



Kalenge River im Juli 2008

Hydrologische Erkundung in Malawi

## Studie zur Wasserversorgung von Chitipa

von Franz Zior

Chitipa ist ein Verwaltungsbezirk und Handelszentrum im Norden der afrikanischen Republik Malawi nahe der Grenze zu Zambia und Tansania. Noch deckt die Stadt ihren Trinkwasserbedarf aus dem Grundwasser, künftige Engpässe zeichnen sich jedoch bereits ab. Um die Trinkwasserversorgung langfristig zu sichern, beauftragte das Northern Region Water Board, Malawi, international bekannte Experten aus Deutschland mit der hydrologischen Erkundung für eine dauerhaft sichere Trinkwasserversorgung von Chitipa.

### Fragestellung

Die aktuelle Trinkwasserversorgung der Stadt Chitipa erfolgt derzeit über Brunnen. In den zurückliegenden Jahren ist die Förderrate der Brunnen stark zurückgegangen. Derzeit können nur zwischen 0,5 und 3 l/s gefördert werden. Bereits jetzt ist die Trinkwasserversorgung gefährdet. Für das Jahr 2025 wird mit einem täglichen Bedarf von rund 3.200 m<sup>3</sup> gerechnet. Bei Verbrauchsschwankungen von etwa 20 % bedeutet dies einen Trinkwasserbedarf von 30 bis 50 l/s.

Bohrungen haben gezeigt, dass die Versorgung der Stadt mit Grundwasser keine langfristige Lösung darstellt. Als einzige Alternative wird daher die Versorgung durch Oberflächenwas-

ser aus Flüssen angesehen. Für die Beurteilung der potenziellen Ressourcen sollte daher eine Bestandsaufnahme der zur Verfügung stehenden Gewässer durchgeführt werden, die möglichst einen ganzjährigen Abfluss aufweisen.

### Topographie und Geologie

Chitipa liegt nur rund 3 km östlich der Grenze zu Zambia auf einer Höhe von rund 4.100 ft (Englisch: Fuß; 1 ft = 30,48 cm). Die auf dem Gebiet von Malawi verlaufenden Gewässer entwässern überwiegend in nordöstlicher Richtung zur Grenze von Tansania.

Östlich und südlich von Chitipa ist eher flaches Gelände anzutreffen mit ausschließlich san-

digen Böden. Aus den geologischen Randbedingungen resultiert, dass in der unmittelbaren Umgebung von Chitipa wegen der hohen Versickerung mit großer Wahrscheinlichkeit kein Oberflächengewässer mit einem ganzjährigen Abfluss zu finden sein wird. Erst ca. 15 km östlich von Chitipa, in den Misuku Hills, oder 25 km südöstlich von Chitipa finden sich geologische Formationen mit Gneis, in denen die Versickerung so gering sein dürfte, dass mit ganzjährigem Abfluss gerechnet werden kann.

### Niederschlagsdaten

Die jährlichen Niederschlagsmengen in der Region liegen zwischen 640 mm (1994) und





Der für Chitipa erforderliche Mindestabfluss von 50 l/s wird am Chambo an durchschnittlich 97 Tagen pro Jahr unterschritten. Dies bedeutet, dass bei einer Entnahme am Chambo die Wasserversorgung von Chitipa nicht durchgehend sichergestellt ist.

**Lufilya**

In der Trockenzeit (Mai bis Oktober) liegt der mittlere monatliche Abfluss bei  $Q > 430$  l/s. Die Auswertung der Tageswerte zeigt allerdings, dass in einzelnen Jahren der Mindestabfluss im Oktober auch gegen Null gehen kann.

Die für Chitipa benötigte Wassermenge von 50 l/s wird am Lufilya trotz des großen Einzugsgebietes an durchschnittlich 20 Tagen im Jahr unterschritten. Bei Entnahme am Lufilya wäre somit zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung ein zusätzliches Speicherbecken erforderlich.

Bei etwa 40 km Entfernung zwischen der möglichen Entnahmestelle und Chitipa und einer Höhenlage von schätzungsweise rund 3.000 ft scheint eine Wasserversorgung allein für Chitipa durch den Lufilya aus wirtschaftlichen Gründen jedoch ausgeschlossen. Es wäre allerdings zu überlegen, ob bei einer Entnahme am Lufilya auf dem Weg nach Chitipa nicht weitere Ortslagen an die Wasserversorgung angeschlossen werden können.

**Kalenge**

Der mittlere monatliche Mindestabfluss liegt an der Pegelstelle bei  $Q = 252$  l/s. Im Rahmen einer Niedrigwasseranalyse wurde für den Be-

1.370 mm (1998). Aus den Aufzeichnungen (vgl. Grafik) der Niederschlagsdaten kann entnommen werden, dass die Trockenzeit von Mai bis Oktober, d. h. insgesamt rund 6 Monate andauert.

**Potenzielle Oberflächengewässer**

Für den näheren und weiteren Umkreis von Chitipa wurden Abflussdaten mehrerer Gewässerpegel beschafft. Die Recherchen haben jedoch ergeben, dass keiner dieser Pegel derzeit noch in Betrieb ist.

Für die weitere Bearbeitung wurden vier Pegelstationen und zwei weitere Einzugsgebiete mit einer Entfernung von max. 50 km ausgewählt. Die potenziellen Entnahmestellen für Trinkwasser wurden Anfang Juli 2008 vor Ort begutachtet.

**Datenanalyse und Bewertung der Ergebnisse**

**Speicherbecken nahe Chitipa**

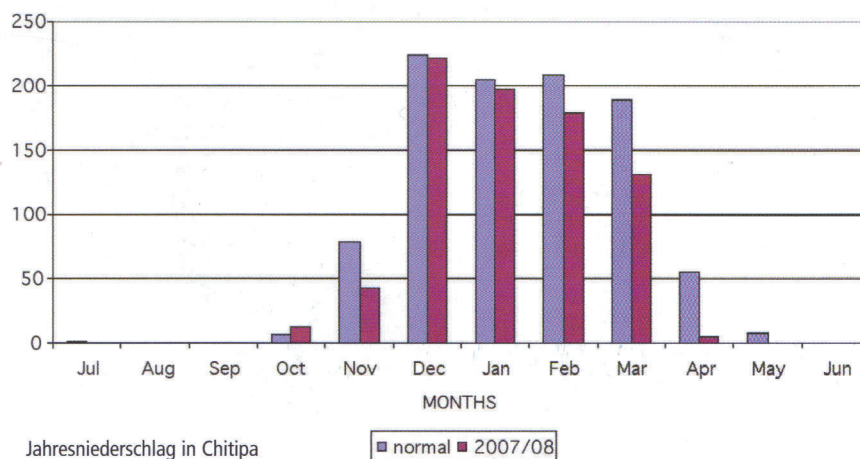
Die in früheren Studien untersuchten Speicherbecken nahe Chitipa werden aus hydrologischer Sicht als sehr problematisch angesehen. Wegen der relativ kleinen Einzugsgebiete und der ungünstigen geologischen Verhältnisse (große Versickerung) ist es sehr fraglich, ob das erforderliche nutzbare Abflussvolumen

zur Verfügung steht. Wegen der zu erwartenden hohen Verlandung ist beim Betrieb der Becken mit erheblichen Folgekosten zu rechnen.

**Chambo**

Der mittlere monatliche Mindestabfluss liegt bei  $Q = 49$  l/s. Dieser Wert ist allerdings durch das extreme Nassjahr 1990/1991 beeinflusst. Die Daten der Jahre 1986 bis 1990 zeigen, dass der Chambo im Oktober praktisch trocken liegt. Im September beträgt der mittlere monatliche Abfluss rund 30 l/s.

CHITIPA RAINFALL: NORMAL VS 2007/2008





obachtungszeitraum (1971-2001) ermittelt, dass der kritische Abfluss von 50 l/s nur an insgesamt 19 Tagen (= 0,17 %) unterschritten wurde. Der Abfluss von 30 % wird an nur 3 Tagen unterschritten. Bei Entnahme am Kalenge kann die Wasserversorgung für Chitipa daher als nahezu gesichert angesehen werden.

Im Vergleich zu den Gewässern Chambo und Lufilya kann der Kalenge als geeignetere Entnahmestelle eingestuft werden. Mit einer NN-Höhe von rund 3.750 ft. ist der Pegel nicht wesentlich tiefer als Chitipa.

Eine mögliche Transportleitung würde über die Ortslage Tondola (4.350 ft), weiter über Lufita (4.080 ft) und dann nach Chitipa (4.100 ft) insgesamt ca. 37 km lang sein. Zumindest auf der ersten Strecke vom Pegel bis zur Ortslage Tondola (ca. 13 km) wären Pumpen erforderlich. Die restlichen rund 24 km könnten weitgehend im freien Gefälle überwunden werden. Eine denkbare Verlegung in Richtung Oberwasser würde das Pumpen wahrscheinlich nicht überflüssig machen, da zwischen Entnahme und Chitipa ein Geländeeinschnitt zu überwinden ist. Eine Verlegung in höhere Regionen hätte außerdem eine Reduzierung des zur Verfügung stehenden Einzugsgebiets zur Folge. Diese Variante müsste ggf. noch verifiziert werden.

**Kaseye**

Der mittlere monatliche Mindestabfluss liegt im Oktober bei  $Q = 35 \text{ l/s}$ . In der Trockenzeit besitzt der Kaseye über einen längeren Zeitraum keinen Abfluss. Pro Jahr wird der Abfluss von 50 l/s an durchschnittlich 71 Tagen unterschritten. Die Ursache hierfür ist in der geologischen Situation oberhalb des Pegels zu suchen. Fast das gesamte Einzugsgebiet des Kaseye liegt im Bereich von sandigen Böden. Dies führt zu erheblichen Versickerungsraten, so dass ein wesentlicher Teil des Oberflächenabflusses in den Untergrund versickert und nicht zum Abfluss kommt.

Ohne eine Speicherung ist eine Wasserversorgung für Chitipa nicht möglich. Ein Speicher müsste ein nutzbares Volumen von rd.  $500.000 \text{ m}^3$  haben. Der Bau eines solchen Rückhaltebeckens am Kaseye wird als problematisch eingestuft. Einerseits wäre wegen des flachen Talprofils der bauliche Aufwand relativ groß, andererseits ist wegen der geologischen Verhältnisse im Oberlauf mit erheblichen Verlandungen zu rechnen. Bei angenommenen  $100 \text{ t/km}^2/\text{Jahr}$ , ist hier mit Mengen von rund  $55.000 \text{ t/Jahr}$  zu rechnen. Dies entspricht ca.  $30.000 \text{ bis } 35.000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ . Neben den anfänglichen Baukosten hätte dies erhebliche jährliche Betriebskosten zur Folge.

**Chiula**

Hinsichtlich der Topographie und der Entfernung in Bezug auf Chitipa ist der Chiula zunächst der beste Standort. Die aktuell durchgeführten Abflussmessungen haben jedoch gezeigt, dass der für Chitipa erforderliche Mindestabfluss von 50 l/s in der Trockenzeit unterschritten wird. Durch die 3 vorhandenen Rohre DN 100 können am Wehr insgesamt maximal rund 40 l/s entnommen werden. Wenn diese Entnahme in Betrieb geht, steht zumindest in der Trockenzeit für eine weitere Entnahme zur Trinkwasserversorgung von Chitipa keine Entnahmemenge mehr zur Verfügung.

Als mögliche Alternative könnte am Chiula ein Speicherbecken zum Ausgleich errichtet werden. Das hierfür erforderliche nutzbare Volumen kann mit

$$S = 5 \text{ Monate} * 3.200 \text{ m}^3/\text{Tag} * 30 \text{ Tage} > 500.000 \text{ m}^3$$

abgeschätzt werden. Wegen der im Vergleich zum Kaseye günstigeren Topographie wird der bauliche Aufwand am Chiula etwas geringer eingestuft. Wegen der geologischen Verhältnisse (Gneis) ist außerdem mit geringeren Sedimentationen zu rechnen.

Allerdings ist das Einzugsgebiet des Chiula mit rund  $10 \text{ km}^2$  das kleinste aller untersuchten





Gebiete. Hier besteht das Risiko kritischer Abflussschwankungen, so dass die Versorgung von Chitipa in extremen Trockenjahren eventuell gefährdet sein könnte.

Die Höhenlage am Wehr des Chiula wird mit etwa 4.400 ft abgeschätzt. Eine mögliche Transportleitung über die Ortslage Nyondo (ca. 3.900 ft), weiter nach Lufita (ca. 4.080 ft) und abschließend nach Chitipa (ca. 4.100 ft) würde insgesamt 19 km betragen. Eine Wasserversorgung ohne Pumpen scheint hier daher ausgeschlossen.

Trotz der Nähe zu Chitipa wird die alleinige Versorgung durch den Chiula als insgesamt kritisch angesehen.

### Chisenga

Die Topographischen Karten lagen nicht vollständig vor, so dass das Einzugsgebiet des Chisenga nicht ermittelt werden konnte. Auch eine Berechnung der mittleren monatlichen Abflüsse durch Transformation aus benachbarten vergleichbaren Einzugsgebieten war wegen der fehlenden Daten nicht zuverlässig möglich.

Es wird daher auch hier empfohlen, am Chisenga kurzfristig eine Messstation zur Ermittlung der täglichen Abflüsse einzurichten. Es ist zu klären, ob die derzeit noch nicht zur Be-

wässerung genutzten zwei Rohre künftig zur Trinkwasserentnahme für Chitipa zur Verfügung stehen können.

Nach derzeitiger Einschätzung ist davon auszugehen, dass am Chisenga die benötigten 50 l/s für Chitipa nicht ganzjährig zur Verfügung stehen.

Sollten aber am Wehr des Chisenga keine weiteren Entnahmen stattfinden, steht hier während der Trockenzeit zumindest ein Teil des Abflusses für die Trinkwasserversorgung von Chitipa zur Verfügung. Eine alleinige Versorgung ist wegen der Unterschreitung der erforderlichen Wassermenge von 50 l/s in der Trockenzeit jedoch ausgeschlossen. Für die Gesamtversorgung wären zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Wegen der mit rund 40 km großen Entfernung zu Chitipa besitzt der Chisenga aber nicht die oberste Priorität.

### Fazit und Empfehlungen

Eine alleinige Versorgung durch Speicherbecken nahe Chitipa, wie bereits im Jahr 2000 untersucht, wird aus hydrologischer Sicht nicht empfohlen. Die Einzugsgebiete sind relativ klein, wegen des sandigen Bodens ist mit großen Versickerungen und Verlandungen zu rechnen.

Am Chiula und Chisenga steht die erforderli-

che Entnahmemenge nicht ganzjährig zur Verfügung. Bei beiden Gewässern wären bei alleiniger Entnahme Rückhaltebecken erforderlich. Da der Chisenga zudem wesentlich weiter von Chitipa entfernt ist als der Chiula, besitzt dieses Gewässer eine untergeordnete Priorität.

Unabhängig vom weiteren Vorgehen sollten an den beiden Wehranlagen am Chiula und Chisenga kurzfristig Pegel zur Messung der täglichen Abflüsse eingerichtet werden. Die Messungen sollten möglichst am Anfang der Trockenzeit beginnen und mindestens ein bis zwei Jahre lang durchgeführt werden.

Der Chambo scheidet wegen der Häufigkeit von Trockentagen und der relative großen Entfernung zu Chitipa mit Sicherheit aus. Auch der Lufilya kann wegen der großen Entfernung und der zwischen Oktober und Dezember fehlenden Wassermenge als nicht geeignet eingestuft werden.

Eine Entnahme am Kaseye wäre nur mit dem Bau eines großen Speicherbeckens möglich. Hier besteht die Gefahr großer Verlandungen, die erhebliche jährliche Betriebskosten zur Folge hätten.

Für die Versorgung von Chitipa stehen daher prinzipiell nur zwei Gewässer, der Kalenge und der Chiula, zur Verfügung. Hierbei sind zwei Möglichkeiten denkbar:

1. Priorität: alleinige Versorgung durch Entnahme am Kalenge

Transportlänge rund 37 km

Pumpleistung rund 600 ft auf ca. 13 km

Es könnten weitere Ortslagen, z. B. Tondola versorgt werden.

2. Alternative: Chiula und Kalenge

Während der Regenzeit Versorgung durch den Chiula

Transportlänge rund 19 km

Pumpleistung: rd. 200 ft auf rd. 16 km

Während der Trockenzeit Versorgung durch den Kalenge. Hier könnten weitere Ortslagen z.B. Tondola versorgt werden. Zwischen Lufita und Chitipa wäre eine gemeinsame Transportleitung möglich.

Die Alternative sollte mit Hilfe von Kosten-Nutzen-Berechnungen abschließend bewertet werden.

Autor:

Dr.-Ing. Franz Zior,

Zior Beratender Ingenieur GmbH,

Darmstadt

