

Modellgrenzen und aktueller Stand der Forschung

Starkregen-Kolloquium htw saar, Campus Göttelborn, 30.09.2019

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

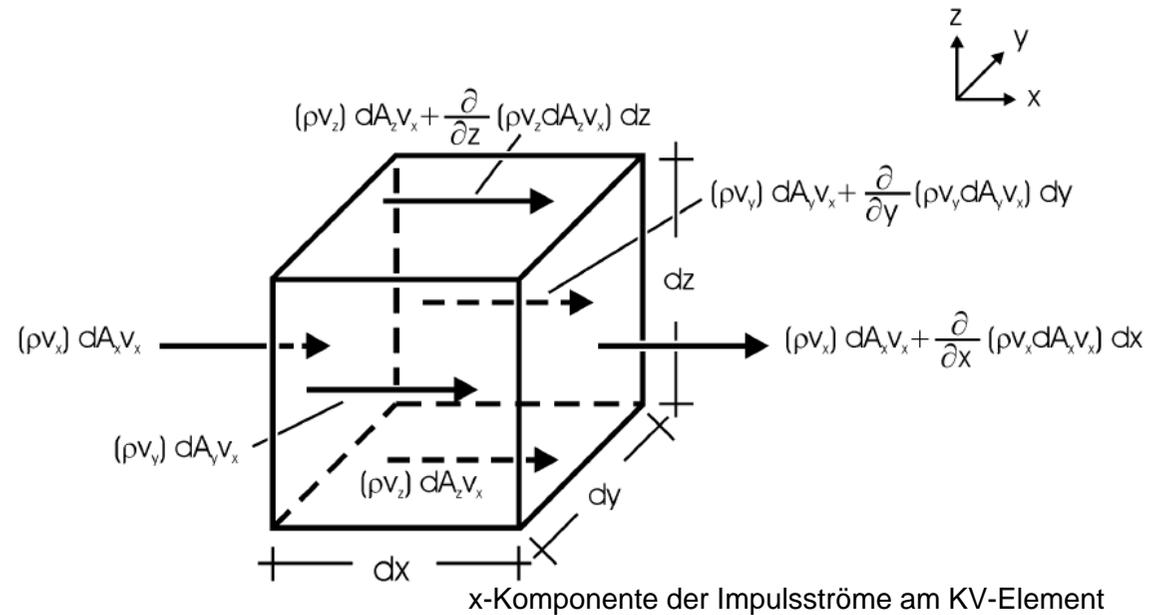


Agenda

- Einleitung
- Grenzen/Entwicklungsbedarf 2D-Modelle für die Starkregensimulation
- Ausblick Modellierung der Bodenerosion
- Zusammenfassung

Einleitung

- „Wasser ist berechenbar!“
Wie genau?!



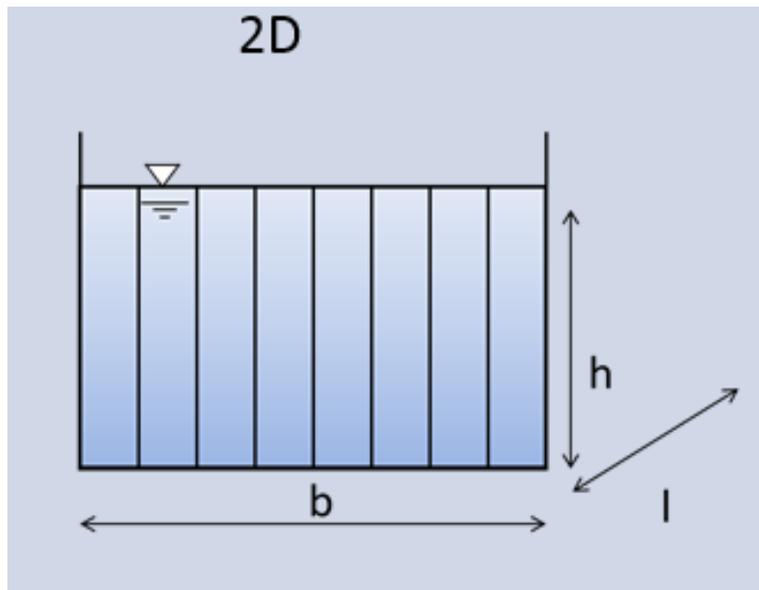
- „Erschreckend genau!“

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = \frac{S}{dV}$$

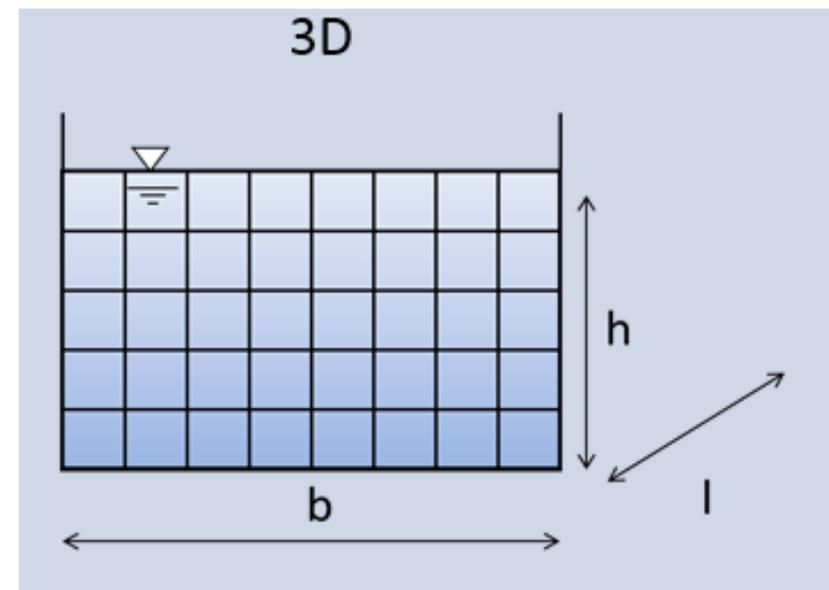
$$\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \rho (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = \vec{f}_{v,i} - \nabla p + \eta \Delta \vec{v} + (\lambda + \eta) \nabla (\nabla \cdot \vec{v})$$

Einleitung

- Das Problem: Vereinfachung zwingend nötig
 - Flachwassergleichung (2D-Modellierung)
 - (Vereinfachte hydraulische Ansätze)



2D-Diskretisierung



3D-Diskretisierung (Wasserkörper!)

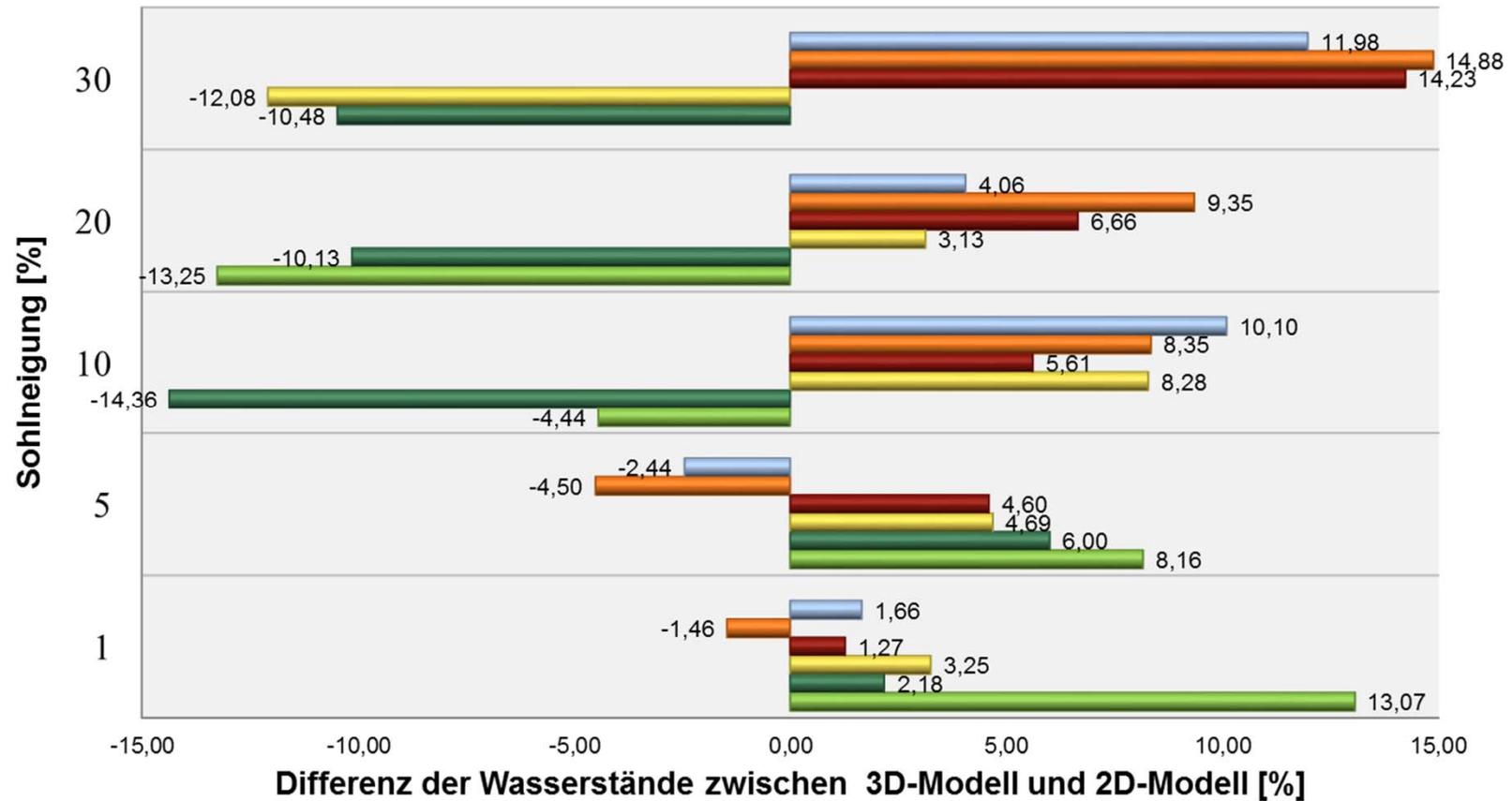
Unsicherheiten – 2D-Modell (Auswahl)

- Reduktion Fließbewegung auf die Ebene
 - Vernachlässigung vertikale Geschwindigkeiten/Beschleunigung und
 - Annahme **geringe Sohlneigung**

- Reibungseinflüsse und sonstige Verluste werden in einem (i.d.R. konstanten) **Sohlreibungsterm** zusammengefasst

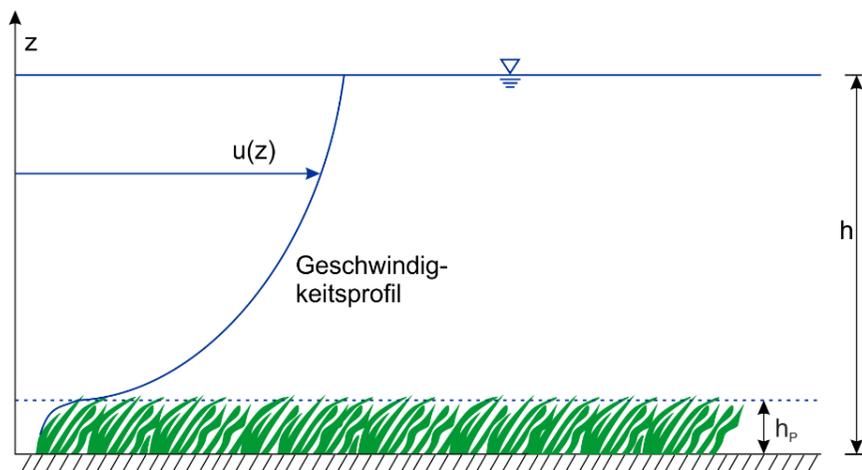
Reduktion Fließbewegung auf die Ebene

- Einfluss großes Sohlgefälle auf 2D-Ergebnisse? → Vergleich mit 3D-Modell



Einfluss Sohlreibungansatz

- Sohlreibung/-material einziger Kalibrierungsparameter im 2D-Modell
- Einsatz 2D-Modelle bisher primär für Fließgewässer
 → dementsprechend liegen Rauheitstabellen vor
- Können diese Rauheitswerte übertragen werden?
- „Nicht ganz!“
 - Kst-Dünnfilmabfluss $3-5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
 - Zwingend $K_{st} = f(h)$ abbilden



Gerinneart und Beschaffenheit der Gerinnewandung	k_{St} in $\text{m}^{1/3}/\text{s}$	
	von	bis
a) Natürliche Fließgewässer		
Flussbett mit fester Sohle ohne Unregelmäßigkeiten, bordvoll		bis 40
Flussbett gleichmäßig gewunden, mit Mulden und Untiefen	22	– 30
Flussbett verkrautet, je nach Umfang der Verkrautung	15	– 35
Flussbett mit mäßigem Geschiebetrieb	33	– 35
Flussbett mit Geröll und Unregelmäßigkeiten	25	– 30
Wildbäche, kopfgroße Steine; grobes, ruhendes Geröll	25	– 28
Wildbäche mit grobem, in Bewegung befindlichem Geröll	19	– 22
b) Vorländer, Überflutungsflächen		
Wiese, kein Gestrüpp, kurzes Gras	28	– 40
Wiese, kein Gestrüpp, hohes Gras	20	– 35
vereinzelt Gestrüpp, dichtes Unkraut	14	– 29
mittleres bis dichtes Gestrüpp, im Winter	9	– 22
mittleres bis dichtes Gestrüpp, im Sommer	6	– 14
dichter Holzbestand	6	– 10
Buschreihen parallel zur Strömung	25	– 30

Sohlrreibungsansatz – Aktuelle Untersuchungen

- „Neuer“ Rauheitsansatz für das 2D-Modell erforderlich!
- Optimum: Widerstandsbeiwert für Sohloberfläche + Vegetation!

$$\lambda = \lambda' + \lambda''$$



DWA M 524

Sohlrreibungsansatz – Aktuelle Untersuchungen

- Aktuelle Untersuchungen im 2D-Modell (Fokus Dünnschichtabfluss über Gras)
 → Vereinfachte Abbildung Vegetation als Sohlreibung
 - Sandrauheit f (Bewuchsparametern)

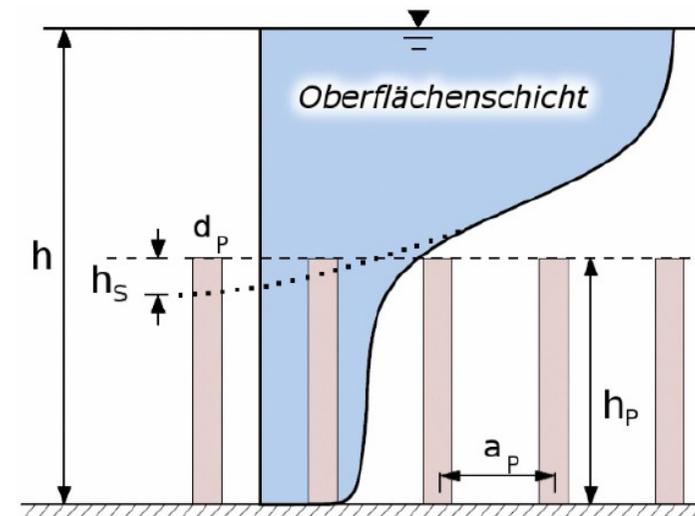
$$\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,9}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k_r}{4 \cdot h \cdot 3,2} \right)$$

$$k_r = (2,0116 \cdot \ln(m_{dimensionlos}) + 8,1916)$$

$$m_{dimensionlos} = m_P \cdot d_P \cdot h_P$$

- Sandrauheit f (Bewuchshöhe)
 (Logarithmisches v -Profil verschieben)

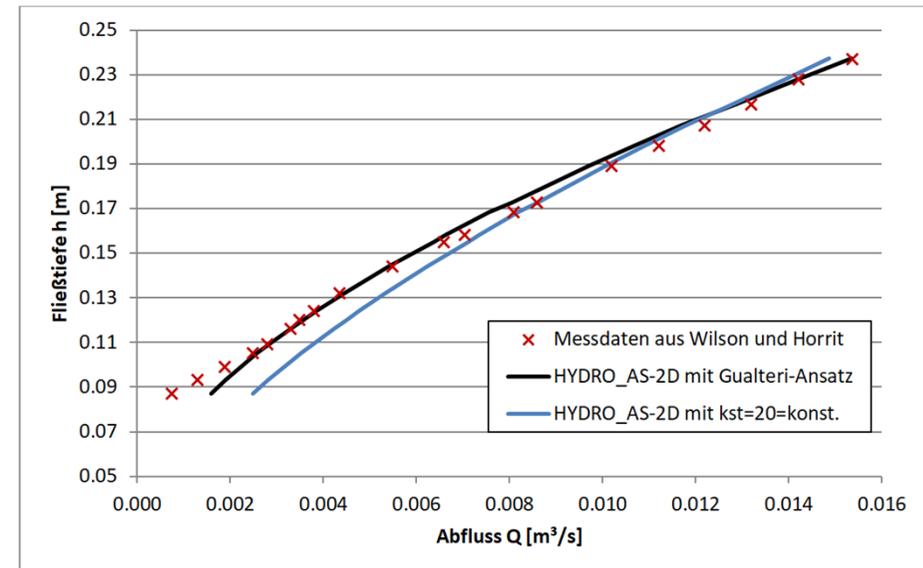
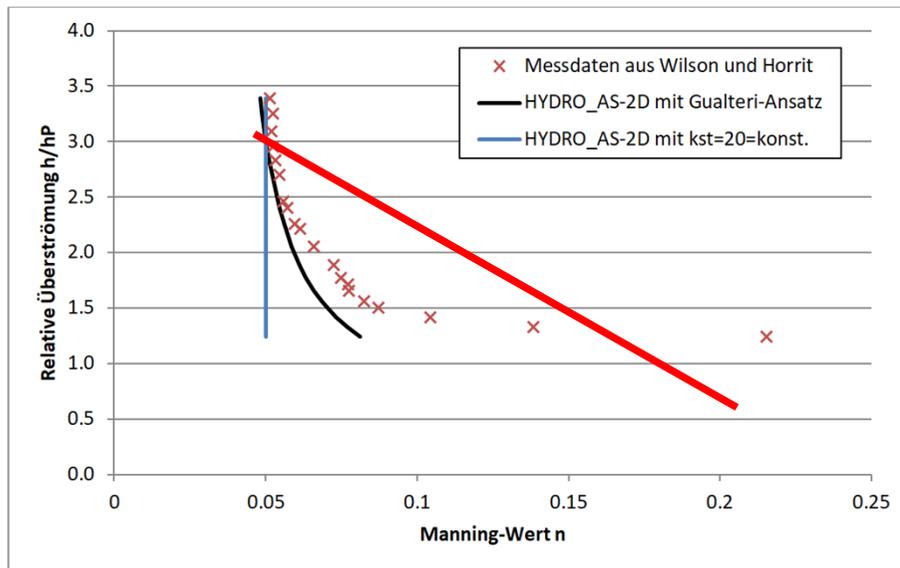
$$\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,9}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{h'_P}{4 \cdot (h - h'_P) \cdot 3,2} \right)$$



Sohlrreibungsansatz – Aktuelle Untersuchungen

Zwischenergebnisse

- $h/h_p > 3$ konst. Kst-Werte ausreichend
- $h/h_p > 1,5$ Gute Übereinstimmung
- $h/h_p < 1,5$ Ansatz wird aktuell weiteruntersucht/optimiert



Sohlbreibungsansatz – Aktuelle Untersuchungen

- Modellversuche zur Ermittlung von K_{st} -Werten für
 - ausgewählte Materialien bei
 - unterschiedlichen Neigungen



30.09.2019



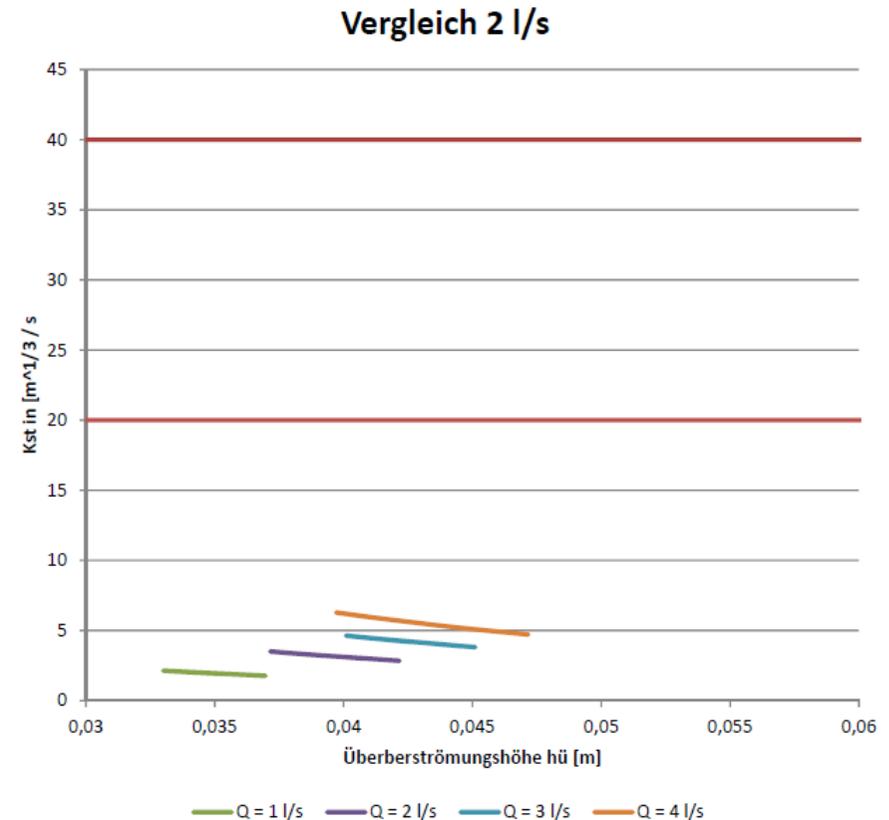
www.fg-wasser.de



11

Sohlbreibungsansatz – Aktuelle Untersuchungen

- Zwischenergebnisse
 - (Rauheit ist bei kleinen Wassertiefen zu erhöhen)
 - Rauheitseinfluss ist zusätzlich (zur Wassertiefe) abhängig von der Hangneigung!



Aktuelle Untersuchungen – Modellplausibilisierung

- Mobile Messeinrichtungen (N, Q)
- Simulation kleiner EZG



Aktuelle Untersuchungen – Bodenerosion



Aktuelle Untersuchungen – Bodenerosion

- Aktuelle Berechnungsansätze beruhen auf sehr einfacher Hydraulik
- Ziel: Abbildung Flächenerosion mit 2D-Modellen

- Werkzeug für die
 - Ermittlung von Erosionsgefährdeten Bereichen
 - Quantifizierung der Erosionsmengen
 - Wirkungsanalyse von u.a. Grünstreifen (Hang und Gewässerrandstreifen)
 - Wirkung von Maßnahmen
 - Schwerpunkt Ereignissimulation (Starkregen)

Zusammenfassung

- 2D-Modelle können für die Starkregensimulation Verwendung finden
- Modellunsicherheiten sind „ungewöhnlich“ hoch beim Einsatz für die Starkregensimulation
- Klassischer Rauheitsansatz sollte keine Verwendung finden (zumindest wasserstandsabhängige Rauheiten verwenden)
- Modellfehler infolge hoher Sohlgefälle kann signifikant sein und sollte im Rahmen der Rauheitsdefinition berücksichtigt werden.
- Bedarf an der Modellierung der Bodenerosion wird kommen...

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Starkregen-Kolloquium htw saar, Campus Göttelborn, 30.09.2019

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük

