

Evaluierung ensemble-basierter Abflussvorhersagen der Modellkette LARSIM-COSMO-DE-EPS für die Hochwasserwarnung in Rheinland-Pfalz

9. März 2016

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg

J. Bliefernicht¹, J. Bartels², J. Seidel², A. Bárdossy²,
H. Kunstmann¹, M. Johst³ und N. Demuth³

1: Lehrstuhl für Regionales Klima und Hydrologie, Universität Augsburg

2: Lehrstuhl für Geohydrologie und Hydrologie, Universität Stuttgart

3: Landesamt für Umwelt in Rheinland-Pfalz

Motivation

- Seit Juni 2014 werden ensemble-basierte Abflussvorhersagen mit der hydro-meteorologischen Modellkette COSMO-DE-EPS-LARSIM an dem LfU Rheinland-Pfalz durchgeführt
- Zusätzlich wurden ensemble-basierte Abflussvorhersagen mit dergleichen Modellkette für einen dreieinhalbjährigen Zeitraum retrospektiv erstellt
- ➔ umfassendes Archiv ensemble-basierter Abflussvorhersagen für kleinräumige Flussgebiete (100 - 1000 km²) z. B. für Evaluierungsstudien
- ➔ international nur sehr wenige vergleichbare Studien
 - meistens auf Tagesbasis
 - häufig kürzerer Untersuchungszeitraum
 - selten kleinräumige Flussgebiete

Ziele der Untersuchung

- Evaluierung der ensemble-basierten Vorhersage für die Hochwasserwarnung:

Zielgrößen: stündlicher Abfluss, Höhe und Zeitpunkt des Hochwasserscheitelwertes

- Erstellung probabilistischer Abflussvorhersagen und Vergleich mit deterministischen Vorhersagesystem und einfacher Referenzvorhersagen
- Nutzerorientierte Bewertung der Vorhersage auf Basis einer Kosten-Nutzen-Analyse

Fokus des Vortrags

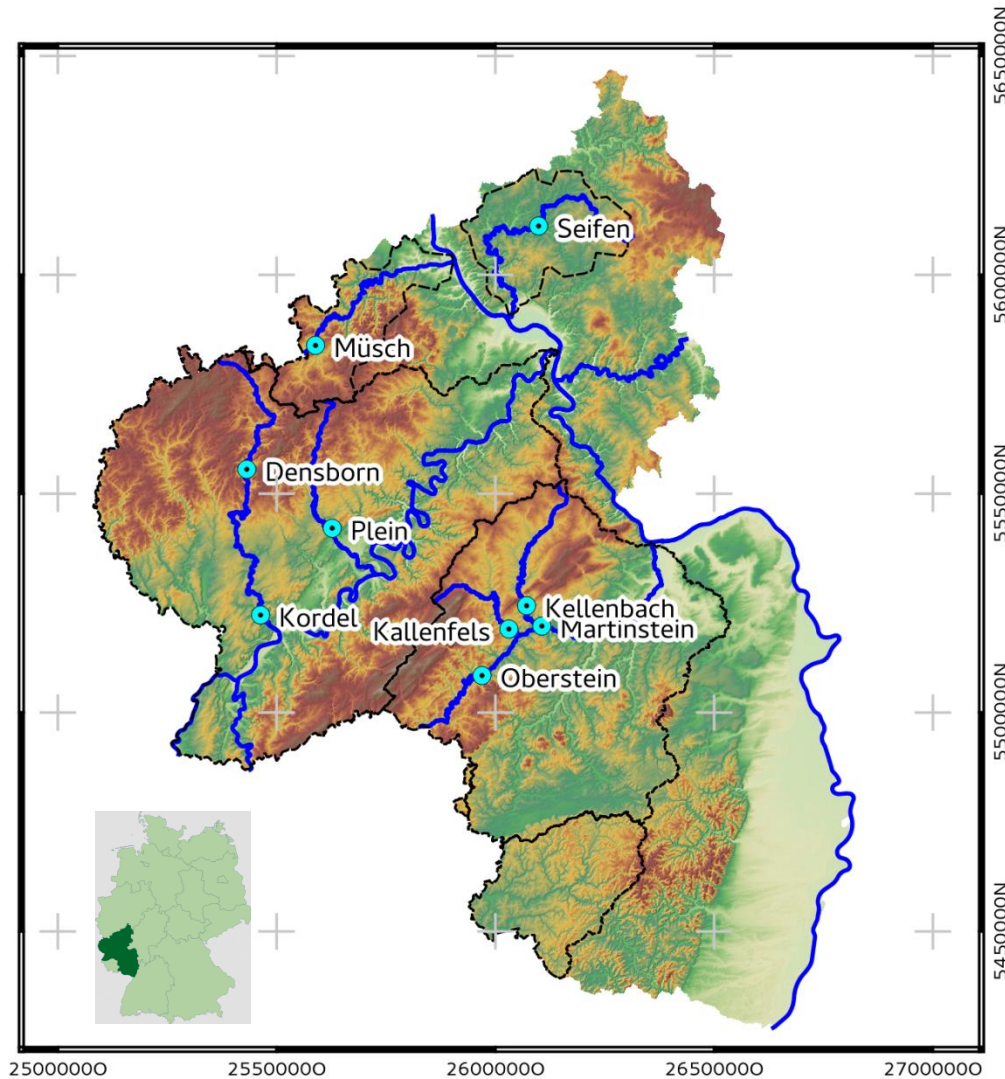
- Erweiterung der Kosten-Nutzen-Analyse unter Einbezug nicht-monetärer Größen
- Entwicklung von Visualisierungsverfahren für prob. Abflussvorhersagen

Hochwasservorhersagesystem LfU Rheinland-Pfalz

Modelleigenschaften	LARSIM-EPS	LARSIM-DET
Art	Ensemble	Deterministisch
Meteo. Modell	COSMO-DE-EPS	COSMO-DE/EU
Hydrol. Modell	LARSIM	LARSIM
Ensemblegröße [Anzahl]	20	1
Reichweite [h]	27 (21)	72
Vorhersagehäufigkeit [h]	3	3
Zeitschritt [h]	1	1
Vorhersagepegel [Anzahl]	155	155
Datenverfügbarkeit	12/2010 - 2/2015	12/2010 - 2/2015

Zusätzlich hydrologische Referenzsimulationen mit LARSIM auf Basis meteorologischer Messungen (“Hydro-Ref”)

Untersuchungsgebiet



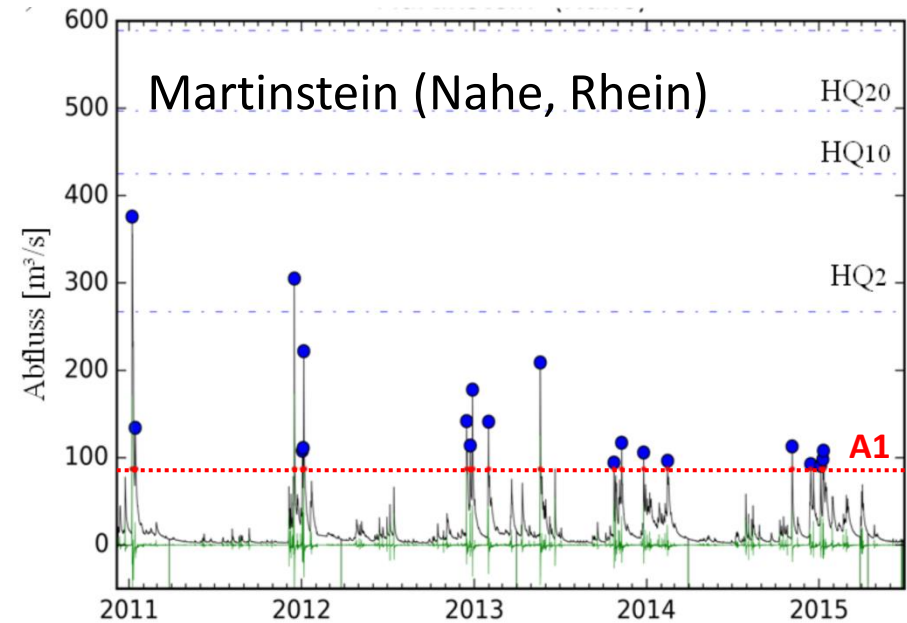
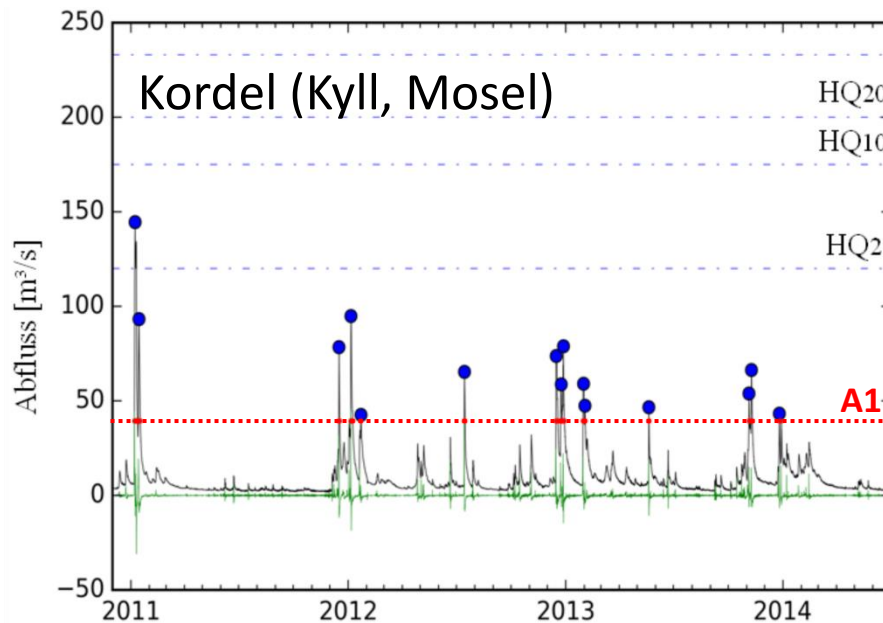
Ausgewählte Pegel/Flussgebiete

- 5 Zuflüsse des Rheins und der Mosel
- 9 Pegel
- 176 bis 812 km²

Stündliche Abflussmessungen

- 1.12.2010 bis 30.6.2015

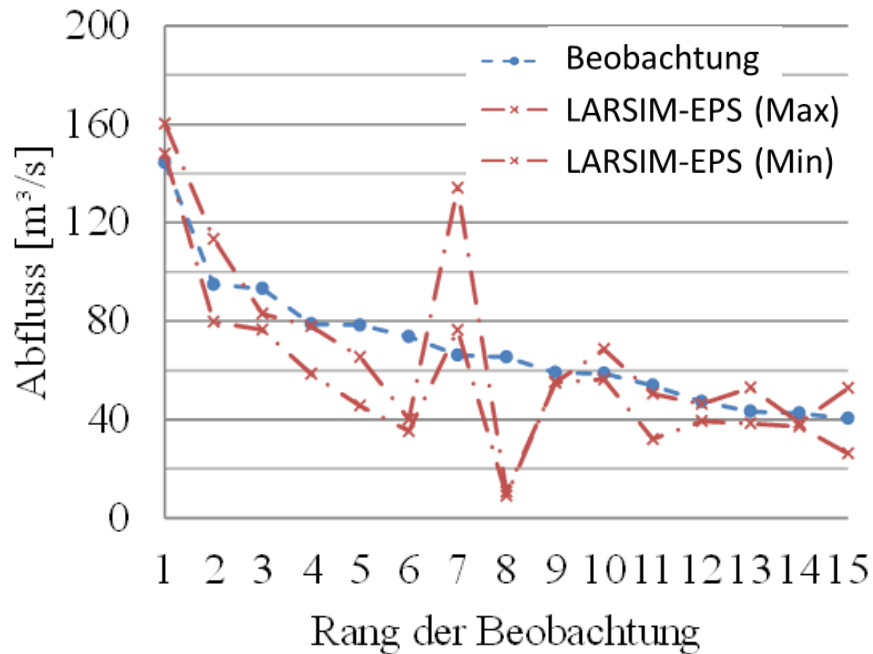
Ausgewählte Abflussereignisse



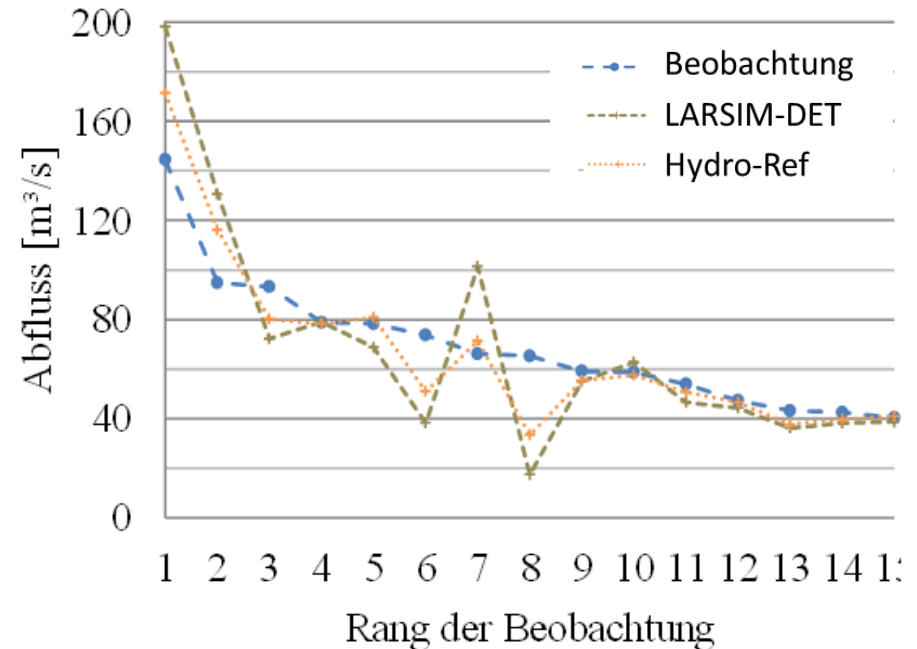
- ➡ Wenige Abflussereignisse $> \text{HQ}_2$ im Untersuchungszeitraum
- ➡ Evaluierung daher nur für Vorwarnstufen einer Hochwasserwarnung möglich (deutlich unterhalb von HQ_2)

Scheitelwertvorhersage: Kordel, 19 bis 21h

LARSIM-EPS



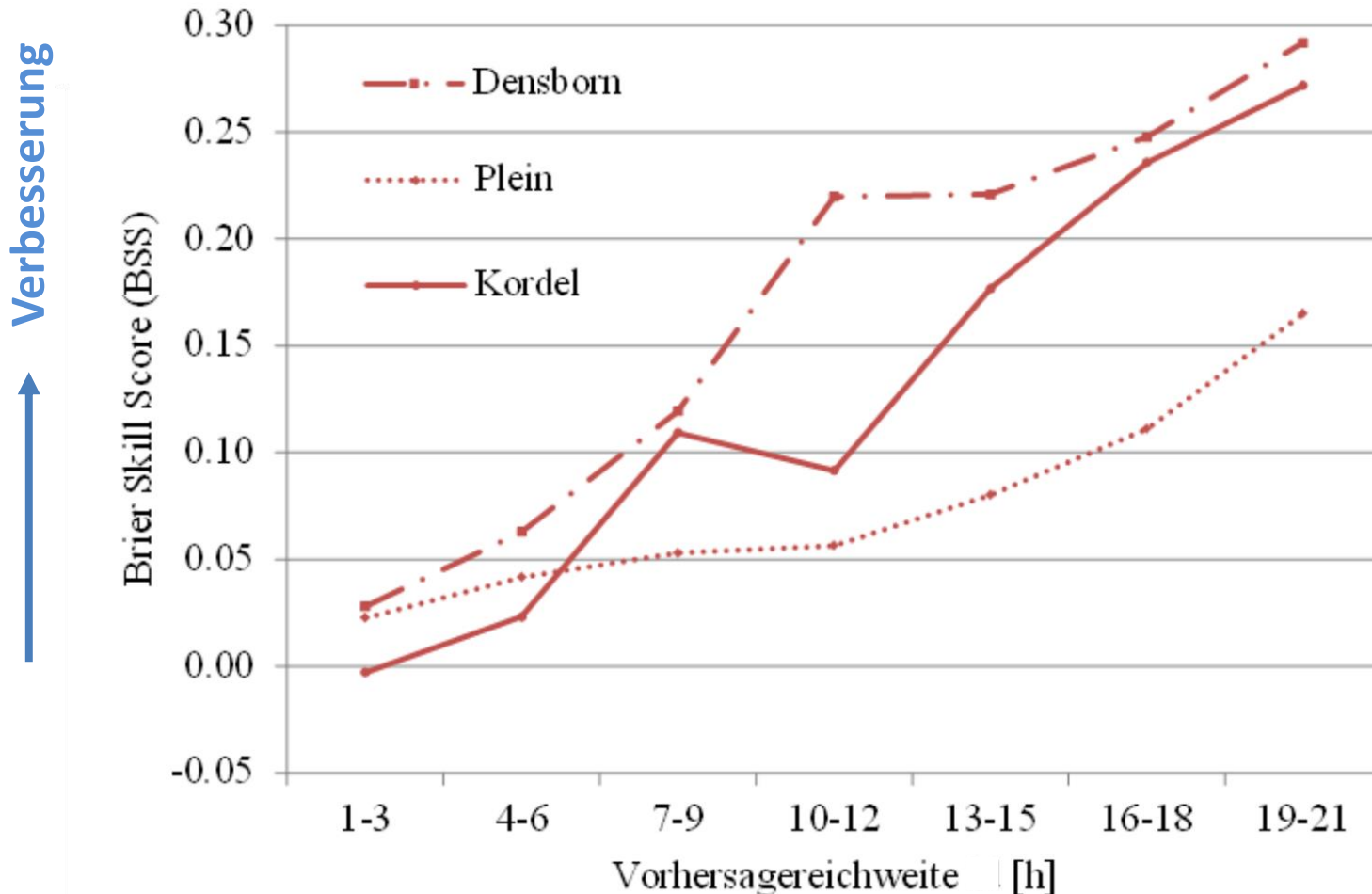
LARSIM-DET/Hydro-REF



- ➡ relativ geringe Streuung der LARSIM-EPS Abflussvorhersage
- ➡ Beobachtungen liegen außerhalb des Unsicherheitsintervalls

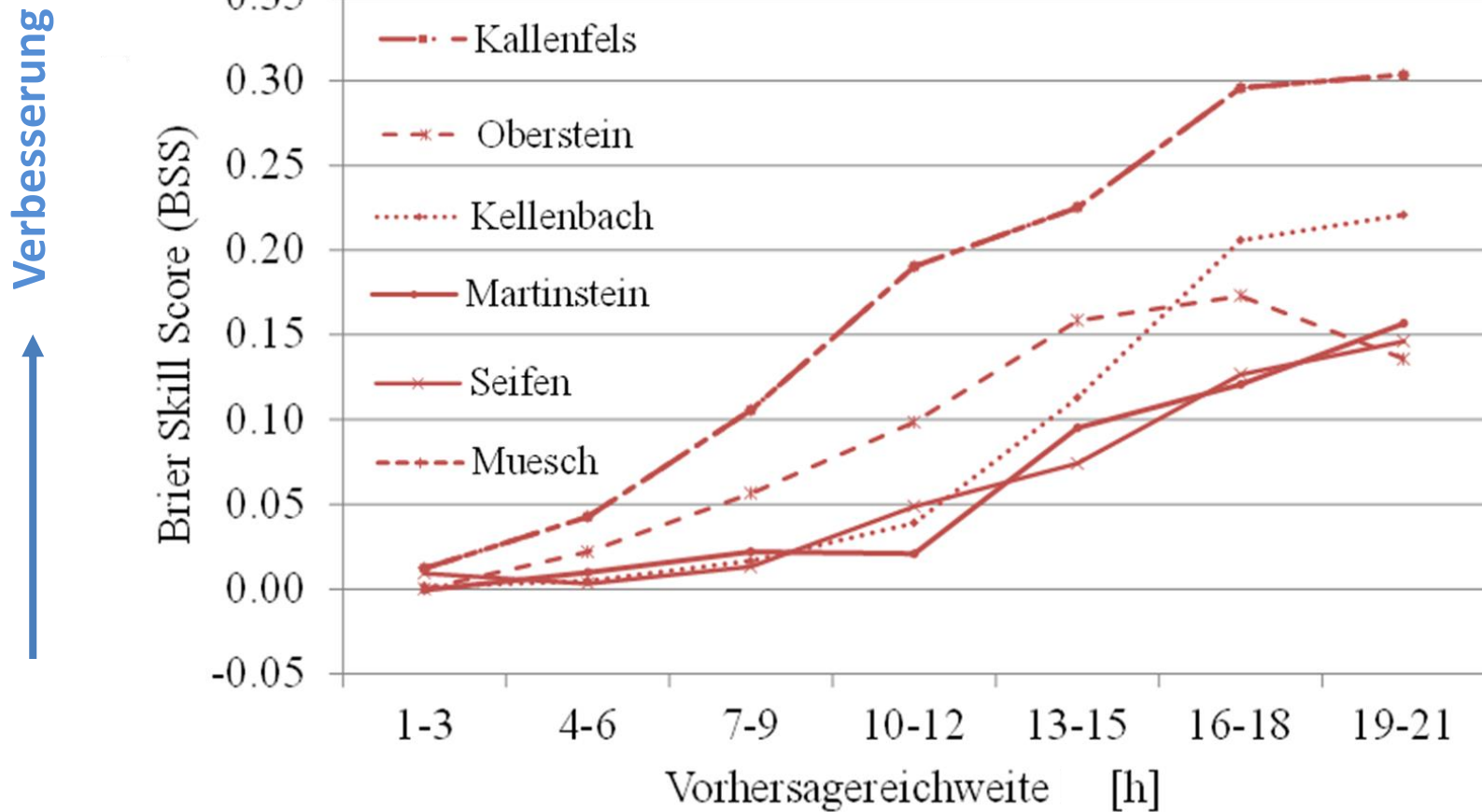
Pegelspezifische Verbesserung LARSIM-EPS

Moselzuflüsse, stündlicher Abfluss, Vorwarnstufe A1 (Q97)
Referenz BSS-Berechnung: LARSIM-DET



Pegelspezifische Verbesserung LARSIM-EPS

Rheinzuflüsse, stündlicher Abfluss, Vorwarnstufe A1 (Q97)
Referenz BSS-Berechnung: LARSIM-DET



Kosten-Nutzen-Analyse

- werden häufig für die Evaluierung meteorologische Vorhersagen verwendet (insbesondere von Warnsystemen)
- für hydrologische Vorhersagen nur wenige Studien (z. B. Roulin et al., 2007)

viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Bewertungsmethoden:

- Asymmetrie der Fehler eines Warnsystems werden berücksichtigt
- einfaches Verfahren zur Abschätzung des Nutzwertes eines Warnsystems
- nutzer-orientierte Analyse

Beantwortung zentraler Fragen z. B.:



Wie können ensemble-basierte / prob. Vorhersagen optimal von Entscheidungsträgern für die Nutzer eines Warnsystems eingesetzt werden?

Kosten-Nutzen-Analyse

1. Kosten-Verlust-Ansatz

Aktion	Beobachtung	
	Hochwasser	Kein Hochwasser
Schutz	Kosten K	Kosten K
kein Schutz	Verluste V	0

2. Kombination mit den Resultaten eines Warnsystems

Vorhersage	Beobachtung	
	Hochwasser	Kein Hochwasser
Hochwasser	Treffer a	Fehlalarm b
kein Hochwasser	„verfehltes Ereignis“ c	inverser Treffer d

3. Bestimmung des durchschnittlichen finanziellen Aufwands E:

$$E = \frac{(a + b)}{n} K + \frac{c}{n} V$$

4. Minimierung des finanziellen Aufwands E durch Wahl geeigneter Warnstrategien

Nutzerorientierte Bewertung

Definition eines Nutzers mit Hilfe des Kosten-Verlust-Verhältnis

Bsp. 1: Kleinstadt in RLP

Alarmierungskosten $K = 100.000$ Euro

Verluste $V = 10$ Mio. Euro



$$\frac{K}{V} = 0.01$$

Bsp. 2: Vertrauen der Bürger
nicht zu viele Fehlalarme



$$\frac{K}{V} \approx 0.2$$

Kosten-Verlust Verhältnis bei Warnsystemen: $K/V < 1$

Ansonsten sind die Kosten eine Alarmierung höher als die Verluste

Resultate Hochwasserwarnung

Stündliche Abfluss, Pegel Kordel, Vorwarnstufe A1

Kenngröße	LARSIM-EPS			LARSIM-DET
	0.1Q	0.5Q	0.9Q	
Trefferrate	0.806	0.865	0.938	0.855
Fehlalarmrate	0.002	0.007	0.014	0.003

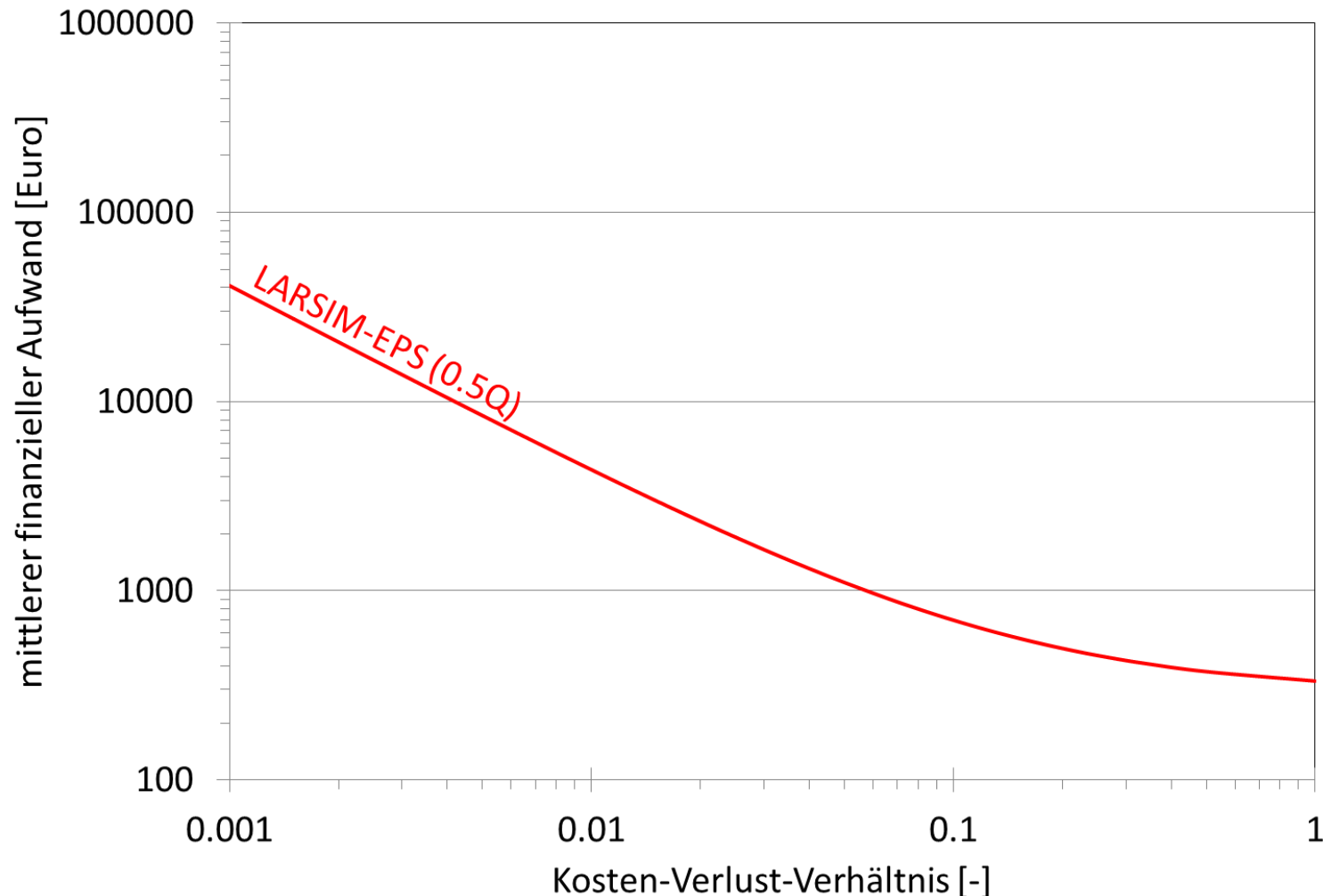
Trefferrate von LARSIM-EPS bei der Verwendung des 0.9-Quantils ist zwar besser, aber Fehlalarmrate ist fast fünfmal so hoch

Welche Strategie der probabilistischen Vorhersage (0.1Q, 0.5Q, 0.9Q) ist effizienter für die Abflusswarnung?

Welches Vorhersagesystem ist besser: LARSIM-EPS oder LARSIM-DET?

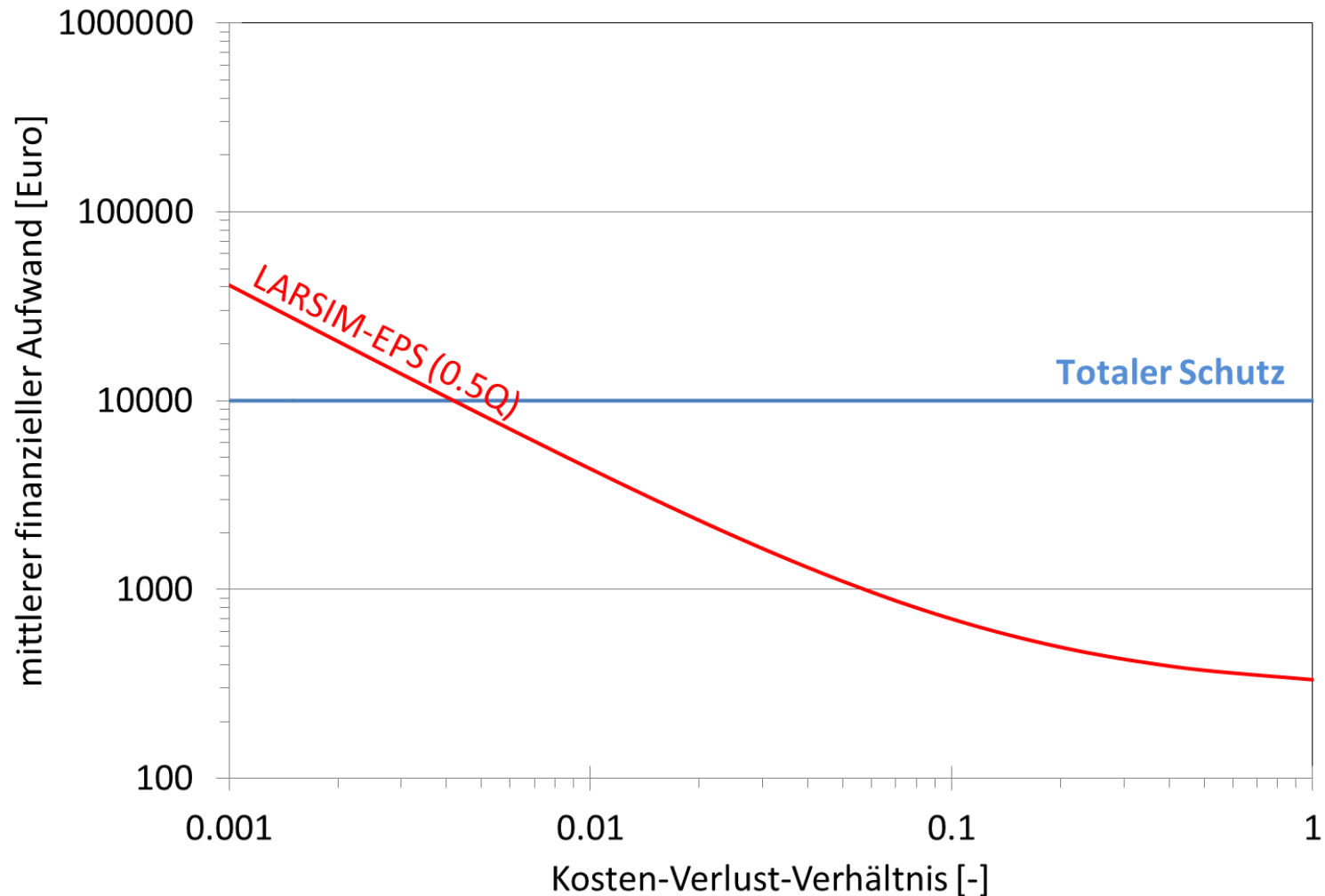
Beispiel: Finanzieller Aufwand für $K = 10.000$ Euro

Stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1



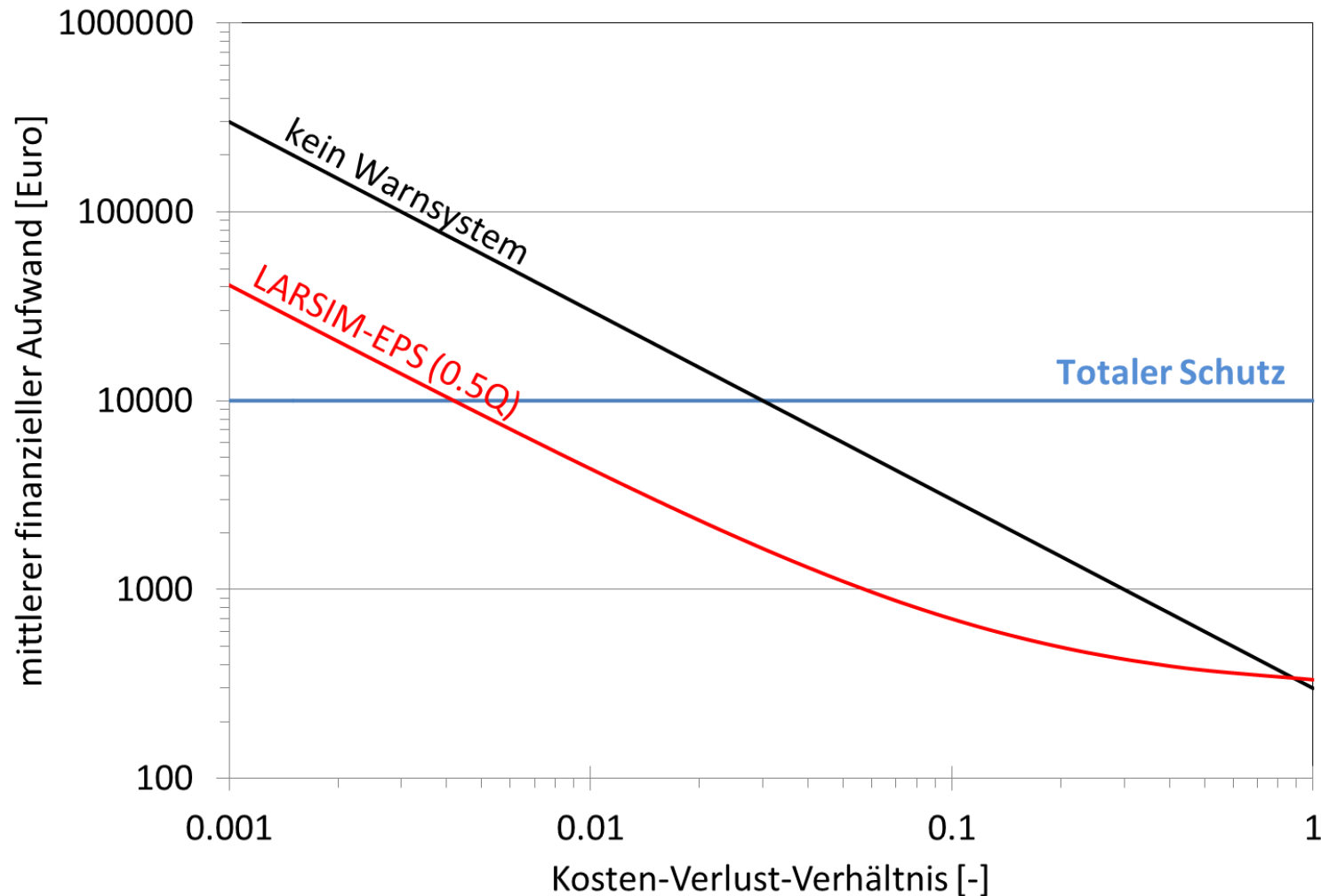
Beispiel: Finanzieller Aufwand für $K = 10.000$ Euro

Stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1



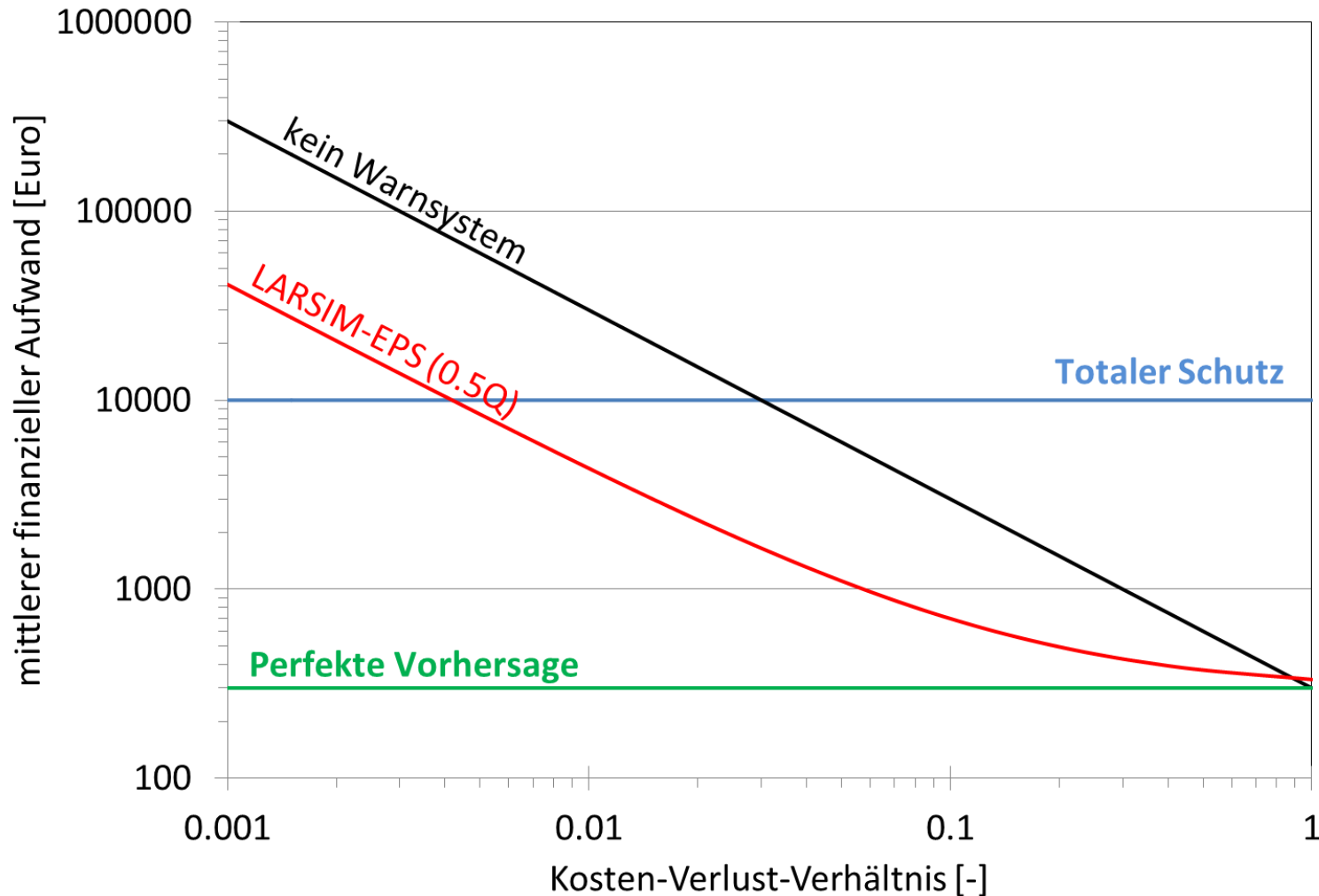
Beispiel: Finanzieller Aufwand für $K = 10.000$ Euro

Stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1



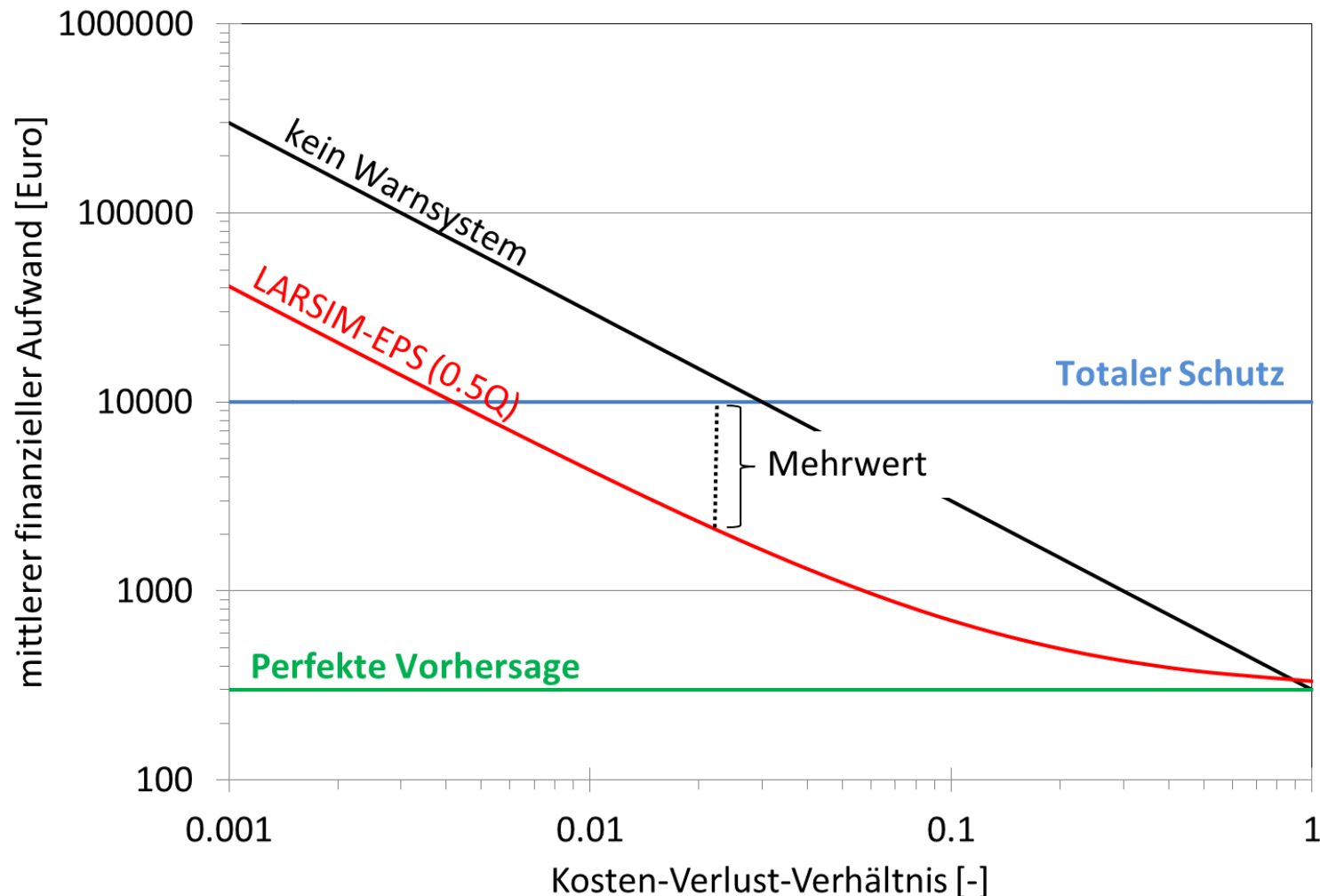
Beispiel: Finanzieller Aufwand für $K = 10.000$ Euro

Stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1

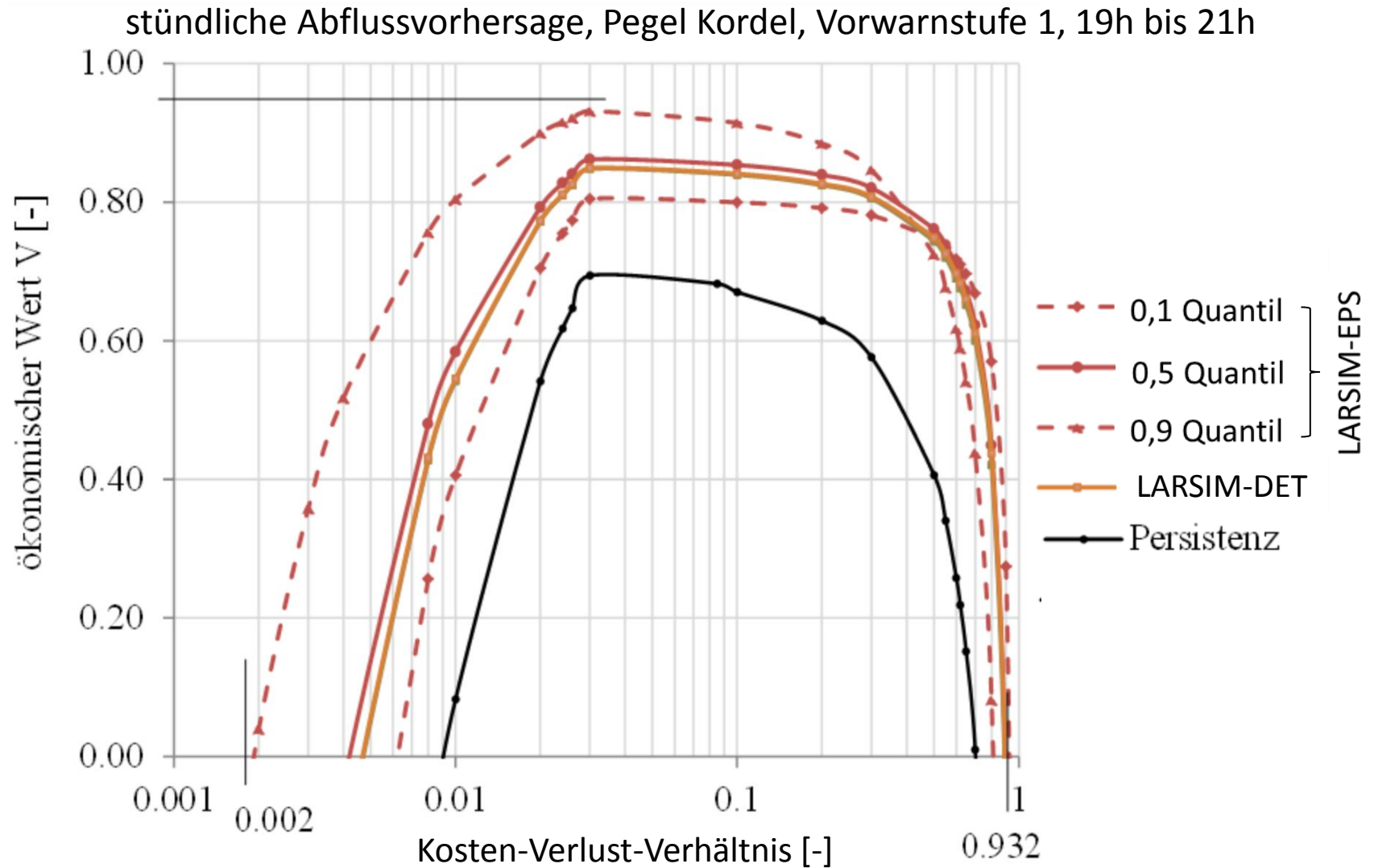


Beispiel: Finanzieller Aufwand für K = 10.000 Euro

Stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1



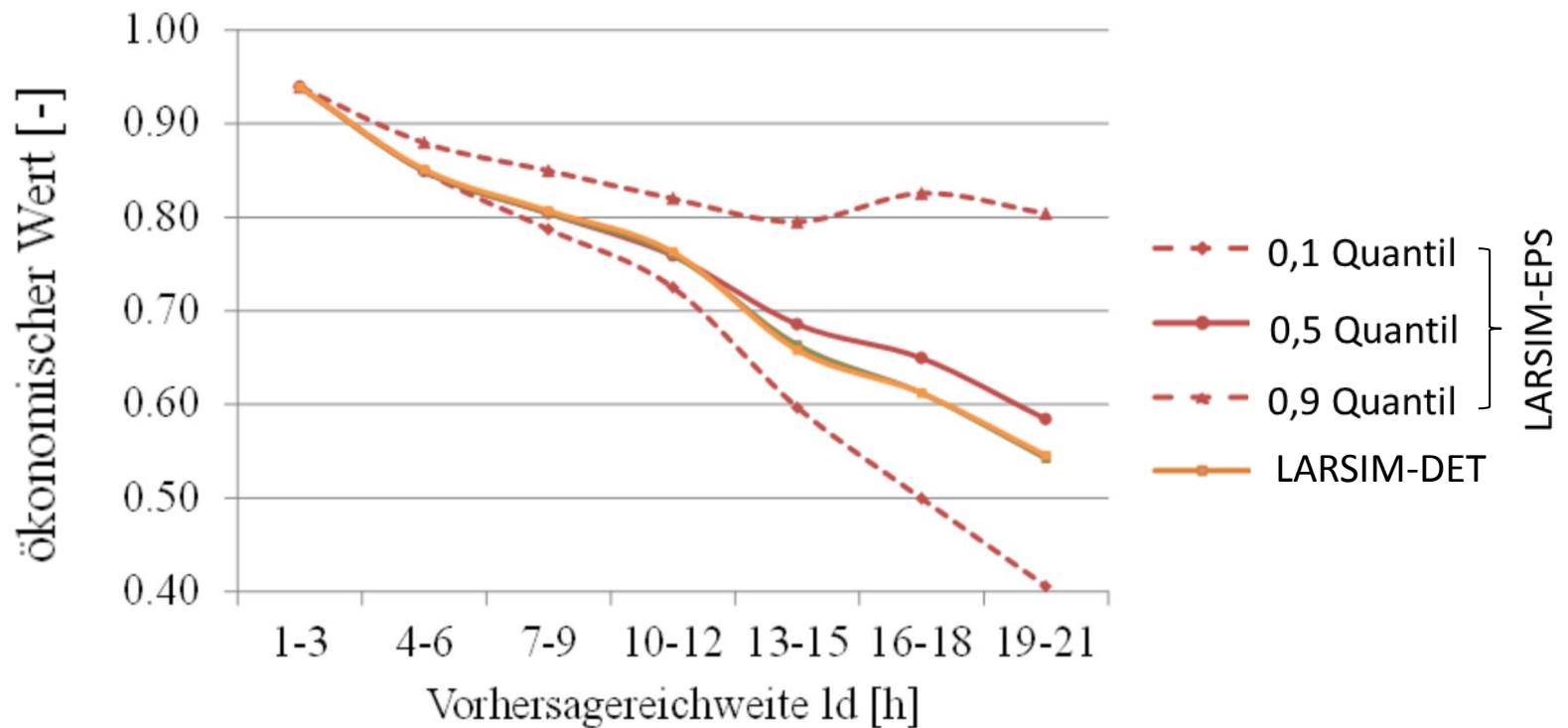
Ökonomischer Wert (V) - Nutzer



Ökonomischer Wert - Vorhersagereichweiten

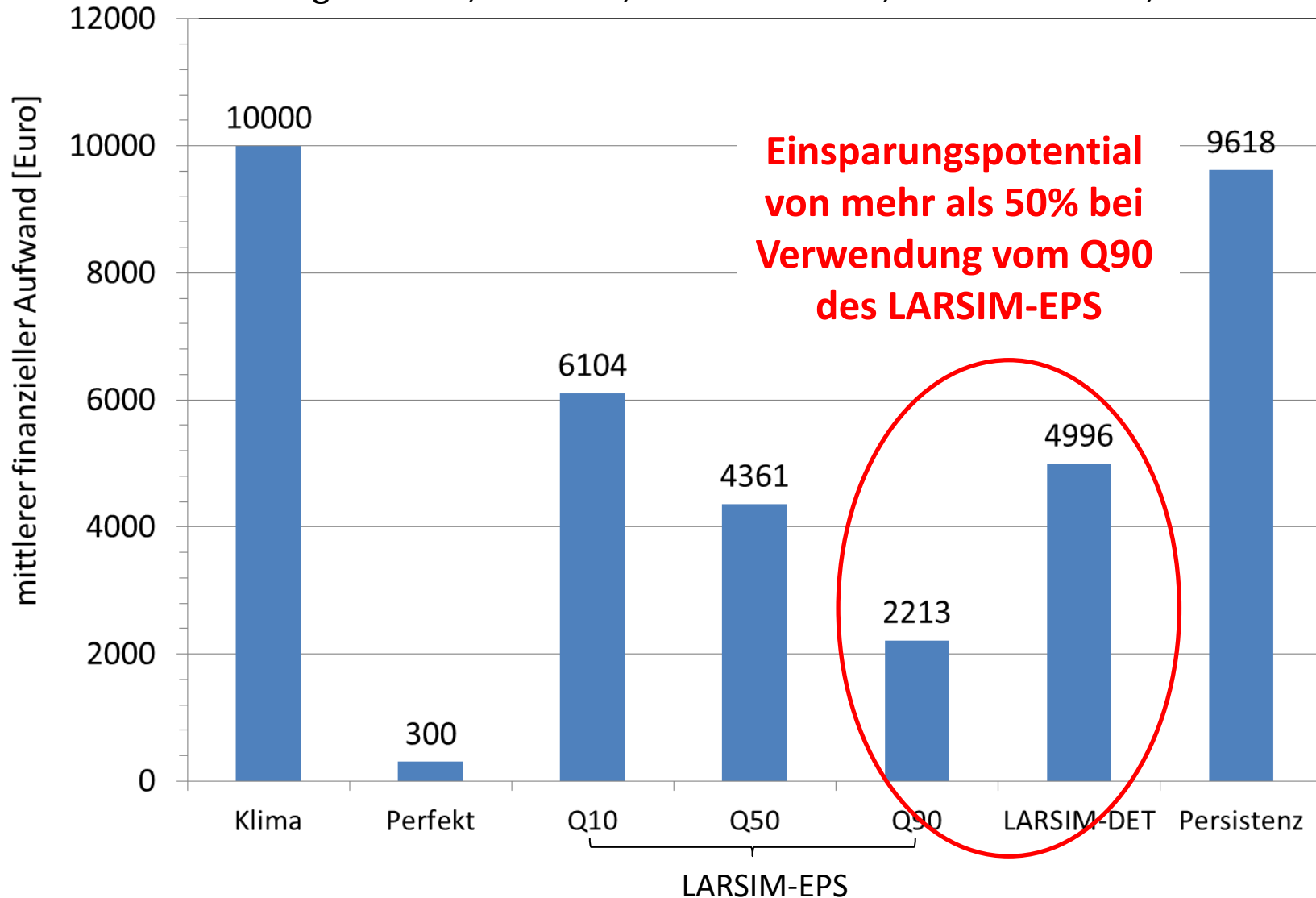
stündliche Abflussvorhersage, Pegel Kordel, Vorwarnstufe 1

Kosten-Verlust-Verhältnis = 0,01



Einsparungspotential LARSIM-EPS

Pegel Kordel, 19 – 21h, Vorwarnstufe 1, K = 10.000 Euro, K-V= 0.01



Zusammenfassung

- Die Anwendung von LARSIM-EPS für die Hochwasserwarnung deutet auf eine Verbesserung hin im Vergleich zu LARSIM-DET:
 - für alle Pegel und Vorhersagereichweiten (BSS ist 15 bis 30% höher)
 - höherer ökonomischer Wert ($V > 0.2$); finanzielles Einsparungspotential für individuelle Nutzer über 50%
 - Güte der Abflusswarnung hat große pegelspezifische Unterschiede
 - Persistenzvorhersage relativiert den hohen ökonomischen Wert von LARSIM-EPS und LARSIM-DET
- LARSIM-EPS Ensemble schließt viele Ereignisse nicht ein – zu geringe Streuung
- Weitere Analysen notwendig:

z. B. Güte der Abflussvorhersagen für Sommerereignisse

COSMO-DE-EPS wurde speziell für die Erfassung konvektiver Ereignisse entwickelt

Weitere Informationen

J. Bartels (2015): Analyse und Verifikation von ensemblebasierten und probabilistischen Abflussvorhersagen für ausgewählte Pegel in Rheinland-Pfalz, Masterarbeit, Universität Stuttgart, 196 pp.

J. Bartels, J. Bliefernicht, J. Seidel und A. Bárdossy: Evaluation ensemble-basierter Abflussvorhersagen für ausgewählte Pegel in Rheinland-Pfalz, Technischer Bericht, Universität Stuttgart (in Bearbeitung), 114 pp.

Evaluierung ensemble-basierter Abflussvorhersagen der Modellkette LARSIM-COSMO-DE-EPS für die Hochwasserwarnung in Rheinland-Pfalz

9. März 2016

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg

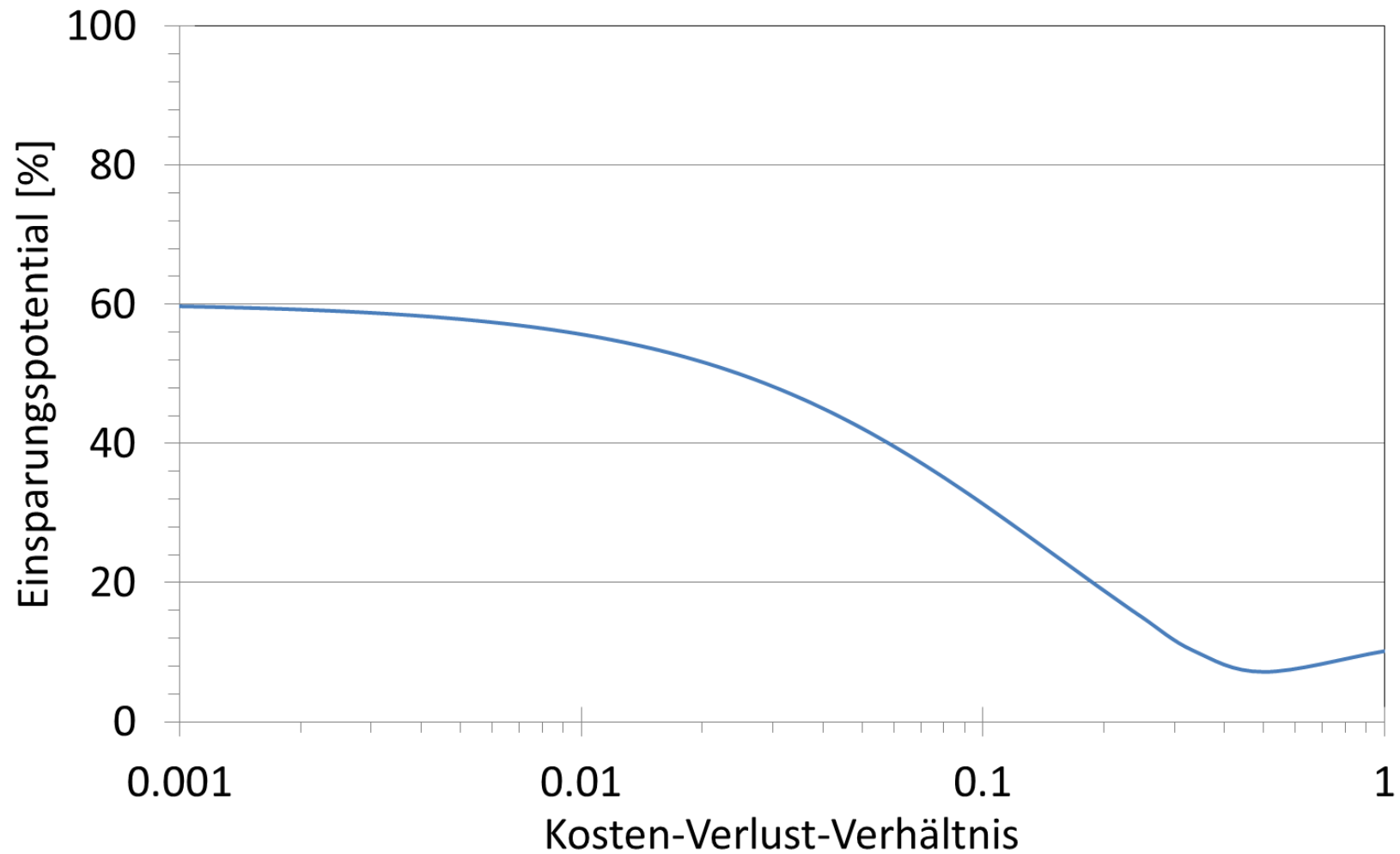
J. Bliefernicht¹, J. Bartels², J. Seidel², A. Bárdossy²,
H. Kunstmann¹, M. Johst³ und N. Demuth³

1: Lehrstuhl für Regionales Klima und Hydrologie, Universität Augsburg

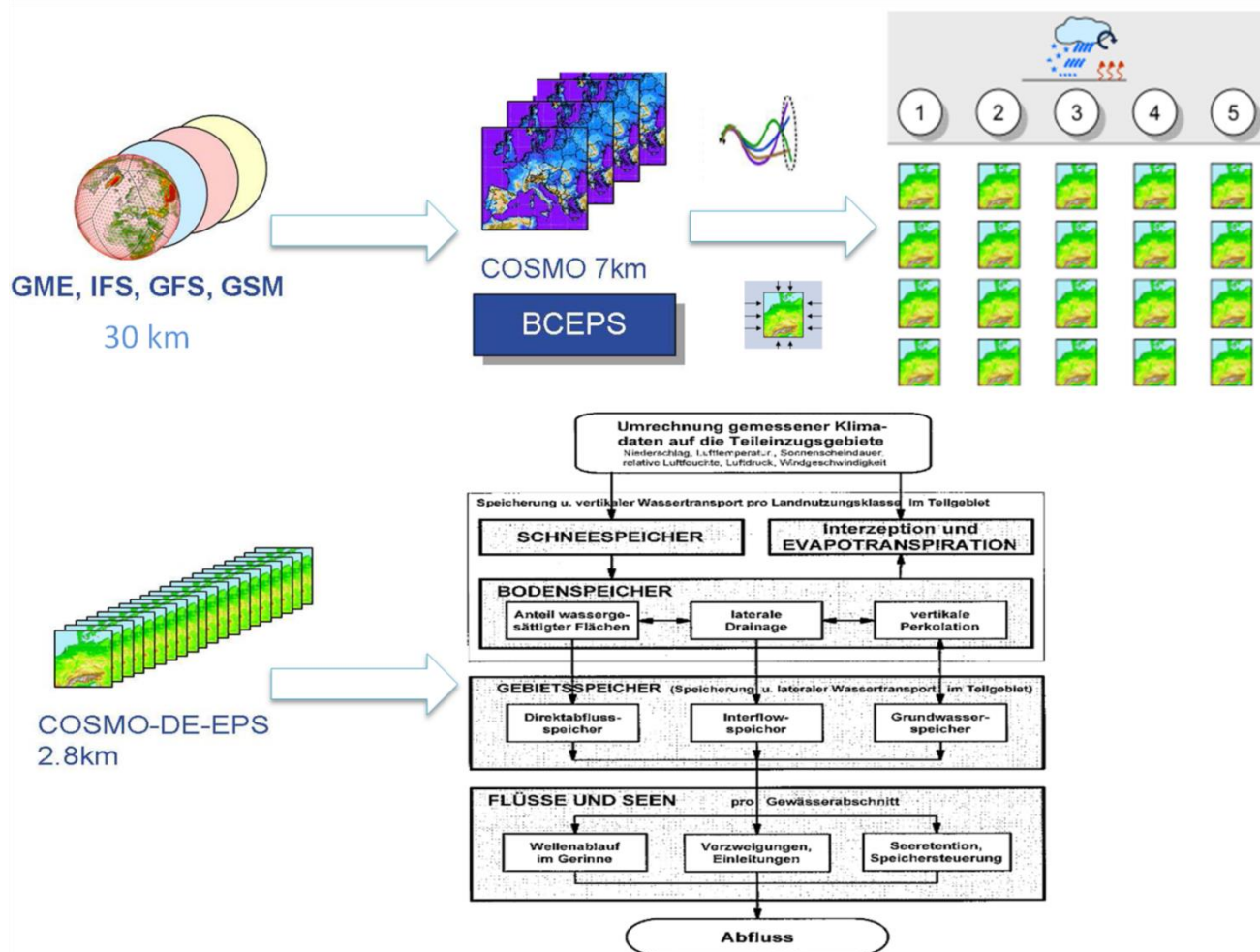
2: Lehrstuhl für Geohydrologie und Hydrologie, Universität Stuttgart

3: Landesamt für Umwelt in Rheinland-Pfalz

Einsparungspotential LARSIM-EPS vs. LARSIM-DE

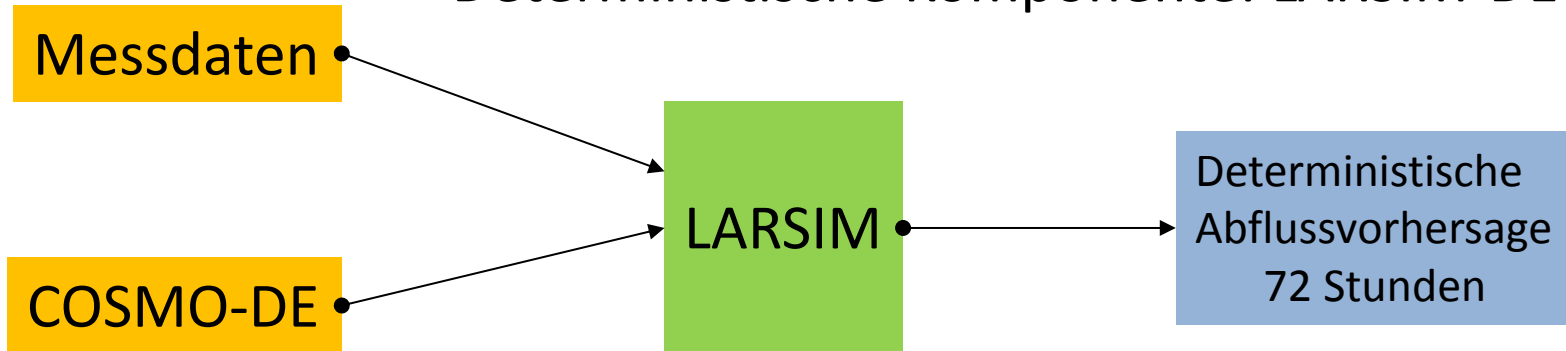


COSMO-DE-EPS-LARSIM

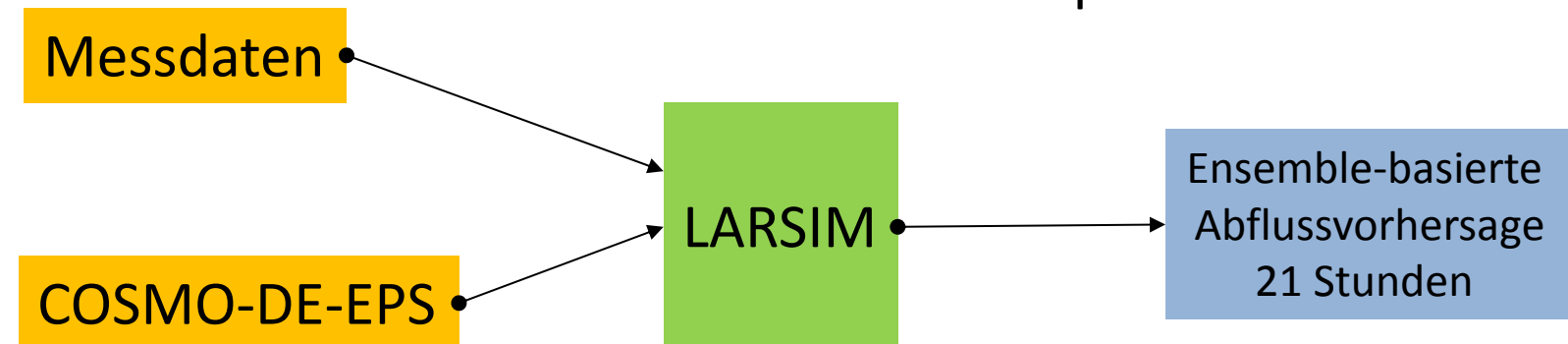


Hochwasservorhersagesystem LfU Rheinland-Pfalz

Deterministische Komponente: LARSIM-DET

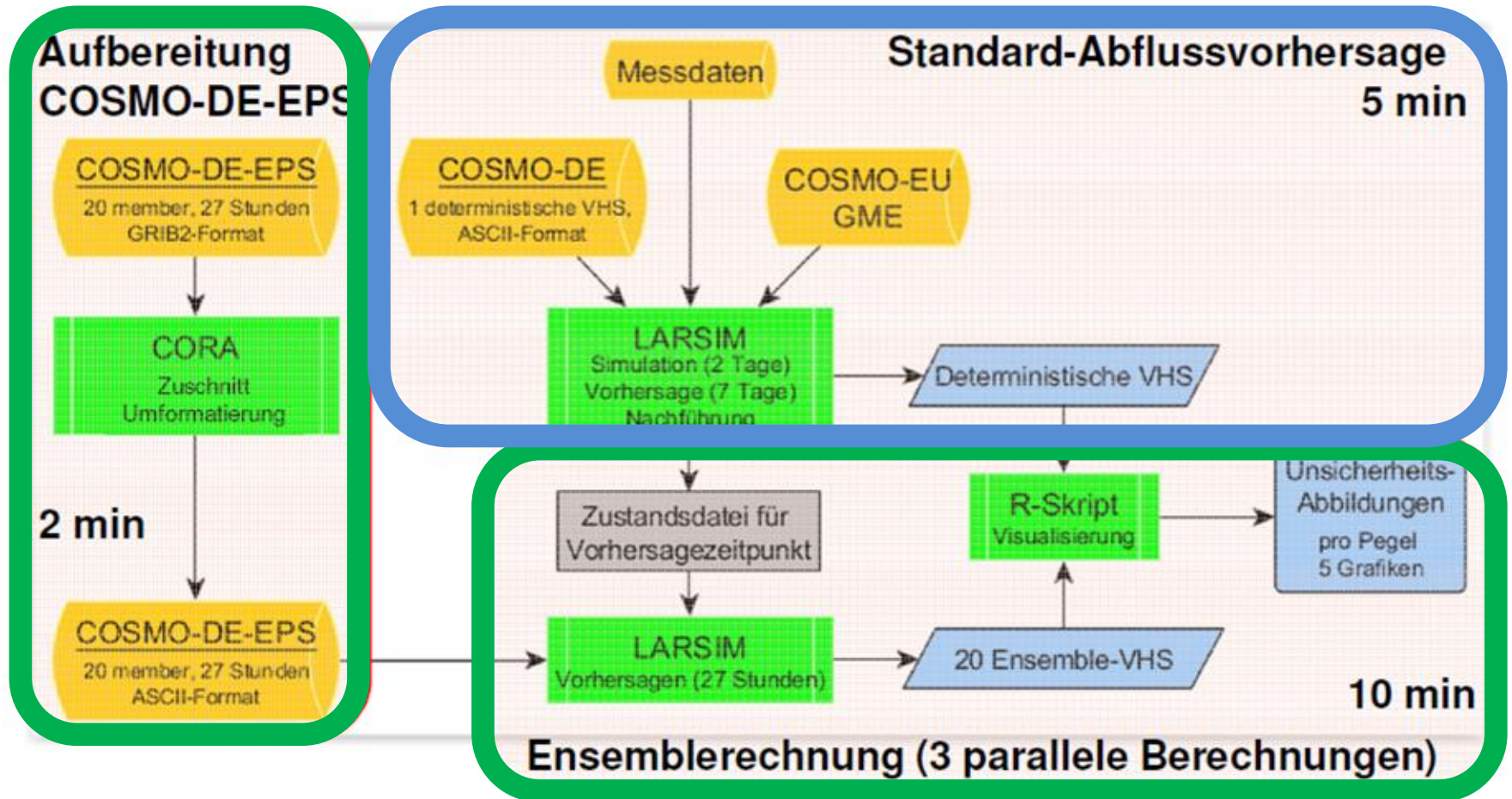


Ensemble-basierte Komponente: LARSIM-EPS



Aufbau des Hochwasservorhersagesystems LfU RLP

LARSIM-DET



LARSIM-EPS