

Wie das Meer den Durst löscht

WASERTECHNOLOGIE: Tunesien ist einer der wasserärmsten Staaten überhaupt. Um Millionen von Touristen zu versorgen, läuft auf Djerba eine der modernsten Meerwasserentsalzungsanlagen der Welt.

VON OLIVER RISTAU

Die Wüste dehnt sich aus bis zum Horizont. Es sind endlose Sandflächen, übersät mit kleinen grünen Büschen. Vereinzelt recken sich Palmen aus dem trockenen Sand. Dazwischen grasen Ziegen. Hirten schützen sich gegen Hitze und UV-Strahlung mit dicken Kaftanen. Manchmal reflektiert die Sonne gleißend von Salzflächen – übrig geblieben aus einer Zeit, als das Mittelmeer bis in die Wüste reichte.

Das Meer kommt bald in Sicht und auch der Fahrdamm zur Insel Djerba. Der Süden Tunesiens zählt zu den trockensten Regionen der Welt. Niederschläge fallen so gut wie nie, die Grundwasserleiter sind erschöpft. Seit anderthalb Jahren aber kommt das Trinkwasser auch fürs Festland von Tunesiens beliebter Ferieninsel. Bei dem kleinen Örtchen Mezraia, auf halber Strecke zwischen Golfplatz und Flughafen, arbeitet seit anderthalb Jahren die erste Meerwasserentsalzungsanlage des Landes.

Der Strand von Mezraia besteht aus feinem Sand. Sanft spülen die Wellen Seegrass an. Der Geruch nach Salz und Fisch ist allgegenwärtig. Noura Friaa und Mosbah Helali beobachten das Meer. Helali ist Geschäftsführer des tunesischen Trinkwasserversorgers Sonede. Friaa ist die Anlagenchefin, verantwortlich dafür, dass täglich 50000 m³ Trinkwasser aus dem salzigen Mittelmeer gewonnen werden. Die 32-Jährige mit schwarzer Brille, gelbem Kopftuch und sandfarbenem Mantel zeigt hinaus. „Rund 2 km vor der Küste entnehmen wir das Wasser“, sagt die Ingenieurin und weist auf eine gelbe Boje weit draußen. „Ungefähr dort befindet sich die Stelle, in rund 10 m Tiefe.“

Zwei Angler haben nebenan ihre Ruten in den Sand gesteckt. Unter ihnen, tief im Sand verborgen, verlaufen die Leitungen, die das Wasser zur Pumpstation einen halben Kilometer landeinwärts bringen. Bis dorthin steigt es ohne Einsatz von Pumpen, nur Dank des Prinzips kommunizierender Röhren.

Im Tiefgeschoss der Station herrscht ein Höllenschall. Denn ab hier übernehmen die Pumpen den Transport zur 1,5 km entfernten Entsalzungsanlage. Nur kurz ruhe das Wasser hier, erklärt ein Arbeiter mit lauter Stimme gegen den Lärm. Automatische Rechen reinigen schon einmal vor.

Auf einem der Gitterböden steht ein quaderförmiger Behälter, etwa so groß wie eine Babybadewanne. Er ist voll mit Schlack. „Diese Menge setzt sich in einem Monat ab“, brüllt er.

Oben herrscht eine andere Geräuschkulisse: Möwengeschrei statt Pumpengedröhne. Die Straße führt schnurstracks zur Entsalzungsanlage. Sie ist von Dattelpalmen gesäumt – wie eine Oase im Wüstensand. Mehrere große Wassertanks, Anlagen zur Wasseraufbereitung und die eigentliche Entsalzungsanlage – das alles verbirgt sich im Gebäudebestand hier. Die Umkehrosmose inklusive Verwaltung und Betriebsüberwachung findet in einem von zwei quaderförmigen Hauptgebäuden statt. Die Wasserfiltration ist in dem anderen direkt gegenüber untergebracht – zu erkennen an langen weißen Tanks.

Nach der Vorreinigung beginnt in diesen Tanks der zentrale Aufbereitungsprozess. Zunächst filtern Sand und Quarzit Schweb- und Trübstoffe aus dem Meerwasser heraus. Dann durchläuft das Wasser die Mikrofilter – weiße Bassins von der Form großer Kochtöpfe. Sie scheiden alle Verbindungen ab, die eine Größe von mindestens 5 µm aufweisen.

Damit ist das Wasser bereit für den entscheidenden Schritt der Umkehrosmose. Ein Geflecht aus grün angestrichenen Wasserleitungen führt hinein in das Herz der Anlage, wo eine Hochdruckpumpe das Wasser mit einem Druck von bis zu 62 bar durch die Membranen drückt. Sie reduzieren den Salzgehalt von rund 40 g/l auf unter 0,4 g/l.



Im Kontrollraum werden Temperatur und Salzgehalt ständig überprüft. Die Grafiken auf den Monitoren zeigen dies in Echtzeit an. Foto: Oliver Ristau

Chefin der Anlage:

Die Ingenieurin Noura Friaa ist dafür verantwortlich, dass jeden Tag rund 50000 m³ Trinkwasser aus dem salzigen Mittelmeer gewonnen werden.

Foto: Oliver Ristau

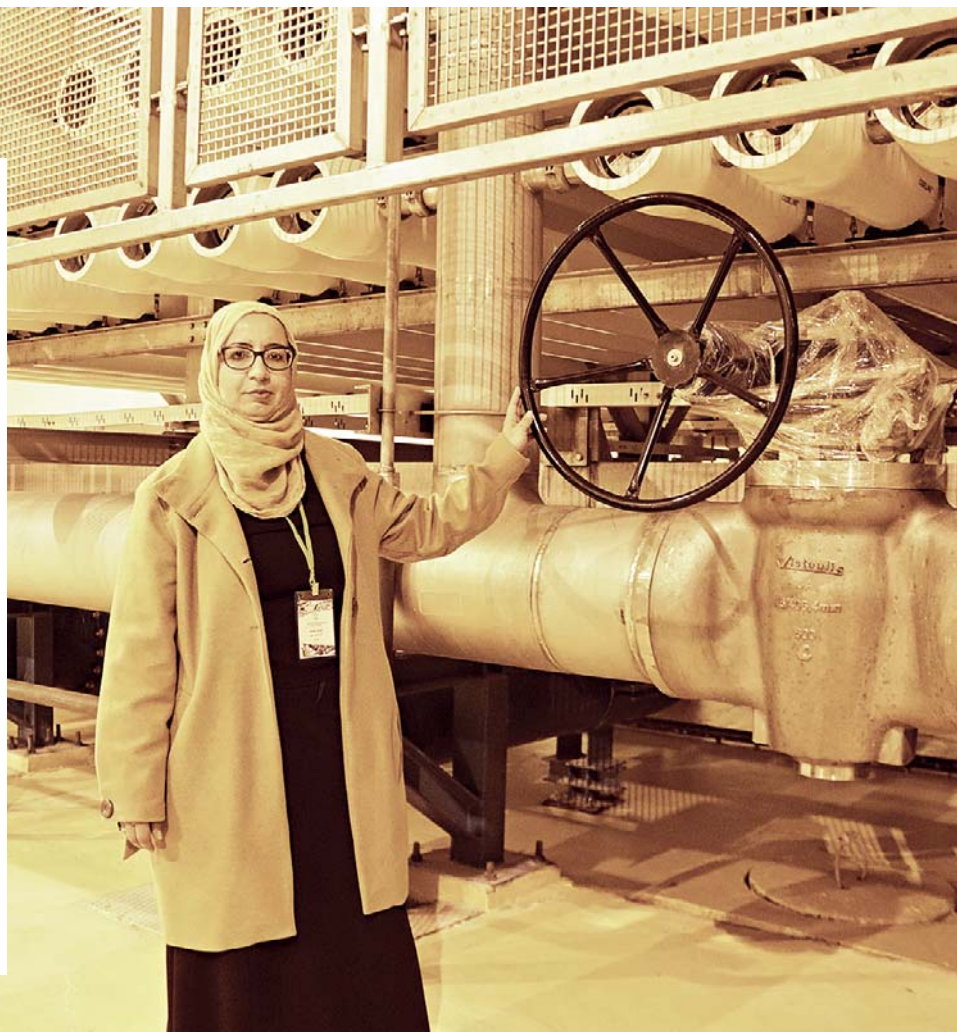
Friaa inspiziert den riesigen Stahlrahmen mit den weißen Druckrohren, die sich bis zur Hallendecke auftürmen. Es sind mehr als 700 Rohre, verteilt auf zwei separate Produktionsstraßen, jedes über 2 m lang. „Darin befinden sich rund 6000 Membranen mit einer Durchlässigkeit im Nanometerbereich“, erklärt die Informatikingenieurin, die Schwierigkeiten hat, mit ihrer Stimme gegen den Lärm der Pumpe anzukommen. Nur noch Wassermoleküle und wenige Ionen passen durch die Nanoporen.

An der Hochdruckpumpe, die wie ein T-Stück mittig in der Halle zum Membranenschrank angeordnet ist, klemmen gelbe, 1 m große Hohlkörper. Sie kennzeichnen die Rekuperatoren. Diese nutzen den immer noch hohen Restdrucks des Konzentrats, also jenen Anteil des Rohwassers, der die Membran nicht passiert hat, um den Vor- druck für die Hochdruckpumpe zu erhöhen. Das steigert die Effizienz der Anlage signifikant, erklärt Simone Cremer. Sie ist Projektmanagerin der deutschen Entwicklungsbank KfW. Die Bank hat die 75 Mio. € teure Entsalzungsanlage mit 60 Mio. € finanziert.

Es sei alles eine Frage der Effizienz. „Ohne die Rekuperatoren bräuchte die Anlage deutlich mehr Energie, um die gleiche Menge an gefiltertem Wasser zu erzeugen“, erläutert sie. Mit einem Energieverbrauch von 2,5 kWh/m³ Wasser sei die Entsalzungsanlage von Djerba eine der effizientesten der Welt. Das Salz, das in der Solelösung übrig bleibt, strömt über ein parallel zur Entnahmeleitung verlaufendes Rohr zurück ins Meer – rund 2,7 km vor der Küste. Der Umwandlungsgrad liegt bei 45 %. Das heißt, aus 100 l Meerwasser werden 45 l Trinkwasser. Die übrigen 55 l fließen zurück in den Ozean.

An einer Zapfstelle hinter der Entsalzungsanlage können Besucher das Wasser verkosten. Es schmeckt leicht süßlich. Aber noch ist es nicht wirklich trinkbar. „Es gleicht destilliertem Wasser“, so Cremer. Denn bei einem Salzgehalt von unter 1,3 g besteht die Gefahr, dass das Wasser den menschlichen Zellen die Mineralien entzieht, weil dort der Salzgehalt höher ist. Hinzu kommt, dass das Wasser durch die Umkehrosmose auch vollständig entkalkt ist. Die Folge: zu viel Kohlensäure im Wasser. „Damit könnte es die Leitungen korrodieren lassen“, so Cremer.

Deshalb geben die Ingenieure Kohlendioxid und eine Lösung mit Kalziumcarbonat hinzu, so-



Am Strand werfen Angler ihre Ruten aus. Dass unter ihren Füßen die Rohre zur Aufbereitungsanlage verlaufen, ahnen sie nicht. Foto: Oliver Ristau



Herzstück der Anlage: In den 700 Rohren, bestückt mit rund 6000 Membranen, erfolgt die Umkehrosmose unter hohem Druck. Foto: Oliver Ristau

genannte Kalkmilch. Diese bringt das Verhältnis von Kalk und Kohlensäure wieder ins Gleichgewicht. Zugleich ist die Dosis so gewählt, dass der Kalk nicht ausfallen und beim späteren Transport die Leitungen verkrusten kann.

Draußen herrscht eine frische Brise. Mittlerweile ist es Abend geworden. Gegen den dunkelblauen Himmel zeichnen sich die Dattelpalmen wie Schattenrisse ab. Einen Steinwurf entfernt stehen die Wasserreservoirs. Hier findet die Mischung des entsalzten Meerwassers mit aufbereitetem Brunnenwasser aus der Enteisungsanlage statt. Dieses Bassin liefert täglich bis zu 10000 m³ Brunnenwasser. Die Enteisung ist wichtig, weil das Grundwasser von Djerba hohe Anteile von Eisenverbindungen enthält.

Die Weltgesundheitsorganisation hat den Eisengrenzwert auf maximal 0,2 mg/l definiert. „In der Anlage werden entsalztes Meerwasser und das salzhaltige und von Eisenverbindungen gereinigte Tiefenwasser im Verhältnis 5:1 gemischt. Der Salzgehalt beträgt dann 1,3 g/l“, erklärt KfW-Mitarbeiterin Cremer. Nun könne das remineralisierte Trinkwasser über die Leitungen von Sonede auf der Insel verteilt und zum Festland transportiert werden.

Für die deutsche Entwicklungsbank ist die Förderung der Wasserversorgung in Nordafrika ein Investitionsschwerpunkt. „Tunesien zählt zu den wasserärmsten Ländern der Welt“, sagt Cremer. Eine Verfügbarkeit von weniger als 1000 m³

Frischwasser pro Einwohner und Jahr gelte im internationalen Vergleich als knapp. „Bei unter 500 m³ spricht man von akutem Wasserstress. Im Durchschnitt liegt der Wert in Tunesien mit 440 m³ noch darunter.“

Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum und der Klimawandel dürften diesen Stress noch erhöhen. Und der Tourismus: In der Hochsaison im Sommer konkurriert auf Djerba bisher der private Bedarf mit dem der Gäste, die vor allem aus Europa auf die Insel kommen. 2017 betrug das Wasserdefizit auf Djerba rund 14000 m³/Tag, das teilweise mit schwefel- und salzhaltigem Brunnenwasser gedeckt werden musste. Der Salzgehalt lag fast dreimal so hoch wie heute, wo die Insel auch den Süden des Landes mitversorgt.

Damit der steigende Trinkwasserbedarf nicht wieder ins Defizit führt, plant der tunesische Wasserversorger die Erweiterung der Aufbereitungskapazitäten. Die Anlage auf Djerba soll um 50 % aufgestockt werden, zudem soll 2021 auf dem Festland in der Nähe des südtunesischen Gabés eine neue Entsalzungsanlage in Betrieb gehen. Sie wird ebenfalls von der KfW kofinanziert und soll wie die Anlage auf Djerba täglich 50000 m³ Frischwasser erzeugen. Außerdem plant die Küstenstadt Sfax eine Anlage mit doppelt so hoher Kapazität.

Dabei kommt den Investoren zugute, dass die Kosten für die Anlagen immer weiter sinken. „Die Preise für Membranen fallen“, sagt KfW-Expertin Cremer, ohne konkrete Zahlen zu nennen. Klar ist

aber: „Die Meerwasserentsalzung ist immer noch deutlich teurer als die konventionelle Wasseraufbereitung.“ Unter anderem, weil sie enorm viel Strom verbraucht. Laut Sonede betragen die Gesteungskosten rund 0,90 ct/1000 l. Das ist ein Vielfaches der Preise in Deutschland.

Umso wichtiger ist, dass die Versorgung verlässlich funktioniert. Temperatur und Salzgehalt würden ständig überprüft, sagt Anlagenchefin Noura Friaa beim Betreten des Kontrollzentrums. Auf Monitoren zeigen Grafiken und Kurven dies in Echtzeit an. Ist der Salzgehalt niedrig, kann der Druck auf die Membranen verringert werden.

Bei steigenden Wassertemperaturen wiederum verringert sich die Salzabscheiderate, weil das Wasser einfacher die Membranen passiert. Im Gegensatz dazu sei der Überwachungsbedarf bei der Entsalzung von Brackwasser gering, erklärt Friaa: „Dort sind die Parameter meist konstant. Hier müssen wir immer alles im Auge behalten.“

Auf die Frage, ob die Meerwasserentsalzung für sie als Ingenieurin, die einmal Informatik studiert hatte, der Traumberuf ist, lacht sie, dann antwortet sie salomonisch: „Vielleicht nicht direkt ein Traum, aber wenn man Ingenieur ist, dann nimmt man jede Herausforderung an“. Wie wichtig ihre Rolle in einem von Dürre gekennzeichneten Land ist, sagt sie in aller Bescheidenheit nicht. Das übernimmt Chef Helali: „Frau Friaa ist verantwortlich, dass es im Süden von Tunesien überhaupt Trinkwasser gibt.“



Noura Friaa: „Mit einem Energieverbrauch von 2,5 kWh/m³ Wasser ist die Entsalzungsanlage eine der effizientesten der Welt.“

Foto: Oliver Ristau

Wasser auf der Welt

- Laut dem jüngsten UN-Wasserentwicklungsbericht 2020 steigt der weltweite Bedarf an Trinkwasser jährlich um rund 1 %. Mit 4000 km³/Jahr liegt er heute um das Sechsfache höher als noch vor einhundert Jahren. Das entspricht knapp 12 Mrd. m³/Tag. Die Verfügbarkeit ist sehr ungleich verteilt. Rund 2,2 Mrd. Menschen haben keinen Zugang zu verlässlichen Trinkwasserressourcen.
- Meerwasserentsalzung ist eine zunehmend wichtige Quelle. Weltweit gewinnen rund 16000 Anlagen Trinkwasser aus Meerwasser. Sie produzieren mit 95 Mio. m³/Tag rund 1 % des weltweiten Bedarfs. Nordafrika und der Nahe Osten erzeugen vom Gesamtvolumen rund die Hälfte. Das einzige deutsche Werk steht auf der Insel Helgoland; es produziert am Tag so viel wie die Anlage auf Djerba in einer halben Stunde.



Die Meerwasserentsalzung ist immer noch deutlich teurer als die konventionelle Wasseraufbereitung. Das liegt vor allem daran, dass sie enorm viel Strom verbraucht. Laut dem tunesischen Wasserversorger Sonede betragen die Gesteungskosten rund 0,90 ct/1000 l. Foto: Oliver Ristau