

# INFRASTRUKTURTAG MÜHLDORF AM INN

HYDROLOGISCHE GRUNDLAGEN,  
INTEGRALE HOCHWASSERSCHUTZKONZEPTE  
MODELLIERUNG VON STURZFLUTEN



Stefan Gamperer - Dipl. Ing.  
Landschaftsplaner, Akademischer Geoinformatiker  
Alexander Reindl - Dipl. Ing. (FH)  
Bauingenieur



Ingenieurbüro für  
Wasserwesen und  
Umweltmanagement

Dr. Tibor Molnar  
Landschaftsplaner, Akademischer Geoinformatiker

Ingenieurbüro

**Behringer & Partner**

Mühdorf am Inn



gegründet: 1968

**STEINZEUG**



ZUKUNFT MIT QUALITÄT

Siedlungswasserwirtschaft  
Hydraulische Nachweise  
Straßen- & Brückenbau  
Baulanderschließung  
Kommunales GIS  
Sanierungen  
Wasserbau  
SiGeKo

[www.ib-behringer.de](http://www.ib-behringer.de)




# PROBLEMATIK ZUKÜNFTIG !!KLIMAWANDEL!!

Auszug aus dem Klima Report 2015 Bayern:

„Der Klimawandel äußerte sich in Bayern in der Vergangenheit durch einen allgemeinen Temperaturanstieg, eine Umverteilung der innerjährlichen Niederschläge, eine Tendenz zur Zunahme von Starkniederschlägen und zur Abnahme der Schneebedeckung...“

Auszug aus dem Klima Report 2015 Bayern



# BIS INS JAHR 2100 IN BAYERN

ANSTIEG DER TAGE MIT NIEDERSCHLAGSMENGEN  
VON > 15 mm/Tag  
+40%

Regionale Klimamodelle zeigen eine mögliche Entwicklung  
Auszug aus dem Klima Report 2015 Bayern



# ERKENNEN BEWERTEN HANDELN

- Niederschlag von befestigten und bebauten Flächen gilt rechtlich als Abwasser (§54 Wasserhaushaltsgesetz)
- Kommunen sind verantwortlich für die Daseinsvorsorge und die Gefahrenabwehr
- Haus- Grundstückseigentümer haben eine Selbstverpflichtung zum Objektschutz



# ERKENNEN

RISIKOKARTEN, ÜBERSCHWEMMUNGSGRENZEN, ETC.  
BEI HOCHWASSER SCHON SEHR UMFANGREICH  
VORHANDEN


VERGLEICHBARE DATEN FÜR URBANE STURZFLUTEN  
BISHER NICHT VORHANDEN, ODER NICHT FREI  
ZUGÄNLICH



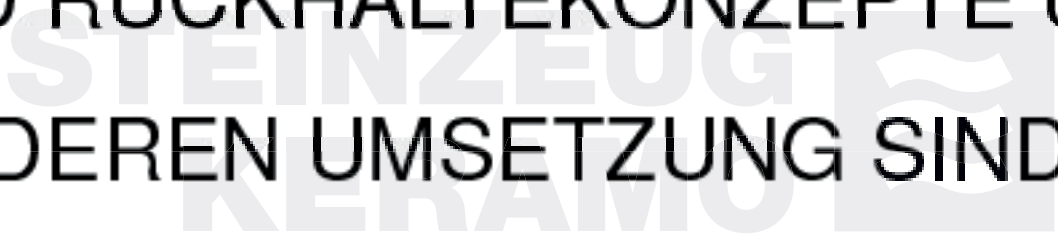
# BEWERTEN / HANDELN

## INTEGRALE HOCHWASSERSCHUTZ- UND RÜCKHALTEKONZEPTE

- Untersuchung eines kompletten Einzugsgebietes oberhalb der Hochwassergefährdung
- Durch die Kombination aus natürlichem Rückhalt, technischem Schutz und Vorsorge einen Schutz vor einem 100 jährlichen Hochwasser erreichen
- Verbesserung der Gewässergüte und Gewässerökologie, Verringerung der Bodenerosion, Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes



INTEGRALE HOCHWASSERSCHUTZ-  
UND RÜCKHALTEKONZEPTE UND  
DEREN UMSETZUNG SIND  
FÖRDERFÄHIG

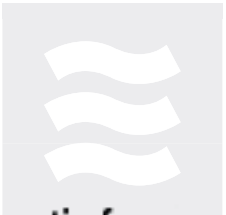






# BEWERTEN / HANDELN

## SIMULATIONEN VON URBANEN STURZFLUTEN

- STEINZEUG KERAMO 
- Darstellung von Fließwegen
  - Überschlägige Ermittlung von Wassertiefen und Mengen
  - Detailschärfe je nach Bedarf, z.B. Simulation Dambruch
  - Ausarbeiten von Risikokarten

# Infrastrukturtag in Ihrer Region

Abwassernetze und Hochwasserschutz

Mühldorf am Inn

11. Oktober 2016

## ***Integrale Hochwasserschutzkonzepte*** **Hydrologische Grundlagen**

Dipl.-Ing. Dr. techn. Habil. Tibor Molnar

11.10.2016



Ingenieurbüro für  
Wasserwesen und  
Umweltmanagement  
Tagung Mühldorf a. Inn

10

# Sturzflut / Definition

- In kleinen Gebieten als Folge starker konvektiver Niederschläge auftretendes
- **kurz** andauerndes Hochwasser mit **hohem** Scheitelwasserstand
- Sturzfluten werden vor allen in Gebieten mit
  - Mediterranem
  - semiaridem oder
  - aridem Klima

Sowie – in letzten Zeiten immer häufiger - in Gebieten mit

- kontinentalem Klima

beobachtet.

<http://www.spektrum.de/lexikon/oeowissenschaften/sturzflut/15953>

# 2D-Modellierung

## Erforderliche Werkzeuge zur 2D-Modellierung

- DGM, hoch aufgelöst
- Geometrie der Gewässer
- Hydraulische Parameter des 2D-Modells
- Anfangsbedingungen zur Modellierung, wie
  - Wasserspiegellage(n) in den mit einander korrespondierenden Gewässern
  - Durchflussganglinie(n), die die Überflutung auslöst
- Hydro\_As-2D, TELEMAC



# Durchflussganglinie(n)

## Herleitung der $HQ_{100}(t)$ Ganglinie

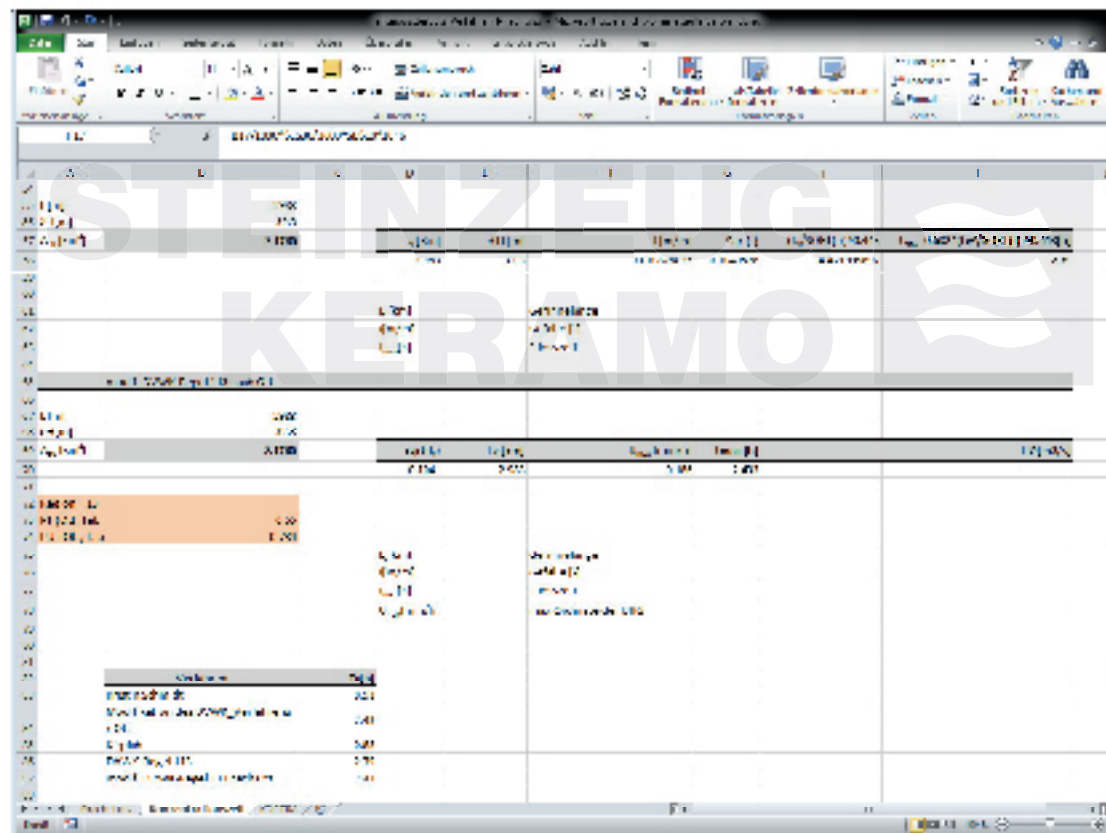
- die Herleitung der  $HQ_{100}(t)$  Ganglinie ist nicht trivial
- In den kleinen EZG's sind keine hydrometeorologische Aufzeichnungen vorhanden
- Praktisch keine hydrologische Modellierung mit mathematischen Modellen der Hydrologie wie
  - LARSIM
  - NAM (MikeZero; DHI),
  - USGS Precipitation Runoff Modeling System (PRMS) HBV
  - WaSiM (Dr. Schulla – Dr. Jasper, ch)
  - ....ist möglich, da die erforderlichen hydrometeorologischen Daten fehlen

## Wie kann $HQ_{100}(t)$ doch ermittelt werden(?):

- LUTZ-Verfahren
- SCS-Verfahren (Soil Conservation Service)

# Vorgehensweise zur Herleitung der Durchflussganglinie

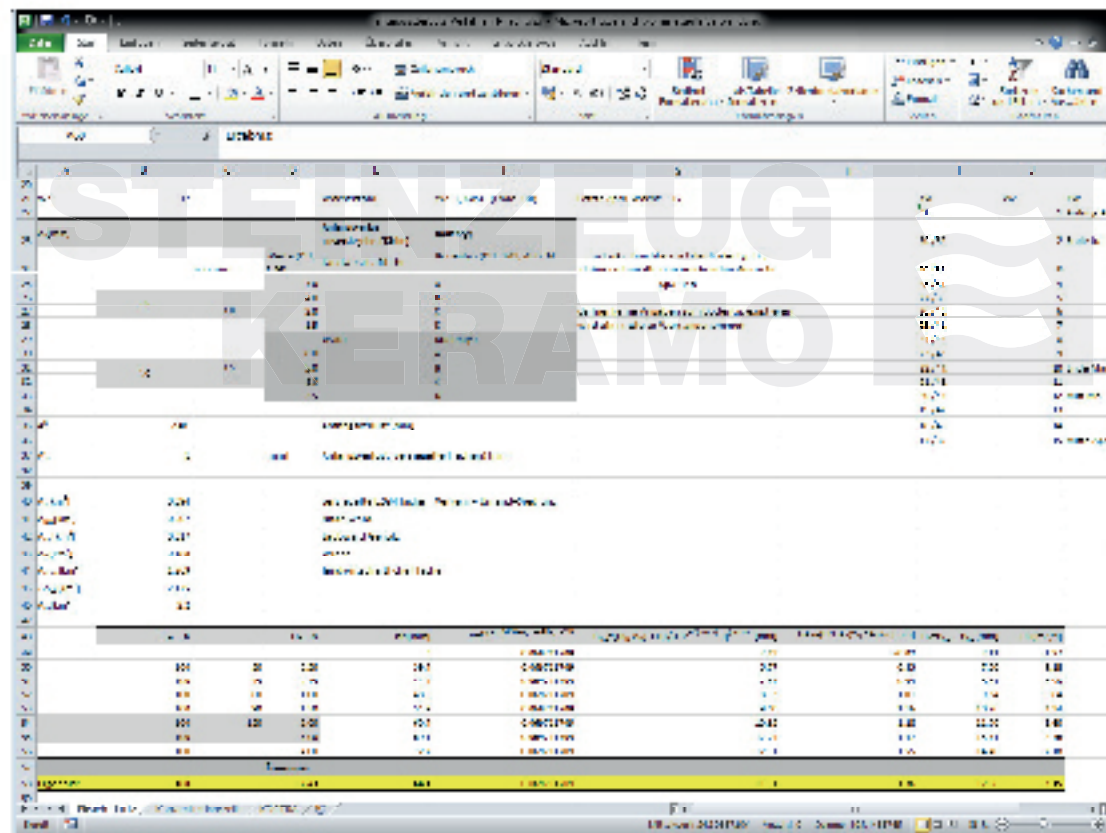
- Ermittlung der Konzentrationszeit



C:\works\pace\2016\_10\_11\_Vortrag\_Muehldorf\PP\T2016\_10\_11\_Muehldorf\_Vortrag.pptx

# LUTZ - Verfahren

- Ermittlung von  $HQ_{100}$



C:\work\pace\2016\_10\_11\_Vortrag\_Muehldorf\PP\T2016\_10\_11\_Muehldorf\_Vortrag.pptx

# SCS - Verfahren

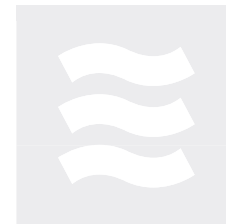
Item	Quantity	Unit Price	Total Price
1. Erdarbeiten	75	12	900
2. Mauerwerk	10	10	100
3. Dachstuhl	10	10	100
4. Elektrik	10	10	100
5. Sanitär	10	10	100
6. Malerarbeiten	10	10	100
7. Kleinfacharbeiten	10	10	100
8. Einbauelemente	10	10	100
9. Kleinfacharbeiten	10	10	100
10. Kleinfacharbeiten	10	10	100
11. Kleinfacharbeiten	10	10	100
12. Kleinfacharbeiten	10	10	100
13. Kleinfacharbeiten	10	10	100
14. Kleinfacharbeiten	10	10	100
15. Kleinfacharbeiten	10	10	100
16. Kleinfacharbeiten	10	10	100
17. Kleinfacharbeiten	10	10	100
18. Kleinfacharbeiten	10	10	100
19. Kleinfacharbeiten	10	10	100
20. Kleinfacharbeiten	10	10	100
21. Kleinfacharbeiten	10	10	100
22. Kleinfacharbeiten	10	10	100
23. Kleinfacharbeiten	10	10	100
24. Kleinfacharbeiten	10	10	100
25. Kleinfacharbeiten	10	10	100
26. Kleinfacharbeiten	10	10	100
27. Kleinfacharbeiten	10	10	100
28. Kleinfacharbeiten	10	10	100
29. Kleinfacharbeiten	10	10	100
30. Kleinfacharbeiten	10	10	100
31. Kleinfacharbeiten	10	10	100
32. Kleinfacharbeiten	10	10	100
33. Kleinfacharbeiten	10	10	100
34. Kleinfacharbeiten	10	10	100
35. Kleinfacharbeiten	10	10	100
36. Kleinfacharbeiten	10	10	100
37. Kleinfacharbeiten	10	10	100
38. Kleinfacharbeiten	10	10	100
39. Kleinfacharbeiten	10	10	100
40. Kleinfacharbeiten	10	10	100
41. Kleinfacharbeiten	10	10	100
42. Kleinfacharbeiten	10	10	100
43. Kleinfacharbeiten	10	10	100
44. Kleinfacharbeiten	10	10	100
45. Kleinfacharbeiten	10	10	100
46. Kleinfacharbeiten	10	10	100
47. Kleinfacharbeiten	10	10	100
48. Kleinfacharbeiten	10	10	100
49. Kleinfacharbeiten	10	10	100
50. Kleinfacharbeiten	10	10	100

Item	Quantity	Unit Price	Total Price
1. Erdarbeiten	75	12	900
2. Mauerwerk	10	10	100
3. Dachstuhl	10	10	100
4. Elektrik	10	10	100
5. Sanitär	10	10	100
6. Malerarbeiten	10	10	100
7. Kleinfacharbeiten	10	10	100
8. Einbauelemente	10	10	100
9. Kleinfacharbeiten	10	10	100
10. Kleinfacharbeiten	10	10	100
11. Kleinfacharbeiten	10	10	100
12. Kleinfacharbeiten	10	10	100
13. Kleinfacharbeiten	10	10	100
14. Kleinfacharbeiten	10	10	100
15. Kleinfacharbeiten	10	10	100
16. Kleinfacharbeiten	10	10	100
17. Kleinfacharbeiten	10	10	100
18. Kleinfacharbeiten	10	10	100
19. Kleinfacharbeiten	10	10	100
20. Kleinfacharbeiten	10	10	100
21. Kleinfacharbeiten	10	10	100
22. Kleinfacharbeiten	10	10	100
23. Kleinfacharbeiten	10	10	100
24. Kleinfacharbeiten	10	10	100
25. Kleinfacharbeiten	10	10	100
26. Kleinfacharbeiten	10	10	100
27. Kleinfacharbeiten	10	10	100
28. Kleinfacharbeiten	10	10	100
29. Kleinfacharbeiten	10	10	100
30. Kleinfacharbeiten	10	10	100
31. Kleinfacharbeiten	10	10	100
32. Kleinfacharbeiten	10	10	100
33. Kleinfacharbeiten	10	10	100
34. Kleinfacharbeiten	10	10	100
35. Kleinfacharbeiten	10	10	100
36. Kleinfacharbeiten	10	10	100
37. Kleinfacharbeiten	10	10	100
38. Kleinfacharbeiten	10	10	100
39. Kleinfacharbeiten	10	10	100
40. Kleinfacharbeiten	10	10	100
41. Kleinfacharbeiten	10	10	100
42. Kleinfacharbeiten	10	10	100
43. Kleinfacharbeiten	10	10	100
44. Kleinfacharbeiten	10	10	100
45. Kleinfacharbeiten	10	10	100
46. Kleinfacharbeiten	10	10	100
47. Kleinfacharbeiten	10	10	100
48. Kleinfacharbeiten	10	10	100
49. Kleinfacharbeiten	10	10	100
50. Kleinfacharbeiten	10	10	100



# Auswahl des hydrologischen Modells

- Kriterien:
  - keine hydro-meteorologischen Daten erforderlich
  - robustes Modell mit physikalischem Hintergrund
    - Landnutzung im EZG
    - Bodenarten mit Raumbezug im EZG
    - Digitales Geländemodell (DGM)
    - einfache Handhabung des Modells
  - frei verfügbares Modell
  - Das Modell sollte in einem GIS angeboten werden
- Bevorzugtes Modell:
  - TOPMODELL



# TOPMODEL

- Das TOPMODEL:
  - stellt ein *konzeptionelles*,
  - *physikalisch basiertes* Modell dar, welches
  - die räumlich/zeitliche Variabilität der in einem Einzugsgebiet ablaufenden Prozesse annäherungsweise durch das Konzept der *beitragenden Flächen* simuliert.

STEINZEUG  
KERAMO



# TOPMODEL - Konzept

Konzept der beitragenden Flächen:

- sie sind zeitlich und räumlich veränderlichen
- Oberflächenabfluss entsteht dort, wo sich die Quellgebiete durch Sättigung des Bodens aufgrund eines Niederschlagsereignisses ausbreiten.

Hierbei bestehen zwei Möglichkeiten zur Bildung des Oberflächenabflusses:

- der Niederschlag, der auf diese gesättigten Flächen trifft, trägt direkt zum Oberflächenabfluss bei (Direktabfluss),
- und der bodeninnere laterale Abfluss innerhalb der gesättigten Bodenzone, der wieder an der Bodenoberfläche austritt, trägt zum Oberflächenabfluss bei (Rückfluss).

# TOPMODEL

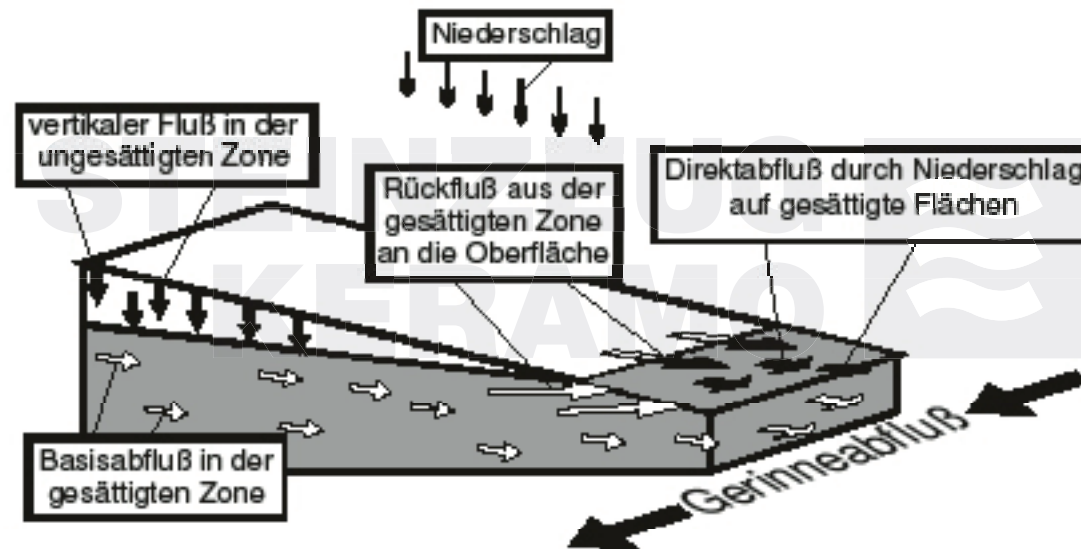


Abb.1.2: Abflußkomponenten beim TOPMODEL mit Basisabfluß, vertikalem Fluß, Direktabfluß, Rückfluß und Gerinneabfluß

# Vorgehensweise / Ermittlung der $HQ_{100}(t)$ mit dem TOPMODEL

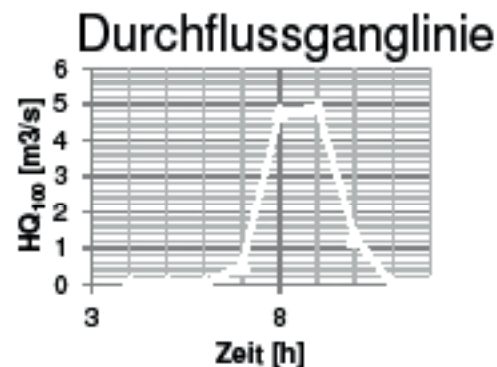
- **Datenbedarf / Datenbereitstellung**

- Niederschlag als Ganglinie
- DGM

- **Modellseitiger Parameter**

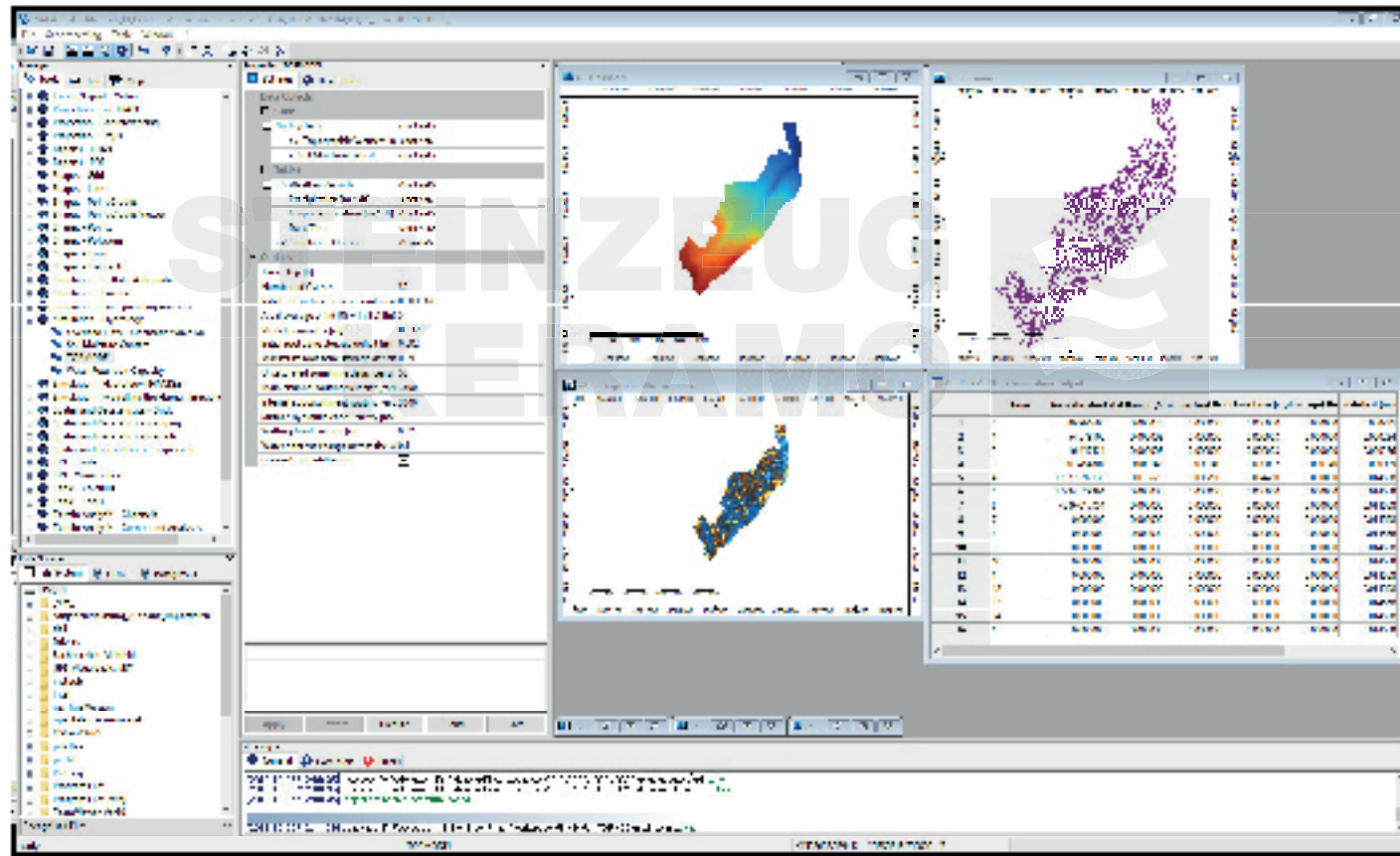
- Festlegung der Modellparameter
- Kalibrierung des Modells

- Ergebnis:



# TOPMODELL

- SAGA - GIS



C:\works\pace\2016\_10\_11\_Vortrag\_Muehldorf\PP\T2016\_10\_11\_Muehldorf\_Vortrag.pptx

# Vorgehensweise / TOPMODELL

## Erzeugen der $HQ_{100}(t)$ – Ganglinie

### Hydro- Meteorologische Daten

- mit KOSTRA  
 $h_N(Ta = 100)$   
ermittelt

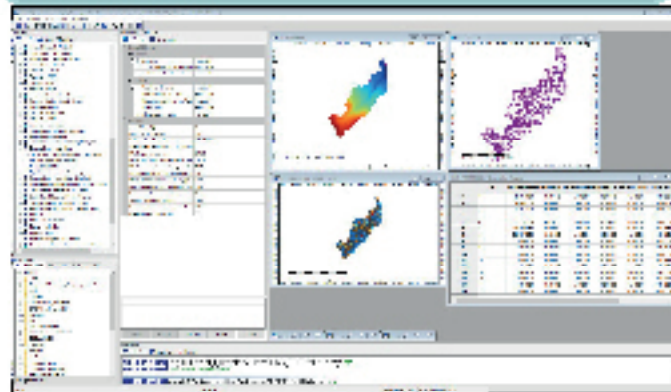
DGM  
1m



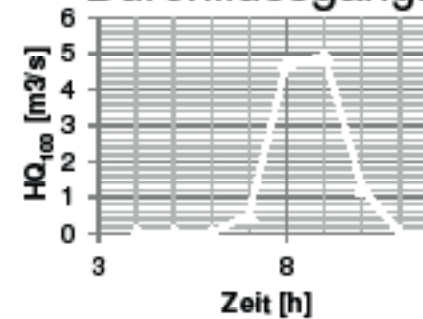
Topographischer Index +  
Verkehrswege



TOPMODELL:  
Parametrisierung  
Kalibrierung (getrimmt auf  $HQ_{100}$ )



### Durchflussganglinie





# BEISPIEL

## KOMBINATION VON HOCHWASSERSCHUTZ- MASSNAHMEN







# WATZINGER BACH

Gde. Winhöring (AÖ)

- Gewässer 3. Ordnung, unterbayer. Hügelland – Mündung in die Isen
- EZG: ca. 4 km<sup>2</sup>, ca. 4 % durchschn. Gefälle
- Bachlauf im Siedlungsgebiet als Rechtecksprofil ausgebaut
- Hochwasser bei Starkregenereignissen
- Überschwemmungen im Siedlungsgebiet von Winhöring nördlich der Isen







# MODELL

## HYDRO-AS\_2d

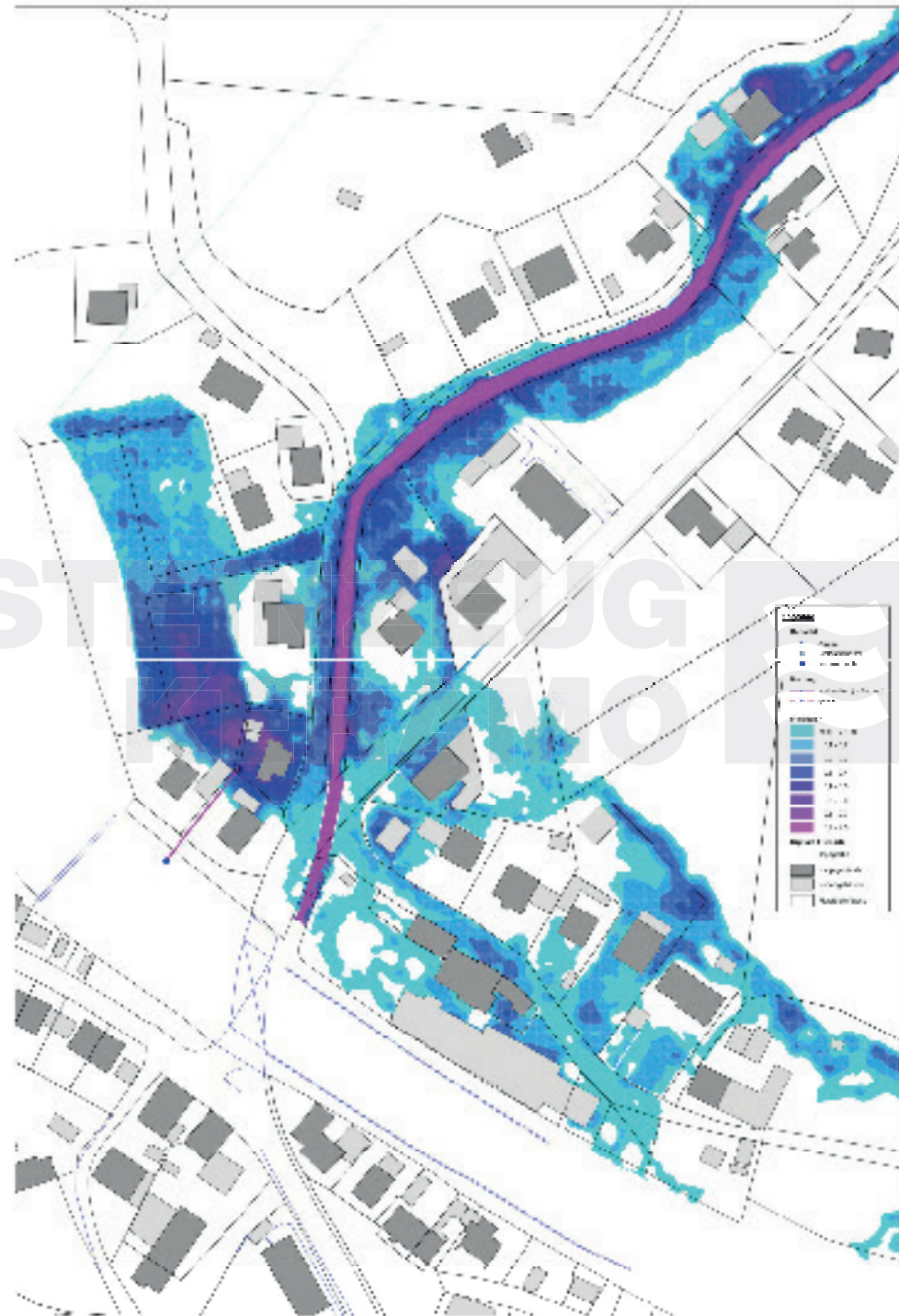
- Berechnet wird Gerinne- und Vorlandabfluß
- Dreiecksvermaschung (TIN – Datenmodell)
- Berechnung des IST-Zustands (HQ 100 - Ereignis)
- Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen in mehreren Schritten



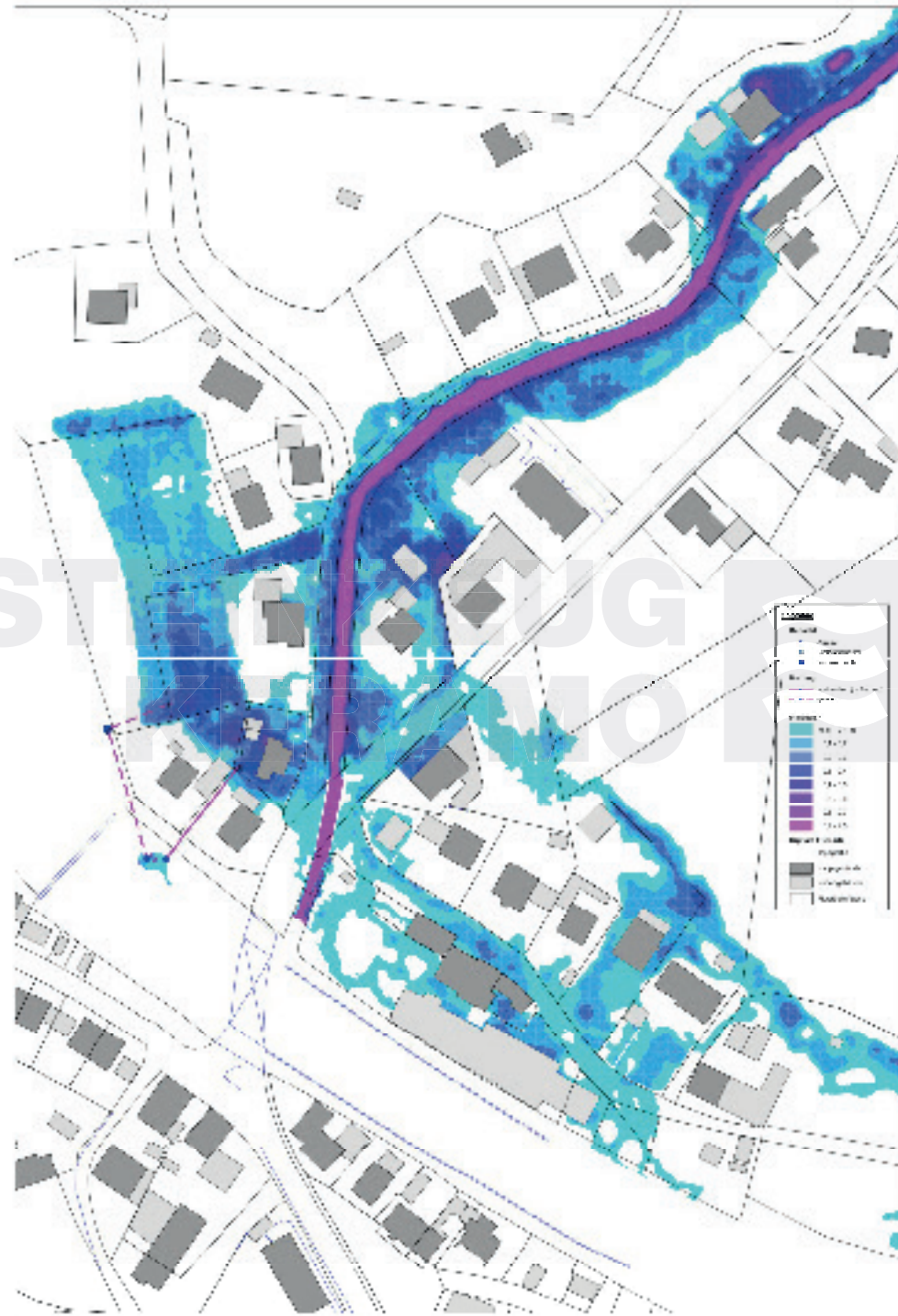
# EINGANGSDATEN

- Rasterdaten des Landesamtes f. Vermessung
- Vermessungsdaten:
  - Flußprofile
  - Siedlungsinventar (Zaunsockel, Gartenmauern usw.)
- Durchlässe
- Hochwasserganglinie (HQ 100)
- Landnutzungsdaten - Modellrauigkeiten

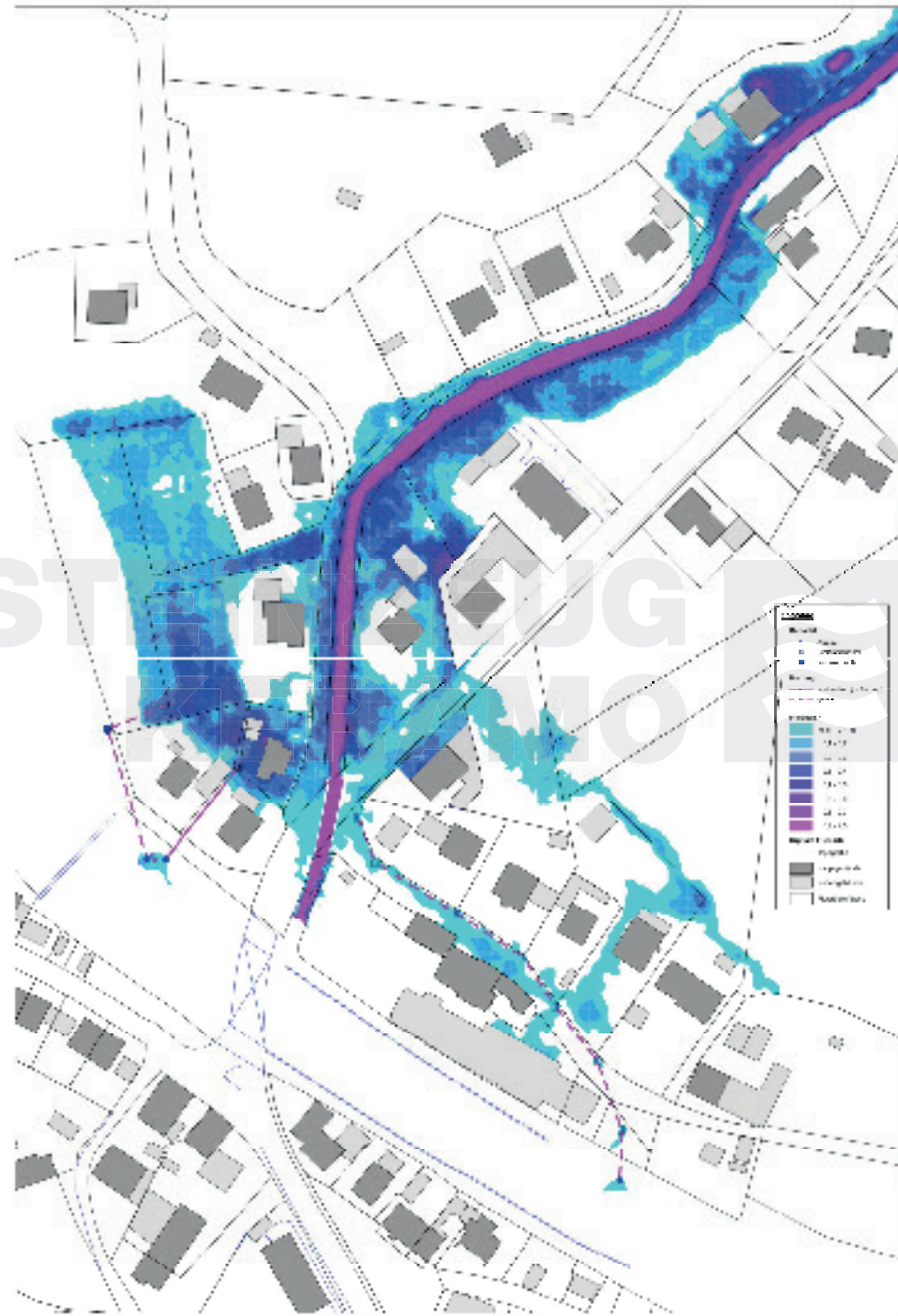
STUDIO AUGUST  
ARCHITECTS



STUDIO GROUND

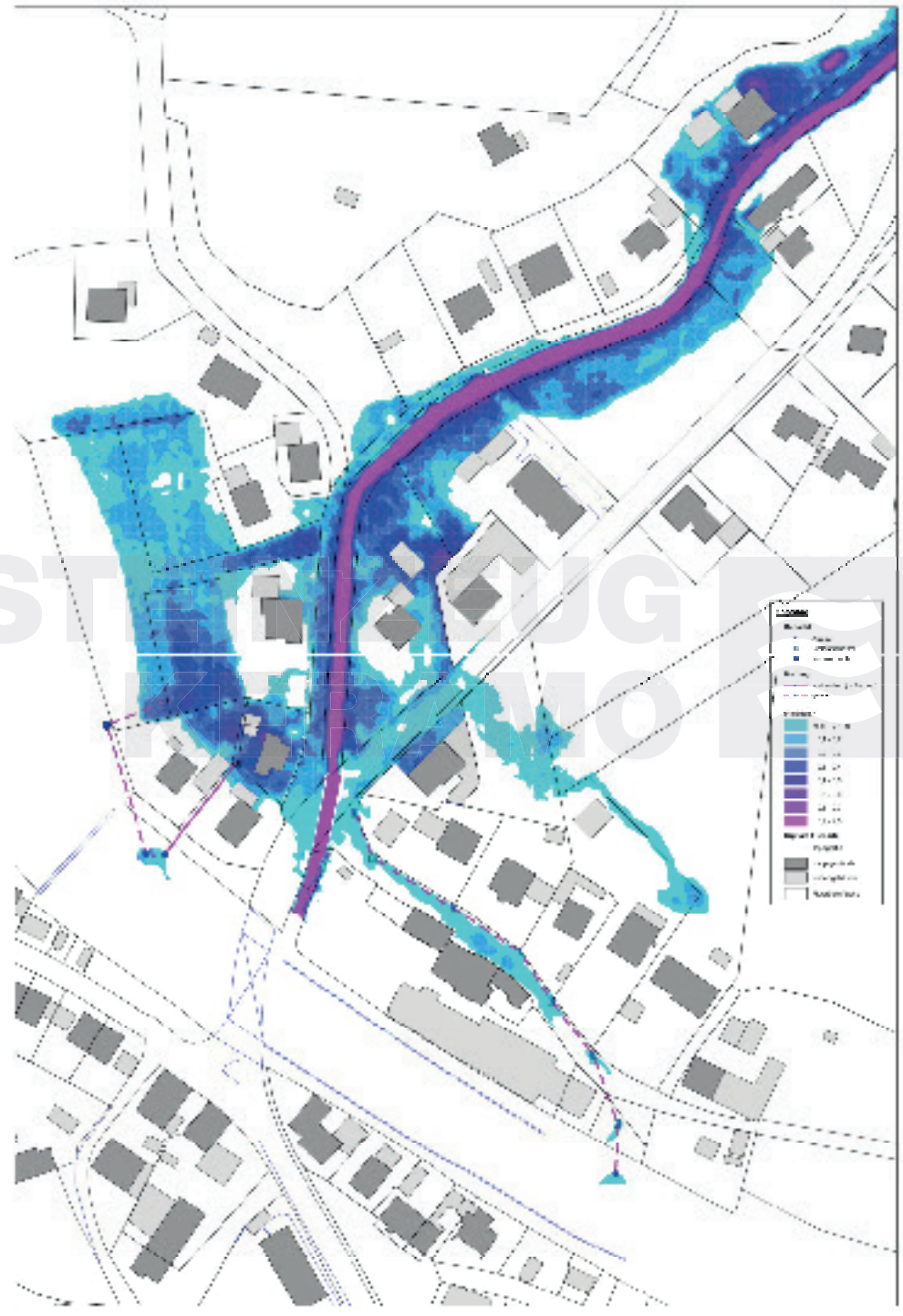


STUDIO G





STUDIO GROUND





## MASSNAHMEN:

- 1. Ableitungskanal – DN 1000 in die Isen
- 2. Straßentwässerung DN 500 in Erschließungsstraße
- 3. Absenkung der Erschließungsstraße um 10 cm

## ERGEBNIS:

- Deutliche Verbesserung der Hochwassersituation im südlichen Bereich der Siedlung



# BEISPIEL

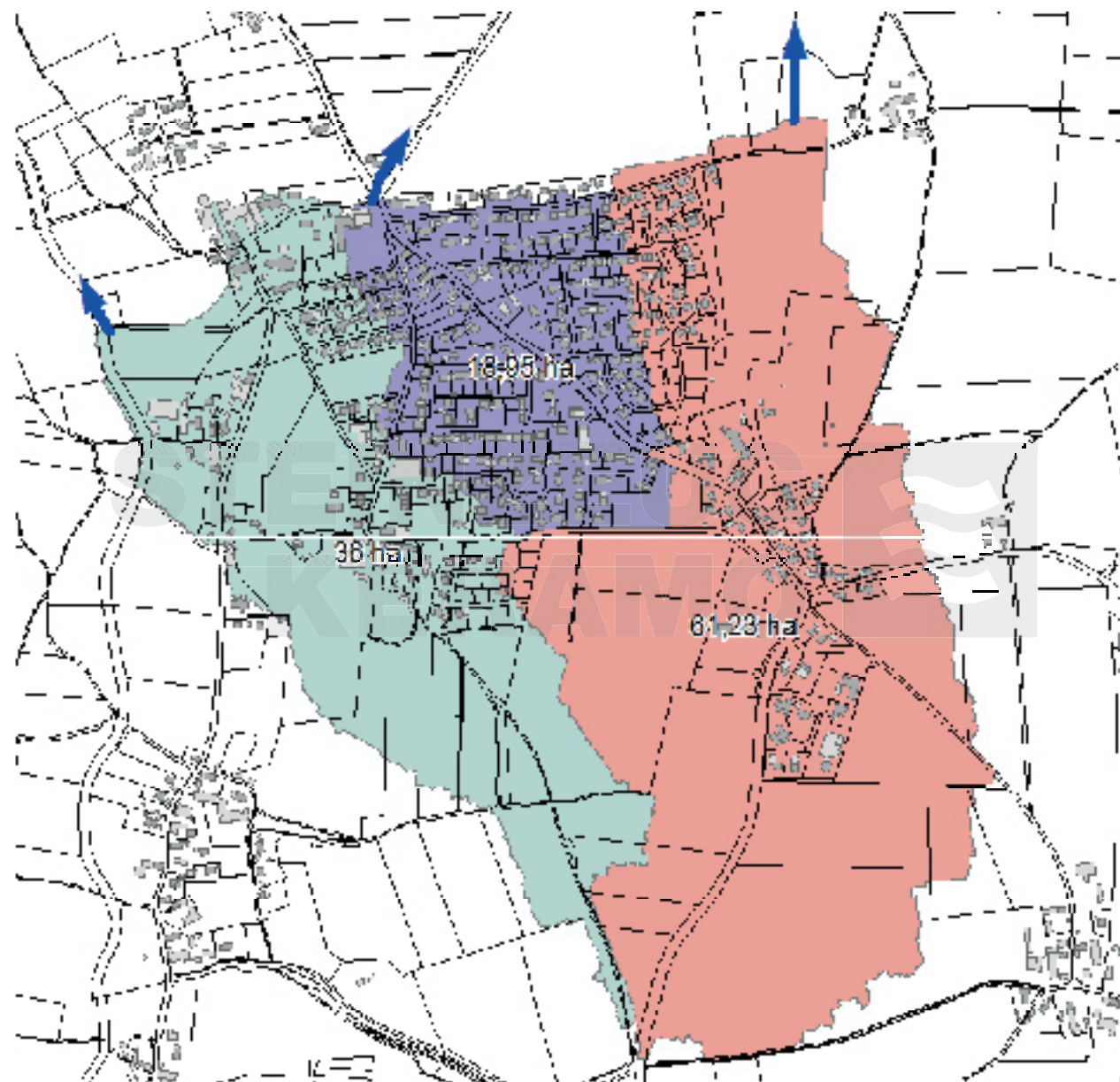
## STURZFLUTSIMULATION KERAMO





## GDE. OBERTAUFKIRCHEN (MÜ)

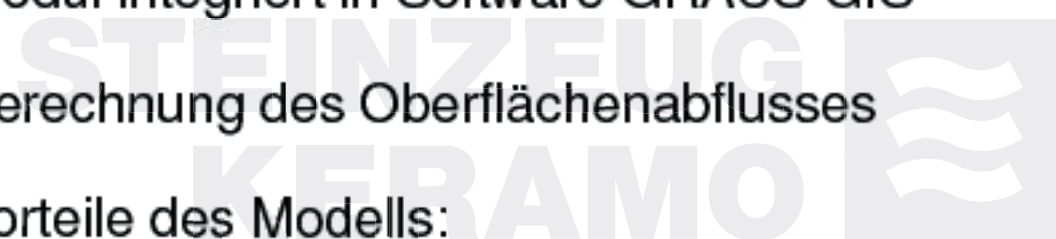
- 11.07.2016 – Starkniederschlagsereignis
- Überflutungen in großen Teilen des Ortsgebietes
- Simulation der Sturzflut erfolgte einige Tage vorher
- hohe Aktualität – Gegenüberstellung Modell -  
Wirklichkeit





# MODELL

## SIMWE: SIMULATION OF WATER EROSION

- Modul integriert in Software GRASS GIS
  - Berechnung des Oberflächenabflusses
  - Vorteile des Modells:
    - Basiert auf regelmäßigem Raster (1 x 1 m)
    - Aufbereitung der Eingangsdaten leicht möglich
    - Kostengünstige Möglichkeit der Gewinnung von Abflussinformationen bzw. Gefahrenpotentialen bei Sturzflutereignissen
- 



## EINGANGSDATEN

- Digitales Geländemodell aus Rasterdaten des Landesamtes für Vermessung
- Gebäudegeometrie aus der digitalen Flurkarte
- Regendaten
  - z.B. KOSTRA oder tatsächliches Niederschlagsereignis
  - hier: 100 mm/h
- Geländerauigkeiten
  - aus Landnutzungskarten
  - vereinfacht: mittlerer Rauigkeitswert über gesamtem Gebiet








# ERGEBNIS

- Karte der Wassertiefen mit Abflussentwicklung
- Bevorzugte Abflussbahnen werden sichtbar
- Wasseransammlungen in Senken werden sichtbar
- Identifikation von gefährdeten Gebäuden
- Gefahrenpotentiale können dargestellt werden



# UNSICHERHEITSAKTOREN BEI ERGEBNISSEN AUS BERECHNUNGSMODELLEN

STEINZEUG  
KERAMO   
WICHTIG

HERSTELLEN DES BEZUGS ZWISCHEN BERECHNUNGSMODELL  
UND REALITÄT

## KALIBRIERUNG



# DOKUMENTATION

## WICHTIG

MESSPEGEL, MARKIERUNG VON WASSERSTANDSHÖHEN,  
DURCHFLUSSMESSUNGEN, REGENMESSUNGEN, FOTOS, FILME,.....



# KEINE ABSOLUTE SICHERHEIT

JEDES EREIGNIS SETZT SICH AUS BESTIMMTEN  
EINGANGSPARAMETERN ZUSAMMEN. AUF DIESEN GRUNDLAGEN  
WERDEN SCHUTZMAßNAMEN BEMESSEN.

WERDEN DIESE EINGANGSPARAMETER ÜBERSCHRITTEN  
VERSAGT DIE SCHUTZMAßNAHME

# INFRASTRUKTURTAG MÜHLDORF AM INN

HYDROLOGISCHE GRUNDLAGEN,  
INTEGRALE HOCHWASSERSCHUTZKONZEPTE  
MODELLIERUNG VON STURZFLUTEN

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



Stefan Gamperer - Dipl. Ing.  
Landschaftsplaner, Akademischer Geoinformatiker  
Alexander Reindl - Dipl. Ing. (FH)  
Bauingenieur



Ingenieurbüro für  
Wasserwesen und  
Umweltmanagement

Dr. Tibor Molnar  
Landschaftsplaner, Akademischer Geoinformatiker