das Leitungsnetz nach und in Morillos wurde sehr schlecht konstruiert. Die Wasserverluste in den Leitungen sind so hoch, dass die Bewohner in Morillos häufig kaum noch Wasser erreicht. In beiden Orten werden weiterhin die alten Systeme mit Brunnen, Pumpe und Speichertank ohne Chlorung und ohne Kontrolluntersuchungen betrieben, denn viele Bewohner lehnen das gechlorte Wasser ab.

Serón

Der vollständige Austausch des alten Rocalit-Leitungsnetzes gegen PVC-Rohre ist geplant. Der Wasserdruck im Netz ist niedrig. Deshalb wird der Bau eines neuen höher gelegenen Wasserspeichers angestrebt. Nach Aussage der DOH reicht das Wasserdargebot des Brunnens noch bis 2003, wenn die Bevölkerung weiterhin stetig zunimmt. Ob diese Annahme der stetig wachsenden Bevölkerung gerechtfertigt ist, sollte allerdings kritisch hinterfragt werden.

Pichasca

In Pichasca wurde im Jahr 2000 der Bau eines neuen, höher gelegenen Wasserspeichers beschlossen, um 55 Häuser des Sektors Cancha de Pichasca (Cerro Amarillo) an die Trinkwasserversorgung anzuschließen, die bisher nicht versorgt werden konnten, da der alte Speicher unterhalb dieser Siedlung lag. Das Projekt wurde von der Gemeindeverwaltung in Kooperation mit ESSCO durchgeführt und von ESSCO und dem nationalen Fond für regionale Entwicklung FNDR finanziert [12]. Im Frühjahr 2002 wurden die Bauarbeiten abgeschlossen und 36 Häuser an das Trinkwassersystem des Komitees A.P.R. Pichasca angeschlossen. Die übrigen 19 Häuser verweigern bisher aus finanziellen Gründen den Anschluss.

Samo Alto

Es können keine weiteren Häuser an die Trinkwasserversorgung angeschlossen werden, da das System überlastet ist, seit im Juli 2000 36 Häuser im gegenüberliegen Ort Parral Viejo auf der anderen Flussseite angeschlossen wurden. Ca. 15 höher gelegene Häuser in Samo Alto (Sektor El Quiscal) haben seitdem nur Wasser, wenn der Wasserspeicher voll ist (nachts). Als kurzfristige Lösung des Problems soll mit einer zusätzlichen Pumpe der Druck erhöht werden wird. Davon sollen diese 15 Häuser und zehn weitere, die dann auch angeschlossne werden können, profitieren. Für die Durchführung des Projektes sind die Gemeindeverwaltung und die DOH verantwortlich [12]. Das Projekt sollte ursprünglich 2001 umgesetzt werden, aber bis Ende März 2002 wurde noch nicht mit der Ausführung begonnen, da die Finanzierung noch nicht geklärt war. Um das Problem des überlasteten Netzes langfristig zu lösen, wird wahrscheinlich ein neuer, größerer, höher gelegener Speicher gebaut werden. Das bedeutet, dass außerdem der Rohrdurchmesser des Leitungsnetzes auf 63 mm erweitert werden muss und eine Druckreduzierung für die niedriger gelegenen Häuser installiert werden muss. Zusätzlich müssen die elektrischen Leitungen im Querschnitt verstärkt werden, damit eine leistungsfähigere Pumpe mit größerem Motor angeschlossen werden kann. Zurzeit ist die Finanzierung dieser recht umfangreichen Umbauten noch nicht geklärt.

Quebrada Santander

Das Trinkwassersystem wurde 1999 von ESSCO eingerichtet, das Komitee A.P.R. arbeitet bisher aber noch nicht mit der DOH zusammen. Es findet keine bakteriologische Unter-

suchung des Trinkwassers statt, nur der Chlorgehalt wird regelmäßig kontrolliert. Eine Zusammenarbeit mit der DOH wird angestrebt. Der Brunnen muss zum Schutz vor Verunreinigungen umzäunt werden.

Huampulla

Die Konzentration an freiem Chlor ist gelegentlich zu niedrig und wird außerdem zu selten kontrolliert. Das System stößt an seine Grenzen. Ein neuer, größerer Speicher muss gebaut werden, damit weitere Häuser angeschlossen werden können. Der Bau von 23 neuen Häusern ist bereits geplant. Außerdem soll ein Büro für das Komitee A.P.R. gebaut werden.

Tabaqueros

Das System ist überlastet. Zurzeit warten 90 Häuser auf den Trinkwasseranschluss. Sie können nicht angeschlossen werden, da das System sonst zusammenbrechen würde. Der Bau eines größeren Speichers ist für 2002 geplant. Außerdem muss eine neue, stärkere Pumpe angeschafft werden. Dafür müssen aber zunächst die elektrischen Leitungen verstärkt werden.

Kontrolle der Wasserqualität

Die DOH führt ein Forschungsprojekt durch, um die Qualitätskontrolle zu verbessern. Es wird eine Methode zur bakteriologischen Untersuchung getestet. Eine regelmäßige Untersuchung des Trinkwassers auf Coliforme vor Ort soll mit Hilfe eines Schwefelwasserstoff-Entstehungs-Test möglich werden.[20]

4.4.2 Trinkwasserversorgung in den dünn besiedelten Gebieten

In der Gemeinde Río Hurtado sind knapp 600 Einwohner, das entspricht ca. 13 % der Bevölkerung, nicht an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen. Sie leben in so genannten halbkonzentrierten Siedlungen mit unter 150 Einwohnern oder in verstreut gelegenen einzeln oder in kleinen Gruppen stehenden Häusern. Die halbkonzentrierten Siedlungen in der Gemeinde ohne öffentliche Trinkwasserversorgung sind: El Romeral, Los Maitenes de Serón, El Sauce, El Chacay, La Huerta und Los Maitenes de Samo Alto. Las Minillas ist eine Streusiedlung (siehe Tab. 4.2).

Die DOH plant im Rahmen des nationalen Programms zur Trinkwasserversorgung in ländlichen Gebieten (**Programa Nacional de Agua Potable Rural**) die öffentliche Trinkwasserversorgung in der IV. Region in den Jahren 2001 bis 2010 auf halbkonzentrierte Siedlungen

[20] Weitere Informationen: Aguas e Ingenieria Ltda., Ramón Angel Jara 751, La Serena, Ansprechpartnerin: Pilar Honorato González, Tel.: +56-(0)51-22 24 41, E-Mail: aguasing@entelchile.net

mit weniger als 150 Einwohnern auszuweiten. Zurzeit versorgen sich die Einwohner in diesen Gebieten auf unterschiedliche Weise mit Trinkwasser[21]:

El Romeral (105 Einwohner)

Die Siedlung El Romeral liegt abgeschieden hoch in den Bergen, etwas eine Autostunde von Pichasca entfernt. Sie besteht aus 26 privaten Häusern und folgende öffentlichen Einrichtungen: Kirche, Gesundheitsposten (Posta de Salud) und Grundschule (für zurzeit 18 Schüler). Das Trinkwasser wird aus 12 „Wasserlöchern“ (Norias) entnommen. Das sind ca. 3-4 m tiefe Erdlöcher, in denen das Grundwasser an die Oberfläche tritt. Vier Norias wurden vor kurzem im Zement gefasst und mit einem Deckel vor Verschmutzungen geschützt. Die übrigen acht Norias sind ohne Schutz oder Umzäunung. Die überall frei herumlaufenden Ziegen können an die Wasserstellen gelangen. Ein Noria befindet sich in einer ehemaligen Bleimine. Die landwirtschaftlich bewirtschaften Flächen liegen in ca. 100 m Entfernung von den Norias, aber Kunstdünger oder Pestizide werden bisher nur in sehr geringem Umfang eingesetzt. Die Norias trocknen im Sommer nicht aus, aber der Wasserstand sinkt ab. In längeren Trockenperioden (um die fünf Jahre) versiegen die Norias und die Bevölkerung muss mit dem Tankwagen versorgt werden.

Abb. 4.6: Privater Wassertank in El Romeral

Von den etwas erhöht gelegenen Norias läuft das Wasser in Schläuchen allein durch die Schwerkraft ohne Pumpen zu den Wassertanks der Häuser. Jedes Haus besitzt seinen eigenen Wassertank mit einem Volumen von 200 - 1000 Liter. Die Tanks bestehen aus faserverstärktem Kunststoff und sind mit einem Deckel verschlossen. Die Wasserverluste durch undichte Schläuche oder Verbindungen sind recht hoch. Das Wasser wird manuell gechlort, d. h. nach „Gutdünken“ wird ein „Schuss“ Chlorlösung in den Tank gegeben. Die Konzentration wird nicht gemessen, eine Über- oder Unterdosierung wird nicht entdeckt.

[21] Die folgenden Informationen wurden im Rahmen einer Umfrage gesammelt, die im Oktober 2001 durchgeführt wurde.

Die Wasserqualität der Norias wurde und wird nicht untersucht. Chemische, physikalische und bakteriologische Parameter werden nicht kontrolliert. Diese Art der Trinkwasserversorgung kann nur als gesundheitlich und hygienisch äußert bedenklich bezeichnet werden.

Die Schule wird einmal wöchentlich mit einem Tankwagen mit gechlortem Trinkwasser beliefert. Das Wasser wird in einem 600 Liter-Tank gespeichert und „gelegentlich“ wird vor Ort nachgechlort. Aber es fehlt ein Gerät, um die Konzentration an freiem Chlor zu messen. Problematisch wird die Situation, wenn der Tankwagen aus verschiedenen Gründen nicht regelmäßig kommt. Die Straße nach El Romeral ist im Winter, wenn es regnet unpassierbar und der Tankwagen ist alt und reparaturbedürftig und fällt gelegentlich aus. Die Schulbehörde (Departamento de Educación) plant die Wasserversorgung der Schule zu verbessern und hat im November 2001 ein in Zement gefasstes und abgedecktes Noria von ESSCO-Lab chemisch, physikalisch und bakteriologisch untersuchen lassen, um zu klären, ob es für eine Trinkwasserversorgung der Schule geeignet wäre. Die Analyse ergab, dass das Wasser die chemischen und physikalischen Anforderungen der Norm NCh 409 erfüllt, aber mit Coliformen und Fäkalcoliformen belastet ist und deshalb vor dem menschlichen Konsum desinfiziert werden muss (Coliforme Total: 240 Kolonien pro 100 ml, Fäkalcoliforme 33 Kolonien pro 100 ml). Ob und wann eine Trinkwasserversorgung der Schule über dieses Noria eingerichtet wird steht noch nicht fest.

La Huerta (56 Einwohner)

Die Siedlung La Huerta liegt im Tal der Quebrada Pichasca. Die 19 Häuser liegen teilweise recht weit von einander entfernt. Die Schule und einige Häuser besitzen einen Wassertank und werden von Tankwagen versorgt (Problem der Unregelmäßigkeit siehe oben). Viele Bewohner nutzen direkt das Wasser der Quebrada ohne Behandlung oder Desinfektion. Diese Art der Trinkwasserversorgung ist gesundheitlich und hygienisch äußert bedenklich.

Los Maitenes de Samo Alto (34 Einwohner)

Die Siedlung besteht aus zehn Häusern. Die Bewohner betreiben ein eigenes Wasserversorgungssystem mit Brunnen, Pumpe und Speicher. Seit 2000 gibt es in Los Maitenes de Samo Alto elektrischen Strom und eine Pumpe mit Elektromotor fördert das Wasser. Vorher wurde die Pumpe mit Benzin betrieben. Alle Nutzer zahlen monatlich 2000 $ (3,50 €) für das Trinkwasser, es fehlen eine Desinfektion und die Kontrolle der Wasserqualität.

Las Minillas (46 Einwohner)

Die sieben Häuser von Las Minillas liegen weit verstreut in den Bergen. Die Bewohner versorgen sich über Norias mit Trinkwasser. Die Norias sind ungeschützt und den umherziehenden Ziegen frei zugänglich. Die Tiere kommen zum Trinken zu den Norias. Das

Wasser läuft über Schläuche von den Norias zu den Häusern und wird dort ohne Behandlung oder Desinfektion für den häuslichen Gebrauch und als Trinkwasser verwendet.

Abb. 4.7: Ungeschütztes Noria in Minillas

Abb. 4.8: Mit Zweigen geschützte Quelle

Die Schule von Minillas besitzt einen Wassertank und wird zweimal monatlich mit einem Tankwagen mit gechlortem Trinkwasser beliefert. Problematisch wird die Situation, wenn der Tankwagen aus verschiedenen Gründen nicht regelmäßig kommt (vgl. die Situation in El Romeral). Die Schulbehörde (Departamento de Educación) plant die Wasserversorgung der Schule zu verbessern und hat im November 2001 in Minillas ebenfalls ein Noria von ESSCO-Lab chemisch, physikalisch und bakteriologisch untersuchen lassen, um zu klären, ob es für eine Trinkwasserversorgung der Schule geeignet wäre. Bei der Probenahme war zu erkennen, dass das Noria vor der Nutzung zur Trinkwassergewinnung gründlich gereinigt werden muss, denn in dem nur unvollständig abgedeckten Schacht schwamm u. a. eine tote Eidechse. Die Analyse ergab, dass das Wasser mit Coliformen und Fäkalcoliformen gering belastet ist und vor dem menschlichen Konsum desinfiziert werden muss (Coliforme Total: 2 Kolonien pro 100 ml, Fäkalcoliforme 2 Kolonien pro 100 ml). Die chemischen und physikalischen Anforderungen der NCh 409 erfüllt das Wasser nicht: Der Grenzwert für Sulfat wurde stark überschritten (Probe: 490 mg/l, Grenzwert: 250 mg/l). Hohe Sulfatkonzentrationen im Wasser können eine abführende Wirkung haben und verursachen einen bitteren Geschmack. Leicht überschritten wurde der Grenzwert für Mangan (Probe: 0,11 mg/l, Grenzwert: 0,10 mg/l). Mangan ist ein wichtiges Spurenelement, in hohen Konzentrationen verursacht es jedoch einen sehr unangenehmen Geschmack des Wassers. Ebenfalls überschritten wurde der Grenzwert für abfiltrierbare Stoffe (Probe: 1310 mg/l, Grenzwert: 1000 mg/l). Hohe Konzentrationen an Trübstoffen im Wasser verursachen einen salzigen Geschmack. Für alle drei Grenzwerte kann der Gesundheitsminister nach der alten NCh 409

gegebenenfalls Ausnahmen genehmigen. Ob und wann eine Trinkwasserversorgung der Schule über dieses Noria eingerichtet wird steht noch nicht fest.

El Sauce (66 Einwohner)

In El Sauce wurde die Untersuchung des Wassers eines Norias ebenfalls von der Schulbehörde veranlasst. Die Analyse ergab, dass das Wasser des Norias mit Coliformen und Fäkalcoliformen belastet ist und vor dem menschlichen Konsum desinfiziert werden muss (Coliforme Total: 49 Kolonien pro 100 ml, Fäkalcoliforme 33 Kolonien pro 100 ml). Die chemisch und physikalischen Anforderungen der NCh 409 erfüllt das Wasser nicht, da der Grenzwert für Ammoniak leicht überschritten wird (Probe: 0,27 mg/l, Grenzwert: 0,25 mg/l). Ein hoher Ammoniakgehalt wird normalerweise durch die Zersetzung organischer Materie verursacht. Er führt zu einem unangenehmen Geschmack, fördert die Entwicklung von Bakterien und erfordert eine höhere Konzentration an Chlor zur Desinfektion. Durch eine Reinigung des mit verrottenden Blättern gefüllten Norias ist es wahrscheinlich möglich den Ammoniakgehalt zu senken.

Abb. 4.9: Filtrationsmethode, Schule von El Sauce

Das Wasser dieses Norias wird bereits für die Trinkwasserversorgung der Schule genutzt. Das Wasser wird filtriert und anschließend gechlort. Ein Messgerät zur Bestimmung der Konzentration an freiem Chlor ist nicht vorhanden. Die Trinkwasserversorgung der Schüler mit dem derart aufbereiteten Wasser ist bedenklich! Zumindest sollte ein Messgerät zur Bestimmung der Konzentration an freiem Chlor angeschafft werden, um eine ausreichende Desinfektion sicherzustellen.

In den Orten Maitenes de Serón (81 Einwohner), El Chacay (65 Einwohner) und den ca. 20 weiteren kleinen Siedlungen, in Comunidades Agricolas (landwirtschaftliche Genossenschaften) und den Fundos der Großgrundbesitzer (Siedlungen der Arbeiter) (insgesamt ca. 130 Einwohner) wurde keine Umfrage durchgeführt, aber es ist zu vermuten, dass die Wasserversorgung ähnlich wie in den untersuchten Orten organisiert ist. Es besteht dringender Bedarf, der Bevölkerung Zugang zu chemisch, physikalisch und bakteriologisch unbedenklichem Trinkwasser zu verschaffen.

Verbesserung der Trinkwasserversorgung in den dünn besiedelten Gebieten

In den Orten El Romeral, Los Maitenes de Serón und La Huerta soll ab 2002 eine Studie zur Einrichtung einer Trinkwasserversorgung durchgeführt werden und anschließend ein vollständiges System entworfen werden. Das Projekt wird von der Gemeindeverwaltung und ESSCO durchgeführt und aus dem nationalen Fond für regionale Entwicklung FNDR finanziert. Parallel soll in diesen drei Orten in den Jahren 2003 bis 2004 eine Stromversorgung installiert werden. Das Projekt wird ebenfalls mit aus dem nationalen Fond für regionale Entwicklung FNDR finanziert [12].

An der aktuellen, als sehr mangelhaft einzustufenden Trinkwasserversorgungssituation (Wasserqualität und Versorgungssicherheit) der verstreut in den Bergen lebenden Bevölkerung wird sich aus ökonomischen Gründen in nächster Zeit wahrscheinlich nicht ändern. Als erster Schritt zur Verbesserung der Trinkwasserqualität ist deshalb zumindest die Information und Aufklärung der Bewohner sehr wichtig:

- Die Absperrung und Sicherung der Wasserquelle (Noria) schützen vor Verunreinigung durch Tiere.
- Das Reinigen und das Sauberhalten der Quelle sorgen für bessere Wasserqualität.
- Eine korrekt nach Anweisung durchgeführte Chlorung desinfiziert das Wasser. Als Alternative kann das Wasser, das zum Trinken verwendet wird, abgekocht werden. Wenn den meist sehr armen Bauern und Ziegenhirten in den Bergen sowohl Geld zum Kaufen der Chlorlösung als auch Brennholz zum Abkochen des Wassers fehlt, können als Alternative kleine Wassermengen durch die Einwirkung von Sonnenlicht desinfiziert werden. Dazu kann das möglichst zuvor gefilterte Wasser in handelsübliche Getränkeplastikflaschen gefüllt und mehrere Stunden in die Sonne gelegt werden.

Ein anderer Ansatz zur Verbesserung der Trinkwasserqualität ist der Bau von Brunnen, damit die Bevölkerung nicht auf das Wasser der Norias, die leicht verschmutzen, angewiesen ist. In der IX. Region Chiles, in Araukanien, wurde vom Ministerium für öffentliche Bauarbeiten MOP gemeinsam mit der indigenen Bevölkerung der Region ein Projekt zum Brunnenbau durchgeführt[22]. Mit einer einfachen und kostengünstigen Technik wurden 30 Brunnen konstruiert, die bis zu 30 Liter Wasser pro Minute fördern können. Der Bau eines Brunnens dauerte je nach Bodenbeschaffenheit zwischen vier und 14 Stunden. Die Kosten lagen bei 50.000 bis 70.000 $ pro Brunnen (ca. 85 bis 100 €). Die Technik wurde in Bolivien entwickelt, wo bereits über 7.000 Brunnen nach diesem Verfahren konstruiert wurden.

[22] Weitere Informationen: Ministerio de Obras Públicas MOP, Ansprechpartner: Nicolás Gálvez, E-Mail: nicolas.galvez@moptt.gov.cl

4.4.3 Wasserversorgung der Industrie

Die einzige industrielle Anlage in der Gemeinde Río Hurtado ist die zehn Jahre alte Piscobrennerei der Kooperative Capel in Serón (vgl. Kap. 2.3.2). Die Anlage ist nicht an die öffentliche Wasserversorgung von Serón angeschlossen, sondern das Wasser wird aus einem betriebseigenen Brunnen gewonnen. Der Brunnen ist zehn Jahre alt, 23 m tief und fördert das Wasser aus einem 6,5 m tiefen Grundwasserleiter. Das Wasser wird sowohl für den Produktionsprozess (Prozesswasser, Kühlwasser, Reinigung) verwendet als auch für den häuslichen Bedarf der drei ständigen Bewohner und der 15 bis 35 Arbeiter (Trinkwasser, Küche, Bad, Toilette, etc) genutzt. Das Wasser für die Produktion wird ohne weitere Aufbereitung aus dem Brunnen in einen 20 m³ Speicher gefördert. Das Wasser, das für die Dampferzeigung im Destillationsprozess verwendet wird, wird entmineralisiert. Das Wasser für den häuslichen Bedarf wird ohne vorherige Chlorung separat in einem 200 Liter Tank gespeichert.

Es existiert keine Wasseruhr, um den Wasserverbrauch der industriellen Anlage zu messen. Das Wasser steht den Betreibern kostenlos und in beliebiger Menge zur Verfügung. Die folgenden Werte sind daher nur Schätzungen. In den drei Monaten der Weinlese (Mitte Februar bis Mitte Mai) werden pro Tag ca. 150 m³ Wasser benötigt. Das sind 4.500 m³ im Monat und damit fast das doppelte des Wasserverbrauchs des angrenzenden Ortes Serón (500 Einwohner). Von Mai bis November wird der Wein in der Piscobrennerei zu hochprozentigem Alkohol destilliert. In dieser Zeit werden täglich etwa 70 m³ Wasser benötigt (rund 2.000 m³/Monat). Von Dezember bis Mitte Februar ruht der Betrieb, und der Wasserverbrauch sinkt auf unter 5 m³ pro Tag.

In einer wasserarmen Region, wie der Gemeinde Río Hurtado, sollte das Wasser der Industrie nicht ohne jede Kontrolle, kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Es sollte über Möglichkeiten der Kreislaufführung oder der Aufbereitung und Wiederverwendung des Wassers nachgedacht werden. Das Wasser, das für den häuslichen Gebrauch verwendet wird, muss nach chilenischem Gesetz desinfiziert werden. Kontrollmessungen zur Untersuchung der Trinkwasserqualität müssen durchgeführt werden.

5 ABWASSERENTSORGUNG

5.1 Stand der Abwasserentsorgung in Chile

Der Stand der Abwasserentsorgung in Chile ist nicht mit Deutschland oder Europa zu vergleichen. Von den rund 15 Mio. Chilenen leben 6 Millionen (40 %) im Großraum der Hauptstadt Santiago de Chile – **Gran Santiago**. Bis zum Jahr 2001 wurden unter 3 % des Abwassers in dieser Zone behandelt. Über 15 m³ Abwasser flossen pro Sekunde ungeklärt in die Gewässer der Umgebung (1,3 Mio. m³ Abwasser pro Tag). Im Januar 2002 wurde das erste von drei Klärwerken, die im Rahmen eines groß angelegten Sanierungsprojektes in der Region gebaut werden sollen, in Betrieb genommen. Jetzt werden 23 % des Abwassers im Großraum Gran Santiago behandelt. Bis 2004 sollen es 70 % sein, und ab dem Jahr 2009 soll das gesamte Abwasser des Großraums Gran Santiago in drei großen Klärwerken behandelt werden. Das Sanierungsprojekt wird von der für die Wasserver- und -entsorgung im Großraum Gran Santiago zuständigen Gesellschaft EMOS (Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S. A.) im Zusammenarbeit mit der französischen Firma Vivendi durchgeführt. Die Klärwerke werden mit modernster Technik ausgestattet, das größte dieser drei Klärwerke wird das größte Klärwerk von ganz Lateinamerika sein und zu den fünf größten Klärwerken der Welt gehören [7].

Die IV. Region Chiles, die **Región de Coquimbo**, in der sich die Gemeinde Río Hurtado befindet, leben etwa 3,9 % der Gesamtbevölkerung Chiles (580.000 Einwohner). 74 % (430.000 Einwohner) leben in urbanen Gebieten, 91 % von diesen sind an die öffentliche Abwasserkanalisation angeschlossen. Der Anschluss an die Kanalisation ist allerdings nicht gleichbedeutend mit einer Abwasserbehandlung im Klärwerk. In den beiden größten Städten der Region, in La Serena (130.000 Einwohner) und Coquimbo (100.000 Einwohner), werden die Abwässer ins Meer geleitet (emisarios marinos bzw. submarinos), ebenso in Los Vilos (8.000 permanente Einwohner, aber bis zu 20.000 Sommerurlauber). In Ovalle (51.000 Einwohner) und zwei weiteren Orten der Region werden die Abwässer in unbelüfteten Abwasserteichen (laguna facultativa) und in sieben Orten in belüfteten Abwasserteichen (laguna aireada) behandelt (vgl. Kap. 5.4.4). Inzwischen gibt es in der Region auch neun kleinere Anlagen, die eine dreistufige Behandlung mit biologischer Behandlungsstufe (Belebtschlamm – lodos activados) haben (vgl. Kap. 5.4.5). Zuständig für die urbane Abwasserentsorgung der Region ist die Gesellschaft ESSCO (Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo S. A.).

In den ländlichen Gebieten der IV. Region, in denen 26 % der Bevölkerung der Region leben (150.000 Einwohner) und zu denen auch die Gemeinde Río Hurtado (5.000 Einwohner) gehört, sind bisher nur 13 % der Bevölkerung an eine Abwasserentsorgung mit individueller oder gemeinschaftlicher Sickergrube (fosa séptica) angeschlossen.

5.2 Gesetzliche Regelungen zur Abwasserentsorgung in Chile

Seit 1987 regelt die Norm **NCh 1.333** (Norma Chilena 1.333) die Anforderungen an die Wasserqualität für unterschiedliche Nutzungsarten, wie z. B. die Verwendung zur Bewässerung, zur Erholung oder zu ästhetischen Zwecken. Die Anforderungen an die Trinkwasserqualität sind in einer separaten Norm, der NCh 409, festgelegt (siehe Kap. 4.2). Die Norm NCh 1.333 schreibt vor, dass Wasser, das zur Bewässerung oder zu ästhetischen oder Erholungszwecken verwendet wird, nicht mehr als 1.000 Fäkalcoliforme pro 100 ml enthalten darf[23]. Deshalb müssen alle Abwässer, die eine Abwasserbehandlungsanlage in Chile verlassen desinfiziert werden. Außerdem sind Anforderungen an Temperatur, pH-Wert und chemische Parameter festgelegt.

1992 wurde eine provisorische Norm, die die **Entlassung flüssiger Industrieabfälle in kontinentale und maritime Oberflächengewässer und in Grundwässer** regelt, veröffentlicht. Sie wurde von der Aufsicht über die Sanitärbetriebe SISS (Superintendancia de Servicios Sanitarios) in Zusammenarbeit mit der allgemeinen Direktion des Seegebietes und der Handelsmarine DIRECTEMAR (Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante) erstellt. Erst im Juni 2000 wurde diese provisorische Norm mit der Resolution SISS N°1381 in eine Norm umgewandelt.

1998 wurde mit dem Dekret N°609 des Ministeriums für öffentliche Bauarbeiten eine **Emissionsnorm zur Regulierung der Entlassung von flüssigen, industriellen Abfällen in das Sammelnetz des Abwassers** verabschiedet.

2000 wurde mit dem Dekret N°90 des Generalsekretariats der Präsidentschaft SEGPRES (Secretaría General de la Presidencia) eine **Emissionsnorm zur Regulierung der Entsorgung von flüssigen Abfällen in kontinentale und maritime Oberflächengewässer**

[23] Der Nachweis von Coliformen im Wasser gilt als Indiz für fäkale Verunreinigungen, der Nachweis von Fäkalcoliformen Escherichia coli (E. coli) als sicherer Beweis. Die Leitwerte der EG-Richtlinie für Badegewässer liegen bei 500 Keimen/100 ml für Coliforme und bei 100 Keimen/100 ml für E. coli. Die Grenzwerte liegen bei 10.000 Keime/100 ml für Coliforme und bei 2.000 Keime/100 ml für E. coli. Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt als Richtwert für Badegewässer max. 1.000 Keime pro 100 ml für E. coli.

verabschiedet. Diese Norm ersetzt die Norm der SISS für den Bereich der Oberflächengewässer. Für Grundwässer gilt weiterhin die Norm der SISS. Die neue Norm zum Schutz der Oberflächengewässer reguliert auch die Entlassungen der Abwasserbehandlungsstationen, die die Norm NCh 1.333 bisher nicht einhalten mussten, z. B. da das Wasser anschließend nicht genutzt, sondern direkt ins Meer eingeleitet wurde.

Damit existieren in Chile nun Vorschriften für die Einleitung von Abwässern in Oberflächengewässer und Grundwässer, sowie Regelungen für die Einleitung von industriellen Abwässern in das öffentliche Kanalnetz. Die Umsetzung dieser Vorschriften wird die chilenischen Behörden, die Abwasserentsorgungsunternehmen und die Industrie in den nächsten Jahren vor große Herausforderungen stellen.

5.3 Menge und Zusammensetzung des häuslichen Abwassers

In Chile fallen pro Person und Tag durchschnittlich 200 Liter Abwasser an. Im Hochsommer liegt der Wert bei 250 bis 300 Litern, im Winter dagegen unter 200 Litern. In ländlichen Gegenden ist der Wasserverbrauch generell geringer: die täglich pro Person anfallende Abwassermenge liegt bei durchschnittlich 96 Litern, wenn Bad und Dusche vorhanden sind. Wenn keine Toilette mit Wasserspülung vorhanden ist, liegt der Wert noch einmal erheblich niedriger [8].

Das Wasser wird im Haushalt im Allgemeinen für folgende Zwecke verwendet[24]:

- zur Körperpflege (Baden, Duschen und Waschen) 48 %
- für die Toilettenspülung 22 %
- zum Wäschewaschen 19 %
- zum Geschirrspülen 6 %
- zum Reinigen etc. 5 %

Fast die Hälfte des Wassers wird zur **Körperpflege** verwendet. Bei dem hier anfallenden Abwasser handelt es sich um relativ sauberes Wasser, dass hauptsächlich mit Seifen belastet ist, die meist schnell biologisch abgebaut werden können. Dieses Abwasser kann, wenn es getrennt gesammelt wird, ohne weitere oder mit geringer Aufbereitung z. B. zur

[24] Die angegebenen Prozentwerte stammen aus einer Studie der US-amerikanischen Umweltbehörde für kleine Gemeinden, da keine Daten, in welchen Anteilen das Wasser für die verschiedenen Nutzungsformen verwendet wird, speziell für Chile gefunden werden konnten. Dabei muss beachtet werden, dass die Lebensverhältnisse in Nordamerika nicht denen in einer kleinen, ländlichen Gemeinde in Chile entsprechen. Die Werte können daher nur zur Orientierung dienen.

Bewässerung verwendet werden. Mit dieser Maßnahme könnte die zu behandelnde Abwassermenge um fast die Hälfte reduziert werden.

Das Wasser der **Toilettenspülung** ist durch die Fäkalien mit organischen Feststoffen und möglicherweise mit pathogenen Keimen belastet. Vor allem durch den Urin enthält es hohe Mengen an Stickstoff und Phosphor. Wird für die Toilette ein System ohne Wasserspülung verwendet (genaueres dazu siehe Kap. 5.4.1), reduziert sich die anfallende Abwassermenge erheblich und vor allem um einen problematischen, stark belasteten Anteil.

Das Wasser, das zum **Wäschewaschen** verwendet wird, ist durch die Waschmittel vor allem stark mit Phosphaten belastet. Eine erhebliche Reduzierung der Phosphorbelastung kann durch die Verwendung von phosphatfreien Waschmitteln erreicht werden, die in Chile leider noch nicht so weit verbreitet sind wie z. B. in Deutschland. Auf den Verpackungen findet sich keine Angabe über die Inhaltsstoffe, die Waschmittel werden als abbaubar bezeichnet, es fehlt aber die Angabe in welchem Zeitraum. Werden biologisch abbaubare Waschmittel verwendet, kann das Wasser, das zum Wäschewaschen verwendet wurde, gemeinsam mit dem Duschwasser ohne weitere oder mit geringer Aufbereitung weitergenutzt werden, z. B. zur Bewässerung.

Das Wasser, das zum **Geschirrspülen** verwendet wird, ist hauptsächlich durch Essensreste stark mit organischer Materie belastet. Außerdem ist es ebenso wie das Wasser, das zum **Reinigen** verwendet wurde, mit Putz- und Spülmitteln und anderen Haushaltschemikalien belastet.

5.4 Abwasserentsorgungssysteme im ländlichen Raum

Die traditionelle Form der Toilette auf dem Land in Chile war ein Toilettenhäuschen (caseta) abseits des Hauses über einer Senkgrube (fosa negra). Wenn diese Grube voll war, wurde sie verschlossen und das Häuschen wurde über eine neu gegrabene Grube gestellt. Diese traditionellen Latrinen haben jedoch viele Nachteile wie eine starke Belästigung durch unangenehme Gerüche und Fliegen und einen Mangel an Intimität. Es besteht die Gefahr der Verbreitung von Krankheitserregern (Cholera, Typhus, Diarrhöe und ähnliches) und der Kontamination des Grundwassers. Das anfallende Wasch- und Reinigungswasser wurde früher und wird zum Teil auch noch heute unbehandelt in den Hof oder Garten geleitet.

Diese traditionelle Trennung der Toilettenabwässer (Schwarzwasser) und der Wasch- und Reinigungswässer (Grauwasser) findet unter dem Begriff „**ecological sanitation**“ in den letzten Jahren als zukunftsfähige, nachhaltige Methode der Abwasserentsorgung, besonders für den ländlichen Raum, weltweit immer mehr Anerkennung. Die Verfahren zur Schwarz- und Grauwasserbehandlung sind hier natürlich so weiterentwickelt, dass keine Gefährdung

von Mensch und Umwelt durch Krankheitserreger oder Schadstoffe besteht[25]. Die im folgenden beschriebenen sowohl klassischen als auch neuen Verfahren zur Abwasserentsorgung werden in Chile im ländlichen Raum eingesetzt, um die Abwasserentsorgungssituation zu verbessern. Es gibt viele verschiedene Systeme zur Behandlung häuslicher Abwässer, und die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

5.4.1 Trocken- oder Komposttoilette (Letrina Seca)

Die Methode, Fäkalien getrennt vom übrigen Abwasser zu entsorgen, bietet in einer trockenen, ländlichen Gegend mit geringen Wasserressourcen und hohem Bedarf an Wasser zur Bewässerung erhebliche Vorteile, und die negativen Eigenschaften der traditionellen Latrinen lassen sich durch die Verwendung von modernen Trockentoiletten (letrinas secas) vermeiden. Die ökologische Trockentoilette ist ein geschlossenes System. Sie besteht aus einem Reaktor, in dem die Fäkalien gesammelt werden. Die überschüssige Flüssigkeit verdunstet, und die Fäkalien werden durch Mikroorganismen zersetzt. Entscheidend für diesen Prozess ist eine gute Belüftung des Reaktors. Durch ein Abluftrohr wird die feuchte Luft nach außen abgeleitet. Die Belüftung kann durch einen Ventilator unterstützt werden. Je nach System werden Feststoffe und Urin im Reaktor gemeinsam oder getrennt behandelt. Die Trennung kann durch verschiedene Systeme wie z. B. einen Siebboden, der den Urin weiter abfließen lässt, erfolgen. Exkremente, Urin, Toilettenpapier und optional auch organische Küchenabfälle werden im Reaktor aerob zu Dünger kompostiert. Durch den natürlichen Prozess der Kompostierung erfolgt eine Reduzierung der Abfälle um 90 - 95 %. Die restlichen 5 - 10 % werden zu Kompost, der direkt zur Verbesserung der Bodenqualität im Garten verwendet werden kann. Dieser Kompost ist frei von pathogenen Keimen und reich an Nährstoffen. Pro Person ergeben sich pro Jahr ca. 250 Gramm feste Reststoffe (Kompost). Je nach System muss der Reaktor ca. einmal pro Jahr geleert werden. Bei einer getrennten Sammlung des Urins kann dieser nach der mikrobiologischen Umwandlung, 1:10 mit Wasser verdünnt, ebenfalls als Dünger genutzt werden. Es entstehen keine unangenehmen Gerüche, und da es sich um ein geschlossenes System handelt, werden die Kontamination des Grundwassers und die Verbreitung von Krankheitserregen verhindert.

Die Trockentoilette verbraucht kein Wasser und benötigt deshalb keine Abwasserentsorgung bzw. einen Anschluss an das Kanalnetz. Sie ist deshalb ideal geeignet für trockene Gegenden und für Gegenden, die noch nicht an die Abwasserentsorgung angeschlossen sind.

[25] Weitere Informationen zu ecological sanitation z.B. unter http://www.gtz.de/ecosan/

Durch die Verwendung einer Trockentoilette wird das übrige Abwasser nicht mit Fäkalkeimen kontaminiert und kann zur Bewässerung verwendet werden.

Ein Nachteil der Trockentoilette ist, dass die Errichtung immer noch ziemlich teuer ist. Die Verwendung von vorgefertigten Plastikteilen anstelle der Errichtung der Toilette vor Ort mit Ziegeln, Zement und ähnlichem hat die Kosten bereits erheblich gesenkt. Die Kosten für eine Trockentoilette in Chile liegen etwa bei 500 bis 2000 € [8].

5.4.2 Absetzkammer (Fosa Séptica) mit anschließender Versickerung

Die klassische Art der Abwasserentsorgung, wenn eine Toilette mit Wasserspülung und ein Bad mit Dusche vorhanden sind, aber kein Anschluss an ein öffentliches Kanalnetz besteht, ist eine Absetzkammer (fosa séptica) mit anschließender Versickerung. Das System besteht aus einer gemauerten Kammer zur Inspektion, einer ebenfalls gemauerten Absetzkammer (fosa séptica), in der sich die Feststoffe sedimentieren, und einer perforierten Sickergrube (pozo absorbente) oder einer Dränage, in die das vorgeklärte Abwasser zur Versickerung fließt. In der Absetzkammer wird das organische Material durch anaerobe Bakterien unter Sauerstoffausschluss (Faulung) teilweise in mineralische Produkte umgewandelt. Es bilden sich Methan und Faulschlamm. Das Wasser, das aus der Absetzkammer fließt, oxidiert beim Kontakt mit der Luft schnell durch aerobe Bakterien. Die Sickergrube bzw. Dränage muss dazu gut belüftet werden, damit keine unangenehmen Gerüche emittiert werden. Voraussetzung für die Versickerung ist, dass der Boden durchlässig ist und dass das Grundwasser sich in ausreichender Tiefe befindet (mindestens neun Meter), damit es nicht durch die Versickerung kontaminiert wird. Die richtige Dimensionierung und Gestaltung der Absetzkammer und der Versickerung ist für eine optimale Funktion entscheidend und sollte durch eine Abwasserfachkraft erfolgen. Zur besseren, ruhigeren Abtrennung der Feststoffe kann die Absetzkammer aus bis zu drei Kammern bestehen (Mehrkammerabsetzgrube). Die Absetzkammer muss abhängig von ihrer Größe und der Anzahl der Nutzer ungefähr einmal pro Jahr geleert werden. Die Leerung erfolgt am effizientesten und hygienischsten mit einem speziell dafür bestimmten Tankwagen, der den Inhalt absaugt und zu einer Anlage transportiert, in der eine adäquate Weiterbehandlung und Deponierung oder Kompostierung der Schlämme erfolgt. In ländlichen Gemeinden, in denen der wirtschaftliche Betrieb eines solchen Tankwagens häufig nicht möglich ist, kann die Leerung auch manuell erfolgen. Idealerweise werden die Schlämme aber auch dann weiterbehandelt, um eine mögliche Kontamination des Grundwassers durch die gelagerten Schlämme zu verhindern. Durch eine Kompostierung der Schlämme werden sowohl hygienische als auch Umweltrisiken vermieden und man erhält einen Reststoff, der als Dünger verwendet werden kann.

Die Behandlung des Abwassers allein durch eine Absetzkammer stellt keine ausreichende Abwasserbehandlung dar, da das abfließende Wasser zur Versickerung immer noch mit Stickstoff, Phosphor, möglicherweise mit pathogenen Keimen und Haushaltschemikalien belastet ist. Es ist lediglich vorgeklärt und bereit für eine weitergehende Behandlung. In der Realität wird die Absetzkammer aber überwiegend als einzige Behandlungsstufe der individuellen Abwasserentsorgung eingesetzt, und das Wasser wird anschließend in der Umgebung versickert [8].

5.4.3 Pflanzenkläranlage

Eine Möglichkeit der Weiterbehandlung des in einer Mehrkammerabsetzgrube mechanisch vorgeklärten Abwassers ist eine Pflanzenkläranlage. Eine Pflanzenkläranlage eignet sich auch hervorragend zur Behandlung der Abwässer aus Küche, Dusche, vom Wäschewaschen etc. (Grauwasser), wenn die Fäkalien (Schwarzwasser) in einer Trockentoilette separat behandelt werden.

Die Pflanzenkläranlage hat sich in den letzten 30 Jahren zu einem allgemein anerkannten und kostengünstigen Verfahren zur dezentralen Klärung aller im Haushalt anfallender Abwässer entwickelt.

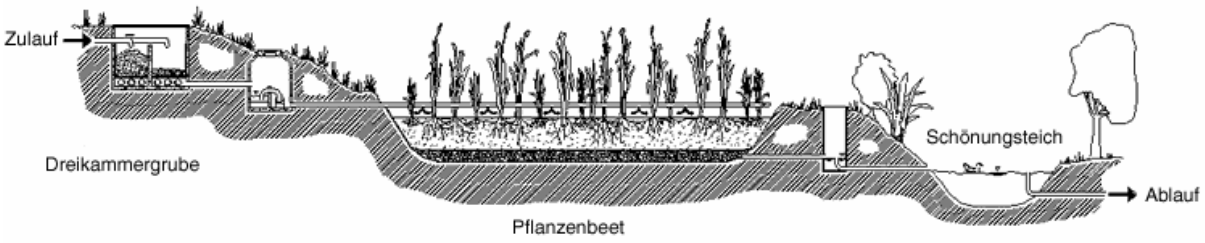


Abb. 5.1: Schematische Darstellung einer Pflanzenkläranlage

Bei einer Pflanzenkläranlage handelt es sich um einen bewachsenen und belüfteten Festbettfilter, der gegen den Untergrund abgedichtet ist. Die in der Regel aus Kiesen oder Sanden bestehenden Filterschichten werden vom mechanisch vorgereinigten Abwasser durchströmt werden. Die Oberfläche des Filters wird mit Schilf, Binsen oder Hochstauden bepflanzt. Der biologische Abbau der organischen Wasserinhaltsstoffe erfolgt über Mikroorganismen, die im Wurzelbereich der Pflanzen angesiedelt sind. Die Bepflanzung unterstützt die Belüftung des oberen Filters und entzieht dem Abwasser außerdem Nährstoffe (Stickstoff und Phosphat). Die Reinigung wird außerdem durch die mechanische Siebwirkung des Bodens unterstützt. Die Keimzahl des Abwassers wird durch die Behandlung deutlich reduziert. Der Abwasserstand in der Pflanzenkläranlage befindet sich unterhalb der Filteroberfläche, wodurch eine Geruchsbelästigung durch angestautes Abwasser und eine Entwicklung von Mückenlaven im stehenden Gewässer verhindert werden.

Als abschließender Behandlungsschritt nach dem Festbettfilter der Pflanzenkläranlage kann optional noch ein mit Schwimmpflanzen besetzter Teich (Schönungsteich) folgen, um die Stickstoff- und Phosphoreliminierung und die Entfernung eventuell enthaltener pathogener Keime zu verbessern. Anschließend kann das gereinigte Abwasser einem Gewässer zugeführt oder versickert werden.

Pflanzenkläranlagen können dezentral betrieben werden. Sie zeichnen sich durch geringen Energiebedarf, geringen Wartungsaufwand und geringe Betriebskosten aus. Die Anlagen können schnell und kostengünstig errichtet und über Jahrzehnte betrieben werden. Die Größe einer Pflanzenkläranlage hängt von der Zahl der angeschlossenen Bewohner ab. Pro Bewohner rechnet man mit ca. 3 - 5 m² Fläche. Wird die Pflanzenkläranlage in Verbindung mit Trockentoiletten betrieben, wird lediglich die Hälfte der Fläche benötigt. Dieser relativ hohe Platzbedarf kann unter Umständen gegen die Errichtung einer Pflanzenkläranlage sprechen. In ländlichen Gebieten stellt der Platzbedarf jedoch meist kein Problem dar, und eine Integration der Anlage in das Landschaftsbild ist gut möglich.

Das chilenische Beratungs- und Umweltingenieurbüro Ganter & Errázuriz[26] hat eine Pflanzenkläranlage mit dem Namen „Wetland Ganter & Errázuriz®“ zur natürlichen Abwasserbehandlung mit in Chile heimischen Pflanzenarten entwickelt. Das System kann sowohl für ein Einfamilienhaus als auch für Gemeinschaftsanlagen (max. 10.000 Personen) eingesetzt werden und ist in Chile inzwischen an verschiedenen Orten in Betrieb. Ein Projektbeispiel ist eine Schule in La Serena, das Colegio Adventista [8].

Abb. 5.2: Pflanzenkläranlage „Wetland Ganter & Errázuriz®“

[26] Ganter & Errázuriz - Consultora e Ingeniería Ambiental, Pastor Fernández 16.899, Lo Barnechea, Santiago, E-Mail: ge@tie.cl

5.4.4 Abwasserteich (Laguna)

Abwasserteichanlagen sind sehr alte Abwasserreinigungsverfahren, die weltweit zur Abwasserreinigung in kleinen Kommunen verwendet werden. Es sind relativ flache (ca. 1 m tief), stehende Gewässer, die zur mechanischen und biologischen Abwasserreinigung eingesetzt werden. Zum Schutz des Grundwassers sollten sie eine abgedichtete Sohle besitzen. Es wird zwischen unbelüfteten und belüfteten Teichen unterschieden. Bei **unbelüfteten Abwasserteichen** (fakultativ anaerobe Teiche oder natürlich belüftete Teiche - laguna facultativa) wird der für die biologischen Abbauprozesse notwendige Sauerstoff natürlich eingetragen. Der Sauerstoffeintrag und damit die Bemessungsdaten hängen stark von den klimatischen Randbedingungen ab (Temperatur, Wind). In Chile werden unbelüftete Teiche auf ca. 10 m² Teichoberfläche pro Einwohner dimensioniert. Sie können im Allgemeinen zur Behandlung des Abwassers von bis zu 1.000 Einwohnern eingesetzt werden. Die obere Wasserschicht ist in der Regel aerob. In tiefen Bereichen und auch im Einlaufbereich können sich anaerobe Zonen ausbilden. Bei **belüfteten Abwasserteichen** (laguna aireada) erfolgt eine künstliche Sauerstoffzufuhr zur Verbesserung der biologischen Abbauprozesse. Sie können zur Behandlung des Abwassers von bis zu 3.000 Einwohnern eingesetzt werden. Abwasserteiche müssen mit einer Vorreinigung mittels Absetz- oder Ausfaulgrube ausgestattet werden. Sie können bei richtiger Pflege landschaftsgestaltend wirken, veralgen, verlanden oder faulen jedoch, wenn die Teichoberfläche nicht regelmäßig gereinigt wird.

5.4.5 Kompaktkläranlage

Zur Behandlung von häuslichen Abwässern bei bestehender Kanalisation in kleineren Siedlungen werden heute viele modulare Systeme angeboten, die unter dem Begriff Kompaktkläranlagen zusammengefasst werden können. Grundsätzlich bestehen diese Systeme aus drei Reinigungsstufen: einer mechanischen Vorklärung, einer Belüftung mit anschließender Klärung und einer abschließenden Desinfektion. In einer Kompaktkläranlage können je nach Größe der Anlage Abwässer von 200 bis zu 10.000 Einwohnern behandelt werden.

In der ersten Stufe, der mechanischen Vorklärung, sedimentieren Sande durch eine Reduktion der Fliessgeschwindigkeit. Grobe Feststoffe werden mit einem Rechen abgetrennt. Fette und andere Schwimmstoffe werden von der Oberfläche entfernt.

In der zweiten Behandlungsstufe, der biologischen Stufe, siedeln sich durch die aktive Belüftung des Abwassers mit Druckluft in einem Reaktorbecken aerobe Bakterien an (lodos activados), die die organischen Bestandteile des Abwassers rasch abbauen. Wichtige Parameter für diesen Prozess sind der Sauerstoffgehalt im Reaktor, die organische Fracht des Abwassers, die Verweildauer im Reaktor, die Temperatur und der pH-Wert.

Im sich anschließenden Nachklärbecken werden die Feststoffe sedimentiert. Es entsteht ein klares Ablaufwasser und ein Schlamm mit hohem Wassergehalt. Ein Teil des abgetrennten Schlammes wird in die Belebung zurückgeführt (Rückführschlamm), der größere Teil des Schlamms (Überschussschlamm) wird entwässert, getrocknet und muss ebenso wie die Reststoffe der Vorklärung entsorgt werden. Nach der abschließenden Desinfektion kann das behandelte häusliche Abwasser konform mit den chilenischen Vorschriften (Norm NCh 1.333) in Oberflächengewässer eingeleitet oder zur Bewässerung verwendet werden.

Kompaktkläranlagen zeichnen sich durch einfache Installation, geringe Wartungsarbeit und einfachen Betrieb aus. Für die Kleinbelebung werden sowohl Pumpen als auch Druckluft benötigt. Es sind Kompaktbelebungsanlagen mit integrierter Vorreinigung in Stahlbehälterausführung verfügbar, die sehr hoch belastbar sind und sehr wenig Platz beanspruchen. Allerdings wurde von mangelnder Flexibilität bei der Regelung der Belüftungsstarke der Anlagen berichtet. Eine zu starke Belüftung verursacht unnötige Schaumbildung und erhöht die Kosten durch unnötigen Energieverbrauch. Ist die Kompaktkläranlage an eine Gemischtkanalisation angeschlossen, können die bei Regen anfallenden Wassermengen und der starke Sandeintrag Schwierigkeiten bereiten.

Bei der Behandlung der Abwässer in einer Kompaktkläranlage erfolgt weder eine nennenswerte Stickstoff- noch Phosphorreduktion. In der chilenischen Norm NCh 1.333 werden zwar keine Grenzwerte für Nitrate oder Phosphate zur Einleitung in Oberflächengewässer genannt, aber es ist bekannt, dass hohe Nitrat- und Phosphatwerte zur Eutrophierung besonders bei stehenden Gewässern führen. Die entstehenden Reststoffe (getrocknete Schlämme und Rechengut) werden üblicherweise deponiert und nicht als Kompost verwendet.

5.5 Abwasserentsorgung in der Gemeinde Río Hurtado

In der Gemeinde Río Hurtado fallen vor allem häusliche und in geringem Umfang gewerbliche Abwässer an. Außerdem entsteht Abwasser in der Piscobrennerei in Serón, dem einzigen Industriebetrieb der Gemeinde. Gefährlich, da mit Chemikalien und Schwermetallen belastet, sind die Abwässer des Bergbaus, die in den kleinen Minen anfallen, aber nirgends erfasst werden.

5.5.1 Entsorgung der häuslichen Abwässer

Bisher gibt es in keiner Ortschaft der Gemeinde ein zentrales, öffentliches Abwassernetz, das sich in Betrieb befindet. Öffentliche Einrichtungen, wie die Gemeindeverwaltung (Municipalidad) in Samo Alto, die Krankenstation (Consultorio Médico Rural) in Pichasca, einige der Gesundheitsposten (Postas de Salud) in Tabaqueros, Samo Alto, Serón, Hurtado,

El Chañar und Las Breas, die Polizeistationen (Carabineros) in Pichasca und Hurtado, einige der 22 Schulen und die zwei Internate in Pichasca und Hurtado, sind mit Absetzgruben (Fosas Sépticas) ausgestattet, die mit einem Tankwagen (Camión Limpia Fosas) geleert werden. Das mechanisch vorgeklärte Abwasser, das die Absetzgrube passiert hat, wird ohne weitere Behandlung versickert (Pozo Absorbente).

In Pichasca ist eine Siedlung von 20 Häusern an ein privates Abwassernetz mit gemeinsamer Absetzgrube (Fosa Séptica), die ebenfalls mit dem Tankwagen geleert wird, angeschlossen. In Tahuinco sind die 45 Häuser der Ortschaft ebenfalls an ein gemeinsames Abwassernetz angeschlossen. Das Abwasser wird dort in zwei Absetzgruben geleitet, die ebenfalls mit dem Tankwagen geleert werden. Ein geringer Anteil der Privathäuser in der Gemeinde Río Hurtado besitzt eigene Absetzgruben, die ebenfalls mit dem Tankwagen geleert werden. Beim Neubau eines Hauses mit staatlichen Subventionen ist die Konstruktion einer Absetzkammer durch einen Fachmann vorgeschrieben.

Abb. 5.3: Konstruktion einer Absetzkammer beim Neubau eines Hauses in Tahuinco

Die übrigen Häuser, die mit einem Wasserklosett ausgestattet sind, besitzen einfache Gruben (Pozos Negros), in die das Abwasser der Toilette und eventuell auch der Dusche eingeleitet wird. Häufig sind diese Gruben nicht vollständig verschlossen, so dass ein aerober Abbau stattfinden kann und die Gruben sich nur sehr langsam füllen. Die übrigen Abwässer werden in den Garten oder auf die Felder geleitet und ohne weitere Aufbereitung zur Bewässerung genutzt. Das anfallende Wasch- und Reinigungswasser wird in den Hof oder Garten geleitet.

In den abgelegenen Orten der Gemeinde, die noch nicht an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen sind, ist die übliche Form der Toilette immer noch eine Latrine abseits des Hauses über einer Senkgrube (Poso Negro). Aber auch in vielen Häusern, die an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen sind, werden weiterhin Latrinen benutzt.

Abb. 5.4: Die ehemaligen Latrinen der Schule in El Romeral (inzwischen sind zwei Wassertoiletten installiert worden)

Bisher stellte die Versickerung als Form der Abwasserbeseitigung in der Gemeinde in Bezug auf Kontamination und Hygiene kein größeres Problem dar, da das Abwasseraufkommen punktuell relativ gering war. Der steigende Verbrauch an Seifen, Chlor, Waschmitteln und Haushaltschemikalien und die zunehmende Konzentrierung der Bevölkerung in den größeren Orten der Gemeinde erfordern jedoch für die Zukunft ein anderes System der Abwasserentsorgung.

5.5.2 Projekte zur Verbesserung der Abwasserentsorgungssituation

In drei Orten der Gemeinde, in Fundina, Tabaqueros und Nueva Esperanza, wird zurzeit im Auftrag der Gemeindeverwaltung (Dirección de Obras Municipales) eine öffentliche Kanalisation zur Abwasserentsorgung verlegt (Durchmesser 160 mm), und es werden **Kompaktkläranlagen** der Firma HIDRAGUA[27] zur Behandlung des häuslichen Abwassers errichtet.

[27] Kontakt: Ingenieurbüro JG, Consultor en Ingeniera Civil, 11 de Septiembre 337, Ovalle, Tel.: +56-(0)53-62 02 23

Die Anlagen sollen voraussichtlich noch im Jahr 2002 in Betrieb gehen. In Fundina, das 350 Einwohner hat (mit den Ortsteilen Fundina Norte und El Puerto) wird eine Anlage zur Behandlung von täglich 87.000 Litern häuslichen Abwassers errichtet (Modell: HDAC-450). Das entspricht bei einem durchschnittlichen Abwasseranfall von 96 Litern pro Tag und Einwohner einer Kapazität zur Behandlung des Abwassers von 900 Einwohnern. In Tabaqueros, das 250 Einwohner hat, wird eine Anlage zur Behandlung von täglich 45.600 Litern häuslichen Abwassers errichtet (Modell: HDAC-240), was einer Kapazität zur Behandlung des Abwassers von 475 Einwohnern entspricht. In der zu der Ortschaft Tabaqueros gehörenden neuen Siedlung (Población) Nueva Esperanza, die zurzeit noch unter 50 Einwohner hat, wird eine Anlage zur Behandlung von täglich 21.300 Litern häuslichen Abwassers errichtet (Modell: HDAC-210), was einer Kapazität zur Behandlung des Abwassers von 220 Einwohnern entspricht. Die Behandlung in diesen Kompaktkläranlagen erfolgt nach dem dreistufigen System, das in Kap. 5.4.5 beschrieben ist. Mit den Anlagen sollen Ablaufwerte von maximal 30 mg organische Materie pro Liter und ebenfalls maximal 30 mg suspendierte Feststoffe pro Liter erreicht werden. Der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) soll im Ablauf bei maximal 60 mg pro Liter liegen und der pH-Wert zwischen 6 - 8. Durch eine Chlorung mit Natrium- oder Calciumhypochlorit und eine anschließende Entchlorung mit Natriumsulfit wird sichergestellt, dass weniger als 1.000 Fäkalcoliforme pro 100 ml im Ablaufwasser enthalten sind. Das Ablaufwasser dieser Anlagen erfüllt damit alle geltenden rechtlichen Vorschriften (Norm NCh 1.333) und kann zur Bewässerung verwendet werden. Es ist geplant den anfallenden Überschussschlamm mit Hilfe künstlicher Belüftung aerob abzubauen, damit er als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden kann.

In Hurtado sollte demnächst mit dem Bau einer **Pflanzenkläranlage** nach dem System „Wetland“ des Umweltingenieurbüro Ganter & Errázuriz begonnen werden, um das Abwasser der Schule und des Internats zu behandeln. Aber aufgrund von Finanzierungsschwierigkeiten wurde der Start des Projektes auf unbestimmte Zeit verschoben (wahrscheinlich um ein bis drei Jahre).

Studien über die Möglichkeiten einer zentralen Abwasserentsorgung in Pichasca, Serón und Mateines de Serón sollen im Jahr 2002 beginnen[28] [12]. Die bis dahin gesammelten Erfahrungen mit den Kompaktkläranlagen in Fundina, Tabaqueros und Nueva Esperanza und eventuell auch mit der Pflanzenkläranlage in Hurtado werden in den Entscheidungsprozess, welche Systeme zur Abwasserentsorgung bei den zukünftigen Projekten verwendet werden, einfließen.

[28] Von dem Beginn der Studie, über den Entwurf bis zur Konstruktion vergehen normalerweise zwei bis drei Jahre.

Ein anderes Projekt der Gemeindeverwaltung (Dirección de Obras Municipales), das vom nationalen Fond für regionale Entwicklung FNDR finanziert wird (Finanzvolumen: 1.300 UF[29] ≈ 35.000 €), soll die Abwasserentsorgungssituation in elf Ortschaften verbessern. In Tabaqueros, Huampulla, Samo Alto, El Espinal, San Pedro, Pichasca (Cerro Amarillo), Fundina, Serón, Hurtado, El Chañar und Las Breas sollen im Zeitraum von 2002 bis 2004 private Abwasserentsorgungssysteme für einzelner Häuser oder Häusergruppen mit PVC-Kanalisation, **Absetzkammer** (Foza Séptica) und **Versickerung** (Pozo Absorbente) gebaut werden, um die hygienischen Bedingungen zu verbessern.

In El Romeral, einem Ort in den Bergen mit 100 Einwohnern, in dem es bisher keine öffentliche Trinkwasserversorgung gibt und abgesehen von den Wasserklosetts in der Schule nur Latrinen vorhanden sind, wurde im November 2001 ein Pilotprojekt der Gemeindeverwaltung zur Errichtung von **Trockentoiletten** fertig gestellt (Finanzvolumen: 1.100 UF ≈ 30.000 €). Finanziert durch das Programm „Chile Bario“, mit dem die Lebensbedingungen in den ärmsten Ortsvierteln Chiles verbessert werden sollen, wurden für fünf Familien Häuschen (Casitas) mit Trockentoilette, Dusche, Spüle und Trinkwassertank errichtet. Der Reaktor zur Behandlung der Fäkalien stammt von der schwedischen Firma Ecobath[MR30] und kostete ca. 3.000 € pro Stück. Mit dem Pilotprojekt sollte getestet werden, ob sich das System in dieser Umgebung bewährt, und im Falle eines Erfolges war der Bau weiterer Toiletten dieser Art geplant. Leider entwickelte sich nach nur einer Woche der Nutzung ein so unangenehmer Geruch in den Toiletten, dass die Bewohner lieber wieder ihre alten Latrinen aufsuchten. Jetzt muss untersucht werden, warum dieses System, dass sich bereits an vielen anderen Orten, auch in Chile, bewährt hat, hier nicht funktioniert. Eine Vermutung ist, dass die Ventilation, die nur mit Hilfe von Windenergie angetrieben wird, nicht ausreicht. Da El Romeral bisher nicht an die öffentliche Stromversorgung angeschlossen ist, wäre eine mögliche Lösung die Installation von solarbetriebenen Ventilatoren. Eine weitere Ursache für die starke Geruchsbelästigung könnten die hohen Temperaturen sein, die im Sommer normalerweise über 30°C liegen. Bis Ende 2002 wird die Gemeindeverwaltung gemeinsam mit der Firma Ecobath[MR] versuchen, den Betrieb der Trockentoiletten zu optimieren. Dann wird

[29] UF = Unidades de Fomento: chilenische Währungseinheit, 1 UF entspricht zurzeit ungefähr 16.000 chilenischen Pesos.

[30] Die Firma schwedische Biolet stellt seit 1972 Trockentoiletten her, die bisher hauptsächlich in Skandinavien, den USA und Kanada verwendet werden. Die chilenische Firma Minimet S.A. importiert und vertreibt Trockentoiletten der Firma Biolet mit dem Namen Ecobath[MR].
Kontakt: Minimet S.A., Avenida 11 de Septiembre 1860, Oficina 106, Santiago, Ansprechpartner: Jaime Arancibia, Tel.: +56-(0)2-233-53-69, E-Mail: ggminimet@entelchile.net

anhand der gesammelten Erfahrungen entschieden, ob nach diesem Pilotprojekt weitere Trockentoiletten in der Gemeinde aufgestellt werden.

Abb. 5.5: Häuschen mit Trockentoilette, Dusche, Küchenspüle und Trinkwassertank (links im Bild) in El Romeral

Abb. 5.6: Trockentoilette und Dusche im Inneren

5.5.3 Abwasserentsorgung in der Industrie

Der einzige industrielle Betrieb in der Gemeinde Río Hurtado ist die Piscobrennerei in Serón. Dort fallen im Jahresdurchschnitt 77 m³ Abwasser pro Tag an. Eine Auflistung des saisonbedingt schwankenden Wasserverbrauchs findet sich im Kap. 4.4.3. Die häuslichen Abwässer des Betriebes (Toiletten, Duschen, usw. für drei permanente Bewohner und 15 bis 35 Arbeiter) werden in eine Absetzkammer (Foza Séptica) von 3 m² geleitet und anschließend versickert. Die Kammer wird einmal pro Jahr mit einem Tankwagen geleert.

Bei den industriellen Prozessen in der Anlage fällt vor allem in großen Mengen **Reinigungsabwasser**, mit dem die Tanks, in denen der Wein reift, und die übrigen Geräte gesäubert werden, an. Dieses Wasser wird teilweise mit 3 %iger Natronlauge versetzt. Der Jahresverbrauch an 3 %iger Natronlauge liegt bei 500 Liter.

Von Mitte Mai bis Ende November, wenn der Wein destilliert wird um hochprozentigen Alkohol zu erzeugen, fallen außerdem **kondensierter Wasserdampf**, mit dem der Wein während des Destillationsprozesses erhitzt wurde, und **Kühlwasser**, mit dem der entstandene hochprozentige Alkohol in der Rektifikation kondensiert wurde, an. Diese Abwässer hatten keinen Kontakt mit anderen Stoffen, nur die Wassertemperatur wurde erhöht. Sie werden aber trotzdem nicht wieder verwendet, sondern als Abwasser entsorgt.

Während der Destillationszeit fallen außerdem alle acht Stunden 1.800 Liter **Tresterwein** (vinaza) an (162 m³ pro Monat bzw. 1053 m³ pro Saison bzw. Jahr). Tresterwein ist der Weinrückstand der Destillationsprozesse. Dieser Rückstand hat einen pH-Wert von 3,5 und einen sehr starken, unangenehmen Geruch.

Das Abwasser des Betriebes wird, abgesehen von den häuslichen Abwässern, zur Bewässerung eines Eukalyptuswaldes (ca. 0,5 Hektar) verwendet. Nach zwei bis drei Jahren werden die Eukalyptusbäume gefällt, und das Holz wird als Energiequelle zum Erhitzen des Wassers für den Destillationsprozess verwendet. Der saure Tresterwein wird zuerst in offene Becken aus Lehm geleitet, wo die enthaltenen Feststoffe sedimentieren. Anschließend wird er zur Anhebung des pH-Wertes mit dem restlichen Abwasser vermischt (30 % Tresterwein) und danach ebenfalls zur Bewässerung verwendet. Das größte Problem bei dieser Art der Entsorgung ist die starke Geruchsbelästigung, die von dem Tresterwein ausgeht und über die sich bereits einige Anwohner beschwert haben. Zurzeit wird in Alto del Carmen in einem Erfolg versprechenden Gemeinschaftsprojekt von Capel und der Universidad Católica de Chile an einem Verfahren zum Abbau des Tresterweins mit Hilfe von Mikroorganismen geforscht.

5.5.4 Abwasserentsorgung im Bergbau

In der Gemeinde Río Hurtado gibt ungefähr 1.500 kleine Minen, vorrangig zum Abbau von Gold, Kupfer und Silber. Zurzeit werden aus ökonomischen Gründen nur wenige bewirtschaftet, aber in früheren Jahren wurden die reichen Erz- und Mineralvorkommen der Region in großem Umfang abgebaut.

Normalerweise wird das abgebaute Erz vor Ort nicht weiterverarbeitet, aber in einigen Minen werden einfache Techniken zur Aufkonzentrierung angewendet, um die Transportkosten zu senken. Zur Prozessierung der Erze werden hochgiftige Chemikalien eingesetzt, u. a. Quecksilber, Natriumcyanid, Zinksulfat, Schwefelsäure, die sich auch in den Rückstandsschlämmen, die beim Aufbereitungsprozess in große Mengen anfallen, wieder finden. Die Rückstandsschlämme werden üblicherweise in Auffangbecken (Estanques) gesammelt. Dort verdunstet das Wasser und zurückbleiben die chemikalien- und schwermetallhaltigen Reststoffe.

Durch die Verdunstung fällt unter normalen Bedingungen kein Abwasser an. Die Gefahr einer Kontamination der Umgebung besteht bei starken Regenfällen, wenn die Auffangbecken, die häufig in den Quebradas liegen, überschwemmt werden. Dann kann kontaminiertes Wasser ausgespült werden und die Wasserressourcen der Gemeinde verseuchen. Die zum großen Teil historischen Rückstände vom Bergbau in den Quebradas stellen eine Gefahr für das Ökosystem der Gemeinde dar.

Weitere Informationen zum Bergbau in Río Hurtado finden sich in Kap. 2.3.3.

6 LANDWIRTSCHAFTLICHE BEWÄSSERUNG

In Chile werden durchschnittlich 85 % des Wassers, das für den Konsum genutzt wird, für die landwirtschaftliche Bewässerung verwendet, in der IV. Region, in der sich die Gemeinde Río Hurtado befindet, sogar fast 95 %. Der restliche Anteil verteilt sich auf die Nutzung als Trinkwasser und die Verwendung in Industrie und Bergbau.

6.1 Staatliche Bewässerungspolitik

6.1.1 Wassernutzungsrechte

Das Wasser aller Flüsse und das Grundwasser sind in Chile Staatseigentum, an dem man private Nutzungsrechte erwerben kann. Seit 1981 regelt das Wassergesetzbuch „**Código de Aguas**“ die Nutzung der Ressource Wasser. Seitdem existiert ein Markt, an dem der Handel mit Wasserrechten möglich ist. Ziel war es die Nutzung des Wassers effizienter zu gestalten. Heute zeigt sich jedoch, dass der Markt, der ein realer Markt für Wassernutzungsrechte sein sollte, durch die übermäßige Akkumulation von Wasserrechten in den Händen weniger verzerrt wird. Ursache ist, dass die geltenden Regelungen zur Einschreibung von Wasserrechten die Anhäufung von Wasserrechten ohne definiertes Nutzungsziel ermöglichen. Das begünstigt die Spekulation mit Wassernutzungsrechten. Dies ist inzwischen zu einem großen Problem geworden.

Das Wassergesetzbuch „Código de Aguas“ regelt die Einschreibung der Wasserrechte und legt fest, dass mehrere Nutzer einer gemeinsamen Wasserquelle (Fluss, Stausee, Kanal, Brunnen) sich in einer Vereinigung organisieren müssen, um die Wasserentnahme, die Nutzung und Verteilung des Wassers gemeinsam zu regeln. Wenn die Wasserrechte eines Kanals von mehreren Nutzern genutzt werden, müssen diese eine Wassergemeinschaft (**Comunidad de Aguas**) bilden. Auf höherer Ebene sind die Besitzer der Wasserechte entsprechend den Vorschriften des Wassergesetzbuchs zusammengeschlossen und organisiert in **Juntas de Vigilancias** (für natürliche Flussläufe) oder **Asociaciones de Regantes** (für andere Bewässerungssysteme, z. B. Stauseen). Die Vorstände dieser Organisationen werden von den Mitgliedern abhängig von der Menge ihrer Nutzungsrechte gewählt. Wer mehr Nutzungsrechte in einem Bewässerungssystem besitzt, verfügt über mehr Einfluss bei der Wahl. Die Verteilung des Wassers erfolgt entsprechend den Nutzungsrechten, die **Aktionen** genannt werden.

Kommt es zu Konflikten um die gerechte Verteilung des Wassers zwischen Kleinbauern und Großgrundbesitzern innerhalb desselben Bewässerungssystems, sieht der „Código de

Aguas“ vor, dass diese Konflikte gerichtlich gelöst werden. Das benachteiligt die Kleinbauern jedoch stark, da ihnen meist die finanziellen Mittel fehlen um sich vor Gericht ebenbürtig vertreten zu lassen. Außerdem vergehen häufig mehrere Jahre bis eine gerichtliche Entscheidung getroffen wird. Während dieser Zeit fehlt den Kleinbauern das Wasser zum Bewässern ihrer Felder. Bereits in vielen Fällen mussten die Kleinbauern ihr Land verkaufen, da bei der gerichtlichen Lösung der Interessenskonflikte Schwierigkeiten auftraten. Das Wassergesetzbuch hat so zu einer Konzentrierung der Wassernutzungsrechte bei großen Produzenten geführt. Viele Kleinbauern haben ihre historischen Nutzungsrechte verloren [1].

Seit 1995 wird an einem Gesetz zur Modifizierung des „Código de Aguas“ gearbeitet. Es wurde aber bisher wegen starker Interessenkonflikte noch nicht verabschiedet.

6.1.2 Staatliche Akteure im Bereich der Bewässerung

1984 wurde die **nationale Bewässerungskommission CNR** (Comisión Nacional de Riego) gegründet. Die Kommission setzt sich aus Vertretern mehrerer Ministerien zusammen. Seit 1999 wird sie vom Landwirtschaftsministerium geleitet, außerdem sind u. a. das Wirtschaftsministerium, das Finanzministerium und das Ministerium für öffentliche Bauarbeiten MOP beteiligt. Auf regionaler Ebene wird die CNR durch die regionalen Bewässerungskommissionen C.R.R. (Comisiones Regionales de Riego) repräsentiert. Die Aufgabe der CNR ist die Planung, Untersuchung und Umsetzung von Bewässerungsprojekten zur Verbesserung und Modernisierung der Landwirtschaft[31].

Das **Institut für landwirtschaftliche Entwicklung INDAP** (Instituto de Desarrollo Agropecuario) ist eine staatliche Institution, die Projekte zur Modernisierung der Landwirtschaft fördert, betreut und finanziert und die Landwirte durch fachliche und technische Beratung unterstützt. Das INDAP wurde in den 70er Jahren eingerichtet und ist dem Landwirtschaftsministerium (Ministerio de Agricultura) unterstellt ist[32].

Das **Institut für landwirtschaftliche Untersuchungen INIA** (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) ist eine staatliche Institution, die ebenfalls dem Landwirtschaftsministerium unterstellt ist und die Aufgabe hat neue Technologien in der Landwirtschaft zu entwickeln, anzupassen und zu verbreiten[33]. Das INIA selbst finanziert keine Projekte, sondern berät und unterstützt die Landwirte in technischen Fragen.

---

[31] http://www.chileriego.cl/

[32] INDAP IV Regíon de Coquimbo área Ovalle, Sergio Orellana, Miguel Aguirre 335, 2° piso, Ovalle, Tel.: +56-(0)53-62 02 93, E-Mail: sorellana@INDAP.cl, http://www.indap.cl

[33] Oficina Técnica Limarí, Wilson Rojas, Covarrubias 185, Ovalle, Tel.: +56-(0)53-62 74 82, E-Mail: iniaova@entelchile.net, http://www.inia.cl

6.1.3 Staatliche Programme zur Förderung von Investitionen im Bewässerungsbereich

In den 80er Jahren wurde unter der Regierung Pinochets entschieden, dass der private Sektor für die Umsetzung von Bewässerungsarbeiten verantwortlich ist. Daraufhin wurde 1985 das **Gesetz N° 18.450** zur Förderung privater Investitionen in Be- und Entwässerungsarbeiten verabschiedet. Die Umsetzung des Gesetzes wird von der Nationalen Bewässerungskommission CNR verwaltet. Der Rückzug des Staates aus der Beteiligung an Bewässerungsprojekten führte jedoch zu einer merklichen Verschlechterung der Bewässerungssituation in Chile. 1990 beschloss deshalb die neue, demokratisch gewählte Regierung die Finanzierung von Bewässerungsprojekten zu verändern. Die Regierung definiert die Bewässerung als einen strategischen Faktor für die Entwicklung der Agrarpolitik, und die nationale Bewässerungspolitik hat das Ziel die Bewässerungsfläche des Landes zu vergrößern und die Wasserversorgung der bewässerten Flächen zu verbessern. 1989 wurden nur 2 % der Subventionen über das Gesetz N° 18.450 an Kleinbauern gezahlt. In den Jahren 1990 bis 2000 wurden in Chile 1.600 Projekte für Kleinbauern durchgeführt, von denen 58.000 Familien profitiert haben. Heute liegt der Anteil der Subventionen, die an Kleinbauern gezahlt werden, bei 50 %.

Für Projekte im Bereich Bewässerung gibt es abhängig von der Größe des Projektes folgende Finanzierungsmöglichkeiten:

- **Großprojekte** werden über das **Gesetz N° 18.450** finanziert. Die Obergrenze der Förderung beträgt 12.000 UF (324.000 €) für Einzelpersonen bzw. 24.000 UF (648.000 €) für Gemeinschaften**.** Studien zur Planung werden zu 100 % und die Umsetzung der Projekte bis zu 75 % subventioniert. Die restlichen Kosten können über einen günstigen Kredit, den das INDAP gewährt, finanziert werden.
- **Gemeinschaftliche Projekte**, die nicht über das Gesetz N° 18.450 finanziert werden können, da das Finanzierungsvolumen zu gering ist, können mit bis zu 150 UF (4.000 €) pro Landwirt bzw. maximal 2.000 UF (54.000 €) für das gesamte Projekt gefördert werden. Es werden maximal 75 % der Kosten subventioniert. Die restlichen Kosten können über einen Kredit des INDAP finanziert werden.
- **Kleine Bewässerungsprojekte** von einzelnen Landwirten werden mit dem **Programm Bono Campesino** gefördert. Planung und Umsetzung der Arbeiten werden technisch und finanziell bis zu einer Obergrenze von 100 UF (2.700 €) unterstützt. Es werden maximal 75 % der Kosten subventioniert. Die verbleibenden Kosten können über einen Kredit des INDAP finanziert werden.

Ein weitere Initiative zur Modernisierung der Landwirtschaft in Chile ist das Projekt zur ländlichen Entwicklung für landwirtschaftliche Gemeinschaften und Kleinbauern **Prodecop** (Proyecto de Desarrollo Rural para Comunidades Campesinas y Pequeños Productores Agropecuarios). Dieses Projekt mit einer Laufzeit von 1996 bis 2004 wird zu 75 % von der chilenischen Regierung und zu 25 % vom internationalen Fond für landwirtschaftliche Entwicklung FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola) finanziert. Geleitet wird es vom Landwirtschaftsministerium (Ministerio de Agricultura) über das Institut für landwirtschaftliche Entwicklung INDAP. Durchgeführt wird das Projekt von den Abteilungen für ländliche Entwicklung (Departamento de Desarrollo Rural) in den Gemeindeverwaltungen. Mit diesem Projekt sollen die Lebensbedingungen und die wirtschaftliche Situation von Familien in kleinen, landwirtschaftlichen Gemeinden Chiles durch die Erhöhung ihrer Einnahmen aus der Landwirtschaft verbessert werden. Ein wichtiger Aspekt ist die Modernisierung der Bewässerung und die Vergrößerung der bewässerten Fläche, um die Risiken und Effekte von Trockenzeiten zu verringern. Mit Hilfe des Projektes Prodecop wurden bereits viele kleine Projekte zur Verbesserung und Modernisierung der Bewässerung umgesetzt. An dem Projekt teilnehmen können Kleinbauern oder kleine landwirtschaftliche Gemeinschaften in ariden oder semiariden Regionen, deren Einkommen unterhalb der Armutsgrenze liegt (Gesamtbesitz weniger als 3.500 UF ≈ 94.500 €), die mindestens 60 % ihrer Einkünfte in der Landwirtschaft erzielen, die nicht mehr als 12 ha mit traditionellen Bewässerungsmethoden bewirtschaften und die maximal sechs Aktionen an Wasserechten besitzen.

6.2 Bewässerungsmethoden

Einer der wichtigsten Faktoren, die die landwirtschaftliche Produktion in semiariden Regionen beschränken ist der Wassermangel. Verstärkt wird dieser durch den überwiegenden Einsatz traditioneller Bewässerungsmethoden mit geringer Effizienz. Durch die Modernisierung der Bewässerung kann die Nutzung der knappen Ressource optimiert und die Effizienz durch gezielte, lokale Bewässerung der Wurzeln verbessert werden. Die Auswahl der Bewässerungsmethode hängt von vielen Faktoren ab, entscheidend sind u. a. die Anbaukulturen, der Boden, die Topographie, das Klima und die verfügbare Wassermenge. Die Bewässerungsmethoden werden grundsätzlich unterschieden in Methoden, bei denen das Wasser allein mit Hilfe der Schwerkraft verteilt wird, darunter fällt die traditionelle Schwemmbewässerung, und in mechanisierte Methoden, bei denen das Wasser unter Druck verteilt wird, wie bei der Beregnung oder der Tropfbewässerung. Im Folgenden werden die verschiedenen Bewässerungsmethoden mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt.

6.2.1 Traditionelle Bewässerungsmethoden

6.2.1.1 Handrieselung / Schwemmbewässerung (Riego por Tendido)

Bei dieser Methode wird ein oberhalb des Feldes verlaufender Kanal geöffnet, und das Wasser fließt dem Gefälle folgend über die Anbaufläche. Häufig ist es den Landwirten wegen der Topographie und des Mangels an Ressourcen nicht möglich, eine andere Methode als die Schwemmbewässerung anzuwenden.

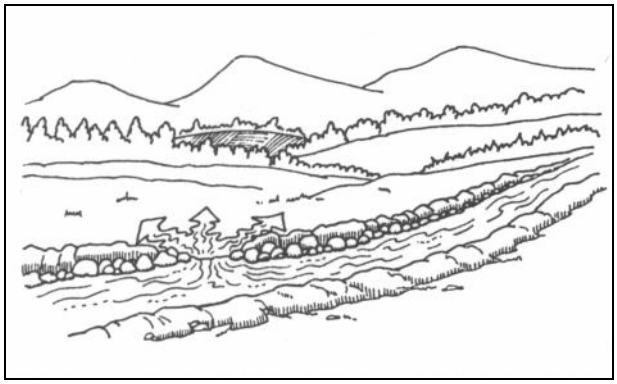


Abb. 6.1: Handrieselung (Riego por Tendido)[13]

Die Handrieselung gewährleistet keine gute Kontrolle über das Bewässerungswasser und hängt stark vom Können der Person, die bewässert, ab. Die Methode kann auf allen Bodenarten angewendet werden. Sie ist besonders geeignet für Böden mit hoher Versickerungsrate. Die Handrieselung kann für unregelmäßige Felder mit einem Gefälle bis zu 10 % angewendet werden. Dichtwachsende Kulturen (Getreide, Futterpflanzen) können mit dieser Methode bewässert werden. Die Effizienz der Wasseraufbringung ist gering (30 %), die Wasserverteilung ist unregelmäßig. Die Gefahr der Bodenerosion ist hoch, der Bodenverlust kann bis zu 10 % der gesamten Oberfläche erreichen. Wegen mangelnder Alternativen wird diese Bewässerungsmethode häufig auch für die Bewässerung von Obstbäumen verwendet. Hier ist die Erosionsgefahr wegen fehlenden Bewuchses besonders hoch. Der Arbeitsaufwand bei der Handrieselung ist hoch, die Kosten sind gering. Es werden nur wenige permanente Strukturen benötigt [13].

6.2.1.2 Furchenbewässerung (Riego por Surcos)

Bei dieser Methode fließt das Wasser in kleinen Kanälen über die Felder. Die Methode ist bei den meisten Bodenarten anwendbar und für alle Kulturen, die in Reihen angebaut werden geeignet (Mais, Kartoffeln, Gemüse, Obstbäume und Trauben). Die Wasserverteilung erfolgt gleichmäßig. Die Effizienz der Wasseraufbringung liegt zwischen 40 und 55 %. Der Arbeitsaufwand ist mäßig. Die Art der Bewässerung verursacht nennenswerte Bodenerosion, deshalb sollte das Gefälle des Geländes bei geraden Furchen (Surcos Rectos) nicht mehr als 2 % betragen, optimal ist ein einheitliches Gefälle von 0,25 %. Bei Feldern mit einem Gefälle zwischen 2 % und 15 % können die Furchen in Kurven angelegt werden (Surcos en Cortorno), hier ist ein Gefälle unter 8 % optimal. Bei großem Gefälle besteht eine starke

Erosionsgefahr. Um die Wasseraufnahme bei Böden mit geringer Versickerungsleistung zu verbessern, gibt es verschiedene Furchenformen.

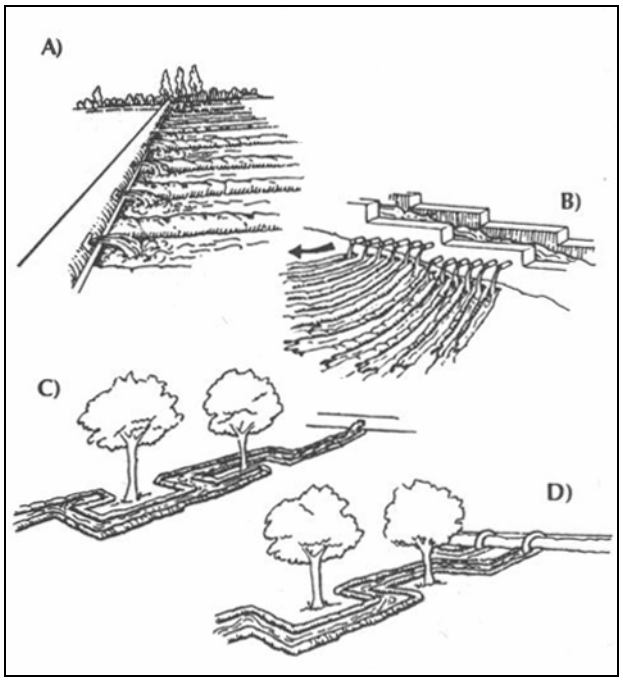


Abb. 6.2: Furchenbewässerung (Riego por Surcos) [13]:
A) Surcos rectos,
B) Surcos en cortonos,
C) Surcos taqueados,
D) Surcos en zig-zag

Werden bei Obstbäumen um die Stämme herum kleine Becken angelegt, in denen sich das Wasser staut bevor es weiter fließt, erhöht sich die Effizienz der Wasseraufbringung auf 65 % (Riego por Tazas) [13].

6.2.1.3 Streifenbewässerung (Riego por Bordes)

Bei dieser Methode wird das Feld in einzelnen Streifen, die durch Wälle abgeteilt werden, überflutet. Die Methode ist anwendbar bis zu einem Gefälle von 1,5 %. Die Wasserverteilung erfolgt rasch und die Kontrolle über das Wasser ist gut. Dichtwachsende Kulturen (Getreide, Futterpflanzen) können mit dieser Methode bewässert werden. Die Effizienz der Wasseraufbringung liegt zwischen 50 und 60 % [13].

6.2.1.4 Beckenbewässerung /Überflutung (Riego por Estanques / Inundación)

Bei dieser Methode wird das gesamte Feld überflutet. Die Beckenbewässerung kann auf horizontalen Flächen angewendet werden. Sie ist für alle Bodenarten und die meisten Kulturen geeignet (einschließlich Nassreis, Alfalfa und Obstbäume). Die Erosion kann mit dieser Methode gut kontrolliert werden. Die Effizienz der Wasseraufbringung beträt rund 30 % [13].

6.2.2 Mechanisierte Bewässerungsmethoden

Die mechanisierten Methoden sind die effizientesten und sparsamsten in der Wassernutzung. Sie sind deshalb sehr gut geeignet für Gegenden mit Wasserknappheit, wo jedem

Landwirt nur für eine bestimmte, limitierte Zeit Wasser zur Verfügung steht, denn das Wasser kann zuerst in einem Speicherbecken gesammelt werden und dann langsam und gleichmäßig auf den Feldern verteilt werden.

6.2.2.1 Tropfbewässerung (Riego por Goteo)

Bei dieser modernen Bewässerungsmethode wird das Wasser über ein Netz von Schläuchen auf dem Feld verteilt, aus denen das Wasser in kleinen Mengen und mit geringem Druck in regelmäßigen Abständen austritt. Die Methode ist für alle Bodentypen und auch bei starkem Gefälle anwendbar. Sie ist für Felder mit unregelmäßiger Topographie und Böden geringer Mächtigkeit geeignet. Alle Kulturen, außer die dicht wachsenden (Getreide, Futterpflanzen, Alfalfa), können mit dieser Methode bewässert werden. Das Wasser wird sehr gleichmäßig verteilt, es tritt keine Erosion auf. Es kann häufig und in geringen Mengen bewässert werden, abgestimmt auf die Bedürfnisse der Pflanzen und des Bodens. Die Effizienz der Wasseraufbringung ist sehr hoch, sie liegt zwischen 90 und 95 %. Das System ist automatisiert und es wird keine Arbeitskraft während der Bewässerung benötigt. Ein Nachteil der Methode sind die hohen Investitionskosten. Außerdem wird ein relativ komplexes Kontrollsystem benötigt, und das Wasser muss vor der Bewässerung gefiltert werden, damit die Austrittslöcher des Systems nicht verstopfen [13].

6.2.2.2 Mikroberegnung (Microaspersión y Microjet)

Bei dieser Methode wird das Wasser als Tropfenregen auf geringer Höhe verteilt. Das Wasser wird über ein Netz von Schläuchen auf dem Feld verteilt, aus denen das Wasser über Mikrosprenger in regelmäßigen Abständen austritt. Der Unterschied zwischen Mikrosprenger und Mikrojet ist, dass der erste statisch ist, wohingegen der Wasserstrahl beim zweiten rotiert. Die Methode ist anwendbar für alle Bodentypen und auch bei starkem Gefälle. Es besteht keine Erosionsgefahr. Reihenkulturen, vor allem Obstbäume, werden mit dieser Methode bewässert. Die Effizienz der Wasseraufbringung ist hoch, sie liegt bei 85 %. Das Wasser wird lokal direkt über den Wurzeln aufgebracht. Ein Nachteil der Methode sind die hohen Investitionskosten (pro Pflanze werden ein bis zwei Mikrodüsen benötigt). Außerdem kommt es bei starkem Wind zu ungleichmäßiger Wasserverteilung, und das Wasser muss vor der Bewässerung gefiltert werden, damit die Austrittslöcher des Systems nicht verstopfen [13].

6.2.2.3 Beregnung (Aspersión)

Bei der Beregnung wird das Wasser mit einem Sprenger wie bei einem Regen in Kreisflächen verteilt, die einen Durchmesser von 3 bis zu 150 m haben können. Die Methode ist anwendbar für alle Bodentypen. Sie ist gut geeignet für dicht wachsende Kulturen (Getreide,

Futterpflanzen), wird aber auch bei Obstbäumen eingesetzt. Es besteht keine Gefahr der Erosion, aber die Anwendung ist bezüglich des Gefälles auf maximal 10 % beschränkt. Die Effizienz der Wasseraufbringung ist hoch, sie liegt bei 70 bis 85 %. Die Wasserverteilung erfolgt sehr gleichmäßig, aber die Präzision der Wasseraufbringung ist geringer als bei der Mikroberegnung oder der Tropfbewässerung. Die Beregnung erhöht die Luftfeuchtigkeit, was die Vertrocknung der jungen Triebe verhindert, aber andererseits auch die Entwicklung von Krankheiten, wie Pilzbefall, begünstigen kann. Die Beregnung benötigt keine dauernde Aufsicht und ist Tag und Nacht möglich. Der Nachteil sind auch hier die hohen Investitionskosten. Außerdem ist die Anwendung der Methode abhängig von klimatischen Faktoren: Sie ist nicht geeignet für Lagen mit permanent starken Winden (> 2,5 m/s) oder sehr hohen Temperaturen, denn das führt zu hohen Wasserverlusten [13].

6.2.2.4 Wasserspeicher (Estanques Acumuladores de Agua)

Bei der mechanisierten Bewässerung werden relativ geringe Wassermengen in relativ kurzen Abständen auf die Felder aufgebracht. Die Abstände zwischen den einzelnen Bewässerungen sind geringer als die Intervalle, in denen den Landwirten bei Wasserknappheit nach dem „Turno“ Wasser zugeteilt wird (vgl. Kap. 6.3.2). Deshalb macht die Anwendung einer mechanisierten Bewässerungsmethode ebenfalls die Konstruktion eines Speicherbeckens erforderlich. Das INIA hat in der Gemeinde Río Hurtado eine Studie über die kostengünstige Konstruktion von Speicherbecken durchgeführt und kommt zu dem Schluss, dass in der Region die geeigneteste Variante die Anlage eines Speichers ist, der mit Geomembran (PE-Folie) ausgekleidet ist. Nach der Studie kostet die Konstruktion eines Speichers aus Beton oder die Verwendung eines vorgefertigten Speichers ungefähr das Doppelte. Die Kosten hängen u. a. von der Topographie und der Größe des Speichers ab. Untersucht wurden Wasserspeicher mit einer Kapazität zwischen 100 und 1.100 m³. Je größer der Speicher, desto günstiger die Kosten pro Kubikmeter. Wasserspeicher müssen regelmäßig gereinigt werden, damit sie nicht veralgen.

6.2.2.5 Kosten der mechanisierten Bewässerungsmethoden

Ein entscheidender Nachteil der mechanisierten Methoden sind die hohen Investitionskosten. Sie variieren stark von Anwendung zu Anwendung und liegen zwischen 60 und 120 UF (1.600 bis 3.200 €) pro Hektar. Die hohen Kosten machen es vor allem den Kleinbauern schwer diese modernen Systeme zu installieren. Deshalb gibt es zurzeit zahlreiche Programme der chilenischen Regierung, die die Kleinbauern bei der Modernisierung ihrer Bewässerungssysteme finanziell und technisch unterstützen sollen (siehe Kap. 6.1.3) [13].

6.2.3 Überblick über die verschiedenen Bewässerungsmethoden

In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten Kriterien der verschiedenen Methoden zusammengefasst.

Tab. 6.1: Überblick über verschiedene Bewässerungsmethoden [13]

Bewässerungsmethode		Maximales Gefälle	Am besten geeignete Kulturen	Effizienz der Wasser-aufbringung
Mechanisierte Methoden	**Tropfbewässerung**	ohne Einschränkung	Reihenkulturen	90 – 95 %
	Mikroberegnung / Mikrojet	ohne Einschränkung	Obstbäume	85 %
	Beregnung	10 %	alle Arten von Kulturen	70 – 85 %
Traditionelle Methoden	**Streifen-bewässerung**	1,5 %	dicht wachsende Kulturen	50 – 60 %
	Furchen-bewässerung	2 % bzw. 15 %	Reihenkulturen	40 – 55 %
	Handrieselung	10 %	dicht wachsende Kulturen	30 %

6.3 Die Bewässerungssituation in der Gemeinde Río Hurtado

In der IV. Region Chiles ist landwirtschaftlicher Anbau ohne künstliche Bewässerung aufgrund der klimatischen Gegebenheiten nicht möglich. Es gibt zwar Anbauflächen, die ohne künstliche Bewässerung mit Getreide (hauptsächlich Weizen) bestellt werden (a rulo), aber die Erträge sind ungewiss, da sie auf ausreichende Niederschläge zur richtigen Zeit angewiesen sind. Der Anbau anspruchsvollerer Arten, wie Trauben und anderer Früchte, ist nur mit künstlicher Bewässerung möglich.

In der Gemeinde Río Hurtado wird fast ausschließlich das Wasser des Flusses Río Hurtado für die landwirtschaftliche Bewässerung verwendet. Eine Ausnahme bilden die kleinen Siedlungen in den Bergen fern des Flusslaufs, wo Quellen oder Grundwasser aus Brunnen oder Wasserlöchern (Norias) zur Bewässerung genutzt werden.

Das Wasser zur Bewässerung wird dem Río Hurtado über Kanäle entnommen. Oberhalb des Stausees Recoleta zweigen 103 Kanäle von Río Hurtado ab und verteilen das Wasser mit Hilfe eines Kanalnetzes von insgesamt 294 km Länge [21].

6.3.1 Wasserechte in der Gemeinde Río Hurtado

Die Wassergemeinschaften der Kanäle des Río Hurtado sind in der **Junta de Vigilancia del Río Hurtado**[34] zusammengeschlossen, die die Interessen der Landwirte dieses Bereiches vertritt. Die 1.501 Mitglieder der Junta de Vigilancia del Río Hurtado verfügen insgesamt über 2.142 Aktionen (Wasserrechte). Der Besitz von Aktionen in der Gemeinde Río Hurtado ist historisch bedingt und geht zurück auf die Registrierung der Aktionen im Jahre 1928 als die Asociación de Canalistas des Río Limarí und seiner Zuflüsse gegründet wurde. In den letzten Jahren haben die Wassergemeinschaften aller Kanäle des Río Hurtado eine Satzung entsprechend den Vorschriften des Wassergesetzbuchs erhalten und damit die historischen Wasserechte bestätigt (legalisiert), einzige Ausnahme bildet die Wassergemeinschaft des Kanals „Alto Pichasca“, die sich noch im Prozess der Konstitution befindet.

Gemäß den legalisierten Wasserechten stehen der Junta de Vigilancia del Río Hurtado 54 % der Gesamtheit des Wassers des Río Hurtado zu. Die übrigen 46 % stehen der **Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta** zu. In der Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta sind die Wassergemeinschaften, die das Wasser des Stausees Recoleta zur Bewässerung nutzen, zusammengeschlossen. Der Stausee Recoleta, der den Río Hurtado an der Grenze der Comuna Río Hurtado zur Comuna Ovalle staut, wurde im Jahre 1934 fertig gestellt, um die Bewässerungssituation der Anbauflächen am Unterlauf des Río Hurtado zu verbessern. Er hat ein Volumen von 100 Mio. m³ und ist bildet zusammen mit den Stauseen Embalse Cogotí (staut den Río Cogotí, 1940 fertig gestellt, 150 Mio. m³, 850 Hektar) und Embalse Paloma (staut den Río Grande, 1968 fertig gestellt, 748 Mio. m³, 3.000 Hektar) das Bewässerungssystem Paloma. Das **Bewässerungssystem Paloma** gehört mit einer Kapazität von insgesamt 1000 Mio. m³ Wasser, einer Kanalnetzlänge von über 1.500 km (577 Kanäle) und einer Bewässerungsfläche von ca. 64.000 Hektar (mit einer Sicherheit der Bewässerung von 85 %) zu den größten zusammenhängenden Systemen Südamerikas. (siehe dazu die Karte des Flussgebietes Limarí im Anhang C).

Sowohl die Junta de Vigilancia del Río Hurtado als auch die der Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta sind Mitglieder des Bewässerungssystems Paloma [21]. Mit dem Ziel das überschüssige Wasser des Río Grande aus dem Stausee Paloma in den Stausee Recoleta zu leiten, um es dort zu speichern, wurde der Versorgungskanal Recoleta konstruiert. Aber aus technischen und wirtschaftlichen Gründen befindet er sich nicht in Betrieb, und die Landwirte der Gemeinde Río Hurtado und die Nutzer des Stausees

[34] Junta de Vigilancia Río Hurtado, Presidente: Eliseo Pérez Torres, Psje. M. Peñafiel 298, Oficina 302, Ovalle, Tel.: +56-(0)53-62 55 21

Recoleta sind weiterhin allein auf das Wasser der Río Hurtado zur Bewässerung ihrer Felder angewiesen.

Da die bewässerten Anbauflächen der Gemeinde Río Hurtado fast ausschließlich oberhalb des Stausees Recoleta liegen, wird im weiteren nur auf die Kanäle der Junta de Vigilancia del Río Hurtado näher eingegangen: Das Bewässerungsgebiet der Junta de Vigilancia del Río Hurtado ist entlang des Flusses in fünf Sektoren unterteilt. Die Daten sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 6.2: Kanäle des Río Hurtado oberhalb des Stausees Recoleta [19]

Sektor	Ungefähre Lage	Anzahl der Kanäle	Anzahl der Aktionen	Anzahl der Nutzer
1	Las Breas	19	721,25	107
2	El Bosque – Serón	25	577,50	279
3	Morillos – La Cortadera	23	335,00	250
4	El Puerto – El Espinal	21	190,75	627
5	Samo Alto – Stausee Recoleta	15	317,50	238
Insgesamt:		**103**	**2142,00**	**1501**

Die Tabelle macht deutlich, dass ein Nutzer weniger als eine ganze Aktion besitzen kann, z. B. nur 0,05 Aktionen (Kleinbauern/Campesinos) aber auch über mehrere Aktionen verfügen kann (Großgrundbesitzer/Patrones). Es existieren z. B. Kanäle, die nur von einem Nutzer verwendet werden, aber 30 Aktionen besitzen, und Kanäle, die nur über das Wasserecht von einer Aktion verfügen, aber von 21 Landwirten genutzt werden.

6.3.2 Preis des Wassers und Regulierung der Wasserentnahme

In der Gemeinde Río Hurtado kostet eine Aktion zurzeit 300.000 $ (525 €) pro Jahr. Der Besitz einer Aktion berechtigt nicht zur Nutzung einer bestimmten, genau festgelegten Wassermenge pro Monat, denn es existieren keine Wasseruhren oder andere Geräte zur Messung des Wasserdurchflusses. In Zeiten mit ausreichenden Wasserressourcen kann jeder Landwirt beliebig viel Wasser zur Bewässerung verwenden. Nur in Zeiten der Wasserknappheit (evtl. gegen Ende des Sommers und in Dürreperioden) erfolgt eine Regulierung der Wasserentnahme. Die Kanäle dürfen dann nur eine bestimmte Zeitdauer pro Woche entsprechend der Anzahl ihrer Aktionen geöffnet werden, um dem Fluss Wasser zu entnehmen. Diese Situation wird als „Turno“ bezeichnet. Innerhalb eines Kanals erfolgt die Zuteilung des vorhandenen Wassers dann ebenfalls entsprechend den Aktionen, die die einzelnen Nutzer besitzen. Mit diesem System soll sichergestellt werden, dass auch die Kanäle im unteren Teil des Flusses noch Wasser erhalten und nicht das gesamte Flusswasser schon zuvor in

Kanäle abgeleitet wird und der Flusslauf austrocknet. In Zeiten extremer Trockenheit kommt es immer wieder zur illegalen Wasserentnahme, z. B. in der Nacht.

6.3.3 Zustand und Ausbau der Kanäle

Nur fünf der 103 Kanäle der Gemeinde Río Hurtado sind teilweise mit Zement ausgekleidet (6,3 % bzw. 18,4 km). Die übrigen Kanäle sind Erdkanäle. Die Wasserverluste durch Infiltration während des Transportes im Kanal sind hoch, was in Trockenzeiten ein großes Problem darstellt, da das Wasser nicht bis zum Ende des Kanals gelangt, sondern bereits zuvor versickert. Ein weiteres Problem der Erdkanäle ist, dass in ihnen normalerweise viele Wasserpflanzen wachsen, die den Wasserfluss behindern. Die Kanäle müssen deshalb regelmäßig gereinigt werden, was einen hohen Aufwand darstellt.

Es gibt verschiedene Methoden, um Erdkanäle auszukleiden. Die Auskleidung mit Stahlbeton ist optimal in bezug auf die Haltbarkeit und die Resistenz, ist aber auch die teuerste Alternative. Die Alternative PVC- Rohre zu verlegen, vermeidet Wasserverluste vollständig und verhindert außerdem die Kontamination des Wassers. Die Kosten sind allerdings ebenfalls relativ hoch. Ein weiterer Nachteil ist die Gefahr der Verstopfung der Rohre, z. B. durch Erdeintritt. Die Auskleidung mit Polyethylen-Folie hat eine Lebensdauer von nur ungefähr zehn Jahren, aber wegen der wesentlich geringeren Kosten können bei gleichen Ausgaben wesentlich mehr Kilometer Kanal ausgekleidet werden. Eine andere preiswerte Alternative ist die so genannte „Autokonstruktion“. Die Landwirte mauern die Kanäle eigenständig aus. Steine und Sand dafür finden sie im Flussbett. Allerdings treten bei dieser Methode wegen der häufigen Erdbewegungen (Erdbeben) in dieser Zone sehr schnell Risse auf, wenn die Arbeit nicht perfekt ausgeführt wurde. Welche Auskleidung für welchen Kanal am besten geeignet ist, hängt von vielen Faktoren ab, und die Entscheidung sollte deshalb erst nach sorgfältiger Abwägung der verschiedenen Alternativen gefällt werden.

6.3.4 Studie zur Optimierung der Bewässerungssituation

Im Auftrag der Direktion für hydraulische Arbeiten DOH wurde eine umfangreiche Studie zur Optimierung der Wasserressourcen im Flussgebiet des Río Hurtado durchgeführt und Ende 1998 fertig gestellt [21]. Im Rahmen dieser Studie erfolgte eine umfassende Analyse der Bewässerungssituation, der Wasserverteilung durch die Kanäle und des Zustandes der Kanäle. Das Ergebnis der Studie ist, dass eine Verbesserung der Situation durch die Vereinigung der existierenden Kanäle (damals noch 109, jetzt 103) auf nur noch 38 Kanäle erreicht werden kann. Die Länge des Kanalnetzes würde dabei aber nur geringfügig verkürzt werden von 294 km auf 277 km. Das bedeutet, dass die einzelnen Kanäle und damit die Transportstrecke von der Entnahme am Fluss bis zum Nutzer wesentlich länger werden würden. Zurzeit liegt die durchschnittliche Länge eines Kanals bei knapp 3 km. Durch die

Vereinigung würde sich die durchschnittliche Länge auf über 7 km erhöhen. Das Projekt sieht außerdem vor, die Länge der ausgekleideten Kanäle von jetzt nur 18,4 km auf 120 km zu erhöhen, was 43 % des gesamten Kanalnetzes entsprechen würde. Bei einer durchschnittlichen Verlängerung der einzelnen Kanäle von 3 km auf 7 km ist eine Auskleidung sehr wichtig, um die Wasserverluste während des Transportes zu verringern.

Als Alternative wurde im Rahmen der Studie die Möglichkeit untersucht Stauseen bzw. Speicherbecken anzulegen, um eine Wasserreserve für Trockenzeiten zu gewährleisten. Untersuchte Standorte für Speicherbecken waren: ein Ort in den Anden im Sektor La Laguna oder im Sektor Llanos de Rapel auf 2.500 m ü. M., wo ein Konstruktion eines Speicherbeckens mit einem Volumen von 10 Mio. m³ angedacht wurde, ein Ort nahe der Messstation Angostura de Pangue und verschiedene Orte in den Quebradas, den Zuflüssen des Río Hurtado. Die erste Möglichkeit hoch in den Anden wurde aufgrund der hohen Kosten einer solchen Konstruktion (21,4Mio. US$) verworfen. Die Konstruktion eines Speicherbeckens nahe der Station Angostura de Pangue wurde ebenfalls wegen zu hoher Kosten verworfen und weil nur die wenigen Landwirte, deren Felder unterhalb dieses Beckens liegen, davon profitieren würden. Speicherbecken in den Quebradas anzulegen, ist laut der Studie nicht sinnvoll, da in den kleinen Quebradas kein signifikantes Volumen gespeichert werden kann (nur Nachtspeicherbecken). Die Quebradas, in denen ein Speicherbecken signifikanter Größe konstruiert werden könnte, liegen weit entfernt, so dass sehr lange Verbindungskanäle angelegt werden müssten, was wiederum sehr hohe Kosten verursachen würde.

Die Vereinigung der bestehenden Kanäle, die von der Studie zur Sicherung der Versorgungssituation vorgeschlagen wird, wurde im September 2001 vom Ministerium für öffentliche Bauarbeiten MOP aus undurchsichtigen Gründen als unwirtschaftlich abgelehnt. Die Junta de Vigilancia de Río Hurtado wird sich jedoch weiterhin für die Umsetzung dieses Projektes einsetzen.

6.3.5 Bewässerungsfläche und -methoden in der Gemeinde Río Hurtado

In der letzten amtlichen landwirtschaftlichen Zählung im Jahr 1997 wird die im landwirtschaftlichen Jahr Mai 1996 bis April 1997 bewässerte Fläche in der Gemeinde Río Hurtado mit 1.086,1 ha beziffert [16]. Bei der Betrachtung dieser Daten muss allerdings beachtet werden, dass von September 1993 bis Mai 1997 eine vierjährige Dürreperiode in der Region herrschte und infolge dessen 1996/97 wesentlich weniger Anbaufläche bestellt und bewässert wurde als in normalen Jahren. In normalen Jahren mit ausreichend Wasser werden ungefähr 3.600 ha Anbaufläche bewässert [21].

1996/97 wurden von der bewässerten Fläche 96 % mit traditionellen Bewässerungsmethoden und 4 % (43 ha) mit modernen Methoden wie Tropfbewässerung oder Beregnung

bewässert [16]. Ende des Jahres 2001 wurden aufgrund privater und staatlich geförderter Modernisierungsprojekte bereits über 200 ha Anbaufläche mit modernen Bewässerungsmethoden bewässert. Das sind allerdings bei einer bewässerten Gesamtfläche von ungefähr 3.600 ha immer noch weniger als 6 %.

6.3.6 Projekte zur Verbesserung der Bewässerungssituation in Río Hurtado

In der Gemeinde Río Hurtado wurde bisher ein **Großprojekt** durchgeführt, das über das **Gesetz N° 18.450** finanziert wurde: 1997 wurde ein Bewässerungskanal ausgekleidet. Von der Verbesserung profitierten 133 Landwirte und 110 ha Anbaufläche. Außerdem wurden 1998 und 1999 wurden zwei **gemeinschaftliche Projekte** zur Reparatur von Kanälen von dem **Institut für landwirtschaftliche Entwicklung INDAP** finanziert, von denen insgesamt 161 Landwirte und 160 ha profitierten (vgl. Kap. 6.1.3 Staatliche Programme zur Förderung von Investitionen im Bewässerungsbereich).

Die folgende Tab. 6.3 zeigt, welche **kleinen Bewässerungsprojekte** mit dem **Programm Bono Campesino** von 1997 bis 2001 von dem INDAP in der Gemeinde Río Hurtado finanziert wurden.

Tab. 6.3: Bono Campesino-Bewässerungsprojekte in Río Hurtado von 1997 bis 2001

Jahr	Anzahl der Projekte	Anbauprodukte	Installierte Technik	Bewässerte Fläche [ha]
1997	13	Trauben, Pfirsiche, Avocados	Tropfbewässerung, Mikrojet	18,6
1998	5	Trauben, Früchte, Alfalfa	Tropfbewässerung, Beregnung	7,5
1999	6	Trauben, Pfirsiche	Tropfbewässerung	9,0
2000	7	Trauben, Früchte, Avocados, Nüsse	Tropfbewässerung	13,1
2001	17	Trauben, Avocados, Nüsse	Tropfbewässerung	40,5
	3	Trauben, Früchte, Gemüse	Konstruktion von Speicherbecken	13,5
			Fläche insgesamt:	**102,2**

Seit 1999 arbeitet das INDAP in der IV. Region mit den Organisationen, die die Kleinbauern vertreten, zusammen, um die Bewässerungssituation zu verbessern. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurden 2001 gemeinsam mit der Junta de Vigilancia del Río Hurtado insgesamt 19 Projekte (Konstruktion eines Speicherbeckens und/oder Installation von Tropfbe-

wässerung) im Rahmen des Programms Bono Campesiso durchgeführt (siehe Tab. 6.3). Nach erfolgreicher Zusammenarbeit sind für das Jahr 2002 weitere Projekte geplant.

Mit Hilfe des Programms zur ländlichen Entwicklung für landwirtschaftliche Gemeinschaften und Kleinbauern **Prodecop**, mit dem die Lebensbedingungen und die wirtschaftliche Situation von Familien in kleinen, landwirtschaftlichen Gemeinden in der IV. Region Chiles durch die Erhöhung ihrer Einnahmen aus der Landwirtschaft verbessert werden sollen, wurden in der Gemeinde Río Hurtado in den Jahren 1998 bis 2001 42 Projekte finanziert und umgesetzt (siehe Tab. 6.4).

Tab. 6.4: Prodecop-Bewässerungsprojekte in Río Hurtado von 1998 bis 2001

Jahr	Anzahl der Projekte	Anbauprodukte	Installierte Technik	Bewässerte Fläche [ha]
1998	7	Früchte	Konstruktion von Speicherbecken	8,6
1999	7	Früchte, Alfalfa	Tropfbewässerung, Beregnung	7,4
2000	13	Trauben, Früchte, Alfalfa	Tropfbewässerung, Beregnung	15,8
2001	3	Früchte, Alfalfa	Tropfbewässerung, Beregnung	2,1
	12	Trauben, Früchte	Konstruktion von Speicherbecken	13,5
			Fläche insgesamt:	**47,4**

Die Kleinbauern stehen einer Veränderung ihrer traditionellen Produktionsweise häufig sehr kritisch gegenüber. Überzeugungsarbeit wird vor allem durch Projekte mit Modellcharakter geleistet, wo die Vorteile der neuen Methoden demonstriert werden. Deshalb führte das **Institut für landwirtschaftliche Untersuchungen INIA** in der Gemeinde Río Hurtado von 1996 bis 1999 ein Projekt zum Transfer von modernen Bewässerungstechniken und Produktionsalternativen durch, das von einem Programm des nationalen Fonds für regionale Entwicklung FNDR finanziert wurde. Im Rahmen des Projektes wurden Einheiten zur Umsetzung neuer Technologien, genannt **UVAL's** (Unidades de Validación), in Hurtado (1,4 ha) und Pichasca (1,6 ha) aufgebaut. In diesen werden im Modelcharakter Bewässerungstechniken und neue Anbaukulturen (Trauben, Feigen, Avocados, Mandarinen, Zitronen, Pfirsiche, Aprikosen, Alfalfa und Mandeln) getestet und den Kleinbauern der Gemeinde demonstriert. Um die Kleinbauern von den Vorteilen der neuen Bewässerungstechnologien zu überzeugen und deren Anwendung zu verbreiten wurden zusätzlich sechs Demonstrationsmodule Modem's (Módulos Demonstrativos) mit Tropfbewässerung auf kleinen Parzellen eingerichtet (in Los Lavaderos, Hurtado, El Romeral, El Pangue, Parral Viejo und Morillos). Außerdem wurden Weiterbildungsseminare zum Thema Bewässerung

durchgeführt und Informationsveranstaltungen „Día de Campo“ in den UVAL’s Hurtado und Pichasca organisiert.

Zusätzlich zu den staatlich geförderten Projekten zur Modernisierung der Bewässerung haben einige **Großgrundbesitzer** der Gemeinde die Bewässerungsmethoden auf ihren großen, zusammenhängenden Flächen, die zum Obstanbau genutzt werden, durch **privatwirtschaftliche Investitionen** modernisiert. Auf einer Fläche von insgesamt 55 ha wurden Speicherbecken konstruiert und Tropfbewässerung wurde installiert.

Tab. 6.5: Projekte der Großgrundbesitzer zur Modernisierung der Bewässerung (Konstruktion von Speicherbecken und Installation von Tropfbewässerung)

Jahr	Name des Großgrundbesitzes	Ort	Mit Tropfbewässerung bewässerte Fläche [ha]	Anbauprodukte
1996	Fundo El Carmen	Tahuinco	35	Trauben, Avocados
1998	Fundo El Esperanza	Samo Alto	10	Trauben
2000	Fundo La Cortadera	bei Fundina	10	Nüsse

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass quantitative Wasserprobleme in der Gemeinde Río Hurtado bisher nur im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung auftreten. Für die übrigen Nutzungsformen ist immer (auch in Trockenzeiten) ausreichend Wasser vorhanden. Hier wird es in Zukunft eher qualitative Probleme geben, verursacht durch die Kontamination mit unbehandelten häuslichen Abwässern, durch den steigenden Chemikalien- und Pestizideinsatz in der Landwirtschaft, sowie durch Chemikalien aus der Aufbereitung der Erze im Bergbau.

Die **Quantität der Wasserressourcen** wird in der Gemeinde an sechs Messstationen erfasst (Wasserabflussdaten des Río Hurtado, Niederschlagsmengen). Es fehlt jedoch eine Beobachtung des Grundwassers, so dass keine Aussagen über Veränderungen des Grundwasserstandes möglich sind. Ein Grundwassermonitoring sollte in Zukunft erfolgen. Eine Untersuchung der **Qualität der Wasserressourcen** erfolgt zurzeit nur durch die Kontrollen der Trinkwasserqualität. Untersuchungen des Fluss- oder Grundwassers erfolgen nicht. Da keine regelmäßigen Untersuchungen der Wasserqualität stattfinden, bleiben eventuelle Kontaminationen lange unbemerkt. Um die Entwicklung der Wasserqualität des Oberflächen- und Grundwassers zu beobachten, ist eine Verbesserung der Kontrolle der Wasserqualität notwendig. Erst dann ist es möglich Aussagen über anthropogene Verunreinigungen, z. B. durch häusliche Abwässer, Landwirtschaft, Industrie und Bergbau zu treffen. Nur wenn der quantitative und qualitative Zustand der Wasserressourcen bekannt ist, können Konsequenzen für die Nutzung zur Bewahrung der Qualität gezogen werden.

In der Gemeinde Río Hurtado sind rund 87 % der Bevölkerung an eine **öffentliche Trinkwasserversorgung** angeschlossen. Wichtigste Trinkwasserquelle ist Uferfiltrat vom Río Hurtado. Die Trinkwasserversorgung der Gemeinde ist dezentral strukturiert. Als einziger Aufbereitungsschritt erfolgt eine Desinfektion mittels Chlorung. Die Trinkwasserqualität wird wesentlich seltener kontrolliert, als gesetzlich vorgeschrieben. Bisher hat es jedoch keine bedeutsamen Probleme mit der Qualität des Trinkwassers gegeben. Wasser zur Deckung des Trinkwasserbedarfs ist auch in Trockenzeiten immer in ausreichender Menge vorhanden. Der Wasserverbrauch ist zurzeit noch gering, wird aber in Zukunft mit steigender Installation von Duschen und vor allem Wasserklosetts steigen. Der Zustand der öffentlichen Trinkwasserversorgung in der Gemeinde kann im Allgemeinen als gut angesehen werden. Schritte zur weiteren Verbesserung von Sicherheit und Qualität sind folgende:

- **Schutz der Trinkwasserbrunnen** vor Verunreinigungen, Umzäunung aller Brunnen, Verbot der Abwasserentsorgung (Sickergruben) in Brunnennähe;
- **Weiterbildung der Operadores**, denn die einwandfreie Funktion der Systeme, z. B. der automatischen Chlorung, hängt entscheidend von Wissen und Erfahrung des Betriebspersonals ab;
- Prüfung, ob andere Desinfektionsverfahren, wie z. B. die Behandlung mit Ozon oder UV-Bestrahlung, anstelle der Chlorung angewendet werden können;
- **Verbesserung der Qualitätskontrolle des Trinkwassers**; eine einfache, preiswerte Möglichkeit stellt z. B. die regelmäßige Untersuchung des Trinkwassers auf Coliforme mit Hilfe eines unkomplizierten Schwefelwasserstoff-Entstehungs-Tests, der vor Ort durchgeführt werden kann, dar;
- **Erweiterung der Kapazität der Trinkwassersysteme**; in einigen Orten notwendig, damit alle Häuser angeschlossen werden können, bzw. damit die bereits vorhandenen Anschlüsse ganztätig mit Wasser versorgt werden;
- **Erneuerung der Trinkwassernetze**; vollständiger Austausch der alten Rocalit-Leitungen;
- **Information und Aufklärung der Bevölkerung**, z. B. über den sparsamen Umgang mit der Ressource Wasser und über Gründe und Auswirkungen der Chlorung, um die Akzeptanz des gechlorten Wassers zu erhöhen. In einigen Orten wird zum Teil weiterhin das hygienisch bedenkliche Wasser aus Bächen und Kanälen verwendet, da die Bewohner das gechlorte Wasser ablehnen.

Die **Trinkwasserversorgungssituation der Bevölkerung in den dünn besiedelten Gebieten**, die nicht an ein öffentliches Versorgungsnetz angeschlossen ist (etwa 13 % der Bevölkerung), wird als problematisch bewertet. Die Trinkwasserversorgung erfolgt zurzeit aus ungeschützten Wasserlöchern, aus offenen Bächen und Kanälen oder mit Tankwagen. Das Wasser wird teilweise direkt ohne weitere Behandlung oder Desinfektion verwendet. Wenn das Wasser manuell gechlort wird, wird nach „Gutdünken“ ein „Schuss“ Chlorlösung in den privaten Wassertank gegeben. Die Konzentration wird nicht gemessen, eine Über- oder Unterdosierung wird nicht entdeckt. Die Wasserqualität wird nicht untersucht. Es besteht daher dringender Bedarf den betroffenen Einwohnern Zugang zu chemisch, physikalisch und bakteriologisch unbedenklichem Trinkwasser zu verschaffen. Erste Schritte zur Verbesserung sind folgende:

- **Sicherung der Wasserquellen** zum Schutz vor Verunreinigung durch Tiere
- Reinigung und Sauberhalten der Quellen

- Einfassung der Wasserstellen, z. B. mit Zement und Abdeckung
- **Untersuchung der Wasserqualität** (Erstanalyse), um zu klären, ob das Wasser als Trinkwasser geeignet ist, oder ob es Schadstoffe enthält, die z. B. durch Boden und Gestein bedingt sein können. Quellen in ehemaligen Erzminen dürfen nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet werden.
- **Desinfektion** des entnommenen Wassers durch Chlorung oder Abkochen; nützlich wäre ein Messgerät zur Bestimmung des Chlorgehalts; wenn für die Chlorung oder das Abkochen die Ressourcen fehlen, besteht auch die Möglichkeit der Desinfektion durch Sonnenlicht (UV-Strahlung + Erwärmung). Dazu wird das Wasser in handelsübliche Getränkeplastikflaschen gefüllt und für mehrere Stunden in die Sonne gelegt.

Die **Abwasserentsorgung** stellte in der Gemeinde bisher kein größeres Problem dar, da das Abwasseraufkommen punktuell relativ gering war. Der steigende Verbrauch an Haushaltschemikalien und die zunehmende Konzentrierung der Bevölkerung in den größeren Orten erfordern jedoch für die Zukunft ein anderes System der Abwasserentsorgung. Die derzeit übliche Behandlung häuslicher Abwässer allein durch eine Absetzkammer mit anschließender Versickerung, ist nicht ausreichend, da das abfließende Wasser immer noch mit Stickstoff, Phosphor, möglicherweise mit pathogenen Keimen und Haushaltschemikalien belastet ist. Eine Möglichkeit zur Verbesserung wäre die Weiterbehandlung des in der Absetzkammer mechanisch vorgeklärten Abwassers in einer **dezentralen Anlage**, z. B. in einer **Pflanzenkläranlage**. Eine andere Möglichkeit zur Entsorgung von häuslichen Abwässern ist die Errichtung einer **Kanalisation** und die **zentrale Behandlung** z. B. in einer Kompaktkläranlage. Die Investitionskosten dieser Verfahrensweise sind jedoch hoch. In drei Orten wird zurzeit im Auftrag der Gemeindeverwaltung eine öffentliche Kanalisation verlegt und Kompaktkläranlagen werden errichtet. Das Ablaufwasser dieser Anlagen wird die geltenden rechtlichen Vorschriften erfüllen und kann zur Bewässerung verwendet werden. Der anfallende Überschussschlamm soll als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden.

Ein anderer Ansatz ist die getrennte Entsorgung der Fäkalien vom übrigen Abwasser. Moderne **Trockentoiletten** verbrauchen kein Wasser und benötigen keinen Anschluss an ein Kanalnetz; durch die Verwendung einer Trockentoilette wird das übrige Abwasser nicht mit Fäkalkeimen kontaminiert und kann zur Bewässerung verwendet werden; zuvor kann dieses Grauwasser in einer **Pflanzenkläranlage** behandelt werden. Als Pilotprojekt wurden 2001 in einem abgelegenen Bergdorf in der Gemeinde fünf Trockentoiletten errichtet. Das Projekt befindet sich zurzeit in der ersten Testphase und der Betrieb ist noch

optimierungsbedürftig. 2003 wird die Gemeindeverwaltung anhand der gesammelten Erfahrungen entscheiden, ob weitere Trockentoiletten in der Gemeinde aufgestellt werden. Der Bau einer Pflanzenkläranlage, die als Demonstrations- und Testanlage geplant war, wurde leider verschoben, da die Finanzierung nicht geklärt werden konnte.

Die Chance, in der Gemeinde **effiziente und nachhaltige Abwasserentsorgungssysteme** einzuführen, sollte nicht vertan werden. Trockentoiletten in Kombination mit Pflanzenkläranlagen stellen in dieser semiariden Region mit hohem Bedarf an Bewässerungswasser und Nährstoffnutzung, ausreichendem Platzangebot und einer größtenteils noch nicht vorhandenen öffentlichen Kanalisation eine interessante dezentrale Lösung dar. Über die Errichtung von Biogasanlagen zur Vergärung der Abwässer und zur Energiegewinnung sollte nachgedacht werden. In Pilot- und Demonstrationsanlagen können weltweit etablierte Techniken an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die **Information und Aufklärung der Bevölkerung**. Diese muss für die Problematik der Abwasserentsorgung sensibilisiert werden, denn nachhaltiges Abwassermanagement ist ohne das Interesse und die Unterstützung der Bevölkerung nicht möglich. Gerade bei dezentralen Lösungen ist die aktive Mitwirkung der Bewohner sehr wichtig.

In der IV. Region, in der sich die Gemeinde Río Hurtado befindet werden fast 95 % des genutzten Wassers für die **landwirtschaftliche Bewässerung** verwendet. Die Gemeinde Río Hurtado deckt ihren Bedarf an Bewässerungswasser fast ausschließlich aus dem Río Hurtado. Bei Wasserknappheit, die eventuell gegen Ende des Sommers und in den immer wieder auftretenden mehrjährigen Dürreperioden auftritt, kann der Wasserbedarf der Landwirtschaft nicht gedeckt werden. Durch besseres Wassermanagement und den effizienteren Einsatz der vorhandenen Wasserressourcen könnten die Probleme jedoch wesentlich entschärft werden.

Bei den zurzeit noch überwiegend verbreiteten traditionellen Bewässerungsmethoden beträgt die Effizienz der Wasseraufbringung nur etwa 30 %. Zusätzlich treten hohe Wasserverluste während des Transportes in Erdkanälen vom Fluss zur Anbaufläche auf.

Moderne Bewässerungsmethoden, wie Tropfbewässerung oder Beregnung, sind sehr effizient und erreichen Wirkungsgrade von bis zu 95 %. Ende des Jahres 2001 wurden aufgrund privater und staatlich geförderter Modernisierungsprojekte in der Gemeinde Río Hurtado über 200 ha Anbaufläche mit modernen Bewässerungsmethoden bewässert. Das sind bei einer bewässerten Gesamtfläche von ungefähr 3.600 ha weniger als 6 %. Ein entscheidender Nachteil der modernen Systeme sind die hohen Investitionskosten, die es

vor allem den Kleinbauern schwer machen, diese zu installieren. Deshalb gibt es zahlreiche staatliche Programme, die die Kleinbauern bei der Modernisierung ihrer Bewässerungssysteme finanziell und technisch unterstützen.

Schritte zur Verbesserung des Wassermanagements bei der landwirtschaftlichen Bewässerung sind die weitere Ausweitung von Förderprogrammen zur **Einführung moderner, Wasser sparender und Boden schonender Bewässerungsmethoden** kombiniert mit **Informations- und Aufklärungsprogrammen**. So werden die Vorteile der neuen Methoden z. B. mit Modellprojekten demonstriert, was ein Erfolg versprechender Ansatz zur Überzeugung der Kleinbauern zu sein scheint. Außerdem sollte die **Auskleidung der Kanäle** zur Verringerung der Versickerungsverluste vorangetrieben werden. Entscheidender Punkt ist die Klärung der Finanzierung. Die Gelder für Investitionen können selten von den Kleinbauern selbst aufgebracht werden. Hier sind weiterhin und verstärkt staatliche und internationale Unterstützung erforderlich, z. B. in Form von günstigen Darlehen oder Subventionen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

[1] Carlos Caro, Juan y Ovidio Melo: Los conflictos en comunidades de aguas y su resolución desde una perspectiva integradora. XIV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS - Chile. Santiago de Chile, Octubre 2001

[2] Corporación Nacional de Forestación CONAF, 1992

[3] Comité Nacional Pro Defensa de Fauna y Flora CODEFF, 1994

[4] Dirección de Obras Hidráulicas en la región de Coquimbo: Diagnostico a la supervisión organizacional, administrativa y técnica de los sistemas de agua potable rural en la comuna Río Hurtado. La Serena, Marzo 2001

[5] Empresa de Servicio Sanitarios de Coquimbo S.A. ESSCO: Informe de Agua Potable Rural en la Comuna Río Hurtado. La Serena, Octubre 1998

[6] Empresa de Servicio Sanitarios de Coquimbo S.A. ESSCO: Memoria de Agua Potable Rural ESSCO S.A. 1990-2000.

[7] Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S. A. EMOS: Memorial Anual. Santiago de Chile, 2000

[8] Ganter, Edmundo: Tecnologías de tratamientos naturales de residuos líquidos. Ganter & Errázuriz - Consultora e Ingeniería Ambiental. Santiago de Chile, 2001

[9] Gobierno Regional de Coquimbo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA: Proyecto “Transferencia tecnológica de riego y alterativas productivas para las comunas de Río Hurtado y Punitaqui. Ovalle, Marzo 1999

[10] Gobierno Regional, Gobierno de Chile: Estrategia Regional de Desarrollo 2000-2006. Región de Coquimbo, 2000

[11] Ilustre Municipalidad de Río Hurtado: PLADECO 1998 - Plan de Desarrollo Comunal. Río Hurtado, 1998

[12] Ilustre Municipalidad de Río Hurtado: PLADECO 2000-2004 - Plan de Desarrollo Comunal. Río Hurtado, 2000

[13] INDAP, Prodecop, INIA, Ministerio de Agricultura: Manual técnico de riego campesino. La Serena, 1998

[14] Instituto Nacional de Estadísticas INE Chile: Censo Comunal 1992. Santiago de Chile, 1992

[15] Instituto Nacional de Estadísticas INE Chile: Precenso Comunal Rural 2001, Comuna Río Hurtado, 2001

[16] Instituto Nacional de Estadísticas INE Chile: VI Censo Nacional Agropecuario 1997. Santiago de Chile, 1997

[17] Instituto Nacional de Normalización INN: Norma Chilena Oficial NCh 409/1.Of 1984 - Agua potable - Parte 1: Requisitos - Parte 2: Muestreo. INN, Chile, 1984

[18] Instituto Nacional de Normalización INN: Proyecto de Norma en consulta publica NCh 409/1.cR 1999 - Agua potable - Parte 1: Requisitos - Parte 2: Muestreo. INN, Chile, 1999

[19] Junta de Vigilancia del Río Hurtado. Ovalle, 2002

[20] Mideplan, Documento de información comunal, 1999

[21] Republica de Chile, Ministerio de Obras Publica, Dirección de Obras Hidráulicas, Departamento de Proyectos: Consultoria " Optimización Recurso Hídrico Cuenca Alta Río Hurtado, IV Región, Informe Final. Ingeniería y Recursos Hidráulicos Ltda., Santiago de Chile, Diciembre 1998

[22] Sociedad Nacional de Minería Chile: Manual de Practicas Ambientales para la pequeña Minería. Primera Edición. Santiago de Chile, 2000

9 ANHANG

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Landkarte von Chile und
Karte der V. Region, der Región de Coquimbo 92

Anhang B: Distrikte, Siedlungen, Comunidades Agrícolas und Fundos
der Gemeinde Río Hurtado 94

Anhang C:Flussgebiet Limarí 95

Anhang D: Auszug aus den Grenzwerten der Normen NCh 1.333, NCh 409/1 und
NCh 409/1 neu sowie der deutschen Trinkwasserverordnung 96

Anhang A: Landkarte von Chile

Karte der V. Region, der Región de Coquimbo

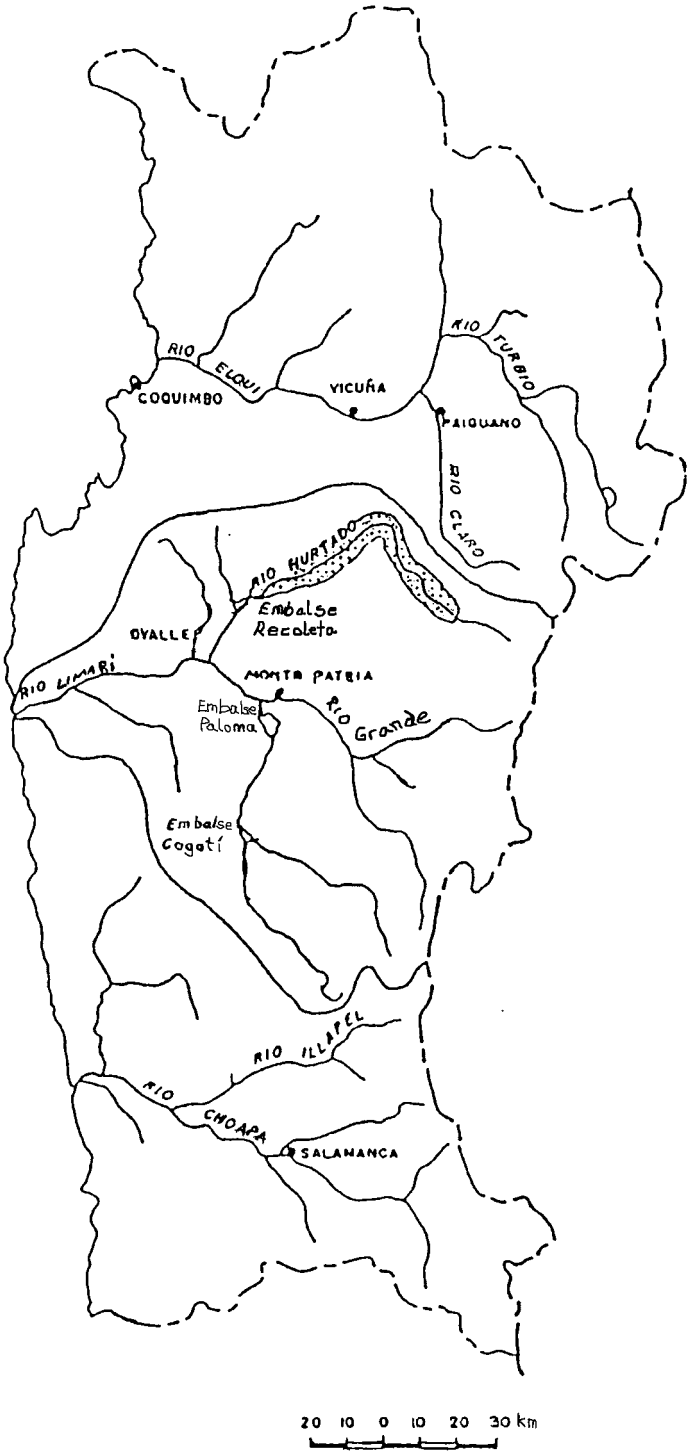
Regional de Desarollo 2000-2006. Región de Coquimbo, 2000

Anhang B: Distrikte, Siedlungen, Comunidades Agrícolas und Fundos der Gemeinde Río Hurtado

Tab. 9.1: Distrikte, Siedlungen, Comunidades Agrícolas (CA) und Fundos in Río Hurtado [15]

Distrito 1 Las Breas	LAS BREAS
	FUNDO EL BOSQUE
Distrito 2 Cachacos	CORRAL QUEMADO
	CA CARRIZAL Y LAGUNA SERON
Distrito 3 Samo Alto	SAMO ALTO
	LOS MAITENES DE SAMO ALTO
	PARRAL VIEJO
	QUEBRADA SANTANDER
	HUAMPULLA
	FUNDO EL ESPERANZA
	CA HUAMPULLA
	CA LAS MINILLAS
	CA MENDOZA CARRIZO
Distrito 4 Pichasca	PICHASCA
	SAN PEDRO
	EL ESPINAL
Distrito 5 Fundina	FUNDINA SUR -EL PUERTO
	CA FUNDINA NORTE
	FUNDO LA CORTADERA
	EL SAUCE
	EL CHACAY
Distrito 6 Serón	SERÓN
	EL VADO DE MORRILLOS
	MORRILLOS
	CA LOS MAITENES SERÓN
	CA PIEDRAS BLANCAS
Distrito 7 Hurtado	HURTADO
	CA EL GIGANTE
Distrito 8 El Chañar	EL CHAÑAR
	LOS LAVADEROS
Distrito 9 Tabaqueros	TABAQUEROS
	PEÑA FLOR -TAHUINCO
	EL PALQUE (NUEVA ESPERANZA)
	FUNDO EL CARMEN
	CA BLAS Y BULRREME
Distrito 10 El Romeral	CA EL ROMERAL
	LA HUERTA

Anhang C:Flussgebiet Limarí



Quelle: Optimización Recurso Hídrico Cuenca Alta Río Hurtado, IV Región [21]

Anhang D: Auszug aus den Grenzwerten der Normen NCh 1.333, NCh 409/1 und NCh 409/1 neu sowie der deutschen Trinkwasserverordnung

Grenzwerte für Wasser zur Bewässerung nach der chilenischen Norm NCh 1.333 und für Trinkwasser nach der chilenischen Norm NCh 409/1 und der deutschen Trinkwasser-verordnung (TVO) von 2001

Tab. 9.2: Physikalische Grenzwerte

	Einheit	Bewässerung NCh 1.333	Trinkwasser NCh 409/1	Trinkwasser NCh 409/1 neu	Trinkwasser TVO
Turbiedad	NTU		5		1,0
Conductividad	µS/cm		/		2500
Color	Pt-Co		20	20	
pH		5,5 - 9,5	6,0 - 8,5	6,5-8,5	6,5-9,5

Tab. 9.3: Chemische Grenzwerte

Substanz	Symbol	Bewässerung NCh 1.333 Grenzwert [mg/l]	Trinkwasser NCh 409/1 Grenzwert [mg/l]	Trinkwasser NCh 409/1 Grenzwert [mg/l]	Trinkwasser TVO Grenzwert [mg/l]
Aluminio	Al	5,0			0,2
Amoniaco	$N\text{-}NH_3$		0,25	1,5	
Amonio	NH_4^+				0,5
Antimonio					0,005
Arsénico	As	0,1	0,05	0,05	0,01
Bario		4,0			
Boro		0,75			1
Cadmio	Cd	0,01	0,01	0,01	0,00
Cianuro	CN^-	0,2	0,20	0,20	0,05
Cloruro	Cl^-	200	250*	400	250
Cobalto	Co	0,05			
Cobre	Cu	0,2	1,0*	1,0	2
Compuestos Fenólicos	Fenol		0,002		
Cromo	Cr	0,1		0,05	0,05
Cromo hexavalente	Cr^{6+}		0,05		
Detergentes	SAAM		0,5		
Dureza	$CaCO_3$		/		
Fluoruro	F^-	1,0	1,5	1,5	1,5
Hierro	Fe	5,0	0,3*	0,3	0,2
Litium	Li	2,5			
Litio críticos		0,075			
Magnesio	Mg		125		

Substanz	**Symbol**	**Bewässerung NCh 1.333 Grenzwert [mg/l]**	**Trinkwasser NCh 409/1 Grenzwert [mg/l]**	**Trinkwasser NCh 409/1 Grenzwert [mg/l]**	**Trinkwasser TVO Grenzwert [mg/l]**
Manganeso	Mn	0,2	0,10*	0,1	0,05
Mercurio	Hg	0,001	0,001	0,001	0,001
Molibdeno		0,010			
Níquel	Ni	0,2			0,02
Nitrato	$N\text{-}NO_3$		10*	50	50
Nitrito	$N\text{-}NO_2$		1,0	3	0,5
Plata	Ag	0,2			
Plomo	Pb	5,0	0,5	0,05	0,01
Residuos sólidos filtrables			1000*	1500	
Selenio	Se	0,02	0,01	0,01	0,01
Sodio	Na				200
Sulfato	SO_4^{2-}	250	250*	500	240
Vanadium	V	0,1			
Zinc	Zn	2,0	5,0*	3	
Monocloramina				3	
Cloro libre residual				5	
Triclorometano				0,2	

*) Das Gesundheitsministerium darf höhere Werte zulassen.