

Der Open-Access-Publikationsserver der ZBW – Leibniz-Informationzentrum Wirtschaft
The Open Access Publication Server of the ZBW – Leibniz Information Centre for Economics

Giese, Ernst; Mamatkanov, D. M.; Wang, Run

Working Paper

Wasserressourcen und deren Nutzung im Flussbecken des Tarim (Autonome Region Xinjiang / VR China)

Discussion Papers / Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung, No. 25

Provided in cooperation with:

Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU)

Suggested citation: Giese, Ernst; Mamatkanov, D. M.; Wang, Run (2006) : Wasserressourcen und deren Nutzung im Flussbecken des Tarim (Autonome Region Xinjiang / VR China), Discussion Papers / Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung, No. 25, <http://hdl.handle.net/10419/21923>

Nutzungsbedingungen:

Die ZBW räumt Ihnen als Nutzerin/Nutzer das unentgeltliche, räumlich unbeschränkte und zeitlich auf die Dauer des Schutzrechts beschränkte einfache Recht ein, das ausgewählte Werk im Rahmen der unter

→ <http://www.econstor.eu/dspace/Nutzungsbedingungen> nachzulesenden vollständigen Nutzungsbedingungen zu vervielfältigen, mit denen die Nutzerin/der Nutzer sich durch die erste Nutzung einverstanden erklärt.

Terms of use:

The ZBW grants you, the user, the non-exclusive right to use the selected work free of charge, territorially unrestricted and within the time limit of the term of the property rights according to the terms specified at

→ <http://www.econstor.eu/dspace/Nutzungsbedingungen>
By the first use of the selected work the user agrees and declares to comply with these terms of use.

Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Wasserressourcen und deren Nutzung
im Flussbecken des Tarim
(Autonome Region Xinjiang / VR China)**

von

GIESE, ERNST¹; MAMATKANOV, D. M.²; WANG, RUN¹

Nr. 25, Giessen im August 2005

¹ Institut für Geographie, Justus-Liebig Universität Giessen

² Institut für Wasserprobleme und Hydroenergie der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Republik Kirgistans, Biškek

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Einführung | 5 |
| 2. | Die Wasserressourcen im Flussbecken des Tarim..... | 11 |
| 3. | Die wirtschaftliche Nutzung des Tarim- Wassers | 19 |
| 4. | Ökologische Folgen | 24 |
| 4.1. | Zerstörung der Auenwälder und Wüstenvegetation | 24 |
| 4.2. | Versandung | 26 |
| 4.3. | Wasserverschmutzung | 27 |
| 4.4. | Bodenversalzung | 28 |
| 5. | Einzugsgebiet des Aksu | 32 |
| 5.1. | Das Gewässernetz | 32 |
| 5.1.1 | Der Sary-Džaz | 33 |
| 5.1.2 | Der Ak-Saj (Kokšaal) | 37 |
| 5.1.3 | Der Uzengju-Kuuš | 37 |
| 5.2. | Die Vergletscherung | 37 |
| 5.3. | Das Abflussregime der Flüsse | 39 |
| 5.4. | Bewertung der Wasser- und hydroenergetischen Ressourcen | 41 |
| 5.4.1 | Wasserressourcen..... | 41 |
| 5.4.2 | Hydroenergetische Ressourcen | 50 |
| 5.5. | Nutzung der Wasserressourcen im kirgisischen Teil des Tarim- Beckens | 50 |

ABBILDUNGEN

| | | |
|----------|--|----|
| Abb. 1 | Das Tarim-Becken: Satellitenbildaufnahme aus dem Jahre 2004..... | 6 |
| Abb. 1a | Das Tarim-Becken: Hydrographische Übersicht..... | 7 |
| Abb. 2 | Östliches Tarim-Becken mit Kontsche-darja und Lop-nor nach einer Aufzeichnung von Sven Hedin aus dem Jahre 1934..... | 9 |
| Abb. 3 | Östliches Tarim-Becken mit Kontsche, Tschertschen und dem seit 1972 ausgetrockneten Lop-nor..... | 10 |
| Abb. 4: | Wasserführung des Aksu im Durchschnitt der Jahre 1957 - 2002, Mio. m ³ | 12 |
| Abb. 4a: | Wasserführung des Aksu im Jahre 2002 , Mio. m ³ | 13 |
| Abb. 6 | Entwicklung der jährlichen Abflussmenge des Tarim an den Stationen Alar, Yinbazha und Qiala 1957-1999..... | 14 |
| Abb. 5: | Lage der Hydromessstationen..... | 15 |
| Abb. 7 | Entwicklung der Baumwollanbauflächen in der AR Xinjiang, der Provinz Shandong und der VR China 1978 - 2004..... | 22 |
| Abb. 8 | Gesunder und geschädigter Bestand an <i>Populus euphratica</i> am Mittel- und Unterlauf des Tarim..... | 25 |
| Abb. 9: | Der Zusammenfluss von Aksu, Yarkand und Hotan zum Tarim und die Staatsfarmen der Division 1..... | 31 |
| Abb. 10 | Der Wassereinzugsbereich des Aksu..... | 33 |
| Abb. 11: | Der vergletscherte Gebirgsknoten des Chan Tengri mit der Aksu-Oase und den Zuflüssen des Aksu..... | 35 |
| Abb. 12: | Der vergletscherte Gebirgsknoten des Chan Tengri und Staatsgrenzen..... | 36 |
| Abb. 13: | Jährlicher Abflussgang (Durchschnitt 1980-1990) der aus Kirgistan in das Tarim-Becken entwässernden Flüsse: Sary-Džaz, Kujlju und Ak-Šyjrjak..... | 40 |
| Abb. 14: | Abflussentwicklung des Sary-Džaz (vor der Mündung des Kujlju) 1962 – 1989..... | 42 |
| Abb. 15: | Entwicklung maximaler Wasseräquivalente der Schneedecke im mittleren Teil des Kara-Batkak-Gletschers 1957 - 2000..... | 44 |
| Abb. 16: | Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Station Karakol (Prževal'sk) 1880 - 1996, Issyk-kul'-Becken, östlicher Beckenrand, 1718 m..... | 46 |
| Abb. 17: | Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Station Naryn 1882 - 2001, mittleres Naryn-Tal, zentraler Tjan'-Šan', 2045 m..... | 46 |
| Abb. 18: | Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen vom langjährigen Mittelwert # des Zeitraumes 1880 - 1970 der Station Karakol (Prževal'sk) 1880 - 1996..... | 47 |
| Abb. 19: | Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen vom langjährigen Mittelwert # des Zeitraumes 1890 - 1970 der Station Naryn 1890 - 2001..... | 47 |
| Abb. 20: | Kumulative Massenbilanzkurve des Kara-Batkak-Gletschers, Terskej Ala- Too (Zentraler Tjan'-Šan') 1956/1957 – 2000/2001..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Abb. 21: Entwicklung der Abflussmengen des Čon-Kyzyl-Suu, Hydrostation Lesnoj Kordon, 1930-2000 | 48 |
| Abb. 22: Kirgisischer Plan zur Umleitung des Sary-Džaz in das Issyk-Kul'-Becken und Čü-Tal | 54 |

TABELLEN

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Wasserverluste des Tarim in verschiedenen Streckenabschnitten, Durchschnitt der Jahre 1981-1995..... | 16 |
| Tab. 2: Abflussverteilung des Tarim an den Stationen Alar, Xinquman und Qiala nach Monaten, Durchschnitt der Jahre 1956-1990, in Prozent | 17 |
| Tab. 3: Wasserableitungen aus dem Tarim | 17 |
| Tab. 4: Durchschnittliche jährliche Abflussmenge des Tarim an den Stationen Alar, Yinbazha und Qiala 1957-1995/2000 | 18 |
| Tab. 5 Die größten Stauseen entlang des Tarim | 20 |
| Tab. 6 Entwicklung der Populus-Bestände entlang des Tarim zwischen Alar und dem Taitema-See | 24 |
| Tab. 7 Katastrophen ausgelöst durch Starkwinde und Sand-Staubstürme im Tarim-Becken..... | 27 |
| Tab. 8: Hydrographische Eigenschaften der Nebenflüsse des Aksu..... | 34 |
| Tab. 9: Jahreszeitliche Verteilung des Wasserabflusses im Becken des Sary-Džaz, in % | 38 |
| Tab. 10: Umfang des Gletscherabflusses der Hauptzuflüsse des Sary-Džaz in Jahren unterschiedlicher Wasserführung, Mio. m ³ | 38 |
| Tab. 11: Durchschnittliche monatliche und jährliche Abflussmengen des Sary-Džaz, Kujliu und Ak-Šyjrjak, m ³ /s | 39 |
| Tab. 12: Durchschnittlicher jährlicher Abfluss der aus Kirgistan in das Tarim-Becken entwässernden Flüsse | 39 |
| Tab. 13: Entwicklung der Massenbilanz des Kara-Batkak-Gletschers im Terskej-Ala-Too 1957 – 1998 | 43 |
| Tab. 14 Mittelwerte und Trendkoeffizienten der Jahres- und Sommermittelwerte der Lufttemperatur der Station Tjan-Šan (3.614 m über BS) für verschiedene Zeitabschnitte | 45 |
| Tab.15: Wasserführung der zum Tarim-Becken hin entwässernden Flüsse Kirgistans, Durchschnitt der Jahre vor 1973 und 1973-2000. | 49 |
| Tab.16: Nutzung der umgeleiteten Wassermenge des Sary-Džaz..... | 53 |

VORWORT

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen der Arbeiten zum Forschungsprojekt: "Wasserverknappung, Wassernutzungskonflikte und Wassermanagement in Trockengebieten Zentralasiens (Usbekistan, Kasachstan, Kirgistan, Xinjiang/VR China)" erstellt. Das Ziel des Forschungsprojektes bestand darin, die Ursachen und Auswirkungen der zunehmenden Wasserverknappung und Verschlechterung der Wasserqualität in den Trockengebieten Zentralasiens zu untersuchen.

Die Untersuchungen wurden vergleichend in vier abflusslosen Beckenbereichen vorgenommen: im Aralsee-Becken, Ili-Balchaš-Becken, Issyk-Kul'-Becken und Tarim-Becken. Die vorliegende Untersuchung ist somit in enger Verbindung zu anderen vergleichbaren Studien zu sehen, wie jene von V. V. Romanovskij (Discussion Paper Nr. 22, 2004) über das Issyk-Kul'-Becken und weitere in Kürze in dieser Reihe und anderenorts erscheinende Studien.

Mein besonderer Dank gilt der Volkswagen-Stiftung, die das auf vier Jahre angesetzte Forschungsprojekt (Mai 2001 - April 2005) im Rahmen der Förderinitiative "Mittelasien / Kaukasus im Focus der Wissenschaft" unterstützt hat.

Gießen im August 2005

Prof. Dr. Ernst Giese
(Projektleiter)

1. EINFÜHRUNG

Das Tarim-Becken liegt in der Autonomen Uigurischen Region Xinjiang der VR China. Es nimmt eine Fläche von rund 500.000 km² ein und ist damit so groß wie Frankreich. In West-Ost-Erstreckung misst es etwa 1.200 km, in Nord-Süd-Erstreckung bis zu 650 km.

Das Tarim-Becken ist ein nach Osten abfallendes 800 – 1.400 m hoch gelegenes Senkungsfeld. Es wird von drei Seiten von hohen Gebirgsketten umschlossen, im Norden vom Tjan'-Šan', im Westen vom Pamir- und Karakorum-Gebirge und im Süden vom Kunlun-Šan' und Altyn-Šan'. Die Gebirgsketten ragen am Rande des Tarim-Beckens auf über 5.000 m auf, in den höchsten Gebirgsregionen auf über 7.000 m (Pik Pobedy 7.439 m, Tomur 7.435 m, Muztagh-Ata 7.548 m und Kongur 7.719 m) (vgl. Abb. 1).

Im Osten ist das sich verengende Becken gegen die Lop-Nur-Senke offen. Hier liegt mit 780 m der tiefste Punkt des Tarim-Beckens. Das Innere des Beckens wird von der Taklamakan eingenommen. Sie ist mit einer Fläche von 320.000 km² die größte Wüste Chinas und zugleich eine der unwirtlichsten, unwegsamsten und größten Sandwüsten der Erde. Die inneren Teile der Taklamakan werden fast ausnahmslos von mächtigen Barchanfeldern eingenommen, die Höhen von durchschnittlich 100 – 150 m erreichen und nur schwer zu durchqueren sind. Sie werden zum Rande hin von Steinwüsten sowie Schwemmfächern und flachen Schwemmlandbereichen der aus den Gebirgen austretenden Flüsse umgeben. Dort, wo die Flüsse aus dem Gebirge in die Beckenbereiche eintreten und auf der Gebirgsfußfläche mehr oder weniger breite, lößbedeckte Schwemmfächer gebildet haben, liegen entlang der alten Seidenstraße die von Uiguren bewohnten Oasen. Die größten Oasen sind die von Kaschgar, Hotan, Yarkand und Aksu.

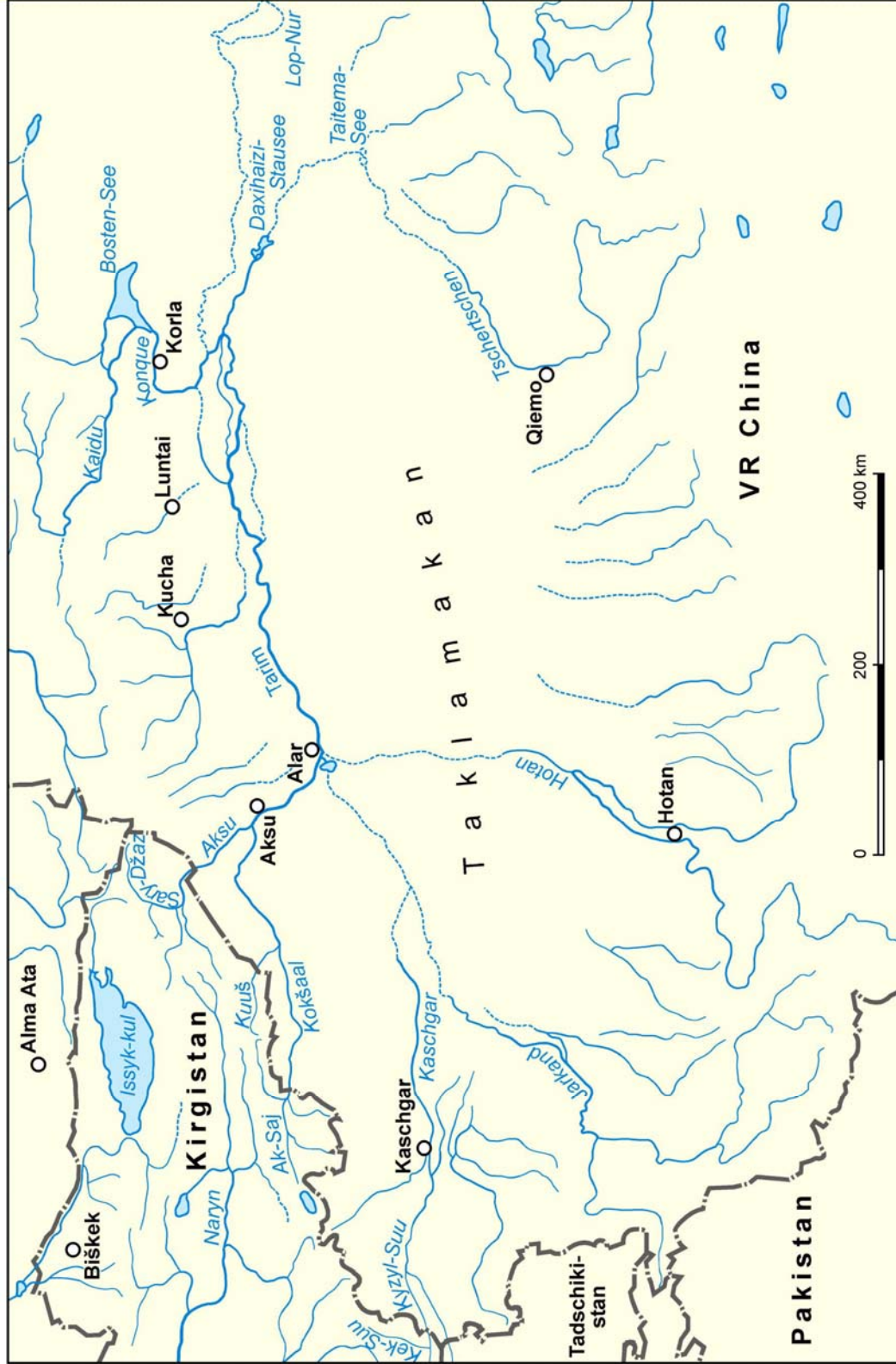
Der Tarim ist mit ursprünglich 2.750 km der längste und größte Fluss des Beckens. Ursprünglich bildete er sich aus dem Zusammenfluss der drei Flüsse Hotan, Yarkand und Aksu, wobei auch der Kaschgar durch seine Mündung in den Yarkand einen entsprechenden Beitrag leistete (vgl. Abb. 1a). Mittlerweile wird er zum überwiegenden Teil durch den Aksu versorgt. 75 % der Abflussmenge, die bei Alar über den Hotan, Yarkand und Aksu zusammenfließen und den Tarim bilden, stammen aus dem Aksu; 20 % der Abflussmenge bei Alar entfallen auf den Hotan, weniger als 1 % aus dem Yarkand. Der Rest von knapp 5 % fließen dem Tarim über den Konque (Bosten-See) unterhalb von Korla zu (Song Yudong et al. 2000, S. 41).

Abb. 1 Das Tarim-Becken: Satellitenbildaufnahme aus dem Jahre 2004



Quelle: NASA; MODIS; Blue Marble

Abb. 1a Das Tarim-Becken: Hydrographische Übersicht



Quelle: Eigene Darstellung

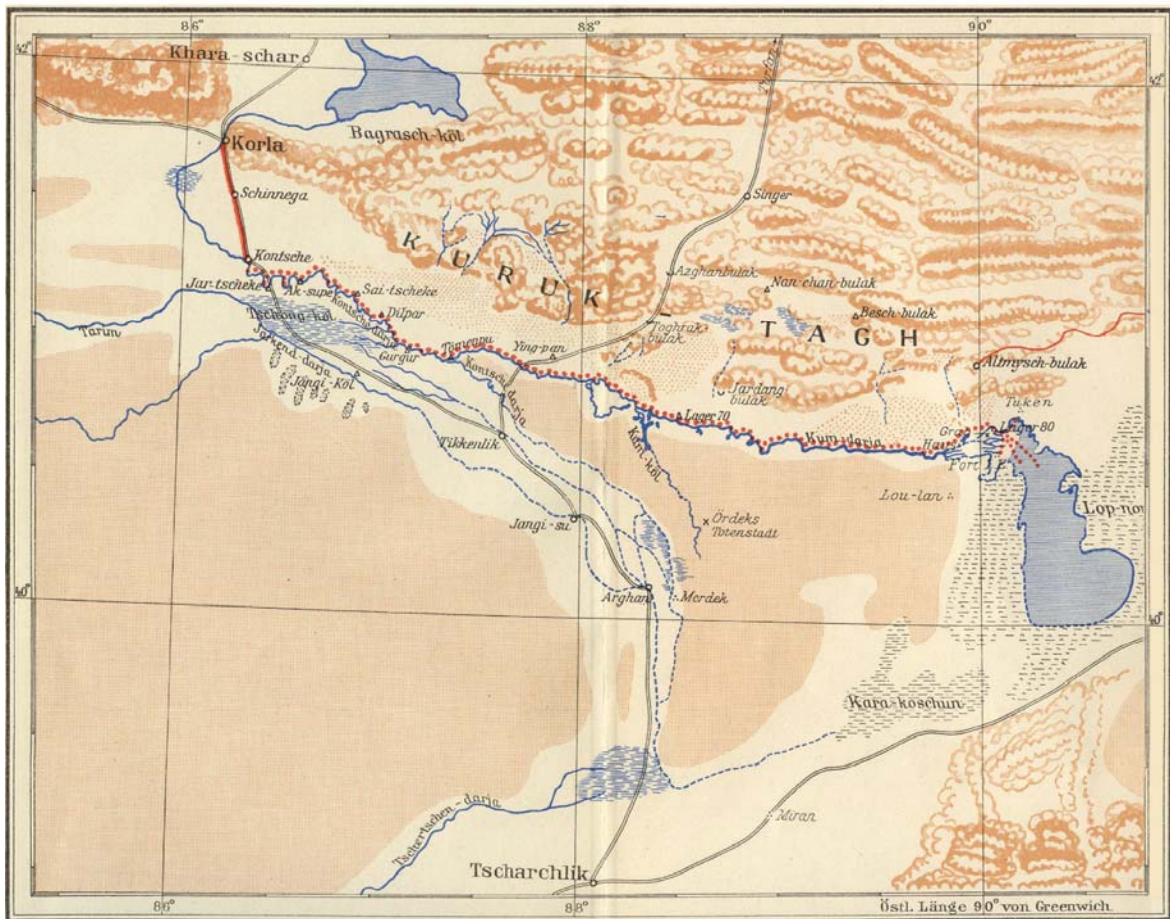
In der Oase von Yarkand wird nahezu das gesamte Wasser des Yarkand für Bewässerungszwecke verbraucht, so dass der Tarim durch den Yarkand praktisch keinen Zufluss mehr erhält. Das gleiche trifft auf den Kaschgar zu. Über ihn gelangen nur noch kurzzeitig in den Herbst- und Wintermonaten Wasser in den Tarim. In Kaschgar, der größten Oase des Tarim-Beckens, wird nahezu das gesamte aus dem Pamir und Zentralen Tjan'-Šan' kommende Wasser des Kaschgar-Flusses für Bewässerungszwecke verbraucht. Die Folge des ausbleibenden Zuflusses ist, dass der Tarim im Mittel- und vor allem im Unterlauf immer weniger Wasser führt und nach den Staatsfarmen Nr. 34 und 35 im Bereich des Daxihaizi-Stausee allmählich versiegt. Die Wasserknappheit am Unterlauf des Tarim ist so stark, dass die Staatsfarmen Nr. 34 und 35 den Antrag auf Verlegung an den Oberlauf des Tarim gestellt haben.

Früher endete der Tarim in der abflusslosen Senke des Lop-nor, wo er noch bis Anfang der 30er Jahre (vgl. Abb. 2) einen salzhaltigen Flachwassersee mit einer Fläche von 1.900 qkm bildete. Zeitweilig war dieser See aber auch vollkommen ausgetrocknet, als das Wasser des Tarim in eine andere, südliche Richtung gelenkt wurde, in die Senke des Taitema-Sees (vgl. Abb. 2). Seit 1972 ist der Lop-nor ausgetrocknet (Abb. 3). Für den Taitema-See, Anfang der 30er Jahre noch eine Fläche von 150 qkm bedeckend, gilt das Gleiche. Er ist seit 1981 verlandet. Ursache für den Verlandungsprozess der beiden Seen ist: dem Tarim wird für den Bewässerungsfeldbau so viel Wasser entzogen, dass er heute vor Erreichen der Lop-nor-Senke im Bereich des Daxihaizi-Stausee versiegt. Der Tarim ist unterhalb des Daxihaizi-Stausees auf einer Strecke von 330 km ausgetrocknet. Infolge der damit verbundenen Absenkung des Grundwasserspiegels sind die den Tarim begleitenden Auenwälder entlang seines Unterlaufs auf einer Strecke von 428 km hochgradig gefährdet und damit auch die Existenz des sog. „Grünen Korridors“, der die beiden großen Wüstenkomplexe Taklamakan und Kuluk im Osten des Tarim-Beckens trennt.

Der Aksu ist damit zum wichtigsten Quellfluss des Tarim geworden. Die folgende Untersuchung konzentriert sich deshalb auf den Wassereinzugsbereich des Aksu (vgl. Abb. 4), insbesondere auf die Frage, welche Auswirkungen die Erwärmung des Klimas in Zentralasien auf die Gletscherschmelze und das Abflussverhalten des Aksu besitzt, ob bereits, wie in anderen Gletschergebieten des Tjan'-Šan' seit den 70er Jahren zu beobachten ist, eine verstärkte Gletscherschmelze und damit ein verstärkter Wasserabfluss eingesetzt hat (vgl. Giese, Moßig 2004; Dikich 2004). Wenn die Entwicklung auf eine Zunahme des Wasseraufkommens hinweisen sollte, stellt sich die anschließende Frage, wie die zusätzliche Wassermenge genutzt werden kann. Sollte sie für ökonomische oder für ökologische Zwecke eingesetzt werden? – Über den Zufluss

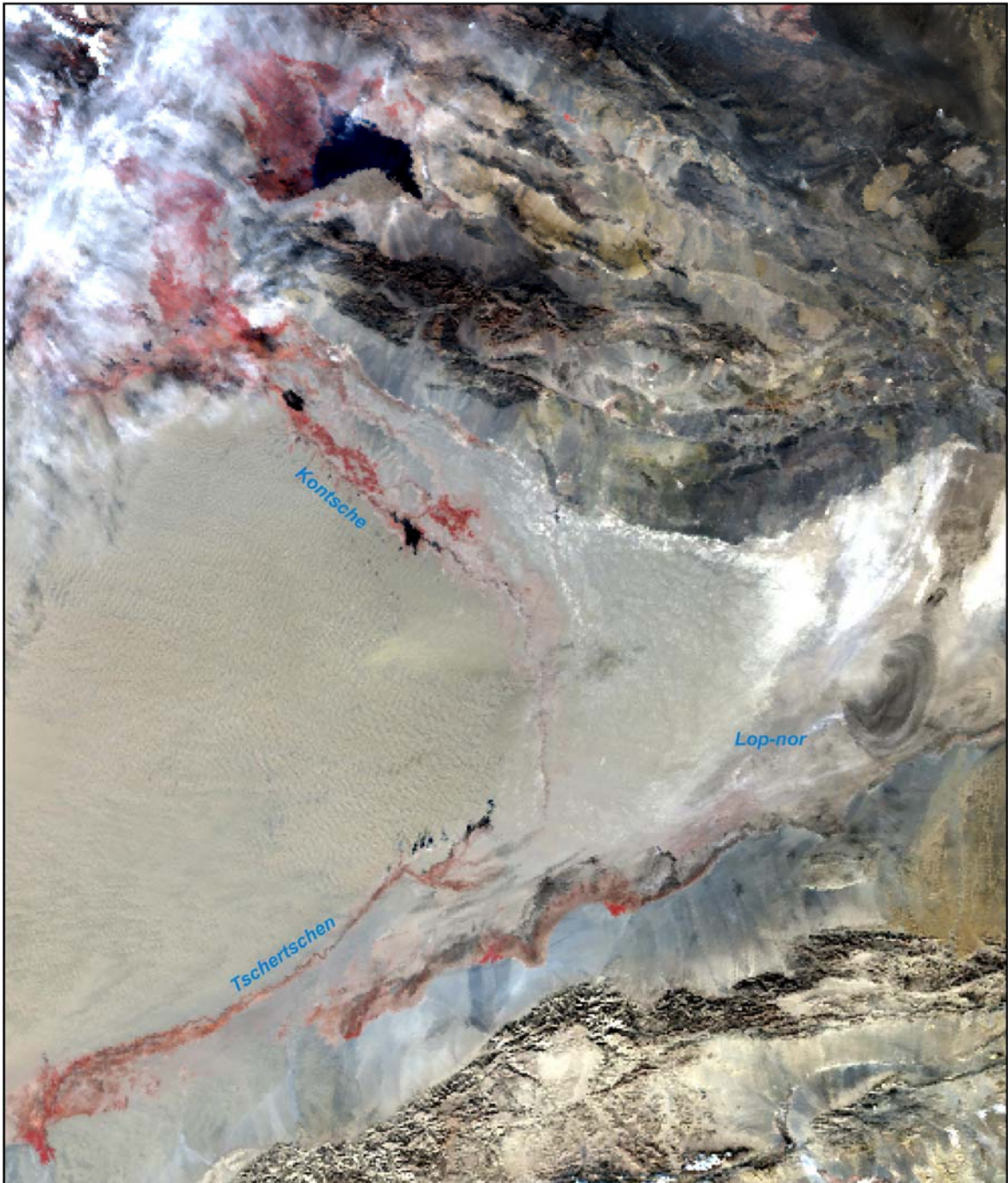
von Wasser durch den Konque aus dem Einzugsbereich des Bosten-Sees (vgl. Abb. 1a) liegt bereits eine gesonderte Untersuchung vor (vgl. Wang, Giese, Gao 2003). Deshalb erübrigt sich hier eine weiterführende Betrachtung.

Abb. 2 Östliches Tarim-Becken mit Kontsche-darja und Lop-nor nach einer Aufzeichnung von Sven Hedin aus dem Jahre 1934



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

Abb. 3 Östliches Tarim-Becken mit Kantsche, Tschertschen und dem seit 1972 ausgetrockneten Lop-nor



Quelle: http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=6762

2. DIE WASSERRESSOURCEN IM FLUSSBECKEN DES TARIM

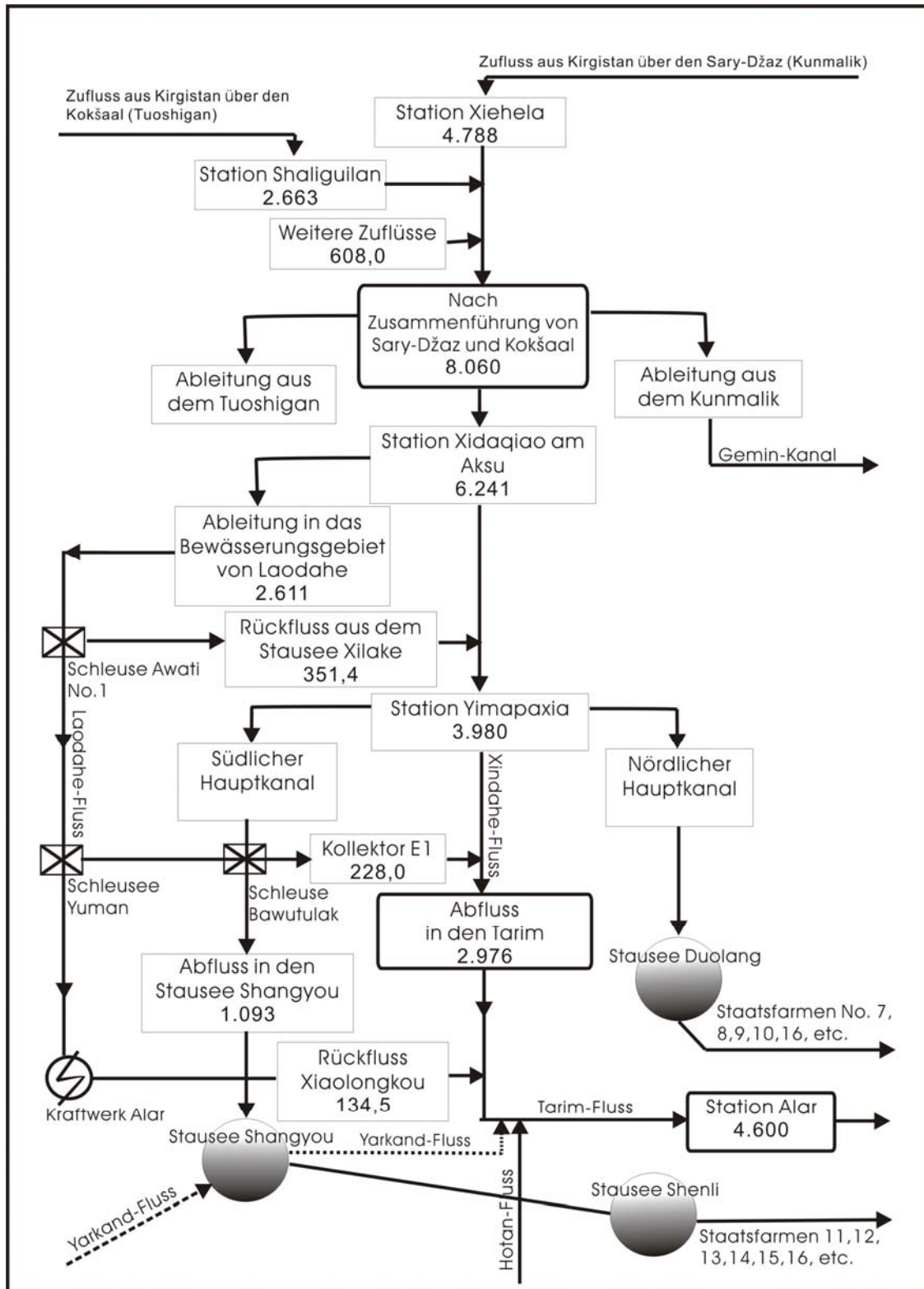
Die für die heutige Entwicklung entscheidende historische Zäsur in der Geschichte Xinjiangs war die Übernahme der nationalstaatlichen Herrschaft durch die Kommunistische Partei Chinas im Jahre 1949. Sie brachte zum ersten Mal seit Jahrhunderten politische Stabilität in die Region und besiegelte das (vorläufige) Ende des zentralasiatisch-erratischen Musters von Herrschaftsformation (Betke 1998, S. 128). Mit dieser Transformation war eine erhebliche Änderung der Land- und Wassernutzung in Xinjiang verbunden.

Seit 1958 hat entlang des Tarim, hauptsächlich in den Quellbereichen der Zuflüsse, in großem Umfang eine Neulanderschließung eingesetzt. Als eine wichtige Quelle für den Tarim hat der Kaschgar, der im Tjan'-Šan' und Pamir entspringt und über eine durchschnittliche jährliche Abflussmenge von 3890 Mio. m³ verfügt, bis in die 30 Jahre des letzten Jahrhunderts noch Wasser dem Tarim zugeführt (Wang Shuji und Liu Xingwen 1993). Der Yarkand, dessen Quellflüsse aus dem Kara-Kunlun und West-Kunlun kommen, führt heute wegen der Wassernutzung in den Oasen Yecheng, Shache und Maigaiti fast kein Wasser mehr in den Tarim. Vom Hotan wird Wasser nur in der Hochwasserzeit in den Tarim transportiert. Man kann verstehen, dass seit den 60er Jahren der Aksu zum wichtigsten Quellfluss des Tarim geworden ist. Rund 75% der Abflussmenge des Tarim stammen aus dem Aksu.

Der Aksu zählt zu den transnationalen Flüssen Xinjiangs. Er hat zwei Nebenflüsse, den Sary-Džaz (Kunmalik) und den Kokšaal (Tauškandarja oder Tuoshigan) (vgl. Abb. 1a). Beide entspringen im südlichen Tjan'-Šan' in Kirgistan. Der Sary-Džaz und Kokšaal führen pro Jahr eine durchschnittliche Wassermenge von 4788 bzw. 2663 Mio. m³ (vgl. Abb. 4). Nach der Zusammenführung hat der Aksu einschließlich seiner kleinen Zuflüsse eine jährliche Abflussmenge von 8060 Mio. m³. 78,5% der Abflussmenge des Sary-Džaz und 51,1% der Abflussmenge des Kokšaal kommen dabei aus Kirgistan (Wang Shuji und Liu Xingwen 1993, S.31), d.h. über 5120 Mio. m³ Wasser fließen derzeit jährlich aus Kirgistan nach China. Das entspricht 63,5% der Abflussmenge des Aksu insgesamt.

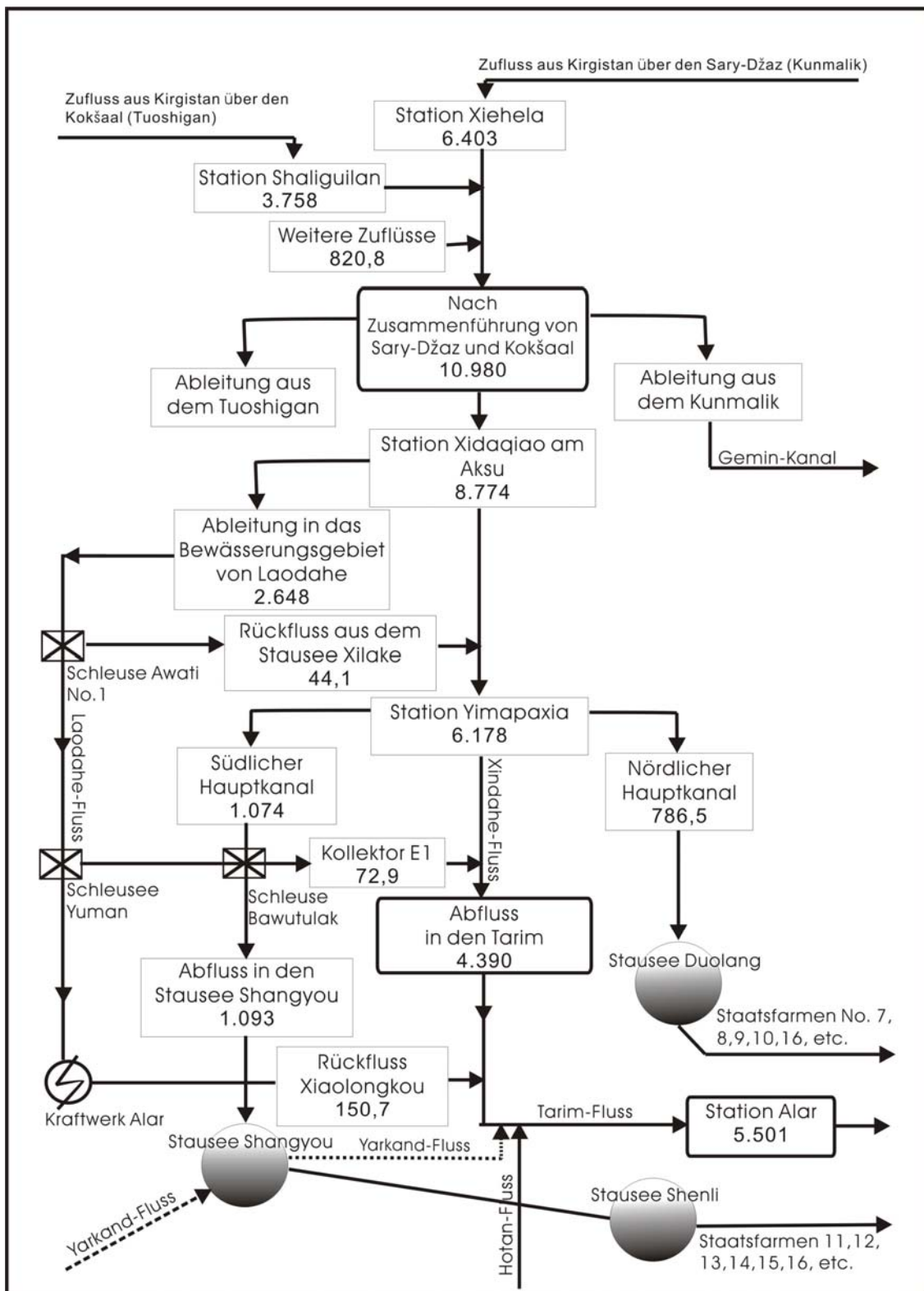
Das Flussdiagramm in Abbildung 4 zeichnet die Wasserführung des Aksu nach. Von der Abflussmenge des Aksu von mehr als 8.000 Mio. m³ nach der Zusammenführung der beiden Nebenflüsse bleiben knapp 3.000 Mio. m³ bis zur Mündung in den Tarim übrig, d.h. über 60% der Wassermenge des Aksu werden in den Verwaltungsbezirken Aheqi, Wushi, Wensu, Awati sowie in den Städten Aksu und Alar verbraucht.

Abb. 4: Wasserführung des Aksu im Durchschnitt der Jahre 1957 - 2002, Mio. m³



Quelle: Daten wurden uns freundlicherweise von Herrn Wang Shunde, Hydrologisches Büro Aksu, zur Verfügung gestellt. Eigener Entwurf

Abb. 4a: Wasserführung des Aksu im Jahre 2002 , Mio. m³

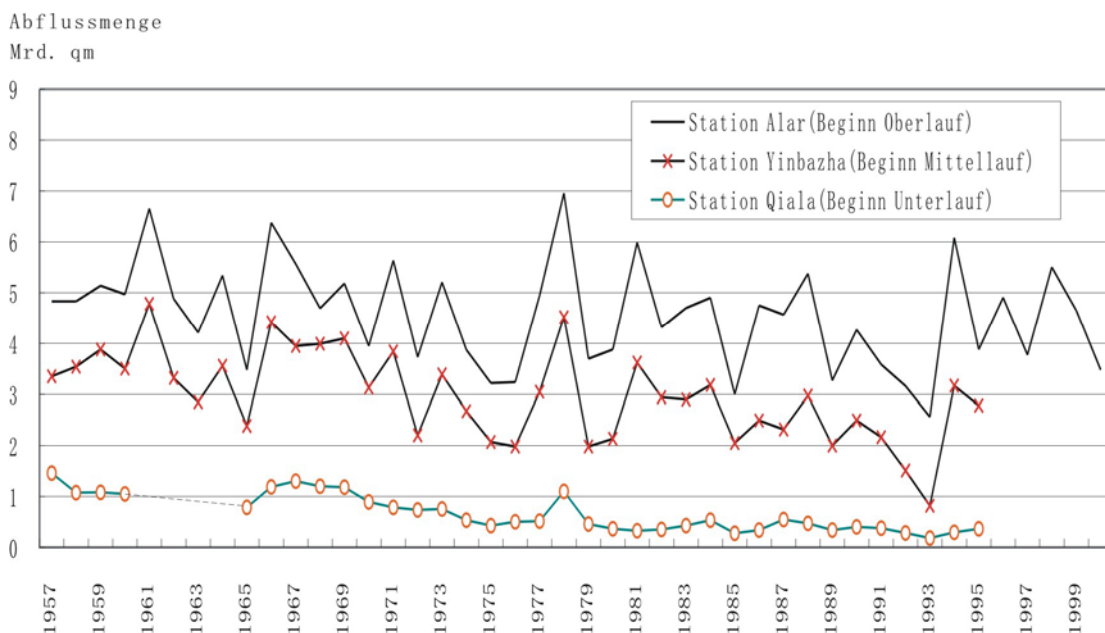


Quelle: Daten wurden uns freundlicherweise von Herrn Wang Shunde, Hydrologisches Büro Aksu, zur Verfügung gestellt. Eigener Entwurf

Am Tarim gibt es derzeit vier Hydromessstationen. Sie befinden sich in Alar, Xinquman, Yinbazha und Qiala (vgl. Abb. 5). In Alar und Xinquman wird seit 1957 gemessen, in Qiala seit 1976 und in Yinbazha seit 1983, allerdings mit Unterbrechungen (1985-1991). Um eine zu Alar und Xinquman vergleichbare Datenreihe ohne Unterbrechungen zu erhalten, wurden die fehlenden Angaben für Qiala und Yinbazha auf Grund der vorliegenden Daten für Alar und Xinquman durch Schätzungen ergänzt.

In Abbildung 6 ist die Entwicklung der jährlichen Abflussmenge an den Stationen Alar, Yinbazha und Qiala, die jeweils den Beginn des Ober-, Mittel- und Unterlaufs markieren, dargestellt. Da dem Tarim nach der Station Alar nur noch geringe Mengen Wasser zufließen, vornehmlich über dem Kaidu bzw. Konque, lässt sich dem Verlauf der Abflusslinien entnehmen, welche Wasserverluste dem Tarim in den drei Streckenabschnitten entstehen.

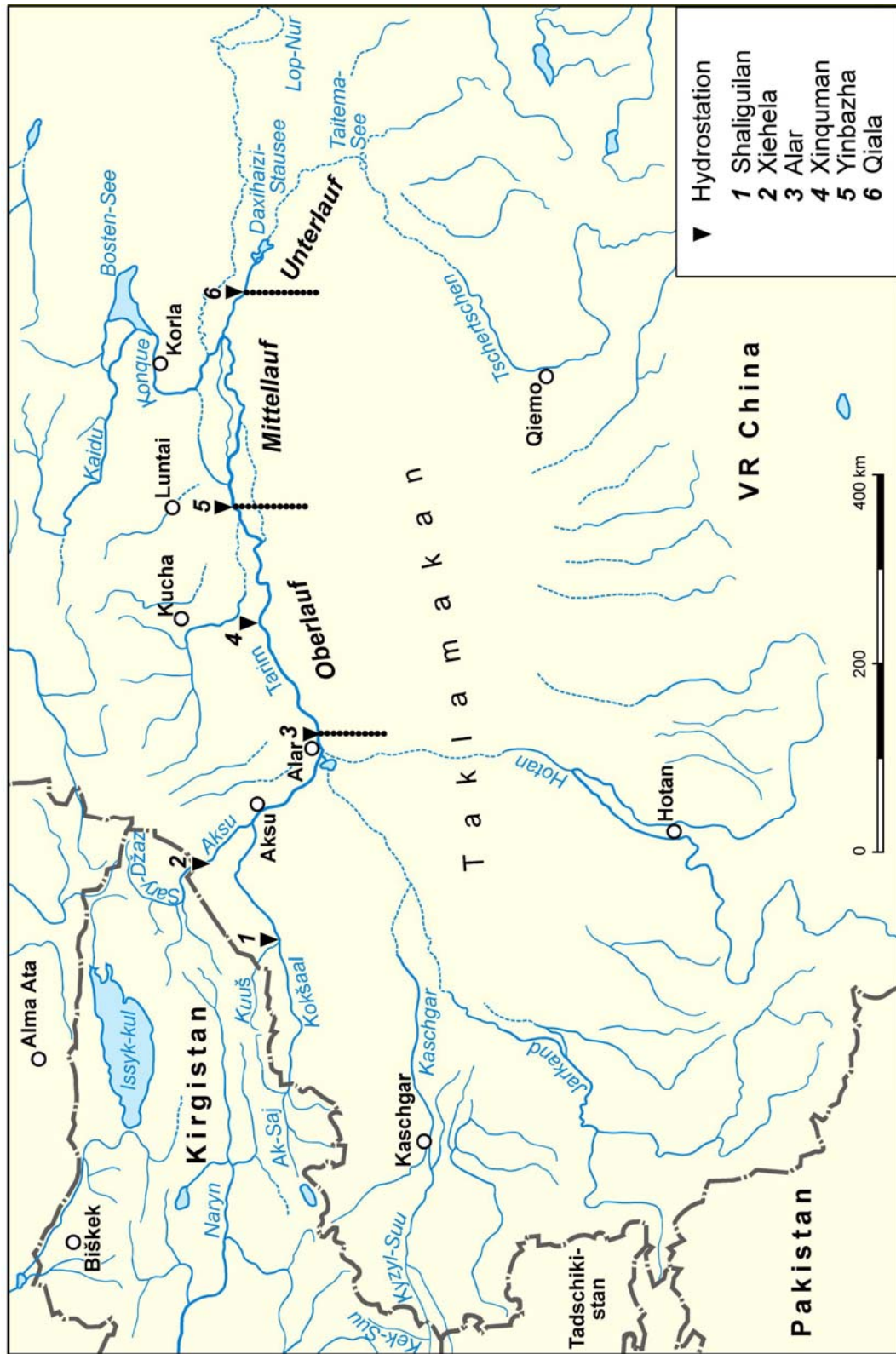
Abb. 6 Entwicklung der jährlichen Abflussmenge des Tarim an den Stationen Alar, Yinbazha und Qiala 1957-1999



Quelle: Daten vom Amt für Wasserverwaltung Xinjiang; eigene Darstellung

Zunächst fällt auf, dass die Kurvenverläufe der Stationen Alar und Yinbazha, die den Oberlauf eingrenzen, relativ eng beieinander liegen und auch weitgehend synchron verlaufen, ab 1979 aber einen etwas größeren Abstand einnehmen, abzulesen an der stärkeren Abwärtsneigung der unteren Kurve (Yinbazha). Diese Veränderung deutet darauf hin, dass am Oberlauf des Tarim offensichtlich Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre Landerschließungsmaßnahmen durchgeführt wurden, die zu einer verstärkten Wasserentnahme geführt haben.

Abb. 5: Lage der Hydromessstationen



Quelle: Eigene Darstellung

Die Abflusskurve der Station Qiala, die das Ende des Mittellaufs markiert, hebt sich deutlich von den beiden oberen Abflusskurven ab. Sie oszilliert nicht, sondern verläuft relativ gleichsinnig. Damit kommt zweierlei zum Ausdruck:

1. Der größte Teil des Tarim-Wasser geht im Mittellauf verloren.
2. Egal wie hoch die auftretende Wassermenge im Oberlauf des Tarim ist, ob 4 Mrd. m³ oder 6 Mrd. m³, im Unterlauf des Tarim unterhalb der Station Qiala kommt nur noch eine Restmenge von etwa 200 bis 500 Mio. m³ an. Selbst in den wasserreichen Jahren wie den Jahren 1978,1981,1988 und 1994 mit einer jährlichen Abflussmenge des Tarim bei Alar von 6 Mrd. m³ und mehr erhält der Unterlauf nicht mehr.

Eine wesentliche Ursache dieser Entwicklung stellen die in regelmäßiger Folge auftretenden sommerlichen Überflutungen dar. Im Bereich des Ober- und Mittellaufs gehen dem Tarim über 90% der Wassermenge verloren; 70% entfallen dabei auf Überflutungen, die vor allem im Mittellauf auftreten, rund 30% auf wirtschaftliche Nutzungen (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Wasserverluste des Tarim in verschiedenen Streckenabschnitten, Durchschnitt der Jahre 1981-1995

| Streckenabschnitt | Wasserverlust | | Natürlicher Verlust* | | Wirtschaftlich bedingter Verlust | |
|-------------------|---------------------|-------|----------------------|------|----------------------------------|------|
| | Mio. m ³ | % | Mio. m ³ | % | Mio. m ³ | % |
| Alar-Yinbazha | 1.952,6 | 46,5 | 1.251,8 | 64,1 | 700,8 | 35,9 |
| Yinbazha-Qiala | 2.249,9 | 53,5 | 1,701,9 | 75,6 | 548,0 | 24,4 |
| Alar-Qiala | 4.202,5 | 100,0 | 2,953,7 | | 1.248,8 | |

* Verlust durch Überflutung, Versickerung und Verdunstung

Quelle: Song Yudong et al. 2000, S. 95

Das Flussbett des Tarim ist im Streckenabschnitt des Ober- und Mittellaufs sehr flach und breit ausladend. Die Neigung des Flussbettes schwankt im Bereich des Oberlaufs zwischen 1:7500 bis 1:3700, im Bereich des Mittellaufs zwischen 1:8000 bis 1:5500. Die Tiefe des Flussbettes variiert zwischen ein und vier Metern. Ähnlich wie andere Flüsse in Trockengebieten erfolgt der Abfluss des Tarim vor allem im Sommer (vgl. Tab. 2). In dieser Zeit treten so große Abflussmengen auf, dass es bei dem sehr flachen Flussbett und seiner schwachen Neigung zu großflächigen Überflutungen kommt. In dieser Zeit entwickelt sich im Bereich des Mittellaufs ein Nebenarm des Tarim, der Fluss Wusiman, zum Hauptfluss. Über ihn fließen zur Hochwasserzeit ca. 70% der Abflussmenge; der Hauptfluss wird zum Nebenarm.

Tab. 2: Abflussverteilung des Tarim an den Stationen Alar, Xinquman und Qiala nach Monaten, Durchschnitt der Jahre 1956-1990, in Prozent

| Station | Monate | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----|------|-----|-----|-----|-------------|-------------|-------------|------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Alar | 4.1 | 3.7 | 3.1 | 1.0 | 1.0 | 5.3 | 22.0 | 34.1 | 11.7 | 4.8 | 3.7 | 5.5 |
| Xinquman | 4.8 | 3.8 | 4.2 | 1.2 | 0.7 | 4.4 | 20.1 | 35.7 | 13.1 | 4.7 | 3.1 | 4.2 |
| Qiala | 5.5 | 5.6 | 10.0 | 4.6 | 1.8 | 1.8 | 8.9 | 18.2 | 21.8 | 10.4 | 6.4 | 5.0 |

Quelle: Wang Run 1993.

In Tabelle 3 sind die vom Tarim abzweigenden Kanäle und Zweigflüsse nach Streckabschnitten zusammengestellt. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass der Tarim sein Wasser vornehmlich im Ober- und Mittellauf in zahlreiche natürliche und künstliche Abzweigungen abgibt. Man schätzt, dass im Oberlauf etwa 36% und im Mittellauf etwa 24% der jeweiligen Abflussmenge für den Bewässerungsfeldbau der entlang des Tarim angelegten großen Staatsfarmen abgezeigt werden (vgl. Tab. 1).

Der 107 km lange Unterlauf des Tarim erhält über den Kaidu bzw. Konque (vgl. Abb. 1a) nochmals einen geringfügigen Zufluss (vgl. Wang, Giese, Gao 2003). Nichtsdestotrotz erreichen den Unterlauf nicht mehr 7-10% der Abflussmenge bei Alar, ca. 200-500 Mio. m³.

Tab. 3: Wasserleitungen aus dem Tarim

| Flussabschnitt | Kanäle oder Zweigflüsse | | | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|
| | Zahl | davon >= 7,5 m breit | für Bewässerungsland | für Grasland |
| Oberlauf | 59 | 22 | 10 | 49 |
| Mittellauf | 75 | 6 | 20 | 73 |
| Unterlauf | 4 | 0 | 3 | 0 |
| Summe | 138 | 28 | 15 | 122 |

Quelle: Liu Yanliang 2000, S. 49

In den Jahren 1958 und 1996 wurden am Unterlauf des Tarim die beiden Stauseen Daxihaizi und Qiala mit einer Kapazität von 228 bzw. 117 Mio. m³ gebaut. Bis dahin wurde der sog. „Grüne Korridor“ am Unterlauf des Tarim mit einer Abflussmenge von über 800 Mio. m³ pro Jahr versorgt. In den 70er Jahren erreichten ihn wegen der errichteten Stauseen nur noch 47 Mio. m³ pro Jahr, in den 90er Jahren nur noch 6 Mio. m³ pro Jahr. Im Zeitraum von 1971-2001 hat das Flussbett auf der Strecke von Yinsu bis zum Taitema-See keinen Topfen Wasser mehr erhalten (vgl. Abb. 1a). Die ökologischen Auswirkungen auf den „Grünen Korridor“, einem den Tarim begleitenden Galeriewaldgürtel, der die beiden Wüsten Taklamakan und Kuluk trennt (vgl. Abb. 3), liegen auf der Hand; sie werden weiter unten ausführlicher erläutert. Der Tarim endet heute

im Daxihaizi-Stausee. Er wird mittlerweile (seit den 70er Jahren) als Endsee des Tarim betrachtet.

Am Unterlauf des Tarim liegen fünf große Staatsfarmen (Nr. 31 bis 35). Hier werden jährlich 230 Mio. m³ Wasser vornehmlich für Bewässerungszwecke verbraucht. Das restliche, zum Teil stark kontaminierte Wasser (bis zu 330 Mio. m³) wird dem Daxihaizi-Stausee zugeleitet. Die beiden Staatsfarmen Nr. 34 und Nr. 35 haben einen Antrag auf Verlegung an den Oberlauf gestellt, da sie unzureichend mit Wasser versorgt werden und das Wasser stark durch Düngemittelreste, Pestizide und Herbizide verunreinigt ist.

Den Kurvenverläufen in Abbildung 6 ist eine weitere Information zu entnehmen. Berechnet man für den Zeitabschnitt von 1965 bis 1995 die linearen Trends der Abflusskurven, so fällt auf, dass die Kurven der Stationen Yinbazha und Qiala eine tendenziell negative Entwicklung signalisieren, die Trendanalyse für Alar dagegen auf keine veränderte Abflusssituation in der jüngeren Vergangenheit hinweist. Offensichtlich wurde sowohl im Bereich des Oberlaufs (80er Jahren) als auch im Bereich des Mittellaufs (60er Jahren) eine zunehmende Abzweigung von Tarim-Wasser für den Ausbau des Bewässerungsfeldbaus (Baumwollanbau) vorgenommen.

Tab. 4: Durchschnittliche jährliche Abflussmenge des Tarim an den Stationen Alar, Yinbazha und Qiala 1957-1995/2000

| Station (gemessener Zeitraum) | Abflussmenge, Mio. m ³ | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| | Durchschnitt | Minimum (Jahr) | Maximum (Jahr) |
| Alar (1957-2000) | 4.573 | 2.555 (1993) | 6.959 (1978) |
| Yinbazha (1983-1995) | 2.973 | 819 (1993) | 4780 (1961) |
| Qiala (1976-1995) | 655 | 184 (1993) | 1461 (1957) |

3. DIE WIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG DES TARIM- WASSERS

Die landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten sind im Tarim-Becken aufgrund des Reliefs und Klimas stark eingeschränkt. Große Teile des Beckens werden von unzugänglichen Gebirgen und Wüsten (Taklamakan) eingenommen. Limitierende Faktoren der landwirtschaftlichen Nutzung sind die Kontinentalität und vor allem die Aridität des Klimas und damit verbunden die Wasserknappheit. Das Tarim-Becken erhält durchschnittlich weniger als 100 mm Niederschlag pro Jahr, zum Großteil weniger als 60 mm pro Jahr, so dass der Anbau im Tarim-Becken fast ausnahmslos in Form des Bewässerungsfeldbaus erfolgt. Darüber hinaus müssen Wiesen-, Weide- und Forstflächen bewässert werden (ca. 28 % der Bewässerungsfläche in der Provinz Xinjiang von ca. 3,6 Mio. ha (1991)).

Die Oasen liegen auf den Schwemmfächern der aus den Randgebirgen – Tjan'-Šan', Pamir, Karakorum, K unlun – in das Beckeninnere vordringenden Flüsse. Die größten Oasen sind die von Kaschgar, Hotan, Yarkand, Kizilsu, Aksu und Korla. Sie umranden das Beckeninnere in getrennten Komplexen und reihen sich girlandenförmig entlang der Seidenstraße aneinander. Eine Ausweitung der alten, von Uiguren bewohnten Oasen war nur in begrenztem Umfang möglich, so dass sich die Erschließungsmaßnahmen nach Gründung der VR China im Jahr 1949 bald auf das breite Tal des Tarim konzentrierte, das als gigantisches Neulandgebiet ausgemacht wurde. Es besaß im Jahr 1950 lediglich eine Anbaufläche von rund 3.300 ha. Die großen Wasserressourcen des Tarim und fruchtbaren Auenwaldböden inspirierten die "Erschließungsarmee" zu kühnen Plänen: Wie "grüne Perlen an der Schnur des Flusses" aufgereiht sollten hier bis zu 100 Staatsfarmen entstehen; tatsächlich wurden entlang des Tarim nach 1950 35 Staatsfarmen (sog. Korpsfarmen) gegründet, die dem Produktions- und Aufbaukorps der AR Xinjiang unterstellt wurden¹. Zu diesem Zweck wurden große Flächen Auenwald mit ihren prächtigen Pappelbeständen (*Populus euphratica*) gerodet und in 80.000 ha Ackerland (Bewässerungsland) umgewandelt (Betke, Küchler 1986). Darüber hinaus wurden auf den Schwemmlandflächen des Aksu, dem Hauptzufluss des Tarim (vgl. Abb. 4) weitere Bewässerungsflächen neu erschlossen. Die Bewässerungsfläche (künstliche Agrarlandschaftsfläche) wurde in den Oasengebieten entlang des Aksu und Tarim bis zum Jahre 1988 auf 281.400 ha ausgedehnt. Bis zum Jahr 2000 war geplant, sie weiter auf 382.800 ha auszuweiten (Wang Shuji und Li Xingwen 1993).

¹ Zum Aufbau, zur Funktion und Entwicklung der Staatsfarmen sowie des Produktions- und Aufbaukorps in der AR Xinjiang siehe Bohnet, Giese, Zeng 1998, S. 121 ff.

In den Quellgebieten des Tarim, also unter Einbeziehung der Quellgebiete des Hotan, Yarkand, Kaschgar und Aksu, fand im Zeitraum von 1949 bis 1995 eine Ausweitung der Bewässerungsfläche von 351.000 auf 777.000 ha statt (Song, Fan, Lei 2000, S. 184 u. 317). Die Bewässerungsfläche wurde somit mehr als verdoppelt. Dabei wurde die Bewässerungsfeldbaufläche von 350.000 ha (1949) auf 607.000 ha (1995) ausgeweitet. Um diese Fläche bewässern zu können, wurde ein Kanalnetz mit einer Länge von 5.985 km geschaffen, einschließlich der kleinen Ableitungskanäle mit einer Länge von 58.732 km. Darüber hinaus wurden zur Regulierung des natürlichen Abflusses zahlreiche Stauseen gebaut. Vor 1949 gab es lediglich am Yarkand einen Stausee mit einer Kapazität von 50 Mio. m³. Nach 1949 wurden entlang des Tarim und seiner Nebenflüsse mehr als 70 Stauseen mit einer Kapazität von 2.690 Mio. m³ errichtet. Die größten Stauseen sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Als Folge dieser Regulierungsmaßnahmen nahm die Wasseroberfläche stark zu und damit zugleich die Verdunstung von den freien Wasseroberflächen.

Tab. 5 Die größten Stauseen entlang des Tarim

| | Name | Baujahr | Wasserfläche in ha | Aktuelle Kapazität in Mio. m³ |
|------------|--------------|----------------|-------------------------------|---|
| Oberlauf | Jiranlik | 1980 | 4000 | 59,3 |
| | Dare Yiqiman | 1972 | 4000 | 32,0 |
| | Dazhai | 1971 | 2667 | 21,0 |
| | Paman | 1972 | 3333 | 46,0 |
| Mittellauf | Tarim | 1971 | 800 | 14,2 |
| | Karquk | 1973 | 3000 | 10,7 |
| Unterlauf | Qiala | 1966 | 10000 | 116,8 |
| | Daxihaizi | 1958 | 12000 | 228,0 |

Quelle: Wang Run 1993, S. 33

Die enorme Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus entlang des Aksu und Tarim haben zu einem starken Anstieg des Wasserverbrauchs geführt. Er wurde insbesondere dadurch verursacht, dass der Bewässerungsfeldbau seit Mitte der 80er Jahre in zunehmendem Maße dem wasseraufwendigen Reis- und Baumwollanbau zugeführt wurde. Im Jahre 1988 entschied die chinesische Zentralregierung in Beijing, die AR Xinjiang zur Basis der Baumwollproduktion des Landes zu entwickeln und entsprechend zu fördern. Es gab dafür vor allem zwei Gründe:

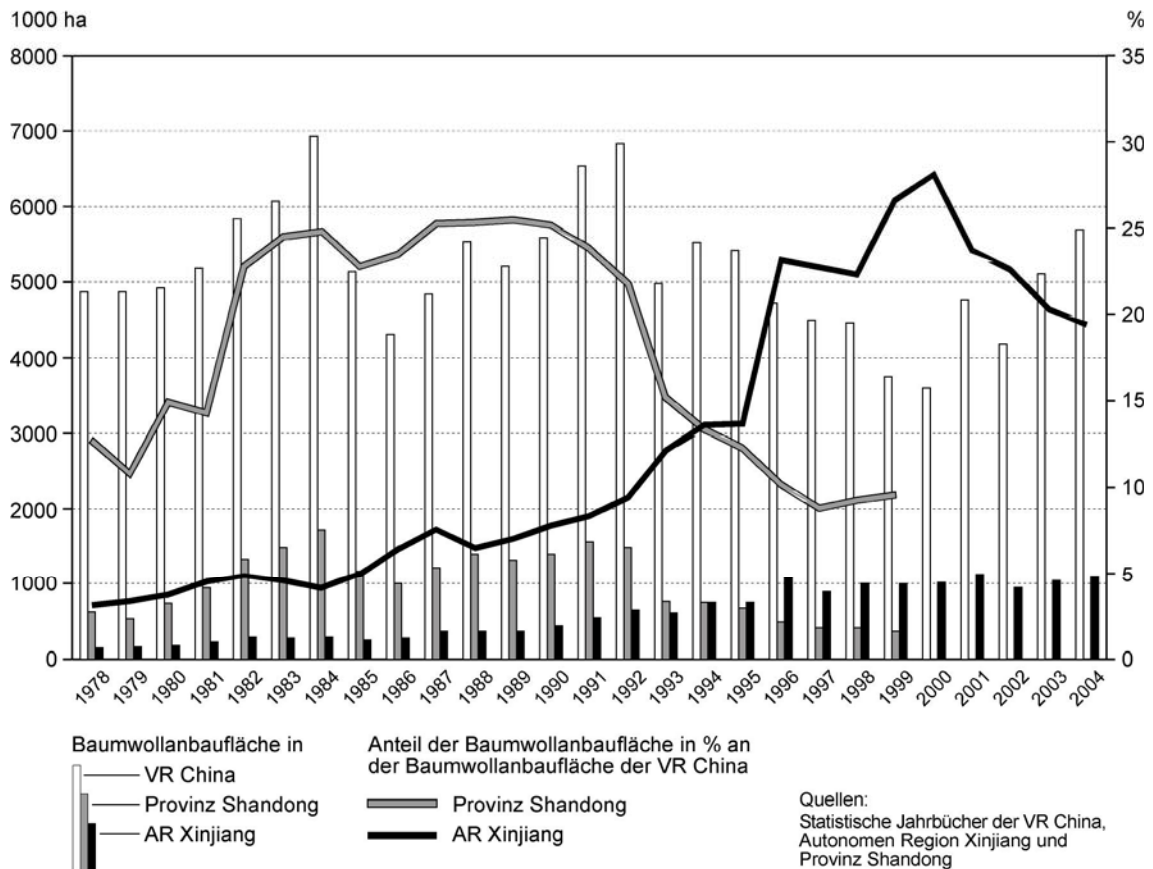
1. Deng Xiaping hatte 1978 die Reformen zur 'Sozialistischen Modernisierung Chinas' eingeleitet. Ein wesentlicher Aspekt der Wirtschaftsreformen des bis dahin vom Ausland weitgehend abgeschotteten Landes war die 'Öffnung nach außen', war die Entscheidung, das Land für ausländische Investoren und den internationalen Handel zu öffnen (Giese, Zeng 1993). Eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, wurde darin gesehen, die Textilindustrie in der VR China

rasch auszubauen. Von 1978 bis 1987 wuchs die Textilindustrie Chinas pro Jahr um durchschnittlich 5,7 %, von 1988 bis 1990 pro Jahr sogar um durchschnittlich 14,3 % (Kong Lingan 1992). Die VR China entwickelte sich in dieser Zeit zu einem der größten textilproduzierenden und -exportierenden Länder der Welt. 25 % des Exportvolumens entfielen auf Textilprodukte (einschl. Kleidung). Entsprechend wurde die Ausweitung des Baumwollanbaus vorangetrieben (Zunahme von knapp 5 Mio. ha 1978 auf fast 7 Mio. ha 1984). Die chinesische Regierung war bestrebt, von Baumwollimporten unabhängig zu sein. Ende der 70er Jahre lag die jährliche Importmenge noch bei etwa 500.000 t.

2. In den 80er Jahren traten in den traditionellen Baumwollanbaugebieten der VR China – Provinzen Henan, Jiangsu, Shandong, Hebei und Beijing – zunehmend ökonomische und ökologische Probleme der Baumwollerzeugung auf, so dass man sich veranlasst sah, den Baumwollanbau in andere Provinzen zu verlagern. Bis dahin war die Provinz Shandong der regionale Schwerpunkt des Baumwollanbaus. Im Jahr 1984 nahm der Baumwollanbau in der Provinz Shandong eine Fläche von 1,66 Mio. ha ein, die Baumwollproduktion erreichte einen Umfang von 1,72 Mio. t, so dass auf Shandong über ein Drittel der Baumwollproduktion der VR China entfiel (Hu Fengling, Shangguan Yuejin 1998). In der AR Xinjiang spielte der Baumwollanbau zu dieser Zeit eine unbedeutende Rolle. Im Jahr 1985 wurden auf einer Fläche von 254 Tsd. ha lediglich 0,2 Mio. t Baumwolle erzeugt, 1988 auf einer Fläche von 356 Tsd. ha (= 12,1 % der gesamten Anbaufläche in der AR Xinjiang von 2,941 Mio. ha) eine Menge von 0,3 Mio. t.

Im Jahr 1988 entschied die chinesische Zentralregierung, die AR Xinjiang zur Baumwollbasis des Landes auszubauen. Entsprechend wurde der Baumwollanbau in Xinjiang gefördert. Die Zentralregierung investierte von 1995 – 1999 in den Baumwollanbau der AR Xinjiang pro Jahr 250 Mio. Yuan. Außerdem vergab die 'Chinesische Bank für Agrarentwicklung' zinsfreie Kredite im Umfang von 2,7 Mrd. Yuan (China News vom 24.10.2000). Ungeachtet der Tatsache, dass die Textilindustrie in China nach 1991 in eine tiefe wirtschaftliche Krise geriet – 1996 schlossen 42 % der staatlichen Textilbetriebe mit Verlusten ab – und der Baumwollanbau in den meisten Provinzen nach 1991 rückläufig war, wurde der Baumwollanbau in der Provinz Xinjiang bis zum Jahre 2001 sukzessiv ausgeweitet (vgl. Abb. 7). Von den 4 Mio. ha Baumwollanbaufläche entfielen im Jahr 2001 28,3 % (= 1,130 Mio. ha) auf Xinjiang. Die Baumwollproduktion erreichte in der AR Xinjiang im Jahr 2001 einen Umfang von 1,57 Mio. t, knapp 30 % der Baumwollproduktion der VR China. Die Aksu-Oase zählte dabei zum wichtigsten Baumwollanbaugebiet.

Abb. 7 Entwicklung der Baumwollanbauflächen in der AR Xinjiang, der Provinz Shandong und der VR China 1978 - 2004



Die Erschließungsmaßnahmen wurden mit einfachen Mitteln durchgeführt. Kanäle und Wasserstaubecken wurden zum Großteil einfach in den Sand gesetzt, so dass ein erheblicher Teil des abgezweigten Wassers auf dem Transport zu den Bewässerungsfeldern durch Infiltration verloren geht. Die Nutzungsrate des Bewässerungswassers fällt mit 41 % entsprechend extrem niedrig aus (Zhou Hongfei 1995, S. 135). 59 % des Wassers gehen auf dem Transport zu den Bewässerungsfeldern durch Infiltration und Verdunstung verloren.

Eine wirksame Verwaltung und Kontrolle der Wasserressourcen gab es in der Vergangenheit nicht. Erst 1992 wurde eine Kommission für Wasserressourcen gebildet und ein Büro für Wassernutzung eingerichtet, das für die Verwaltung der Wasserressourcen des Tarim zuständig sein sollte. Beide Einrichtungen blieben ohne Wirkung, so dass dem Tarim Wasser abgezapft wurde, wo es nur möglich war. Die Folge war, dass der Wasserverbrauch entlang des Tarim sukzessiv anstieg und 1998 eine kritische Situation verursachte. Deshalb wurden 1999 Vorschriften erlassen, die festlegten, in welchem Umfange es Staatsfarmen und Gebietseinheiten erlaubt sein sollte, Tarim-

Wasser zu nutzen. Im Februar 2000 wurde zwischen dem Büro für Wassernutzung des Tarim und den Gebietseinheiten (Verwaltungsbezirke Aksu, Hotan, ...) ein Vertrag geschlossen, in der die jeweiligen Wassernutzungsmengen festgelegt wurden. Für den Bereich Aksu wurde z.B. eine nutzbare Wassermenge von 3,243 Mrd. m³ pro Jahr festgelegt. Tatsächlich wurden im Bezirk im Zeitraum von 1995 – 1998 pro Jahr aber 3,448 Mrd. m³ verbraucht.

Der Bewässerungsfeldbau wird mit einer einfachen, veralteten Technik betrieben. Die Folge ist ein hoher Hektar-Verbrauch von Wasser. In der Aksu-Oase sollen nach Zhou Hongfei (1995, S. 135) für den Anbau von Baumwolle im Durchschnitt 22.500 m³ Wasser pro Hektar verbraucht werden, für den Anbau von Reis sogar 45.000 m³ pro Hektar. Im Kreis Aksu soll der durchschnittliche Wasserverbrauch bei 29.000 m³ pro Hektar liegen, im Kreis Uxturpan bei 27.765 m³ pro Hektar und im neuen Erschließungsgebiet Aral bei 24.750 m³ pro Hektar (Zhou Hongfei 1995, S. 135). Das sind unvorstellbar hohe Verbrauchsziffern, vergleicht man sie mit anderen Bewässerungsregionen (vgl. Giese 1998, S. 85) ². Sie weisen auf einen verschwenderischen, unkontrollierten Umgang mit der an den Unterläufen der Flüsse immer knapper werdenden Ressource Wasser hin.

² Optimal werden in Israel für den Baumwollanbau 3.500 – 4.000 m³/ha angesehen. In Usbekistan werden für den Baumwollanbau im Durchschnitt 14 – 15.000 m³/ha verbraucht (Sarybaev 1991, S. 215), in der südlichen Golodnaja Steppe, wo relativ moderne Bewässerungsanlagen existieren, 6 – 10.000 m³/ha. In Oasen mit veralteten Bewässerungssystemen werden in Usbekistan jedoch auch über 15.000 m³/ha verbraucht.

4. ÖKOLOGISCHE FOLGEN

4.1. Zerstörung der Auenwälder und Wüstenvegetation

Im Zuge der Neulanderschließung wurden umfangreiche Laubholzbestände entlang der zum Teil breit ausladenden, flachen Überschwemmungsbereiche des Tarim (= Auenbereiche mit reichhaltigen Pappelbeständen, vor allem *Populus euphratica*) vernichtet. Die unter den Pappelbeständen entwickelten Böden wurden bei der Neulanderschließung für einen Ackerbau als besonders geeignet angesehen. Im Zuge der Neulandkampagne wurden großflächige Kahlschläge von Pappelwäldern vorgenommen.

Die Vernichtung der Pappelwälder ist nicht allein auf das Abholzen und Roden der Waldflächen zurückzuführen, sondern auch in Zusammenhang mit dem zunehmenden Wasserabzug aus den Auenbereichen zu sehen. Der gestiegene Wasserverbrauch für Bewässerungszwecke hat in den Auenbereichen im Zuge der Erschließungsmaßnahmen neuer Anbauflächen zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels geführt, in dessen Folge die Pappelwälder verkümmerten und nachfolgend abgestorben sind (vgl. Abb. 8). Nach Liu (2000) sind die Pappelbestände entlang des Tarim in nur 20 Jahren von 459.800 ha (1958) auf 174.800 ha (1978) geschrumpft, also auf rund 38 % der ursprünglichen Fläche zu Beginn der Neulanderschließung in den 50er Jahren zugegangen. In den 90er Jahren wurden kleinere Flächen wieder aufgeforstet. Am Unterlauf des Tarim sind die Auenwälder aber fast vollständig vernichtet (vgl. Tab. 6).

Tab. 6 Entwicklung der *Populus*-Bestände entlang des Tarim zwischen Alar und dem Taitema-See

| Zeitabschnitt | Oberlauf ha | Mittellauf ha | Unterlauf ha | Summe ha |
|-------------------|----------------|------------------|-----------------|-------------|
| 50er Jahre (1958) | 230.000 | 175.800 | 54.000 | 459.800 |
| 70er Jahre (1978) | 58.200 | 100.200 | 16.400 | 174.800 |
| 90er Jahre | 122.700 | 116.500 | 6.700 | 245.900 |

Quelle: Liu Yanliang 2000, S. 62

Neben der Vernichtung der Pappelwälder in den Auenbereichen des Tarim ist auf die Zerstörung der Wüstenvegetation, vor allen von Strauchflächen in der Wüste aufmerksam zu machen. Strauchformationen bestehend aus Weißem und Schwarzem Saksaul und Tamarisken sind für die Fixierung der Dünen und Flugsande bedeutsam. Angesichts des extrem winterkalten Klimas besteht in den Beckenbereichen Xinjiangs ein erheblicher Brennstoffbedarf, der im Zuge der Militärkolonisation, die eine Verdoppelung der Bevölkerung zur Folge hatte, zu einer massiven Brennstoffentnahme aus den

Abb. 8 Gesunder und geschädigter Bestand an *Populus euphratica* am Mittel- und Unterlauf des Tarim



Aufn. E. Giese 29.08.1992, Unterlauf des Tarim oberhalb der Staatsfarmen Nr. 34 und 35



Aufn. Z. Cseke 08.09.1995, Mittellauf des Tarim südlich Luntai

Wüstengehölzen geführt hat, da alternative Brennstoffe kaum vorhanden bzw. erreichbar waren. Das Problem der unkontrollierten Brennstoffentnahme ergab sich vor allem dadurch, dass nicht nur die oberirdischen Pflanzenteile, sondern auch die Wurzeln der Sträucher genutzt und ausgegraben wurden, wodurch der Boden geschädigt und dadurch nachfolgend oftmals Auswehungsprozesse eingeleitet wurden. Die Auswirkungen der nachhaltigen Schädigungen der Wüstengehölze sind vor allem in der Umgebung der Staatsfarmen zu sehen. Sie scheinen deshalb vor allem für die Zerstörung der Wüstengehölze verantwortlich zu sein (vgl. Bohnet, Giese, Zeng 1998, Bd. I).

4.2. Versandung

Das Zerstören der Wüstenvegetation und die Vernichtung der schützenden Pappelwälder hat Überwehungs- und Versandungsprozesse in Gang gesetzt. Seit Ende der 50er Jahre werden verstärkt massive Sandüberwehungen beobachtet, so dass erhebliche Flächen wertvollen Ackerlandes von Versandung betroffen sind, aber auch Siedlungen und nicht zuletzt auch die Verkehrsinfrastruktur. Regelmäßig findet man nach den heftigen, zum Teil orkanartigen Stürmen im Frühjahr und Frühsommer Überlandstraßen versandet.

Ein starker Sandsturm im April 1979 im Yuli County am unteren Tarim dauerte drei Tage. Er trug dabei eine Sandschicht von 3 cm auf das Ackerland auf. Die Sandmengen wurden auf 12.800 t pro qkm und Tag berechnet (Wang Shuji und Liu Xingwen 1993, S. 14).

Von einer Versandung betroffen sind vor allem Bereiche am Mittel- und Unterlauf des Tarim. Am Mittellauf des Tarim soll sich die versandete Fläche von 917,6 km² (1960) auf 984,3 km², also um 7,3 % ausgedehnt haben (Song, Fan, Lei 2000, S. 381). Noch stärker soll sich die Versandung am Unterlauf des Tarim ausgewirkt haben. Hier soll die Versandungsfläche im Abschnitt zwischen Korla und dem Lop-nor von 12 % auf 52 % der Fläche zugenommen haben. Der Unterlauf des Tarim ist besonders von Sand- und Staubstürmen betroffen, und diese sollen in den 70er Jahren zugenommen haben. Die Klimastation Yuli am unteren Tarim verzeichnete in den 60er Jahren im Durchschnitt 42 Sandsturm-tage; in den 70er Jahren wurden im Durchschnitt 110 Sandsturm-tage registriert.

In Tabelle 7 wurde eine Zusammenstellung der Schäden vorgenommen, die auf Starkwinde sowie Sand- und Staubstürme im Tarim-Becken zurückzuführen sind. Es ist deutlich abzulesen, dass seit den 50er Jahren die Anzahl der Sand- und Staubstürme im Tarim-Becken zugenommen hat und parallel dazu auch der Umfang der dadurch verursachten Schäden.

Tab. 7 Katastrophen ausgelöst durch Starkwinde und Sand-Staubstürme im Tarim-Becken

| | Anzahl | Betroffene landwirtschaftliche Nutzfläche, 1000 ha | Getötetes Vieh | Getötete Menschen | Zerstörte Häuser | Schäden in Mio. Yuan |
|--------------|-----------|--|----------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 50er Jahre | 2 | 36 | | | | |
| 60er Jahre | 8 | 724 | 509 | 5 | 373 | |
| 70er Jahre | 5 | 1638 | 7519 | 16 | 1752 | |
| 80er Jahre | 18 | 1352 | 24775 | 12 | 2556 | 60,2 |
| 90er Jahre | 25 | 3470 | 48068 | 3 | 1943 | 507,9 |
| Summe | 58 | 7157 | 80871 | 36 | 6624 | 568,1 |

Quelle: Liu Yanliang 2000, S. 176

4.3. Wasserverschmutzung

Mit den Erschließungsmaßnahmen hat sich die Wasserqualität des Tarim insbesondere im Bereich seines Unterlaufs stark verschlechtert. In den Quellgebieten, besonders im Aksu- und Alar-Erschließungsgebiet, fließt sehr viel Wasser nach der Bewässerung mit hoher Mineralkonzentration in den Tarim zurück. An der Station Alar schwankte die Mineralkonzentration zwischen Mai und Dezember im Jahr 1960 zwischen 0,33-1,28 g/l; im Jahr 1977 zwischen 0,44-5,46 g/l. Vom Oktober 1985 bis September 1986 gab es 9 Monate, in denen die Mineralkonzentration über 1 g/l anstieg. Die höchste Mineralkonzentration lag über 6,0 g/l. Im Zeitraum von Juni 1997 bis Mai 1998 gab es sieben Monate, in denen die Mineralkonzentration mehr als 3 g/l betrug. Die höchste Mineralkonzentration lag bei 10,8 g/l (Song Yudong et al. 2000, S. 134-135).

Bis 1958 besaß das Wasser des Tarim bis zum Endsee eine gute Qualität. Die Mineralkonzentration lag unter 1 g/l. In Yinsu und Alagan am Unterlauf wurde ein Salzgehalt von 0,868 g/l bzw. 0,808 g/l gemessen (Liu Yanliang 2000, S. 71). 1998 gab es im Mittellauf (Yinbazha) nur einen Monat, in dem die Mineralkonzentration geringer als 1 g/l war; dafür in vier Monaten aber über 5 g/l. In Qiala am Unterlauf war die Situation ähnlich.

Die Verschlechterung der Wasserqualität ist vor allem auf das Rücklaufwasser zurückzuführen, das mit hoher Mineralkonzentration von den Bewässerungsfeldern in den Tarim zurückgeführt wird. Ein weiterer Grund besteht darin, dass immer weniger Wasser in den Unterlauf geführt wird und der Abfluss sich auf den Sommer konzentriert (vgl. Tab. 2). Die Qualität des Bewässerungswassers hat sich deutlich verschlechtert. Seine Versalzung hat besonders an den Unterläufen der Flüsse zugenommen, da das Flusswasser in der Regel mehrfach für Bewässerungszwecke genutzt wird und in solchen Fällen – angereichert mit Düngemittelresten, Pestiziden, Herbiziden und anderen zum Teil hochgiftigen Chemikalien – jeweils unterhalb der Entnahmestelle wieder in den Fluss zurückgeleitet wird.

4.4. Bodenversalzung

Erhebliche Teile der Bewässerungsflächen sind versalzen bzw. in Versalzung begriffen. Bewässerungsflächen müssen aufgegeben werden, stattdessen werden neuen Flächen erschlossen, ganze Staatsfarmen werden verlegt, der "Flächenumtrieb" und "Landverbrauch" sind enorm. In Xinjiang wurde von 1949 bis 1988 eine Fläche von 6,764 Mio. ha für den Bewässerungsfeldbau erschlossen. Die bewässerte Ackerfläche nahm in der AR Xinjiang im Jahr 1988 aber nur eine Fläche von 2,941 Mio. ha ein, d.h. nahezu 57 % des neu erschlossenen Ackerlandes mussten zwischenzeitlich auf Grund von Versalzungs- und Versandungserscheinungen wieder aufgegeben werden.

Das Tarim-Becken, speziell die nördlichen und nordwestlichen Teile, also die Bewässerungsfeldbaugebiete der großen Staatsfarmen entlang des Tarim (Divisionen 1 und 2 des Produktions- und Aufbaukorps; vgl. Bohnet, Giese, Zeng 1999, II, S. 26), sind von massiven Versalzungsproblemen betroffen. Nach Fan Zili (1996, S. 130) sollen 35 – 41 % der Ackerflächen entlang des Tarim versalzen sein, 18 % davon sehr stark, 33 % mittelmäßig und 49 % leicht. Schon im Quellbereich des Tarim, im Bezirk Aksu (vgl. Abb. 5), sollen 29 % der Ackerfläche von einer Versalzung beeinträchtigt sein (Chan Yun 1999, S. 165).

Die Bodenversalzung stellt einen der nachhaltigsten und schwerwiegendsten Engpassfaktoren der landwirtschaftlichen Entwicklung in Xinjiang dar. Die Ursachen hierfür sind vor allem in der Bewässerungspraxis und im Bewässerungssystem zu suchen, die den natürlichen Gegebenheiten, vor allem dem Bodenuntergrund, zu wenig angepasst sind. Die entscheidende (technische) Ursache liegt im Zusammenwirken von hohen Wasserabgaben für den Reis- und Baumwollanbau und der ungenügenden Kapazität der

Entwässerungsanlagen (Betke 1998, S. 140). Für den Baumwollanbau werden am Tarim im Durchschnitt über 20.000 m³ Wasser pro Hektar benötigt, für den Anbau von Reis über 40.000 m³ pro Hektar (s.o.).

Diesen enormen Wasserabgaben steht ein bei der geringen hydraulischen Durchlässigkeit der Böden - es handelt sich zumeist um Lehmböden - unzureichend entwickeltes Entwässerungssystem gegenüber. Die Gräben besitzen ein zu geringes Gefälle, sind oftmals verschlammte und verkrautet, so dass eine zügige Ableitung des verbrauchten Wassers von den Feldern nicht erfolgt. Hinzu kommt, dass das Netz der Entwässerungsgräben zu weitmaschig angelegt ist. Man kann beobachten, dass die Vernässung zur Mitte der für das Kollektorensystem zu groß geratenen Bewässerungsschläge zunimmt. Die Folge der mangelhaften Abflussmöglichkeiten des verbrauchten Wassers ist, dass der Grundwasserspiegel, der zu Beginn der Erschließungsarbeiten in den 50er Jahren durchweg bei 5 - 9 m unter Flur lag, in der Folgezeit rasch angestiegen ist und heute vielfach bei 1,0 - 2,0 m unter Flur liegt (Hoppe 1992, S. 89 ff.; Betke 1998, S. 139). Berücksichtigt man, dass das mineralisierte Abflusswasser in der Regel mehrfach wieder verwendet wird, bevor es in die Wüste abgeleitet wird und dort in flachen Salzwasserbecken verdunstet, überrascht es angesichts des extrem sommerheißen und sommertrockenen Klimas und der damit verbundenen starken Verdunstungskraft nicht, wenn in den Ackerböden eine zunehmende Salzkonzentration festzustellen ist. Auf Grund der starken Verdunstungskraft und des hohen Grundwasserspiegels steigen in der Vegetationszeit salzhaltige Grundwasserlösungen kapillar auf. Die wässrigen Bestandteile verdunsten, während sich die mineralisierten Bestandteile in den oberen Bodenhorizonten anreichern.

Obwohl das Versalzungsproblem bekannt ist und auch hinreichende Kenntnisse über Lösungsansätze und alternative Bewirtschaftungsformen vorhanden sind, hat sich an der Handhabung der verschwenderischen, die Bodenversalzung fördernden Bewässerungspraxis kaum etwas geändert. Drei ineinander greifende Faktorenkomplexe dürften dafür verantwortlich sein: der enorme Produktionsdruck, dem die Betriebe unterliegen, Abhängigkeiten der regionalen Kader von der Zentrale und fehlendes Kapital. Sie verhindern ein grundsätzliches Umdenken und Umschwenken zu einer wassersparenden, nachhaltigen Bewässerungswirtschaft.

Wie verschwenderisch mit der immer knapper werdenden Ressource Wasser in Xinjiang umgegangen wird, zeigt folgendes Beispiel: Die Staatsfarm Nr. 20 am mittleren Tarim bei Luntai erhält ihr Wasser über einen 56 km langen Kanal aus dem weiter östlich gelegenen Bosten-See. Sie verbraucht pro Jahr etwa 105 Mio. m³ Wasser (1995); davon werden pro Jahr 40 - 50 Mio. m³, also 40 % und mehr, in einen 30 km entfernt liegenden Salzsee in der Wüste abgeleitet, wo es verdunstet und unwiederbringlich

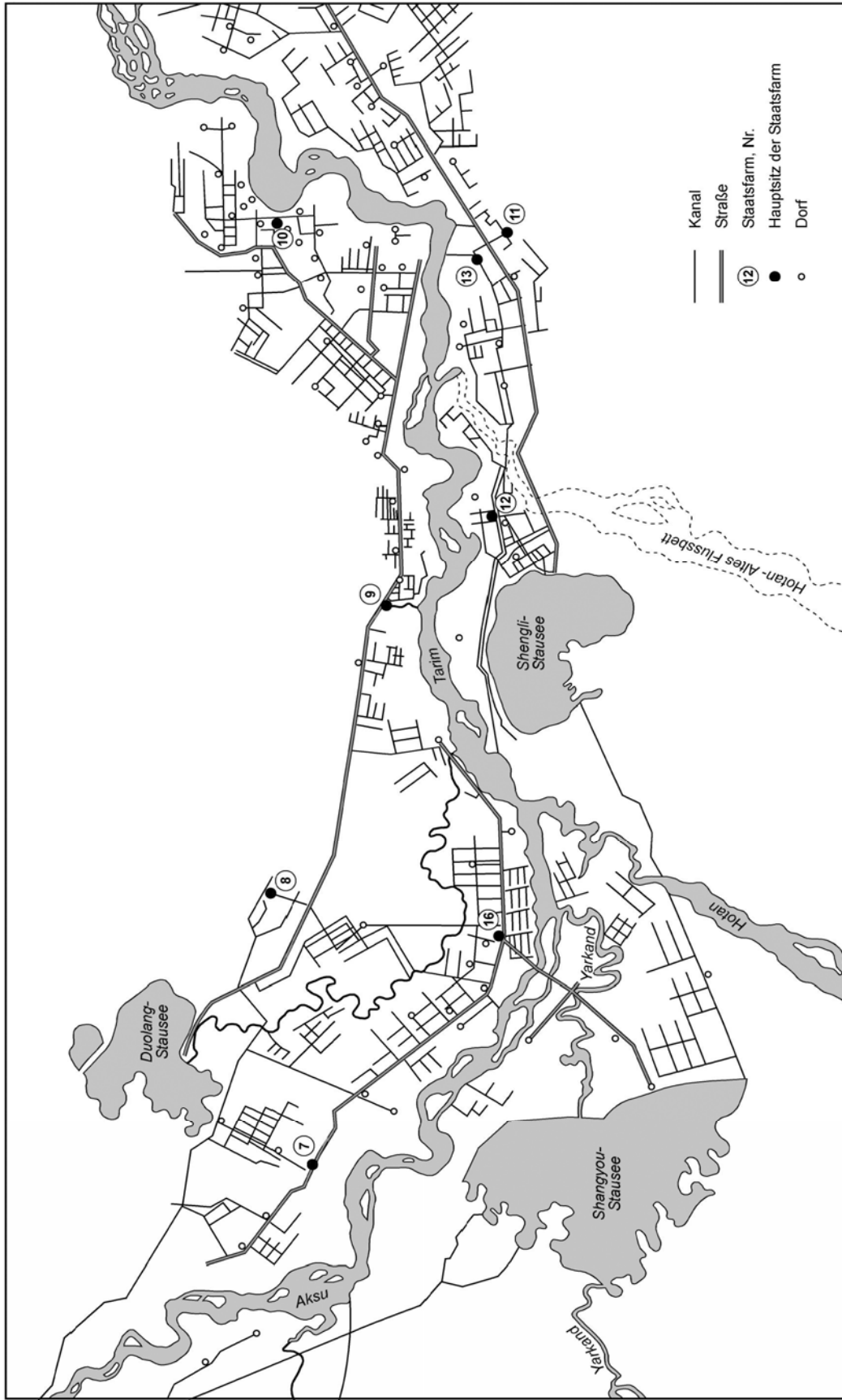
verloren geht. Auf diese Weise sucht man einen Rückstau des verbrauchten und versalzenen Abflusswassers zu vermeiden, der zu einem weiteren Anstieg des Grundwasserspiegels führen würde (Salzgehalt des Bostenseewassers 0,3 g/l, des Kanalwassers vor Ort 0,4 – 0,5 g/l, der salzhaltigen Abwässer 15 – 20 g/l).

Neben dem unzureichend entwickelten Drainagesystem haben auch Flachlandwasserspeicher zur Versalzung beigetragen. Am Oberlauf des Tarim, am Zusammenfluss von Aksu, Yarkand und Hotan (vgl. Abb. 9), wurden zahlreiche Stauseen zur Verbesserung der Wasserregulierung eingerichtet. Gegen eine Versickerung wurden keine Schutzmaßnahmen getroffen. Die Folge war: der Grundwasserspiegel stieg auch hier und mit ihm die Bodenversalzung. Innerhalb von vier Jahren nach Fertigstellung der Speicher stieg der Grundwasserspiegel in der Umgebung der Staubecken um drei bis vier Meter an, so dass er danach um zwei Meter unter Flur lag. Infolgedessen nahm die Mineralisierung des Grundwassers von 20 g/l auf 40 – 60 g/l zu. Betroffen von dieser Entwicklung sind die Staatsfarmen Nr. 7 – 13 der Division 1.

Zur Bodenversalzung der Ackerflächen beigetragen hat auch die einseitige Beanspruchung des Bodens durch den in Monokultur betriebenen Reis- und Baumwollanbau. Sie hat zur Auslaugung des Bodens geführt, so dass dem Boden immer größere Mengen an künstlichen Düngemitteln und Chemikalien verschiedener Art (u.a. Pestizide) zugeführt wurden. Da das Bewässerungssystem in der Regel mehrfach wiederverwendet wird, indem das Rücklaufwasser wieder dem Kanalsystem zugeleitet wird, gelangt auf die Bewässerungsfelder entlang des Unterlaufs Wasser mit hoher Mineralkonzentration.

Nicht übersehen werden sollte, dass dem Tarim-Wasser auch auf ganz natürliche Weise Salze zugeführt werden. Die zum Tarim abfallenden Randstufen des Tjan-San bestehen aus kreidezeitlichen und teritären Gesteinsschichten, die Salze unterschiedlicher Art und Konzentration enthalten. Sie sorgen für die ständige natürliche Zufuhr von Salzen in die vorgelagerten Ebenen. Bei Sturzregen im Gebirge und Vorgebirge werden die Trockenbecken durchflutet und die über längere Perioden akkumulierten Verwitterungsprodukte werden einschließlich der Salzbestandteile in die Ebenen gespült.

Abb. 9: Der Zusammenfluss von Aksu, Yarkand und Hotan zum Tarim und die Staatsfarmen der Division 1



Quelle: Eigene Darstellung

5. EINZUGSGEBIET DES AKSU

5.1. Das Gewässernetz

Der Aksu ist der wichtigste Quellfluss des Tarim. Über ihn werden dem Tarim zur Zeit nicht nur rund 75 % der Wassermenge zugeführt. Er ist langfristig auch die sicherste Wasserquelle für den Tarim, da die Quellgebiete des Aksu in den höchstgelegenen, größten Gletschermassiven des Zentralen Tjan-Šan liegen. Deshalb sollen die Wasserressourcen im Einzugsgebiet des Aksu einer eingehenden Analyse unterzogen werden, nicht zuletzt auch unter dem Aspekt abschätzen zu können, mit welchem Wasserzufluss aus dem Aksu in den Tarim in nächster Zeit gerechnet werden kann.

Der größte Teil des Einzugsgebietes des Aksu, in dem sich der Abfluss bildet, liegt auf dem Territorium der Republik Kirgistan. Im Norden wird das Einzugsgebiet durch den auf über 5.000 m aufragenden Terskej-Ala-Too begrenzt, im Osten durch die Meridionalnalkette und im Süden durch den Kokšaal, der längsten Gebirgskette des Zentralen Tjan-Šan, die sich von der Fergana- und Alaj-Kette im Südwesten bis zur Meridionalnalkette im Nordosten erstreckt und gleichfalls stark vergletschert ist. Im Westen bildet die Wasserscheide zwischen den Beckenbereichen von Naryn und Sary-Džaz die Grenze. Im zentralen Teil des Einzugsgebietes mit dem Sary-Džaz als Hauptfluss liegen der mächtige, vergletscherte Gebirgsknoten des Chan-Tengri mit dem Chan-Tengri (6.995 m) und Pik Pobedy (7.439 m) als höchsten Gipfeln und den imposanten Enyl'ček-Gletschern sowie die über 5.000 m aufragenden Gletschermassive des Ak-Šyjrjak und Neolju.

Im Einzugsgebiet des Aksu sind drei Beckenbereiche zu unterscheiden:

- das Becken des Sary-Džaz mit den Nebenflüssen Kujlju, Enyl'ček, Uč-keľ, Kajindy, Ak-Šyjrjak und Kujukap;
- das Becken des Ak-Saj mit dem Ak-Saj als Hauptfluss, der auf chinesischem Territorium in den Kokšaal (Tauškandarja) übergeht, und
- das Becken des Uzengju-Kuuš, der in den Kokšaal mündet (vgl. Abb. 10).

Die Flüsse dieser Becken entwässern allesamt in das auf chinesischem Territorium liegende Tarim-Becken. Sie werden im Aksu zusammengeführt, der bei Alar mit dem Yarkand und Hotan zusammen den Tarim bildet.

Abb. 10 Der Wassereinzugsbereich des Aksu



Quelle: Eigene Darstellung

5.1.1 Der Sary-Džaz

Der Sary-Džaz ist gemessen an der Wasserführung der größte der drei Nebenflüsse des Aksu. Sein Wassereinzugsgebiet umfasst eine Fläche von 11.460 km² (vgl. Tab. 8). Er entspringt mit seinen Nebenflüssen in der stark vergletscherten zentralen Gipfelregion des Tjan'-Šan. Im Westen des Einzugsgebietes liegen das Ak-Šyrjak- und Neolju-Massiv, im Osten der mächtige Gebirgsknoten des Chan-Tengri und im Süden die gleichfalls über 5.000 m aufragenden, stark vergletscherten Teile der Kokšaal-Kette (vgl. Abb. 11, 12).

Der Sary-Džaz beginnt mit dem Zusammenschluss mehrerer kleiner Bäche, die vom Semenov-Gletscher gespeist werden. Er fließt auf einer Strecke von 50 km nach Westen durch ein breites Gebirgstal mit relativ sanft abfallenden Grashängen. Die Neigung in diesem Abschnitt des Flussablaufs beträgt weniger als 10 %, so dass sich der Fluss in Nebenarme verzweigt und die Uferbereiche versumpft sind.

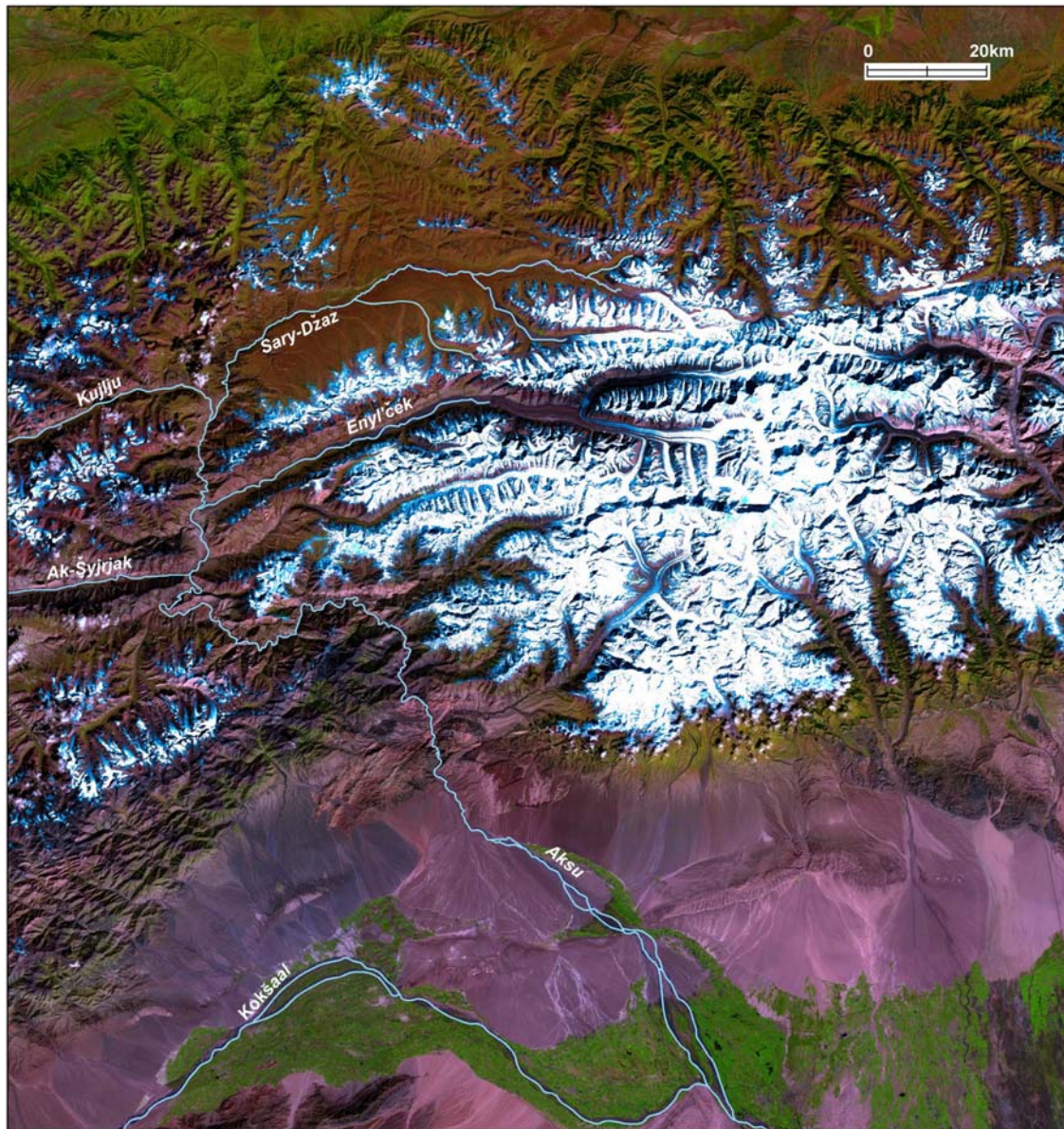
Tab. 8: Hydrographische Eigenschaften der Nebenflüsse des Aksu

| Nr | Fluss, Beobachtungspunkt | Beobachtungs-Zeitraum | Einzugsgebiet, km ² | Mittlere Höhe Einzugsgebiet, m | Vereisung, km ² /% | Art der Speisung, δ *) | Art der Speisung | Anmerkungen |
|----|---|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| 1 | Sary-Džaz, vor Mündung des Kujlju | 1962-71, 1979-89 | 2800 | 3640 | 560 / 20 | 2,23 | Gletscher-Schnee | Geschlossen 1990 |
| 2 | Kujlju, Mündung | 1958-71, 1979-91 | 817 | 3850 | 204 / 25 | 2,78 | -- // -- | Geschlossen 1992 |
| 3 | Enyl'ček, Mündung | 1962-65 | 1750 | 4380 | 809 / 46 | 2,91 | -- // -- | Geschlossen 1966 |
| 4 | Ak-Šyjrjak, 1,5km oberhalb der Mündung des Muzbulak | 1963-81, 1983-91 | 2290 | 3800 | 319 / 9,0 | 2,21 | -- // -- | Geschlossen 1992 |
| | Sary-Džaz mit Zuflüssen | | 11460 | 3820 | 2658 / 23 | | | |
| 5 | Ak-Saj, 4,5km unterhalb der Mündung des Kyndy | 1961-65, saisonal | 5000 | 3590 | 200 / 4,0 | 1,62 | Gletscher-Schnee | Geschlossen 1966 |
| 6 | Čon-Uzengju-Kuuš | 1961-63, saisonal | 2880 | 3910 | 401 / 14,0 | 2,17 | -- // -- | Geschlossen 1994 |
| 7 | Kek-Suu | Episodisch | 1902 | 3390 | 187 / 9,8 | | -- // -- | |
| | Insgesamt | | 24.512 | | 3532 / 14 | | | |

*) δ = Verhältnis der Abflussmenge Juli – September zur Abflussmenge März - Juli

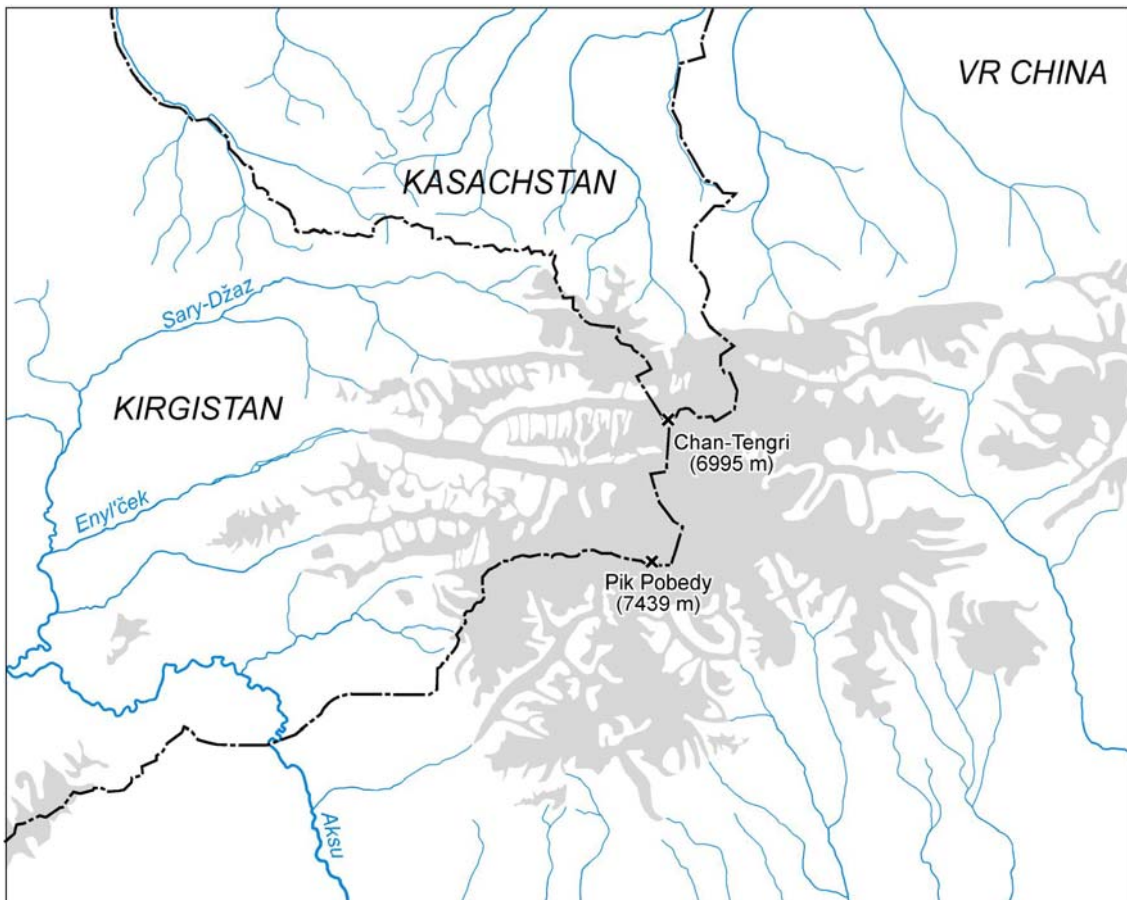
Unterhalb der Mündung des Tjuz wird das Tal enger und der Fluss wendet sich gen Süden. Er durchschneidet eine Reihe querlaufender Gebirgsketten, darunter den Kokšaal, und bildet dabei canonartige Durchbruchstäler, die sich im Bereich der Zuflüsse des Kujlju, Enyl'ček und Kajindy auf ein bis zwei km ausweiten. Auf der gesamten Strecke dieses Abschnittes sind die Hänge schroff und felsig, das Flussbett ist nicht verzweigt. Der Sary-Džaz umgeht das Orokkyr-Massiv mit einer scharfen Biegung, wendet sich danach nach Osten und fließt in dieser Richtung bis zur Grenze, wo er sich nach Süden wendet. In diesem Abschnitt ist das Tal canonartig; das Flussbett ist reich an Stromschnellen und hat ein starkes Gefälle von 8 bis 22%. Hauptzuflüsse sind der Kujlju, Enyl'ček, Kajindy, Uč-ke, Ak-Šyjrjak und Kujukap. Im Unterschied zum Hauptfluss fließen die Zuflüsse durch Längstäler, eingeschlossen durch Gebirgsketten.

Abb. 11: Der vergletscherte Gebirgsknoten des Chan Tengri mit der Aksu-Oase und den Zuflüssen des Aksu



Quelle: NASA Applied Sciences Directorate. Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper ETM+), Compressed Mosaic. Aufnahme datum ca. 2000. www.nasa.gov
Bearbeitung: F. Schüssler, B. Goecke

Abb. 12: Der vergletscherte Gebirgsknoten des Chan Tengri und Staatsgrenzen



Quelle: Eigene Darstellung

Der größte Nebenfluss gemessen an seiner Wasserführung ist der *Enyl'ček*, der seinen Anfang im gleichnamigen Gletscher nimmt und in dessen Becken sich der nach seiner Genese und seiner Wasserführung einzigartige Gletschersee ‚Merzbacher‘ befindet (mit einer Fläche von ca. 4,5 km²). Die Besonderheit des Sees liegt darin, dass er sich mit Schmelzwasser füllt und sich bei Erreichen eines bestimmten Volumens einen Abfluss bahnt und entleert, wobei eine Wassermenge zum Abfluss kommt, die zwei- bis dreimal das gewöhnliche Maximum übertrifft. Die Wasserentlastung findet meistens im August und September im Lauf von 5-18 Tagen statt. In den letzten Jahren lässt sich eine Verschiebung der Entlastung zum Juli beobachten. Diese Entwicklung hängt wahrscheinlich mit der intensiveren Gletscherschmelze und einer Verkürzung der Füllungsperiode des Sees zusammen. Das Wasservolumen im See beträgt zum Zeitpunkt der Entlastung etwa 129 Mio. m³. Das Tal des Enyl'ček unterhalb des

Merzbacher-Sees ist geradlinig mit flachem, 1-2 km breiten Geröllboden und steilen Hängen.

Der *Ak-Šyjrjak* ist der größte Zufluss des Sary-Džaz; er besitzt auch die größte Vergletscherung. Das Flussbecken besitzt eine komplizierte Struktur und das Gewässernetz ist weitverzweigt.

Die Flüsse *Kujlju* und *Uč-kei* fließen in relativ geradlinigen Tälern mit flachen Geröllböden, einer Breite von 200-500 m und mäßig verzweigten Flussbetten.

5.1.2 Der Ak-Saj (Kokšaal)

Der *Ak-Saj (Kokšaal)* bildet sich in der Hochgebirgssenke des Ak-Saj aus dem Zusammenfluss von Westlichem Ak-Saj und Östlichem Ak-Saj (Mjurdjum). Die Fläche des Wassereinzugsgebiets bis zur chinesischen Grenze umfasst rund 8270 km², davon entfallen 5010 km² auf den Ak-Saj und 3260 km² auf den Mjurdjum. Der Ak-Saj fließt fast auf seiner gesamten Länge in östliche Richtung durch einen gleichnamigen breiten Talkessel. Die wichtigsten Zuflüsse des Ak-Saj sind der Terek, Kyzyl-Suu, Kaškarataš, Mustavas und Tekelik.

5.1.3 Der Uzengju-Kuuš

Der Čon-Uzengju-Kuuš fließt fast auf seiner gesamten Länge (abgesehen vom Oberlauf) in einer engen Felsschlucht. Seine wichtigsten Zuflüsse sind der Kotoutor, Kiči-Uzengju-Kuuš und Čon-Terek. Das Flussregime ist nicht ausreichend untersucht, es gab keine hydrometrischen Posten, die dauerhaft in Betrieb waren. An der Grenze zu China wird die durchschnittliche jährliche Abflussmenge auf 27 – 30 m³/s geschätzt.

5.2. Die Vergletscherung

Die zentralen, östlichen Teile des Tjan-Šan sind stark vergletschert. Nach Zabirow (1976) soll im Tjan-Šan eine Fläche von insgesamt 6.700 km² vergletschert sein, davon sollen allein auf das Massiv des Chan-Tengri und Pik Pobedy 22,6 % (1.517 km²) entfallen, auf den Kokšaal-Too 10,7 % (717,1 km²), auf das Massiv des Ak-Šyjrjak 6,6 %

(439,5 km²) und auf die Kujlju-Kette 3,5 % (236,4 km²), auf Gebiete also, die zum Wassereinzugsgebiet der Nebenflüsse des Aksu gehören.

Die vergletscherte Fläche im kirgisischen Teil des Tarim-Beckens soll insgesamt eine Fläche von 3.147,8 km² (47 %) einnehmen. Davon sollen auf das Einzugsgebiet des Sary-Džaz 46 % entfallen, auf das des Čon-Uzengju-Kuuš 28 %.

Auf Grund der starken Vergletscherung der beiden Flussbecken bildet sich in der Zeit der Gletscherschmelze von Juli bis September eine bemerkenswerte Abflussmenge von Gletscherwasser. Dieses kommt in der jahreszeitlichen Verteilung des Wasserabflusses zum Ausdruck (vgl. Tab. 9).

Tab. 9: Jahreszeitliche Verteilung des Wasserabflusses im Becken des Sary-Džaz, in %

| Fluss | Monat | | | | | Jahreszeit | | |
|------------------------|-------|------|------|------|------|------------|----------|-----------------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 - 9 | 5 - 6 | 10 - 4 |
| | | | | | | Sommer | Frühling | Herbst / Winter |
| Oberlauf des Sary-Džaz | 7,3 | 16,4 | 23,9 | 24,2 | 10,0 | 58,1 | 23,7 | 18,2 |
| Kujlju | 4,1 | 13,1 | 28,8 | 27,5 | 8,7 | 65,0 | 17,2 | 17,8 |
| Enyl'ček | 3,7 | 9,9 | 25,8 | 38,0 | 9,4 | 73,2 | 13,6 | 13,2 |
| Ak-Šyjrjak | 6,4 | 19,1 | 27,9 | 26,6 | 7,0 | 61,5 | 25,5 | 13,0 |

In Tabelle 10 ist der Umfang des Gletscherabflusses der Hauptzuflüsse des Sary-Džaz zusammengestellt worden. Die Angaben wurden von Dikich (1998) berechnet. Der jahresdurchschnittliche Gesamtabfluss der Hauptzuflüsse wird auf 1.534 Mio. m³ (48,6 m³/s) geschätzt, der des gesamten Wassereinzugsgebietes des Sary-Džaz auf 1.626 Mio. m³ (51,6 m³/s).

Tab. 10: Umfang des Gletscherabflusses der Hauptzuflüsse des Sary-Džaz in Jahren unterschiedlicher Wasserführung, Mio. m³

| Wasserführung | Zuflüsse | | | | | | |
|---------------|----------|--------|------------|---------|--------|----------|--------------------|
| | Kujlju | Uč-keł | Ak-Šyjrjak | Kajukap | Kajndy | Enyl'ček | Oberlauf Sary-Džaz |
| Mittel | 168,0 | 224,0 | 238,0 | 58,2 | 104,0 | 451,0 | 290,0 |
| Maximal | 280,0 | 377,0 | 361,0 | 76,1 | 146,0 | 597,0 | 492,0 |
| Minimal | 92,6 | 130,0 | 145,0 | 37,4 | 61,1 | 277,0 | 206,0 |

5.3. Das Abflussregime der Flüsse

Die Flüsse im kirgisischen Teil des Tarim-Beckens sind auf Grund der Unzugänglichkeit und Abgelegenheit des Gebietes unzureichend erforscht. Messungen der Wasserführung des Sary-Džaz, Ak-Šyjrjak und Kujlju wurden lediglich sporadisch vorgenommen. Sie betreffen die Jahre 1958 – 1972 und 1979 – 1991. Von 1972 bis 1978 wurden keine Messungen durchgeführt. 1990 bzw. 1992 wurden die Messposten geschlossen. Für den Enyl'ček und Kajindy liegen Beobachtungen aus den Jahren 1962 – 1965 vor. Am Ak-Saj und Čon-Uzengju-Kuuš wurden lediglich in den Jahren 1961 – 1963 zu verschiedenen Jahreszeiten Beobachtungen durchgeführt (vgl. Tab. 11).

Tab. 11: Durchschnittliche monatliche und jährliche Abflussmengen des Sary-Džaz, Kujliu und Ak-Šyjrjak, m³/s

| Beobachtungspunkt | Monat | | | | | | | | | | | | Ø Jahr |
|--------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Sary-Džaz, Mündung Kujlju | 8,47 | 6,81 | 6,64 | 10,8 | 24,5 | 57,6 | 94,0 | 102 | 44,1 | 18,0 | 11,0 | 9,4 | 32,8 |
| Kujlju, Mündung | 2,55 | 2,16 | 1,97 | 2,69 | 6,07 | 16,0 | 38,9 | 41,1 | 16,9 | 7,32 | 4,30 | 3,01 | 11,9 |
| Ak-Šyjrjak, 1,5 km oberhalb Muzbulak | 1,55 | 1,61 | 2,12 | 3,40 | 12,5 | 25,4 | 38,2 | 31,7 | 10,6 | 2,93 | 2,28 | 1,78 | 12,0 |

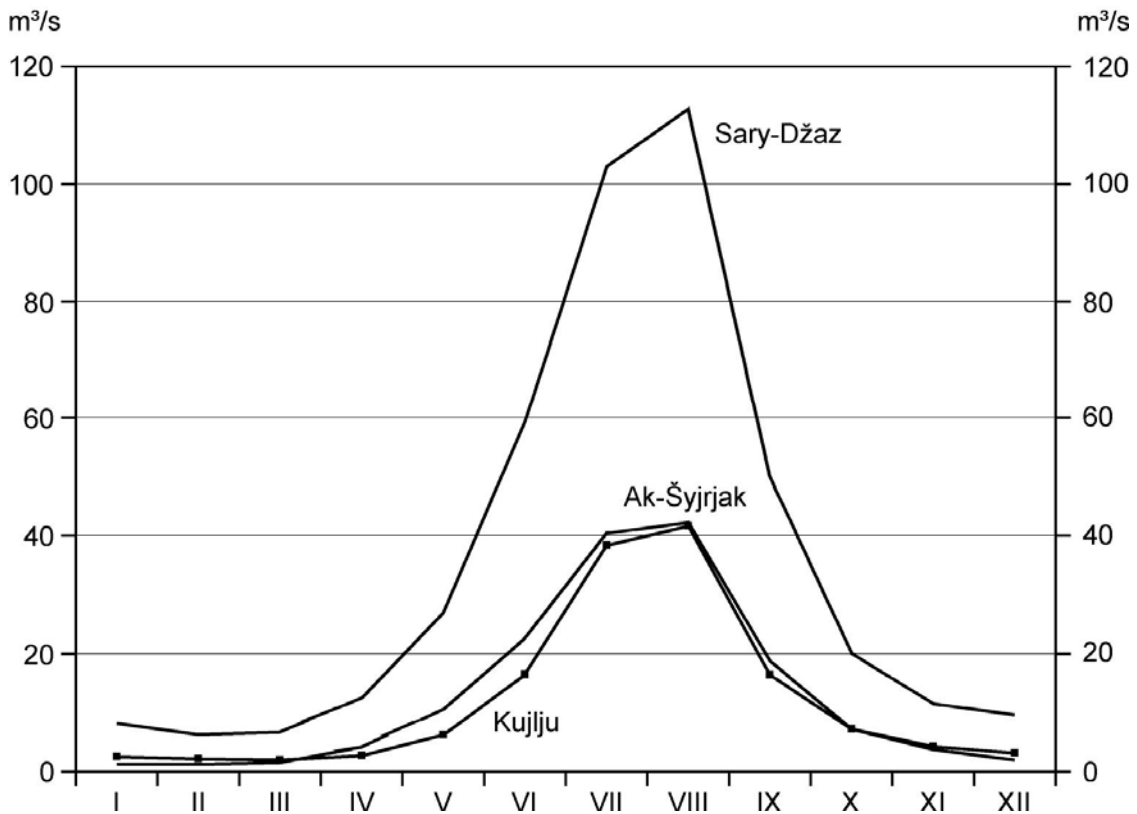
Die nachfolgend im Text und in den Tabellen aufgeführten Angaben zum Abfluss der Flüsse im kirgisisch-chinesischen Grenzabschnitt stützen sich daher vornehmlich auf Berechnungen. Sie wurden nach der von M. N. Bol'sakov (1974) entwickelten Methode in Zusammenarbeit mit V. A. Pazmogov (vgl. Resursy poverchnostnych vod SSSR, 1967) vorgenommen. Danach beträgt die durchschnittliche jährliche Abflussmenge der Flüsse im kirgisischen Teil des Tarim-Beckens 6,3 km³/Jahr (201 m³/s) (vgl. Tab. 12).

Tab. 12: Durchschnittlicher jährlicher Abfluss der aus Kirgistan in das Tarim-Becken entwässernden Flüsse

| Fluss | Durchschnittliche Abflussmenge, m ³ /s und km ³ /Jahr | Durchschnittliche Abflussmenge bei unterschiedlicher Wasserführung, m ³ /s und km ³ /Jahr | | | Variations-Koeffizient C _v |
|---------------------------|---|---|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| | | 50% | 75% | 95% | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Čon-Uzengju-Kuuš | 31,7 / 1,0 | 30,7 / 0,97 | 25,0 / 0,79 | 18,4 / 0,58 | 0,21 |
| Ak-Saj | 37,5 / 1,2 | 36,4 / 1,14 | 29,6 / 0,92 | 21,8 / 0,66 | 0,24 |
| Sary-Džaz | 115,0 / 3,6 | 112,0 / 3,53 | 90,8 / 2,86 | 66,7 / 2,10 | 0,13 |
| Kek-Suu (östl. Kyzyl-Suu) | 16,9 / 0,5 | 16,4 / 0,51 | 13,4 / 0,42 | 9,8 / 0,31 | 0,29 |
| Gesamt | 201,0 / 6,3 | 195,0 / 6,10 | 159,0 / 5,00 | 116,0 / 3,60 | |

Die Hauptquelle der Flussspeisung ist die Schnee- und Gletscherschmelze, die Speisung durch Regen ist unbedeutend. Nach dem jahreszeitlichen Abflussgang der Flüsse lassen sich deshalb zwei Zeitabschnitte unterscheiden: Frühjahr und Sommer mit sehr starker sowie Herbst und Winter mit geringer Wasserführung (vgl. Abb. 13).

Abb. 13: Jährlicher Abflussgang (Durchschnitt 1980-1990) der aus Kirgistan in das Tarim-Becken entwässernden Flüsse: Sary-Džaz, Kujlju und Ak-Šyjrjak



Quelle: Eigene Darstellung

Für den hohen Wasserstand in der warmen Jahreszeit sind zwei Hochwasser verantwortlich: das Schneehochwasser von April bis Juni, das sich infolge der Akkumulation saisonaler Niederschläge bildet und ca. 20 – 30 % der jährlichen Abflussmenge ausmacht, und das Schnee-Gletscherhochwasser von Juli bis September, das vor allem auf die Gletscherschmelze zurückzuführen ist. Die Menge des Sommerhochwassers übersteigt die des Frühjahrshochwassers um das Zwei- bis Dreifache und macht 50 – 70 % der jährlichen Abflussmenge aus. Der Anteil des Gletscherschmelzwassers am Gesamtabfluss ist bei den Flüssen der Untersuchungsregion erheblich. Beim Sary-Džaz beträgt der Anteil des Gletscherwassers am jährlichen Gesamtabfluss 46,3 %. In der Sommerperiode steigt der Beitrag des Gletscherschmelzwassers bis auf 65 – 70 %, für einzelne Flüsse, z.B. Enyl'ček, auf 80 – 90 % an. Der geringe, aber stete Basis-

abfluss im Herbst und Winter ist auf den Zufluss von Grundwasser zurückzuführen. Die Abflussmenge in dieser Periode beläuft sich auf 10 – 20 % der jährlichen Abflussmenge. Nach der Klassifikation von V. L. Šul'c (1965) gehören die Flüsse im Einzugsgebiet des Sary-Džaz und Čon-Uzengju-Kuuš zum Gletscher-Schnee-Typ.

5.4. Bewertung der Wasser- und hydroenergetischen Ressourcen

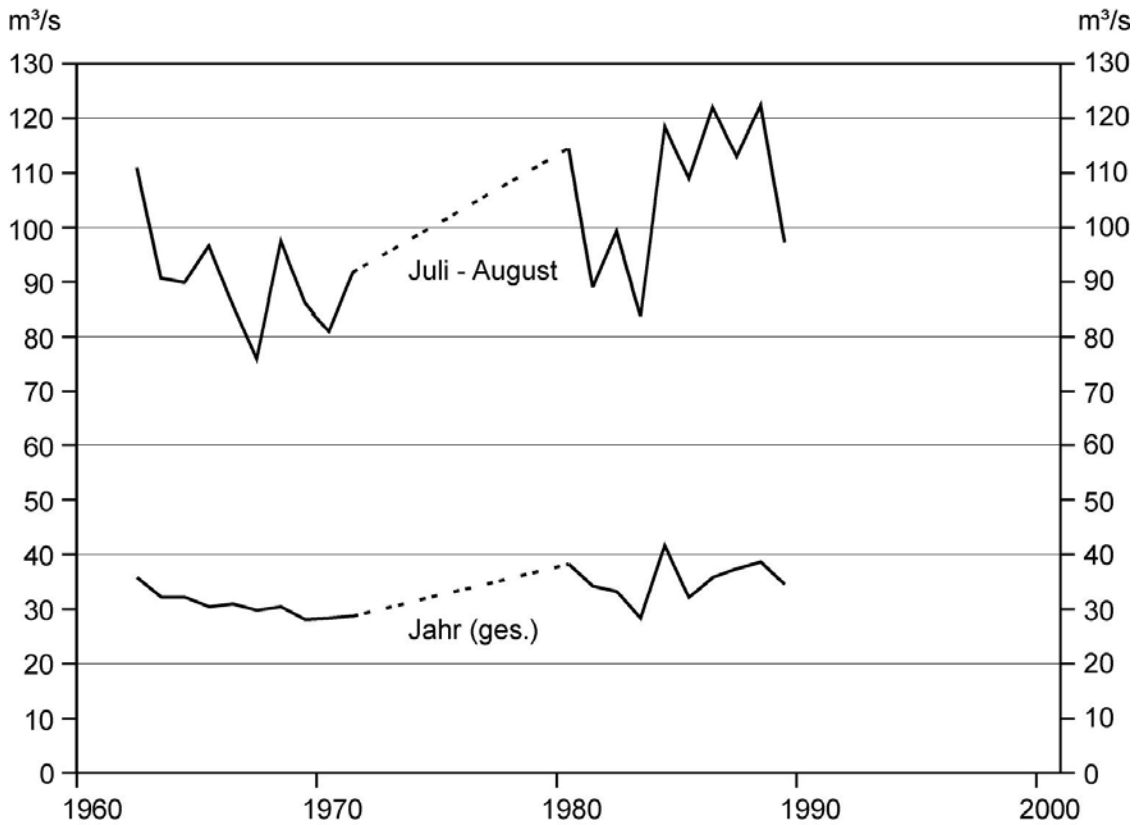
5.4.1 Wasserressourcen

Seit den 1870er Jahren vollzieht sich im Tjan-Šan ein Rückgang der Gletscher, der nur von kurzen Vorstoßperioden unterbrochen wurde (vgl. Dikich 2004, S. 27). Längerfristige Beobachtungen und systematische Messungen der Eisschmelze auf dem Karabatkak-Gletscher (1957 - 2000) sowie episodische, halbstationäre Untersuchungen auf anderen Gletschern im Tjan-Šan (u.a. im Ak-Šyjrjak-Massiv) lassen darauf schließen, dass der Prozess der Eisablation in weiten Teilen des Tjan-Šan ähnlich verläuft. Generell ist die Tendenz zu einer Erhöhung der Schmelzintensität festzustellen. Sie hat zu einem allgemeinen Anstieg des Gletscherabflusses geführt. Infolgedessen können wir bei Flüssen, die ihren Zufluss in starkem Maße aus der Schnee- und Eisschmelze beziehen, in jüngerer Zeit eine deutliche Zunahme des Wasserabflusses feststellen. Das trifft insbesondere auf den Sary-Džaz zu, der fast 50 % seiner jährlichen Abflussmenge aus dem Zufluss von Schmelzwasser aus den Gletschermassiven des Chan-Tengri, Ak-Šyjrjak, Neolju, Kokšaal-Too und Terskej-Ala-Too bezieht. In den Sommermonaten Juli und August kann der Anteil des Gletscherschmelzwassers bis auf 70 % steigen.

Lag die Durchlaufmenge in den 60er Jahren im Durchschnitt noch bei 30,2 m³/s, so stieg sie in den 80er Jahren auf durchschnittlich 35,5 m³/s an (+ 17,5 %). Noch stärker machte sich der Anstieg in den Sommermonaten bemerkbar. Hier stiegen die entsprechenden Werte im Juli von 85,7 m³/s auf 102,25 m³/s (+ 19,3 %) und im August von 91,1 m³/s auf 111,3 m³/s (+ 22,2 %) an (vgl. Abb. 14).

Über den Sary-Džaz und seine Nebenflüsse Kujlju, Enyl'ček, Ak-Šyjrjak, Kajindy, Kujukap und Uč-keľ liegen keine längeren und durchgehenden Messreihen des Wasserabflusses vor. Messergebnisse liegen lediglich für die beiden Zeitabschnitte von 1958/62 bis 1971 und von 1979 bis 1989/91 vor. In den Jahren 1990 bis 1992 wurden die hydrologischen Stationen geschlossen, so dass vor allem Angaben über die jüngere

Abb. 14: Abflussentwicklung des Sary-Džaz (vor der Mündung des Kujlju) 1962 – 1989



Quelle: Eigene Darstellung

Entwicklung nach 1990/91 fehlen. Deshalb soll zu Vergleichszwecken auf den Čong-Kyzyl-Suu zurückgegriffen werden, der zwar nicht in das Sary-Džaz-Becken entwässert, sondern in das nördlich davon gelegene, benachbarte Issyk-kul-Becken, der seinen Zufluss in der Hauptsache aber aus dem Schmelzwasser des Kara-Batkak-Gletschers bezieht, einem Gletscher des Terskej-Ala-Too, der die nordwestliche Wasserscheide des Sary-Džaz-Beckens darstellt (vgl. Abb.10). Der Kara-Batkak-Gletscher ist ein typischer Gletscher des Zentralen Tjan-Šan. Er wurde im Rahmen des World Glacier Monitoring Service zur langfristigen Beobachtung als Modellgletscher für den Zentralen Tjan-Šan ausgewählt. Über ihn liegen seit 1957 durchgängige Messungen der Massenbilanz vor. Sie belegen, dass der Rückgang des Gletschers seit Anfang der 1970er Jahre deutlich an Intensität zugenommen hat. Von den 42 Beobachtungsjahren (1957 – 2000) weisen nur 5 Jahre keine negative Bilanz auf. Seit 1973 liefern die Messungen durchgehend negative Ergebnisse (vgl. Tab.13). Infolge der stetigen Gletscherschmelze verlor der Kara-Batkak-Gletscher in der Zeit von 1957 bis 1998 36,7 % seiner Masse (Dikich 2004, S. 26).

Tab. 13: Entwicklung der Massenbilanz des Kara-Batkak-Gletschers im Terskej-Ala-Too 1957 – 1998

| Jahr | mm einfach | Jahr | mm einfach | Jahr | mm einfach | Jahr | mm einfach |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 1957 | -30,7 | 1968 | -611,8 | 1979 | -500,0 | 1990 | -788,0 |
| 1958 | 61,4 | 1969 | 0,0 | 1980 | -366,2 | 1991 | -398,0 |
| 1959 | -344,2 | 1970 | -182,0 | 1981 | -447,3 | 1992 | -352,0 |
| 1960 | -291,6 | 1971 | 146,9 | 1982 | -782,9 | 1993 | -185,0 |
| 1961 | -809,2 | 1972 | 52,6 | 1983 | -947,3 | 1994 | -505,0 |
| 1962 | -85,5 | 1973 | -752,2 | 1984 | -1572,3 | 1995 | -515,0 |
| 1963 | -39,2 | 1974 | -50,4 | 1985 | -1291,7 | 1996 | -373,0 |
| 1964 | 144,7 | 1975 | -473,7 | 1986 | -392,0 | 1997 | -648,0 |
| 1965 | -41,6 | 1976 | -850,8 | 1987 | -682,0 | 1998 | -360,0 |
| 1966 | -157,9 | 1977 | -864,0 | 1988 | -456,0 | | |
| 1967 | 10,9 | 1978 | -1175,4 | 1989 | -396,0 | | |

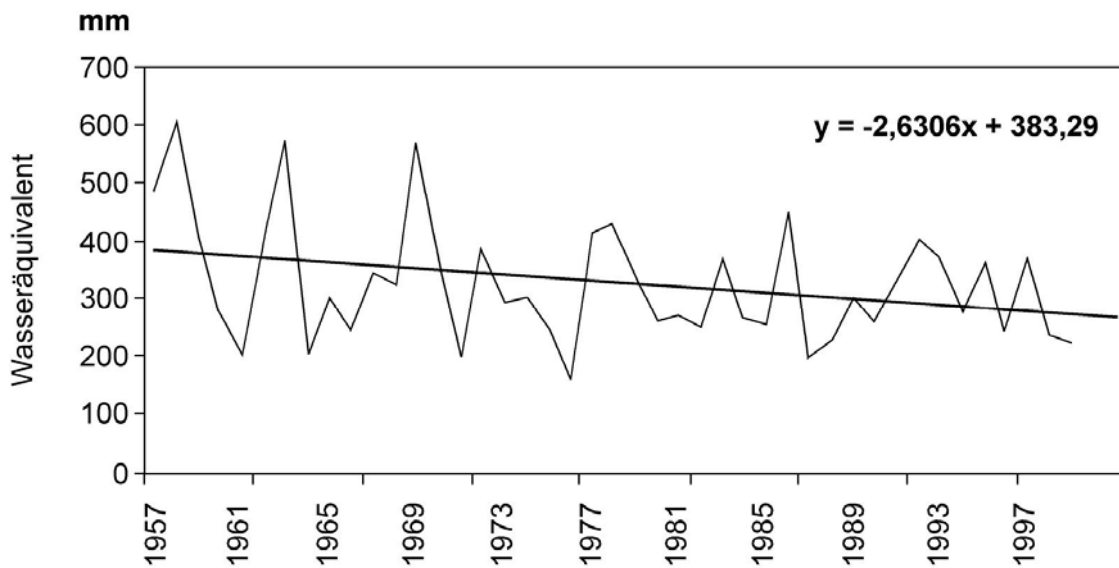
Quelle: Dikich 2004, S. 26

Für die zunehmende Gletscherschmelze sind vor allen zwei Faktoren verantwortlich zu machen:

1. die Verlängerung der Ablationsperiode und
2. die Intensivierung der Strahlung bzw. die Erhöhung der Lufttemperatur.

Die Verlängerung der Ablationsperiode ist auf eine Reduzierung der Schneevorräte auf den Gletschern zurückzuführen. Nach Dikich (2004, S. 22) reduzierte sich die Schneeakkumulation im Zeitraum von 1981 bis 2000 um 4,2 %, von 1991 bis 2000 um 9 %. Dabei hat sich weniger die Schneedeckenmächtigkeit auf den Gletschern verändert, als vielmehr der Gehalt an festem und flüssigem Wasser in der Schneedecke, das sog. Wasseräquivalent. Dieses ist nach Beobachtungen von Dikich (vgl. Abb. 15) seit den 70er Jahren gesunken. Diese Entwicklung hat nicht nur die Schneeakkumulation verringert, sondern auch zu einem früheren Beginn der Eisschmelze geführt und damit die Schmelzperiode verlängert.

Abb. 15: Entwicklung maximaler Wasseräquivalente der Schneedecke im mittleren Teil des Kara-Batkak-Gletschers 1957 - 2000



Quelle: Dikich 2004, Abb. 3, S. 22

Gewichtigster Faktor der zunehmenden Gletscherschmelze ist die spätestens seit Anfang der 1950er Jahre zu beobachtende Klimaerwärmung, die in Zentralasien, wie Analysen langfristiger Zeitreihen der Temperatur bodennaher Luftschichten von Klimastationen in verschiedenen Gebieten Zentralasiens zeigen, deutlich stärker ausfällt als im globalen Mittel. Nach den Angaben des ‚Intergovernmental Panel of Climate Change‘ beträgt die Zunahme der Globaltemperatur für den Zeitraum von 1950 – 2000 + 0,47 °C. In Zentralasien ist die Jahresmitteltemperatur in dieser Zeit um durchschnittlich 1,1 °C bis 2,1 °C gestiegen, also 3-4mal stärker als im globalen Mittel (vgl. Giese, Moßig 2004, S. 30/31).

Der stärkste und nachhaltigste Anstieg der Jahresmitteltemperaturen hat in Zentralasien Anfang der 70er Jahre eingesetzt. Für den Zeitabschnitt von 1970 – 2000 durchgeführte lineare Regressionsanalysen ergeben zum Teil noch höhere Beträge der berechneten Trendkoeffizienten als für den Zeitabschnitt von 1950 - 2000. Wie den Klimadiagrammen der Stationen Karakol und Naryn zu entnehmen ist (vgl. Abb. 16, 17), erfolgt die langfristige Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen bis Anfang der 70er Jahre in zyklischen Schwankungen. Warm- und Kaltphasen wechseln einander ab, ohne allerdings eine regelhafte Periodizität erkennen zu lassen. Schwache Hinweise auf eine Periodenlänge von 20 – 40 Jahren sind gegeben. Bedeutsam an den Entwicklungsabläufen ist zweierlei. Erstens: Warm- und Kaltphasen verlaufen bei den Stationen synchron, so dass von einem Entwicklungsverlauf der Jahresmitteltemperaturen ausgegangen werden kann, der für ganz Zentralasien zutreffend ist. Zweitens: der zyk-

liche Verlauf der Jahresmitteltemperaturen wird seit Anfang der 70er Jahre von einer trendhaften Entwicklung überlagert. Wie den Abbildungen 18 und 19 zu entnehmen ist, werden die Temperaturspitzen der zyklischen Schwankungen in den letzten 3 Jahrzehnten dauerhaft überschritten. Dieses ist der Hinweis auf eine seit Anfang der 70er Jahre feststellbare systematische Abweichung (Erwärmung) von der langjährigen Entwicklung. Diese Entwicklung deckt sich mit der Beobachtung, dass der Gletscherschwund im Tjan-Šan in den letzten 30 Jahren, wie der Abbildung 20 zu entnehmen ist, deutlich an Intensivität zugenommen hat. Dadurch lässt sich auch erklären, dass die Abflussmengen der Flüsse mit starker Gletscherernährung wie der Čong-Kyzyl-Suu (Speisung durch den Kara-Batkak-Gletscher) in den Sommermonaten seit Mitte der 70er Jahre sukzessiv zugenommen haben (vgl. Abb. 21).

Dikich (2004, S. 50) hat für die Klimastation Tjan-Šan, die in 3.614 m Höhe am nordwestlichen Rand des Ak-Šyrjak-Massivs liegt (vgl. Atlas Kyrgyzskoj Respubliki 1987, S. 80), Trendberechnungen der Entwicklung der Jahres- und Sommermitteltemperaturen vorgenommen. Die Station Tjan-Šan ist bedeutsam, als hier langjährige Messreihen der Lufttemperatur vorliegen (durchgehend seit 1930) und sie die einzige Klimastation im unmittelbaren Einzugsgebiet des Sary-Džaz ist. Wie den berechneten Trendkoeffizienten in Tabelle 14 zu entnehmen ist, können wir sowohl bei den Jahres- als auch bei den Sommermitteltemperaturen einen sukzessiven Anstieg der Werte feststellen.

Tab. 14 Mittelwerte und Trendkoeffizienten der Jahres- und Sommermittelwerte der Lufttemperatur der Station Tjan-Šan (3.614 m über BS) für verschiedene Zeitabschnitte

| Zeitabschnitt | Jahr | | Sommer | |
|---------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| | Mittelwert °C | Trendkoeffizient °C | Mittelwert °C | Trendkoeffizient °C |
| 1930 - 2000 | - 7,70 | 0,012 | 1,90 | 0,014 |
| 1941 – 2000 | - 7,61 | 0,011 | 1,96 | 0,016 |
| 1951 – 2000 | - 7,57 | 0,014 | 2,01 | 0,022 |
| 1961 – 2000 | - 7,50 | 0,014 | 2,11 | 0,024 |
| 1971 – 2000 | - 7,44 | 0,020 | 2,19 | 0,037 |
| 1981 – 2000 | - 7,46 | 0,063 | 2,29 | 0,073 |
| 1991 - 2000 | - 7,27 | 0,184 | 2,61 | 0,139 |

Quelle: Dikich 2004, S. 50

Abb. 16: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Station Karakol (Prževal'sk) 1880 - 1996, Issyk-kul'-Becken, östlicher Beckenrand, 1718 m

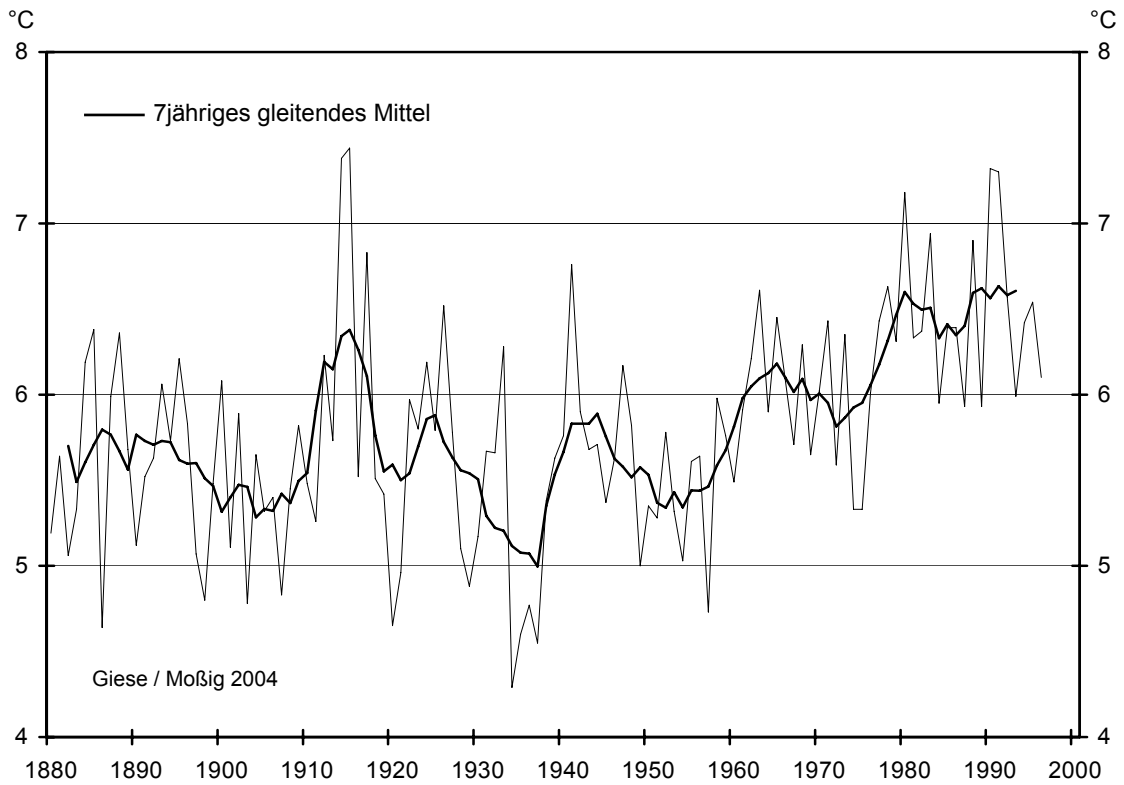


Abb. 17: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen der Station Naryn 1882 - 2001, mittleres Naryn-Tal, zentraler Tjan'-Šan', 2045 m

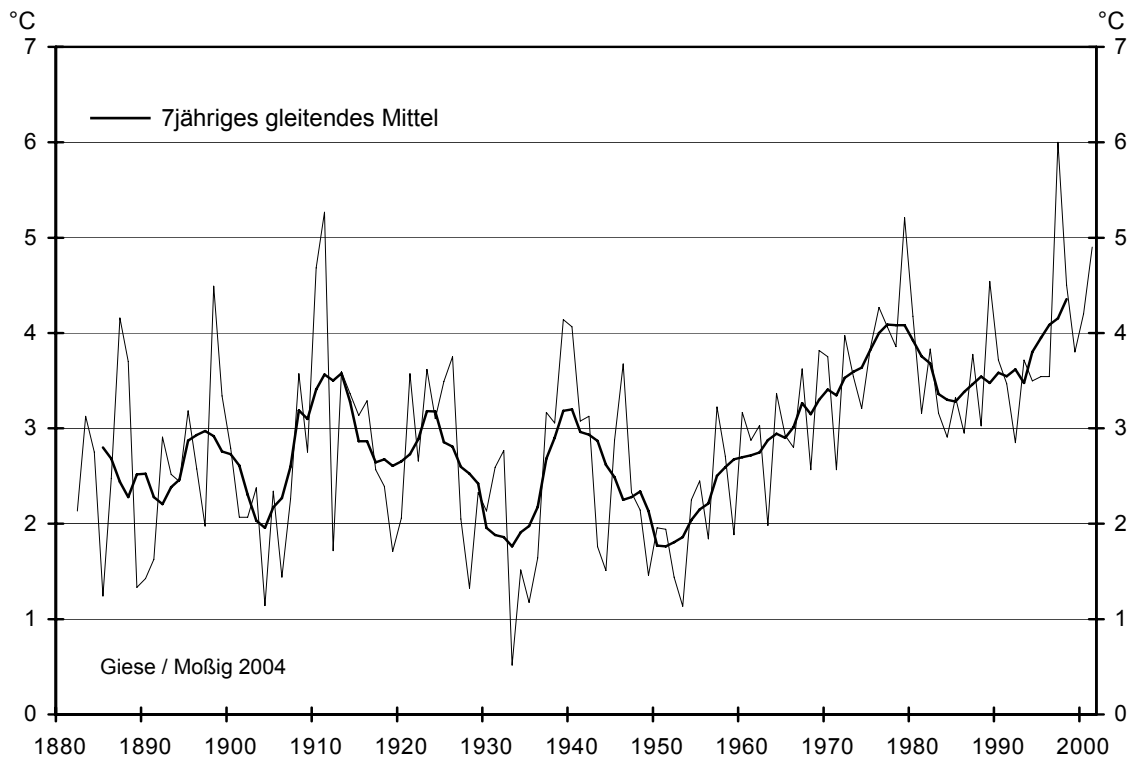


Abb. 18: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen vom langjährigen Mittelwert \bar{x} des Zeitraumes 1880 - 1970 der Station Karakol (Przeval'sk) 1880 - 1996

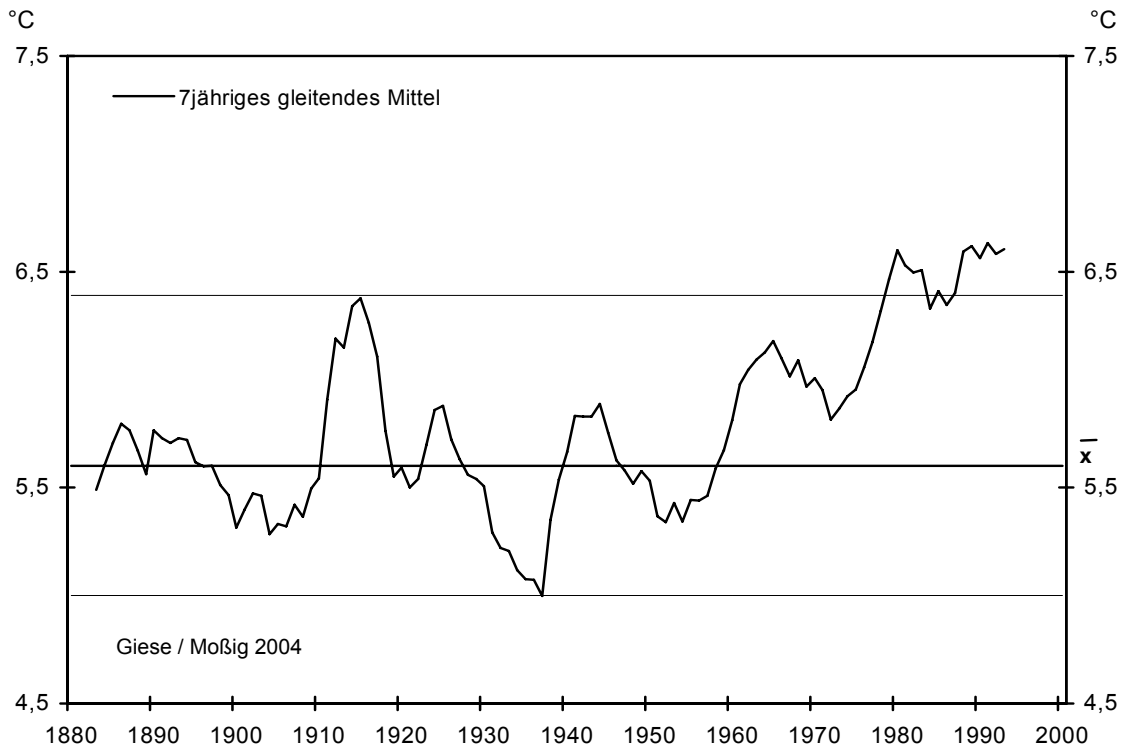


Abb. 19: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen vom langjährigen Mittelwert \bar{x} des Zeitraumes 1890 - 1970 der Station Naryn 1890 - 2001

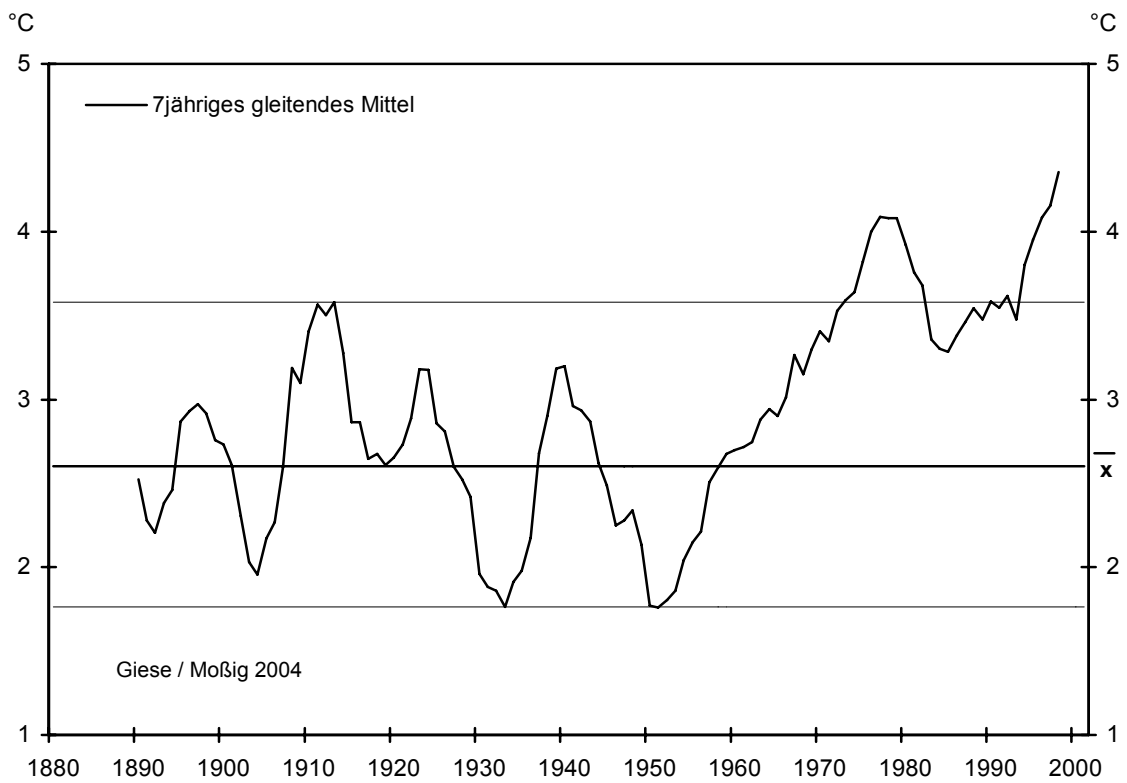


Abb. 20: Kumulative Massenbilanzkurve des Kara-Batkak-Gletschers, Terskej Ala-Too (Zentraler Tjan-Šan') 1956/1957 – 2000/2001

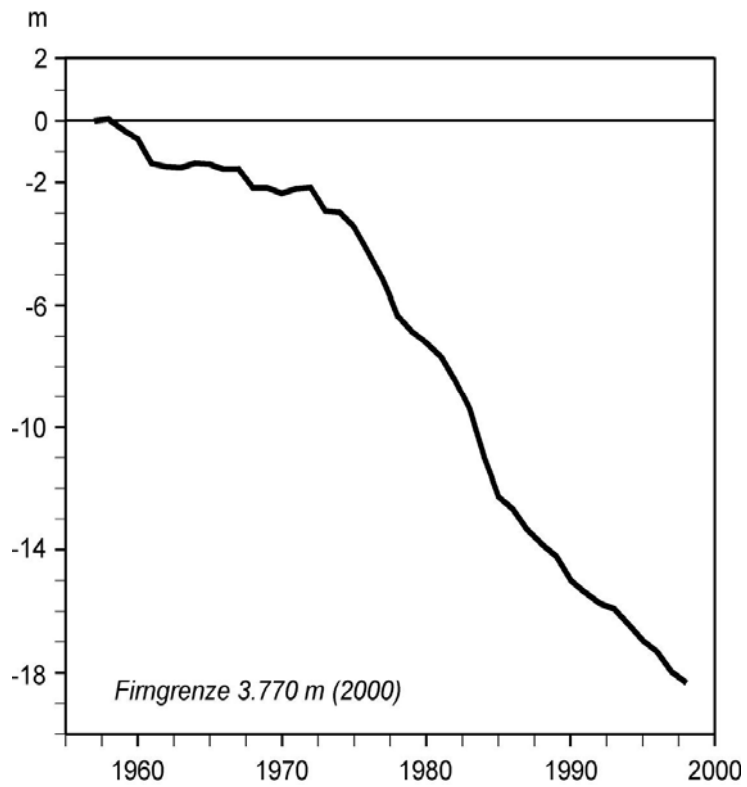
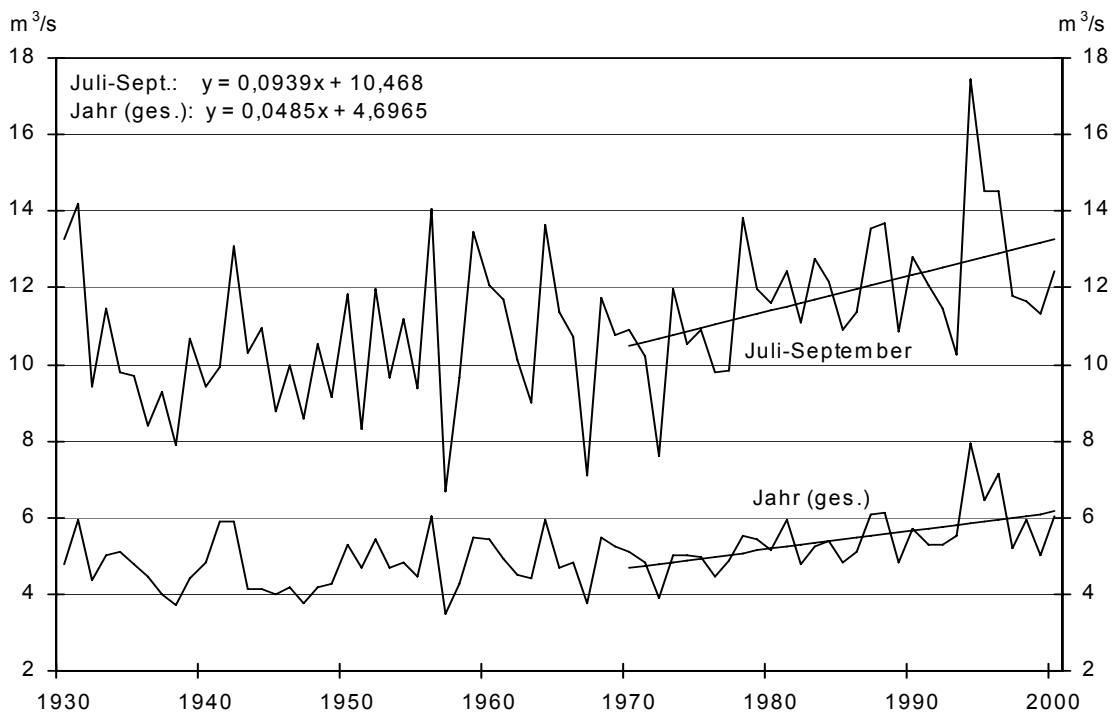


Abb. 21: Entwicklung der Abflussmengen des Čon-Kyzyl-Suu, Hydrostation Lesnoj Kordon, 1930-2000



Quelle: Kyrgyzgidrometa; Daten wurden freundlicherweise von Dr. V.V. Romanovskij, Institut für Wasserprobleme der Kirgisischen Akademie der Wissenschaften, Biškek, zur Verfügung gestellt.

Die Tatsache, dass seit Anfang der 70er Jahre in Zentralasien eine Klimaerwärmung bzw. ein verstärkter Wärmeschub eingesetzt hat, legt den Schluss nahe, dass dieser Prozess in Zusammenhang mit anthropogenen Einflüssen steht. Denn in den 60er Jahren setzte eine exzessive Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus ein, die gravierende ökologische Auswirkungen nach sich zog (Austrocknung des Aralsees, des Lob-nors, etc.) (vgl. Giese, Bahro, Betke 1998).

Die Analyse der Monatsmitteltemperaturen zeigt, dass die Erwärmung des Klimas in Zentralasien vor allem auf eine Erhöhung der Lufttemperatur in den Monaten November und Dezember sowie im Monat September zurückzuführen ist. Sie ist mit einer Verlängerung der Wärmeperiode und damit der Ablationszeit verbunden.

Sofern eine Abschätzung der zu erwartenden Entwicklung der Abflussverhältnisse vorgenommen werden soll, sollten die Berechnungen Anfang der 70er Jahre ansetzen. Das Institut für Wasserprobleme und Hydroenergie der Kirgisischen Akademie der Wissenschaften hat versucht, den Einfluss der Klimaerwärmung auf das Abflussverhalten der in das Tarim-Becken entwässernden Flüsse zu ermitteln, um die zukünftig zur Verfügung stehenden Wasserressourcen in diesem Gebiet abschätzen zu können. Zu diesem Zweck wurde das Wasseraufkommen für zwei Perioden berechnet und miteinander verglichen. Als erste Periode wurde der Zeitabschnitt vor 1972 festgelegt, als noch keine Veränderung der Wasserführung der Flüsse feststellbar war, als zweite Periode der Zeitabschnitt von 1973 – 2000, als infolge einer verstärkten Ablation der Gletscher eine deutliche Zunahme der Gletscherabflüsse einsetzte und mit ihr eine Zunahme der Abflussleistung der Flüsse.

Tab.15: Wasserführung der zum Tarim-Becken hin entwässernden Flüsse Kirgistans, Durchschnitt der Jahre vor 1973 und 1973-2000.

| Flussbecken | Oberflächlicher Abfluss | | Unterirdischer Abfluss | Gesamter Abfluss | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | bis 1973 Ø | 1973-2000 Ø | | vor 1973 | | 1973-2000 | |
| | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | km ³ | m ³ /s | km ³ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Kirgisischer Teil des Tarim-Beckens | 201 | 230 | 6,03 | 207 | 6,52 | 236 | 7,43 |

Wie der Tabelle 15 zu entnehmen ist, hat sich der Wasserabfluss der Flüsse, die aus Kirgistan kommend in das Tarim-Becken entwässern, in den letzten 30 Jahren um 0,92 km³/Jahr (29 m³/s) erhöht, also um 14%. Bei anhaltender Tendenz der Klimaerwär-

mung würde sich die Wasserführung der Flüsse entsprechend der Prognose bis zum Jahre 2030 nochmals um durchschnittlich 11% erhöhen.

Die Eismassen im Sary-Džaz-Becken sind so gewaltig, dass sich eine Verringerung der Eismassen infolge des laufenden Abschmelzprozesses der Gletscher auch in längerfristiger Perspektive kaum auf die Abflussbildung auswirken wird. Die Eisvorräte werden im Sary-Džaz-Becken auf 276,4 km³ geschätzt. Das bedeutet, dass im Wassereinzugsgebiet des Sary-Džaz rund 56 % der gesamten Eisvorräte Kirgistans gebunden sind (V.A. Kuzmičенок 2003; Katalog der Gletscher der UdSSR).

5.4.2 Hydroenergetische Ressourcen

Im Institut für Wasserproblem und Hydroenergie wurden Arbeiten zur Ermittlung der hydroenergetischen Ressourcen der Flüsse Kirgistans unter Berücksichtigung der vorhandenen Daten über den Abfluss und die morphometrischen Eigenschaften der Flüsse durchgeführt.

Bei der Bewertung des hydroenergetischen Potenzials des Tarim-Beckens wurden die 15 größten Flüsse mit einer Gesamtlänge von 1038 km in die Berechnung einbezogen. Die Größe des hydroenergetischen Potenzials im kirgisischen Teil des Flussnetzes des Tarim-Beckens in den Grenzen der Kirgisischen Republik wird auf N = 2048 Tsd. Kilowatt geschätzt. Das entspricht einer durchschnittlichen Elektroenergieproduktion von 17,9 Mrd. KWh. Das größte hydroenergetische Potenzial besitzt der Sary-Džaz mit 1472 Tsd. Kilowatt oder 12,3 Mrd. KWh. Nach Flussabschnitten betrachtet ist der Abschnitt mit dem größten Potenzial der von der Vertiefung des Kujlju bis zur Grenze nach China mit 6,5 Mrd. KWh.

5.5. Nutzung der Wasserressourcen im kirgisischen Teil des Tarim-Beckens

Zum kirgisischen Teil des Tarim-Beckens gehören die Flüsse Ak-Saj, Sary-Džaz, Uzengju-Kuuš und Kek-Suu. Die Wasserressourcen dieser Flüsse werden in Kirgistan aufgrund der schweren Zugänglichkeit des Gebietes (Höhenlage und kompliziertes Relief) sowie der rauen klimatischen Bedingungen nicht genutzt. Sie haben auch dazu geführt, dass die Flüsse im kirgisischen Teil des Tarim-Beckens wenig erforscht sind. In diesem Abschnitt werden deshalb zunächst Ergebnisse einer im Jahre 1959 durch-

geführten Forschungsexpedition zur Untersuchung der Wasser- und Hydroenergieressourcen des Sary-Džaz vorgestellt sowie auf Perspektiven ihrer Nutzbarmachung eingegangen.

Die Wasserressourcen des Sary-Džaz werden, wie bereits erwähnt, in Kirgistan nicht genutzt. Das hängt damit zusammen, dass der Sary-Džaz und seine Zuflüsse in engen Schluchten und dichten Gebirgsketten des Zentralen Tjan-Šan fließen, wo keine Bewässerungslandwirtschaft möglich ist.

Auch zum Zwecke der Trinkwasserversorgung werden die Wasserressourcen des Sary-Džaz nur in sehr geringem Umfang genutzt, da es keine dauerhaft in den Flussbecken lebende Bevölkerung gibt. Die Schluchten des Sary-Džaz und seiner Zuflüsse sind seit alters her Winterweidengebiete. Dort fallen im Winter geringe Niederschlagsmengen, so dass das Vieh unter der dünnen Schneedecke relativ leicht Futter findet.

Eine der ersten Expeditionen mit dem Ziel, den Sary-Džaz kennen zu lernen und seine Wasser- und Energieressourcen zu erfassen, war die Expedition des Instituts für Energetik und Wasserwirtschaft der Akademie der Wissenschaften der Kirgisischen SSR im Jahre 1959. Hauptergebnis der Expedition war die Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten des bemerkenswerten hydroenergetischen Potentials des Sary-Džaz durch den Bau von Wasserkraftwerken und die Bestimmung der Standorte der Dämme.

Es wurde festgestellt, dass die Nutzung der Hydroenergieressourcen des Sary-Džaz durch den Bau von Staudämmen günstig sei. Es wurde vorgeschlagen, entlang des Sary-Džaz vier Wasserkraftwerken zu bauen. Der Standort des ersten sollte am Oberlauf des Sary-Džaz entstehen, unterhalb der Vertiefung des Flusses Malaja Taldy-Suu. Hier sei es möglich, einen Damm mit einer Höhe bis zu 400 m zu bauen sowie ein Wasserkraftwerk mit einer Leistung von 120 Tsd. Kilowatt.

Für das zweite Wasserkraftwerk böte das breite Tal des Enyl'ček günstige Bedingungen. Der Bau des Damms sollte etwas unterhalb der Mündung des Uč-kei erfolgen. Dieser würde die Regulierung der wichtigsten Zuflüsse gestatten: Enyl'ček, Kajndy und Uč-kei. Bei einer maximalen Dammhöhe von 340 m läge die Leistung des zweiten Kraftwerks bei 300 Tsd. Kilowatt.

Als Standort des dritten Wasserkraftwerks wurde die Ak-Šyjrjak-Vertiefung vorgeschlagen. Dort könnte man zur Schaffung zusätzlichen Drucks die natürliche Biegung des Sary-Džaz in Form einer Schlinge nutzen. Wenn man den Grund der Schlinge mit einem Tunnel von zwei Kilometer Länge vereine, könne man zusätzlichen Druck erzeugen. Das würde eine Leistung des Kraftwerks von 500-600 Tsd. Kilowatt ermöglichen.

Das vierte Wasserkraftwerk könnte im Engpass der Kak-Šaal-Too-Kette gebaut werden, am Ausgang des Flusses in die Takla-Makan-Wüste, nahe der Grenze zu China. Dort sei es nicht notwendig, einen Stausee zu errichten, da das Wasserkraftwerk mit dem bereits regulierten Abfluss arbeiten würde. Seine Leistung könnte über 500 Tsd. Kilowatt betragen. Es wurde empfohlen, den Bau dieses Kraftwerks gemeinsam mit China zu betreiben, da dann ein einfacher Zugang möglich wäre.

Aus den Ergebnissen der Expedition des Instituts für Energetik und Wasserwirtschaft wurde die Konsequenz gezogen, dass die Nutzung der hydroenergetischen Ressourcen des Sary-Džaz und seiner Nebenflüsse in Anbetracht der Unzugänglichkeit und Unerschlossenheit des Gebietes keine Frage der Gegenwart sei. Die Erforschung der Möglichkeiten und Zweckmäßigkeit ihrer Nutzung sei jedoch von wissenschaftlichem und in der Zukunft auch von praktischem Interesse, wenn die Wasserenergie des Sary-Džaz im Norden von der Stadt Prževal'sk (früher Karakol) und im Süden von der Provinz Xinjiang (VR China) genutzt werden soll.

Die intensive Entwicklung der Bewässerung in der Zeit nach 1970 und die in diesen Jahren geplante Errichtung einer Erholungszone von unionsweiter Bedeutung am Issyk-Kul (Verordnung des Ministerrates der UdSSR vom 28. August 1970) führte nachfolgend zur Überlegung, dem Issyk-Kul-Becken zusätzliche Wasserressourcen aus anderen Flussbecken zuzuleiten. Dieser Vorschlag resultierte vor allem aus der sukzessiven Wasserspiegelabsenkung des Issyk-Kul. Deshalb wurden verschiedene Varianten der Nutzung der Abflüsse des Sary-Džaz, Ak-Saj und Naryn erwogen. Die von der Zentralasiatischen Abteilung Hydroprojekt und „Kyrgyzprovodchoz“ erstellte technisch-ökonomische Expertise ergab, dass die ökonomischste Variante zur Deckung des Wasserbedarfs im Issyk-Kul-Becken die Verlegung eines Teils des Abflusses des Sary-Džaz war. In der Folge wurde eine Reihe von Projekten erarbeitet (vgl. TEO 1987), in denen aus 16 untersuchten Varianten als kostengünstigste Variante jene mit einer Umleitung von 1,6 km³ Wasser angesehen wurde (< 50% des Abflusses des Sary-Džaz). Die umzuleitende Wassermenge sollte der Lösung folgender Aufgaben dienen:

- Stabilisierung des Wasserspiegels des Issyk-Kul auf der damaligen Höhe mit dem Ziel der Erhaltung seiner einzigartigen natürlichen Ressourcen, des Ökosystems und der Entwicklung der Kurorte im Issyk-Kul-Becken;
- Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus im Issyk-Kul-Becken um 85.000 ha zur Deckung der Nachfrage nach hochwertigen Lebensmitteln in den Erholungszentren;
- Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus im Ču-Tal um 130.000 ha;

- Erzeugung von 3150 Mio. Kilowattstunden Elektroenergie in Wasserkraftwerken, die entlang der Umleitungsstrecke entstehen sollten, um den Bedarf im Issyk-Kul-Becken und Ču-Tal zu decken.

Die Aufteilung der abgeleiteten Wassermenge nach Nutznießern ist in Tabelle 16 zusammengestellt worden.

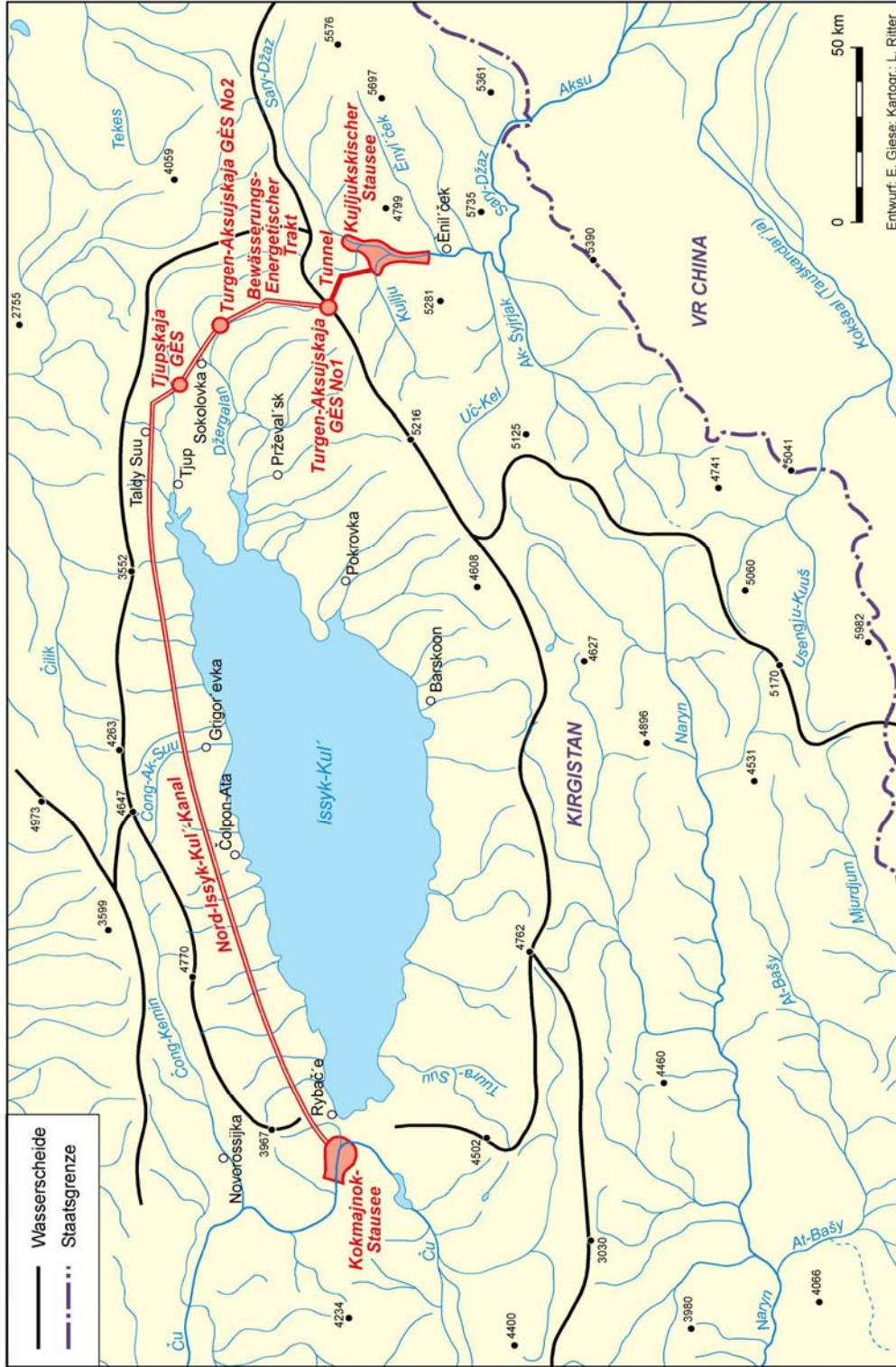
Tab.16: Nutzung der umgeleiteten Wassermenge des Sary-Džaz

| Becken | Umfang der Umleitung, Mio. m ³ | Nutzung, Mio. m ³ | | Zuwachs an Bewässerungsland, Tausend ha | | |
|-----------|---|------------------------------------|-----------------|---|-----------|------------|
| | | Zur Stabilisierung des Seespiegels | Zur Bewässerung | Gesamt | Davon | |
| | | | | | Kirgistan | Kasachstan |
| Issyk-Kul | 840 | 510 | 330 | 84,6 | 84,6 | - |
| Ču | 760 | - | 760 | 129,8 | 91,3 | 38,5 |
| Gesamt | 1600 | 510 | 1090 | 214,4 | 175,9 | 38,5 |

In Abbildung 22 ist die Umleitung des Sary-Džaz schematisch dargestellt. Danach soll am Sary-Džaz zunächst der Kujju-Stausee mit einem Gesamtvolumen von 1,3 km³ und einem 185 m hohen Erd-Steinwall gebaut werden. Aus dem Kujju-Stausee soll das Wasser über einen Drucktunnel mit einer Durchlaufkapazität von 60 m³/s dem Turgen zugeführt werden. Weiter soll das Wasser über den Irrigations-Energetik-Trakt Turgen-Tjul zum Nördlichen Issyk-Kul-Kanal gelangen. Der berechnete Abfluss des Traktes soll 60m³/s betragen. Unter Ausnutzung des bemerkenswerten Höhenunterschiedes zwischen Anfang und Ende des Traktes ist seine energetische Nutzung durch den Bau von drei Wasserkraftwerken möglich: Turgenaksu Nr. 1 und Nr. 2 sowie Tjup. Die gesamte Kapazität der drei Werke beträgt 465 Tsd. Kilowatt.

Der Nördliche Issyk-Kul-Kanal ist bestimmt für die Bewässerung neuen Landes im Becken des Issyk-Kul und im Ču-Tal. Der Kanal nimmt seinen Anfang am Fluss Tjup unterhalb des geplanten Tjup-Wasserkraftwerks. Für ihn wurde eine mittlere Abflussmenge von 54 m³/s berechnet und eine Länge von 245 km. An der nördlichen Küste des Issyk-Kul entlanglaufend sammelt er bis zu 200 Mio. m³ Flutwasser aus den wasserreichsten, ihn kreuzenden Flüssen und führt das Wasser zu den neuen Bewässerungsfeldern. Der Kanal endet im Kokmojnok-Stausee, der am Ču im Bereich des Eingangs in die Boom-Schlucht errichtet werden soll und der Abflussregulierung des Nördlichen Issyk-Kul-Kanals dienen sollen (Parameter des Kokmojnok-Stausees: Nutzvolumen: 370 Mio. m³, durchschnittliche Tiefe: 20 m). Die Wasserzufuhr aus dem Sary-Džaz in den Issyk-Kul zur Stabilisierung des Wasserspiegels soll über den Fluss Tjup erfolgen.

Abb. 22: Kirgisischer Plan zur Umleitung des Sary-Džas in das Issyk-Kul'-Becken und Čũ-Tal



Quelle: Atlas SSSR 1983, Seite 69; Mamatkanov 2003, Fig. 9, Seite 26

Im Projekt wurde festgelegt, dass der Bau des gesamten Komplexes 1997 abgeschlossen sein sollte und ab diesem Zeitpunkt 510 Mio. m³ Wasser aus dem Sary-Džaz in den Issyk-Kul fließen und dieses die Stabilisierung auf 1.605,8 m sicherstellen sollte.

Das erarbeitete Schema zur Umleitung eines Teils des Abflusses des Sary-Džaz wurde im September 1984 vom Ministerium für Wasserwirtschaft der UdSSR gebilligt und von der staatlichen Expertenkommission Gosplan der UdSSR bestätigt. Die bekannten Ereignisse in der Sowjetunion Ende der 80er Jahre verhinderten jedoch die Verwirklichung des Projektes. Welche Rolle bei der Entwicklung der in Abbildung 22 dargestellten Pläne taktisch-strategische Überlegungen zur Durchsetzung eigener Interessenlagen gespielt haben, lässt sich im Nachhinein schwer beurteilen. Die wirtschaftlichen und auch die natürlichen Rahmenbedingungen haben sich in Kirgistan seit Anfang der 90er Jahre so geändert, dass an eine Verwirklichung der Pläne zur Zeit nicht gedacht wird. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten Kirgistans sind gegenwärtig so begrenzt (vgl. Trouchine, Zitzmann 2005), dass eine Realisierung der Pläne zur Erschließung der Wasser- und Hydroenergieressourcen des Sary-Džas nicht möglich scheint. Zudem ist ein wesentlicher Grund für die Umleitung von Sary-Džas-Wasser in das Issyk-kul'-Becken verloren gegangen: Seit 1998/99 steigt der Seespiegel des Issyk-kul', der seit Anfang der 30er Jahre sukzessiv um über 3 m gesunken ist, wieder an.

LITERATUR

1. Atlas Kyrgyzskoj Republiki, Moskva 1987
2. Betke, D.: Ökologische „Dominoeffekte“ chinesischer Landerschließungsstrategien in Zentralasien. In: Giese, E., Bahro, G., u. Betke, D., Umweltzerstörungen in Trockengebieten Zentralasiens (West- und Ost-Turkestan). Erdkundliches Wissen, Band 125, Franz Steiner Verlag, Stuttgart 1998, S. 121 – 159
3. Bohnet, A., Giese, E. u. Zeng Gang: Die Autonome Region Xinjiang (VR China) - Eine ordnungspolitische und regionalökonomische Studie (2 Bände, LIT Verlag Münster-Hamburg-London, 1999
4. Bol'sakov M. N.: Vodnye resursy rek Sovetskogo Tjan-Šanja i metody ich rasčeta. Frunze, „Ilim“, 1974. 306 Seiten
5. Chen Qichou: Research on the Tarim River. Hohai University Press, Nanjing 1993
6. Čupachin V M.: Vnutrennij Tjan-Šan. Frunze 1959. S. 128
7. Deng Minjiang et al.: Analysis of Changes on Runoff Composition in the Tarim River. Xinjiang Shuili (Wasserwirtschaft Xinjiangs), (3), 1991
8. Dikich, A. N.: Gletscherwasserressourcen des Issyk-kul-Beckens in Kirgistan: ihr gegenwärtiger und zukünftiger Zustand. Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Discussion Papers, Nr. 18, Gießen 2004
9. Giese, E.; Zeng, G.: Regionale Aspekte der Öffnungspolitik der VR China. In: Geographische Zeitschrift, 81. Jg., 1993, H. 3, S. 176 – 195
10. Giese, E.: Die ökologische Krise des Aralsees und der Aralseeregion: Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen. In: Giese, E.; Bahro, G.; Betke, D.: Umweltzerstörungen in Trockengebieten Zentralasiens (West- und Ost-Turkestan). Erdkundliches Wissen, Band 125, Franz Steiner Verlag, Stuttgart 1998, S. 55 – 119
11. Giese, E., Moßig, I.: Klimawandel in Zentralasien. Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) der Justus-Liebig-Universität Gießen, Discussion Papers, Nr.17, Gießen 2004
12. Gory Kyrgyzstana. Biškek, „Technologija“, 2001. S. 37-81
13. Hu, Fengling; Shangguan, Xuejin: Causal Factors to Drastik Decline in China's Cotton Production and some Ideas for its Continous Development. In: Chinese rural Economy, 1998, S. 50-58
14. Iljasov A.T.: Stok i vodnyj balans rečnych bassejnov Kirgizii. Gidrometeoizdat. Leningrad 1969. S. 295
15. Katalog lednikov SSSR (Gletscherkatalog der UdSSR), Band 14, Ausgabe 2, Teil 5, Leningrad, GIMIZ 1976, 90 S.
16. Kuzmičenok V.A.: Obyom lednikov Kyrgyzstana (otsenka, izmennija, prognoz). Materialy seminaru „Ekologija i čistaja voda“, Fond „Soros“, Issyk-Kul 2003
17. Li, Jianfu: Xinjiang shuitu ziyuan kaifa yanjiu (Forschungen zur Erschließung der Land- und Wasserressourcen in Xinjiang), Urumqi 1991
18. Liu, Yanliang: Report on Field Survey of Middle & Lower Reaches of Tarim River. China Statistics Press, Beijing 2000

19. Metzner, U.: Der Kampf um Wasser in Xingjiang. Ökologische Probleme des Tarim-Flusses.
In: Mitteilungen der Botschaft der Bundesrepublik Deutschland. Delegiertenbüro der Deutsche Wirtschaft in Beijing, 2003 (11), S. 15-18
20. Priroda Kirgizii. Kirgosizdat. Frunse, 1962. S. 297
21. Resursy poverchnostnych vod SSSR. Tom 14, vyp. 2. Srednjaja Azija. Bassejny oz. Issyk-Kul, rek Ču, Talas, Tarim. Gidrometeoizdat. Leningrad, 1967. 356 Seiten
22. Sarybaev, K.: Razvitie orošaemogo zemledelija v Karakalpakskoj ASSR (1960 – 1980).
In: Aral'skij krizis, Moskva 1991, S. 199 - 216
23. Song Yudong; Fan, Zili; Lei, Zhidong: Zhongguo Talimu He Shuiziyuan yu Shengtai Wenti Yanjiu (Research on Water Resources and Ecology of Tarim River, China). Xingjiang Renmin Verlag, Beijing 2000
24. Šul'c, V. L.: Reki Srednej Azii. Leningrad 1965
25. Takamura, H.: Environment and Human Activities in the Taklimakan Desert. In: Journal of Arid Land Studies, Vol. 5, 1996
26. TEO „Gipoteza razvitija narodnogo chozjajstva v Issyk-Kulskom regione“. Institut „Kirgizgiprovodchoz“, Frunze 1987. 227 Seiten
27. TEO „Stroitelstvo kompleksa sooruzenij na r. Sary-Džaz“, „Raspredelenie i ispolzovanie perebrasyvaemogo stoka“, Pojasnitelnaja zapiska. Institut „Kirgizprovodchoz“, Frunze 1987, 169 Seiten
28. Trouchine, A.; Zitzmann, K.: Die Landwirtschaft Zentralasiens im Transformationsprozeß.
Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) der Justus-Liebig-Universität Gießen, Discussion Papers, Nr. 23, Giessen 2005
29. Wang, Shuji und Liu, Xingwen: Aksu-Talimu He Liuyu Shuitu Ziyuan Heli Liyong Yu Huanjing Baohui Duice (Nutzung der Wasser- und Landressourcen und Maßnahmen zum Umweltschutz in den Einzugsgebieten des Aksu und Tarim). Qixiang Verlag, Beijing 1993
30. Wang, R., Giese, E. und Gao, Q.: Seespiegelschwankungen des Bosten-Sees (VR China).
Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) der Justus-Liebig-Universität Giessen, Discussion Papers, Nr. 13, Giessen 2003
31. Xinjiang Shuiwen Zongzhan: Talimu He Liuyu Jiangshui, Zhengfa, Shuiliang Gaikuan (Niederschlag, Verdunstung und Abfluss im Flussbecken des Tarim). Selbstverlag, Wulumuqi 1991
32. Xinjiang Ziyuan Kaifa Zonghe Kaocha Dui: Talimu He Liuyu Nongye Ziran Ziyuan de Heli Kaifa Yu Zhili (Erschließung und Nutzung der landwirtschaftlichen Ressourcen im Einzugsgebiet des Tarim), Science Press, Beijing 1989
33. Zabirow, R.D. [Hrsg.]: Lednik Turgen'-Aksu, Frunze 1976, 106 S.
34. Zhong, Hongfei: Method discussion on development of watersaving irrigated agriculture in Xinjiang.
In: Gan Han Qu Zi Yuan Huan Jung yu Lu Zhuo Yan Ziu, Kexue chu ban she, 1995, S. 133 - 138