

Modellierung von Hydrosystemen  
"Numerische und daten-basierte Methoden"  
BHYWI-22-V2-11 © 2020  
Neuronale Netzwerke

Olaf Kolditz

\*Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ

<sup>1</sup>Technische Universität Dresden – TUDD

<sup>2</sup>Centre for Advanced Water Research – CAWR

17.07.2020 - Dresden

- 1 Hydrologische Modelle: Definition
- 2 Künstliche Neuronale Netzwerke (ANN)
- 3 Künstliche Neuronale Netzwerke in der Hydrologie
- 4 Mesoskalige Hydrologische Modellierung (mHM)
- 5 Anwendungen

# Modell-Begriff

” Hydrologisches Modell: Vereinfachte Beschreibung der in einem hydrologischen System ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse (hydrologischer Prozeß) oder Teilprozesse mit Hilfe mathematischer Gleichungen. Diese werden zeitlich und räumlich so miteinander verknüpft, wie sie in der Natur ablaufen.”

Source: <http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/hydrologisches-modell/7239>

- ▶ " Je nach Berücksichtigung des zeitlichen Verhaltens wird zwischen **stationären und instationären** Modellen unterschieden.
- ▶ Weitere Unterscheidungen erfolgen nach den Lösungsverfahren der mathematischen Gleichungen in **analytische und numerische** Modelle,
- ▶ nach Berücksichtigung zufallsbedingter Systemänderungen in **stochastische und deterministische** Modelle,
- ▶ nach der Abhängigkeit der Modellparameter vom momentanen Systemzustand in **lineare und nichtlineare** Modelle."

Source: <http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/hydrologisches-modell/7239>

” Die **deterministischen** Modelle werden in drei Hauptgruppen unterteilt, wobei der Grad der Kausalität in Form der Ursachen-Wirkungs-Beziehung Beachtung findet:

- 1 physikalische Modelle (White-Box-Modelle), die auf den Grundgesetzen der Physik, insbesondere der Hydro- und Thermodynamik, der Chemie und der Biologie beruhen,
- 2 konzeptionelle Modelle (Grey-Box-Modelle), die sich auf die physikalischen Gesetze in vereinfachter Näherung stützen und ein gewisses Maß an Empirie enthalten und
- 3 Modelle der Black-Box, die unter Vernachlässigung der physikalischen Grundgesetze nur Ursachen-Wirkungsbeziehungen zwischen den Systemein- und Systemausgaben betrachten.”

Source: <http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/hydrologisches-modell/7239>

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## ANN

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition

” Künstliche neuronale Netze, auch künstliche neuronale Netzwerke, kurz: KNN (engl. artificial neural network, ANN), sind Netze aus künstlichen Neuronen. Sie sind Forschungsgegenstand der Neuroinformatik und stellen einen Zweig der künstlichen Intelligenz dar. Die künstlichen neuronalen Netze haben, ebenso wie künstliche Neuronen, ein biologisches Vorbild. Man stellt sie den natürlichen neuronalen Netzen gegenüber, welche Nervenzellvernetzungen im Gehirn und im Rückenmark bilden. Doch geht es mehr um eine Abstraktion (Modellbildung) von Informationsverarbeitung und weniger um das Nachbilden biologischer neuronaler Netze, was eher Gegenstand der Computational Neuroscience ist.”

Source: [https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6nigliche\\_Akademie\\_der\\_Wissenschaften](https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6nigliche_Akademie_der_Wissenschaften)  
@tempboxa\hbox{u\global\mathchardef\accent@spacefactor\spacefactor}\accent127u\egroup\spacefactor\accent@spacefactor\stliches\_neuronales\_Netz

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition

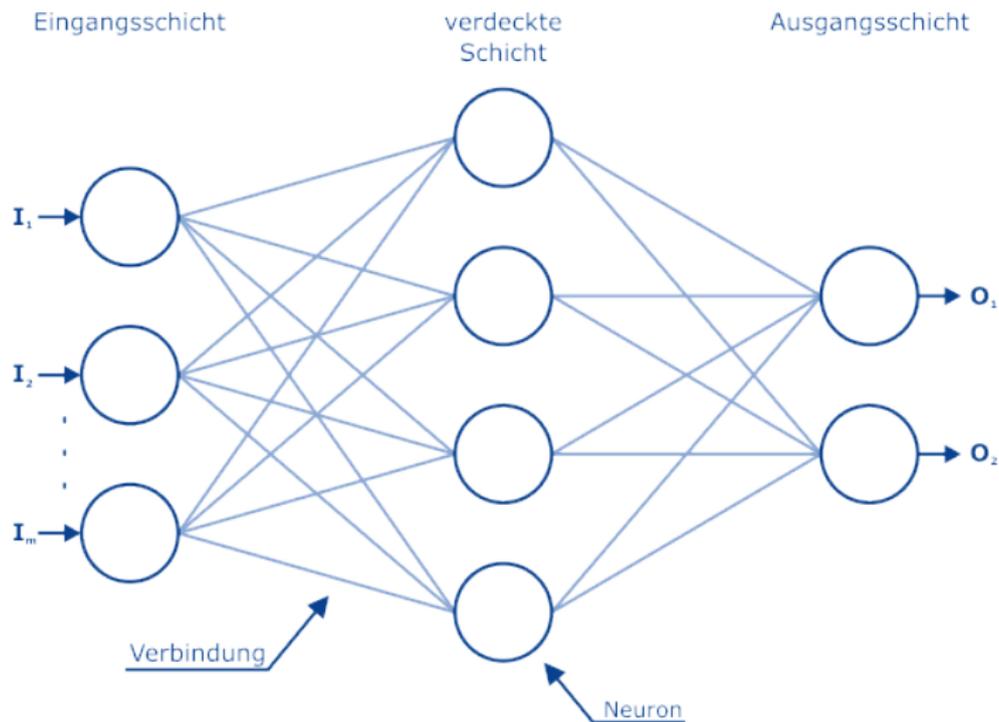
In künstlichen neuronalen Netzen bezeichnet die Topologie die Struktur des Netzes. Damit ist im Allgemeinen gemeint, wie viele künstliche Neuronen sich auf wie vielen Schichten befinden, und wie diese miteinander verbunden sind. Künstliche Neuronen können auf vielfältige Weise zu einem künstlichen neuronalen Netz verbunden werden. Dabei werden Neuronen bei vielen Modellen in hintereinander liegenden Schichten (englisch layers) angeordnet; bei einem Netz mit nur einer trainierbaren Neuronenschicht spricht man von einem einschichtigen Netz.

Source: [https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6nigliche\\_Akademie\\_der\\_Wissenschaften\\_in\\_Berlin](https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6nigliche_Akademie_der_Wissenschaften_in_Berlin)



# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition



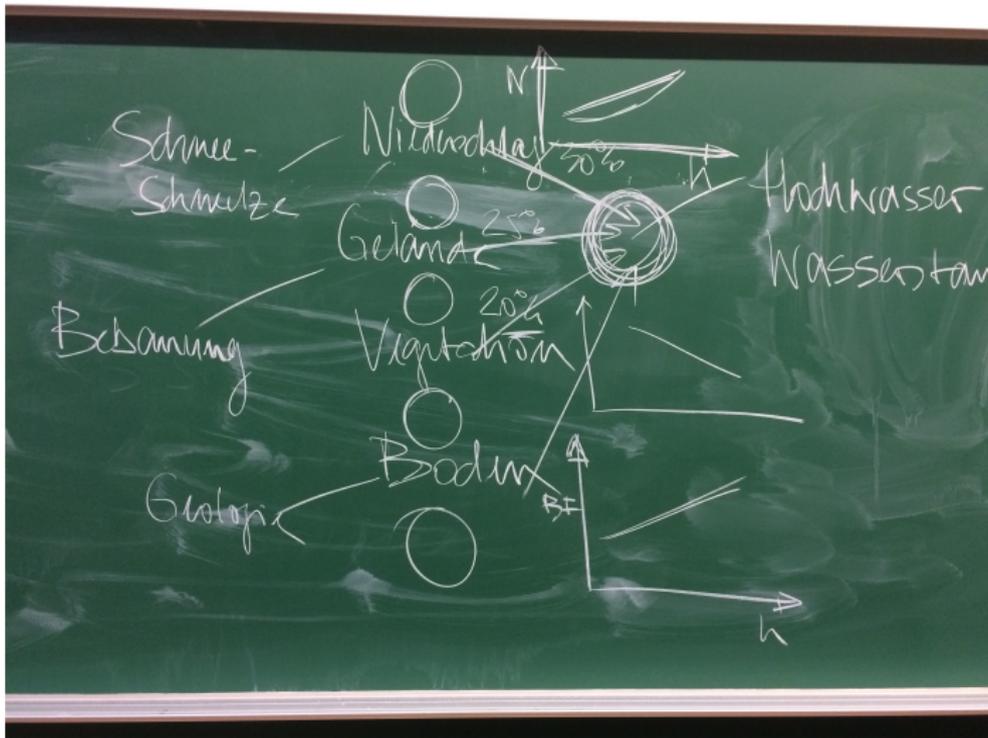
Source: <https://www.lfi.rwth-aachen.de/index.php?page=kunstl-neuronale-netze>

Abb. 11 zeigt ein typisches, aus drei Schichten bestehendes KNN (eine Eingangsschicht, eine versteckte Schicht und eine Ausgangsschicht). Jedes Neuron des Netzes verarbeitet die ankommenden Eingaben zu einer Ausgabe. Diese Ausgabe wird dann mit anderen Neuronen verknüpft. Die Informationen gelangen über die Eingangsschicht in das Netz hinein. Alle Schichten des Netzes verarbeiten diese Signale, bis sie die Ausgangsschicht erreichen. Bei der Entwicklung von Neuronalen Netzen werden zwei Hauptphasen betrachtet:

Source: <https://www.lfi.rwth-aachen.de/index.php?page=kunstl-neuronale-netze>

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Beispiel



Source: Vorlesung 12.01.2018

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition

**Lernphase** Diese Phase umfasst den Prozess, bei dem dem Netz mit Hilfe von Trainingsets (z.B. historische Daten) und Trainingsalgorithmen eine gewünschte Verhaltensweise beigebracht wird.

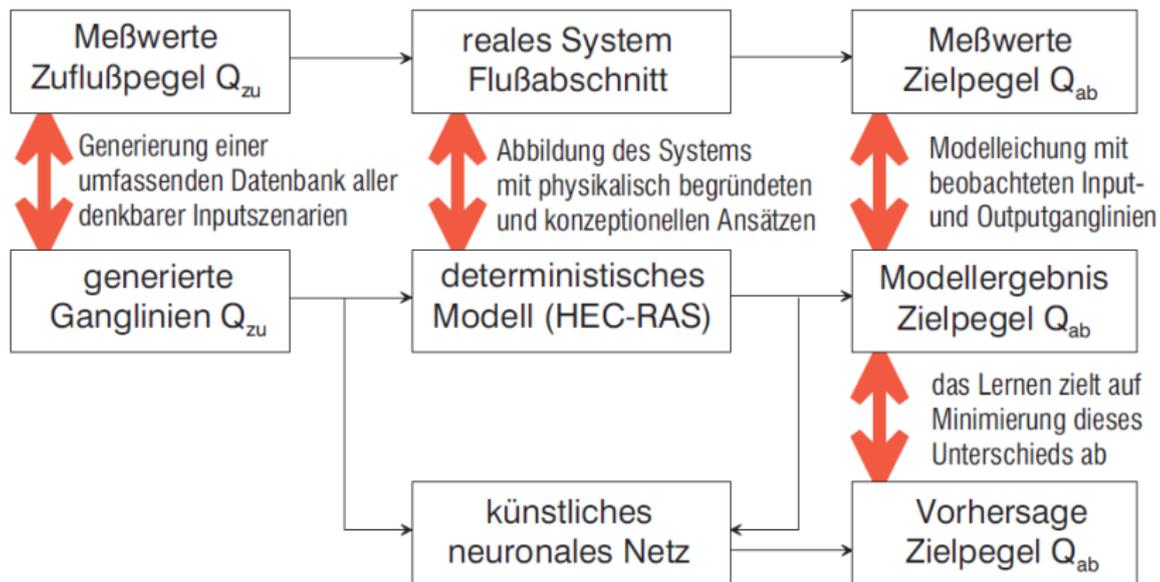
**Arbeitsphase** Nach dem Lernprozess ist das KNN bereit, in die Arbeitsphase einzutreten. Das Netz gibt Ausgangswerte aus, die denen im Beispieldatensatz ähneln, wenn die Eingangswerte zu denen eines Trainingsbeispiels passen.

Source: <https://www.lfi.rwth-aachen.de/index.php?page=kunstl-neuronale-netze>



# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Hydrologie



**Figure:** Aus dem Defizit an Trainingsdaten abgeleitete allgemeine Methodik

# Künstliche Neuronale Netzwerke

Hydrologie (Peters, 2008)

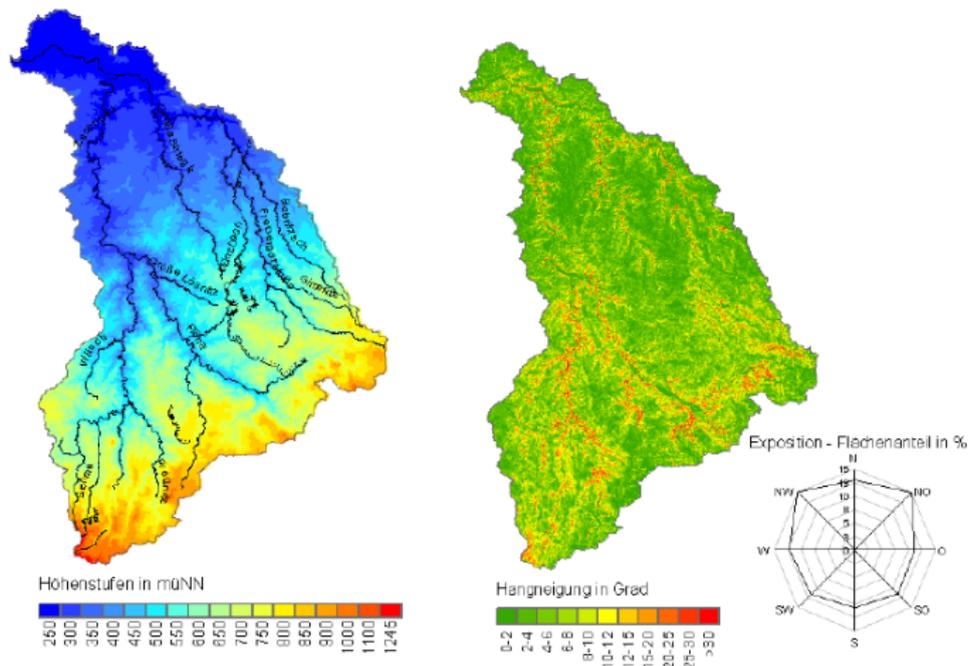


Figure: Freiberger Mulde: Höhen und Gefälle im Untersuchungsgebiet

# Künstliche Neuronale Netzwerke

Hydrologie (Peters, 2008)

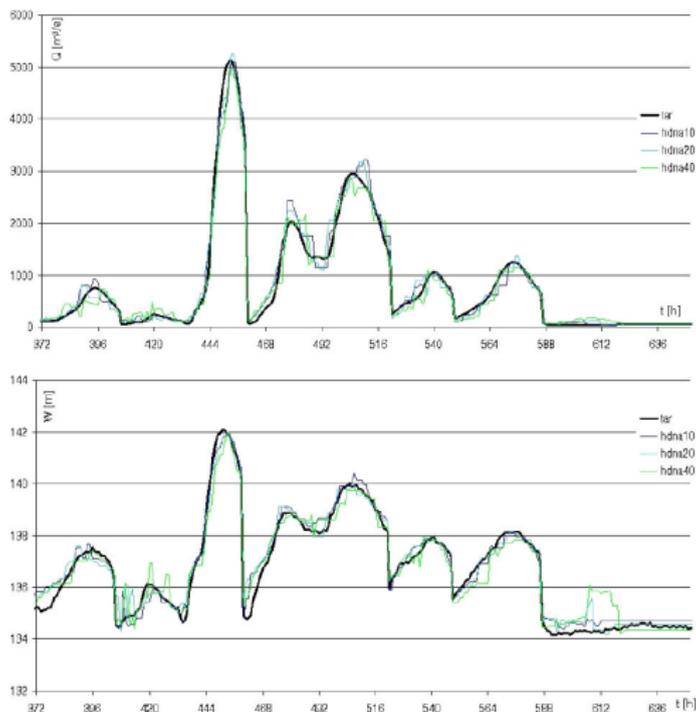


Figure: Darstellung einzelner Szenarien für Durchfluß und Wasserstand

# Künstliche Neuronale Netzwerke

Hydrologie - Anwendungen - Hochwasservorhersage

Nutzung künstlicher neuronaler Netze zur Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für operative und planerische wasserwirtschaftliche Maßnahmen

Eine neue Methodik, die zuverlässige Hochwasservorhersagemodelle auf dem aktuellsten Wissensstand einer Echtzeitanwendung für den operativen Einsatz zugänglich macht, wird entwickelt, getestet und angewendet. Sie basiert auf detaillierter Niederschlags-Abfluss-Modellierung in Kopplung mit hydrodynamischen Wellenablaufmodellen. Diese Modelle werden dann durch ein neuronales Netz "gekoppelt", mit welchem die Hochwasservorhersage gestellt werden kann.

BMBF Projekt (2012-2016), Lehrstuhl für Hydrologie und Meteorologie, TU Dresden, Michael Wagner

Source:

<https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ihm/hydrologie/forschung/projekte/hochwasservorhersage>

# mesoskalige Hydrologische Modellierung

mHM

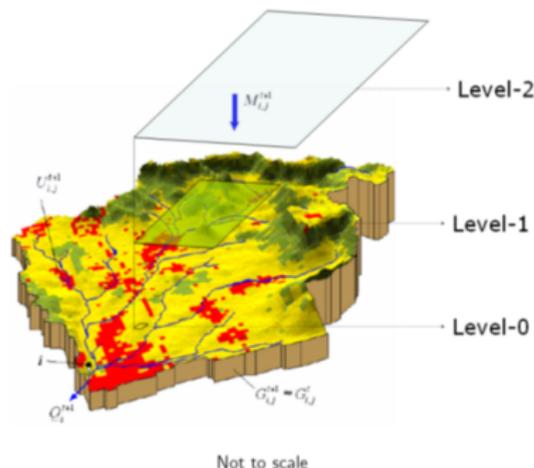


Figure: Landsurface Hydrology - das Modell mHM

Source: Rakovec, O., Kumar, R., Mai, J., Cuntz, M., Thober, S., Zink, M., Attinger, S., Schäfer, D., Schrön, M., Samaniego, L., 2016. Multiscale and Multivariate Evaluation of Water Fluxes and States over European River Basins. *J. Hydrometeorol* 17, 287–307. doi:10.1175/jhm-d-15-0054.1

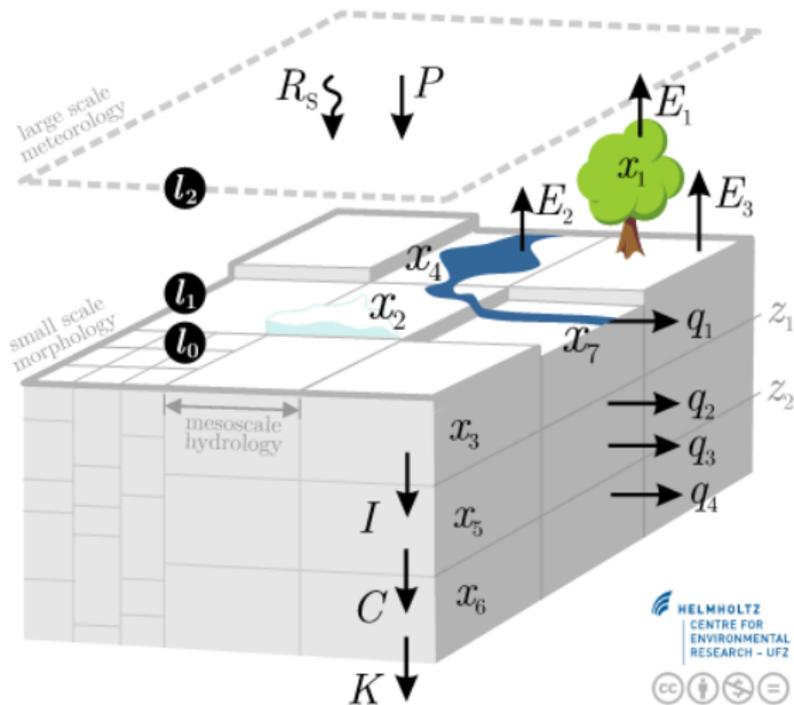


Figure: Landsurface Hydrology - das Modell mHM

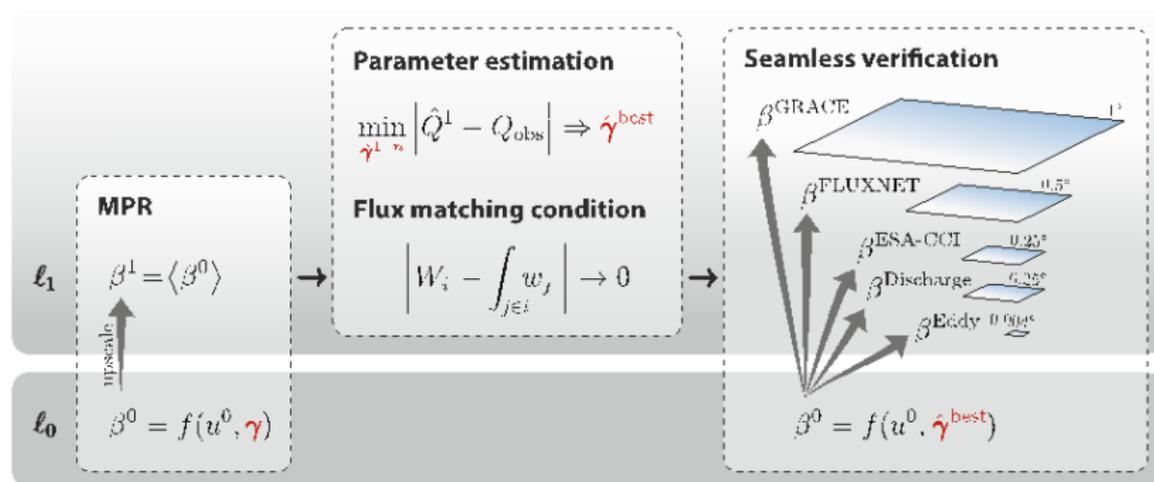


Figure: Mehrskalen-Verification mHM

# Hydrologische Modelle

## mHM

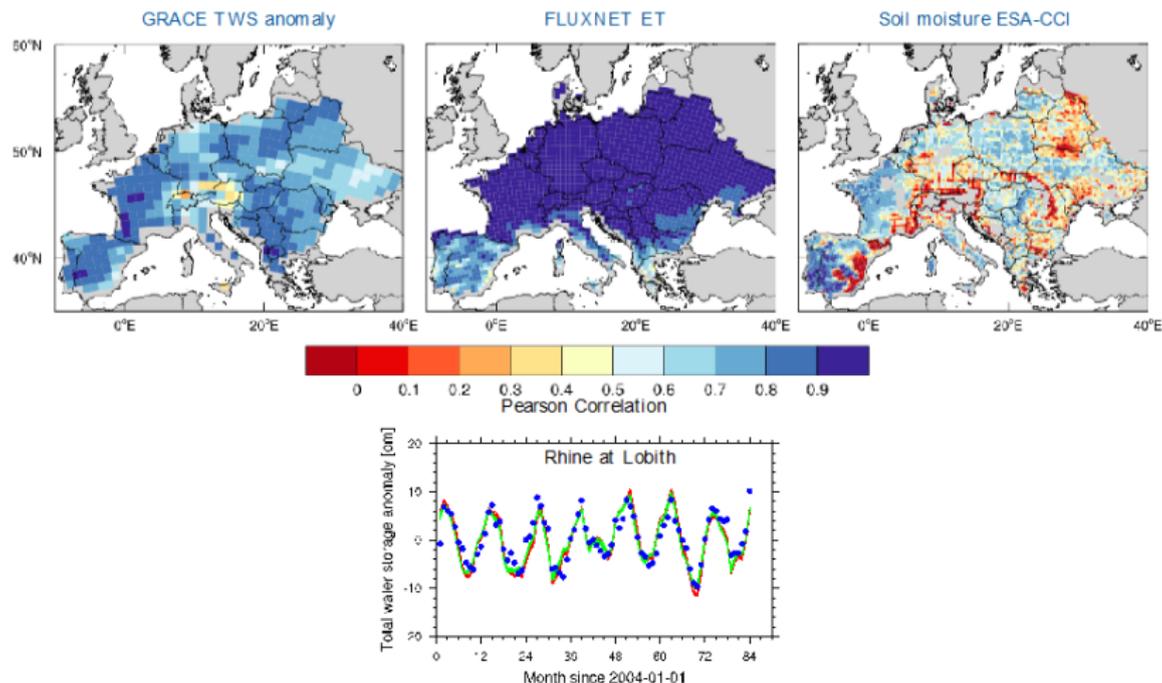


Figure: Mehrskalens-Verifikation mHM in der Pan-EU

Fragen ?

- 1 Zu welchem hydrologischen Modelltyp gehören die künstlichen neuronalen Netzwerke?
- 2 Was ist der englische Begriff für "Künstliche Neuronale Netzwerke"?
- 3 Skizzieren sie ein ANN-Konzept für eine Hochwasservorhersage. Benennen sie Einflussfaktoren für verschiedene Layer des ANN (d.h. die Kette von Abhängigkeiten).
- 4 ...