



Block 1: Schwemmhholzpotenzial und -eintrag



GWG-Wintertagung 2020 – ETHZ, 7.2.2020

WSL: Nicolas Steeb, Dieter Rickenmann, Christian Rickli, Alexandre Badoux

UniGE: Markus Stoffel, Virginia Ruiz-Villanueva



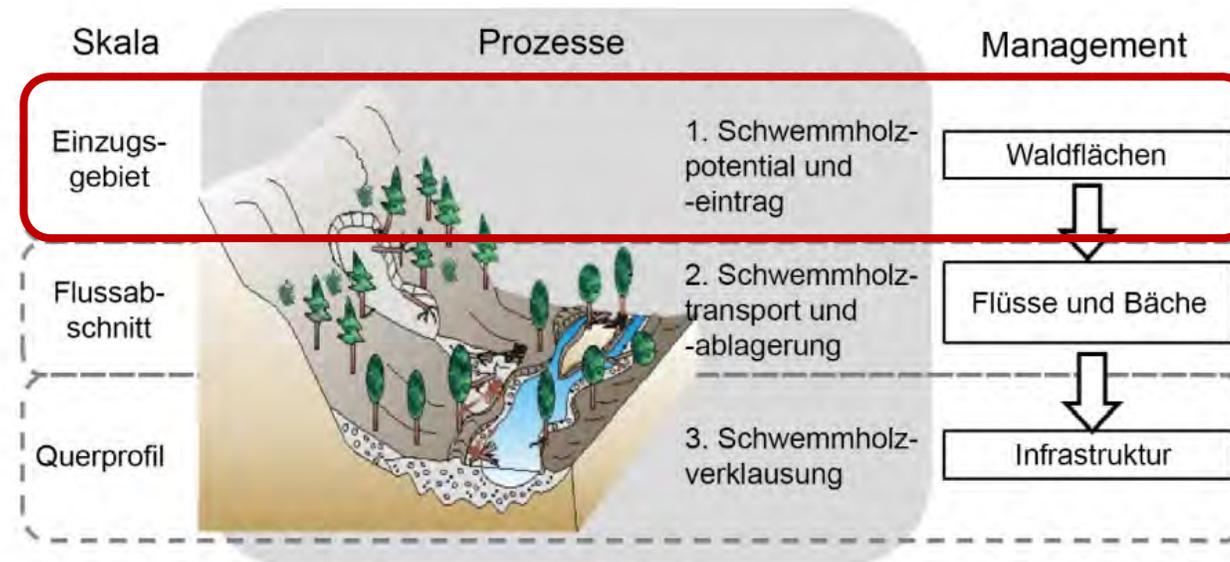
WoodFlow – Gesamtziel

- **Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen** für die Bewältigung aktueller Herausforderungen beim Schwemmholz-Management an Fließgewässern
- **Aufbereitung der wissenschaftlichen Grundlagen im Hinblick auf die Umsetzung in der Praxis**
 - Gefahrenbeurteilung
 - Bemessungsgrundlage für wasserbauliche Massnahmen
 - Waldbauliche und ingenieurbioologische Massnahmen
 - Managementstrategien

➤ **Tools, Anwendungsbeispiele & Empfehlungen**

Block 1 – Ziele

- Identifizierung **potenzieller Eintragsflächen** von Schwemmholt (SH)
- Abschätzung der **Schwemmholtfracht** bei einem Hochwasserereignis
- **Bachtypisierung** anhand der Vegetationswirkung



Schematische Darstellung des BAFU Forschungsprogramms (nach BAFU 2014)



Block 1 – Werkzeuge

1.1 Empirischer GIS-Ansatz (EGA)

1.2 Fuzzy-Logic GIS-Ansatz (FGA)

1.3 Slide/BankforMAP (*)

1.4 Empirische Schätzformeln

1.5 Bachtypisierung (*)

(*) Vortrag Massimiliano Schwarz (HAFL)

Tab. 1: Kurzübersicht der im Zuge des Forschungsprojekts *WoodFlow* entwickelten Werkzeuge und Methoden für die Praxis
Weitere Details in Anhang A3.

Nummer	Name	Kapitel	Ziel	Bemerkungen
(i)	Empirischer GIS-Ansatz	1.2	Identifizierung potenzieller SH-Eintragsflächen und Abschätzung der SH-Fracht	Räumlich explizit auf regionaler Skala
(ii)	Fuzzy-Logic GIS-Ansatz	1.3		
(iii)	<i>Slide/BankforMAP</i>	1.4		Räumlich explizit auf kleinräumiger Skala; probabilistische Modellierung
(iv)	Empirische Schätzformeln	1.5	Abschätzung der SH-Fracht	Potenzfunktionen
(v)	Bachtypisierung	1.6	Beurteilung der Vegetationswirkung	Beurteilungsmatrizen zur Ableitung waldbaulicher Massnahmen



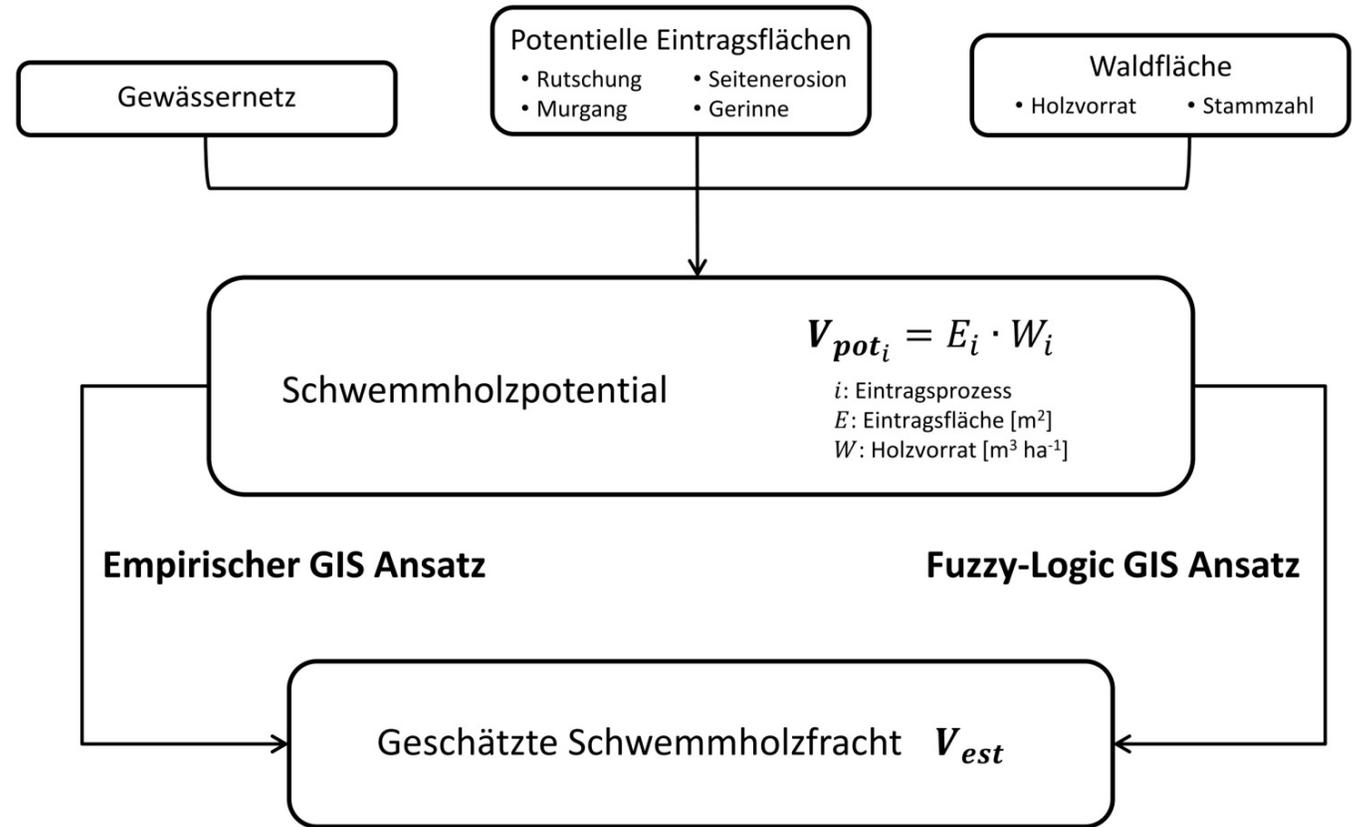
Foto: Schweizer Luftwaffe, 2005

1.1 – Empirischer GIS-Ansatz (EGA) & 1.2 – Fuzzy-Logic GIS-Ansatz (FGA)



Konzept

- Verwendung schweizweit einheitlicher Daten:
SilvaProtect-CH; Ökomorphologie;
Vector25/swissTLM3D; LFI
- Verschiedene Szenarien:
SH_{«30»} | SH₁₀₀ | SH_{«300»}
- Fokus auf Gebirgsflüsse & Wildbäche
- Modellierung im GIS-Interface
➤ Toolbox für die Praxis



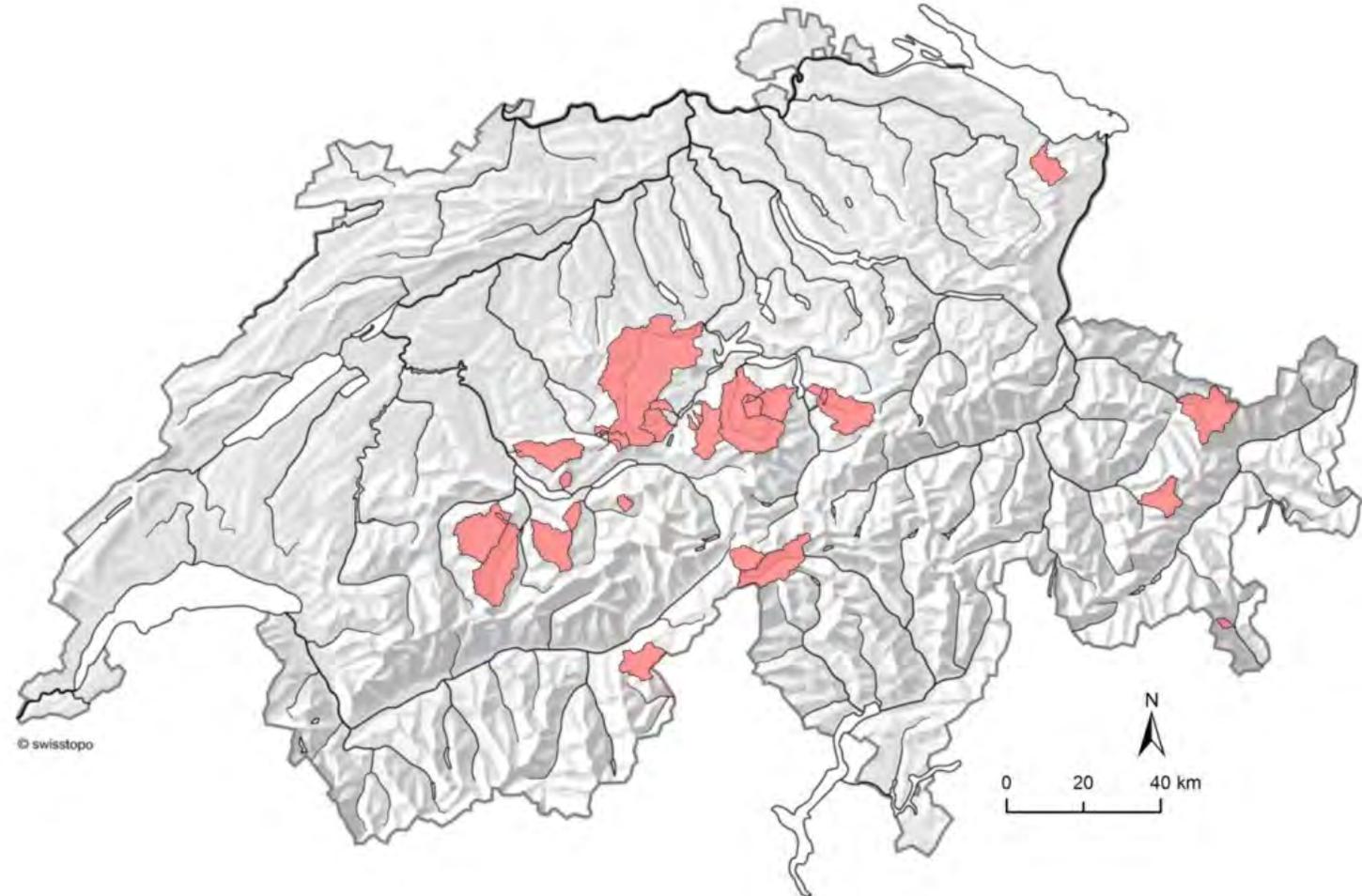
Schematische Darstellung für die Berechnung des Schwemmholzpotenzials



Untersuchungsgebiete

➤ **34 Testeinzugsgebiete** in Schweizer Voralpen und Alpen zwischen **1 und 478 km²** Einzugsgebietsgrösse, u.a.

- Landquart
- Ticino
- Chirel
- Chiene
- Gr. Melchaa
- Kl. Emme
- Zulg
- Schächen





Eintragsprozesse

- Fokus auf geomorphologische Prozesse während eines Unwetters bzw. Hochwassers
- Andere Eintragsprozesse (z.B. Windwurf, Lawinen, natürl. Absterben, etc.) werden implizit berücksichtigt im Gerinneholz

Gerinne(tot)holz



Murgang



Seitenerosion



Rutschung





EGA – SH-Potenzial

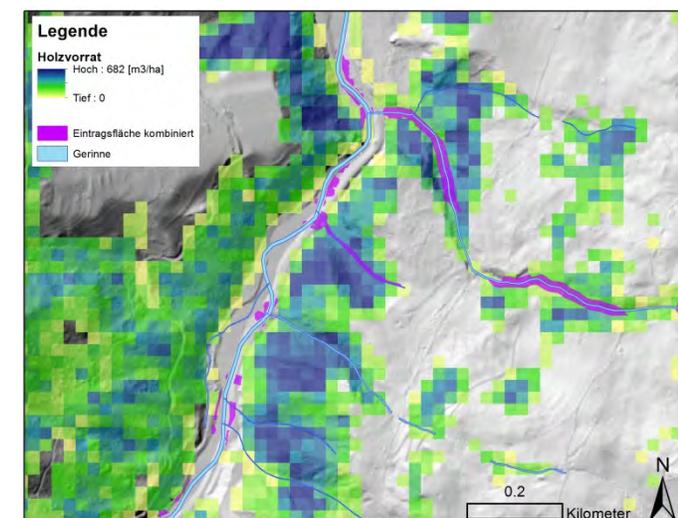
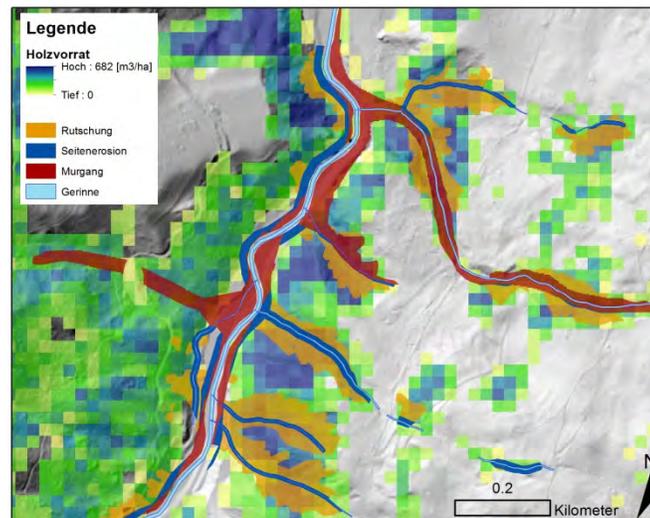
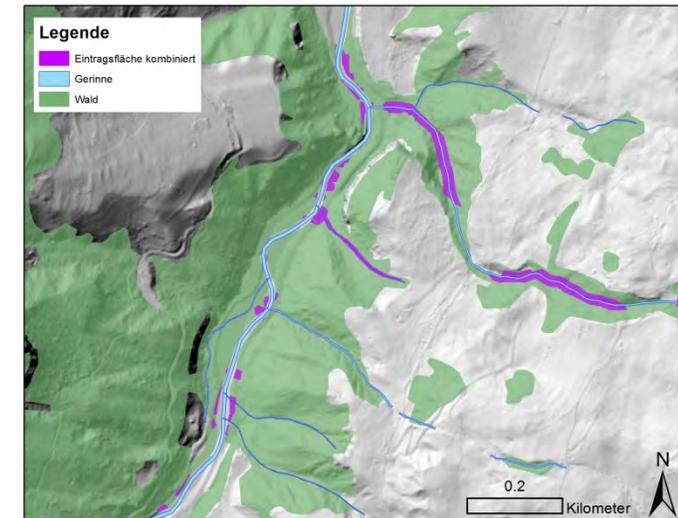
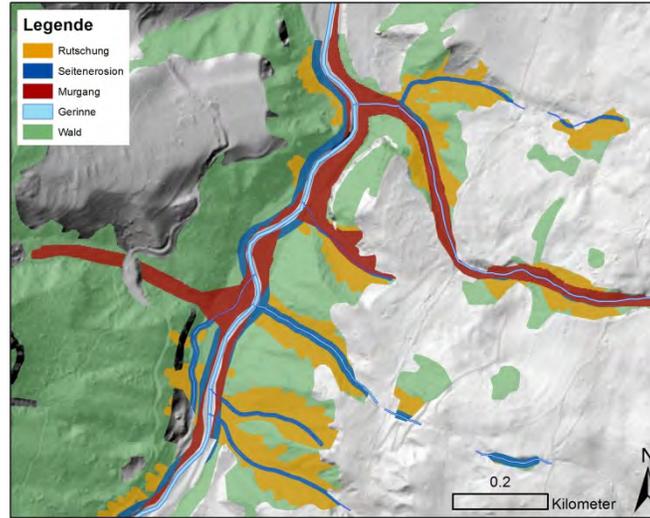
- Räumlich explizite GIS Modellierung potentieller Eintragsflächen
- Differenzierung nach Eintragsprozessen

Multiplikation der pot. Eintragsflächen mit dem **Holzvorrat**:

- Grundlage: Rasterkarte [25 x 25 m] mit Angaben zum Holzvorrat in Schweizer Wäldern (Ginzler et al. 2019, WSL)
- Berechnet mit Vegetationshöhenmodell* (VHM), Topografie, Höhenlage & Sommertemperatur
- kalibriert mit LFI-Plots (Vorrat)

*basierend auf Luftbildern (Oberfläche, DOM) und LiDAR (Terrain, DTM)

Beispiel Chirel (BE)





GIS-Modell: Prozessmodellierung

Gerinneholz

- Gerinnebreite gemäss Ökomorphologie
- Eingrenzung auf bewaldete Gerinnelänge
- SH-Vorrat im Gerinne, je nach Gerinnebreite: 43 – 94 m³/ha
(Rickli & Bucher, 2006; Ruiz-Villanueva, 2016)
 - < 5 m = 94 m³/ha
 - 5m-10 m = 67 m³/ha
 - > 10 m = 43 m³/ha

Rutschung / Hangmure

- **SilvaProtect-CH Trajektorien**
 - *Intersect* mit Gewässernetz und Wald
 - Startpunkt der Trajektorien innerhalb 50m-Puffer zum Gewässernetz
- Prozessfläche: Pufferung je HQ:
Anlehnung an Rutschungsdatenbank
(McArdell & Rickli 2017)
 - $E_{30''} = 5 \text{ m}$; $E_{100} = 10 \text{ m}$; $E_{300''} = 15 \text{ m}$
- Verschneidung mit Waldfläche

Seitenerosion

- Seitenerosion abhängig von Gerinnebreite
- Rückgriffweite gemäss Erfahrungen HW05 (Hunzinger & Durrer 2009; Walker 2012)
 - $E_{30''} = \text{Faktor } 1.5$; $E_{100} = \text{Faktor } 3$;
 $E_{300''} = \text{Faktor } 4.5$
- Verschneidung mit Waldfläche

Murgang

- **SilvaProtect-CH Trajektorien**
 - *Intersect* mit Gewässernetz und Wald
- Prozessfläche: Pufferung Trajektorien je Szenario:
 - $E_{30''} = 5 \text{ m}$; $E_{100} = 10 \text{ m}$; $E_{300''} = 15 \text{ m}$
- Verschneidung mit Waldfläche



EGA – Schwemmhholzfracht

Abschätzung der Schwemmhholzfrachten mit prozessspezifischen Abminderungsfaktoren

Szenarien:

- SH₁₀₀: basiert auf Daten zu Schwemmhholz; die meisten Ereignisse hatten Wiederkehrperiode von ca. 50 – 150 Jahren
- SH_{«30»} bzw. SH_{«300»}: angepasste Pufferbreiten und Abminderungsfaktoren (ad-hoc)

Abminderungsfaktoren f_a

- Vergleich von pot. Eintragsflächen (GIS) mit dokumentierten Erosionsflächen
- Vergleich von SH-Potential (GIS) mit dokumentierten SH-Mengen
- Literaturwerte aus anderen Studien

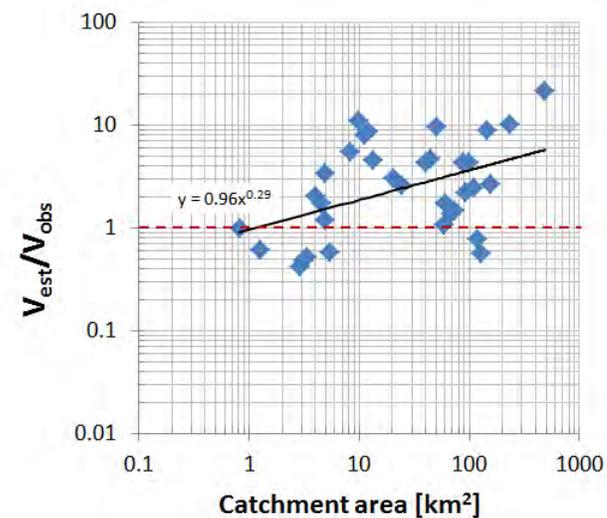
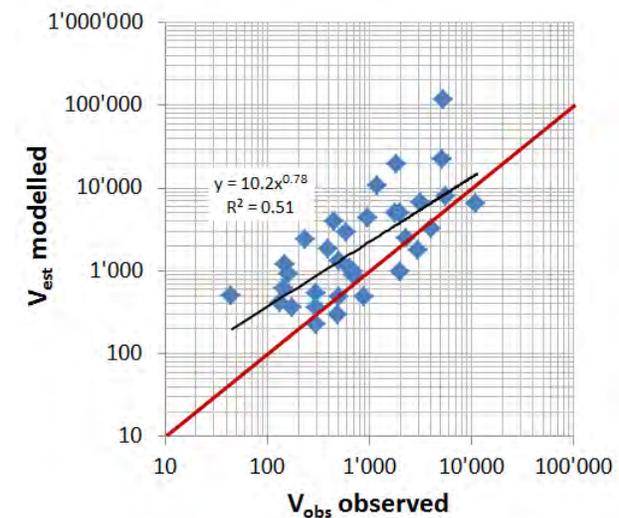
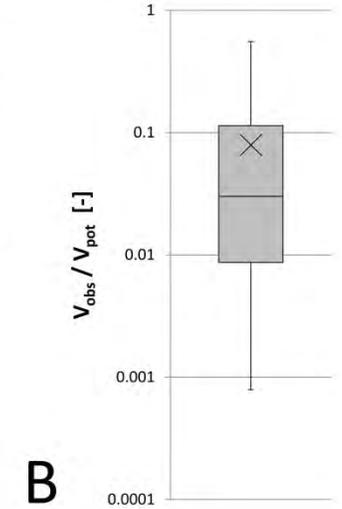
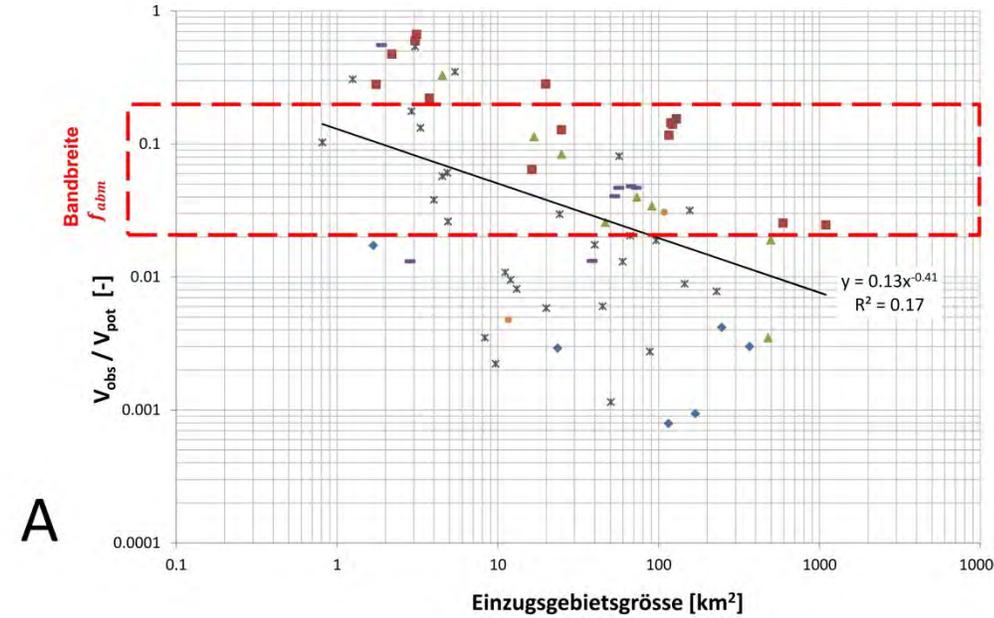
Beispiel Grosse Melchaa (OW)

	SH _{«30»}		SH ₁₀₀		SH _{«300»}	
	Potentielle Eintragsfläche [ha]	Potentielle Schwemmholzmenge [m ³]	Potentielle Eintragsfläche [ha]	Potentielle Schwemmholzmenge [m ³]	Potentielle Eintragsfläche [ha]	Potentielle Schwemmholzmenge [m ³]
Gerinneholz	28.5	2'197	28.5	2'197	28.5	2'197
Seitenerosion	18.7	4'659	62.7	18'567	91.4	28'550
Rutschung	141.5	49'574	152.9	54'919	151.3	55'197
Murgang	69.4	18'052	97.7	26'218	124.8	34'423
V_{pot} total	258.0	74'483	341.7	101'901	396.0	120'367
V_{pot} kombi	10.1	2'724	30.0	8'270	47.0	13'116

$$V_{est} = \sum_i^n V_{pot_i} \cdot f_{a_i}$$

Abminderungsfaktoren

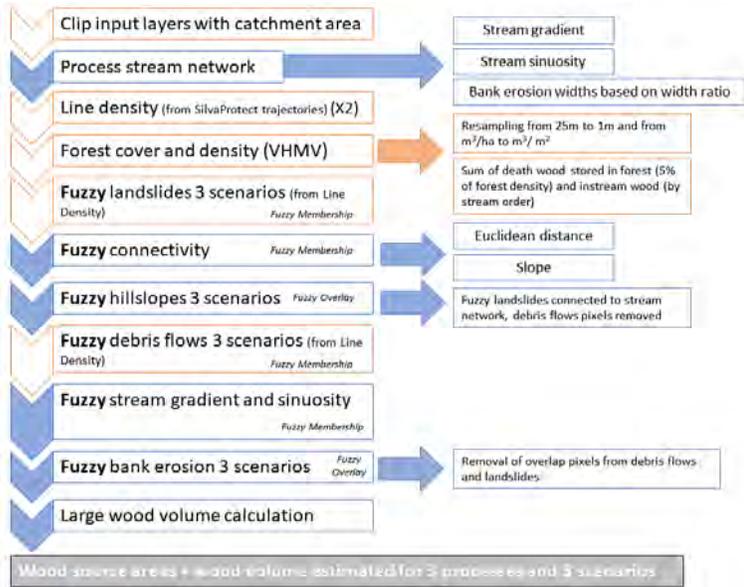
f_a	SH _{«30»}	SH ₁₀₀	SH _{«300»}
Gerinneholz	0.1	0.3	0.7
Seitenerosion	0.05	0.1	0.2
Rutschungen	0.01	0.05	0.1
Murgang	0.05	0.1	0.3



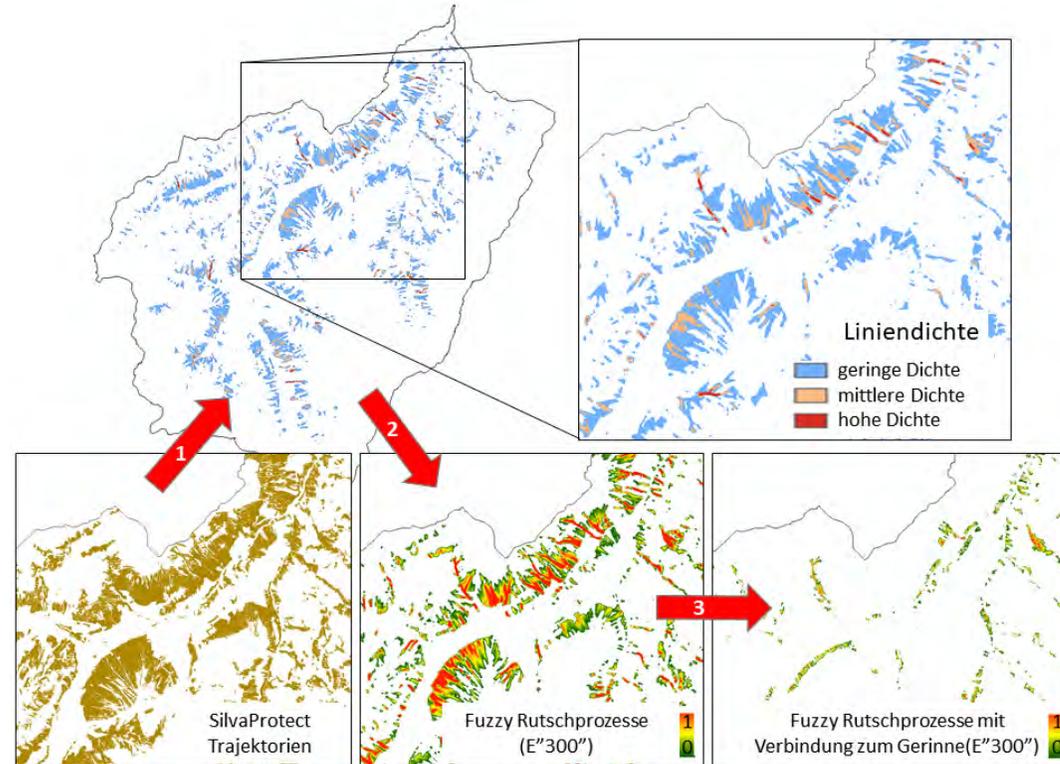
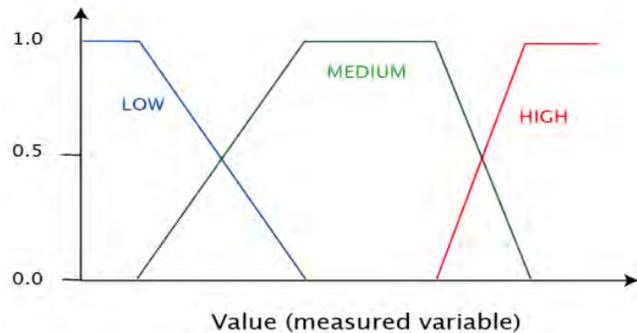
- Skaleneffekte
- Beste Resultate für Einzugsgebietsflächen von 5 – 200 km²
- Generell «konservative» Schätzung, d.h. $V_{est} > V_{obs}$



Fuzzy-Logic GIS-Ansatz



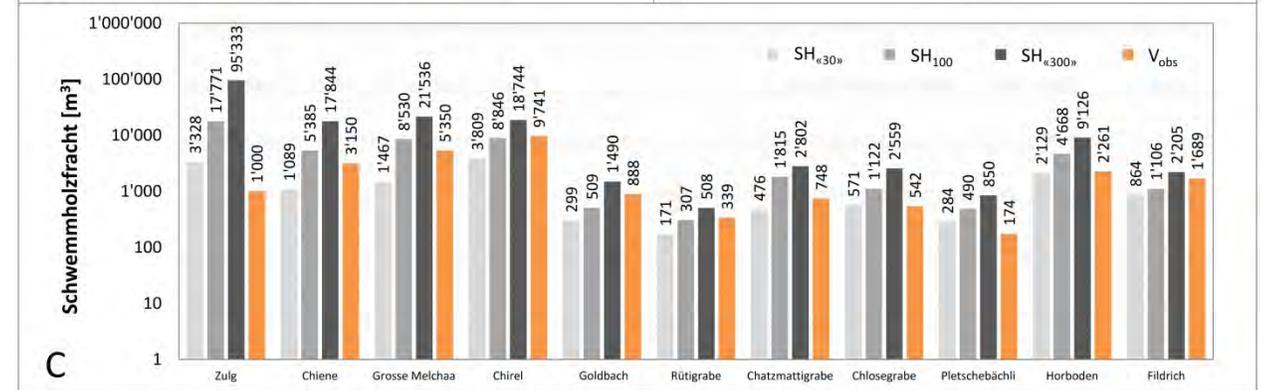
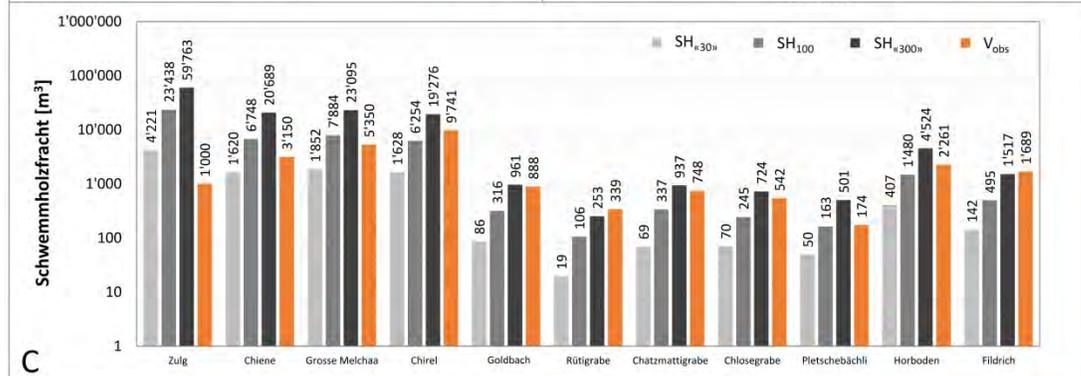
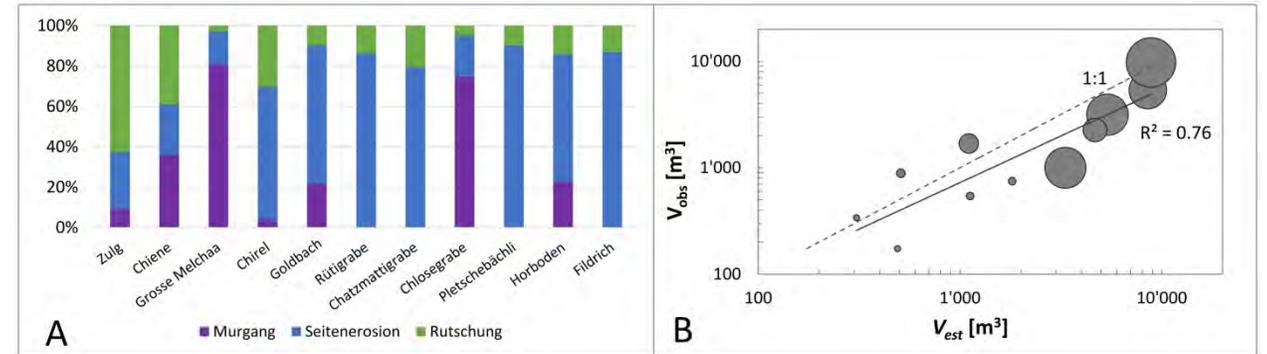
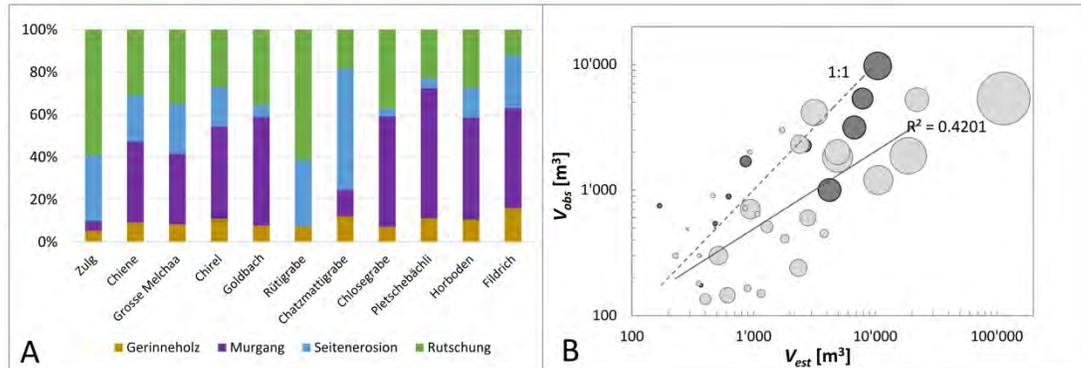
➤ Prozess «wahrscheinlichkeiten» (Möglichkeitswerte zw. 0 und 1)





Vergleich EGA & FGA

- Skaleneffekte
- Generell «konservative» Schätzung, d.h. $V_{est} > V_{obs}$
- Schwemmholzmengen: FGA > EGA



EGA

FGA

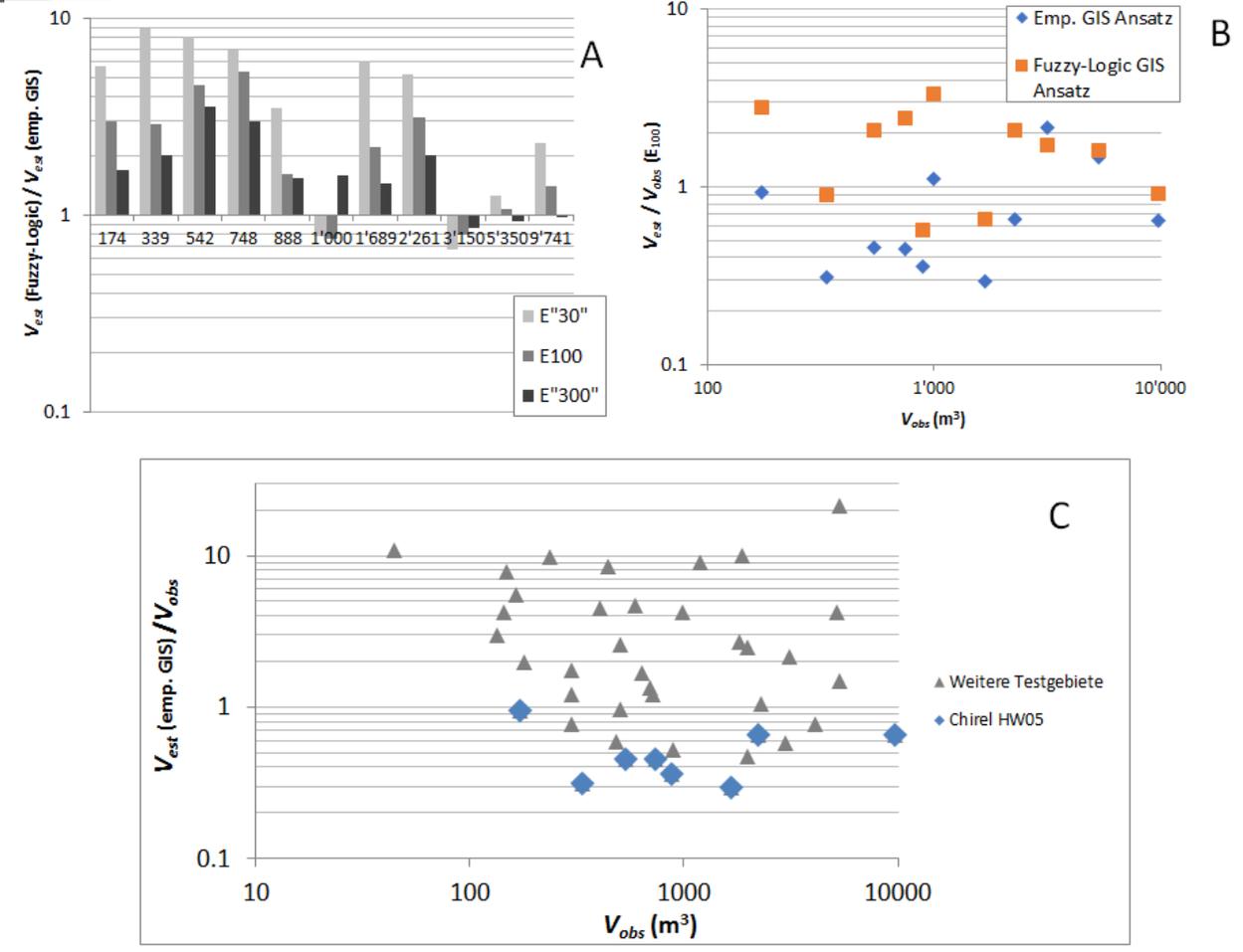


Abb. 25: Vergleich der geschätzten Schwemmholzfrachten: (A) Verhältnis V_{est} (Fuzzy-Logic GIS) zu V_{est} (empirischer GIS Ansatz) für die drei verschiedenen Szenarien, geordnet nach beobachteten SH-Frachten (die Zahlen bei der Abszisse stehen für V_{obs}); (B) Verhältnis V_{est}/V_{obs} unterschieden nach GIS Ansatz für das Szenario E₁₀₀, in Abhängigkeit von V_{obs} ; (C) Verhältnis V_{est}/V_{obs} für den empirischen GIS Ansatz in Abhängigkeit von V_{obs} ; neben den Datenpunkten zum Fallbeispiel Chirel sind auch die Datenpunkte zu den weiteren mit dieser Methode berechneten Testgebieten dargestellt.



Take home messages

Gültigkeitsbereich:

- Empirischer GIS & Fuzzy-Logic GIS Ansatz: regionaler Massstab (ca. **5-200 km²**)
- Bank/SlideforMAP: kleinräumige Modellierung (ca. **1- 30 km²**)

Potentielle Fehlerquellen:

- Modellierung der Eintragsprozesse
- Quantifizierung des Holzvorrats
- Umrechnung SH-Potenzial zu SH-Fracht (**Szenario SH₁₀₀** auf empirischen Daten abgestützt)

Bearbeitungstiefe ≈ Gefahrenhinweiskarte

GIS-Modellierung mit EGA, FGA:

- schnelle & **räumlich explizite** Identifizierung von potenziellen Eintragsflächen und Schwemmholzmengen
- Liefert Grundlagen für waldbauliche Massnahmen und für die Dimensionierung von Wasserbauten (z.B. Schwemmholzrechen oder Freibord)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



WoodFlow



Berner
Fachhochschule



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Laboratory of Hydraulics,
Hydrology and Glaciology



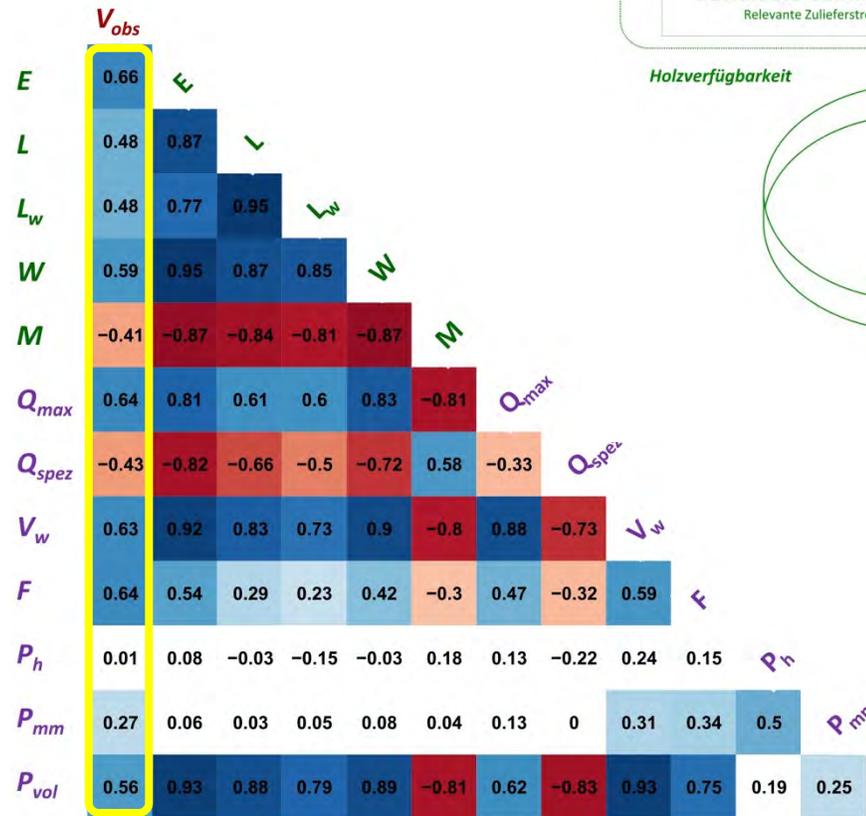
Foto: Schweizer Luftwaffe, 2005

1.4 – Empirische Schätzformeln



Kontrollvariablen

- V_{obs} : Schwemmh Holzfracht in Festmeter [m³]
- E : Einzugsgebietsfläche [km²]
- L : Gerinnelänge [km]
- L_w : Bewaldete Gerinnelänge [km]
- W : Waldfläche [km²]
- M : Meltonzahl [-]
- Q_{max} : Spitzenabfluss [m³/s]
- Q_{spez} : Abflusspende [m³ s⁻¹ km⁻²]
- V_w : Wasserfracht [m³]
- F : Feststofffracht [m³]
- P_h : Niederschlagsdauer [h]
- P_{mm} : Mittlere Niederschlagsmenge [mm]
- P_{vol} : Gesamtes Niederschlagsvolumen [m³]



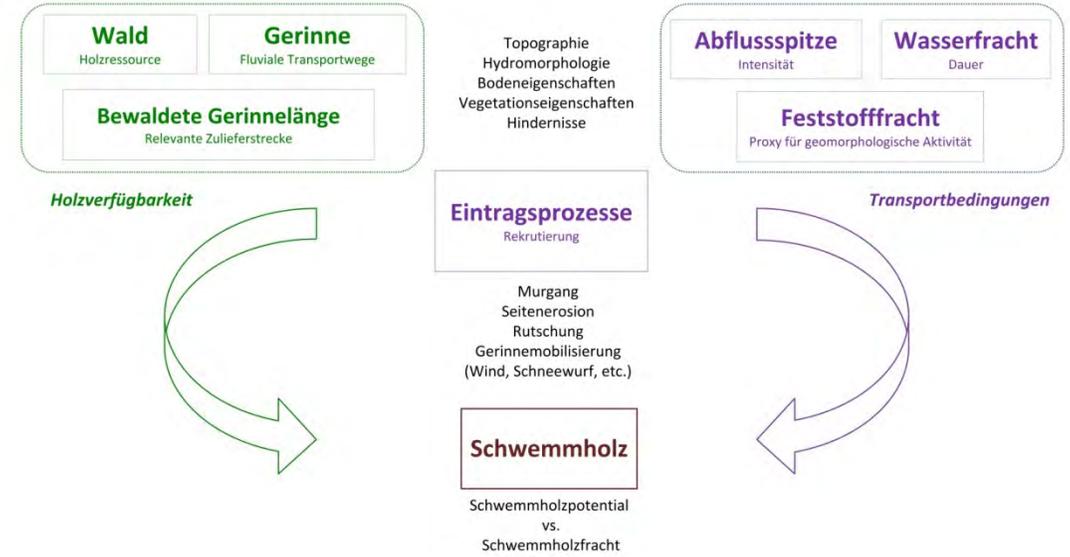
Einzugsgebiets-Charakteristika

Einzugsgebiet
Räumlicher Perimeter

Niederschlag
Exogener Auslöser

Dauer
Menge
Intensität

Ereignisabhängige Faktoren



- Kontinuierliche Auswertung aktueller schwemmh Holzrelevanter Ereignisse
- SH-Datenbank mit >200 Einträgen



Empirische Schätzformeln

- Grosse Streuung
 - Trotzdem deutliche Trends über mehrere Grössenordnungen

EZG-Fläche

*** (1.3) $V_{reg} = 38 E^{0.54}$

** (1.4) $V_{reg} = 77 W^{0.56}$

* (1.5) $V_{reg} = 49 L_W^{0.5}$

* (1.6) $V_{reg} = 40 L^{0.48}$

Geschiebefracht

*** (1.7) $V_{reg} = 0.2 F^{0.65}$

* (1.8) $V_{reg} = 0.3 V_W^{0.47}$

Abflussspitze

*** (1.9) $V_{reg} = 5.7 Q_{max}^{0.91}$

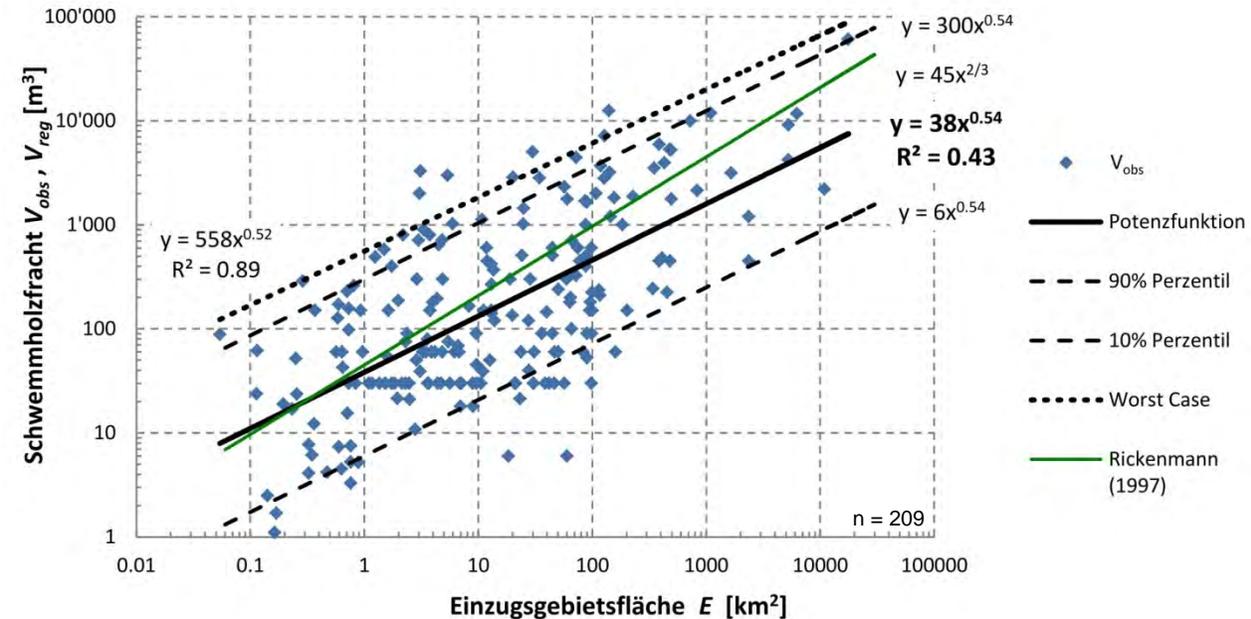
** (1.10) $V_{reg} = 0.3 P_{vol}^{0.46}$

** (1.11) $V_{reg} = 0.4 Q_{max}^{0.46} V_W^{0.33}$

Fläche & Geschiebe

*** (1.12) $V_{reg} = 0.2 E^{0.23} F^{0.6}$

	Faktor	Exponent	n	R ²	P ₉₀ P ₁₀	V _{reg} V _{obs} [r = 0.33 - 3.33] %
10% Perzentil	6	0.54	209	0.43	50	50
90% Perzentil	300	0.54				
Worst case	558	0.52				
10% Perzentil	13	0.56	179	0.35	55	52
90% Perzentil	720	0.56				
Worst case	1460	0.46				
10% Perzentil	7	0.50	175	0.24	71	44
90% Perzentil	500	0.50				
Worst case	925	0.50				
10% Perzentil	5.5	0.48	177	0.23	73	41
90% Perzentil	400	0.48				
Worst case	860	0.44				
10% Perzentil	0.04	0.65	196	0.45	35	56
90% Perzentil	1.4	0.65				
Worst case	1.4	0.7				
10% Perzentil	0.04	0.47	167	0.34	65	50
90% Perzentil	2.6	0.47				
Worst case	6.2	0.45				
10% Perzentil	0.65	0.91	77	0.42	46	58
90% Perzentil	30	0.91				
Worst case	115	0.72				
10% Perzentil	0.04	0.46	164	0.32	55	51
90% Perzentil	2.2	0.46				
Worst case	8	0.41				
10% Perzentil	0.3	0.35 0.25	166	0.32	47	51
90% Perzentil	14	0.35 0.25				
Worst case	87	0.26 0.19				
10% Perzentil	0.06	0.22 0.56	196	0.49	30	56
90% Perzentil	1.8	0.22 0.56				
Worst case	1.7	0.23 0.61				

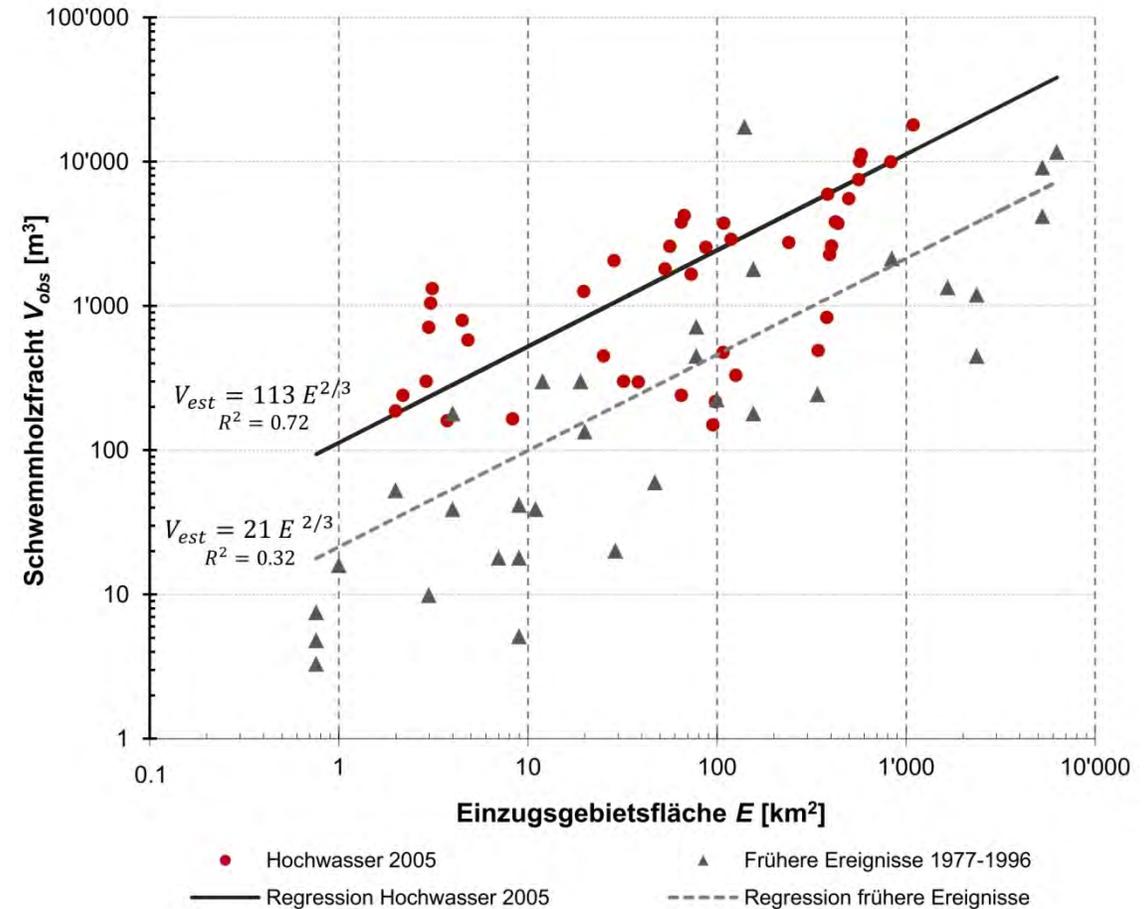


- SH-Frachten: Angaben in Festmeter [m³]
- Streuung der Daten berücksichtigen
 - Bandbreiten/Umhüllende
- Ranking der Schätzformeln
(Anzahl Sterne in Tabelle bzw. Färbungsgrad)



Beispiel Hochwasser 2005

- Dauer des Hochwassers wichtig
- Eintragsprozess wichtig
- Skaleneffekte



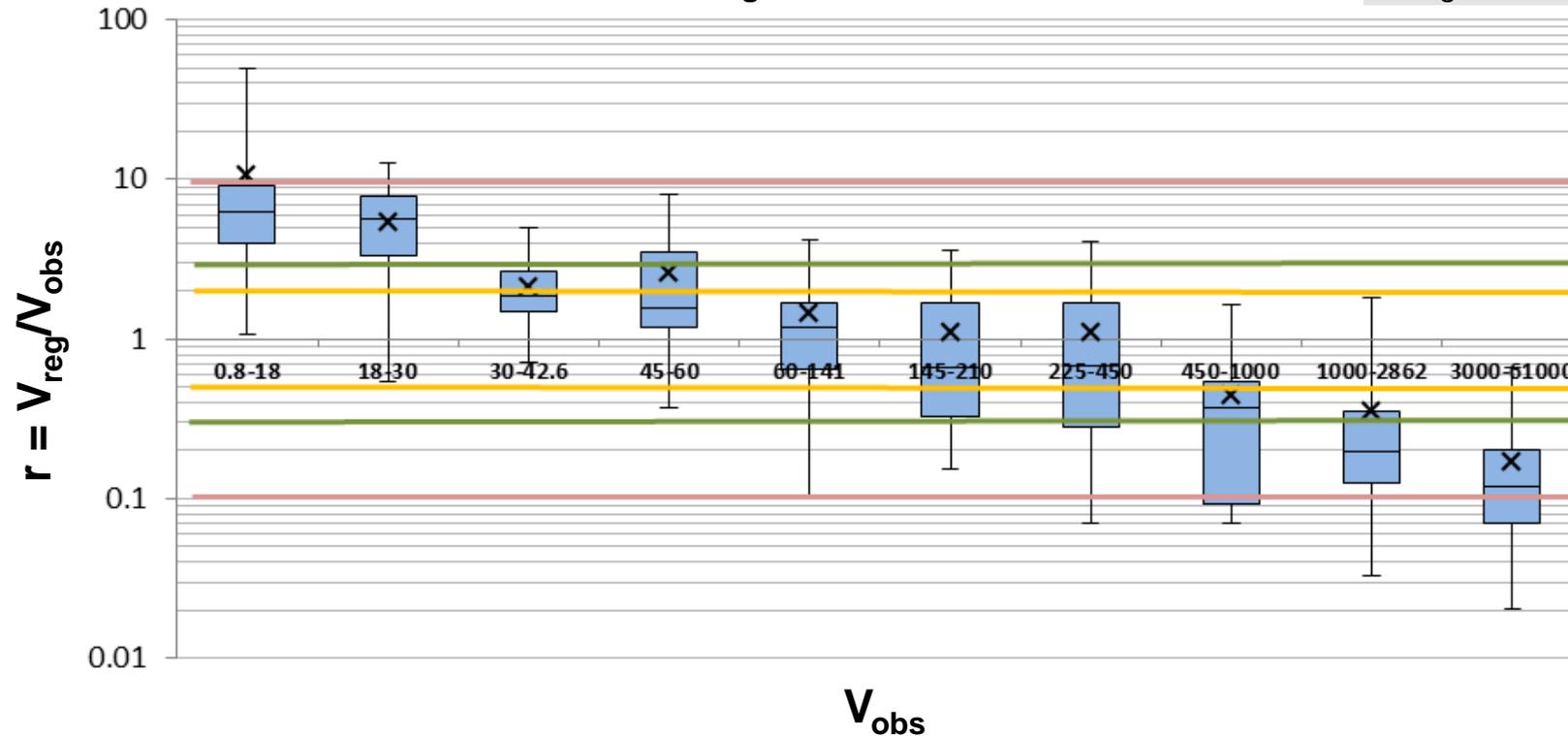
Schwemmholtzfrachten des dreitägigen Hochwassers vom August 2005 in ausgewählten Einzugsgebieten (rote Punkte) und Vergleich mit früheren Ereignissen mit kürzerer Dauer (graue Punkte; adaptiert aus Steeb et al., 2017).



Empirische Schätzformeln

$$V_{reg} = 38 E^{0.54}$$

V_{obs} = gemessene SH-Fracht
 V_{reg} = modellierte SH-Fracht



- Die besten Prognosen werden für **mittlere** SH-Frachten erreicht, ca. **50–500 m³**
- Ähnliche Abweichungen bei allen Formeln (z.T. weniger ausgeprägt)



Take home messages

- **Deutliche Trends** über mehrere Grössenordnungen ersichtlich (am besten mit einer Potenzfunktion zu beschreiben)
- Die meisten bestehenden empirischen Gleichungen wurden bestätigt, jedoch weiter verfeinert
- Die Dauer eines Ereignisses sowie der dominierende Eintragsprozess beeinflussen die SH-Fracht stark

Empirische Schätzformeln:

- **schnelle & einfache** Methode, um erste grobe Schätzung des möglichen SH-Exportes aus einem Einzugsgebiet bei Hochwasser durchzuführen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



Berner
Fachhochschule



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Laboratory of Hydraulics,
Hydrology and Glaciology



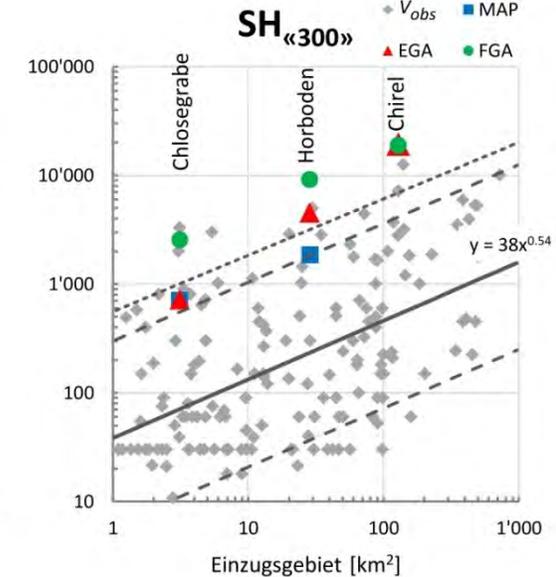
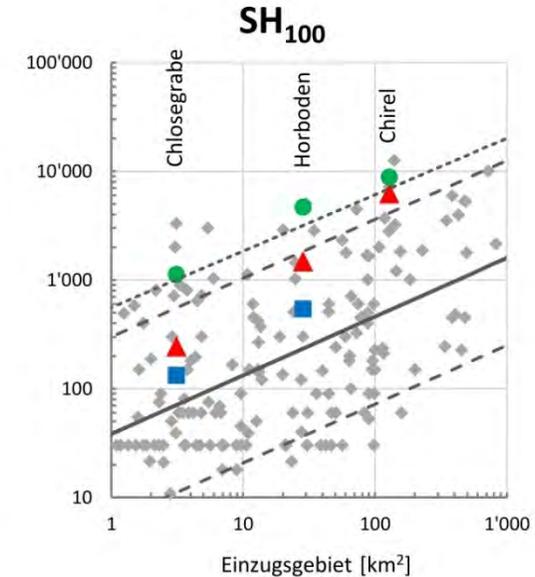
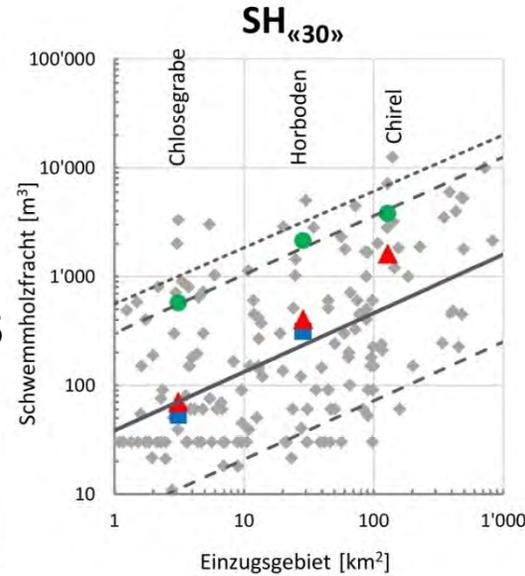
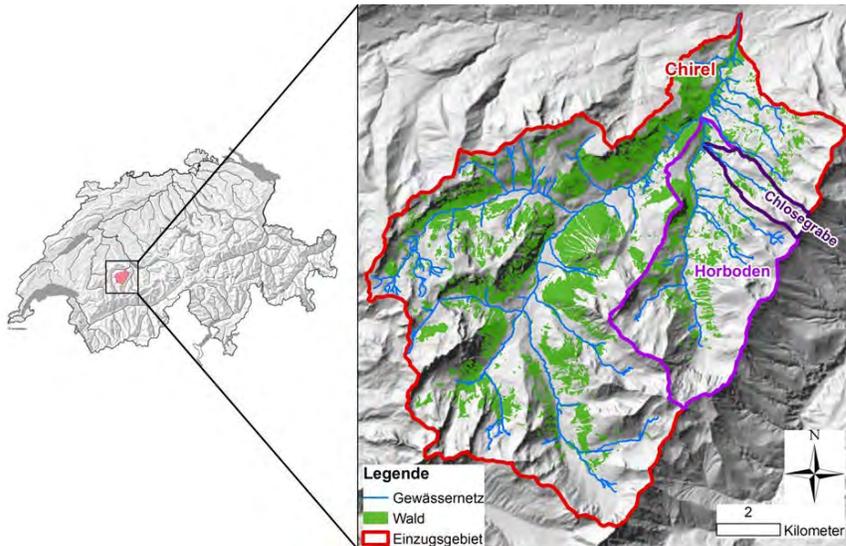
<https://spotlight.it-notes.ru>

Fazit



Anwendungsempfehlungen

- Vergleich der Ansätze zur Abschätzung des Schwemmholtzpotentials bzw. der Schwemmholtzfracht
- Fallbeispiel Chirel (BE), Hochwasser 2005

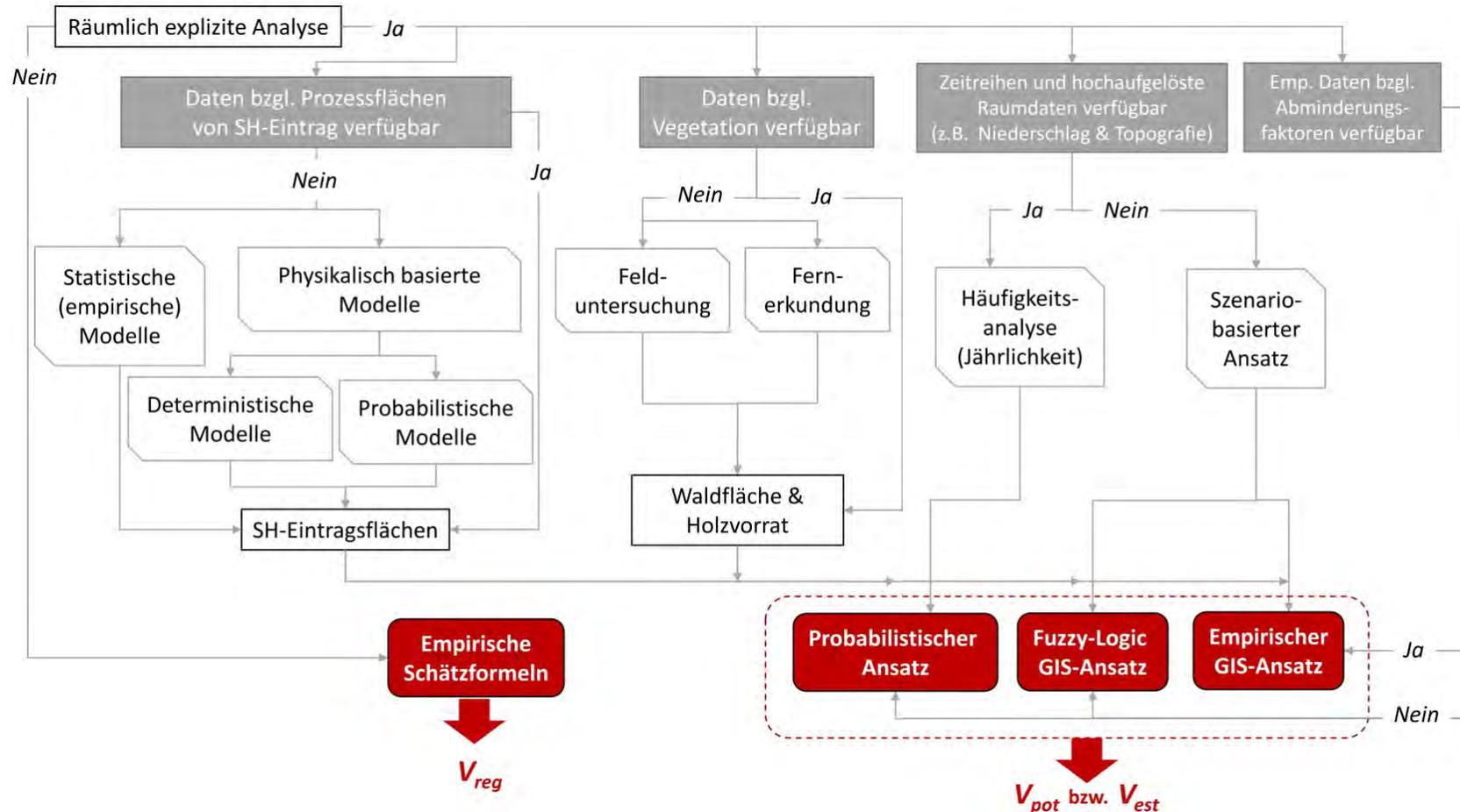


- Geschätzte Schwemmholtzfrachten V_{est} :
Fuzzy-Logic > emp. GIS > Bank/SlideforMAP > emp. Schätzformeln
- Prozessdifferenzierung schwierig
- Generell «konservative» Schätzung, d.h. $V_{est} > V_{obs}$



Anwendungsempfehlungen

Entscheidungsdiagramm für die Anwendung der verschiedenen Ansätze aus Block 1:





Anwendungsempfehlungen

Anhang 3 Übersichtstabelle der WoodFlow-Werkzeuge und -Ansätze

Ansatz/ Werkzeug	Ziel	Daten Input	Daten Output	Benötigte Soft-/ Hardware	Gültigkeits- bereich/Grenzen	Unsicherheiten	Skalen/ Massstäbe	Bearbeitungs- aufwand/Zeit	Praktische Anwen- dung* vgl. Beschrei- bung am Ende von Anhang A3
Empirischer GIS-An- satz (Kap. 1.2)	Szenarienbasier- te ($SH_{\leftarrow 30m}$, SH_{100m} , $SH_{\leftarrow 300m}$) Abschät- zung potenzieller Eintragsflächen & SH-Mengen	Einzugs- gebietsfläche; Gewässernetz; Waldfläche; SilvaProtect- Trajektorien; Holzvorrat-Ras- terkarte VHMV	Tabelle Schwemmholt- mengen V_{por} & V_{est} ; Shapefiles Eintragsflächen	ArcGIS o. ä.	Identifikation Eintragsflä- chen (räumlich explizit); Unter- scheidung nach Eintragsprozes- sen	SH-Poten- zial (V_{pot}) vs. SH-Fracht (V_{est}); Wahl der Abminderungs- faktoren; Holz- vorrat	Theoretisch unbegrenzt; beste Resul- tate für EZG 5–200 km ²	Je nach Grösse des EZG ca. 15–60 Minuten	1) 3) 5) 6)



Take home messages

- Gültigkeitsbereich & Skaleneffekte berücksichtigen
- Unsicherheiten berücksichtigen
 - Abschätzung der Grössenordnung der Schwemmh Holzmenge
 - Kombination der Ansätze sinnvoll
- Fokus auf relevante Teileinzugsgebiete:
 - Konnektivität, Hindernisse, geomorphologische Aktivität
 - Kombination mit Feldbegehungen/Monitoring/gutachterliche Beurteilungen
 - Bachtypisierung
- Inputs für weitere WoodFlow-Tools (Block 2 & 3)
 - Transportmodellierung
 - Verkläusungsberechnungen



www.woodflow.ch



WSL
Schweizerische Eidgenossenschaft

- WoodFlow
- Projektübersicht
- Schwemmholz in Fließgewässern
- Forschungsergebnisse
- Downloads
- Publikationen
- Kontakt



WoodFlow: Schwemmholzmanagement an Fließgewässern

Willkommen auf der Homepage von *WoodFlow*, ein vom Bundesamt für Umwelt BAFU initiiertes Forschungsprogramm zum Thema «Schwemmholz».

WoodFlow liefert wissenschaftliche Grundlagen für die Bewältigung aktueller Herausforderungen beim Schwemmholz-Management an Fließgewässern und stellt der Praxis geeignete Hilfsmittel zur Verfügung.

Die Forschungsergebnisse richten sich insbesondere an Fachleute in den Kantonen, in den Gemeinden und aus der Privatwirtschaft, die sich mit forstlichen Pflegemaßnahmen und mit Wasserbau befassen.



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Finanzierung: Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Projekt: *WoodFlow*