

2.11 Hat der Aralsee eine Zukunft?

SIEGMAR-W. BRECKLE & WALTER WUCHERER

What will be the future of the Aral Sea ? The changing distribution of the water resources and the establishment of huge irrigation systems in Central Asia by the former Soviet Union are the main reasons that the Aral Sea is running dry. Once it was the fourth largest inland lake on the globe, but since 1960 more than 90% of the water body and more than 80% of the surface area have disappeared. Today, the Aral Sea exists only in the form of remnants: the North Aral Sea (Small Aral Sea) in the north (Kazakhstan), the West-Basin of the Southern Aral Sea, a hyper-saline salt lake and the South-East-Basin, as a salt-swamp (the remnants of the Large Aral Sea), and the small Kulan-Basin in the North-West. The huge, but very flat South-Eastern basin has been almost dry in 2009, in 2010 it was filled up somehow by strong rains, it is in a very fluctuating hydrological status now. The Small Aral Sea in the north has a good perspective. Its surface area is now again more than 3,200 km² and the salinity is decreasing, and less than 2.0% is reached after the new dam east of Kokaral was completed in 2006. On the dry sea floor salt and sand deserts have developed (the new desert called Aralkum), being the source of salt- and dust-storms. The situation of the environment, the threatened land-use in the whole area and the worsening health-situation are alarming. Necessary measures to prevent further environmental degradation (in terms of the UNCCD-Convention) in the region of the whole Aral Sea basin are urgently needed (BRECKLE & WUCHERER 2005, BRECKLE et al. 2011).

Die Wasserressourcen des westlichen Zentralasien lassen sich natürlicherweise in drei Becken teilen: der Aralsee, der Balchaschsee und das Kaspische Meer. Die Fläche des Aralbeckens beträgt etwa 1,38 Mio. km². Der im Tiefland von Turan gelegene Aralsee war vor

1960 mit einer Fläche von 68.300 km² der viertgrößte See der Erde. Sein Wasserspiegel schwankte um etwa 53,0 m über dem Meer (ü.M). Die Wasserfläche betrug 66.100 km² und die Fläche der Inseln 2.200 km². Das Wasservolumen betrug etwa 1.100 km³ (BORTNIK et al.



Abb. 2.11-1: Satellitenbilder der Aralsee-Region (Quelle: NASA). Die Aufnahme rechts zeigt das erstmalige Verschwinden des Ostbeckens des Süd-Aralsees und die Entstehung eines riesigen Salzsumpfgebietes.

Aus: WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3.Auflage (2011)
Hrsg.: Lozán J. L., H. Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese

1991, BORTNIK 1996). Durch den Bau von riesigen Bewässerungssystemen und großen Kanälen in Zentralasien wurde das Wasser des Amudarja und des Syrdarja abgeleitet. Die katastrophale Austrocknung des Aralsees begann. Der Aralsee existiert heute nicht mehr. Es sind vier Restgewässer entstanden: Nord-Aralsee (Kleiner Aralsee), Süd-Aralsee (Großer Aralsee), der in ein tiefes westliches Becken und ein seichtes östliches Becken geteilt ist, und der kleine Kulandjensee im Nord-Westen. 2009 fiel der östliche Teil des Großen Aralsees erstmals trocken (Abb. 2.11-1). Damit sind etwa 60.000 km² der Seefläche trockengefallen. 2010 wurde das seichte östliche Becken teilweise wieder mit Wasser gefüllt als Folge des niederschlagsreichen Winterhalbjahres und des Durchbruchs des Amudarja auf den trockengefallenen Seeboden. Es ist ein sehr fluktuierender hydrologischer Zustand zu beobachten (Abb. 2.11-2). Das Ökosystem in der Mitte des östlichen Beckens kann als unstabiler Salzsumpf bezeichnet werden. Auf dem trockengefallenen Seeboden haben sich Sand- und Salzwüsten ausgebreitet: die sogenannte neue Aralkumwüste. Dieser trockengefallene Seeboden hat eine Fläche erreicht, die deutlich größer ist als die gesamten Niederlande.

Die Austrocknung des Aralsees ist bisher das größte Umweltdesaster, das der Mensch durch die Umverteilung der regionalen Wasserressourcen verursacht hat (AGACHANJANZ 1988; WALTER & BRECKLE 1994; BRECKLE et al. 1998, 2001a, 2001b, 2003, 2011; BRECKLE & WUCHERER 2005; GIESE et al. 1998; KLÖTZLI 1997; LETOLLE et al. 1996; MICKLIN 2007).

Die negativen Umweltveränderungen in der Region, die unter dem Stichwort »Aralsee-Syndrom« bekannt sind, beeinträchtigen die wirtschaftliche Entwicklung, wie auch die Lebensbedingungen der Menschen erheblich. Der Aralsee ist ein internationales Gewässer, und die zwei ihn speisenden Flüsse sind von großem Interesse für die fünf nach 1990 neu entstandenen Staaten (aus ehemaligen Sowjet-Republiken) sowie für Afghanistan. Der nördliche Teil des Aralsees (auch Kleiner Aralsee genannt) liegt in Kasachstan. Der südliche Teil (bisher als Großer Aralsee bezeichnet), liegt in Kasachstan (nördlicher Anteil) und Usbekistan (südlicher Anteil). Turkmenistan hat keinen direkten Zugang zum Aralsee, aber wirtschaftlich ist es sehr von der Verteilung des Amudarja-Wassers abhängig. Die Einzugsgebiete der Flüsse Amudarja und Syrdarja liegen in Kirgisien, Tadschikistan und Afghanistan. Das Bevölkerungswachstum und die übermäßige Nutzung der Wasserressourcen des Aralsees führten zu einem immer stärkeren Auseinanderklaffen zwischen den Wasservorräten der natürlichen Ökosysteme und dem Wasserverbrauch für den Ackerbau.

Hydrologische Bilanz des Aralbeckens und des Aralsees

Für die erste Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts war für den Aralsee eine stabile Phase mit einem durchschnittlichen Wasserstand von 53 m ü. M. kennzeichnend. Die Hauptflusssysteme sind die des Syrdarjas und des Amudarjas. Die Einzugsgebiete der Flüsse liegen überwiegend in den Gebirgen des Pamiro-Alai, des Hindukusch und des Inneren Tian-Shans in Tadschikistan, Afghanistan und Kirgisien. Der gesamte Jahresabfluss beträgt ca. 120–130 km³ (KIRSTA 1991). Der Zulauf in den Aralsee betrug vor der Austrocknung ca. 50–60 km³. In den letzten 20 Jahren sank er auf (0, absolutes Minimum) 3–10 (20, vorläufiges Maximum) km³/Jahr. PENEVA et al. (2004) zeigten aber, dass das Schrumpfen des Aralsees trotz des fehlenden Zuflusses langsamer verlief als erwartet. Offensichtlich ist diese Differenz oder Wasserkompensation durch Grundwasser und Niederschläge zu erklären, deren Anteil 8–10 km³ pro Jahr beträgt.

Die Länge des Syrdarjas beträgt 2.137 km von dem Zusammenfluss von Naryn und Karadarja bis zum Aralsee, einschließlich des Naryns sind es 3.020 km. Der durchschnittliche Jahresgesamtabfluss beträgt 38 km³ einschließlich des Wassers aus Kirgisien, Tadschikistan, Usbekistan und Kasachstan. Das Einzugsgebiet des Syrdarja beträgt ca. 782.700 km². Noch Anfang der 1960er Jahre betrug die Bewässerungsfläche im Syrdarya-Becken 1,9 Mio. ha, 30 Jahre später 3,4 Mio. ha (IVANOV & ISMAILOV 1992). Es sind 6 große Staueisen mit Dämmen errichtet worden, deren Gesamtvolumen 37,6 km³ beträgt. Als Folge verringerte sich der Syrdarja-Zulauf in den Aralsee auf gegenwärtig durchschnittlich 4–5 km³ pro Jahr.

Die Länge des Amudarja beträgt 1.450 km vom Zusammenfluss des Pjandzh und des Vachschi bis zum Aralsee. Mit dem Pamirfluss, beginnend am Zorkulsee, einschließlich des Pjandschi beträgt die Länge 2.580 km. Das gesamte Einzugsgebiet des Amudarja beträgt ca. 535.700 km². Der durchschnittliche Jahresgesamtabfluss liegt bei 77 km³. Der Amudarja speist sich von Gletschern des Hochgebirges Afghanistans und Tadschikistans und der Mittelgebirge Usbekistans und Turkmenistans. Gegenwärtig ist der Zulauf des Amudarja in den Aralsee auf durchschnittlich nur noch 5–15 km³ pro Jahr verringert. In den letzten Jahrzehnten sind im Amudarja-Becken mehr als 35 Wasserreservoirs mit einem Gesamtvolumen von 29,8 km³ gebaut worden.

Seit 1960 sind mehr als 90% des Wasservolumens und mehr als 80% der Wasserfläche des Aralsees verlorengegangen (Tab. 2.11-1). Die Austrocknung des Aralsees ist jetzt in einer kritischen Phase, da nur noch

kleine unstabile abgesonderte Restseen geblieben sind, mit Ausnahme des Kleinen Aralsees. Die Begriffe »Aralseesyndrom« und »Aralkumwüste« sind heute Realität.

Die Austrocknung des Aralsees ist eine Folge der extensiven Ausbreitung der Bewässerungslandwirtschaft in der Region (Baumwolle, Reis, Weizen, Gemüse). Die Landwirtschaft in Zentralasien ist aufgrund des ariden Klimas mit 100–150 mm Jahresniederschlag (überwiegend im Winterhalbjahr) fast völlig von künstlicher Bewässerung abhängig. Mit 87% des Wasserverbrauchs dominiert die Landwirtschaft eindeutig im Wasserkonsum. In Usbekistan und Turkmenistan sind mehr als 40% der Bevölkerung in der Landwirtschaft beschäftigt (KLÖTZLI 1997). Dasselbe betrifft die Süddistrikte von Kasachstan (Tschimkent, Ksyl-Orda). Eine schnelle Umstrukturierung der Wirtschaft ist nicht möglich. Die künstliche Bewässerung wird auch weiterhin die Grundlage der Landwirtschaft in Zentral-

asien wegen des erheblichen Bevölkerungswachstums bleiben müssen.

Südlicher Aralsee Gegenwärtiger Zustand

Der Aralsee existiert nicht mehr und kann in der nahen Zukunft nicht mehr wiederhergestellt werden. Die Aufteilung in kleinere Wasserbecken begann 1988 als die Insel Kokaral zu einer Halbinsel wurde und die Berg-Bucht trockenfiel. Alle drei großen ehemaligen Inseln Kokaral, Barsa-Kelmes und Vozrozhdenie sind gegenwärtig Teil des Festlands. Die künftige Entwicklung des Südlichen Aralsees und des Nördlichen Aralsees wird sehr unterschiedlich sein. Die hydrologische Bilanz des Südlichen Aralsees ist stetig negativ, die Austrocknung wird sich fortsetzen. Das östliche seichte Becken ist gegenwärtig ein lokaler sehr instabiler

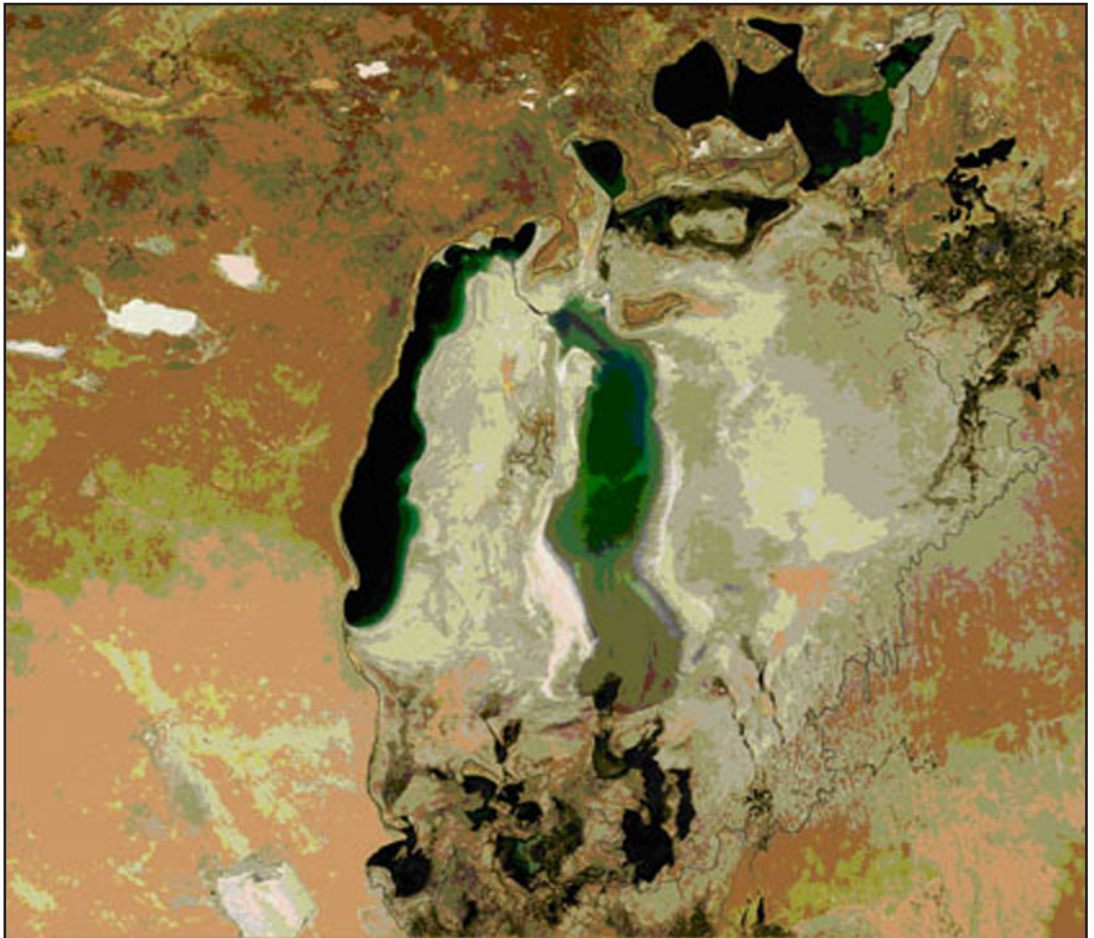


Abb. 2.11-2: Satellitenbild der Aralsee-region (NASA 2010), das eine partielle Füllung des sehr flachen Ostbeckens des Süd-Aralsees nach sehr starken Regenfällen im Winterhalbjahr im Amudarja-Einzugsgebiet zeigt. Es kennzeichnet den sehr labilen hydrologischen Zustand der Region.

Tab. 2.11-1: Dynamik der Wasserfläche und des Wasservolumens des Aralsees (Aralkum-Wüste) innerhalb der letzten 50 Jahre (nach BORTNIK 1996, DUKHOVNY et al. 2008).

Jahre	Wasserspiegel (m asl)	Wasserfläche (km ²)	Wasservolumen (km ³)	Salzgehalt (%NaCl)
1960	53,4	67.100	1.080	0,9
1970	51,2	60.200	950	1,2
1980	45,4	50.800	630	1,7
1990	38,2 ^a /40,5 ^b	36.400	310	3,2
2000	ca.33,5 ^a /39,8 ^b	26.000	160	6–8 ^a / 2,0 ^b
2005 ^c	ca. 30,7 ^a /41,0 ^b	19.000	110	7–15 ^c / 1,9 ^b
2009	25 ^a /42 ^b	7.000	<100	c. 10–20 ^c / 1,5 ^b

^{a/b} 1990, 2000, 2005 war der Seewasserspiegel im Nord^a- und im Süd^b-Aralsee unterschiedlich.

^c 2005 teilte sich der schrumpfende Süd-Aralsee in das West- und das Ostbecken, praktisch ohne Wasseraustausch zwischen den beiden Becken. m asl = meter above sea level (m über dem Meeresspiegel)

Salzsee oder Salzsumpf (STANEV et al. 2004, BENDUHN & RENARD 2004, MITABDULLAEV et al. 2004, FRIEDRICH & OBERHÄNSLI 2004) oder ein System von seichten Salzseen und –sümpfen zwischen der ehemaligen Insel Vozrozhdenie und der Ostküste. Heutzutage ist die Definition »Großer Aralsee« missverständlich, besser ist es zu sagen »Südlicher Aralsee«, weil aktuell praktisch drei separate Becken existieren: das kleine Kuldandy-Becken, das sehr seichte östliche Becken und das tiefe westliche Becken, das wahrscheinlich in den nächsten Jahren weitgehend unverändert bleiben wird.

Auswirkungen der Austrocknung des Aralsees

Die Austrocknung verursacht negative Einwirkungen auf die Umwelt der ganzen Region, vor allem:

- Höhere Kontinentalität des Klimas, jährliche Temperaturamplitude (Monatsmittel) stieg von 24 K auf 27 K (GINZBURG et al. 2003);
- Bedrohung der Existenz des Naturschutzgebietes auf der ehemaligen Insel Barsa-Kelmes;
- Anschluß eines ehemaligen militärischen Versuchsgebietes auf der Insel Vozrozhdenie ans Festland (biologische und chemische Waffen);
- Bildung einer riesigen offenen Salzwüste mit Salzkrusten und –staub zwischen der ehemaligen Insel Vozrozhdenie und der Ostküste;

In der Region gibt es nur ein Naturschutzgebiet – »Barsa-Kelmes«. Das Naturschutzgebiet Barsa-Kelmes wurde bereits 1939 gegründet und hatte eine Fläche von 16.795 ha.

Dieses Naturschutzgebiet war eine Insel, die in der Mitte des Aralsees lag, und war dadurch ein perfekt geschütztes Naturschutzgebiet. Im Zeitraum zwischen 1996–1998 trocknete der See zwischen der Insel Barsa-Kelmes und dem Festland an der Ostküste aus. Die Insel wurde zu einer Halbinsel und ist vom Festland aus zugänglich geworden.

Auf der Insel begann sofort die Jagd auf Antilopen und Wildschweine. Die Saiga-Antilopen, Wildschweine und die berühmte Herde von Wildeseln (*Equus hemionus kulan*) verließen die Insel und bewegten sich zur Ostküste, in die Umgebung der ehemaligen Insel Kasakulan mit warmen Wasserquellen und ganzjährigem Pflanzenbewuchs. Im Dezember 2005 ratifizierte das Parlament der Republik Kasachstan eine enorme Erweiterung der Fläche des Naturschutzgebietes »Barsa-Kelmes« auf 173.000 ha, einschließlich des trockengefallenen Seebodens.

Zwischen der ehemaligen Ostküste des Aralsees und den ehemaligen Inseln Vozrozhdenie und Barsa-Kelmes und auch weiter südlich davon entwickelte sich der trockengefallene Seeboden zu einer riesigen Salzwüste einschließlich der Flächen nördlich Barsa-Kelmes. Die Salzwüste stellt eine offene Fläche mit Salzkrusten und Salzstaub dar, mit einem Gemisch von NaCl, Soda, Sulfaten und anderen, toxischen Komponenten. Die Bildung neuer Salzflächen in der Region am Aralsee ist dem räumlichen Ausmaß nach mit der Großen Iranischen Salzwüste und der Salzwüste in Utah (USA) vergleichbar. Der entscheidende Unterschied liegt aber darin, dass die Bildung der amerikanischen und iranischen Salzwüsten und die Veränderung der Umweltbedingungen dort einer geologischen Zeitskala folgten, in der Region am Aralsee sind diese Vorgänge aber viel rascher im Laufe von einigen Jahrzehnten abgelaufen.

Diese Salzwüste ist durch Stürme zur Hauptquelle von Salzbelastungen in der weiteren Region geworden. Die Staub- und Salzfracht aus der trockengefallenen Bodenoberfläche kann nur grob abgeschätzt werden und beträgt 15–150 Mio. t/Jahr.

Die Ausblasung des Oberbodens auf offenen vegetationslosen Solontschaks (russischer Name für Salzböden) (meistens krusten-puffige) kann sogar 3–7 cm/Jahr ausmachen. Satellitenbilder zeigen, dass sich die Aerosolwolken von der Ostküste mehr in Richtung

Südwest-West bewegen und in Karakalpakstan über dem dicht besiedelten Amudarya-Delta niedergehen.

Der Aerosolaustrag verursacht Versalzung der landwirtschaftlichen Felder, Veränderung der natürlichen Ökosystemkreisläufe, Schädigung der Gesundheit der Bevölkerung (Augen- und Lungenkrankheiten, usw.).

Die weitere Austrocknung führte zur Absonderung des westlichen und des östlichen Beckens voneinander. Das westliche Becken wird viel länger erhalten bleiben, seine Abhänge sind viel steiler im Vergleich mit dem östlichen Becken. Es wird erwartet, dass das westliche Becken nicht austrocknen wird, sondern sich zu einer Salzacke wandeln wird, ähnlich dem Toten Meer (STANEV et al. 2004, BENDUHN & RENARD 2004).

Nach den Schätzungen von SHERMATOV et al. (2004) kann der Abfluss des Amudarja wieder leicht zunehmen. Die Kalkulationen von SALOKHIDDINNOV & KHAKIMOV (2004) zeigen, dass für die Erhaltung der beiden Becken des Süd-Aralsees in den gegenwärtigen Grenzen mindestens 7,6 km³ Wasser zusätzlich nötig sind. Folglich ist die Erhaltung des östlichen Sees nicht realistisch. Dies zeigte auch das Jahr 2009. Der aktuelle Wasserzufluss ist hingegen ausreichend für die Erhaltung des westlichen Sees. In diesem Fall würde das östliche Becken ein instabiler Salzsumpf sein. Das ist die beste Rolle, die es in der Zukunft spielen kann. Es könnten neue Kanäle errichtet werden, um das gesamte Drainagewasser aus dem Süden zum westlichen Becken zu bringen. Dies würde hydrologisch das westliche Becken stabilisieren, der Überlauf im Norden würde zum Ostbecken gehen und dort verdunsten und damit langsam Salz aus dem West- ins Ostbecken transportieren. Ein solcher Wasserdurchlauf durch das Westbecken könnte langfristig neue Möglichkeiten der Nutzung erschließen.

Die Austrocknung des östlichen Beckens hat zu einer Zunahme des Salzstaubaustrages geführt, da die meisten seichten restlichen Becken trockengefallen sind und sich Salzpflanzen (Halophyten) nur sehr langsam ausbreiten. Der Salzstaub beeinflusst die Landwirtschaft entlang der Südküste des Aralsees im Amudarja-Delta sehr negativ. Es müssen daher baldmöglichst Maßnahmen ergriffen werden, um den Salzstaubaustrag vom trockengefallenen Seeboden zu verringern. Die Phytomelioration scheint die einzige effektive und ökonomische Aktion zur Bekämpfung der Salzdesertifikation zu sein. Künstliche Bepflanzungen der Salzböden benötigen eine spezielle Technologie. Auf experimentellen Flächen wurde aber gezeigt, dass solche Maßnahmen realisiert werden können (WUCHERER et al. 2005, WUCHERER ET AL 2011, NOVITSKYI 2011, KUZ'MINA & TRESHKIN 2011).

Die früher trockengefallenen Seebodenflächen,

hauptsächlich Sandwüsten, bedecken sich spontan mit Vegetation. Auf diesen Flächen ist die Phytomelioration von sekundärer Bedeutung (NOVITSKYI 2011). Die beweglichen Sande müssen nicht durch künstliche Bepflanzungen fixiert werden. Es ist sogar besser den Sandmassen eine freie Bewegung in Richtung der Salzwüsten zu erlauben, um die Salzböden mit Sand zu überdecken. Die salzreichen Böden des in den letzten zwei Jahrzehnten trockengefallenen Seebodens stellen ein Mosaik von seichten Becken dar, die von Deflation betroffen sind und absolut vegetationslose Salzwüsten sind. Solche Flächen bedürfen dringend einer Bepflanzung (WUCHERER et al. 2011). Die trockengefallenen Flächen sind aber zu riesig, um sie in einem vernünftigen Zeitraum zu bepflanzen. Folglich ist die Bepflanzung von mehreren Kleinflächen, um Vegetationskernflächen zu schaffen, empfehlenswert, von denen im Laufe der Zeit eine spontane Ausbreitung der Vegetation stattfinden wird. Diese vegetationsbedeckten Kernflächen sollen vom Beginn an als Schutzstreifen funktionieren, und dementsprechend die Salzstaubbildung verhindern oder wenigstens verringern.

Der Kleine Aralsee Aktueller Zustand

Vor 1960 betrug die Fläche des Nord-Aralsees ca. 6.000 km² (bei einem Pegelstand von 53 m ü. M.). Die kritische Phase der Austrocknung wurde Anfang der 1990er Jahre erreicht als der Wasserspiegel im Bereich um 38–39 m ü. M. schwankte und die Wasserfläche 2.600–3.100 km² betrug (BORTNIK 1996). Die weitere Absenkung des Seewasserspiegels unter 38 m ü. M. hätte zur Aufteilung des Nord-Aralsees geführt und damit zu schneller Austrocknung der restlichen westlichen Becken. Die Errichtung eines Dammes in der Berg-Bucht zwischen der Halbinsel Kokaral und dem Ostufer südlich der Syrdarya-Mündung sollte diese destruktive Dynamik verhindern. Es wurde relativ zügig ein »Naturdamm« - Damm aus Sand, Lehm und Kies ohne Betonfundament errichtet. Der Syrdarya-Fluss mündet dadurch nur noch in den Nord-Aralsee.

Die hydrologische Bilanz wurde positiv, dies führte zu einem relativ raschen Anstieg des Seewasserspiegels auf 42,0 m ü. M. und der Wasserfläche auf 3.200 km². Insgesamt betrug in diesem Zeitabschnitt der durchschnittliche Zufluss in den See 4–5 km³/Jahr, deutlich höher als in den Jahren davor. Eine bestimmte Rolle für die Zunahme des Zuflusses spielte auch die drastische Verringerung der Bewässerungsflächen unter Reis im Ksyl-Orda-Distrikt (von 100.000 ha auf 60.000 ha) und teilweise die überdurchschnittliche Zunahme der Niederschläge in diesen Jahren. Diese

Entwicklung führte zu einem unerwartet schnellen und hohen Anstieg des Wasserspiegels des Nord-Aralsees. Folglich wurde der Damm im April 1999 durch Hochwasser und Sturm zerstört. Der Wasserspiegel des Nord-Aralsees sank in wenigen Tagen um etwa 5 m.

Ein neues Programm zum Aufbau der Region mit Unterstützung der Weltbank wurde entwickelt und umgesetzt. Es wurde ein neues System von Kanälen gebaut, um die Effizienz der Wassernutzung und die Verwaltung der Bewässerungsflächen zu vervollkommen, und es wurde ein neuer verbesserter Damm errichtet. Der Damm, gebaut von einem Türkisch-Englisch-Russischen Konsortium, wurde Ende 2005 fertiggestellt. Dies führte rasch zu einer Zunahme und Stabilisierung des Wasserspiegels des Nord-Aralsees bei 42 m ü. M.. Es ist zu hoffen, dass in der ganzen Region des Ksyl-Orda-Distrikts bis zum Syrdarja-Delta eine Basis für eine planmäßige und umweltgerechte Wasserverteilung und Wassernutzung in den landwirtschaftlichen Systemen und ebenso für die Fischwirtschaft geschaffen wird. Dies soll dementsprechend zur Verbesserung des Lebensstandards der Bevölkerung führen und den Dörfern rund um den Nord-Aralsee eine neue Hoffnung geben.

Auswirkungen der Wiederherstellung des Nord-Aralsees

Der Fischfang in den Fischerdörfern rund um den Nord-Aralsee sank seit den 1960er Jahren ununterbrochen. Im Laufe der 1980er Jahre wurde im Nord-Aralsee der Fischfang praktisch eingestellt. Die Bevölkerung der kleinen Fischerdörfer wie Akpasty, Akespe, Birlik, Bugun und andere, die um den See gelagert sind, war gezwungen nach alternativen Einkommensquellen zu suchen (Jagd, Weidewirtschaft). Ein Drittel der Bevölkerung ist in die nächstgelegenen Dörfer oder Städte umgezogen. Die Jagd ist nicht ausreichend für die Familienversorgung, und die Weidewirtschaft ist direkt an der Küste ungünstig, außer in den Delta-Gebieten. Besonders hart betraf die Austrocknung des Kleinen Aralsees die Stadt Aralsk an der Nordküste, die Zentrum der Fischverarbeitungsindustrie war. Der rasche Verlust eines wichtigen und billigen Nahrungsmittels (Fisch), die rasche Erhöhung der Arbeitslosigkeit, die Auswanderung und Verarmung der heimischen Bevölkerung und die Zerstörung des natürlichen landschaftlichen Potentials (See und Küste) verdeutlichten die Folgen des Aralsee-Syndroms, nämlich die negative Bilanz und Auswirkungen des Trockenfallens des Sees.

Das neue Kanalsystem und der Damm veränderten gewissermaßen die Situation. Die Zunahme der Was-

serfläche und des Wasservolumens durch den Dammbau, Rückgang des Salzgehaltes und Stabilisierung der hydrobiologischen Situation im Nord-Aralsee werden die Gesamtsituation hoffentlich noch weiter verbessern. Die Stadt Aralsk wird wahrscheinlich wieder Zugang zum Wasser des Nord-Aralsees durch den Bau eines neuen Kanals bekommen.

Ende der 1980er Jahre wurde die Scholle (*Pleuronectes platessa*; ein Fisch der Nordsee und des Schwarzen Meeres) in den restlichen Nord-Aralsee eingeführt. In der zweiten Hälfte der 1990er Jahre konnten die Fischer wieder mit dem Fischen beginnen. Nach Aussagen der örtlichen Fischer belief sich der tägliche Fang im Frühling 1998 auf rund 1–1,5 t/Tag. Diese Tatsache spricht für die Wiederbelebung der Fischerei. In den Küstendörfern hat man angefangen, kleine Fischfanggemeinden zu bilden. Das Einkommen der Bevölkerungsgruppen, die den Fischfang praktizierten, nahm zu. Eine Entwicklungshilfe von Dänemark für die Etablierung der Fischkooperative unterstützte die neue Initiative und ebenso die Errichtung und die Nutzung der Fischteichsysteme rund um die Dörfer. Gegenwärtig nimmt der Fischfang, und nicht nur der Scholle, stetig zu. Die Tatsache, dass die Scholle im Kleinen Aralsee schon sechs Generationen vorweisen kann, spricht für die Stabilisierung und das normale Wachstum der Fischpopulation. Angeblich ernährt der See heute wieder 2.000 Fischerfamilien. Es wird berichtet, dass wieder 21 Fischarten in den See zurückgekommen wären, und es soll eine Fischfabrik mit einer Kapazität von 6.000 Tonnen im Jahr gebaut werden.

Die Zunahme des Seewasserspiegels im Nord-Aralsee führte zum Anstieg der Bodenfeuchtigkeit und des Grundwasserspiegels auf dem trockengefallenen Seeboden rund um den See und dementsprechend zur Ausbreitung der strauchigen Vegetation im ehemaligen Küstenbereich. Die Stabilisierung der Bodenoberfläche und Verbesserung der Qualität des Weidelandes im Bereich der ehemaligen Küstenlandschaft ist zu beobachten.

Die örtliche Bevölkerung glaubt sogar an die Wiederherstellung des Nord-Aralsees in der ursprünglichen Größe. Dies würde die Errichtung eines riesigen Dammes auch westlich von Kokaral erfordern, weshalb dies kaum möglich ist. Die positiven Folgen von neuen Projekten ermutigte viele Familien in die Küstendörfer zurückzukehren. Ihren Glauben an den Aralsee bekamen sie zurück. Die positiven psychologischen Auswirkungen der laufenden Projekte sind erstaunlich. Wir hoffen, dass unsere positiven Eindrücke bei verschiedenen Aufenthalten in der Region von Dauer sind und in Zukunft nicht ins Gegenteil verkehrt werden.

Schlussbetrachtung

Die gesamte Wasserbilanz der Aralseeregion hat sich nicht oder nur wenig geändert. Die Wasserressourcen, die heute dem See fehlen, um das ursprüngliche hydrologische Gleichgewicht des Aralsees zu erreichen, werden abgeleitet. Neue Dämme wurden errichtet, riesige neue Bewässerungsprojekte wurden entwickelt, neue Fischteiche und große neue »Wasserkörper« sind entstanden und Becken mit Wasser gefüllt worden (z.B. Sary-Kamysch). Der Wasserverlust durch Evapotranspiration von diesen neu geschaffenen Wasserflächen ist derzeit größer als früher von der Wasserfläche des Aralsees.

Die meisten Vorschläge, die in den letzten 20–30 Jahren für die Rettung des Aralsees gemacht wurden, sind nicht realisiert worden. Die Realität ist: der Aralsee existiert nicht mehr. Es blieben nur drei bis vier Restgewässer mit einer Gesamtfläche von 7.000–12.000 km².

Die erste wesentliche Veränderung war Ende der 1980er Jahre – Teilung des Aralsees in zwei Gewässer (Nord- und Süd-Aralsee). Die zweite war die Bildung einer großen Halbinsel von der ehemaligen Kleininsel Vozrozhdenie, was zur Aufteilung des Süd-Aralsees führte. Die nächste war das Verschwinden des östlichen seichten Teiles des Süd-Aralsees im Jahr 2009 - vorhergesagt wurde es für 2010 (WALTER & BRECKLE 1994).

Der Abfluss des Amudarja ist relativ niedrig und variiert sehr von Jahr zu Jahr. Der westliche Teil des Süd-Aralsees ist ziemlich tief und hat steile Ufer. Daher werden sich seine Charakteristiken nicht so stark ändern, mit Ausnahme der künftigen Zunahme des Salzgehalts. Theoretisch könnte dieses Gewässer für die Zucht von *Artemia salina* (brine shrimp) als Proteinquelle genutzt werden, in Abhängigkeit von der gesamten ökonomischen Situation. Als Vision, andererseits, könnte das hydrologische System durch die Zuleitung der Drainagewässer vom Amudarja zum westlichen Becken so geändert werden, dass es im nördlichen Teil zum Überfließen des Wassers in das östliche Salzsumpfbecken führen wird. Das östliche Becken würde in diesem Fall als ein riesiges Evaporationsbecken funktionieren. Im westlichen Becken würde dementsprechend die Salinität langsam abnehmen.

Entlang der Südostküste in Richtung der Südwestküste sind nur wenige Siedlungen geblieben und ähnlich wie die Stadt Muinak sind sie in einem desolaten Zustand. Der Nord-Aralsee mit einer künftigen Fläche von 4.000 km² und einer aktuellen Salinität von 1,5% hat gute Zukunftsperspektiven. Die Belebung der Fischerei, die Verbesserung der ökonomischen Grundla-

ge der Küstendörfer, eine Entfaltung der Beweidung und der Viehwirtschaft in der Küstenregion, eine Verbesserung der Wirtschaftsinfrastruktur der Deltaregion des Syrdarja in Bezug auf die Bewässerung wird zur Verringerung der Armut führen und zur Verbesserung der Lebensverhältnisse der Bevölkerung.

Die Deutsche Forschung leistet einen erheblichen Beitrag in Bezug auf die Erforschung der Ökologie und der Umweltfaktoren in der Aralseeregion mit dem Ziel der Etablierung eines besseren und nachhaltigen ökonomischen Systems, vor allem in der Urgentsch-Region (Usbekistan, Mittellauf von Amudarja, LAMERS et al. 2008) und ebenso in Bezug auf die Pionierpflanzungen auf dem trockengefallenen versalzten Seeboden mit dem Ziel die am besten geeigneten Arten zu identifizieren und die Pflanztechnik zu vervollkommen.

Einige Beispiele der notwendigsten Aufgaben (BRECKLE et al 2001a), die verwirklicht werden oder noch ausgeführt werden müssen, sind:

- Phytomelioration mit salztoleranten Sträuchern in der Region (e.g. *Haloxylon*, Abb. 2.11-4 und -5; *Halocnemum*, Abb. 2.11-6; *Halostachys*; *Tamarix* etc.) (WUCHERER et al. 2005, 2011). Echte salztolerante Arten sind selten, nur *Halocnemum strobilaceum* (Abb. 2.11-6) ist sehr salztolerant, er wächst langsam und erreicht nur 60–80 cm Höhe.
- Windschutzstreifen rund um die Siedlungen
- effizientere Wassernutzung und effizienterer Energieverbrauch
- besseres Managementsystem für die Kontrolle der Beweidung
- Beteiligung der dörflichen Bevölkerung und Ausbildungsmaßnahmen zur Etablierung von neuen Anpflanzungsprojekten und anderen Umweltinitiativen
- normativer Naturschutz durch:
 1. Erhöhung der Biodiversität,
 2. Entwicklung einer Naturschutzstrategie,
 3. Sicherung und Erweiterung der geschützten Fläche um das Naturschutzgebiet "Barsa-Kelmes" und in anderen Teilen des Nord-Aralsees,
 4. Schutz des östliche ehemaligen Küstenteils sowie Kaskakulan mit seinen heißen Wasserquellen,
 5. Schutz des Syrdarya-deltas mit den restlichen Tugaiwälder,
 6. Schutz der fossilreichen steilen Hänge (Tschinks) an den Nordküsten des Nord-Aralsees und
 7. Etablierung eines Nationalparks oder Biosphärenreservats.

Die aktuelle Umweltsituation, die bedrohte Landnutzung als Folge der Versalzung, schlechter Gesundheitszustand und die Armut sind immer noch sehr alarmierend. Nötige Gegenmaßnahmen zur Prävention neuer Degradation und zur Desertifikationsbekämpfung in allen dazu gehörenden Aspekten (im Sinne der UNCCD-Konvention: United Nations Convention on Combating

Desertification) sind vordringlich, ebenso wie die Beachtung der anderen UN-Konventionen (UNCBC: United Nations Convention on Conservation of Biodiversity; UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change). Die Lösung dieser Probleme ist von grundsätzlicher Bedeutung für die Bevölkerung der Region am und um den ehemaligen Aralsee.

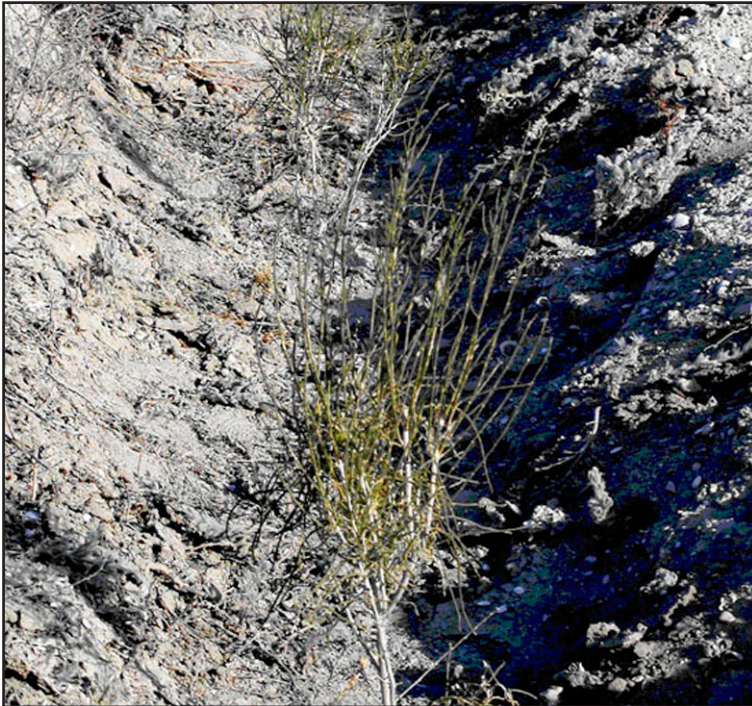


Abb. 2.11-4: Erfolgreiche Anpflanzungen auf dem trockengefallenen Seeboden des Aralsees in Furchen mit Stecklingen von Schwarzem Saxaul (*Haloxylon aphyllum*) auf einem Küsten-Solonchak-Boden (Foto: W.Wucherer, 24.06.2004).



Abb. 2.11-5: Erfolgreiche Anpflanzungen auf dem trockengefallenen Seeboden des Aralsees in Reihen mit Stecklingen von Schwarzem Saxaul (*Haloxylon aphyllum*) auf Flächen mit Sanddünenbildungen (Barkhane) (Foto: W.Wucherer, 26.09.04).

Literatur

- AGACHANJANZ O. (1988): Wasserbilanz und wasserwirtschaftliche Probleme in der mittleren Region der UdSSR (Mittelasien und Westsibirien). *Petermanns Geogr Mitt* 132, H2: 109-116 (in German).
- BENDUHN F. & P. RENARD (2004): A dynamic model of the Aral Sea water and salt balance. *J Marine Systems* 47: 35-50.
- BORTNIK V.N., V.I. KUKSA & A.G. TSYTSARIN (1991): Present state and possible future of the Aral Sea. *Izv. AN SSR, Ser Geogr*, 4: 62-68 (in Russian).
- BORTNIK V.N. (1996): Changes in the water-level and hydrological balance of the Aral Sea. In: MICKLIN, P.P. & W.D. WILLIAMS (Eds.): *The Aral Sea Basin*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 25-32.
- BRECKLE S.-W., O. AGACHANJANZ & W. WUCHERER (1998): Der Aralsee: Geoökologische Probleme. *Naturwiss Rundsch* 51: 347-355 (in German).
- BRECKLE S.-W., M. VESTE & W. WUCHERER (Eds.) (2001a): *Sustainable land use in deserts*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 464 pp.
- BRECKLE S.-W., W. WUCHERER, O. AGACHANJANZ & B. GELDYEYEV (2001b): *The Aral Sea Crisis Region*. In: BRECKLE, S.-W., M. VESTE & W. WUCHERER (Eds.): *Sustainable Land Use in Deserts*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 27-37.
- BRECKLE S.-W., M. HAVERKAMP, A. SCHEFFER & M. VESTE (Hrsg.) (2003): *Ökologische Optimierung der Wassernutzung bei Bewässerungsverfahren mit salzhaltigem Wasser in ariden Gebieten*. *Bielefelder Ökologische Beiträge* 16, 108 pp.
- BRECKLE S.-W. & W. WUCHERER (2005): Hat der Aralsee eine Zukunft (Has the Aral Sea a future). In: LOZAN J.L., GRÄBL H., HUPFER P., MENZEL L. & CH.-D. SCHÖNWIESE (Hrsg.): *Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Auswertungen, in Kooperation mit GEO*, 131-135 (in German).
- BRECKLE S.-W., W. WUCHERER, L.A. DIMEYEVA & N.P. OGAR (eds) (2011): *Aralkum - a man-made desert*. *Ecol Studies* (Springer), in prep.
- DUKHOVNY V.A., P. NAVRATIL, I. RUZIEV, G. STULINA & YE. ROSHENKO (Eds.) (2008): *Comprehensive remote sensing and ground-based studies of the dried Aral Sea bed*. Tashkent, SIC ICWC, 172 pp.
- FRIEDRICH J. & H. OBERHÄNSLI (2004): *Hydrochemical properties of the Aral Sea water in summer 2002*. *J Marine Systems* 47: 77-88.
- GIESE E., G. BAHRO & D. BETKE (1998): *Umweltzerstörungen in Trockengebieten Zentralasiens (Environment destruction in dry areas of Central Asia) (West- und Ost-Turkestan). Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen (Causes, consequences, measures)*. Stuttgart, *Erdkundliches Wissen*, Band 125, 189 pp. (in German).
- GINZBURG A.I., A.G. KOSTIANOV & N.A. SHEREMT (2003): *Thermal regime of the Aral Sea in the modern period (1982-2000) as revealed by satellite data*. *J Marine Systems* 43: 19-30
- IVANOV E.G. & H.G. ISMAILOV (1992): *The present-day use of water resources in the Syrdarya-basin*. In: *Water Resources*, 22, 2: 218-223.
- KIRSTA V.T. (1991): *Resursy poverkhnostnykh vod ppustynnoi zony Srednei Azii, problemy ikh ispol'zovaniya i okhrany*. In: *Probl. Osv. Pustyn' Ashkhabad*, 3-4: 107-114. (in Russian).
- KLÖTZLI S. (1997): *Umweltzerstörung und Politik in Zentralasien. Eine ökoregionale Systemuntersuchung (Environment degradation and politic in Central Asia. An eco-regional system investigation)*. Peter Lang AG Bern, 251 S. (in German).
- KUZ'MINA ZH.V. & S.YE. TRESHKIN (2011): *Phytomelioration of solonchaks in the Uzbek Pre-Aral re-*



Abb. 2.11-6: Erfolgreiche Anpflanzungen auf dem trockengefallenen Seeboden des Aralsees in Reihen mit Stecklingen von *Halocnemum strobilaceum* auf einem Küsten-Solonchak-Boden mit hohem Salzgehalt (phot: SWBeckle, 26.06.2004).

- gion under climate change In: BRECKLE, S.-W., W. WUCHERER, L.A. DIMEYEVA & N.P. OGAR (eds). Aralkum - a man-made desert. Ecol Studies (Springer) in press.
- LAMERS J. P. A., I. BOBOJONOV & A. KHAMZINA (2008): Financial analysis of small-scale forests in the Amu Darya Lowlands of rural Uzbekistan. Forests, Trees and Livelihoods 18(4): 373-386.
- LETOLLE R. & M. MAINGUET (1996): Der Aralsee. Eine ökologische Katastrophe (The Aral Sea. An ecological disaster). Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 517 pp. (in German).
- MIRABDULLAYEVI.M., I.M.JOLDASOVA, Z.A.MUSTAFAEVA, S. KAZAKHJBAEV, S.A.LYUMIBOVA & B.A.TASHMUKHAMEDOV (2004): Succession of the ecosystems of the Aral Sea during its transition from oligohaline to polyhaline water body. J Marine Systems 47: 101-107.
- MICKLIN P. (2007): The Aral Sea disaster. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 35: 47-72.
- NOVITSKYI Z.B. (2011): Phytomelioration in the Southern Aralkum In: BRECKLE, S.-W., W. WUCHERER, L.A. DIMEYEVA & N.P. OGAR (eds). Aralkum - a man-made desert. Ecol Studies (Springer). in prep.

*Prof. Dr. S.-W. Breckle - Dr. Walter Wucherer
Universität Bielefeld - Fak. Biologie, Abteilung Ökologie
Wasserfuhr 24/26 - 33619 Bielefeld
sbreckle@gmx.de*