

# Veränderung des Wasserbestands des Neusiedler Sees zwischen 2013-2022

S. Aschauer, S. Groß, D. Knabe, G. Pötgen, R. Simetzberger, Institut für Geographie und Regionalforschung, *Universität Wien*

## **Schlagworte –**

**Überwachte Klassifizierung**

**Random Forest**

**Accuracy Assessment**

**NDWI**

**Landsat**

**Fernerkundung**

**Neusiedler See**

## **I. ABSTRACT**

Der Neusiedler See trocknet aus. Dies wird bereits seit einigen Jahren von offizieller Seite [7] und von diversen Medien berichtet [2]. Die vorliegende Analyse untersucht diesen Sachverhalt, indem Landsat-Daten der Jahre 2013 bis 2022 mit Hilfe einer überwachten Klassifikation klassifiziert werden. Durch diese Klassifikation wird ein sinkender Wasserspiegel des Sees nachgewiesen, Feuchtgebiete in der Region werden allerdings zuerst mehr, bevor diese schlussendlich auch im Jahr 2022 ihren Tiefstand erreichen. Die Genauigkeitsermittlung der Klassifikation wurde beispielhaft für das Jahr 2020 durchgeführt, wobei die Klassifizierung Wasser 1,0 und Feuchtgebiete 0,82 an Genauigkeitswerten erreicht.

## **II. EINLEITUNG**

Der Neusiedler See liegt an der Grenze zwischen Österreich und Ungarn und ist der westlichste Steppensee Europas. Er erstreckt sich - inklusive Schilfgürtel - über eine Fläche von zirka 285 km<sup>2</sup>, wovon rund 220 km<sup>2</sup> auf österreichischem Gebiet im Burgenland liegen. Damit ist der Neusiedler See die größte Seefläche Österreichs. Gleichzeitig unterliegt der Wasserstand des Sees allerdings großen Schwankungen, was einer der Charakteristika von Steppenseen ist. Beeinflusst werden diese Schwankungen vorrangig durch Niederschlag und Verdunstung. In den Jahren 1740, 1773, 1811-13 und 1864-70 trocknete der See (fast) vollständig aus. Wohingegen er 1741/42, 1786, 1797-1801, 1838 und 1941 die größten Ausdehnungen seit Aufzeichnungsbeginn aufwies [3]. Steppenseen benötigen diese regelmäßigen Trockenphasen unter anderem, damit der angesammelte Schlamm des Seegrunds an die Oberfläche rückt und sich

an der Luft zersetzen kann [4].

Der Neusiedler See gilt als touristisches Zentrum des Burgenlandes. So ist ein erneutes Trockenfallen des Sees aus diesem Blickwinkel mit negativen Folgen für die dort ansässige Tourismusbranche verbunden, sodass bereits über wasserwirtschaftliche Maßnahmen in Form eines Zulaufs aus der Donau diskutiert wurde. Dies würde sich allerdings negativ auf die Ökologie des Sees auswirken und könnte die speziellen chemischen, mineralogischen und biologischen Eigenschaften des Sees verändern. Dabei sind insbesondere der Salzgehalt und das trübe Wasser des Neusiedler Sees bedeutende Parameter, die für die Entwicklung des Sees essenziell sind [4, 5].

## **III. DATEN UND METHODEN**

Als erstes erfolgte der Download der Datensätze der letzten zehn Jahre (2013-2022) von der Website der USGS [6]. Dabei musste darauf geachtet werden, dass die Satellitenbilder von Landsat 8-9 auf Level 2 und zu einem annähernd gleichen Zeitpunkt aufgenommen sind sowie die Wolkenbedeckung auf den Bildern kleiner als 10 Prozent ist. Theoretisch wäre auch eine höhere Wolkenbedeckung zulässig, wichtig war allerdings, dass die Seefläche und die Umgebung nicht von Wolken verdeckt sind, um schließlich eine richtige Klassifikation durchführen zu können. Da die Bilder nicht immer dasselbe Gebiet abdecken und wir nur einen bestimmten Ausschnitt benötigen, wurden diese mittels eines Rahmens in ArcGIS Pro verkleinert bzw. auf das relevante Gebiet zugeschnitten. Konkret wurde dazu eine neue Polygon-Feature Class erstellt. Mit dem Clipping Tool war es dann möglich, die Bilder auf die Größe des Rahmens zuzuschneiden. Für die folgende überwachte pixelbasierte Bildklassifikation mussten zuerst Trainingsgebiete erstellt werden. Dies erfolgte in ArcGIS Pro mittels des Classification Tools „Trainingsgebiete erstellen“. Generiert wird ein Shapefile, welches die Trainingsgebiete gespeichert hat. Dabei werden Nutzungsklassen erstellt und an einigen Stellen des Bildes den betreffenden Bereichen zugewiesen. Aufgrund der gleichen spektralen Informationen anderer Pixel können die Klassen für das gesamte Bild berechnet werden. Die Klassifikation wurde pixelbasiert durchgeführt, was bedeutet, dass nicht anhand vordefinierter Objekte aus mehreren Pixeln oder Teilpixeln klassifiziert wurde, wie es bei der objektbasierten Klassifikation der Fall ist. Zur Klassifizierung des gesamten Bildes wurde der "Classification Wizard" verwendet, der die Auswahl zwischen

verschiedenen Klassifikationsalgorithmen ermöglicht. Nachfolgend werden diese Algorithmen kurz beschrieben.

"Maximum Likelihood" ist eine Methode, die die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der ein bestimmtes Pixel zu einer bestimmten Klasse gehört. Das Pixel wird der Klasse mit dem höchsten Wert zugeordnet. Die Wahrscheinlichkeit wird auf Basis der statistischen Kennzahlen der ausgewählten Trainingsgebiete berechnet, wobei eine Normalverteilung angenommen wird.

Beim "Minimum-Distanz-Verfahren" wird zunächst der Mittelwert für jeden Spektralkanal berechnet. Anschließend wird der Abstand der zu klassifizierenden Pixel zu den Mittelwerten der Klassen betrachtet. Das Pixel wird dem Spektralkanal zugeordnet, dessen Abstand zum Mittelwert am geringsten ist. Dieses Verfahren kann aufgrund hoher Streuung der Bänder zu Fehlklassifikationen führen.

Ein "Random Forest" ist ein Klassifikationsverfahren, das aus mehreren unabhängigen Entscheidungsbäumen besteht. Während des Lernprozesses werden die Bäume unter bestimmten Randomisierungsbedingungen erstellt. Jeder Baum im Wald trifft eine Entscheidung, und die Klasse mit den meisten Stimmen bestimmt die endgültige Klassifikation.

In diesem Fall wurde der Random Tree Klassifikationsalgorithmus ausgewählt, da er die besten Ergebnisse erzielte. Diese wurden durch einen visuellen Vergleich ermittelt, nachdem alle drei Algorithmen ausprobiert wurden.



Zur Überprüfung unserer Klassifikation haben wir zwei verschiedene Möglichkeiten genutzt. Zum einen haben wir den NDWI exemplarisch für das Jahr 2020 berechnet und eine erneute Klassifikation durchgeführt.

Die Berechnung des NDWI erfolgt mittels der spektralen Bänderinformationen der Wellenlängenbereiche Grün und Nahes Infrarot anhand der folgenden Formel:

$$NDWI = \frac{X_{green} - X_{nir}}{X_{green} + X_{nir}}$$

Als weitere Qualitätskontrolle wurde ein Accuracy Assessment durchgeführt. Das ist eine Methode zur Überprüfung der Genauigkeit einer Klassifikation, bei der eine repräsentative Stichprobe von Punkten manuell überprüft wird. Dabei werden Punkte mit den zugewiesenen Klassen in der Klassifikation verglichen, um festzustellen, wie gut die Klassifikation mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmt. Für das Jahr 2020 wurden pro Klasse 25 zufällig verteilte Punkte überprüft.

OBJECTID *	ClassValue	C_10	C_20	C_40	C_80	C_90	Total	U_Accuracy	Kappa
1	C_10	25	0	0	0	0	25	1	0
2	C_20	0	6	0	19	0	25	0,24	0
3	C_40	0	0	23	2	0	25	0,92	0
4	C_80	0	0	0	21	4	25	0,84	0
5	C_90	0	1	0	6	18	25	0,72	0
6	Total	25	7	23	48	22	125	0	0
7	P_Accuracy	1	0,857143	1	0,4375	0,818182	0	0,744	0
8	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,68

Abbildung 2: Accuracy Assessment 2020.

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Pro.

In Bezug auf die Entwicklung des Wasserstands des Neusiedlersees ist das Ergebnis einer 100%igen Richtigkeit der Klasse "Wasser" von besonderer Bedeutung. Dies deutet darauf hin, dass die Klassifikation erfolgreich alle Wasserflächen im Gebiet des Neusiedlersees erfasst hat. Angesichts der Thematik ist dies äußerst wichtig, da der Wasserstand des Neusiedlersees ein entscheidender Indikator für Umweltveränderungen, Wasserknappheit oder Überschwemmungen sein kann. Die Tatsache, dass die Klassifikation eine 100%ige Richtigkeit in Bezug auf Wasser aufweist, stärkt das Vertrauen in die Genauigkeit der Analyseergebnisse und ermöglicht eine präzise Untersuchung und Überwachung der Wasserentwicklung im Neusiedlersee.

#### IV. ERGEBNISSE

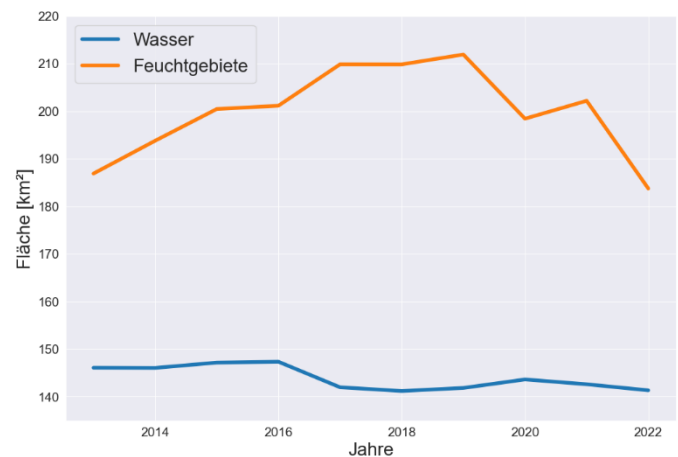


Abbildung 3: Verläufe der Flächen von Wasser und Feuchtgebiete 2013 bis 2022. Eigene Darstellung - Python

Abbildung 3 zeigt die Veränderung der als Wasser und als Feuchtgebiete klassifizierten Flächen von 2013 bis 2022. Die Oberfläche des Neusiedler Sees nimmt in diesem Zeitraum leicht ab. Dies stimmt mit den offiziellen Daten überein (siehe Abbildung 4, [7]). Die Fläche der als Feuchtgebiete klassifizierten Regionen nimmt allerdings erst zu, bevor sie schlussendlich im Jahr 2022 ebenfalls auf einen Tiefstand fällt.

Abbildung 1: NDWI 2020 [6]

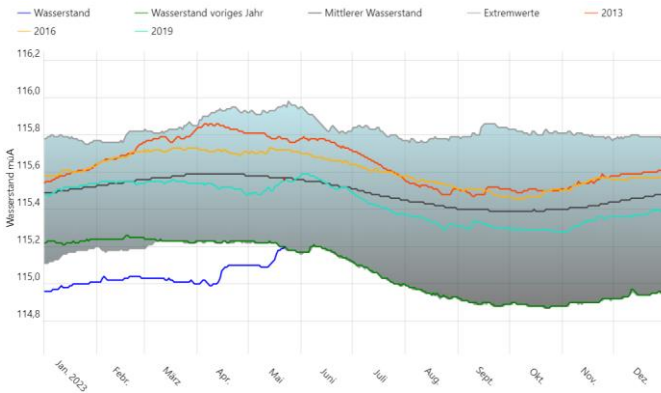


Abbildung 4: Offizielle Messungen zur Entwicklung des Wasserstandes - Ausgewählte Jahre. [7]

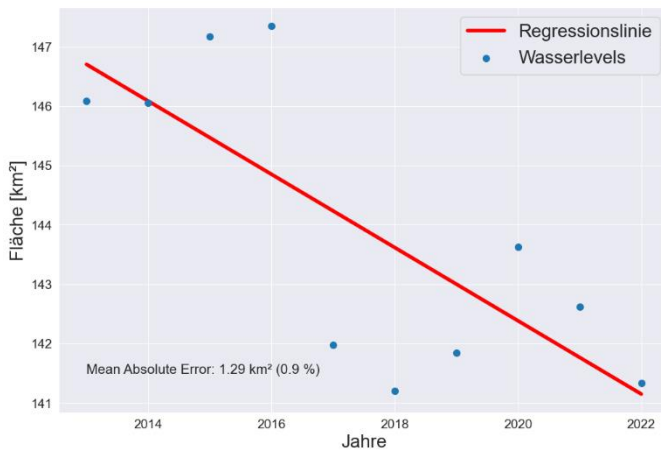


Abbildung 5: Wasserfläche als Scatterplot mit Regressionslinie. Quelle: Eigene Darstellung - Python

Abbildung 5 zeigt die Wasserfläche als Scatterplot mit einer Regressionslinien, die die Abnahme der Wasserfläche noch verdeutlicht. Der mittlere absolute Fehler von nur 1,29 km² oder 0,9 % vom Durchschnitt zeigt zudem, dass die Annahme einer linearen Abnahme für den analysierten Zeitraum nur geringe Abweichungen ergibt und somit realistisch ist.

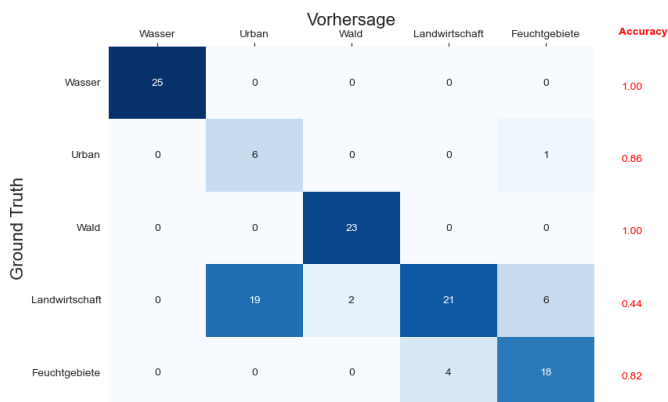


Abbildung 6: Genauigkeitsermittlung für die Klassifikation. Quelle: Eigene Darstellung - Python

Die Genauigkeitsermittlung aus dem Jahr 2020 ist in Abbildung 6 dargestellt (Wolken sind in diesem Jahr keine vorhanden). Wie in Kapitel 3 beschrieben wurden für jede Klasse 25 Punkte überprüft. Die Graphik zeigt jede Klasse als Matrix mit den Vorhersagen des Modells als Spalten und den tatsächlichen Werten als Zeilen. Ist der Wert auf der Diagonalen hoch, wurden viele Werte richtig klassifiziert. Auffällig ist, dass Wasser mit einer Genauigkeit von 1 durchweg richtig klassifiziert wird, da das Modell weder falsch Positive noch falsch Negative klassifizierte. Während die anderen Klassen oft keine so hohe Genauigkeit aufweisen, sind diese bis auf Feuchtgebiete auch nicht relevant für die Analyse. Feuchtgebiete haben mit 0,82 eine vergleichbar niedrige Genauigkeit in unserem Klassifizierungsmodell.

## V. DISKUSSION

Da die Genauigkeitsanalyse für Wasser in unserer Stichprobe fehlerfrei ausfiel, kann davon ausgegangen werden, dass die Klassifizierung der Wasseroberfläche korrekte Werte liefert. Diese stimmen auch mit der Annahme überein, dass der Neusiedler See in den Jahren zwischen 2013 und 2022 an Wasser verloren hat. Der Rückgang des Wasserspiegels wird auch von offizieller Seite bestätigt (siehe Abbildung 4) und wird auch von diversen Medien seit einigen Jahren aufgegriffen [2]. Unsere Analysen bestätigen diesen Trend. Allerdings zeigen die Flächen der Feuchtgebiete nicht die gleiche Entwicklung. Dies könnte dadurch begründet werden, dass sich austrocknende Fläche am Ufer des Sees zuerst in Feuchtgebiete wandelt, bevor diese komplett austrocknet. Falls dies mit einer Verzögerung passieren sollte, würde ein sinkender Wasserspiegel zuerst einen Anstieg an Feuchtgebieten zur Folge haben. Allerdings ist diese Theorie eine Spekulation, die durch weitere Studien in Zukunft bestätigt werden müsste.

Die vergleichbar geringe Genauigkeit für die Klassifizierung von Feuchtgebieten könnte zudem erklären, warum die Fläche dieser nicht ähnlich wie die Wasserflächen monoton über den Zeitraum sinkt. Laut Abbildung 6 werden einige Pixel als Feuchtgebiete klassifiziert, die eigentlich landwirtschaftlicher oder urbaner Klassifizierung entsprechen. Eine Variation in den anderen Jahren ist hier möglich. Allerdings wäre hierfür eine umfangreichere Analyse notwendig, die den Rahmen dieser Veranstaltung sprengen würde.

## VI. LIMITATIONEN UND FAZIT

Es ist anzumerken, dass die Auswahl der Trainingsgebiete zunächst für jedes Landsat-Satellitenbild einzeln erfolgte, da sich die Nutzungsflächen mit den Jahren verändern können. Dies lieferte allerdings keine optimalen Ergebnisse, da so folglich andere Trainingsdaten für dieselben Nutzungsflächen eingespielt wurden, was wiederum zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. So wurde beispielsweise die Nutzungsklasse „Developed“ je nach Trainingsdaten stark unterschiedlich oft mit der Nutzungsklasse „Planted/Cultivated“ verwechselt. Infolgedessen wurde festgelegt auf die gleichen Trainingsdaten zurückzugreifen und grob zu kontrollieren, ob die Nutzungsflächen dieselben geblieben sind.

Eine Limitation bezüglich der ersten Variante, der Generierung von neuen Trainingsdaten je Satellitenbild, wäre außerdem, dass dies nur bei einer geringen Anzahl von Satellitenbildern möglich ist, da die Variante zeitlich sehr aufwendig ist.

Zudem hängen die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Klassifizierungsergebnisse stark von der Qualität und Repräsentativität der Trainingsdaten ab. Sind die Trainingsdaten unvollständig oder falsch gekennzeichnet, kann dies zu schlechten Klassifizierungsergebnissen führen.

Da die Klassifikation in dieser Arbeit mit einer Genauigkeitsanalyse überprüft wurde und diese für die Nutzungsklasse Wasser optimal ausfiel, ist das Klassifizierungsergebnis im vorliegenden Fall als richtig einzustufen. So bestätigen die Ergebnisse die vorliegende Berichterstattung sowie die Befunde anderer Arbeitsgruppen.

## VII. QUELLEN

- [1] Bekan GIS (2022): The pros and cons Supervised and Unsupervised image classification. Online verfügbar unter <https://beekangsi.com/the-pros-and-cons-supervised-and-unsupervised-image-classification/>, zuletzt aktualisiert am 20.04.2022 zuletzt geprüft am 25.05.2023.
- [2] Profil.at (2022): Der Neusiedler See verschwindet: Was kann man dagegen tun? Online verfügbar unter <https://www.profil.at/gesellschaft/der-neusiedler-see-verschwindet-was-kann-man-dagegen-tun/402108585>, zuletzt aktualisiert am 14.08.2022, zuletzt geprüft am 23.05.2023.
- [3] TU Graz (Hg.) (o.J.): Neusiedler See. Online verfügbar unter [https://austria-forum.org/af/AEIOU/Neusiedler\\_See](https://austria-forum.org/af/AEIOU/Neusiedler_See), zuletzt aktualisiert am 19.05.2023, zuletzt geprüft am 19.05.2023.
- [4] Umweltverband WWF Österreich (Hg.) (o.J.): Der Neusiedler See und die Lacken des Seewinkels. Online verfügbar unter <https://www.wwf.at/das-schuetzen-wir/oesterreich/neusiedler-see/>, zuletzt aktualisiert am 28.10.2022, zuletzt geprüft am 20.05.2023.
- [5] Universität Wien (Hg.) (2022): Der historische Neusiedler See: Von Austrocknung bis 2,5 Meter plus. Online verfügbar unter <https://fgga.univie.ac.at/news/news-views/detailansicht/news/der-historische-neusiedler-see-von-austrocknung-bis-25-meter-plus/>, zuletzt aktualisiert am 20.05.2023, zuletzt geprüft am 20.05.2023.
- [6] USGS (2022): United States Geological Survey Earth Explorer. Online verfügbar unter <https://earthexplorer.usgs.gov/>, zuletzt aktualisiert am 20.05.2023, zuletzt geprüft am 20.05.2023.
- [7] Wasserportal Burgenland (2022): Mittlerer Wasserstand Neusiedler See. Online verfügbar unter <https://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/die-seen/mittler-wasserstand-neusiedler-see>, zuletzt aktualisiert am 20.05.2023, zuletzt geprüft am 20.05.2023.