

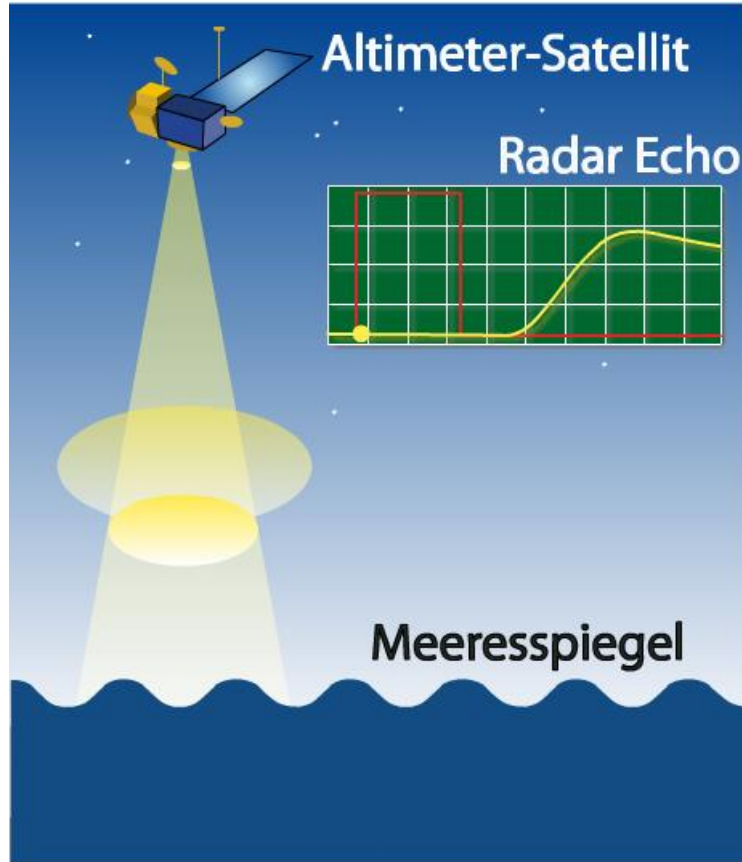
# **Satellitenaltimetrie: Wasserhöhen, Speichervolumen und Abflüsse aus dem Weltraum**

**Denise Dettmering, Christian Schwatke, Daniel Scherer, Laura Ellenbeck, Florian Seitz**

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI-TUM)  
Technische Universität München

# Das Messprinzip der Satellitenaltimetrie

**Wasserhöhe = Satellitenhöhe - Streckenmessung**



## Typische Kennzeichen:

Flughöhe	800 - 1300km
Footprint	2-18 km
Trägerfrequenz	13.5 GHz
Impulsdauer	12.5 ns
Impulslaufzeit	5 ms
Pulsfolge	2000 Hz
Mittelbildung	0.05 s
Geschwindigkeit	~ 6.7km/s

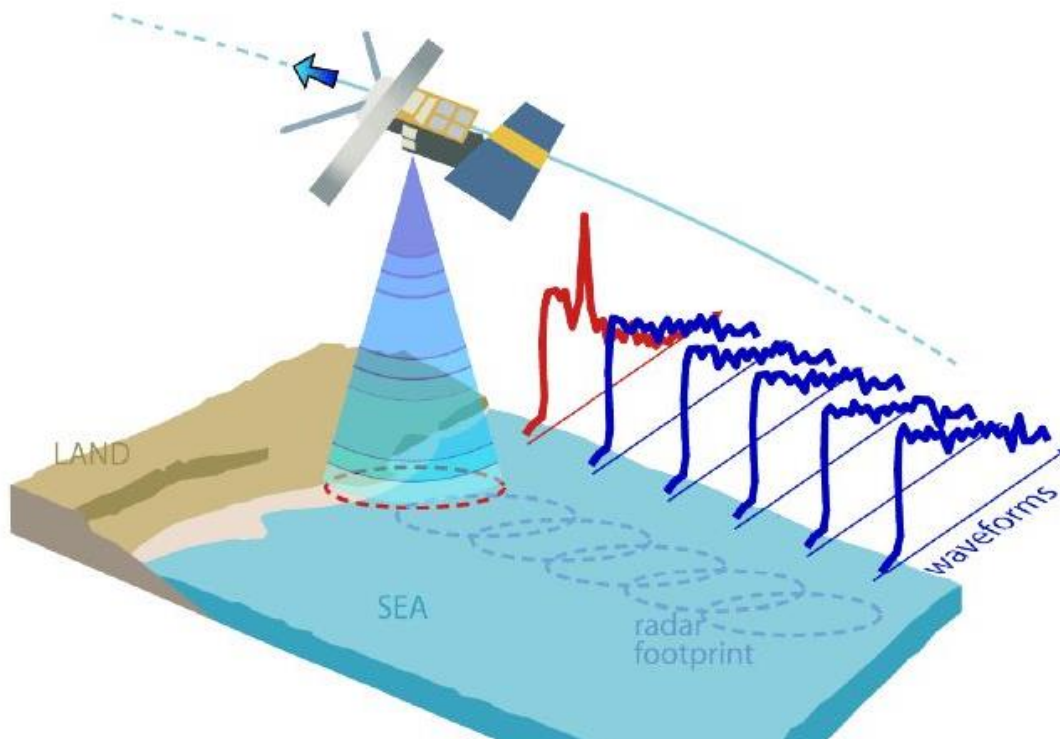
## Abgeleitete Informationen:

- Strecke bis Meeresoberfläche (aus Signallaufzeit)
- Signifikante Wellenhöhe (aus Steigung der aufsteigenden Flanke)
- Rückstreuoeffizient, Windgeschwindigkeit (aus Energie)

# Herausforderung bei Binnengewässern

Kleine Wasserflächen

=> veränderte Radarechos, Landeinfluss, erschwerte Streckenableitung...



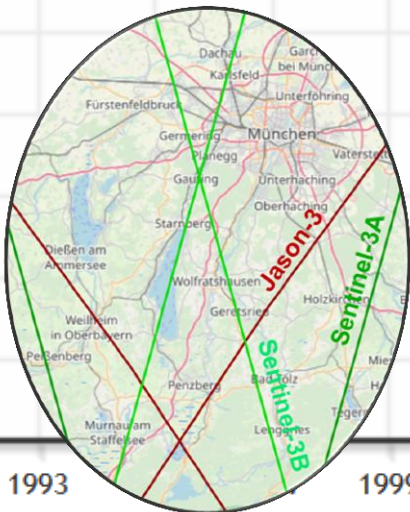
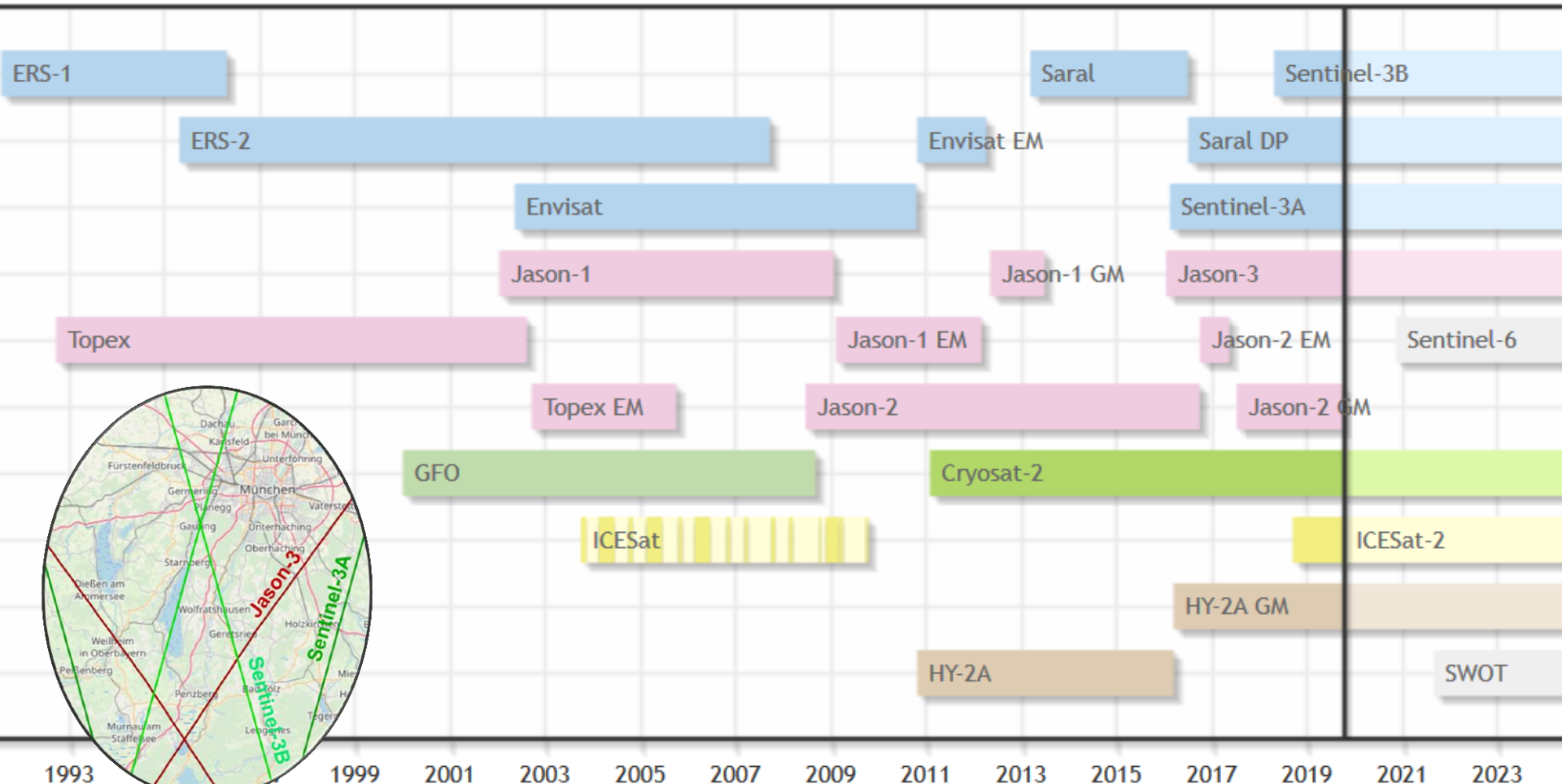
Quelle : <http://www.coastalt.eu/>

Sorgfältige Vorprozessierung notwendig:

- nur Daten über Wasser verwenden
- Klassifizierung der Radarechos
- spezielle „retracker“ zum Ableitung der Strecke aus dem Radarecho
- Außreißerelimination

# Altimetermissionen

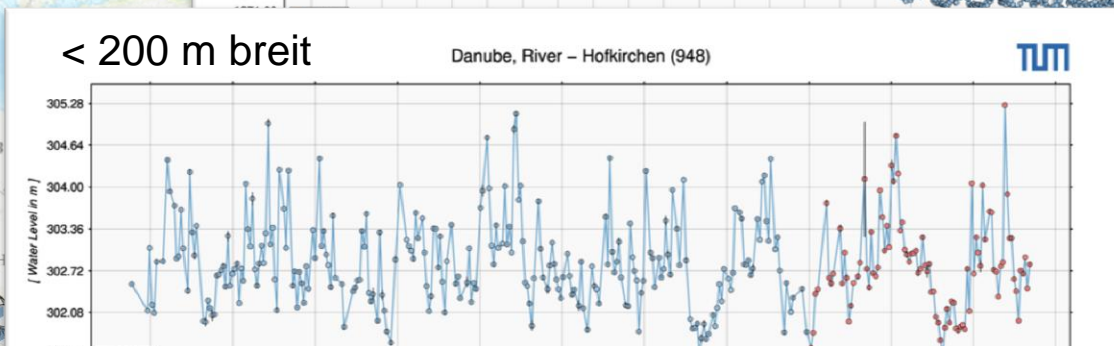
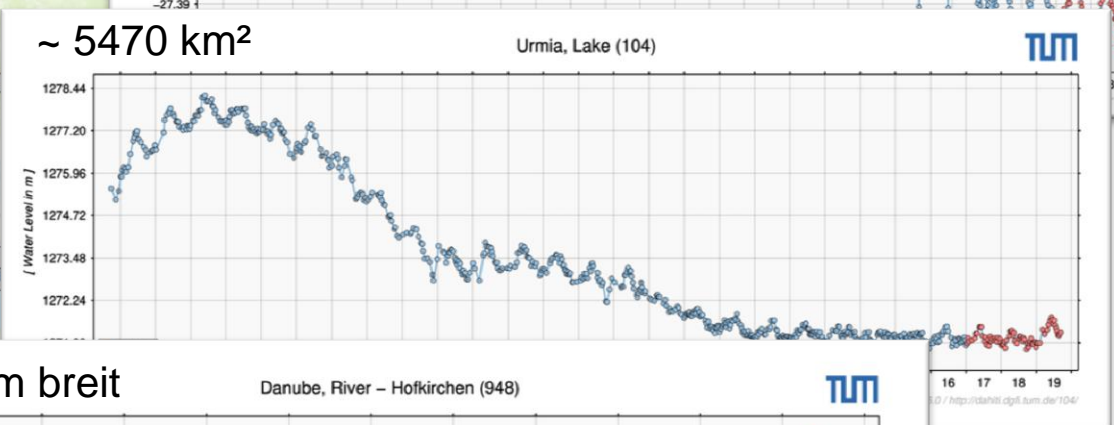
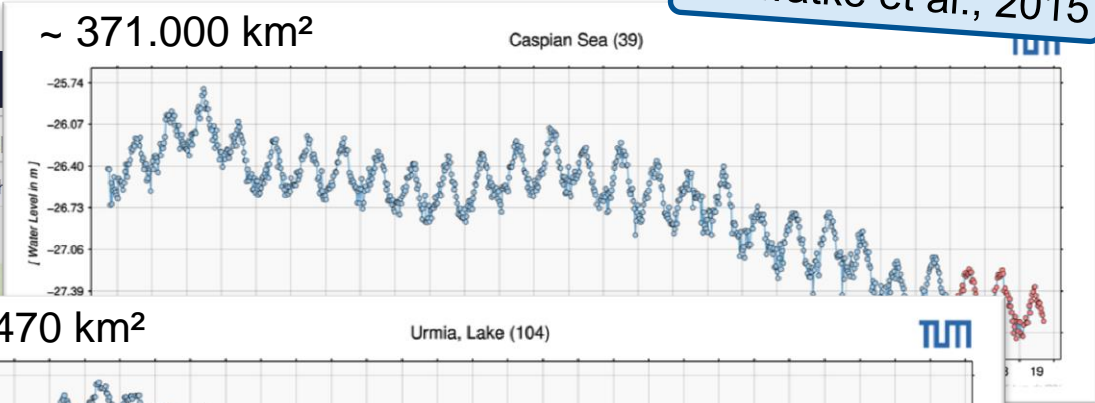
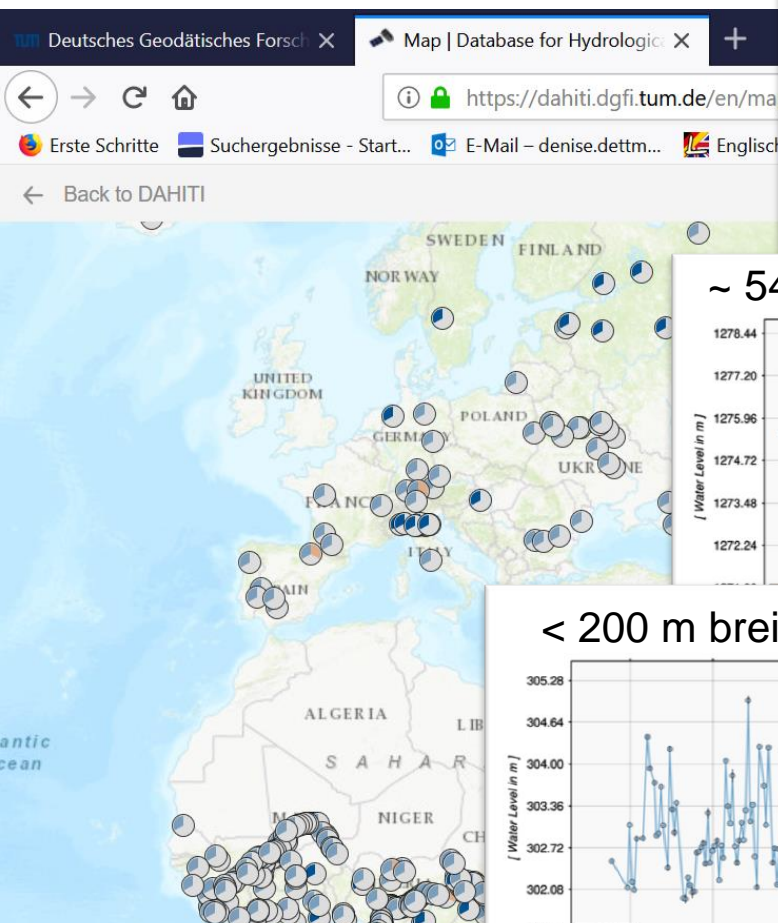
Momentan aktiv: HY-2A, Cryosat-2, Saral, **Jason-3**, **Sentinel-3A**, **Sentinel-3B**, ICESat-2



# DAHITI: Database for Hydrological Time Series of Inland Waters

- ⇒ Datenbank mit vorprozessierten Wasserhöhen-Zeitreihen von Seen, Flüssen, Reservoirs
- ⇒ Zur Zeit schon mehr als 1700 global verteilte Ziele

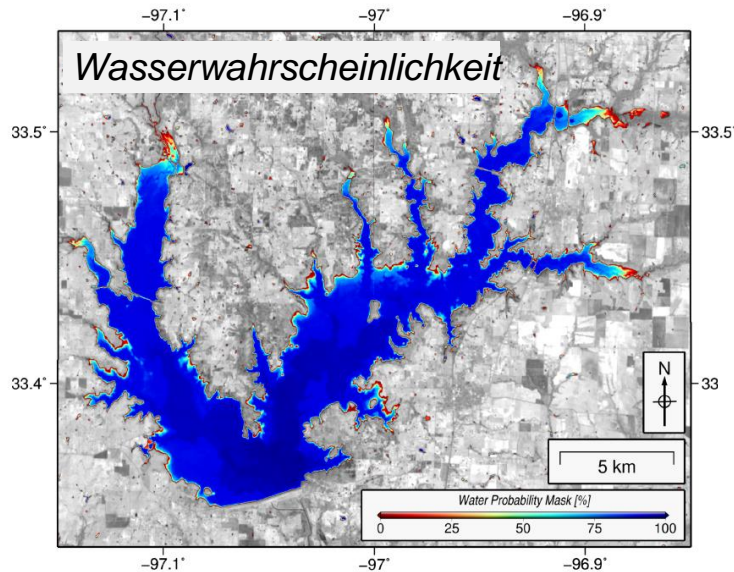
Schwatke et al., 2015



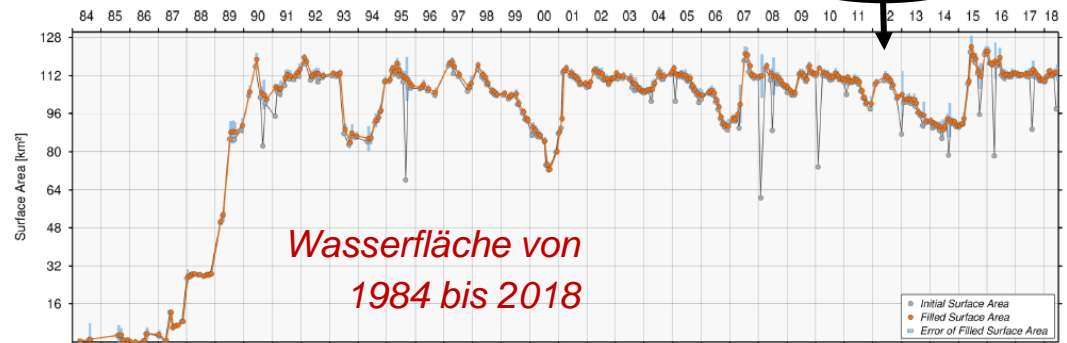
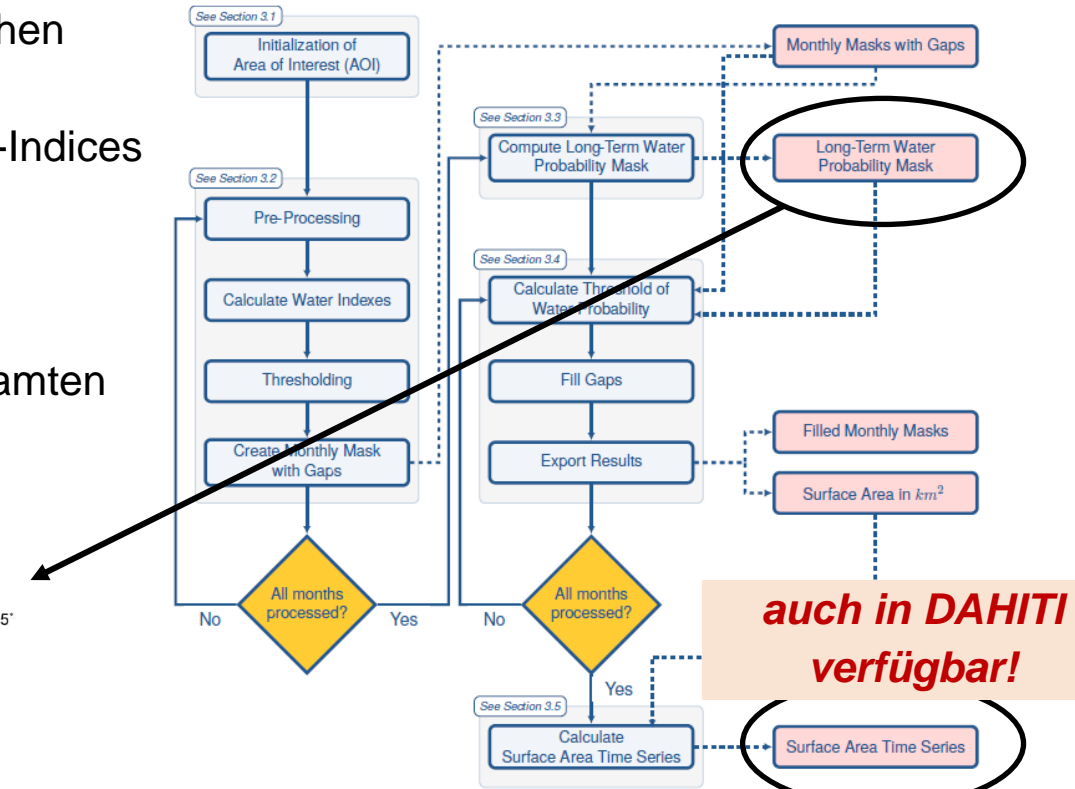
- **Höhengenaugigkeit cm-dm**; je nach Gewässergröße, Umgebungstopographie, Mission,...
- Zeitliche Auflösung: wenige Tage bis 35 Tage; je nach Gewässergröße

# AWAX: Automated Water Area Extraction Tool

- Wasserflächenerfassung aus optischen Bildern (Landsat and Sentinel-2)
- Kombination mehrere Land-Wasser-Indices
- Automatische Festlegung von Klassifizierungs-Schwellen
- Füllung von Wolkenlücken über Wasserwahrscheinlichkeit über gesamten Zeitraum



Ray Roberts Reservoir, US

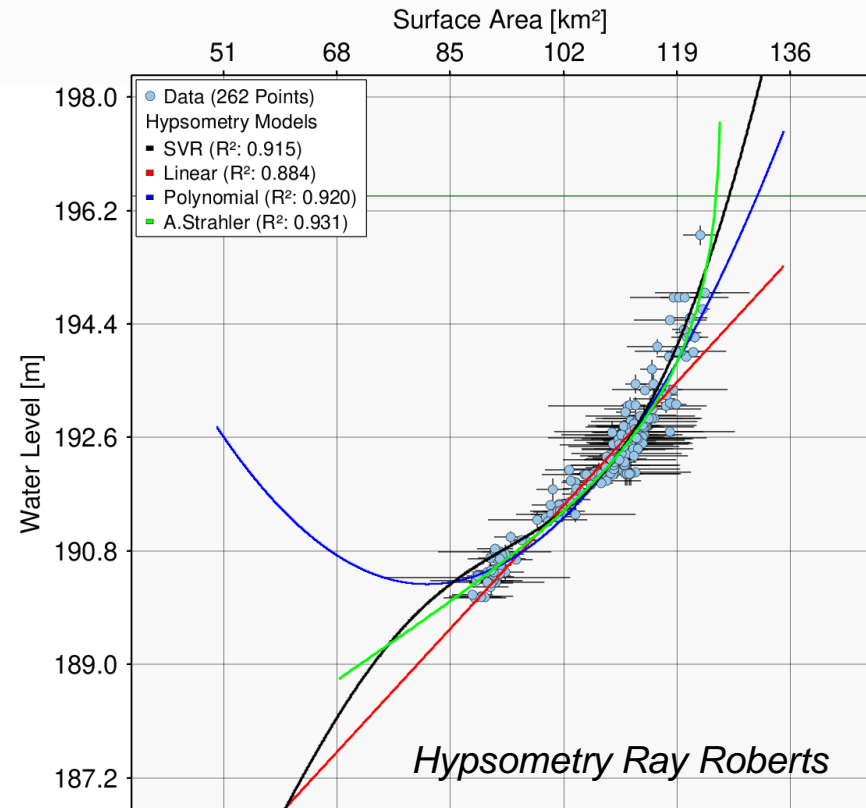


# Verknüpfung von Fläche und Höhe

Aus der Verknüpfung von Höhen- und Flächeninformationen lassen sich weitere Informationen ableiten:

- Bathymetrie (Topographie des Seebodens)
- Wasservolumen (Seen, Reservoirs)
- Durchfluss (Flüsse)

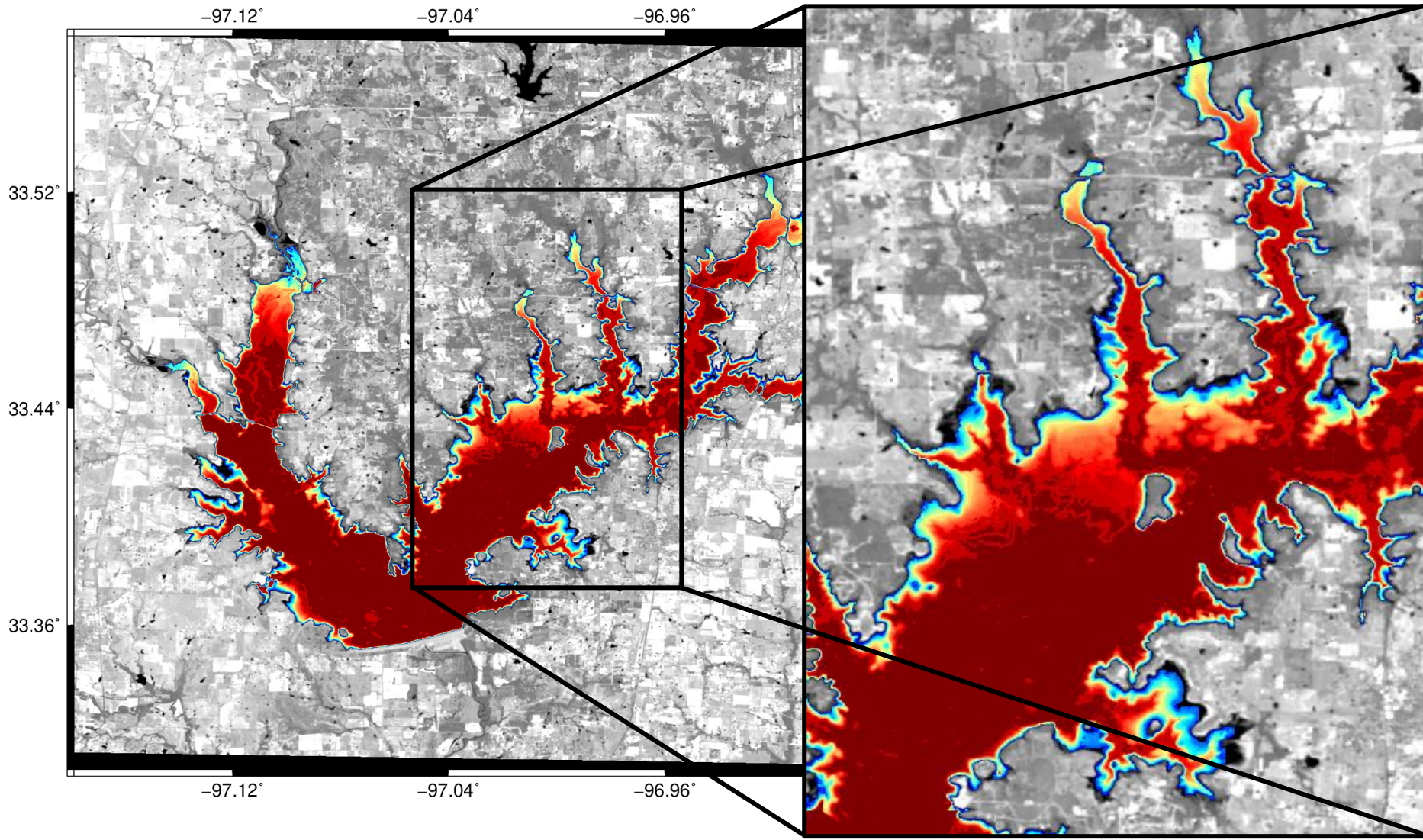
Dazu werden in der Regel nicht die Messdaten selbst, sondern eine Funktion verwendet, die den Zusammenhang zwischen beiden Größen beschreibt, die sogenannte **Hypsometrie**.



# Bathymetrie

Beispiel: Ray Roberts Reservoir

Bis zum tiefsten beobachteten Wasserstand ableitbar

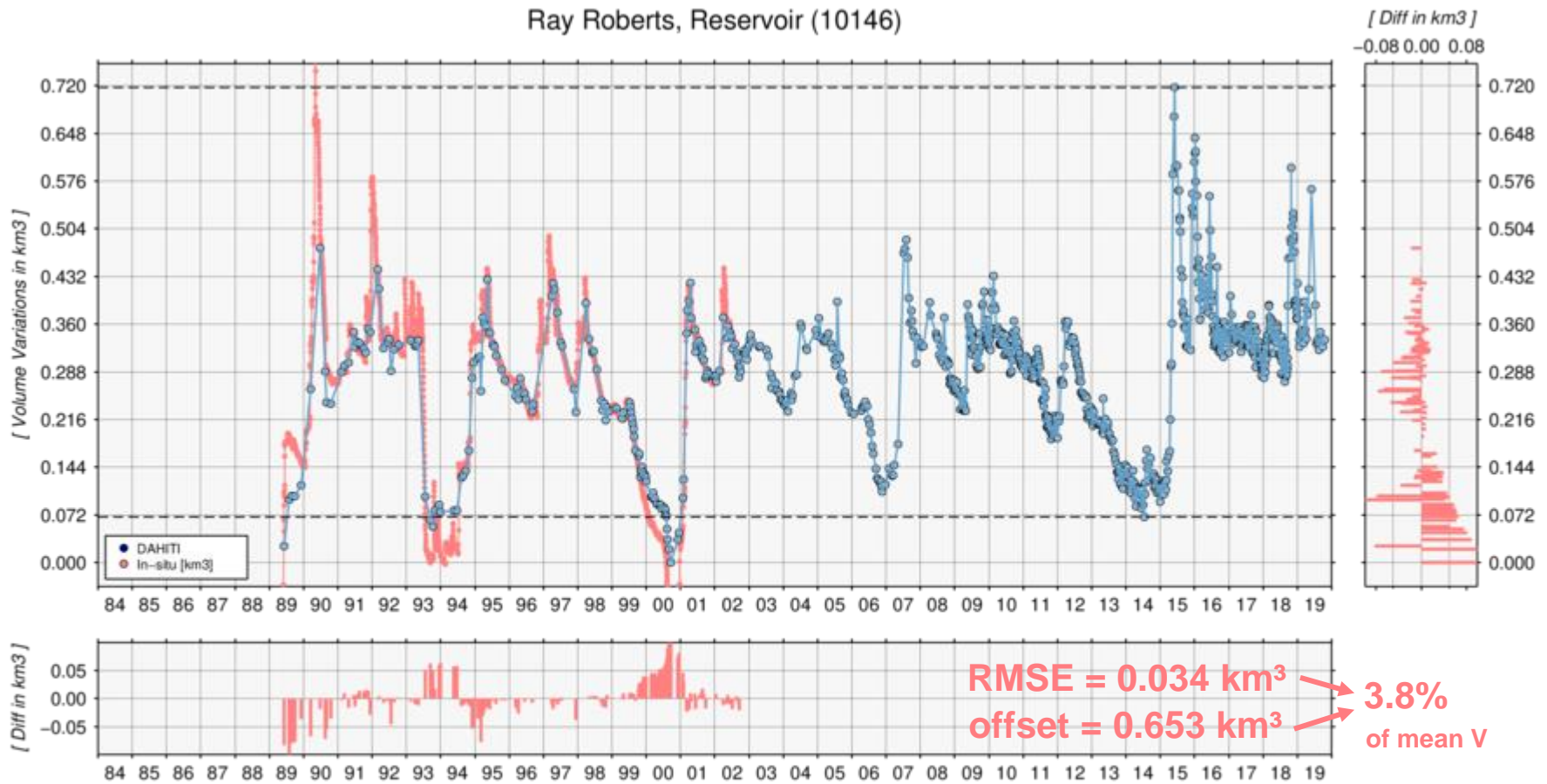




# Wasserspeicheränderungen

Beispiel: Ray Roberts Reservoir

Schwatke et al., in preparation

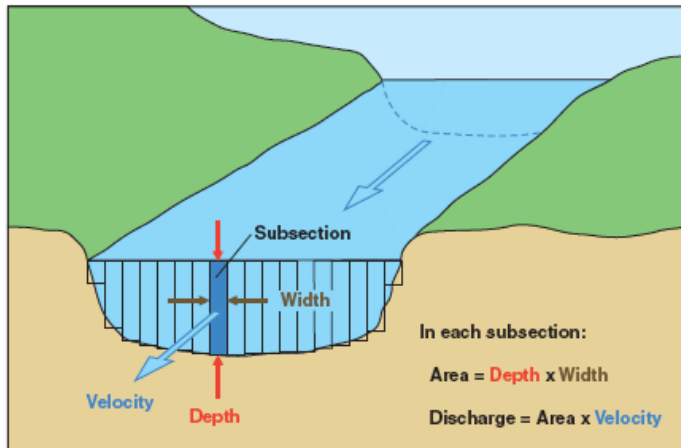


Wird in Zukunft ebenfalls über die DAHITI Datenbank zur Verfügung gestellt!

# Flüsse

Höhe: gut für Überflutung, aber nicht immer ausreichend  
 Abfluss/Durchfluss notwendig

- Kalibrierung hydrologischer Modelle
- klimarelevante Studien



[take from USGS (<http://water.usgs.gov>)]

discharge = cross section · velocity

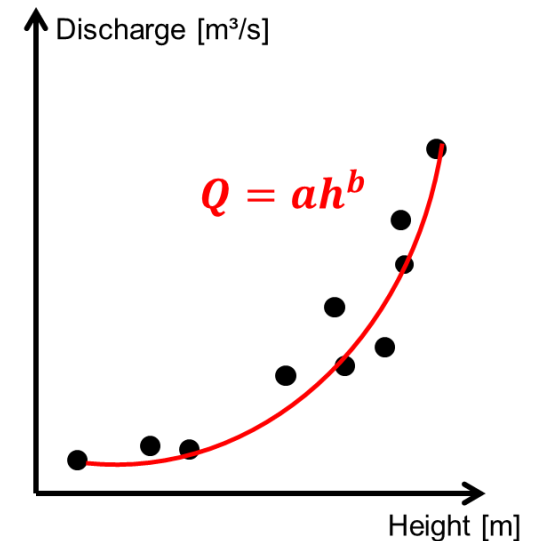
$$Q = w \cdot d \cdot v$$

$Q$ : discharge [ $m^3/s$ ]

$w$ : width [ $m$ ]

$d$ : depth [ $m$ ]

$v$ : velocity [ $m^2/s$ ]



- nicht direkt messbar!
- Standardmäßig abgeleitet über Wasserhöhen mittels einer Abflusskurve (rating curve)

# Abfluss ohne Abflusskurve

Notwendig, wenn kein in-situ Abflussmessungen vorliegen  
 Information über Fließverhalten erforderlich => hydrologische Gleichungen

$$Q = w \cdot d \cdot v = A \cdot v \quad ?$$

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler

$$v = k_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad R = \frac{A}{U}$$

$v$  mittlere Fließgeschwindigkeit  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$k_{st}$  Rauheitsbeiwert  $\left[\frac{1}{s}\right]$  ← Annahme nötig

$R$  hydraulische Radius  $[m]$

$A$  durchflossener Querschnitt  $[m^2]$  ← messbar (Altimetrie und optische Bilder)

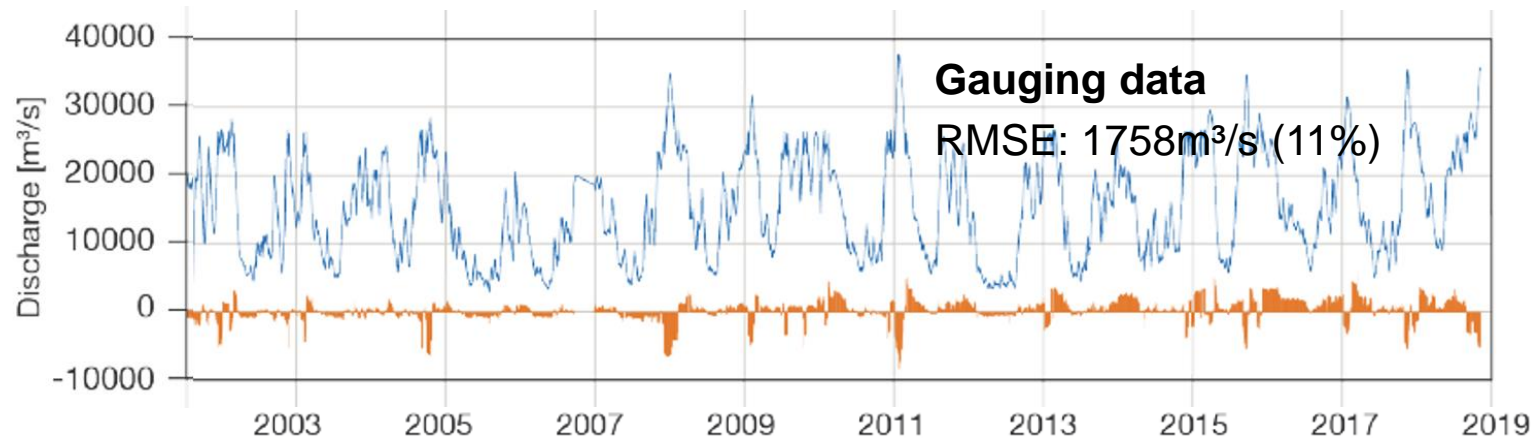
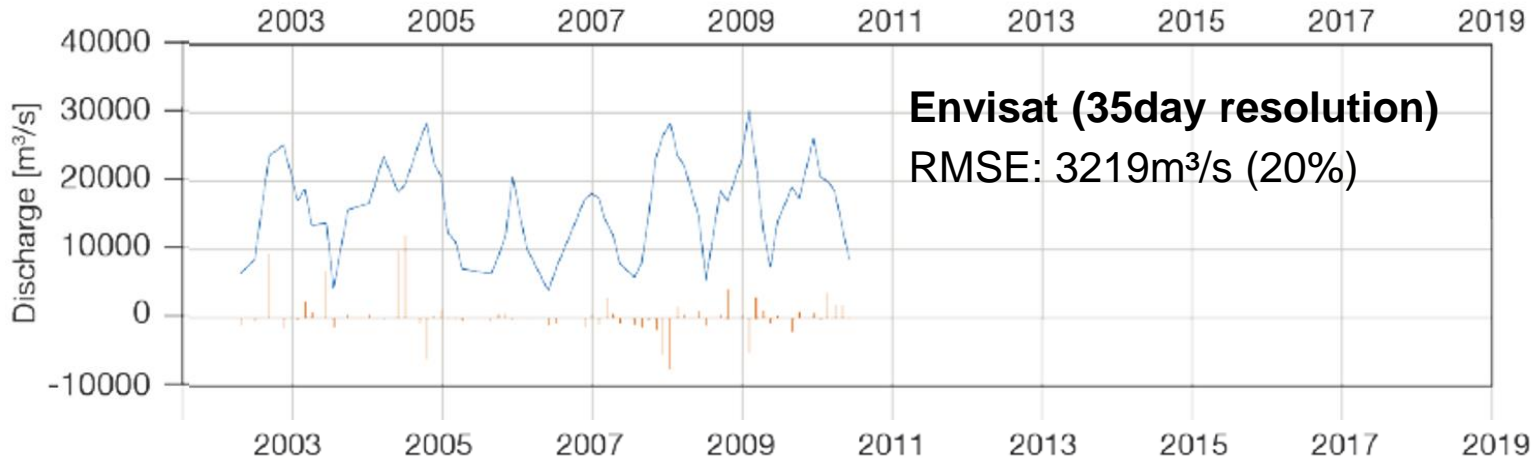
$U$  benetzter Umfang  $[m]$  ← zumindest bis zum tiefsten Wasserstand

$I$  Fließgefälle  $\left[\frac{m}{m}\right]$  ← über Gesamtzeitraum

# Abfluss ohne Abflusskurve

Tarbert Landing, Mississippi

Rating Curve => RMSE: 2636m<sup>3</sup>/s (17%)

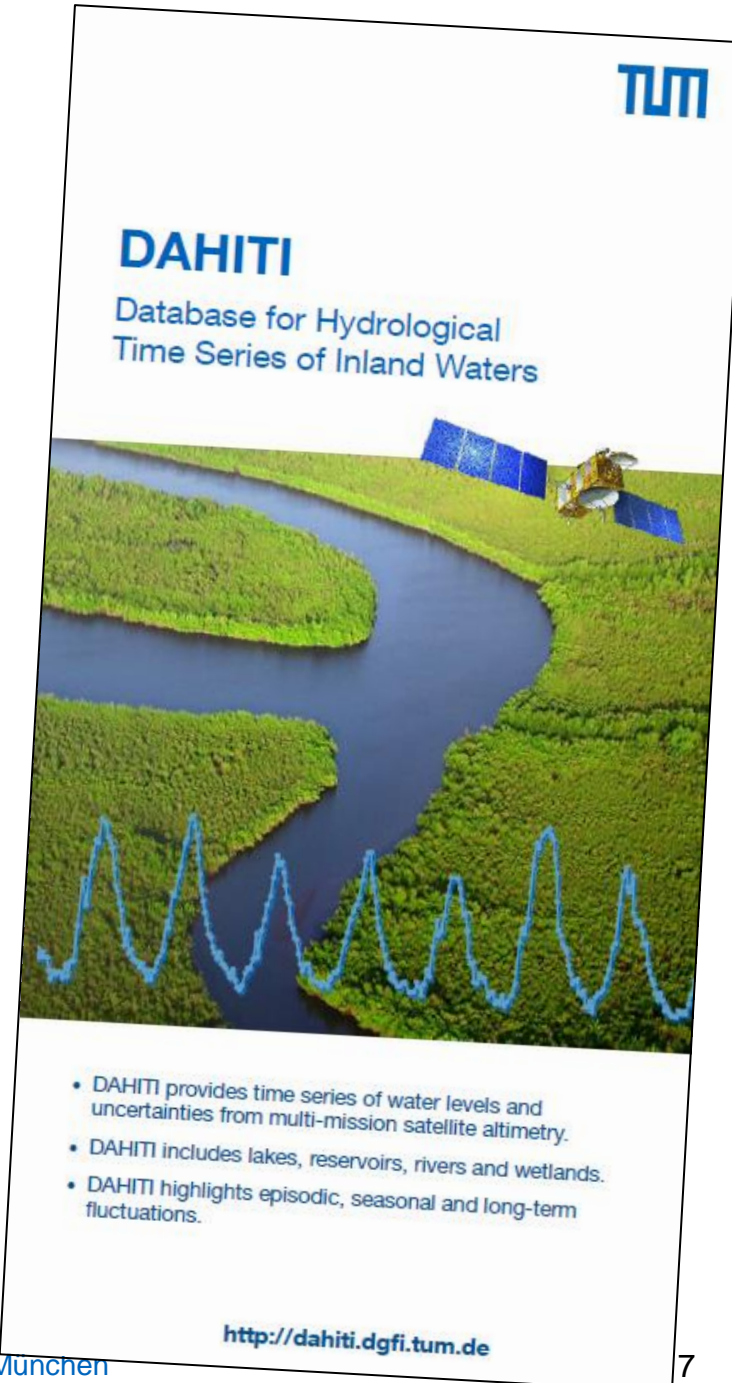


Scherer, 2019

# Zusammenfassung

- Satellitenaltimetrie liefert wichtige Messgrößen zum Gewässermonitoring und für hydrologische Studien, speziell Wasserhöhen und deren Änderung
- Zwar können nicht alle Gewässer erfasst werden und die Genauigkeit und Auflösung liegt unterhalb von Vor-Ort-Messungen, dafür sind die Daten global und frei verfügbar.
- Durch die Kombination mit anderen Informationen können aus den Wasserhöhen Informationen über Speicheränderungen und Abfluss abgeleitet werden.
- **DAHITI** stellt Wasserhöhen und Oberflächengrößen (und bald auch Speichervolumen) für global verteilte Binnengewässer zur Verfügung.

<http://dahiti.dgfi.tum.de>



The poster features the TUM logo in the top right corner. The title 'DAHITI' is prominently displayed in blue, followed by the subtitle 'Database for Hydrological Time Series of Inland Waters'. The central image shows a satellite in orbit above a lush green landscape with a winding river. A blue line graph is overlaid on the river, showing periodic fluctuations. At the bottom, there is a list of three bullet points describing the database's capabilities and a URL.

**DAHITI**  
Database for Hydrological  
Time Series of Inland Waters

- DAHITI provides time series of water levels and uncertainties from multi-mission satellite altimetry.
- DAHITI includes lakes, reservoirs, rivers and wetlands.
- DAHITI highlights episodic, seasonal and long-term fluctuations.

<http://dahiti.dgfi.tum.de>

# Referenzen

Schwatke C., Dettmering D., Bosch W., Seitz F.: DAHITI – an innovative approach for estimating water level time series over inland waters using multi-mission satellite altimetry. *Hydrology and Earth System Sciences* 19(10): 4345-4364, 10.5194/hess-19-4345-2015, 2015

Schwatke C., Scherer D., Dettmering D.: Automated Extraction of Consistent Time-Variable Water Surfaces of Lakes and Reservoirs Based on Landsat and Sentinel-2. *Remote Sensing*, 11(9), 1010, 10.3390/rs11091010, 2019

Schwatke C., et al.: Estimating Volume Time Series of Lakes and Reservoirs by Combining Water Levels from Satellite Altimetry and Surface Areas from Optical Imagery. In preparation

Scherer D., Estimation of River Discharge using Satellite Altimetry and optical Remote Sensing Images. Case Study for the Lower Mississippi River. Master Thesis, 2019