

# DER ARALSEE & DER BAIKALSEE

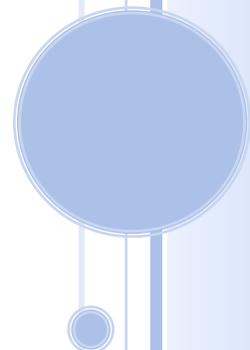
*Eine Analyse der Wassermassenveränderung*

Im folgenden Bericht wird eine räumliche und zeitliche Analyse des Wasserverlustes vom Aralsee & Baikalsee, anhand der Bestimmung des normalisierten, digitalisierten Wasserindex (NDWI) verwirklicht.

Luca Klück, Tim Sahre, Saskia Tiedt und Peter Weber

Bericht im Fach: Entscheidungsfindung durch räumliche Analyse

08.02.2019



## GLIEDERUNG

Abbildungsverzeichnis.....	1
Einleitung .....	3
Vorstellung der Seen.....	3
Der Aralsee.....	3
Geographische Lage.....	4
Historische Entwicklung .....	4
Der Baikalsee .....	4
Geographische Lage.....	5
Historische Entwicklung .....	5
Daten und Methodik.....	6
Der Aralsee.....	6
Daten.....	6
Methodik .....	6
Der Baikalsee .....	8
Daten.....	8
Methodik .....	9
Ergebnisse.....	11
Aralsee.....	11
Baikalsee .....	13
Diskussion.....	14
Fazit .....	16
Literaturverzeichnis .....	17

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Geographische Lage und zeitliche Entwicklung des Aralsees (Unbekannter Autor, 2016) .....	4
Abbildung 2: Geographische Lage des Baikalsees (Lesniewski, 08.02.2019) (ARTE G.E.I.E, 2013) .....	5
Abbildung 3: Multispec .....	7
Abbildung 4: Binäres Schwarz-Weiß-bild des Aralsees von 1985.....	8
Abbildung 5: Vektorisieren (Raster nach Vektor).....	8
Abbildung 6: Modelbuilder in QGIS .....	9
Abbildung 7: Rasterbild des Baikalsees .....	10
Abbildung 8: „Löcher“ im Polygon schließen über einen Schwellenwert .....	10

Abbildung 9: Verrauschte Normierung aufgrund starker Bewölkung bei Szene aus den 1970er Jahren ..... 11

Abbildung 10: Darstellung der Ergebnisse, für den Aralsee, in einer Excel-Datei am Beispiel des Jahres 2006 ..... 11

Abbildung 11: Diagramm für die Umfang- und Flächenveränderungen am Aralsee ..... 12

Abbildung 12: Verwendete Tabelle zur Darstellung des Diagramms aus Abbildung 11 ..... 12

Abbildung 13: Ergebnistabellen für den Aralsee ..... 13

# DER ARALSEE & DER BAIKALSEE

## *Eine Analyse der Wassermassenveränderung*

### EINLEITUNG

Ziel der hier gesetzten Aufgabe ist eine räumliche Analyse mit Hilfe von ArcGIS oder QGIS zu bewerkstelligen. Von der Gruppe ausgewählt wurde das Thema: „Eine räumliche und zeitliche Analyse des Wasserverlustes vom Aralsee & Baikalsee, anhand der Bestimmung des normalisierten, digitalisierten Wasserindex (NDWI)“

Dafür sollen geeignete Daten gesammelt und aus diesen eine zweckentsprechende Geodatenbasis geschaffen werden. Hierbei liegt das Augenmerk darauf, dass die Geodaten so bearbeitet werden, dass sie räumlich aneinander abgestimmt sind, damit im Anschluss eine Analyse und Bewertung der Daten und herausgefilterten Informationen getätigt werden kann

### VORSTELLUNG DER SEEN

Um zu Beginn einen allgemeinen Überblick über die beiden Seen zu erhalten, werden im folgenden Kapitel die geographische Lage und historische Entwicklung der beiden Seen vorgestellt. Auch wenn der Aralsee und der Baikalsee unterschiedliche Charakteristiken ausweisen, so sehen sich doch beide mit ähnlichen Problemen konfrontiert. Daher kann die Analyse der Gemeinsamkeiten sowie der Unterschiede beider Seen ein besseres Licht auf die jeweiligen Problemstellungen werfen und somit ein wertvolles Instrument zur Entwicklung möglicher Handlungsweisen darstellen.

### Der Aralsee

Schon ab 1960 konnte man deutlich sehen, dass immer weniger Wasser in den Aralsee hineinfließt. Im Zeitraum von 1961 bis 1970 floss von der ursprünglichen Menge nur noch 70 %, im Zeitraum von 1971 bis 1980 nur noch 30 % in den Aralsee. Somit hat der Aralsee ca. 75 % seiner ehemaligen Wassermenge eingebüßt. Die Uferlinien haben sich an manchen Stellen bereits um fast 120 km verschoben (Unbekannter Autor, 2002).

„Zurzeit ist das Gewässer nicht einmal mehr halb so groß (30900 km<sup>2</sup>) und hat dabei etwa 75% seines früheren Wasserinhaltes verloren.“ (Unbekannter Autor, 2002)

## Geographische Lage

Der Aralsee liegt geographisch gesehen auf 45° nördliche Breite und 60° östliche Länge. Die Anreinerstaaten zu diesem Gewässer sind Kasachstan im Norden und Usbekistan im Süden. Der Grenzverlauf der beiden Länder liegt in der Mitte des Sees. Folglich ist der Aralsee in zwei Länder geteilt. Gespeist wird der See durch den östlich liegenden Syr-Darja Zufluss und dem südlichen liegenden Amu-Darja Zufluss (Anon, 2002).



Abbildung 1: Geographische Lage und zeitliche Entwicklung des Aralsees (Unbekannter Autor, 2016)

## Historische Entwicklung

Im sogenannten Kalten Krieg begann der intensive Aufbau von Monokulturen mit Hauptaugenmerk auf Baumwollanbau in der Region der damaligen UdSSR. Daher wurde in den 1960er Jahren der Karakum-Kanal gebaut. Dieser zweigt von Amu-Darja ab und leitet seit seinem Bau knapp die Hälfte der Wassermengen zu Baumwollfeldern in der Region (Axel Springer SE, 2014). Vor Beginn des Baus des Karakum-Kanals war der Aralsee der viertgrößte See auf der Erde mit einer Oberfläche von 66900 km<sup>2</sup> (incl. 2350 km<sup>2</sup> Inseln) mit einem Volumen von 1056 km<sup>3</sup> (Unbekannter Autor, 2002) und hatte fast die Größe des heutigen Bundeslandes Bayern (70.5 km<sup>2</sup>) (Axel Springer SE, 2014).

Bereits im Zeitraum von 1974 bis 1986 existierte keine Verbindung zwischen dem Syr-Darja und dem Aralsee. Auch aus dem Amu-Darja betrug die Zuflussmenge ab 1985 unter günstigen Bedingungen maximal 10 % der ehemaligen Wassermengen (Unbekannter Autor, ohne Datum). Dadurch kam es 1989 zur Spaltung des Aralsees. So entstand eine erstmals 1987 auftauchende Landzunge, die sich nun sukzessiv durch das Verringern des Wasserspiegels vergrößerte und den Aralsee in den kleinen nördlichen und in den großen südlichen Teil teilte (FOCUS Online Group GmbH, 2014).

Als die UdSSR zusammenbrach, kam das Problem an die weltweite Öffentlichkeit. Seitdem wird bis heute um den Aralsee gekämpft. Viele Wiederaufbau – Projekte wurden gestartet um den Aralsee zu retten. Der kleine Aralsee hat sich bis heute gut erholt und konnte, vor allem durch den Kokaral-Damm, wieder stabilisiert werden. Für den großen Aralsee gibt es jedoch nicht viel Hoffnung, da dort eine Renaturierung fast unmöglich ist (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 2007).

## Der Baikalsee

Der Baikalsee beherbergt mit 23000 km<sup>3</sup> circa ein Fünftel der nichtgefrorenen Süßwasserreserven der Welt.

(Unbekannter Autor, 2019)

Aufgrund des Auseinanderdriftens der eurasischen und der amurischen Kontinentalplatten erweitert und vertieft sich der Baikalsee jedes Jahr um ca. 2 cm. Mit seiner Gesamtfläche von 31500 km<sup>2</sup> ist der Baikalsee jedoch schon heute eines der weltweit größten Binnengewässer. Mit einer maximalen Tiefe von 1637 m (durchschnittliche Tiefe von 730 m) ist der

Baikalsee zudem der tiefste See der Welt (Unbekannter Autor, 2019).

## Geographische Lage

Der Baikalsee befindet sich inmitten Russlands in der Region Ostsibiriens. Seine geographischen Eckpunkte liegen bei 51° 27,5' und 55° 46,2' nördlicher Breite, sowie bei 103° 42,5' und 109° 57,5' östlicher Länge. Die Oberfläche des Baikalsees liegt 456 m über dem Meeresspiegel. Seine Länge beträgt 636 km und seine Breite schwankt zwischen 25 km und 79,5 km. Der See speist sich aus über 336 Flüssen und zahlreichen Bächen. Die größten Zuflüsse stellen die Obere Angara, die Selenga und der Bargusin. Der einzige Abfluss des Baikalsees ist die Angara (Unbekannter Autor, 2019).



Abbildung 2: Geographische Lage des Baikalsees (Lesniewski, 08.02.2019) (ARTE G.E.I.E, 2013)

## Historische Entwicklung

Der Baikalsee ist nicht zuletzt wegen seiner Eigenschaft als Süßwasserspeicher von Interesse. Aufgrund seiner relativen Abgeschlossenheit konnte sich hier eine Vielzahl von Tier und Pflanzenarten entwickeln und erhalten. 80% der über 3500 Tier- und Pflanzenarten, welche in der Region leben, sind endemisch. Aufgrund seiner Artenvielfalt gilt der Baikalsee als "Galapagos Russlands". Aus diesem Grund wurden um das Gebiet um den Baikalsee schon früh verschiedene nationale Schutzgebiete ins Leben gerufen. Im Jahr 1996 wurde die Region zudem in die UNESCO-Liste der Weltnaturerbe aufgenommen (UNESCO, 2019). Die Vielzahl der ins Leben gerufenen Schutzzonen führten jedoch zu administrativen Problemen hinsichtlich der jeweiligen Zuständigkeiten, ungeklärten Besitzverhältnissen und der generellen Planung sowie Abstimmung unterschiedlicher Vorhaben. Aus diesem Grund wurde 1999 das Baikalsee-Gesetz, welches die Region in 3 Zonen unterteilt, verabschiedet (Greenpeace, 2019). Dieses Gesetz regelt das Zusammenspiel der unterschiedlichen nationalen Schutzgebiete, Naturparks, Nationalparks und Biosphärenreservate und stellt der Politik verbindliche Regelwerke zum einheitlichen Handeln zur Verfügung. Eines der wichtigsten Ziele des Gesetzes besteht hierbei darin, den Naturschutz mit einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung der Region zu vereinbaren.

Aufgrund wirtschaftlicher Interessen und gleichzeitig geringem politischen wie öffentlichen Interesse kam es in der Vergangenheit jedoch trotz Bemühungen um den Naturschutz immer wieder zu Umweltproblemen. Seit dem 2. Weltkrieg wurde die infrastrukturelle Anbindung an die einst isolierte Region stetig vorangetrieben. Transsibirische Eisenbahn und Baikal- Amur- Magistrale ermöglichten erstmals eine Industrialisierung der Region. So wurde 1966 eine Papier- und Zellstofffabrik, deren Abwässer zunächst größtenteils ungeklärt in den See abgeführt wurden, in der Region eröffnet. Durch die entstehenden Arbeitsplätze wuchsen die Städte in der Region. In der Folge nahmen Umweltprobleme durch Industrie, Tourismus, exzessiven Fischfang, etc. weiterhin zu. Die Papierfabrik wurde zwar schließlich nach langen Diskussionen im Jahr 2012 geschlossen, Umweltschützer warnen jedoch weiterhin vor Gefahren. Nicht nur aufgrund geringer Niederschläge beginnt der Wasserpegel des Sees zu sinken. Geplante Großprojekte, wie der auf Seiten der Mongolei geplante Staudamm am Selenga-Fluss, gefährden den Zustand des Baikalsees weiterhin (Mauder, 13.08.2018).

## DATEN UND METHODIK

Um die Diversität der verwendbaren Software aufzuzeigen wurden für die Seen ein jeweils anderer Weg für die Methodik gewählt. Teilweise hängt die Wahl auch mit der Verfügbarkeit der verwendbaren Daten zusammen.

### Der Aralsee

#### Daten

Die im Projekt verwendeten Daten zur Untersuchung der beiden Seen wurden über den Earth Explorer bereitgestellt. Der Earth Explorer ist ein Angebot des USGS (United States Geological Survey) [<https://earthexplorer.usgs.gov/>] mit welchem Satellitenbilder gedownloadet werden können. Da das Projekt eine zeitliche Analyse des Umfangs und der Fläche des Aralsees vorsah, wurden Daten von 1970 bis heute – letzter Stand: 2013 - beschafft. Die Daten vor 1982 wurden vom Landsat 4,5 MSS (Multispectral Scanner) aufgenommen. Die Datenbeschaffung für die darauffolgenden Jahre wurde mit Daten des Landsat 4,5 TM (Thematic Mapper) realisiert. Projektdaten des Aralsees, die nach 2013 aufgenommen wurden, stammen vom Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) Satelliten.

#### Methodik

Zur Realisierung des Projektes wurde das Multispektrale Bilder- und Datenanalyse System „Multispec“ verwendet. In diesem Analysesystem wurden die zur Analyse benötigten Bänder der Landsataufnahmen eingeladen und verarbeitet. Da in der Projektarbeit der NDWI (normalisierter, digitalisierte Wasserindex) behandelt wurde, wurden die Bänder Grün, Rot und nahes Infrarot verwendet.

Zur besseren Darstellung wurde zusätzlich der Blaue Kanal mitverarbeitet. So kam am Ende des ersten Datenaufbereitungsschrittes ein 4-kanaliges Bild zustande.

Zur Weiterverarbeitung wurde das erstellte 4-kanalige Bild in das Open Source GIS QGIS importiert. Die Satellitenbilder des Aralsees bestanden aus zwei Satellitenaufnahmen, dem nördlichen und den südlichen Teil des Sees, denn der Bereich des Aralsees ist zu groß, um auf eine

Aufnahme des Satelliten zu passen. Somit mussten die Bilder in einem weiteren Arbeitsschritt zusammengesetzt werden. Da es sich um Rasterdaten handelt, wurden diese über das Plugin „GDAL“ und deren Funktion „virtuelles Raster“ zusammengefasst. Infolgedessen konnten die Aufnahmen für ein Jahr zusammen bearbeitet werden. Zur besseren Darstellung des Satellitenbildes und zur visuellen Kontrolle des Ausschnitts wurde das bearbeitete Bild über die Einstellungen in ein Falschfarbengemälde umgewandelt. Dafür wurden den RGB-Kanälen neue Bänder des zuvor bearbeiteten virtuellen Rasters zugeordnet. Die Zuordnung sah wie folgt aus:

- Rot = Band 4 (nahes Infrarot)
- Grün = Band 3 (Rot)
- Blau = Band 2 (Grün).

Die NDWI-Berechnung fand über den Rasterrechner statt. In diesem ist es möglich, mit Rasterdateien und deren einzelnen Kanälen zu rechnen. Die Formel zur Berechnung des NDWI ist die folgende:

$$\frac{\text{Band 4 (nahes Infrarot)} + \text{Band 2 (Grün)}}{\text{Band 4 (nahes Infrarot)} - \text{Band 2 (Grün)}}$$

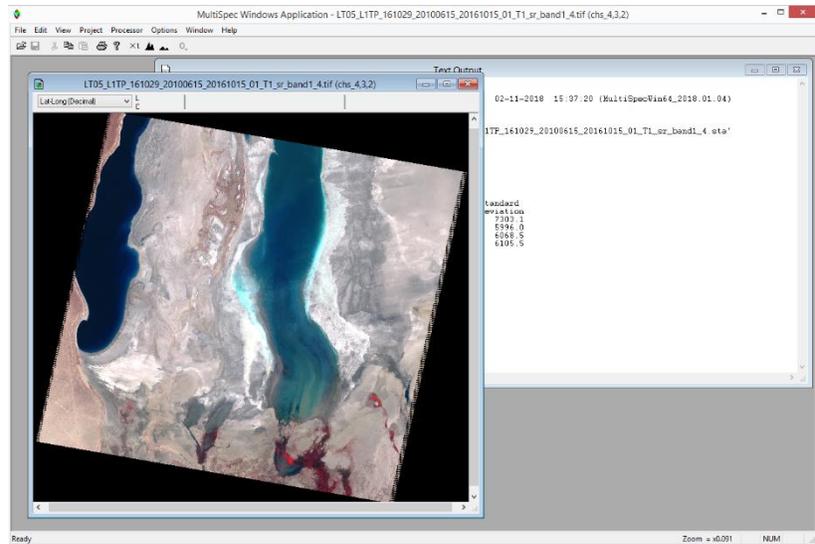


Abbildung 3: Multispec



Nach der Berechnung erhält man ein Graustufenbild, welches durch weitere Verarbeitung noch präzisiert wird. Das neu entstandene Rasterbild wird mit dem Informationstool von QGIS an verschiedenen Stellen untersucht. Somit kann man Informationen über den spektralen Grenzwert zwischen Landfläche und Wasser gewinnen. In diesem Beispiel war der Grenzwert bei rund 0,1. Im Rasterrechner wurde dieser Wert als Grenzwert für das neue Rasterbild angegeben. Somit war das Ergebnis nach dieser Funktion ein Schwarz-Weiß-Bild. Diesem wurden Rasterwerte vom 0 oder 1 zugeordnet (Wasser oder Landfläche).

Abbildung 4: Binäres Schwarz-Weiß-Bild des Aralsees von 1985

Anschließend musste das bearbeitete Bild noch vektorisiert werden. Dies vereinfacht die Berechnung des Umfangs und der Fläche. Dafür wurde die QGIS Funktion „Vektorisieren“ verwendet. Dabei werden Rasterdaten (in diesem Fall nur noch Daten, die aus den Werten 0 oder 1 bestehen) zu Flächen zusammengefasst.

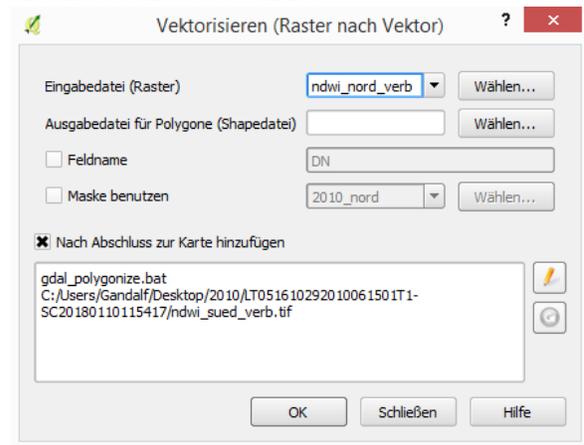


Abbildung 5: Vektorisieren (Raster nach Vektor)

Zum Schluss wurden alle Flächen markiert, die Landfläche darstellten. Diese konnten dann über die Attributtabelle aus der Vektordatei entfernt werden, so dass nur noch die Wasserfläche übrigblieb. Nachdem dieser Arbeitsschritt abgeschlossen war, konnte über die Attributtabelle und dem dort implementierten Rechner sowohl die Fläche als auch der Umfang des Aralsees bestimmt werden.

## Der Baikalsee

### Daten

Analog zum Aralsee wurden Landsat-Daten genutzt. Problematisch gestaltete sich das Finden von wolkenfreien Szenen in den 1970er und 1980er Jahren. Im Zeitraum 1970 bis 1979 wurden gar keine wolkenfreien Bilder gefunden. In den 1980er Jahren sind die Szenen teilbewölkt und verzerren das Ergebnis (Vgl. Abschnitt *Baikalsee-Methodik*). Genutzt wurden durchweg Landsat 4-5 TM C1 Level 1 Produkte. Dies gewährt eine sehr gute Vergleichbarkeit über die Jahre, da Auflösung und spektrale Bänder durchweg gleich sind.

Aktuellere Daten aus den Jahren nach 2010 wurden nicht ausgewertet, da bedingt durch den Shutdown der U.S.-Regierung die Server der USGS sehr langsam arbeiteten. Für diesen Zeitraum stehen nur Landsat 8 OLI-Daten zur Verfügung. Durch die höhere Auflösung und die erweiterten Spektralkanäle sind die Level-1-Produkte enorm groß (Ca. 1 GB pro Szene bei ca. 7 Szenen pro Zeitraum).

## Methodik

In verschiedenen Schritten wurde als Endprodukt ein georeferenzierter Polygonvektor des Baikalsees für alle Jahre erstellt.

Dazu wurde mit Hilfe des Graphical Modelbuilders von QGIS zunächst der NDWI ermittelt und normiert. Dazu waren lediglich die Kanäle B2 (Grün) und 4 (NIR) der Aufnahme nötig, ein Stacking entfiel somit (vgl. Abbildung 6).

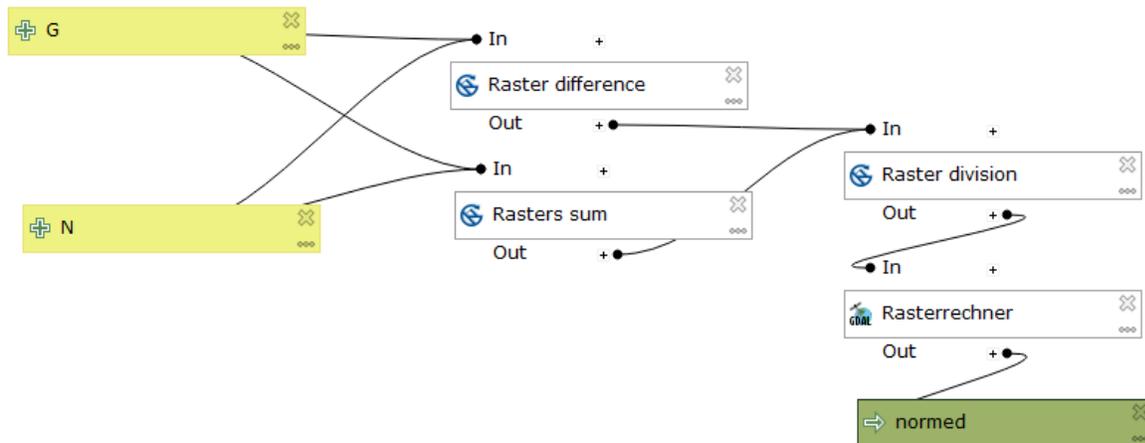


Abbildung 6: Modelbuilder in QGIS

Mit den in QGIS implementierten SAGA-Funktionen *Raster sum*, *Raster Difference* und *Raster division* wurde zunächst der NDWI nach der Formel...

$$\text{NDWI} = \text{green} - \text{nirgreen} + \text{nir}$$

...berechnet. Im Anschluss wurden die Rasterwerte noch auf 0 und 1 normiert, wobei sich im Fall der Landsat-Aufnahmen beim NDWI ein Schwellenwert von 0,1 als sinnvoll erwies. Durch die Nutzung des Modells konnte ein sehr effektiver Workflow erreicht werden, wodurch in recht kurzer Zeit 42 Satellitenbilder auswerten ließen.



Abbildung 7: Rasterbild des Baikalsees

Die einzelnen normierten Szenen wurden zu einem Rasterlayer verschmolzen. Ein im Vorfeld erstellter Cut-Layer (Vgl. Abbildung 7, rote Linie) diente als Schablone zur Extraktion eines kleineren Rasterbildes. Dies hat den Vorteil, dass der Aufwand bei der Bereinigung des später entstandenen Vektorlayers minimiert wird.

Im letzten Schritt wurde das Rasterbild vektorisiert. Die Bereinigung des stark fragmentierten Polygon-Shapes konnte schnell über die Attributttabelle durchgeführt werden. Zum einen wurden alle Polygone mit DN = 0 entfernt, die restlichen Polygone wurde nach ihrer Flächengröße sortiert. Dank wolkenfreier Satellitenszenen ist stets der Baikalsee als Polygon übrig geblieben, alle anderen Polygone waren entweder deutlich kleiner, wie zum Beispiel Inseln, oder Nachbarseen, welche nicht in die Betrachtung einfließen.

Das in einer Szene auftretende Problem mit kleinen Gaps, welche sich aus überschneidenden Randbereichen ergab, wurde mit der QGIS-Funktion Fill Gaps gelöst. Dabei konnte über einen Schwellenwert, wie in Abbildung 8 zu sehen ist, „Löcher“ im Polygon geschlossen werden.

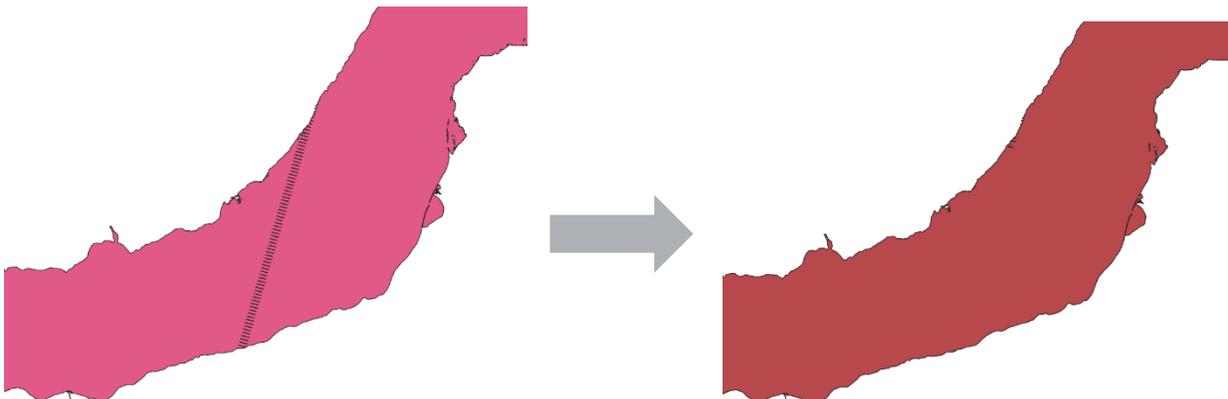


Abbildung 8: „Löcher“ im Polygon schließen über einen Schwellenwert

Die Szenen aus den 1970er Jahren waren durch Bewölkung leider völlig unbrauchbar (vgl. Abbildung 9).

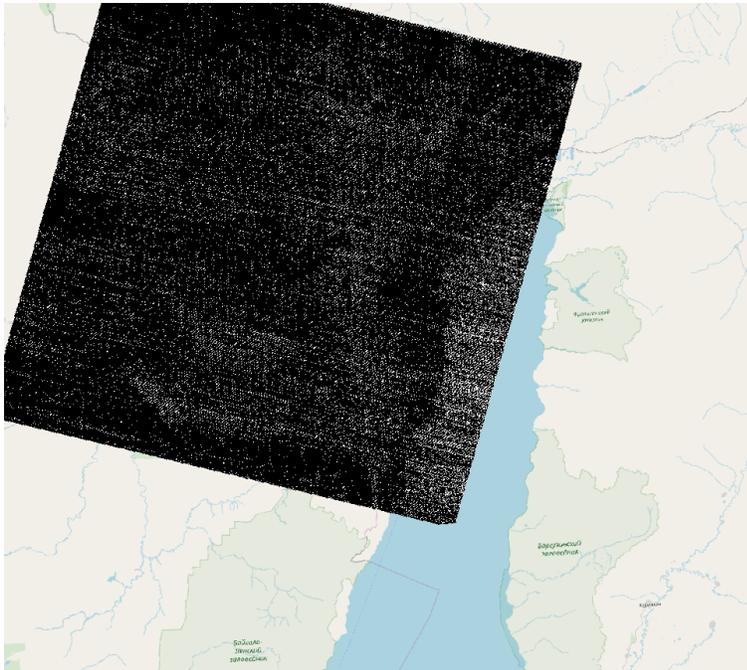


Abbildung 9: Verrauschte Normierung aufgrund starker Bewölkung bei Szene aus den 1970er Jahren

## ERGEBNISSE

### Aralsee

Die in der Attributtabelle errechneten Werte wurden für jedes betrachtete Jahr einzeln in eine Excel-Tabelle eingelesen, wie in Abbildung 10 exemplarisch am Jahr 2006 dargestellt:

	A	B	C	D	E
1	Polygon Nummer	Area	Umfang		
2	1	3197689200	972300	3197,6892	972,3
3	2	365872500	107520	365,8725	107,52
4	3	112224600	350880	112,2246	350,88
5	4	23267700	44640	23,2677	44,64
6	5	11664538200	4056960	11664,5382	4056,96
7				15363,5922	5532,3
8					

Abbildung 10: Darstellung der Ergebnisse, für den Aralsee, in einer Excel-Datei am Beispiel des Jahres 2006

Anschließend wurden alle summierten Werte der Fläche und des Umfangs in eine gemeinsame Tabelle eingetragen. So konnte die Veränderung dieser beiden Werte zusätzlich mit Excel in einem Diagramm dargestellt werden (vgl. Abbildung 11). Außerdem sind so die Werte zusammen mit einem Bild des Sees und des bearbeiteten Polygons gut einseh- und vergleichbar (vgl. Abbildung 13). Das erste und letzte bearbeitete Bild sind zur schnellen Einsehbarkeit beide mit einem gelben Polygon dargestellt. Zu beachten ist außerdem die Anzahl der Polygone. Dies spielt besonders bei der Berechnung des Gesamtumfangs eine Rolle. Trotz einer fast identischen Fläche kann der Umfang zweier bearbeiteter Jahre voneinander abweichen, wenn der eine See mit einem Polygon, der andere mit fünf Polygonen

dargestellt werden musste. So kommt der Schwankungsbereich im Diagramm „Umfang und Fläche des Aralsees“ aus der Abbildung 11 zustande.

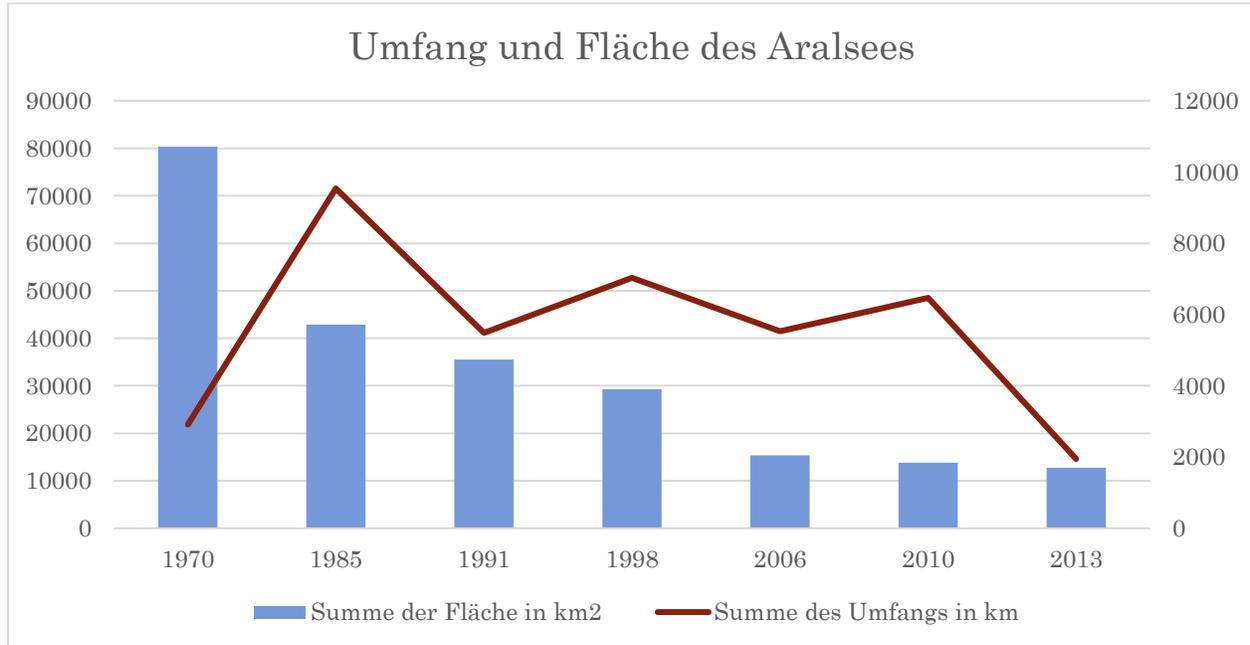


Abbildung 11: Diagramm für die Umfang- und Flächenveränderungen des Aralsees

Die zur Herstellung des Diagramms verwendete Tabelle ist in Abbildung 12 zu sehen.

Jahr	Summe der Fläche in km <sup>2</sup>	Summe des Umfangs in km
1970	80342	2919
1985	42905	9541
1991	35539	5488
1998	29304	7032
2006	15364	5532
2010	13791	6469
2013	12752	1948

Abbildung 12: Verwendete Tabelle zur Darstellung des Diagramms aus Abbildung 11

Um die Abbildungen des bearbeiteten Aralsees, neben den Ergebnissen für die Fläche und Umfang, darzustellen wurde die Tabelle aus Abbildung 12 verwendet. Hinzugefügt zur endgültigen Darstellung der Ergebnistabellen wurde noch die Anzahl der Seenteile bzw. der erarbeiteten Polygone sowie das endgültige Bild nach der Bearbeitung in QGIS. So kann direkt die Veränderung des Sees zu seiner dazugehörigen Größe betrachtet werden. Außerdem ist hier die Problematik mit den unterschiedlich vielen Polygonen und der dazugehörigen Seefläche erkennbar.

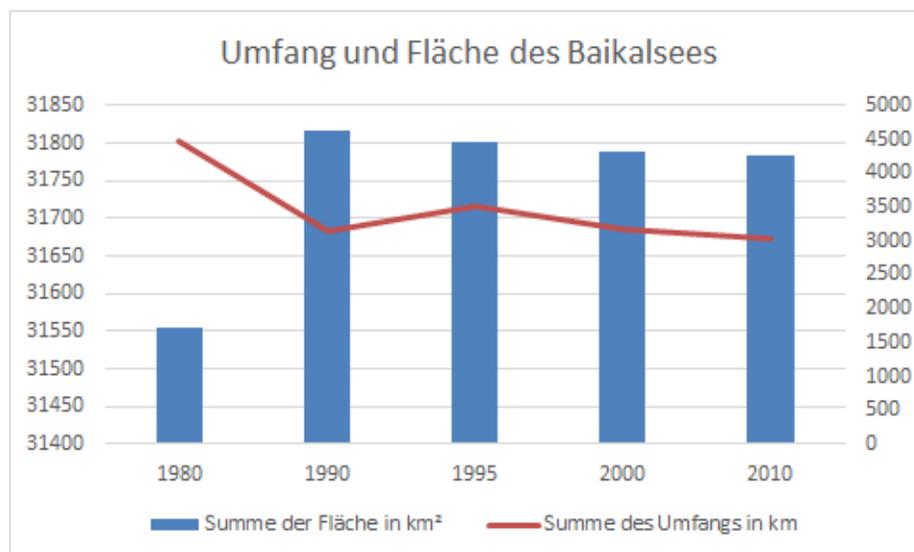
Jahr	1970	1985	1991	1998
Anzahl der Seenteile/Polygone	1	1	2	3
Summe der Fläche in km <sup>2</sup>	80342	42905	35539	29304
Summe des Umfangs in km	2919	9541	5488	7032

Jahr	2006	2010	2013
Anzahl der Seenteile/Polygone	5	5	1
Summe der Fläche in km <sup>2</sup>	15364	13791	12752
Summe des Umfangs in km	5532	6469	1948

Abbildung 13: Ergebnistabelle für den Aralsee

## Baikalsee

Zur Darstellung der Ergebnisse für den Baikalsee wurden die gleichen Schritte durchgegangen wie im Aralsee bereits aufgezeigt. Vorteilhaft am Baikalsee ist jedoch, dass nicht mit mehreren Polygonen gerechnet werden musste. So konnte die Bearbeitung im ersten Schritt (vgl. Abb. 10) reduziert werden.



Um auch die Veränderungen im Baikalsee graphisch darzustellen wurden die Werte in einer Excel-Datei tabellarisch aufgeführt und in ein Diagramm übertragen (vgl. Abbildung 14). Leider ist hier zu erkennen, dass die Dateien zum Jahr 1980 wohl einen Fehler ausweisen.

Abbildung 14: Diagramm für die Umfang- und Flächenveränderungen des Baikalsees

Auch für den Baikalsee wurde eine Tabelle entworfen, in der nochmals alle wichtigen Flächen- und Umfangdaten sofort erkennbar sind und diese mit einem Bild des Baikalsees versetzt (vgl. Abbildung 15). So sollte auch hier eine direkte Veränderung des Sees zu seinen dazugehörigen Daten betrachtet werden können, jedoch ist dies aufgrund seiner enormen Größe nicht erkennbar.

Jahr	1980	1990	1995	2000	2010
Summe der Fläche in km <sup>2</sup>	31554	31817	31800	31788	31783
Summe des Umfangs im km	4481	3144	3511	3166	3044
					

Abbildung 15: Ergebnistabelle für den Baikalsee

## DISKUSSION

### Daten und Methodik

Um für den Aralsee die historischen Daten, damit sind die Daten vor 1982 mit der Einführung des Landsat 4,5 TM gemeint, zu akquirieren, stellte sich als eines der großen Probleme der Datenbeschaffung dar. Die Daten des Landsat 4,5 MSS waren sowohl in ihrer temporären als auch in der geographischen Auflösung schwer zu implementieren. Dadurch entstand in diesem Projekt das Bild für die 1970er Jahre durch die Verarbeitung von vier Landsataufnahmen aus unterschiedlichen Jahren der Dekade. Die weitere Datenbeschaffung der Landsat 4,5 TM Daten und der Landsat 8 OLI Daten stellte keine größeren Probleme dar. Beim Baikalsee wurde diese Problematik umgangen und nur Daten des Landsat 4, 5 TM genutzt.

Bei der Bearbeitung des Baikalsees hing die Problematik der Datenbeschaffung eher an klimatischen Verhältnissen. In den Jahren 1970 und 1980 gab es im Gebiet des Baikalsees eine große Wolkendichte. So musste auf Daten von 1970 – 1979 vollständig verzichtet werden und die Szenen aus den 1980er Jahren haben vermutlich durch die Verzerrung einen Fehler (vgl. Abbildung 14).

Manche Rasterdaten zur Bearbeitung hatten einen Rand der aus Nullwerten bestand. Dieser Rand konnte beim Zusammenfügen der Rasterdaten (virtuelles Raster) entfernt werden, indem ein Grenzwert von 0 angegeben wurde.

Des Weiteren wurde beim Aralsee die Berechnung des NDWI erschwert durch geringe Wassertiefen in Küstennähe und Inselbildungen. Deswegen wurde für das Jahr 2013 (Aralsee) die Vektorisierung durch Erstellen eines Polygons realisiert.

Für später folgende Jahre konnte, wie im Kapitel *Daten- Baikalsee* bereits genannt, keine Daten mehr gezogen werden, da durch den Shut-down der U.S. Regierung die Downloadraten zu hoch waren.

## Die Seen

### Aralsee

In den bearbeiteten Satellitenbildern ist ein eindeutiges Schrumpfen des Aralsees zwischen den Jahren 1970 bis 2013 zu erkennen. Besonders stark ist die Verlandung im südöstlichen Teil des Sees der mittlerweile fast vollkommen verschwunden ist. Besonders zu erkennen ist dies an den Daten der Fläche und des Umfangs des Sees. Die Fläche ist von anfangs 80.342 km<sup>2</sup> auf 12.752 km<sup>2</sup> geschrumpft. Das ist eine Reduzierung von 67.590 km<sup>2</sup> und entspricht somit einem Verlust von 84,1 % der Originalfläche. Der Umfang des Aralsees hat sich nach den getätigten Berechnungen in QGIS um 971 km, von 2919 km auf 1948, verringert. Das entspricht einer Verkleinerung von 33,3%.

Der Bau des Karakum-Kanals hat weitreichende Folgen für den Aralsee mit sich gebracht. Der Aralsee hat einen Großteil seiner Wassermenge verloren und die Umgebung um den See hat mit Versalzung und Trockenheit zu kämpfen. Im großen See beträgt dieser teilweise bis zu 50 Gramm pro Liter (zum Vergleich: Atlantik: 35 g/l, Mittelmeer 30 g/l, Totes Meer 330 g/l) (Siegmond, Kollar, & Reuter, 13.01.2014).

Durch das fehlende Wasser und dem helfenden Regen durch zu wenig Verdunstung in dem Gebiet des Aralsees gibt es vermehrt Sandstürme, die mehr als 75 Millionen Tonnen Salzstaub pro Jahr aufwirbeln und nach Nordwesten verlagern. Dies macht weite Nutzflächen unbrauchbar und führt zu einer Versalzung der Böden und des Grundwassers (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 01.10.2008).

Durch den Bau des Kokaral-Dammes konnte der kleine Aralsee, der nördliche Teil des Sees, mittlerweile wieder mit Wasser gefüllt werden. Für den restlichen See jedoch herrscht Wassermangel. Besonders hier treten politische Probleme auf. Durch den Bau des Dammes hat Kasachstan weitestgehend seine Wasserversorgung und die Ökologie um den See wiederhergestellt. Wohingegen Usbekistan noch weiter unter den Folgen der Monokulturen zu leiden hat. Dies könnte Konflikte fördern und zu Spannungen in der Region führen.

Neben den geologischen und politischen Folgen hat der bereits genannte Salzgehaltanstieg immense Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung. Tuberkulose und Asthma zählen schon zu Volkskrankheiten (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 2008) und auch ein Anstieg an weiteren Krankheitsbildern wie unter anderem Krebs, Typhus oder Magengeschwüren ist zu erkennen. Auch Tierarten leiden unter den Veränderungen, von anfangs 178 Arten gibt es heutzutage noch 38 Arten und gleiches in der Pflanzenwelt. Hier ist ein großes Artensterben von knapp 2/3 der Pflanzenarten registriert worden (Unbekannter Autor, ohne Datum).

### Baikalsee

Im Vergleich zur Betrachtung des Aralsees ist ein Schrumpfen des Baikalsees nicht direkt auf den Satellitenbildern zu sehen. Aber in den berechneten Flächen- und Umfangdaten ist eine Veränderung erkennbar. Die Fläche jedoch ist von 1980 bis 2010 um 229 km<sup>2</sup> angestiegen, dabei erhöhte sich die Fläche geringfügig um ca. 0,7% von anfangs 31554 km<sup>2</sup> auf 31783 km<sup>2</sup>.

Der Originalumfang des Baikalsees im Jahr 1980 betrug 4481 km. Dieser verringerte sich bis in das Jahr 2010 um rund 32% auf 3044 km. Das ist eine Reduzierung von 1437 km.

Ähnlich dem Aralsee hat in der jüngeren Vergangenheit auch das Wasserstands- Niveau des Baikalsees abgenommen. Im April 2015 verzeichnete man mit einem Wasserstand von 456 Metern den zweit tiefsten Wasserstand seit Beginn der Aufzeichnungen und alleine zwischen 2013 und 2015 sank das Niveau um ganze 40 Zentimeter (LEXAS, 08.02.2019). Experten gehen bei der Begründung von zum Teil unterschiedlichen Erklärungsansätzen aus. Umweltschützer vermuten hinter dem Absinken der Wasserstände vor allem menschliche Einflüsse. So wurden an vielen Zuläufen des Baikalsees Staudämme zur Energiegewinnung errichtet (Maude, (13.08.2018). Andere Experten weisen auf vermehrt auftretende heiße Sommer hin. So können heiße Sommer mit wenig Niederschlag schon innerhalb weniger Jahre aufgrund von verminderten Zuflüssen und Wasserverdunstung zu einer signifikanten Abnahme des Wasser Niveaus führen. Wissenschaftler sehen sich Aufgrund der Datenlage noch nicht dazu in der Lage ein abschließendes Urteil darüber zu treffen, ob die Wasserabnahme innerhalb natürlicher Zyklen begründet liegt oder primär dem menschlichen Einfluss geschuldet ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden vermutlich beide Faktoren eine wichtige Rolle spielen.

## FAZIT

Die erkennbare Problematik am Aral- und Baikalsee ist kein Einzelfall. Viele weitere Seen weltweit verlieren seit Jahren ihre ursprüngliche Wassermenge. Darunter fallen unter anderem der Tschadsee (Zentralafrika), der Saltonsee (USA), das Tote Meer (Naher Osten) oder der Lake Orumiyeh (Iran), um nur eine kleine Auswahl der betroffenen Seen zu nennen (Sävert, 08.04.2018).

Anstatt aus den Fehlern der Vergangenheit zu lernen, ist eine weltweite Wiederholung der bereits bekannten Problematik zu erkennen. Die in dieser Arbeit betrachteten Seen sind nur ein Beispiel für eine generelle Arglosigkeit im Umgang mit der Ressource Wasser. Die natürlichen und sozioökonomischen Probleme, die damit einhergehen, konnten vor Ort durch die versuchten Maßnahmen kaum verhindert werden. Um zum Beispiel den großen Aralsee zu retten, ist es eventuell zu spät, doch daraus könnte und sollte die Menschheit lernen, damit dies in Zukunft bei anderem Gewässern verhindert werden kann.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ARTE G.E.I.E (2013): Abgerufen am 08.02.2019 von „Baikal – Spiegel der russischen Seele“:  
[https://php56.arte.tv/info/2013/20130629-baikal/baikal\\_de.html](https://php56.arte.tv/info/2013/20130629-baikal/baikal_de.html)
- Axel Springer SE. (11. 11 2014). Wassermangel: Wie der Aralsee verschwindet. (D. WELT, Herausgeber, & U. Kulke, Produzent) Abgerufen am 05.02.2019 von PANORAMA: <https://www.welt.de/vermischtes/weltgeschehen/article134202486/Erst-verschwindet-das-Wasser-dann-der-Mensch.html>
- FOCUS Online Group GmbH. (01. 10 2014). *FOKUS Online: Verheerende Umweltkatastrophe am Aralsee*. Abgerufen am 06.02 2019 von „Der ehemals viertgrößte See der Welt ist nahezu ausgetrocknet“: [https://www.focus.de/wissen/videos/verherrende-umweltkatastrophe-am-aralsee-der-ehemals-viertgroesste-see-der-welt-ist-nahezu-ausgetrocknet\\_id\\_4173883.html](https://www.focus.de/wissen/videos/verherrende-umweltkatastrophe-am-aralsee-der-ehemals-viertgroesste-see-der-welt-ist-nahezu-ausgetrocknet_id_4173883.html)
- Greenpeace (2019): Abgerufen am 05.02.2019 von „Weltnaturerbe Baikalsee“: <https://www.greenpeace.de/themen/artenvielfalt/weltnaturerbe-baikalsee>
- Lesniewski (08.02.2019). Stockillustration. Abgerufen am 08.02.2019 von „Karte der Baikalsee, Russland“: <https://de.depositphotos.com/114892812/stock-illustration-lake-baikal-map-russia.html>
- LEXAS (08.02.2019). Geographie. Abgerufen am 08.02.2019 von „Der Baikalsee, der tiefste und älteste Süßwassersee der Erde“: <https://www.lexas.de/seen/baikalsee/index.aspx>
- Mauder, Ulf (13.08.2018). WELT, Abgerufen am 05.02.2019 von „Welterbe der Unesco: Droht dem Baikalsee in Sibirien der baldige Tod?“, <https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article145170022/Droht-dem-Baikalsee-in-Sibirien-der-baldige-Tod.html>
- Sävert, Thomas (08.04.2018). Abgerufen am 07.02.2019 von „Aralsee“: <http://www.saevert.de/2aralsee.htm>
- Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. (10. 04 2007). Ökologie. Abgerufen am 06.02.2019 von „Rettung des Aralsees soll weitergehen“: <http://www.spektrum.de/news/rettung-des-aralsees-soll-weitergehen/870725>
- Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. (01. 10 2008). Ökologie. Abgerufen am 07.02 2019 von „Rettung für den Aralsee?“, <https://www.spektrum.de/alias/oekologie/rettung-fuer-den-aralsee/967434>
- Siegmund, A., Kollar, I., & Reuter, R. (13.01.2014). Landnutzung und Landnutzungswandel. Abgerufen am 07. 02 2019 von „3. Syndrome des Globalen Wandels: Verlandung des Aralsees“:  
<http://www.seos-project.eu/modules/landuse/landuse-c03-p03.de.html>
- Unbekannter Autor (10.10.2002). Der Aralsee: Home. Abgerufen am 03.02.2019 von „Der Aralsee“:  
[http://www.geo.tu-freiberg.de/hydro/ara/ara\\_de/index.htm](http://www.geo.tu-freiberg.de/hydro/ara/ara_de/index.htm)
- Unbekannter Autor (31. 05 2016). Abgerufen am 03.02.2019 von [http://assets.geo.de/div/image/56735/06\\_aralsee\\_popup.jpg](http://assets.geo.de/div/image/56735/06_aralsee_popup.jpg)
- Unbekannter Autor (2019). Abgerufen am 04.02.2019 von „Baikal in Zahlen“: [http://baikalgat-china3000.ru/1\\_15\\_3.htm](http://baikalgat-china3000.ru/1_15_3.htm)

Unbekannter Autor (ohne Datum). Der Aralsee. Abgerufen am 05.02 2019 von „Die größte ökologische Katastrophe“: [https://www.altes-gymnasium-bremen.de/wasserprojekt/aralsee/lang\\_aralsee.htm](https://www.altes-gymnasium-bremen.de/wasserprojekt/aralsee/lang_aralsee.htm)

UNESCO (2019). UNESCO World Heritage Centre. Abgerufen am 05.02.2019 von „Lake Baikal“: <https://whc.unesco.org/en/list/754>