



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
**Abteilung Hydrologie**

# Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten

Kurs Hochwasserabschätzung  
2007



# Inhalt

---

## 1. Software HAKESCH

- Aufbau, Bedienung
- Abschätzmethoden in HAKESCH

## 2. Ablauf Hochwasserabschätzung

- Grundlageninformationen
- Formulieren der hypothetischen Raumgliederung

## 3. Vorbereitung Feldbegehung Sperbelgraben



# Software-Tool HAKESCH

---



**HAKESCH**  
Softwaretool zur Hochwasserabschätzung  
in kleinen Einzugsgebieten in der Schweiz  
Version 1.03



Bundesamt für Umwelt BAFU



WSL



# Software-Tool HAKESCH - Ziel

---

- Werkzeug für den Praktiker zur Erstellung einer HQ-Abschätzung
- Paket umfasst Software und Leitfaden HQ-Abschätzung (=BWG Bericht Nr.4)
- Umsetzung des Vorgehens von Forster und Hegg (2000) bei HQ-Abschätzung in kleinen Einzugsgebieten



# Software-Tool HAKESCH - Features Software

- Dateneingabe:  
Bildschirmmasken, Oberfläche  
menügesteuert

**HAKESCH - HochwasserAbschätzung in Kleinen Einzugsgebieten in der Schweiz**

Projekt Verfahren Resultate Hilfe

**1 Grunddaten**  
**2 Parameter**  
**3 Berechnen**  
**4 Darstellung**

**Niederschlag** **Gebietsparameter** **Fläche - Teilgebiete - Isozonen** **Gebietsbeurteilung**

**Teilgebiete - Isozonen**

In der untenstehenden Matrix wird eine Verschneidung von Teilgebieten und Isozonen eingegeben. Wird das Verfahren Clark-WSL nicht verwendet und eine Isozonierung somit nicht benötigt, muss im Feld "Anzahl Isozonen" der Wert 1 eingegeben werden.

Ausdehnung der Matrix: Anzahl Teilgebiete  Anzahl Isozonen

Einheit der Zellenwerte in der Matrix:  
 Seitenlänge einer Flächeneinheit [m]   
 Fläche absolut [km<sup>2</sup>]

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Teilgebiet 3
Isozone 1	150	30	0
Isozone 2	267	36	0
Isozone 3	289	22	66

Gesamtfläche: 0.54 km<sup>2</sup>

Werte übernehmen

Projekt: Kurs HQ-Abschätzung Hüttwil Einzugsgebiet: Sperbelgraben File: C:\Program Files\HAKESCH\sperbel\_kurs\_mittel.hks



# Software-Tool HAKESCH - Features Software

- Dateneingabe:  
Bildschirmmasken, Oberfläche  
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden

The screenshot displays the HAKESCH software interface for high water estimation in small catchment areas in Switzerland. The window title is "HAKESCH - Hochwasserabschätzung in Kleinen Einzugsgebieten in der Schweiz". The interface includes a menu bar (Projekt, Verfahren, Resultate, Hilfe) and a toolbar with buttons for "Grunddaten", "Parameter", "Berechnen", and "Darstellung". The "Berechnen" button is highlighted.

The main window is divided into several sections:

- Methodenwahl:** Müller, mod. Fließzeitverfahren, Kölla, Clark-WSL, Taubmann, Hydraulische Abschätzung.
- Wiederkehrperiode:** A slider set to 100 Jahre.
- Gebietsbeurteilung:** A table showing data for three isozones.
- Niederschlag:** A field for precipitation amount set to 39.9 mm.
- Resultat:** HQ100 = 1.8 m<sup>3</sup>/s.

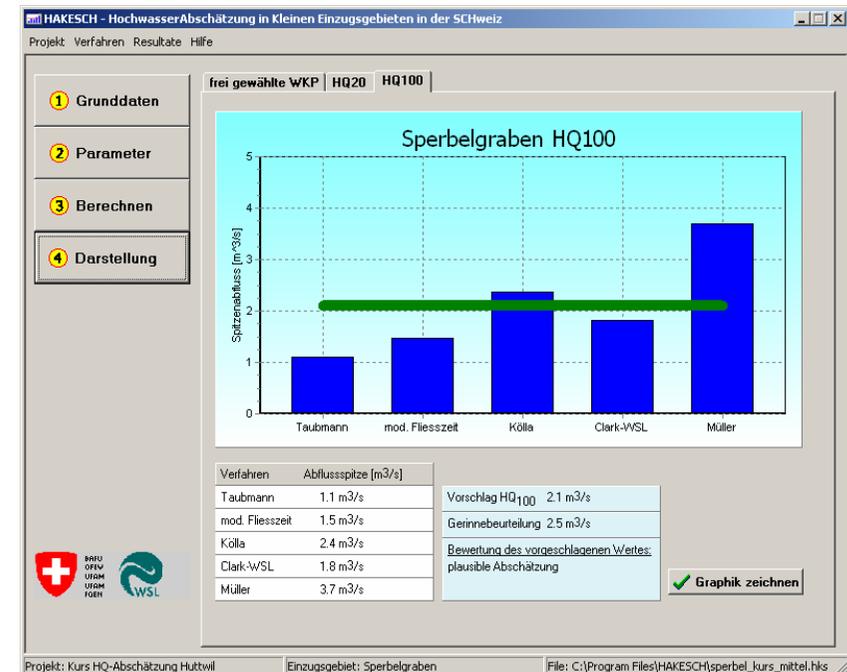
Logos for BAFU, OFW, USDM, USTOM, FOEN, and WSL are visible in the bottom left corner. The status bar at the bottom shows: "Projekt: Kurs HQ-Abschätzung Hüttwil", "Einzugsgebiet: Sperbelgraben", and "File: C:\Program Files\HAKESCH\sperbel\_kurs\_mittel.hks".

	Isozone 1	Isozone 2	Isozone 3
Fläche [km <sup>2</sup> ]	0.11	0.19	0.24
Flächenanteil [%]	20.93	35.23	43.84
WSV(60 min)	38.3	38.8	35.2
WSV(korr)	28.8	29.1	26.4



# Software-Tool HAKESCH - Features Software

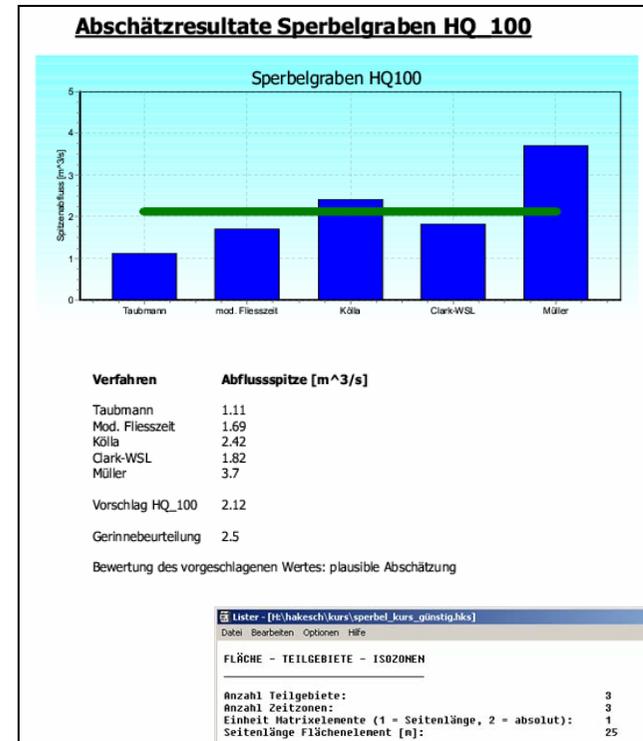
- Dateneingabe:  
Bildschirmmasken, Oberfläche  
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden
- Darstellung graphisch und  
numerisch, Exportmöglichkeiten





# Software-Tool HAKESCH - Features Software

- Dateneingabe:  
Bildschirmmasken, Oberfläche  
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden
- Darstellung graphisch und  
numerisch, Exportmöglichkeiten
- Speichern und Drucken von  
Parametern und Resultaten



Lister - [H:\hakesch\kurs\sperbel\_kurs\_günstig.hks]

Datei Bearbeiten Optionen Hilfe 89%

FLÄCHE - TEILGEBIETE - ISOZONEN

Anzahl Teilgebiete: 3  
Anzahl Zeitzonen: 3  
Einheit Matrixelemente (1 = Seitenlänge, 2 = absolut): 1  
Seitenlänge Flächenelement [m]: 25

Matrix des Zeit-Flächen-Diagramms:

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Teilgebiet 3
Isozone 1	150	30	0
Isozone 2	267	36	0
Isozone 3	289	22	66

GEBIETSBEURTEILUNG

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Teilgebiet 3
Fläche [km <sup>2</sup> ]	0.441	0.055	0.041
Flächenanteil [%]	82.1	10.2	7.7
Psi(Rickli/Forster)	0.05	0.1	0.25
alpha(Taubmann)	44	54	61
USU(Clark-WSL)	40	35	25

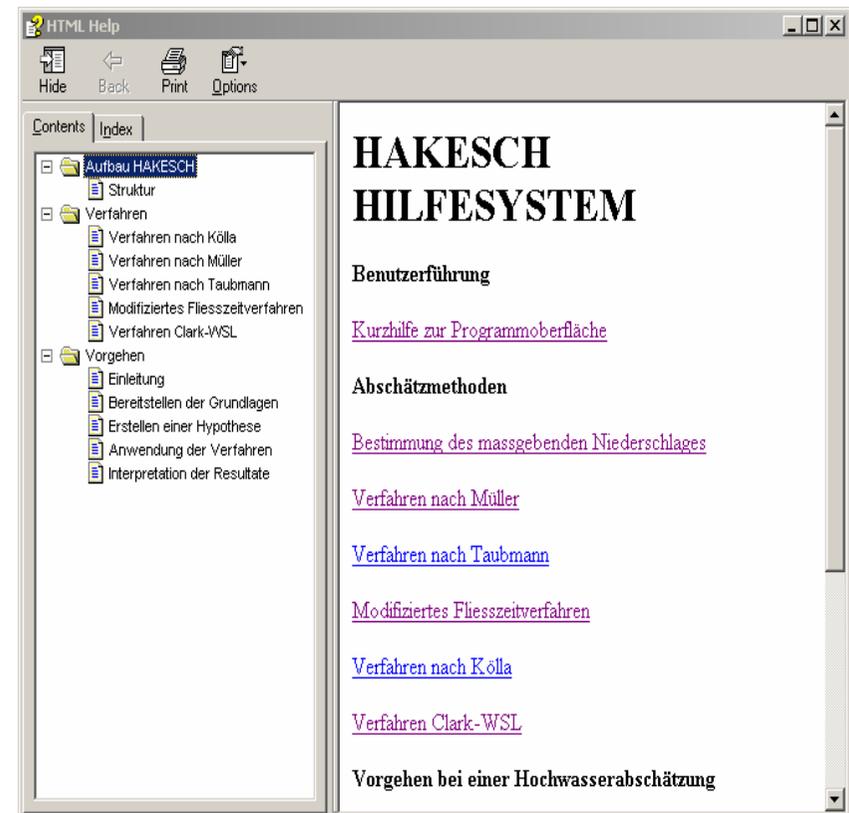
Gebietsmittel Spitzenabflusskoeffizient: 0.07  
Gebietsmittel Wasserspeichervermögen [mm]: 38.3  
komplexer, gemittelter Abflussbeiwert (Taubmann): 46.3  
Benetzungsvolumen nach Kölla [mm]: 35

HERSCHEIDENE HERGÄHRENFESTSTELLUNGEN



# Software-Tool HAKESCH - Features Software

- Dateneingabe:  
Bildschirmmasken, Oberfläche  
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden
- Darstellung graphisch und  
numerisch, Exportmöglichkeiten
- Speichern und Drucken von  
Parametern und Resultaten
- Hilfesystem





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
**Abteilung Hydrologie**

# Abschätzverfahren in HAKESCH

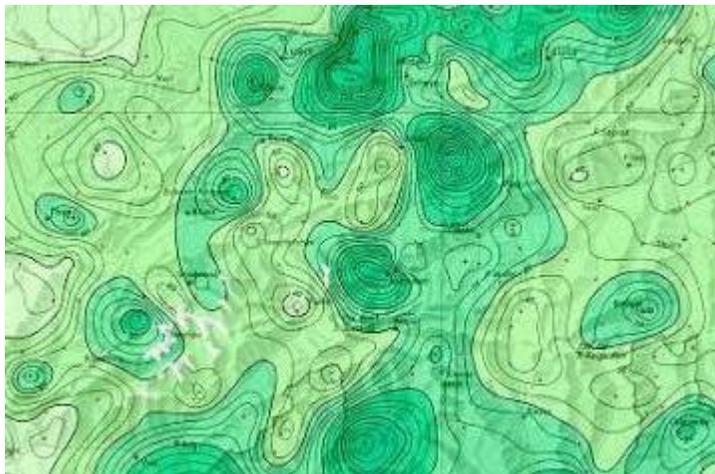
- Bestimmung des Niederschlages
- Hochwasserschätzverfahren



# Massgebende Niederschlagsintensitäten

---

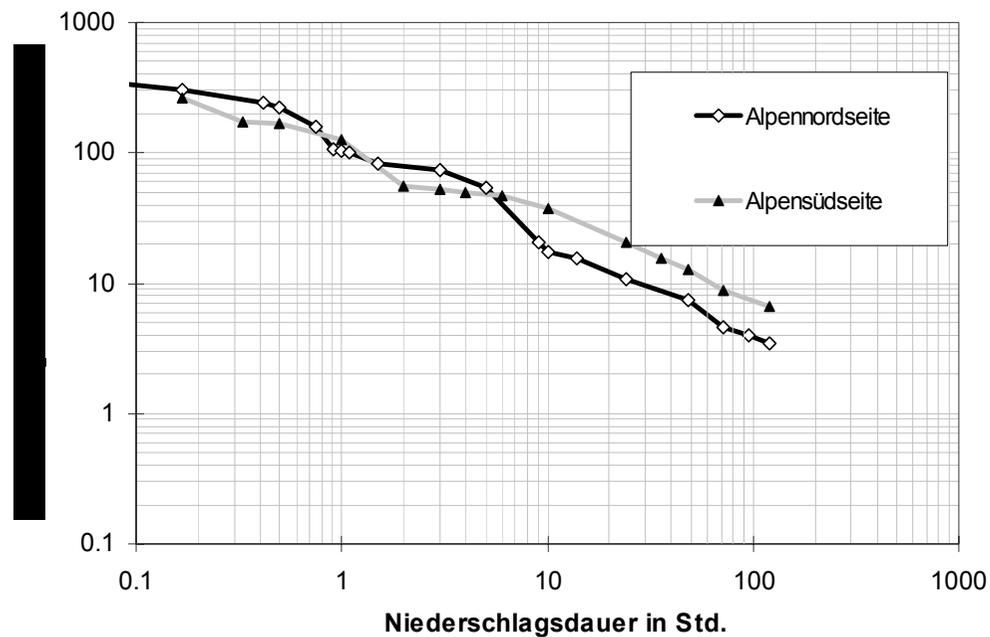
- Niederschlagsintensitäten als Input (ausser Müller)
- Bestimmung aus Starkniederschlagskarten HADES 2.4/2.4<sup>2</sup>, falls vorhanden: Auswertungen aus Gebiet
- Punktniederschlag = Gebietsniederschlag





# Massgebende Niederschlagsintensitäten

- HADES: Karte mit den höheren Werten wird verwendet
- Obere Grenze: Hüllkurve der CH-Rekorde





# Empirische Hochwasserformeln

---

$$Q_{\max} = C \cdot E^n$$

- Empirische Beziehung zwischen Hochwasserabfluss und Fläche
- Keine Jährlichkeit! „Maximal zu erwartendes Hochwasser“
- Parameter  $C$  und  $n$  repräsentieren Gebietscharakteristik



# Verfahren nach Müller (1943)

---

$$HQ_{\max} = 43 \cdot \Psi \cdot E^{2/3}$$

- Gebietscharakteristik wird über Abflusskoeffizient berücksichtigt
- Bei kleinen Einzugsgebieten sehr konservative Werte



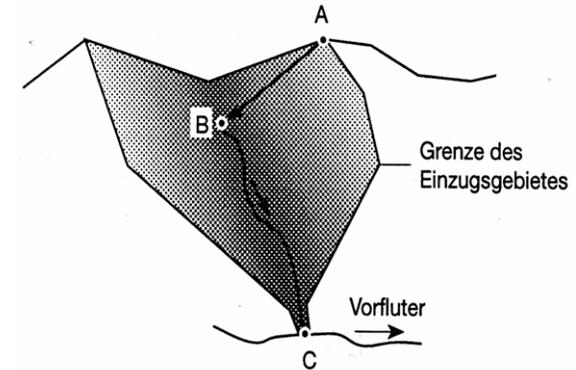
# Fließzeitverfahren

$$Q = 0.278 \cdot E \cdot \psi \cdot i(t_{R,x})$$

- Ursprung in der Siedlungswasserwirtschaft (Mulvaney 1850, Kuichling 1889, Lloyd-Davies 1906)

- Annahmen:

- Input: Blockregen
- $\text{Jährlichkeit}_{\text{Niederschlag}} = \text{Jährlichkeit}_{\text{Abfluss}}$
- Gleichmässige Überregnung des Gebietes
- Niederschlagsdauer = Konzentrationszeit





## Verfahren nach Kölla (1987)

---

$$HQ_x = [i(T_c, x) - f(T_c, x)] \cdot FL_{eff} \cdot k_G + Q_{GL}$$

- Eines der bekanntesten Verfahren
- Bestimmung von  $HQ_{20}$  und  $HQ_{100}$
- beitragende Fläche und Benetzungsvolumen: Funktion der WKP
- Konzentrationszeit = Benetzungszeit + Fließzeit
- Gebietscharakteristik: Benetzungsvolumen



# Modifiziertes Fließzeitverfahren (Forster 1992)

---

$$HQ_x = 0.278 \cdot i(T_c, x) \cdot \Psi_s \cdot E$$

- Entspricht formal dem originalen Fließzeitverfahren
- Objektive Parameterbestimmung
- Konzentrationszeit = Benetzungszeit (Kölla) + Fließzeit (Kirpich)
- Gebietscharakteristik: Spitzenabflusskoeffizient  $\Psi_s$  und Benetzungsvolumen nach Kölla



# Verfahren nach Taubmann (1985)

---

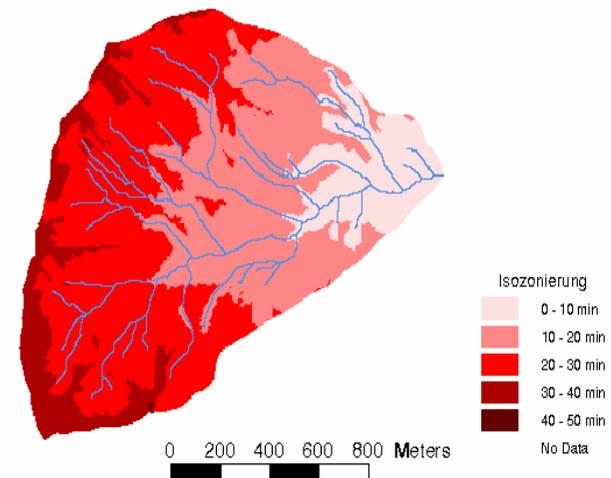
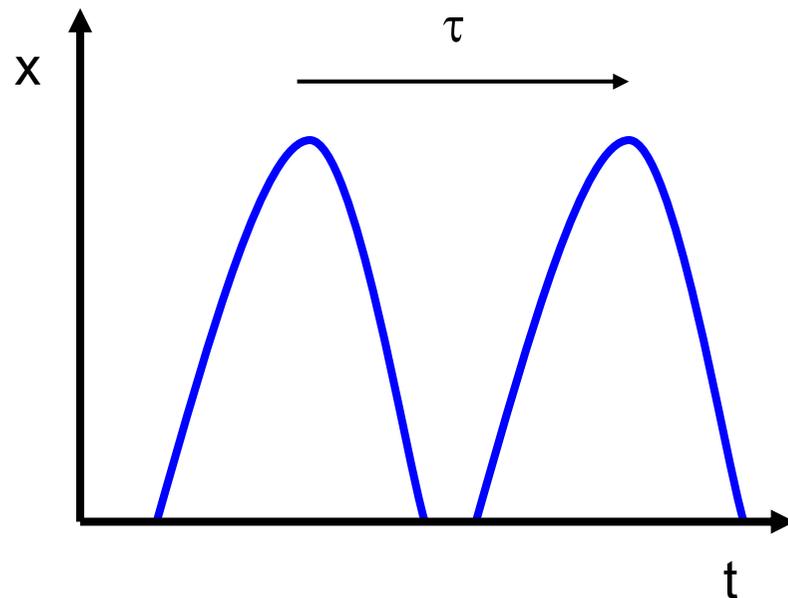
$$HQ_{t,T} = A \cdot X(t, T, \alpha) \cdot Y(t, T) \cdot Z(t)$$

- Fließzeitverfahren: Regendauer = Konzentrationszeit → Abfluss maximal
- Gebietscharakteristik: Curve Number-Verfahren → hauptsächlich in landwirtschaftlichen Gebieten getestet
- Bei kleinen Einzugsgebieten sehr niedrige Werte
- Berechnung einer Ganglinie möglich



# Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

- Neuestes der hier vorgestellten Verfahren
- Verfahren basiert auf den Konzepten von linearer Translation...

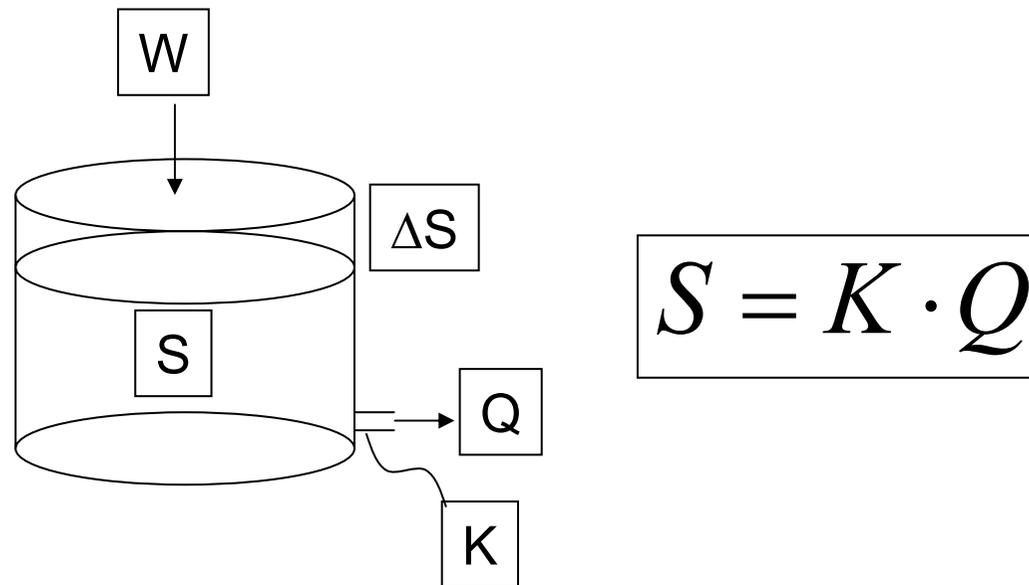




# Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

---

- Neuestes der hier vorgestellten Verfahren
- Verfahren basiert auf den Konzepten von linearer Translation...
- ...und linearer Speicherung

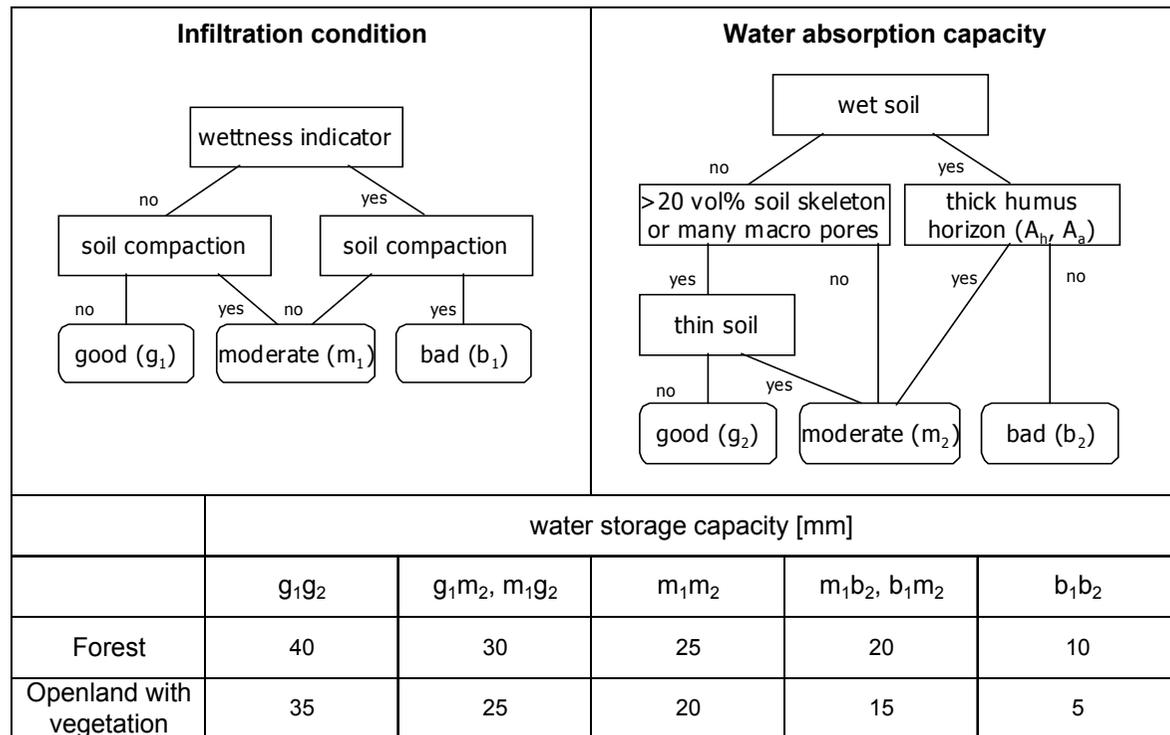


- Inputfunktion W: Effektivniederschlag pro Zeitschritt und Teilfläche



# Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

- Gebietscharakteristik:
  - Wasserspeichervermögen WSV  $\rightarrow \Psi_v$



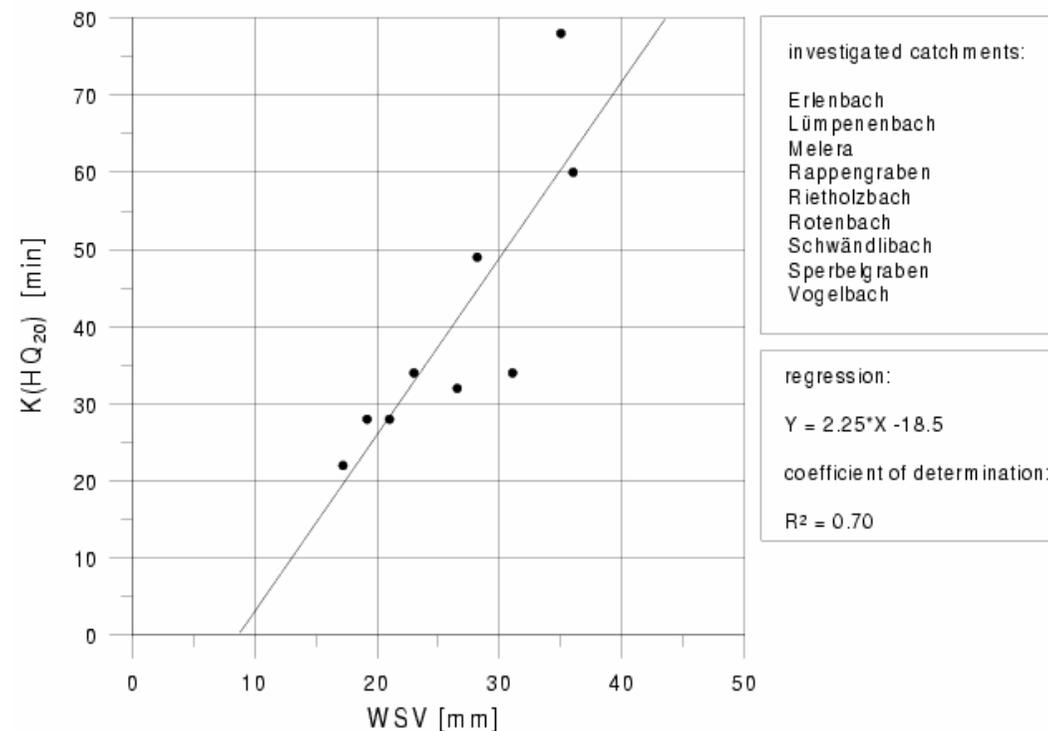
$$\Psi_{Vol} = \frac{N_{eff}}{N}$$

$$N_{eff} = \frac{(N - 0.2 \cdot WSV)}{N + 0.8 \cdot WSV}$$



# Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

- Gebietscharakteristik:
  - Wasserspeichervermögen WSV  $\rightarrow \Psi_v$
  - Speicherkonstante K





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

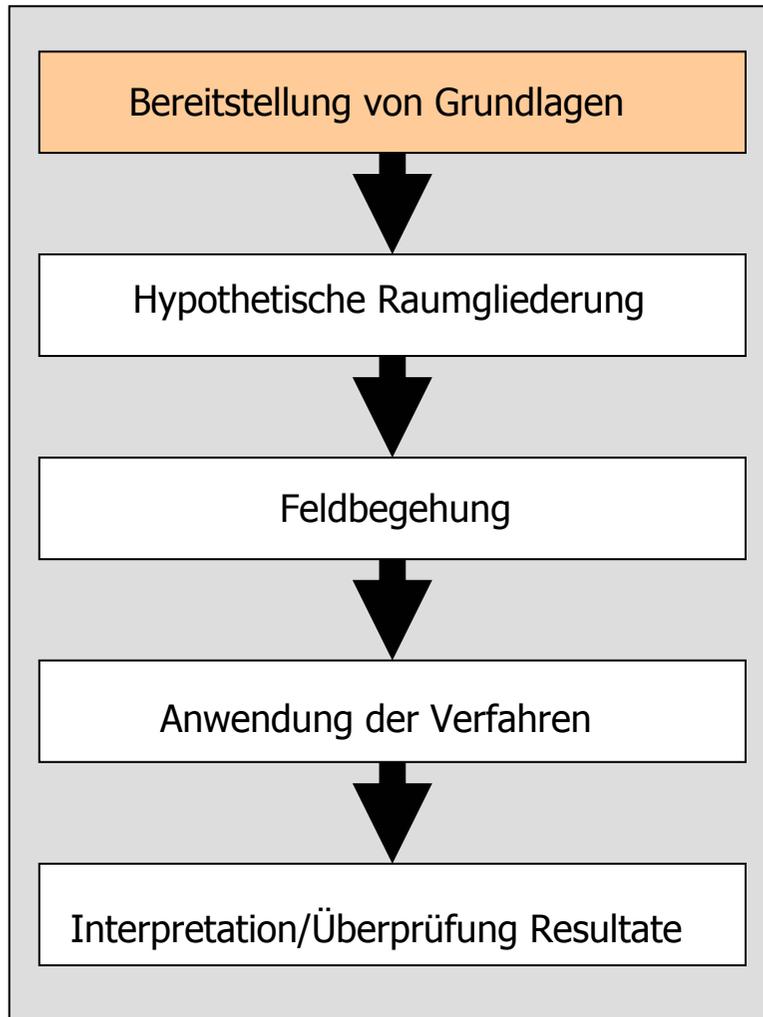
Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
**Abteilung Hydrologie**

# Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten - Vorgehen



# Vorgehen bei der Hochwasserabschätzung



Karten (Topographie, Bodeneignungskarte, HADES), digitale Daten (DHM), Gebietsbeschreibungen

Ermittlung provisorischer Parameter, räumliche Verteilung skizzieren

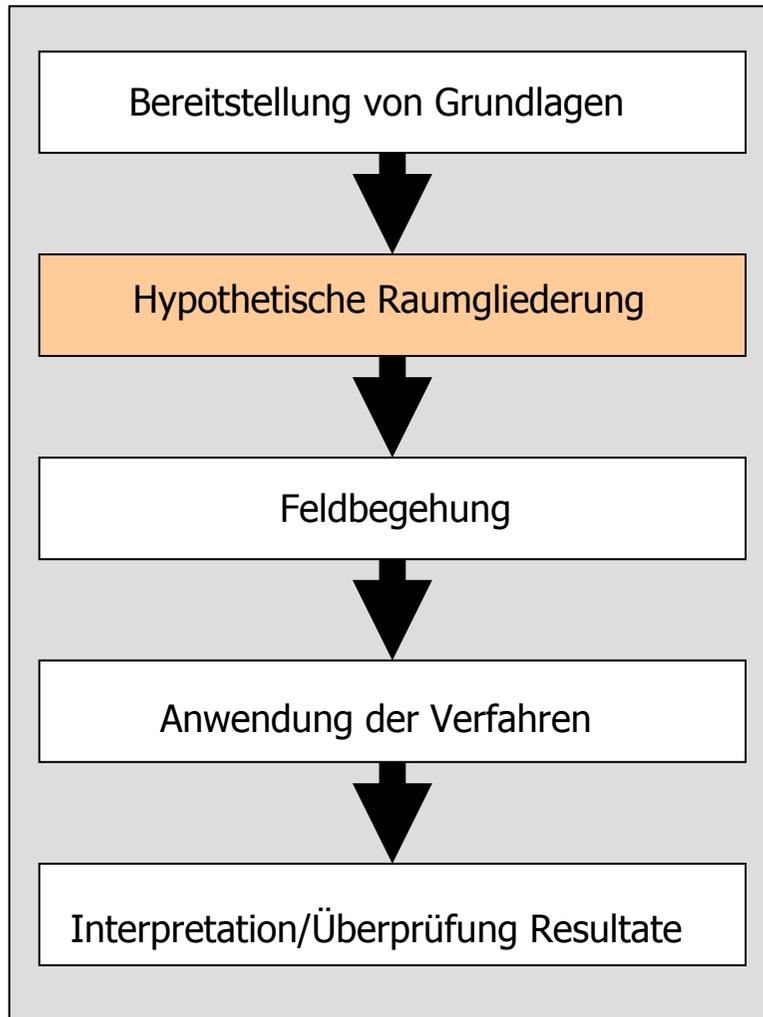
Beurteilung von Boden, Vegetation und Gerinne; Ergänzung, Verfeinerung und Verifizierung der Hypothese

Ermittlung definitiver Parameter, Berechnung der Abschätzungsergebnisse gemäss Forster und Hegg (2000) → HAKESCH

Abschätzung im Gerinne, ev. Berücksichtigung historischer Ereignisse



# Vorgehen bei der Hochwasserabschätzung



Karten (Topographie, Bodeneignungskarte, HADES), digitale Daten (DHM), Gebietsbeschreibungen

Ermittlung provisorischer Parameter, räumliche Verteilung skizzieren

Beurteilung von Boden, Vegetation und Gerinne; Ergänzung, Verfeinerung und Verifizierung der Hypothese

Ermittlung definitiver Parameter, Berechnung der Abschätzungsergebnisse gemäss Forster und Hegg (2000) → HAKESCH

Abschätzung im Gerinne, ev. Berücksichtigung historischer Ereignisse



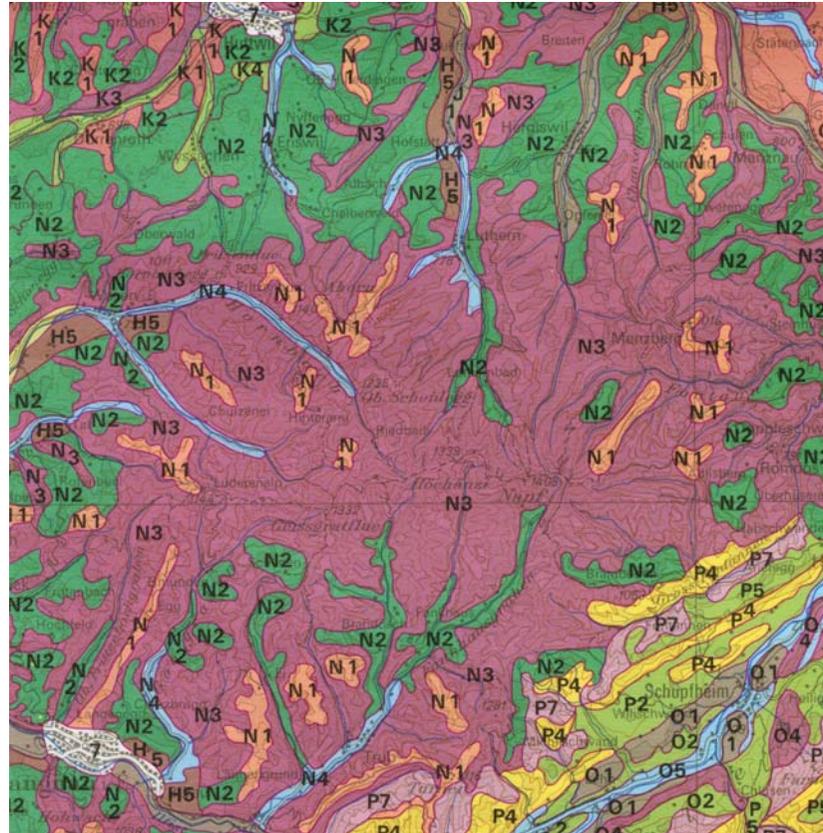
# Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete

---

- Kleine Einzugsgebiete:  $<5$  (–  $10$ )  $\text{km}^2$
- Kleinräumige Variabilität der Gebietseigenschaften
  - Emme  $\leftrightarrow$  Sperbelgraben
- Ungenügende Datengrundlagen
  - Auflösung



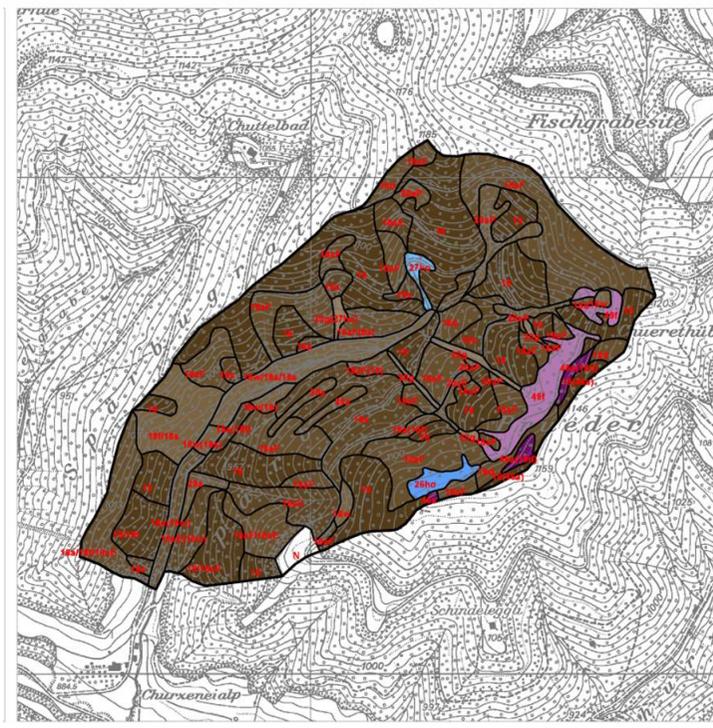
# Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete



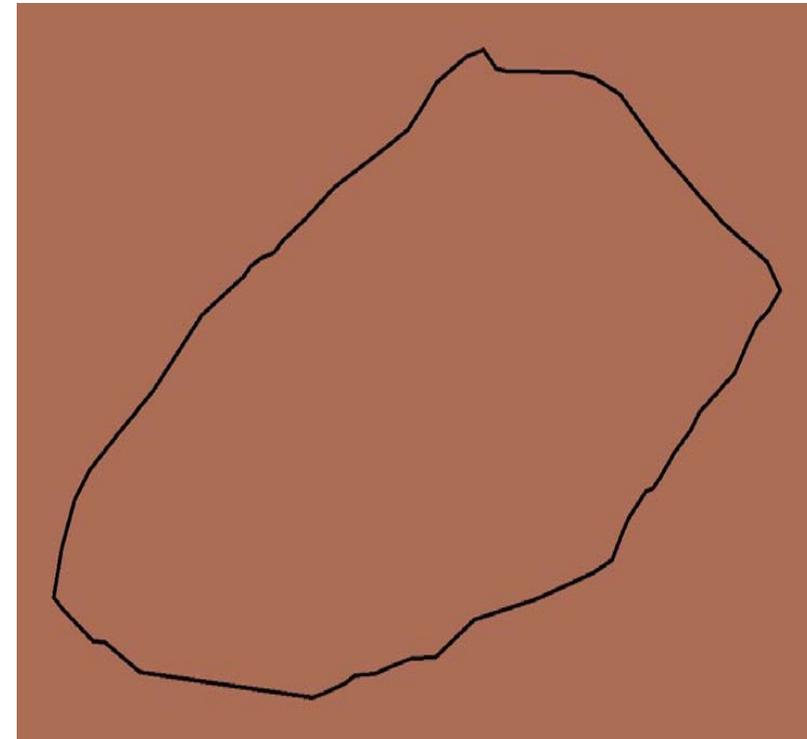
Ausschnitt Bodeneignungskarte Napfgebiet  
Original-Massstab: 1:200'000



# Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete



Karte der Waldstandorttypen...  
Original-Massstab: 1:5'000



...und Ausschnitt Bodeneignungskarte  
Original-Massstab: 1:200'000



# Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete

---

Problem:

- Räumliche Informationen sind flächendeckend vorhanden  
→ zu grob für direkte Verwendung

Ausweg:

- Kombination vorhandener Informationen  
→ Erstellen einer hypothetischen Raumgliederung

Notwendig

- Definitive Festlegung der Verfahrensparameter für HAKESCH  
→ Beurteilung des Einzugsgebietes während Begehung



# Vorgehen – Bereitstellen von Grundlagen

---



- Überblick über das Einzugsgebiet
- Provisorisches Festlegen der Parameter (räumliche Verteilung!)
- Drei Hauptquellen:
  - Kartenwerke / digitale räumliche Daten
  - Gebietsbeschreibungen
  - Informationen durch Anwohner



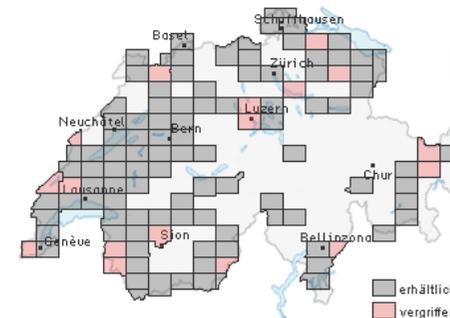
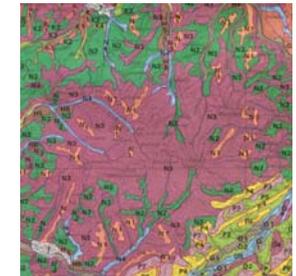
# Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke



- Konventionelle Kartenwerke:

- Landeskarte der Schweiz 1:25'000
- Bodeneignungskarte 1:200'000
- Bodennutzungskarte 1:300'000
- Blätter Geologischer Atlas 1:25'000 (teilweise)

→ Problem: Massstab

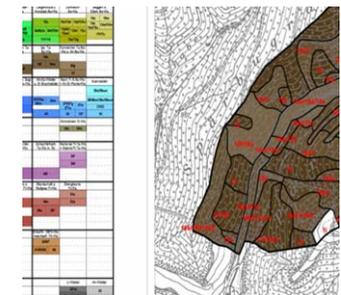




# Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke



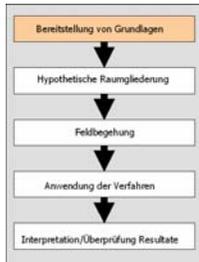
- Konventionelle Kartenwerke:
  - Höher aufgelöste Informationen sind zum Teil vorhanden
    - Bsp. Kanton Zürich → Bodenkarte 1:5'000
  - Fachspezifische Kartierungen
    - Geomorphologie
    - Standort-/Vegetationskunde
  - Kartenblätter Hydrologischer Atlas
    - Starkniederschlagskarten 2.4 / 2.4<sup>2</sup>





# Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke

---

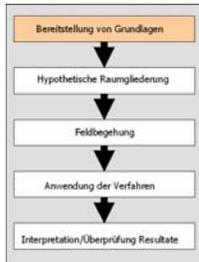


- Digitale räumliche Informationen:
  - Einsatz eines GIS
    - Verschneiden von Informationen → Verfeinerung der Hypothese
  - Flächendeckend vorhanden:
    - Pixelkarte 1:25'000
    - DHM25 (Kt. Bern DHM10)
    - Vereinfachte Geotechnische Karte der Schweiz
    - Digitale Bodeneignungskarte der Schweiz
    - Starkniederschlagskarten HADES



# Bereitstellen von Grundlagen - Gebietsbeschreibungen

---



- häufig zusammen mit Spezialkartierungen (Geologie, Bodenkunde)
- Ereigniskataster, Chroniken, Zeitungsarchive  
→ Plausibilisierung der Abschätzresultate



# Bereitstellen von Grundlagen - Anwohnerinformationen

---

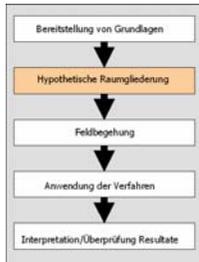


- Kontakt zu Anwohnern, Landwirten, Forstarbeitern
  - Weideflächen? Bewirtschaftung?
- Unwetterereignisse in der Vergangenheit
  - Hochwassermarken
  - Niederschlagsmessungen
- Besonderheiten im Einzugsgebiet



# Hypothetische Raumgliederung – Weshalb?

---



- Problem: Wenig Zeit für Feldbegehung → Vorbereitung bringt Zeitersparnis
- Gesamtheit der Grundlageninformationen  
→ Verdichtung und Interpretation zu einer hypothetischen Raumgliederung
- Ziel: Ausscheidung von Flächen mit ähnlichen hydrologischen Eigenschaften
- Objektivität der Beurteilung
  - Verschiedene Bearbeiter → ähnliche Beurteilung
  - Reproduzierbarkeit der Resultate

**→ Kriterien für Beurteilung?**

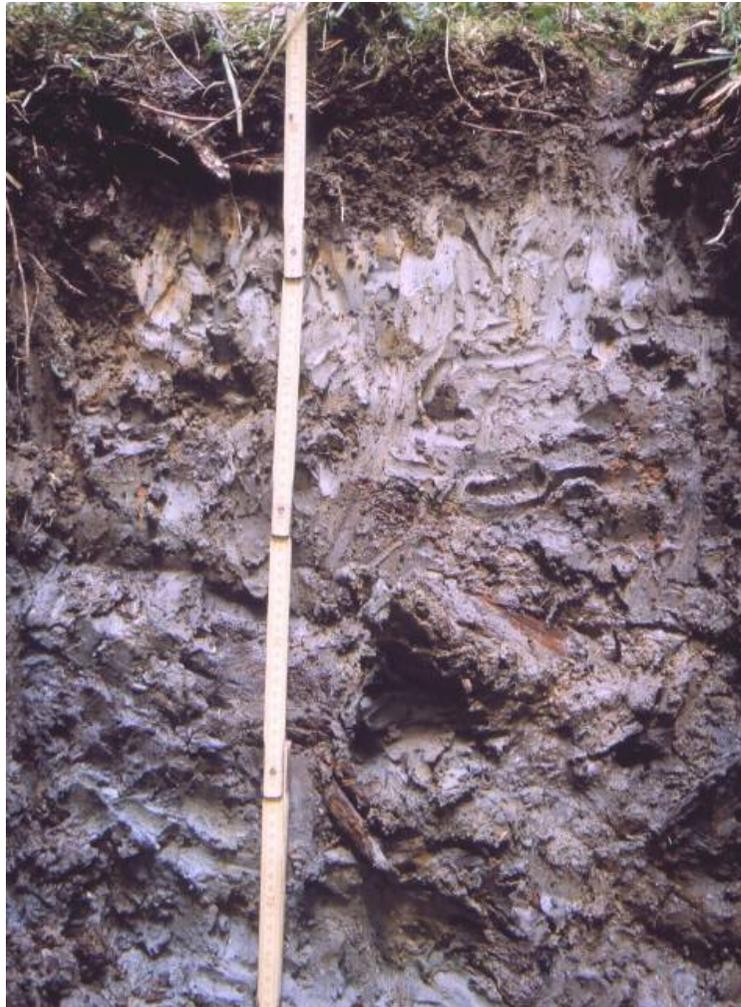




# Vernässung – Wie bestimmen?



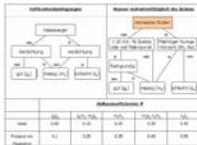
Klassifizierungskriterien		Bewertung			
		Kategorie 1		Kategorie 2	
		1	2	3	4
Kategorie	1	0,0	0,5	1,0	1,5
	2	0,5	1,0	1,5	2,0
Prozent	1	0,0	0,5	1,0	1,5
	2	0,5	1,0	1,5	2,0





# Vernässung – Wie bestimmen?

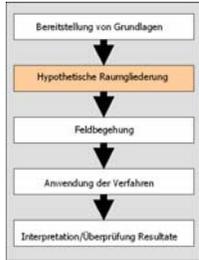
---



- Kriterium ist erfüllt, wenn vernässte Flächen identifiziert werden können
- Vernässung = hohe natürliche Wassersättigung  
→ kleines mobilisierbares Zusatzvolumen  
→ Infiltrationsvermögen reduziert
- Böden mit geringer Durchlässigkeit (Gley, Pseudogley und Stagnogley)



# Nässezeiger– Wie bestimmen?



Indikatoren		Nässe-Indikatoren	
Indikator	Wert	Indikator	Wert
Waldschicht	1,0	Waldschicht	1,0
Waldschicht	2,0	Waldschicht	2,0
Waldschicht	3,0	Waldschicht	3,0
Waldschicht	4,0	Waldschicht	4,0
Waldschicht	5,0	Waldschicht	5,0
Waldschicht	6,0	Waldschicht	6,0
Waldschicht	7,0	Waldschicht	7,0
Waldschicht	8,0	Waldschicht	8,0
Waldschicht	9,0	Waldschicht	9,0
Waldschicht	10,0	Waldschicht	10,0



Riesenschachtelhalm



Waldbinse



Sumpfbaldrian



Schwarzerle



Grosses Haarmützenmoos



Sumpfdotterblume

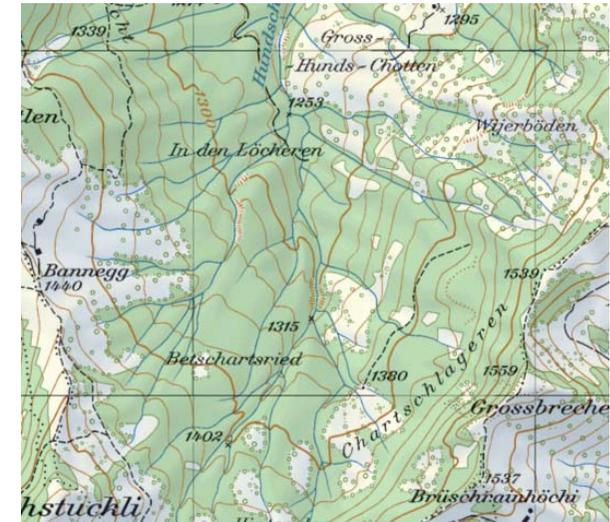


# Nässezeiger – Wie bestimmen?



Klassifizierung		Kriterien	
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

- Kriterium ist erfüllt, falls Nässezeiger den Aspekt der Vegetation bestimmen
- Eng mit Vernässung verknüpft
- Für sich jahreszeitlich schwierig bestimmbar
- Vernässung/Nässezeiger → Ableiten aus:
  - Geologie
  - Bodeneignungskarte
  - hohe Gerinnenetzdichte
  - kleinräumige Topographie
  - LK25: Signatur „Sumpf“





# Verdichtung – Wie bestimmen?



Lithologisches Profil		Boden- und Grundwasserstand	
Horizont	Profil	Profil	Stand
1	0-10 cm	1	0-10 cm
2	10-20 cm	2	10-20 cm
3	20-30 cm	3	20-30 cm
4	30-40 cm	4	30-40 cm
5	40-50 cm	5	40-50 cm
6	50-60 cm	6	50-60 cm
7	60-70 cm	7	60-70 cm
8	70-80 cm	8	70-80 cm
9	80-90 cm	9	80-90 cm
10	90-100 cm	10	90-100 cm



Maschinelle Bewirtschaftung

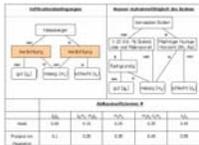


Viehtritt



# Verdichtung – Wie bestimmen?

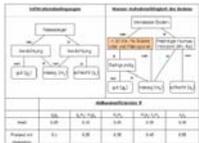
---



- Kriterium ist erfüllt, falls Hinweise (Maschinenspuren, Viehtritt, Skipisten) auf Verdichtung zu finden sind.
- Verdichtung → starke mechanische Beanspruchung des Bodens
- Reduktion von Infiltrationsfähigkeit und Porenraum
- Feinkörnige, feuchte Böden anfälliger als trockene, skelettreiche Böden
- Gewisse zeitliche Variabilität
- Ableiten aus Bewirtschaftung, Landnutzung



# Skelettgehalt – Wie bestimmen?









# Makroporen – Wie bestimmen?



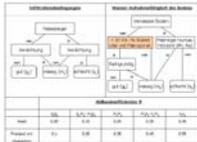
Lithologisches Profil		Merkmal: Aufnahmefähigkeit des Bodens	
Horizont	Profil	Horizont	Profil
0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
10-20 cm	10-20 cm	10-20 cm	10-20 cm
20-30 cm	20-30 cm	20-30 cm	20-30 cm
30-40 cm	30-40 cm	30-40 cm	30-40 cm
40-50 cm	40-50 cm	40-50 cm	40-50 cm
50-60 cm	50-60 cm	50-60 cm	50-60 cm
60-70 cm	60-70 cm	60-70 cm	60-70 cm
70-80 cm	70-80 cm	70-80 cm	70-80 cm
80-90 cm	80-90 cm	80-90 cm	80-90 cm
90-100 cm	90-100 cm	90-100 cm	90-100 cm





# Makroporen – Wie bestimmen?

---

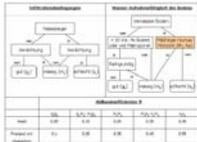


- Kriterium erfüllt, wenn Skelettgehalt > 20 Vol.-% oder viele Makroporen
- Makroporen → erhöhte Infiltration bzw. Perkolation
- Entstehen u.a. durch Schwundrisse, Bioturbation, Wurzelgänge
- Schwierig postulierbar → Feldbegehung (Maulwurfhügel, Profil graben), ev. Gebietsbeschreibung



# Humushorizont – Wie bestimmen?

---

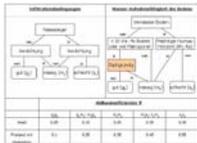
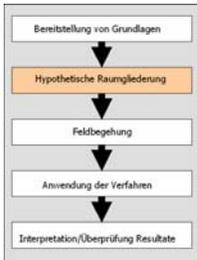


- Mächtiger Humushorizont (>20 cm) → erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit
- Ebenfalls schwierig postulierbar → Feldbegehung, ev. Gebietsbeschreibung



# Gründigkeit – Wie bestimmen?

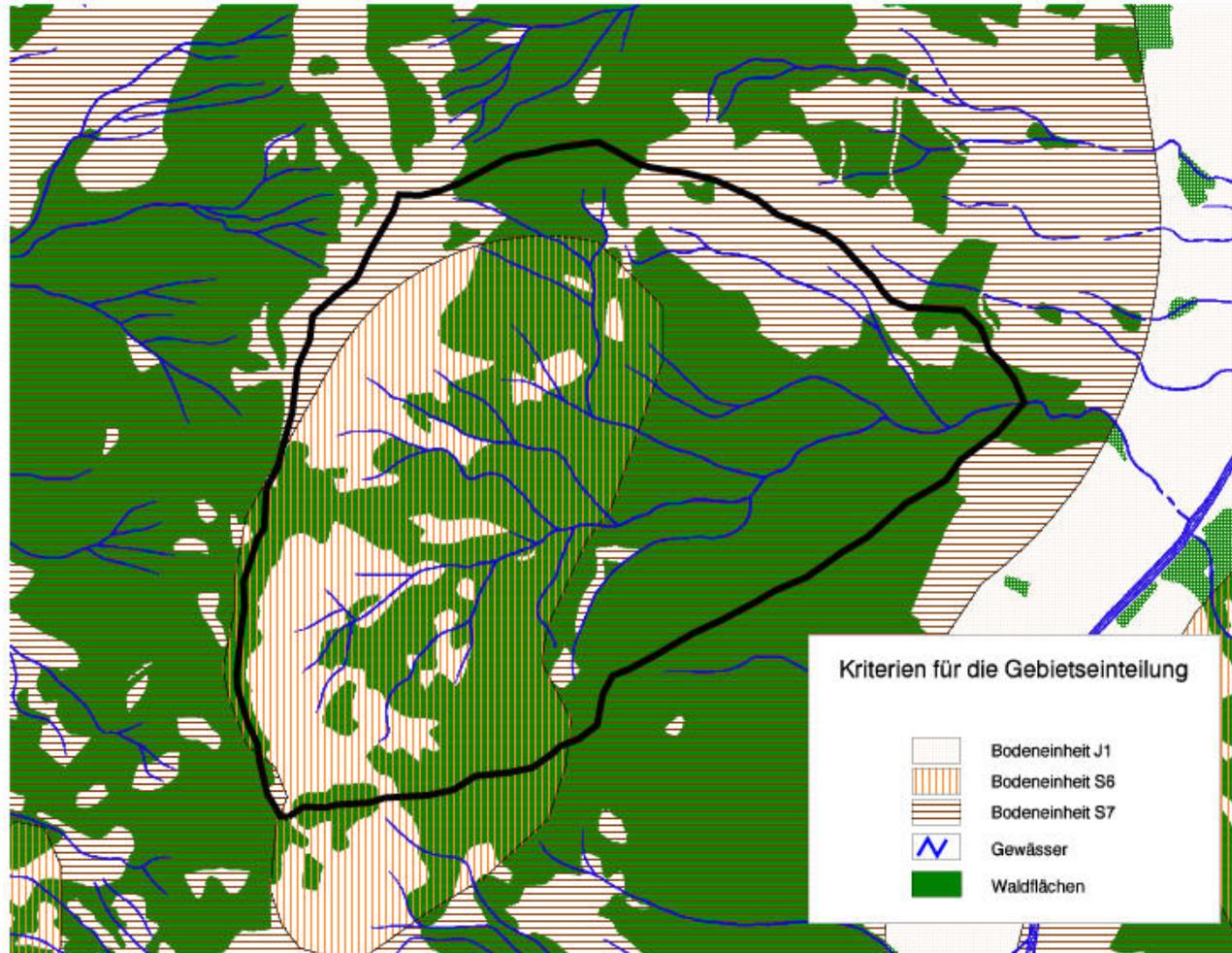
---



- Flachgründiger Boden (<40 cm) → verminderte Wasseraufnahmefähigkeit
- Ableiten über entsprechend charakterisierte Einheiten der Bodeneignungskarte



# Hypothese der Gebietsbeurteilung → Zusammentragen der Grundlageninformationen





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

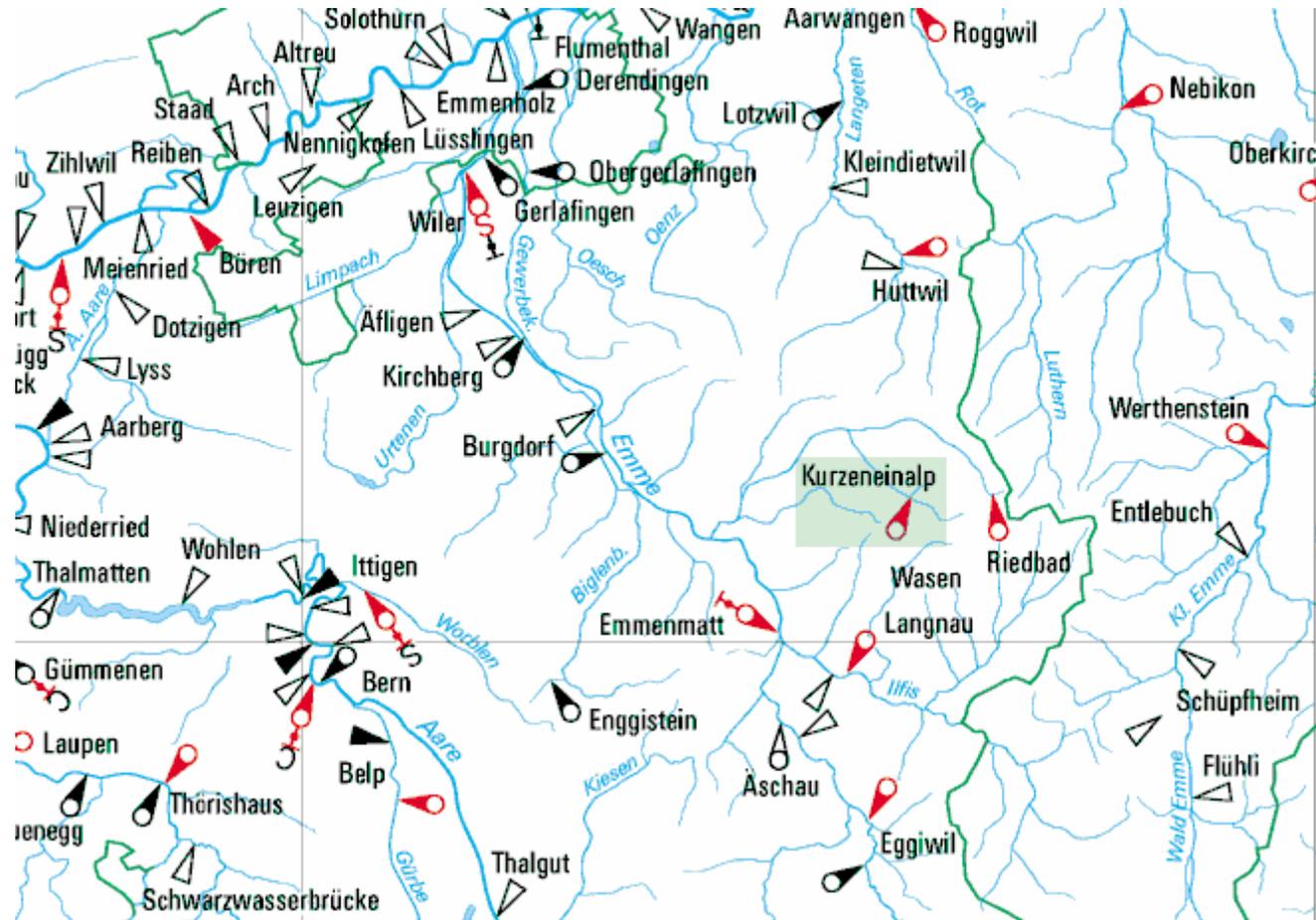
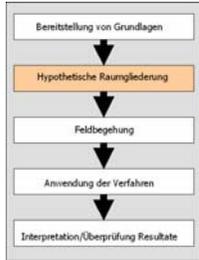
Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
Abteilung Hydrologie

# Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten - Feldbegehung Sperbelgraben



# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

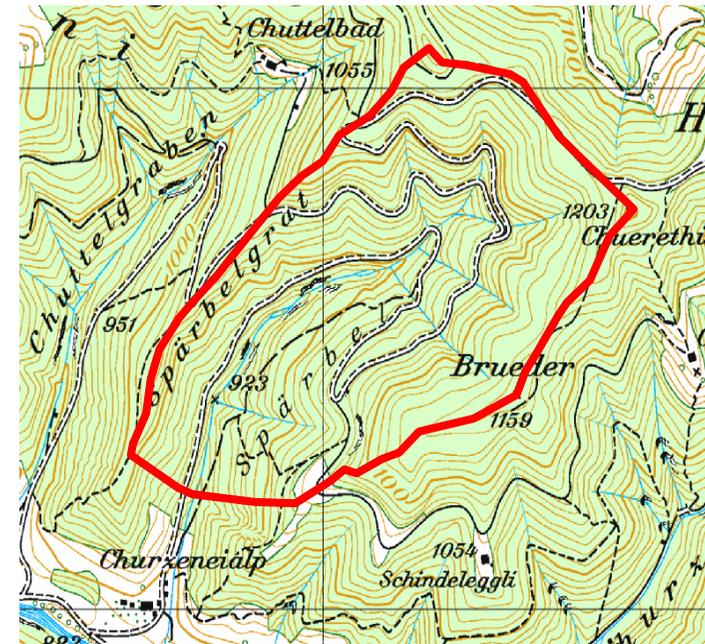
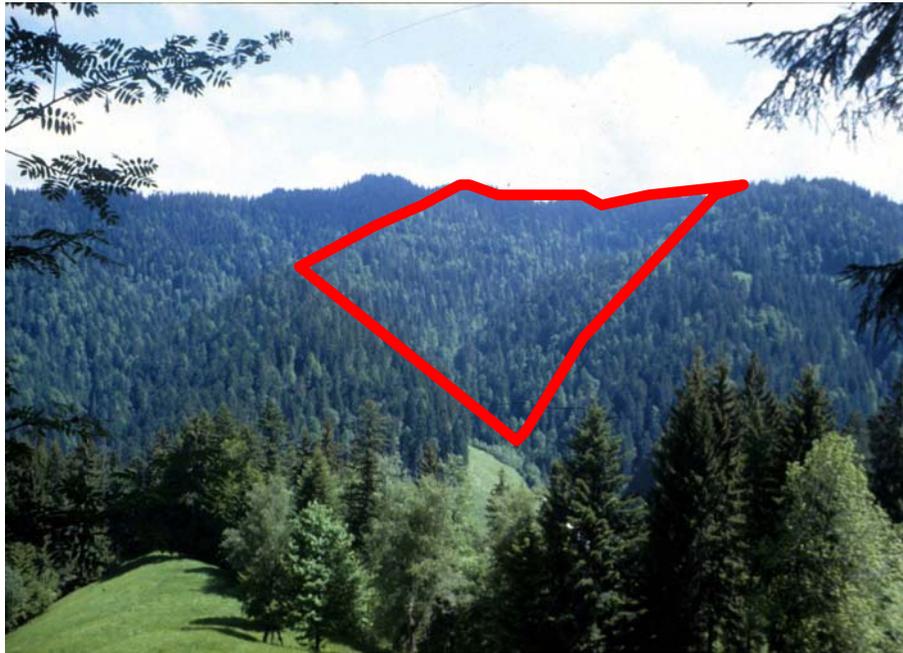




# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



- Landeskarte 1:25'000:
  - Praktisch vollständig bewaldet

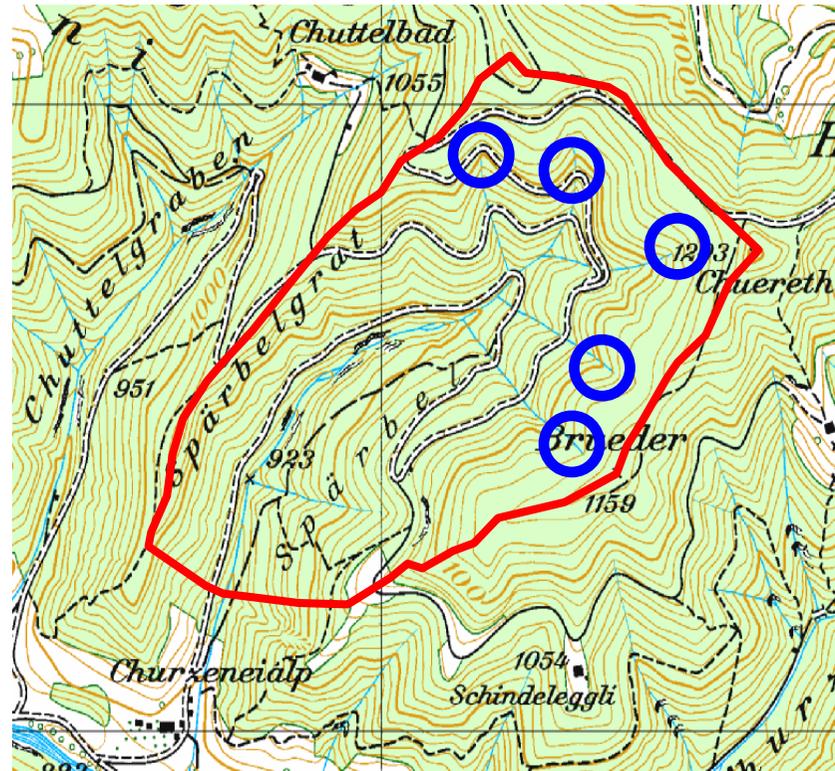




# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



- Landeskarte 1:25'000:
  - Praktisch vollständig bewaldet
  - Gerinne entspringen auf 1110 – 1130 m.ü.M. → Quellhorizont?

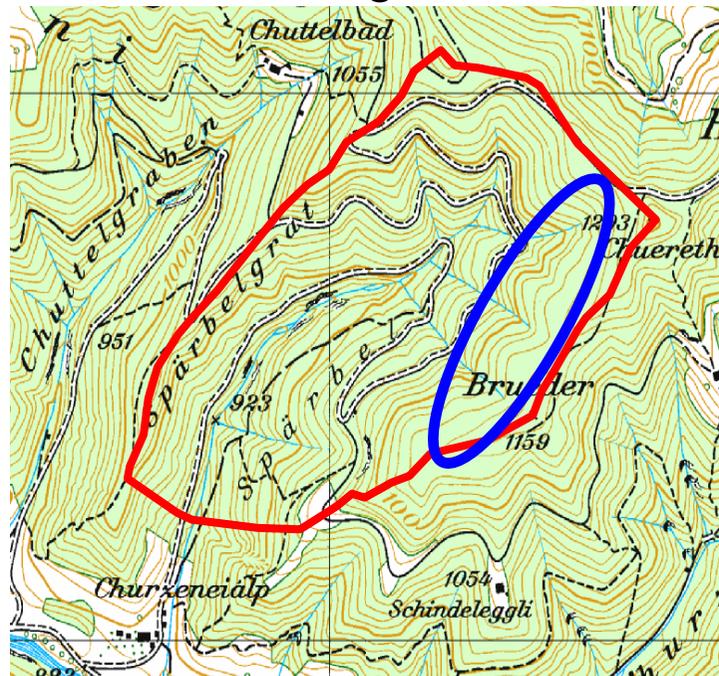




# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



- Landeskarte 1:25'000:
  - Praktisch vollständig bewaldet
  - Gerinne entspringen auf 1110 – 1130 m.ü.M. → Quellhorizont?
  - Vor allem orographisch linksseitig Ansätze zur Terrassierung, korrespondiert mit allfälligem Quellhorizont



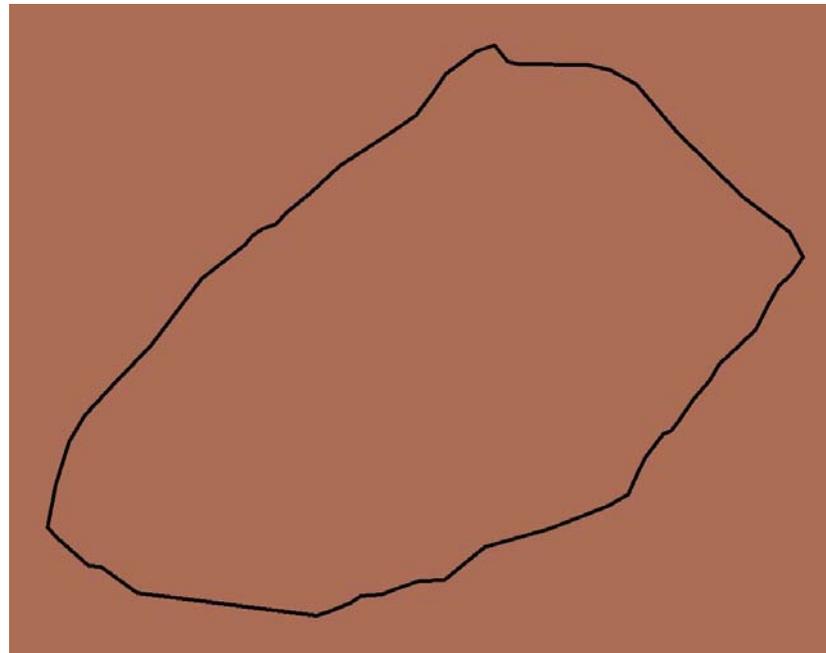


# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

---



- Bodeneignungskarte der Schweiz
  - Einheit N3 im Gebiet ausgewiesen:
    - Mittlere Gründigkeit, Skelettgehalt bis 20 %
    - Mässiges Speichervermögen, normale Durchlässigkeit

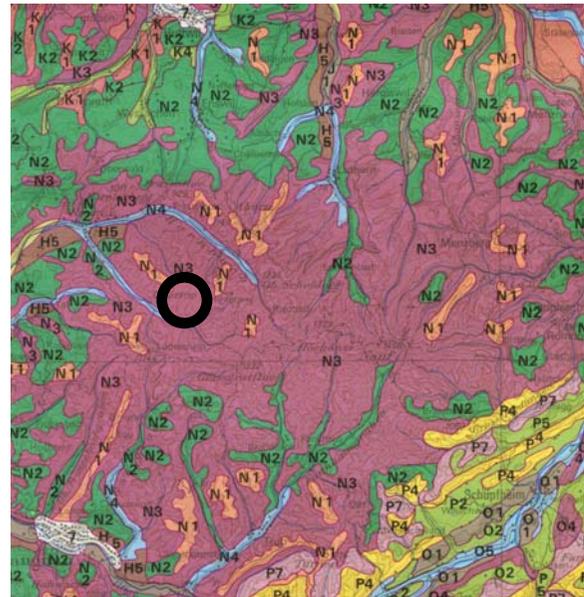




# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



- Zoom aus Gebiet heraus → 4 Einheiten:
  - N1: Kuppen, Verflachungen → etwas trockener
  - N2: Hanglagen < 35 % → tiefere Gründigkeit, gute Speicherfähigkeit
  - N3: Steilhänge > 35 %
  - N4: Mulden, Akkumulationsrinnen → grundnass





# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

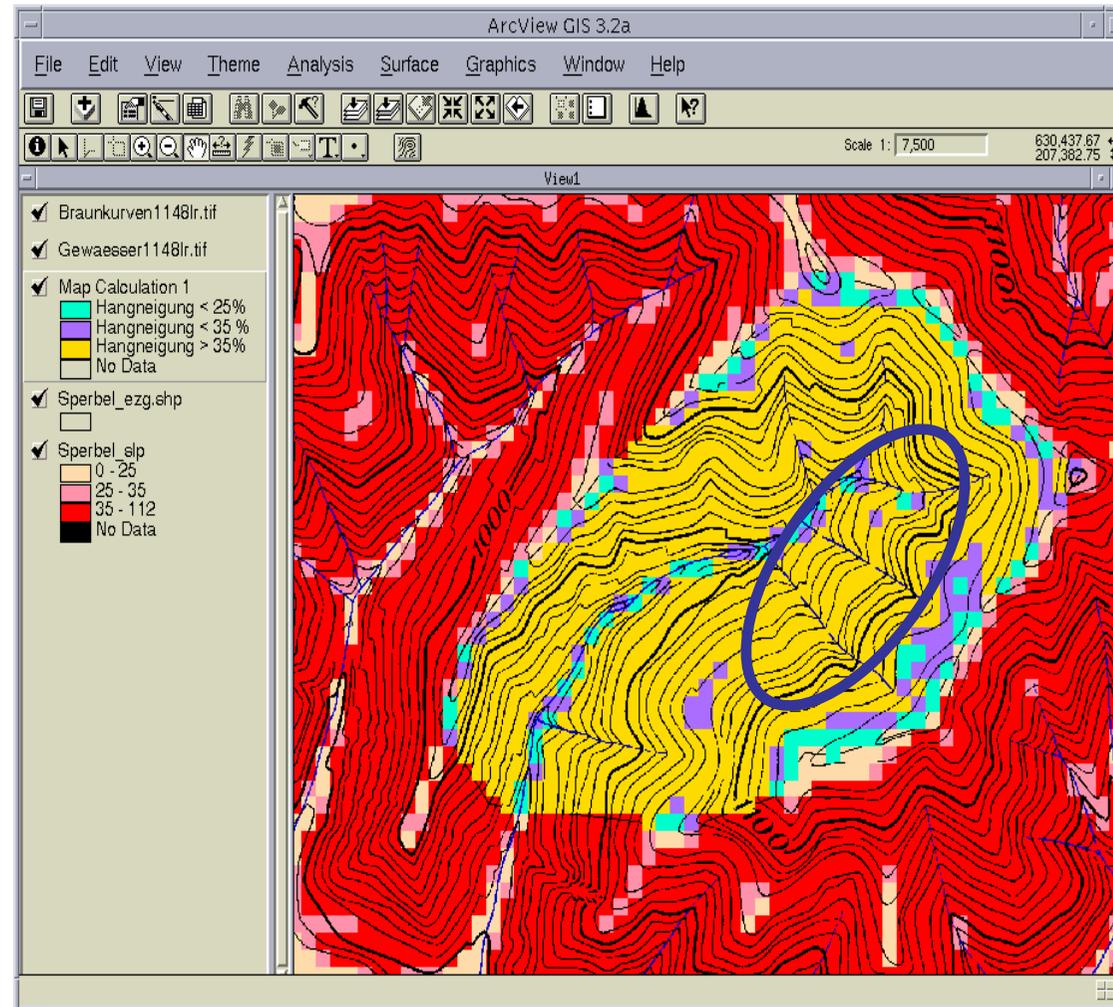
---



- Bodeneignungskarte der Schweiz
  - Wasserspeicherfähigkeit:  $N1 > N2 > N3 > N4$
  - Unterschiede jedoch klein



# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben





# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

---



- Geologie
  - Napfgebiet: Schuttfächer der Ur-Aare, obere Süsswassermolasse (OSM)
  - wechselnde Bänke von Nagelfluh-Konglomeraten und dünneren Mergelschichten
  - Unterschiedliche Anfälligkeit auf Verwitterung von Nagelfluh und Mergelschichten → Terrassierung
  - Leichtes Einfallen der Schichten nach NW



# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

---



- Fragen, die bei der Feldbegehung geklärt werden müssen:
  - Unterscheidung Hang – Krete?
  - Akkumulationsflächen (= Einheit N4) entlang Gerinne? mit Tendenz zur Vernässung?
  - Undurchlässige Schicht an orographisch linker Seite?



# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

---

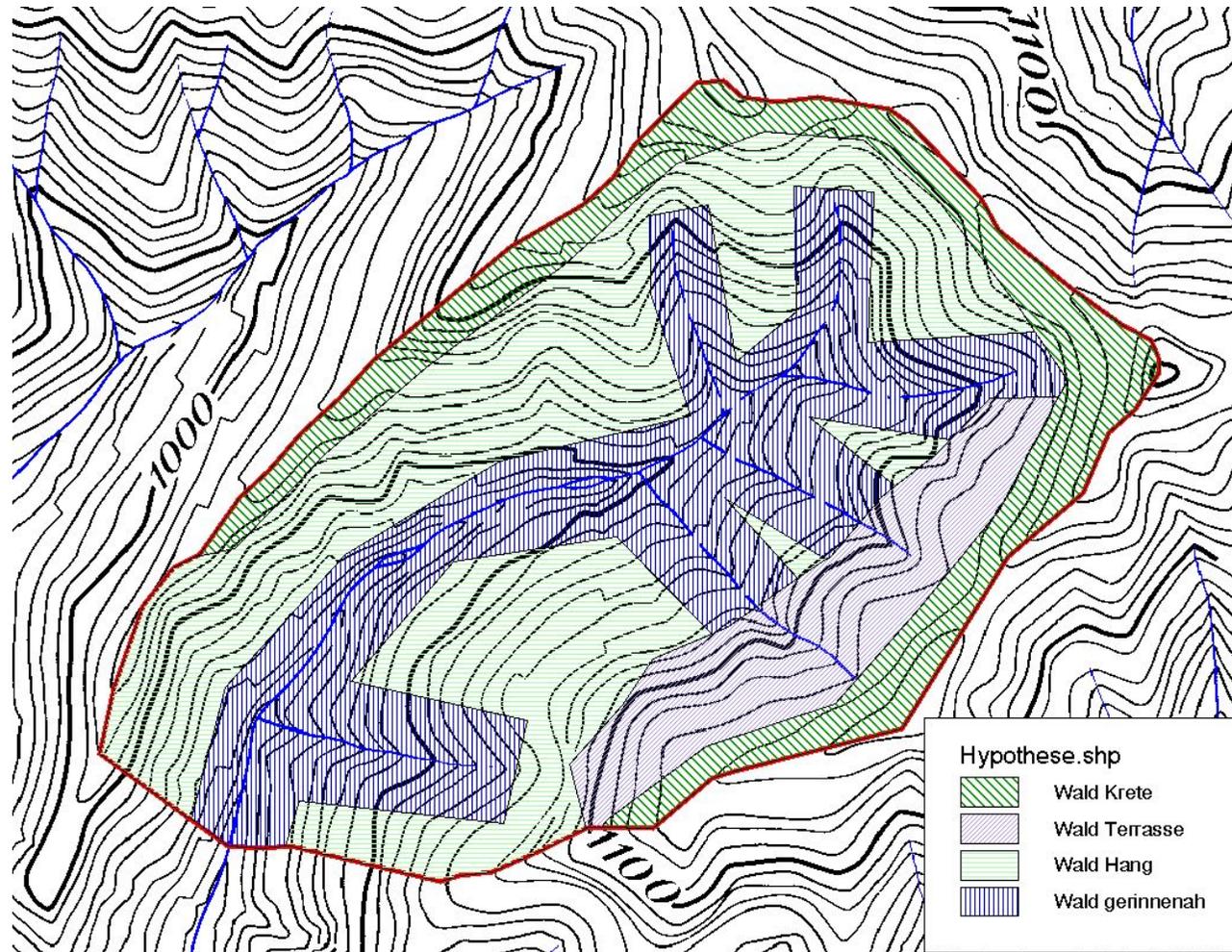


Zusammenfassung:

- Einzugsgebiet komplett bewaldet
- Kretenbereich: hydrologisch am günstigsten
- Hänge: leicht ungünstigere Beurteilung. Zeigt sich Unterschied im Schema?
- Gerinnenahe Bereiche: Vernässung? Eingrenzen im Feld!
- Terrassen: Vernässung? Gleyige Böden? Eingrenzen im Feld!
  
- Generell dürften grosse Flächen mit günstig bis sehr günstig beurteilt werden
- Unsicherheit: Makroporen-/Skelettgehalt.  $g_1g_2$  oder  $g_1m_2$  ?



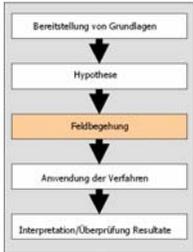
# Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben





# Wichtig für die Feldbegehung:

---



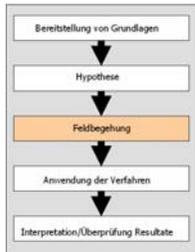
Kriterien müssen nicht nur lokal,  
sondern in der Fläche erfüllt sein!

Einzelne Wagenspur  
→ keine verdichtete Fläche

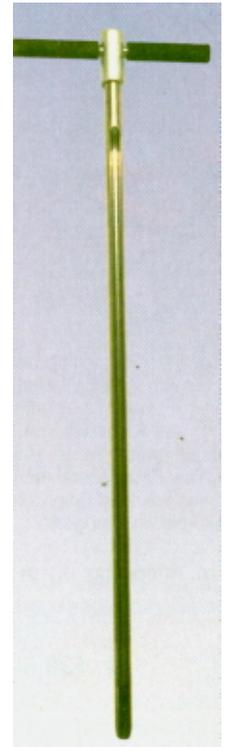


# Wichtig für die Feldbegehung:

---

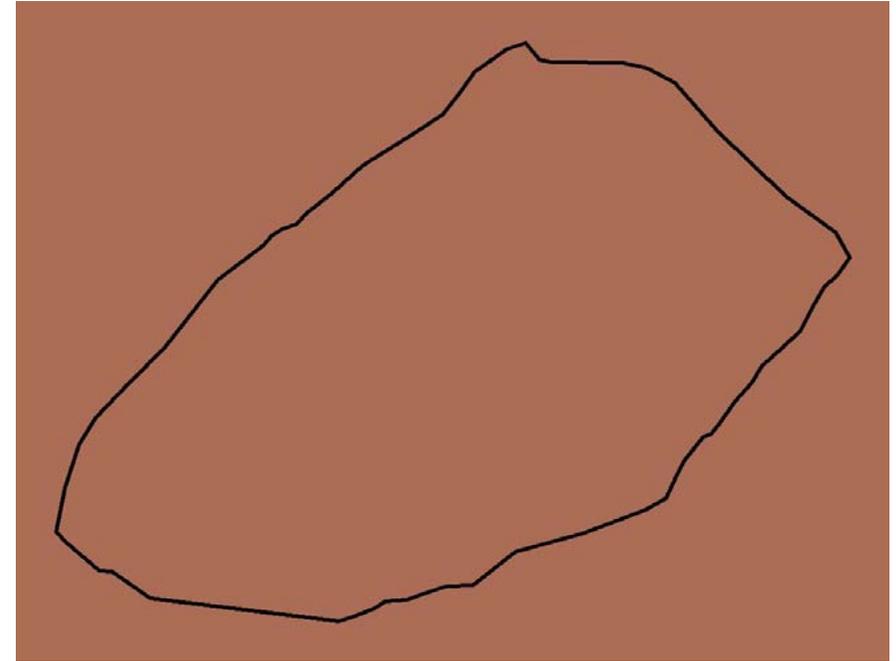
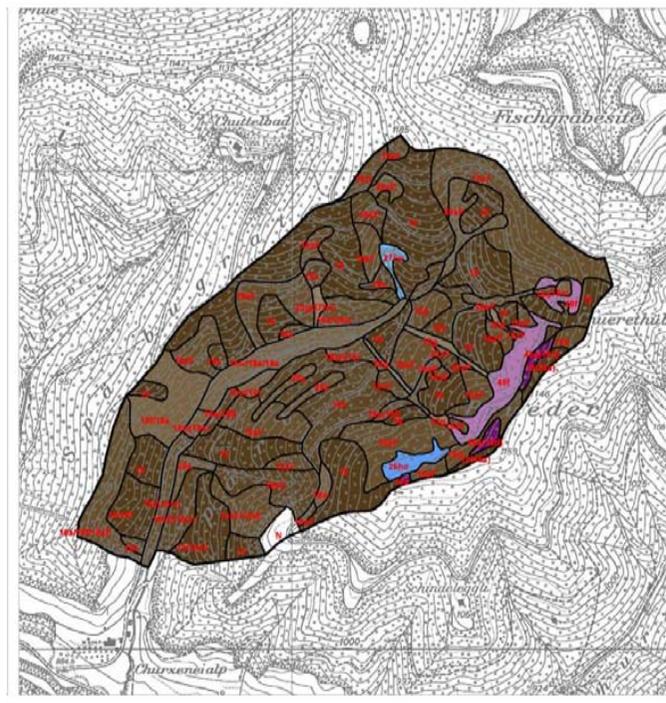
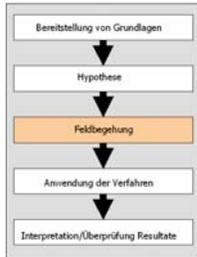


- Material:
  - Feldbuch, Notizmaterial
  - Beurteilungsschema, Tafel Skelettanteil
  - Kartenmaterial (LK, hypothetische Raumgliederung, Spezialkarten)
  - Doppelmeter, Messband, Neigungsmesser
  - Schanzwerkzeug, Pürckhauer





# Ziel Feldbegehung:



Zeitlich und finanziell nicht möglich    Dem Problem nicht angepasst

→ Sinnvoller Kompromiss!