

HOCHWASSERPROGNOSEMODELLE HOCHWASSERWARNSYSTEM HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Robert Schatzl

Hydrographischer Dienst Steiermark

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Inhalt

- **HW - Prognosemodelle Mur, Enns und Raab**
 - Geschichtliches
 - Systemaufbau
 - Ergebnisse und Erfahrungen
 - zukünftige Planungen
- **Hochwasserwarnsystem für Kleineinzugsgebiet (Projekt INARMA)**
 - Allgemeines
 - Systemaufbau
 - Ergebnisse
- **Hydrologische Studie für die Mur**
 - Allgemeines
 - wichtigste Ergebnisse



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

- **Prognosemodell Mur**

im operationellen Betrieb seit 2005

Entwicklung gemeinsam mit Slowenien im Rahmen des EU-Projekts Alpenraumagenda

Ausweitung des Projekts auf Ungarn seit Ende 2011, Kroatien weiterhin in Planung

- **Prognosemodell Enns**

im operationellen Betrieb seit 2006

- **Prognosemodell Raab**

Entwicklung im Rahmen des bilateralen CENTROPE-Projekts ProRaab(a) gemeinsam mit Burgenland und Ungarn, im operationellen Betrieb seit Anfang 2012

Hochwasserprognosemodell Mur

- **Geschichtliches**

2004: Auftrag der Murkommission zur Entwicklung eines gemeinsamen Hochwasserprognosemodells für das gesamte Mureinzugsgebiet (Österreich, Slowenien, Kroatien, Ungarn)

2004: Projektantrag für die Entwicklung des Hochwasserprognosemodells Mur gemeinsam mit Slowenien im EU-Projekt Flussraumagenda Alpenraum samt Genehmigung, Abwicklung über FA19B

2004: Ausschreibung und Vergabe der Modellentwicklung

Hochwasserprognosemodell Mur

- **Geschichtliches**

2004-2005: Entwicklung des Hochwasserprognosemodells Mur
gemeinsam mit Slowenien

Ende 2005: Fertigstellung des Hochwasserprognosemodells und
operationeller Betrieb

2010 - 2011: Neukalibrierung des österreichischen Teils des
Prognosemodells auf Basis des Hochwasserereignisses 2009

2011: Erweiterung des Prognosemodells auf Ungarn

Hochwasserprognosemodell Enns

- **Geschichtliches**

2006: Nach Fertigstellung des Murmodells Auftragsvergabe an JR/DHI zur Entwicklung eines Hochwasserprognosemodells für die Enns nur für Steiermark

Ende 2006: Fertigstellung des Prognosemodells Enns und operationeller Testbetrieb

2011: Verbesserungen am Modell (automatische Datenanpassung, Einbau zusätzlicher Stationen im Rahmen der Entwicklung des Prognosemodells für die Raab)

Hochwasserprognosemodell Raab

- **Geschichtliches**

- 2002: Beschluss der Kommission: Entwicklung eines Hochwasserprognosemodell mit Unterstützung des Joint Research Centers der EU
- 2007: Einigung über gemeinsame Vorgangsweise zur Entwicklung des Hochwasserprognosemodells für die Raab auf Basis des Murmodells als grenzüberschreitendes EU – Projekt
- 2008: Einreichung der Projektsidee und Projektantrags beim Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation Österreich – Ungarn 2007 – 2013, Genehmigung des Projektantrags durch das GTS
- 2008 - 2009: Durchführung des Vergabeverfahrens für den österreichischen Teil des Modells

Hochwasserprognosemodell Raab

- **Geschichtliches**

2009: Auftragsvergabe für Modellerstellung in Österreich

April 2011: Fertigstellung des österreichischen Teiles des Modells

Oktober 2011: Fertigstellung des ungarischen Teiles des Modells und
Zusammenführung der beiden Modelle beim zentralen Server in
Graz

seit Anfang 2012: operationeller Betrieb des Gesamtsystems

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

- Wichtige Eckpunkte

Auftragnehmer: Joanneum Research (Hydrologie) / Danish Hydrological Institute (DHI) (Hydrodynamik)

Kosten: *Mur:* ca. 130.000 Euro mit 75% Förderung aus EU – Projekt Alpenraumagenda und 25% nationale Kofinanzierung von Bundeswasserbau (FA19B)

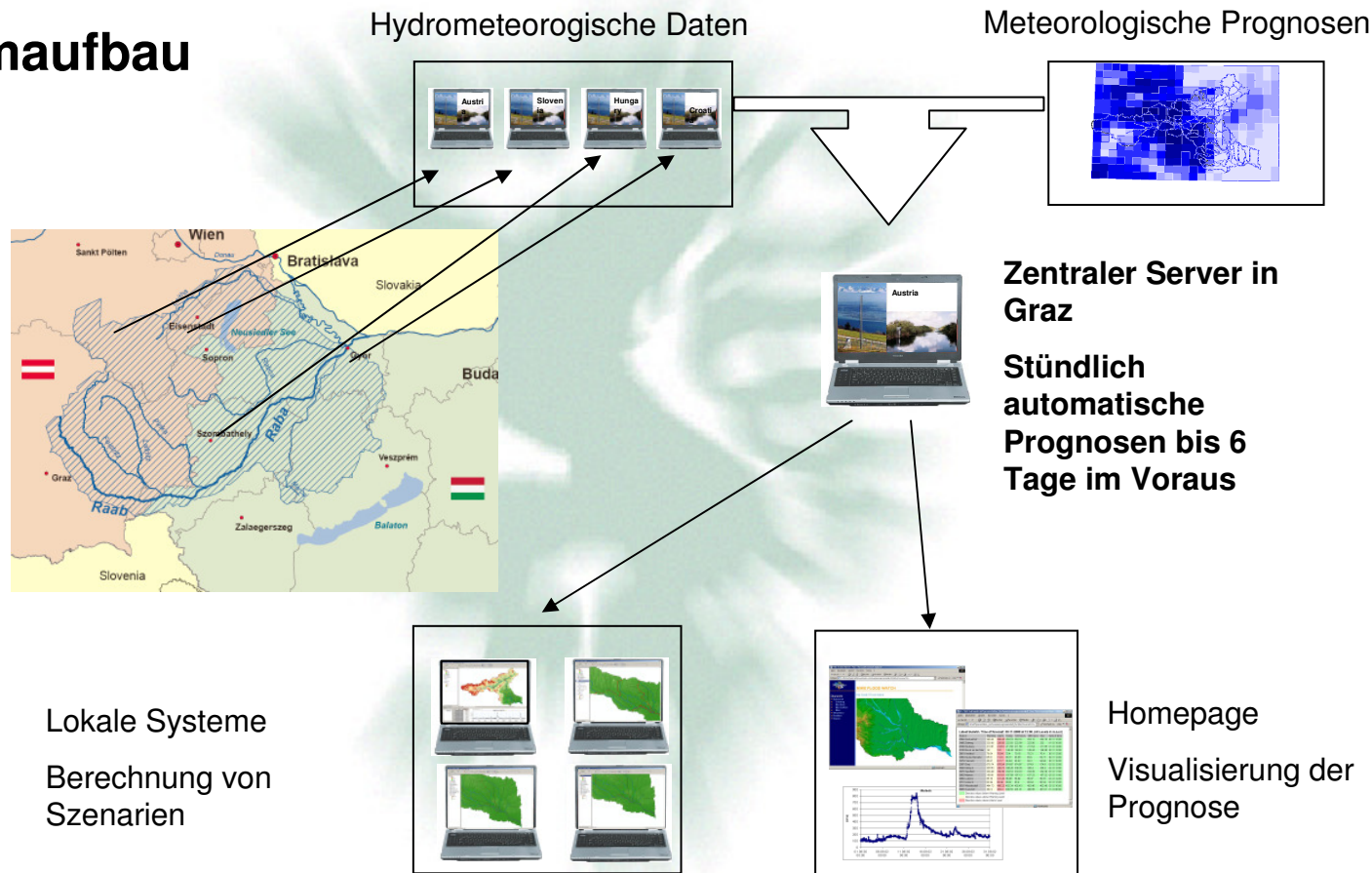
Enns: ca. 70.000 Euro; Finanzierung über Sondermittel nach HW 2005

Raab: ca. 280.000 Euro (Österreich), ca. 350.000 Euro (Ungarn) mit 85% Förderung aus ETZ Österreich-Ungarn und 15% nationale Kofinanzierung von Bundeswasserbau (FA19B)

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

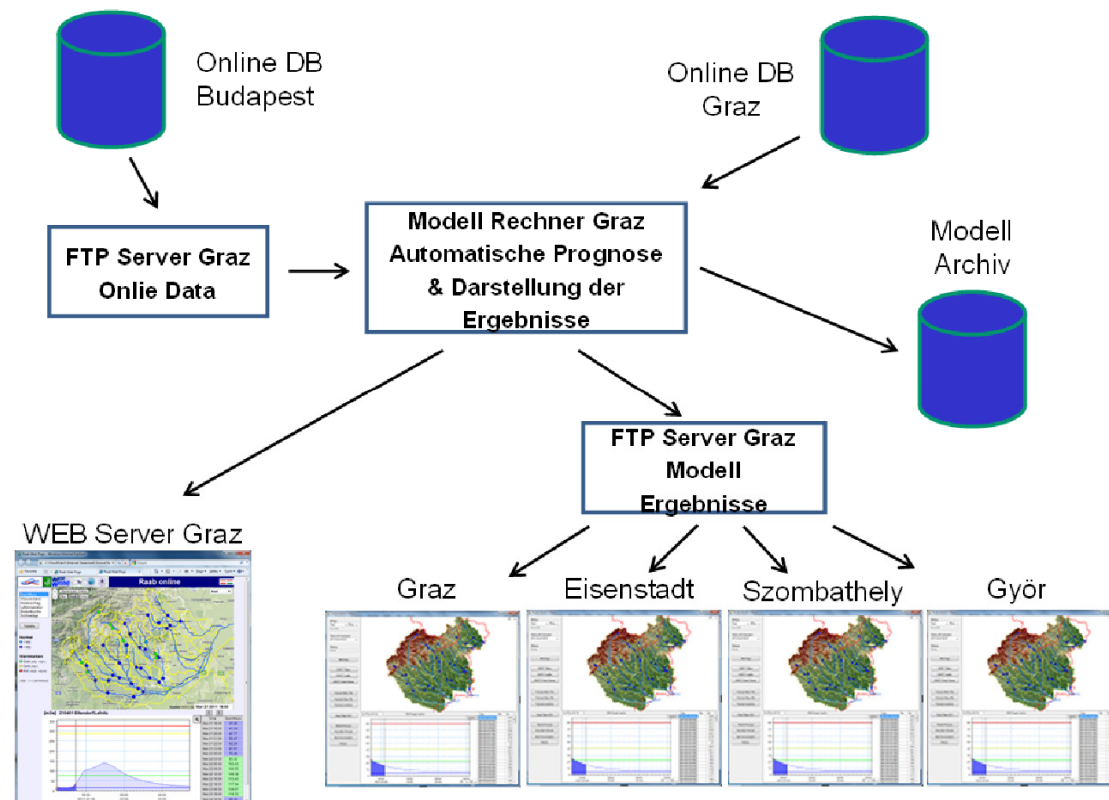
Systemaufbau



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Datenfluss: Beispiel Raab

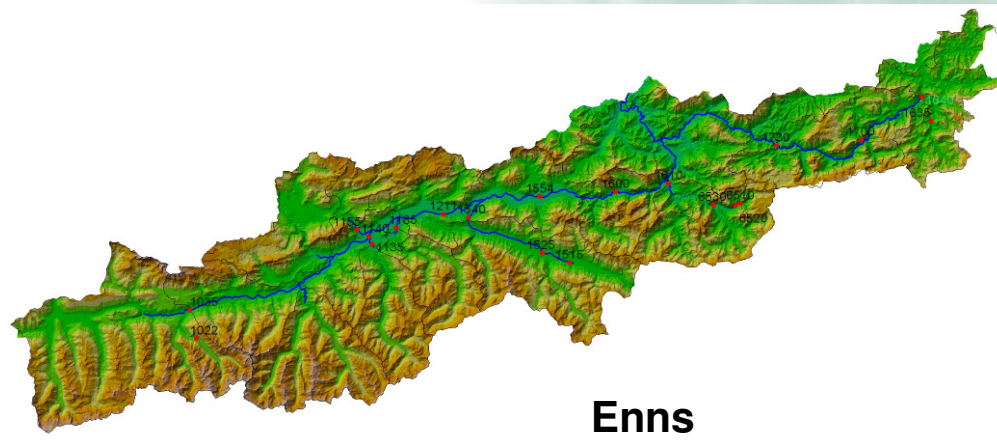


HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

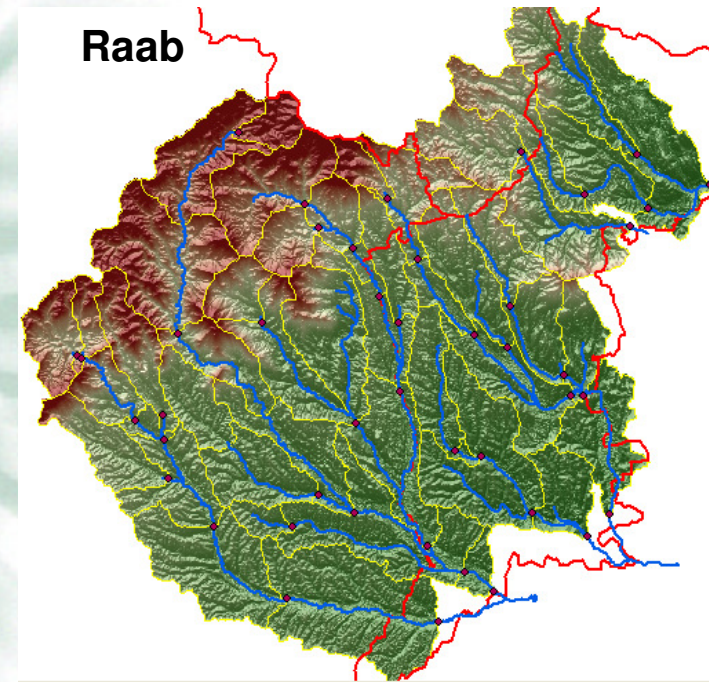
Eingangsdaten: Online Stationen



Enns

5 Pegel

14 Niederschlagsstationen



Raab

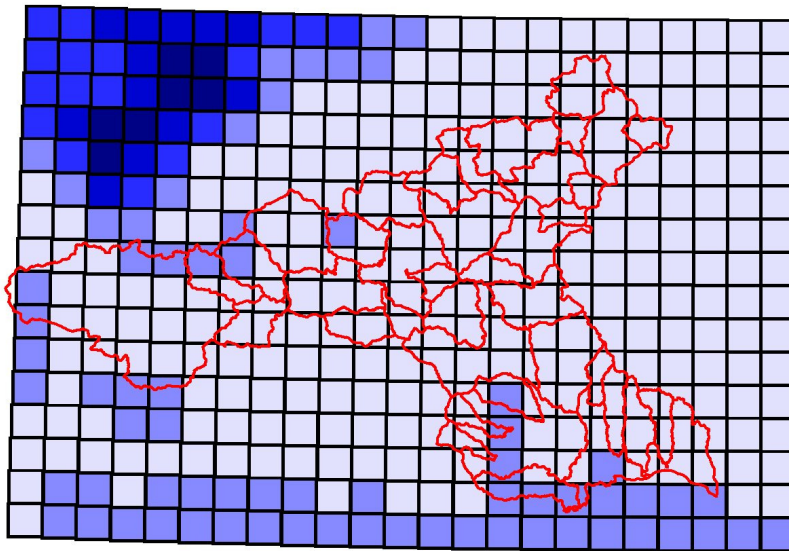
44 Pegel

30 Niederschlagsstationen



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

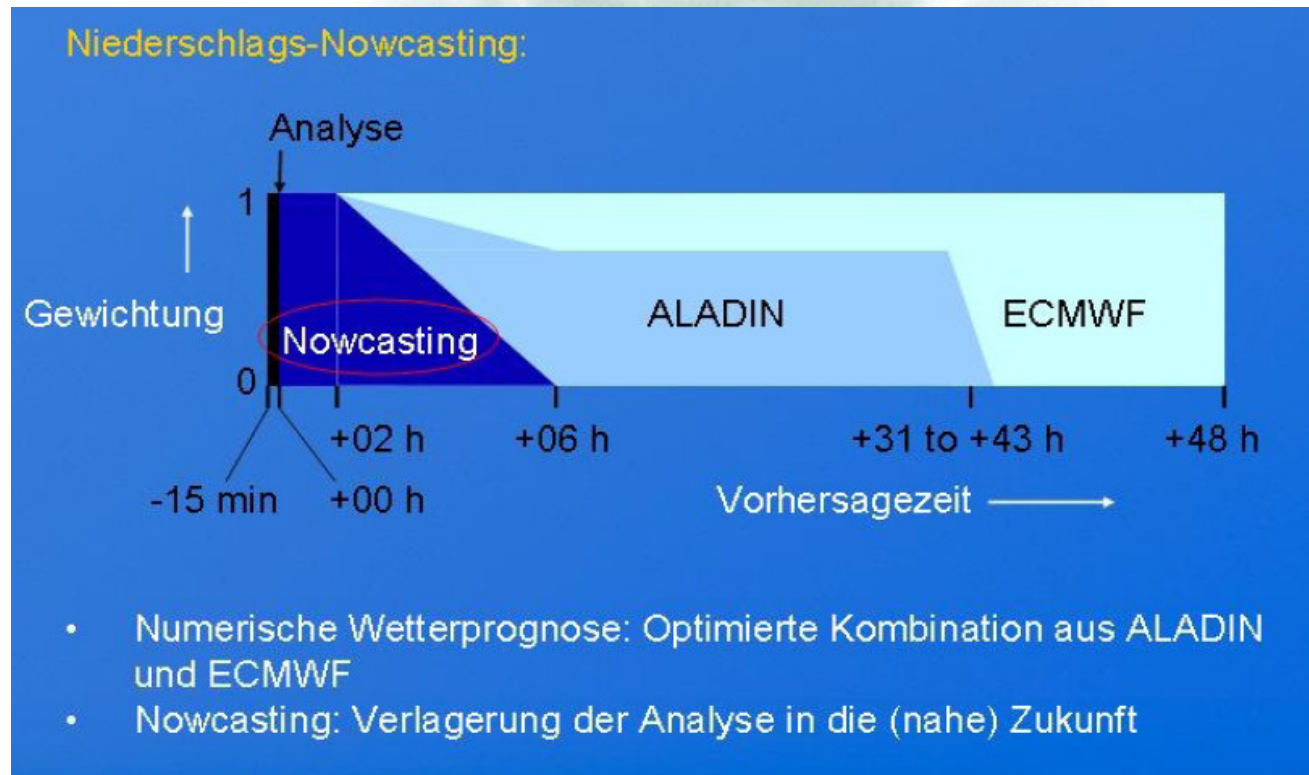
Eingangsdaten: Meteorologische Prognosen



- Deterministische Prognosen (+ 144 Stunden)
 - Rechenlauf jede Stunde
 - Bis + 6 Stunden: INCA-Modell
 - Bis + 48 Stunden: ALADIN-Modell
 - Bis +144 Stunden: ECMWF-Modell
- Ensemble-Prognosen (+ 144 Stunden)
 - Rechenlauf 4x pro Tag
 - Bis + 6 Stunden: INCA-Modell
 - Bis + 48 Stunden: ALADIN-Modell
 - Bis +144 Stunden: ECMWF-Modell

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

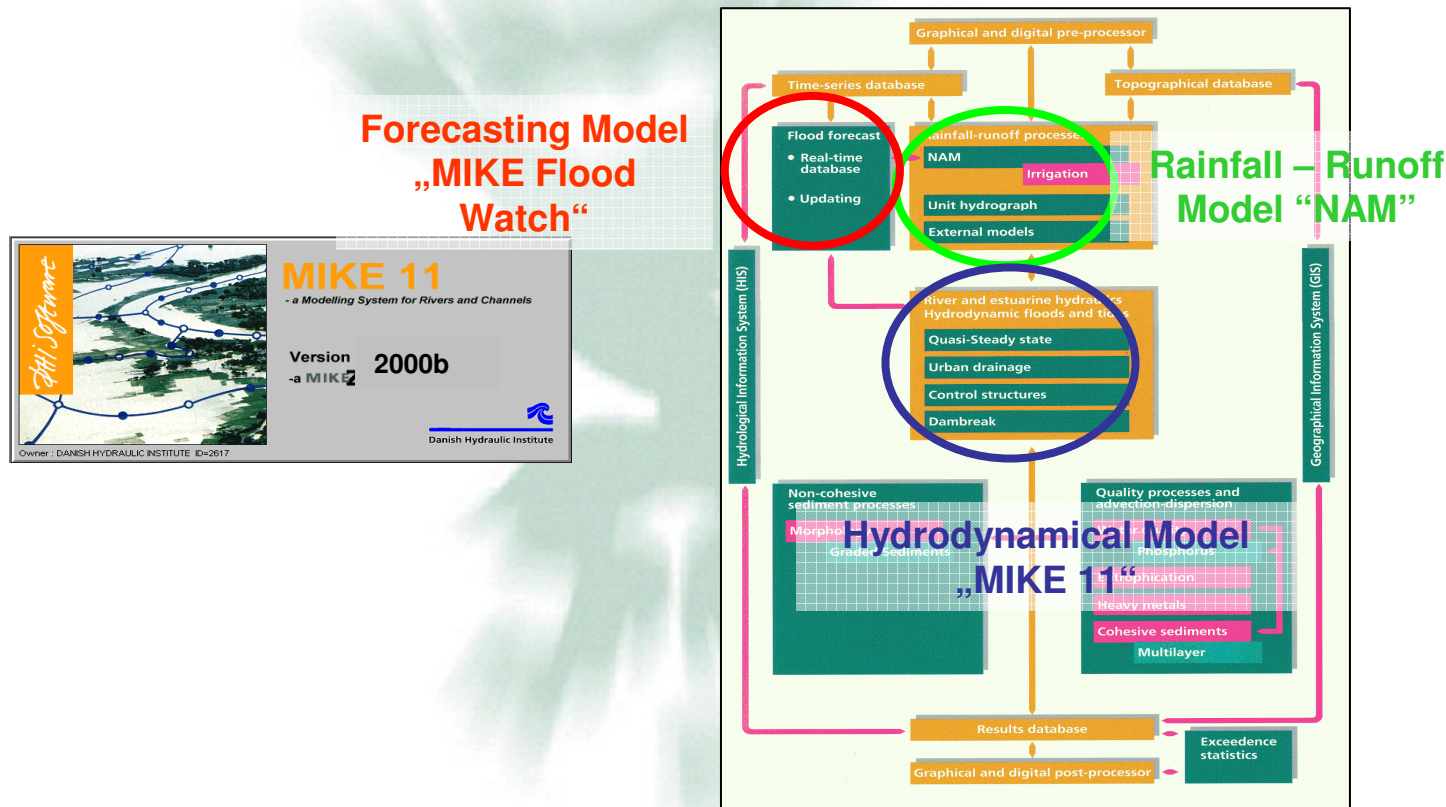
Meteorologische Prognosen: Zuverlässigkeit u. Gewichtung



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

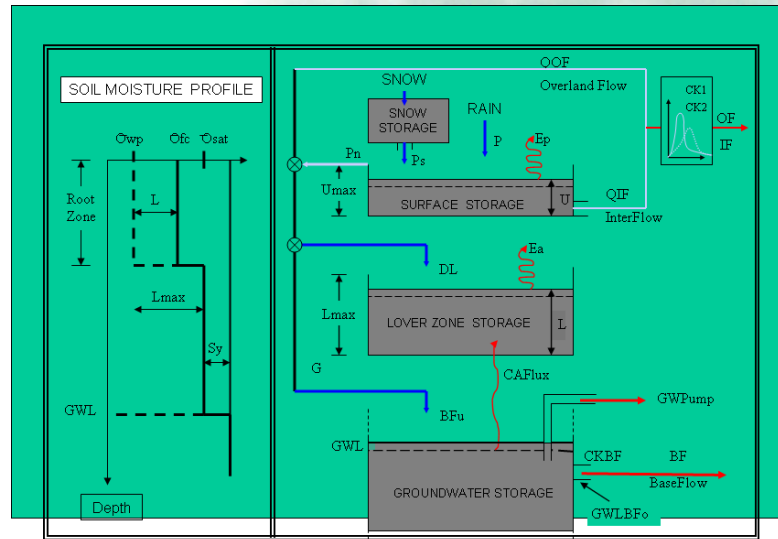
Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Systemaufbau - Module



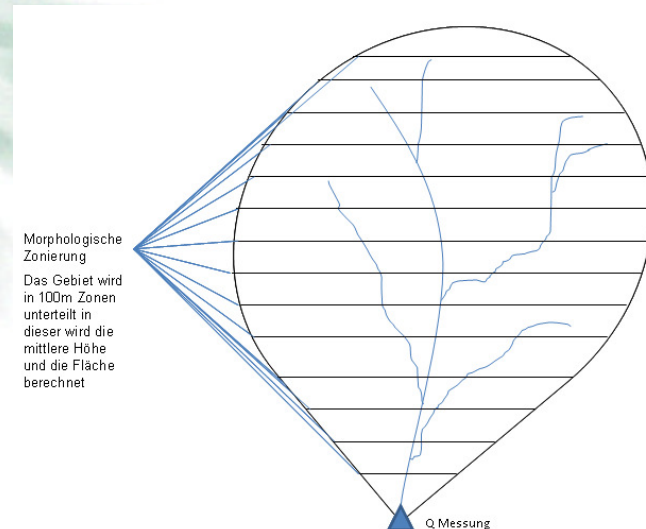
Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Systemaufbau - Speichermodell



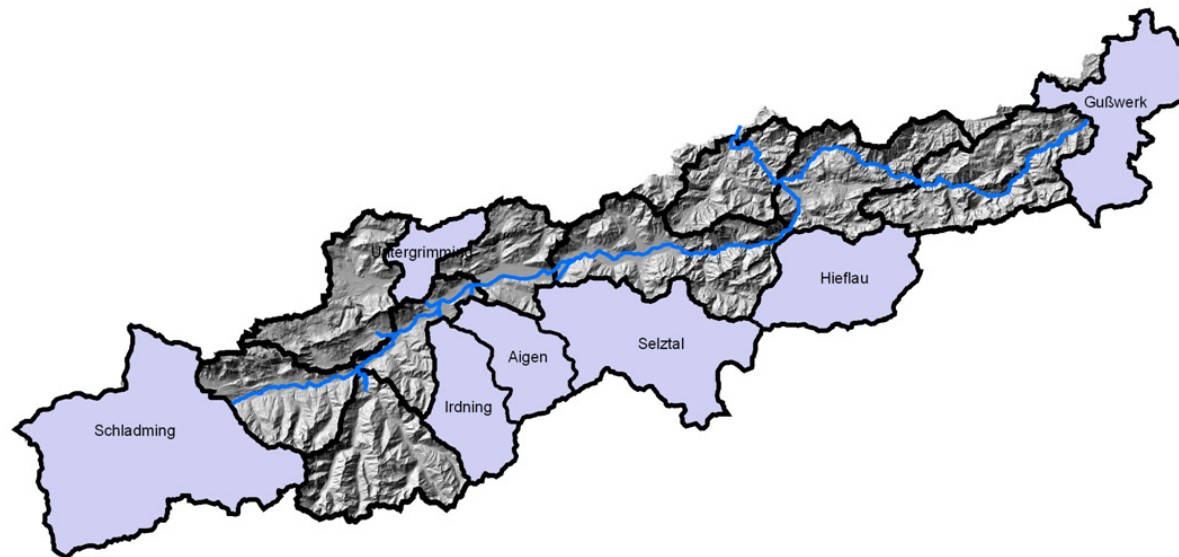
Speichermodell

Morphologische Zonierung:
Unterteilung in Höhenzonen



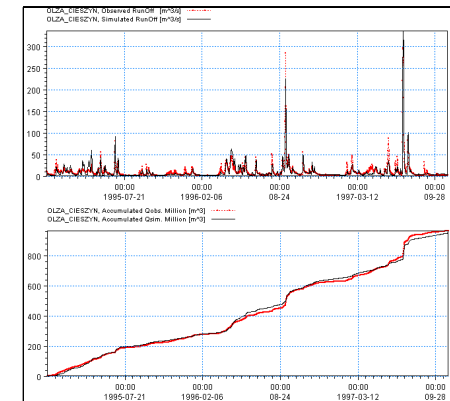
Niederschlags- Abflussmodell

Kalibrierung des Modells (Zeitreihe 1998-2002);
Beispiel Enns



Kalibrierung für 7
Einzugsgebiete:

Ganglinie

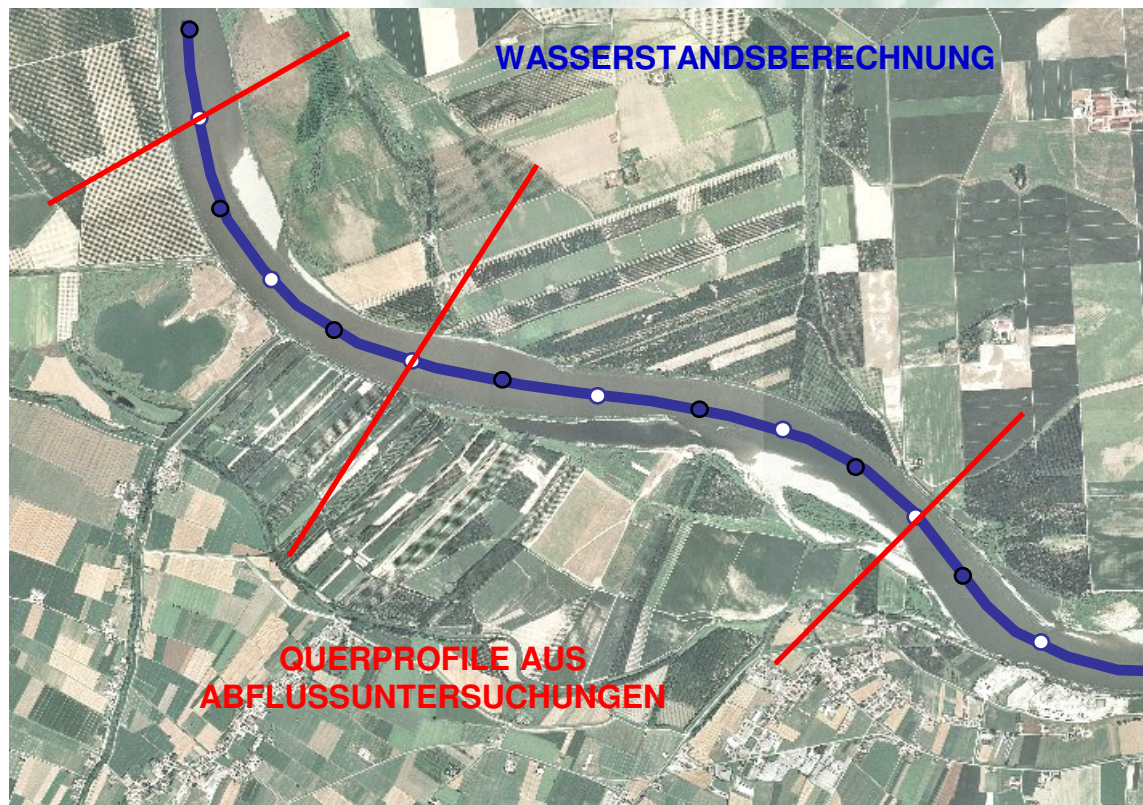


Wasserbilanz

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrodynamisches Modell

Berechnungsgrundlagen: Beispiel Enns

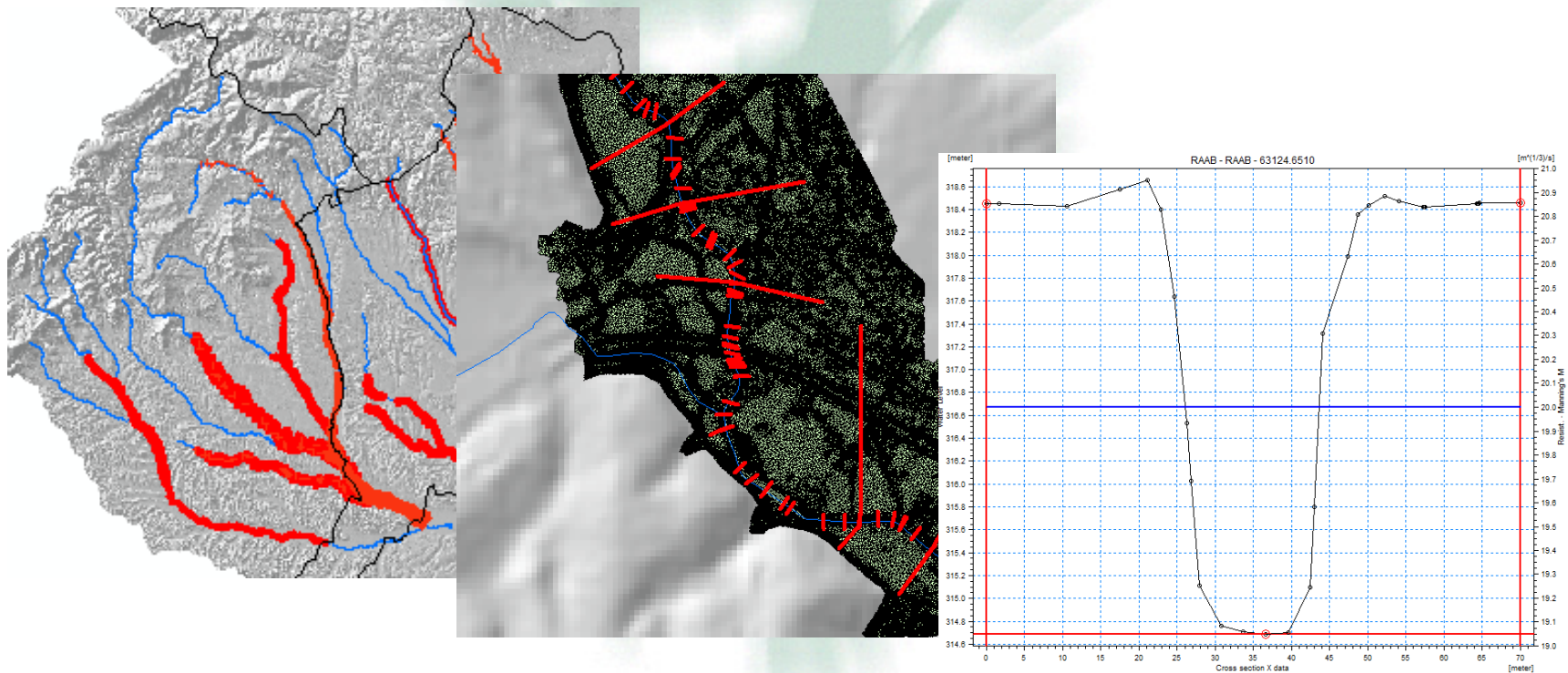


Querprofile aus
Abflussuntersuchung
2004:

Donauconsult

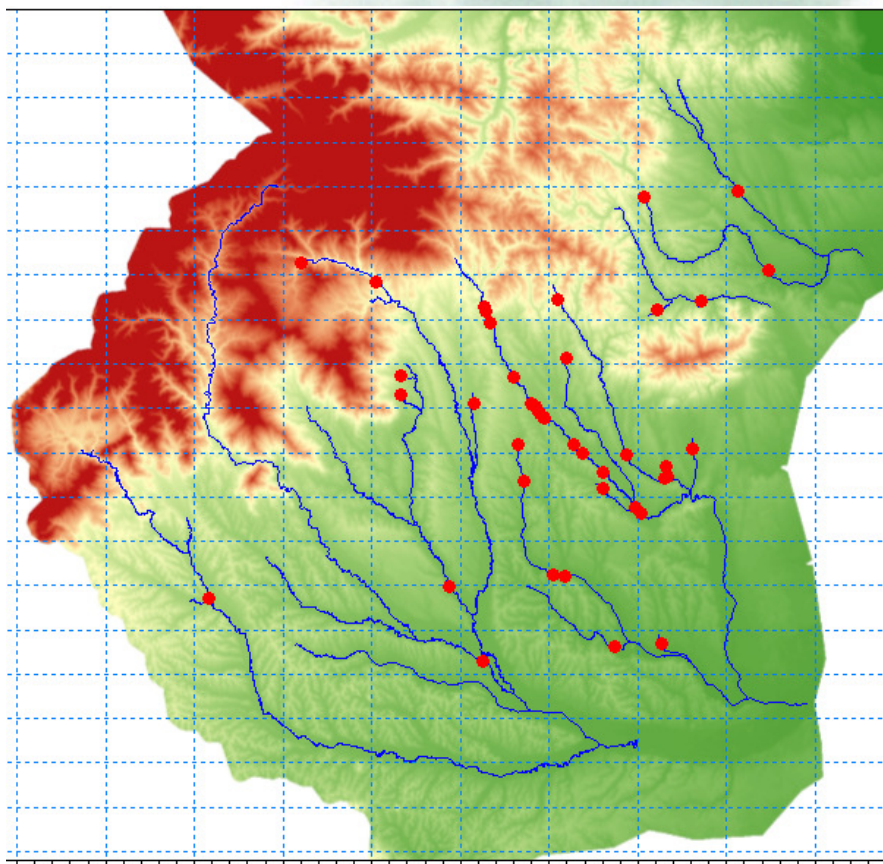
Hydrodynamisches Modell

Querprofile aus 1-D und 2-D Abflussuntersuchungen: Beispiel Raab



Hydrodynamisches Modell

Einbau von Rückhaltebecken



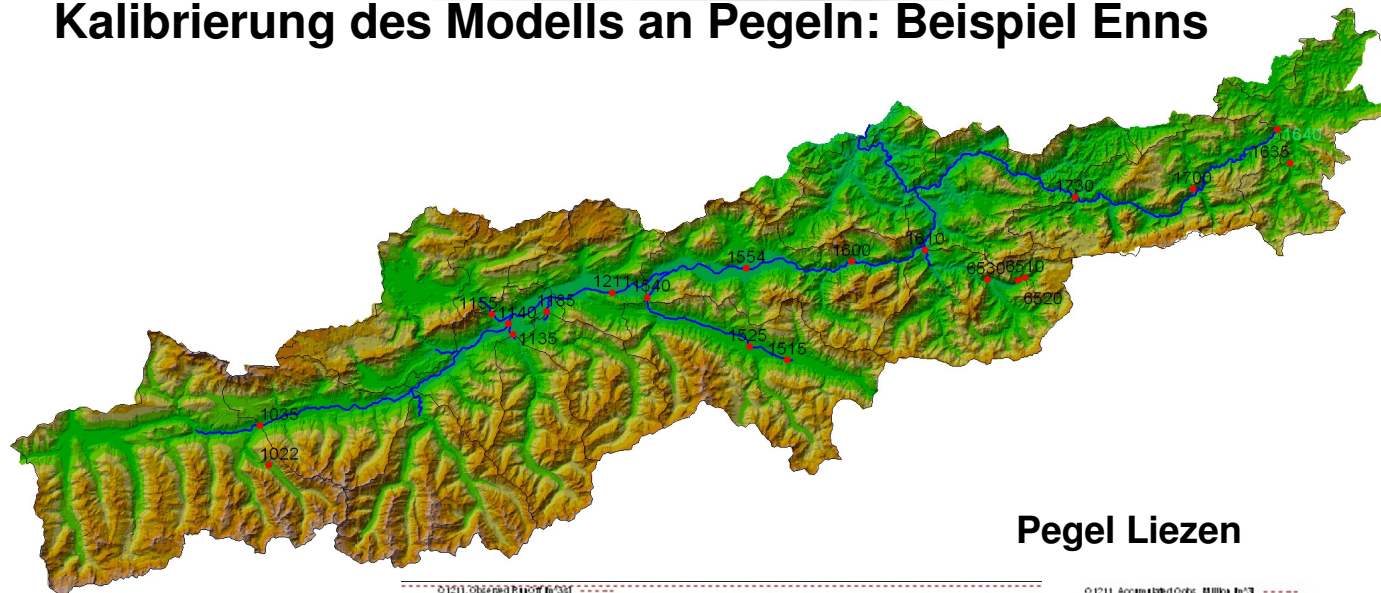
Steiermark: 6

Burgenland: 26

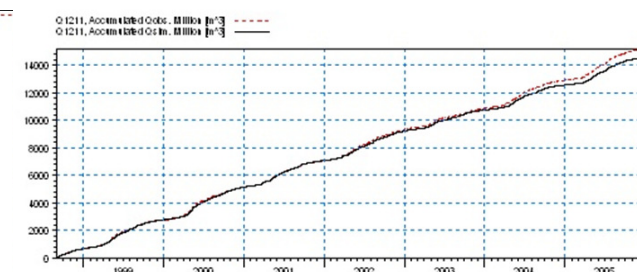
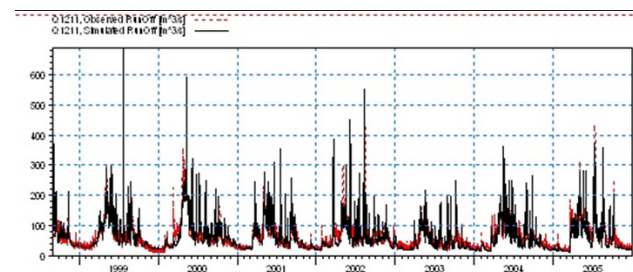
HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrodynamisches Modell

Kalibrierung des Modells an Pegeln: Beispiel Enns

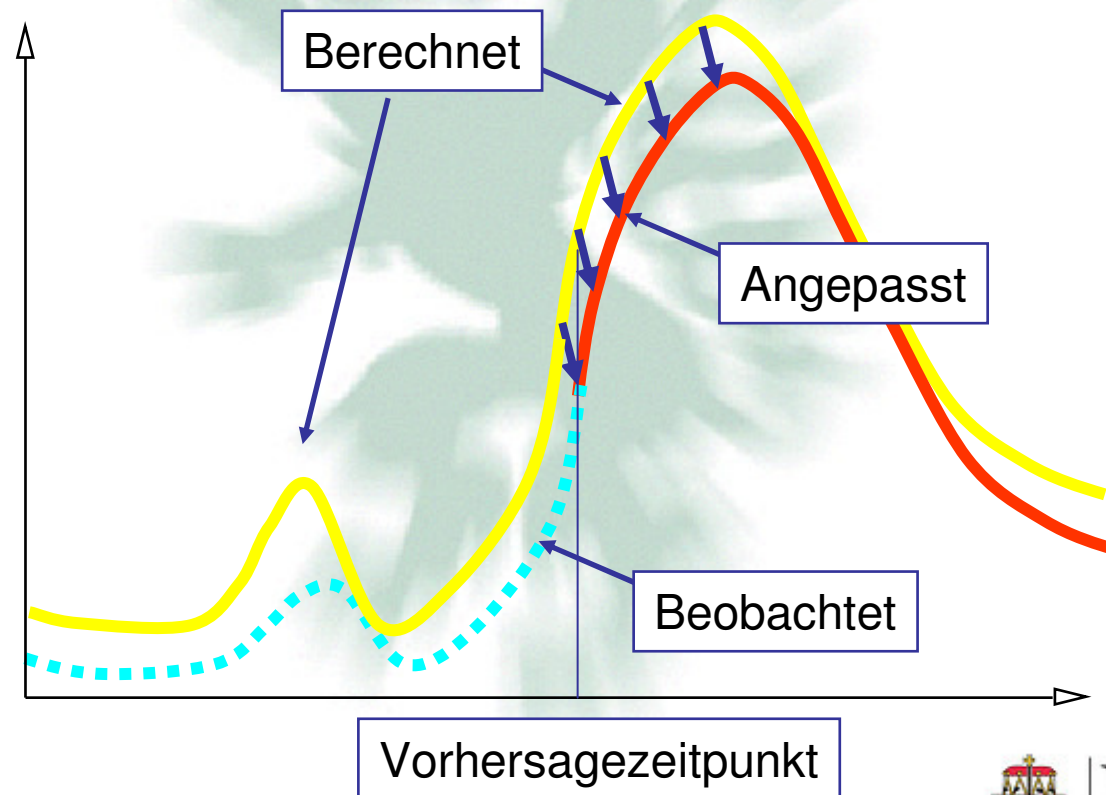


Pegel Liezen



Vorhersagemodell

Anpassung an gemessene Werte (Nachführung des Modells)

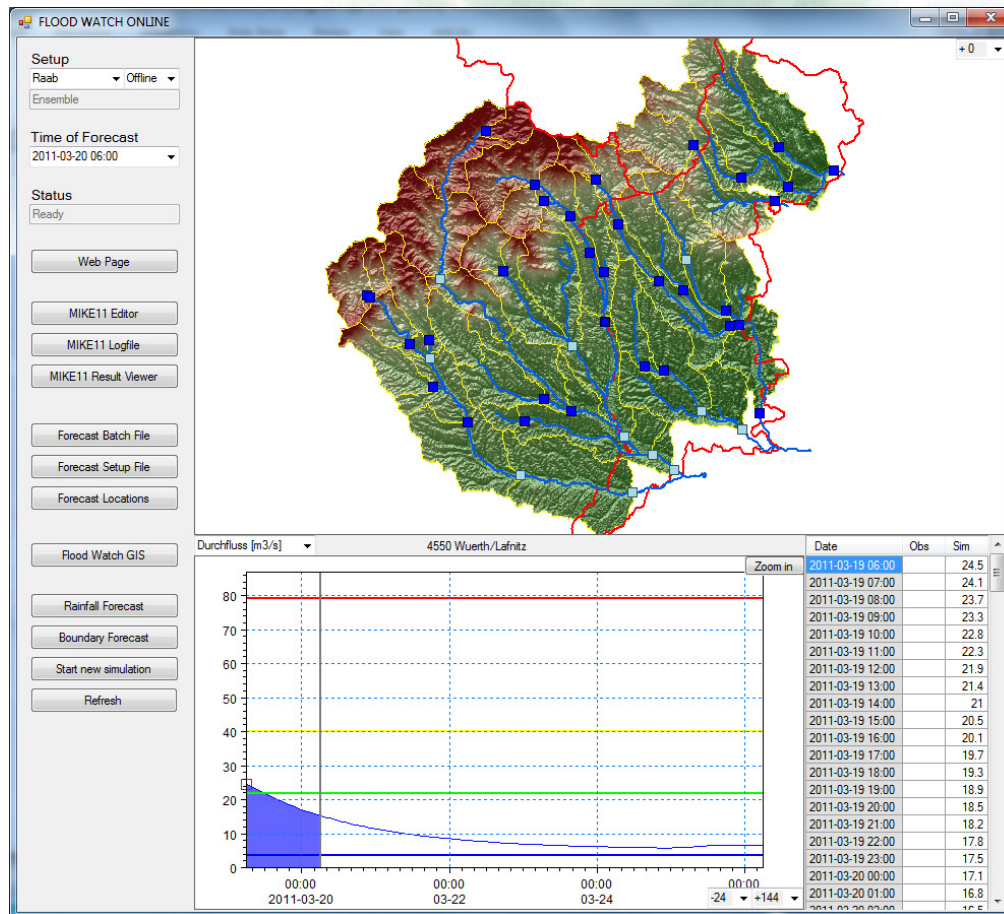


HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Benutzeroberfläche: Flood Watch Online



Hauptfunktionen

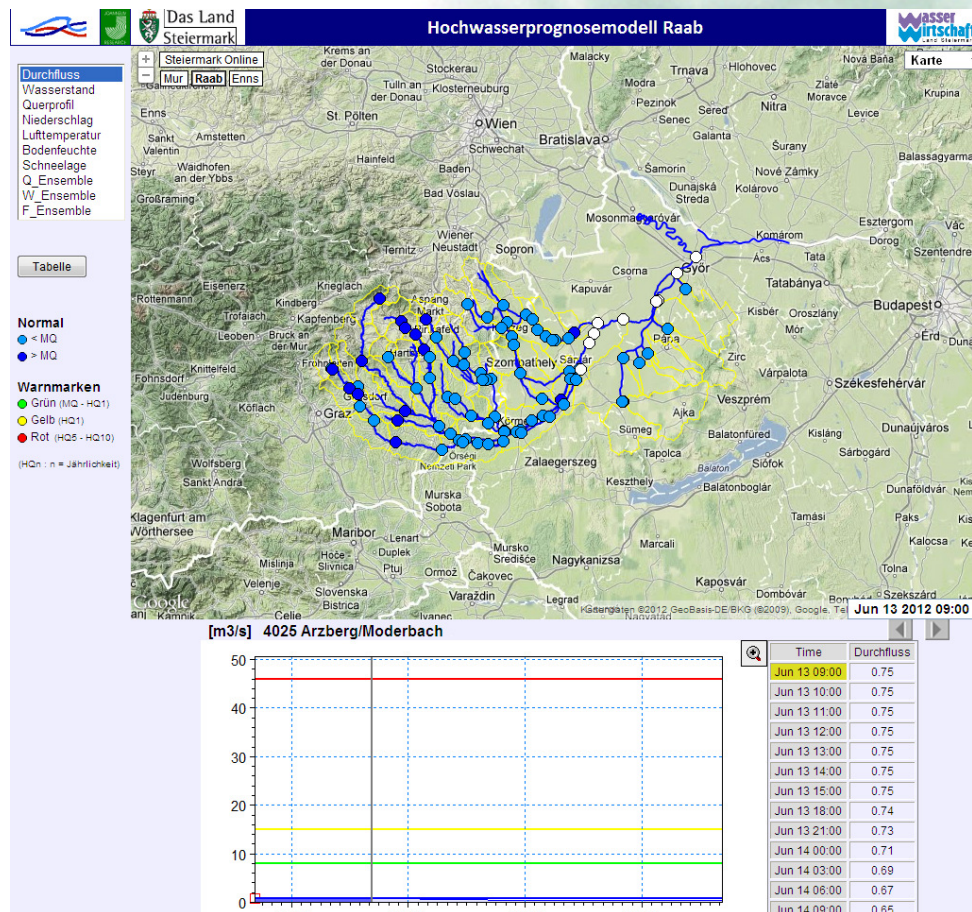
- Darstellung des online - Status
- Modellergebnisse für jeden Pegel (graphisch und tabellarisch)
- Nachmodellierung von „alten“ Ereignissen
- Szenarienberechnungen mit geänderten Eingangsdaten
- Vergleich der Resultate
- Direkter Zugang zum Modell und zur Webpage



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Homepage – Darstellung der Ergebnisse: W und Q

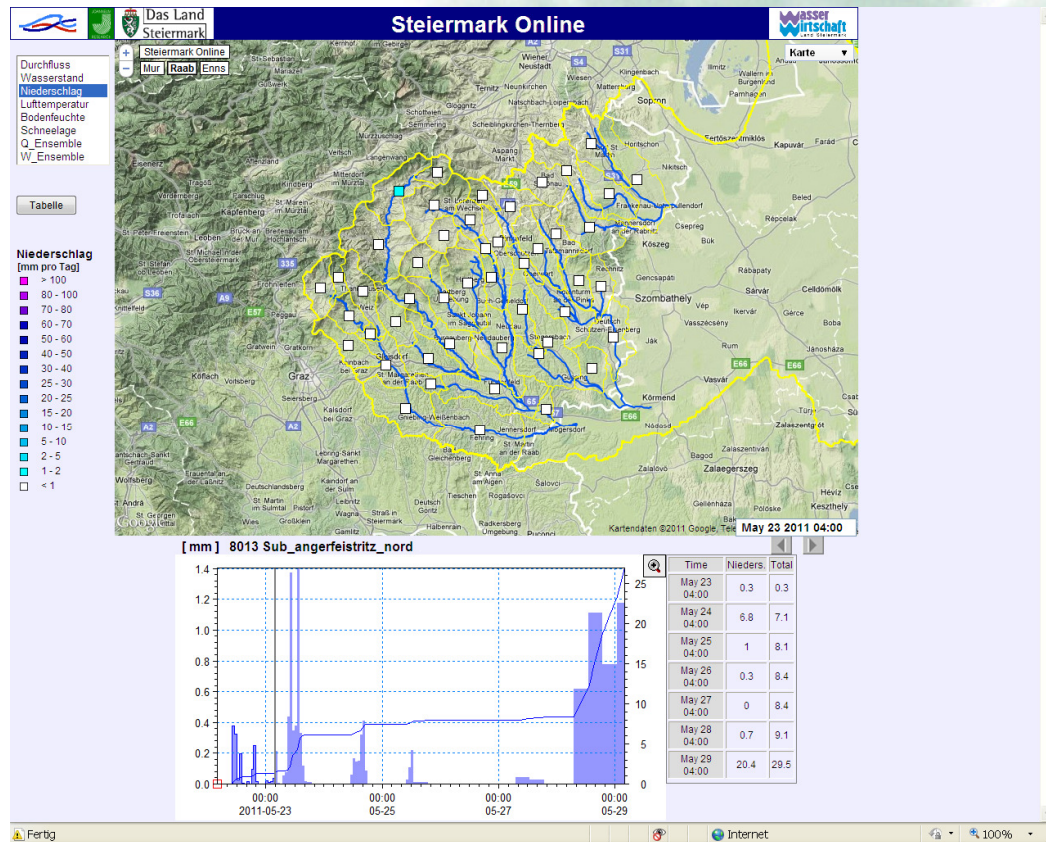


- Basis: Google Maps
- Pegel sowie Gewässer nach aktuellen bzw. prognostizierten Wasserständen bzw. Durchflüssen (Warnmarken) eingefärbt
- Ganglinien für W und Q (graphisch und tabellarisch) für die Prognosepegel bis 6 Tage im Voraus
- Analoge Darstellung für Mur-, Raab und Ennsmodell

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Homepage – Darstellung der Ergebnisse: Niederschlag



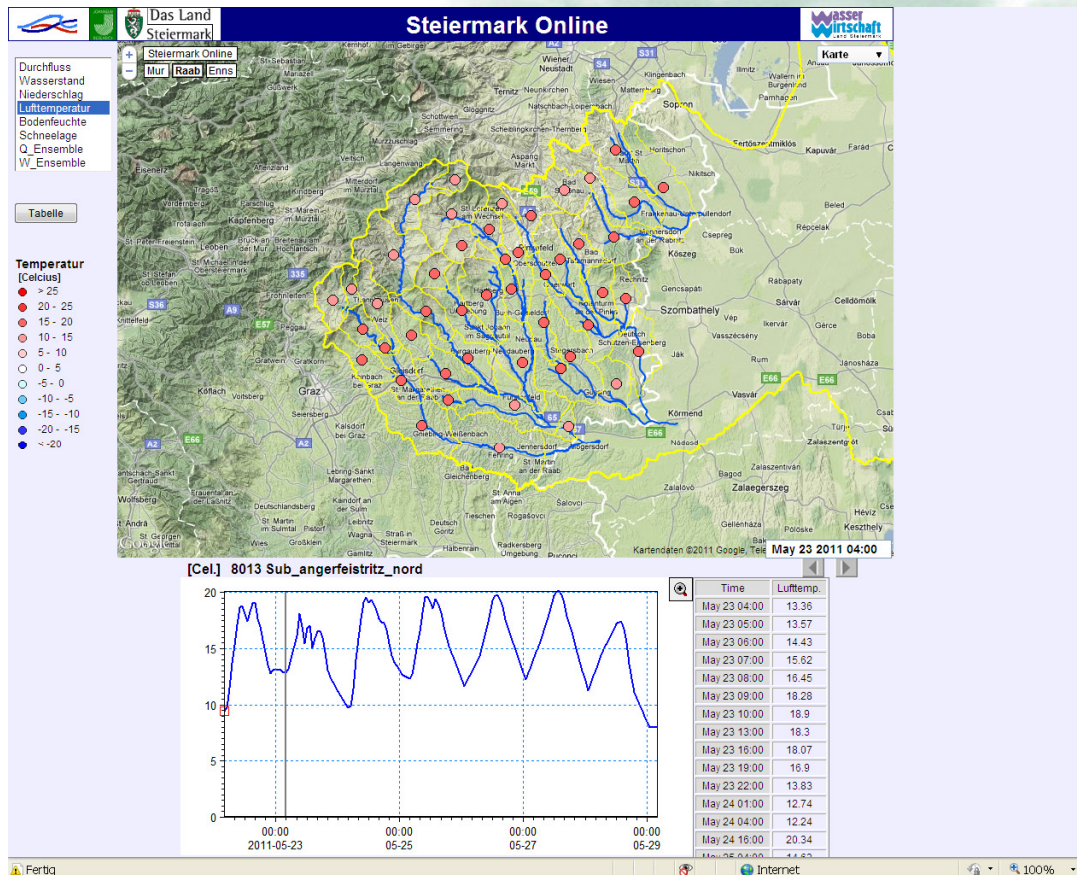
- Niederschlagsprognosen für Teileinzugsgebiete (graphisch und tabellarisch) bis 6 Tage im Voraus
- Analoge Darstellung für Mur-, Raab und Ennsmodell

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Homepage – Darstellung der Ergebnisse: Lufttemperatur



- Temperaturprognosen für Teileinzugsgebiete (graphisch und tabellarisch) bis 6 Tage im Voraus
- Analoge Darstellung für Mur-, Raab und Ennsmodell



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Homepage – Darstellung weiterer Ergebnisse

Durchfluss



Wasserstand



Temperatur



Niederschlag



Bodenfeuchte



Schneelage

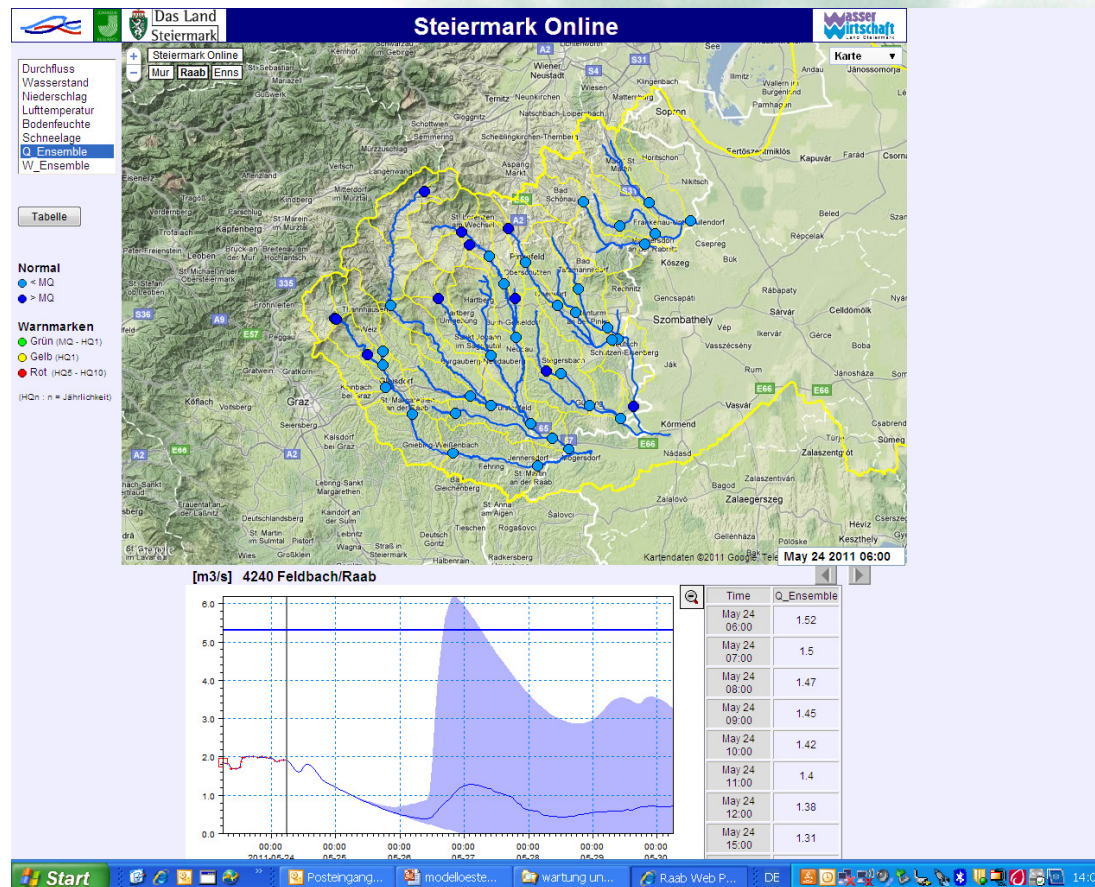


HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Homepage – Darstellung der Ergebnisse der Ensembleprognosen



- 51 Rechenläufe mit ECMWF – Ensembles für 6 Tage im Voraus
- Darstellung als Einhüllende (Minimum, Maximum und Mittelwert) für alle Prognosepegel
- nur für Raabmodell in Österreich
- Erweiterung beauftragt mit statistischer Auswertung

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Erfahrungen mit Modellergebnissen

- **Hauptursachen für Fehlprognosen:**
 - Fehler in den meteorologischen Prognosen, maßgeblich vor allem in den oberen Einzugsgebieten
 - Probleme mit den Speichern (z.B. zu viel Schnee im Speicher)
 - Datenanpassung an „falsche“ Pegelwerte
 - Durch Datenanpassung heben sich Fehler in den unteren Einzugsgebieten großteils auf
 - Probleme mit der Kalibrierung (z.B. zu wenige Einzugsgebiete), Murmodell wurde auf Basis der HW-Ereignisse 2009 neu kalibriert

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Technische und fachliche Betreuung

- **Notwendige Tätigkeiten:**
 - Tägliche Kontrollen des Datenflusses (Datenbanken, ftp-Server, Prognosemodelle, Internetserver)
 - Tägliche Kontrollen der Verfügbarkeit und Plausibilität der Eingangsdaten (Onlinedaten, meteorologische Prognosen)
 - Tägliche Kontrollen der Modellergebnisse (hydrologisches und hydrodynamisches Modell, Datenanpassung)
 - Wenn nötig: Eingabe neuer Daten (Querprofile, RHB etc.) bzw. Neukalibrierung
 - Fachliche Betreuung der Prognosemodelle durch Mitfinanzierung von Bund und Burgenland auf 2 Jahre durch freien Dienstvertrag gesichert

Hochwasserprognosemodelle Steiermark

Zukünftige Aktivitäten

- Verknüpfung der Vorhersagen der Prognosemodelle mit den Ergebnissen (Überflutungsflächen) der 2-D Abflussuntersuchungen – Lamellenanalyse mit Katalogsystem

HOCHWASSERWARNSYSTEM FÜR KLEINE EINZUGSGEBIETE PROJEKT INARMA

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Inhalt

- Allgemeines
- Systemaufbau
- zu erwartende Ergebnisse



Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- **Projektidee**

- Nach Fertigstellung der Prognosemodelle Entwicklung eines Hochwasserwarnsystems für kleine Einzugsgebiete (ca. 100 km²) flächendeckend für die Steiermark
- Projektstudie zur Umsetzung wurde im Jahr 2009 durchgeführt (Auftragnehmer: Joanneum Research, Ingenieurbüro für Umweltmanagement und Wasserwesen UWM (München), ZAMG, Aquaplan)
- Umsetzung des Systems für das Piloteinzugsgebiet der Sulm im Rahmen des EU-Projekts INARMA

Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

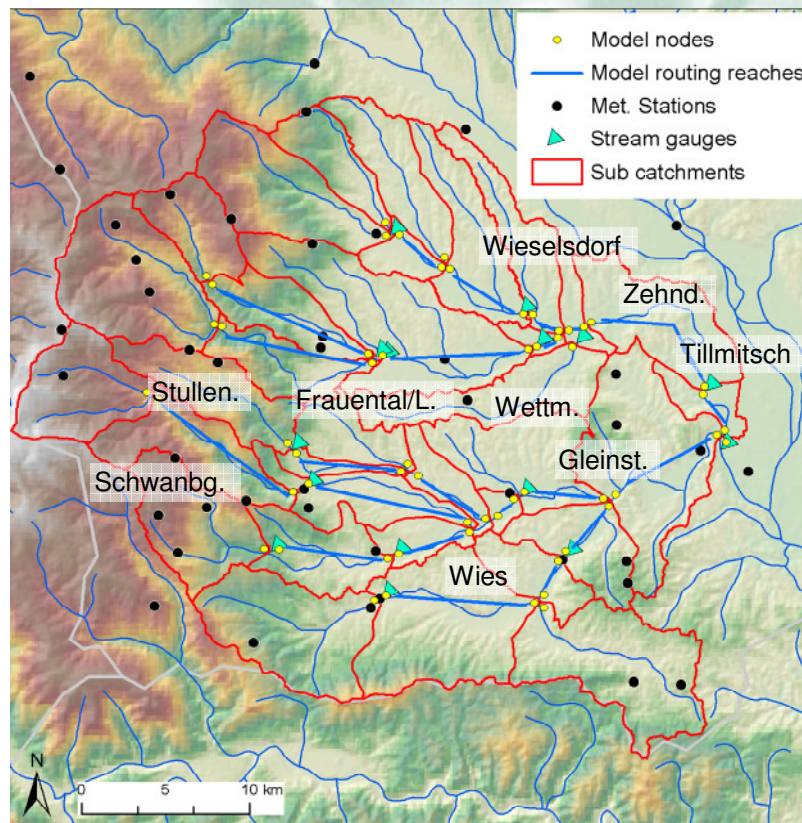
- **Eckpunkte Projekt INARMA**
 - CENTRAL EUROPE Projekt “Integrated Approach to Flood Risk Management”
 - Projektpartner: Italien (Leadpartner), Ungarn, Polen, Deutschland, Österreich
 - Ziel: Hochwasserwarnung in kleinen Einzugsgebieten + Kommunikation der Ergebnisse mit Katastrophenschutz
 - Finanzierung zu 75% aus EU Mitteln, Projektlaufzeit Mai 2010 – Oktober 2012
 - Budget: Gesamt ca. 1.1 Mill. Euro, Steiermark 180.000 Euro
 - Pilotgebiete:
 - Sulm (Steiermark); Polen (Weichsel); Ungarn (Pecs); Italien (Region Alessandria)
 - Auftragnehmer in Steiermark: Joanneum Research

Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- **Systementwicklung**
 - **Basis: Katalogsystem**
 - Ereignisanalyse und –klassifizierung
 - Modellierung der Ereignisse (Ereignismodell)
 - Durchrechnen von hypothetischen Szenarien, Erstellung des Katalogs
 - Warnungen mittels Warnstufen nur an Pegeln (11 Teileinzugsgebiete)
 - **Erweiterungen**
 - Zusätzliches flächendetailliertes, kontinuierliches N-A Modell
 - Nachführung der Bodenfeuchte aus Abflussdaten
 - Echtzeitmodellierung
 - Warnungen mittels Warnstufen an beliebigen Gewässerprofilen möglich

Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Pilotgebiet



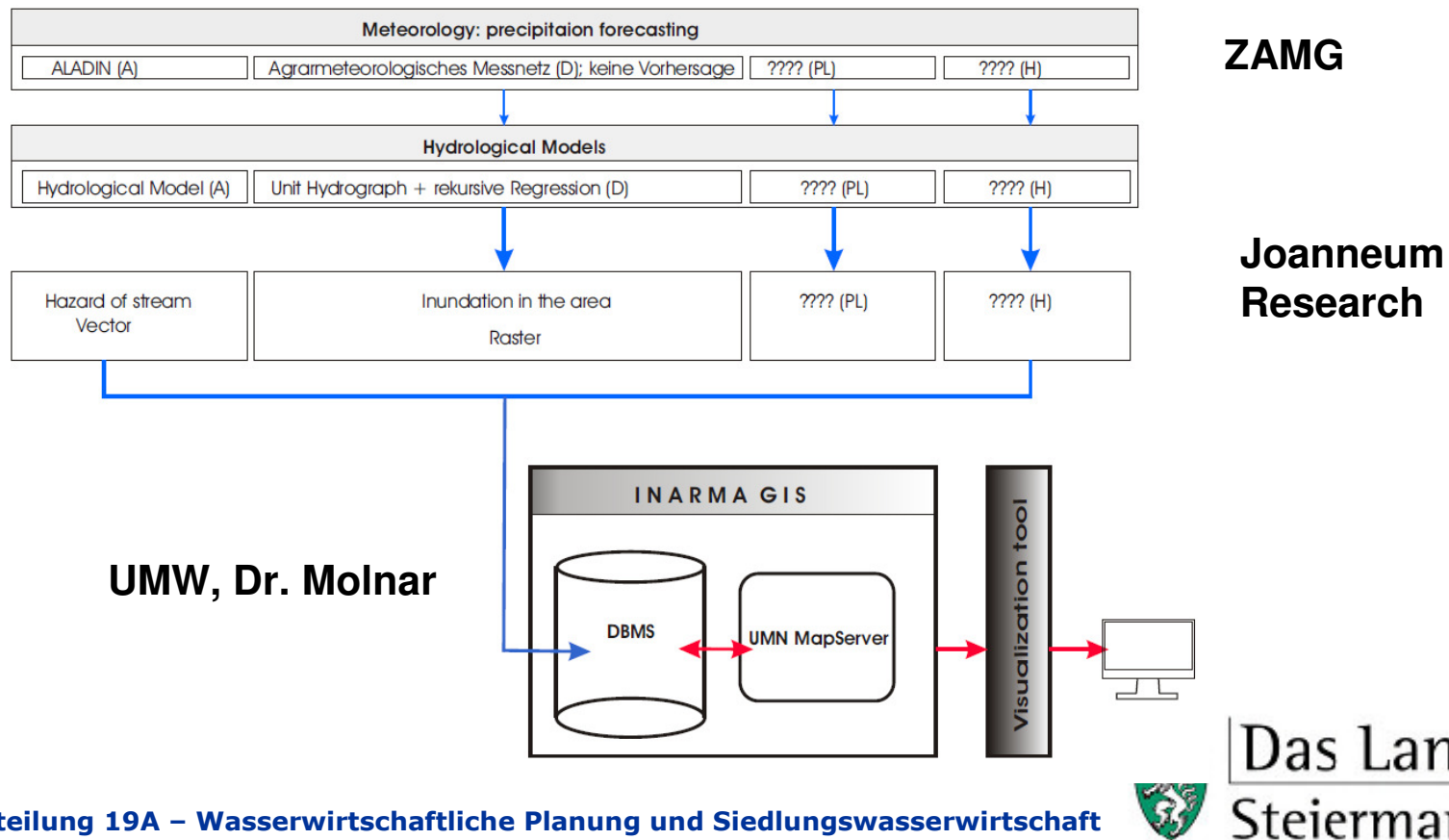
EZG Sulm:

- AE ca. 1100 km²
- 11 Teileinzugsgebiete

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

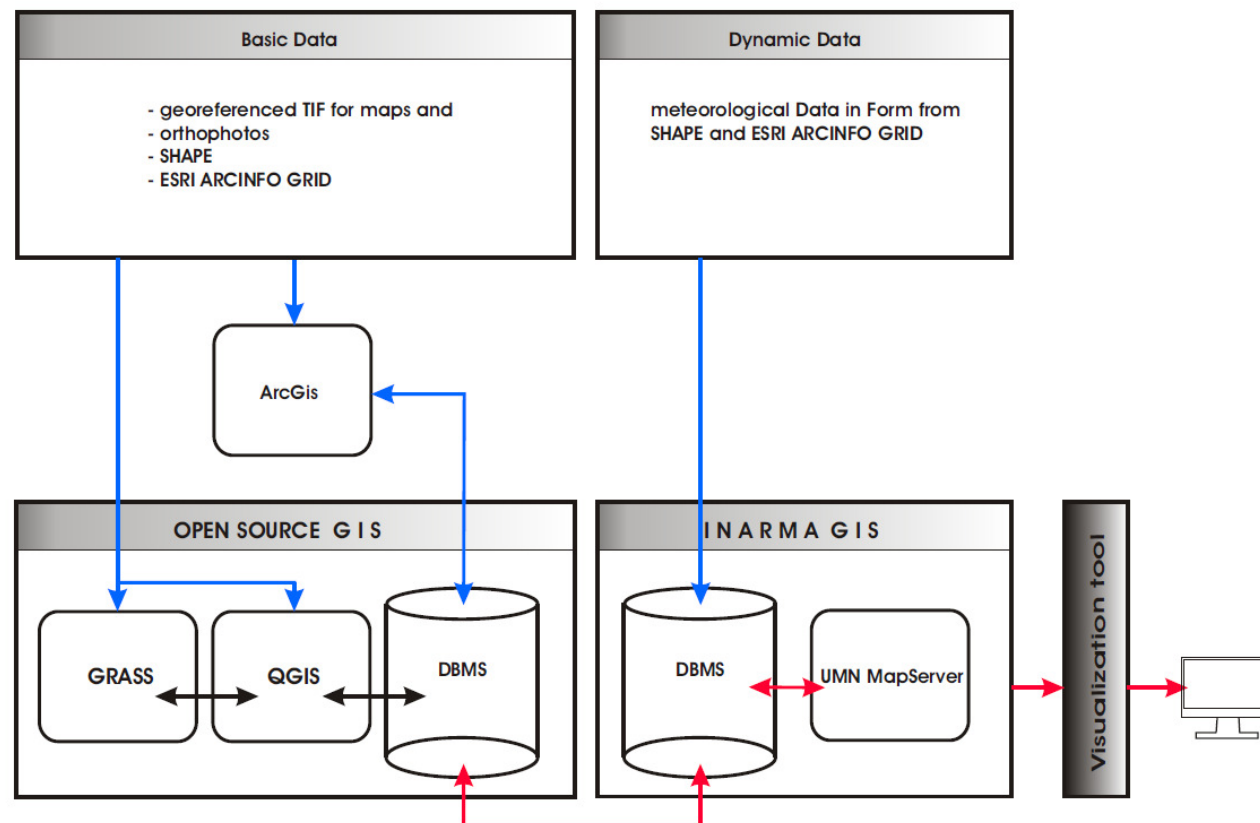
Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Struktur



Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Datenfluss



Hochwasserwarnsystem, Katalogsystem

- Ereignisanalyse und Katalogaufbau

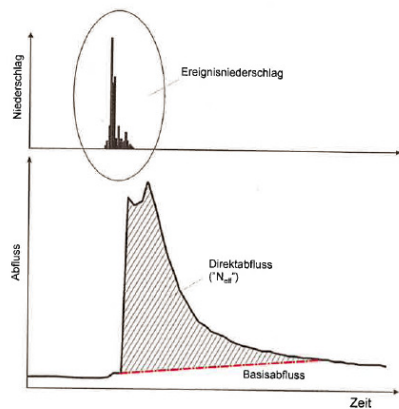
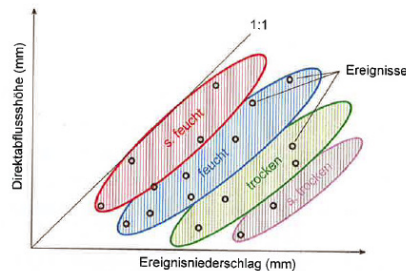
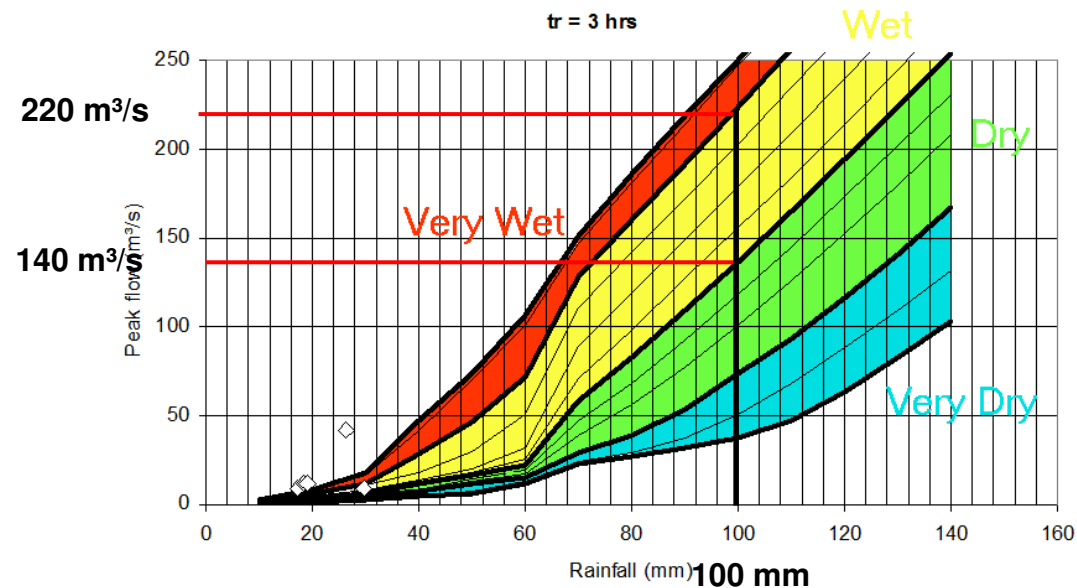


Abbildung 4: Ereignisanalyse. Beispiel a) aus Abbildung 3.



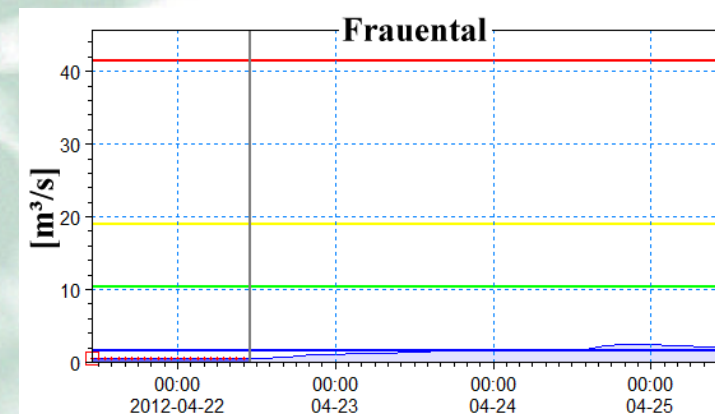
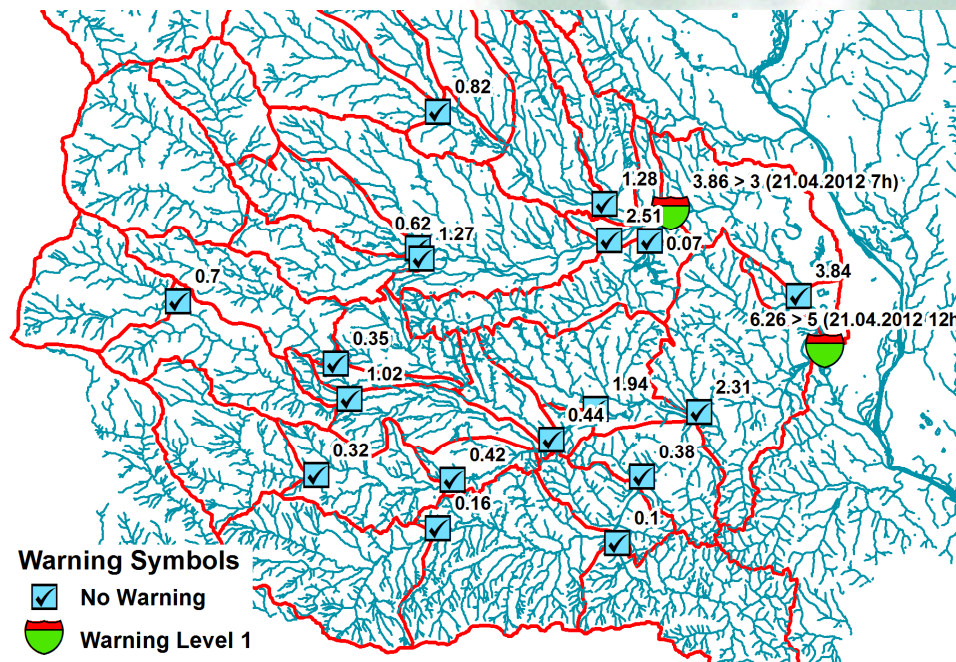
Ereignisanalyse



Aufbau des Katalogs

Hochwasserwarnsystem, erweitertes System

- Ereignisanalyse und Katalogaufbau

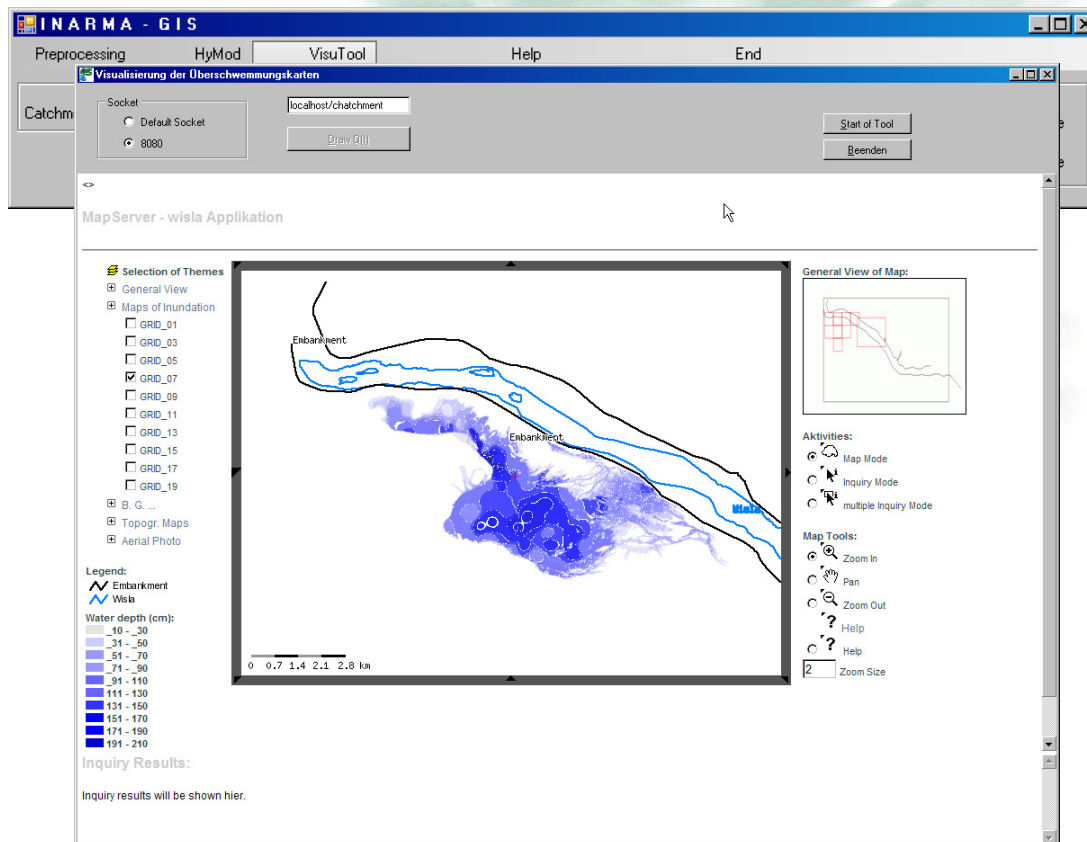


HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



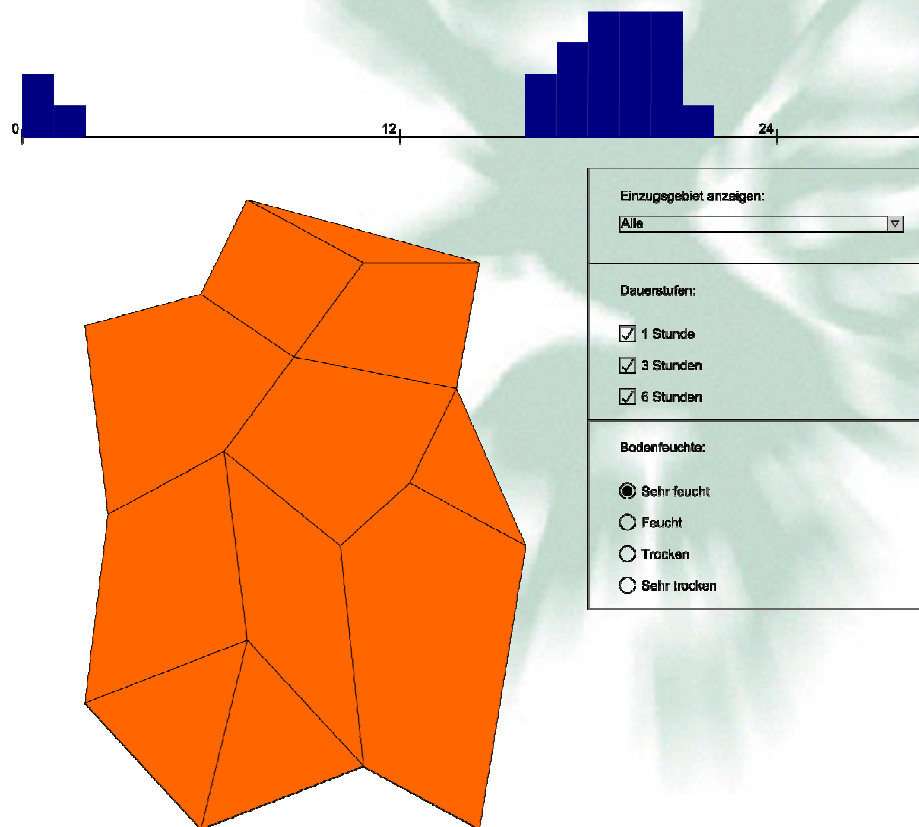
Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Visualisierungstool



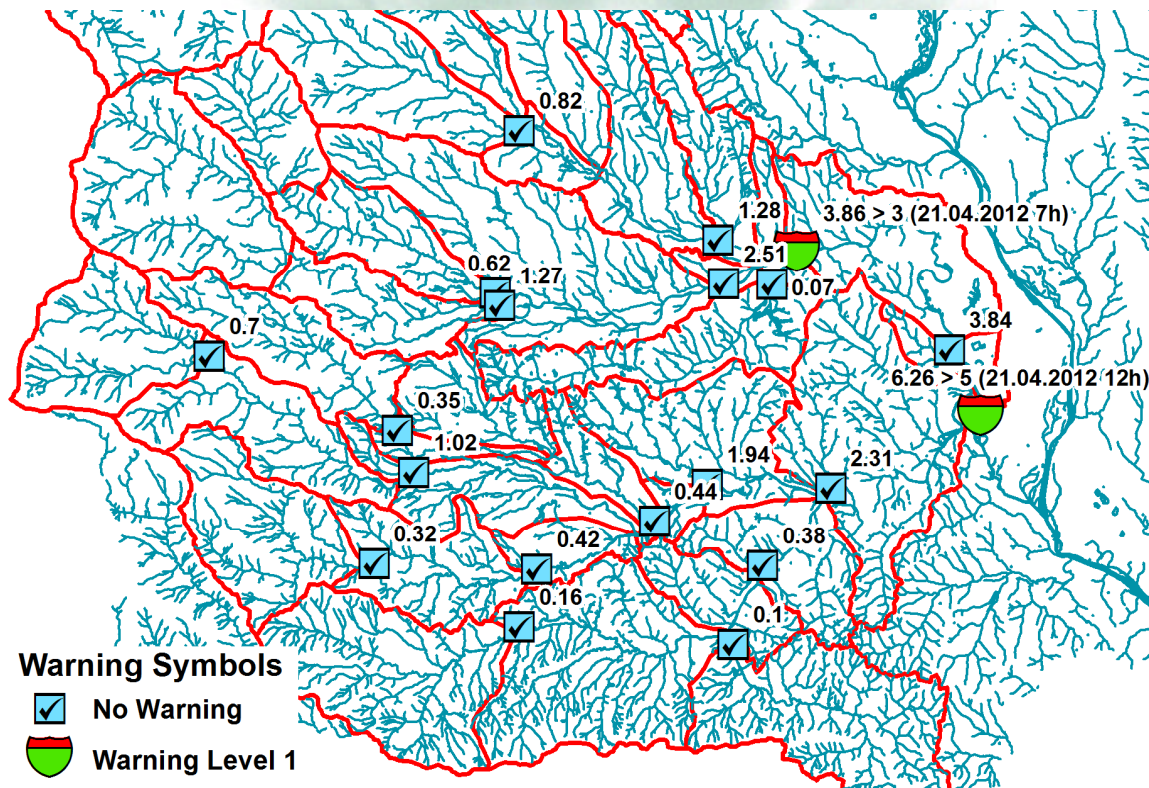
Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Visualisierungstool Katalogsystem



Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Visualisierungstool erweitertes System



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- Systemaufbau: Datenbank mit Gefährdungspunkten

Fluss	Ortsbeschreibung	Geographische Koordinaten nach Koordinatensystem WGS 1984		Fotos	Karten	Art	
		Rechtswert	Hochwert			Hochwasser	Schutz
SULM	Sulmseebrücke	15°31'10,25"	46°46'37,67"	0	0	X	
SULM	Altenmarkter Brücke	15°21'03,67"	46°46'17,63"	0	1	X	
SULM	Fresing	15°27'25,21"	46°45'58,21"	0	0	X	
SULM	Saggaumündung	15°27'25,21"	46°45'58,21"	0	1	X	



Hochwasserwarnsystem, Projekt INARMA

- **Momentaner Stand:**
 - **Beauftragung an Joanneum Research zur Erstellung des Systems für die Sulm im Jänner 2011**
 - Ereignisanalyse und –klassifizierung abgeschlossen
 - Modellierung der Ereignisse (Ereignismodell) abgeschlossen
 - Katalogsystem somit fertiggestellt, erweitertes System in Bearbeitung (Fertigstellung bis spätestens August 2012)
 - Visualisierungstool (Büro Dr. Molnar) in Bearbeitung
 - Fertigstellung des Gesamtsystems bis Oktober 2012

HYDROLOGISCHE STUDIE FÜR DAS GESAMTE EINZUGSGEBIET DER MUR

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Inhalt

- Allgemeines
- Aufbau der Studie
- wichtigste Ergebnisse
- Konsequenzen



Hydrologische Studie der Mur

- **Allgemeines**

- **Auftrag:** Erstellung einer konsistenten hydrologischen Studie für das gesamte Einzugsgebiet der Mur
- **Auftragnehmer:** Universität Ljubljana; Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen; Lehrstuhl für allgemeine Hydrotechnik
- **Auftraggeber:** Länder Steiermark, Slowenien, Kroatien und Ungarn
- **Gesamtkosten:** 64.000 Euro (16.000 Euro pro Land)

Hydrologische Studie der Mur

Aufbau der Studie:

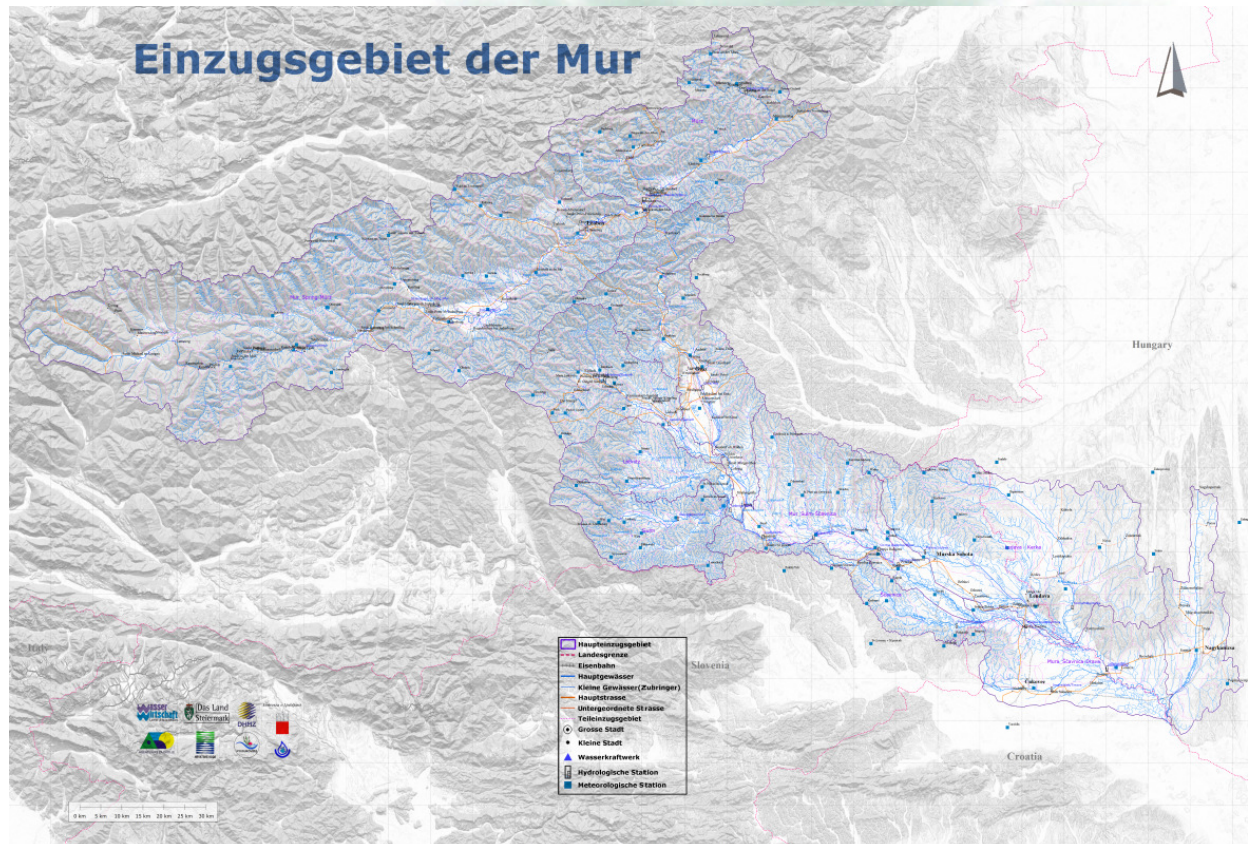
- **Einzugsgebietscharakteristika**
 - Einzugsgebietsbeschreibung
 - Übersichtskarte inkl. Kilometrierung
 - Pegelhistorie
- **Klimatische Eigenschaften des Einzugsgebietes**
 - Niederschlags- und Lufttemperaturtrends
 - Digitale Niederschlagskarte
- **Durchflussanalyse**
 - Statistische Analyse
 - Spezifische Durchflüsse
 - Homogenität und Trends
 - Hochwasserwahrscheinlichkeit
 - Niederwasserwahrscheinlichkeit

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Übersichtskarte



Karteninhalte:

- EZG - Grenzen
- Hauptgewässer
- Nebengewässer
- Städte
- Kraftwerke
- Pegel
- Niederschlagsstationen

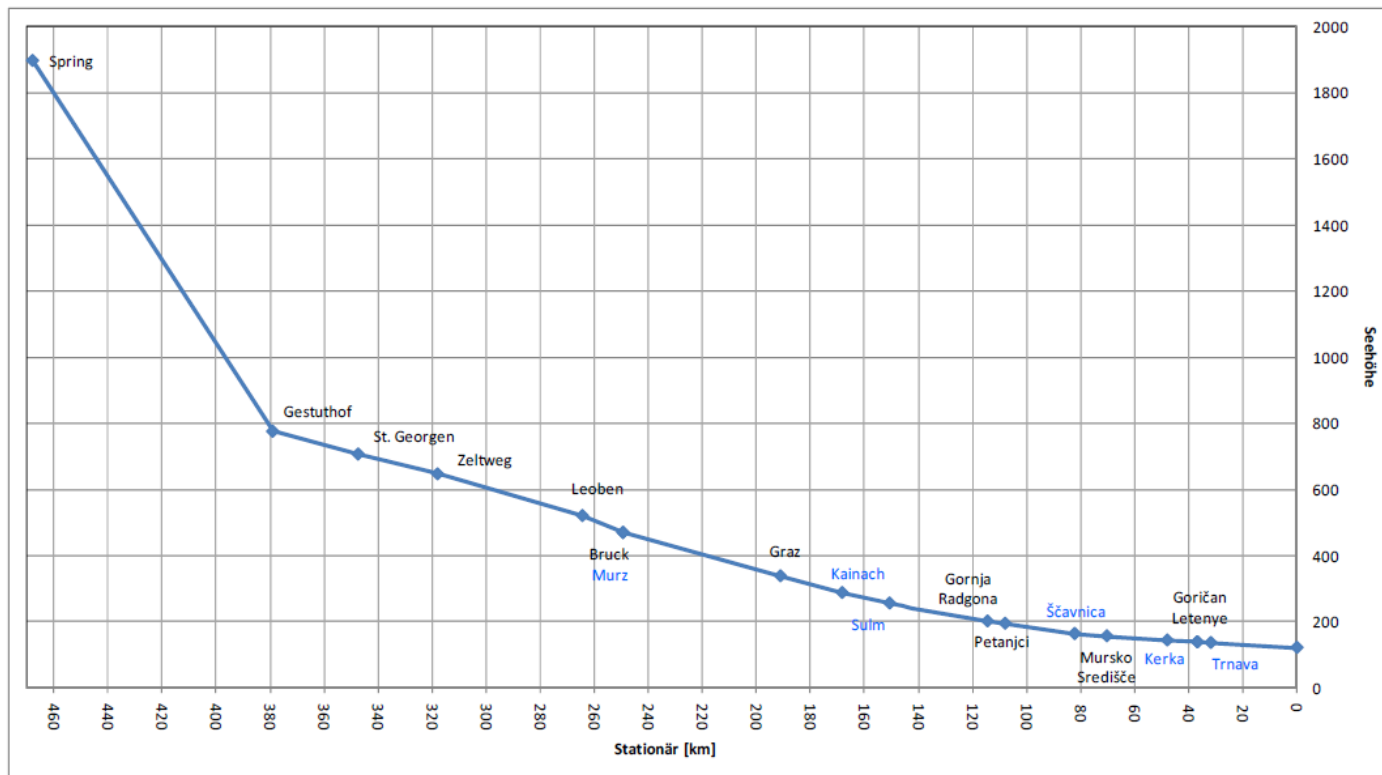


HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hydrologische Studie der Mur

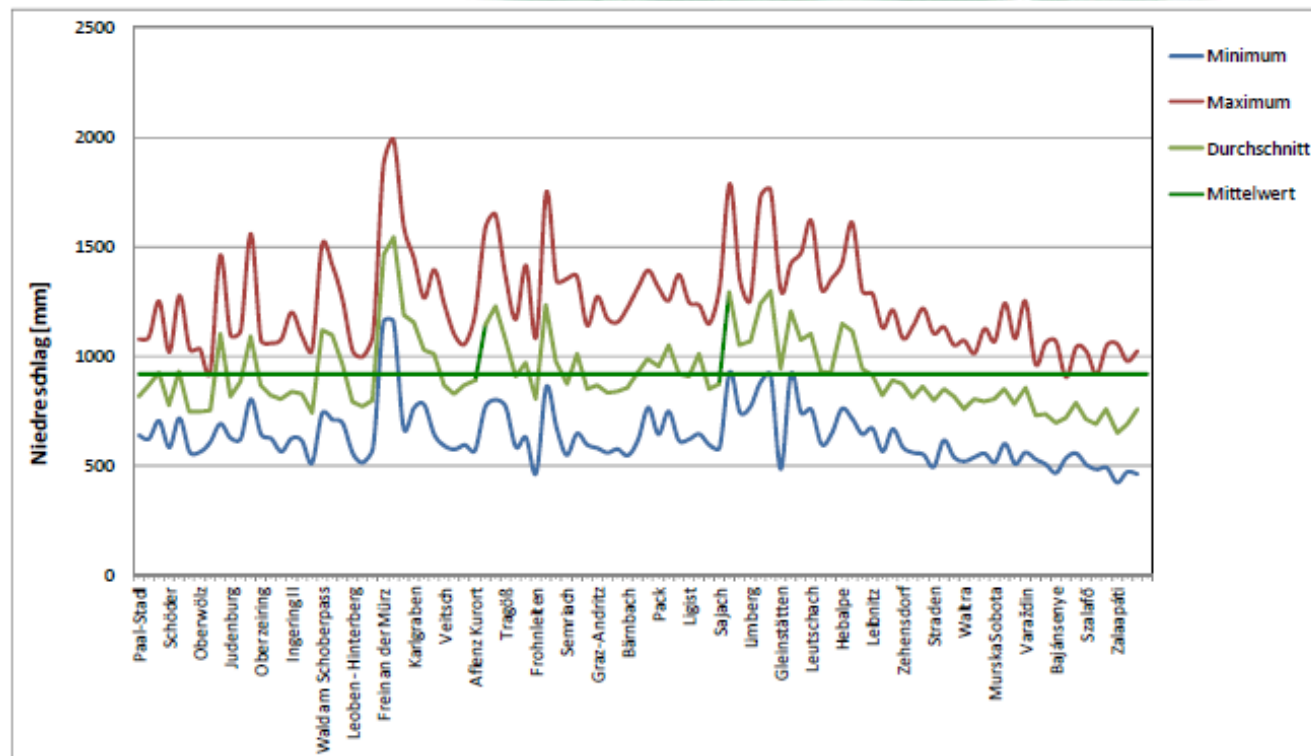
Wichtigste Ergebnisse: Längenschnitt



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrologische Studie der Mur

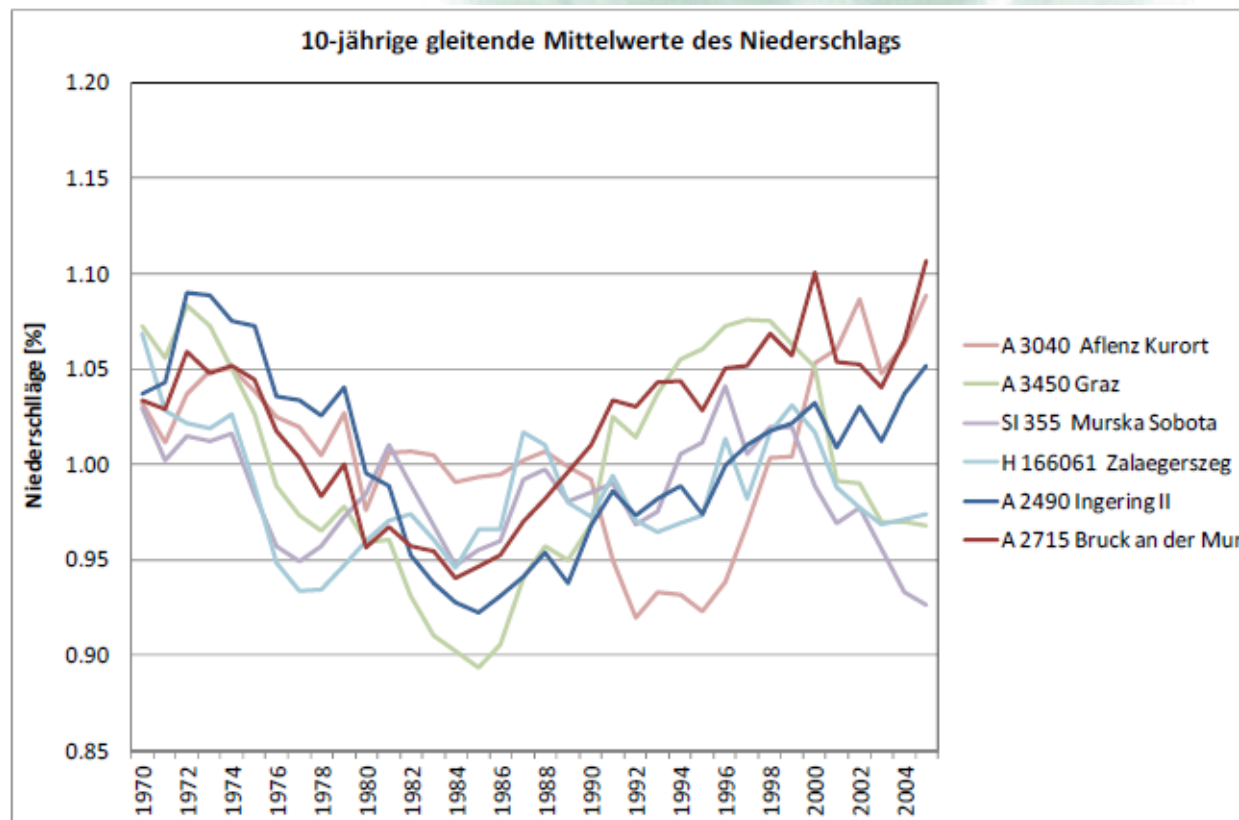
Wichtigste Ergebnisse: Niederschlagssummen



Abnahme der
Jahresniederschlags-
summen, je weiter
südlich im EZG

Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Niederschlagstrends



99 Stationen analysiert:

positive
Niederschlagstrends
in den oberen
Einzugsgebieten;

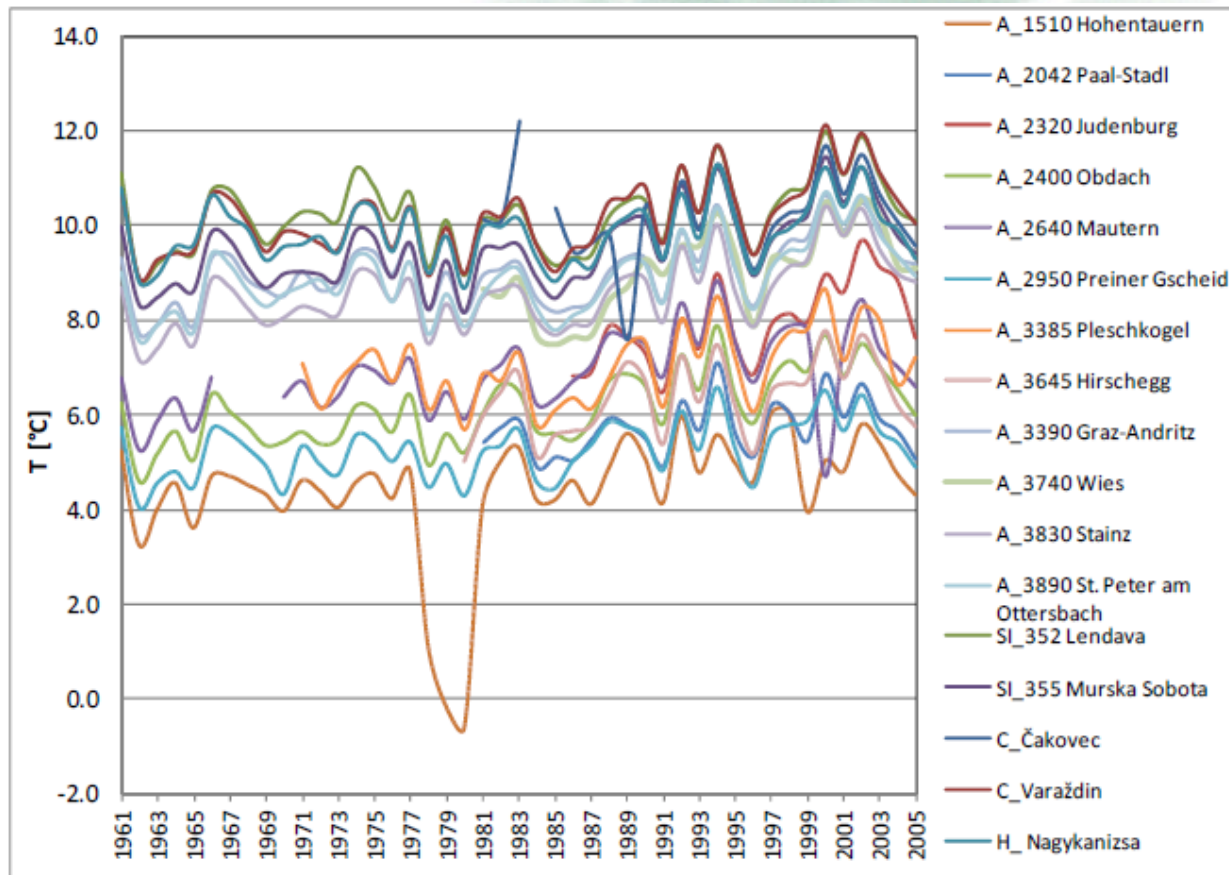
Eher negative
Trends im unteren
Einzugsgebiet

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Mittelwerte und Trends Lufttemperatur



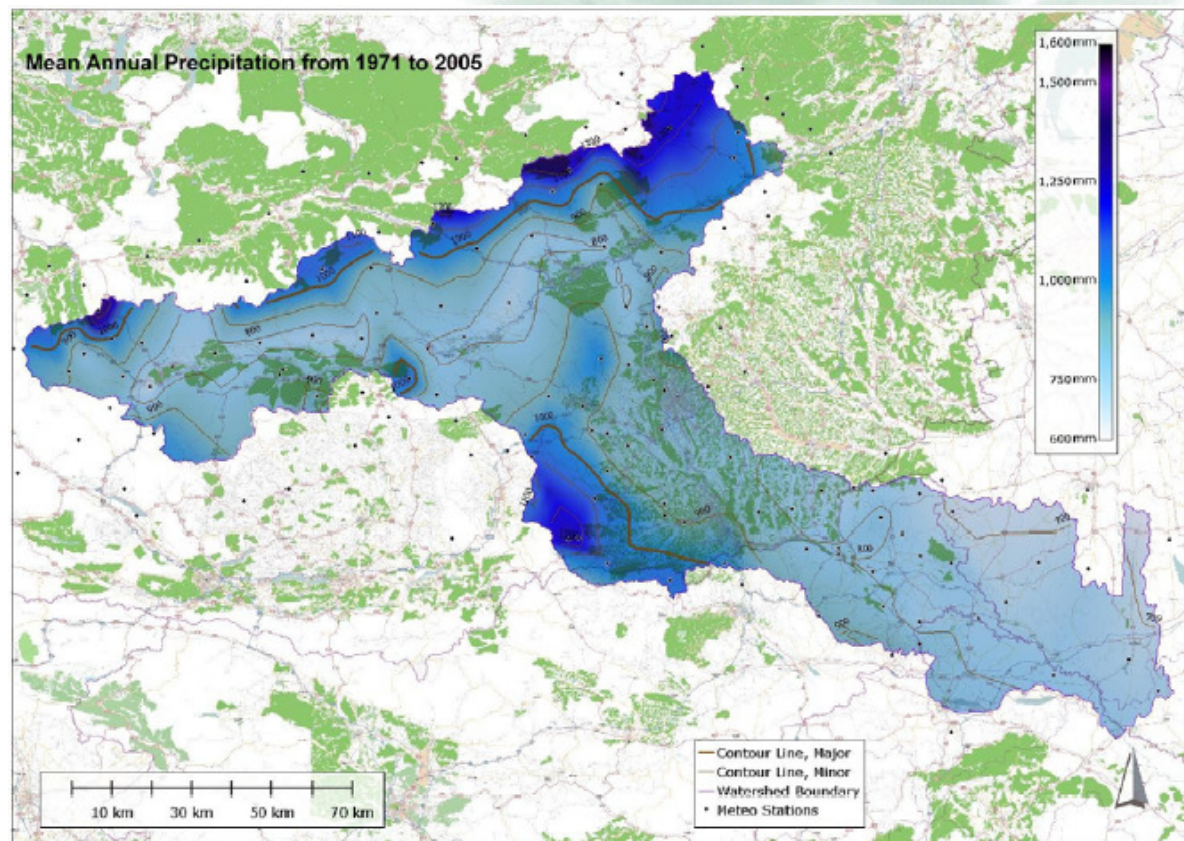
**17 Stationen
untersucht:**

durchwegs
signifikant positive
Trend



Hydrologische Studie der Mur

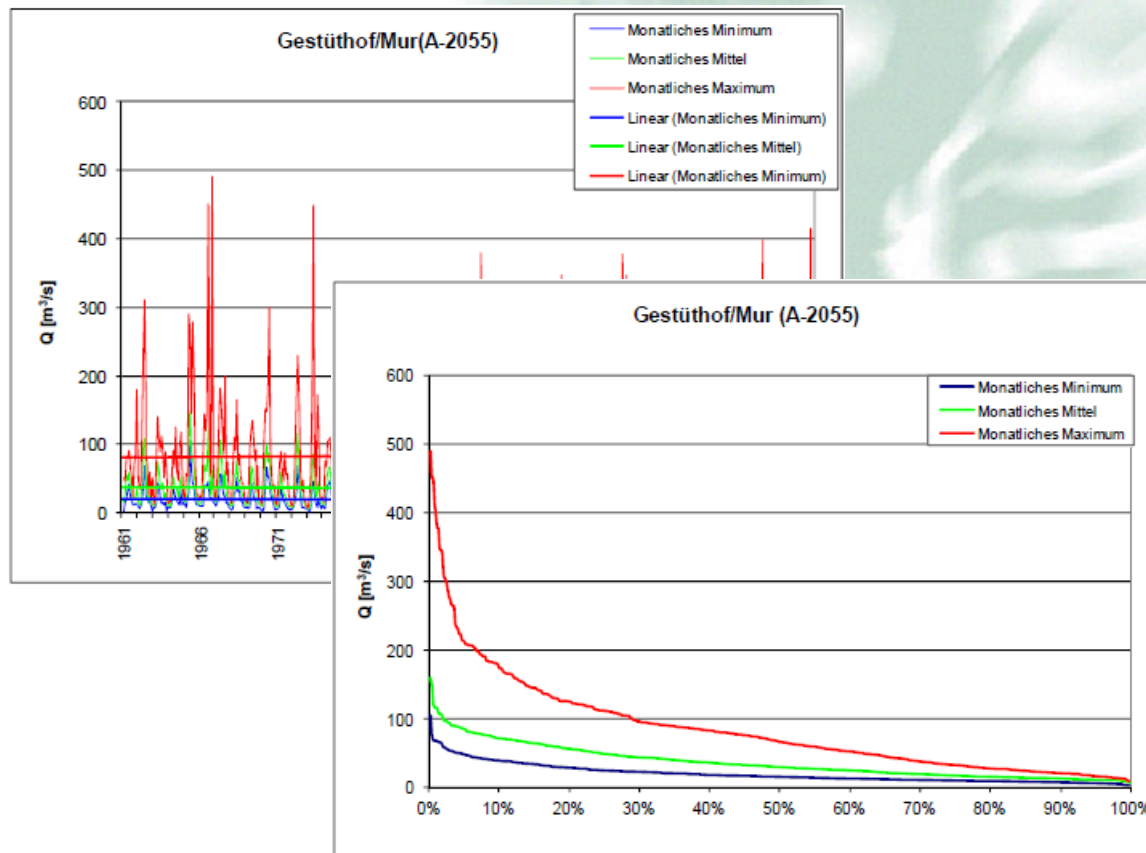
Wichtigste Ergebnisse: digitale Niederschlagskarte



Mittlerer
Jahresniederschlag
für den Zeitraum
1971-2005

Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Durchflüsse

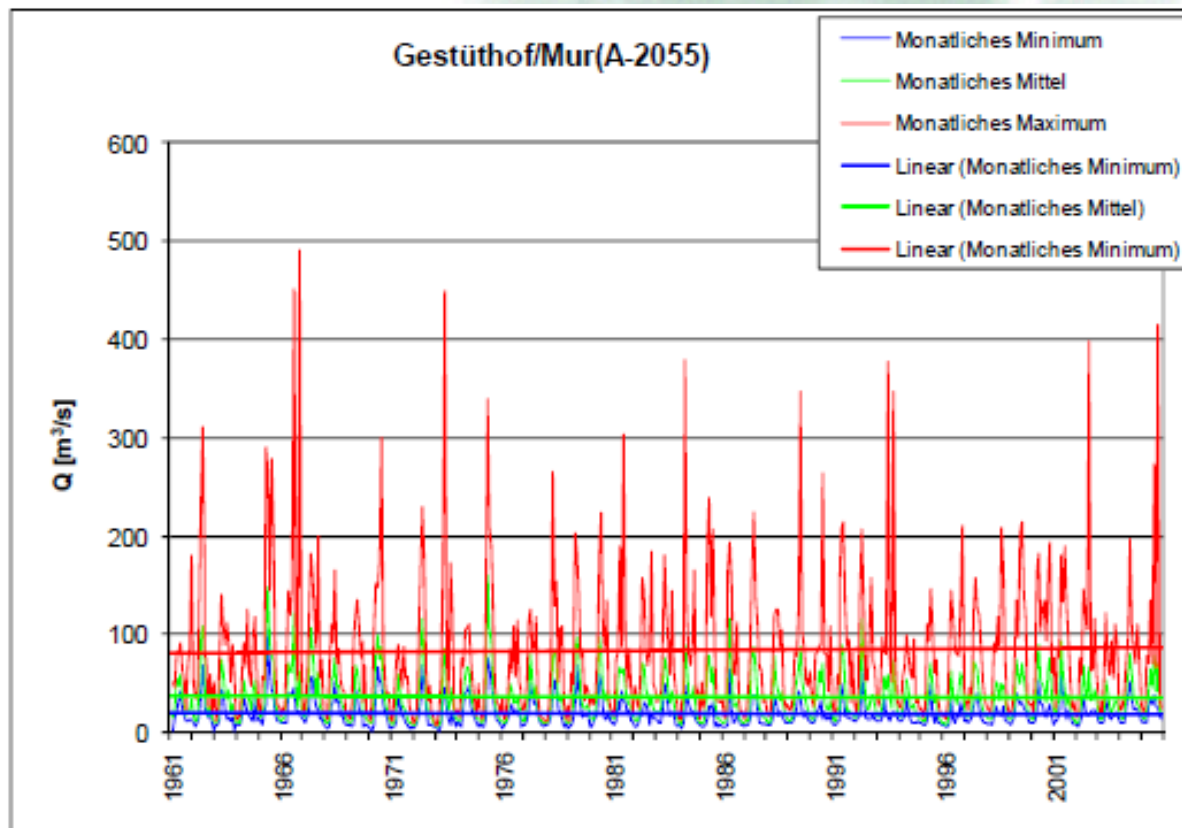


Statistische Analysen:

- Monatsmittel, -maxima und Minima samt Trends
- Dauerlinien
- Saisonalität
- Korrelationen zwischen Pegeln
- Homogenitätsuntersuchungen
- Hochwasserstatistik
- Niederwasserstatistik

Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Durchflusstrends



23 Pegel analysiert:

positive
Durchflusstrends in
den oberen
Einzugsgebieten;

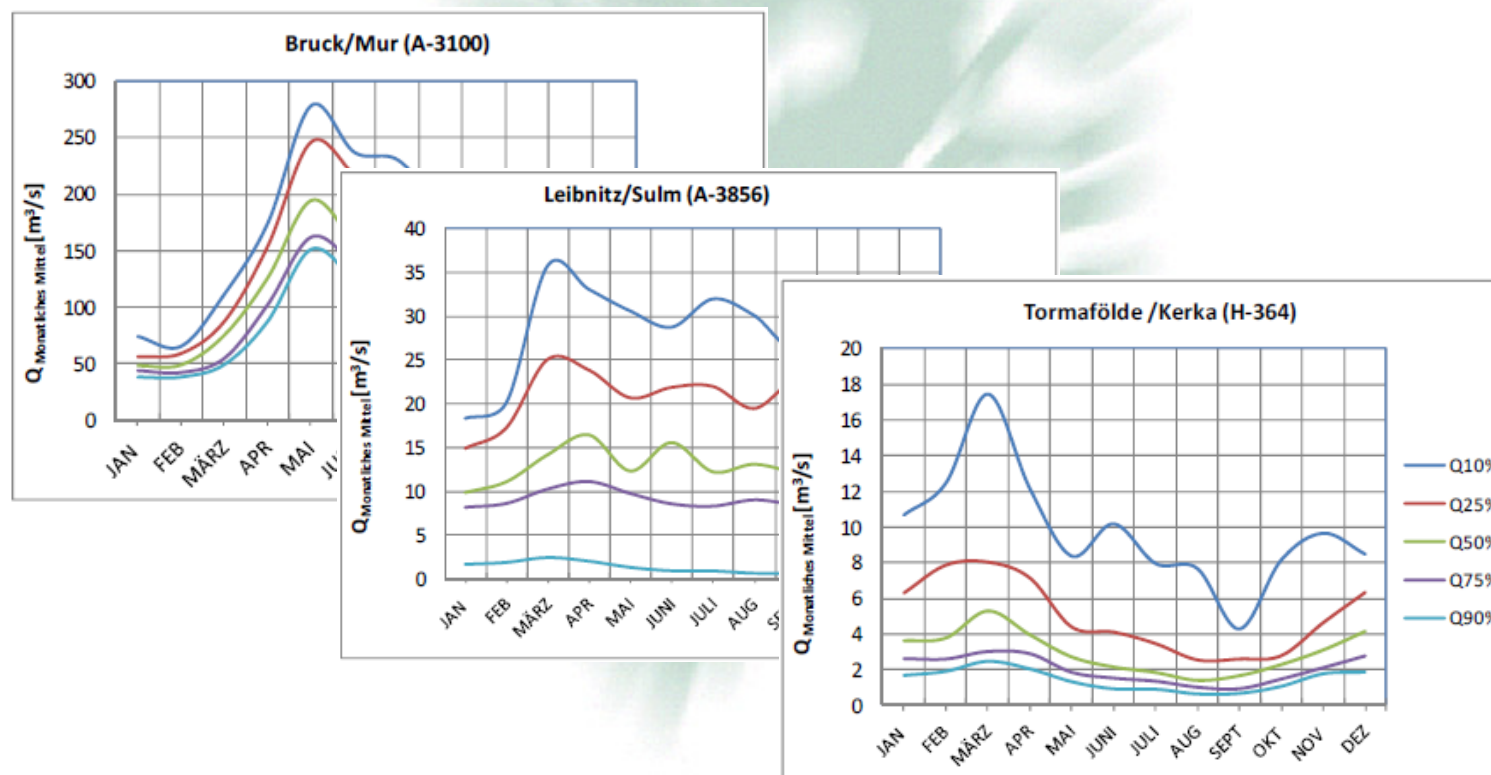
Eher negative Trends
im unteren
Einzugsgebiet

Jedoch nur ein Trend
signifikant

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrologische Studie der Mur

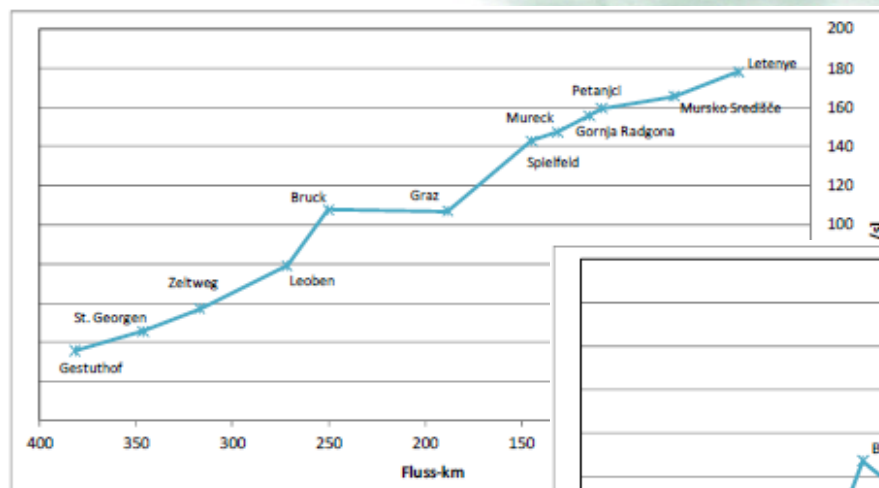
Wichtigste Ergebnisse: Saisonalität der Durchflüsse



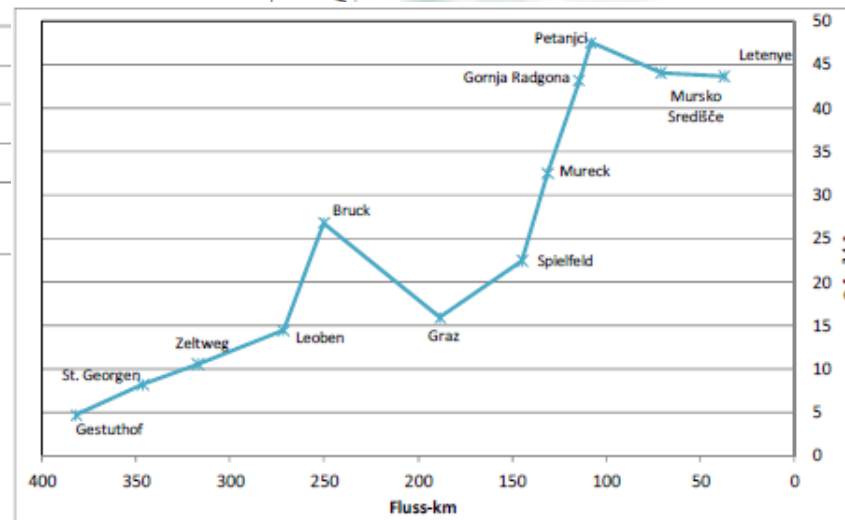
HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Längenschnitte der Durchflüsse



Mittelwerte

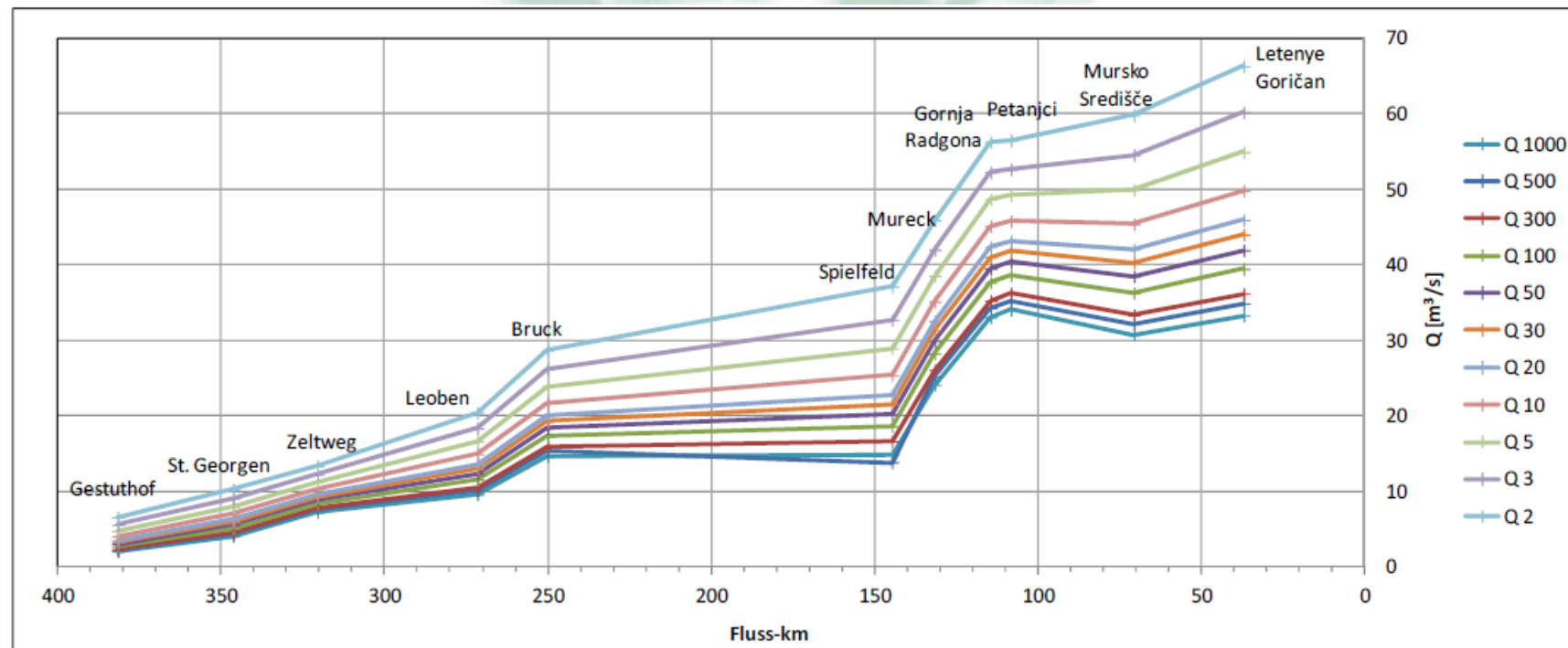


Minima

HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrologische Studie der Mur

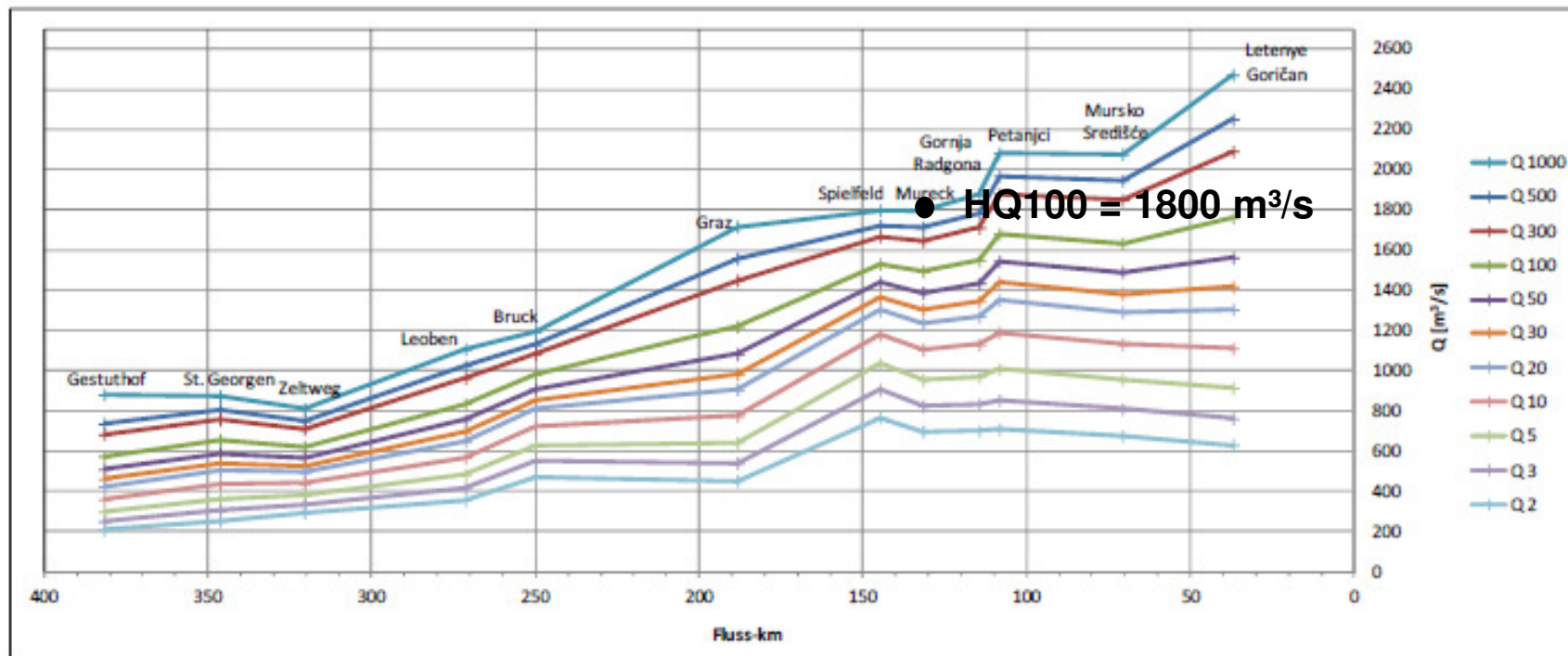
Wichtigste Ergebnisse: Längenschnitt Niederwasserdurchflüsse



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

Hydrologische Studie der Mur

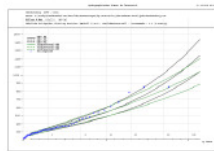
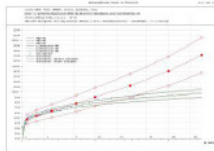
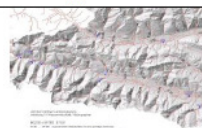
Wichtigste Ergebnisse: Längenschnitt Hochwasserdurchflüsse



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie

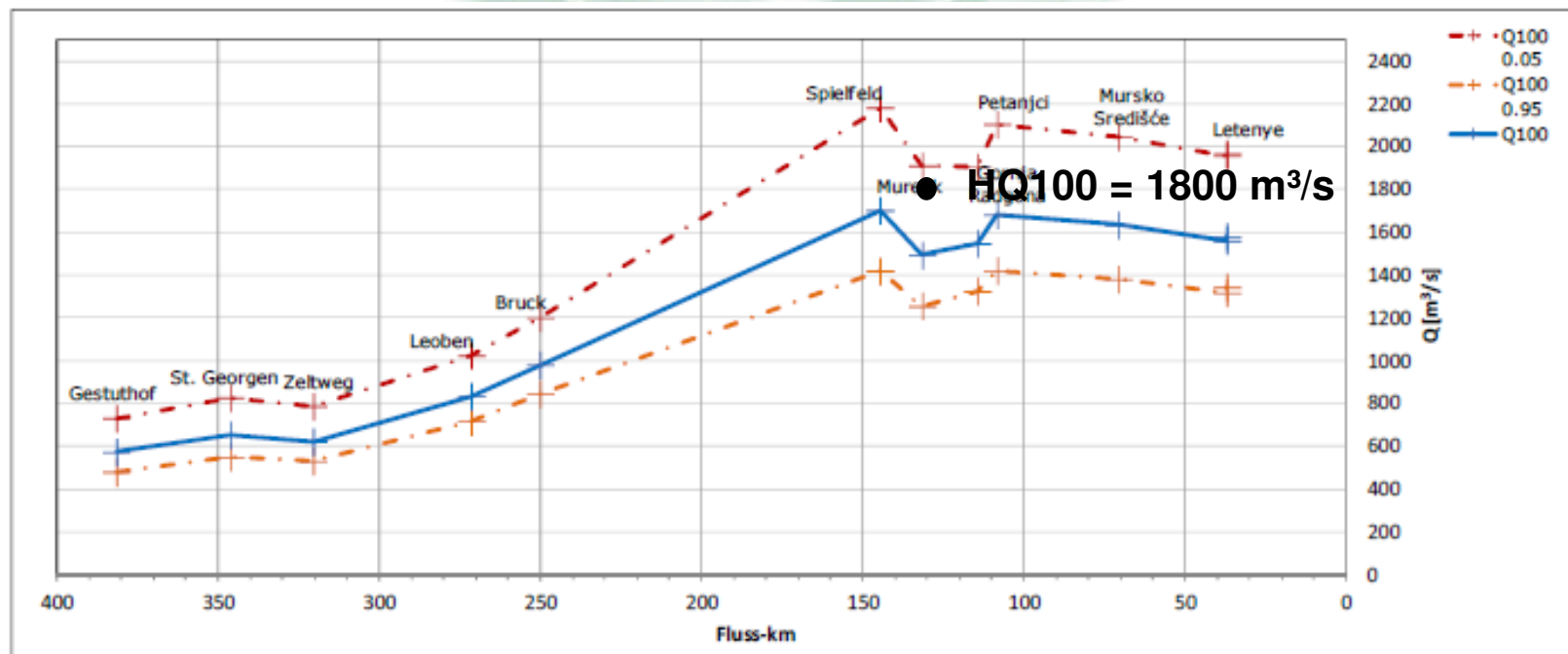
Hydrologische Studie der Mur

Ermittlung von Hochwasserbemessungswerten in Österreich

Hydrographischer Dienst (Hydrologie)		HD, BWV, WLV, extern			BWV, WLV, HD, Projektanten	
Hauptteil		Ergänzungen (allfällig)			Zuschläge	
Beobachtete Einzugsgebiete		N-A-Modelle	Gutachten SV	HW-Kennwerte	Basis-hochwasser	Bemessungs-hochwasser
Lokale HW-Statistik	Regionale HW-Statistik					
Methode: Extremwertstatistik	Methode: Extremwertstatistik und Regionalisierung der Verteilungsparameter, Abgleich	Methode: einfache bzw. detaillierte Modelle	Methode: Hochwasser-Formeln, Erfahrungswerte	Methode: Einbeziehung div. Berechnungsergebnisse	Methode: nach Kriterien BWV, WLV (Risiko, EZG Nutzung, etc.)	Methode: nach Kriterien BWV, WLV
Ergebnis: Erwartungswert + Konfidenzbereich	Ergebnis: Erwartungswert + Schwankungsbereich	Ergebnis: Erwartungswert + Konfidenz- bzw. Schwankungsbereich			Ergebnis: Basisbemessungswert	Ergebnis: Bemessungsereignis
						
Unbeobachtete Einzugsgebiete: Regionalisierung						
Methode: Regionalisierungsverfahren (Spendendiagramme, Längenschnitte, Gruppierungsmethoden, Gebietsfaktoren, Einzelereignisse)						
Ergebnis: Erwartungswert + Schwankungsbereich					Basisbemessungswert innerhalb Konfidenzband	Prozessbezogenen Zuschläge (Geschlebe, Wildholz)
HW-Abschätzung		HW-Bemessung				

Hydrologische Studie der Mur

Wichtigste Ergebnisse: Längenschnitt mit Konfidenzintervall



HW-Prognosemodelle, Warnsystem, Murstudie



Danke für die Aufmerksamkeit!

