

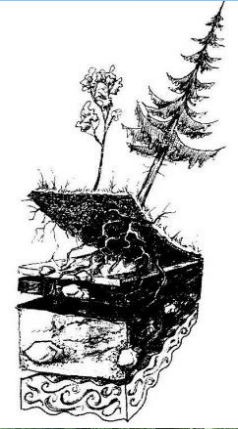
# Wasserbezogene Ökosystemleistungen von Wäldern

## Aktuelle Herausforderungen und Synergien mit einem integrativen Bodenschutz

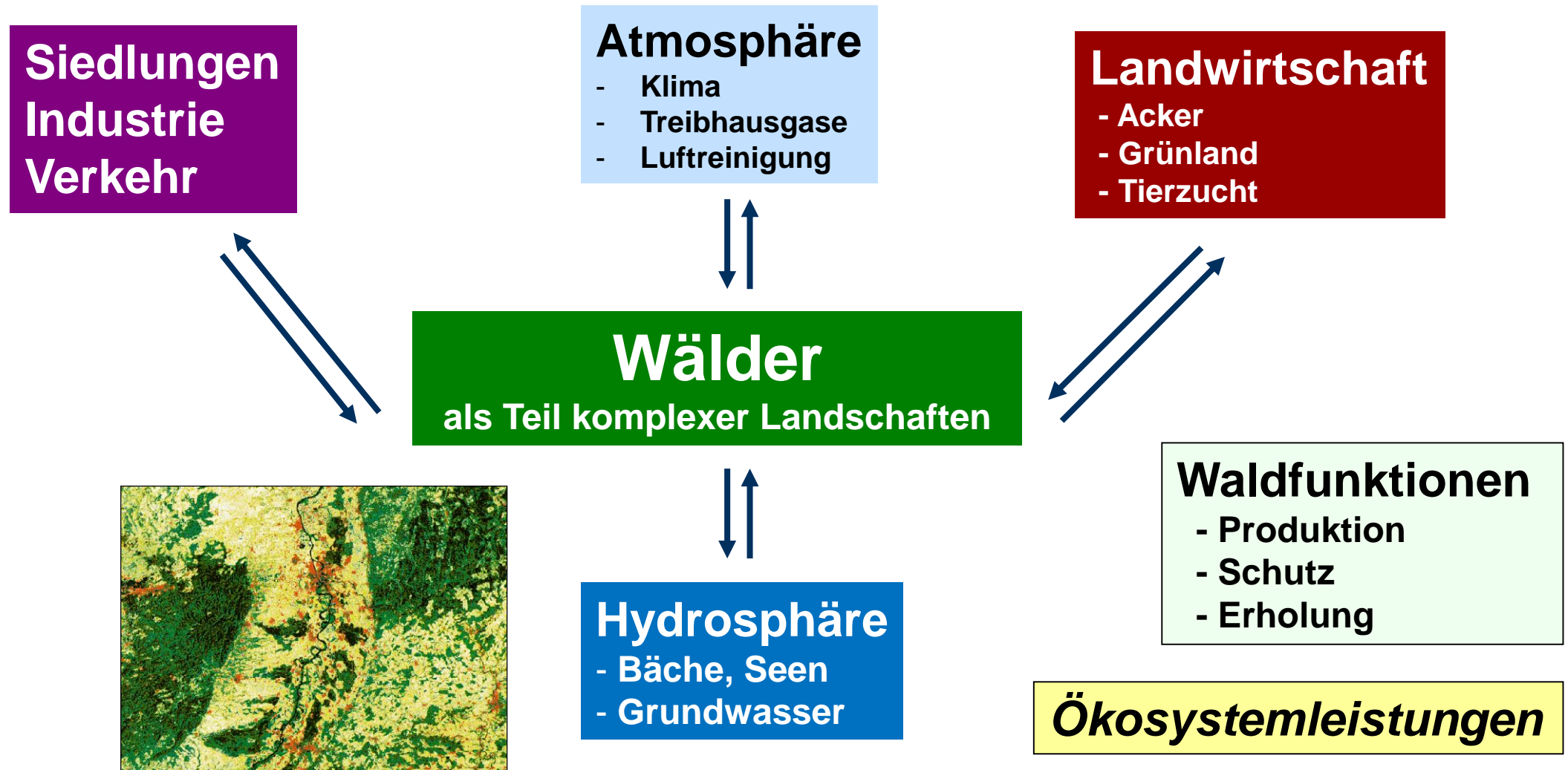
**Prof. Dr. Karl-Heinz Feger**

TU Dresden

Institut für Bodenkunde und Standortlehre  
Fachrichtung Forstwissenschaften (Tharandt)



# Waldökosysteme stehen in vielfältigen energetischen und stofflichen Wechselbeziehungen mit ihrer Umwelt



# Waldgesetz für den Freistaat Sachsen (SächsWaldG, 1992)



§ 17 Der Wald ist so zu bewirtschaften, dass seine Funktionen gemäß §1 (1) stetig und auf Dauer erfüllt werden (**Nachhaltigkeit**).

§1 (1) Erhaltung, erforderlichenfalls Mehrung und nachhaltige Sicherung seiner ordnungsgemäßen Bewirtschaftung in der Einheit seines wirtschaftlichen Nutzens

**Nutzfunktion**

und seiner **Bedeutung für die Umwelt**, insbesondere für die

- dauernde Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes
- **das Klima**
- **den Wasserhaushalt,**
- die Reinhaltung der Luft,
- **die Bodenfruchtbarkeit,**
- die Pflanzen- und Tierwelt,
- das Landschaftsbild,
- die Agrar- und Infrastruktur und
- die Erholung der Bevölkerung

**Schutz- und Erholungsfunktion**

# Water Ecosystem Services from Forests

## Provisioning Services

- Food
- Raw materials (fuel wood and fiber)
- **Freshwater**
- Medicinal resources

## Supporting Services

- **Habitat for species**
- Maintenance of genetic diversity
- **Nutrient cycling**
- **Soil formation**

## Regulating Services

- Local climate air quality
- **Water purification**
- Carbon sequestration and storage
- **Moderation of extreme events**
- Biological control
- **Erosion prevention and maintenance of soil fertility**
- Pollination
- **Regulation of water flow**

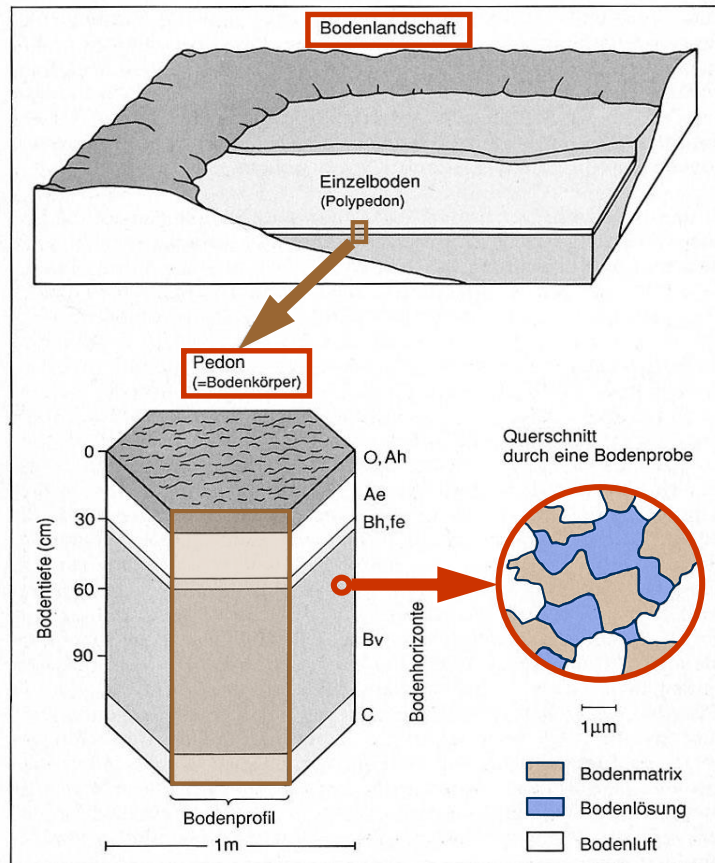
## Cultural Services

- **Recreation and mental and physical health**
- **Tourism**
- **Aesthetic appreciation and inspiration for culture, art and design**
- **Spiritual experience and sense of place**

**... sind alle direkt oder indirekt mit dem Umweltmedium und Naturkörper Boden verknüpft**

Springgay, E.; Ramirez, S.C.; Janzen, S.; Vannozzi Brito, V.  
The Forest–Water Nexus: An International Perspective.  
*Forests* **2019**, 10(10), 915

# Böden: Schnittstelle im Wasser- und Stoffkreislauf von Ökosystemen



Gisi et al. (1997)

- **Speicher**  
(Wasser & Nähr-/Schadstoffe)
- **Ausgleichskörper**
- **Filter**
- **Puffer**
- **Transformator**

# Der bodenphysikalische Rahmen

Ranker/Rendzina ... Lösslehm-Braunerde ... Hochmoor



Grundlage:  
AK Standortskartierung 2016  
Leitgeb et al. 2013  
Teepe et al. 2003

	Vol.%	Wasserspeicher- potenzial (mm Regenhöhe) 100 cm Mächtigkeit, steinfrei
Feldkapazität	20 ... 50	200 ... 500
Luftkapazität (weite Grobporen)	2 ... 35	↓ Verdichtung + Staunässe
Nutzbare Feldkapazität	10 ... 35	100 ... 350

stark abhängig von

- Bodenart (Textur)
- Lagerungsdichte
- Humusgehalt

**Mächtigkeit + Steingehalt**

# Wasser in der (Wald-) Landschaft Extreme in der zeitlichen Verteilung

Wetter - **Klima** - Witterung

Hochwasser

Dürre



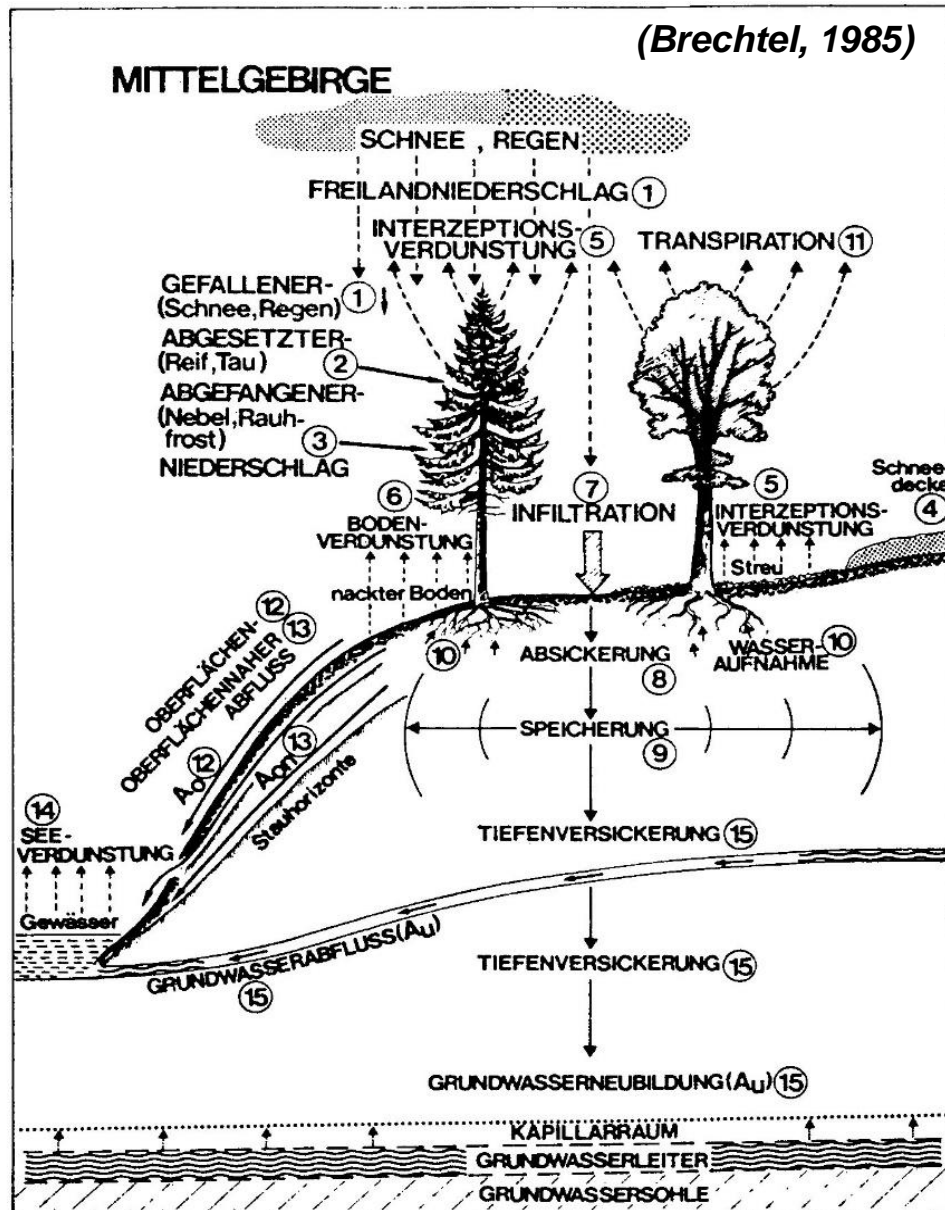
## Was bringt uns die Zukunft ?

Temperatur  $\uparrow \otimes$   
Niederschlag  $\downarrow \uparrow \otimes$

# Wasserhaushalt von Waldstandorten

→ zentrale Größe für die forstliche Planung und Umweltvorsorge

- Bestandeswachstum und -stabilität
- Gliederungsmerkmal und Bewertungsgröße bei der Standortkartierung
- **Landeskulturelle Wirkungen des Waldes**
  - **Retention + (dezentraler) Hochwasserschutz**
  - **Wasserspende + Grundwasserneubildung (Menge + Qualität)**

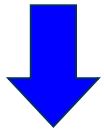




# Abflussbildung und Wasserrückhalt

## Prozesse:

- oberirdische Prozesse
- Wasserbewegung im Boden
- Wasserspeicherung im Boden

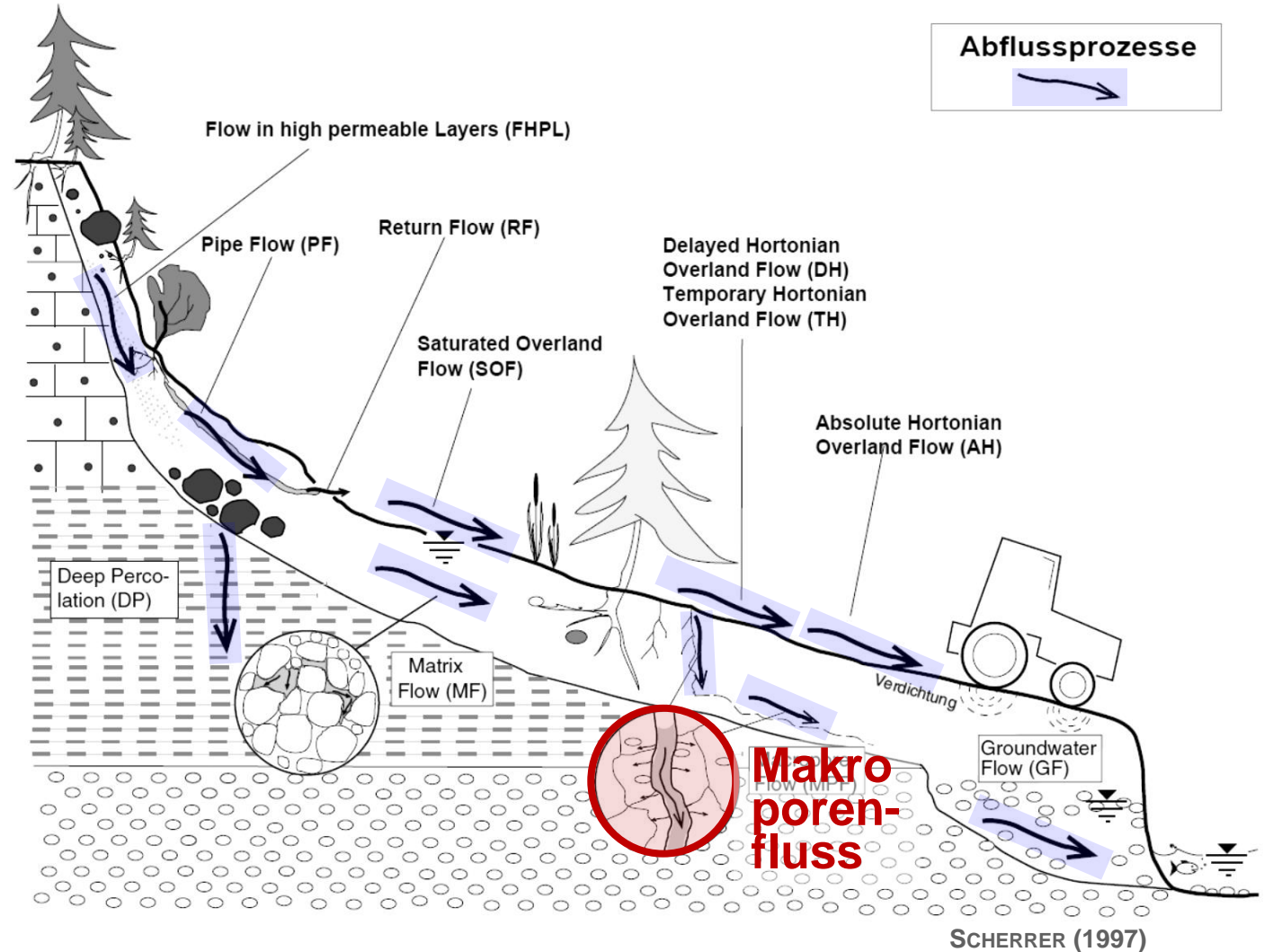


## 1. Rückhalt in der Fläche

(Interzeption, Mulden, wiederauffüllbarer Porenraum → „**Vorfeuchte**“)

## 2. Verzögerung des Abflusses durch

**Umleitung in tiefere (langsamere) Fließwege** (Infiltration, Oberflächenabfluss + schneller Interflow vs. Tiefensickerung)



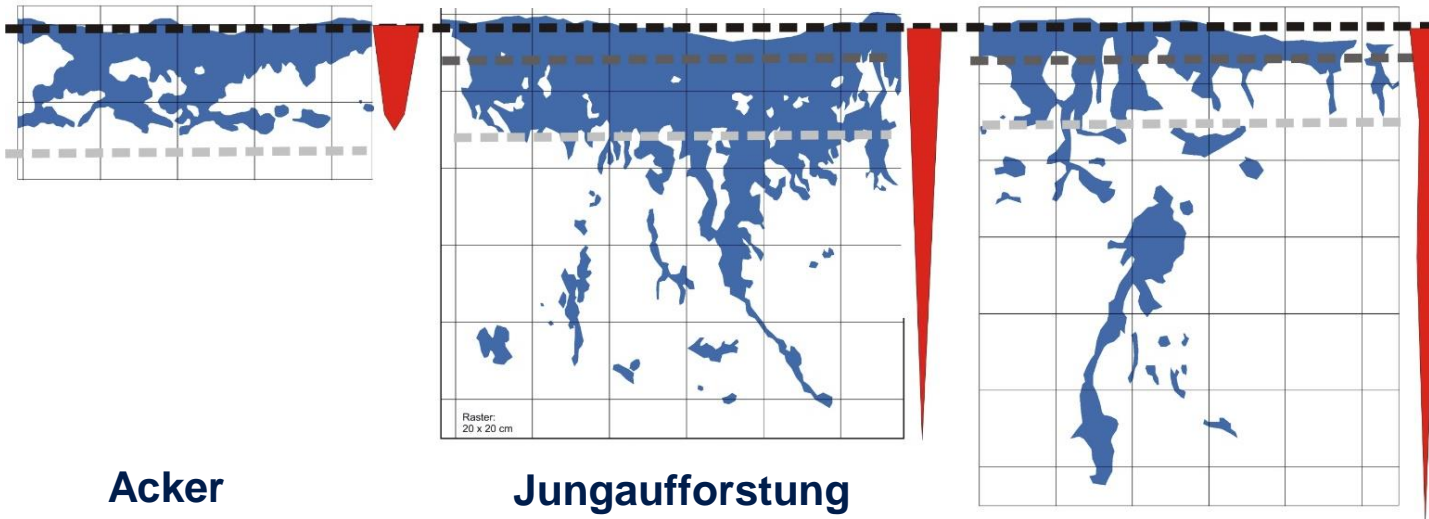
# Unechte Zeitreihe: Zellwald – Sächsisches Hügelland Acker – Jungaufforstung – Altaufforstung

Lösslehm-Pseudogley-Parabraunerde, Mischbestände

## Ergebnisse: Infiltrationsversuche, Farbtracer

$k_f$ (cm/Tag)	$360 \pm 180$	$710 \pm 300$	$1100 \pm 450$	Oberboden 30 cm
FK (mm)	$106 \pm 9$	$149 \pm 3$	$179 \pm 2$	

Bodentiefe



Acker

Jungaufforstung  
10 Jahre

Altaufforstung  
≈150 Jahre

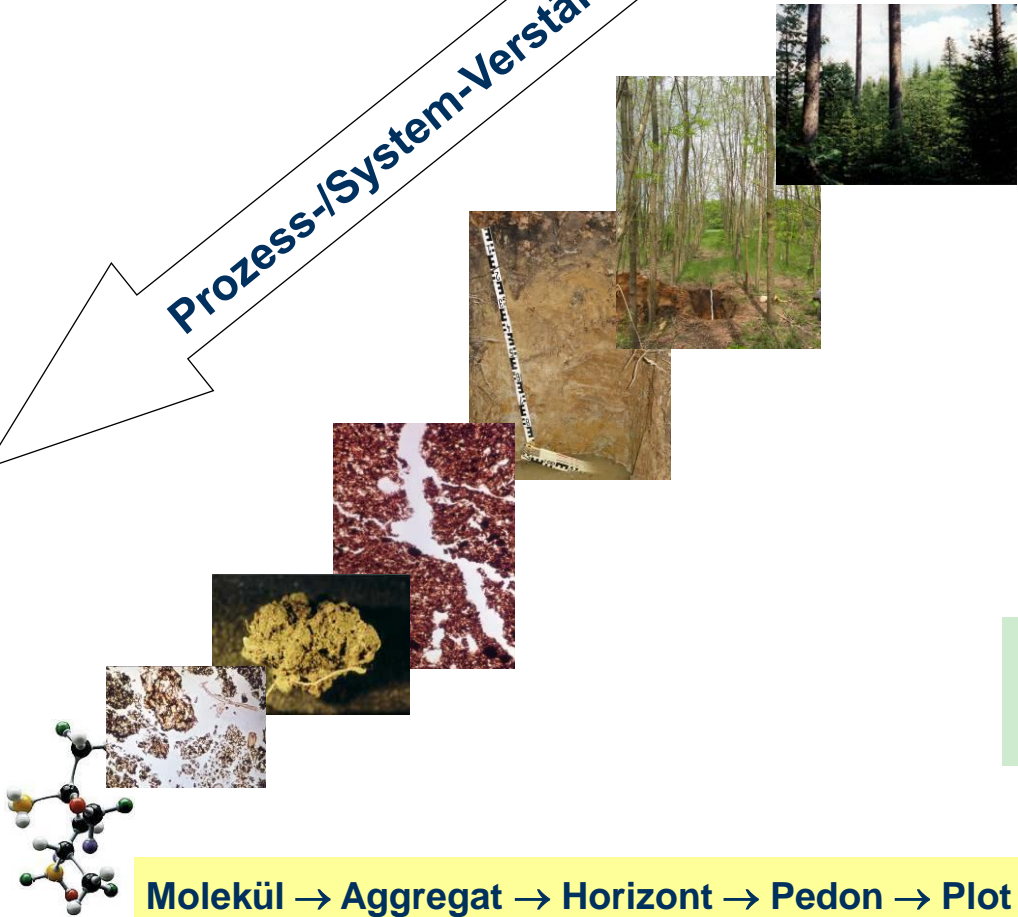
Infiltrationsmenge



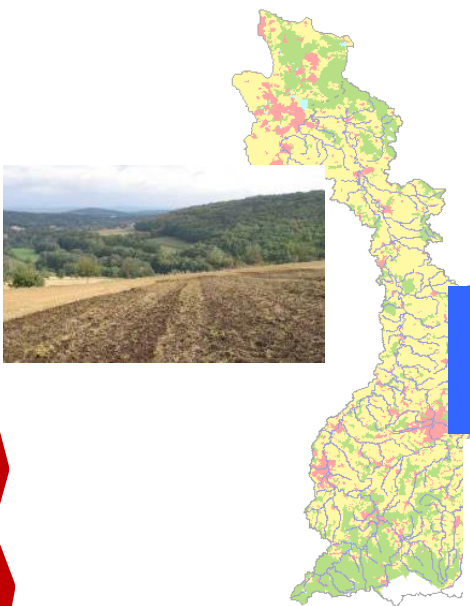
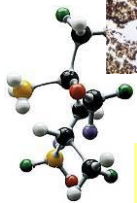
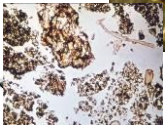
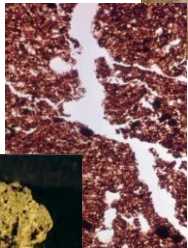
Wahren et al.: Land-use effects on flood generation – considering soil hydraulic measurements in modelling. Adv. Geosci. 21, 99–107, 2009.

# Die Skalen-Kluft

Prozess-/System-Verständnis



Molekül → Aggregat → Horizont → Pedon → Plot → Bestand → Einzugsgebiet –



Einzugsgebietsmanagement

Wasser-ÖSL  
Landschaftsfunktionen

Land-/Forstwirtschaft

Lan

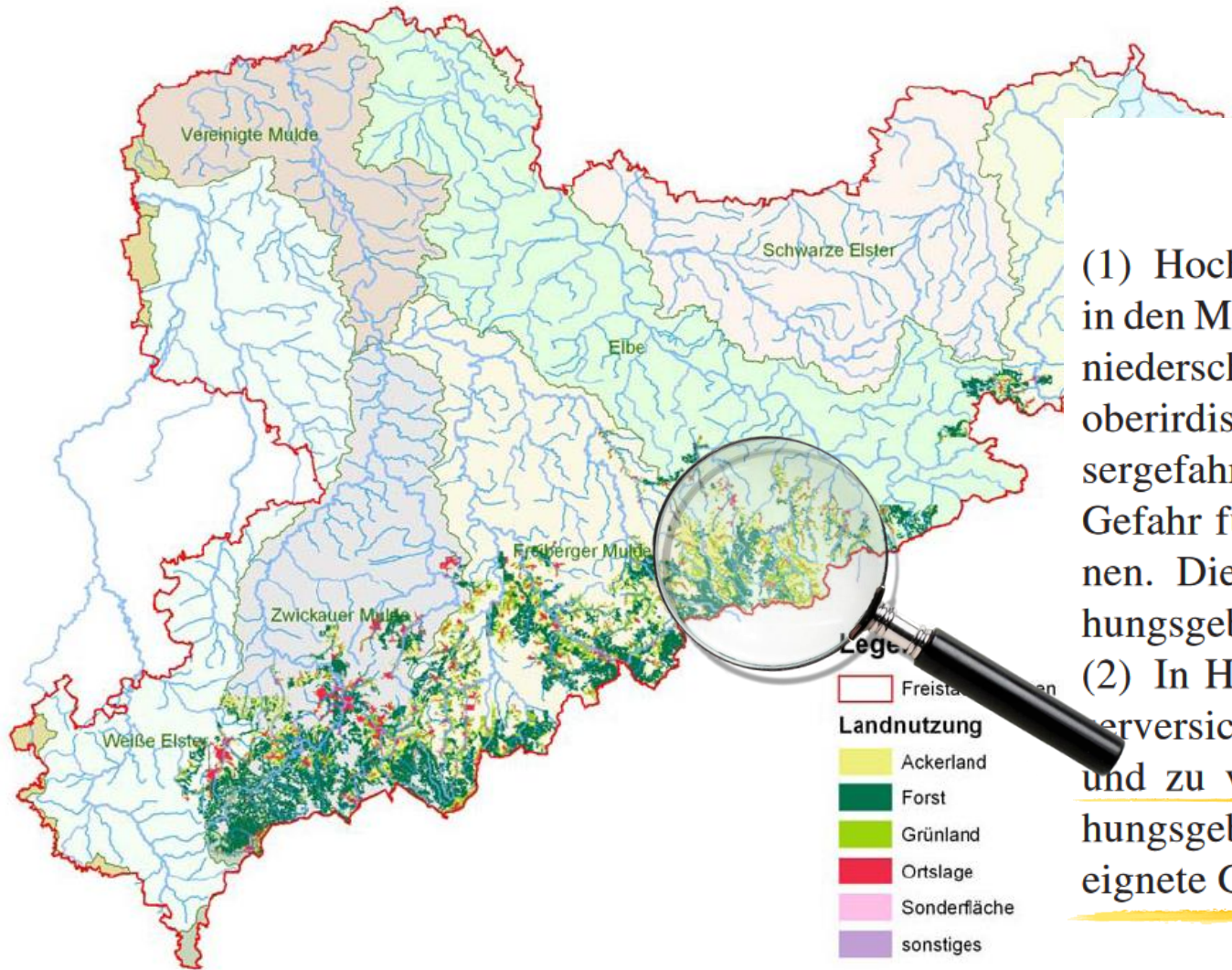


GIS-gestützte Prozessmodellierung



© C. Kersebaum

# Wassereinzugsgebiete: Mosaik verschiedener Landnutzungen



## Neufassung SächsWG 2004

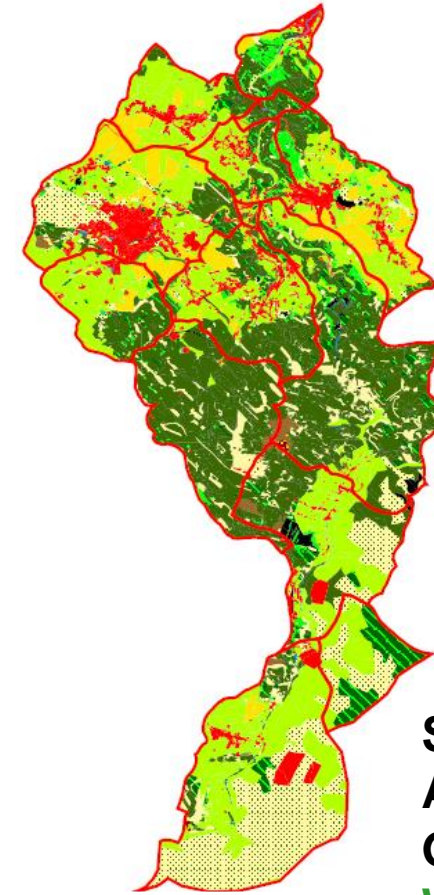
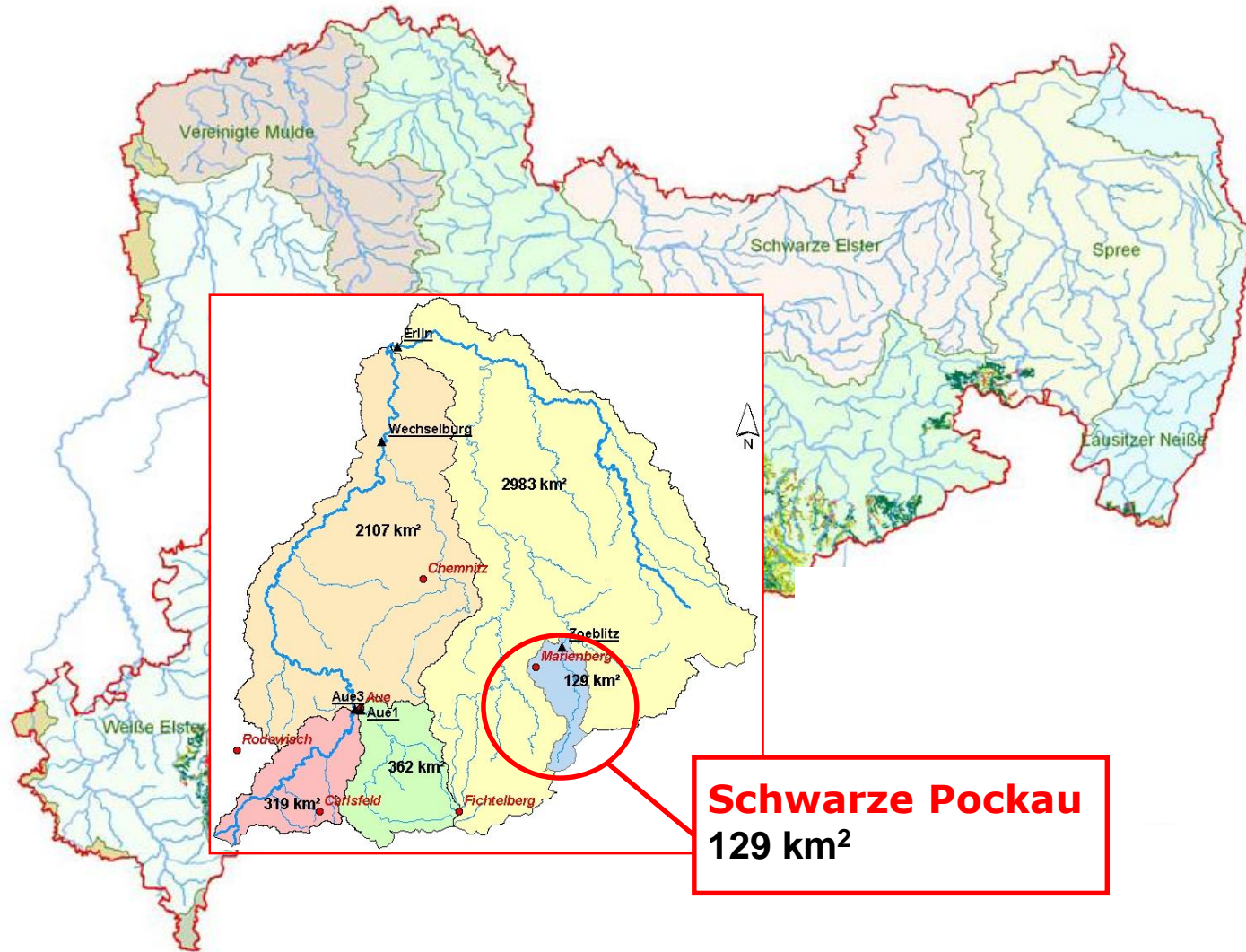
### § 100b

#### Hochwasserentstehungsgebiete

(1) Hochwasserentstehungsgebiete sind Gebiete, insbesondere in den Mittelgebirgs- und Hügellandschaften, in denen bei Starkniederschlägen oder bei Schneeschmelze in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse eintreten können, die zu einer Hochwassergefahr in den Fließgewässern und damit zu einer erheblichen Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können. Die höhere Wasserbehörde setzt die Hochwasserentstehungsgebiete durch Rechtsverordnung fest.

(2) In Hochwasserentstehungsgebieten ist das natürliche Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen zu erhalten und zu verbessern. Insbesondere sollen in Hochwasserentstehungsgebieten die Böden so weit wie möglich entsiegelt und geeignete Gebiete aufgeforstet werden.

# Wassereinzugsgebiete: Mosaik verschiedener Landnutzungen



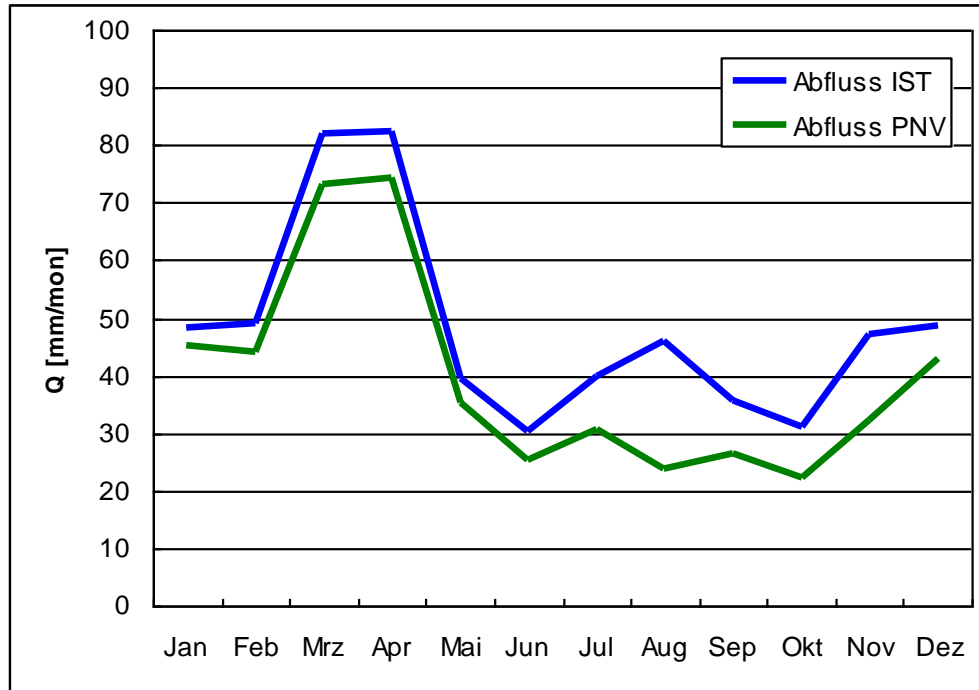
Siedlungen	3%
Acker	8%
Gras/Sukz.	47%
Wald	41%

Integrated Flood Risk Analysis  
and Management Methodologies

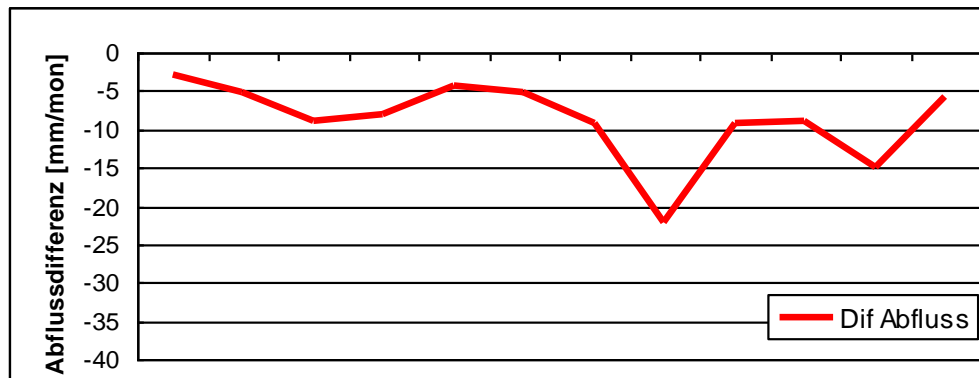
**FLOODsite**



# Höherer Waldanteil – mittlerer Wasserhaushalt

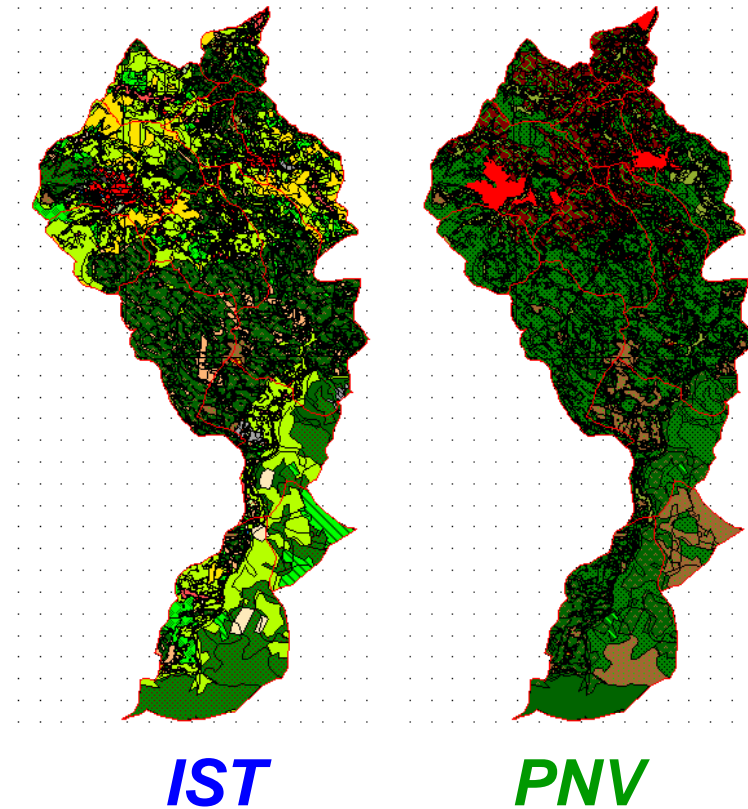


Abfluss  
IST 580  
PNV 475

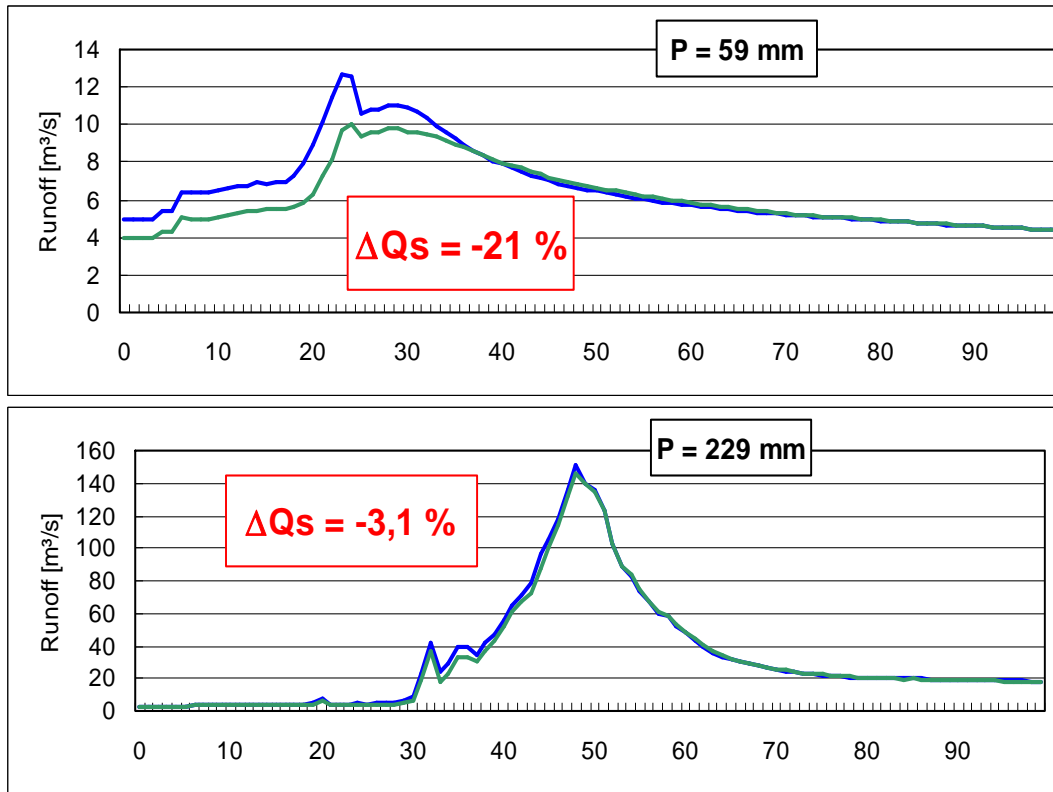


Modellierung: AKWA-M®

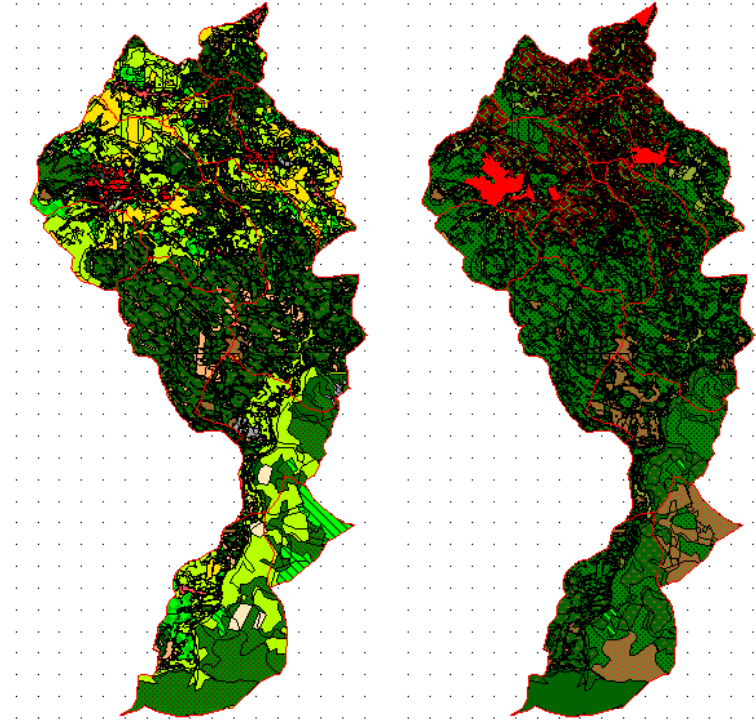
N = 1050 mm a<sup>-1</sup>



# Höherer Waldanteil – Retention von Hochwasser



Modellierung: AKWA-M<sup>®</sup>



**IST**

**PNV**

**Einzugsgebiet Schwarze Pockau (Mittleres Erzgebirge)**

**Aktuelle Landnutzung vs. Komplettbewaldung**

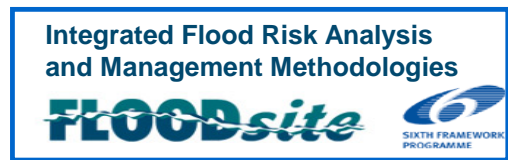
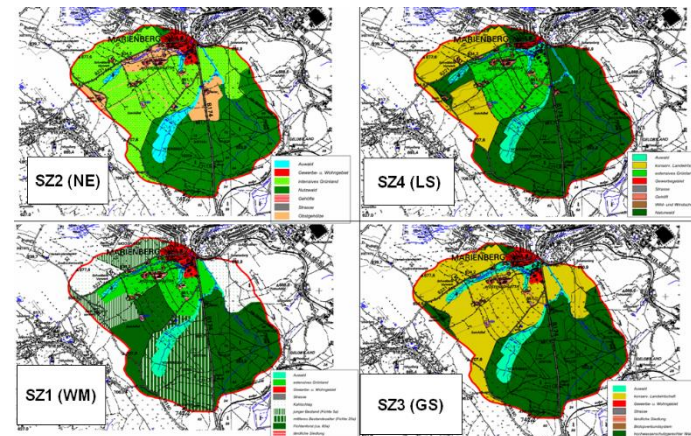
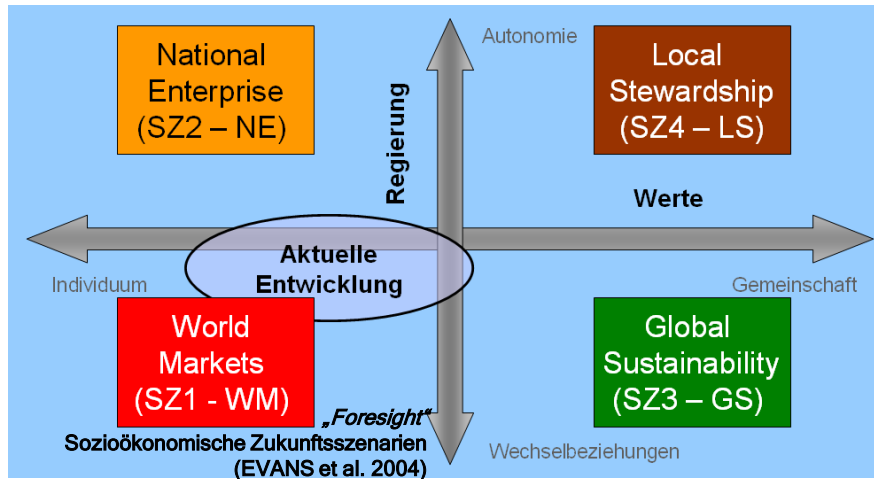
*häufiges Ereignis (60 mm/d → T = 5 – 10 a)*

*seltene Ereignis (Aug. 2002 230 mm/2d → T > 200 a)*

Wahren et al.: Identification and model based assessment of the potential water retention caused by land-use changes. Adv. Geosci. 11, 49–56, 2007

# Sozioökonomie und Ordnungsrahmen bestimmen die Landnutzungsverteilung

B1 Szenario (2100)	IST	SZ 1	SZ 2	SZ 3	SZ 4	PNV
Niederschlag	964	964	964	964	964	964
reale Verdunstung	501	512	532	550	581	653
Differenz zur Periode 1985-2001	+ 29 + 6%	+ 32 + 7%	+ 27 + 5%	+ 41 + 8%	+ 47 + 9%	+ 60 + 10%
Abfluss	481	472	439	414	387	349
Differenz zu IST (507 mm)	-5%	-7%	-13%	-18%	-24%	-31%





# Bestockung und Grundwasserneubildung

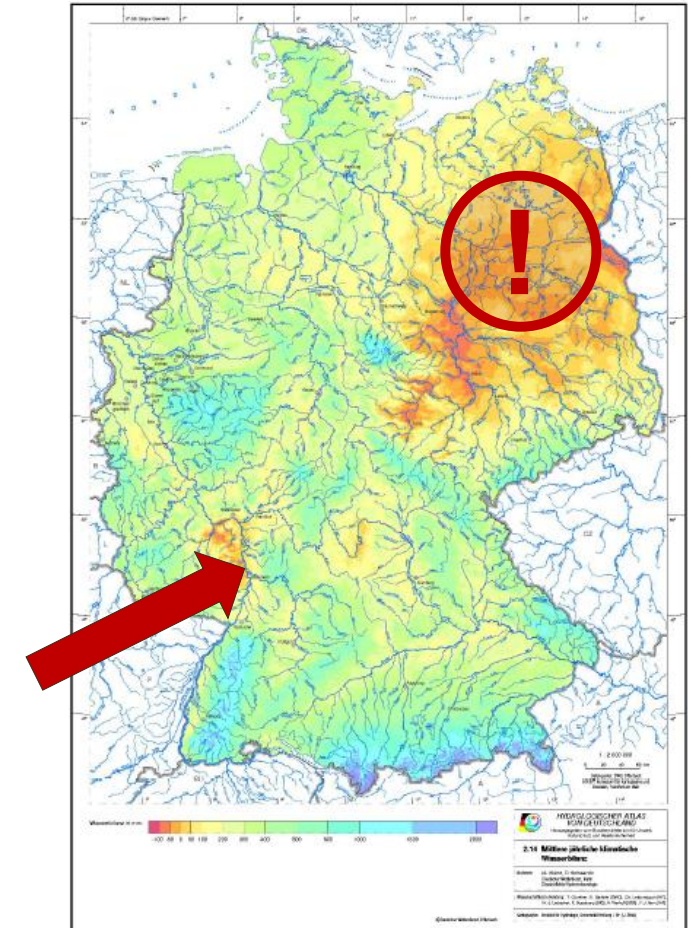
Nördliche Oberrheinebene (Raum Mannheim-Schwetzingen)

680 mm Jahresniederschlag

Grundwasserneubildung in Prozent vom Niederschlag

Bestockung	Sand
<i>Kiefer</i>	11
<i>Kiefern- mischwald</i>	15
<i>Laub- mischwald</i>	22
<i>Mais</i>	42

Modellergebnisse: BROOK90 (Zeitraum 1975-2001)

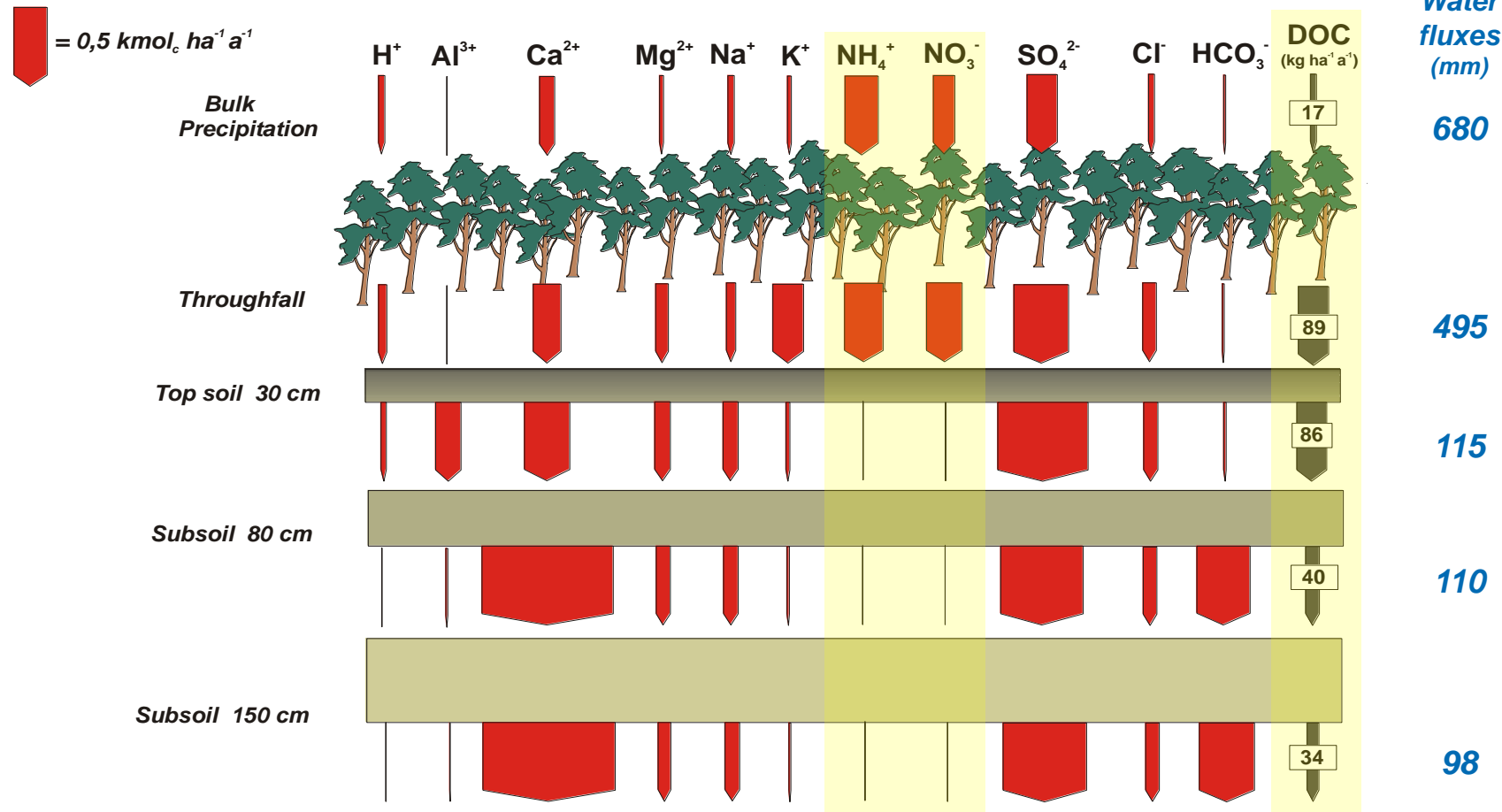


Hydrologischer Atlas von Deutschland  
Klimatische Wasserbilanz

# Grundwasserneubildung - Wasserqualität

## Ion Fluxes

Mannheim-Käfertal (85-yr-old pine with black cherry)

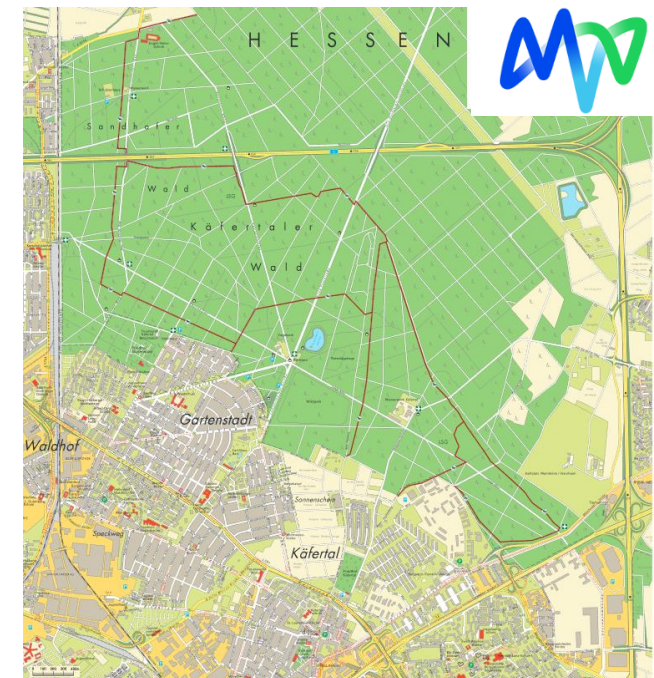


Höchste Wasserqualität von MVV.

**Keine Kompromisse:  
Bestes Wasser aus  
unserer Region.**



<https://www.mvv.de/wasser>



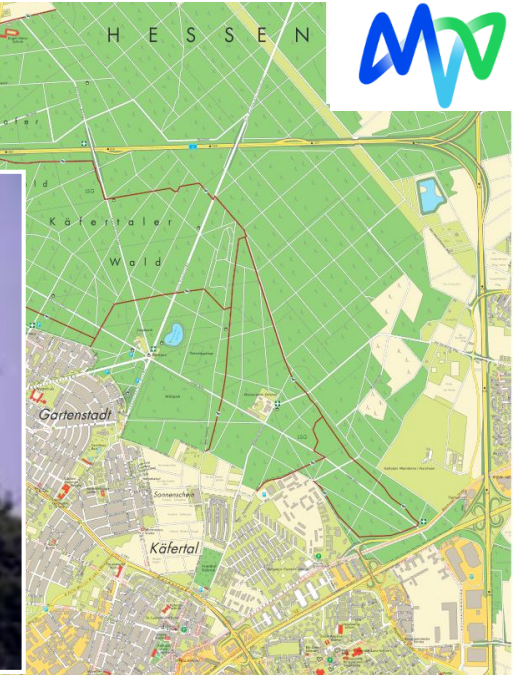
# Grundwasserneubildung - Wasserqualität



Höchste Wasserqualität von MVV.

**Keine Kompromisse:  
Bestes Wasser aus  
unserer Region.**

<https://www.mvv.de/wasser>



# Wasserbezogene ÖSL + Klimawandel: „Störungen“

- **Großflächiges Absterben von Beständen**
- **Windwurf**
- **Waldbrand**

- ⇒ **Überschuss-Mineralisation und Auswaschung von Nährstoffen**
- ⇒ **DOC („Huminstoffe“)**
- ⇒ **Erosion?**



# Herausforderungen und Synergien

**(Komplexe) Problemlage erkannt:  
Skalen – sektorale Regelungen – wiss. Defizite  
aber wie damit umgehen?**



## Nationale Wasserstrategie

Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023

**Waldökosysteme sind hinsichtlich ihrer Ökosystemleistungen von immenser Bedeutung**, zum Beispiel als Wasserspeicher, Wasserfilter, ....

Wälder werden so bewirtschaftet, dass die Wasserspeicher-funktion und die Wasserhaltekapazität des **Waldbodens** erhalten und nach Möglichkeit verbessert werden.

Die **Waldbewirtschaftung** soll im Rahmen ihrer Möglichkeiten dazu beitragen, den Oberflächenabfluss von Niederschlägen zu mindern und den Bodenwasserspeicher, das Grundwasser, aufzufüllen.

Diese Ziele sollten **durch entsprechende Anreize für zusätzliche wasserwirtschaftliche Ökosystemleistungen** der Wälder unterstützt werden.



## Nationale Wasserstrategie

Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023

### **Aktion 12: Verbesserung des Bodenschutzes, des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung**

→ Beginn  
kurzfristig

Das Bodenschutzgesetz wird evaluiert und an die Herausforderungen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und den Erhalt der Biodiversität angepasst. Dabei werden die unterschiedlichen Nutzungen berücksichtigt. Dies beinhaltet auch die Betrachtung der natürlichen Bodenfunktion im Hinblick auf den Bodenwasserhaushalt, den Wasserrückhalt in der Fläche und die Grundwasserneubildung.

### **Aktion 18: Bundeswaldgesetz um Wasser Aspekte ergänzen**

→ Beginn  
kurzfristig

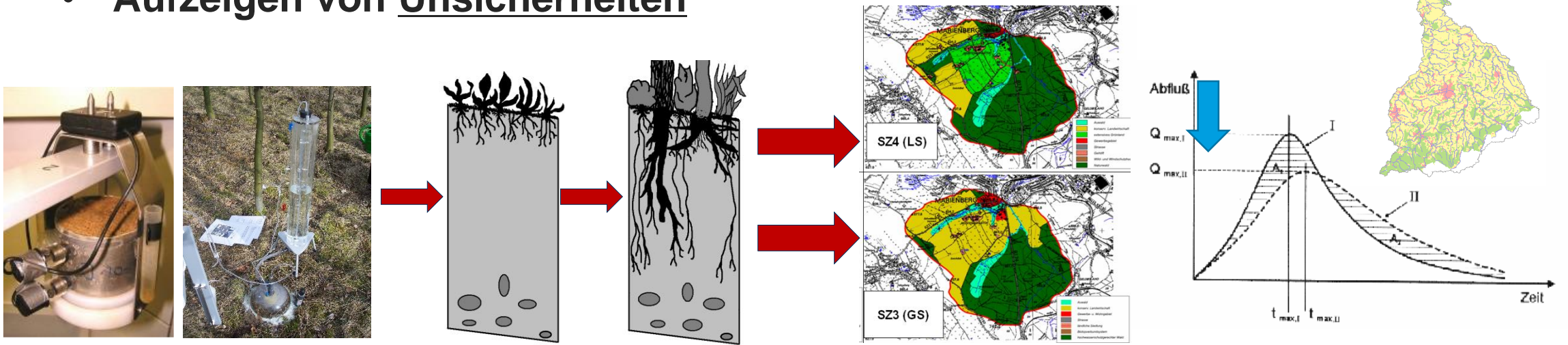
Im Rahmen der vorgesehenen Novellierung des Bundeswaldgesetzes wird geprüft, inwieweit dort Wasser Aspekte in Bezug auf den Wald und die Waldbewirtschaftung aufgegriffen werden können. Ziel ist es, den Beitrag des Waldes und der Waldbewirtschaftung zum Erhalt und zur Verbesserung der Wasserspeicherfunktion und der Wasserhaltekapazität der Waldböden, zur Minderung des Oberflächenabflusses von Niederschlägen und zur Speisung des Bodenwasserspeichers/des Grundwassers zu stärken. In diesem Kontext ist auch zu prüfen,

## **Gewisses Defizit: Integriertes Einzugsgebietsmanagement**

- **Bewirtschaftungspläne (EU-WRRL)**
- **Landnutzung, Hochwasserschutz (Nature-based solutions ...)**
- **Gehölze in der Landschaft, Gehölzstreifen, Agroforst, Stadtbäume/Parks**

# Gemeinsame Aufgaben für Forst-/Bodenwissenschaften und Hydrologie

- Bereitstellung u. Regionalisierung von Punkt-/Flächen-Informationen
- Parametrisierung der Effekte von Landnutzungsänderungen in Punkt(Standorts)- und räumlich verteilten EZG-Modellen
- Überwindung von „Klüften“ in den räumlichen Skalen
- Aufzeigen von Unsicherheiten





« Die Zukunft soll man nicht voraussehen, sondern möglich machen. »

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

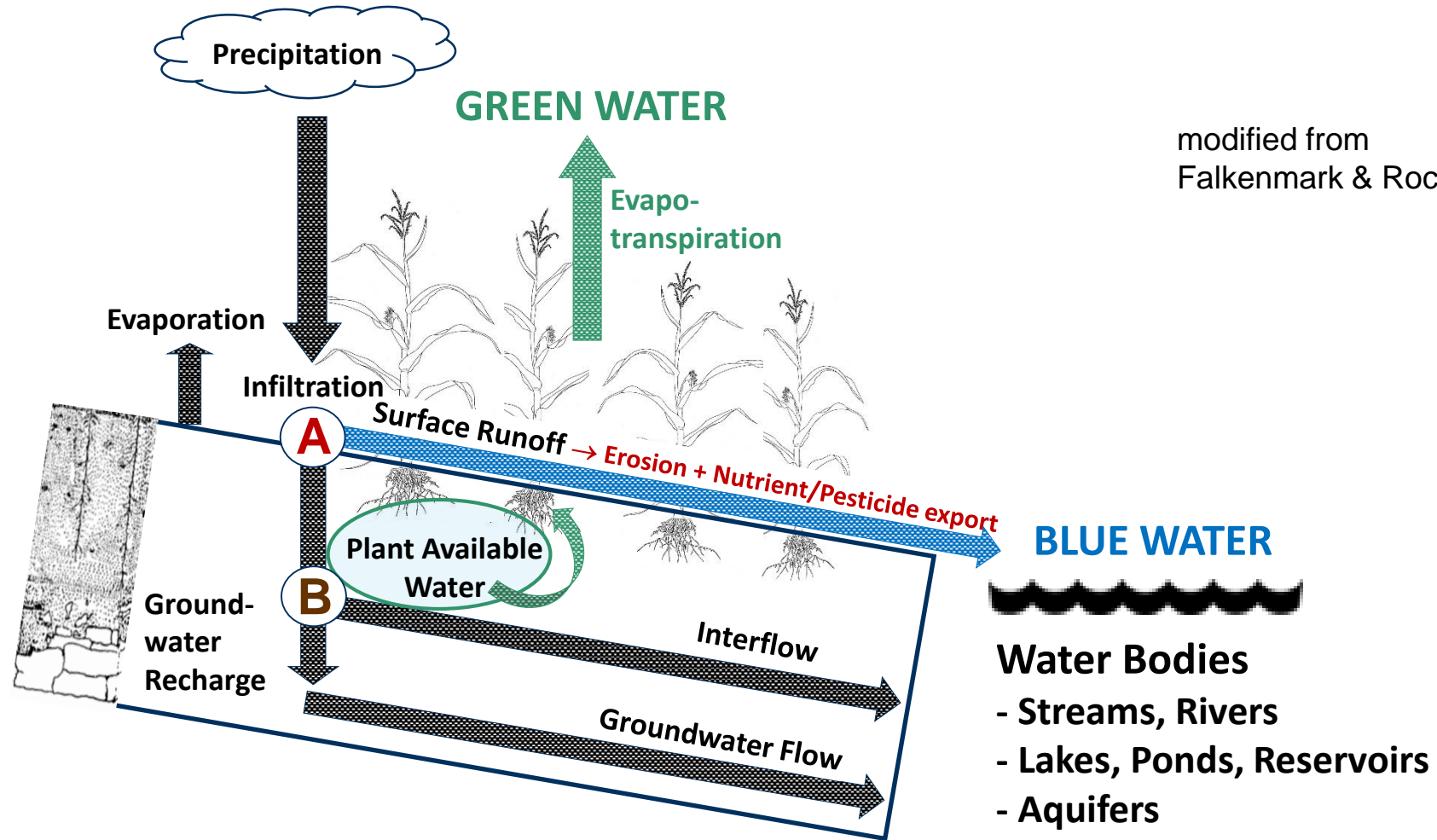
Antoine de Saint-Exupéry

# Schematic water cycle for a terrestrial ecosystem

At **partitioning points A and B** water fluxes are divided into surface runoff, infiltration, interflow and groundwater recharge.

Evaporation, interception, and transpiration together constitute the **green flow** component.

Surface runoff and groundwater recharge together constitute the **blue flow** component.



modified from  
Falkenmark & Rockström (2004)