

# Hydroinformatik I - WiSe 2019/2020

## V12: Künstliche Neuronale Netze

Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Kolditz

<sup>1</sup>Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Leipzig

<sup>2</sup>Technische Universität Dresden – TUD, Dresden

<sup>3</sup>Center for Advanced Water Research – CAWR

Dresden, 17.01.2020

# Übersicht

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

# Hydrologische Modelle

## Definition

”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>

# Hydrologische Modelle

## Definition

- ▶ " 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>

# Hydrologische Modelle

## Definition

” 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\u00f6nntliche\\_neuronale\\_Netze](https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6nntliche_neuronale_Netze)

# Künstliche Neuronale Netzwerke

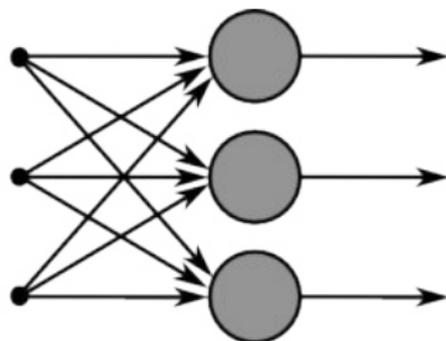
## Definition

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\u00fcnstliches\\_neuronales\\_Netz](https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00fcnstliches_neuronales_Netz)

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition



Ausgabeschicht

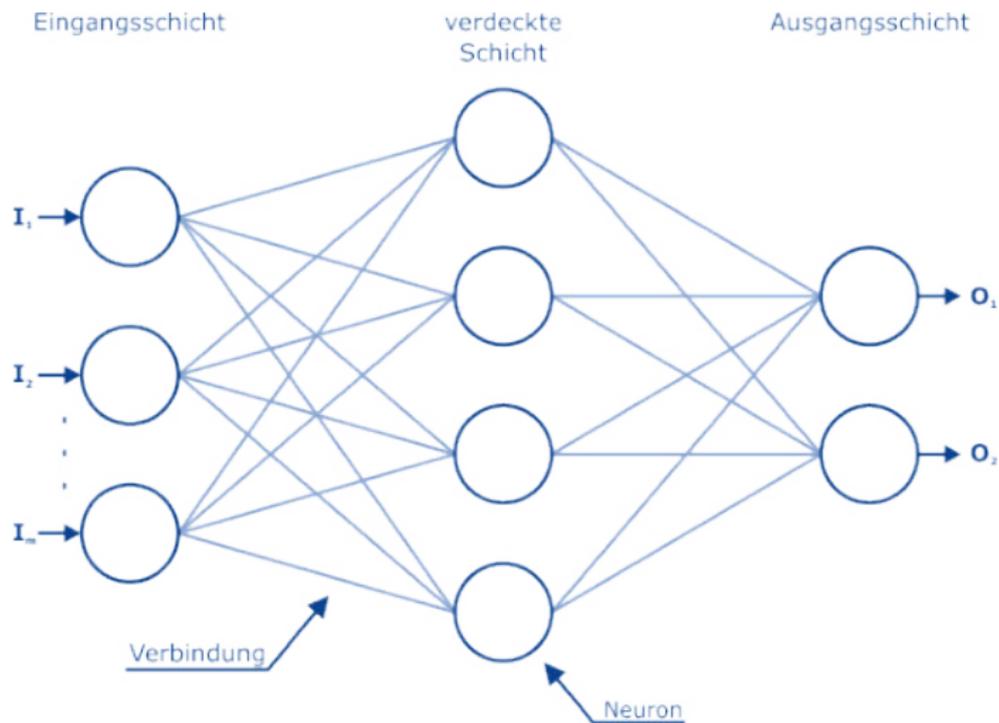
Unter Verwendung eines Graphen können die Neuronen als Knoten und ihre Verbindungen als Kanten dargestellt werden. Die Eingaben werden gelegentlich auch als Knoten dargestellt.

Die hinterste Schicht des Netzes, deren Neuronenausgaben meist als einzige außerhalb des Netzes sichtbar sind, wird Ausgabeschicht (engl. output layer) genannt. Davorliegende Schichten werden entsprechend als verdeckte Schicht (engl. hidden layer) bezeichnet.

Source: [https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6rperliche\\_Neuronale\\_Netze](https://de.wikipedia.org/wiki/K\u00f6rperliche_Neuronale_Netze)

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Definition



# Künstliche Neuronale Netzwerke

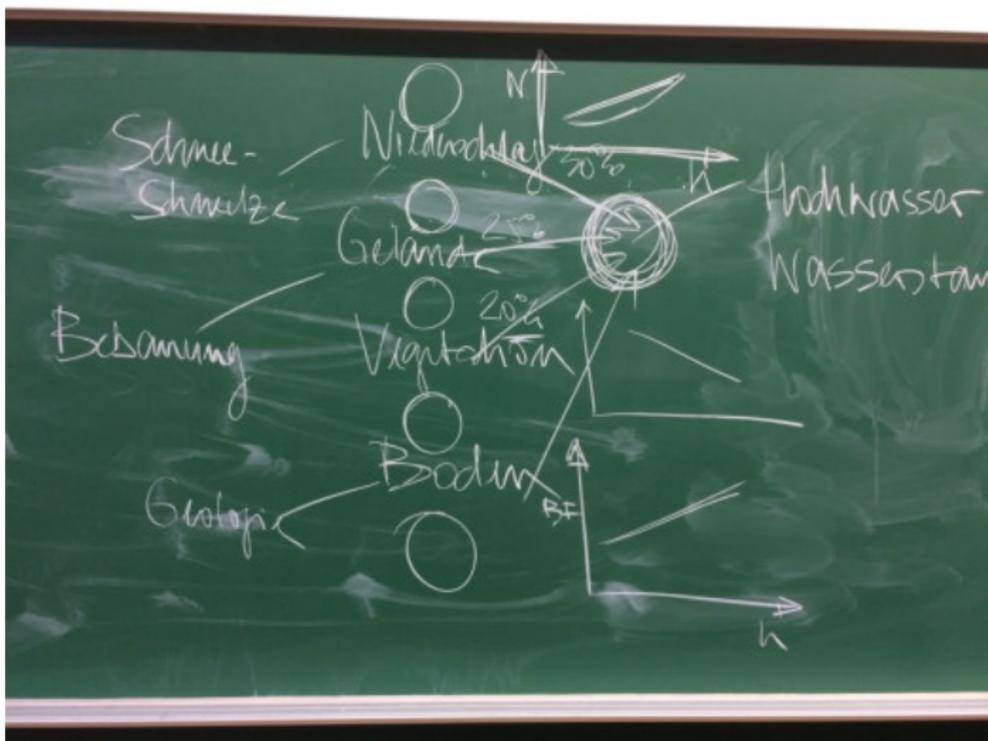
## Definition

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



# 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

Ronny Peters

KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE ZUR BESCHREIBUNG  
DER HYDRODYNAMISCHEN PROZESSE FÜR DEN  
HOCHWASSERFALL UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER  
NIEDERSCHLAGS-ABFLUSS-PROZESSE IM  
ZWISCHENEINZUGSGEBIET

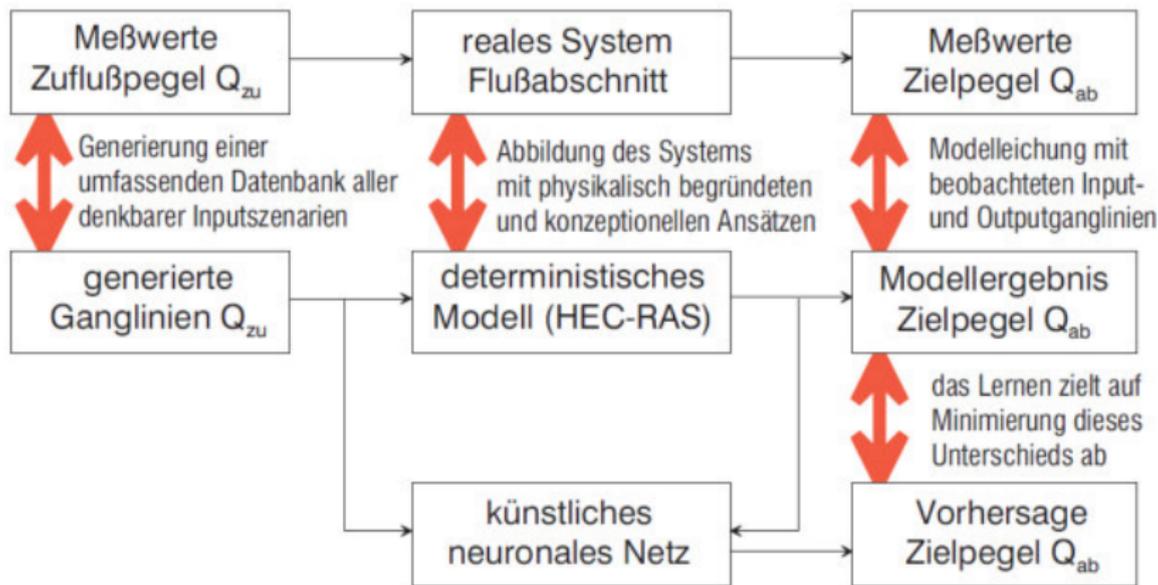
Dresden, Juli 2008

Source:

<https://www.baufachinformation.de/dissertation/K\protect\unhbox\voidb@x\bgroup\U@D1ex{\setbox\z@\hbox{\char127}\dimen@-.45ex\advance\dimen@\ht\z@\fontdimen5\font\dimen@}\accent127\fontdimen5\font\U@Du\egroupnstliche-neuronale-Netze-zur-Beschreibung-der-hydrodynamischen-Prozess>

# Künstliche Neuronale Netzwerke

## Hydrologie



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

# Künstliche Neuronale Netzwerke

Hydrologie (Peters, 2008)

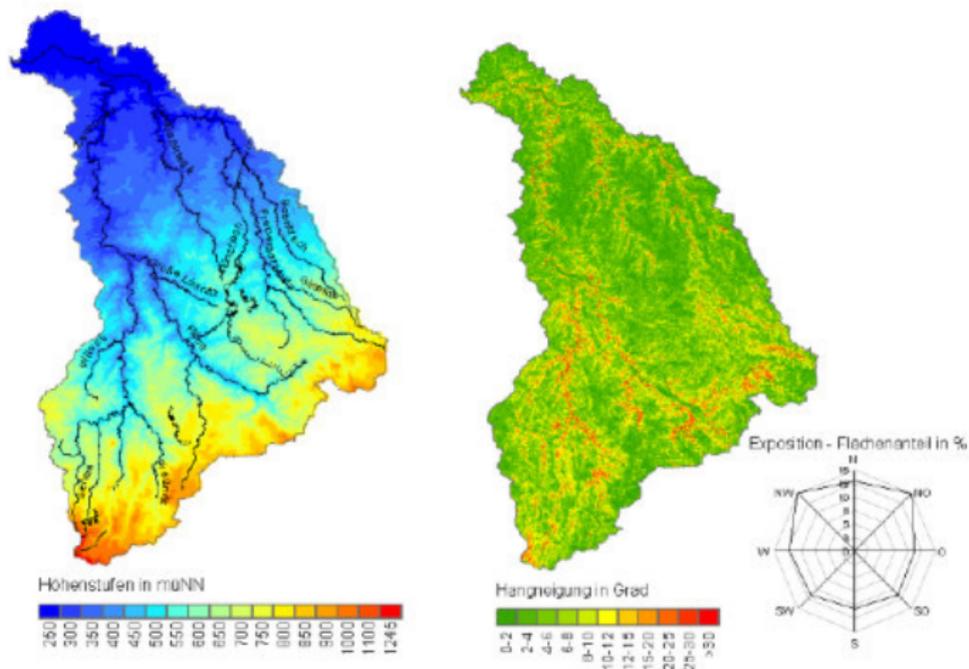


Abbildung: Freiburger Mulde: Höhen und Gefälle im Untersuchungsgebiet

# Künstliche Neuronale Netzwerke

Hydrologie (Peters, 2008)

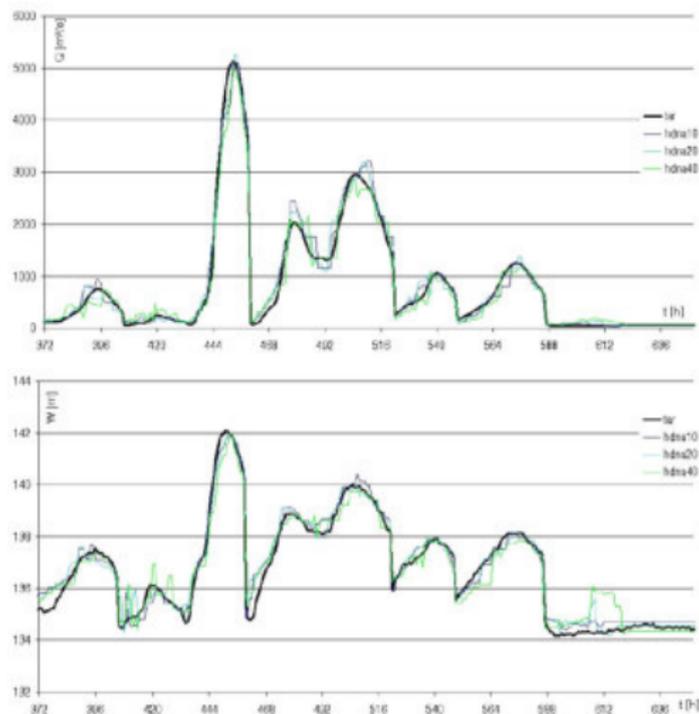


Abbildung: Darstellung einzelner Szenarien für Durchfluß und 

# 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-ann>

# Differences Between Machine Learning vs Neural Network

"Machine Learning is an application or the **subfield of artificial intelligence** (AI). Machine Learning enables a system to automatically learn and progress from experience without being explicitly programmed. Machine Learning is a continuously developing practice. The goal of Machine learning is to understand the structure of data and fit that data into models, these models can be understood and used by people. In Machine Learning generally, the tasks are classified into broad categories. These categories explain how learning is received, two of the most widely used machine learning methods are supervised learning and unsupervised learning.

The neural network is inspired by the structure of the brain. The neural network contains highly interconnected entities, called units or nodes. Neural networks are deep learning technologies. It generally focuses on solving complex processes. A typical neural network is a group of algorithms, these algorithms model the data using neurons for machine learning."

<https://www.educba.com/machine-learning-vs-neural-network/>

# mesoskalige Hydrologische Modellierung

## mHM

# Hydrologische Modelle

## mHM

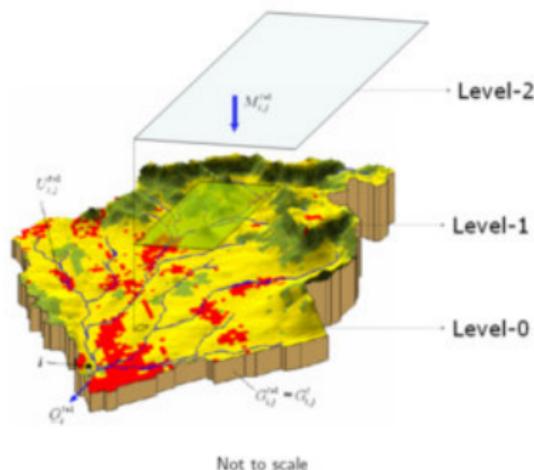


Abbildung: Landsurface Hydrology - das Modell mHM

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

# Hydrologische Modelle

mHM

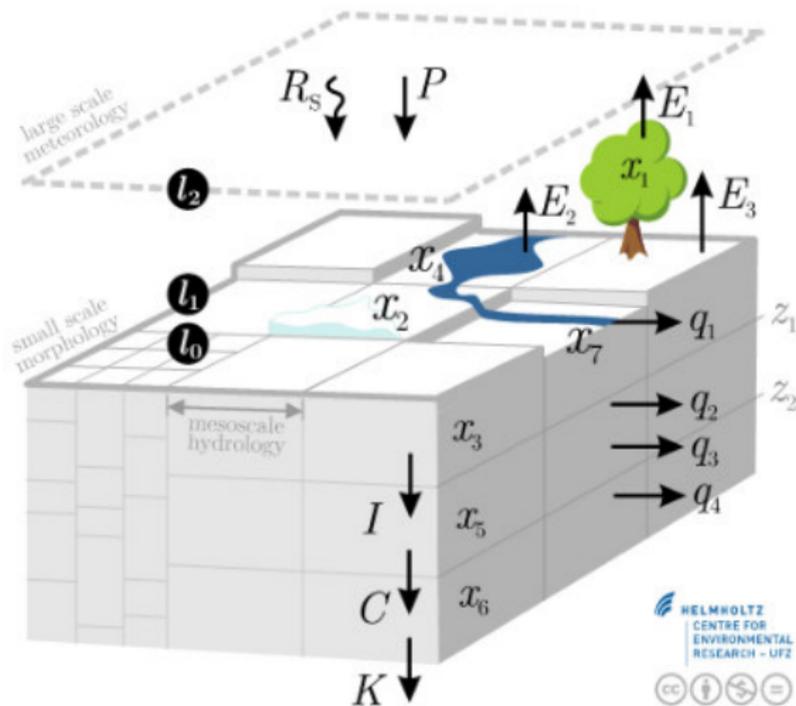


Abbildung: Landsurface Hydrology - das Modell mHM

# Hydrologische Modelle

## mHM

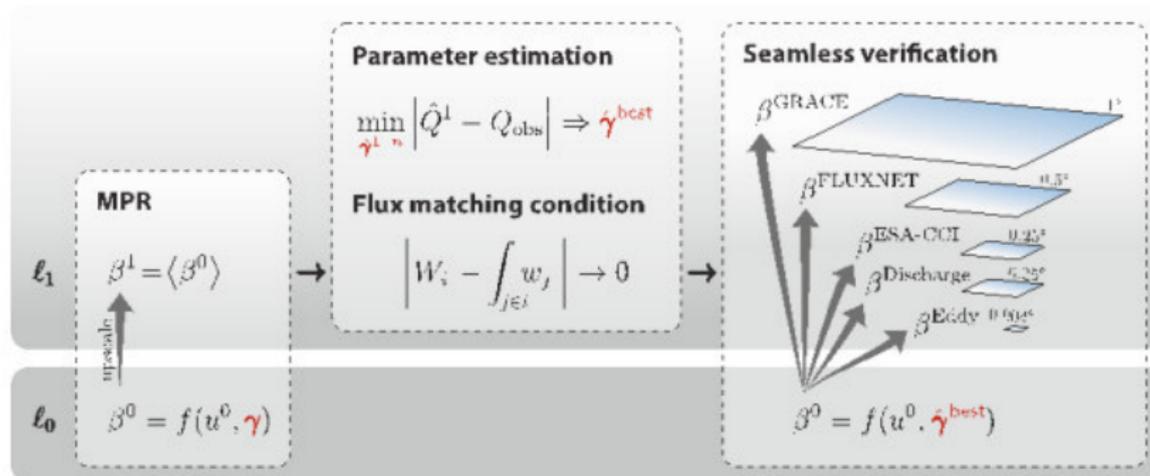


Abbildung: Mehrskalen-Verifikation mHM

# Hydrologische Modelle

## mHM

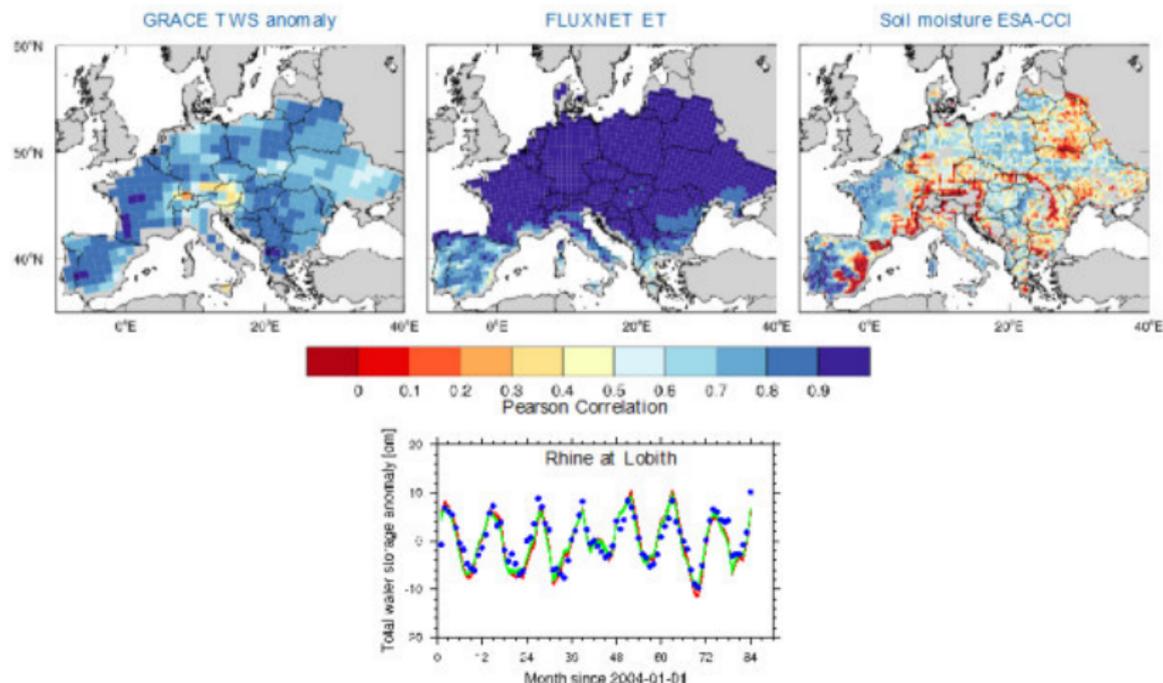


Abbildung: Mehrskalen-Verifikation mHM in der Pan-EU

# Fragen ?

# Hydrologische Modelle

## 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. ...