



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

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 [km²]

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

Gesamtfläche: 0.54 km²

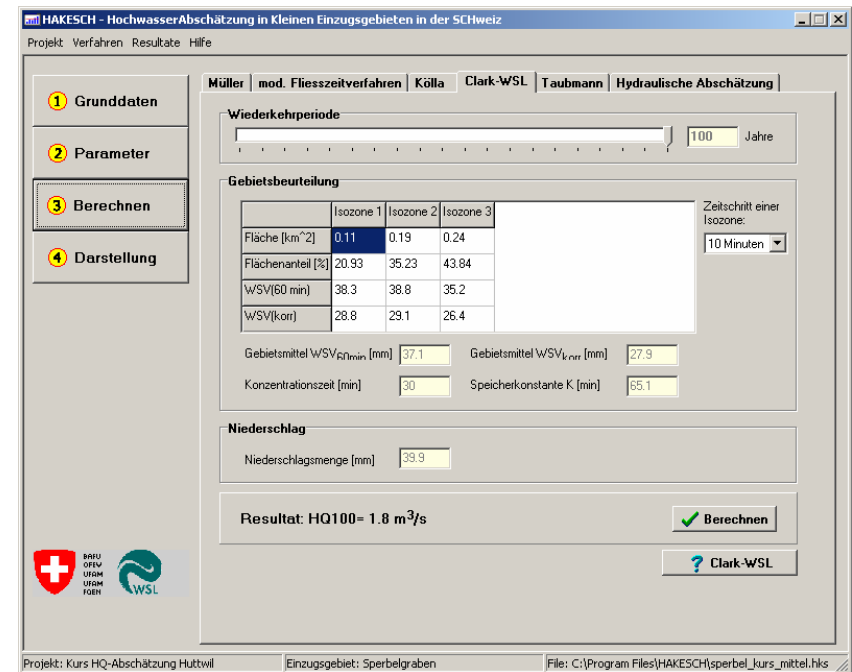
Werte übernehmen

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



Software-Tool HAKESCH - Features Software

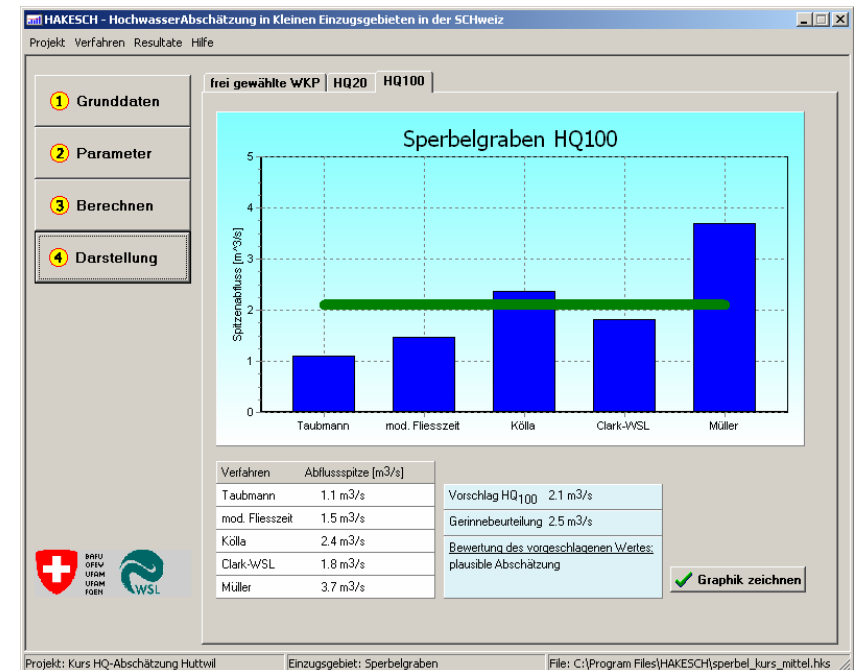
- Dateneingabe:
Bildschirmmasken, Oberfläche
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden





Software-Tool HAKESCH - Features Software

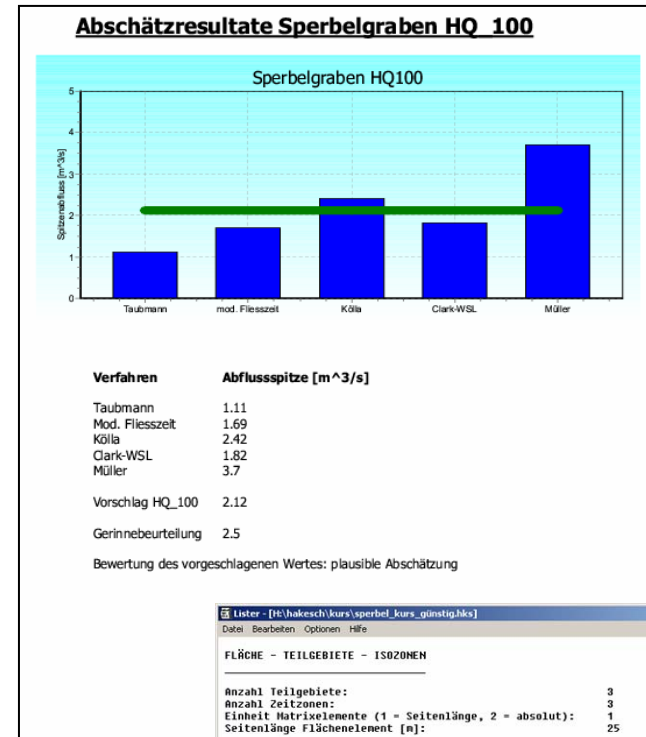
- Dateneingabe:
Bildschirmmasken, Oberfläche
menügesteuert
- Berechnung Abschätzmethoden
- Darstellung graphisch und
numerisch, Exportmöglichkeiten





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 [n]: 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 ²] | 0.441 | 0.055 | 0.041 |
| Flächenanteil [%] | 82.1 | 10.2 | 7.7 |
| Psi(Rickli/Forster) 0.05 | 0.1 | 0.1 | 0.25 |
| alpha(Taubmann) 44 | 54 | 54 | 61 |
| USU(Clark-WSL) 40 | 35 | 35 | 25 |

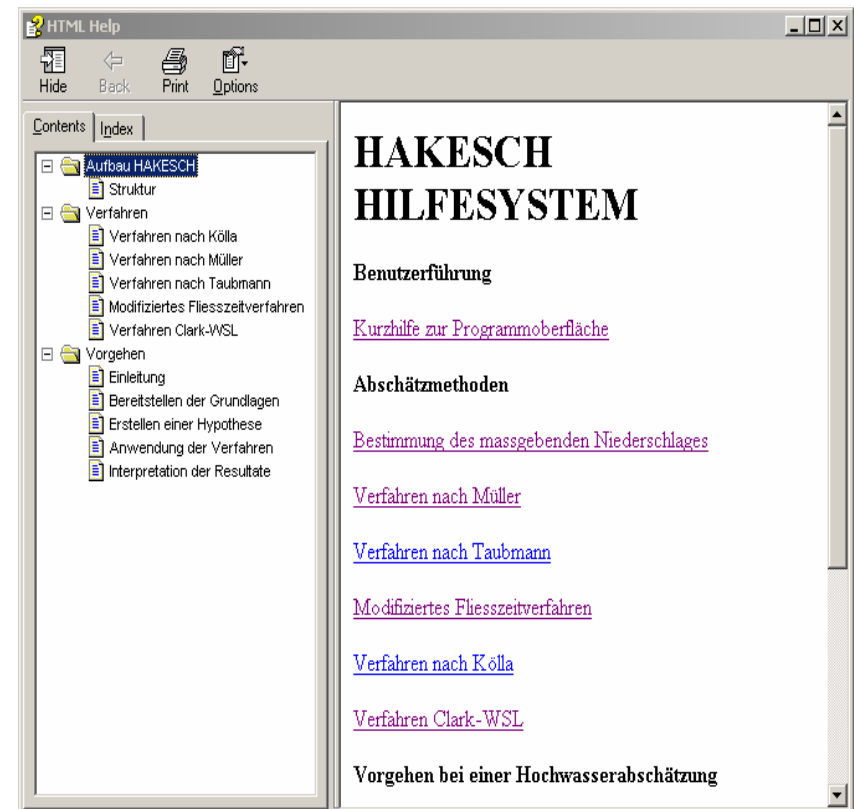
Gebietsmittel Spitzenabflusskoeffizient: 0.07
Gebietsmittel Wasserspeichervermögen [mm]: 38.3
komplexer, gemittelter Abflussbeiwert (Taubmann): 46.3
Benetzungsvolumen nach Kölla [mm]: 35

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

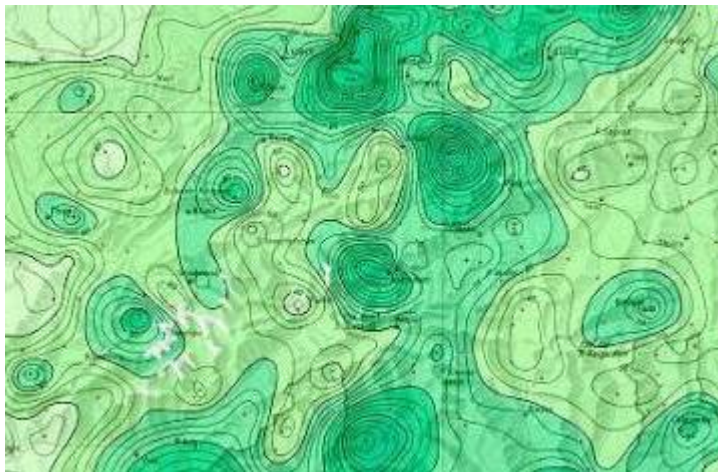
Abschätzverfahren in HAKESCH

- Bestimmung des Niederschlages
- Hochwasserschätzverfahren



Massgebende Niederschlagsintensitäten

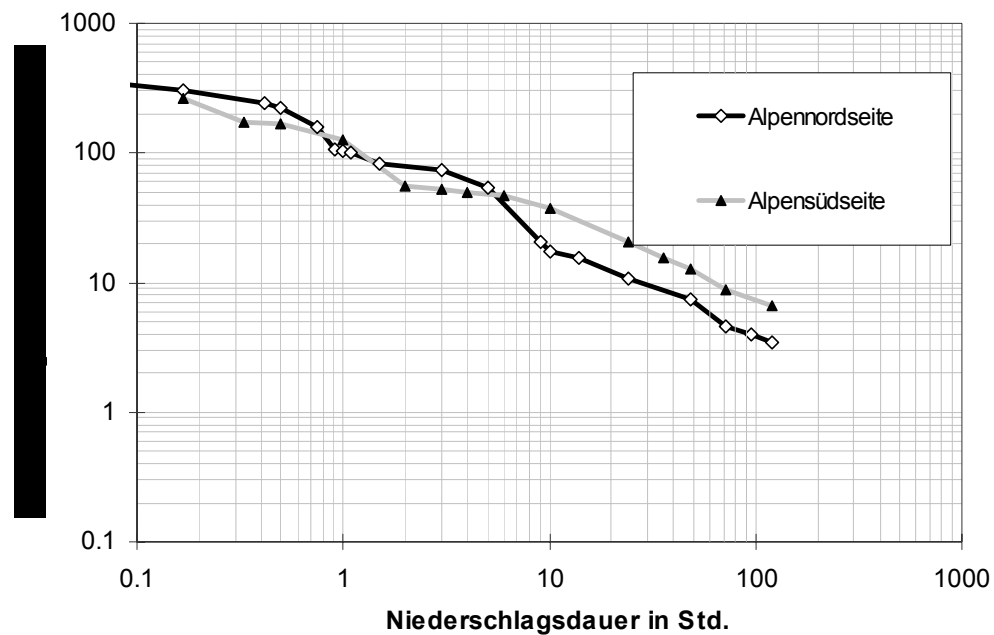
- Niederschlagsintensitäten als Input (ausser Müller)
- Bestimmung aus Starkniederschlagskarten HADES 2.4/2.4², falls vorhanden: Auswertungen aus Gebiet
- Punktniederschlag = Gebietsniederschlag





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



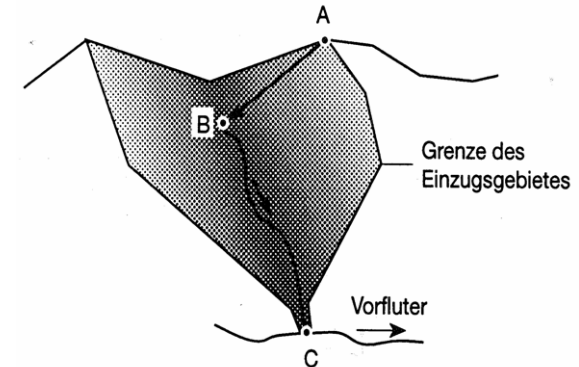
Fließzeitverfahren

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

- 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 Ψ_s und Benetzungsvolumen nach Kölla



Verfahren nach Taubmann (1985)

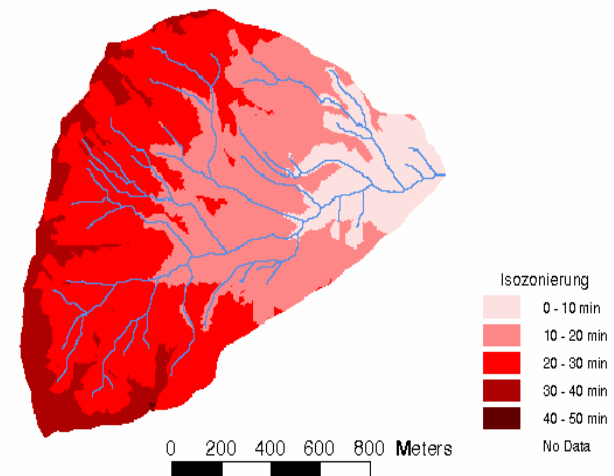
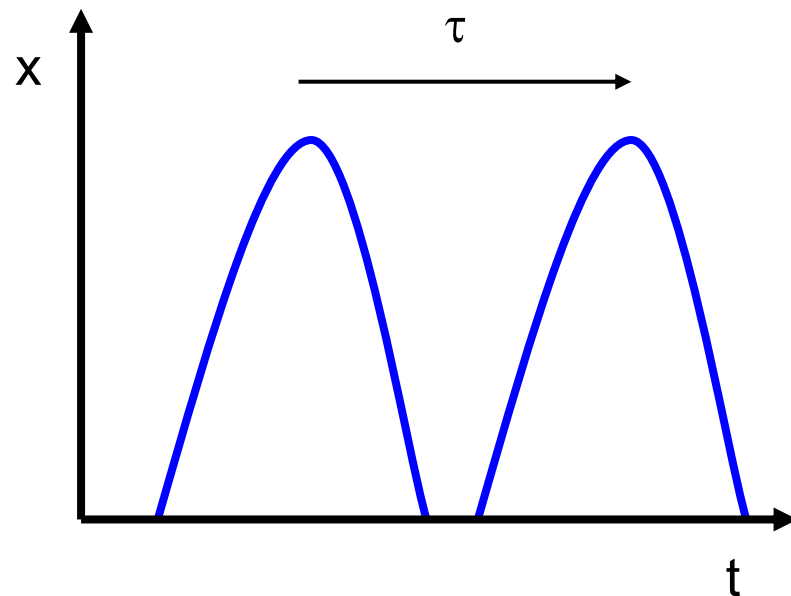
$$HQ_{t,T} = A \cdot X(t, T, \alpha) \cdot Y(t, T) \cdot Z(t)$$

- 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)

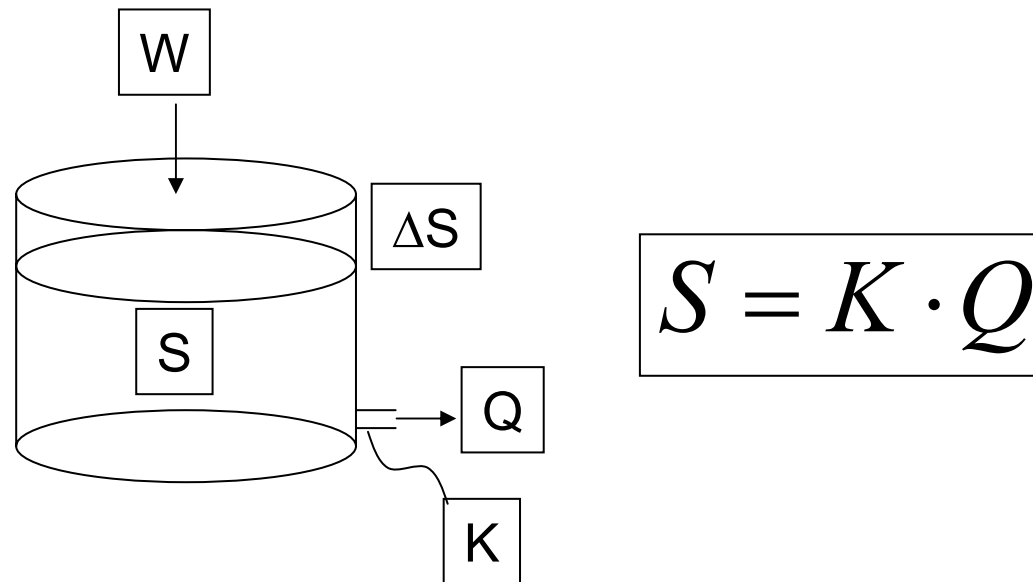
- Neuestes der hier vorgestellten Verfahren
- Verfahren basiert auf den Konzepten von linearer Translation...





Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

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

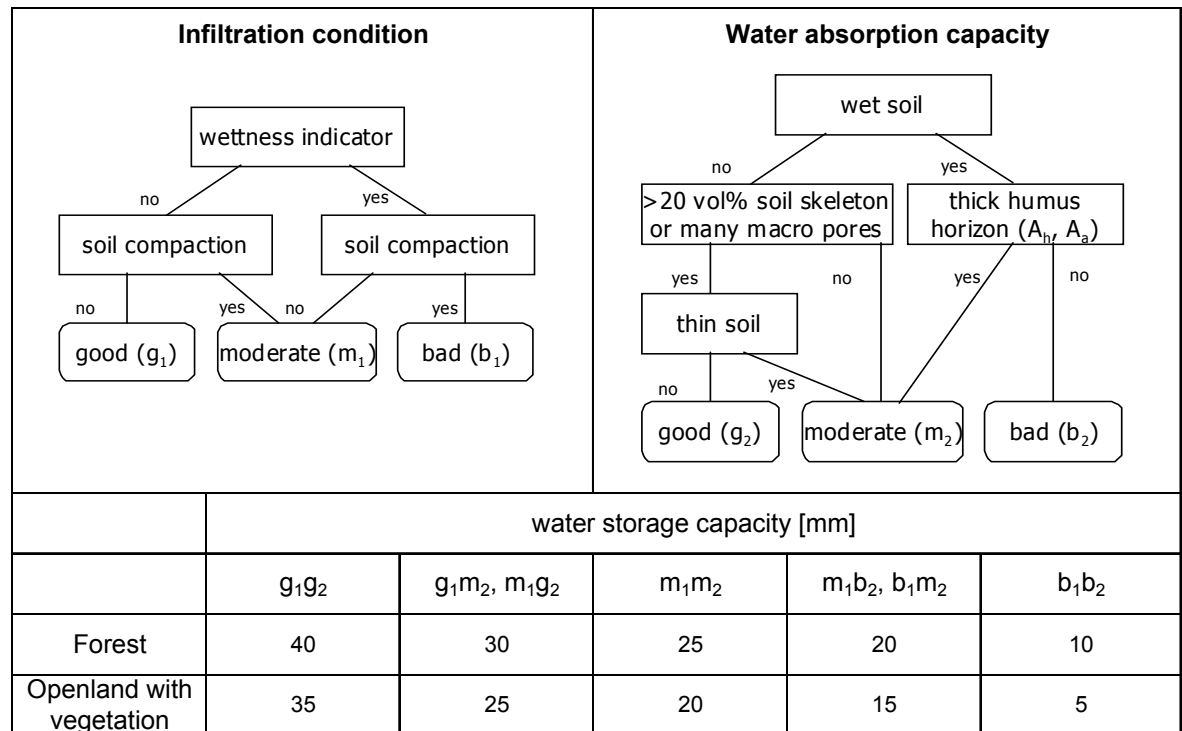


- Inputfunktion W: Effektivniederschlag pro Zeitschritt und Teilfläche



Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

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



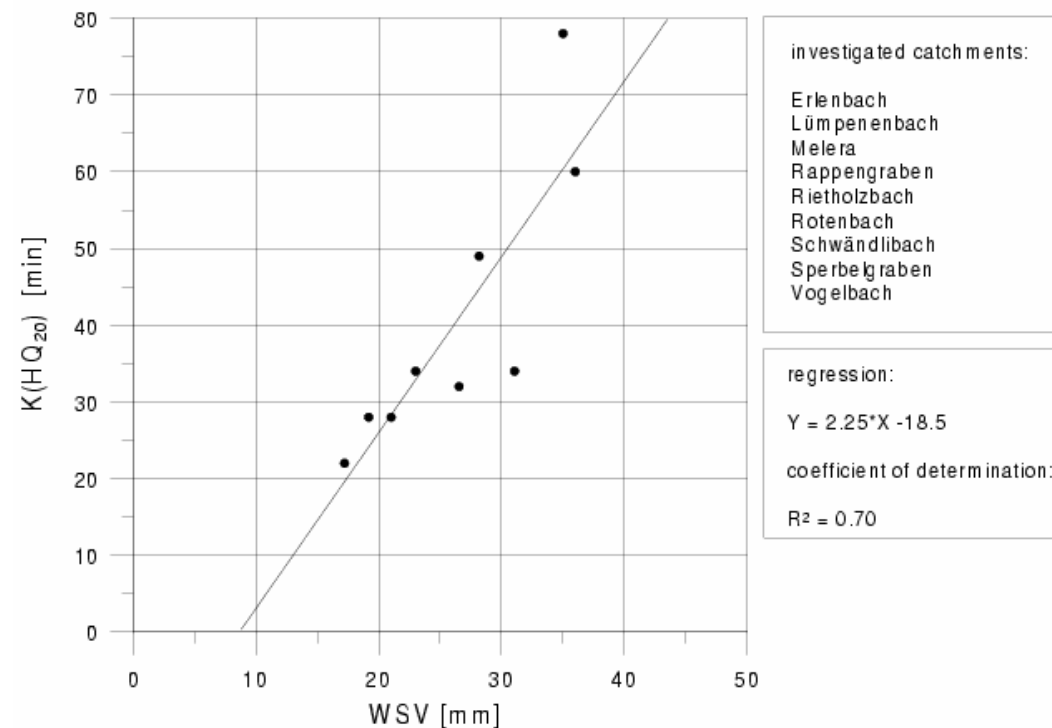
$$\Psi_{Vol} = \frac{N_{eff}}{N}$$

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



Verfahren Clark-WSL (Vogt, 2001)

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





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

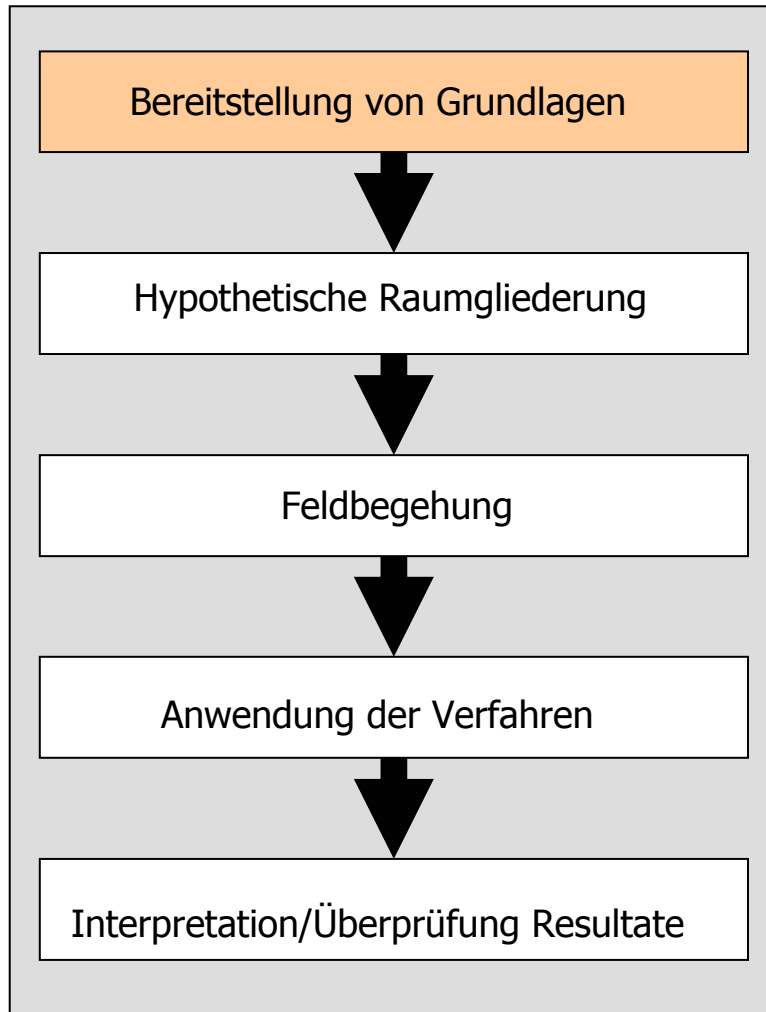
Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

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

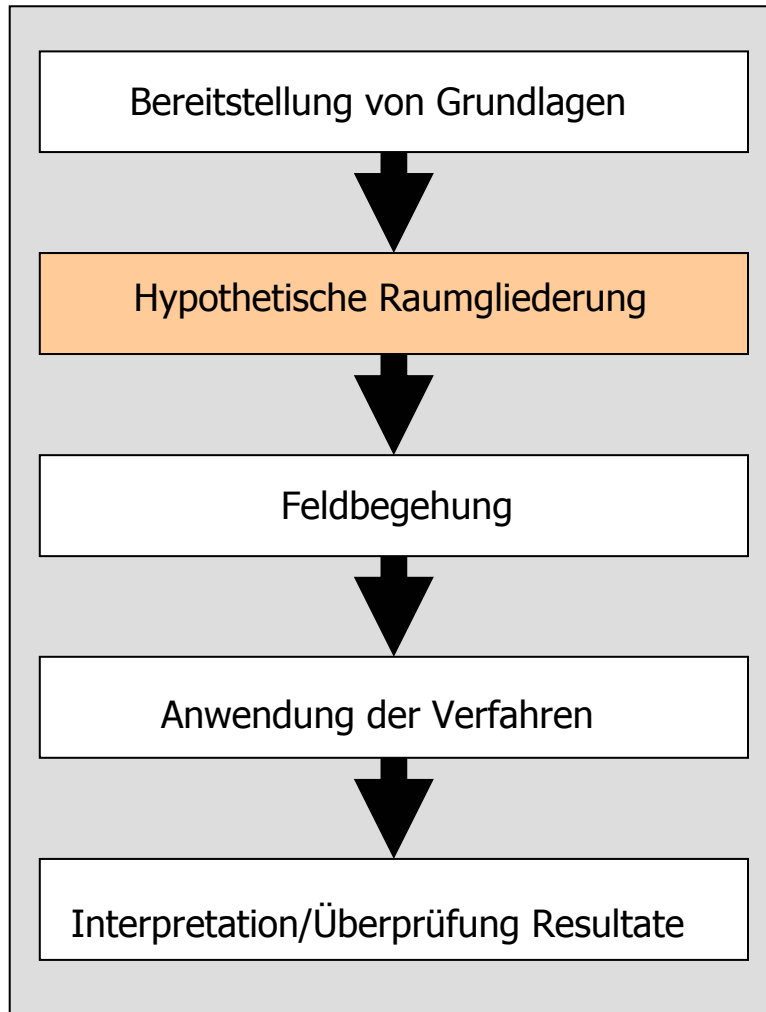
Beurteilung von Boden, Vegetation und Gerinne; Ergänzung, Verfeinerung und Verifizierung der Hypothese

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

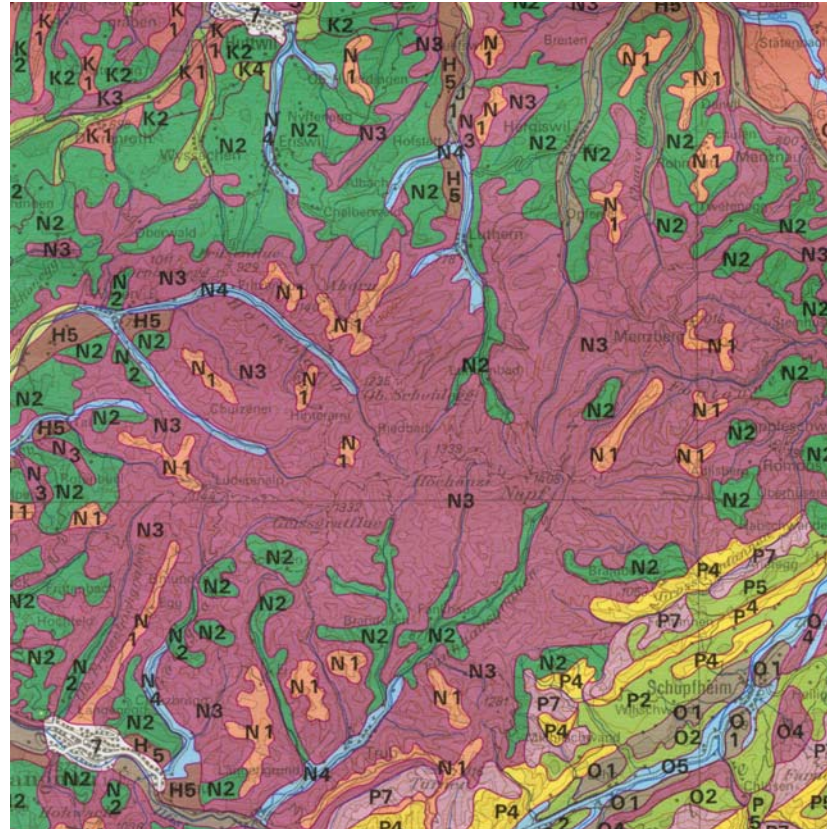


Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete

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



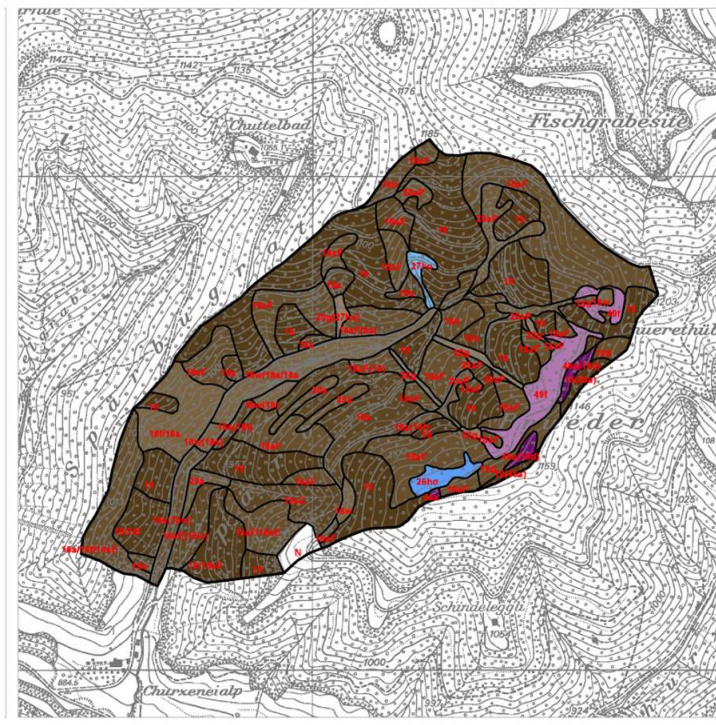
Besonderheiten kleiner Einzugsgebiete



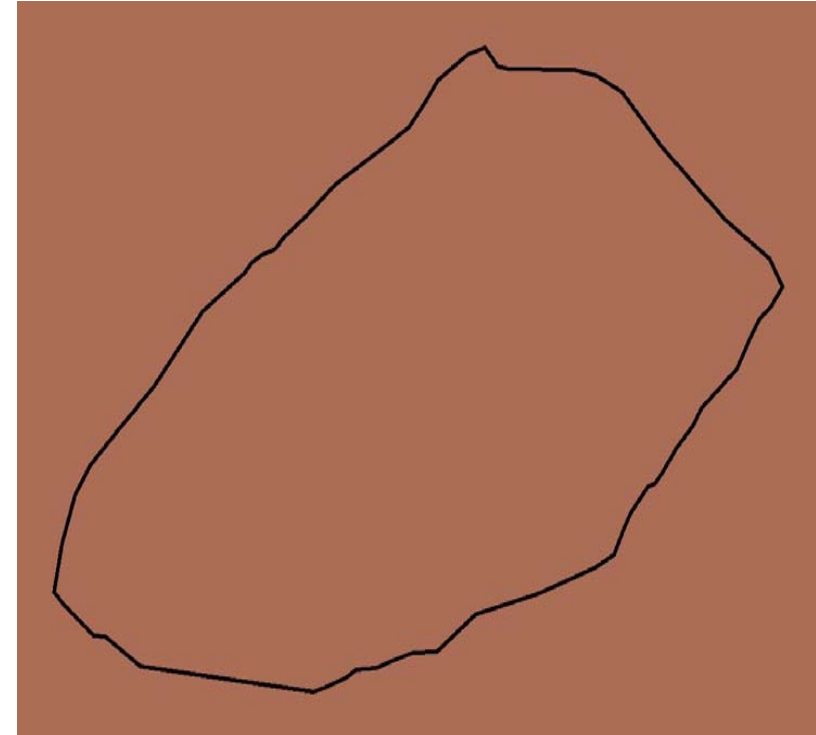
Ausschnitt Bodeneignungskarte Napfgebiet
Original-Massstab: 1:200'000



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:

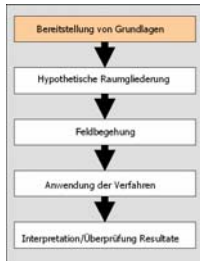
- Kombination vorhandener Informationen
→ Erstellen einer hypothetischen Raumgliederung

Notwendig

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



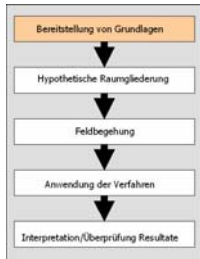
Vorgehen – Bereitstellen von Grundlagen



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



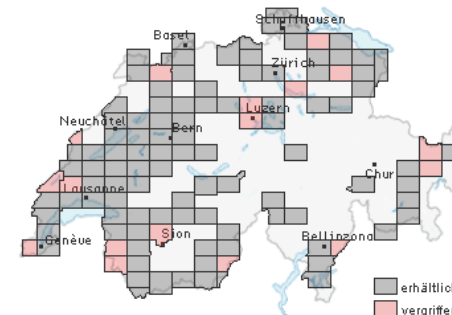
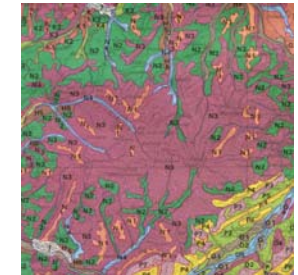
Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke



- Konventionelle Kartenwerke:

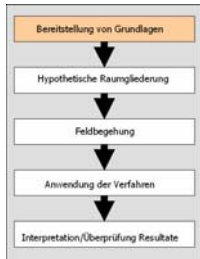
- Landeskarte der Schweiz 1:25'000
- Bodeneignungskarte 1:200'000
- Bodennutzungskarte 1:300'000
- Blätter Geologischer Atlas 1:25'000 (teilweise)

→ Problem: Massstab

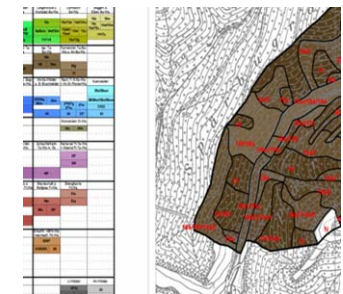




Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke

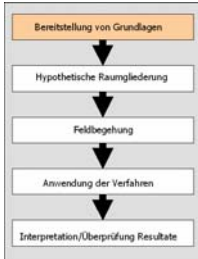


- Konventionelle Kartenwerke:
 - Höher aufgelöste Informationen sind zum Teil vorhanden
 - Bsp. Kanton Zürich → Bodenkarte 1:5'000
 - Fachspezifische Kartierungen
 - Geomorphologie
 - Standort-/Vegetationskunde
 - Kartenblätter Hydrologischer Atlas
 - Starkniederschlagskarten 2.4 / 2.4²





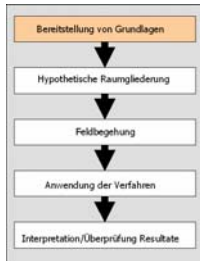
Bereitstellen von Grundlagen - Kartenwerke



- 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



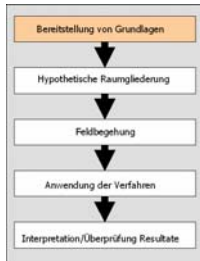
Bereitstellen von Grundlagen - Gebietsbeschreibungen



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



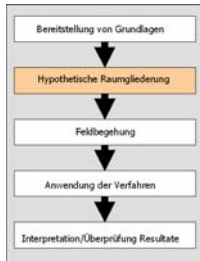
Bereitstellen von Grundlagen - Anwohnerinformationen



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



Hypothetische Raumgliederung – Weshalb?

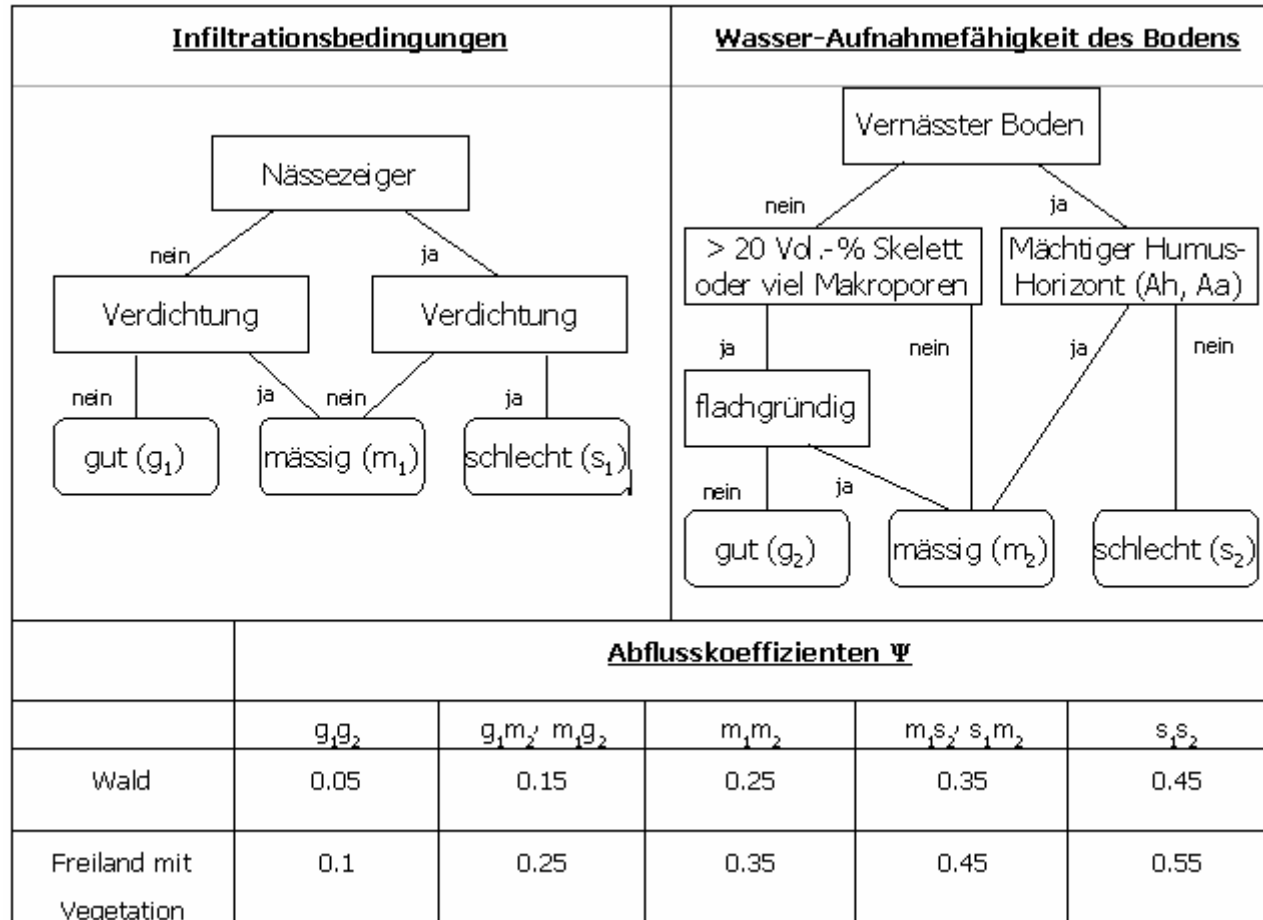
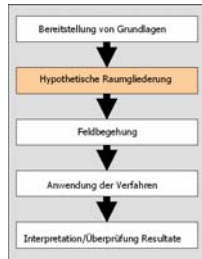


- Problem: Wenig Zeit für Feldbegehung → Vorbereitung bringt Zeitersparnis
- Gesamtheit der Grundlageninformationen
→ Verdichtung und Interpretation zu einer hypothetischen Raumgliederung
- Ziel: Ausscheidung von Flächen mit ähnlichen hydrologischen Eigenschaften
- Objektivität der Beurteilung
 - Verschiedene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

→ Kriterien für Beurteilung?

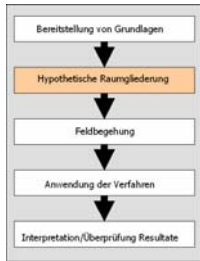


Hypothetische Raumgliederung – Nach welchen Kriterien?

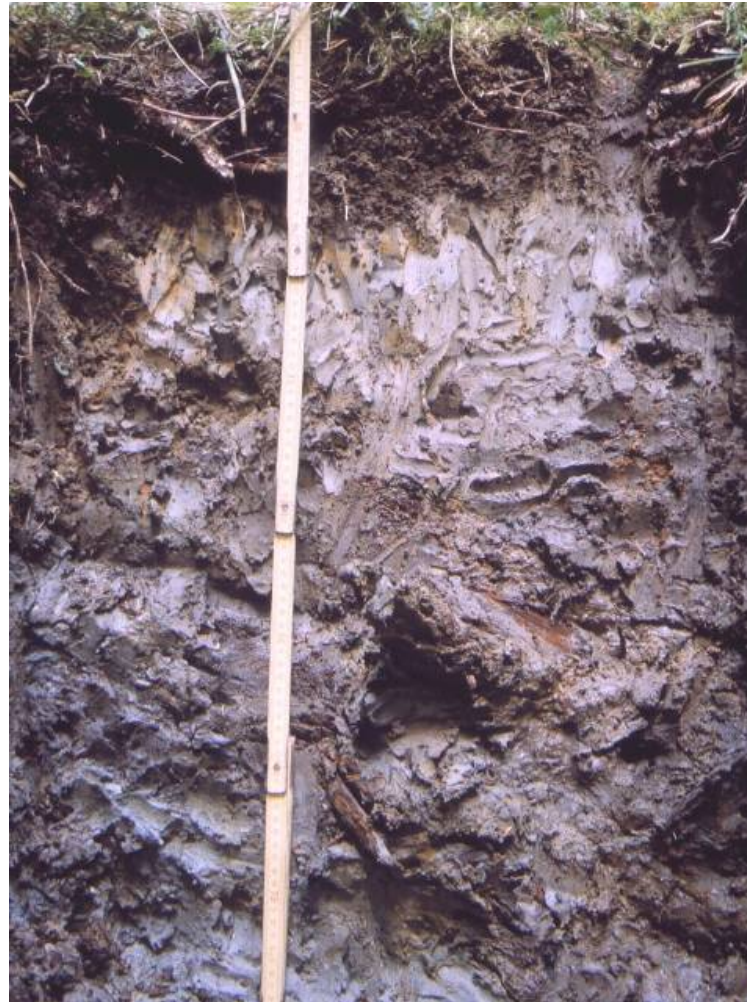




Vernässung – Wie bestimmen?

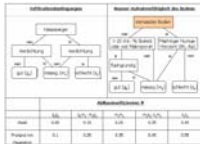
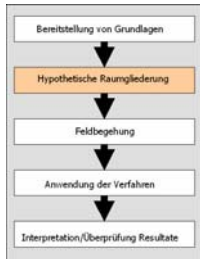


| Lithologisches Profil | | Boden- und Wurzelverteilung im Boden | |
|-----------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| Lithologie | | Bodenprofile | |
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |





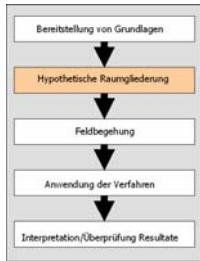
Vernässung – Wie bestimmen?



- 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?



| Indikator | Hochwasserabschätzung | | Hochwasserabschätzung des Bundes | |
|------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------|----------|
| | 1 (0,1-1) | 2 (1-10) | 1 (0,1-1) | 2 (1-10) |
| Waldbinse | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |
| Sumpfbaldrian | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |
| Schwarzerle | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |
| Grosses Haarmützenmoos | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |
| Sumpfdotterblume | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |



Riesenschachtelhalm



Waldbinse



Sumpfbaldrian



Schwarzerle



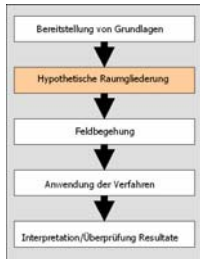
Grosses Haarmützenmoos



Sumpfdotterblume



Nässezeiger – Wie bestimmen?



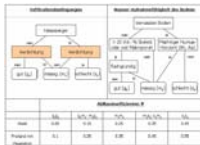
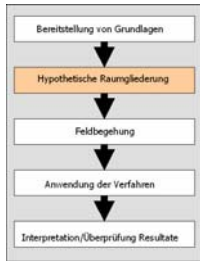
| Klassifizierung | | Kriterien | |
|-----------------|---|-----------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

- 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“





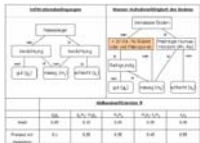
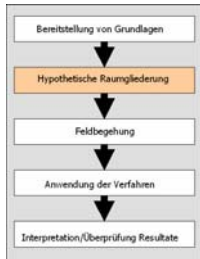
Verdichtung – Wie bestimmen?



- 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

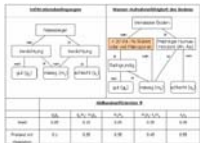
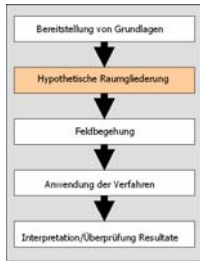


Skelettgehalt – Wie bestimmen?





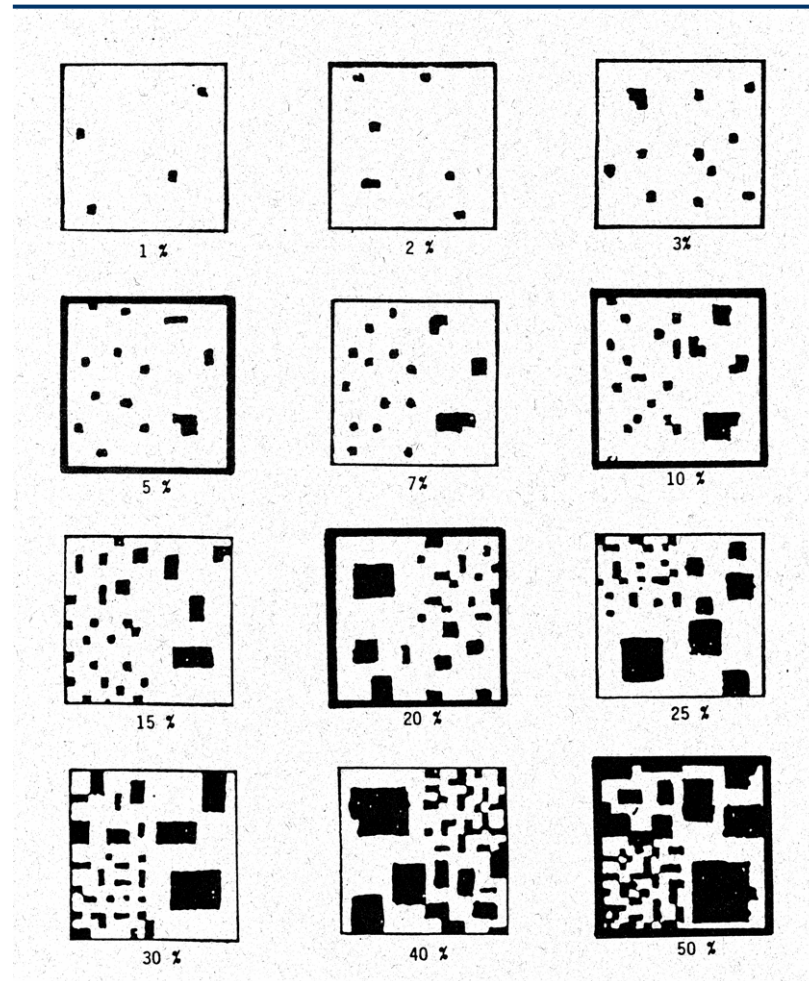
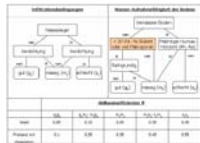
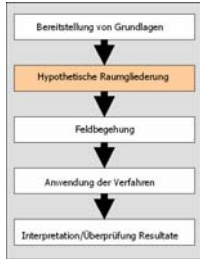
Skelettgehalt – Wie bestimmen?



- Kriterium erfüllt, wenn Skelettgehalt > 20 Vol.-% oder viele Makroporen
- Skelett: mineralische Bodeneinzelbestandteile mit $\varnothing > 2 \text{ mm}$
- Hoher Skelettanteil \rightarrow gute Durchlässigkeit
- Braunerden, Rohböden, Rendzinen: Disposition für hohen Skelettgehalt
- Ableiten aus:
 - Bodeneignungskarte (Rendzinen etc. bzw. Formelementen \rightarrow Moränen, Schuttfächer)
 - LK 25'000 (Formelemente)



Skelettanteil – Wie bestimmen?

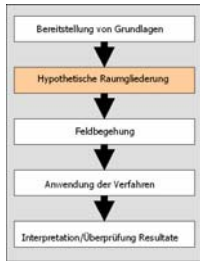


- Tafel zur Abschätzung von Flächenanteilen an der Profilwand

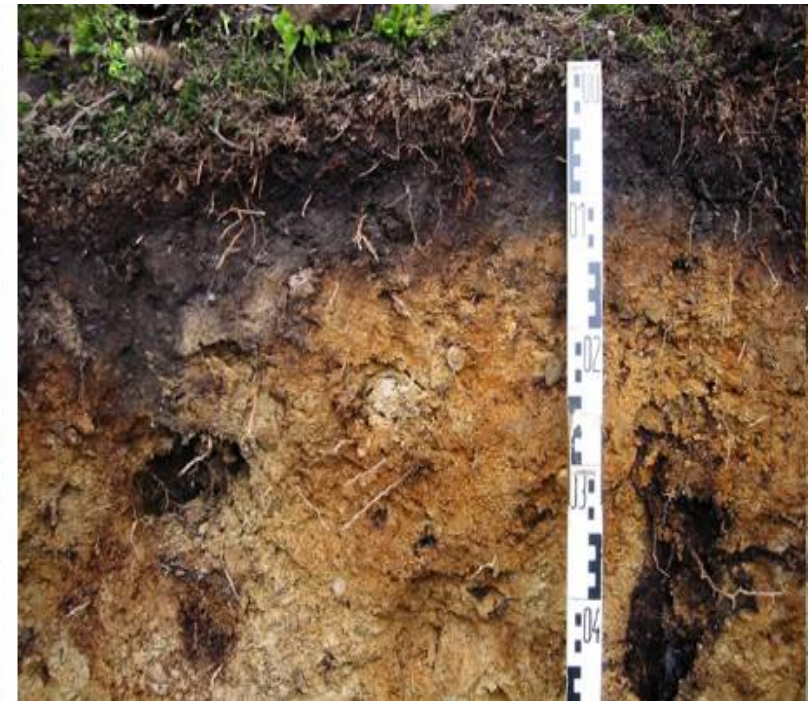
Bodenzustandsinventur (Oesterreich), Blum et al., 1989



Makroporen – Wie bestimmen?

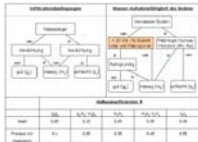


| Lithologisches Profil | | Merkmal: Aufnahmefähigkeit des Bodens | |
|-----------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Horizont | Profil | Horizont | Profil |
| 0-10 cm | 0-10 cm | 0-10 cm | 0-10 cm |
| 10-20 cm | 10-20 cm | 10-20 cm | 10-20 cm |
| 20-30 cm | 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 |





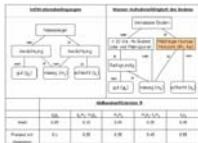
Makroporen – Wie bestimmen?



- 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



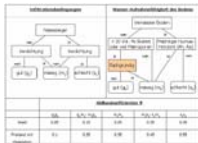
Humushorizont – Wie bestimmen?



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



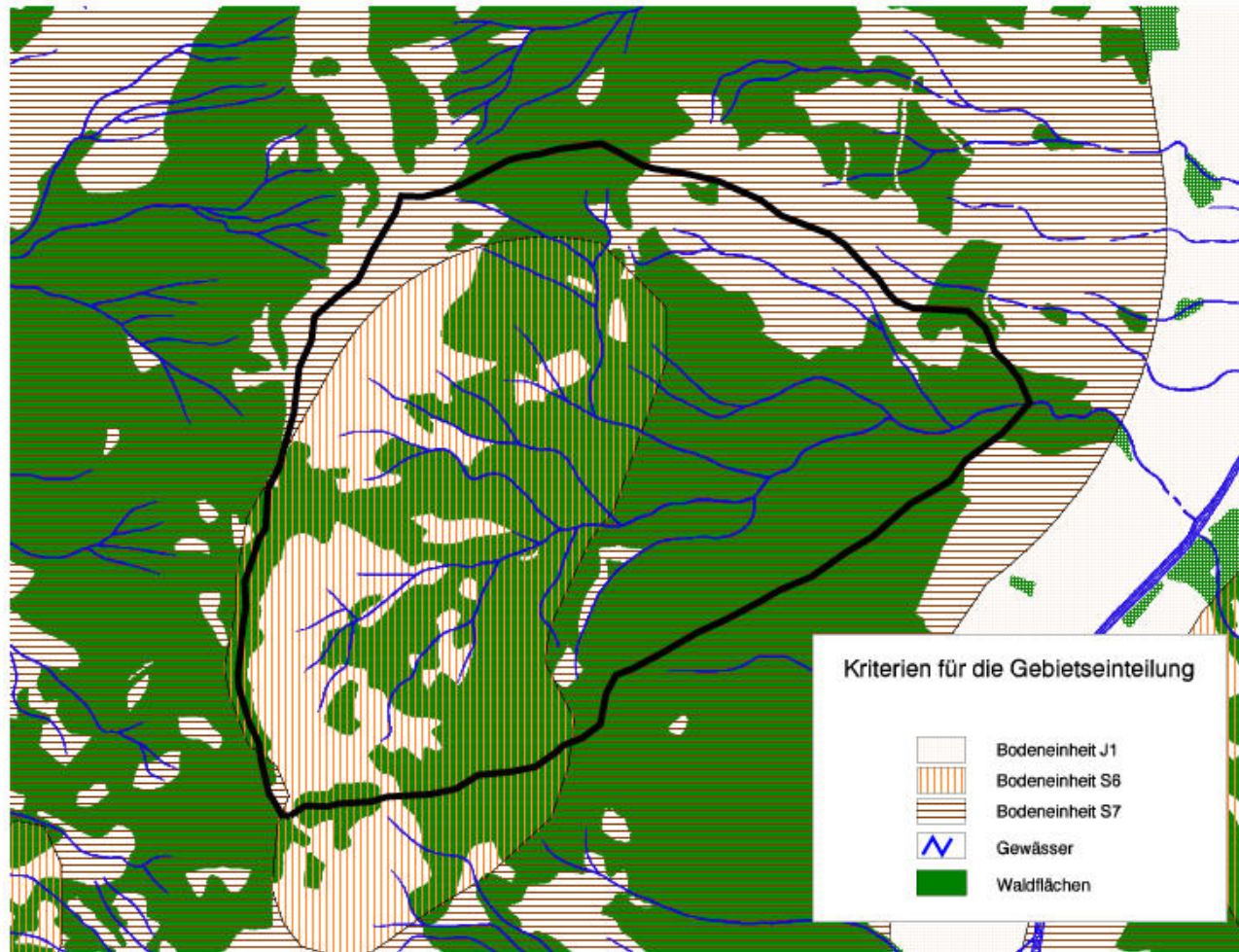
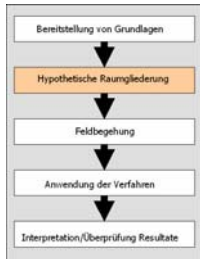
Gründigkeit – Wie bestimmen?



- 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

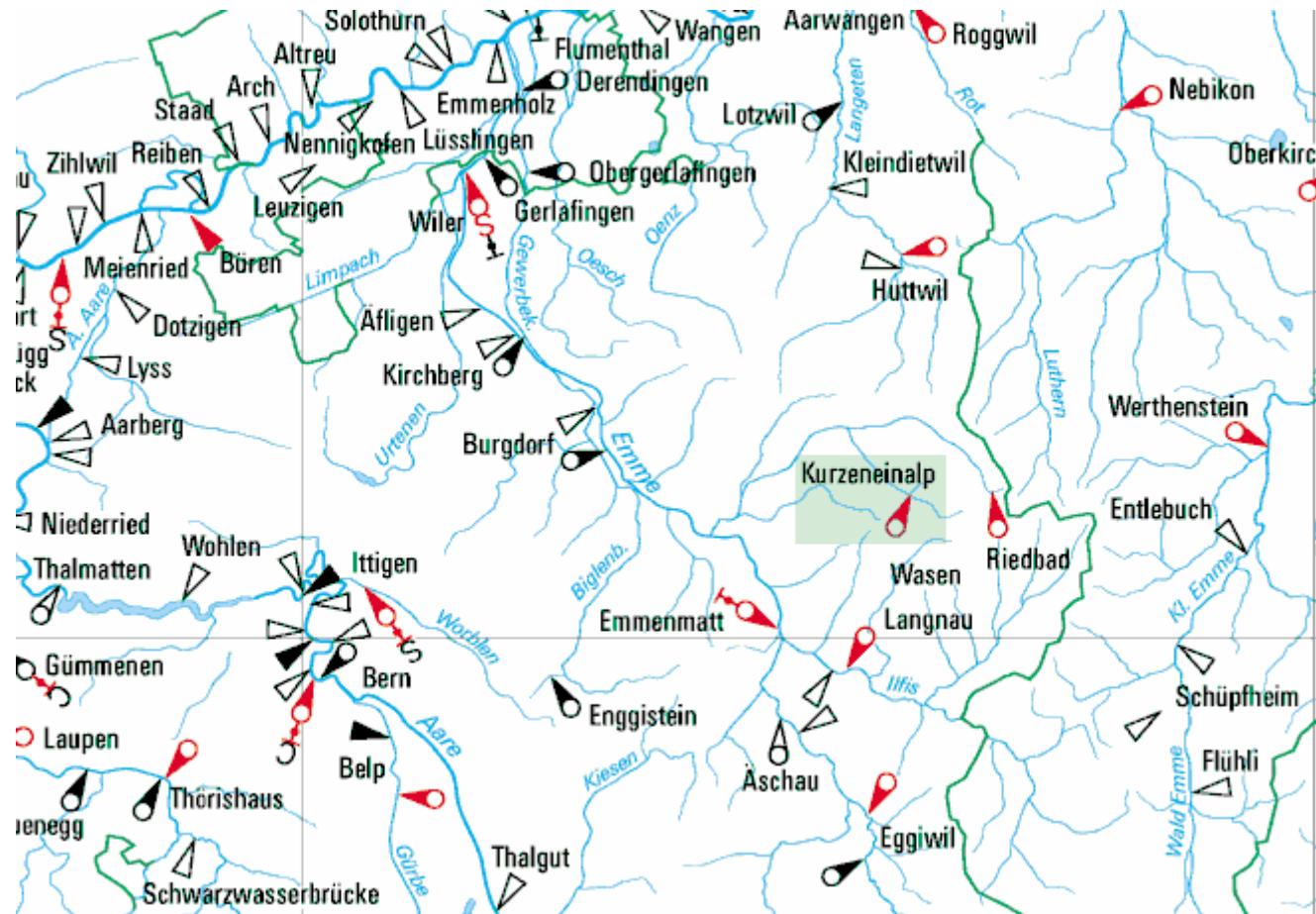
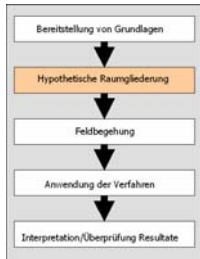
Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Hydrologie

Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten - Feldbegehung Sperbelgraben



Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

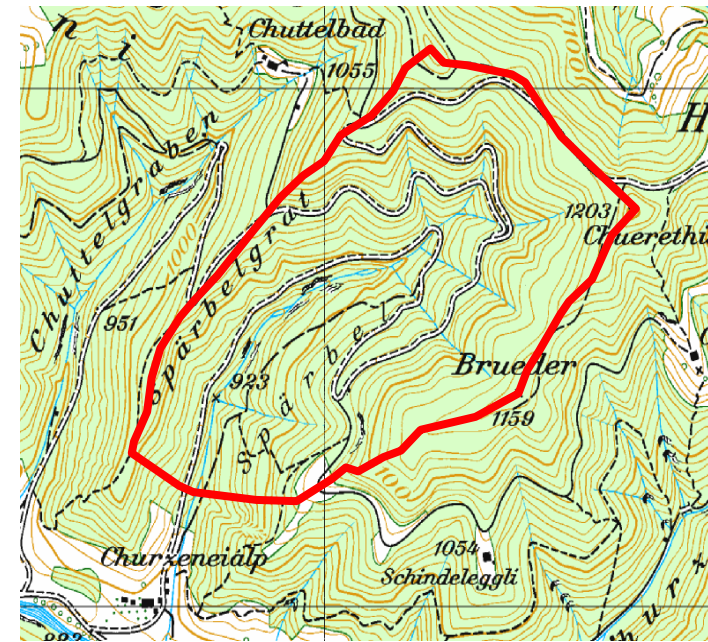
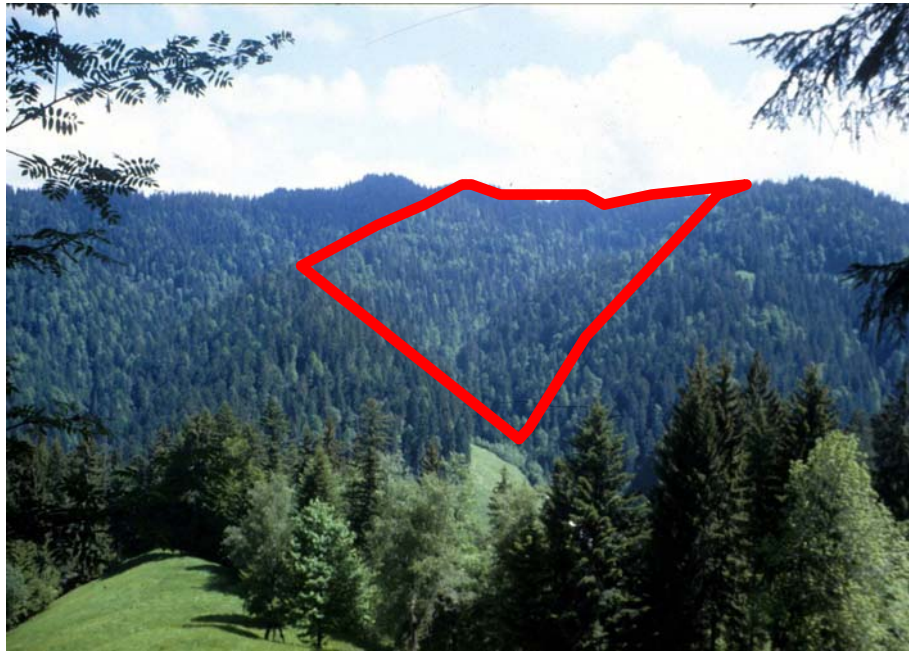




Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



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

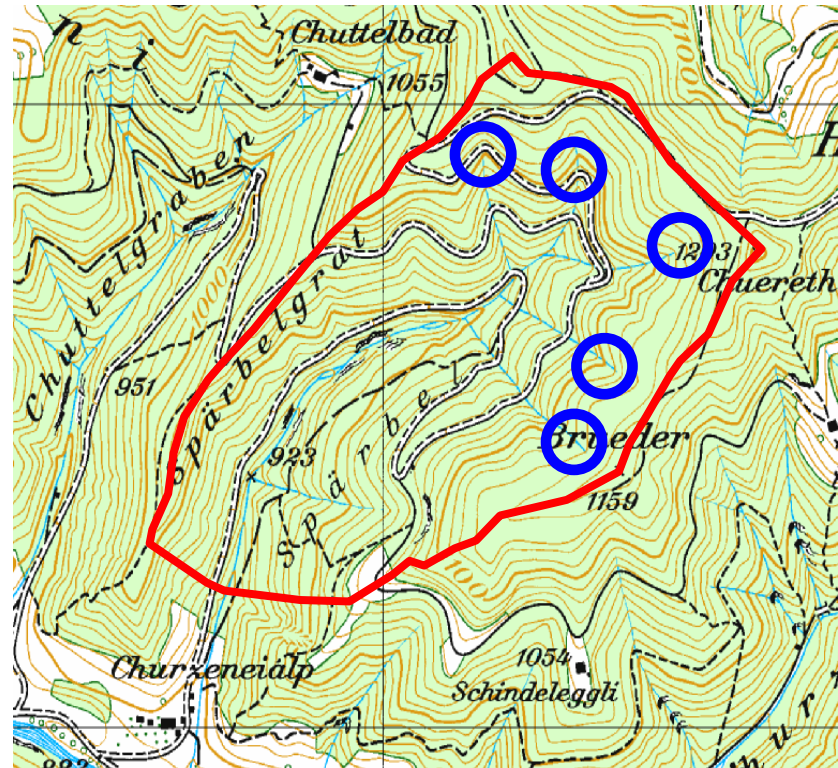




Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

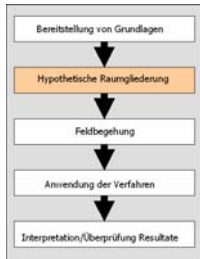


- Landeskarte 1:25'000:
 - Praktisch vollständig bewaldet
 - Gerinne entspringen auf 1110 – 1130 m.ü.M. → Quellhorizont?

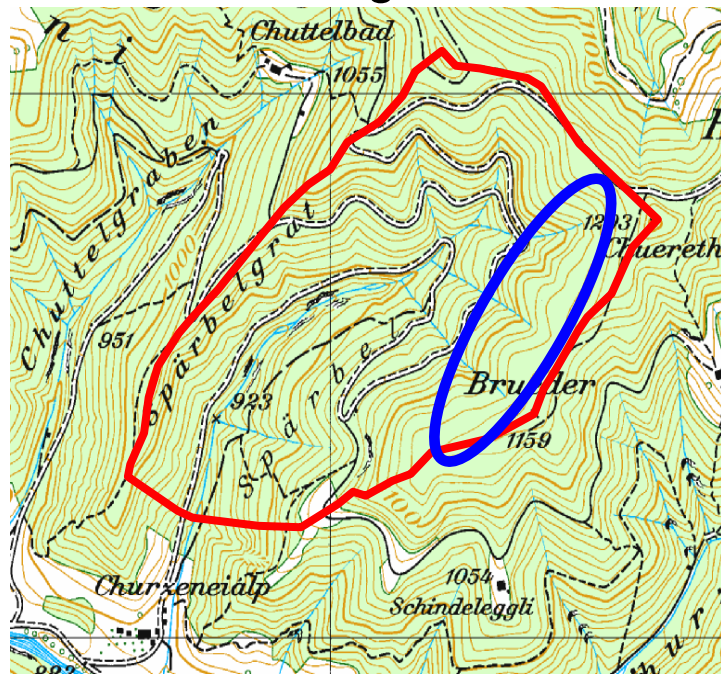




Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

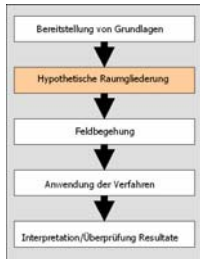


- Landeskarte 1:25'000:
 - Praktisch vollständig bewaldet
 - Gerinne entspringen auf 1110 – 1130 m.ü.M. → Quellhorizont?
 - Vor allem orographisch linksseitig Ansätze zur Terrassierung, korrespondiert mit allfälligem Quellhorizont

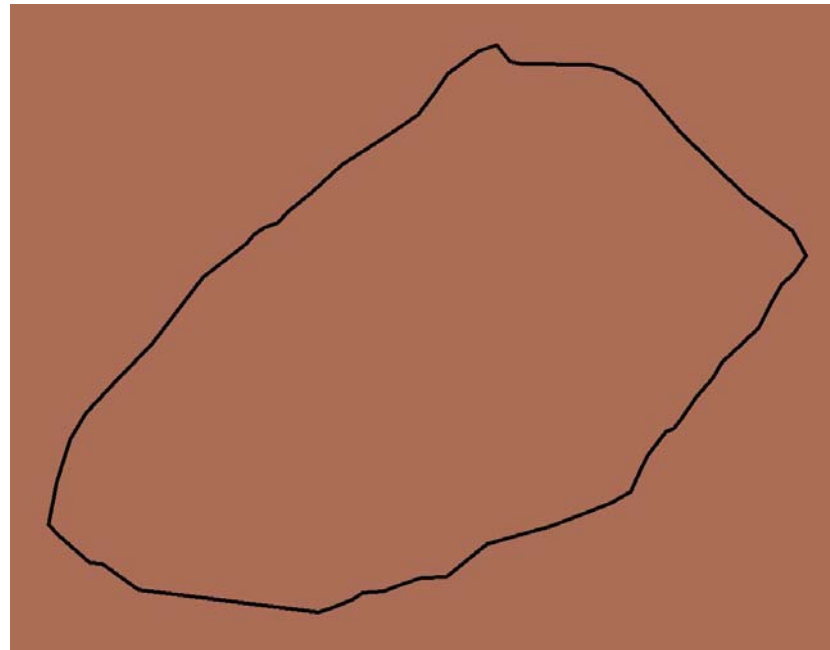




Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

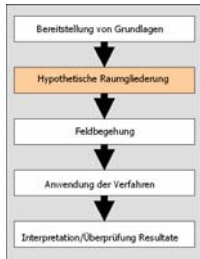


- Bodeneignungskarte der Schweiz
 - Einheit N3 im Gebiet ausgewiesen:
 - Mittlere Gründigkeit, Skelettgehalt bis 20 %
 - Mässiges Speichervermögen, normale Durchlässigkeit

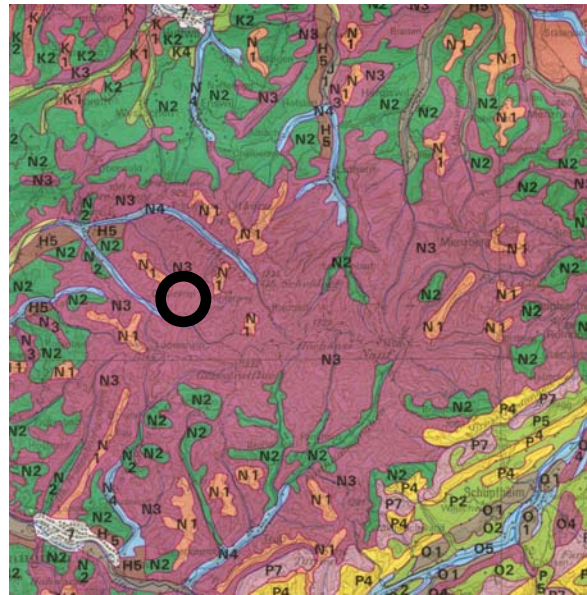




Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben

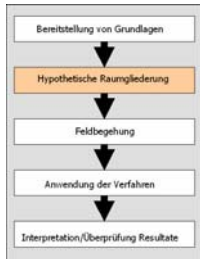


- Zoom aus Gebiet heraus → 4 Einheiten:
 - N1: Kuppen, Verflachungen → etwas trockener
 - N2: Hanglagen < 35 % → tiefere Gründigkeit, gute Speicherfähigkeit
 - N3: Steilhänge > 35 %
 - N4: Mulden, Akkumulationsrinnen → grundnass





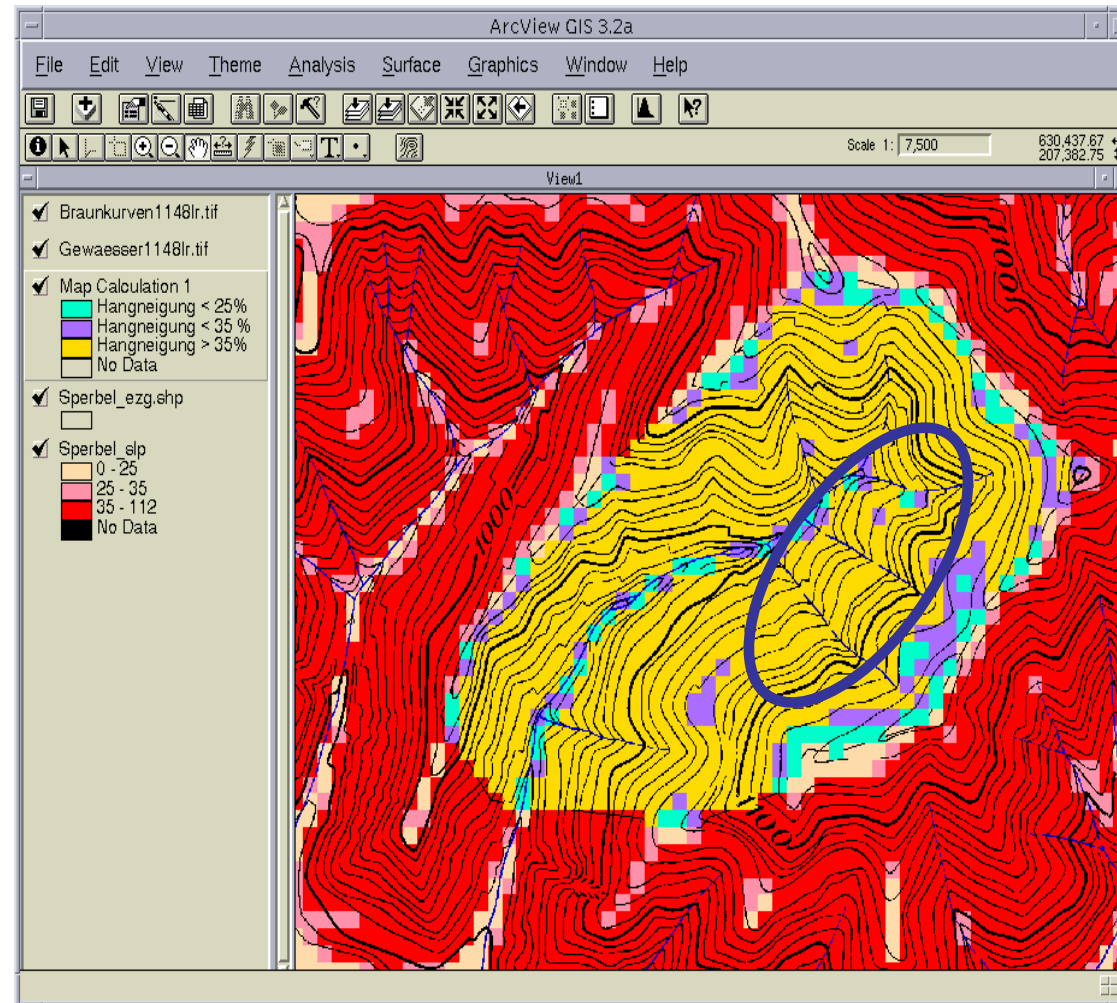
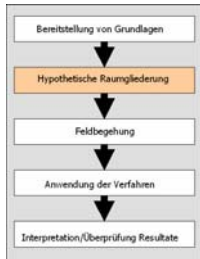
Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



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

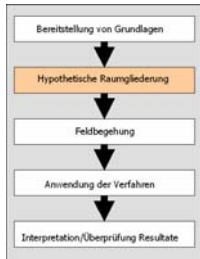


Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben





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



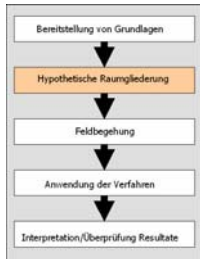
Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben



- 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



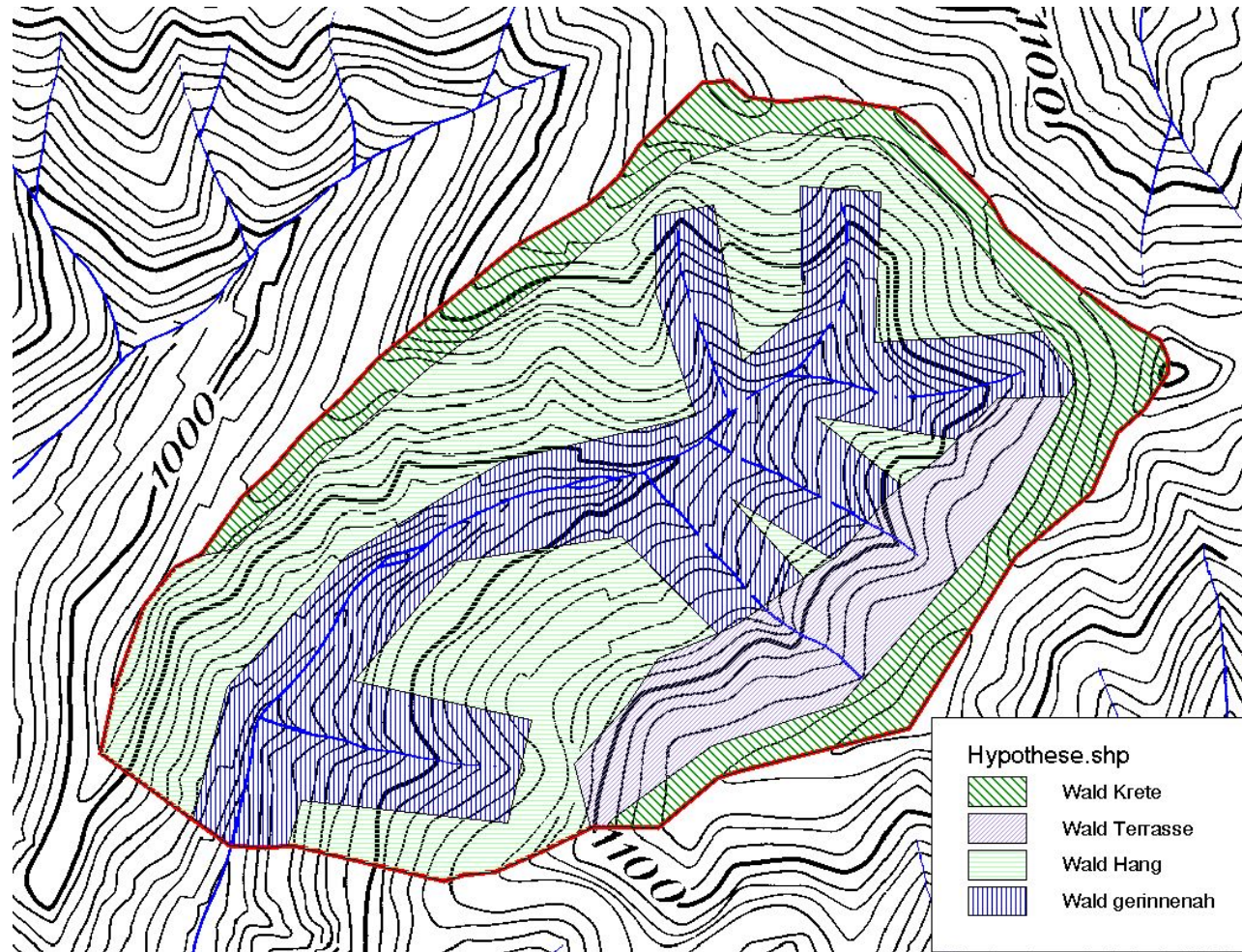
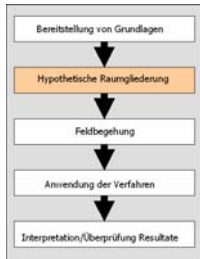
Zusammenfassung:

- 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 ?

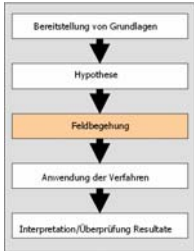


Hypothese zur Gebietsbegehung - Sperbelgraben





Wichtig für die Feldbegehung:

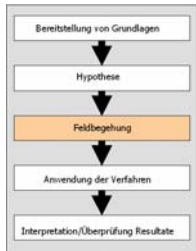


Kriterien müssen nicht nur lokal,
sondern in der Fläche erfüllt sein!

Einzelne Wagenspur
→ keine verdichtete Fläche



Wichtig für die Feldbegehung:

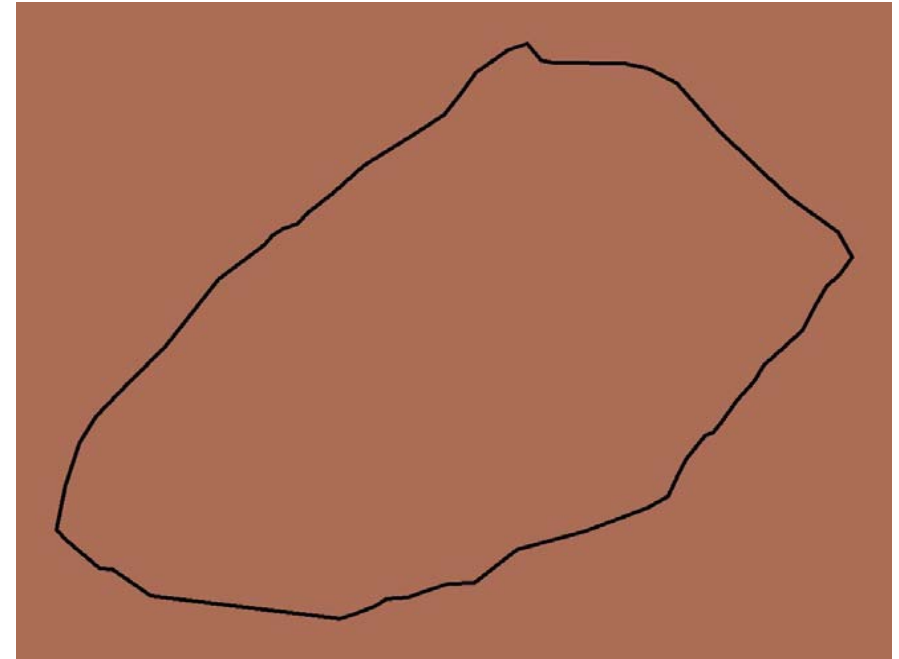
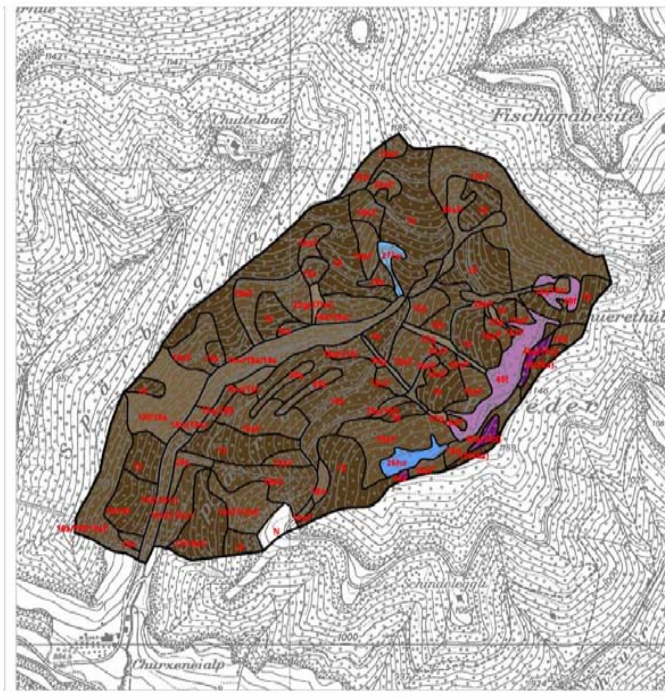
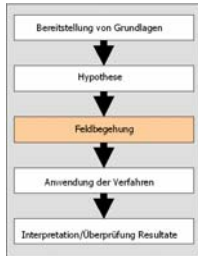


- Material:
 - Feldbuch, Notizmaterial
 - Beurteilungsschema, Tafel Skelettanteil
 - Kartenmaterial (LK, hypothetische Raumgliederung, Spezialkarten)
 - Doppelmeter, Messband, Neigungsmesser
 - Schanzwerkzeug, Pürckhauer





Ziel Feldbegehung:



Zeitlich und finanziell nicht möglich Dem Problem nicht angepasst

→ Sinnvoller Kompromiss!