

Monitoring einer Baobab-Population in Nord-Kordofan, Sudan

Jürgen Schweikart, Uwe Hofmann, Kristin Bolanz, Kathrin Meinhold und Jens Gebauer

Zusammenfassung

Eine Baobab-Population nahe Al-Ubayyid in Nord-Kordofan, Sudan, wurde 2007 erstmals messtechnisch erhoben. Ein Vergleich der Messdaten mit aktuellen, hochauflösenden Satellitendaten aus dem Jahr 2017 zeigt, dass die Population der Baobabs zurückgegangen ist. Dies war der Anlass zu einer erneuten Untersuchung im Gelände im Jahr 2018. Ziel war es, die Veränderungen nach mehr als einer Dekade festzustellen. Die Standorte der Bäume wurden visuell mit der Population von 2007 abgeglichen und protokolliert. Die noch vorhandenen Bäume wurden erneut, zum größten Teil mit hoher Genauigkeit, vermessen. Dazu wurde mit einer fest installierten Basisstation im Feld gearbeitet. Aus allen verfügbaren Daten wurde ein Baumkataster unter Verwendung eines Geoinformationssystems erstellt.

Es konnte gezeigt werden, dass nach mehr als einer Dekade vier neue Baobabs zu verzeichnen und zwei Dutzend Bäume nicht mehr aufzufinden waren. Der finale Baumbestand belief sich auf 211 Objekte. Der Rückgang ist unter anderem auf anthropogene Ursachen zurückzuführen.

Summary

A Baobab population near Al-Ubayyid in North Kordofan, Sudan was first surveyed in 2007 using basic measuring equipment. A comparison of the measured data with current high-resolution satellite data from 2017 shows that the Baobab population has declined. This was the reason to conduct a new survey in the field in 2018 with the aim to determine the changes after more than a decade. The locations of the trees were visually compared with the 2007 population and recorded. The locations of the remaining trees were measured again, mostly with high accuracy. For this purpose, a fixed base station was used in the field. A tree register was created from all available data using a geographical information system.

It could be shown that after more than a decade four new Baobabs were recorded and two dozen trees could not be found anymore. The final tree population amounted to 211 objects. The decline can be explained by anthropogenic causes, among others.

Schlüsselwörter: Change Detection, GIS, Entwicklungsländer, Baobab

1 Einleitung

Der Baobab (*Adansonia digitata* L., Familie: Malvaceae), auch Affenbrotbaum genannt, ist eine der Wildobst-Arten, die an das trockene und heiße Klima Subsahara-Afrikas angepasst ist. Die lokale Bevölkerung profitiert von seinem wichtigen Beitrag zur Sicherung ihrer Lebensgrundlage. Seine Funktionen sind dabei vielfältig: Er dient als Wasserspeicher, Nahrungsquelle und viele seiner Bestandteile finden in der traditionellen Medizin Verwendung. Nicht unterzubewerten ist seine gesellschaftliche Bedeutung: Im afrikanischen Leben spielt er eine tragende Rolle, z.B. als Versammlungsstätte. Auch in der westlichen Welt ist das Pulver seiner Früchte als »Superfood« populär. Durch den zunehmenden Bevölkerungsdruck und die verstärkte Nutzung des Baumes steigt die Sorge um dessen Populationsstatus.

Die Beobachtung der Bäume über längere Zeiträume ist erforderlich, um die Entwicklung der Bestände bewerten zu können. Auf Grundlage der Datenerhebung von Gebauer und Luedeling im Jahr 2007 (Gebauer und Luedeling 2013), erfolgte eine weitere Kartierung im Jahr 2018 im Gebiet von Nord-Kordofan, Sudan. Nach vergleichender Untersuchung der Messwerte aus 2007 und Satellitendaten aus 2017, war eine Abnahme der Baobab-Population zu erkennen, die nach mehr als einer Dekade zu einer erneuten Bestandsaufnahme in situ motivierte. Für die Datenerhebung wurden zwei geodätische Mess-techniken angewendet. Aus den gewonnenen Daten wurde ein digitales Baumkataster unter Nutzung eines Geoinformationssystems angelegt.

2 Der Baobab

2.1 Verbreitung – Verwendung

Der Baobab findet seine endemische Verbreitung in den semi-ariden Savannen Afrikas. Der Baum kommt sowohl in Ost- (Tansania, Kenia etc.) und Süd- (Südafrika, Zimbabwe, Mozambik, Malawi, etc.), als auch Westafrika (Senegal, Ghana, etc.) vor. Er ist in weitläufig verstreuten Gruppen vertreten oder als einzelne Landmarke über große Areale hinweg sichtbar (Gebauer et al. 2016a, Wilson 1988). Der Baobab hat eine große Bedeutung für den Menschen in vielen afrikanischen Ländern (Gebauer 2005, Duvall 2007, Assogbadjo et al. 2005). Große Einzelbäume wurden aufgrund ihrer Signifikanz in frühen topographischen Karten des Sudans vermerkt oder

dienten als Grenzmarke bei Dorfgründungen (Wickens 1982). In Ländern wie Kenia und Tansania ist er mit ökonomischer und kultureller Relevanz in urbanen Gärten und auf Farmen zu finden (Gebauer et al. 2016b). Oft gibt es Hinweise dafür, dass ein Zusammenhang zwischen der Besiedlung durch den Menschen und dem Vorkommen des Baobabs besteht (Duvall 2007, Rangan et al. 2015).

Einen hohen Stellenwert hat der Baobab nicht zuletzt aufgrund seines Beitrags zur Ernährungssicherung der lokalen Bevölkerung (Wiehle et al. 2014). Er bereichert die Nährstoffversorgung im sonst oft getreidedominierten Feldanbau (Jensen et al. 2011). Seine vielfältigen Inhaltsstoffe werden auch für medizinische Behandlungen genutzt. Das Potenzial des Baobabs wurde inzwischen in Europa erkannt. Nach Gebauer et al. (2016b) gibt es rund 300 Produkte, die vom Baobab stammen oder dessen Komponenten beinhalten. Dazu gehören Produkte wie Schokolade, Getränke und Smoothies, Riegel, Aftershave, Shampoo und Fußspray (Gebauer et al. 2016a) sowie Samen-Öl (Osman 2004).

Ebenso wie andere einheimische Obstbaumarten (engl. *Indigenous Fruit Tree (IFT)*) hat sich der Baobab als natürliche Spezies des afrikanischen Kontinents (Baum 1995) an die rauen Umweltverhältnisse angepasst (Gebauer et al. 2016a). In sehr trockenen Gebieten wächst der Baobab gewöhnlich entlang von Wadis oder Senken (Gebauer et al. 2016a). Darin verankert er sein wenig tiefreichendes Wurzelwerk, das in seiner horizontalen Ausdehnung die Höhe des Baumes übersteigen kann (Fenner 1980). Dies dient der klimatischen Adaption an geringe jährliche Niederschlagsmengen (Gebauer et al. 2002). Ebenso befähigt ihn sein weiches Holz zu hoher Wasserspeicherkapazität und effektiver Kontrolle des eigenen Wasserhaushalts (Gebauer et al. 2002). Sein massiger Stamm mit runzlicher Borke umfasst oft natürliche oder künstlich geschaffene Hohlräume, in denen bis zu 10.000 Liter Wasser gespeichert werden können. Man nennt ihn daher auch »bottle tree« (Grunewald und Galizia 2005).

2.2 Wachstum – Regeneration – Erhalt

Von Breitenbach (1985) charakterisiert die Wachstumsphasen des Baobabs wie folgt: Jugend-Phase (Sapling Phase, bis 10–15 Jahre), Kegel-Phase (Cone Phase, bis 60–70 Jahre), Flaschen-Phase (Bottle Phase, bis 200–300 Jahre) und Alters-Phase (Old Age Phase, bis 500–800 Jahre). Zudem ist bekannt, dass er anfangs schnell und mit fortschreitenden Jahrzehnten nur noch sehr spärlich wächst. Der Baobab zählt deshalb zu einer langsam wachsenden und langlebigen Spezies (Gebauer et al. 2002, Dhillon und Gustad 2004). Seine ersten Früchte trägt er frühestens nach 8 bis 23 Jahren (Wickens 1982), Watson (2014) geht sogar von 30 Jahren aus.

Allgemein wird dem Baobab eine geringe Regeneration in vielen afrikanischen Landschaften zugeschrieben (Assogbadjo et al. 2005, Venter und Witkowski 2013).

Weiterhin stellte Wilson (1988) während seiner Messungen fest, dass vor allem junge Bäume fehlen. Die schlechte Regeneration wird durch die rapide Zunahme der Menschen- und Viehbestände sowie durch den Mangel an beständigen Regenfällen, die für das Überleben der Sämlinge erforderlich sind, beeinflusst (Venter und Witkowski 2013). Begünstigende, lange Regenfälle treten in den Verbreitungsgebieten des Baobabs in dem Zusammenhang oft nur alle 100 bis 150 Jahre auf, woraus auf ein episodisches Ereignis der Regeneration geschlossen werden kann (De Villiers 1951).

Die Erhaltung der bestehenden Bäume hat für die Bevölkerung jedoch Priorität. Besonders ausgewachsene, fertile Bäume werden aufgrund ihres unmittelbaren Nutzwertes häufig geschützt (Schumann et al. 2010) und bei der Feldvorbereitung als Zukunfts- und Kulturwert anerkannt (Dhillon und Gustad 2004, Koenig und Diarra 1998). Dennoch wird wenig Kraft investiert, um den Bestand z.B. durch Aussaat zu vergrößern. Von Dhillon und Gustad (2004) wurde mit Hilfe von Interviews festgehalten, dass das Umpflanzen von Baobab-Sämlingen im Gegensatz zum Sähen von Baobab-Samen wesentlich gebräuchlicher ist.

3 Materialien und Methodik

3.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet bei Al-Ubayyid liegt südwestlich der Hauptstadt Khartoum, im Zentrum des Sudans (13° 20' N, 30° 15' E) (Abb. 1) (Gebauer 2005). Es herrscht ein heißes, semi-arides Klima mit langer Trockenheit. Die Hauptregenzeit beschränkt sich auf die Monate Juli bis September mit einem Jahresdurchschnitt von



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

300 mm Niederschlag. Nach der Köppen-Geiger-Klassifikation gehört diese Region zu den trockensten der Erde. Die Vegetation passte sich den Gegebenheiten an, weshalb die Landschaft von offenem Buschwerk und einigen Bäumen bedeckt ist (Gebauer 2005). Die Böden sind meist sandig und nährstoffarm bis lehmig (Gebauer und Luedeling 2013). Vor allem »Gardud« (lokale Bezeichnung für Schwellton) deckt einen Großteil der Oberfläche ab (Ardö und Olsson 2003).

3.2 Modifizierte Messmethoden

Eine wichtige Grundlage bildeten die Daten aus der ersten Felderhebung des Gebiets, das eine Fläche von 3,36 km² aufweist. Die Positionen der vermessenen Bäume aus 2007 wurden in ein GPS Handheld-Gerät (Garmin GPSmap64) importiert, wodurch eine effektive Arbeitsumgebung geschaffen wurde, um die noch vorhandenen Bäume zu lokalisieren. Die Aufnahme wurde im Nordosten begonnen und in Richtung Al-Ubayyid fortgesetzt. Der Fokus der Untersuchung lag auf der Prüfung des Baumbestands. Zusätzlich wurden andere Parameter, wie Baumhöhe, Baumkronen- und Stammdurchmesser erhoben. Des Weiteren wurde das Ziel verfolgt, die Messung von 2007 zu präzisieren und die Daten in ein Geoinformationssystem einzupflegen.

Die Messkampagne wurde vor Ort von Mitgliedern der Universität Kordofan unterstützt und konnte innerhalb von vier Tagen durchgeführt werden. Die Herausforderung bestand darin, dass es im Sudan kein Netz von Referenzstationen gab, welche Rohdaten aufzeichnen, Korrekturdaten berechnen und über Mobilfunknetz zur Verfügung standen. Somit schied eine Messung mit Echtzeitkorrektur (RTK = Real-Time-Kinematic) aus. Die nachverarbeitende Korrektur im Post-Processing konnte aufgrund fehlender Daten ebenfalls nicht ausgeführt werden. Deshalb war es erforderlich, eine zusätzliche Messausrüstung zu nutzen. Mit statischer Datenaufzeichnung als Basisstation eingesetzt, sicherte diese die Berechnung von Korrekturdaten im Rahmen der Nachverarbeitung im Post Processing ab. Um die Korrekturdaten zu berechnen und die Felddaten nachfolgend zu verbessern, zeichnen die Empfänger die Trägerphasen auf. Gewicht und Volumen der Gesamtausrüstung musste minimiert werden, da die Anreise per Flugzeug keine umfangreiche Ausrüstung gestattete. Mittels zwei Trimble Handheld-Empfängern, dem Trimble GeoXR 6000 und den Trimble GeoXH 2008-Series, wurden diese Daten aufgezeichnet. Die kleinen Gerätegrößen machten den Transport einfach. Zudem sind die all-in-one Geräte bedienfreundlich. Die Daten wurden in proprietären Formaten (GeoXR-datei*.t02, GeoXH-datei*.ssf) des Herstellers gespeichert. Beide Formate lassen sich in RINEX-Dateien (Receiver Independent Exchange Format) umwandeln, die von fast allen Auswerteprogrammen eingelesen werden können.

Der Trimble GeoXR 6000 ist ein GNSS-Zweifrequenzempfänger (L1 und L2), welcher zusätzlich zu den GPS-Daten auch Daten des russischen GLONASS-Systems empfängt. Zu Beginn wurde dieser Empfänger in angemessener Entfernung zum Untersuchungsgebiet auf dem Gelände der Unterkunft montiert. Das Gerät wurde mit freier Sicht zum Himmel fest an einem Ort installiert, dabei sollte die Entfernung zum Messgebiet 10 km nicht überschreiten. Der GeoXR 6000 zeichnete während des Tages kontinuierlich die Rohdaten der Satelliten im statischen Modus auf. Mittels GNSS Auswertesoftware war es möglich, nach mindestens einer Stunde Besetzung und Rohdatenaufzeichnung Punktkoordinaten (PPP = Precise Point Positioning) mit einer Standardabweichung unter 2 cm zu berechnen.

Für die ersten beiden Messtage wurden zwei unabhängig bestimmte Stationskoordinaten berechnet. Die Lageabweichung zwischen den beiden Koordinaten betrug 17,5 mm. Zur Auswertung wurde ein kanadischer PPP-Online-Service (Natural Resources Canada) verwendet. Mit diesen im Post-Processing berechneten Koordinaten wurde die Station als Basis definiert. Durch den ständigen Vergleich der gemessenen Ist-Position mit einer Aufzeichnungsrate von einer Sekunde mit der berechneten Sollposition war es möglich, die GNSS-Messfehler zu bestimmen und Korrekturdaten zu berechnen. Die Fehler entstanden unter anderem durch die veränderliche Geometrie der Satelliten am Himmel, Laufzeitverzögerungen in der Atmosphäre, Mehrwegeeffekte (Multipath) durch Beugung und Reflexion. Es wird von »Pseudoranges« gesprochen, die mit den Korrekturdaten verbessert werden.

Während der statischen Aufzeichnung des Trimble GeoXR 6000 wurde im Feld ein Trimble GeoXH 2008 Series als Rover, d.h. als beweglicher Empfänger, eingesetzt. Diese Generation der GeoXH ist ein Einfrequenzempfänger (L1), welcher auch die Trägerphase aufzeichnet. Die Genauigkeiten der kinematischen Nachverarbeitung der L1-Daten sind für den Zweck der Messungen ausreichend. Im Feld wurden vorläufige Koordinaten mit einer Abweichung bis zu vier Metern durch eine Codelösung bestimmt. Die gespeicherten Trägerphasenbeobachtungen ermöglichten es, diese ungenauen Messungen des Rovers mit den berechneten Fehlern der Basisstation zu korrigieren. Die Verbesserung wurde an die Pseudoranges der Felddaten angetragen.

Die Post-Processing Auswertung ist an eine grundlegende Bedingung gebunden: Es können nur Satellitendaten verwendet werden, die von beiden Geräten gleichzeitig empfangen wurden (Differenzielles GPS). Die fehlende Übermittlung der Korrekturen in Echtzeit (kein RTK) verhindert eine Genauigkeitsangabe der Einzelmessung im Feld. Bezogen auf die Genauigkeit ist die Arbeit im Feld ohne detaillierte Angaben. Die einzig nutzbare Information ist die angezeigte Anzahl der Satelliten und deren Verteilung am Himmel (PDOP-Wert). Um die gewünschte Genauigkeit in der Nachverarbeitung zu sichern, sind mehrere Faktoren in der Feldarbeit zu

beachten. Erstens ist im Rahmen eines technologischen Ansatzes eine ausreichende Beobachtungsdauer je Messpunkt sicherzustellen. Zweitens ist es wichtig, die Anzahl der sichtbaren Satelliten während der Messungen nicht einzuschränken. Daher wurde nicht direkt neben den Stämmen der Bäume gemessen, um die Einflüsse von Abschattung und Multipath zu minimieren. Mit Testmessungen an der Beuth Hochschule wurde eine Mindestdauer von drei Minuten ermittelt, um ausreichende Genauigkeiten der Punktkoordinaten zu erzielen. Bei einer Aufzeichnungsrate von einer Sekunde ergeben sich auf der jeweiligen Position 180 Einzelbeobachtungen pro Satellit.

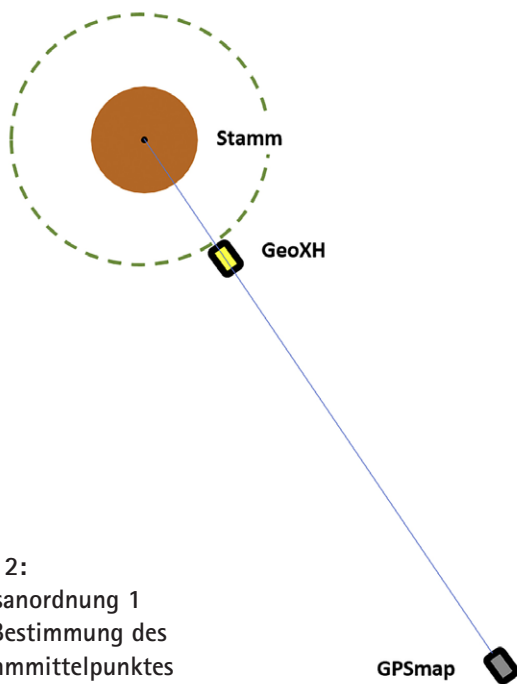


Abb. 2:
Messanordnung 1
zur Bestimmung des
Stammmittelpunktes

Während der ersten beiden Feldtage zeichnete der GeoXR 6000 an einer fest installierten Position permanent Daten auf. Unterdessen wurden im Feld in unterschiedlichen Abständen zu den Stämmen Einzelpunkte gemessen, die in der Nachverarbeitung korrigiert wurden. Es blieb die Herausforderung bestehen, die Richtung des Mittelpunktes des Stammes zu bestimmen. Dazu wurden die Baumhöhenmessungen zu Hilfe genommen. Mit dem Höhenmesser – ein um 45° geneigtes Zielfernrohr – wurde die Oberkante des Baumes anvisiert. Die Messung der Strecke vom Standpunkt zum Stammmittelpunkt und die Addition der eigenen Körpergröße liefert die Höhe des Baumes. Die Baumhöhe wurde in der Verlängerung der Linie Stamm-GeoXH bestimmt und die Koordinate des Standpunktes wurde mit dem Garmin GPSmap64 gemessen. Mit den beiden Koordinaten (GeoXH und GPSmap) und des Abstandes GeoXH-Stammmittelpunkt war die Berechnung der Koordinaten des Zentrums möglich (Abb. 2).

Um die vorgesehene Zeit der Kampagne effektiver zu nutzen, wurde die Messmethode angepasst und die bis-

herige feste Basisstation im Feld eingesetzt. Der GeoXR wurde als zweiter beweglicher Rover verwendet und die Trägerphasen L1 und L2 mit einer Rate von einer Sekunde wurden permanent aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte wieder mit dem kanadischen Online-Dienst, jedoch im kinematischen Modus. Sofern genügend Satelliten beobachtet wurden, ergab die Berechnung pro Sekunde eine Koordinate. Das Ergebnis ist eine Spur von Positionen mit Häufungen an den Stellen, wo der GeoXR als Punktmessung stationiert wurde. Diese Positionen wurden dann als Einzelpunktkoordinaten mit MS-Excel gemittelt. Mit dem GeoXH wurden Punkte auf der

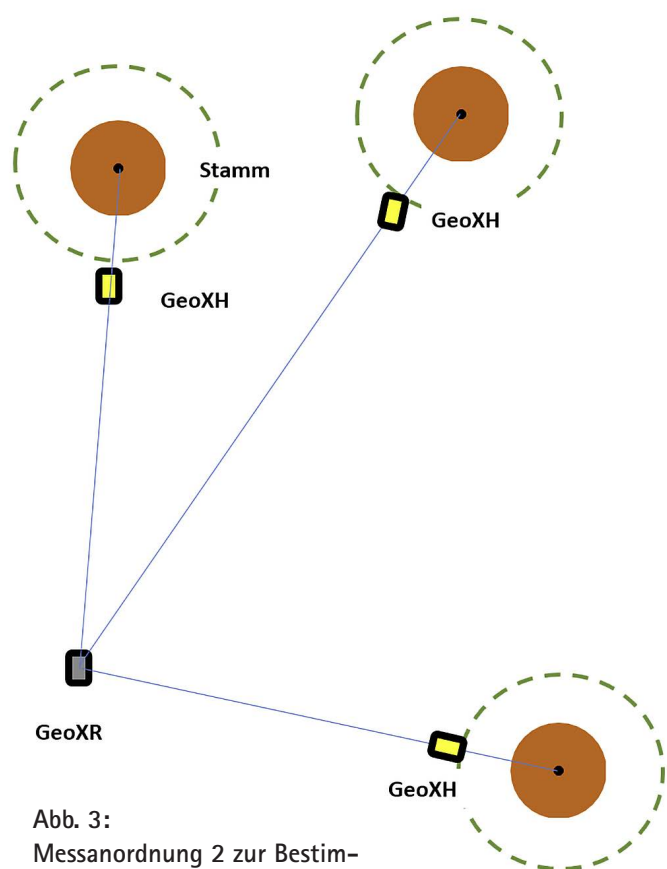


Abb. 3:
Messanordnung 2 zur Bestimmung des Stammmittelpunktes

Achse GeoXR-Stammmittelpunkt und die jeweiligen Abstände gemessen. Mit den Koordinaten und den Abständen ist wieder die Berechnung der Stammmittelpunkte möglich (Abb. 3).

Neben den Koordinaten der Baobab-Bäume wurden die Baumhöhen, die Stammumfänge und die Kronendurchmesser bestimmt. Weiterhin wurde jeder Baum fotografiert. Alle Daten wurden in das GIS eingepflegt, um weitere Auswertungen durchzuführen.

Mit diesem Verfahren konnten 60 % der Bäume aus der ersten Erhebung erfasst werden. Für den verbleibenden Baumbestand wurde auf Grundlage der Basisdaten von 2007 die Soll- und Ist-Situation geprüft. Anschließend wird der vollständige Baumbestand zur Analyse herangezogen.

4 Ergebnisse

Anhand der Wiederholungsmessungen im März 2018 kann ein aussagekräftiges Resümee über die Abweichung der Baobab-Population gezogen werden. Ebenso wie bei der Erstaufnahme im März 2007 wurde mit einer Referenzstation und DPGS gearbeitet.

Insgesamt wurden 211 Bäume untersucht, von denen 84 (40 %) durch eine visuelle Prüfung abgeglichen und 127 (60 %) genau mittels der beschriebenen Methode vermessen wurden. Es wurde festgestellt, dass 29 Bäume aus der Vermessung von 2007 nicht mehr vorhanden waren (Abb. 4). Von vier Baobabs gab es noch sichtbare Überreste im Gelände. Es waren noch die gefallenen, zum

Beim Vergleich der Stammumfänge zwischen 2007 und 2018 gibt es eine positive Verschiebung der Minimal- und Maximalwerte. Einerseits können jüngere Bäume der Sapling Phase mit einem Minimalwert von 0,02 m bestimmt werden. Andererseits ist eine Zunahme der Stammumfänge mit einem Maximalwert von 17,4 m erkennbar (siehe Tab. 1).

Bei 22 Objekten hat der Stammumfang im Vergleich zur ersten Vermessung abgenommen. Nach visueller Überprüfung auf der Basis des Fotomaterials dieser Bäume ist dies einer Messungenauigkeit bzw. der verbesserten Messgenauigkeit zuzuschreiben. Teilweise sind diese Bäume schief abfallend gewachsen, manche sind inzwischen umgestürzt, jedoch noch lebensfähig.

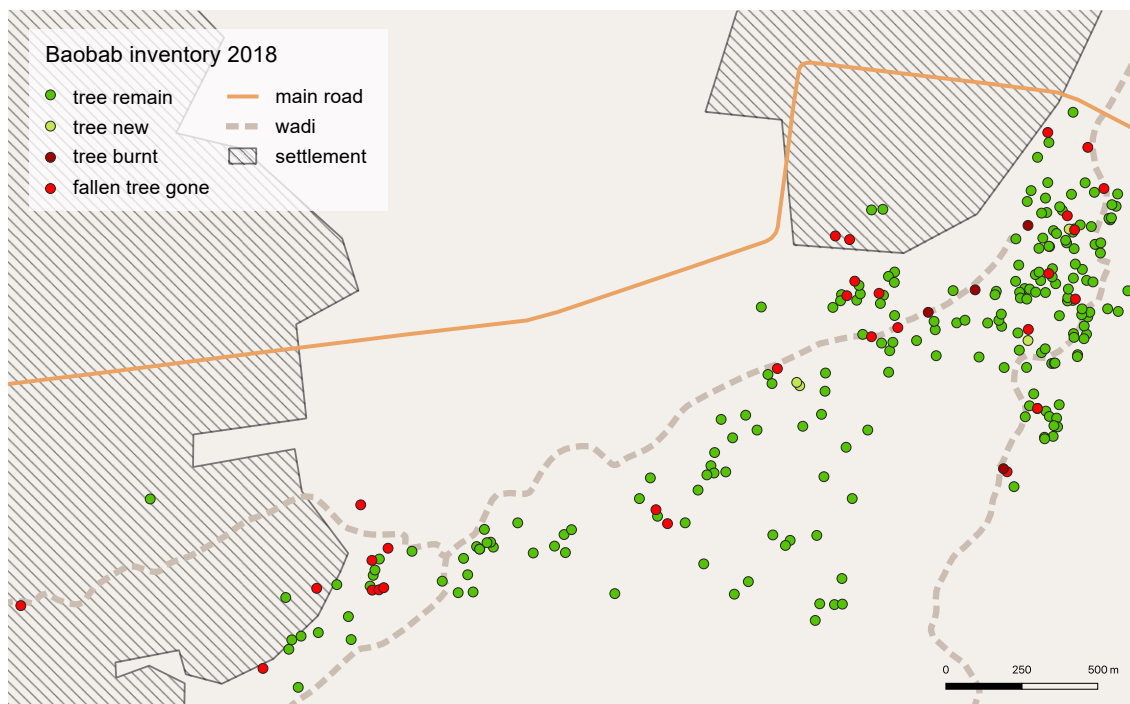


Abb. 4:
Ergebnis der
Change-
Detection-
Analyse

Teil verbrannten Baumstämme zu finden. Aufgrund der sichtbaren Überreste konnte nachvollzogen werden, dass drei der nicht mehr existenten Bäume einen Stammumfang von mehr als 10 m hatten.

Es wurden vier neue Bäume lokalisiert. Zwei der neu vermessenen Bäume liegen nordöstlich in einem relativ dichten Bestand mit einem mittleren Stammumfang von 5 m. Zwei Exemplare lagen auf einem kultivierten Privatgelände (»rural garden«, Gebauer 2016b). Einer der beiden ist vermutlich fünf bis sechs Jahre alt. Der andere ist – mit einem Sprossumfang von 0,02 m – als junger Sämling einzuordnen.

Aus der Change-Detection-Analyse (CDA) wird ersichtlich, dass Wadis die Baumpopulation beeinflussen. Von 28 Bäumen, die unmittelbar an Wadis standen, waren drei umgestürzt und entwurzelt, zehn waren nicht mehr aufzufinden. Innerhalb der Siedlungen bzw. in deren unmittelbarer Umgebung waren zudem 16 Baobabs betroffen, davon war einer umgestürzt und sechs waren verschwunden.

Des Weiteren wurde aus den beiden Objektwolken (2007 und 2018) der Zentroid berechnet. Mit Hilfe dessen kann die Schwerpunktverschiebung im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Die Distanz beträgt rund 460 m in nordöstlicher Richtung. Diese Abweichung entsteht unter anderem durch Wegfall westlich gelegener Baobabs in einem Siedlungsgebiet.

Tab. 1: Vergleichende Messwerte

	Kartierungsjahr	
	2007	2018
Anzahl der aufgenommenen Bäume	240	211
Bäume pro ha	0,72	0,62
Min-Stammumfang [m]	0,4	0,02
Max-Stammumfang [m]	15,0	17,4

5 Diskussion

Zusammenfassend ist ein Rückgang der Baobab-Population in Nord-Kordofan zu registrieren, der die Sichtung auf den Satellitenbildern bestätigt. In nur einer Dekade verschwanden 33 Bäume völlig, weitere 14 Baobabs neigen sich dem Boden oder sind, bei verbleibender Vitalität, umgestürzt. Informationen von Farmern im März 2018



Abb. 5: Aufgrund von Abtragung des Oberbodens freilegende und geschädigte Wurzeln eines Baobabs

unterstützen die Hypothese, dass die Gründe auf die verstärkte Nutzung der Flächen durch die Bewohner zurückzuführen sind, da der Baobab andere Nutzungen durch Ackerbau und Viehhaltung beeinträchtigt. Viele positive Eigenschaften des Baumes – ein hoher Vitamin-C- und Mineralstoffgehalt (Gebauer et al. 2014) – werden von der Bevölkerung teilweise unterschätzt. Auch Dhillon und Gustad (2004) argumentieren mit einem Mangel an Interesse, die Bäume zu schützen, wobei vor allem junge Bäume betroffen sind. Junge Bäume, wie sie auf einem der Äcker vorzufinden waren, gelten mutmaßlich als Unkraut. Diese müssen Raum für andere Aussaaten schaffen, die zeitnah Erträge bringen.

Ebenso bedroht der Abbau des Lehm Bodens zur Ziegelproduktion den Bestand des Baobabs im Raum Al-Ubayyid. Großflächige Produktionsstätten – dazu gehören Grabungslöcher, Wassergruben, Brennöfen und Lagerungsflächen – ziehen sich durch die Landschaft. Sie sichern den Lebensunterhalt der Bevölkerung. Nach Abtrag der oberen Lehmschicht bleibt sandiger, nährstoffarmer Boden zurück. Unterstützend verdeutlichen Dhillon und Gustad (2004) sowie Schumann et al. (2010), dass der Gebrauch von Feuer zur Anlage von Feldflächen große Schäden für langsam wachsende Spezies wie den Baobab hervorruft. In Verbindung mit anhaltender Erosion wird das Wurzelwerk allmählich freigelegt und der Baum im losen Untergrund destabilisiert (Abb. 5).

Doch nicht allein anthropogen geprägte Einflüsse gelten als Verursacher der Verlustquote. Auch natürliche Einwirkungen sind laut Siddig (2018) zu nennen: Die in der Region Kordofan häufig vorzufindende, giftige

Strauch Oscher (*Calotropis procera*, Familie Apocynaceae) wächst in ariden und semi-ariden Klimaten. Mit dem Wissen um die prognostizierte Klimaerwärmung sei sie ein Zeichen fortschreitender Desertifikation und höherer Trockenheit. In diesem Fall und mit inkonsistent eintretenden Regenfällen stiege die Zahl der Rückgänge der Baobabs (Venter und Witkowski 2010, Cuní Sanchez et al. 2011). Wilson (1988) stellt zudem heraus, dass die natürliche Gesamtsterblichkeit in Mali und dem Sudan allgemein höher ist, als bspw. in Tansania oder Sambia.

Mit Blick auf den Verlust der Baobab-Bäume im Untersuchungsgebiet geht nicht zwangsläufig ein absoluter Rückgang der Population in Nord-Kordofan einher. Vielmehr ist ein methodisches Monitoring der Baobab-Population in den kommenden Jahren von großer Bedeutung. Der direkte Vergleich innerhalb angemessener Zeitabstände ist entscheidend.

6 Fazit

Die wiederholte Vermessung der Baobab-Population nach elf Jahren stellt eine wichtige Grundlage für ein Monitoring der Bäume dar. Das neu entwickelte Kataster auf Basis eines Geoinformationssystems bildet eine effiziente Basis für die weitere Beobachtung des Bestandes. Die Vollständigkeit der erhobenen Bauparameter ist unverzichtbar, sie sind Maße für die Vitalität des Bestands. Zum Verständnis der Dynamik sind wirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Entwicklungen von Bedeutung. Auf der einen Seite behindern die Bäume die alternative Nutzung der Flächen, z. B. durch eine intensivere Landwirtschaft, auf der anderen Seite könnten sich, bedingt durch einen weltweiten steigenden Bedarf an »Superfoods«, die Produkte des Baobabs zu einem rentablen Wirtschaftsgut entwickeln.

Acknowledgements

Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) auf der Grundlage der Entscheidung des Parlaments der Bundesrepublik Deutschland durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bewilligungsnummer 2813 FSNU07 (BAOFOOD Projekt) finanziell unterstützt.

Literatur

- Ardö, J., Olsson, L. (2003): Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. In: Journal of Arid Environments, 54(4), 633–651.
- Assogbadjo, A.E., Sinsin, B., Codjia, J.T.C., Van Damme, P. (2005): Ecological diversity and pulp, seed and kernel production of the baobab (*Adansonia digitata*) in Benin. In: Belg. J. Bot. 138, 47–56.

- Baum, D.A. (1995): A systematic revision of *Adansonia* (Bombacaceae). In: Annals of the Missouri Botanical Garden, 82(3), 440–471.
- De Villiers, P.C. (1951): Die Kremetartboom. In: South African Forestry Journal 20, 9–18.
- Dhillon, S.S., Gustad, G. (2004): Local management practices influence the viability of the baobab (*Adansonia digitata* Linn.) in different land use types, Cinzana, Mali. In: Agriculture, ecosystems, environment, 101(1), 85–103.
- Duvall, C.S. (2007): Human settlement and baobab distribution in south-western Mali. In: Journal of Biogeography, 34(11), 1947–1961. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2007.01751.x.
- Fenner, M. (1980): Some measurements on the water relations of baobab trees. In: Biotropica 12, 205–209.
- Gebauer, J. (2005): Plant species diversity of home gardens in El Obeid, Central Sudan. In: J Agric Rural Dev Trop Subtrop 106: 97–103.
- Gebauer, J., El-Siddig, K., Ebert, G. (2002): Baobab (*Adansonia digitata* L.): a review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. In: Gartenbauwissenschaft, 67(4), 155–160.
- Gebauer, J., Luedeling, E. (2013): A note on baobab (*Adansonia digitata* L.) in Kordofan, Sudan. In: Genetic Resources and Crop Evolution. 60:1587–1596.
- Gebauer, J., Assem, A., Busch, E., Hardtmann, S., Möckel, D., Krebs, F., Ziegler, T., Wichern, F., Wiehle, M., Kehlenbeck, K. (2014): Der Baobab (*Adansonia digitata* L.): Wildobst aus Afrika für Deutschland und Europa?!. In: Erwerbs-Obstbau 56:9–24.
- Gebauer, J., Yahia O.A., Sanchez, A.C., Darr, D., Eltahir, M.E. S., Fadl, K.E.M., Fernsebner, G., Frei, M., Habte T.-Y., Hammer, K., Hunsche, M., Johnson, H., Kordofani, M., Krawinkel, M., Kugler, F., Luedeling, E., Mahmoud, T.E., Maina, A., Mithöfer, D., Owino, W.O., Prinz, K., Rimberia, F.K., Saied, A., Schüring, M., Sennhenn, A., Späth, M.A., Taha, M.E. N., Triebel, A., Wichern, F., Wiehle, M., Wrage-Mönnig, N., Kehlenbeck, K. (2016a): Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. In: Genetic Resources and Crop Evolution 63:377–399.
- Gebauer, J., Whitney, C.W., Tabuti, J.R.S. (2016b): First record of baobab (*Adansonia digitata* L.) in Uganda. In: Genetic Resources and Crop Evolution 63:755–762.
- Gruenwald J., Galizia, M. (2005): Market brief in the European Union for selected natural ingredients derived from native species. *Adansonia digitata* L., Baobab. United Nations Conference on Trade and Development, United Nations, Switzerland.
- Jensen, J.S., Bayala, J., Sanou, H., Korbo, A., Ræbild, A., Kambou, S., Tougiani, A., Bouda H.-N., Larsen, A.S., Parkouda, C. (2011): A research approach supporting domestication of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in West Africa. In: New Forests, 41(3), 317–335.
- Koenig, D., Diarra, T. (1998): The environmental effects of policy change in the West African savanna: resettlement, structural adjustment and conservation in western Mali. In: Journal of Political Ecology, 5, 23–52.
- Osman, M.A. (2004): Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. In: Plant Foods Hum Nutr 59:29–33.
- Rangan, H., Bell, K.L., Baum, D.A., Fowler R., Mcconnell, P., Saunders, T., Spronck, S., Kull, C.A., Murphy, D.J. (2015): New genetic and linguistic analyses show ancient human influence on baobab evolution and distribution in Australia. In: PloS one 10:e0119758
- Schumann, K., Wittig, R., Thiombiano, A., Becker, U., Hahn, K. (2010): Impact of landuse type and bark-and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. In: Forest Ecology and Management, 260(11), 2035–2044.
- Siddig (2018): Persönliches Gespräch mit Muneer Siddig, März 2018. Al Ubayyid. [Eigene Mitschrift].
- Venter, S.M., Witkowski, E.T.F. (2010): Baobab (*Adansonia digitata* L.) density, size-class distribution and population trends between four land-use types in northern Venda, South Africa. In: Forest Ecology and Management 259, 294–300.
- Venter, S.M., Witkowski, E.T.F. (2013): Where are the young baobabs? Factors affecting regeneration of *Adansonia digitata* L. in a communally managed region of southern Africa. In: Journal of arid environments, 92, 1–13.
- Von Breitenbach, F. (1985): Aantekeninge oor die groeitempo van aangeplante kremetartbome (*Adansonia digitata*) en opmerkinge ten opsigte van lewenstyd, groeifases en genetiese variasie van die spesie. In: J. Dendrol. 5, 1–21.
- Watson, R. (2014): The African Baobab. Kapstadt: Penguin Random House South Africa.
- Wickens, G.E. (1982): The Baobab: Africa's Upside-Down Tree. Kew.
- Wiehle, M., Prinz, K., Kehlenbeck, K., Goenster, S., Mohamed, S.A., Finkeldey, R., Buerkert, A., Gebauer, J. (2014): The African baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae): Genetic resources in neglected populations of the Nuba Mountains, Sudan. In: American Journal of Botany, 101(9), 1498–1507.
- Wilson, R.T. (1988): Vital statistics of the baobab (*Adansonia digitata*). In: African journal of ecology, 26(3), 197–206.

Kontakt

Prof. Dr. Jürgen Schweikart | Dipl.-Ing. Uwe Hofmann
Beuth Hochschule für Technik Berlin
Fachbereich III: Bauingenieur- und Geoinformationswesen
Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin
juergen.schweikart@beuth-hochschule.de
uhofmann@beuth-hochschule.de

Kristin Bolanz
kristinbolanz@gmail.com

Kathrin Meinhold | Prof. Dr. Jens Gebauer
Fakultät Life Sciences, Hochschule Rhein-Waal
Marie-Curie-Straße 1, 47533 Kleve
kathrin.meinhold@hochschule-rhein-waal.de
jens.gebauer@hochschule-rhein-waal.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.