

Auswertung von Landsatabbildungen für
praktische hydrogeologische Aufgaben in Afrika

von W. Kruck ⁺⁾

Zusammenfassung

In Botswana ermöglichte die Satellitenbild-Interpretation der jungen Tektonik und Paläogeographie in Verbindung mit den bekannten Brunnendaten eine regionale Betrachtung der hydrogeologischen Entwicklung im Hinblick auf Grundwasserversalzung und -regeneration.

Im westlichen Niger wurde aus der Anordnung von Dünenzügen und Oberflächenabfluß auf mögliche Grundwasservorkommen in fossilen Alluvionen unter Dünen geschlossen.

Im Grundgebirge des westlichen Niger und Obervoltas wurden Fraktursysteme, die für die Grundwasserexploration von Bedeutung sein können, regional mit geringem Zeitaufwand auskartiert.

1. Lage der Arbeitsgebiete

Die vorliegenden hydrogeologischen Satellitenbildauswertungen umfassen den nördlichen Teil der Republik Botswana, den westlichen Teil der Republik Niger und die Republik Obervolta (S. 1a).

2. Nord-Botswana

Im nördlichen Botswana war zu prüfen, welche Aussagen über Versalzungs- und Abstromverhältnisse des oberflächennahen Grundwassers mit Hilfe von Satellitenbildern und der vorhandenen Daten gemacht werden können.

Das Verständnis der hydrogeologischen Zusammenhänge folgt aus der Rekonstruktion der tektonischen, paläogeographischen und klimatologischen Entwicklung im jüngeren Quartär in Verbindung mit den bekannten Grundwasserdaten.

⁺⁾ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Postfach 510153, D-3000 Hannover 51

AFRICA



2.1 Morphogenese

Die auffallendsten morphologischen Einheiten des Arbeitsgebietes sind das Okavango Delta im Westen und die Magadigadi Pans im mittleren und östlichen Teil.

Das Okavango Delta umfaßt ca. 20 000 km². Nach der Satellitenbilddauswertung sind drei bedeutende Verlagerungsstadien erkennbar.

Am Südeinde des Deltas liegt der Lake Ngami. Mehrere Generationen von Strandwällen dieses Sees waren bisher bekannt. Erstmals konnte mit der Satellitenbilddauswertung nachgewiesen werden, daß zumindest ein älterer Strandwall von subrezentem Okavango-Deltasedimenten überschüttet worden ist. Diese Beobachtung führte zu der Folgerung, daß vor der Existenz des heutigen Deltas ein NE-SW gestreckter See von 190 km ca. Länge und ca. 50 km Breite existierte.

Die Magadigadi Pans sind ebenfalls Reste eines Sees, der ehemals mehr als 50 000 km² groß gewesen sein muß. Nach Radiokarbonbestimmungen an Mollusken und Seesedimenten hatte dieser See vor 30 000 bis 18 000 Jahren (GREY and COOKE, 1977; HEINE, unveröffentlicht) seine größte Ausdehnung.

Die Sua Pan im Ostteil der Magadigadi Pans ist der morphologisch tiefste Teil des gesamten Arbeitsgebietes. Der Botletle als temporärer Überlauf des Okavango Deltas ist der einzige Zufluß, der die Magadigadi Pans von W erreicht. Er versickert 40 km W der Sua Pan.

2.2 Geologische Übersicht

Der überwiegende Teil des Arbeitsgebietes wird von den Kalahari Beds eingenommen. Es handelt sich um feinkörnige äolische und lacustrine Sedimente mit beträchtlichen Mächtigkeitsschwankungen, die ins Tertiär - Quartär gestellt werden.

Die jüngere tektonische Entwicklung im Arbeitsgebiet wird von vertikalen Schollenbewegungen gekennzeichnet (HUTCHINS et al, 1976; REEVES, 1978). Eine detaillierte Rekonstruktion der subrezentem tektonischen Ereignisse war mit Hilfe einer Lineationskartierung auf Satellitenbildern im Zusammenhang mit der Interpretation der Gewässeranordnung, der faziellen Verteilung und unterschiedlichen Mächtigkeit der Kalahari Beds sowie der Anordnung der Erdbebenzentren möglich.

Danach liegt das Okavango Delta in einer Grabenstruktur, die im folgenden Ngami Graben genannt wird. Nach Osten setzt sich das System in einer Reihe antithetischer Parallelverwerfungen fort.

2.3 Hydrogeologie

Die Grundwasservorkommen in den Kalahari Beds, deren Flurabstand zwischen 0 und 90 m schwankt, werden für die ländliche Wasserversorgung genutzt. Sie sind teilweise großflächig versalzen.

Die wenigen Brunnendaten im näheren Bereich des Okavango Deltas lassen hier nur eine relativ grobe Betrachtung der Grundwasserverhältnisse zu. Grundwasseranalysen aus dem Deltabereich zeigen gewöhnlich Salzgehalte von mehr als 1,5 g/l. Grundwasser besserer Qualität tritt vor allem in den Ufersedimenten der Deltaarme des Okavangos auf. Nach den hydrochemischen Untersuchungen von HUTCHINS et al. (1976) handelt es sich um eine rezente Einspeisung von Flußwässern. Die Salzwässer sind in der Regel fossil, wobei die Salzakkumulation auf Evaporation bzw. Evapotranspiration in den alten Deltabereichen des Okavangos beruhen dürfte.

Im Bereich der Magadigadi Pans liegen die Salzgehalte im Grundwasser über 1,5 g/l. Die höchsten Werte sind aus der Sua Pan bekannt, deren über 100 m mächtigen sandigen und tonigen Seeablagerungen eine Sole mit 200 g/l Salzen enthalten (MACKAY & SCHNELLMANN, 1976).

Die Brunnendaten und die Untersuchungen von MACKAY & SCHNELLMANN lassen darauf schließen, daß das Grundwasser nur im Bereich der Sua Pan der Evaporation ausgesetzt ist, ansonsten liegen die Spiegel tiefer als 8 m unter Flur.

Im Norden der Magadigadi Pans unterschreitet das Grundwasser die 1,5 g/l - Marke auf breiter Front, außerdem reicht eine Süßwasserfahne vom Okavango Delta nach Osten in die Kalahari Beds. Es ist bisher der einzige bekannte Fall, wo eine Einspeisung vom Okavango über den Grabenrand hinaus in Betracht kommt.

Kleinere Süßwasservorkommen finden sich in den verschiedenen Deltaschüttungsfächern der Flüsse, die in die Magadigadi Pans entwässern.

Die bedeutendste Grundwasserregeneration findet im nördlichen Grenzbereich Botswanas statt. Die relativ hohen Niederschläge (> 700 mm) ermöglichen eine Einspeisung in gut geklüfteten Karroo-Basalten, von wo süßes Grundwasser nach Süden zu den Magadigadi Pans abströmt.

Im unmittelbaren Bereich der Magadigadi Pans verhindern die schlecht-durchlässigen tonigen Pfannenböden eine rasche Infiltration der Niederschlagswässer und ermöglichen Salzkonzentration durch Evaporation.

2.4 Überlegungen zur Entstehung der Grundwasserversalzung

Nach früheren Untersuchungen existierte der große Magadigadi-See während eines Pluvials vor 30.000 - 18.000 Jahren. Die nächstjüngere Pluvialphase setzte vor 12.000 Jahren ein, in der der See eine geringere Ausdehnung hatte.

Mit dem Einsetzen trockeneren Klimas zog sich der See auf die morphologisch tieferen Bereiche der Sua Pan und Umgebung zurück. Hier ermöglichten Senkungsbewegungen die Bildung einer mächtigen Folge von Seesedimenten mit Glaukoniteinschaltungen (MACKEY & SCHNELLMANN).

Die hohen Salzgehalte im Grundwasser des Arbeitsgebietes sind wahrscheinlich auf die Austrocknung pluvialer Seen zurückzuführen. Morphologisch tiefster Teil und damit Vorflut für Oberflächen- und Grundwasser war die Sua Pan, in der die stärkste Salzkonzentrierung erfolgte. Absenkungen im Ngami-Graben kappten dann den Zustrom von Westen fast vollständig und führten dazu, daß sich der Grundwasserspiegel östlich des Grabens soweit absenkte, bis das Gefälle für einen Grundwasserabstrom zur Sua Pan nicht mehr ausreichte.

3. Republik Niger

Im Liptako (West Niger) steht die Wasserversorgung vor schwierigen Problemen, da aus geologischen und klimatischen Gründen nur begrenzte Grundwasservorkommen vorhanden sind.

Der Hauptteil des Arbeitsgebietes wird von undurchlässigen präkambrischen Gesteinen des Westafrikanischen Schildes aufgebaut. Mögliche Grundwasservorkommen beschränken sich auf Frakturzonen, Alluvionen und stationäre Dünen.

Ergebnisse der Satellitenbilddauswertung

Die Flüsse im Liptako sind in der Regel nicht perennierend und verlaufen gewöhnlich über große Strecken geradlinig.

In einigen Fällen treffen sie auf langgestreckte stationäre Dünen, wo sie aufgestaut und abgelenkt werden. Dadurch bilden sich vor den Dünen temporäre natürliche Stauseen, bzw. Sedimentpfannen, deren Oberflächen- und Grundwasser von der Bevölkerung genutzt werden.

Das Entwässerungssystem im Liptako wurde wahrscheinlich am Anfang des Quartärs angelegt und folgt offensichtlich tektonisch bedingten Frakturzonen. Während arider Klimaphasen wurden Teile dieser Wasserläufe durch

Wanderdünen verschüttet. In den folgenden humiden Phasen wurde das Wasser an den nun stationären Dünen aufgestaut, wobei es teilweise seitlich von seinem ehemaligen Bett an Schwachstellen der Dünen einen Überlauf fand.

Nach der Satellitenbilddauswertung ergibt sich die Vermutung, daß an den Stellen, wo die Flußläufe an Dünen aufgestaut werden Oberflächenwasser in fossile Alluvionen infiltriert, die von Dünen verschüttet wurden. Diese Alluvionen werden in der Verlängerung der Flußläufe unter den Dünen vermutet.

Mit Hilfe der Satellitenbilder wurden im Bereich des kristallinen Sockels eine Reihe linearer Strukturen ausgeschieden, die mit den bisher benutzten Methoden nicht lokalisiert werden konnten. Die Bedeutung dieser Linearstrukturen für die Grundwasserbildung ist deshalb bisher noch nicht sicher bekannt. Es wird angenommen, daß die Lineationen Frakturen im Untergrund andeuten, die für das Vorhandensein von Grundwasservorkommen gute Voraussetzungen bieten. "Tiefe" Grundwasservorkommen dieser Art sind ebenfalls wenig verdunstungsgefährdet und dauerhaft.

4. Republik Obervolta

Obervolta wird wie der westliche Niger überwiegend von undurchlässigen Gesteinen des präkambrischen Basements aufgebaut.

Die traditionellen Brunnen stehen in Alluvionen sowie in der Verwitterungsdecke, wenn diese eine genügend große Mächtigkeit aufweist, die für eine Grundwasserbildung nötig ist. Da diese Vorkommen nur wenig ergiebig sind, hat man in neuerer Zeit begonnen, mit modernen Methoden auf grundwasserführende Frakturen des Grundgebirges zu explorieren.

Wichtige Hinweise auf Frakturen kann die Kartierung linearer Strukturen auf Satellitenbildern geben.

Für den gesamten Bereich des Staates Obervolta wurde eine Lineationskartierung durchgeführt. Nach subjektiven Gesichtspunkten wurde dann eine Karte der Lineationsdichte hergestellt, wobei Gebiete niedriger, mittlerer und hoher Lineationshäufigkeit unterschieden wurden. Diese Karte gibt einen relativen Hinweis auf die Häufigkeit von Frakturen, die ev. Grundwasser führen können.

5. Literatur:

- Grey, D.R.C., and H.J. Cooke (1977): Some Problems in the Quaternary Evolution of the Landforms of Northern Botswana.
Catena, 4, 123 - 133
- Heine, K.: Jungquartäre Pluviale und Interpluviale in der Kalahari (südliches Afrika), unveröffentlicht
- Hutchins, D.G., u.a. (1976): A Summary of the Geology, Seismicity, Geomorphology and Hydrogeology of the Okavango Delta.
Geological Survey Department, Botswana.
- Kruck, W. (1980): Hydrogeologic Interpretation of Landsat Imagery in Arid Zones of South and West Africa. -
Proc. 5th Pecora Mem. Symp., Sioux Falls
South Dakota, 1979, im Druck
- Mackay & Schnellmann Ltd. (1976): Geology of Sua Pan;
(unveröffentlichter Bericht)
- Reeves, C.V. (1968): The Gravity Survey of Ngamiland.
Geological Survey Department, Botswana