

## **Seespiegelschwankungen des Bosten-Sees (VR China)\***

von

Wang, Run<sup>1,2</sup>; Giese, Ernst<sup>1</sup>; Gao, Qianzhao<sup>3</sup>

Nr. 13, Gießen im Juli 2003

- 1 Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Giessen
- 2 Nanjing Institut für Geographie und Limnologie,  
Chinesische Akademie der Wissenschaften
- 3 Institut für Umwelt und Ingenieurwesen in kalten und ariden Regionen,  
Chinesische Akademie der Wissenschaften

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	Problemstellung.....	1
2.	Seespiegelschwankung und Zuflüsse.....	7
3.	Niederschlagstätigkeit .....	12
4.	Gletscherschmelze .....	15
5.	Zukünftige Entwicklung.....	21
5.1	Entwicklung der Niederschlagstätigkeit.....	23
5.2	Entwicklung der Gletscherschmelze .....	25
6.	Literaturverzeichnis .....	32

## TABELLEN UND ABBILDUNGEN

Tab. 1	Phasen der Seespiegelschwankung des Bosten-Sees 1955-2001 .....	8
Tab. 2	Gletscher im Einzugsgebiet des Kaidu (Stand 1983).....	17
Tab. 3	Lineare Trendkoeffizienten der Jahresmitteltemperaturen ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1972 – 1998	28
Abb. 1	Einzugsgebiet des Bosten-Sees, AR Xinjiang.....	1
Abb. 2	Östliches Tarim-Becken mit Bagrasch-köl, Kontsche-darja und Lop-nor nach einer Aufzeichnung von Sven Hedin 1934 .....	3
Abb. 3	Lage und Umriss des Bosten-Sees im September 2000.....	4

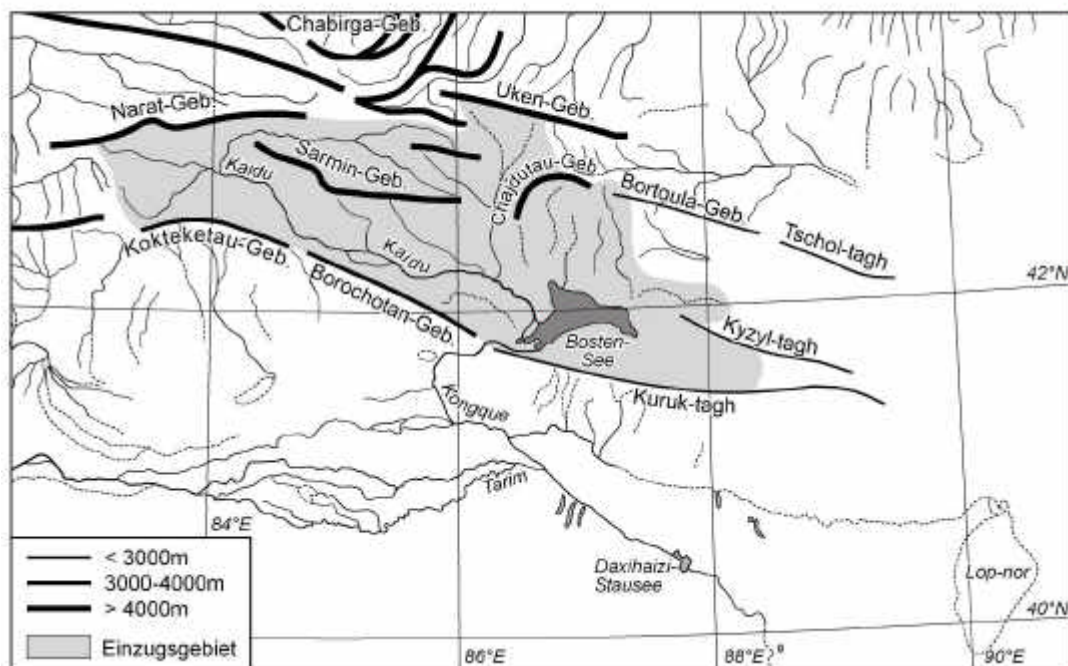
Abb. 4	Entwicklung des Wasserspiegels des Bosten-Sees und des Wasserabflusses des Kaidu bei Dashankou 1955-2001 .....	6
Abb. 5	Entwicklung der Bewässerungsfläche und der abgeleiteten Wassermenge für Bewässerungszwecke aus dem Kaidu 1958-1999 .....	9
Abb. 6	Entwicklung des Wasserspiegels des Bosten-Sees und der abgeleiteten Wassermenge aus dem Kaidu 1956-2000.....	10
Abb. 7	Monatlicher Abflussgang des Kaidu bei Dashankou in den Jahren 1973, 1986 und 2000.....	11
Abb. 8	Entwicklung der jährlichen Niederschlagsmengen der Stationen Dashankou, Baluntai und Bayinbruk 1957/58-1999 .....	14
Abb. 9	Entwicklung der jährlichen Niederschlagsmengen der Station Baluntai 1958-2000 .....	16
Abb. 10	Veränderung der Gletscherfläche in Sarmin-Gebirge 1984 und 2000.....	19
Abb. 11	Entwicklung der Netto-Massenbilanz von Gletschern in Tjan'-Šan' 1945-2000 .....	20
Abb. 12	Entwicklung des Anteils der in den Bosten-Sees fließenden Wassermenge am Abfluss des Kaidu an der Station Dashankou 1958-1999 .....	22
Abb. 13	Entwicklung des Wasserverbrauchs in m <sup>3</sup> pro ha Bewässerungsfläche im Einzugsgebiet des Kaidu 1958-1999 .....	22
Abb. 14	Entwicklung der Jahressummen der Niederschläge ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1882-2000.....	24
Abb. 15	Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1880-2000.....	27
Abb. 16	Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Klimastationen Dashankou, Baluntai und Bayinbruk 1957-2000 .....	29

## 1. PROBLEMSTELLUNG

Der Bosten-See (Bagrax-hu; Bagrasch-köl) liegt in der Autonomen Region Xinjiang im Nordwesten der VR China, genauer gesagt im Yanji-Becken im südöstlichen Randbereich des Tjan'-Šan'. Dieses wird im Norden von über 4.000 m aufragenden, vergletscherten Gebirgsketten (Sarmin-, Chajdutau- und Bortoula-Kette) umrandet, im Süden vom Kokteketau- und Borochootan-Gebirge sowie vom Kuruk-tagh, die bis auf 3.650 m bzw. 2.809 m aufragen.

Der Bosten-See ist einer der größten Süßwasser-Binnenseen Chinas. Einschließlich mehrerer kleinerer Tochterseen nimmt er zur Zeit eine Fläche von ca. 1.000 km<sup>2</sup> ein (55 km lang, 25 km breit). Der Sockelbereich des Sees liegt in einer Höhe von 1.040 m über NN, sein tiefster Punkt bei 1.030 m. Er besitzt eine durchschnittliche Tiefe von 8,15 m; sein Wasservolumen wird derzeit auf rund 8 Mrd. m<sup>3</sup> geschätzt.

Abb. 1: Einzugsgebiet des Bosten-Sees, AR Xinjiang



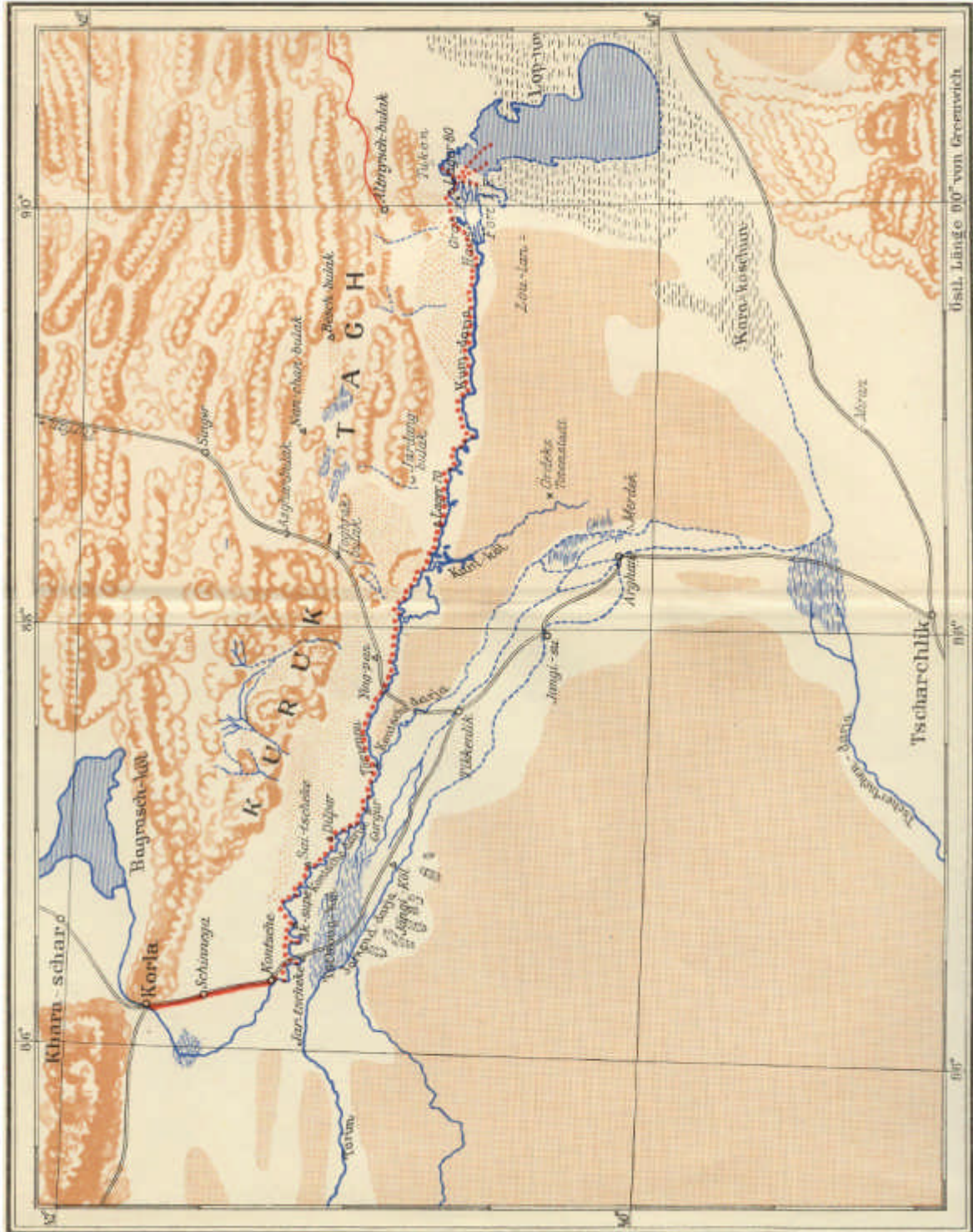
Folgt man einer Darstellung Sven Hedins aus dem Jahre 1896, so muss dieser See ursprünglich wesentlich größere Ausmaße besessen haben. Im Zuge seiner „Expedition durch Asiens Wüsten“ 1894 – 1897 gelangt Sven Hedin Anfang März 1896 an den

Bagrasch-köl, „dem größten See des innersten Asiens, gegen den der Lop-nor nur ein erbärmlicher Sumpf ist“ (HEDIN, 1899, Bd. II, S. 131). Er berichtet, dass der Bagrasch-köl einen einzigen, aber gewaltigen Zufluss aus dem Tjan'-Šan' besitze. Dieser Fluss, Hädik- oder Chaidu-gol (Kaidu-he) genannt, weise die typischen Kennzeichen der Flüsse Ost-Turkestans auf: im Sommer wälze er ungeheure, von mitgeschwemmtem Schlamm getrübe Wassermassen in seinem Bett hinunter. Im Herbst und Frühjahr sei er mittelgroß, erreiche im Winter sein Minimum und überziehe sich, wie der See, mit einer dicken Eisdecke (HEDIN, 1896, Bd. II, S. 132). Infolge der mitgeführten starken Schlammmassen habe der Chaidu-gol nach Südwesten zum See hin ein langgezogenes Delta entwickelt. Der Bagrasch-köl besitze im Südwesten einen Ausfluss: über den Kontsche-darja gelange so das Wasser in den Tarim und die Lop-nor-Senke (Abb. 2). Der Abstand von der Deltamündung des Chaidu-gol in den See bis zum Ausfluss des Kontsche-darja betrage 25 km. Dazwischen sei der See flach und mit üppigem Schilf dicht bewachsen, der mittlere und östliche Teil dagegen sei tief und habe keine Vegetation (vgl. Abb. 3).

Von Interesse ist der Hinweis, dass oberhalb der Mündung des Chaidu-gol ein Trockenbett abzweigt, das direkt in den Kontsche-darja führt, und berichtet wird, dass alle fünf bis acht Jahre, wenn der Chaidu-gol ungewöhnlich viel Wasser führe, ein Teil des Wassers aus dem Chaidu-gol durch dieses Bett direkt dem Kontsche-darja zugeleitet werde, ohne den Bag-rasch-köl zu passieren (HEDIN, 1899, Bd. II, S. 134). Der Unterschied zur heutigen Situation besteht darin, dass ein natürlicher Abfluss aus dem Bosten-See in den Kongque nicht mehr existiert. Er wird künstlich durch zwei Kanäle erzeugt: der eine folgt dem Südrand des Sees und liefert Wasser aus dem tiefen östlichen Teil des Sees über Pumpen in den Kongque, der andere folgt dem Lauf des erwähnten Trockenbettes und wird vom Kaidu oberhalb seiner Mündung in den See abgeleitet.

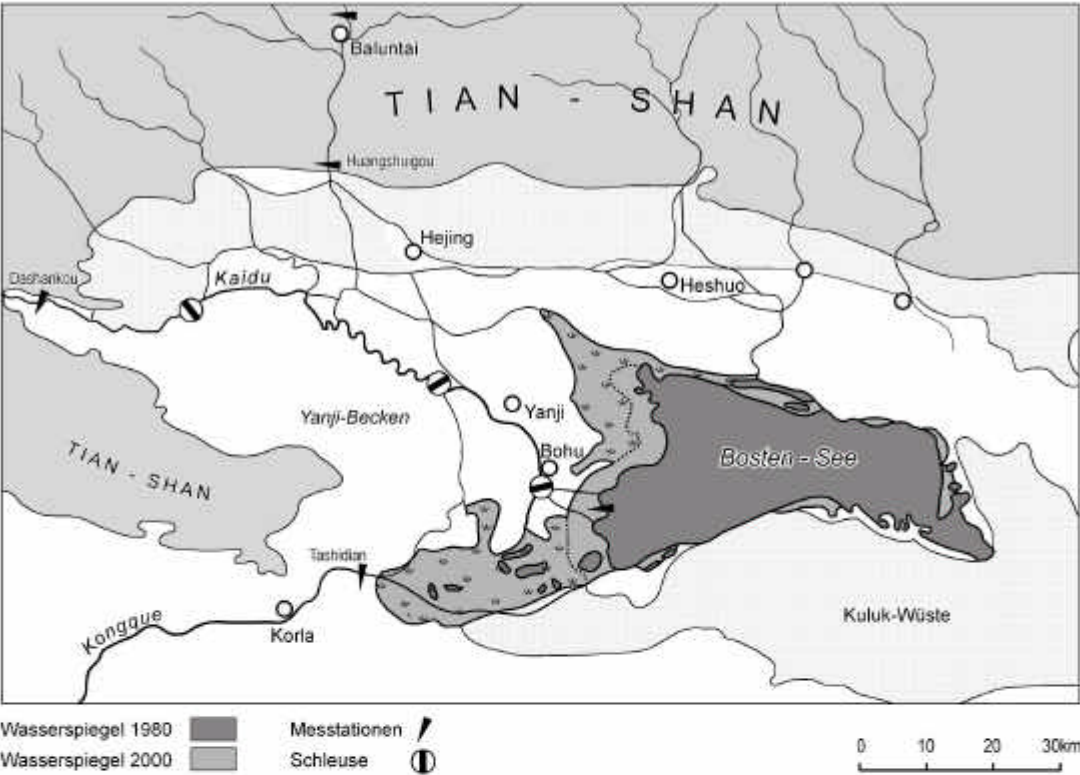
Sven Hedin hat den Kontsche-darja 38 Jahre später nochmals aufgesucht, um über ihn mit Kanus zum Lop-nor zu gelangen. Er beschreibt den Kontsche-darja auch zu diesem Zeitpunkt (April 1934) als einen stattlichen Fluss mit kräftiger Wasserführung, so dass verständlich wird, dass die Lop-nor-Senke von einem großen Flachwassersee, der eine Tiefe von nicht mehr als 1 m besaß, eingenommen wurde.

Abb. 2: Östliches Tarim-Becken mit Bagrasch-köl, Kontsche-darja und Lop-nor nach einer Aufzeichnung von Sven Hedin 1934



Quelle: Hedin, S.: Der wandernde See, Leipzig 1941, Anhang

Abb. 3: Lage und Umriss des Bosten-Sees im September 2000



Den Schilderungen Sven Hedins ist zu entnehmen, dass der Bosten-See bis Ende der 30er Jahre über einen deutlich höheren Wasserstand verfügt haben muss als heute. In den 40er Jahren, spätestens in den 50er Jahren muss eine langfristige Absenkung des Seespiegels eingesetzt haben. Diese ist seit 1955 durch laufende Messungen belegt, so dass die Sorge verbreitet war, er könnte ähnlich wie der Lop-nor, der seit 1973 ausgetrocknet ist, verlanden. Allein von 1955 bis 1987 sank der Wasserspiegel des Bosten-Sees um 3,5 m von 1.048,5 m auf 1.045,0 m über NN.

Daher beschäftigten sich die Forschungsarbeiten vor allem mit den Ursachen und Auswirkungen der Seespiegelabsenkung des Sees. Seit 1988 steigt der Wasserspiegel des Bosten-Sees überraschenderweise aber wieder an, und zwar stetig und ganz im Unterschied zu vielen anderen Binnenseen in Zentralasien (Aralsee, Issyk-kul'). Er hat mittlerweile wieder sein Ausgangsniveau von 1955 erreicht (vgl. Abb. 4). Der rasche Anstieg des Wasserspiegels nach 1987 ist bislang wenig beachtet worden. Entsprechend sind die Ursachen der Trendumkehr nicht erforscht und die Auswirkungen des Seespiegelanstiegs kaum diskutiert worden. Dem soll im folgenden nachgegangen werden, da Informationen dieser Art dringend benötigt werden, um eine den natürlichen Gegebenheiten angepasste nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen zu gewährleisten.

Warum ist der Bosten-See von so großem wissenschaftlichen Interesse? -

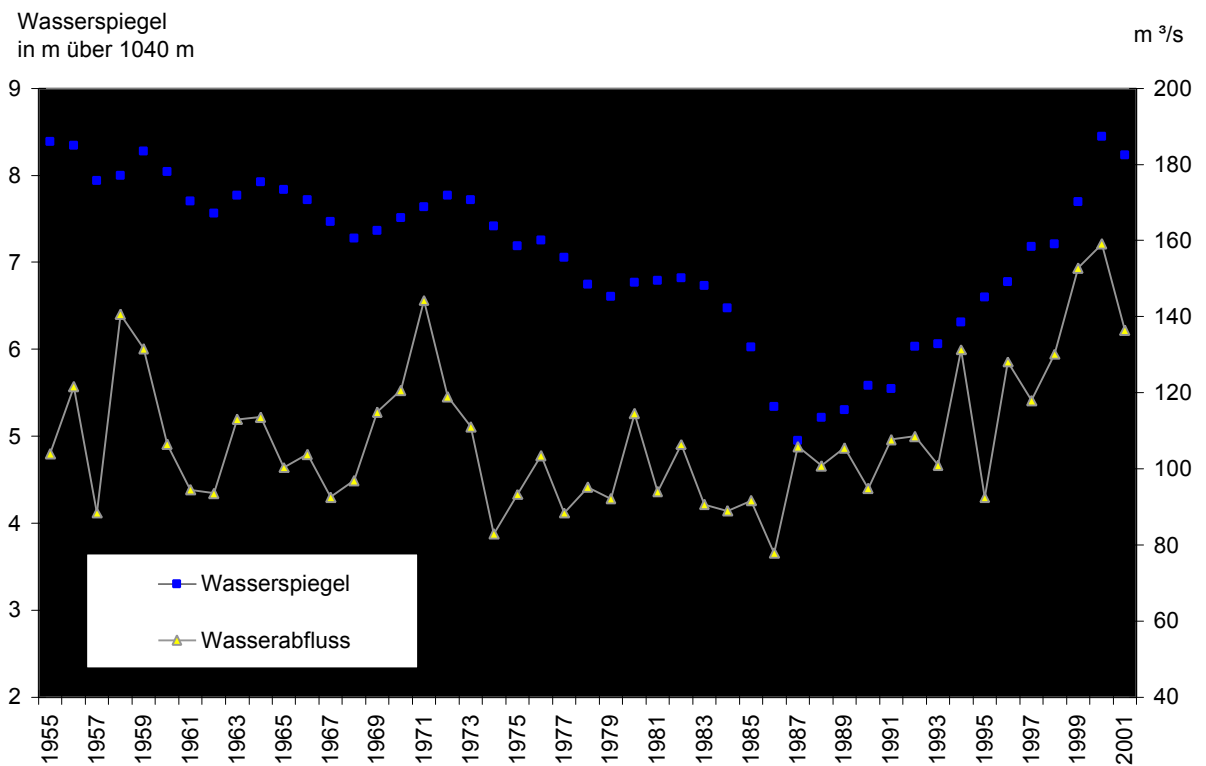
Der Bosten-See nimmt im Nutzungsgefüge und ökologischen System der Region eine bedeutende Stellung ein. Einmal werden im Yanji-Becken über den Bosten-See und seine Zuflüsse rund 100.000 ha Ackerland bewässert. Ohne eine Bewässerungswirtschaft wäre im Yanji-Becken angesichts der extremen Aridität des Klimas kein Anbau möglich. Das Yanji-Becken erhält im Jahr durchschnittlich nicht mehr als 70 mm Niederschlag bei einer potenziellen Evaporation von durchschnittlich 1.140 mm pro Jahr.

Desweiteren erhält der Tarim über den Kongque aus dem Bosten-See einen nicht unerheblichen Teil seines Wasserzuflusses. Die Zufuhr von Wasser aus dem Bosten-See in den unteren Tarim, der heute nur noch bis zur Staatsfarm Nr. 35 und zum Daxihaizi-Stausee Wasser führt und danach versiegt (vgl. Abb. 1) – der Kongsche-darja ist völlig ausgetrocknet -, ist sowohl aus ökonomischen als auch ökologischen Gründen von immenser Bedeutung. Erstens wird durch die Wasserzuleitung die Existenz der am unteren Tarim liegenden Staatsfarmen (Nr. 34, 35), die zunehmend unter Wassermangel leiden, gesichert; zweitens wird der „Grüne Korridor“ geschützt, der die



beiden Wüsten Takla-makan und Kuruk-tagh trennt, die sonst zusammenwachsen würden. Auf diese Weise wird eine wichtige Verkehrsverbindung, die den Norden mit dem Süden des Tarim-Beckens verbindet (östliche Umgehung), aufrechterhalten. Zerstört würden große, vor allem aus *Populus euphratica* bestehende Auenwaldbestände, die das Flussbett des Tarim säumen.

**Abb. 4 Entwicklung des Wasserspiegels des Bosten-Sees und des Wasserabflusses des Kaidu bei Dashankou 1955-2001**



Quelle: Amt für Wasserressourcen Xinjiang, 2002, eigene Darstellung

## 2. Seespiegelschwankung und Zuflüsse

Die Fluktuationen des Seespiegels können für die Zeit der vorliegenden Messungen nach Abbildung 4 in drei Phasen eingeteilt werden. Von 1955 bis 1982 sank der Wasserspiegel in mehreren kurzen Zyklen langsam von 1.048,4 m auf 1.046,8 m über NN. Das entspricht einem Rückgang von durchschnittlich 6 cm pro Jahr. In der zweiten Phase der Entwicklung von 1982 bis 1987 sank der Wasserspiegel in nur fünf Jahren um weitere 1,9 m auf 1.045,0 m ab: Rückgang um durchschnittlich 36 cm pro Jahr. Die dritte Phase der Entwicklung setzte 1988 mit einem unerwartet starken Anstieg des Wasserspiegels ein. In den nachfolgenden 14 Jahren bis zum Jahre 2001 stieg der Wasserspiegel des Sees um durchschnittlich 23 cm pro Jahr an. Er erreichte im Jahr 2001 mit 1.048,2 m wieder das Ausgangsniveau der Beobachtungsreihe aus dem Jahr 1955 (vgl. Tab. 1).

Die Zuflussmengen in den See sind ein wichtiger Parameter, um die Schwankungen des Seespiegels und Wasservolumens zu erklären. Wichtige Zuflüsse in den Boston-See sind der Kaidu, Huang-Shui-Gou und Qing-Shui-Gou. Unter ihnen ist der Kaidu (Chaidu), auf den ca. 83 % des Zuflusses in den See entfallen (Li Yuan 2002, S. 1), mit Abstand der wichtigste. Sein Einzugsgebiet umfasst mit einer Fläche von 22.000 km<sup>2</sup> über 81 % des gesamten Einzugsgebietes des Sees von 27.000 km<sup>2</sup>. Der Kaidu selbst entspringt in 4800 m Höhe im Sarmin- und Chabirga-Shan (mittlerer Bereich des Tjan'-Šan', vgl. Abb. 1). In seinem Einzugsgebiet befinden sich mehrere Gletscher mit einer Gesamtfläche von 475 km<sup>2</sup> und einem gespeicherten Wasservolumen von insgesamt 514 Mio. m<sup>3</sup>. Der Anteil der Gletscherschmelze am Abfluss wurde 1987 vom „Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology“ (CAS) mit 15,2 % angegeben.

Auskunft über das Abflussverhalten des Kaidu gibt die hydrologische Station Dashankou am Austritt des Flusses aus dem Gebirge (vgl. Abb. 3). Bis dorthin wird dem Fluss so gut wie kein Wasser für Bewässerungszwecke entzogen, so dass die Messwerte Hinweise auf Änderungen des natürlichen Abflusses geben. Man kann dem Kurvenverlauf der jährlichen Abflussmengen des Kaidu bei Dashankou folgende Informationen entnehmen:

**Tab. 1: Phasen der Seespiegelschwankung des Bosten-Sees 1955-2001**

	<b>Phase I</b> (1955-1982)	<b>Phase II</b> (1982-1987)	<b>Phase III</b> (1987-2001)
Entwicklung des Wasserspiegels	leicht fallend: 1955: 1.048,4 m 1982: 1.046,8 m 1,6 m in 27 Jahren = 6 cm/Jahr	stark fallend: 1982: 1.046,8 m 1987: 1.045,0 m 1,8 m in 5 Jahren = 36 cm/Jahr	stark ansteigend 1987: 1.045,0 m 2001: 1.048,2 m 3,2 m in 14 Jahren = 23 cm/Jahr
Wasservolumen des Sees	1955: 8.462 Mio. m <sup>3</sup> 1982: 6.812 Mio. m <sup>3</sup>	1982: 6.812 Mio. m <sup>3</sup> 1987: 5.085 Mio. m <sup>3</sup>	1987: 5.085 Mio. m <sup>3</sup> 2001: 8.403 Mio. m <sup>3</sup>
Durchschnittliche Abflussmenge des Kaidu, Station Dashankou	3.361 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr	2.870 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr	3.755 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr
Dem Kaidu im Durchschnitt jährlich entnommene Was- sermenge	1.110 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr	1.096 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr	973 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr

Quelle: in Anlehnung an LI YUAN 2002, S. 6; mit eigenen Ergänzungen

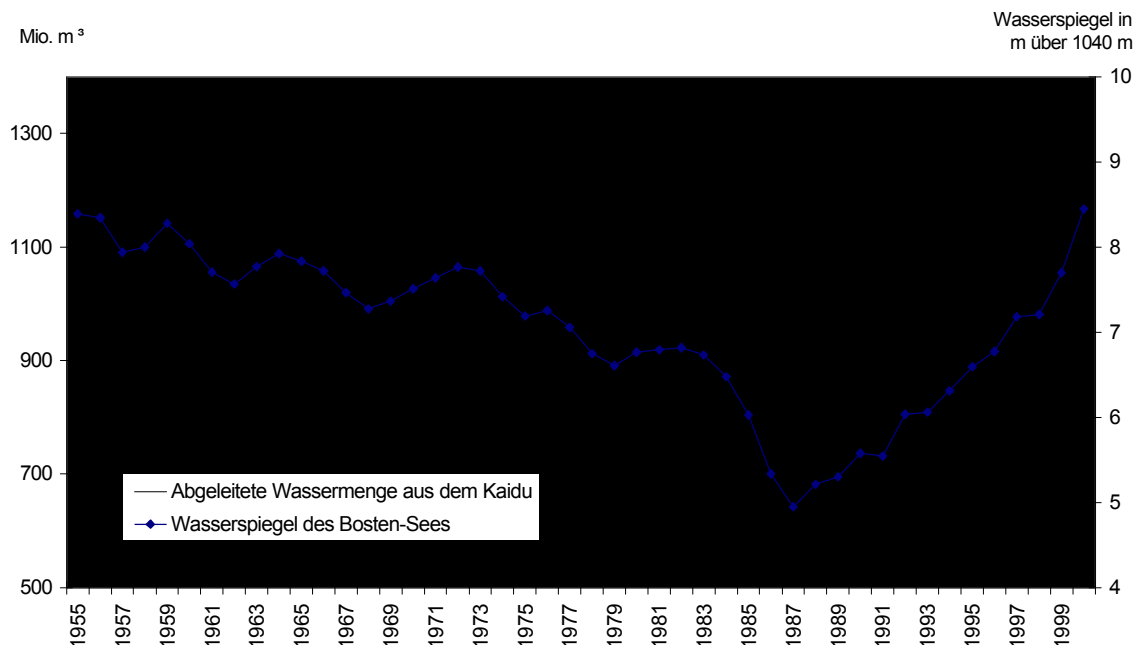
Bis Ende der 80er Jahre variieren die jährlichen Abflussmengen nur geringfügig, die Abflussleistung des Kaidu ist relativ konstant. Bei einem Mittelwert von 104 m<sup>3</sup>/Sek. für die Zeit von 1956 – 1987 beträgt der Variationskoeffizient 15,2 %. Ende der 80er Jahre ändert sich die Situation. Seither steigt die Abflussleistung des Kaidu sukzessiv an. Berechnet man für den zweiten Zeitabschnitt der Entwicklung von 1987 – 2001 die entsprechenden Parameter, so ergibt sich für diesen eine mittlere Abflussleistung des Kaidu von 118 m<sup>3</sup>/ Sek. und ein Variationskoeffizient von 16,8 %.

Korreliert man die Seespiegelstände mit den jeweiligen Jahresabflusswerten des Kaidu bei Dashankou, getrennt für die Abschwungphase (1955 – 1987) und Aufschwungphase (1987 – 2001), so ergibt sich für die Aufschwungphase mit  $r = 0,8258$  ( $B = 68,2$  %) ein hoher Korrelationskoeffizient (vgl. Abb. 4). Er drückt aus, dass der Seespiegelanstieg nach 1987 eng an die natürlichen Abflussverhältnisse gekoppelt ist. Das gilt nicht für die Abschwungphase. Der ermittelte Korrelationskoeffizient von  $r = 0,4659$  ( $B = 21,7$  %) weist darauf hin, dass das Absinken des Seespiegels von 1955

bis 1987 kaum auf ein Nachlassen des natürlichen Wasserzuflusses aus dem Kaidu zurückgeführt werden kann, sondern auf den zunehmenden ökonomisch bedingten Wasserverbrauch, der in Verbindung mit der sukzessiven Ausweitung der Bewässerungsfeldbaufläche im Yanji-Becken steht.

In Abbildung 5 ist die Ausweitung der Bewässerungsfeldbauflächen und die Entwicklung der abgeleiteten Wassermenge, die aus dem Kaidu von 1958 bis 1999 zwischen der Station Dashankou und der Mündung des Flusses in den Bosten-See abgeleitet wurde, dargestellt. Es lassen sich wiederum drei Phasen der Entwicklung unterscheiden. Auffällig für die erste Phase bis 1981 ist der gemessen an der Ausweitung der Bewässerungsflächen überproportional starke Wasserverbrauch. Umgekehrt stellt sich die Entwicklung in der zweiten Phase von 1981 – 1987 dar, in der ungeachtet einer weiteren stetigen Ausweitung der Bewässerungsflächen der Wasserverbrauch deutlich sinkt. In dieser wie auch der nachfolgenden Entwicklungsphase von 1987 – 2000 scheint der verschwenderische Umgang mit Wasser in der Landwirtschaft eingedämmt und die Wassernutzungsrate verbessert worden zu sein.

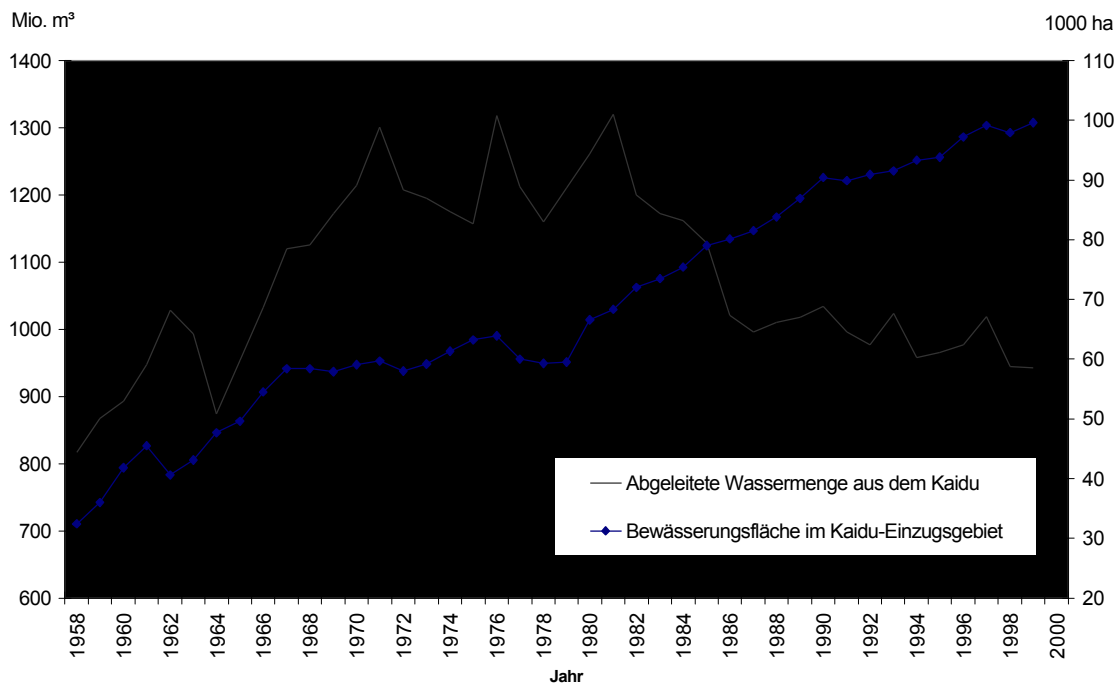
**Abb. 5 Entwicklung der Bewässerungsfläche und der abgeleiteten Wassermenge für Bewässerungszwecke aus dem Kaidu 1958 - 1999**



Quelle: ZHONG XINCAI 2000, S. 348 ; JAPPAR MAHPIR, TURSUNOV 1996, S. 172

Korreliert man die Seespiegelstände mit den jährlich abgeleiteten Wassermengen aus dem Kaidu getrennt für die drei Entwicklungsphasen, wird die Vermutung bestätigt, dass die Seespiegelabsenkung in den ersten beiden Phasen der Entwicklung von 1958 – 1981 ( $r = 0,7998$ ;  $B = 53,3 \%$ ) und von 1981 – 1987 ( $r = 0,9087$ ;  $B = 82,57 \%$ ) weitgehend ökonomisch bedingt ist, der Seespiegelanstieg in der dritten Phase von 1987 – 2000 jedoch weniger von anthropogenen Eingriffen ( $r = 0,6119$ ;  $B = 37,44 \%$ ) berührt ist, sondern vornehmlich auf natürliche Prozesse beruht (vgl. Abb. 6).

**Abb. 6 Entwicklung des Wasserspiegels des Bosten-Sees und der abgeleiteten Wassermenge aus dem Kaidu 1956-2000**

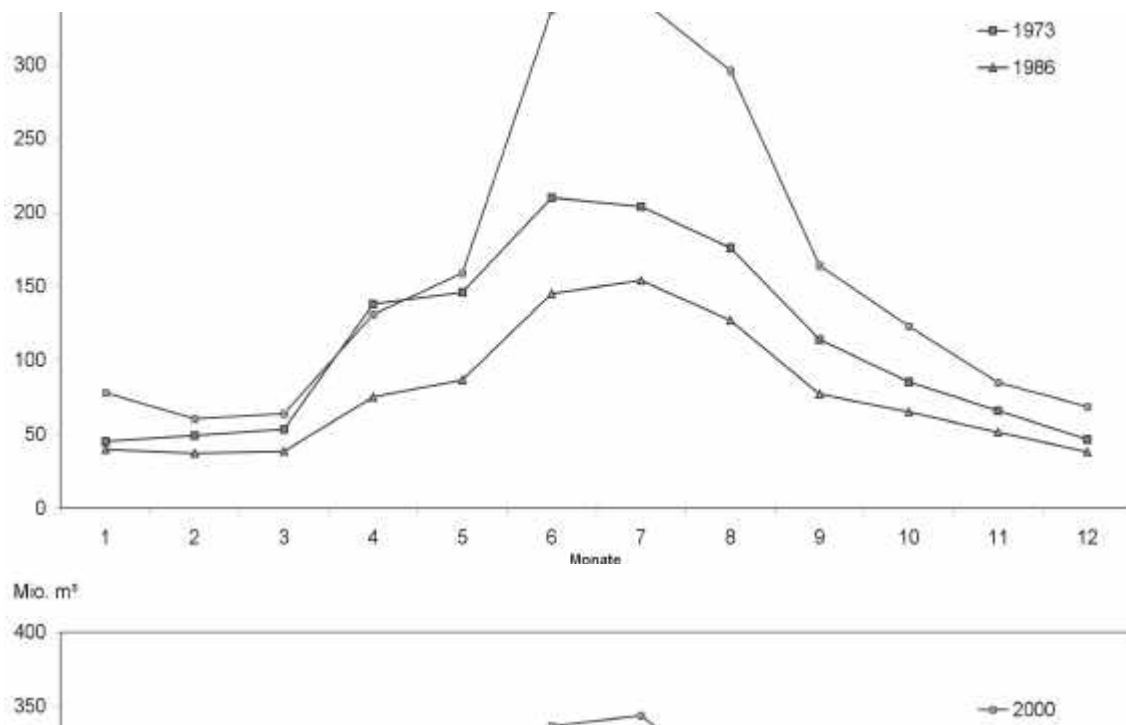


Quelle: JAPPAR MAHPİR, TURSUNOV 1996, S. 172 ; Amt für Wasserressourcen Xinjiang, 2001

In Abbildung 7 ist der monatliche Abflussgang des Kaidu für drei ausgewählte Jahre (1973, 1986 und 2000) dargestellt. Man sieht, dass sich der Abfluss auf die Monate Juni, Juli und August konzentriert, egal ob der Jahresabfluss schwach oder kräftig ist. Für die Abflussbildung des Kaidu sind somit die Sommermonate von besonderer Bedeutung. 45 - 52 % des Abflusses entfallen auf die drei Sommermonate Juni, Juli und August. Es liegt daher die Frage nahe, ob die Zunahme der Abflussbildung im Sommer auf eine zunehmende Schnee- und Gletscherschmelze infolge einer Klimaerwär-

mung zurückzuführen ist oder/und auf eine Zunahme der Niederschlagstätigkeit in dieser Zeit. Letztere Annahme ist gerechtfertigt, da die Niederschläge im Einzugsgebiet des Kaidu vornehmlich in der sommerlichen Zeit fallen.

**Abb. 7** Monatlicher Abflussgang des Kaidu bei Dashankou in den Jahren 1973, 1986 und 2000



Quelle: Amt für Wasserressourcen Xinjiang, 2001

### 3. NIEDERSCHLAGSTÄTIGKEIT

Im Einzugsgebiet des Bosten-Sees gibt es drei Messstationen (vgl. Abb. 3). Die Station Dashankou, eine hydrologische Messstation, liegt in 1.340 m Höhe im unteren Teil des Einzugsgebietes. Die Station Baluntai liegt im Norden des Beckens in 1.753 m Höhe in einem Gebirgstal am Fluss Huangshuigou, dem zweitgrößten Zufluss des Kaidu. Die Station Bayinbruk nimmt eine Hochbeckenlage ein. Sie liegt in 2.458 m Höhe. Für diese drei Stationen liegen durchgängige klimatologische Messreihen ab 1957/58 vor, so dass Zeitreihenanalysen über einen Zeitraum von 42 bzw. 43 Jahren möglich sind.

In Abbildung 8 ist die Entwicklung der Jahressummen der Niederschläge für die drei genannten Stationen von 1957/58 bis 1999 dargestellt. Die Diagramme erlauben drei Schlussfolgerungen:

1. Die jährlichen Niederschlagsmengen nehmen mit der Höhe zu (im Mittel der Werte von 1957/58 - 1999):

Dashankou (1.340 m): 108 mm/Jahr

Baluntai (1.713 m): 197 mm/Jahr

Bayinbruk (2.458 m): 255 mm/Jahr.

2. Bis 1985 schwanken die jährlichen Niederschlagsmengen nur geringfügig, sie bewegen sich um relativ stabile Mittelwerte  $\bar{x}$ ; die Variationskoeffizienten  $v$  liegen unter 30 %:

Dashankou  $\bar{x} = 97$  mm;  $v = 29,9$  %

Baluntai  $\bar{x} = 177$  mm;  $v = 26,0$  %

Bayinbruk  $\bar{x} = 246$  mm;  $v = 15,4$  %

Berechnet man für den Zeitabschnitt die linearen Regressionskoeffizienten, so liegen diese nahe bei Null; sie weisen eine leichte Tendenz zum Negativen auf (s.u.).

3. Seit 1986 ändert sich die Situation. Wir können seither eine verstärkte Niederschlagstätigkeit feststellen. Sie drückt sich in verschiedenen Rechenparametern aus. Die durchschnittliche Jahressumme der Niederschläge erhöht sich in der Periode von 1985 – 1999 gegenüber der Vorperiode (1957/58 – 1985) bei

Dashankou von = 97 mm auf 126 mm;  $v = 27,0 \%$

Baluntai von = 177 mm auf 226 mm;  $v = 33,6 \%$

Bayinbruk von = 246 mm auf 271 mm;  $v = 19,6 \%$

Die Zunahme der jährlichen Niederschlagsmengen ab Mitte der 80er Jahre kommt auch in den für die beiden Zeitabschnitte berechneten linearen Regressionskoeffizienten zum Ausdruck:

	1957/58 - 1985	1985 – 1999
Dashankou	$a_1 = + 0,32$	$a_2 = + 2,41$
Baluntai	$a_1 = - 0,81$	$a_2 = + 9,88$
Bayinbruk	$a_1 = - 0,52$	$a_2 = + 3,40$

Unterstellt man für die folgenden Jahre nach 1999 eine den jeweiligen linearen Regressionsansätzen entsprechende weitere Erhöhung der jährlichen Niederschlagsmengen, wäre im Jahre 2005 (2010) in Dashankou mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von 156 mm (169 mm), in Baluntai von 355 mm (405 mm) und in Bayinbruk von 312 mm (329 mm) zu rechnen.

In Abbildung 9 ist für die Station Baluntai die Entwicklung der jährlichen Niederschlagsmengen im Vergleich zur Entwicklung der Niederschlagsmengen im Sommer (Juni, Juli, August) dargestellt. Den beiden Kurvenverläufen ist zu entnehmen, dass die Zunahme der jährlichen Niederschlagsmengen ab Mitte der 80er Jahre im wesentlichen auf eine Verstärkung der sommerlichen Niederschlagstätigkeit zurückzuführen ist. Gleiches gilt für die beiden anderen Stationen. Damit ist eine erste Erklärung für die Erhöhung der Abflussleistung des Kaidu und des damit in Verbindung stehenden Anstiegs des Wasserspiegels des Bosten-Sees nach 1987 (vgl. Abb. 4) gegeben.



**Abb. 8: Entwicklung der jährlichen Niederschlagsmengen der Stationen Dashankou, Baluntai und Bayinbruk 1957/58 - 1999**

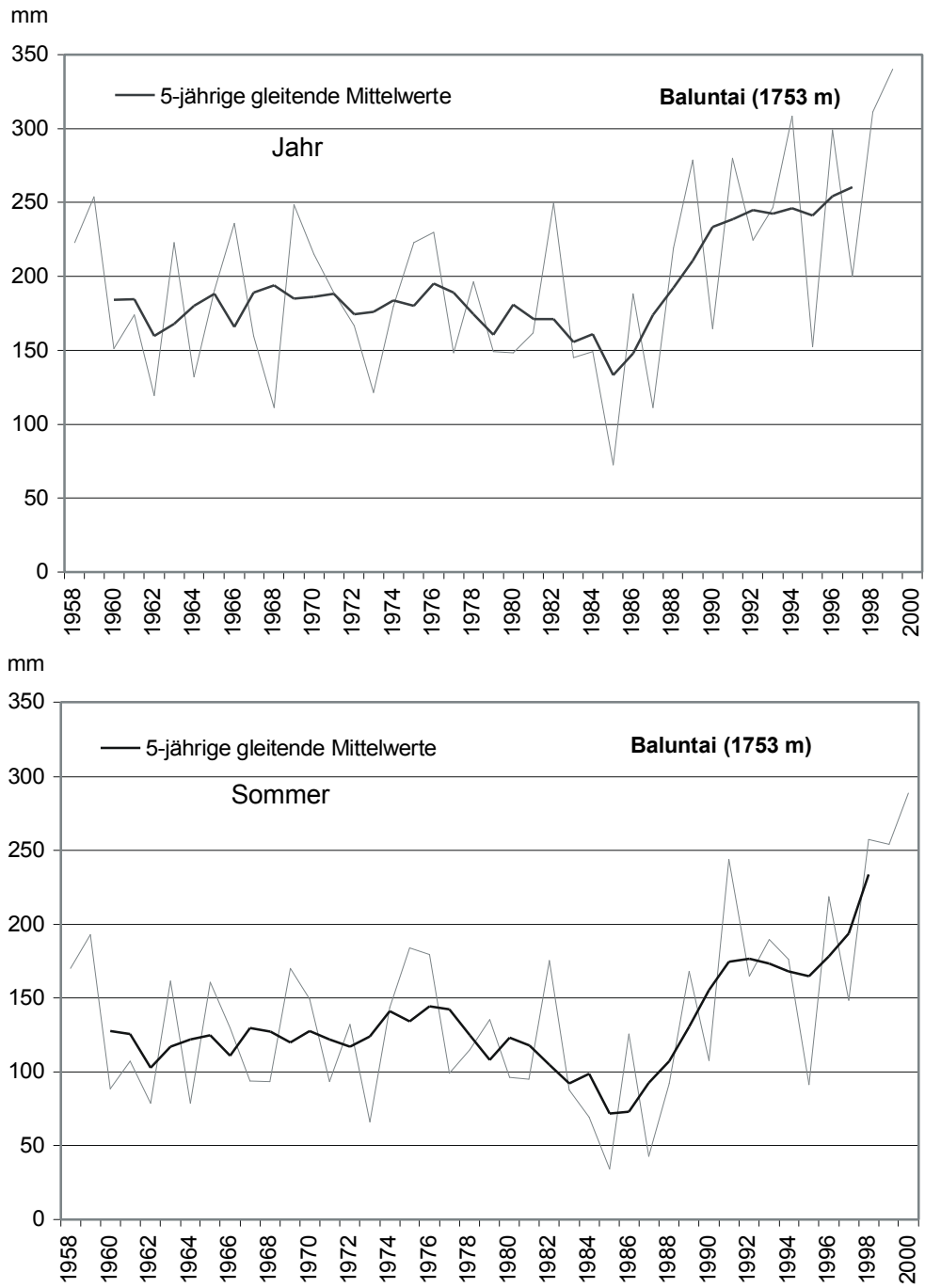


#### 4. GLETSCHERSCHMELZE

Eine weitere Erklärung für den unerwarteten Seespiegelanstieg kann in der zunehmenden Gletscherschmelze der im Einzugsgebiet des Bosten-Sees, speziell der im Einzugsgebiet des Kaidu gelegenen Gletscher gesehen werden. Nach Kartierungen des „Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology“ (1987, S. 124) existierten im Jahre 1983 im Einzugsgebiet des Kaidu 832 Gletscher. Sie nahmen eine Fläche von 475 km<sup>2</sup> ein und verfügten über ein Volumen von 23,45 km<sup>3</sup> (vgl. Tab. 2). Vergleicht man Landsat-Aufnahmen aus dem Jahre 2000 mit den Anfang der 80er Jahre erstellten Verbreitungskarten der Gletscher („Distribution map of existing glaciers in the Kaidu-He Drainage Basin“), wird ersichtlich, dass die Gletscherfläche im Einzugsgebiet des Kaidu in den letzten 20 Jahren deutlich geschrumpft ist (vgl. Abb. 10). Entsprechend dürfte die zunehmende Gletscherschmelze zur verstärkten Abflussbildung des Kaidu beigetragen haben.

Der Anteil der auf Gletscherschmelze beruhenden jährlichen Abflussmengen des Kaidu wurde vom „Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology“ (1987, S. 17) für den Beobachtungszeitraum 1956 – 1982 mit 15,2 % (= 514 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr) angegeben. Li Yuan u.a. (2001) haben versucht, den Anteil der auf Gletscherschmelze bestehenden Abflussmenge des Kaidu erneut zu bestimmen. Sie haben für das Jahr 2000 einen Anteil von knapp 20 % (= 960 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr) ermittelt.

**Abb. 9: Entwicklung der jährlichen und sommerlichen Niederschlagsmengen der Station Baluntai 1958 - 2000**



**Tab. 2: Gletscher im Einzugsgebiet des Kaidu (Stand 1983)**

Nr.	Gebirge / Exposition	Anzahl	Fläche km <sup>2</sup>	Volumen km <sup>3</sup>	Firngrenze m
1	Borochotan-Gebirge Nord	63	24,64	0,9135	3.900
2	Kokteketau- Gebirge Nord	172	125,19	6,8081	3.850
3	Narat- Gebirge Süd	31	26,89	1,3405	3.920
4	Chabirga- Gebirge Süd	88	47,58	2,1617	4.010
5	Sarmin- Gebirge Nord	132	69,75	3,6513	3.930
6	Sarmin- Gebirge Süd	236	150,48	7,5169	3.950
7	Tianger- Gebirge Süd	84	23,80	0,6831	3.930
8	Alagou- Gebirge Süd (Qingshui Fluss)	22	5,64	0,1419	
9	Alagou- Gebirge Süd (Dongta Xiha)	4	1,01	0,0319	
<b>Summe</b>		<b>832</b>	<b>474,98</b>	<b>23,2469</b>	<b>3.930</b>

Quelle: Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology 1987, S. 124

Die zunehmende Gletscherschmelze und die dadurch verursachte verstärkte Abflussbildung von Flüssen in der warmen Jahreszeit (Juli, August) ist ein Vorgang, der von wenigen Ausnahmen abgesehen den gesamten Tjan'-Šan' erfasst hat. Seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts hat ein anhaltender Schrumpfungsprozess der Gletscher im Tjan'-Šan' eingesetzt, der sich seit den 70er Jahren in auffälliger Form verstärkt hat. Seither findet eine erhöhte Schmelzaktivität der Gletscher statt. Für ausgewählte Experimentgletscher im Tjan'-Šan' liegen detaillierte langjährige Beobachtungs- und Messreihen vor. Durchgeführte Berechnungen der Netto-Massenbilanz der Gletscher belegen, dass seit Anfang der 70er Jahre ein verstärkter Schrumpfungsprozess der

Gletscher im Tjan'-Šan' stattgefunden hat (vgl. Abb. 11). Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Vorgang auch für die Gletscher im Einzugsgebiet des Bosten-Sees zutreffend ist, dass auch hier im Chabirga-, Narat-, Sarmin-, Kokteketau- und Borochotan-Gebirge bereits seit Anfang der 70er Jahre ein anhaltender Schrumpfungsprozess der Gletscher eingesetzt hat.

Verursacht wird die negative Massenbilanz der Gletscher vor allem durch eine Verlängerung der Ablationsperiode und Intensivierung der Sonneneinstrahlung sowie durch eine Verringerung der jährlichen, vor allem der sommerlichen Schneeanhäufung auf den Gletschern. Nach Angaben von (DIKICH, 2002a, S. 9) verringerte sich die Schneeanhäufung auf den Gletschern des Kungej Ala-Too und Terskej Ala-Too (Issyk-kul'-Becken) von 1981 – 2000 um 4,2 %, von 1991 – 2000 um 9 %. Die Verringerung der Schneeanhäufung hat zur Folge, dass die Eisbildung reduziert wird und die Eisschmelze früher einsetzen kann. Bildete sich hier an der Gletscherzunge gewöhnlich Ende August bis Mitte September eine stabile Schneedecke, so hat sich dieser Zeitpunkt seit Mitte der 80er Jahre auf die 2. bis 3. Septemberwoche verschoben, was zu einer Verlängerung der Ablationsperiode geführt hat (DIKICH, 2002a, S.7).

**Abb. 10: Veränderung der Gletscherfläche in Sarmin-Gebirge 1984 und 2000**

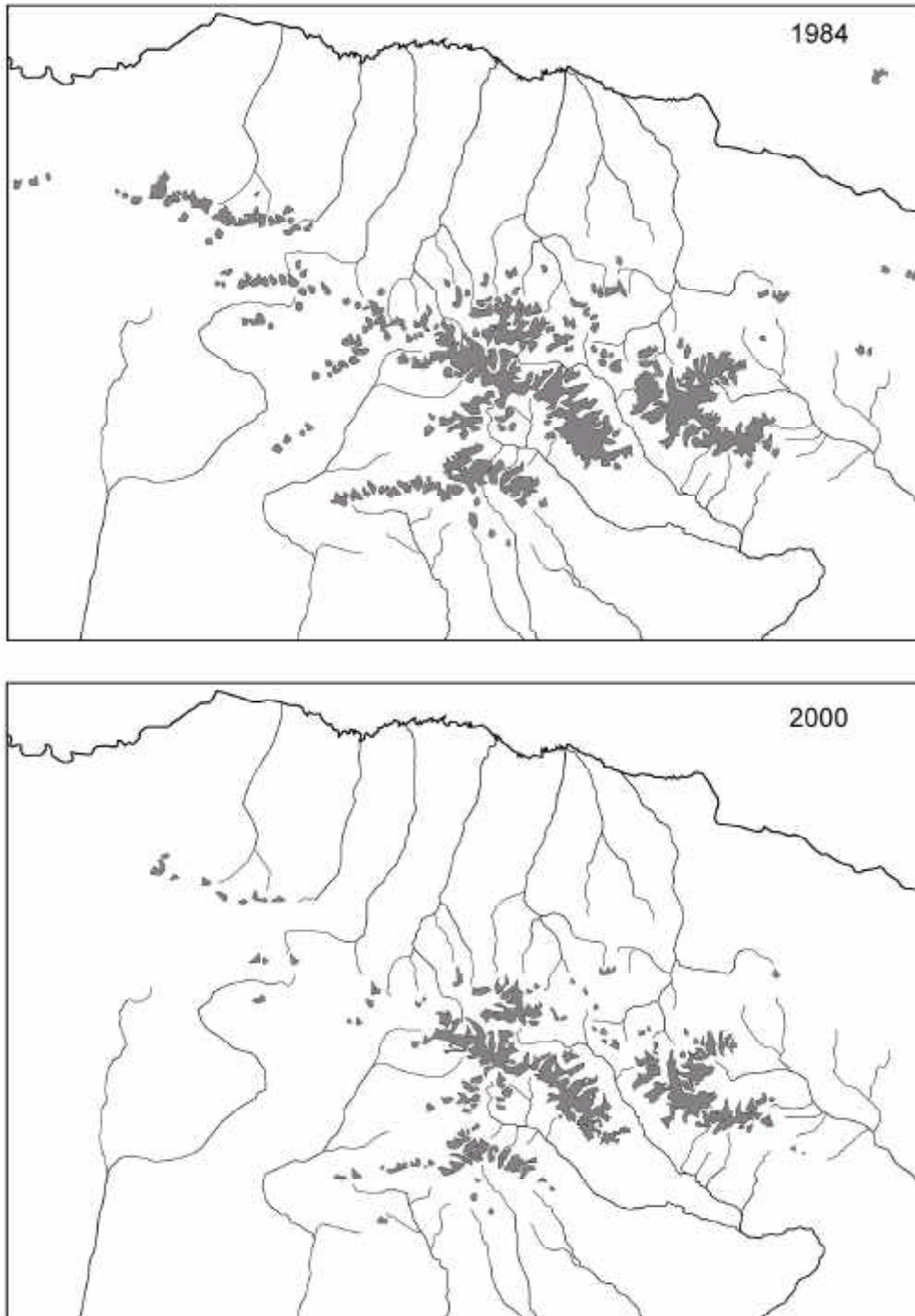
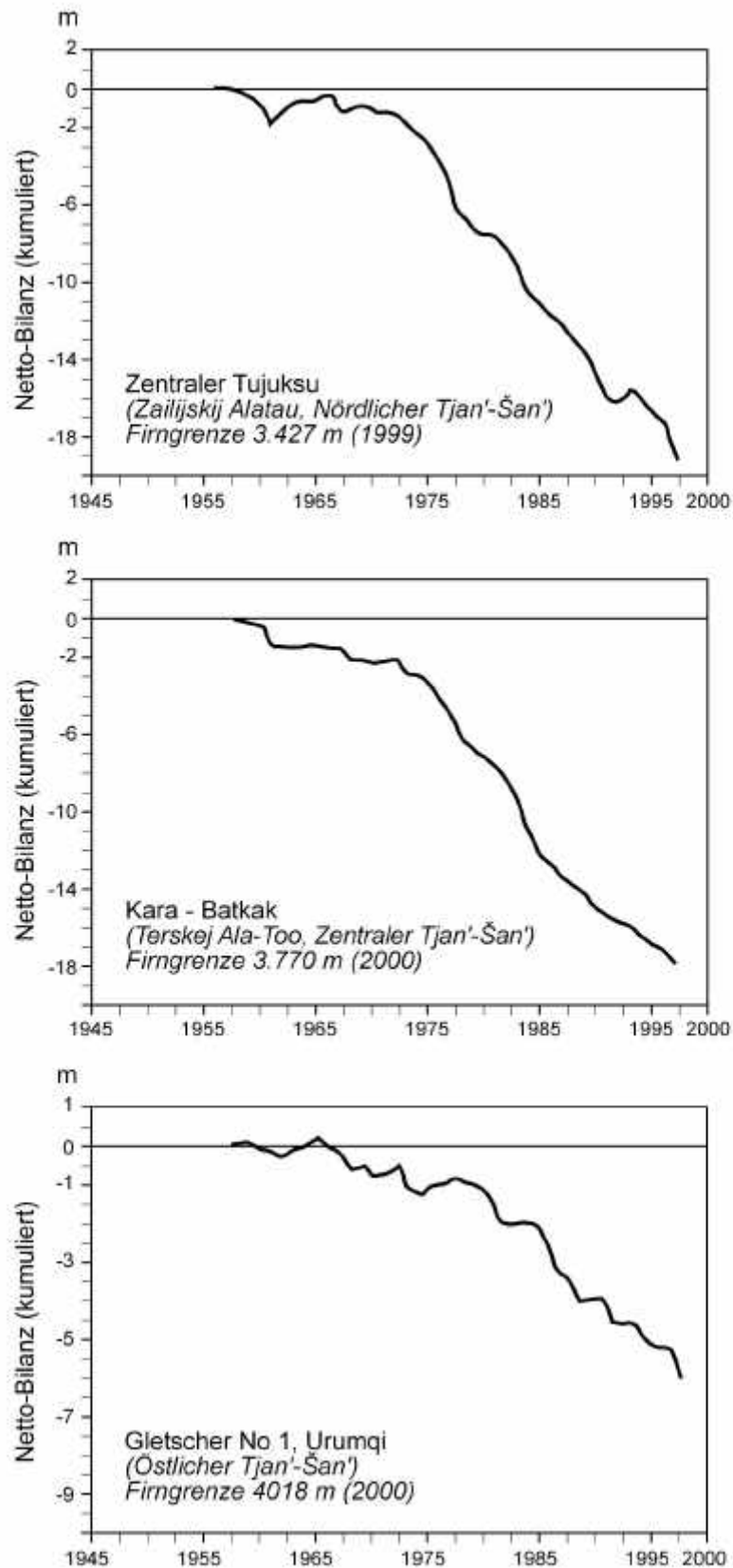


Abb. 11: Entwicklung der Netto-Massenbilanz von Gletschern im Tjan'-Šan' 1945-2000



Quelle: Zusammengestellt nach Dikich 2002a, S.10

## 5. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG

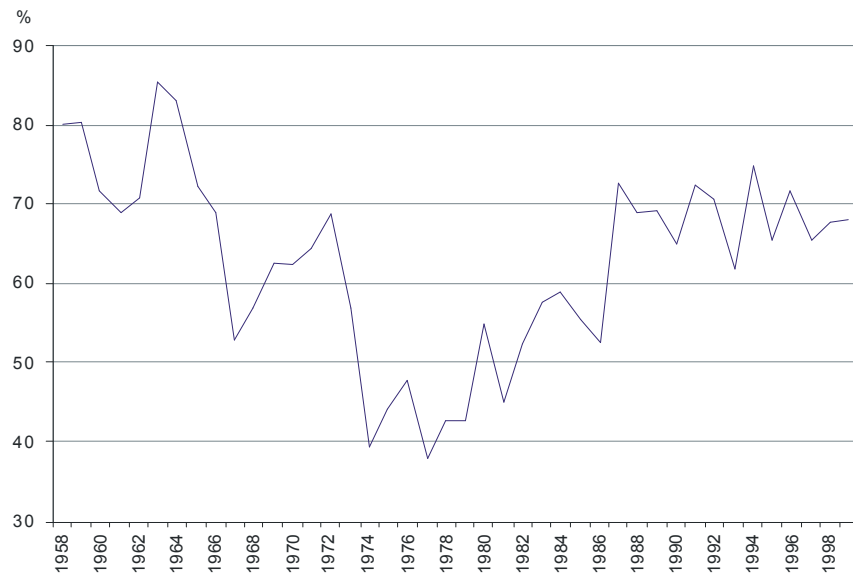
Fassen wir zusammen: Von 1965 bis 1987 wurden dem Kaidu, dem Hauptzufluss des Bosten-Sees, erhebliche Mengen Wasser für den sich ständig ausweitenden Bewässerungsfeldbau entzogen. In dieser Zeit wurde die Bewässerungsfläche im Einzugsgebiet des Kaidu von 50.000 ha auf 80.000 ha erweitert, insgesamt seit Ende der 50er Jahre mehr als verdreifacht (Ausweitung von 30.000 ha auf fast 100.000 ha; vgl. Abb. 5). Infolgedessen erreichten den Bosten-See in der Zeit von 1965 bis 1987 weniger als 70 %, in der Zeit von 1973 bis 1987 sogar weniger als 60 %, zum Teil weniger als 50 % (1974 – 1981) der bei Dashankou durchlaufenden Wassermenge des Kaidu (vgl. Abb. 12). Die Folge dieser Entwicklung war, dass der Wasserspiegel des Bosten-Sees von 1955 bis 1987 um 3,4 m sank und der Bosten-See in dieser Zeit 37 % seines Wasservolumens verlor.

Ungeachtet der weiteren Ausdehnung des Bewässerungsfeldbaues (vgl. Abb. 5) stieg der Wasserspiegel des Bosten-Sees unerwartet seit 1987 wieder an und zwar stetig. Er hat mittlerweile wieder das Ausgangsniveau von 1955 mit 1.048,4 m über NN erreicht (2001: 1.048,2 m). Als Ursache der Entwicklung konnten ermittelt werden:

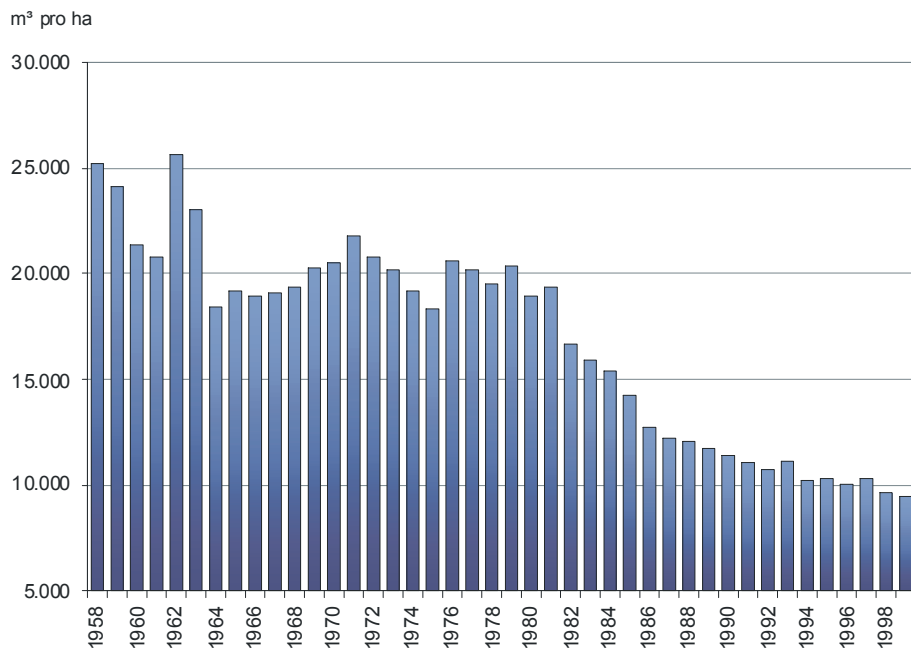
- erstens eine Zunahme der jährlichen (sommerlichen) Niederschlagsmengen seit 1985, die sich insbesondere in den höheren Lagen (Stationen Baluntai 1.753 m und Bayinbruk 2.458 m) auswirkte;
- zweitens eine Zunahme des Wasserzuflusses durch den Kaidu, der auf eine zunehmende Gletscherschmelze zurückzuführen ist, die sich vor allem seit Anfang der 70er Jahre bemerkbar machte;
- drittens sollte hinzugefügt werden, dass die Nutzungsrate des Wassers (Wasserverbrauch in m<sup>3</sup> pro ha Bewässerungsfläche) im Einzugsgebiet des Kaidu seit 1982 verbessert werden konnte. Durch eine rationellere Nutzung des Wassers konnte eine Reduktion der Nutzungsrate von durchschnittlich 20.000 m<sup>3</sup>/ha in den 70er Jahren auf unter 13.000 m<sup>3</sup>/ha Ende der 80er Jahre und auf unter 10.000 m<sup>3</sup>/ha Ende der 90er Jahre erreicht werden (vgl. Abb. 13).



**Abb. 12: Entwicklung des Anteils der in den Bosten-See fließenden Wassermenge am Abfluss des Kaidu an der Station Dashankou 1958 – 1999**



**Abb. 13: Entwicklung des Wasserverbrauchs in m<sup>3</sup> pro ha Bewässerungsfläche im Einzugsgebiet des Kaidu 1958 – 1999**



Quellen: ZHONG XINCAI 2000, S. 348; JAPPAR MAHPIR, TURSUNOV 1996, S. 172;  
eigene Berechnungen

Der Bewässerungsfeldbau nahm im Becken des Bosten-Sees im Jahr 1999 eine Fläche von 107.700 ha ein, davon wurden 99.600 ha mit Kaidu-Wasser versorgt (Zhong Xincai 1999, S. 348). Angebaut werden vor allem Weizen, Mais, Reis und Zuckerrüben. Die Wasserversorgung der Industrie und Privathaushalte wird durch Nutzung von Grundwasservorräten realisiert, so dass das Kaidu-Wasser fast ausschließlich der Nutzung durch die Landwirtschaft dient.

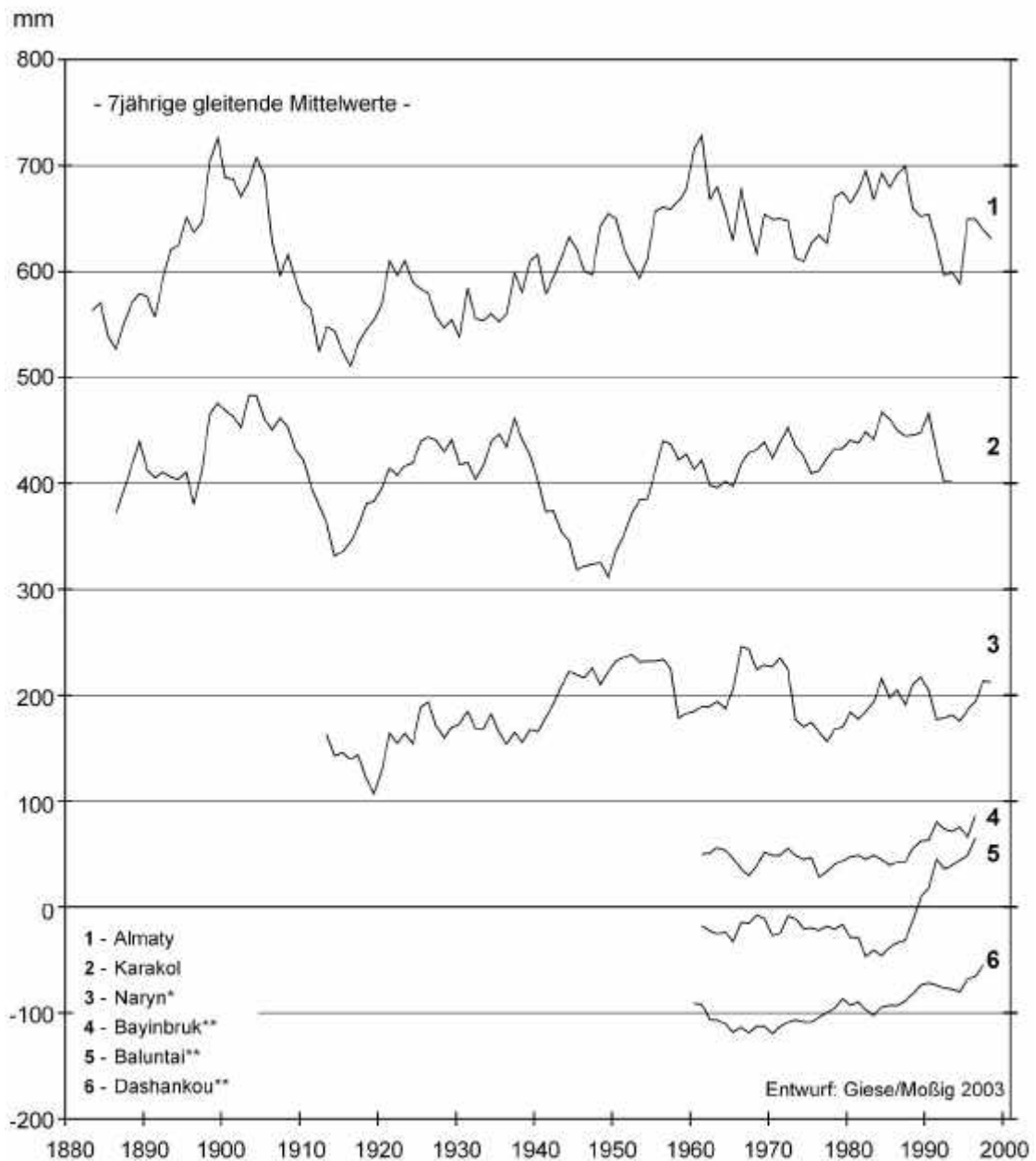
Es liegt nahe danach zu fragen, mit welcher Entwicklung man in naher Zukunft rechnen darf. Werden die Gletscher weiter schrumpfen? – Ist davon auszugehen, dass die jährliche Niederschlagsmenge weiter zunehmen wird? – Insbesondere interessiert die Frage, wie sich das Wasserdargebot in der nahen Zukunft entwickeln wird, da hieran verschiedene Nutzungsinteressen geknüpft sind. Ist beispielsweise eine weitere Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus im Einzugsgebiet des Bosten-Sees vertretbar?

## **5.1 Entwicklung der Niederschlagstätigkeit**

Für Xinjiang, speziell für das Untersuchungsgebiet, liegen keine langfristigen klimatologischen Messreihen vor. Sie liegen erst ab 1957/58 vor. Zur Abschätzung der weiteren Entwicklung der Niederschlagstätigkeit wird deshalb zunächst auf Klimastationen außerhalb des engeren Untersuchungsgebietes zurückgegriffen, für die durchgängige, langfristige Zeitreihen vorliegen, die aber in einem räumlichen Bezug zum Untersuchungsgebiet stehen.

In Abbildung 14 ist die Entwicklung der Jahressummen der Niederschläge verschiedener zentralasiatischer Klimastationen ab 1882 dargestellt. Sie präsentieren verschiedene Lagen: nordexponierte Gebirgsrandlagen des Tjan'-Šan' (Almaty), intramontane Becken- und Tallagen im Tjan'-Šan' (Karakol / Issyk-kul'-Becken; Naryn), südexponierte Hochgebirgslagen im Tjan'-Šan' (Sary-Taš / Pass Taldyk / Alajskij-Gebirge). Die zusätzlich eingezeichneten generalisierten Kurvenverläufe geben zu erkennen, dass Phasen niederschlagsreicher Jahre mit Phasen niederschlagsarmer Jahre wechseln.

**Abb. 14: Entwicklung der Jahressummen der Niederschläge ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1882 - 2000**



\* Die Werte der Station *Naryn* wurden aus Darstellungsgründen um jeweils 100 mm nach unten verschoben.

\*\* Die Werte der Stationen *Bayinbruk*, *Baluntai* und *Dashankou* wurden aus Darstellungsgründen um jeweils 200 mm nach unten verschoben.

Auffallend ist der zyklische Verlauf der Kurven. Die Kurven pendeln um einen scheinbar langfristig festgelegten Mittelwert. Ansatzweise lassen sich aus den Kurvenverläufen Periodizitäten von ca. 20 sowie 45-50 Jahren ableiten. Ein regelhafter, synchroner

Ablauf der Kurven, der einem bestimmten Rhythmus folgt, ist allerdings nicht feststellbar.

Für die drei Klimastationen im Einzugsgebiet des Bosten-Sees war seit 1985 ein sukzessiver Anstieg der jährlichen Niederschlagsmengen festgestellt worden (vgl. Abb. 8). Überträgt man die gewonnenen Ergebnisse auf das Einzugsgebiet des Bosten-Sees, dann darf für die nahe Zukunft zwar noch mit einem weiteren Anstieg der jährlichen Niederschlagsmengen gerechnet werden, ebenso sicher scheint aber auch zu sein, dass das Pendel zurückschlägt, so dass die Abflussleistung des Kaidu dann wieder zurückgehen wird und das Wasserdargebot im Becken des Bosten-Sees nicht, wie derzeit zu beobachten ist, anhaltend ausgeweitet, sondern wieder schrumpfen wird.

## **5.2 Entwicklung der Gletscherschmelze**

In Abschnitt 4 war festgestellt worden, dass im Jahr 2000 960 m<sup>3</sup> (ca. 20 %) der Abflussmenge des Kaidu bei Dashankou (Eintritt in das Yanji-Becken) auf Gletscherschmelze zurückzuführen sind und diese Menge sich in den letzten Jahrzehnten deutlich erhöht hat (514 m<sup>3</sup>/Jahr im Durchschnitt von 1956 – 1962, 15,2 %). Es stellt sich die Frage: Kann damit gerechnet werden, dass der aktive Schmelzvorgang der Gletscher anhält und dadurch bedingt eine verstärkte Abflussbildung der Flüsse im Yanji-Becken erfolgt?

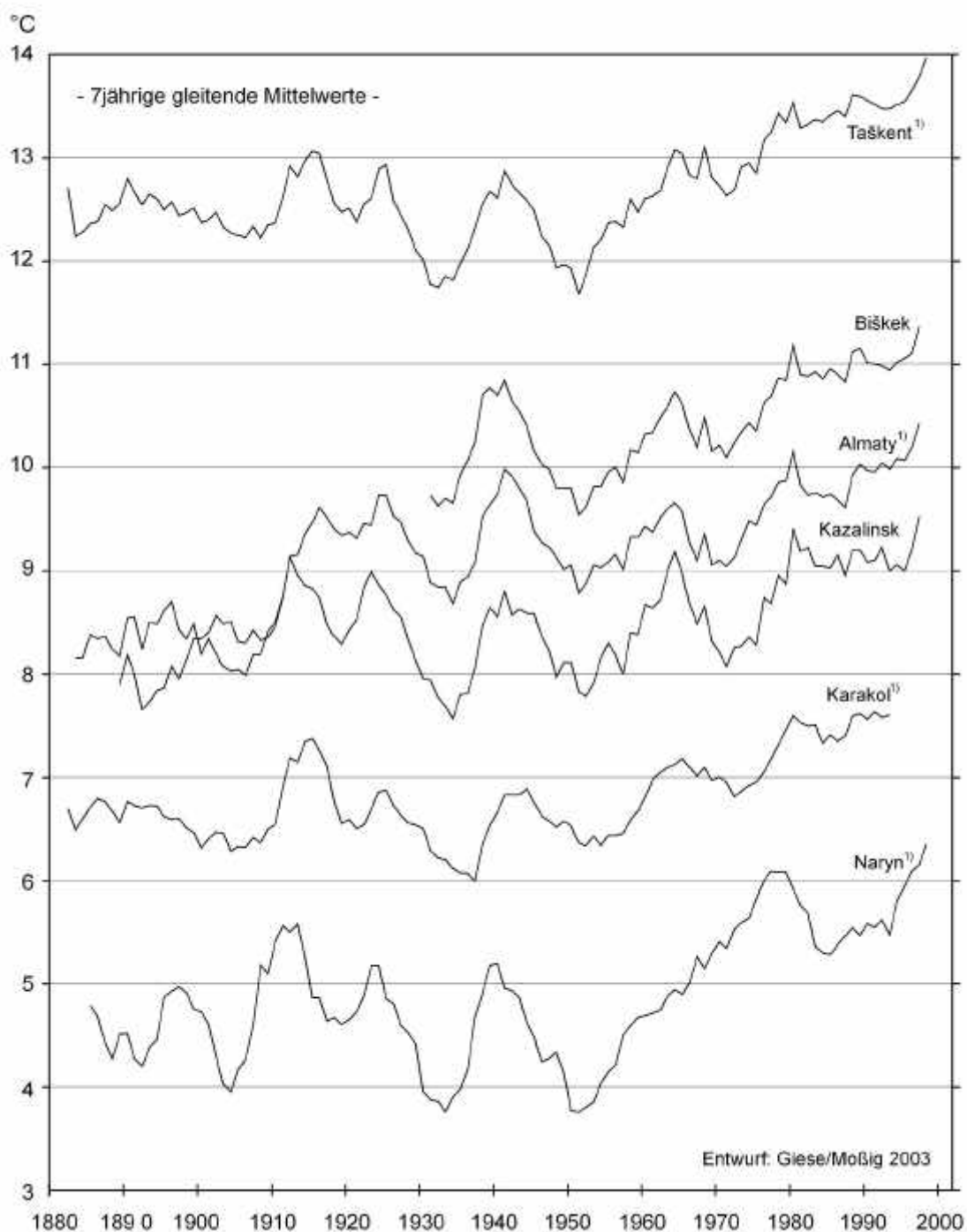
Die Entwicklung der Gletscher wird in starkem Maße von der Sonneneinstrahlung und Entwicklung der bodennahen Lufttemperatur beeinflusst. Deshalb soll kurz auf die Entwicklung der Lufttemperatur eingegangen werden. Erste, einfache, auf der Basis von Monats- und Jahresmittelwerten der bodennahen Lufttemperatur durchgeführte Zeitreihenanalysen deuten darauf hin, dass in Zentralasien seit Anfang der 70er Jahre eine Klimaerwärmung eingesetzt hat. Da in Xinjiang auch für die Lufttemperatur keine langfristigen Messreihen vorliegen, wird auch hier zunächst auf Klimastationen außerhalb des engeren Untersuchungsgebietes zurückgegriffen.

In Abbildung 15 ist der Verlauf der Jahresmitteltemperaturen ausgewählter Klimastationen in Zentralasien ab 1880 dargestellt. Die Kurvenverläufe erlauben folgende Feststellungen:

1. Die Kurvenverläufe weisen auf eine zyklische Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen hin. Es treten Zyklen wechselnder Wellenlängen auf: 16-17 sowie 19-21 Jahre.
2. Die Kurven verlaufen synchron. Diese Feststellung kann durch Synchronisationsanalysen und Kreuzkorrelationen bestätigt werden (vgl. RYBSKI u.a., 2003). Der synchrone Verlauf der Kurven weist somit auf einen allgemeinen Sachverhalt hin.
3. Der zyklische Verlauf der Kurven wird ab 1970/72 von einem trendhaften Anstieg der Lufttemperaturen abgelöst bzw. überlagert. Diese Entwicklung trifft sowohl auf Stationen zu, die im Vorland des Tjan'-Šan' liegen (Gebirgsfußflächen: Taškent, Biškek, Almaty), als auch auf Stationen, die intramontane Becken- und Tal-Lagen einnehmen (Issyk-kul'-Becken, Naryn). Berechnet man für den Zeitraum von 1972 – 1998 die entsprechenden linearen Trendkoeffizienten, so weisen diese durchweg auf eine Temperaturerhöhung von mehr als 3°C hin (vgl. Tab. 3). Da die berechneten Trendkoeffizienten vom Anfangs- und Endzeitpunkt der Regression abhängen und diese beliebig setzbar sind, sind die ermittelten Beträge der Trendkoeffizienten mit Vorsicht zu interpretieren.
4. Der bis Anfang der 70er Jahre zyklische Verlauf der Kurven legt es nahe, eher davon auszugehen, dass dieser von einem trendhaften Anstieg der Lufttemperaturen überlagert als von diesem abgelöst wird. Sollte diese Annahme zutreffend sein, dürfen die [durch die lineare Regression] ermittelten Trendkoeffizienten nicht als reine Trendgrößen interpretiert werden und für prognostische Zwecke Verwendung finden. Zuvor müsste die zyklische Komponente herausgefiltert werden.

In Abbildung 16 ist der Verlauf der Jahresmitteltemperaturen der Klimastationen Dasankou, Baluntai und Bayinbruk für die Zeit von 1958 – 2000 dargestellt. Die auf 42 Jahre begrenzte Zeitreihe macht es schwierig, die Einbettung der Kurven der drei Klimastationen des Bostensee-Beckens in den allgemeinen, aus Abbildung 15 abzulesenden Zusammenhang vorzunehmen. Die Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der drei Stationen scheint nur bedingt mit der der zum Vergleich herangezogenen Stationen zu korrespondieren (vgl. Abb. 16). Möglicherweise liegen im Becken des Bosten-Sees, das dem südlichen Tjan'-Šan' zuzurechnen ist und zum Tarim-Becken hin geöffnet ist, andere klimatologische Verhältnisse vor als in den zum Vergleich herangezogenen Gebieten (intramontane Tal- und Beckenlagen im zentralen Tjan'-Šan': Issyk-kul'-Becken, Naryntal; dem Tjan'-Šan' im Norden vorgelagerte Beckenbereiche).

**Abb. 15: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1880 - 2000**



<sup>1)</sup> Temperaturwerte wurden zur besseren Darstellbarkeit versetzt:  
Taškent -1°C, Almaty +0,4°C, Karakol +1°C, Naryn +2°C

**Tab. 3: Lineare Trendkoeffizienten der Jahresmitteltemperaturen ausgewählter Klimastationen in Zentralasien 1972 – 1998**

Station	Höhe in m	Trend- koeffizienten °C / 100 Jahre	Station	Höhe in m	Trend- koeffizienten °C / 100 Jahre
Taškent	478	+ 3,68	Dashankou	1.340	+ 6,3
Biškek	771	+ 3,68	Baluntai	1.753	+ 3,3
Almaty	825	+ 3,70	Bayinbruk	2.458	- 0,8
Balykši	1.670	+ 3,97			
Colpon-Ata	1.620	+ 1,25			
Karakol	1.718	+ 2,69			
Pokrovka	1.740	+ 2,95			
Naryn	2.045	+ 0,70			

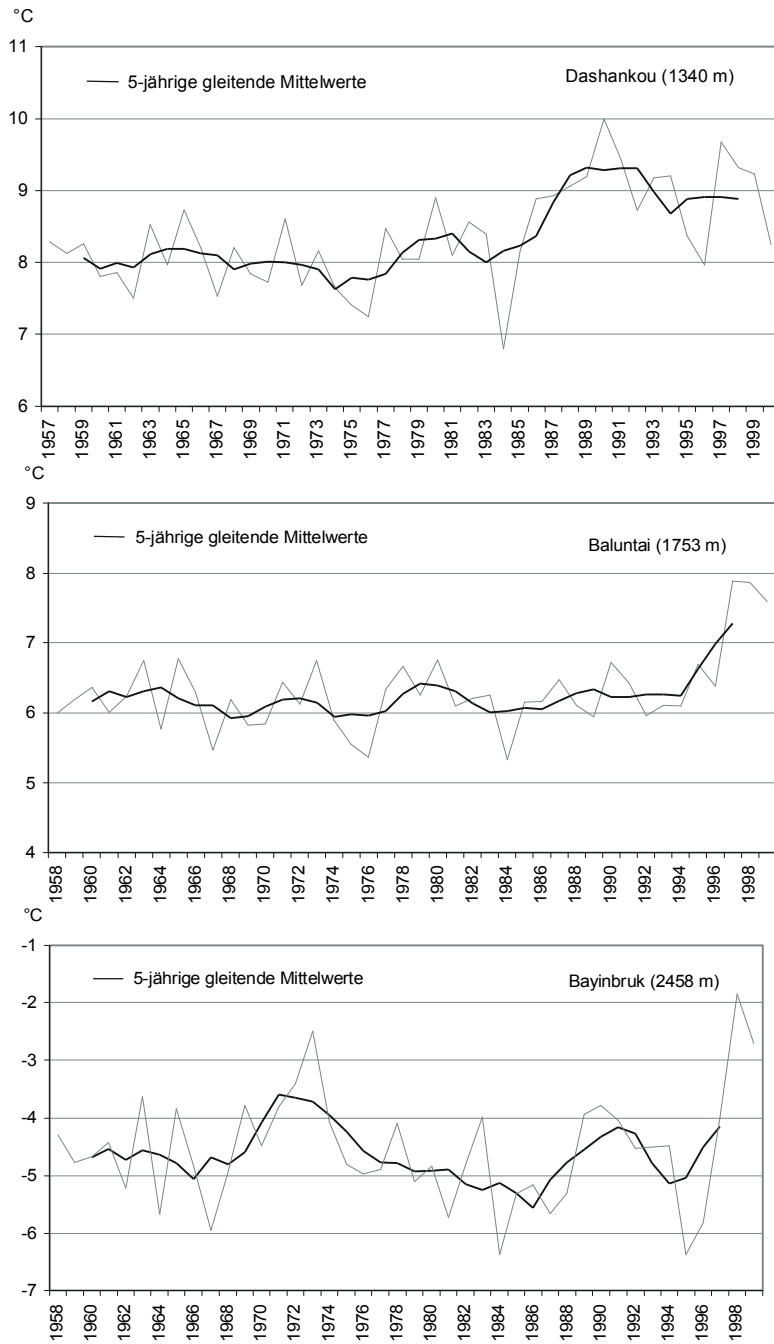
Quelle: eigene Berechnungen

Ungeachtet der mangelnden Korrespondenz der Kurven lassen sich aber zwei übereinstimmende Feststellungen treffen:

1. Auch im Bostensee-Becken ist ein Anstieg der Lufttemperaturen zu beobachten. Dieser setzt aber nicht, wie zuvor festgestellt, Anfang der 70er Jahre ein, sondern erst 1985.
2. Desgleichen kann auch für die Klimastationen im Bostensee-Becken von einem zyklischen Ablauf der Jahresmitteltemperaturen ausgegangen werden.

Die aus den Zeitreihenanalysen von Klimavariablen für die jüngere Klimageschichte abgeleitete Zyklizität der Klimaabläufe (vgl. Abb. 14 und 15) wird durch dendrochronologische Untersuchungen, die in der Umgebung verschiedener Experimentgletscher im Tjan'-Šan' und Džungarischen Alatau durchgeführt wurden, u.a. in der Nachbarschaft des Tjuksu-Gletschers im Zailijskij Alatau (vgl. Abb. 11), bestätigt. Die Analysen wurden an Tjan'-Šan'-Tannen mit einer Wachstumszeit von 114 Jahren (1865 – 1979) und Wacholdern mit einer Wachstumszeit von 427 Jahren (1556 – 1983) vorgenommen. Für die Zeit der 1556 – 1980 wurden Wachstumsrhythmen von 8-9, 23-29 und 77-79 Jahren festgestellt (vgl. BURLIBAEV, 2002, S. 193).

**Abb. 16: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Klimastationen Dashankou, Baluntai und Bayinbruk 1957 - 2000**



Quelle: Amt für Wasserressourcen Xinjiang, 2002, eigene Darstellung



Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus den gewonnenen Erkenntnissen für die Einschätzung der zukünftigen Gletscherentwicklung im Einzugsgebiet des Bosten-Sees ziehen? –

1. Wir können in naher Zukunft mit einem weiteren Rückgang der Gletscher und zunehmender Gletscherschmelze rechnen. Kuz'micenok (2002) hat für den kirgisischen Teil des Tjan'-Šan' eine Vorausberechnung der Gletscherentwicklung vorgenommen. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Fläche der Gletscher in Kirgistan bei einer Erhöhung der sommerlichen Lufttemperatur von 2 °C und unveränderter Niederschlagstätigkeit bis zum Jahr 2050 um 22 % schrumpfen wird, bei einem Rückgang der Niederschläge um 10 % und einer Erhöhung der Lufttemperatur wie zuvor um 2 °C um 30 %. Ähnlich stark soll die Gletschermasse schrumpfen.

(DIKICH, 2002b, S. 11) hat eine Vorausberechnung der Gletscherentwicklung für den Kungej Ala-Too und Terskej Ala-Too (Randgebirge des Issyk-kul'-Beckens, nördlicher Tjan'-Šan') vorgenommen. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Gletscherfläche bei einer Erwärmung der bodennahen Luftschichten in der warmen Jahreszeit um 2 °C im Terskej Ala-Too bereits bis zum Jahr 2025 um 31,9 % schrumpfen wird, im Kungej Ala-Too sogar um 76,6 %.

Als Folge davon würde sich die Abflussmenge der von einer Gletscherernährung beeinflussten Flüsse wie der Kaidu weiterhin erhöhen, es würde sich eine zunehmende Konzentration der Abflussmenge der Flüsse auf die sommerliche Zeit einstellen.

Unterstellt man einen längerfristigen Schrumpfungsprozess der Gletscher, dann besteht die Gefahr, dass die Hauptmasse der Gletscher, die in Karen und Tälern liegen, verschwunden sein wird. Gletscher werden dann bei der Abflussbildung kaum noch eine Rolle spielen. Falls die ausbleibende Gletscherschmelze nicht durch eine verstärkte Niederschlagstätigkeit kompensiert wird, wird den ariden Beckenbereichen, die dem Tjan'-Šan' vorgelagert sind, zunehmend weniger Wasser als bislang zugeführt werden.

2. Ist die von Kuz'micenok und Dikich unterstellte Annahme einer langfristigen Erwärmung des Klimas gerechtfertigt? –

Unterstellt man die festgestellte langfristige Periodizität von 77-79 Jahren, wäre diese gerechtfertigt. Dann kann frühestens in den 50er Jahren des 21. Jahrhunderts damit gerechnet werden, dass eine Umkehrung der Entwicklung einsetzt (s.o.; Beginn der intensiven Gletscherschmelze seit Anfang der 70er Jahre). Unterstellt man dagegen eine mittelfristige Periodizität von 23-29 Jahren, dann könnte bereits in naher Zukunft (2007 – 2013) eine Änderung der Entwicklung eintreten.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

Atlas Kyrgyzskoj Republiki (1987), Moskva.

BURLIBAEV, M. Ž. (2002): Ulucšenie ekologiceskoj obstanovki ozera Balchaš. Otcet po programme No 68, Kniga 1: "Ocenka sovremennogo ekologiceskogo sostojanja Ili-Balchašskogo Bassejna, Almaty (nicht veröffentlicht).

CHEN Q. (1995): Bo Si Teng Hu Shui Zi Yuan He Shui Zhi (Wasserressourcen und Wasserqualität des Bosten-Sees). In: Xinjiang Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences: Research on Resources, Environment and Oasis in Arid Land. Science Press, Beijing.

DIKICH, A. N. (2002a): Sovremennoe oledenenie Issyk-kul'skoj kotloviny: režim í balansovoe sostojanie (unveröffentlichter Forschungsbericht), Biškek, Juni 2002.

DIKICH, A. N. (2002b): Lednikovyj stok rek Issyk-kul'skoj kotloviny (unveröffentlichter Forschungsbericht), Biškek, November 2002.

HEDIN, S. (1941): Der wandernde See. 7. Aufl., Leipzig.

Jappar Mahpir, Tursunov A. A. (1996): An Introduction to the Hydro-Ecology in Central Asia. Xinjiang Keji Weisheng Chubanshe.

Kang Ersi, CHEN G.; DONG Z. (2002): Zhongguo Xibei Ganhan Qu Bingxue Shui Zi-yuan Yu Chushan Jinliu (Wasserressourcen von Gletschern und Schnee und Abfluss in Trockengebieten im Nordwesten Chinas). Science Press.

KUZ'MICENOK, V.A. (2002): Matematiko-kartograficeskoe modelirovanie vozmožnyh izmenenij vodnych resursov í oledenenija Kyrgyzstana pri prognoziruemych izmenenijach klimata (nicht veröffentlichtes Manuskript), Biškek 2002.

Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences (1987): Glacier Inventory of China III- Tianshan Mountains (Interior Drainage Area of Tarim Basin in Southwest). Science Press, Beijing.

- LI, Y.; TAN YAN (2001): Jian Lun Er Shi Shi Ji Xia Ban Ye Kaidu He Yu Bosten Hu De Shui Wen Te Zheng (Analyse des hydrologischen Zustandes des Kaidu-Flusses und Bosten-Sees in der zweiten Hälfte des 20. Jh. ), im Druck.
- LI, Y.; TAN YAN (2002): Jian Lun Bo Si Teng Hu Shui Yan Bian Hua (Analyse des Salzgehaltes des Bosten-Sees), im Druck.
- QIN, D. (Hrsg.) (2002): Zhong Guo Xi Bu Huan Jing Yan Bian Ping Gu –Zong He Juan (Evaluation der Umweltevolution in West-China – Generalband). Science Press, Beijing.
- RYBSKI, D.; HAVLIN, Sh.; BUNDE, A. (2003): Phase synchronization in temperature and precipitation records. In: Physica A 320, S. 603-610.
- TURSUNOV, A. A. (2002): Ot Arala do Lobnora. Gidrologija besstocnych bassejnov Centralnoj Azii. Almaty.
- UNICBONN (2002): Abrufbar unter <http://www.uno.de/umwelt/klima/> (Datum: 11.11.02).
- WANG, R.; GIESE, E.; GAO, Q. (2003): Qin Qi Bo Si Teng Hu Shui Wei Bianhua Ji Qi Yuanyin Fenxi (The recent change of water level in the Bosten Lake and analysis of its causes). In: Journal of Glaciology and Geocryology, Vol. 25, No 1, pp 60-64.
- YANG, Z.; ZENG, Q. (2001): Glacier Hydrology. Chongqing Press, Chongqing.
- ZHONG, X. (2000): Bo Si Teng Hu Liu Yu Shui Zi Yuan Heli Peizhi Yu “Lü Se Zoulang” Baohu (Distribution of water resources in the Bosten-Lake Valley and the protection of “Green Corridor”) In: LIU Y. (Editor): Talimu He Zhong Xia You Shi Di Ta Kan Bao Gao (Report on field survey of middle & lower reaches of Tarim River), China Statistics Press, 2000.

### **Bisherige Veröffentlichungen in dieser Reihe:**

- No. 1 HERRMANN, R., KRAMB, M. C., MÖNNICH, Ch. (12.2000): Tariff Rate Quotas and the Economic Impacts of Agricultural Trade Liberalization in the WTO. (etwas revidierte Fassung erschienen in: "International Advances in Economic Research", Vol. 7 (2001), Nr. 1, S. 1-19.)
- No. 2 BOHNET, A., SCHRATZENSTALLER, M. (01.2001): Der Einfluss der Globalisierung auf staatliche Handlungsspielräume und die Zielverwirklichungsmöglichkeiten gesellschaftlicher Gruppen.  
(erschieden in: "List-Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik", Bd. 27(2001), H. 1, S. 1-21.)
- No. 3 KRAMB, M. C. (03.2001): Die Entscheidungen des "Dispute Settlement"-Verfahrens der WTO im Hormonstreit zwischen der EU und den USA – Implikationen für den zukünftigen Umgang mit dem SPS-Abkommen.  
(überarbeitete Fassung erschienen in: "Agrarwirtschaft", Jg. 50, H. 3, S. 153-157.)
- No. 4 CHEN, J., GEMMER, M., TONG, J., KING, L., METZLER, M. (08.2001): Visualisation of Historical Flood and Drought Information (1100-1940) for the Middle Reaches of the Yangtze River Valley, P.R. China.  
(erschieden in: Wu et al. (eds) Flood Defence '2002, Beijing, New York 2002, pp. 802-808.)
- No. 5 SCHROETER, Ch. (11.2001): Consumer Attitudes towards Food Safety Risks Associated with Meat Processing.  
(geänderte und gekürzte Fassung ist erschienen unter Christiane SCHROETER, Karen P. PENNER, John A. FOX unter dem Titel "Consumer Perceptions of Three Food Safety Interventions Related to Meat Processing" in "Dairy, Food and Environmental Sanitation", Vol. 21, No. 7, S. 570-581.)
- No. 6 MÖNNICH, Ch. (12.2001): Zollkontingente im Agrarsektor: Wie viel Liberalisierungsfortschritt? Ergebnisse und Diskussion einer Auswertung der EU-Daten. (gekürzte Fassung erschienen in BROCKMEIER, M., ISERMEYER, F., von CRAMON-TAUBADEL, S. (Hrsg.), Liberalisierung des Weltagrarhandels - Strategien und Konsequenzen. "Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.", Bd. 37(2002), S. 51-59.)
- No. 7 RUBIOLO, M. (01.2002): EU and Latin America: Biregionalism in a Globalizing World?
- No. 8 GAST, M. (02.2002): Zollkontingente bei US-amerikanischen Käseimporten. (gekürzte Fassung erschienen in: "Agrarwirtschaft", Jg. 51, H. 4, S. 192-202.)
- No. 9 BISCHOFF, I. (08.2002): Efficiency-enhancing Effects of Private and Collective Enterprises in Transitional China.

- No. 10 KÖTSCHAU, K. M., PAWLOWSKI, I., SCHMITZ, P. M. (01.2003): Die Policy Analysis Matrix (PAM) als Instrument zur Messung von Wettbewerbsfähigkeit und Politikeinfluss - Zwischen Theorie und Praxis: Das Fallbeispiel einer ukrainischen Molkerei.
- No. 11 HERRMANN, R., MÖSER A. (06.2003): Price Variability or Rigidity in the Food-retailing Sector? Theoretical Analysis and Evidence from German Scanner Data.
- No. 12 TROUCHINE, A. (07.2003): Trinkwasserversorgung und Armut in Kasachstan: Aktueller Zustand und Wechselwirkungen.
- No. 13 WANG, R.; GIESE, E.; GAO, Q. (08.2003): Seespiegelschwankungen des Bosten-Sees (VR China)

Die Diskussionsbeiträge können im Internet unter:

<http://www.uni-giessen.de/zeu/Publikation.html> eingesehen werden.