

Einleitung und Hypothesen

Zielsetzung der Projektarbeit war die Ermittlung der Wasserbilanz des Heiligen Sees. Die große Unbekannte war dabei der Grundwasserzufluss bzw. -abfluss. Die Bedeutung vom Grundwasserstrom ist bekannt, da es keine oberirdische Speisung des Sees gibt. Als Arbeitsgrundlage haben wir folgende zwei Hypothesen aufgestellt.

H1: Die Wasserbilanz $N_{See} + Z_O + Z_U = E + A_O + A_U + \Delta S$

H2: Auf Grund der Topografie nahmen wir an, dass das Grundwasser am West- und Südufer in den See und am Nord- und Ostufer aus dem See in das Grundwasser fließt.

Methoden und Durchführung

Grundwasser-Oberflächenwasser Austausch

Die Temperatur des Seewassers unterliegt saisonalen und täglichen Schwankungen, während die des Grundwassers über das Jahr annähernd konstant bleibt. In den See eintretendes Grundwasser hat also eine verhältnismäßig geringere Temperatur als das Seewasser.

Unter der Annahme einer hauptsächlich vertikalen Fließrichtung in bzw. aus dem See korrelieren vertikal im Sediment gemessene Temperaturen mit der Fließgeschwindigkeit. Dafür wird eine analytische Gleichung der Wärmetransportgleichung auf die gemessenen Temperaturprofile angewandt. Gleichung:

$$\frac{T(z) - T_0}{(T_L - T_0)} = \frac{\exp\left(\frac{q_z \rho_f c_f}{K_f} z\right) - 1}{\exp\left(\frac{q_z \rho_f c_f}{K_f} L\right) - 1}$$

T = Temperatur; z = gemessene Tiefe; L = Tiefe der konst. GW-Temp.;
rho_f c_f = vol. Wärmekap. des Fluids; K_f = Wärmeleitfähigkeit des ges.;
q_z = vertikale Filtergeschwindigkeit und gesuchte Größe.

Die Anpassung der einzelnen Profile erfolgte in R 2.15.1. Die Interpolation und die Berechnung der See-Fläche wurden mit ArcGIS ermittelt.

Evaporation

Zur Berechnung der Evaporation der Seefläche wurde die TURC-WENDLING-Beziehung mit der IVANOV-Formel kombiniert. Für die Monate November bis Februar fand die IVANOV-Formel Anwendung und für den Rest des Jahres die TURC-WENDLING-Beziehung.

$$ETP_{TW} = \frac{(R_G + 93 f_k)(T + 22)}{150(T + 123)} \quad ETP_{IVANOV} = 3,6 * 10^{-5} (25 + T)^2 (100 - U)$$

Berücksichtigte Parameter waren: Tagesmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C], Tagessumme der Globalstrahlung [J/cm2] und der Küstenfaktor, im nicht Küstenbereich f_k = 1.

Abfluss

Je eine Messung im Juli und Februar am Pegel Seestraße/Hasengraben mit dem FlowTracker.

Weitere Messgrößen wurden den Angaben des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung und der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten entnommen.



Untersuchungsgebiet: Heiliger See
Lage: Potsdam, Nördliche Vorstadt, am Neuen Garten
Anliegende Gewässer: Jungfernsee und Tiefer See
Ausdehnung: Nord-Süd 1,3 km; Ost-West 0,3 km
Umfang: 3,4 km

Ergebnisse

Wasserbilanz

Zufluss:
N_{See} = 227.152.008 [Liter/Jahr]
Z_O = 13.605.729 [Liter/Jahr]
Z_U = 94.539.724 [Liter/Jahr]

Abfluss:

ETP = 325.185.695 [Liter/Jahr]
A_O = 788.400.000 [Liter/Jahr]
A_U = 0

Bilanz = -775.272.196 [Liter/Jahr]

Grundwasser-Oberflächenwasser-Interaktion

Min 12,37 Liter/m² * Tag
Median 29,88 Liter/m² * Tag
Mean 29,8 Liter/m² * Tag
Max 74,71 Liter/m² * Tag

Diskussion

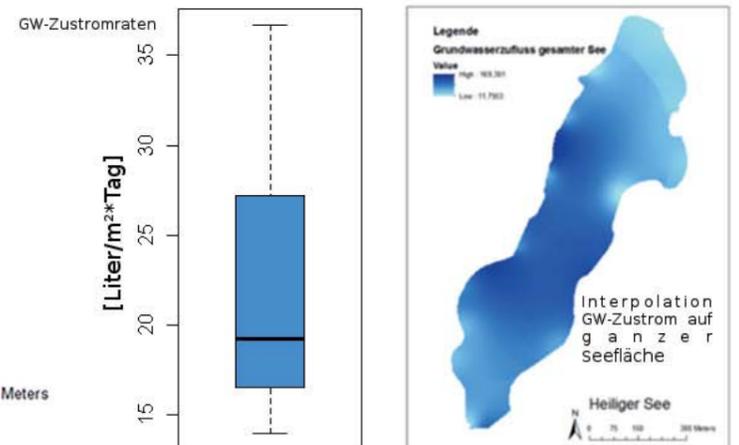
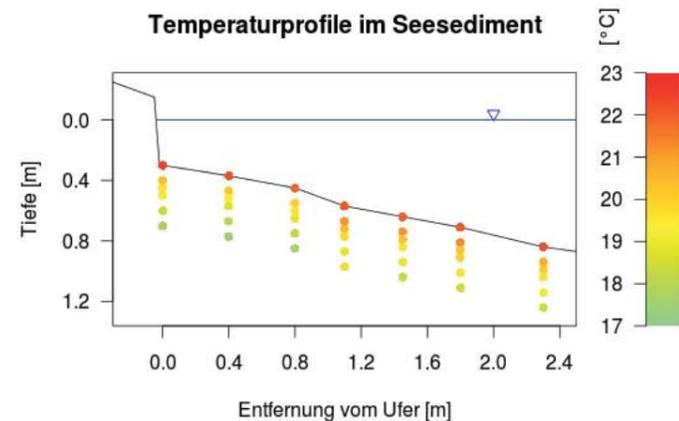
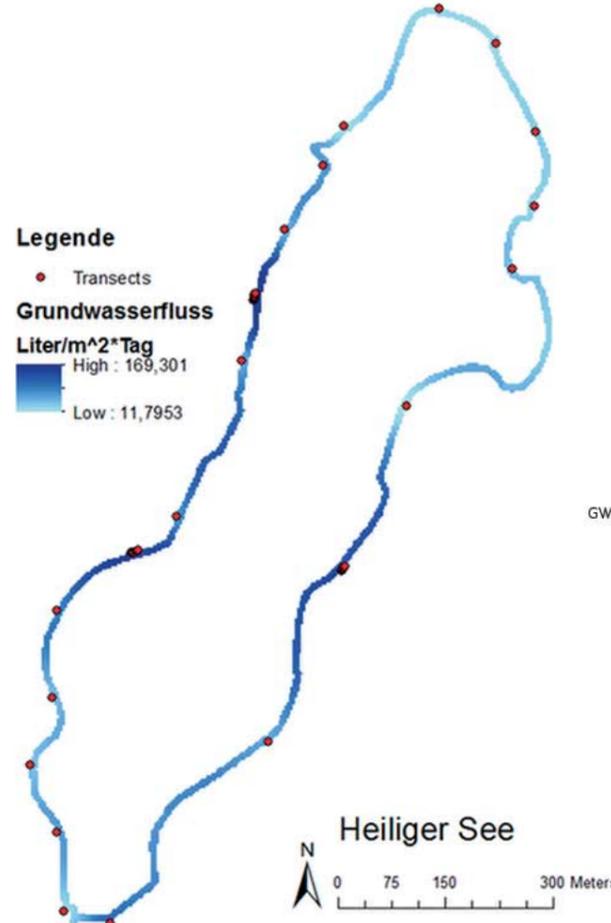
Mit den Messergebnissen konnte kein ausgeglichener Wasserhaushalt festgestellt werden, obwohl sich der Seespiegel in den letzten Jahren nicht wesentlich verändert hat.

Diskussion

Diskussion Hypothese 1: Wasserbilanz

Zum oberirdischen Abfluss: Pegel und eigentlicher Abfluss liegen ca. 300m voneinander entfernt, wodurch ein direkter Zusammenhang nur bedingt annehmbar ist. In den 2 Messungen können große Unsicherheiten liegen.

Zur Grundwasser-Oberflächen-Interaktion: Ebenso ist die Methode zur Grundwasser-Quantifizierung verbesserungsfähig; einerseits durch mehr Temperaturmessungen, aber auch



Diskussion Hypothese 2: GW-OW-Interaktion

Unsere These, dass Seewasser am Ost- und Nordufer austritt, können wir nicht aufrecht halten. Beispielhaft am mittleren Ostufer zu erkennen, hier beträgt der Mean 21,9 Liter/m² * Tag Grundwasserzufluss in den See. Unplausibel erscheint dieses Ergebnis dennoch. Ab einer Temperaturspannweite innerhalb eines Profils von 1,6°C konnten 60% der Profile nicht mehr angepasst werden. In diesem Bereich ist auch Exfiltration von Seewasser denkbar. Hier könnten vor allem Messungen mit dem Piezometer Aufschluss geben.

Literatur

H-R Langguth, R Voigt, 2004, 2. Auflage. *Hydrogeologische Methoden*; R Mull, H Holländer, 2002, 1. Auflage. *Grundwasserhydraulik und -hydrologie*.
Klimadaten und GIS: Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung, Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg
Universität Kassel "Skript Hydrologie", Technische Universität Freiberg
Schmidt, C. et al, 2006, Characterization of spatial heterogeneity of groundwater-streamwater interactions using multiple depth streambed temperature measurements at the reach scale, in *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 8497859, 2006