Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität • gegründet 1825

Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann

Forschungsvorhaben (FKZ 02WT0438)

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Wissenschaftliche Untersuchung der gravimetrischen Trennung von Süßwasser und Salzwasser in Salzseen Projekt Van-See, Türkei Projekt Aralsee, Kasachstan

- Machbarkeitsstudie -

Bearbeitung:

Prof. h.c. Dr.-Ing. Rolf Krohmer

Dipl.-Ing. Martin Kunze

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann

Karlsruhe, Januar 2010

Inhaltsverzeichnis

I. Kurze Darstellung 6

1. Aufgabenstellung 6
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 6
3. Planung und Ablauf des Vorhabens 6
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde 7
   - 4.1. Grundlagen 7
   - 4.2 Methodik 9
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen 10

II. Eingehende Darstellung 11

1. Ergebnisse 11
   - 1.1 Projektabschnitt Van-See 11
   - 1.2 Projektabschnitt Aralsee 18
2. Diskussion 26
3. Veröffentlichungen der Ergebnisse 27

IV. (1) Kurzfassung / Berichtsblatt 29

IV. (2) Abstract / Report Sheet 31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausbildung einer sog. Salzzunge im Mündungsbereich nach *Plate* 7

Abbildung 2: Ausbildung verschiedener Dichteströmungen (aus *Hydraulics of Reservoir Sedimentation*; *Graf*) 8

Abbildung 3: Salzgehaltsverteilung im Längsschnitt durch die Warnow (BAW-Simulationsergebnis) 8

Abbildung 4: Datenlogger zur Ermittlung von Temperatur und Leitfähigkeit (links) und GPS-Gerät (rechts) 9

Abbildung 5: Anordnung der Messsensoren am Messschiff 10

Abbildung 6: Lageplan 11

Abbildung 7: Nord-Östlicher Teil des Van-Sees (weißer Kreis) 12

Abbildung 8: Geplantes Süßwasserreservoir im Nord-Ost-Teil des Van-Sees 12

Abbildung 9: Verkehrswege rund um den Van-See (gelb); neue Verkehrsverbindung über den Damm (rot) 13

Abbildung 10: Ausgangssituation nach Erstellung des Dammbauwerkes 13

Abbildung 11: Beginn der kontrollierten Entsalzung über Grundablass (t=0) 14

Abbildung 12: Fortschreitende Entsalzung (t_1) 14

Abbildung 13: Fortschreitende Entsalzung (t_2) 14

Abbildung 14: Messwerte der Temperatur [°C] im nord-östlichen Seeteil 15

Abbildung 15: Übersicht über die 5 verschiedenen Messrouten; hier mit Aufzeichnung der Temperatur in 1m Tiefe 15

Abbildung 16: Aufzeichnung der Leitfähigkeit in 1m Tiefe entlang der Messrouten 16

Abbildung 17: Messroute; Darstellung der Leitfähigkeiten des Seewassers von hoch (gelb) bis niedrig (rot) 16

Abbildung 18: Darstellung der Temperatur und Leitfähigkeit entlang der Messroute aus Abb. 12 17

Abbildung 19: DGM des gesamten Van-Sees 17

Abbildung 20: DGM des Nord-Ost-Seeteils mit geplanter Dammkonstruktion incl. Grundöffnungen zur gravimetrischen Entsalzung 18

Abbildung 21: Flächenverlust des Aralsees seit 1960 18

Abbildung 22: Kasachische Messungen der Salzgehalte in verschiedenen Teilen des Nord-Aralsees 19

Abbildung 23: Digitales Geländemodell des Saryschiganak-Stauraumes 20

Abbildung 24: Messboot zur Durchführung der Untersuchungen entlang des Syrdarja und im Aralsee 21

Abbildung 25: Messpunkte entlang des Syrdarja 21

Abbildung 26: Blick auf den Kokaral-Damm von UW-Seite 22

Abbildung 27: Salzgehaltwerte entlang der Messroute 22

Abbildung 28: Planungsunterlagen der kasachischen Projektpartner bezüglich der Zuleitungskanäle 23

Abbildung 29: Geplante Zuleitungskanäle aus dem Syrdarja in den Saryschiganak-Stauraum. Variante 4 (ganz rechts) wird empfohlen, da die Einleitung hier in größerer Entfernung zum Damm erfolgt und so eine Vermischung in Dammnähe verhindert wird. 24

Abbildung 30: Dreidimensionales Geländemodell mit Wasserstandslinien für Stauziele von 46 und 52 m. ü. NN 25

Abbildung 31: Längsschnitt durch Kokaral- und Saryschiganak-Stauraum, incl. Stauhöhen in m.ü.NN 25

Abbildung 32: Höhenlinienplan des Saryschiganak-Stauraumes 26

Quellenverzeichnis

[1] „Hydraulik zweidimensionaler Dichteströmungen“, Erich Plate, 1974

[2] „Zuflussbedingte Dichteströmungen in Seen“, Walter Hauenstein, 1982

[3] „Hydraulics od Resevoir Sedimentation“, Walter H. Graf, 1984

[4] „Zur dreidimensionalen Simulation von Strömungs- und Transportprozessen in Ästuaren“ aus Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 86, Holger Weilbeer, 2003

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Das Ziel dieses Projektes war die wissenschaftliche Untersuchung zur gravimetrischen Trennung von Süßwasser und Salzwasser in Salzseen. Als Untersuchungsprojekt diente hierfür im ersten Teil der Untersuchungen der Van-See im Osten der Türkei sowie im zweiten Teil der Aralsee in Kasachstan. Die Grundidee umfasst die Erschaffung eines Dammes, der einen Teil des Sees aufstaut. Durch den Zufluss von Süßwasser in den aufgestauten Teil des Salzsees kommt es aufgrund von Dichteunterschieden zu Schichtenströmungen zwischen dem dichteren Salzwasser und dem weniger dichten Süßwasser. Durch Grundablässe im Dammbauwerk, soll durch die Ausnutzung dieser gravimetrischen Trennung das unterschichtige Salzwasser kontrolliert abgegeben und der aufgestaute See-Teil somit entsalzt werden. Auf diese Weise kann ein für die Trinkwasserversorgung der umliegenden Regionen eminent wichtiges Süßwasserreservoir erschaffen werde, ohne zusätzlichen Landverlust und ökologische Schäden im Unterlauf des dann aufgestauten Flusses. Darüber hinaus bieten sich neue Chancen für die örtliche Fischerei, die Schaffung neuer Infrastrukturwege durch die Dammverbindung sowie die Ausnutzung des Osmoseeffektes zur Stromerzeugung.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das ursprüngliche Untersuchungsgebiet dieses Projektes war der Van-See, Türkei. Hier begannen die Voruntersuchungen und erste Messexpiditionen im August 2004. Durch die politische Situation im Umfeld des örtlichen Wasserbauamtes kam es zur Neubesetzung von Positionen, die im Vorfeld als wichtige Ansprechpartner fungierten. Nach der Umstrukturierung bestand seitens der türkischen Institutionen kein Interesse mehr an der Fortführung des Projektes. Nachdem das Forschungvorhaben am Van-See wegen der Nichtbeteilgung der türkischen Seite nicht weiter vorangetrieben werden konnte, wurde mit Zustimmung des BMBF die Projektidee am Aralsee weiterverfolgt.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Zeitplan wurde zunächst durch fehlende Bereitschaft seitens der Wissenschaftsorganisation TÜBITAK in Ankara trotz Memorandum of Understanding wesentlich verzögert. Da die TÜBITAK sich schriftlich dahingehend äußerte, dass sie über keine Partner zur Durchführung dieses Projektes verfügte, wurde über das Türkische Generalkonsulat in Karlsruhe schließlich eine Genehmigung zur Durchführung einer Messkampagne am Van-See erreicht. Mit Herrn Prof. Dr. Mahir Vardar der Technischen Universität Istanbul sowie dem Türkischen Wasserbauamt unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Eroglu konnten weitere Partner gefunden werden. Es folgte eine erste Messexpedition im August 2004. Die zwei- und dreidimensionalen Auswertungen der ca. 400.000 Messwerte erfolgten in den darauf folgenden Monaten. Die zweite Feldmessung erfolgte im April 2005 zur Zeit des höchsten Wassereintrags in den See.

Nach den unter Kapitel 2 beschriebenen Umständen erfolgte im Sommer 2005 die Einstellung der Untersuchungen am Van-See. Nach internen Gesprächen entstand die Idee, das Grundprinzip der gravimetrischen Trennung von Salz- und Süßwasser im kasachischen Aralsee weiterzuverfolgen. Ende des Jahres 2005 wurden erste Kontakte zur kasachischen Wasserbehörde geknüpft. Im Frühjahr 2006 erfolgte die Unterzeichnung eines Kooperationsvertrages zwischen der Universität Karlsruhe und der kasachischen Seite mit der Zusage weiterer Gespräche über eine Fortsetzung des Projektes am Aralsee. Schließlich folgte im Oktober 2006 die erfolgreiche Vorstellung der Projektidee bei der obersten Wasserbehörde in Astana. Die kasachische Seite begrüßte das Projekt ausdrücklich und noch Ende 2006 erfolgte die schriftliche Bestätigung zur Fortführung am Aralsee. Es folgte die Vorbereitung einer Forschungs- und Informationsexpedition zum Aralsee. Im Juni 2007 wurden während dieser Expedition die ersten Messungen hinsichtlich des Salzgehaltes des Nord-Aralsees sowie dessen Zufluss durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen wurden im Rahmen von Gesprächen mit dem stellvertretenden Agrarminister Kasachstans im August 2008 vorgestellt. Dabei wurde eine weitere Unterstützung seitens des kasachischen Agrarministeriums zugesagt. Ein staatlicher Vertrag zur bilateralen wissenschaftlichen/technischen Zusammenarbeit zwischen der Republik Kasachstan und der Bundesrepublik Deutschland wurde bereits vom kasachischen Agrarministerium im März 2008 vorgeschlagen.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

4.1. Grundlagen

Die durchgeführte Analyse einschlägiger wissenschaftlicher Publikationen zeigte, dass sich in Wasserspeichern in Form von Seen oder Stauräumen durch unterschiedliche Wasserdichten bzw. Salinitäten Schichtungsphänomene im Wasserkörper einstellen (vgl. [2]). Bei Abfluss des Wassers in einer bestimmten Richtung kommt es zu einem Zweischichtensystem, bei dem die obere Schicht mit minderer Wasserdichte über der Schicht mit größerer Wasserdichte fließt. Diese Mehrphasenströmung wurde beispielsweise in der Arbeit von Prof. Dr.-Ing. E. Plate [1] ausführlich untersucht. Er beschreibt hierbei u.a. die Bildung von Salzwasserzungen in Mündungsgebieten von Flüssen (Abb.1).

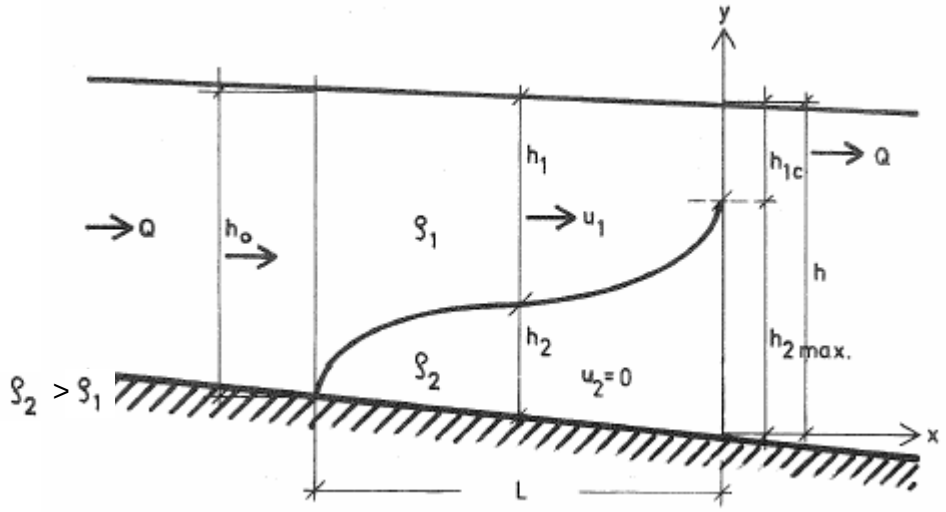

Abbildung 1: Ausbildung einer sog. Salzzunge im Mündungsbereich nach *Plate*

Auch W.H. Graf [3] beschreibt in einem Artikel über Schichtenströmungen das Phänomen der Mehrphasenströmung aufgrund von Dichteunterschieden beim Zufluss in stehende Gewässer.

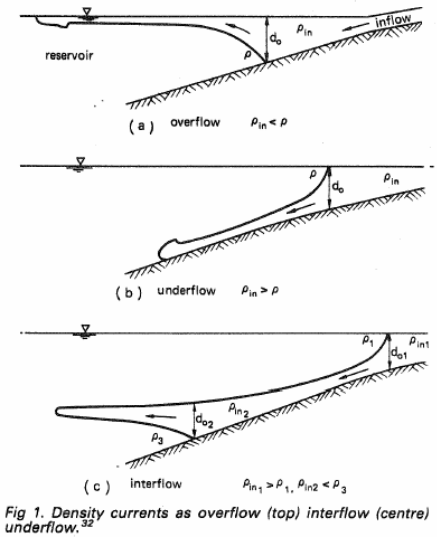

Abbildung 2: Ausbildung verschiedener Dichteströmungen (aus *Hydraulics of Reservoir Sedimentation*; *Graf*)

Abbildung 2 beschreibt die unterschiedliche Ausdehnung von Dichtehorizonten. Dabei kommt es abhängig von der Dichte des einströmenden Fluids zu einem Über-, Durch-, bzw. Unterströmen. Die Situation im Aralsee wird durch das oberste Bild beschrieben. Hierbei besitzt das zuströmende Fluid eine geringere Dichte als das Fluid im Reservoir. Es kommt zu einem Überströmen der dichteren Fluidmasse.

Auch an der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe [4] wurden Untersuchungen zu Strömungs- und Transportprozessen in Ästuaren und Mündungsbereichen untersucht. Dabei kamen dreidimensionale hydrodynamisch - numerische Modelle zum Einsatz mit Hilfe derer Dichteströmungen simuliert werden konnten. Die Untersuchung an mikrotidialen Ostseeästuaren wie der Trave oder der Warnow ergaben starke Salinitätsgradienten in der Vertikalen (vgl. Abb.3). Da der Aralsee keine Tideeinflüsse aufweist die zu einer Durchmischung des Wasserkörpers führen könnten, sind auch hier ähnlich Effekte wie bei den Untersuchungen der BAW an der Warnow zu erwarten.

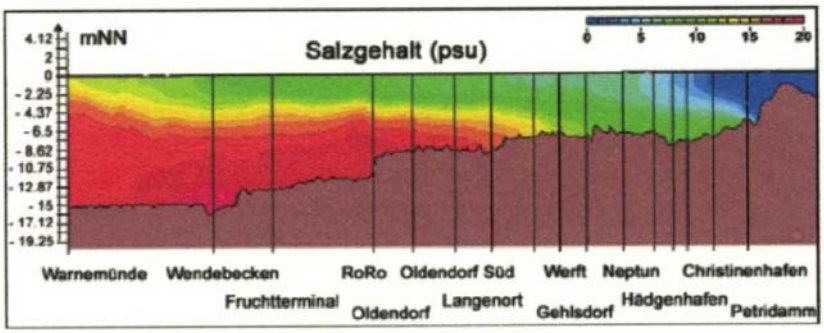

Abbildung 3: Salzgehaltsverteilung im Längsschnitt durch die Warnow (BAW-Simulationsergebnis)

Ausgehend von diesen Grundüberlegungen entstand die in Kapitel II.1. beschriebene Theorie der gravimetrischen Trennung von Salz- und Süßwasser.

4.2 Methodik

Um das Mischungsverhalten von Salz- und Süßwasser zu untersuchen, wurde im Vorfeld ein Mischungsversuch durchgeführt. Dabei wurde Salzwasser des gleichen Salzgehaltes wie im Van-See in einem Zylinder mit Regenwasser überschichtet. Der Versuchsraum hatte über die Versuchstage hinweg eine konstante Temperatur von ca. 13° C und keine Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht. Innerhalb von 5 Tagen konnte, wie erwartet, noch keine nennenswerte Durchmischung von Süß- und Salzwasser festgestellt werden. Dieser Versuch zeigte, dass die Durchmischung vielmehr vom Energieeintrag durch Licht, Wind und Wellen sowie durch die Temperaturdifferenz zwischen Seewasser und Süßwassereintrag beeinflusst wird als durch den Konzentrationsgradienten des Salzgehaltes.

Wässrige Lösungen zeichnen sich durch eine geringe Leitfähigkeit aus. Sie steigt, wenn dem Wasser Ionen, also Salze, Säuren oder Basen hinzugefügt werden. Dementsprechend hat Salzwasser eine höhere elektrische Leitfähigkeit als Süßwasser. Für die Messreihen im August 2004 sowie im April 2005 im Van-See wurde daher über Datenlogger in 3 verschiedenen Tiefen (ca. 1 m, 4 m und 7,5 m) Daten über Temperatur und Leitfähigkeit des Wassers gesammelt und ausgewertet. Zudem erfolgte über GPS eine genaue Ortsbestimmung der einzelnen Messpunkte (Abb.4 und 5). Des Weiteren wurden einzelne Messungen über die gesamte Tiefe des bis zu 25 m tiefen Nord-Ost-Seeteils durchgeführt. Wasserproben wurden entnommen und an der Universität Karlsruhe analysiert. Die Auswertung und graphischen Darstellungen der etwa 400.000 Daten erfolgte in den darauf folgenden Monaten.

Die Messungen im Sommer 2007 im Aralsee erfolgten mit den gleichen Datenloggern (µS-LOG540) wie schon bei den vorhergegangenen Messreihen.

Für das GIS-basierte räumliche Datenmanagement wurde das Programmsystem ARCGIS der Firma ESRI genutzt. Dabei konnten Datensätze verschiedener externer Quellen verwendet werden, z.B. ermittelte und erworbene Satellitenaufnahmen ASTER.

Abbildung 4: Datenlogger zur Ermittlung von Temperatur und Leitfähigkeit (links) und GPS-Gerät (rechts)

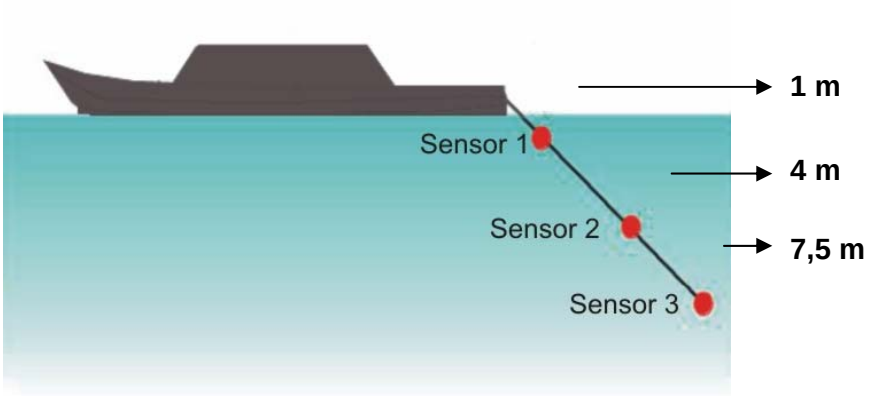

Abbildung 5: Anordnung der Messsensoren am Messschiff

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit den türkischen bzw. kasachischen Partnern durchgeführt.
Dabei wirkten von türkischer Seite folgende Institutionen und Personen mit:

- Wissenschaftsorganisation TÜBITAK, Ankara
- Generalkonsulat Karlsruhe (Herr Generalkonsul Erdogan Kök)
- Technische Universität Istanbul (Dekan Prof. Dr. Mahir Vardar)
- Türkisches Wasserbauamt (DSI), Ankara, Prof. Dr. Eroglu
- Türkisches Wasserbauamt (DSI), Zweigstelle in Van

Von kasachischer Seite wirkten folgende Institutionen und Personen mit:

- Agrarministerium Kasachstan (Minister Dr. A. Esimov, Stellv. Minister Dr. A. Rjabzev), Astana
- Planungsgruppe SYNAS II-Projekt, Almaty
- Internationaler Fond zum Schutz des Aralsees (IFSA)
- Institute for Water Resource Economy (IWRE), Taraz, Prof. Dr. Saghit Ibatullin
- Umweltamt in Kysylorda (Aralsee liegt in dessen Zuständigkeitsbereich)

II. Eingehende Darstellung

1. Ergebnisse

1.1 Projektabschnitt Van-See

Der Van-See ist der größte See der Türkei und liegt im äußersten Osten des Landes in den Provinzen Bitlis und Van (vgl. Abb.6). Er ist mit einer Fläche von 3.740 km² der größte See der Türkei. Seine Ausdehnung entspricht der siebenfachen Fläche des Bodensees. Weil sein einziger Abfluss einst nach einem Ausbruch des Vulkans Nemrut verschlossen wurde, hat sich der Vansee zu einem natürlichen Stausee entwickelt und seinen Salzgehalt immer weiter erhöht. Der Salzgehalt beträgt 21g Salz/Liter mit einem pH-Wert von 10. Heute können nur noch wenige Pflanzen- und Tierarten in ihm gedeihen. Die letzten Fischvorkommen gibt es an den Mündungen der Zuflüsse. Obwohl angestaut, nimmt der Vansee nicht weiter an Fläche zu. Das trockene Klima sorgt für eine hohe Verdunstung, der Wasserspiegel bleibt konstant.

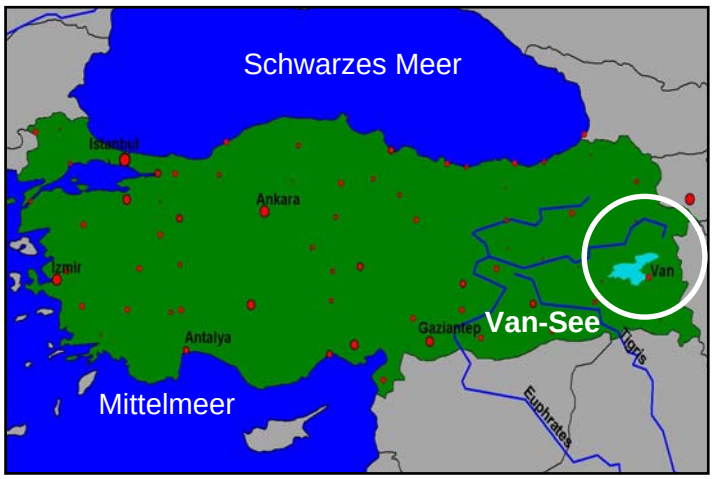

Abbildung 6: Lageplan

Um die Region des Van-See mit genügend Trink- und Brauchwasser versorgen zu können sind ausreichende Süßwasserspeicher nötig. In diesem Zusammenhang entstand die Idee, den nördlichen, rund 500 km² großen Teil des Van-Sees über ein Dammbauwerk vom restlichen Teil abzutrennen und zu einem Süßwasserspeicher umzugestalten ohne ein zusätzliches Speichervolumen mit entsprechendem Landverlust und negativen ökologischen Folgen schaffen zu müssen (vgl. Abb.7 und Abb.8).

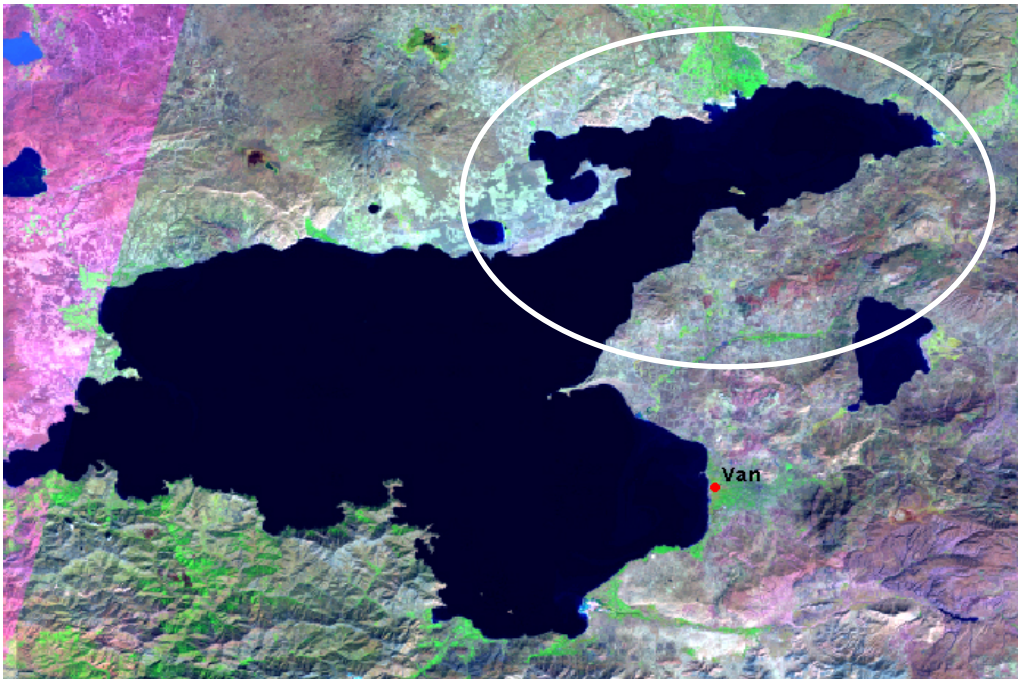

Abbildung 7: Nord-Östlicher Teil des Van-Sees (weißer Kreis)

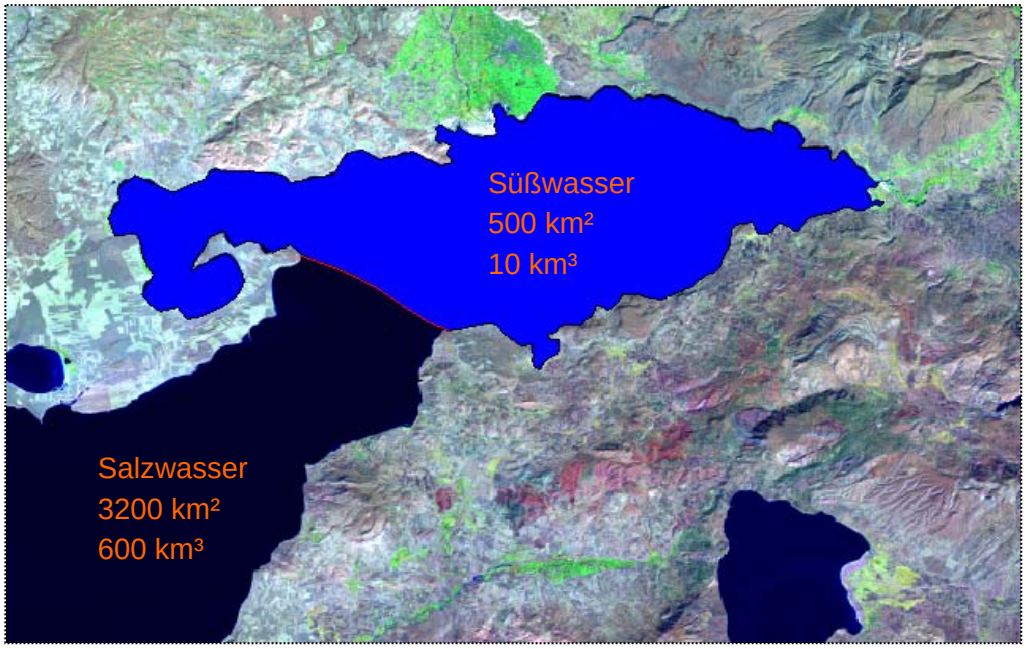

Abbildung 8: Geplantes Süßwasserreservoir im Nord-Ost-Teil des Van-Sees

Ein weiterer positiver Effekt wäre eine Verbesserung der Infrastruktur, die sich durch einen Verkehrsweg über den Damm ergeben würde. Auf diese Weise würde die Verkehrsanbindung aus dem Westen des Sees in Richtung Van und Iran um 200-30 km verkürzt werden. Für die stark befahrenen Uferstraßen des nord-östlichen Teils des Van-Sees bedeutet dieser zusätzliche Verkehrsweg eine erhebliche Verkehrsentlastung (vgl. Abb.9).

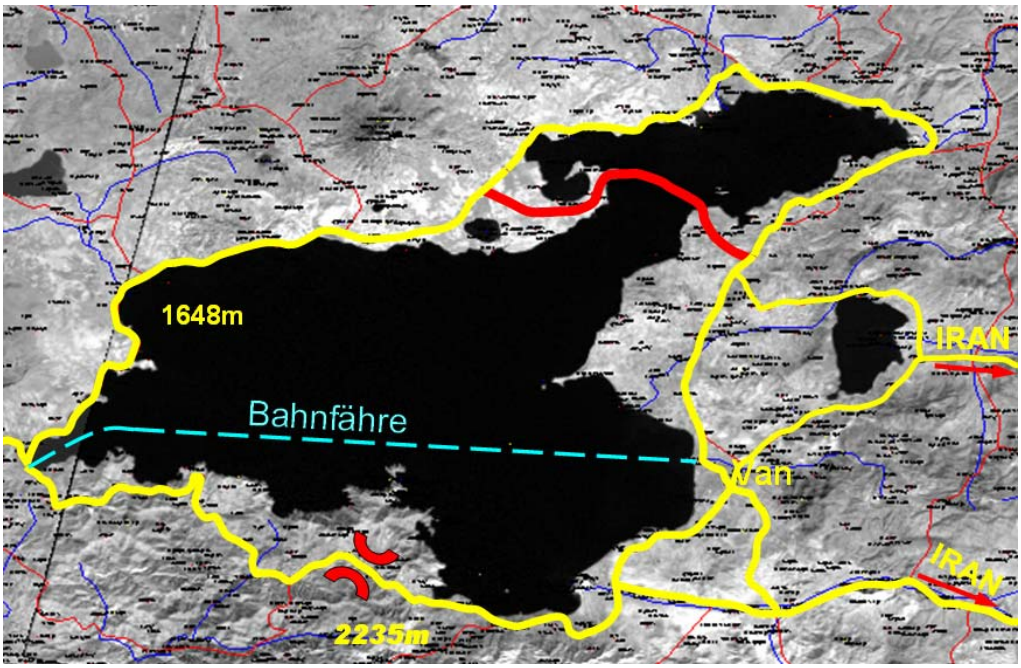

Abbildung 9: Verkehrswege rund um den Van-See (gelb); neue Verkehrsverbindung über den Damm (rot)

Durch den Süßwasserzufluss aus dem Bendi Mahi Cayi stiege der Süßwasseranteil stetig an. Gleichzeitig kommt es, so die Projektidee, zu einer gravimetrischen Trennung zwischen Süß- und Salzwasser indem sich das Salzwasser durch seine größere Dichte gegenüber dem Süßwasser absetzt. Über einen im Damm integrierten Grundablass könnte der abgetrennte nördliche Teil entsalzt werden und es entstünde im Laufe der Zeit (Bestimmung über numerisches Modell) ein Süßwasserspeicher. Um die Entsalzung über einen Grundablass zu realisieren wäre eine Wasserspiegelanhebung im nördlichen Teil des Van-Sees von 40-50 cm nötig. Durch diese Anhebung des hydraulischen Potentials (Energiehöhe) im Oberwasser wird der Durchfluss durch den Grundablass und somit die Erzeugung einer Schichtenströmung erst möglich.

In den Abbildungen 10-13 ist schematisch das Prinzip der gravimetrischen Entsalzung des nördlichen Van-See-Teils mit dem geplanten Dammbauwerk dargestellt.

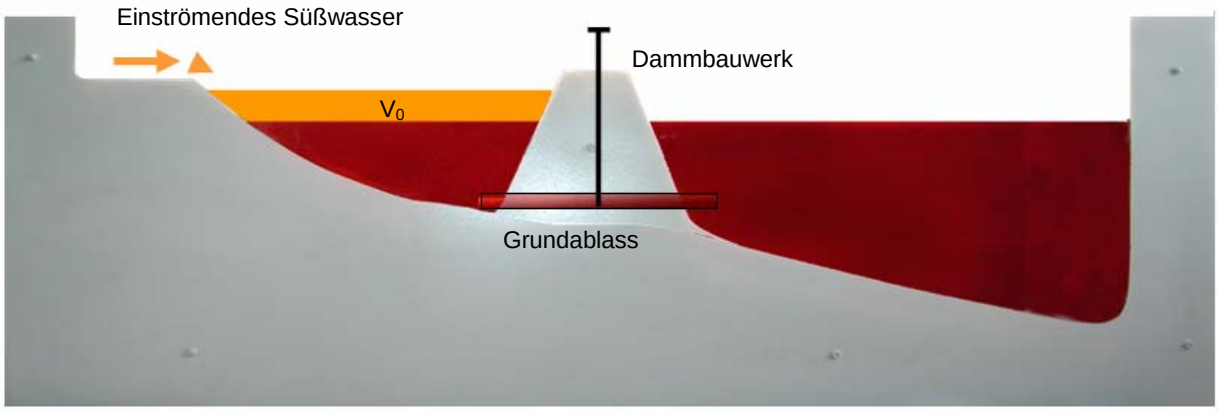

Abbildung 10: Ausgangssituation nach Erstellung des Dammbauwerkes

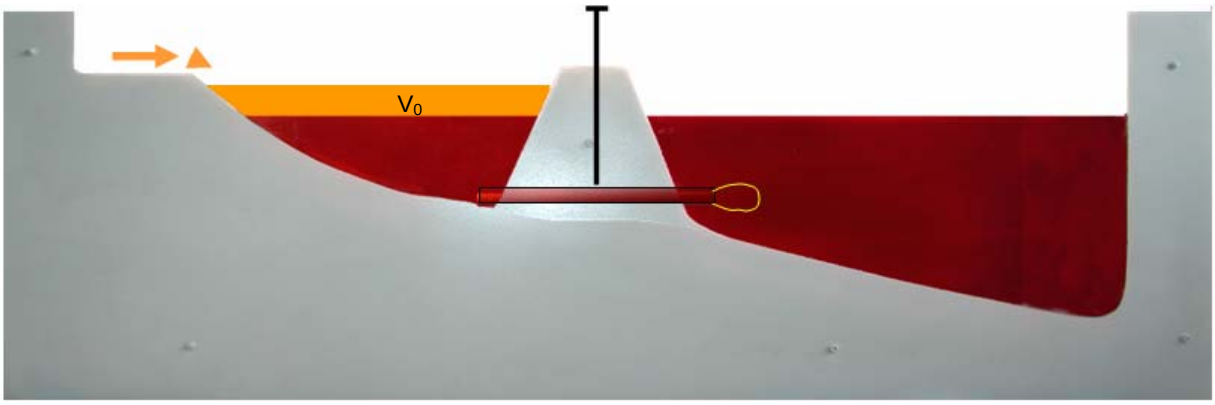

Abbildung 11: Beginn der kontrollierten Entsalzung über Grundablass (t=0)

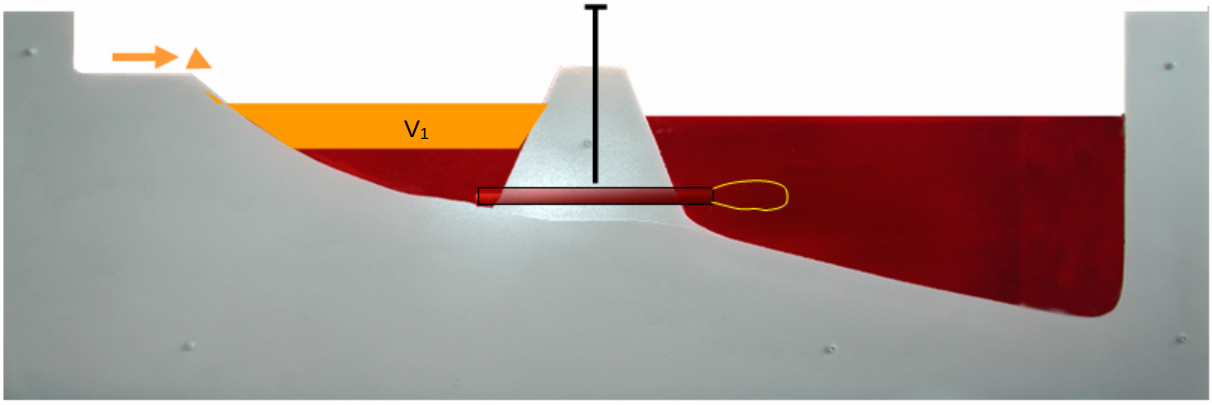

Abbildung 12: Fortschreitende Entsalzung (t_1)

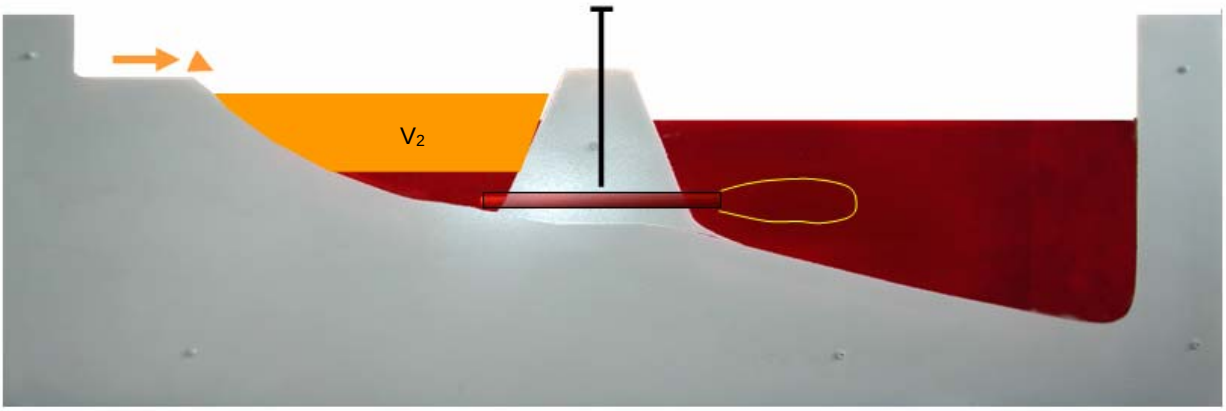

Abbildung 13: Fortschreitende Entsalzung (t_2)

Im August 2004 (vgl. Abb.14-16) unter der Leitung von Dipl.-Phys. H. Langhans Voruntersuchungen im Projektgebiet durchgeführt. Da Süßwasser gegenüber Salzwasser eine geringere elektrische Leitfähigkeit besitzt wurde der Wert der elektrischen Leitfähigkeit zur Bestimmung von Salzwasser- und Süßwasserkonzentrationen herangezogen. Die Messungen zeigten, dass die Durchmischung von Süß- und Salzwasser durch die geringe Menge an Süßwasser tatsächlich soweit fortgeschritten waren, dass nur noch geringe Unterschiede des Salzgehalts über die Tiefe und Fläche feststellbar waren. Dies ist an den gemessenen, sich kaum verändernden Werten der elektrischen Leitfähigkeiten im nord-östlichen Seeteil zu er-

kennen (siehe Abb.16). Der Grund hierfür ist der geringe Wassereintrag durch Niederschläge und Zuflüsse, der im Monat August sein Minimum besitzt. Da während der Feldmessungen am vierten Tag starker Wind mit Wellengang von bis zu 1 m herrschte, konnte die Durchmischung sehr gut beobachtet werden. Der Energieeintrag durch die Sonne ist zudem erheblich. Die Temperatur des Sees an seiner Oberfläche betrug ca. 23° C, die Lufttemperatur zur Mittagszeit fast 30° C bei wolkenfreiem Himmel. Daher rühren auch die Temperaturunterschiede, die besagen, dass die Temperaturen im flacheren Mündungsbereich minimal höher liegen als im tieferen westlicheren Teil.

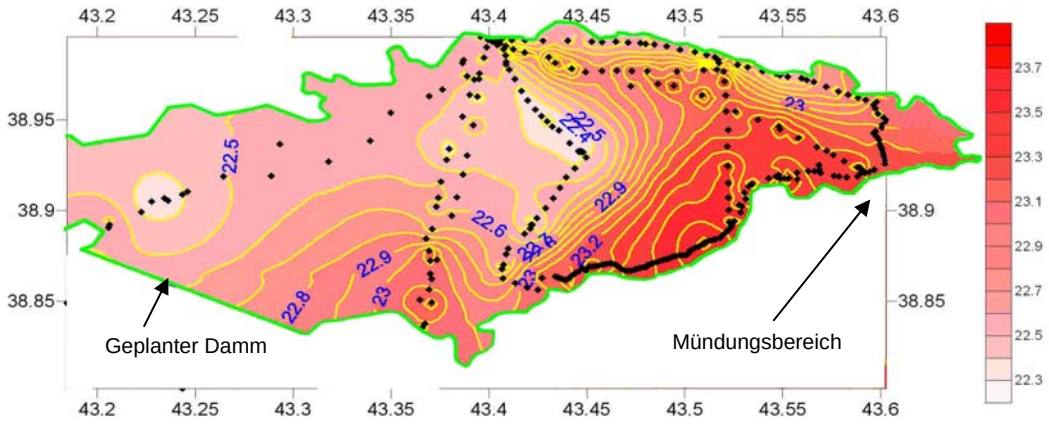

Abbildung 14: Messwerte der Temperatur [°C] im nord-östlichen Seeteil

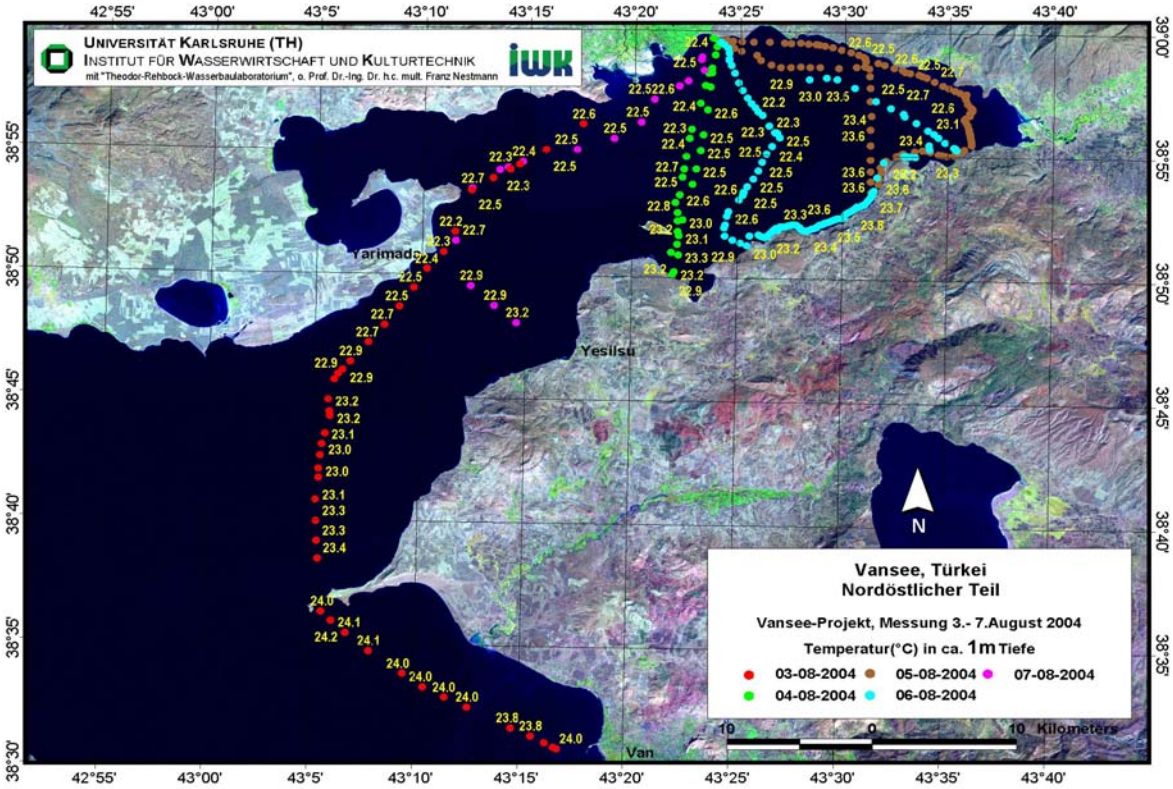

Abbildung 15: Übersicht über die 5 verschiedenen Messrouten; hier mit Aufzeichnung der Temperatur in 1m Tiefe

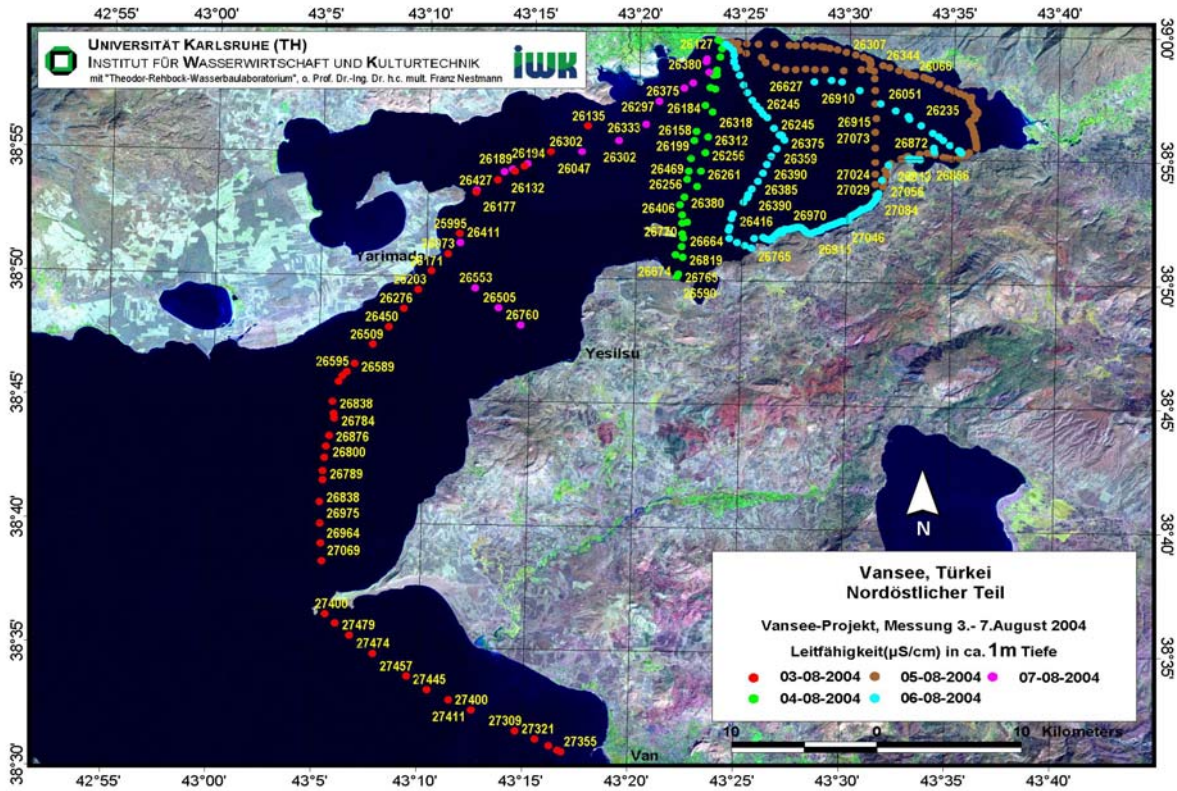

Abbildung 16: Aufzeichnung der Leitfähigkeit in 1m Tiefe entlang der Messrouten

Im April 2005 folgte dann eine zweite Messreihe vor Ort. Mit den gleichen technischen Voraussetzungen wie bereits in der ersten Feldmessung wurden an 4 Tagen nochmals umfangreiche Messungen durchgeführt. Im Monat April erreichen die Süßwassereinträge durch Niederschläge als auch durch den Zufluss des Bendi Mahi Cayi ihr Maximum. Die Wassermassen der Schneeschmelze sowie der Eintrag der Niederschläge konnte durch die Messungen im Mündungsbereich in überzeugender Weise nachgewiesen werden. Die Überschichtung des Salzwassers mit Süßwasser wurde besonders stark im östlichen Teil, nahe dem Zufluss des Bendi Mahi Cayi nachgewiesen (Abb.17).

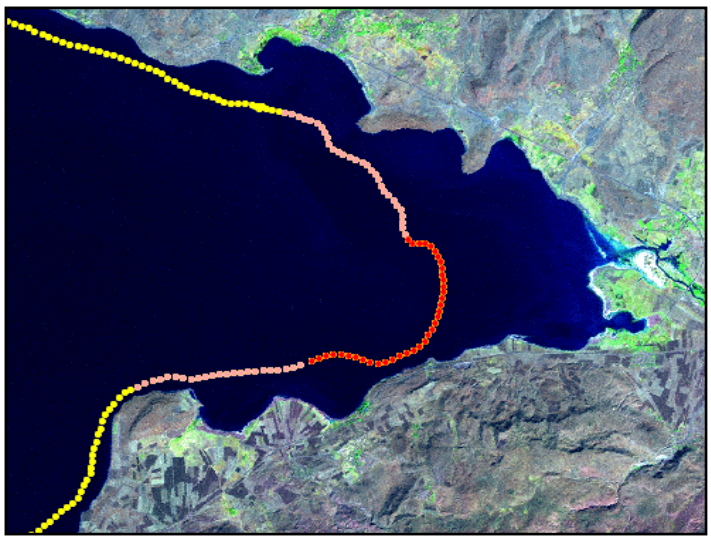

Abbildung 17: Messroute; Darstellung der Leitfähigkeiten des Seewassers von hoch (gelb) bis niedrig (rot)

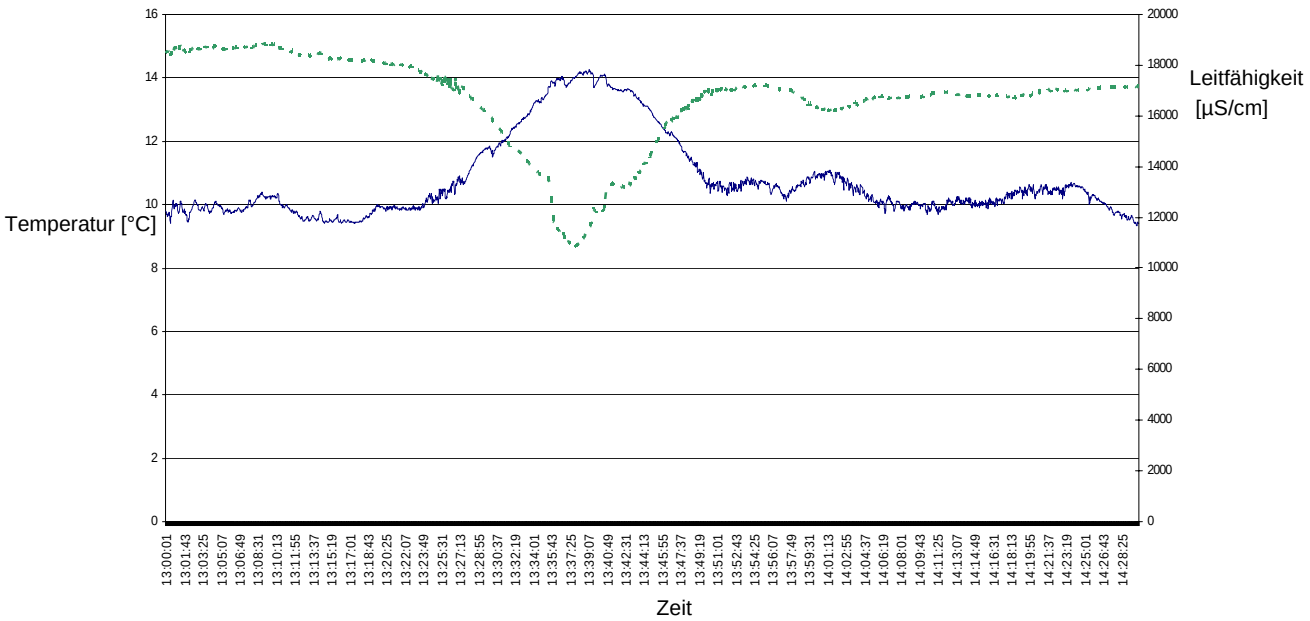

Abbildung 18: Darstellung der Temperatur und Leitfähigkeit entlang der Messroute aus Abb. 15

Besonders bemerkenswert war dabei die signifikante Temperaturerhöhung der oberen Wasserschicht. Betrug die Temperatur im westlichen Teil in etwas 1 m Tiefe 7° C, so waren es bis zu 14° C im östlichen Teil (vgl. Abb.18). Leider konnte aus Zeitgründen die Temperatur des Flusswassers vor der Einmündung in den See nicht ermittelt werden. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass die Süßwassertemperatur bei 14° C oder höher liegt (notwendig zur Erreichung einer Mischungstemperatur von 14° C). Es ist eher anzunehmen, dass die Temperatur der durch Schmelzwasser gespeisten Süßwasserzuflüsse im April noch unter 10° C liegen. Weiterhin zeigten die Messungen in einer Tiefe von 1 m ein Abfallen der elektrischen Leitfähigkeit des Van-See-Wassers im Mündungsbereich des Bendi Mahi Cayi. Da die elektrische Leitfähigkeit von Süßwasser im Vergleich zum Salzwasser geringer ist, ist davon auszugehen, dass die obere Schicht aus Süßwasser besteht.

Die Auswertungen zeigen, dass sich im Van-See unter natürlichen Verhältnissen in der Zeit eines großen Süßwassereintrages eine stabile Schichtenströmung entsteht. Dies bestätigt die grundsätzliche Projektidee.

Neben der Messung von Temperatur und Leitfähigkeit wurden im April 2005 zusätzlich über ein Echolot-Messgerät (Eagle Fish Elite) Sohldaten des Sees aufgenommen. Für die in einer weiteren Projektphase vorgesehenen numerischen Untersuchungen hinsichtlich der Schichtenströmung wurde auf Basis der Echolotmessungen ein DGM erstellt (vgl. Abb.19 +20).

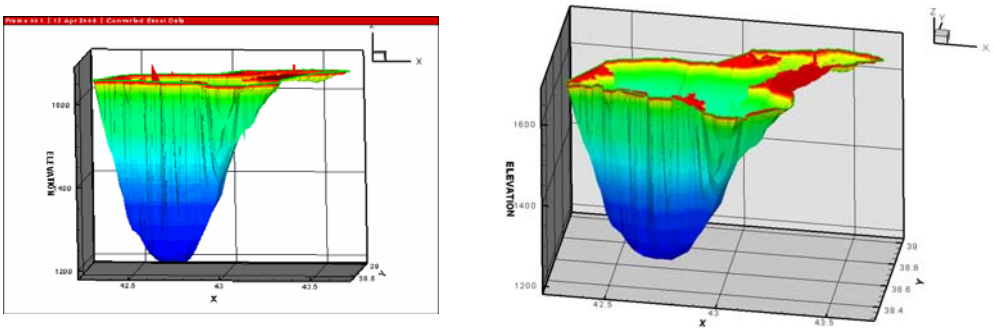

Abbildung 19: DGM des gesamten Van-Sees

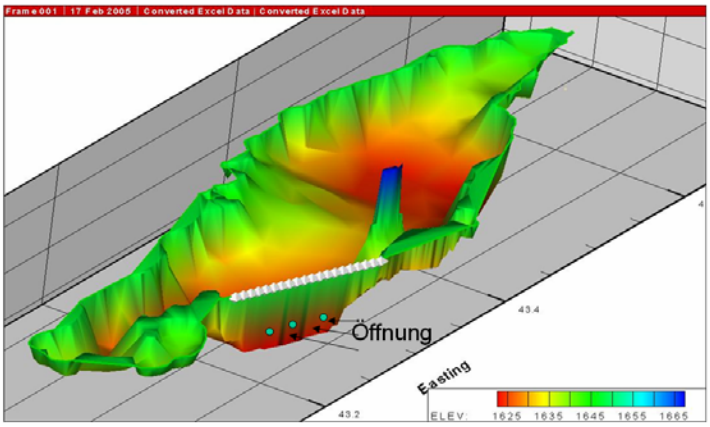

Abbildung 20: DGM des Nord-Ost-Seeteils mit geplanter Dammkonstruktion incl. Grundöffnungen zur gravimetrischen Entsalzung

Aufgrund der in Kapitel I.2. dargestellten Schwierigkeiten bezüglich der Kooperation mit den türkischen Behörden, konnten die Arbeiten am Van-See nicht weitergeführt werden. Weitere Untersuchungen oder Auswertungen folgten nicht.

1.2 Projektabschnitt Aralsee

Der Aralsee ist nach dem Kaspischen Meer der zweitgrößte Binnensee der Welt. Die Hauptzuflüsse sind die Flüsse Syrdarja (im Norden) und Amudarja (im Süden). Da diesen Flüssen seit der Stalin-Ära (Beginn des intensiven Baumwollanbaus in Kasachstan und Usbekistan) viel Wasser für die künstliche Bewässerung der riesigen Anbauflächen entnommen wird, sank und sinkt der Wasserspiegel des Sees (vgl. Abb.21). So sank der Wasserspiegel derart stark ab, dass im Jahr 1990 der nördliche Teil des Aralsees durch eine natürliche Bodenschwelle vom Hauptsee getrennt wurde.

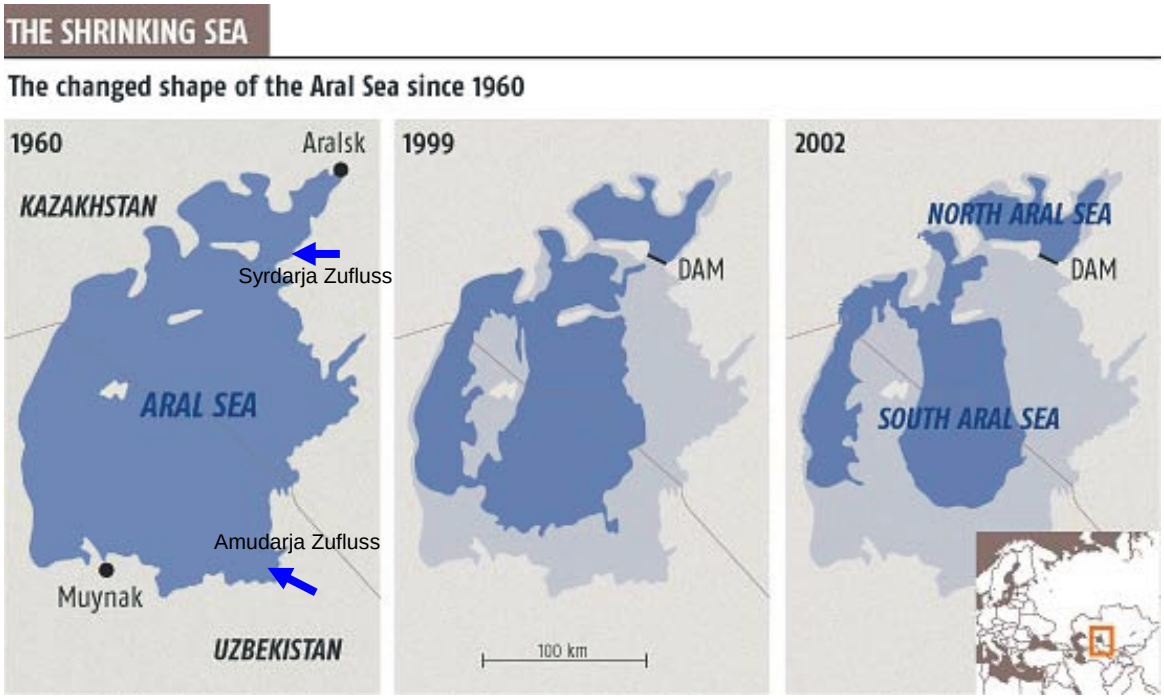

Abbildung 21: Flächenverlust des Aralsees seit 1960

In Anbetracht dieser für das ökologische Gleichgewicht der gesamten Region bedrohlichen Situation und um zumindest den nördlichen Teil zu retten, vereinbarten die im Einzugsgebiet liegenden Staaten Kasachstan, Usbekistan, Kirgistan, Turkmenistan und Tadschikistan die Realisierung eines langfristig angelegten Gesamtentwicklungsplans, des so genannten Aralsee-Programms. Im Zuge der Umsetzung des Aralsee-Programms sollte in der ersten Phase zunächst das „Syrdarja und Nord-Aralsee-Programm (SYNAS)“ umgesetzt werden. Das Projekt umfasste die Konstruktion und Rehabilitierung von wichtigen Flussbauwerken am Syrdarja sowie den Bau einen permanenten Dammes am Nord-Aralsee.

Nach dem ein bereits bestehender Damm aufgrund seiner unzulänglichen Bauweise wieder brach, ließ die Regierung Kasachstans mit finanzieller Unterstützung der Weltbank in den Jahren 2001 bis 2005 den so genannten Kokaral-Damm erbauen. Der 13 Kilometer lange und 8m hohe Damm wurde entlang der Wasserscheide zwischen dem kleineren nördlichen und dem größeren südlichen Beckens des Aralsees errichtet. Er wurde nach der Halbinsel, die er überquerte als Kokaral-Damm bezeichnet. Zusätzlich zu diesem Dammbau wurden auch Maßnahmen ergriffen, um die Bewässerungssysteme des Syrdarja zu verbessern, welcher in den nördlichen Teil des Sees mündet. Im Zuge dessen wurden Kanäle ausgebessert und zum Teil auch ausbetoniert um den Wasserverlust zu reduzieren. Auf diese Weise sollte wieder mehr Wasser in den See geleitet werden.

Der Erfolg dieser Maßnahmen ist deutlich erkennbar. Der Syrdarja, der in den Neunzigern kaum noch Wasser in den Aralsee einspeiste, mündet nun wieder als stattlicher Strom ein. Der Kokaral-Damm sorgt dafür, dass der gesamte Zufluss der Syrdarja nun allein dem nördlichen Seebecken zugute kommt und dort zu einem Aufstau des Wasserspiegels führt. Durch die Flutung des nördlichen Aralseebeckens mit Wasser vom Syrdarja stieg der Wasserstand in den letzten drei Jahren kontinuierlich von 36 auf 43 Meter ü. NN. Auch der Salzgehalt konnte erheblich gesenkt werden. Messungen von kasachischer Seite bestätigen dies (vgl. Abb. 22).

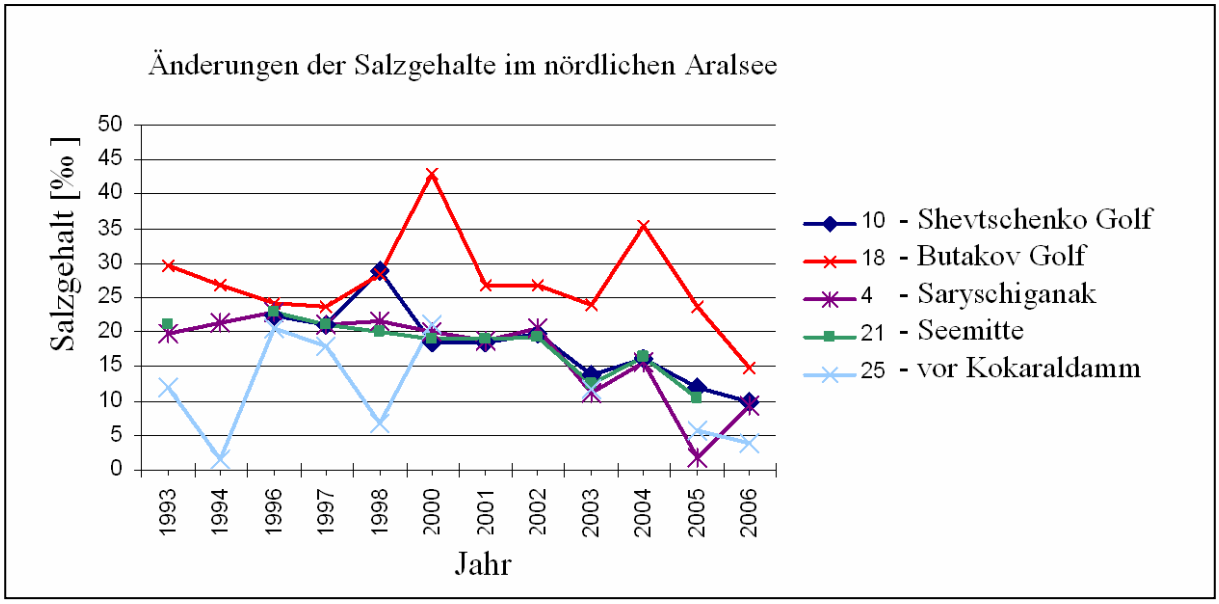

Abbildung 22: Kasachische Messungen der Salzgehalte in verschiedenen Teilen des Nord-Aralsees

Der WSP-Anstieg in den letzten Jahren von 7m reichte dennoch nicht aus, um den Wasserspiegel bis zur Stadt Aralsk im Norden heranzubringen. Nach den Plänen der zuständigen

Wasserbehörden ist es gerade für diese Stadt von großer Bedeutung die Fischerei, Schifffahrt und Infrastruktur hier wieder zu beleben und damit die sozialen Verhältnisse essentiell zu verbessern. Aus diesem Grund hatte die kasachische Regierung beschlossen, einen zweiten Staudamm zu planen und umzusetzen. Dieser soll im Rahmen einer Fortführung des SYNAS-Projektes - SYNAS II - weiter verfolgt werden. Der Damm soll nahe der Siedlung Saryschiganak (Lage siehe Abb.23) an der engsten Stelle des Sees errichtet werden. Demnach soll eine Kaskade bestehend aus zwei Dämmen – dem bereits erwähnten Kokaral-Damm und dem noch zu errichtenden Saryschiganak-Damm entstehen. Für die Erstellung der Baupläne des Saryschiganak-Dammes wurde von der kasachischen Oberwasserbehörde im Landwirtschaftministerium ein Projektierungsinstitut in der Stadt Almaty beauftragt. Zur Einstauung des Saryschigangak-Stauraumes ist ein ca. 80 Kilometer langer Zubringerkanal eingeplant. Dieser soll mit einem variierenden Durchfluss von 50 m³/s (Niedrigwasserperiode) und 100 m³/s (Hochwasserperiode) das Flusswasser des Syrdarja bis zum Saryschiganak-Stauraum transportieren. Allerdings haben die Projektanten in den Bauplänen des Saryschiganak-Dammes ähnlich wie bei Kokaral-Damm keinen Bodenauslass vorgesehen. Dies würde dazu führen, dass das etwas schwerere Salzwasser aus dem geschichteten Stauraum nicht abgelassen und dadurch der Saryschiganak-Stauraum nicht entsalzt werden kann. Gerade dies ist jedoch für die Erschaffung eines Süßwasserreservoirs, wie es die Projektidee vorsieht unabdingbar. Aufgrund dieser Überlegungen stand bei der Fortführung des Projektes am Aralsee vor allem die Integration eines Grundablasses für den neuen Saryschiganak-Damm im Zentrum. Mit Hilfe vorgeschlagener Konzepte zur gravimetrischen Trennung von Salz und Süßwasserschichten ist so eine Entsalzung möglich.

Mit Hilfe erworbener Satellitenaufnahmen konnte ein digitales Geländemodell des Saryschiganak-Stauraumes erstellt werden (vgl. Abb.23). Dieses diente im Vorlauf der weiteren Projektarbeit als Grundlage für die Ermittlung der Aralsee-Volumina.

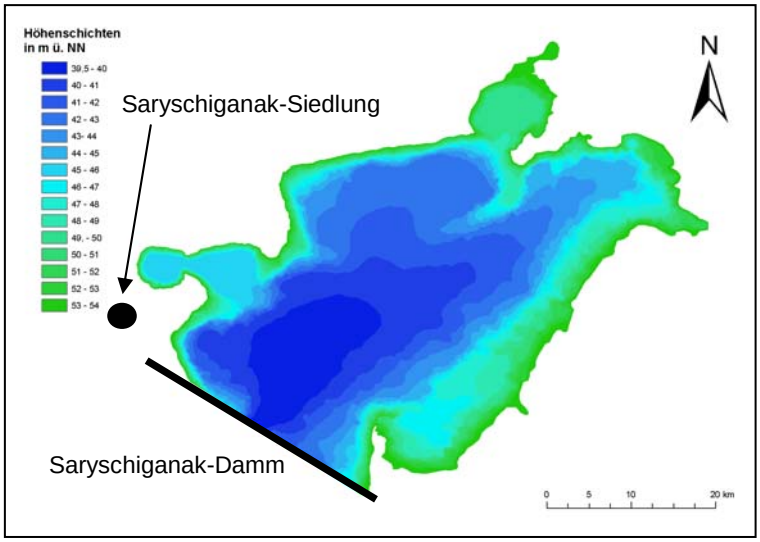

Abbildung 23: Digitales Geländemodell des Saryschiganak-Stauraumes

Im Sommer 2007 folgten nach gründlicher Vorbereitungsphase die Messkampagne am Aralsee. Dabei wurde mit der gleichen Messausrüstung wie schon bei den Messungen am Van-See gearbeitet (vgl. Abb.24). Zunächst wurden die Temperaturen und elektrische Leitfähigkeit mit Hilfe eines Messbootes entlang des Syrdarja von Kysylorda im Osten in Richtung Mündungsbereich gemessen (vgl. Abb.25).

Abbildung 24: Messboot zur Durchführung der Untersuchungen entlang des Syrdarja und im Aralsee

Charakteristisch für die Aufteilung des Salzgehaltes im Aralsee ist die stetige Zunahme der Salzkonzentration des Flusswassers im Syrdarja bis hin in den Deltabereich und weiter in den Wasserkörper des Aralsees hinein. Vergleiche der Messergebnisse der Salzkonzentrationen im Aralsee mit Messungen aus dem vergangenen Jahr wiesen eine gute Übereinstimmung auf.

Abbildung 25: Messpunkte entlang des Syrdarja

Bei den entsprechenden Messungen vor dem Kokaral-Damm stellte sich heraus, dass sich im Wasserkörper keine Schichtenströmungen einstellen. Dies war auch zu erwarten, da das Syrdarja-Delta in unmittelbarer Nähe des Kokaral-Dammes einmündet und dadurch das zufließende Wasser vor dem Damm eine intensive Durchmischung initiiert. Ein weiterer Grund hierfür ist zudem die Konstruktionsweise des Dammes. Wie bereits erwähnt, ist von den Projektanten im Kokaral-Damm kein Bodenauslass vorgesehen worden. Daher kann das schwerere salzhaltige Wasser aus dem Stauraum nicht kontinuierlich abfließen und es können sich demzufolge auch keine Schichtenströmungen einstellen.

Abbildung 26: Blick auf die Entlastungsanlage des Kokaral-Damms von UW-Seite

Zudem ist die Entlastungsanlage im Kokaral-Damm in Form eines Überfalls erbaut worden. Bei dieser Konstruktionsweise fließen die Überwassermengen aus den oberen Wasserschichten des gestauten Aral-Sees ins Unterwasser ab (vgl. Abb.26). Gerade diese Betriebsweise widerspricht unserer Entsalzungsidee, bei welcher nicht die oberen süßwasserhaltigen, sondern die unteren salzhaltigen Wasserschichten aus dem Staudamm abgelassen werden sollten.

Daher liegt der Gedanke nahe, dass der Damm zur Erzeugung der erforderlichen Schichtenströmung so umgebaut werden müsste, dass in ihrem unteren Teil Grundablässe integriert werden. Diese Grundablässe erlauben die sohlnahen Wasserschichten ins Unterwasser der von uns vorgeschlagenen Entsalzungsanlage abzulassen. Damit können Schichtenströmungen nach dem oben geschilderten Prinzip generiert werden, die dann die Entsalzungsprozesse im gestauten Kokaral-Stauraum in Gang setzen würden.

Messungen im weiter östlich liegenden Shevchenko Golf ließen auf höhere Salzgehalte als im Nahbereich des Kokaral-Damms schließen (vgl. Abb.27). Hinsichtlich der Planung des neuen Saryshiganak-Dammes sind dies wichtige Erkenntnisse für die geplante Entsalzung des nördlichen Aralsees.

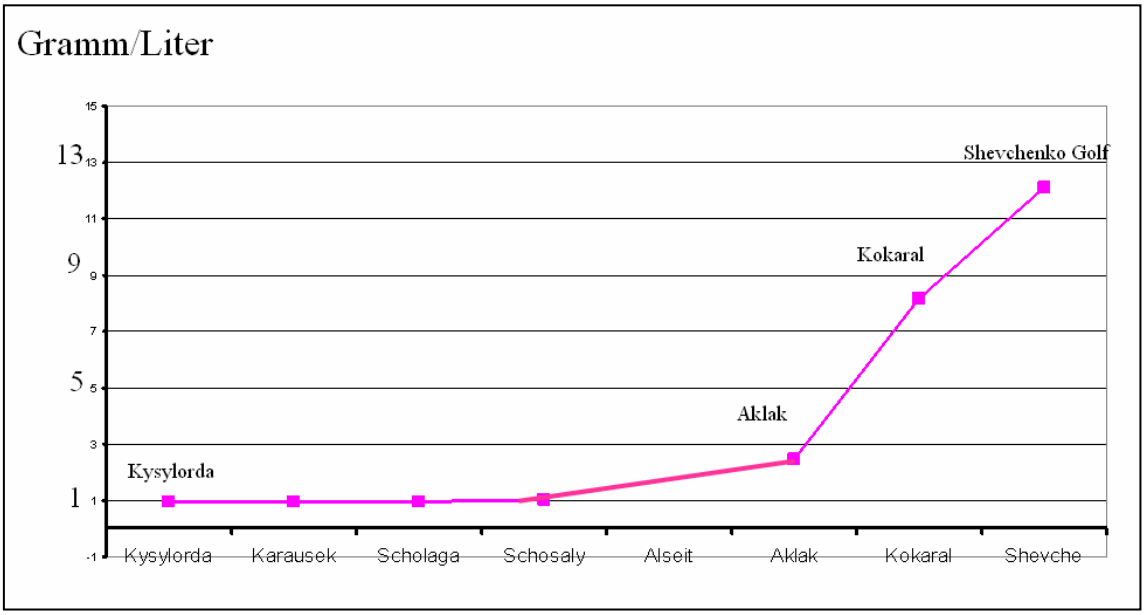

Abbildung 27: Salzgehaltwerte entlang der Messroute

Die Zuleitungen in den Stauraum des Saryschiganak-Dammes sollten demnach in möglichst großer Distanz zum Damm erfolgen, um eine Durchmischung direkt vor dem Damm zu verhindern. Nur auf diese Weise kann durch einen Grundablass im Dammbauwerk eine Schichtenströmung erzeugt werden. Es wird daher nicht empfohlen, die Zuflusskanäle aus dem Syrdarja in Dammnähe einzuleiten.

Abbildung 28: Planungsunterlagen des kasachischen Planungsbüros bezüglich der Zuleitungskanäle

Die bisherigen Planungsvorhaben des kasachischen Planungsbüros in Almaty (siehe Abb.28) empfehlen wir in dieser Weise nicht umzusetzen. Bei der Flutung des Saryschiganak-Stauraumes durch den Zubringerkanal würde das Süßwasser zu nahe an den Damm eingeleitet werden. Hierdurch könnte die Entstehung der Schichtenströmung gestört oder gar verhindert werden. Ohne Schichtenströmung kann keine Entsalzung mittels Grundablass erfolgen.

Vielmehr ist unsere Empfehlung, einen längeren Kanal zu errichten, mit dem Ziel, den Zufluss in den Stauraum möglichst fern des Dammes zu gewährleisten um eine Durchmischung des Süßwassers mit dem Salzwasser im Bereich des geplanten Grundablasses infolge von turbulenten Austauschvorgängen zu vermeiden (siehe Abb.29). Da bei dieser Variante die Trasse durch die angrenzende Seelandschaft geplant ist, verbessern sich durch deren Durchströmung auch die ökologischen Rahmenbedingungen dieser Seen.

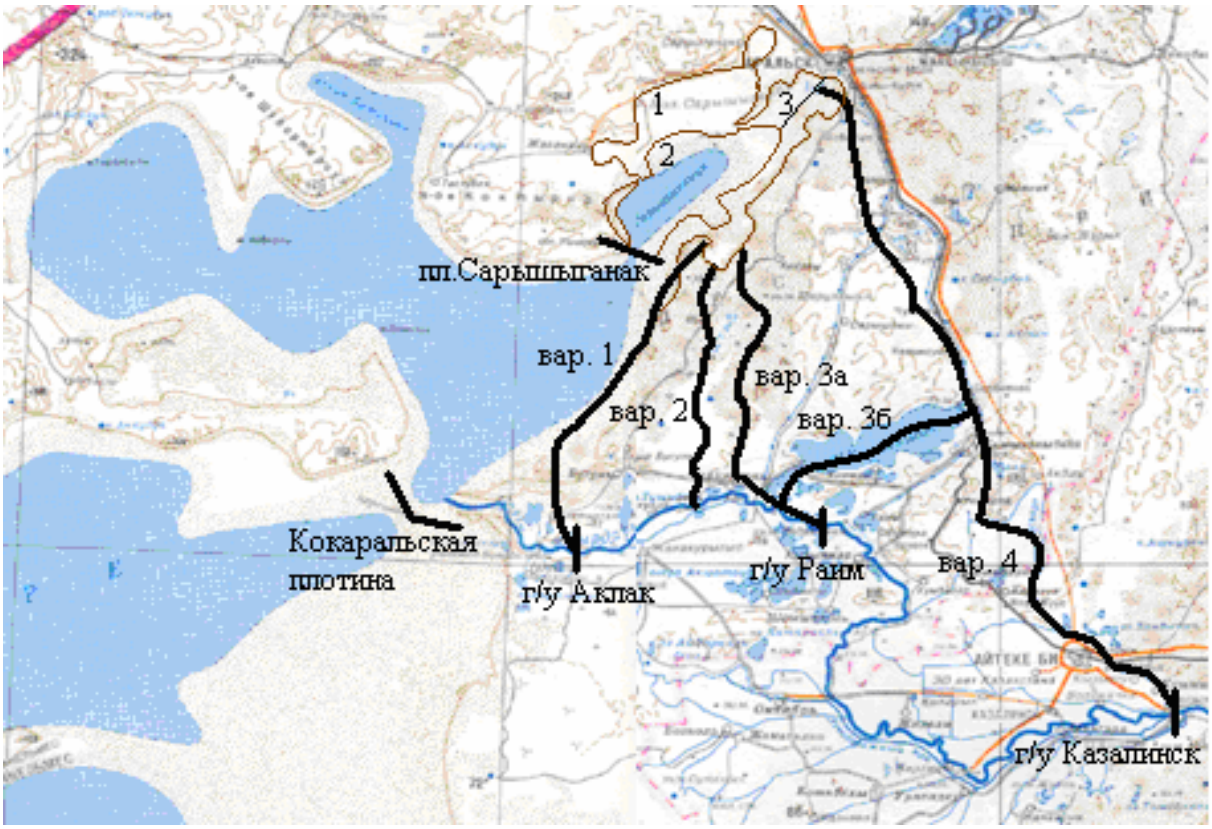

Abbildung 29: Geplante Zuleitungskanäle aus dem Syrdarja in den Saryschiganak-Stauraum. Variante 4 (ganz rechts) wird empfohlen, da die Einleitung hier in größerer Entfernung zum Damm erfolgt und so eine Vermischung in Dammnähe verhindert wird.

Für den Bau des Syraschiganak-Dammes wurde in ersten Planungen ein Stauziel von 46 m. ü. NN vorgesehen. Da jedoch ein Aufstau auf 46 m. ü. NN nach einer Analyse des digitalen Geländemodells (vgl. Abb.30) lediglich zu einer Tiefe des abgetrennten Seeteils von maximal 6 Metern führt, besteht aufgrund der klimatischen Bedingungen während der heißen Sommermonate die Gefahr eines Umkippens des Sees. Zudem reicht ein Aufstau auf 46 m. ü. NN nicht aus, um die Uferlinie an die Stadt Aralsk heranzuführen. Hierfür wäre ein Aufstau von mindestens 50, besser 52 m. ü. NN notwendig. Dies ist jedoch auch maßgeblich von den Zuflussvolumina abhängig. Ein weiterer positiver Effekt des Aufstaus wäre die Möglichkeit einer schnelleren Entsalzung, die sich durch den höheren Druckunterschied zwischen Ober- und Unterwasser einstellen könnte.

In Gesprächen mit dem kasachischen Agrarminister Dr. A. Esimov im Rahmen der Expedition im Juni 2007 konnte man ihn von diesem Vorschlag überzeugen und er wies daraufhin die Projektinstitute an, nach unserem Vorschlag die Planungen des Dammes fortan für eine Stauhöhe von 52 m. ü. NN fortzuführen. Bei diesem Stauziel wäre der Stauraum wesentlich tiefer und somit wären bessere ökologische Verhältnisse für die Fischerei geschaffen. In den 60-er Jahren war die Fischerei am Aralsee ein relevanter Wirtschaftszweig in der Region, die als Quelle für Devisen diente. Von daher strebt Kasachstan an, die Fischerei im nördlichen Aralseebecken wieder verstärkt zu beleben.

Die Abbildungen 30 und 31 zeigen den Einfluss einer Stauzielerhöhung von 46 auf 50 bzw. 52 m. ü. NN.

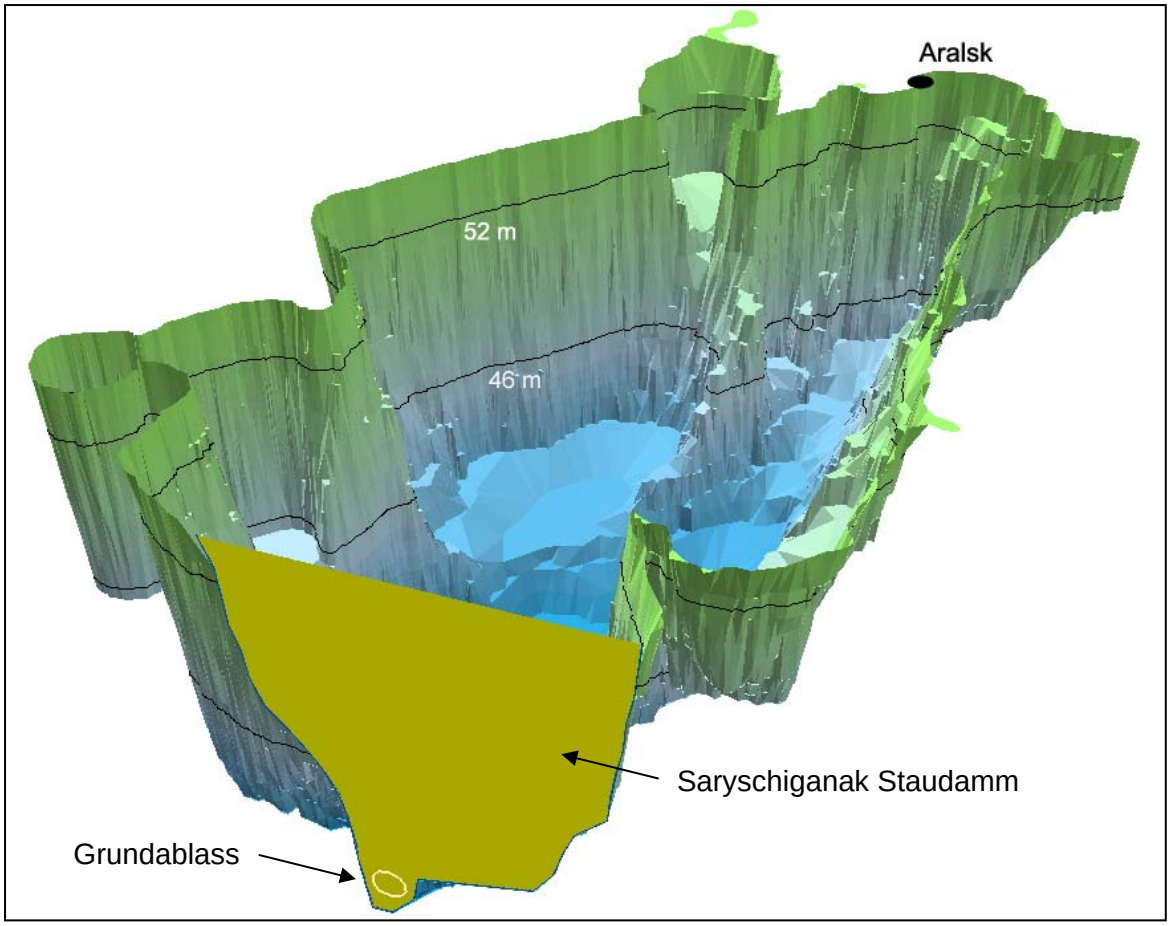

Abbildung 30: Dreidimensionales Geländemodell mit Wasserstandslinien für Stauziele von 46 und 52 m. ü. NN

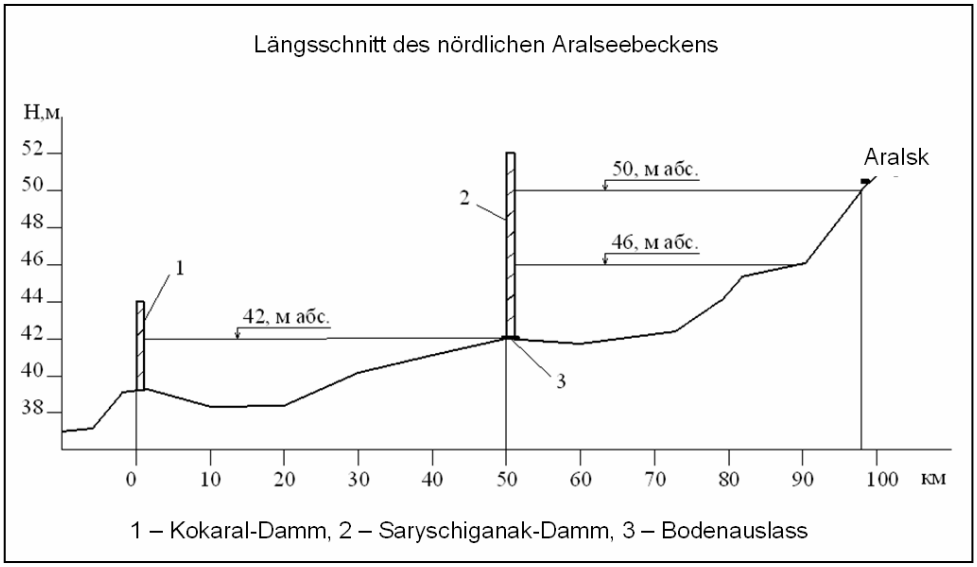

Abbildung 31: Längsschnitt durch Kokaral- und Saryschiganak-Stauraum, incl. Stauhöhen in m.ü.NN

Ein weiterer konstruktiver Vorschlag unsererseits ist die Errichtung eines Grundablasses im Saryschiganak-Staudamm, welcher von der zuständigen Projektfirma aus Kostengründen nicht berücksichtigt wurde (vlg. Abb.30). Allerdings nur mit Hilfe eines Bodenauslasses (Kontrollbauwerk) lassen sich Schichtenströmungen initiieren. Dies bedeutet eine Grundvorraussetzung für die Entsalzung des Saryschiganak-Stauraumes.

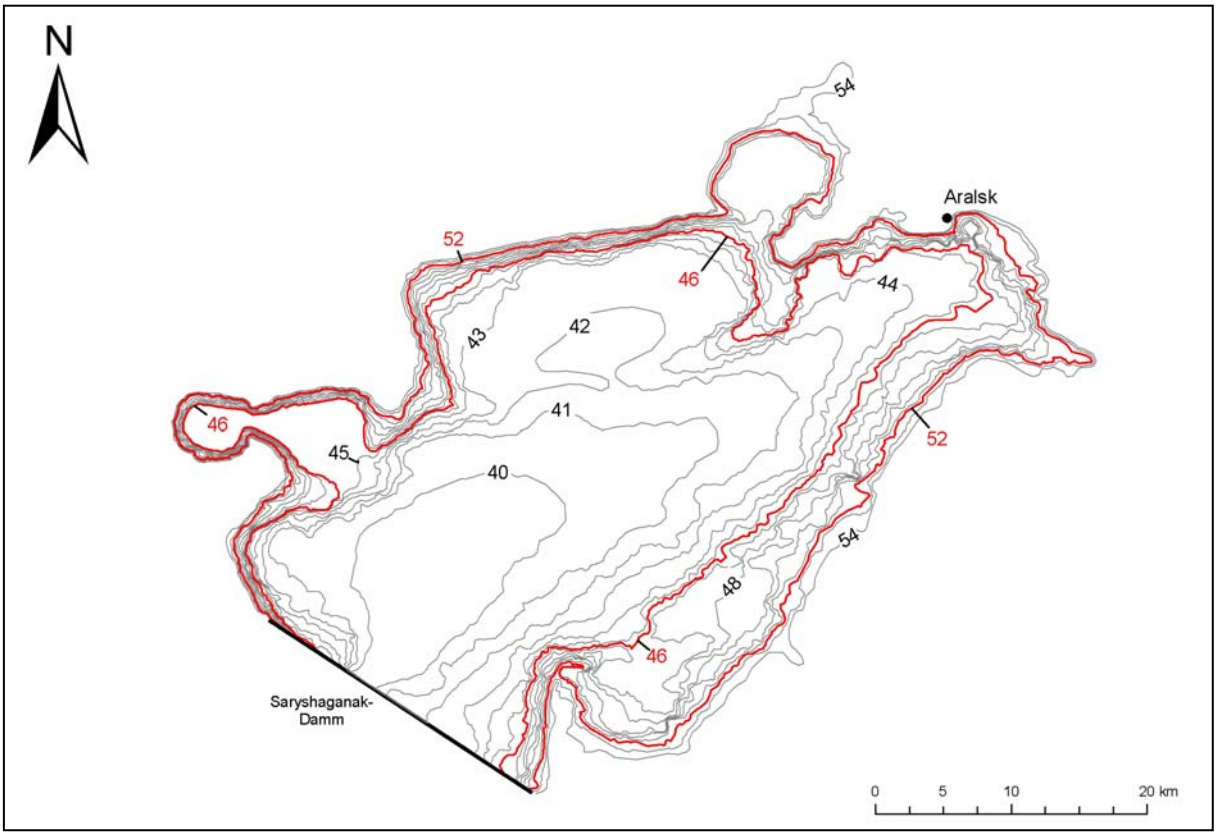

Abbildung 32: Höhenlinienplan des Saryschiganak-Stauraumes

Aus der Abb. 32 ist ersichtlich, dass nur bei einem Stauziel von 52 m. ü. NN im Saryschiganak-Stauraum der Wasserspiegel an die Stadt Aralsk herangebracht werden kann. Nur auf diese Weise kann die Schifffahrt hier wieder belebet werden. Sowohl die Schifffahrt als auch die Fischerei sind von der kasachischen Regierung als wichtigste Projektziele im SYNAS-Programm festgelegt worden.

2. Diskussion

Für die Anwendung der gravimetrischen Trennung von Salz- und Süßwasser im Van-See sprechen vor allem die sozioökonomischen Vorteile. Durch die Schaffung eines 500 km² großen Süßwasserreservoirs wäre eine sehr gute Trinkwasserversorgung der Region rund um den Van-See gewährleistet. Weiterhin könnte das Süßwasser auch zur Bewässerung von Feldern in der Landwirtschaft dienen. Möglich wäre zudem die Nutzung des Süßwassers zur Fischzucht. Auch die Verbesserung der Infrastruktur durch eine Querverbindung über den Damm wäre ein positiver Nebeneffekt.
Durch die Nutzung der gravimetrischen Trennung von Salz- und Süßwasser wird ein Süßwasserreservoir erschaffen, ohne zusätzlichen Landverbrauch, den ein Stausee im Flusslauf

zur Folge hätte. Zudem wird auf diese Weise die Fließcharakteristik des Flusses nicht negativ beeinträchtigt.

Bei der Anwendung auf den Aralsee kommen noch weitere Aspekte hinzu. Zum einen kann durch die Errichtung eines Querdammes unter der Voraussetzung stetigen Zuflusses eine Austrocknung (zumindest des Nordteils) verhindert und der Salzgehalt verringert werden (siehe Kokaral-Damm). Unter dem Aspekt, dass in dieser Region rund um den Aralsee viele Menschen unter dem Rückgang der Aralsee-Wasserspiegel leiden, da sie als Fischer oder Schiffer vom Wasser lebten, bedeutet dies eine Verbesserung der Lebensverhältnisse dieser Menschen und der gesamten Region. Die Abwanderung vieler Menschen aus der Gegend rund um den Aralsee könnte somit vermieden werden. Dieser positive Effekt lässt sich schon nach dem Bau des Kokaral-Dammes erkennen.

Zum anderen können durch die Errichtung der 2. Kaskade (Saryschiganak-Damm) die verheerenden Salzwinde reduziert werden. Das durch die Austrocknung abgelagerte Salz wird durch starke Winde immer wieder ausgetragen und führt zu einer erheblichen Belastung der Bevölkerung, Beeinträchtigung in der Landwirtschaft und sogar zu Schneeschmelzen im Gebirge. Durch den Anstieg des Wasserspiegels wird das Salz wieder gelöst und die Menge an abgelagertem Salz, was die Basis für die Salzwinde darstellt, wird abnehmen.

3. Veröffentlichungen der Ergebnisse

Im April 2005 wurde das Projekt auf der Internationalen Fachmesse für Wasser, Abwasser, Abfall und Recycling (IFAT) in München erfolgreich vorgestellt. Eine Vielzahl von Besuchern interessierte sich für die am BMBF-Stand installierte Präsentation. Über ein dreidimensionales Modell des NO-Teils des Van-Sees, Präsentationen sowie Poster und Bilder konnten sich Interessierte über die Projektidee informieren. Das Projekt wurde dem türkischen Umweltminister und seiner Delegation, türkischen Parlamentariern, Bürgermeistern und Wissenschaftlern vorgestellt. Auch der stellvertretende iranische Energieminister interessierte sich für dieses Projekt.
Im Mai 2005 folgte die Vorstellung des Projekts beim Türkischen Wasserbauamt (Devlet Su Isleri, DSI) in Ankara. Herr Prof. Dr. Nestmann hat das Projekt mit anschließender Diskussion vorgestellt. Der Präsident des Wasserbauamtes, Herr Prof. Dr. Eroglu, zeigte sich sehr beeindruckt und sicherte dem Projektvorhaben die volle Unterstützung seitens des Türkischen Wasserbauamtes zu.
Nach der Neuausrichtung des Projektes am Aralsee folgte im Oktober 2006 die erfolgreiche Vorstellung der Projektidee bei der obersten Wasserbehörde in Astana. Vorausgegangen waren schon im Frühjahr 2006 die Unterzeichnung eines Kooperationsvertrags sowie erste Gespräche mit den örtlichen Wasserbehörden. Im weiteren Verlauf der Projektzeit folgten im Rahmen von Arbeitstreffen mit den kasachischen Behörden, Projektpartnern sowie bei Seminaren und Workshops folgende Vorträge:

- R. Krohmer: Generalvortrag „Probleme der Entsalzung des geplanten Stauraumes Saryschiganak am Aral-See“, Internationale Konferenz anlässlich des 70 jährigen Jubiläums des Institutes für Geografie der Akademie für Wissenschaften Kasachstans, Almaty, August 2008

- R. Krohmer: Vortrag „Konzepte zur Entsalzung des nördlichen Teils des Aral-Sees“, Offizieller Empfang beim Gouverneur des Gebietes Kysyl-Orda mit Vertretern der Öffentlichkeit und Verwaltungen, Kysyl-Orda, August 2008
- R. Krohmer: Vortrag „Ist der Aral-See noch zu retten ?“, Bürgerversammlung der Stadt und Region Kysyl-Orda unter Führung des Staatlichen Umweltamtes, Kysyl-Orda, August 2008

IV. (1) Kurzfassung / Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN: -	**2. Berichtsart:** Endbericht
3a. Titel des Berichts: Wissenschaftliche Untersuchung der gravimetrischen Trennung von Süßwasser und Salzwasser in Salzseen Projekt Van-See, Türkei Projekt Aralsee, Kasachstan	
3b. Titel der Publikation: -	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)): Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann Prof. h.c. Dr.-Ing. Rolf Krohmer Dipl.-Ing. Martin Kunze	**5. Abschlussdatum des Vorhabens:** 30.6.2009 **6. Veröffentlichungsdatum:** -
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n)): -	**7. Form der Publikation:** -
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse): Universität Karlsruhe (TH) Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik	**9. Ber.-Nr. Durchführende Institution (intern):** - **10. Förderkennzeichen:** 02WT0438 **11a. Seitenzahl des Berichts:** Teile I und II: 22 Teil III: 4 **11b. Seitenzahl Publikation:** -
13. Fördernde Institution (Name, Adresse): Bundesministerium für Bildung und Forschung Dienstsitz Bonn, Heinemannstr. 2 53175 Bonn – Bad Godesberg	**12. Literaturangaben**: 4 **14. Tabellen:** 0 **15. Abbildungen:** 32
16. Zusätzliche Angaben: keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum): Forschungszentrum Karlsruhe Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe Bereich Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE) Postfach 3640 76021 Karlsruhe Eingereicht am 25.8.2009	

18. Kurzfassung:

Das Ziel dieses Projektes war die wissenschaftliche Untersuchung zur gravimetrischen Trennung von Süßwasser und Salzwasser in Salzseen. Als Untersuchungsprojekt diente hierfür im ersten Teil der Untersuchungen der Van-See im Osten der Türkei sowie im zweiten Teil der Aralsee in Kasachstan. Die Grundidee umfasst die Erschaffung eines Dammes, der einen Teil des Sees aufstaut. Durch den Zufluss von Süßwasser in den aufgestauten Teil des Salzsees kommt es aufgrund von Dichteunterschieden zu Schichtenströmungen zwischen dem dichteren Salzwasser und dem weniger dichten Süßwasser. Durch Grundablässe im Dammbauwerk, soll durch die Ausnutzung dieser gravimetrischen Trennung das unterschichtige Salzwasser kontrolliert abgegeben und der aufgestaute See-Teil somit entsalzt werden. Auf diese Weise kann ein für die Trinkwasserversorgung der umliegenden Regionen eminent wichtiges Süßwasserreservoir erschaffen werde, ohne zusätzlichen Landverlust und ökologische Schäden im Unterlauf des dann aufgestauten Flusses. Darüber hinaus bieten sich neue Chancen für die örtliche Fischerei, die Schaffung neuer Infrastrukturwege durch die Dammverbindung sowie die Ausnutzung des Osmoseeffektes zur Stromerzeugung.
Die Idee der gravimetrischen Trennung von Salz- und Süßwasser unter Ausnutzung von Schichtenströmungen wurde im Rahmen dieses Projektes speziell für die gegebenen Fragestellungen entwickelt. Zur Initialisierung der notwendigen Schichtenströmung ergaben sich daraus die Vorschläge Grundablässe im geplanten Saryschiganak-Damm vorzusehen. Auch ein Nachrüstung des bestehenden Kokaral-Dammes mit Baumaßnahmen zur Entsalzung wurde hierbei in Betracht bezogen. Um ausreichend Zufluss in den Saryschiganak-Stauraum zu erhalten, wurden Vorschläge zur Lage von Zubringerkanälen entwickelt.
Die Schaffung eines Süßwasserreservoirs mit dem vorgeschlagenen definierten Stauziel von 52 m. ü. NN hat durch die dadurch entstehende Wiederbelebung der Schifffahrt, der Fischerei und der Fischzucht erhebliche positive sozioökonomische Auswirkungen.
Im Rahmen von Feldmessungen vor Ort wurden Salinitäten und Temperaturen gemessen. Ergebnisse dieser Messungen sind Kapitel II zu entnehmen.

19. Schlagwörter:

Aralsee; Van-See; Entsalzung; Salzwasser; Süßwasser; Schichtenströmung; Dichteströmung; Dammbauwerk; Grundablass

20. Verlag:	**21. Preis:** k. A.
Bericht: keiner	

IV. (2) Abstract / Report Sheet

1. ISBN or ISSN: -	**2. Type of Report:** final report
3a. Report Title: Scientific Research of Gravimetric Separation of Saltwater and Freshwater in Saltlakes Project Van Sea, Turkey Project Aral Sea, Kazakhstan	
3b. Titles of Publication: -	
4a. Authors of the Report: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann Prof. h.c. Dr.-Ing. Rolf Krohmer Dipl.-Ing. Martin Kunze	**5. End of Project:** 30.6.2009 **6. Date of Publication:** -
4b. Authors of Publication: -	**7. Form of Publication:** -
8. Performing Organisation: University of Karlsruhe (TH) Institute for Water and River Basin Management,	**9. Originators Report No.:** - **10. Reference No.:** 02WT0438 **11a. Number of Pages, Report:** Part I und II: 22 Part III: 4 **11b. Number of Pages, Publication:** -
13. Sponsoring Agency: German Federal Ministry for Education and Research based in Bonn Heinemannstr. 2 53175 Bonn – Bad Godesberg	**12. Number of References**: 4 **14. Number of Tables:** 0 **15. Number of Figures:** 32
16. Supplementary notes: none	
17. Presented at: Forschungszentrum Karlsruhe Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe Bereich Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE) Postfach 3640 76021 Karlsruhe Submitted on August 25, 2009	

18. Abstract:

The objective of this project was the scientific research of the gravimetric separation of saltwater and freshwater in salt lakes. The investigation area was the Van Sea (Turkey) in the first part as well as the Aral Sea (Kazakhstan) in the second part of this project. The basic idea is the creation of a dam structure which dams up a part of the salt lake. The inflow of fresh water into the dammed up part of the lake causes stratified flow due to the density differences of saltwater and freshwater. Based on the utilisation of gravimetric separation the lower saltwater layer shall be released through a dewatering conduit in the dam so that the reservoir can become desalinated. In this way, a reservoir of drinking water can be created which would be eminently important for the surrounding region. All this can be achieved without additional lost of land or ecological damages in the downstream of the river, which then will be dammed up. Furthermore, new chances for the local fishery, the creation of new infrastructure over the dam connection as well as the utilisation of the osmotic effect for power generation (Reverse Electro Dialysis) will be offered.

The idea of gravimetric separation of saltwater and freshwater using the principle of stratified flow had been engineered especially for this project and its tasks. To initialise the required stratified flow, dewatering conduits in the projected Saryschiganak-Dam were suggested. Also a back-fitting of the already existing Kokaral-Dam including measures for desalinisation had been considered. To get enough inflow into the Saryschiganak-Dam, suggestions for possible feeder channels were made.

The creation of a freshwater reservoir with the suggested retention water level elevation of 52 m. ü. NN has remarkable positive socioeconomic effects due to the reactivation of shipping, fishery and fish farming.

In the framework of in situ measurements salinities and temperatures were indicated. For results of these measurements please look at Chapter II.

19. Keywords: Aral Sea; Van Sea; Desalinisation; Saltwater; Freshwater; Stratified Flow; Density Flow; Dam Structure; Dewatering Conduit

20. Publisher: Report: none

21. Price: not specified