



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 101 | Ausgabe 2

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Saharagärten. Ein landwirtschaftliches Pionierprojekt im Tibesti-Gebirge (Zentralsahara)

Von Tilman Musch

1 Einleitung

Keine hundert Kilometer nördlich von N'Djamena, der Hauptstadt der Republik Tschad in Zentralafrika, endet die asphaltierte Straße. Wer von hier weiter in das zentralsaharische Tibesti-Gebirge im fernen Nordwesten des Landes fahren will, wird noch weitere 1.600 Kilometer auf unbefestigten Pisten durch die Wüste reisen. Diese führen zuerst durch Landschaften des nördlichen Sahel mit ihrer im Laufe der Fahrt immer spärlicher werdenden Vegetation. Darauf gelangt der Reisende in Gegenden, die von Sand (**Abb. 1**) oder von Diatomit, einem Seesediment, geprägt sind, bis er nach Faya kommt, dem Hauptort der Provinz Borku.



Abb. 1: Materialtransport durch die Djurab-Wüste im Süden von Faya. Um im Sand nicht stecken zu bleiben, muss der Reifendruck verringert werden. Oktober 2021.

Bis hierher hat er in meist eineinhalb bis zweitägiger Fahrt etwas mehr als 1.000 Kilometer zurückgelegt. Der Weg führt ihn nun weiter nach Nordwest, zuerst durch staubige Diatomit-Landschaften, dann durch Sand- und Kieswüste und schließlich durch die Berge. Nach dieser ungefähr 460 Kilometer langen Reise, deren reine Fahrtzeit oft 12 Stunden oder mehr beträgt, gelangt der Reisende nach Zouar¹ im Tibesti. Vor ihm liegt nun noch eine unbefestigte Gebirgspiste von ungefähr 200 Kilometern Länge, die weitere 12 Stunden Fahrtzeit in Anspruch nehmen kann (s. u. **Abb. 30**). Dann erreicht er Bardai, den Hauptort der Provinz Tibesti und des gleichnamigen Gebirges (**Abb. 2**).



Abb. 2: Karte der Republik Tschad. Der Rahmen im Norden umfasst ungefähr das Gebiet, das auf Abb. 6 dargestellt wird. Kartenmaterial von Google Maps, verändert vom Autoren.

In ihm ist das Projekt *Saharagärten* angesiedelt, von dem dieser Bericht handelt. Ziel des Projektes ist die Einrichtung von mehreren nachhaltig wirtschaftenden kleinen Modellgärten in einer Region, in

¹ Da die meisten Ortsnamen in ihrer französisierenden Schreibweise bekannt sind und so auch auf Karten verwendet werden, wird diese in vorliegendem Bericht der Einheitlichkeit wegen beibehalten (z.B. Zouar statt Zuar). Eine korrektere Transliterierung der hier gebrauchten Ortsnamen wäre Gubon (anstelle von: Goubon), Hoši (Hochi), Murča (Mourtcha), Ozu / Aozu (Aouzou), Sürdoge (Surdoge), Tusside (Tousside), Wur (Wour), Zumri (Zoumri), Zui (Zoui). Die Namen der Provinz Borku und der Djurab-Wüste wurden in nicht französisierender Schreibweise verwendet.

welcher der traditionelle Oasen-Gartenbau aufgrund verschiedener noch zu erwähnender Umstände in Vergessenheit geraten ist.

Die *Saharagärten* werden von der Gerda Henkel Stiftung in ihrem Programmbereich „Soziale Begleitmaßnahmen“ seit Januar 2021 gefördert. Dieser Bereich umfasst soziale Projekte, die in der Kontinuität eines vorangehenden wissenschaftlichen und ebenfalls von der Stiftung geförderten Vorhabens entstanden sind. Da der Leiter eines solchen Projektes durch seine bisherige mehrjährige wissenschaftliche Tätigkeit einen privilegierten Zugang zu Menschen und Umwelt in seinem Forschungsgebiet hat, unterscheiden sich die „Sozialen Begleitmaßnahmen“ in ihrem Ansatz von den meisten Vorhaben der „klassischen“ Entwicklungshilfe. Auch ist das Budget der „Sozialen Begleitmaßnahmen“ so bemessen, dass es nicht die Finanzierung kostenaufwändiger Großprojekte abdeckt, sondern zur Durchführung gezielter Modellvorhaben dienen soll, die in Zusammenarbeit mit Einwohnern vor Ort entwickelt und dann von diesen selbst weitergeführt werden. Der Projektleiter selbst erhält in der Regel, wie im Fall der *Saharagärten*, kein Gehalt.²⁾

Saharagärten im Sinne des Projektes sind Kleingärten, die es Familien erlauben sollen, ihren Speisezettel durch frische Gartenbauprodukte aufzubessern und vielleicht einen Teil davon zu verkaufen. Größenmäßig liegen sie idealerweise, je nach der Menge des verfügbaren Wassers bzw. der Anzahl der Gärten um einen Brunnen, zwischen dem *Thrifty African Market Garden* mit 80 m² und den *Commercial African Market Garden* mit 500 m² (vgl. WOLTERING ET AL. 2011). Vor allem aber sollen die *Saharagärten* ein Modell nachhaltigen Gartenbaus sein, das zum Nachahmen anregt. Dazu wurden bereits zwei offene Brunnen (Hochi, Odorko) und zwei Bohrlöcher (Surdoge, Tanehart) angelegt und mit solargestützten Pumpensystemen ausgestattet, um die sich jeweils ein oder mehrere Gärten gruppieren. Anhand dieser Gärten schildert der folgende Bericht Aspekte des Projektes. Ein weiterer Brunnen befindet sich im Bau (Aowa / Aouzou), und drei bereits bestehende Brunnen (Wour, Logode I + II) wurden mit solargestützten Pumpensystemen ausgestattet. In den Gärten wurden und werden nachhaltige Bewässerungsmethoden erprobt. Die Gärten sollen im Sinne des für traditionelle Oasen typischen Stockwerkanbau wirtschaften (**Abb. 3**), d.h. sie sind eine Art „Waldgarten“ mit Dattelpalmen (*Phoenix dactylifera*) als „Zweiter Stock“, Obstbäumen und -sträuchern sowie Weinreben (*Vitis vinifera*) als „Erster Stock“ und meist einjährigen Nutzpflanzen als „Erdgeschoss“. Das Projekt unterstützt die Gärten mit Bäumen, Sträuchern, Reben und samenfestem Saatgut.

² Der Autor arbeitet als Ethnologe seit 2014 in der Zentralsahara und seit 2017 im Tibesti. Sein wissenschaftliches Vorhaben *The Tubu Teda's customary law, its contribution to stability in the Niger-Chad-Libya borderlands and legal heterarchy. A citizen-science approach* wurde von der Gerda Henkel Stiftung von 2018 bis 2020 gefördert und ging damit dem Projekt der *Saharagärten* voraus.

Dieses Forschungsvorhaben, wie auch die *Saharagärten*, sind an der Universität Bayreuth angesiedelt, an welcher der Autor inzwischen Privatdozent ist. Er arbeitet momentan am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin.



Abb. 3: Typischer Stockwerkanbau im Air-Gebirge (Timia / Republik Niger) mit Getreide, Zitrusfrüchten und Dattelpalmen. Die an einer durch die Bildmitte verlaufenden Linie aufgehängten Stoffketten und Blechgegenstände dienen als Vogelscheuchen. März 2019.

Die *Saharagärten* sind ein partizipatives Projekt und nicht „von außen“ implementiert. Sie wurden in ihrer Anfangsphase (Januar bis April 2021) zusammen mit Einwohnern konzipiert, die teilweise auch materiell zum Projekt beitrugen, so zum Beispiel durch das Beschaffen von Sand und Schotter aus der Umgebung zum Brunnenbau oder durch das Erstellen traditioneller Zäune aus Palmwedeln oder Tamarisken-Zweigen (**Abb. 4**).



Abb. 4: Ein Garten von Hochi mit Zwiebelbeeten im Vordergrund. Einige Beete sind mit Ziegenkot gedüngt. Wie viele Gärten ist auch dieser von einem Zaun aus Tamarisken-Zweigen umgeben. März 2023.

Auch im weiteren Verlauf des Projektes ging und geht es nicht um das Implementieren von Lösungen, sondern um das Erproben verschiedener Lösungsmöglichkeiten. Die Umwelten im Tibesti-Gebirge können kleinräumig so divers sein, dass das Einführen fertiger Lösungen von Anderswo nicht möglich wäre. Dieses Erproben wiederum kann nur mit lokalen Einwohnern als einer Art „Bürgerwissenschaftlern“ durchgeführt werden, da die Einrichtung einer Forschungsstation, wie sie einmal von der Freien Universität Berlin im Tibesti betrieben wurde (eröffnet 1965; vgl. FU 1974), oder auch nur der Unterhalt eines wissenschaftlichen Versuchsgartens, finanziell, logistisch und personell viel zu aufwändig wären. Zwar mag der eine oder andere bei einem solchen Vorgehen die wissenschaftliche Genauigkeit vermissen, doch hat das Erproben durch Laien den Vorteil, dass diese ihre Umwelt zumeist besser kennen und ihre zukünftigen Bedürfnisse treffender einzuschätzen wissen, als ein herbeigerufener Experte.

Dieser Bericht wird, nach einer kurzen Einführung zum Tibesti-Gebirge und den vier hier beschriebenen Gärten, auf drei existentielle Herausforderungen zu sprechen kommen, denen sich jeder, der in der Zentralsahara landwirtschaftlich tätig wird, zu stellen hat. Erstens muss Wasser erschlossen werden, zweitens müssen Methoden zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource „Wasser“ erprobt werden, und drittens müssen eingesetzte Nutzpflanzen mit den extremen Umweltbedingungen der Zentralsahara zurechtkommen. Diese Herausforderungen sind sowohl technischer als auch logistischer Art, bedingt durch die Entlegenheit des Tibesti-Gebirges.

2 Das Tibesti-Gebirge und die Projektstandorte

Das im Norden der Republik Tschad gelegene Tibesti ist mit einer Höhe von bis zu ca. 3.500 m das höchste Gebirge der Zentralsahara. Es ist von Vulkanismus geprägt (**Abb. 5**) und stellte einen der Rückzugsorte für Flora und Fauna während der Jahrtausende währenden Austrocknung der Sahara dar (vgl. GABRIEL 1973: 11 ff.).

Durch das zentrale Tibesti verläuft die Wasserscheide zwischen den Becken des Tschadsees und des Mittelmeers. Die jährliche Niederschlagsmenge, die mit zunehmender Höhe ansteigt, ist im gesamten Gebirge extrem niedrig und weist so auf aride bis hyperaride Umweltbedingungen hin (GRUNERT 1975: 9). Der Jahresniederschlag ist sehr variabel. So wurden in Bardai im Jahr 1966 60,7 mm gemessen und in den Jahren 1962 und 1970 kein Niederschlag (HECKENDORF 1972: 135). Nach einer seit den 1970-er Jahren anhaltenden Trockenheit (vgl. L'HOTE et al. 2002; THOMAS & NIGAM 2018) kam es im Jahr 2019 zu starken Niederschlägen in der Regenzeit (Juli-September), die sich im Folgejahr wiederholten, wogegen im Jahr 2021 in vielen Gegenden des Tibesti der Niederschlag fast ganz ausblieb (MUSCH 2020a und unveröffentlichte Beobachtungen des Autors).



Abb. 5: Die Caldera des Natronlochs im Tibesti mit holozänen Sekundärvulkanen. Der Grund der Caldera ist stellenweise mit Natriumcarbonat-Verbindungen bedeckt. Im Hintergrund der Emi Tousside, mit seinen 3.265 Metern einer der höchsten Berge der Zentralsahara. November 2017.

In den Oasen des Tibesti bauten früher deren Bewohner, die zu den Tubu Teda gehören, Tomaten (*Solanum lycopersicum*) und Getreide, wie Perlhirse (*Pennisetum glaucum*) und Weizen (*Triticum sp.*) an (vgl. ROSTANKOWSKI 1982) und kultivierten Dattelpalmen (vgl. CHAPELLE 1982: 192). Gerade die Vielfalt der lokalen robusten Dattelvarietäten des Tibesti, wie auch die anderer Orte der Zentralsahara (vgl. MUSCH 2018, 2021a), verdient Aufmerksamkeit, da sie einen erhaltenswerten Genpool darstellt. Mit dem Ertrag dieser Kulturen versorgte früher das Tibesti den Süden Libyens. Aufgrund von Abwanderungen, die bereits in den 1960-er Jahren begannen, und 1968 einsetzenden Kriegswirren, geriet der Gartenbau jedoch größtenteils in Vergessenheit. Ihre frühere gartenbauliche Tradition war eines der Kriterien bei der Auswahl der Projektstandorte.

Von den vier hier vorgestellten Projektstandorten (**Abb. 6**) liegen Hochi, Odorko und Surdoge im Flusssystem des Bardage, der das Gebirge nach Nordwesten ins Binnendelta Arrâï entwässert (MUSCH 2021b). Das Einzugsgebiet des Bardage befindet sich in quartären und tertiären Vulkaniten, die aus Basalt, Trachyt, Andesit oder Ignimbrit bestehen (SCHINDLER & MESSERLI 1972: 144). Der vierte (Tanehart) liegt im Wadi von Aouzou, dessen Zuflüsse größtenteils im Bardai-Aouzou-Sandstein liegen. Das Wadi von Aouzou entwässert nach Norden in das Binnendelta der Tanoa (MUSCH 2021b; vgl. auch RESEAU). An den ersten drei Standorten liegt der PH-Wert der Böden jeweils bei 7.³)

³ Gemessen mit dem „PH-Bodentest“ von Neudorff. In Tanehart wurde bisher keine PH-Messung durchgeführt.

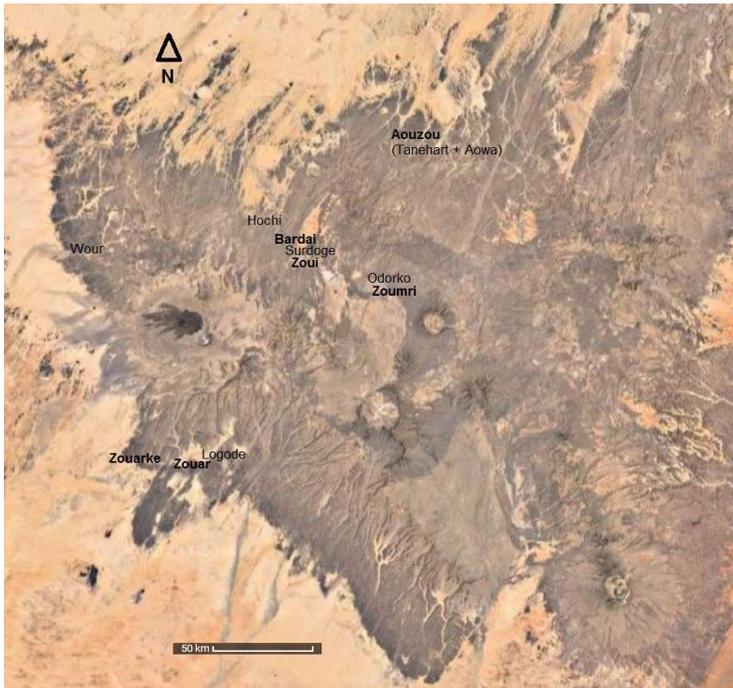


Abb. 6: Die Karte zeigt einen Ausschnitt des Tibesti-Gebirges mit den Projektstandorten, sowie einige weitere größere Orte (Fettdruck). Tanehart und Aowa sind Viertel der Siedlung von Aouzou. Kartenmaterial von Google Maps, verändert vom Autoren.

Hochi liegt in einem Wadi im Nordwesten von Bardai (**Abb. 7**), unweit der traditionellen Datteloase Ohudi. Aus dieser stammt die begehrte Dattelvarietät *egeneši*, die als eine der besten im gesamten Tibesti gilt. In Hochi befanden sich im Jahr 2021 bereits ein oder zwei verwilderte Gärten. Viehhalter der Hochflächen des Tarso Tousside nutzen die Wasserstellen um Hochi und seine Weidemöglichkeiten während der heißen und trockenen Jahreszeit (März bis Juni). Die Baumvegetation um Hochi ist geprägt von *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* und *Tamarix* sp. Der Boden besteht aus einer dünnen Schicht feinen Sands, gefolgt von Ton und Sand in unterschiedlichem Mischverhältnis und (fast) reinem Ton. Darauf folgen Schichten von Sand unterschiedlicher Körnung vermischt mit Kies.



Abb. 7: Das Tal von Hochi. November 2021.

Surdoge (**Abb. 8**) liegt im Osten von Bardai, auf dem Weg nach Zoui. Letzteres war bis in die 1970-er Jahre ein Hauptort für Dattelnkultur und Gartenbau im Tibesti (vgl. SAINT-SIMON 1952).



Abb. 8: Der Weg von Bardai nach Zoui nahe Surdoge. Oktober 2020.

Nicht nur die Einwohner des Ortes selbst, sondern auch Familien aus Zouar und die Viehhalter der Hochflächen des Tarso Tousside besaßen hier ihre Palmen. Zoui hat heute nur noch wenige Einwohner, liegt aber an einer wichtigen Route, die von Bardai nach Zoumri und ins Ost-Tibesti führt. Die umgebende holzige Vegetation ist geprägt von *A. tortilis* ssp. *raddiana*, *Tamarix* sp. und *Salvadora persica*. Das Substrat besteht aus Sand, gefolgt von Ton, Kies und Sand in unterschiedlicher Schichtung.

Odorko gehört zum Ort Zoumri und war bis in die 1960-er Jahre ein Zentrum für den Anbau von Hirse im Tibesti. Nach Aussagen der Einwohner soll es zu dieser Zeit 60-100 kleinere Brunnen gegeben haben. Odorko wurde auch *Mourtcha Kinnimi* („Kleines Mourtcha“) genannt, nach dem Ort Mourtcha in der heutigen Provinz Ennedi West von Tschad. Hier wurde früher viel Hirse angebaut, wegen derer Einwohner des Tibesti nach Mourtcha kamen. In den 1960-er Jahren sollen die Einwohner von Odorko ausschließlich vom Gartenbau gelebt haben (vgl. auch SCHINDLER & MESSERLI 1972: 146). Mit der in den 1970-er Jahren einsetzenden Dürre vertrockneten Gärten und sogar die Dattelhaine (**Abb. 9**).



Abb. 9: Ehemaliges Gartenland von Odorko mit verdorrten Dattelpalmen. Die Akazien im linken Bildhintergrund sind von einer Art Gespinstmotte kahlgefressen. März 2021.

Erst seit dem Jahr 2018 stieg der Grundwasserspiegel wieder, zuerst auf 6 m und bis 2021 auf ein Niveau von stellenweise nur 3 m. Die Umgebung ist geprägt von einer Vegetation aus *A. tortilis* ssp. *raddiana*, *Tamarix* sp. und *S. persica*. Ein Brunnenprofil eines ungemauerten 6,3 m tiefen Brunnens zeigte eine Wechselschichtung aus Sand und Kies sowie Geröllen, deren Hauptmaterialien Basalt und Tuff waren (SCHINDLER & MESSERLI 1972: 146). Beim rezenten Brunnenbau traten tonhaltiger Sand, dann Sand und Kies zu Tage.

Das Viertel Tanehart liegt in der Siedlung von Aouzou. Der Ort, der 1994 von Libyen aufgegeben wurde, ist von mehreren Minenfeldern umgeben und von seiner extrem fernen Lage in Richtung zur heutigen libyschen Grenze gekennzeichnet (vgl. MUSCH 2020b: 168-171). Im Jahr 2020 brannten große Teile seines Palmenhaines ab (**Abb. 10**).

Es gibt bereits mehrere Gärten im Viertel Tanehart; dessen Vegetation ist deshalb hauptsächlich von Dattelpalmen und einigen *A. tortilis* ssp. *raddiana* gekennzeichnet. Der Boden besteht aus Sand mit hohem Tonanteil. Bei Anlage des Bohrlochs traten Sand unterschiedlicher Durchmischung mit Ton und etwas tiefer feiner Kies zutage.



Abb. 10: Ein Teil des Dattelhains von Aouzou nach dem Brand. März 2021.

3 Der Brunnenbau

Immer häufiger werden im Tibesti kostenaufwändige Tiefbrunnen gebohrt (**Abb. 11**), die sich aus Aquiferen in hundert oder mehr Metern Tiefe bzw. aus unterschiedlichen Wasserschichten speisen, und damit einem erhöhten Risiko unterliegen, durch Mineralien kontaminiertes Wasser zu führen. So zum Beispiel wurde in Wour im Jahr 2021 ein Tiefbrunnen fertiggestellt, der eine Tiefe von 204 m und eine Wassersäule von 104 m haben soll. Sein Wasser enthält in relativ großer Menge Natriumcarbonat-Verbindungen, die ihm beim Trinken einen leicht salzigen Geschmack geben.

Tiefbrunnen verleiten erfahrungsgemäß zur Verschwendung und führen zur Zentralisierung des Zugangs zu Wasser. Ihr Bau war deshalb nie das Ziel der *Saharagärten*. Deren Brunnen und Bohrlöcher erreichen oberflächennahe Grundwasserschichten, die ein Reservoir des aus den Bergen zusammengelaufenen Regenwassers vergangener Jahre darstellen, das sie offenbar aus unterschiedlichen Grundwasserkörpern beziehen.

Auf letzteren Sachverhalt weisen Tritium-Messungen anhand von Brunnenwasser aus dem Bardage-Flusssystem hin. Insbesondere bei einem Brunnen von Bardai, aus dem zwei unterschiedliche Proben innerhalb von vier Monaten entnommen wurden, zeigte sich eine Altersdifferenz von zehn Jahren (SIEGENTHALER ET AL. 1972: 158). Das weist darauf hin, "dass kein einheitlicher Grundwasserkörper vorliegt, und dass die hydrologischen Verhältnisse stark variieren können" (ibid.).



Abb. 11: Maschine zum Bau von Tiefbrunnen neben begunenem Brunnen. Solche Tiefbrunnen hat das Projekt nicht angelegt. Wadi Taw (nahe Zouar), November 2021.

Beim Bau eines offenen Brunnens (**Abb. 12**) wird manuell ein Schacht bis zum ersten Auftreten von Wasser gegraben. Darauf wird mit dem Guss der Brunnenwand aus Beton begonnen. Hat die Wand die Erdoberfläche erreicht, wird gleichmäßig weiter gegraben, bei gleichzeitigem Abpumpen des Wassers, sobald dieses eintritt. Die Wand in Form einer Röhre sinkt durch ihr Eigengewicht mit dem Fortschreiten des Schachts nach unten.



Abb. 12: Bau des Brunnens von Hochi mit Aushubhügeln. Aus der Wand der Brunnenröhre ragt Armierungsstahl für den Weiterbau heraus. Am linken Bildrand sind Teile der Gussform zu erkennen. November 2021.

Bei geringer Brunntiefe und festem Substrat fehlt traditionellen Brunnen manchmal die Stabilisierung der Brunnenröhre (z.B. durch Steine oder Holz). Solche Brunnen sind nicht dauerhaft und einsturzgefährdet. Die notwendige Tiefe eines Brunnens bemisst sich nach der benötigten Wassermenge und nach der Beschaffenheit des Substrats, je nachdem ob dieses einen starken (Sand, Kies) oder schwächeren (Ton) Wasserandrang erlaubt.

Zum Guss der Brunnenröhren in Meterabschnitten wird eine Schalung angefertigt, die bei den Brunnen der *Saharagärten* einen Durchmesser von ca. 1,5 m hat. Die Schalung besteht aus je zwei Halbzylindern aus Blech von 1 m Höhe, die an den Kanten mit Winkeleisen aus Stahl verstärkt sind. Je zwei der vier Halbzylinder beschreiben respektive den äußeren und den inneren Zylinder der Schalung. Der Hohlraum zwischen den beiden Zylindern (hier 15 cm – 20 cm) wird mit Beton ausgegossen, der mit Armierungsstahl verstärkt ist. Wegen mangelnder Präzision bei der Arbeit einer „professionellen“ Schweißer-Werkstatt in Bardai beschreibt die für die *Saharagärten* gefertigte Schalung keinen exakten Kreis sondern eher ein Oval, das dann, je nach Geschick des Brunnenbaumeisters, hin zu einem Kreis verformt werden kann. Der Durchmesser einer damit gegossenen Brunnenröhre liegt zwischen 1,33 m und 1,5 m; die Dicke der Brunnenwand ist aufgrund der erwähnten Ungenauigkeit ebenfalls leicht variabel.

Der Guss der Brunnenwand geschieht in Meterschritten. Nach jedem Meter härtet der Beton einen Tag aus. Geht man davon aus, dass beim manuellen Graben ein Tag pro Meter notwendig ist, so werden zum Bau eines 5 m tiefen Brunnens theoretisch 15 Tage benötigt. Oft jedoch verzögert sich der Bau wegen Fehlen des Materials, Abwesenheit der Arbeitskräfte oder aus anderen Gründen.

Baumaterialien (Zement und Stahl) werden ins Tibesti gewöhnlich aus Libyen auf großen Lastwagen nach Wour, Bardai und Zouar (bzw. in das nahegelegene und leichter erreichbare Zouarke) eingeführt und müssen dann auf Pick-Ups weitertransportiert werden. Sand und Schotter können vor Ort abgebaut werden. Preise für Material können stark variieren, da sie von der momentanen lokalen Konjunktur abhängen, und da die politisch instabile Lage in Libyen oft zu starken Preisschwankungen führt. Der Preis für einen Sack Zement in Bardai lag im März 2021 bei 6.000 FCFA (9,14 Euro) und schwankt im Allgemeinen zwischen 5.000 FCFA (7,61 Euro) und 10.000 FCFA (15,23 Euro).

Ein Bohrloch ist ein mit im wasserführenden Bereich des Erdreichs geschlitzten PVC-Rohren (Durchmesser hier 15 cm) ausgekleidetes Loch. Der zur Anlage des Lochs (**Abb. 13**) notwendige Bohrer besteht aus einem Bohrkopf, auf den ein ca. 4 m langes Stahlrohr gesetzt wird. Über einen an eine Pumpe angeschlossenen Schlauch wird zum oberen Ende des Rohrs Wasser eingeführt, das zu Öffnungen des Bohrkopfs wieder austritt und den Abraum nach oben schwemmt. Dort wird das Wasser zur Klärung durch zwei Becken geleitet und durch Frischwasser ergänzt, um dann wieder in das Rohr eingepumpt zu werden. Vier Arbeiter drehen das Rohr anhand eines am Rohr beliebig nach oben und unten zu verschiebenden Stahlkreuzes. Ist die Bohrung soweit fortgeschritten, dass das Rohr im

Boden versunken ist, können weitere Rohre aufgesetzt werden. Ist das Loch tief genug, wird das Bohrgestänge herausgezogen und durch die PVC-Rohre ersetzt. Durch die Bohrung entstandene Hohlräume um das PVC-Rohr sollten mit Kies aufgefüllt werden.



Abb. 13: Anlegen des Bohrlochs von Tanehart. Das Bohrgestänge steht im Loch, Wasser wird über einen Schlauch zugeführt. Die beiden Becken in Bildmitte dienen dem Auffangen und der Klärung des gebrauchten Wassers. Im Hintergrund die blauen PVC-Rohre, mit denen das Loch ausgekleidet werden wird. Oktober 2021.

Offene Brunnen und Bohrlöcher haben Vor- und Nachteile. Der größte Vorteil eines offenen Brunnens mit Betonschalung ist vor allem seine Dauerhaftigkeit; dazu kann er einfach gereinigt und vertieft werden. Sollte die Pumpentechnik ausfallen, lässt sich aus ihm problemlos manuell Wasser schöpfen. Nachteile sind die im Vergleich zum Bohrloch hohen Kosten und der zeitliche und materielle Aufwand bei seinem Bau. Die Vorteile des Bohrlochs sind dagegen seine relativ geringen Kosten und die Schnelligkeit, mit der es angelegt werden kann. Dazu kommt, dass es, nachdem eine Tauchpumpe hereingehängt wurde, versiegelt werden kann. Die Pumpentechnik ist deshalb keinen Störungen oder dem Risiko von Diebstahl ausgesetzt. Die Nachteile eines Bohrlochs sind dagegen, dass eine Bohrung beim Auftreffen auf einen größeren Stein abgebrochen und an anderer Stelle neu begonnen werden muss, und dass seine Wände, je nach Substrat, noch während der Bohrung instabil werden können und das Loch dann beim Herausziehen des Bohrrohrs zusammenfällt. Nachteile sind auch, dass ein Bohrloch im gegebenen Kontext nicht gereinigt und nicht vertieft werden kann. Auch benötigt der Nutzer immer eine Pumpe, um Wasser zu fördern.

Der Brunnen von Odorko hat eine Tiefe von knapp 4 m mit einer Wassersäule von 1,72 m und der Brunnen von Hochi eine Tiefe von ungefähr 4 m mit einer Wassersäule von 2,5 m (Stand: März 2021). Das Bohrloch von Tanehart hat eine Tiefe von knapp 12 m mit einer Wassersäule von ca. 4 m, und das Bohrloch von Surdoga ist 13 m tief mit einer Wassersäule von 2 m (Stand: Oktober/November 2021). Da die Brunnen und Bohrlöcher der *Saharagärten* seit ihrem Bau stark frequentiert sind, ist es praktisch unmöglich, die exakte Höhe der Wassersäulen zu bestimmen. Dazu müssten sie mindestens eine Nacht abgesperrt werden. Und auch dann erhielte man nur einen einzelnen Wert, der zu einer anderen Jahreszeit ein anderer sein könnte.

Sowohl in Hochi als auch in Odorko ist der Wasserandrang so stark, dass beim Bau ab einer bestimmten Tiefe nicht mehr genügend Wasser abgepumpt werden konnte, um ein Weiterarbeiten zu ermöglichen. In Odorko kamen sogar zwei Pumpen gleichzeitig zum Einsatz (die auf dem Markt von Bardai angebotenen Pumpen haben in der Regel 7,5 PS mit einem Ausstoß von geschätzt 7 m³ pro Stunde). Wegen des starken Zuflusses stellt dies grundsätzlich kein Problem dar, und sollte sich der Grundwasserspiegel einmal absenken, können die beiden Brunnen einfach vertieft werden. Die Betonröhre der Brunnen ragt knapp einen Meter über die Erdoberfläche heraus, so dass die Brunnen vor dem Rücklauf von Schmutzwasser und, bei Überschwemmungen im Wadi, vor dem Verschlämmen geschützt sind. Dass dieser erhöhte Brunnenrand auch Lebewesen vor dem Hineinfallen bewahren soll und den Wind daran hindert, Gegenstände und Staub in den Brunnen einzutragen, versteht sich von selbst.

Obwohl zuerst allein zur Wasserversorgung von Gärten konzipiert, führten lokale Dynamiken dazu, dass das Bohrloch von Tanehart und der offene Brunnen von Hochi zu polyvalenten Brunnen wurden. Neben der Versorgung der umliegenden Kleingärten dient das Bohrloch von Tanehart auch der Trinkwasserversorgung des Wohnviertels (die Trinkwasserversorgung von Aouzou, zu der Tanehart gehört, brach in Folge des Abzugs der Libyer im Jahr 1994 zusammen). Der Brunnen von Hochi liefert nicht nur den neu angelegten umliegenden Gärten Wasser, sondern dient auch zum Tränken von Ziegen- und Schafherden, die zur heißen Jahreszeit von den Hochflächen des Tarso Tousside in die Täler kommen, wie auch der Trinkwasserversorgung.

4 Pumpen- und Bewässerungstechnik

Versalzung und die Absenkung des Grundwasserspiegels stellen zwei große Probleme für Landwirtschaft und Gartenbau in ariden Zonen dar. Versalzung (**Abb. 14**) bezeichnet einen Prozess, bei dem sich auf Grund einer negativen Wasserbilanz (= höhere Verdunstung als Niederschläge) in der obersten Bodenschicht Salze anreichern (vgl. WALLER & YITAEW 2016). Diese Salze gelangen durch Kapillarkräfte aus tieferen Schichten an die Oberfläche. Dazu kommt, im vorliegenden geographischen Kontext, wohl auch die Anreicherung von Salzen aus dem Gießwasser. Denn in vielen Fällen scheint

das Wasser im Tibesti, im Vergleich zu Süßwasser anderer Gegenden, einen hohen Mineralgehalt aufzuweisen. Es ist eine Art Süßwasser, "das mit einem Zusatz von NaHCO_3 und NaCl versehen ist" (SCHINDLER & MESSERLI 1972: 148).⁴) Zum zweiten Problem, der Absenkung des Grundwasserspiegels, kommt es durch Übernutzung der Wasserressourcen. Ein Beispiel dafür ist das Air-Gebirge in der Republik Niger mit seinem florierenden Gartenbau (vgl. ANTHELME ET AL. 2006: 9).



Abb. 14: Natriumcarbonat-Verbindungen, die auf den Dämmen eines Luzerne-Beets auskristallisiert sind. Das Beet ist mit Ziegenkot gedüngt. Umgebung von Bardai, November 2021.

Bei der „traditionellen“ Bewirtschaftung eines Oasengartens im Tibesti und an anderen Orten der Zentralsahara wird oft mit dem Schöpfbrunnen (*Schaduff*) Wasser gefördert (**Abb. 15**).



Abb. 15: Schöpfbrunnen in der Oase Goubon im Zentralstibesti. November 2019.

⁴ Da kein Leitfähigkeitsmessgerät zur Verfügung stand, wurde bei den Brunnen von Hochi, Odorko und Surdoge versucht, den Salzgehalt mit einem Refraktometer (PCE-0100) zu bestimmen. Dieser lag bei 0 ‰. Möglicherweise war der Salzgehalt zu gering, um mit dem Refraktometer korrekt bestimmt zu werden.

Dieses wird dann über Kanäle zu den Beeten geleitet. Wenngleich arbeitsaufwändig, hat sich der Schöpfbrunnen insofern bewährt, als dass seine Förderleistung stark begrenzt ist. So verleitet er kaum jemanden zur Verschwendung von Wasser, womit auch der Versalzung teilweise vorgebeugt wird. Heute jedoch trifft im Tibesti oftmals die „moderne“ Technik auf „traditionelle“ Methoden. Das heißt, Benzin-Pumpen mit hoher Förderleistung wie die oben genannten werden oft dort eingesetzt, wo die Bewässerungstechniken noch nicht der Notwendigkeit eines sparsamen Umgangs mit Wasser angepasst wurden. Mit solchen Pumpen kann viel Wasser in die ins Erdreich gegrabenen Kanäle gepumpt werden, so dass, wenn auch ein Großteil davon im sandigen Substrat versickert, immer noch genug Wasser zu den Beeten gelangt, um diese damit zu fluten – eine „traditionelle“ Methode, die es heute noch möglich macht, mit geringstmöglichem Arbeitseinsatz und den geringstmöglichen Investitionen zu wässern (**Abb. 16**). Eine der Herausforderungen des Projektes ist es, einem solchen nicht nachhaltigen Umgang mit Wasser entgegenzuwirken.



Abb. 16: Beispiel eines nicht nachhaltigen Umgangs mit Wasser in einem Garten in der Umgebung von Bardai: Wasser wird über lange, breite und zum Erdreich hin nicht abgedichtete Kanäle zu den Beeten geleitet. März 2022.

Die offenen Brunnen und Bohrlöcher der *Saharagärten* wurden mit solarbetriebenen Lorentz-Pumpen der Baureihe PS2-100 AHRP ausgerüstet (**Abb. 17**), die eine Förderleistung von 1,9 m³ bis 2,8 m³ pro Stunde haben und damit gegenüber den Benzinpumpen relativ schwach sind.⁵

Rechnet man jedoch mit acht Sonnenstunden und 1,9 m³ Förderleistung pro Stunde, so ist man mit mehr als 15 m³ am Tag in einer Größenordnung, die denen, welche bereit sind, althergebrachte Bewässerungsmethoden zu ändern, das Wässern mehrerer Kleingärten erlaubt. So zum Beispiel geben WOLTERING ET AL. (2011: 614-15) für ihr Modell des *Commercial African Market Garden* mit 500 m² Fläche als – wahrscheinlich für den gegenwärtigen geographischen Kontext zu gering bemessene – Richtgröße für den Wasserbedarf bei Tröpfchenbewässerung 4 m³ Wasser pro Tag an. Wie bereits erwähnt, stellen 500 m² bereits die Obergrenze für einen Kleingarten, wie ihn das Projekt konzipierte, dar.



Abb. 17: Das Bohrloch von Surdodge mit hineingehängter Tauchpumpe und Solarpanels. Man erkennt das schwarze Hartplastikrohr an der Oberkante des Brunnenrohrs, um den Pumpenschlauch gegen Abknicken zu sichern. Im Hintergrund eine frisch angelegte Dattelpflanzung. März 2022.

⁵ Diese Baureihe bietet drei Pumpentypen an, die sich jeweils in Förderhöhe und Förderrate unterscheiden: PS2-100 AHRP-07S (Förderhöhe: 40 m; Förderrate 1,1 m³ / h), PS2-100 AHRP-14S (eingesetzt in Hochi und Tanehart; 27 m; 1,9 m³ / h), PS2-100 AHRP-23S (eingesetzt in Odorko und Surdodge; 18 m; 2,8 m³ / h). Gewählt wurde Pumpenklasse II, da sich bei einer dauerhaften Temperatur von über 20° C (Klasse I reicht von 10° C bis 20° C) die Gummis an der Welle ausdehnen und schneller verschleifen. Durch wesentlich wärmeres Wasser kann die Pumpe sogar blockiert werden. Bei für die jeweilige Klasse zu kaltem Wasser fördert die Pumpe weniger, ohne jedoch Schaden zu nehmen. Bei einer einmaligen Messung der Wassertemperatur mit einem Aquarienthermometer ergab sich für Hochi 26° C (16/03/2022, 13:47 Uhr) und für Odorko 29° C (15/03/2022, 11:27 Uhr). Alle Pumpen wurden mit einem Trockenlaufschutz ausgerüstet. Sie beziehen ihre Energie über je zwei Solar-Module (PH 100 W / 24 V). Das Wasser wird in einem 1“-Schlauch aus dem Brunnen an die Oberfläche befördert. An der Oberkante von Brunnen und Bohrloch, dort, wo der Schlauch aus der Vertikalen in die Horizontale übergeht und das Risiko des Einknickens besteht, wird er zur Verstärkung durch ein ungefähr meterlanges Hartplastik-Rohr geführt.

Um Wasser sparsam zu nutzen, müssen nun diese relativ „schwachen“ Tauchpumpen der *Saharagärten* durch nachhaltige Bewässerungsmethoden ergänzt werden.

Welche Methoden kämen hier in Frage?

Wenn man vom vollkommen unpopulären, weil physisch anstrengenden Einsatzes der Gießkanne absieht, dann bieten sich dazu mit Schwerkraft arbeitende Tropfbewässerungssysteme an, wie das für Kleingärten konzipierte *Family Drip System* von NETAFIM, das aber vor Ort nicht erhältlich ist und wahrscheinlich auch zu teuer wäre, um eine nachhaltige Perspektive darzustellen. D.h., wahrscheinlich würde niemand ein solches System, wenn dieses spätestens nach 3-4 Jahren erneuert werden müsste, nachkaufen.⁶⁾ Diese Bemerkung gilt, gerade auch wegen der hohen Transportkosten, momentan wohl für die meisten Bewässerungssysteme. Kostengünstige Tropfschläuche werden von einigen Einwohnern aus Libyen eingeführt. Wahrscheinlich sind diese Tropfschläuche jedoch noch weniger dauerhaft. Recycelt werden können Tropfschläuche im Tibesti nicht. Die Notwendigkeit einer regelmäßigen je nach Qualität mehr oder weniger kostenaufwändigen Erneuerung der Bewässerungssysteme und das Problem ihrer Entsorgung sind zwei wichtige Parameter, die bei einem um Nachhaltigkeit bemühten Vorgehen beachtet werden sollten.

Da es das Ziel des Projektes ist, Modellgärten zu schaffen, die zur Diskussion über die unterschiedlichen Bewässerungstechniken und zum eigenständigen Nachahmen anregen, geht es nicht darum, Gärten komplett mit „modernen“ Bewässerungssystemen auszustatten. Zudem würde dies zu Abhängigkeiten von solchen Systemen führen, und wenn, nach Projektende, Tropfbewässerungssysteme ersetzt werden müssten, könnte ein Gärtner qualitativ gute Systeme möglicherweise gar nicht beziehen bzw. bezahlen. Deshalb arbeiten die *Saharagärten* weiterhin größtenteils mit der „traditionellen“ Bewässerungsmethode der Zuleitung über Kanäle und des Flutens der Beete. Gleichzeitig wird jedoch versucht, eine Diskussion anzustoßen, wie diese Methode optimiert werden könnte. So kann zum Beispiel versucht werden, Kanäle zum Erdreich hin zu isolieren (**Abb. 18**), Wasser in Rohren zu leiten (bzw. in einem Schlauch wie auf Abb. 29 s. u. zu sehen) oder Transportwege zu verkürzen. Auch ist es sinnvoll, entlang der Kanäle Obstbäume und -sträucher sowie andere größere Nutzpflanzen (z.B. *Hibiscus sabdariffa* oder *Moringa oleifera*) anzupflanzen, um so das versickernde Wasser zu nutzen.

⁶ Siehe dazu <https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/netafim-family-drip-system/> (aufgerufen am 27/04/2023). Im Jahr 2021 wurde ein *Family Drip System* für 500 m² dem Projekt von einem NETAFIM-Vertreter für 98,95 \$ ab Werk angeboten, mit dem Hinweis, dass die Tropfschläuche alle 3-4 Jahre zu erneuern wären.



Abb. 18: In Eigeninitiative von einem Gärtner von Odorko zum Erdreich hin abgedichtete Wasserkanäle. Daneben Beete mit Luzerne. März 2022.

Neben der beschriebenen „traditionellen“ Bewässerungsmethode wurde in den *Saharagärten* versucht, eine Technik zu erproben, die in diesem geographischen Kontext noch nicht im Einsatz ist: die Unterflurbewässerung. Dazu wurden in einem kleinen Teil der Beete Perlschläuche von ecotube verlegt. Diese rundum porösen Schläuche geben Wasser durch Schwerkraft ab, welche durch eine erhöht stehende Zisterne als Reservoir erzeugt wird. Gleichzeitig entsteht durch die Verlegung im Substrat Saugspannung, die zum Austritt von Wasser aus dem Schlauch führt.

Mit den Perlschläuchen von ecotube soll, nach einer an der Hochschule Weihenstephan durchgeführten Studie (KUNZE 2021: 18), bis zu 35 % Wasser in Vergleich zur Tropfbewässerung eingespart werden können. Gleichzeitig wurde bei einem Versuch mit Lollo Bionda Salat eine Zunahme der Frischmasse um 9 % im Vergleich zur Tropfbewässerung gemessen (ibid.). Eine noch zu überprüfende Hypothese wäre, dass es durch die unterirdische Verlegung auch zu bedeutend geringeren Verdunstungsraten des Wassers kommt, und dass der Perlschlauch eine längere Lebenserwartung hat, da er äußeren Umwelteinflüssen, insbesondere Hitze und der hohen Sonnenintensität, nicht oder weniger ausgesetzt ist.

Der Perlschlauch wird größtenteils aus recycelten Altreifen hergestellt und kann nach Herstellerangaben wieder zu neuen Perlschläuchen recycelt werden.⁷⁾ Das ist, wie bereits erwähnt, momentan im gegebenen geographischen Kontext nicht möglich. Allerdings stellt diese Herstellungsweise gerade in Afrika, wo Altreifen vielerorts nicht auf „moderne“ Weise entsorgt oder recycelt werden können, eine interessante Perspektive dar. Ließe sich der Perlschlauch in Afrika produzieren, so wäre Rohmaterial in ausreichendem Maße vorhanden.

Zur Einrichtung der Unterflurbewässerung wurde ein stark meterhoher Sockel aus Zementziegeln erstellt und darauf eine Kunststoff-Zisterne platziert (je nach lokaler Verfügbarkeit 1.000-2.000 l), so dass durch Schwerkraft und in Abhängigkeit vom Füllstand ein Druck von mindestens 0,1 bar erzeugt wird. Von der Zisterne wird über einen ¾“-Schlauch und über einen Filter Wasser in zwei separat verlegte Perlschläuche eingespeist, die jeweils 25 m lang sind (**Abb. 19**). Je nach Kultur wurden die Schläuche mindestens 15 cm tief in der Erde verlegt. Die Perlschläuche laufen durchgehend jeweils in 3-4 Bahnen von entsprechender Länge.⁸ Der Abstand der Bahnen zueinander ist variabel, in Abhängigkeit von den angebauten Pflanzenarten.



Abb. 19: Freigelegtes Teilstück eines Perlschlauchs. Surdoge, März 2022.

Im Schaugarten des *Centre National de Recherche pour le Développement* (CNRD) in der tschadischen Hauptstadt N'Djamena bewässert ein solches Perlschlauchsystem bereits seit 2021 fast durchgehend (mit Ausnahme der Regenzeit) ein Versuchsbeet (**Abb. 20 + 21**).⁹

⁷ https://ecotube-home.de/?gclid=Cj0KCQjw3a2iBhCFARIsAD4jQB0AWn0InPcCIVpqLH24NHmRIuKni74bTzGQA3WJ8AxyceVquoj5hXlaAnMiEA_Lw_wcB (zuletzt aufgerufen am 28/04/2023).

⁸ Im Detail: Aus der Zisterne läuft das Wasser über einen ¾“-Schlauch in einen Filter (120 Mesh, ¾“), dann weiter zu einem Doppelhahn und von diesem weiter zu jeweils einem Perlschlauch von 25 m Länge.

⁹ Ziel dieses Versuchsbeetes, das im Rahmen der *Saharagärten* angelegt wurde, ist nicht der Vergleich, denn in der tschadischen Hauptstadt herrschen ganz andere Umweltbedingungen als in der Zentralsahara vor. Ziel ist es vielmehr, das



Abb. 20: Die Zisterne zur Versorgung des Perlschlauch-Systems im Schaugarten des CNRD in N'Djamena.



Abb. 21: Versuchsbeet im Schaugarten des CNRD in N'Djamena. In der Mitte Sonnenblumen einer „Blühstreifenmischung“. Man erkennt stellenweise den verlegten Perlschlauch anhand der durch ihn befeuchteten Erde. Rechts wurde wahrscheinlich zusätzlich gegossen. Dezember 2022.

Projekt, das in einer äußerst schwer zugänglichen und fern von der Hauptstadt gelegenen Region durchgeführt wird, einem größeren städtischen Publikum bekanntzumachen und dabei auch Entscheidungsträger zu erreichen. Die Problematik des ressourcenschonenden Umgangs mit Wasser und die Notwendigkeit einer stärkeren Hinwendung zu robusten, leicht weitervermehrten Kulturpflanzen aus samenfestem Saatgut bestehen ungeachtet der unterschiedlichen Umweltbedingungen auch in den südlichen Provinzen der Republik Tschad, wo Gartenbau und Landwirtschaft stellenweise weit verbreitet sind.

Da in diesem Beet auch samenfeste Gemüsesorten angebaut werden, wollte es bisher jedoch niemand riskieren, den Minimum-Bedarf der Pflanzen und damit deren Strapazierfähigkeit und die tatsächlich zur Bewässerung notwendige Wassermenge exakt zu erproben.

Wenngleich das Perlschlauch-System in der Hauptstadt N'Djamena erfolgreich eingesetzt wird, so scheint es im Tibesti nicht leicht akzeptiert zu werden. Das mag daran liegen, dass das Wasser bei der Unterflurbewässerung größtenteils nicht zu sehen ist, weshalb die Perlschläuche in mehreren Fällen als „verstopft“ bezeichnet wurden. Dies konnte allerdings eine von ecotube durchgeführte Überprüfung von Probestücken, die im März 2023 im Tibesti genommen wurden, nicht bestätigen, und die Schläuche scheinen durchaus funktionstüchtig zu sein. Wahrscheinlich kommen hier unterschiedliche kulturellen Auffassungen von „Bewässerung“ ins Spiel. Wasser müsse für die Einwohner fließen und sichtbar sein, kommentierte dazu ein in Bardai tätiger Mitarbeiter der Entwicklungszusammenarbeit. Eine weitere Beobachtung ergänzt diesen Kommentar: Dort, wo Tropfbewässerung eingesetzt wird, wird diese oft erst dann als „gut“ funktionierend betrachtet, wenn unter den Tropfern Wasserlachen stehen (**Abb. 22**). In diesem Zusammenhang wäre eine weitere Sensibilisierung notwendig.



Abb. 22: Falsch verstandene Tropfbewässerung in der Umgebung von Bardai. März 2021.

Weiter oben wurden bereits Optionen erwähnt, wie „traditionelle“ Methoden der Bewässerung durch die Isolation oder seitliche Bepflanzung von Kanälen, die Verkürzung von Transportwegen oder den Einsatz von Rohren optimiert werden könnten. Auch wäre zu überlegen, ob sich nicht der Schöpfbrunnen in optimierter Form zumindest im Kleingartenbereich weiter einsetzen ließe (vgl. MIRTI ET AL. 1999). Ein z.B. aus Aluminium konstruierter *Schaduff* mit präzise gelagerter Schöpfstange und exaktem Gegengewicht ließe sich mit geringer physischer Anstrengung bedienen. Und ein Weiterleiten des Wassers zu den Beeten in Rohren oder isolierten Kanälen würde, da viel weniger Wasser versickerte und damit viel weniger geschöpft werden müsste, den Arbeitseinsatz erheblich reduzieren. Nicht zuletzt wäre beim Wasserschöpfen auch an den Einsatz von einigen der inzwischen immer zahlreicher werdenden verwilderten (weil inzwischen kaum noch gebrauchten) Hausesel (*Equus asinus asinus*) zu denken.

5 Samenfeste und robuste Nutzpflanzen

Während in Faya, dem ebenfalls in der Zentralsahara gelegenen Hauptort der benachbarten Provinz Borku, lokale Gartenbauprodukte auf dem Markt erhältlich sind, werden nach Bardai fast alle Lebensmittel aus Libyen eingeführt. Die Nachfrage für lokal erzeugte Produkte bestünde durchaus. Besonderes Interesse kommt dabei Tomaten, Salat und Zwiebeln zu, sowie Grünfutter für Ziegen und Schafe, da Weidemöglichkeiten kaum oder nur spärlich vorhanden sind. Folgende Angaben mögen den wirtschaftlichen Nutzen des Anbaus von Gartenbauprodukten illustrieren: In Faya wurden im März 2023 ein *koro* (2,5 kg) Zwiebeln (*Allium cepa*) je nach Saison für 1.500 bis 2.500 FCFA (2,28-3,80 Euro) verkauft, ein Häufchen Tomaten (4-6 Früchte mittlerer Größe) für 500 bis 1.000 FCFA (0,76-1,52 Euro) und eine Salatpflanze (*Lactuca sativa*) für 50 bis 100 FCFA (0,08-0,15 Euro), bzw. drei Salatpflanzen für 200 FCFA (0,30 Euro). Für ein über armlanges und an seiner konzentriertesten Stelle zwei Handspannen umfassendes Bündel Luzerne (*Medicago sativa*) wurde den Gärtnern 100 FCFA (0,15 Euro) gezahlt. Händler kaufen solche Bündel auf, teilen sie jeweils nochmals in drei Bündel und verkaufen jedes davon wieder für 100 FCFA. (Von einem Luzerne-Beet kann bis zu drei Jahre geerntet werden, bis es zum merklichen Nachlassen des Ertrags kommt. Die Luzerne eines Beetes kann je nach Saison alle 1-2 Wochen geschnitten werden.) Zum Vergleich: Für einen 100-kg Sack des Grundnahrungsmittels Perlhirse wurden im Mai 2023 in Faya 34.000 FCFA (51,83 Euro) gezahlt.

Motiviert durch die Absatzmöglichkeiten für lokal erzeugtes Gemüse legen insbesondere in den Provinzen Borku und Ennedi (teilweise auch im Tibesti) Einwohner wieder mehr Gärten an. Bei deren Bepflanzung verwenden sie zumeist Hybrid-Saatgut, das aus dem Sudan, der Türkei oder anderen Ländern importiert wird und oft gebeizt ist. Ein Beispiel ist das Saatgut der türkischen Firma *Nesil*

Tohum, von dem 2022 die Tüte in N'Djamena für 750 FCFA (1,14 Euro) verkauft und in Fada / Ennedi für 1.000 FCFA (1,52 Euro) weiterverkauft wurde (**Abb. 23**).

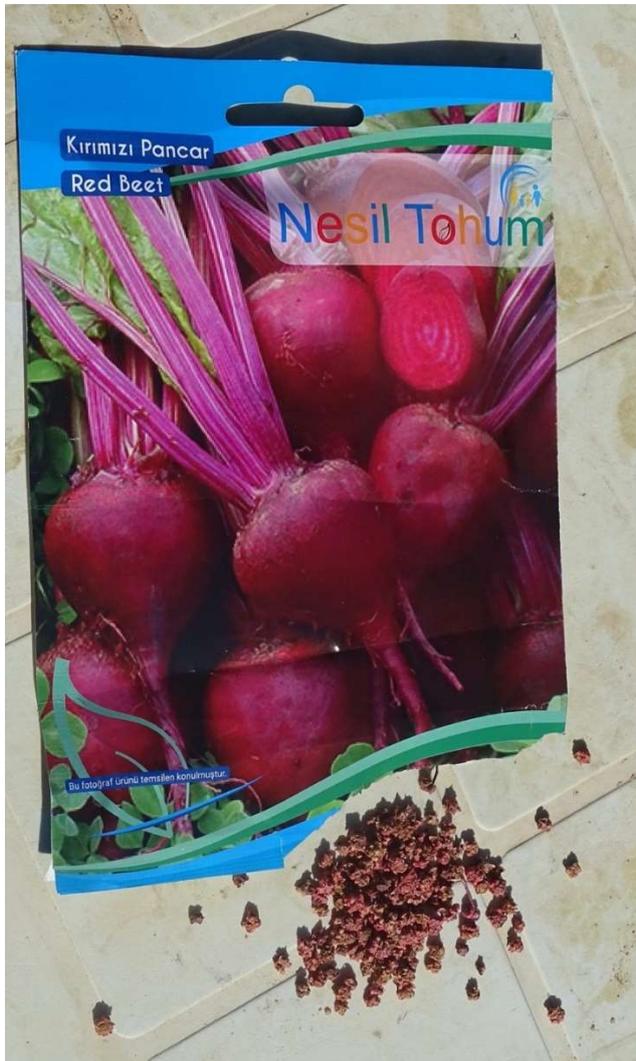


Abb. 23: Gebeiztes Saatgut türkischer Herkunft von Roter Rübe (*Beta vulgaris*). Fada / Ennedi, November 2022.

Im Angebot waren zum Beispiel Wassermelone (*Citrullus lanatus*) „Crimson sweet“ (5 gr.), Tomate „Rio Grande“ (3 gr.), oder Karotte (*Daucus carota*) „Scarlet Nantes“ (5 gr.). Manche älteren Einwohner erinnern sich noch an samenfeste robuste Sorten, die früher im Tibesti Verwendung fanden, heute jedoch weitgehend verschwunden sind. Eine Ausnahme sind Zwiebelsamen, die von großen Zwiebelanbauflächen nahe dem heutigen Tschadsee stammen.

Im Laufe des Jahres 2022 war (wie wahrscheinlich bereits in den Vorjahren) offenbar aus Libyen Saatgut von großen Fleischtomaten eingeführt worden, auf das Gärtner im Tibesti und in Nord-Borku zurückgegriffen hatten. Im März 2023 hatten die daraus hervorgegangenen Pflanzen Früchte produziert. Jedoch beklagten sich viele Gärtner über die schwache Gesundheit der Pflanzen und die

von Insektenbefall beschädigten Früchte. Vor allem Tomaten, aber auch Auberginen (*Solanum melongena*), Paprika (*Capsicum annuum*) und Salat werden von Raupen einer Nachteulenart (*Lacanobia* sp.) befallen, die zuerst an den Blättern, und dann, wo vorhanden, an den Früchten fressen (**Abb. 24**).



Abb. 24: Raupe einer Nachteulen-Art (*Lacanobia* sp.) in ihrem Gespinst an einem Salatblatt in Odorko. März 2021.

Tomaten weisen dazu häufig weitere Krankheitssymptome auf (trockene Flecken auf Stängeln und Blättern, dunkelbrauner Fleck an der Fruchtbasis), die denen ähneln, welche von Pilzen der Gattung *Alternaria* erzeugt werden (**Abb. 25**).



Abb. 25: *Alternaria* ähnelnde Schadbilder an Tomaten von Odorko. März 2021.

Wenngleich diese Schadbilder im März 2023 besonders stark aufgetreten sein sollen, so konnten ähnliche bereits im März 2021 aufgenommen werden. Ältere Einwohner meinen, sich zu erinnern, dass früher Schädlinge und Pilzkrankheiten nur in ganz geringem Maße auftraten, und, im Falle von Raupen, einfach durch das Stäuben mit Holzasche bekämpft werden konnten. Eine naheliegende Annahme ist, dass das eingeführte „leistungsstarke“ Hybridsaatgut Pflanzen hervorbringt, die unter den extremen klimatischen Bedingungen und einer möglicherweise relativ hohen Konzentration an Natriumcarbonat-Verbindungen im Boden weitaus anfälliger sind, als robustere und bereits angepasste lokale Sorten. Für viele Gärtner scheint die Lösung im Einsatz von Pestiziden zu liegen, die immer einfacher zu erhalten sind und meist ohne Dosierungshilfe angeboten werden. Unter den Produkten, die ein Gärtner in Fada / Ennedi erworben hatte, fanden sich u.a. ein 1-kg Sack (7.500 FCFA / 11,40 Euro) eines Neonicotinoide und andere Bestandteile beinhaltenden Pestizids nigerianischer Produktion, das vom Hersteller als "a multi-purpose, preventive, curative contact broad-spectrum fungicide, insecticide, bio-stimula[n]t, fertilizer" angepriesen wurde, und eine 260-gr Tüte Glyphosat (3.000 FCFA / 4,56 Euro) offenbar Schweizer Produktion, die über eine Kameruner Firma in den Umlauf gebracht worden war.

Auch wird von Gärtnern, insbesondere von denen, welche die libysche Landwirtschaft kennen, immer wieder der Wunsch nach Kunstdünger geäußert, obwohl lokale organische und anorganische Naturdünger in genügendem Maße vorhanden sind. Als ausgezeichnete Dünger gilt der Kot des im Tibesti zahlreich vorkommenden Klippschliefer (*Procapra capensis*). Dazu kommt Ziegenkot, der in rohem Zustand über die Beete gestreut wird (s. o. Abb. 4 + 14). Lokaler anorganischer Dünger besteht aus Seesedimenten (**Abb. 26**).



Abb. 26: Seesedimente, die ein Gärtner als Dünger in seinen Garten in Nord-Borku gebracht hat. März 2023.

Vor allem in Nord-Borku sucht man bestimmte (nicht alle) Lagerstätten dieser Sedimente auf. Je nach deren Lage werden den dort abgebauten Seesedimenten verschiedene Wirkungen auf die Kulturen zugeschrieben. So sollen die Sedimente bestimmter Lagerstätten insbesondere das Pflanzenwachstum fördern, wohingegen andere Lagerstätten für Sedimente bekannt sind, deren Einsatz sich auf Ertrag und Fruchtreife auswirkt. Vom Wind verfrachteter Staub dieser Seesedimente trägt auch dazu bei, dass dem Amazonas-Regenwald und dem äquatorialen Atlantik ausreichend Eisen und Phosphor zur Verfügung stehen (BRISTOW ET AL. 2010).

Die hier skizzierten Tendenzen eines momentan als „modern“ verstandenen Gartenbaus führen, wenn ihnen nicht entgegengewirkt wird, mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer starken Abhängigkeit vom globalen Hybridsaatgut-Markt und zu einem Pflanzenbau unter breitflächigem Einsatz von Pestiziden und Kunstdüngern. Die dritte Herausforderung des *Saharagärten*-Projektes ist es deshalb, nachhaltige Alternativen zu dieser Entwicklung aufzuzeigen. Deshalb wurde unter den Gärtnern samenfestes Saatgut verschiedener Gemüsearten verteilt. Dabei kam von jeder Art Saatgut von zwei bis drei Sorten zum Einsatz, das zumeist von der Bingenheimer Saatgut AG stammte. Saatgut wurde nach zwei Kriterien ausgewählt: Zum einen muss man nach der Herstellerbeschreibung davon ausgehen können, dass die daraus hervorgehenden Pflanzen am ehesten an die klimatischen Bedingungen der Zentralsahara angepasst sein könnten; zum andern müssen die Pflanzen bzw. deren Früchte einfach visuell zu unterscheiden sein (zum Beispiel eine Flaschentomate und eine „runde“ Tomate). Diese visuelle Unterscheidbarkeit ist deshalb notwendig, damit die einzelnen Sorten, ohne wie in einer gartenbaulichen Versuchsstation säuberlich getrennt angebaut und im Anbau dokumentiert zu werden, auch noch im Nachhinein im Gespräch mit den Gärtnern identifiziert werden können.

Da viele der Gärtner des Lesens und Schreibens nicht mächtig sind, konnte keine Dokumentation zu verschiedenen Kriterien, nach denen die Sorten zu beurteilen sind, stattfinden. Eine Beurteilung findet hier im Nachhinein, d.h. nach Anbau und Ernte, in vertiefenden Interviews statt. In diesen Interviews geht es dann auch um Kriterien einer lokalen Selektion und Praktiken von Anbau und Samengärtnerei. Am bereits weiter oben erwähnten Schaugarten des CNRD wird die Beurteilung von einem Gärtner, der ebenfalls ein „Bürgerwissenschaftler“ ist, durchgeführt. Hier werden die Sorten nach einfachen Parametern wie „Ertrag“, „Anfälligkeit für Krankheiten“, „Hitzeresistenz“, etc. mit den Werten „+“, „-“ und „0“ beurteilt. Diese Beurteilung wird schriftlich dokumentiert.

Ziel ist es, dass die Gärtner solche Sorten, die ihnen am besten angepasst scheinen, beibehalten und weitervermehren, und dass dabei möglicherweise Varietäten entstehen, die den örtlichen Bedingungen noch besser angepasst sind. Vielleicht wird es dann auch zu Kreuzungen unter verschiedenen Sorten einer Art kommen, die zu einer lokalen „Tibesti-Sorte“ werden. Der hier beschriebene Selektions-Prozess ist noch lange nicht abgeschlossen und wird weit über die eigentliche Projektlaufzeit hinausreichen. Dennoch können bereits einige Sorten genannt werden, welche sich

besonders bewährt haben. Zwar war, wie erwähnt, die Durchführung einer feineren und schriftlich dokumentierten Beurteilung im Tibesti bisher nicht möglich. Dennoch ist bereits damit ein „Meilenstein“ erreicht, dass einige Sorten, denen bisher die im Tibesti vorherrschenden Umweltbedingungen keine Probleme bereiten, erst einmal gefunden wurden, und die Gärtner sich dessen bewusst sind.

Besonders bewährt, bezüglich Ertrag und Robustheit, hat sich im Tibesti die Flaschentomate „San Marzano“ (**Abb. 27**), gefolgt von den offenbar weniger robusten Sorten „Hellfrucht“ und „Tica“.



Abb. 27: Die Flaschentomate „San Marzano“ und eine Maispflanze der Sorte „Tramunt“. Unter der Tomatenpflanze sind Ästchen ausgebreitet, damit Blätter und Früchte beim Wässern nicht befeuchtet werden. März 2023.

Bewährt hat sich ebenfalls die Petersilie (*Petroselinum crispum*) „Gigante d’Italia“, die „Wilde Rauke“ (*Diplotaxis tenuifolia*) und der Spinat (*Spinacia oleracea*) „Butterflay“. Versagt dagegen haben die Zuckermis-Sorten (*Zea mays*) „Damaun“ und „Tramunt“, bei denen die Pflanzen klein blieben und keine Kolben ansetzten (wohl wegen mangelnder Nährstoffe). Der Eichblattsalat „Cerbiatta“ zeigte sich sehr anfällig für Raupenfraß, wohingegen der Eichblattsalat „Rubinette“ und der Bataviasalat „Saragossa“ ausgezeichnet wuchsen. Auch der Kürbis (*Curcubita moschata*) „Futsu Black“ wuchs üppig und trug Früchte zur Zufriedenheit der Gärtner. Keinen Erfolg hatte die Esparsette (*Onobrychis*

viciifolia) als Gründüngung, die zwar keimte, dann aber wieder verschwand. Der Persische Klee (*Trifolium resupinatum*) als Gründüngung und Viehfutter wuchs dagegen sehr gut, wenngleich er wahrscheinlich nicht die Biomasse produziert, wie es die vor Ort bereits seit längerem gesäte Luzerne (libyscher Herkunft?) tut. Das „Zimtbasilikum“ (*Ocimum basilicum* var. *cinnamomum*) wächst üppig und eignet sich, wie beobachtet werden konnte, hervorragend, um Bestäuber-Insekten anzuziehen (**Abb. 28**).



Abb. 28: „Zimtbasilikum“ in einem Garten von Hochi. März 2023.

Diese Darstellung der Gartenbepflanzung beschränkt sich bewusst auf die Ausstattung der Gärten mit Pflanzen, die vor Ort aus Samen herangezogen wurden, da hier das Projekt am stärksten mitgestaltet. Bei der Pflanzung von Dattelpalmen liegt die Initiative allein bei den Gärtnern, da diese die lokalen Varietäten und ihre Herkunftsorte besser kennen und so auch über Verwandtschaftsbeziehungen gutes Pflanzmaterial kostenfrei erhalten (**Abb. 29**).



Abb. 29: Ein Garten in Odorko mit zukünftigem Stockwerkanbau: Zwiebel- und Salatbeete, viele jungen Dattelpalmen und ein Feigenstrauch. März 2022.

Das Projekt unterstützte und unterstützt die Gärtner ebenfalls mit der Anpflanzung von Obstbäumen und -sträuchern, wie Zitrone (*Citrus x limon*), Granatapfel (*Punica granatum*) und Feige (*Ficus carica*), sowie mit Weinreben. Diese Arten sind bereits in zentralsaharischen Oasen vertreten und gedeihen dort gut. Bei den Zitronenbäumen handelt es sich um Sämlinge, da veredelte Obstbäume, selbst auf dem Markt der Hauptstadt N'Djamena, nicht zu erhalten sind. Ob die Gärtner auf Dauer Erfolg mit Mangobäumen (*Mangifera indica*) und Bananenstauden (*Musa x paradisiaca*) haben werden, die einige von ihnen selbst einführen und die stellenweise in der Zentralsahara auch fruchten, wird sich erst noch zeigen.

6 Ausblick

Dieser Bericht beschrieb die noch andauernde Einrichtung von *Saharagärten* im Rahmen eines gleichnamigen von der Gerda Henkel Stiftung unterstützten Projektes im Tibesti-Gebirge. Das Projekt versucht, Antworten auf mehrere existenzielle Herausforderungen zu finden: Zum ersten geht es um die Erschließung von Wasser und den Bau von Brunnen, zum zweiten um die Sensibilisierung der örtlichen Bevölkerung für einen nachhaltigen Umgang mit Wasser und zum dritten um die Wahl von Nutzpflanzen, die den extremen Umweltbedingungen angepasst sind. Diese drei Herausforderungen sind eingebettet in eine weitaus umfassendere Herausforderung, nämlich die der Ferne und der

schweren Zugänglichkeit der Projektstandorte. Material musste über mehr als 1.600 Kilometer auf unbefestigten Wegen – oder überhaupt ohne „Weg“ – durch die Wüste transportiert werden, und Projektstandorte wurden regelmäßig über dieselben Wege aufgesucht (**Abb. 30**).



Abb. 30: Die Gebirgsroute zwischen Zouar und Bardai. Oktober 2021.

Während der Abwesenheit des Projektverantwortlichen und Autors dieses Textes mussten möglichst zuverlässige Personen mit den anstehenden Arbeiten betraut und Kontakt zu ihnen gehalten werden, obwohl es nicht immer ein gut funktionierendes und manchmal gar kein Telefonnetz gab. Und nicht zuletzt musste und muss sich dieses Kleinprojekt gegenüber Erwartungen durchsetzen, die der eine oder andere gegenüber manchen prestigeträchtigen Projekten der „Entwicklungszusammenarbeit“ hegen mag, welche vor allem durch ihre finanzielle Ausstattung glänzen. All das macht Flexibilität in der Umsetzung, Kreativität bei der Suche spontaner Lösungen und eine anpassungsfähige Logistik notwendig. Und all das wäre wohl nicht möglich gewesen, ohne eine vorher- und heute noch weitergehende ethnographische Arbeit im kulturellen und geographischen Kontext der *Saharagärten*, welche die Einbettung des Projektes in lokale Gegebenheiten – und keine Implementierung „von außen“ – erst möglich machte. Hier wird der Sinn der „Sozialen Begleitmaßnahmen“ als ein auf vorangehenden wissenschaftlichen Arbeiten aufbauendes Projektformat deutlich.

Die meisten Brunnen sind nun gebaut, und jene mit Betonröhre mögen noch in Jahrzehnten ihren Dienst tun, je nach der weiteren Entwicklung des Klimas. Ansätze zum sparsamen Umgang mit Wasser im Gartenbau wurden, soweit wie möglich, erprobt und diskutiert und mögen nun Nachahmer – oder besser Personen, welche innovativ weiter nach Strategien der Nachhaltigkeit suchen – finden. Und

samenfestes Saatgut ist nun wieder vorhanden und kann weiterverbreitet werden, wobei es sogar zur Herausbildung neuer, den extremen Umweltbedingungen immer besser angepasster Sorten kommen kann – ein Prozess, der viele Jahre in Anspruch nehmen wird. Dieses Entstehen von neuen Sorten und lokale Praktiken von Anbau, Auswahl und Samengärtnerei zu dokumentieren, kann eine weitere, über den eigentlichen Projektzeitraum hinausgehende wissenschaftliche Aufgabe darstellen.

In Zukunft wird es weiterhin notwendig sein, Überlegungen zu Strategien anzustellen, um einer anhaltenden Verknappung des Wassers zu begegnen. So könnte es zum Beispiel sinnvoll sein, zwischen die Zitronenbäumchen und Feigensträucher eines Gartens Wildobst zu pflanzen, wie dies bei einem Gärtner in Fada bereits beobachtet werden konnte. Die „Wüstendattel“ (*Balanites aegyptiaca*), die „Wilde Jujube“ (*Ziziphus spina-christi*), der „Zahnbürstenbaum“ (*S. persica*) oder Akazien (*Acacia* sp.) sind weitaus genügsamer und haben weitreichendere Wurzelsysteme als Kulturobst. Sollte es einmal zu trocken für letzteres werden, so können diese Arten weiterhin Blätter und Früchte als Nahrungsmittel, Viehfutter oder Medizin liefern. Unter dem Wildobst könnten dann kleinere Gemüsebeete angelegt werden, für die das vorhandene Wasser noch ausreichen mag. Und sollte es auch dafür einmal zu trocken werden, dann wäre an Wildgetreide (z.B. *Aristida pungens*, *Panicum turgidum*) oder an Koloquinten (*Citrullus colocynthis*) zu denken, deren Samen früher in den Tälern des Tibesti von den Einwohnern gesammelt wurden, und die in der Provinz Ennedi immer noch Verwendung finden (**Abb. 31**).



Abb. 31: Kornschwinge, Reibeschale und Läuferstein zur Verarbeitung von Wildgetreide, wie sie heute noch im Ennedi in Gebrauch sind. Nehi / Ennedi, November 2022.

Zusammenfassung

Saharagärten.

Ein landwirtschaftliches Pionierprojekt im Tibesti-Gebirge (Zentralsahara)

Die *Saharagärten* sind ein von der Gerda Henkel Stiftung seit 2021 gefördertes partizipatives gartenbauliches Vorhaben im Tibesti-Gebirge, das im fernen Nordwesten der Republik Tschad in der Zentralsahara gelegen und nur über mehr als 1.600 km unbefestigter Wege zu erreichen ist. Sie sollen vor allem ein Modell nachhaltigen Gartenbaus sein, das zum Nachahmen anregt. Im Rahmen des Projektes wurden offene Brunnen und Bohrlöcher angelegt und mit solargestützten Pumpensystemen ausgestattet. In den Gärten wurden und werden nachhaltige Bewässerungsmethoden erprobt. Die Gärten sollen im Sinne des für traditionelle Oasen typischen Stockwerkanbau wirtschaften; dazu unterstützt sie das Projekt mit Bäumen, Sträuchern, Weinreben und samenfestem Saatgut. Dieser Bericht zur Einrichtung der *Saharagärten* handelt von drei existentiellen Herausforderungen, denen sich jeder, der in der Zentralsahara landwirtschaftlich tätig wird, zu stellen hat. Erstens muss Wasser erschlossen werden. Zweitens müssen Methoden zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource „Wasser“ erprobt werden. Und drittens müssen eingesetzte Nutzpflanzen mit den extremen Umweltbedingungen der Zentralsahara zurechtkommen. Diese drei Herausforderungen sind eingebettet in eine weitaus umfassendere Herausforderung, nämlich die der Ferne und der schweren Zugänglichkeit der Projektstandorte.

Abstract

Sahara Gardens.

A pioneering agricultural project in the Tibesti Mountains (Central Sahara)

The *Sahara Gardens* are a participative horticultural project funded by the Gerda Henkel Foundation since 2021 in the Tibesti mountains, located in the far northwest of the Republic of Chad in the Central Sahara. The Tibesti is accessible only via more than 1,600 km of unpaved roads. Above all, the *Sahara Gardens* are designed to be a model of sustainable horticulture that encourages people to follow their example. As part of the project, open wells and boreholes were constructed and equipped with solar-based pumping systems. Sustainable irrigation methods were and are being tested in the gardens. The gardens are to be cultivated close to concepts of "forest gardening", typical for traditional oases. To this end, the project supports the gardens with trees, shrubs, vines and non-hybrid seeds. This report on the establishment of the *Sahara Gardens* is about three existential challenges that anyone

practicing agriculture in the Central Sahara has to face. First, water needs to be made available. Second, methods for the sustainable use of the resource "water" need to be tested. And third, the crops used must be able to cope with the extreme environmental conditions of the Central Sahara. These three challenges are embedded in a much broader challenge, that one of the remoteness and difficult accessibility of the project sites.

Literatur

1. ANTHELME, Fabien, Maman Waziri MATO, Dimitri DE BOISSIEU und Franck GIAZZI, 2006. Dégénération des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Aïr. In: *VertigO* [online]. **2006** (7,2), 1-12 [Zugriff am 29.04.2023]. Journals Open Edition. ISSN 1492-8442. Verfügbar unter: doi.org/10.4000/vertigo.2224
2. BRISTOW, Charlie S., Karen A. HUDSON-EDWARDS und Adrian CHAPPELL, 2010. Fertilizing the Amazon and equatorial Atlantic with West African dust. In: *Geophysical Research Letters* [online]. **37**, 1-5. [Zugriff am 29.04.2023]. Agupubs Wiley. ISSN 1944-8007. Verfügbar unter: doi.org/10.1029/2010GL043486
3. CHAPPELLE, Jean, 1982. *Nomades noirs du Sahara: Les Toubous*. 2. Auflage. Paris: L'Harmattan. ISBN 2858022216.
4. FU Berlin, 1974. *Forschungsstation Bardai. FU Geologen in der Zentralsahara. Aus der Arbeit der Außenstelle des Geomorphologischen Laboratoriums der FU Berlin in der Oase Bardai (Tibesti), Republik Tschad*. 1. Auflage. Berlin: Pressedienst Wissenschaft.
5. GABRIEL, Baldur, 1973. *Von der Routenaufnahme zum Weltraumphoto. Die Erforschung des Tibesti-Gebirges in der Zentralen Sahara*. Berlin: Kiepert. ISBN 3920597141.
6. GRUNERT, Jörg, 1975. *Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten am Beispiel des zentralen Tibestigebirges (République du Tchad)*. Berlin: Selbstverlag der Freien Universität Berlin. ISBN 3880090211.
7. HECKENDORF, W.D., 1972. Zum Klima des Tibesti-Gebirges. In: *Berliner Geographische Abhandlungen*. **1972**(16), 123-141. ISSN 0523-0160.
8. L'HOTE, Yann, Gil MAHE, Bonaventure SOME und Jean-Pierre TRIBOULET, 2002. Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues [online]. In: *Hydrological Sciences Journal*. **2002**(47,4), 563-572. [Zugriff am 29.04.2023]. Tandfonline. ISSN 2626667. Verfügbar unter: DOI: [10.1080/02626660209492960](https://doi.org/10.1080/02626660209492960)
9. KUNZE, Alexander, 2021. *Validierung des Ecotube-Unterflur-Bewässerungssystems im Vergleich zur Tropfbewässerung* [Studie]. Hochschule Weihenstephan Freisingen-Triesdorf: Weihenstephan.
10. MIRTI, T. H., Wesley W. Wallender, W. J. Chancellor und Mark E. Grismer, 1999. Performance characteristics of the Shaduf: A manual water-lifting device. In: *Applied Engineering in Agriculture*. 1999(15,3), 225-231. ISSN 0883-8542.
11. MUSCH, Tilman, 2021a. Note sur les variétés locales du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) au Sahara Central. In: *Toumaï Action*. **2001**(94), 2-4.
12. 2021b. Exploring Environments through Water: An Ethno-Hydrography of the Tibesti Mountains (Central Sahara). In: *Ethnobiology Letters* [online]. 08.01.2021 [Zugriff am 29.04.2023] Verfügbar unter: doi.org/10.14237/ebl.12.1.2021.1709

13. 2020a. Constat sur la désertification au B.E.T. In: *Toumaï Action* [online]. 06.2020 [Zugriff am 29.04.2023]. Verfügbar unter: https://cnar-cnrd.org/images/pdf/Bulletin_Toumai_juin_2020.pdf
14. 2020b. Am Rande und im Zentrum: Die Teda und das Tibesti. In: *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*. **2020**(I, 1), 151-181. ISSN 0340-5109.
15. 2018. Sorten der Kulturdattel (*Phoenix dactylifera*) im Kaouar-Tal (Niger). In: *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*. **2018**(103), 186-194. ISSN 0070-3958.
16. RESEAU,2012. Cartographie des ressources en eau souterraines au Tchad [online]. ResEau, 2012 [Zugriff am 29.04.2023]. Verfügbar unter: <http://reseau.unosat.org/reseau/>
17. ROSTANKOWSKI, Peter, 1982. Höhenflucht aus den Weizengärten des Tarso Yéga (Tibesti Gebirge, Zentrale Sahara). In: *Berliner Geographische Abhandlungen*. **1982**(32), 63-84.
18. SAINT SIMON, de, 1952. Monographie des villages du Tibesti. Vincennes: Archives de l'Armée de Terre. Archivmaterialien; GR 6 H 139.
19. Schindler, P., Bruno Messerli, 1972. Das Wasser der Tibesti-Region. In: *Hochgebirgsforschung. High Mountain Research*. **1972**(2), 143-152.
20. SEGHERI, Josiane und Jean-Michel HARMAND, Hrsg., 2019. *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale* [online]. 1. Auflage. Versailles: Quæ [Zugriff am 29.04.2023]. PDF e-book. Verfügbar unter: <https://books.openedition.org/quae/38625?lang=de>
21. SIEGENTHALER, U., U. SCHOTTERER, H. OESCHGER und B. MESSERLI, 1972. Tritiumsmessungen an Wasserproben aus der Tibesti-Region. *Hochgebirgsforschung. High Mountain Research*. **1972**(2), 153-159.
22. THOMAS, Natalie und Sumant NIGAM, 2018. Twentieth-century climate change over Africa: Seasonal hydroclimate trends and the Sahara Desert expansion. In: *Journal of Climate* [online]. **2018** (31,9), 3349–3370 [Zugriff am 29.04.2023]. AMS Journals. ISSN 3349-3370]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0187.1>
23. WALLER, Peter und Muluneh YITAEW, 2016. *Irrigation and Drainage Engineering*. 1. Auflage. Cham: Springer. ISBN 3319056999.
24. WOLTERING, Lennart, Dov PASTERNAK und Jupiter NDJEUNGA, 2011. The African Market Garden. The development of a low-pressure drip irrigation system for smallholders in the Sudano-Sahel. In: *Irrigation and Drainage*. **2011**(60,5), 613-621. ISSN 1531-0361.

Danksagung

Viele Personen und Einrichtungen trugen zum Erfolg der *Saharagärten* bei. Diesen sei herzlich gedankt! Die Gerda Henkel Stiftung hatte bereits in den Jahren 2018 bis 2020 ein wissenschaftliches Projekt des Autors mit einem Stipendium im Tibesti unterstützt und sich immer sehr kooperativ gezeigt. Die Arbeit an den *Saharagärten* ermöglichte dann ein Arbeiten an einem Projekt, das sowohl wissenschaftliche als auch praktische landwirtschaftliche Aspekte in sich vereint.

Der ehemalige Abgeordnete von Zouar, Djiddi Allahi Mahamat, war der stets hilfsbereite lokale Ansprechpartner des Projektes. Dieses war am *Centre National de Recherche pour le Développement* von Tschad institutionell angesiedelt, das Forschungszentrum, das sich um Erlaubnisse, Genehmigungen und den Kontakt mit den Behörden kümmerte.

Die Firmen Bingenheimer Saatgut AG, Sol-Luz-Ion und ecotube Germany GmbH gaben ihre Produkte mit Rabatt ab und ihre Mitarbeiter waren stets zu beratenden Gesprächen bereit.

Kurt Zander und Sigfried Eppler, beide NRO-Mitarbeiter im Tschad, arbeiteten beim Bau des Bohrlochs von Tanehart / Aouzou mit und schweißten mit großer Sorgfalt die Stahlgestelle zur Auflage der Solarpanels (es handelt sich hier nicht um die im Text erwähnte Schweißer-Werkstatt!).

Prof. Dr. Erhard Schulz (Würzburg) und Prof. Dr. Georg Klute (Bayreuth) halfen dem Projekt mit ihrem wissenschaftlichen Rat, ebenso wie Dr. Stefan Kröpelin (Köln) und Dr. Gregor Aas (Bayreuth). Dr. Gerhard Zabel von der *Quinta da Figueirinha* bei Faro (Portugal) erläuterte in situ Bewässerungsmethoden in ariden Gebieten. Dr. Mathias Krause vom Amt für Ernährung, Landwirtschaften und Forsten in Bayern half beim Bestimmen der Schadbilder.

Der Gärtner Khalid betreut mit großem Engagement und mit nicht zu vergleichender Zuverlässigkeit das Versuchsbeet in N'Djamena.

Nicht zuletzt sei die Gastfreundschaft vieler Einwohner des Tibesti erwähnt, von denen mich die meisten immer herzlich aufnahmen.

Abbildungen:

Alle Fotos von Tilman Musch

Anschrift des Autors

Dr. habil. Tilman Musch
Institut für Afrikastudien
Universität Bayreuth
95440 Bayreuth

E-Mail: Tilman.Musch@uni-bayreuth.de