

Verbesserung der Trinkwasserversorgung für die armen Bevölkerungsgruppen im Chaco von Paraguay

MARTIN JUNKER¹ & MICHAEL VON HOYER²

Hydrogeologie, Grundwassererkundung, Trinkwasserversorgung, Brunnenbau, Windpumpen, BGR, Technische Zusammenarbeit, Chaco, Paraguay, Südamerika

Kurzfassung

Im dünnbesiedelten und noch nicht voll erschlossenen Chaco von Paraguay sind die Trinkwasserressourcen knapp. Ein Großteil des Grundwassers ist salzig, ganzjährig fließende Gewässer bzw. Seen fehlen. Traditionelle Methoden der Trinkwasserversorgung sind das Auffangen und Speichern des Regenwassers von Dächern, das Sammeln von Oberflächenwasser in künstlichen Erdbecken (Tajamare) und die Erschließung lokaler, kleiner Süßwasserkörper durch Brunnen. Im TZ-Projekt Erkundung und Erschließung der Grundwasserressourcen in der Westregion Paraguays werden die Erkenntnisse hydrogeologischer Erkundung direkt umgesetzt zur Verbesserung und Sicherung der Trinkwasserversorgung für die Siedlungen von Indianern und Campesinos. Beim Bau der Wasserversorgungsanlagen werden einfache, den lokalen Gegebenheiten angepasste Techniken eingesetzt. Das Wasser wird mit Windenergie gehoben und in das Leitungsnetz gepumpt.

Die Dorfgemeinschaften sind bei der Planung und beim Bau voll in das Projekt integriert und erbringen einen Großteil der Arbeit in Eigenleistung. Auf diese Weise identifiziert sich die Bevölkerung mit dem Projekt. Gleichzeitig werden den Partnern die handwerklich und technisch notwendigen Kenntnisse vermittelt, die für den zukünftigen Betrieb und die Instandhaltung der Wasserversorgungsanlagen unabdingbar sind.

Die Dorfgemeinschaften sind bei der Planung und beim Bau voll in das Projekt integriert und erbringen einen Großteil der Arbeit in Eigenleistung. Auf diese Weise identifiziert sich die Bevölkerung mit dem Projekt. Gleichzeitig werden den Partnern die handwerklich und technisch notwendigen Kenntnisse vermittelt, die für den zukünftigen Betrieb und die Instandhaltung der Wasserversorgungsanlagen unabdingbar sind.

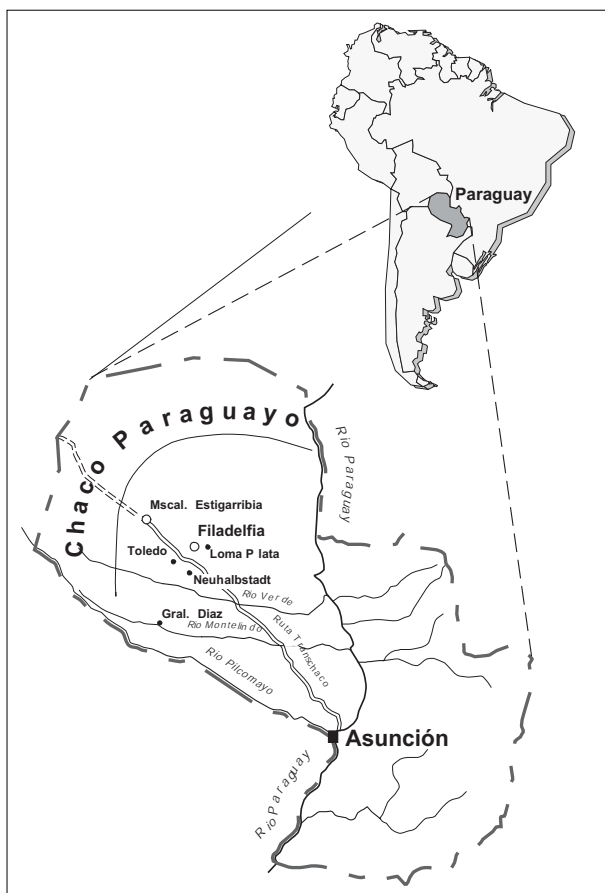


Abb. 1: Lage des Chaco in Paraguay.

Fig. 1: Location of the Chaco in Paraguay.

[Improvement of the drinking-water supply for the poorer population groups in the Chaco, Paraguay]

Abstract

In the scarcely populated and as yet not fully developed Chaco in Paraguay, drinking water resources are limited. Much of the groundwater is saline, and there are no perennial rivers or lakes. The traditional methods of obtaining a supply of drinking water are: rain-water harvesting from roof areas, storage of surface runoff in excavated reservoirs ("tajamares"), and tapping of small, local freshwater lenses by wells. The Technical Cooperation project described in this paper uses the hydrogeological information acquired during the project to improve the drinking water supply for the settlements of Indians and Campesinos. A simple technology adapted to the local conditions is used for construction of the water supply systems. Wind energy is used to lift the water and pump it into the reticulation system. Village communities are fully integrated into the planning and construction and actually carry out a large part of the work themselves. In this way, identification of the community with the project is achieved and at the same time transfer of technical know-how takes place. This is indispensable for guaranteeing that the water supply schemes are operated and maintained in the future.

¹ Dirección de Recursos Hídricos (DRH)
Filadelfia 405, CC. 984, Asunción / Paraguay

² Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2, 30655 Hannover



Abb. 2: Typische Wohnhütte der indianer im Chaco mit einer Abdeckung aus Plastikplane und Holzschindeln. Foto: M. Junker.

Fig. 2: Typical Chaco Indian hut covered with a plastic sheet and wood shingles. Foto: M. Junker.

Einleitung

Der Chaco ist geologisch ein riesiger Schwemmfächer von Flußsedimenten (*Alluvionen*), die aus den Anden in das südöstliche Vorland geschüttet wurden. Lithologisch ist er im Projektgebiet aus mittel- bis feinstkörnigen Sedimenten (Sande, Schluffe, Tone, Lehme mit allen Übergängen) aufgebaut, die schnell wechselnd miteinander verzahnt sind. Hydrogeologisch handelt es sich also um eine stark alternierende Wechselfolge von Wasserleitern und Wasserstauern unterschiedlicher Qualität.

Der Chaco nimmt im Westen der Republik Paraguay, der *Westregion*, bei einer Ausdehnung von 240 000 km² etwa zwei Drittel des Staatsgebiets ein (Abb. 1). Aber nur zwei Prozent der Bevölkerung lebt in dieser Region. Das extrem semiaride Klima, das Fehlen einer modernen Infrastruktur und vor allem der Mangel an Trinkwasser hat die Besiedlung des Chaco erschwert. Paraguay verzeichnete in den letzten Jahren einen hohen Bevölkerungszuwachs, den die traditionellen Siedlungsgebiete östlich des Rio Paraguay nicht mehr aufnehmen können. Deshalb hat die paraguayische Regierung die Besiedlung des Chaco zum vordringlichen Ziel der Landesentwicklung erklärt.

Die Bundesrepublik Deutschland unterstützt Paraguay bei der Erschließung des Chaco mit dem Ziel, die Trinkwasserversorgung in der ländlichen Region zu verbessern. Dafür erkunden die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und die Dirección de Recursos Hídricos (DRH) die Grundwasservorkommen im Umfeld der Stadt Filadelfia und setzen die gewonnenen Erkenntnisse für die Trinkwasserversorgung von Siedlungen der indianischen Urbevölkerung und der paraguayischen Campesinos um.

Bevölkerungsstruktur

Bis zur Besiedlung durch die aus Rußland und Kanada eingewanderten Mennoniten in den Jahren 1930 bis 1948 lebten im zentralen und westlichen Chaco kleine Gruppen der indianischen Urbevölkerung. Heute wohnen in den

Menno-Kolonien mit den Zentren Filadelfia, Loma Plata und Neuhalbstadt etwa 12 000 plattdeutsch sprechende Mennoniten, die von Viehzucht, Ackerbau und einer bescheidenen Kleinindustrie leben. Angezogen von der Infrastruktur, den Verdienstmöglichkeiten und den besseren Lebensbedingungen in den Kolonien haben sich rund 20 000 Indianer aus etwa zehn ethnischen Gruppen im Umkreis der mennonitischen Ländereien angesiedelt. Sie haben größtenteils ihr ursprüngliches Nomadenleben aufgegeben und verdingen sich entweder als Tagelöhner auf den großen Estancias oder arbeiten in den mennonitischen Handwerksbetrieben.

Spanisch sprechende Paraguayer (Campesinos) aus dem Ostteil des Landes sind in den letzten zwei Jahrzehnten ebenfalls in den zentralen Chaco umgesiedelt. Sie leben teils von Viehzucht und Ackerbau, teils arbeiten auch sie als Tagelöhner auf den großen Estancias. Diese Volksgruppe hat etwa 5 000 Angehörige.

Wasserressourcen im zentralen und westlichen Chaco

Der mittlere jährliche Niederschlag liegt zwischen 800 und 900 mm, in einzelnen Jahren bis zu 1 600 mm. Der größte Teil der Niederschläge fällt in den Monaten November bis März. Das ist die Zeit der höchsten Tagestemperaturen, des stärksten Pflanzenwachstums und damit auch der höchsten Evapotranspiration. Deshalb verdunstet ein Großteil des Regenwassers noch ehe es von den Menschen genutzt werden kann.

Die Nutzung der sporadischen Niederschläge in dieser Zeit und die Erschließung von Grundwasser bilden die zentrale Aufgabe für eine gesicherte Trinkwasserversorgung. Dafür werden im Chaco traditionell drei Methoden angewendet:

- (a) Auffangen von Regenwasser: Von Dächern ablaufendes Regenwasser wird in unterirdischen, gemauerten Zisternen gespeichert und mit einer Handpumpe in Eimer gefüllt oder mittels einer elektrischen Pumpe in einen Hochbehälter gepumpt, von wo es per Schwerkraft in das Hausnetz fließt (KELLER

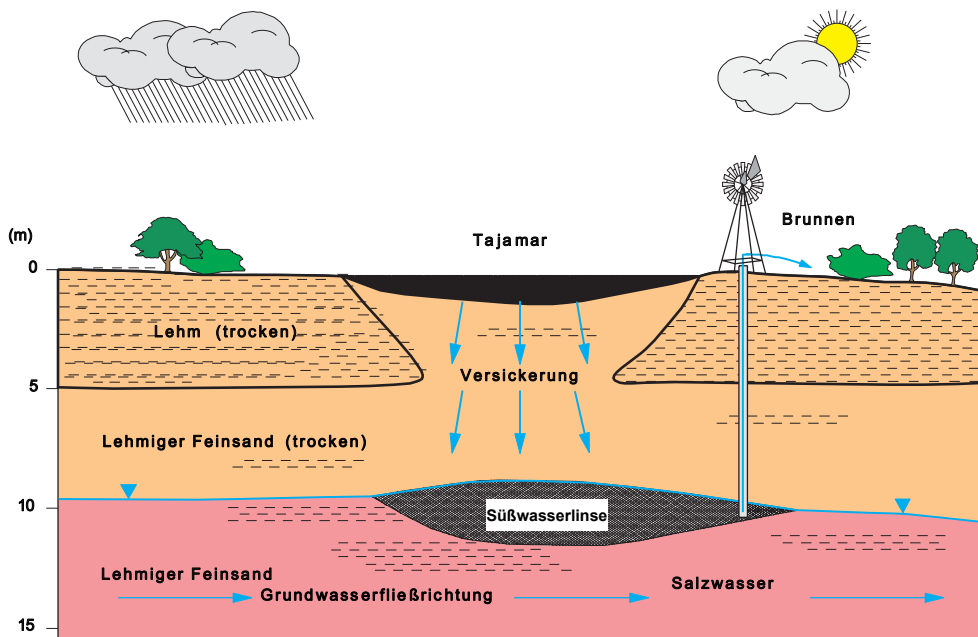


Abb. 3: Bildung einer Süßwasserlinse durch die Versickerung von Regenwasser.
Fig. 3: Formation of a freshwater lens as a result of rainwater infiltration.

1995). Solange Dachrinnen und Zisternen sauber gehalten werden, bleibt die Wasserqualität gleichbleibend gut. Bei einer Niederschlagsmenge von 850 mm pro Jahr und der durchschnittlichen Dachfläche eines mennonitischen Wohnhauses (ca. 300 m²) können jährlich etwa 190 000 Liter Trinkwasser aufgefangen werden. Dabei sind 25% Verlust für die Reinigung des Daches und der Dachrinnen eingerechnet. Eine sechsköpfige Familie verbraucht in den städtischen Zentren 220 000 Liter im Jahr. Zur Deckung dieses Bedarfs werden bei Neubauten heute Zisternen mit einem Gesamtfassungsvermögen von 60 000 bis 90 000 Litern gemauert.

Die Häuser der Campesinos mit durchschnittlich ca. 120 m² Dachfläche sammeln nur rund 75 000 Liter. Deshalb muß eine sechsköpfige Familie mit 66 000 Litern im Jahr auskommen. Mangels finanzieller Ressourcen werden hier nur kleine Zisternen mit 5 000 bis 15 000 Litern Speichervolumen gebaut.

In den indianischen Siedlungen eignen sich lediglich die mit Ziegeln oder Wellblech gedeckten Schulgebäude und Kirchen zum Auffangen von Regenwasser. Die Wohnhütten sind mit Gras oder Holzschindeln gedeckt (Abb. 2).

(b) Nutzung des Grundwassers: Das Gebiet des zentralen und westlichen Chaco bis zum Rio Pilcomayo umfaßt das Paläodelta des Pilcomayo. Feinsand, Schluff und Ton in lateralem wie vertikalem Wechsel wurden hier vom Fluß abgelagert. Der flachen Neigung der alten Deltafläche folgend fließt das Grundwasser langsam von West nach Ost mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,6 und 1,8 m/Jahr, abhängig vom Fließgradienten und für Durchlässigkeitsbeiwerte K von $1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (JUNKER 1996). Im zentralen Teil des Chaco zwischen den Orten Mariscal Estigarribia, Loma Plata und General Diaz (Abb. 1), der sehr viel dichter besiedelt ist, liegen die Flurabstände zum phreatischen Grundwasserspiegel zwischen 3 und 15 m.

Das Grundwasser ist regional brackisch bis hoch versalzen mit elektrischen Leitfähigkeiten bis zu 60 000 MicroSiemens/cm (bei 25 °C) (ECHEVERRIA 1989, GODOY 1990). Lokal jedoch können sich unter günstigen Bedingungen aus der Versickerung von Regenwasser süße Grundwasserlinsen bilden (Abb. 3), wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Existenz einer natürlichen geomorphologischen Senke oder eines künstlich angelegten Sammelbeckens (Tajamar) mit größerem Einzugsgebiet.
- Intensive Niederschlagsereignisse (> 35 mm pro Ereignis), die einen so hohen Oberflächenabfluß erzeugen, daß sich das Wasser in den Senken oder Tajamaren sammeln kann.
- sandiger, gut durchlässiger Boden in der Senke bzw. im Tajamar, um das Versickern des Wassers zu erleichtern.
- vorwiegend sandiger, gut durchlässiger Aufbau der ungesättigten Zone, damit ausreichend Speichervolumen existiert.
- ein Grundwasserflurabstand von mindestens 4 m, um Verdunstung von der exponierten Grundwasseroberfläche zu vermeiden.
- Niedrige Grundwasserfließgeschwindigkeiten, um Vermischung der Süßwasserlinse mit dem umgebenden salzigen Grundwasser zu verzögern.

Die Erschließung der Süßwasserlinsen ist im zentralen Chaco neben dem Auffangen des Regenwassers der einzige Zugang zu Trinkwasser guter Qualität. Mit künstlicher Versickerung durch den Bau von Tajamaren kann die Auffüllung natürlicher Süßwasserlinsen optimiert und die Bildung neuer Linsen an vorgeplanter Lokalität künstlich eingeleitet werden. In Filadelfia wird aus einer Süßwasserlinse, die von einer Gruppe von Tajamaren gespeist wird, jährlich 50 000 m³ Wasser gepumpt. JUNKER (1996) berechnete für einen anderen Tajamar folgende Versickerungs-

mengen: 1994 in einem Zeitraum von 136 Tagen ca. 2 100 m³ und 1995 in einem Zeitraum von 155 Tagen ca. 5 900 m³ und schätzte für das Jahr 1995 insgesamt 8 000 m³.

- (c) Speichern von Oberflächenwasser: Ausgedehnte Gebiete des zentralen Chaco sind mit sandigen Lehmen und sandigen Tonen bedeckt. Sie sind ungeeignet für die Methode der künstlichen Grundwassererneuerung. In diesen Gebieten kommt nur salziges Grundwasser vor. Hier werden Tajamare in möglichst gering durchlässiger Bodenformation ausgehoben, um zufließendes Oberflächenwasser für die niederschlagsarmen Monate vorzuhalten. Diese Methode der Wasserversorgung ist die am wenigsten günstige, einmal wegen des hohen Verdunstungsverlustes (ca. 1 500 mm/Jahr) und zum anderen wegen des sehr hohen Trübe- und Bakteriengehaltes im Tajamarwasser. Gleiches gilt auch für das Wasser aus Lagunen und Wasserlöchern. Deshalb treten in der Bevölkerung, besonders bei Kindern, sehr häufig Durchfallerkrankungen auf. Dennoch werden diese Wasservorkommen genutzt, weil sie für die Mehrzahl der Indianer und Campesinos die einzige Quelle für Trinkwasser sind.

Methoden der Wassergewinnung für die Versorgung kleiner ländlicher Siedlungen und Einzelgehöfte

Ausgangssituation

Die Sicherstellung der Wasserversorgung ist im Chaco eine individuell zu meistern Aufgabe. Jeder Haushalt, jedes Dorf muß dieses Problem selbst lösen. Es gibt keine staatliche oder private Organisation, die für zentrale Wasserversorgung zuständig ist. In den mennonitischen Siedlungen sorgt die kooperative Wirtschafts- und Verwaltungsstruktur für die Wasserversorgung der Gemeinschaftsprojekte. Hauseigentümer und Estancieros müssen jedoch selbst für ihr Trink- und Brauchwasser sorgen.

Den Siedlungen der Indianer und Campesinos fehlen die finanziellen Ressourcen für die Einrichtung zentraler Wasserversorgungen. Dementsprechend unzulänglich ist der Zugang zu gutem Trinkwasser. Lagunen, Wasserlöcher, handgegrabene Brunnen, kleine Tajamare geben gewöhnlich nur in der Regenzeit Wasser. Mit fortschreitender Trockenzeit schwindet das Wasser in den offenen Stellen, die Brunnen fallen trocken oder das Wasser wird zunehmend salzig. Die bakteriologische Qualität ist das ganze Jahr hindurch schlecht. Private und kirchliche Hilfsorganisationen haben punktweise zur Verbesserung der Wasserversorgung beigetragen, aber keine zentralen Versorgungssysteme gebaut.

Die Verwaltungen der Departamentos transportieren alljährlich Wasser mit Tankwagen in die Dörfer, was mit erheblichem Kostenaufwand verbunden ist. Weiter abgelegene Siedlungen werden nicht erreicht. Daraus ergab sich der Projektansatz, die Wasserversorgung im Projektgebiet durch optimierte Methoden der Wassergewinnung nachhaltig zu verbessern. Dies sollte in der Praxis durch direkte Beratung der Zielgruppen bei der Verbesserung vorhandener und bei der Planung neuer Wassergewinnungsanlagen umgesetzt werden. Im Einzelfall erfolgte eine Beratung interessierter Gruppen (Siedlungen, Dorfgemeinschaften) und Einzelgehöfte nach Beantragung.

Empfohlene Methoden zur Wassergewinnung

Abhängig von den lokalen hydrologischen Gegebenheiten, erhalten die Antragsteller konkrete Unterstützung bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung oder zur Neuinstallation von Wassergewinnungsanlagen. Dabei werden folgende Möglichkeiten, Trinkwasser für eine Siedlung zu gewinnen, empfohlen:

- Wenn das Grundwasser salzig ist und die Häuser mit Dachflächen versehen sind, die sich für das Auffangen von Regenwasser eignen: Anbringen von Dachrinnen und Bau von Zisternen für das ablaufende Regenwasser.
- Wenn das Grundwasser salzig ist und keine geeigneten Dachflächen für das Auffangen von Regenwasser zur Verfügung stehen: Aushub von Tajamaren in einer geomorphologischen Senke mit gering durchlässiger Lithologie (z. B. tonigen, schluffigen oder lehmigen Alluvionen).
- Wenn Süßwasserlinsen nicht tiefer als 15 m unter der Erdoberfläche vorkommen: Eigenbau eines Brunnens und zugleich Anlage eines Versickerungstajamars zur Steigerung der Grundwassererneuerung.
- Wenn der Grundwasserspiegel tiefer als 15 m unter der Erdoberfläche liegt: Bau eines Brunnens mit Rotary-Bohrgerät bis zu einer Brunntiefe von maximal 30 m.

Ziel des Projekts ist es, die Versorgung mit gutem Trinkwasser ganzjährig zu sichern. Da die Versorgung mit Regenwasser nur in den entsprechenden Jahreszeiten sicher ist, wird bei alternativen Möglichkeiten dem Grundwasser immer der Vorrang gegeben. Wenn zusätzlich die Nutzung des Regenwassers von Dachflächen (Schulen, Kichen) möglich ist, wird auch diese Ressource angeschlossen.

Für das Aufspüren süßer Grundwasserlinsen hat das Projekt eine Kombination von Methoden entwickelt. Diese sind im wesentlichen darauf gegründet, daß die Position von Süßwasserkörpern durch Infiltrationsflächen angezeigt sind. Diese lassen sich aus Vegetation, Bodenart, Geomorphologie und Oberflächendrainage erkennen. Dementsprechend wird auf Süßwasserlinsen mit Luft- und Satellitenbildern und durch Geländebegehung prospektiert (MOLLAT & LARROZA 1997). Potentielle Lokalitäten werden mit Handbohrungen im Detail untersucht. Die Einsatzmöglichkeit der Geoelektrik wurde getestet. Sie ist stark eingeschränkt, weil in den lateral wie vertikal äußerst heterogenen Deltasedimenten (Wechselagerung von Sand und Ton) die Interpretation der Meßdaten ohne detaillierte geologische Vorkenntnis nicht zu eindeutigen Aussagen über die relativ geringmächtigen Süßwasserkörper führt. Zudem sind die Vorbereitungen für geophysikalische Messungen im schwer zugänglichen, dicht bewaldeten Chaco recht kostenaufwendig (REITMAYER 1995, VON HOYER & GODOY 1996).

Wasserversorgungssysteme

Der Planung für Wasserversorgungssysteme liegt die Forderung zugrunde, einfache, im Chaco erprobte Techniken, lokales handwerkliches Potential und im Chaco erhältliches Baumaterial zu nutzen. Auf diese Weise soll erreicht werden, daß die Versorgungsanlagen von den Dorfbewoh-

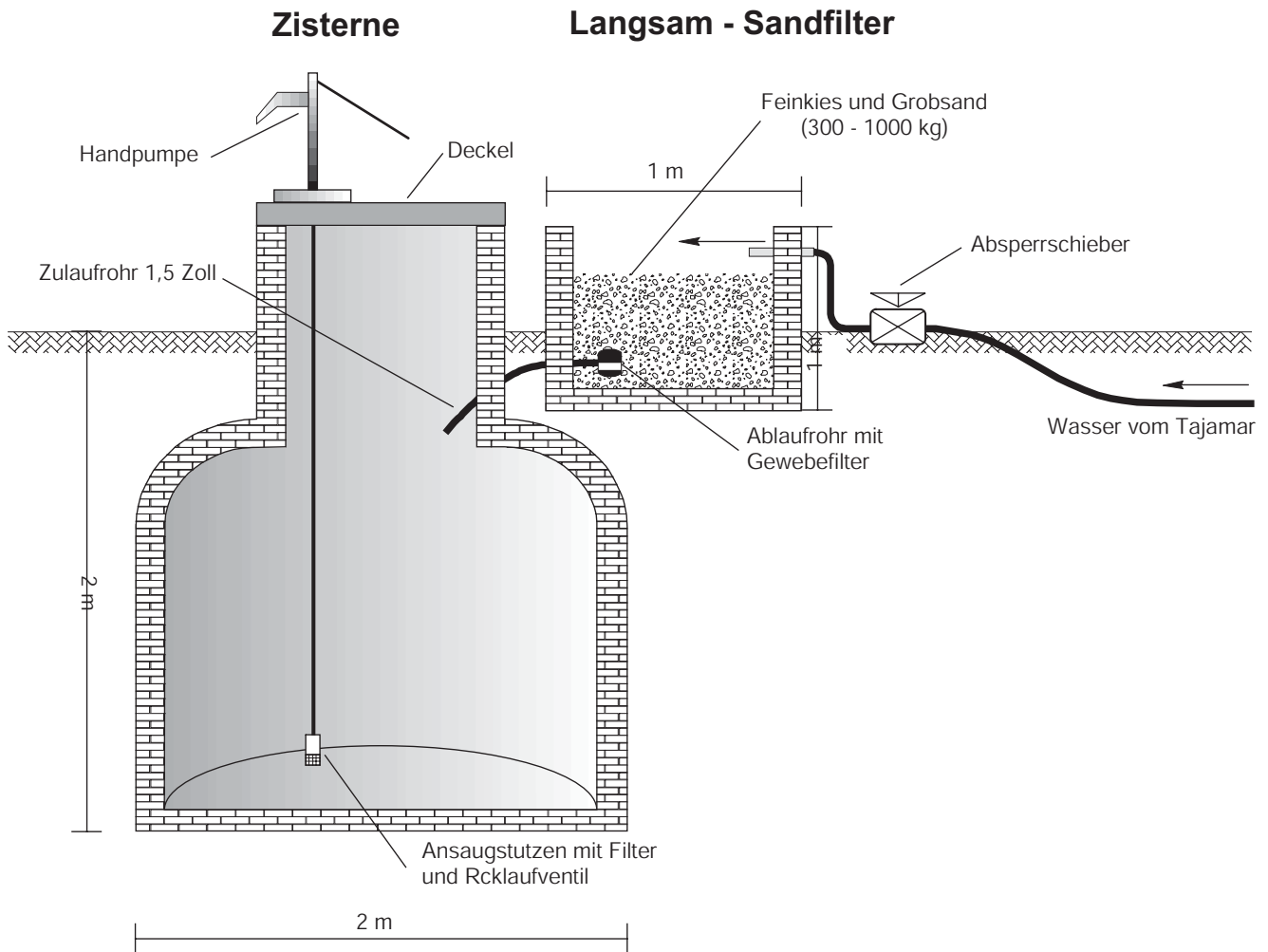


Abb. 4: Zisterne mit vorgeschaltetem Langsam-Wasserfilter.

Fig. 4: Storage tank with slow sand filter.

nen gebaut und instand gehalten werden können, daß alle Ersatzteile lokal erhältlich sind und die Investitionen des Projekts die lokale Wirtschaft beleben. Die Technik für Bau und Nutzung von Tajamaren und Brunnen wird im folgenden beschrieben.

a) Tajamar

Durch Handbohrungen wird ein geeigneter Standort mit gering durchlässigen Sedimenten ausreichender Mächtigkeit in der Nähe des Dorfes gesucht. Die Größe des Tajamars richtet sich nach dem geschätzten Wasserverbrauch der Siedlung. Zur Reduzierung des Verdunstungsverlustes sollte die Tajamartiefe 1,5 m nicht unterschreiten. Die Ausschachtung des Erdbeckens geschieht mit hydraulisch gesteuerten Erdschaufeln, die von Traktoren gezogen werden. Zur Überbrückung der achtmonatigen Trockenperiode wird für eine Indianersiedlung mit 500 Einwohnern und einem Tagesverbrauch von 10 m³ ein Vorratsvolumen von mindestens 2 500 m³ benötigt. Unter Einrechnung von Verdunstungs- und Versickerungsverlusten wird ein Tajamar mit 8 000 bis 10 000 m³ Speicherkapazität gebaut.

Dank günstiger Windverhältnisse im Chaco und der überall flachen Topographie können zum Pumpen des Wassers Windpumpen eingesetzt werden. In PVC-Schläuchen

von 1,5 Zoll Innendurchmesser kann damit Wasser bis zu 5 km Entfernung gedrückt werden. Die Windpumpen sind 9 bis 20 m hoch mit Windrädern von 2,5 bis 3 m Durchmesser, je nach benötigter Saughöhe und Transportdistanz. Sie werden in Handwerksbetrieben der Menno-Kolonien hergestellt.

Die Wasserleitungen verlaufen entlang der Dorfstraßen. In Abständen von 400 bis 500 m sind unterirdische Zisterne angeschlossen. Die aus Ziegeln von den Dorfbewohnern gemauerten Zisternen haben ein Speichervolumen zwischen 10 und 15 m³. Sie dienen als Wasserreserve für windstille Tage und bewirken eine Abkühlung des Wassers (Abb. 4). Schwimmerventile regeln den Zufluß. Die Zisternen sind mit einer Blechabdeckung gegen Verschmutzung geschützt. Das Zisternenwasser wird mit einer Handpumpe entnommen.

Tajamarwasser hat gewöhnlich einen hohen Gehalt an feiner Sedimenttrübe, an Keimen und Bakterien. Zur Verbesserung der Wasserqualität werden den Zisternen mit Sand und Feinkies gefüllte Langsam-Filterbecken vorgeschaltet (Abb. 4). Sie reduzieren den Sediment- und Keimgehalt und verbessern den Geschmack und Geruch des Wassers. Eine völlige Entkeimung des Wassers kann damit allerdings nicht erreicht werden.

b) Brunnen

Standorte für Brunnen werden nach den o.a. hydrogeologischen Kriterien und Methoden gesucht. Als Voraussetzungen für die manuelle Erschließung süßer Grundwasserlinsen müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- 1.) Die Mächtigkeit der Süßwasserlinse darf 1,5 m nicht unterschreiten.
- 2.) Die spezifische elektrische Leitfähigkeit muß kleiner als 2 000 MicroSiemens/cm sein. Das entspricht einem Gesamtsalzgehalt von ca. 1 600 mg/l.
- 3.) Der Grundwasserflurabstand darf höchstens 15 m betragen, weil sonst die Arbeit beim Abteufen des Brunnens zu gefährlich wird.

Der manuelle Brunnenbau hat im Chaco Tradition und wird von den Indianern ebenso wie von den Campesinos als Eigenleistung in das Projekt eingebracht. In den sandig-lehmigen Sedimenten beginnt die Arbeit mit dem Ausschachten eines kreisrunden Loches von ca. 4 m Durchmesser bis zu einer Tiefe von etwa 3 m. Dann wird vom Boden der Grube ein Ziegelring hochgemauert. Nachfolgend wird weiter Sediment am Grubenboden und unter dem Ziegelring herausgegraben. Das Mauerwerk rutscht durch sein Eigengewicht nach unten, während oben ständig weitergemauert wird. Allmählich wird so der Grundwasserspiegel erreicht. Jetzt wird das Wasser-Sandgemisch geschöpft oder gepumpt, bis der Fuß des Mauerringes 50 bis 80 cm in das Grundwasser abgesenkt ist (Abb. 5).

Handgegrabene Brunnen haben gegenüber Bohrbrunnen unter den hydrogeologischen Gegebenheiten des zentralen Chaco folgende Vorteile:

- große Grundwasserzutrittsfläche,
- geringe Absenkung, somit auch Ausbeutung geringmächtiger Süßwasserkörper,
- großer Speicherraum im Brunnen selbst,
- einfache Reinigung,
- Nutzung lokalen Baumaterials,
- Handarbeit als Eigenleistung, Maschinen werden nicht benötigt,
- geringe Kosten,
- Möglichkeit einer späteren Vertiefung.

Eine Windpumpe mit speziellem, vom Projekt entwickelten, Filter- und Pumpsystem (Abb. 6) wird über dem Brunnen errichtet. Mit einer Multikolbenpumpe (Abb. 6a) kann Brunnenwasser aus einer Tiefe bis zu 35 m gehoben werden.

Um die Grundwasserneubildung am Brunnenstandort zu verstärken, wird in einer Distanz von etwa 10 m in Richtung des Grundwasseranstroms ein Versickerungstajamar ausgehoben. Dieser hat gewöhnlich eine Fläche von 10 x 30 m und ist etwa 4 m tief.

Durchführung der Baumaßnahmen nach dem partizipativem Prinzip

Die indianischen Urbewohner des Chaco kannten keine permanente Wasserversorgung. Sie wanderten von einer Wasserquelle zur nächsten. Lagunen, Wasserlöcher und temporär fließende Gewässer wurden zur Trinkwasserversorgung genutzt. Ein großer Arbeitsaufwand für den Bau und Erhalt einer Wasserstelle war ihnen daher fremd.

Das Projekt verfolgt zum einen das Ziel, die dörfliche Was-



Abb. 5: Bau eines Brunnens. Ziegelmauerwerk, Innendurchmesser ca. 3m, Tiefe bis zu 15m. Foto: M. Junker

Fig. 5: Hand-dug well lined with brick, inner diameter about 3 m, depth up to 15 m. Foto: M. Junker.

serversorgung zu verbessern und zu sichern. Zum anderen soll aber auch erreicht werden, daß die Funktionsfähigkeit der Anlagen weitgehend selbstständig durch die Dorfbewohner erhalten werden kann. Die Voraussetzung dazu wird durch die volle Einbindung nicht nur der Männer, sondern auch der Frauen, denen in der indianischen Kultur die Aufgabe der Wasserbeschaffung obliegt, in alle Abschnitte der Projektarbeit geschaffen. Der Antrag der Dorfgemeinschaft muß das bestehende Wasserproblem klar darstellen und Eigenleistungen der Dorfbewohner definieren. Danach beginnt die Planung mit den Bewohnern vor Ort. Vorhandene Wasserressourcen werden begutachtet und Vorschläge zum Ausbau der Wasserversorgung mit der Dorfgemeinschaft diskutiert. Das Projekt erarbeitet daraufhin technisch umsetzbare Empfehlungen, die in einer Dorfversammlung zur Diskussion gestellt werden. Sobald Einigung über einen gemeinsamen Plan erzielt ist, werden die beiderseitigen Leistungen klar benannt, etwa wie im folgenden Beispiel:

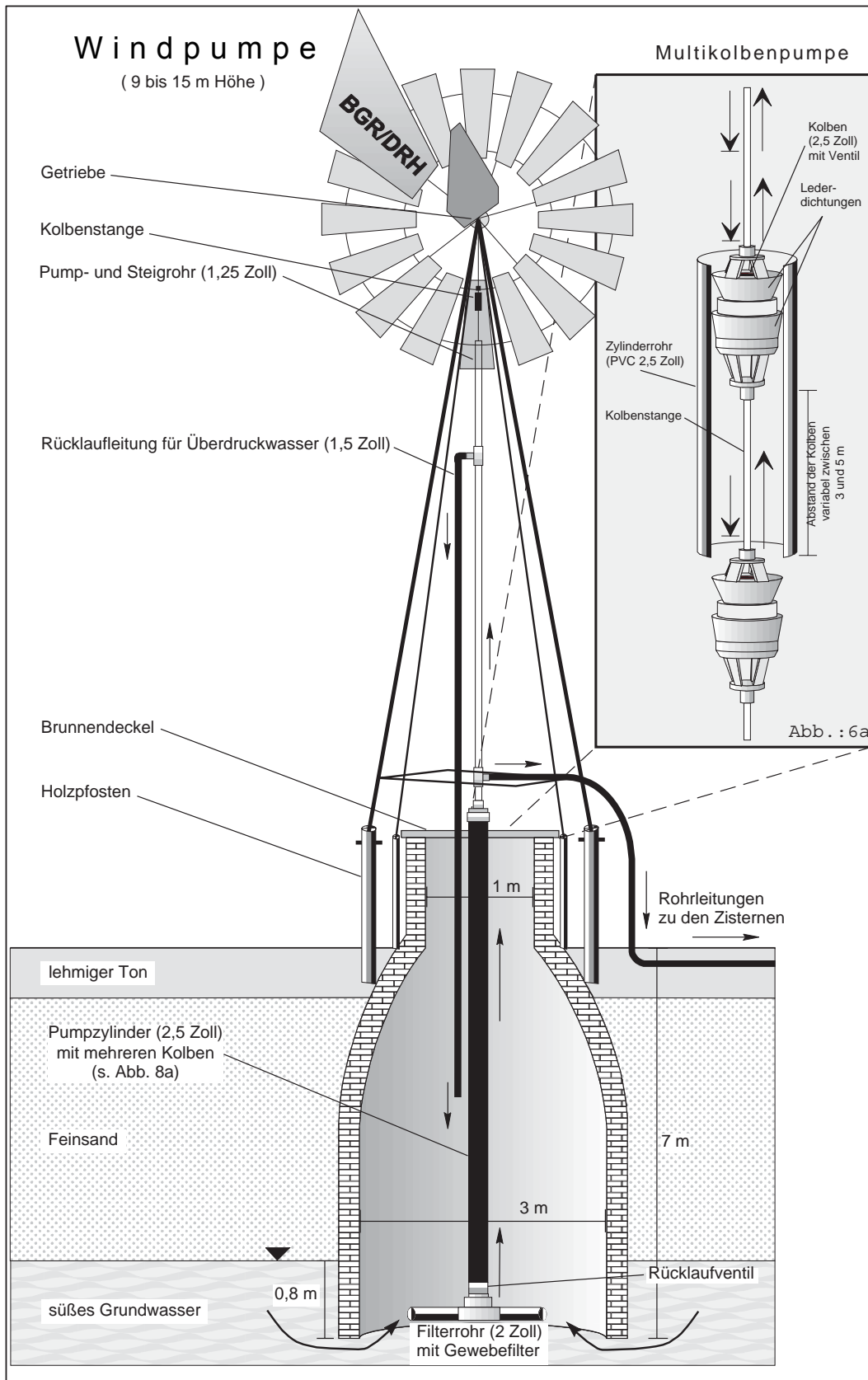


Abb. 6: Windpumpe über einem gemauerten Brunnen.
 Abb. 6 a: Multikolbenpumpe (Detail).

Fig. 6: Wind pump above a brick-lined well.
 Fig. 6a: Multi-plunger pump (in detail).

Das Dorf / der Antragsteller bringt z. B. folgende Leistungen ein:

- das Freischlagen der Bauplätze für Tajamare,
- das Schlagen von Schneisen für die Verlegung der Rohrleitung,
- das Graben von Rohrgräben,
- der Bau von Brunnen und Zisternen,
- Transport von Baumaterial,
- Handbohrungen zur Erkundung von Standorten für Tajamare und Brunnen.

Diese Arbeiten werden vom Projekt nur in der Planung und ggfs. Steuerung unterstützt. Es werden weder Zahlungen geleistet noch werden Lebensmittel ausgegeben. Das Projekt stellt:

- Baumaterial,
- Arbeitsgerät sowie
- technische Beratung.

Für die Mehrheit der Siedlungen – Indianer wie Campesinos – ist das Wasserprojekt das erste größere gemeinsame Unternehmen. In einigen Siedlungen werden eigene Wasserkomitees gegründet. Zu den Aufgaben ihrer Mitglieder gehören die Organisation der notwendigen Baumaßnahmen, die Verteilung des Baumaterials und die Regelung individueller Ansprüche. Dadurch wird ein spezieller Personenkreis mit den angewandten Techniken vertraut gemacht und erlernt die Kenntnisse für spätere Reparaturen. Eine Grundausrüstung an Werkzeug und Ersatzteilen wird dem Wasserkomitee übergeben. Die Erfahrung von vier Jahren Projektarbeit zeigt, daß es ausschließlich von der internen Organisationsstruktur einer Siedlung abhängt, wie die Wasserversorgungsanlage instandgehalten wird. Etwa die Hälfte aller unterstützten Siedlungen zeigt Eigenverantwortlichkeit. Andere Dörfer greifen immer wieder auf die Hilfestellung des Projekts zurück. Daraus wird erkennbar, daß der partizipative Ansatz für die Identifikation der Dorfgemeinschaft mit den geschaffenen Baumaßnahmen unabdingbar ist. Aber auch, daß ein ständiger, begleitender technischer Dienst vor Ort gebraucht wird. Diese Aufgabe fällt den Provinzverwaltungen sowie der Dirección de Recursos Hídricos zu.

Im entwicklungspolitischen Sinn spricht die Tatsache, daß seit Beginn im Jahr 1994 bis zum Jahr 1998 von 75 Dörfern, Schulen und Gesundheitsposten aus dem zentralen und westlichen Chaco schriftliche Anträge für die Einrichtung von Trinkwasserversorgungssystemen eingegangen sind, für den Erfolg dieses Projektes.

Kostenkalkulation

Zum Abschluß werden zwei typische Kostenkalkulationen (in DM) für die Wasserversorgungsanlage der Siedlung Campo Alegre mit 400 Personen (60 Häuser) aus Brunnen bzw. Tajamaren aufgestellt. Die Siedlung liegt etwa 100 km südlich Filadelfia, dem Sitz und logistischen Zentrum des Projekts.

Ein Hydrogeologe und ein Techniker planen das Wasserversorgungssystem und betreuen die Bauarbeiten. Die Kosten dafür sind nicht in Rechnung gestellt. Ebenso sind die Leistungen der Dorfbewohner in den folgenden Tabellen nicht kostenmäßig aufgeführt.

1.) Versorgung aus Brunnen:

Bau von zwei Brunnen, 5 m tief, (ca. 8 000 Ziegel, Zement, Eisen, Schalholz, etc.)	3 013.- DM
Bau von zwei Versickerungstajamaren	1 777.- DM
zwei Windpumpen (12m) mit Rohrmaterial	5 190.- DM
fünf Zisternen (je 10 000 Litr.) Deckel, Handpumpe (ohne Filterbecken)	4 600.- DM
2 500 m PVC- Schlauch 1,5 Zoll	3 150.- DM
Transportkosten	800.- DM
Kleinteile, Werkzeug	370.- DM
Projektpersonal (2 x 0,5 MaMo)	10 600.- DM
Gesamtkosten	29 500.- DM

2.) Versorgung aus Tajamar:

Bau eines Tajamars, 10 000 m ³	8 900.- DM
eine Windpumpe (12 m)	2 250.- DM
fünf Zisternen (je 10 000 l) mit Filterbecken, Deckel, Handpumpe	5 460.- DM
2 500 m PVC- Schlauch 1,5 Zoll	3 159.- DM
Transportkosten	800.- DM
Kleinteile, Werkzeug	370.- DM
Projektpersonal (2 x 0,5 MaMo)	10 000.- DM
Gesamtkosten	31 530.- DM

Literatur

- ECHEVERRIA, S. et al. (1989): Calidad química de las aguas subterráneas del Chaco Paraguayo para consumo humano, agrícola y ganadero. – Rec. Nat., Geol. Hídrol., Agua Subt. Chaco Parag.; Publ. Dpto. Abast. Agua para el Chaco: S. 57–69, 4 Abb, 2 Taf.; DRH, Filadelfia, Paraguay.
- GODOY, E.V. (1990): Características hidrogeológicas e hidroquímicas de la región oeste del Chaco Paraguayo. – Dpto. Abast. Agua para el Chaco: 107 S., 27 Abb., 7 Taf.; Filadelfia, Paraguay (DRH).
- JUNKER, M. (1996): Determinación de las características hidrogeológicas y evaluación de la recarga de agua subterránea en el área del Tajamar Serenidad, Filadelfia. – Info. Téc. No. 13, Coop. Hidrol. Parag.-Alem.: 57 S., 33 Abb., 3 Taf.; Filadelfia, Paraguay (BGR/DRH).
- KELLER, S. (1995): Posibilidades de desarrollo del Chaco Paraguayo por el control del consumo del agua subterránea y el aprovechamiento de las precipitaciones. – Info. Téc. No. 14, Coop. Hidrol. Parag.-Alem., 25 S., 8 Abb.; BGR/DRH, Filadelfia, Paraguay.
- MOLLAT, H. & LARROZA, F. (1997): Los sensores remotos aplicados a la búsqueda de agua subterránea somera en el Chaco Central Paraguayo. – Info. Téc. No. 22, Coop. Hidrol. Parag.-Alem.: 24 S., 3 Abb., 1 Taf.; Filadelfia, Paraguay.
- REITMAYR, G. (1995): Mediciones geofísicas para el proyecto "Exploración de los recursos hídricos subterráneos de la región occidental". – Info. Téc. No. 19, Coop. Hidrol. Parag.-Alem.: 27 S., 92 Abb.; Filadelfia, Paraguay.
- VON HOYER, M. & GODOY, E.V. (1996): Métodos para la localización de lentes de agua dulce en el Chaco Central-Paraguay. – Mem. XII. Congr. Geol. de Bolivia, Tom. I: S. 309–320; Tarija (Soc. Geol. Bol.).

Eingang des Manuskripts: 22. 6. 1998