

# **Ermittlung der Verweilzeiten des Sickerwassers als Maß für die intrinsische Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers**

**Dr. Stephan Hannappel, HYDOR Consult GmbH, Berlin**

## Definitionen der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers

### ***Intrinsische Verschmutzungsempfindlichkeit***

- ausschließlich auf die natürlichen Eigenschaften der Grundwasserüberdeckung bezogen
- „worst case“ Szenario eines Schadstoffeintrages in die ungesättigte Zone, bei der keine Wechselwirkungen des Schadstoffes mit den Medien in der ungesättigten Zone stattfinden
- einschätzbar auf der Grundlage der Sickerwassergeschwindigkeit bzw. Verweilzeit des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung

### ***Spezifische Verschmutzungsempfindlichkeit***

- nicht nur die geologisch-hydrologischen Randbedingungen, sondern auch das spezifische Verhalten der (Schad-) Stoffe bzw. der (Schad-) Stoffgruppen und deren real freigesetzte oder potenziell freisetzbare Mengen von Bedeutung
- zusätzliche Berücksichtigung des menschlichen Handelns insbesondere des Einflusses einer konkreten Nutzung bzw. einer von dieser Nutzung ausgehenden realen oder potenziellen Schadstoffeintrag in das Grundwasser

## Ableitung der „intrinsischen“ Verschmutzungsempfindlichkeit

- Berechnung der Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone basierend auf der „mittleren Sickerwassergeschwindigkeit“ (entsprechend **DIN 19732 „Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbierbaren Stoffen“**, 1997):

➡ Zeit, die das Sickerwasser benötigt um von der Erdoberfläche bis zur Grundwasseroberfläche zu gelangen, bezogen auf den jeweils oberflächennahen Grundwasserleiter mit dauerhafter Wasserführung.

➡ Sickerzeit / Verweilzeit ist ein direktes Maß für die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers

- **Zielstellung des Verfahrens hier:**

- Übersichtskarten im Hinblick auf den vorsorgenden Grundwasserschutz d.h. in größeren Maßstäben regionalisierbare Aussagen
- Aussagen ableitbar auf Basis vorhandener oder großmaßstäblich ermittelbarer Datengrundlagen
- keine detaillierte Standortbeurteilung

# Ableitung der intrinsischen Verschmutzungsempfindlichkeit

## Eingehende Parameter nach DIN 19732

- **Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung**
- geologisch-lithologische und pedologische Eigenschaften der Grundwasserüberdeckung
  - charakterisiert durch die **summierte Feldkapazität der Grundwasserüberdeckung**
- die langjährige mittlere **Grundwasserneubildung**

## Berechnung der mittleren Sickergeschwindigkeit und Verweilzeit

- $v_s = \text{GWNB} / \text{FK}$
- $t_s = M / v_s$
- $t_s = \sum M_i * \text{FK}_i / \text{GWNB} = (M_1 * \text{FK}_1 + M_2 * \text{FK}_2 + \dots + M_n * \text{FK}_n) / \text{GWNB}$

$v_s$	mittlere Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers in dm/a
$t_s$	Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone
GWNB	Grundwasserneubildungsrate in mm/a
FK	Feldkapazität der Grundwasserüberdeckung in % oder [mm/dm]
$\text{FK}_1, \text{FK}_2 \dots \text{FK}_n$	Feldkapazität der 1,2...n - ten Schicht des Bodens bzw. der tieferen Grundwasserüberdeckung in mm/dm,
M	Mächtigkeit der gesamten Grundwasserüberdeckung in dm
$M_1, M_2 \dots M_n$	Mächtigkeit der 1,2...n - ten Schicht des Bodens bzw. der tieferen Grundwasserüberdeckung in dm

# Ableitung der intrinsischen Verschmutzungsempfindlichkeit

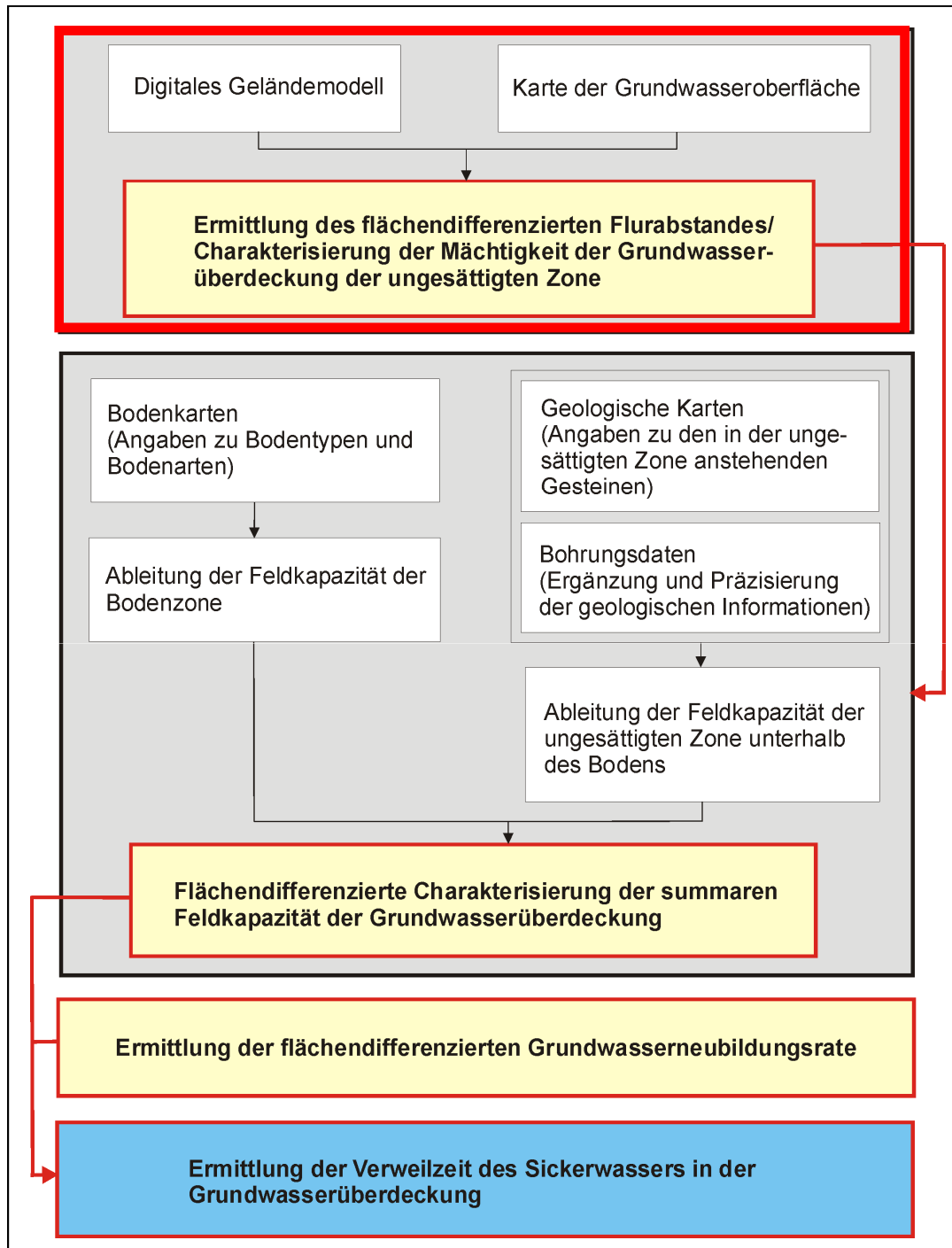
## Einschränkungen der Methode:

- einfaches Modell für weitgehend homogenen Untergrund
- Sickerwasserbewegung wird als Verlagerung einer Infiltrationsfront beschrieben:  
Vernachlässigung von:
  - preferential flow
  - hydrodynamischer Dispersion
  - lateralen Fließkomponenten

## Vorteile der Methode:

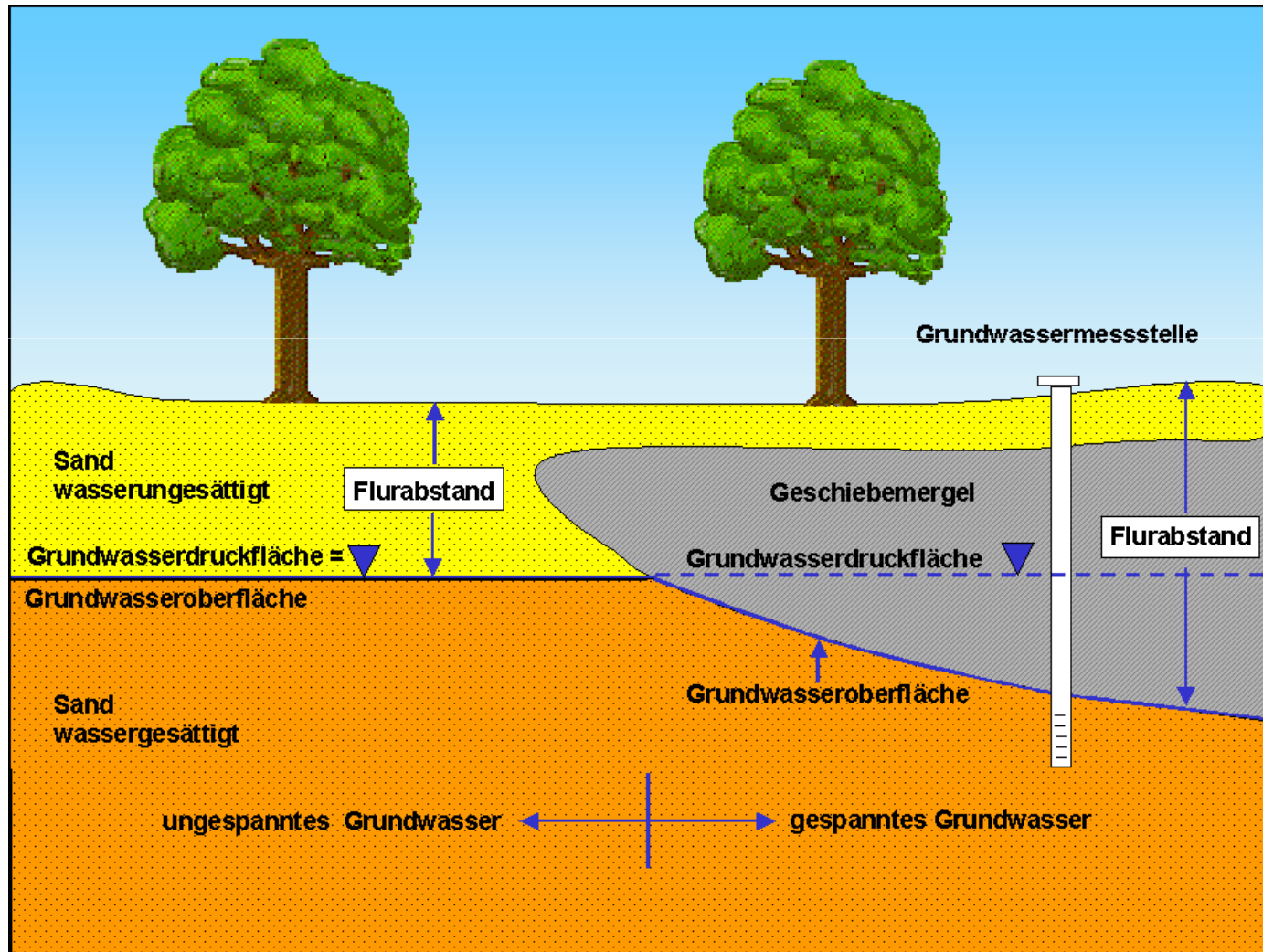
- Verfahren in größeren Maßstäben regionalisierbar
- Datengrundlagen sind i.A. vorhanden oder mit relativ geringem Aufwand ableitbar
- Gegensatz zu gängigen Matrix- bzw. Punktbewertungsverfahren (z. B. Methode der Staatlichen Geologischen Dienste, Hölting et al. 1995):
  - basierend auf deterministischen Zusammenhängen
  - Ergebnisse sind quantitativ - nicht qualitativ

## Bearbeitungsschema und Datengrundlagen



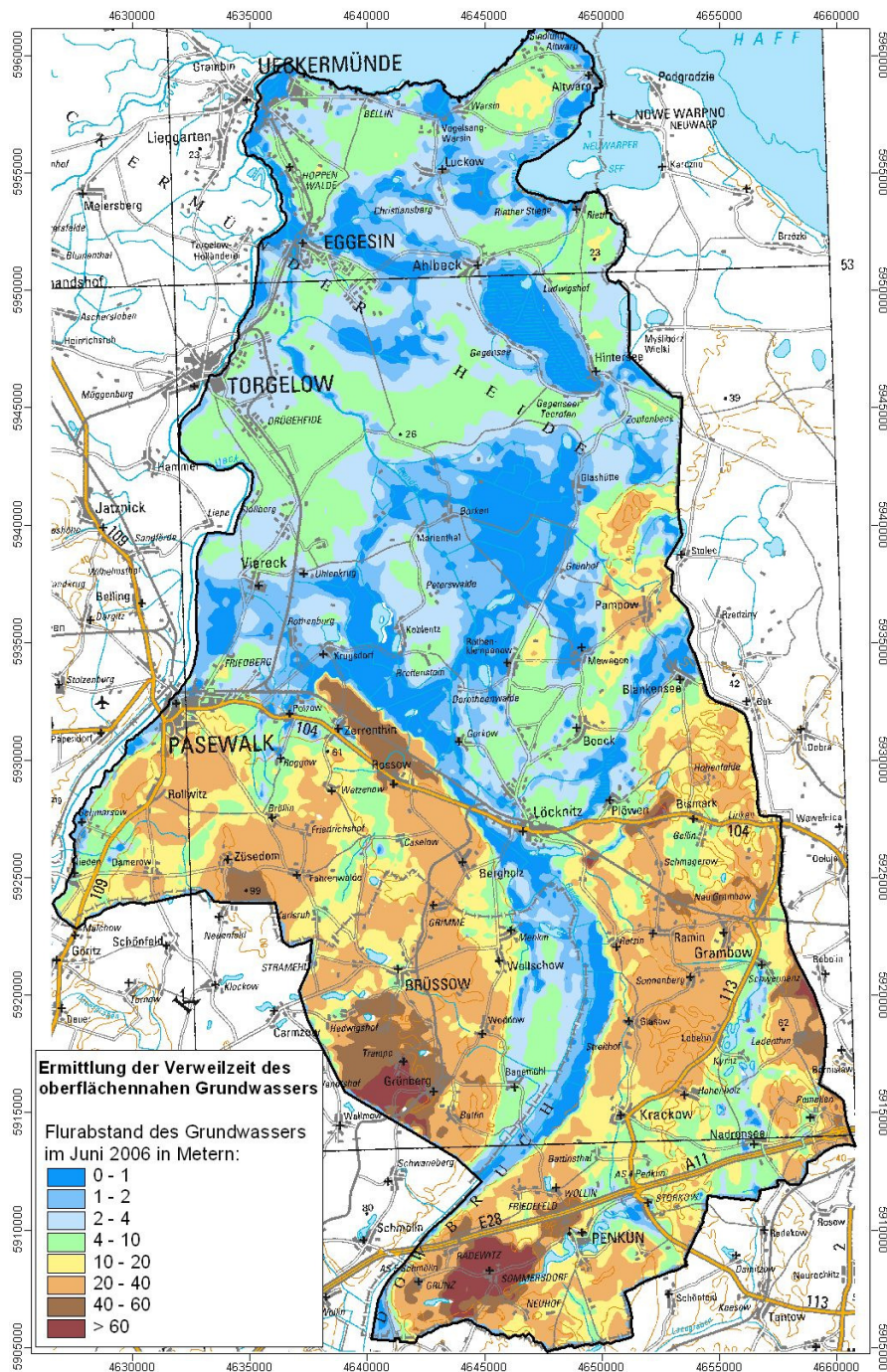
## Ermittlung der Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung unter Berücksichtigung bedeckter/unbedeckter Verhältnisse

**„der lotrechte Höhenunterschied zwischen einem Punkt der Erdoberfläche und der Grundwasseroberfläche des oberen Grundwasserleiters“**



## Flurabstand des Grundwassers

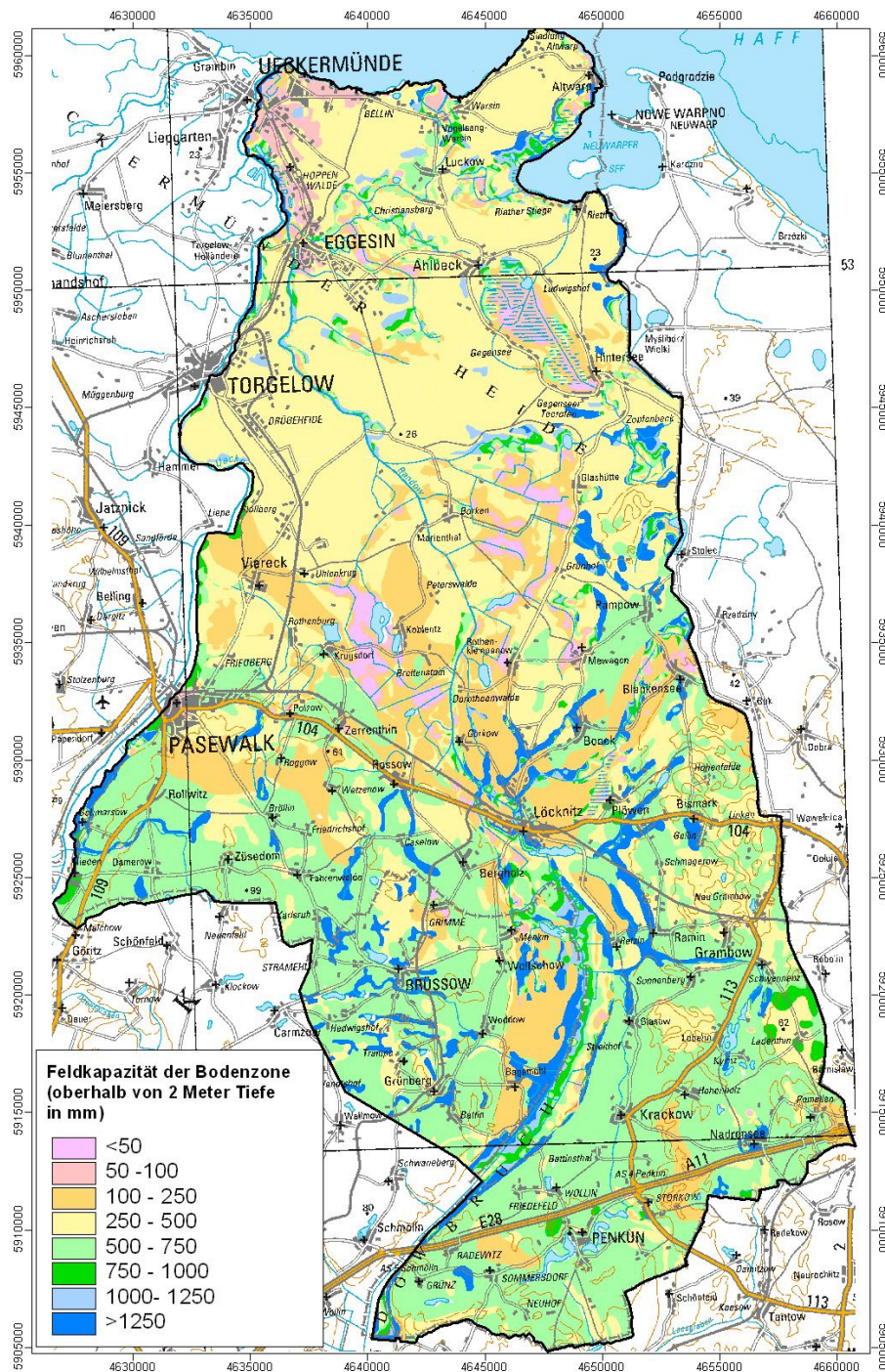




**Ermittlung der Mächtigkeit  
der  
Grundwasserüberdeckung  
unter  
Berücksichtigung  
bedeckter/unbedeckter  
Verhältnisse**

**Flurabstand des  
oberen  
Grundwasserleiters**

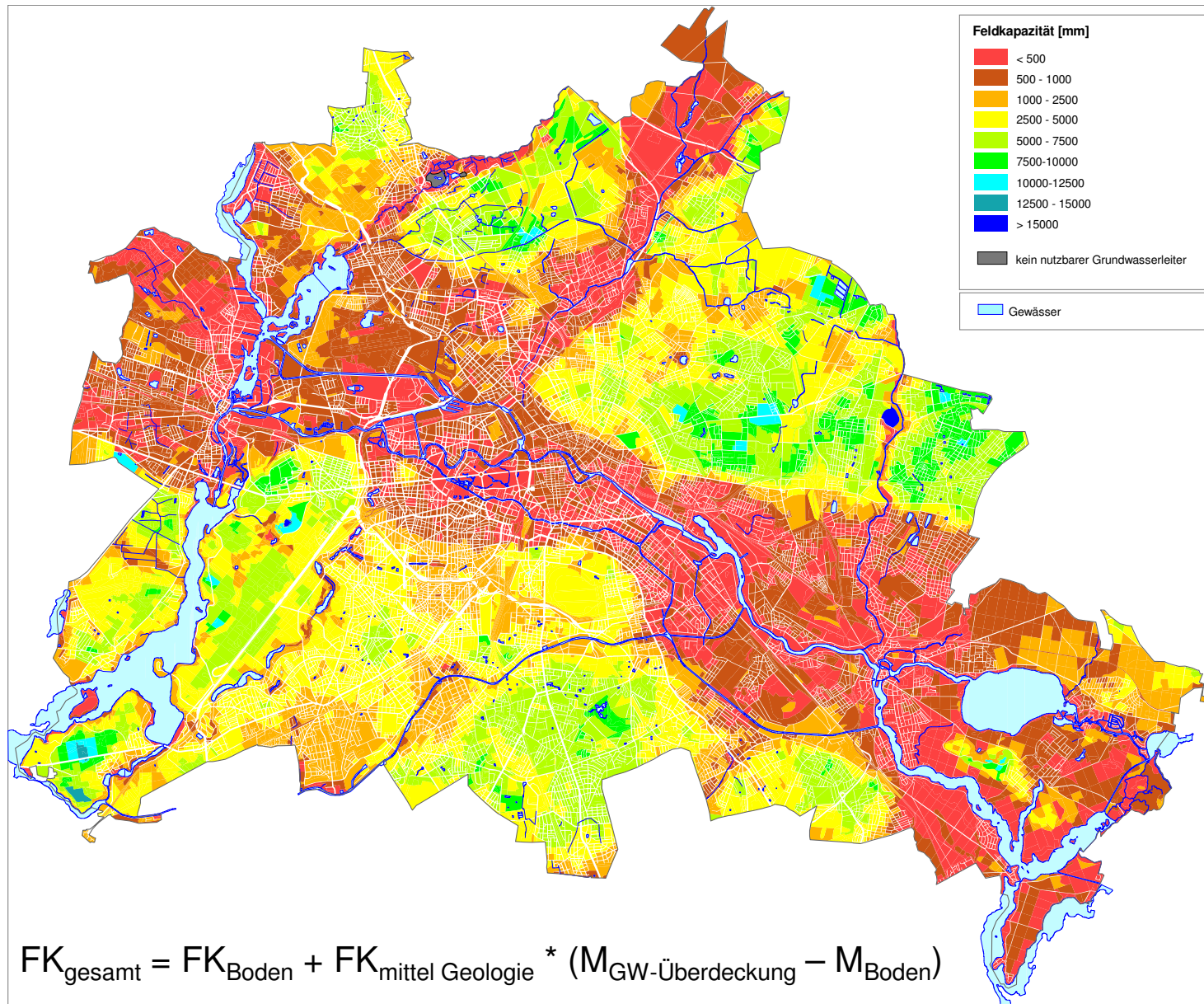




**Feldkapazität des Bodens  
(0-2m unter Gelände bzw.  
bis  
Grundwasseroberfläche)**

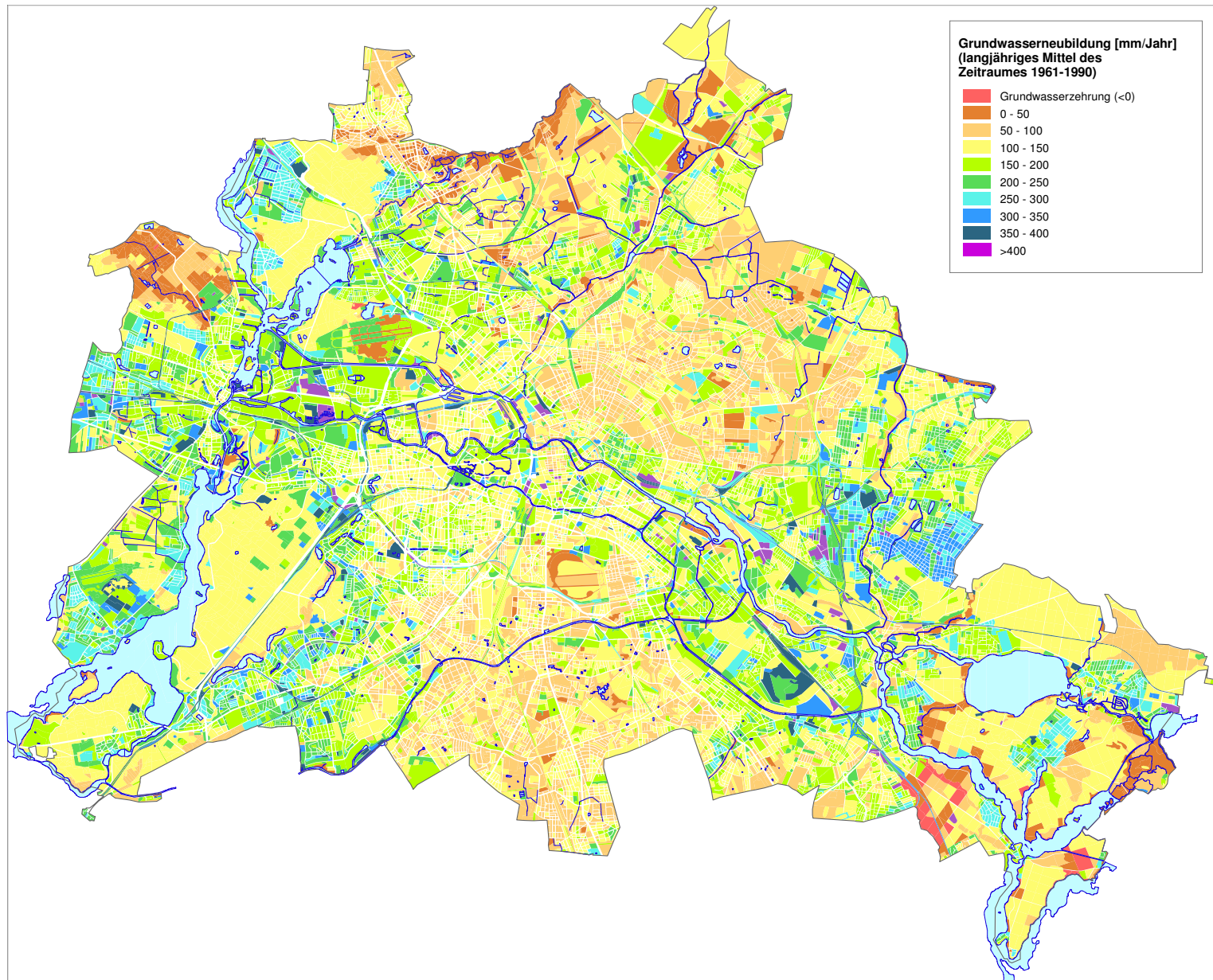
Bodenart	Feldkapazität (%)	Bodenart	Feldkapazität (%)
fS	24	SI2	24
fS,Ls4	28	SI3	26
fS,SI3	25	SI3,Ls3	29
fS,Su3	26	SI3,mS	18
Ls3	33	SI4,mS	20
Ls3, fS	28	Su2	21
Ls3,mS	22	Su3	28
Ls4	31	Su3,mS	19
mS	11	Us	33
mS,Ls3	22	Ut3	36
mS,SI3	18		

# Summare Feldkapazität der Grundwasserüberdeckung

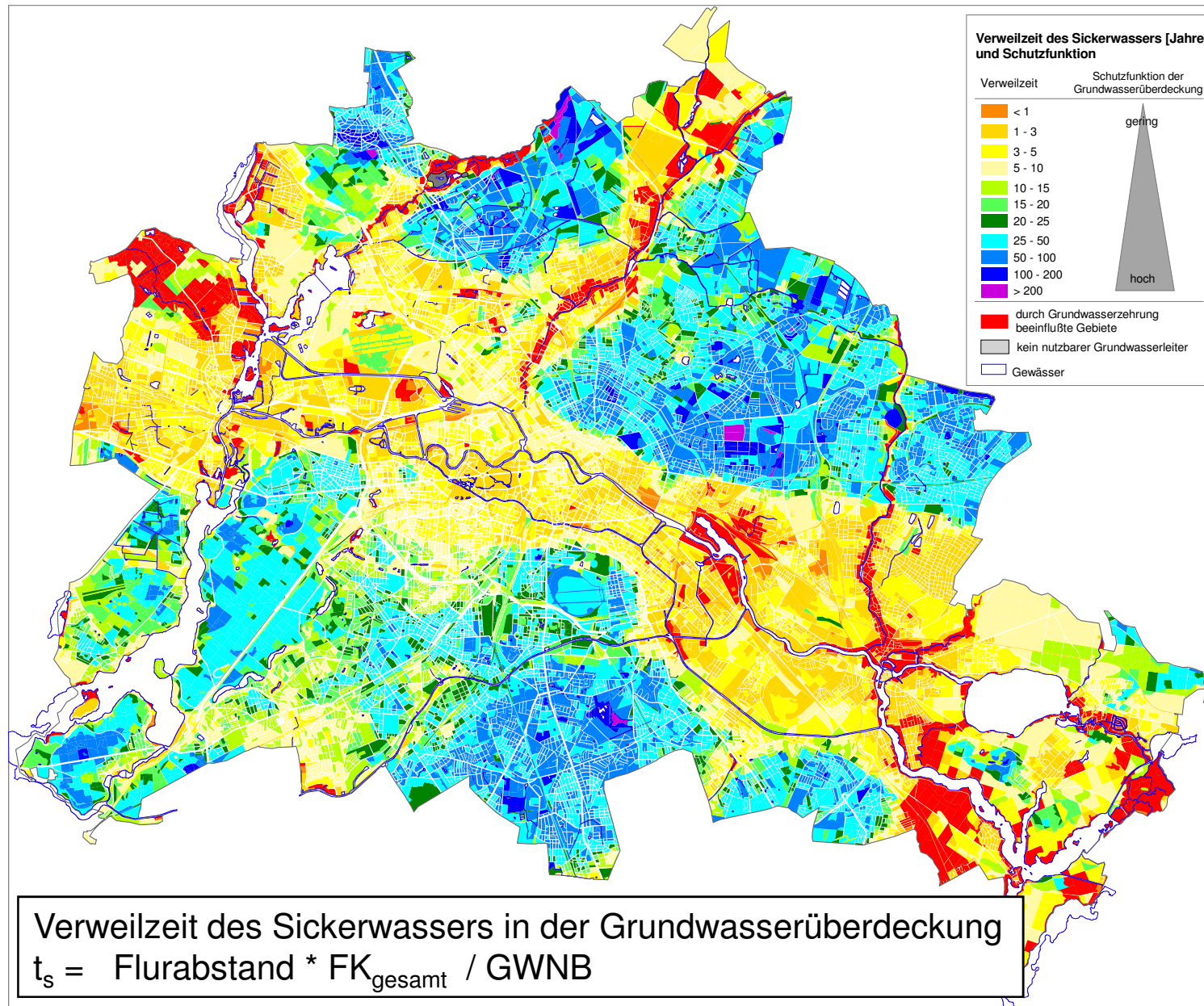




# Ermittlung der Grundwasserneubildung

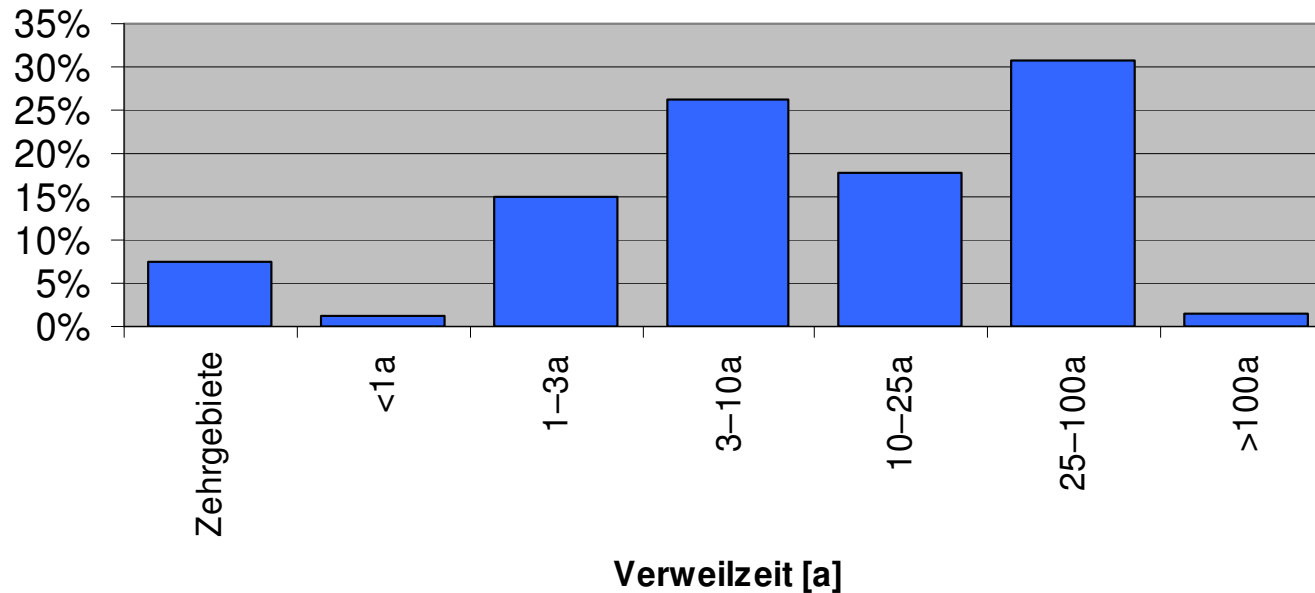


# Ermittlung der Verweilzeit des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung



# Ermittlung der Verweilzeit des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung

Flächengewichtete Verteilung der Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone



- zwei grundsätzliche morphologisch/hydrogeologische Einheiten mit unterschiedlicher Verweilzeit und Verschmutzungsempfindlichkeit:
  - Hochflächen (Geschiebemergel, Glazifluvial)
  - Talflächen/Niederungen (Urstromtalbildungen, Periglazial, Holozän)

Sensitivität:  
Variationskoeffizienten (Stabw./MW):  
Mittlere FK : 22,5%

- GWNB: 48,4%
- Flurabstand: 83,7%

Das Gesamtergebnis ist aufgrund der stärkeren Variabilität vor allem durch Flurabstand und GWNB geprägt