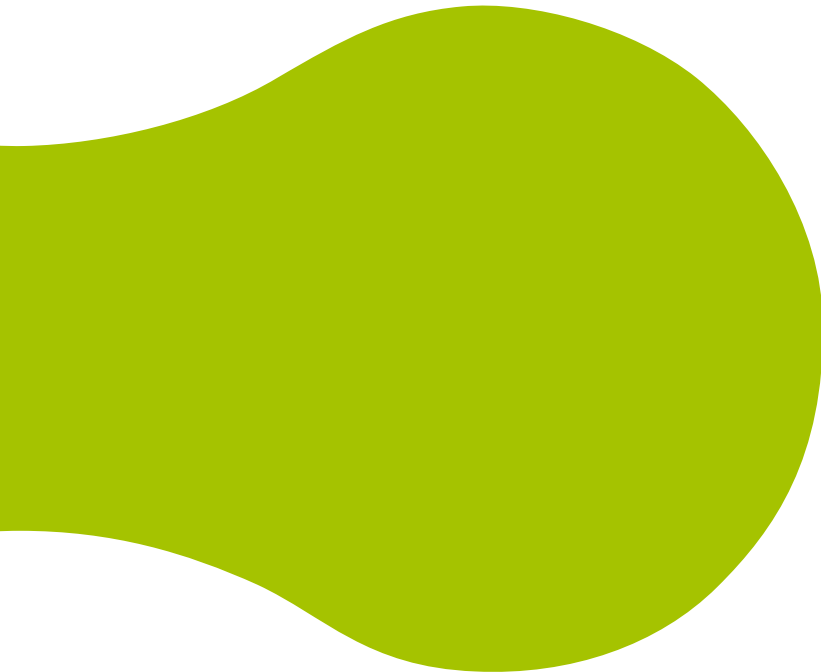


# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Muster

Thomas Raab & Anna Schneider

Horst H. Gerke, Thomas Maurer, Rossen  
Nenov & Julia Krümmelbein

et al.

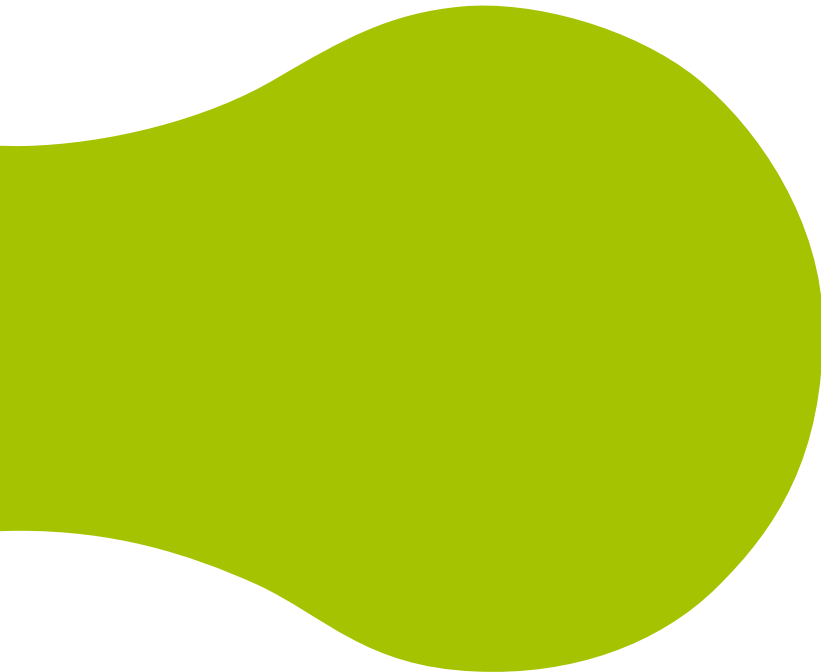


## **Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Muster**

- 1. Das Hühnerwasser EZG – Analogien für ein Unikat**
- 2. Hühnerwasser 2005 bis 2010 – Rekonstruktion der initialen Entwicklung**
- 3. Hühnerwasser 2013+**

# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Muster

Das Hühnerwasser EZG –  
Analogien für ein Unikat



## Initiale Ökosystementwicklung – das Gesamtbild

Juli 2011





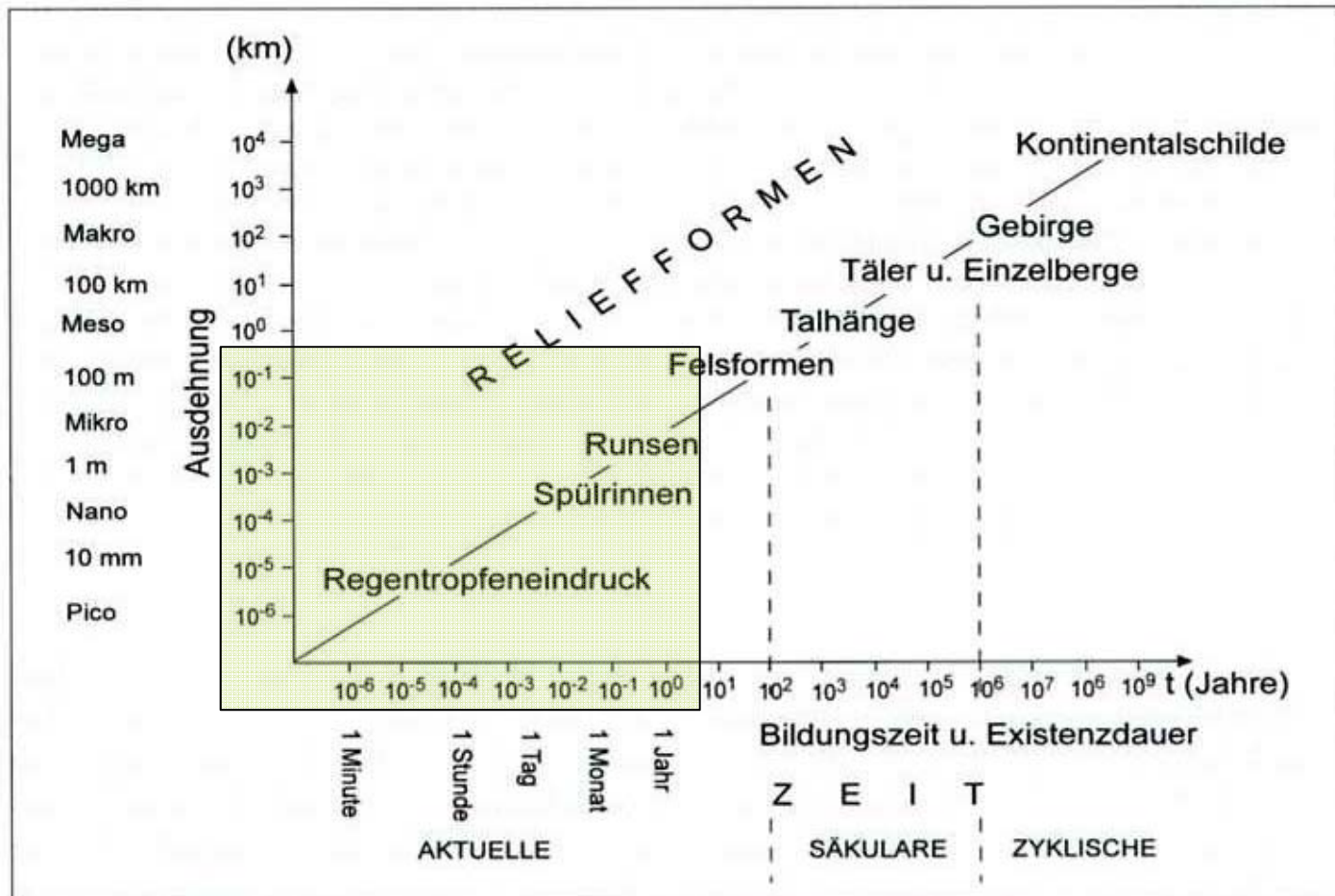
## Initiale Relief- bzw. Oberflächenentwicklung – ein Teilaspekt der Ökosystementwicklung

23.03.2008



# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Formen

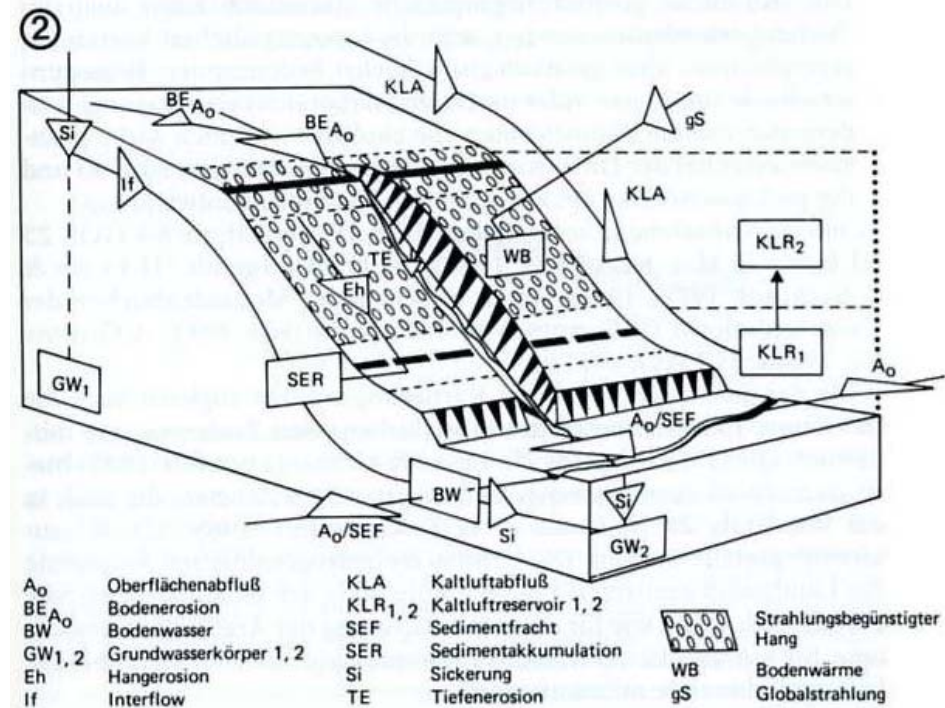
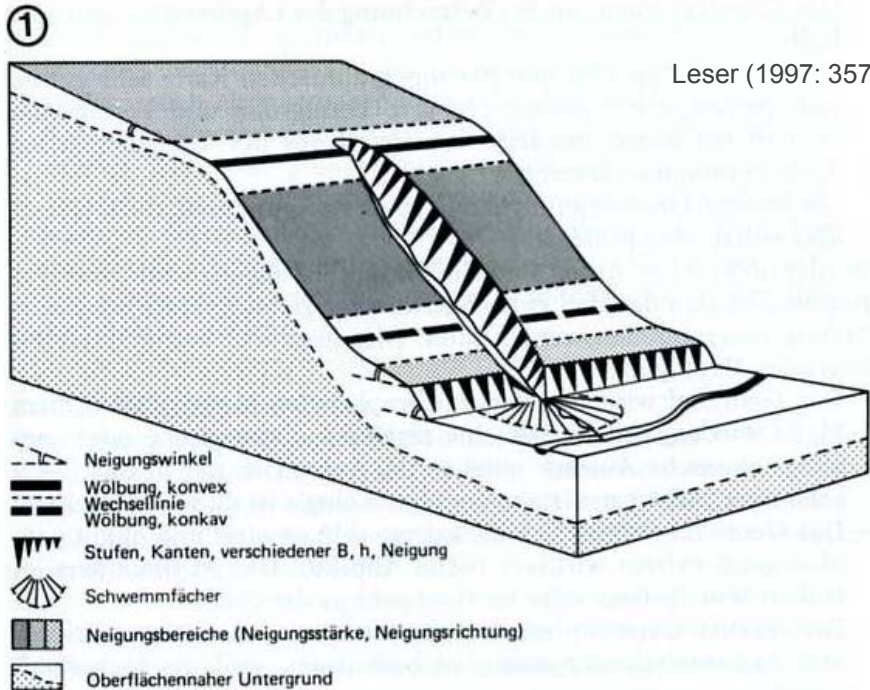
Relevante Skalen (räumlich-zeitlich)



Zepp (2004: 21)

# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Formen

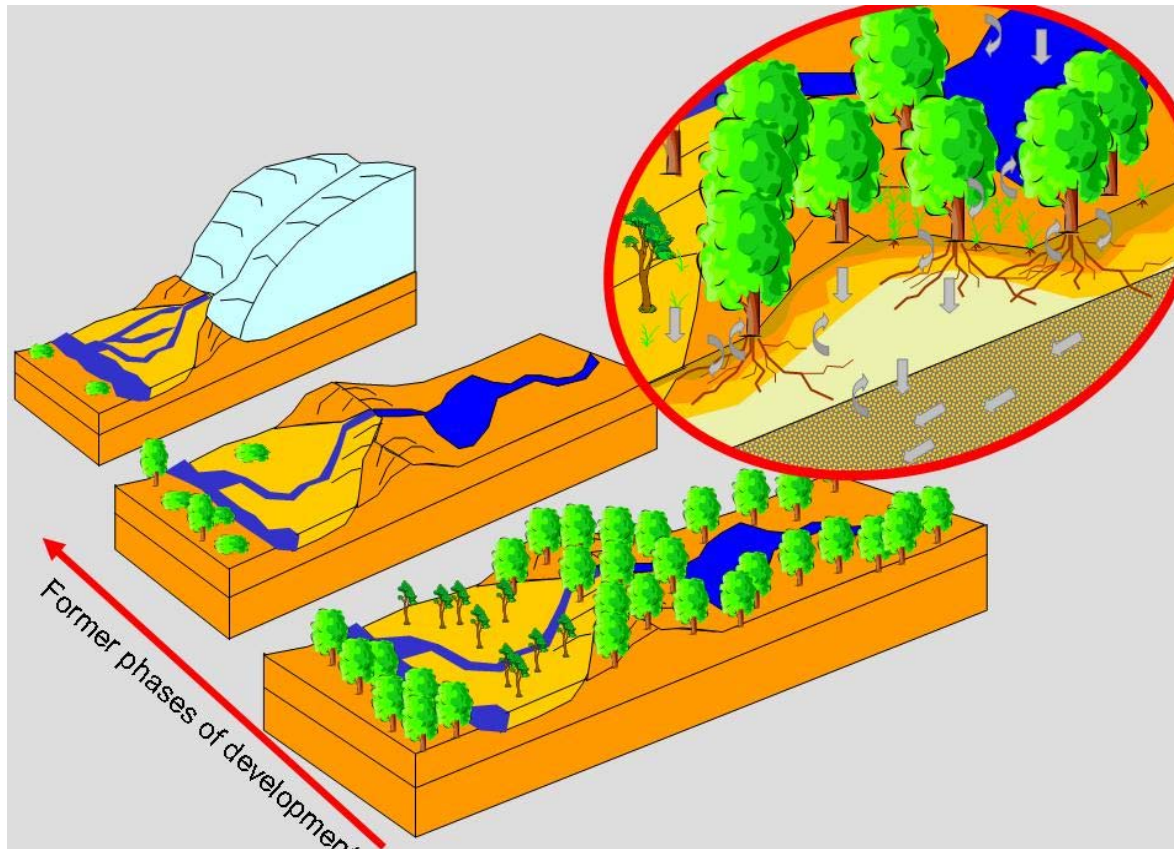
## Reliefeigenschaften als Regler im Landschaftshaushalt





## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

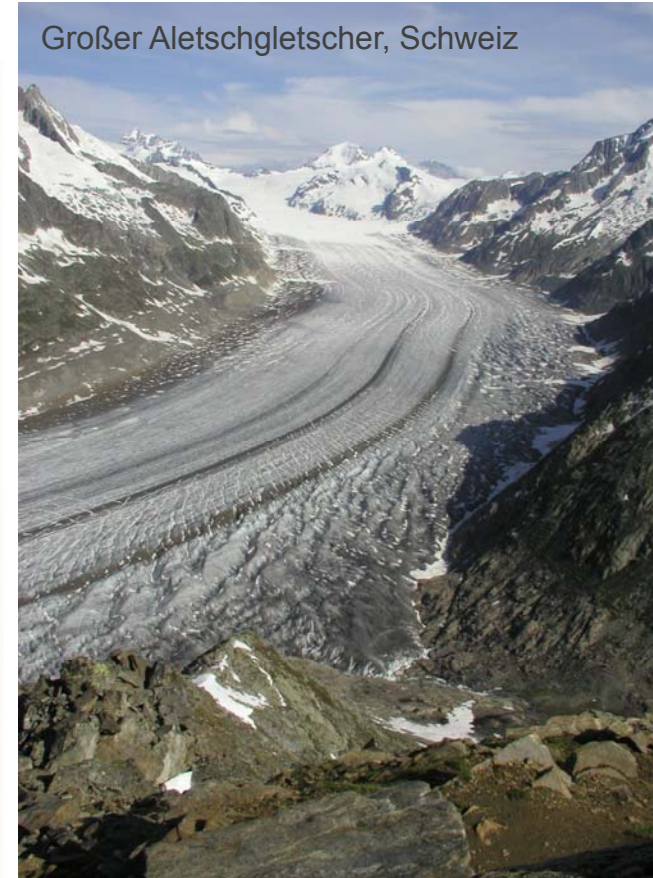
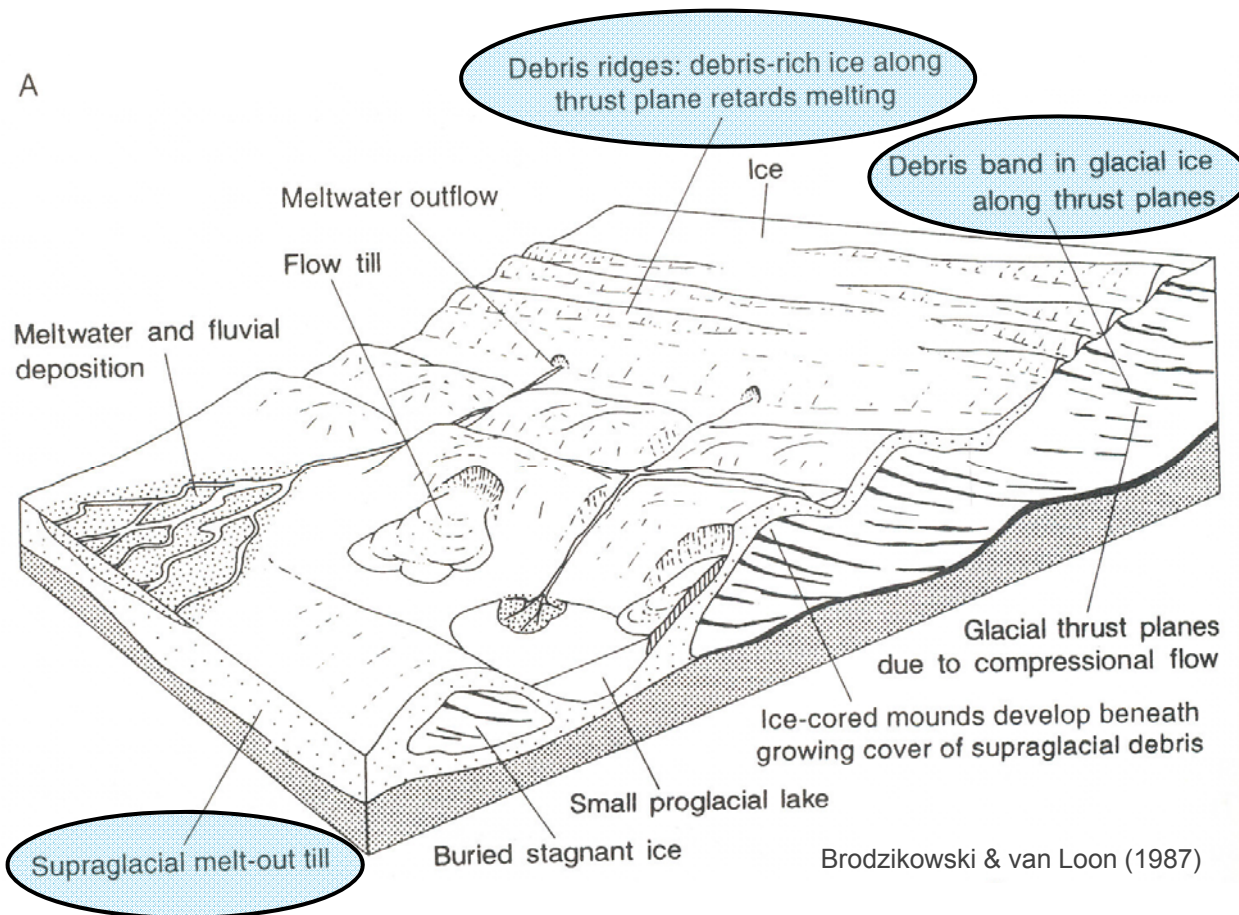
Hühnerwasser – Die Glaziallandschaft als Analogon



# Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Die Glaziallandschaft in der Realität –

**Fakt 1: primäre Strukturen sind weit verbreitet**

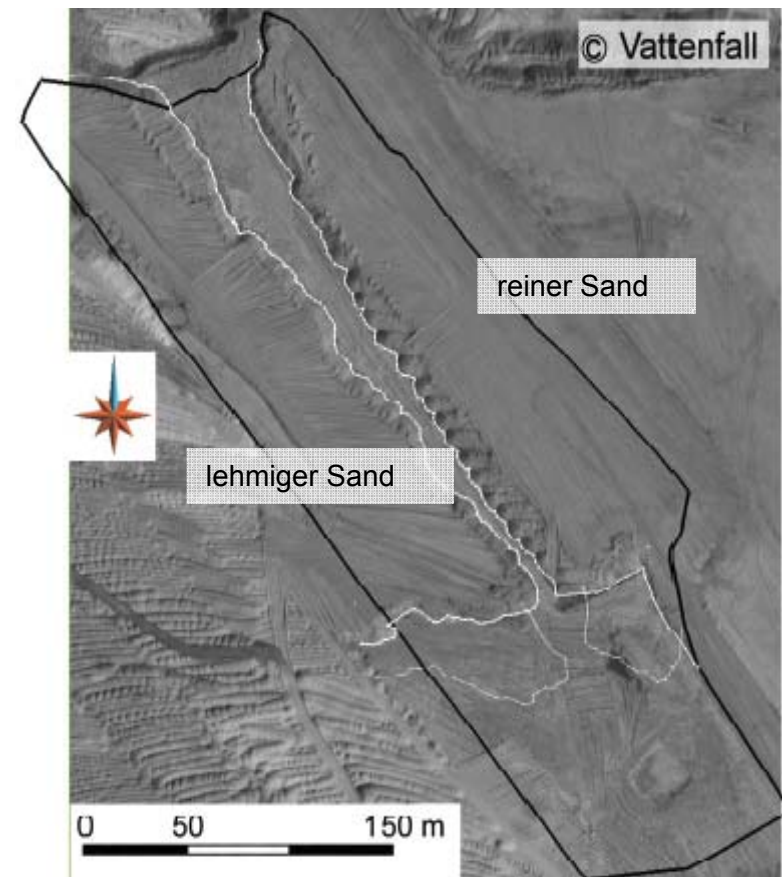




## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Die Glaziallandschaft in der Realität – kleinräumige stratigraphische Wechsel

Unterschiedliche Fazies von melt out till, Frazer Valley, British Columbia

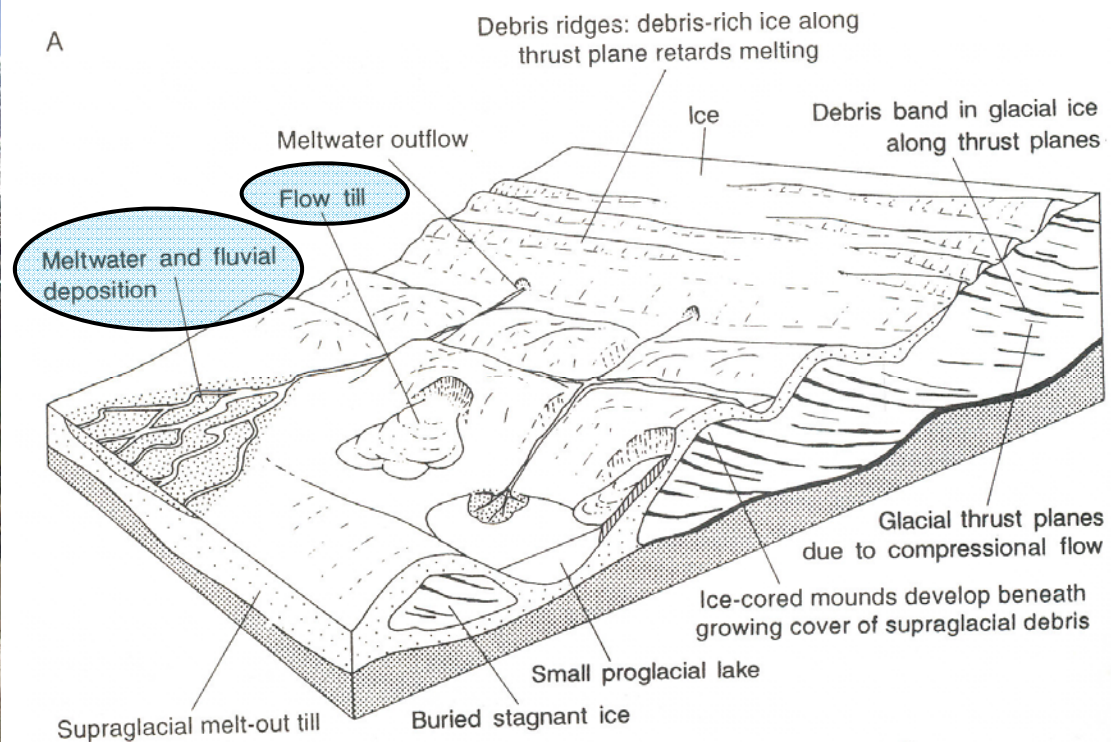




# Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Die Glaziallandschaft in der Realität –  
**Fakt 2: Sekundäre Umlagerungen sind bedeutsam**

Unterer Grindelwaldgletscher, Schweiz



Brodzikowski & van Loon (1987)



## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Die Glaziallandschaft in der Realität

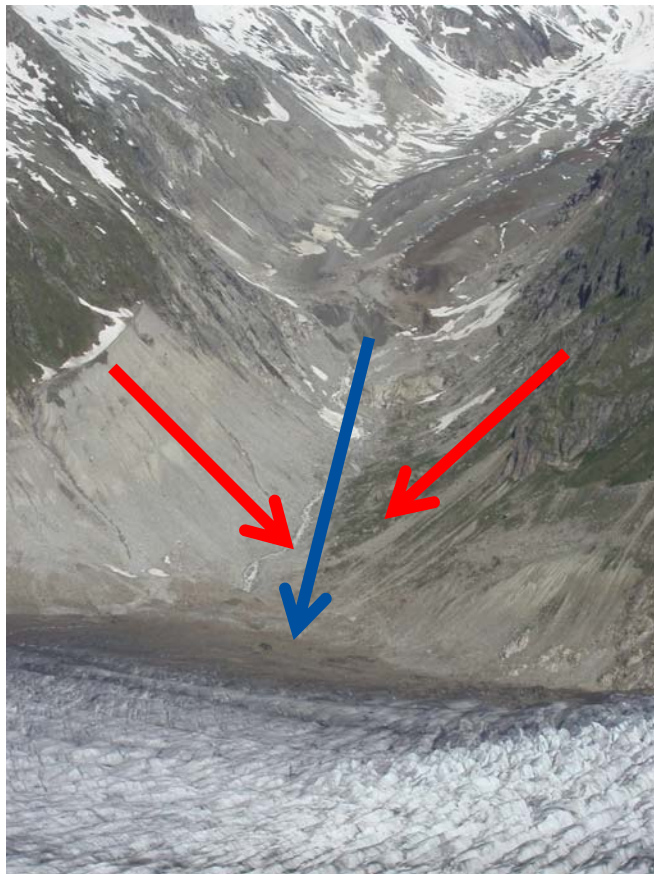
Das Konzept der *paraglacial processes* (räumlicher und zeitlicher Begriff)

„The paraglacial period is characterized by **high rates of sediment delivery from slopes and into fluvial and aeolian systems**. This period is triggered by the instability of unconsolidated glacial sediments (...). **Sediment yields and denudation rates are highest immediately following deglaciation**, then decline through time as sediment supply becomes exhausted and slope relax towards more stable profiles” (Benn & Evans: 1998: 261).

## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Die Glaziallandschaft in der Realität und im Vergleich mit dem HW

Seitenmoräne am Großen Aletschgletscher, Schweiz



Gravitative  
Massenbewegungen

Erosion

Fluvialer Transport

(Akkumulation)



## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Dominante Prozesse auf dem HW sind Erosion und Akkumulation durch Oberflächenabfluss – hierzu gibt es zahlreiche Analogien und Prozessbeispiele

Beispiel Badlands, Alberta, Kanada





## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Dominante Prozesse auf dem HW sind Erosion und Akkumulation durch Oberflächenabfluss – hierzu gibt es zahlreiche Analogien und Prozessbeispiele

Beispiel Las Bardenas Reales, Spanien





## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Dominante Prozesse auf dem HW sind Erosion und Akkumulation durch Oberflächenabfluss – hierzu gibt es zahlreiche Analogien und Prozessbeispiele

Beispiel Vilstal, Bayern, rezente Bodenerosion

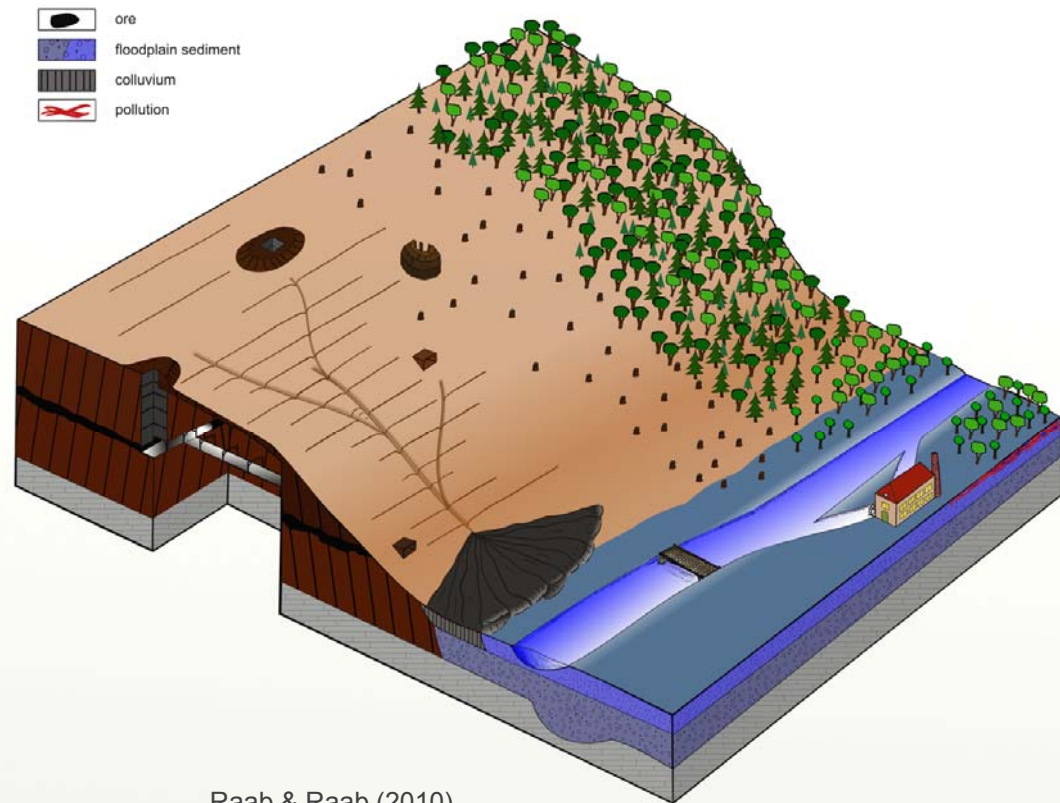


Formen historischer Bodenerosion (Hohlwege, Gully)



## Initiale Oberflächenentwicklung – Analogien und Beispiele

Für das Gesamtsystem entscheidend: Es handelt sich um eine Prozesskette!  
EROSION – TRANSPORT – AKKUMULATION



Raab & Raab (2010)



## Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Formen

### ZWISCHENRESÜMEE

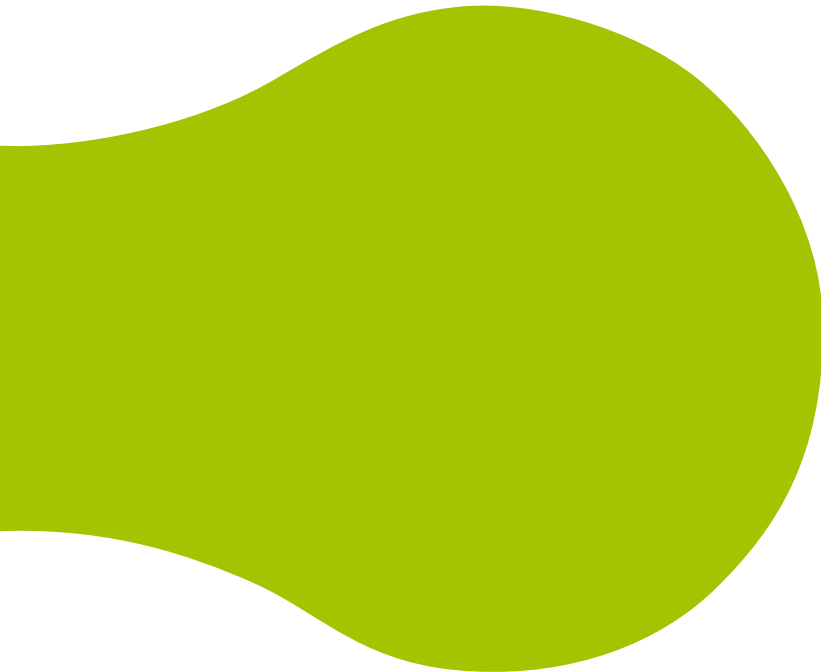
- Das Hühnerwasser EZG ist ein Unikat hinsichtlich seiner speziellen Reliefentwicklung
- Die geomorphodynamischen Prozesse und Strukturen sind grundsätzlich bekannt
- Primärstrukturen unterliegen mehr oder weniger rasch der Überprägung und Veränderung



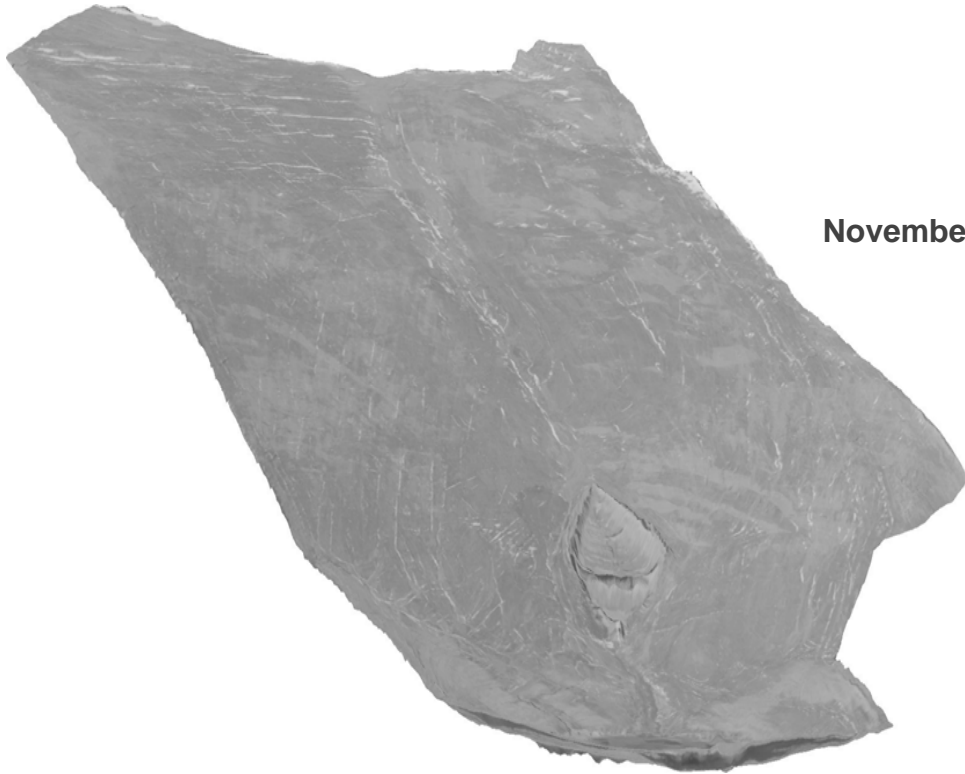


# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Muster

Hühnerwasser 2005 – 2010  
Rekonstruktion der initialen Entwicklung

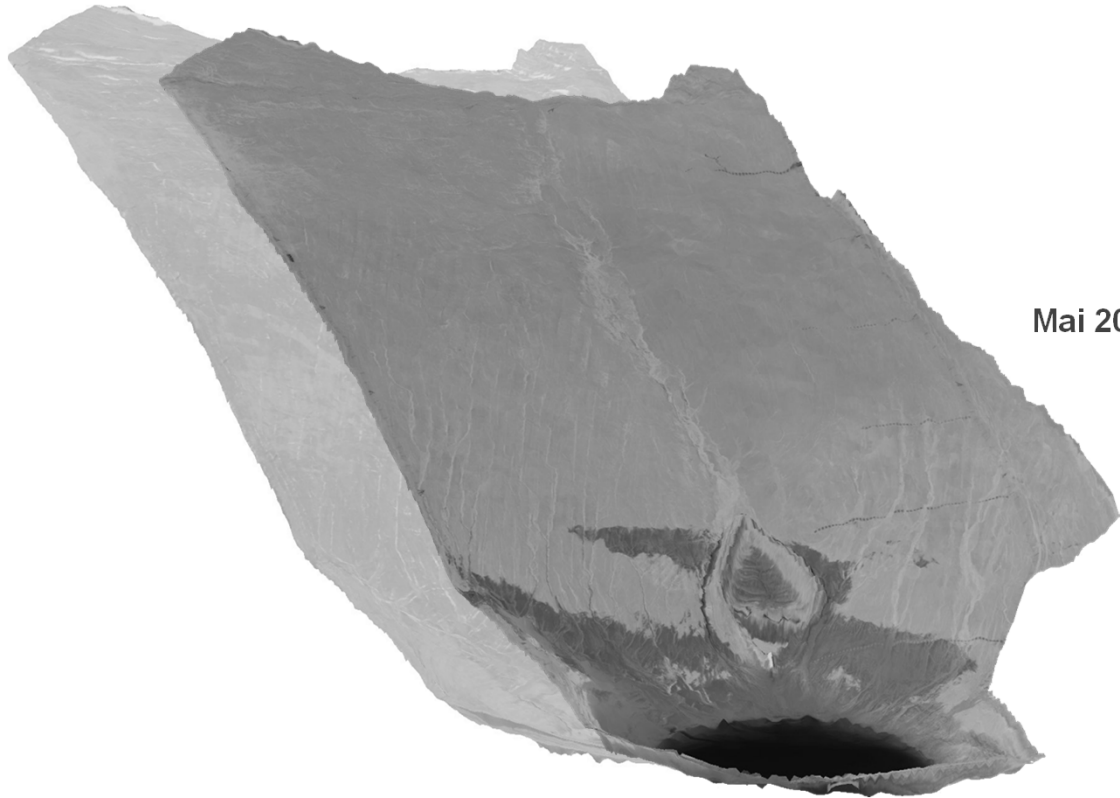


## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010



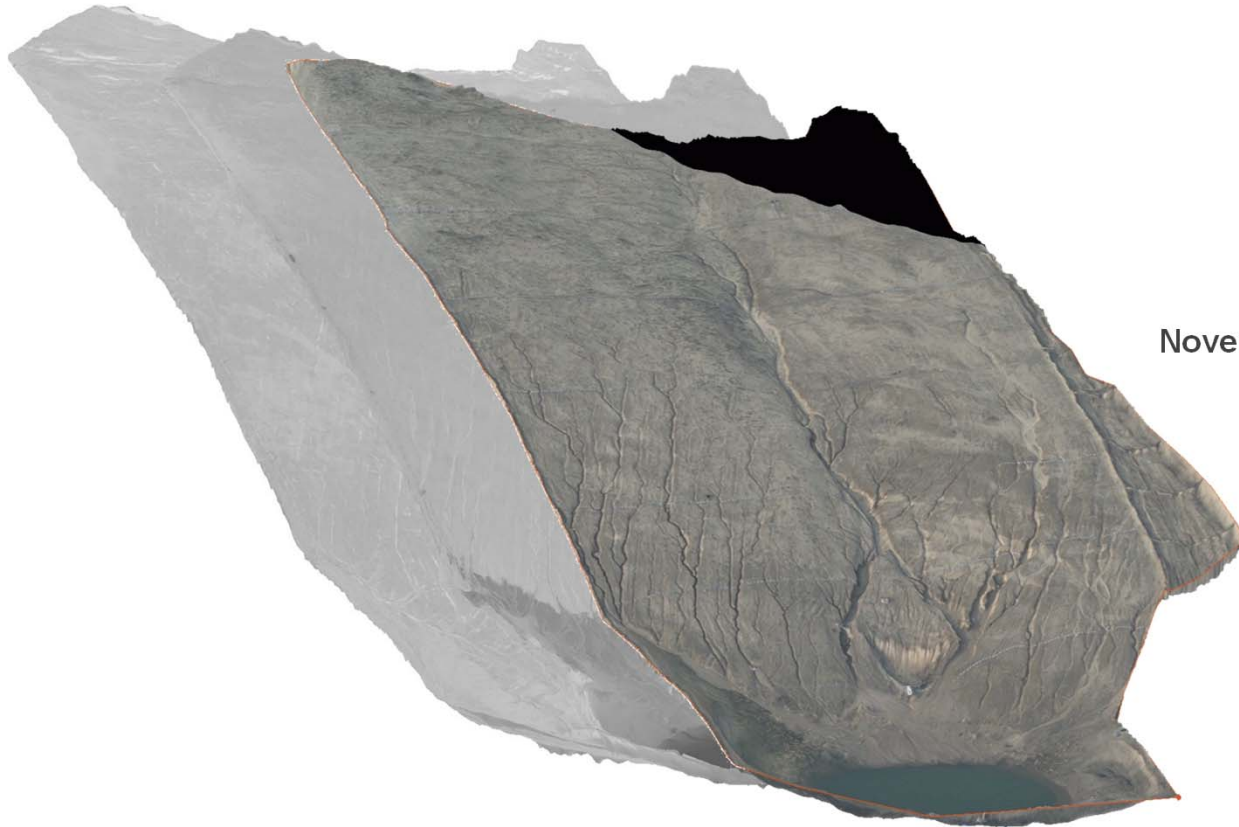
November 2005

## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010



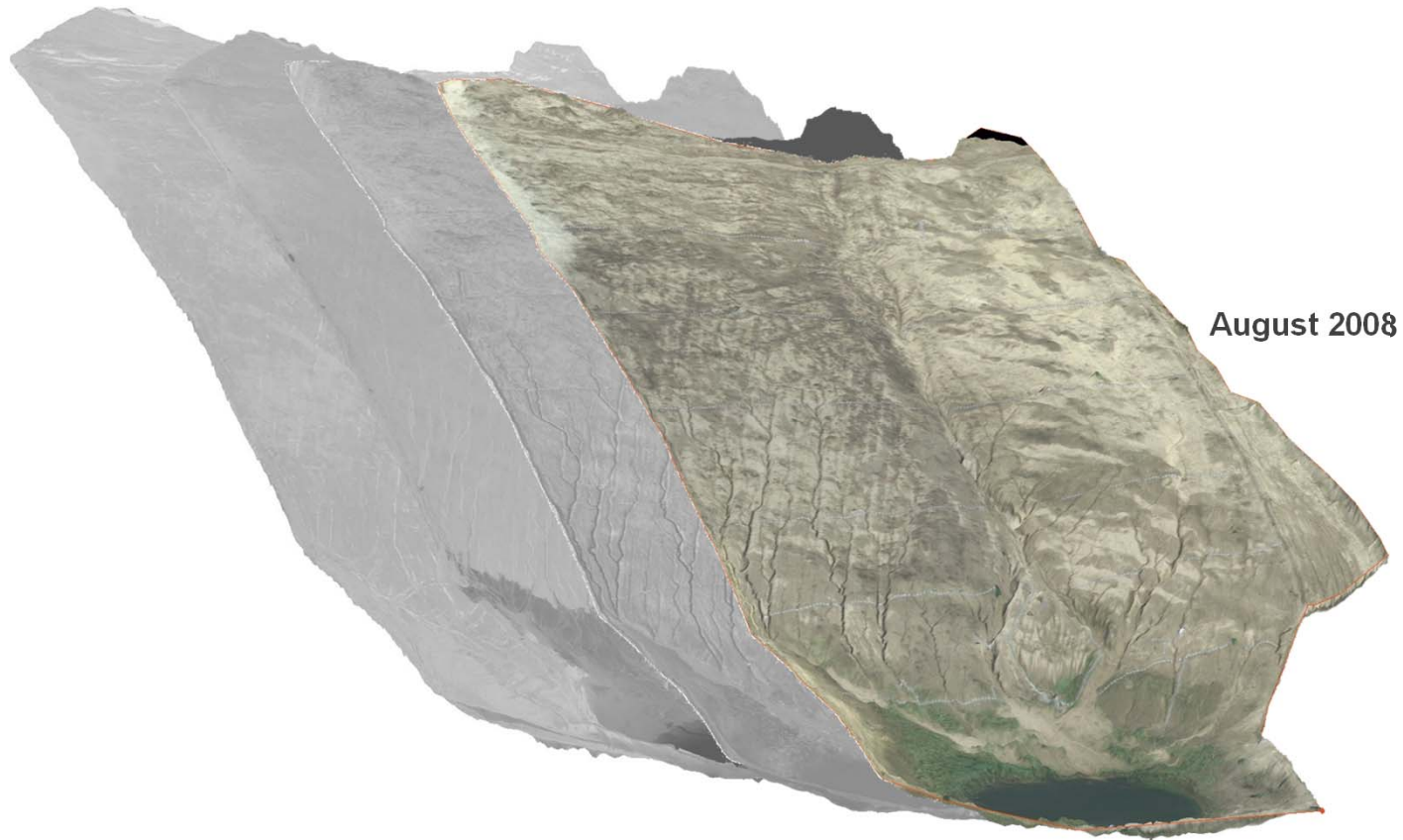
Mai 2006

## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010

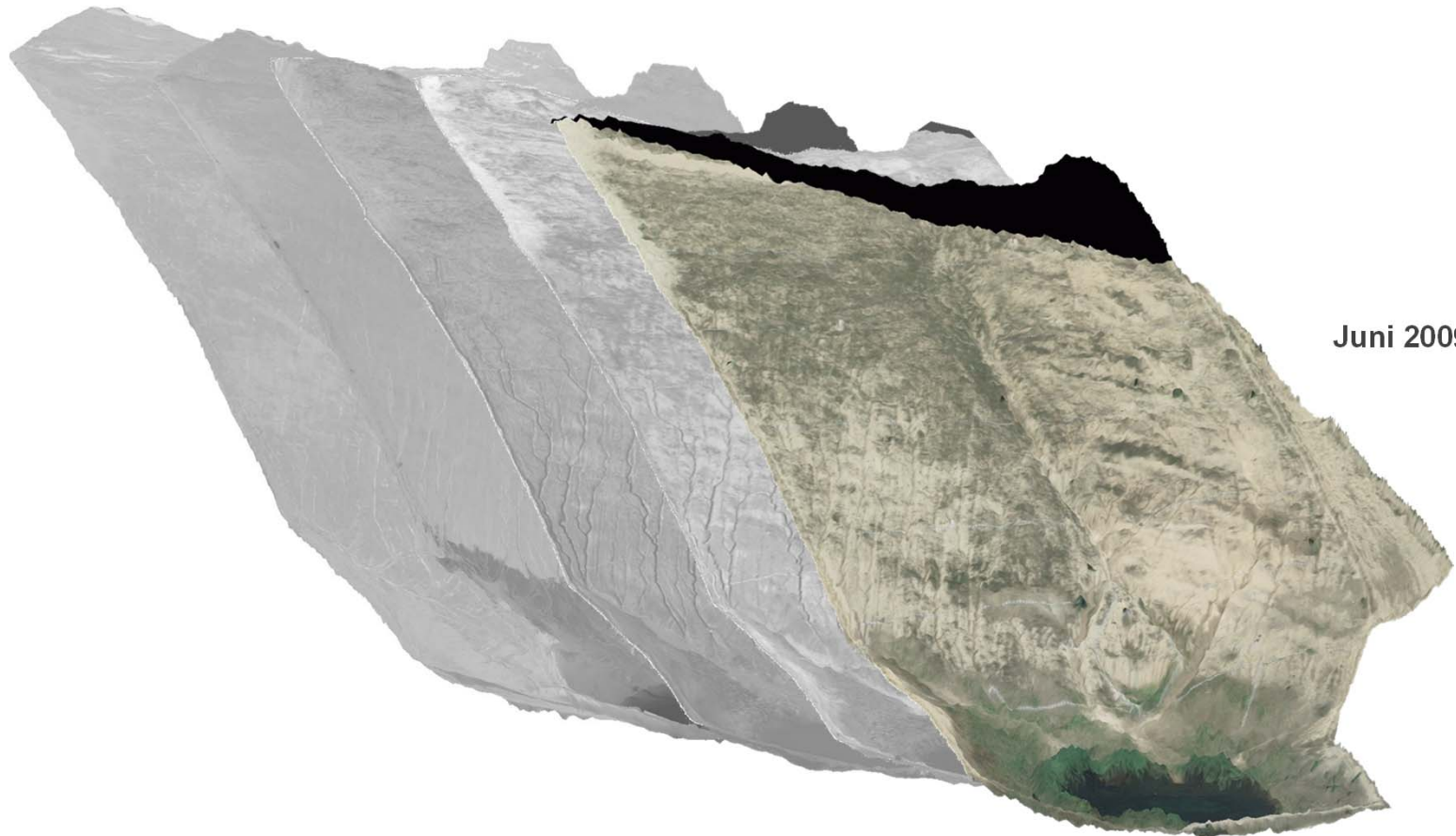


November 2007

## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010



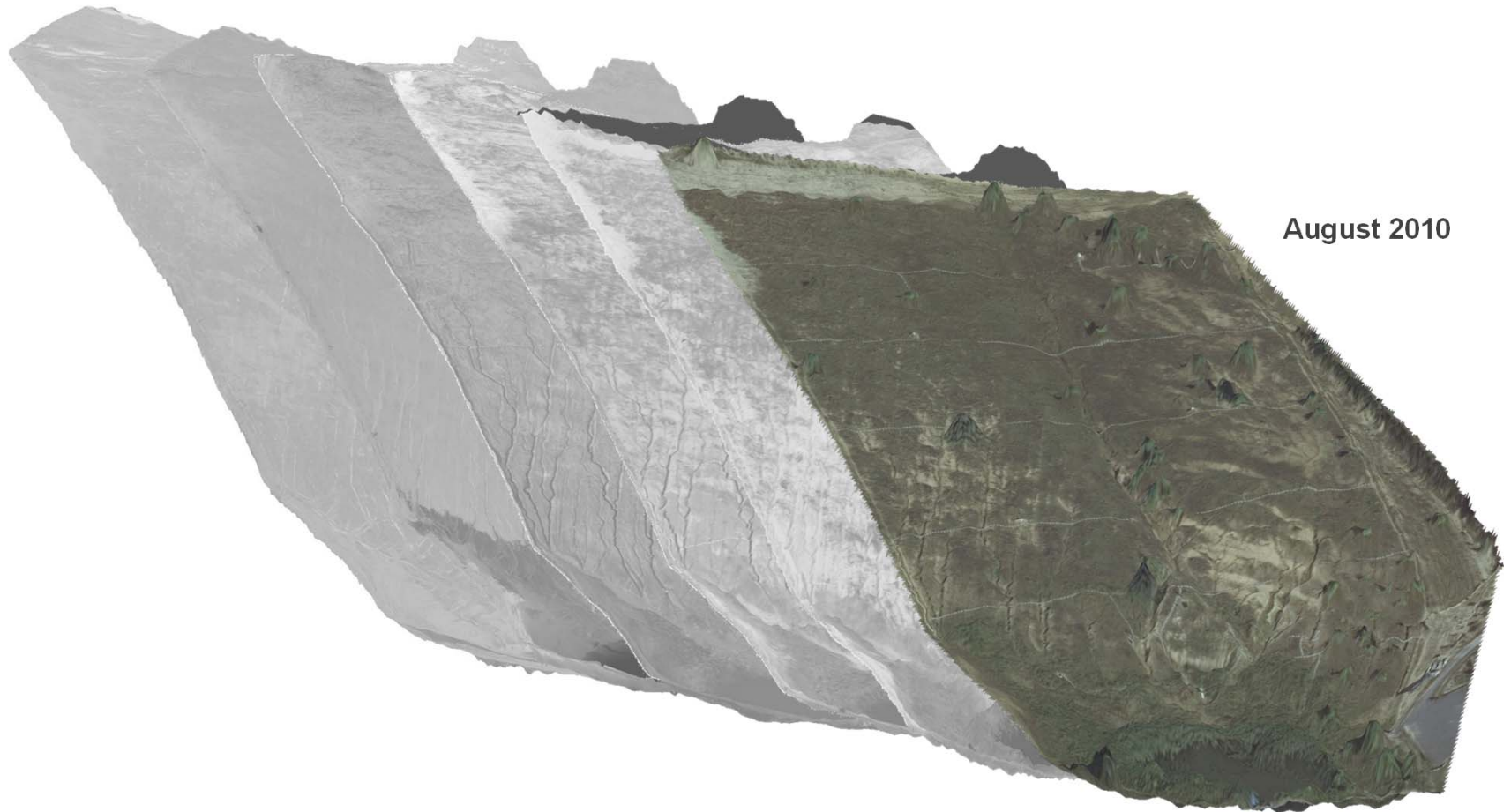
## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010



Juni 2009



## Oberflächenentwicklung 2005 - 2010



August 2010



## Initiale Oberflächenentwicklung – Rinnen- und Gullyerosion

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen



## Initiale Oberflächenentwicklung – Rinnen- und Gullyerosion

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen





## Initiale Oberflächenentwicklung – Rinnen- und Gullyerosion

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen



## Initiale Oberflächenentwicklung – Rinnen- und Gullyerosion

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen





## Initiale Oberflächenentwicklung – Rinnen- und Gullyerosion

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen

23.03.2008



## Initiale Oberflächenentwicklung – Schwemmfächer

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen

08.12.2005





# Initiale Oberflächenentwicklung – Schwemmfächer

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen

05.02.2006



08.05.2006





## Initiale Oberflächenentwicklung – Schwemmfächer

Einzugsgebiet Hühnerwasser - Beobachtungen

08.10.2008



## Initiale Gerinnenentwicklung - Bedeutung

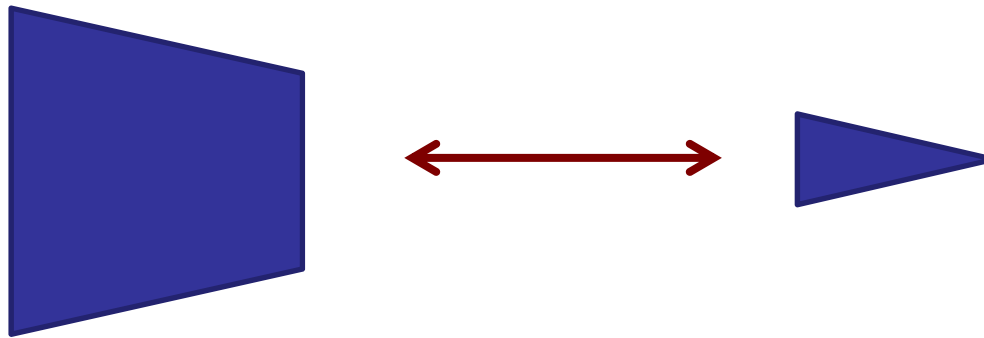
Initialphase der Oberflächenentwicklung:

- „non-equilibrium-conditions“, erhöhte Prozessintensität
- Entwicklung von Entwässerungsnetzen erhöht Konnektivität, Sedimentumverteilung, Stofftransport
- prägend für Boden- und Ökosystementwicklung



*morphologische Diversifizierung und wiederholte Verjüngung der Oberfläche in Erosionsrinnen und Schwemmfächern , Einzugsgebiet Hühnerwasser  
September 2006, [www.tu-cottbus.de/sfb\\_trr/](http://www.tu-cottbus.de/sfb_trr/)*

## Initiale Gerinnenentwicklung - Untersuchungsansätze



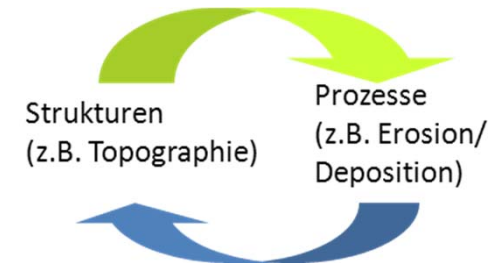
Landschaft	↔	Plots, Flumes
Konzept, Beobachtung	↔	Experiment
lange Zeiträume	↔	Stunden, Tage
Komplexität	↔	Kontrolle
...		....

### Wassereinzugsgebiet Hühnerwasser:

- 6 ha, mehrere Jahre,  $t_0 = 2005$
- relativ einfache Ausgangsbedingungen
- relativ gut bekannte Randbedingungen
- natürliche Entwicklung von Morphologie und Ökosystem (Interaktionen und Komplexität)

## Initiale Gerinnenentwicklung - Zielstellung

- Rekonstruktion der Oberflächen- und Gerinnenentwicklung auf Basis von vorhandenen Fernerkundungsdaten (und Bewertung dieser Methode)
- Bewertung der Einflüsse von Initial- und Randbedingungen und Struktur-Prozessinteraktionen
- Vergleich mit Gerinnenentwicklung auf anderen Skalenbereichen





## Initiale Gerinnenentwicklung - Ansatz und Datenbasis

Zeitreihenanalyse für

- Luftbildmosaike:

aus Helikopter- bzw. Dronenbefliegungen

September 2006, Juni 2007, Juli 2008, Juli 2009

Auflösung 0,01 – 0,03 m

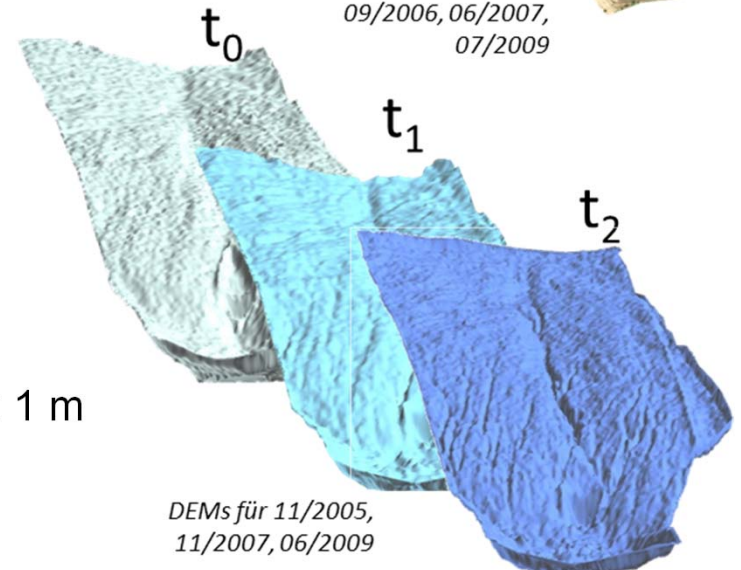
- digitale Geländemodelle (DEMs):

10 DEMs aus Photogrammetrie

26.11.2005 - 04.03.2010,  $\sigma_z$  : 0,15 m, Raster: 1 m



Luftbildmosaike für  
09/2006, 06/2007,  
07/2009



DEMs für 11/2005,  
11/2007, 06/2009

## Initiale Gerinnenetzentwicklung - Auswertung: Kartierung, Morphometrie, Verschneidung

Kartierung des Gerinnenetzes:

Hauptabflussbahnen, Fläche der Rinnen und Schwemmfächer



Analyse von Geometrie, Stream Order, Sinuosität, drainage density

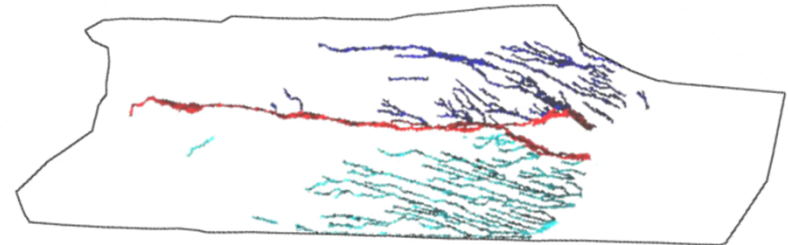
Ableitung morphometrischer  
Parameter aus DEMs

(z.B. Contributing Area (Freeman et al. 1991),  
Stream Power Index ( $SPI = CA \cdot \tan \beta$ , Moore 1991),  
Index of Connectivity (Borselli et al. 2008))

Verschneidung von Kartierung + DEMs:

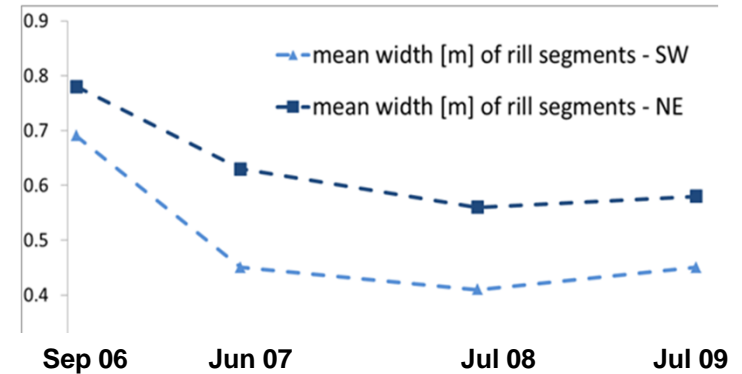
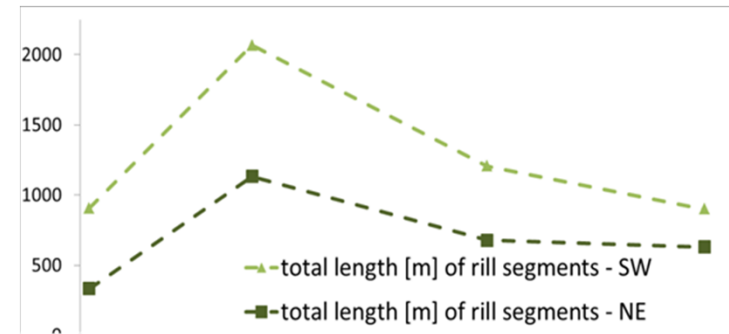
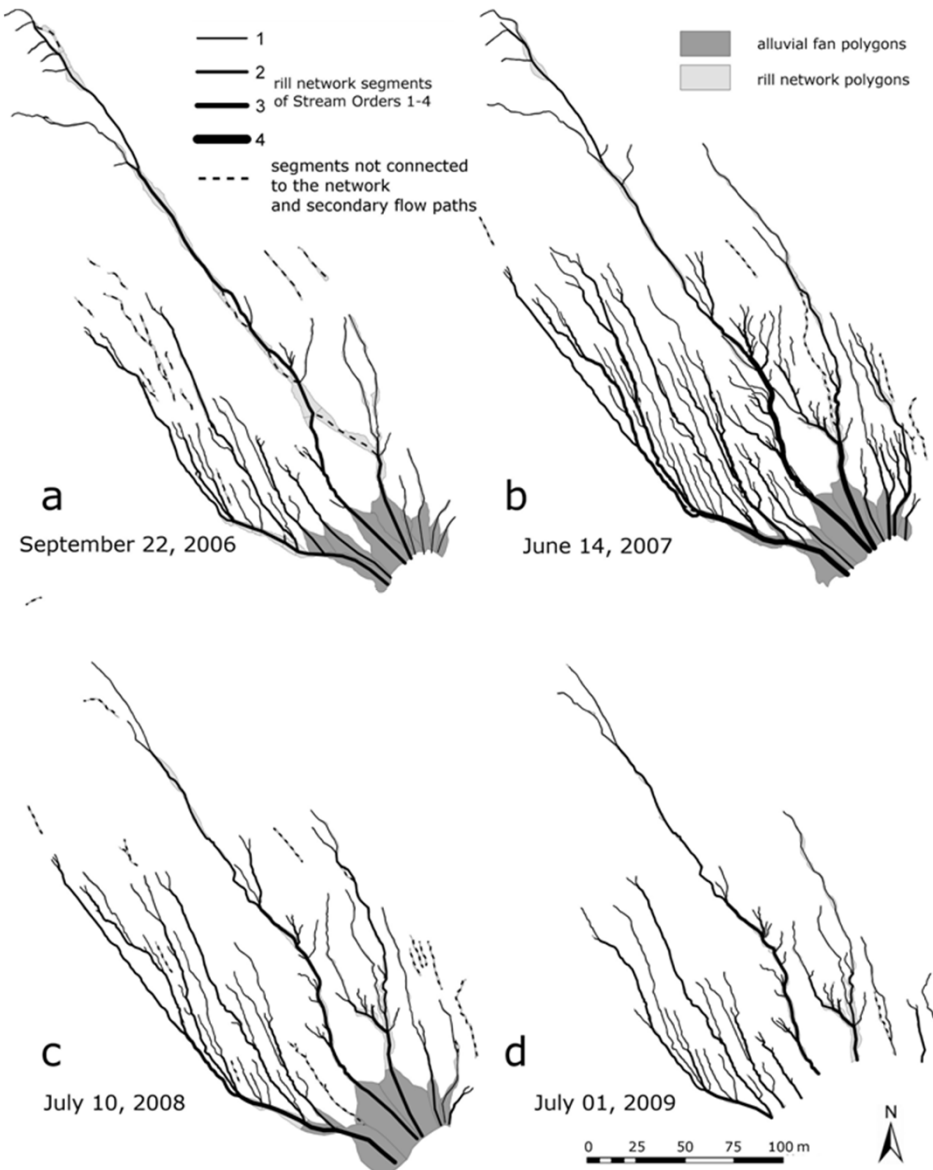
Analyse der Morphometrie in Teilbereichen

(z.B. Rinnen/Zwischenrillbereich, West-/Ostseite, deaktivierte Rinnen)





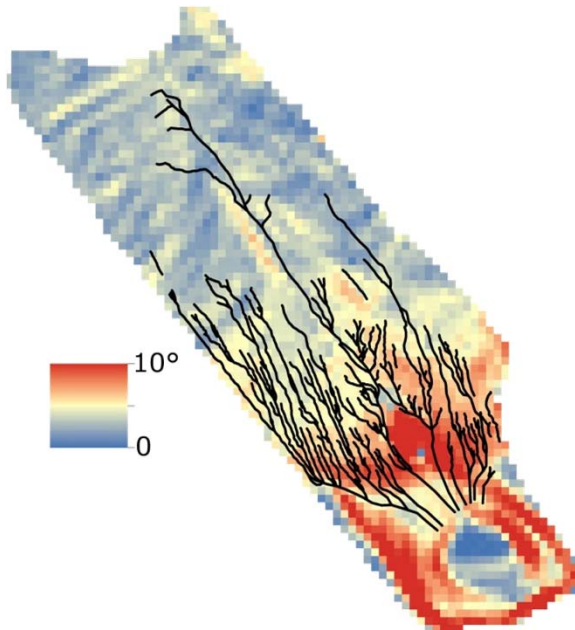
# Initiale Gerinnenetzentwicklung - Geometrie



- Wachstum bis 2007
- Gesamtlänge, drainage density: Verringerung der Unterschiede
- West: lange, schmale Rinnen
- Ost: kürzere, breitere Rinnen

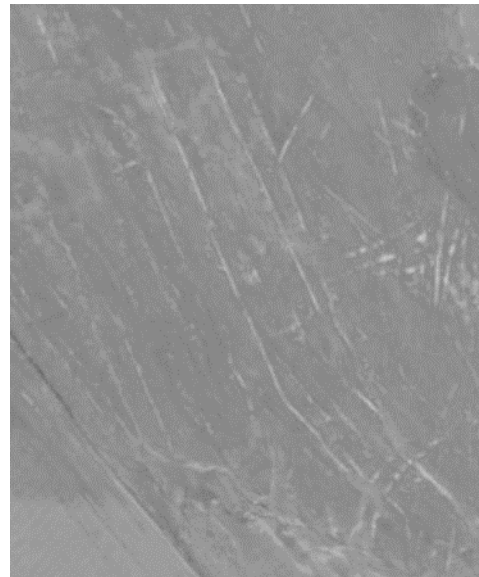
## Initiale Gerinnenentwicklung - Einfluss initialer Oberflächenstrukturen

Morphologie:



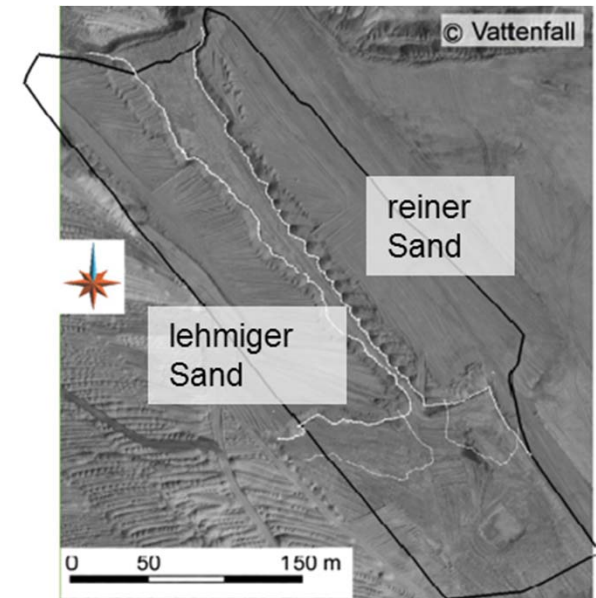
Initiale Hangneigung für 25 m<sup>2</sup>-Zellen  
im Vergleich zum Gerinnenetz 2007

Bearbeitungsspuren:



Initiale Strukturen im Luftbild

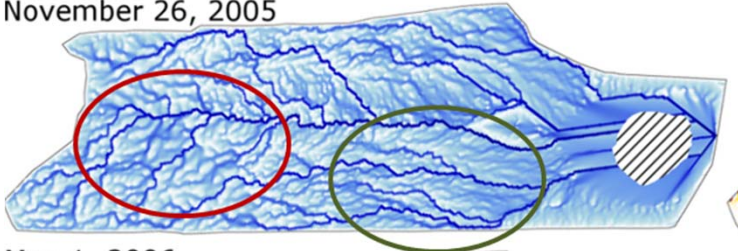
Sedimenteigenschaften:



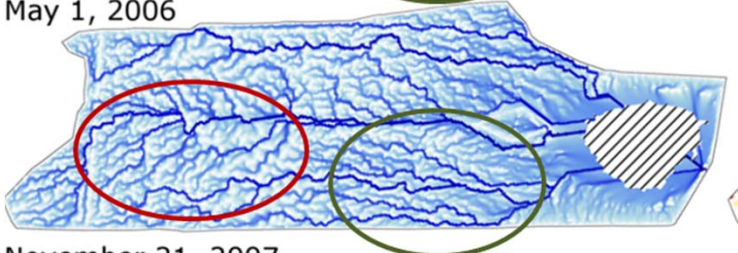
- Einfluss von allgemeiner Morphologie und Bearbeitungsspuren
- Einfluss von Sedimenteigenschaften? (schmalere/gerade Rinnen in lehmigem Sand)

## Initiale Gerinnenetzentwicklung - Abflussbahnen

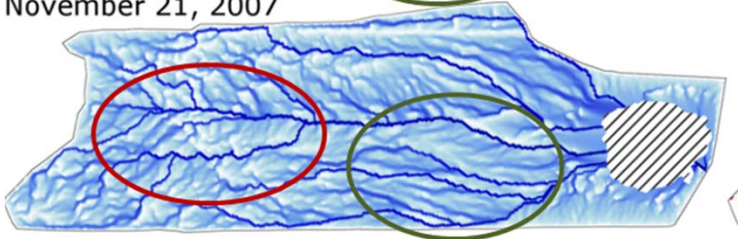
November 26, 2005



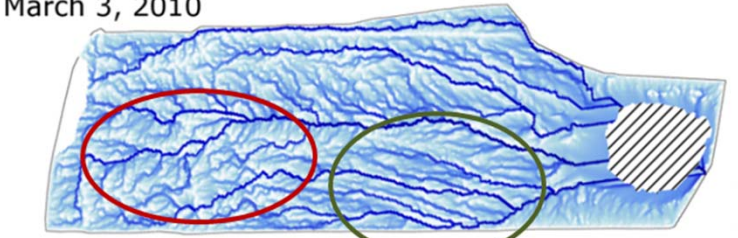
May 1, 2006



November 21, 2007



March 3, 2010



$\log(CA)$  0 1 2 3 4 4.7

Zellwerte von CA für vier DEMs der Zeitreihe

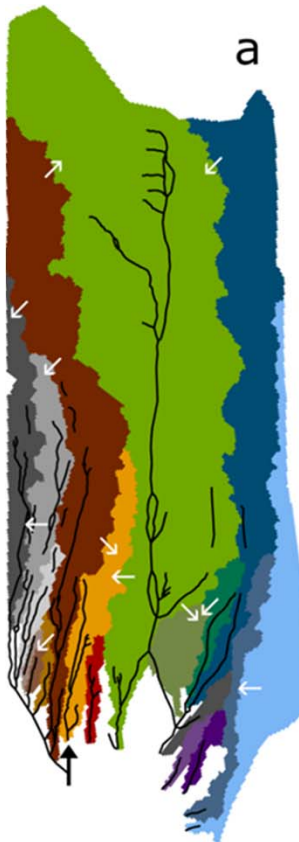
- 2005 bis 2007: Veränderungen der Abflussmuster
- 2007 bis 2010: relative stabile räumliche Muster
- Entwicklung hin zu geraden, parallelen Abflussbahnen



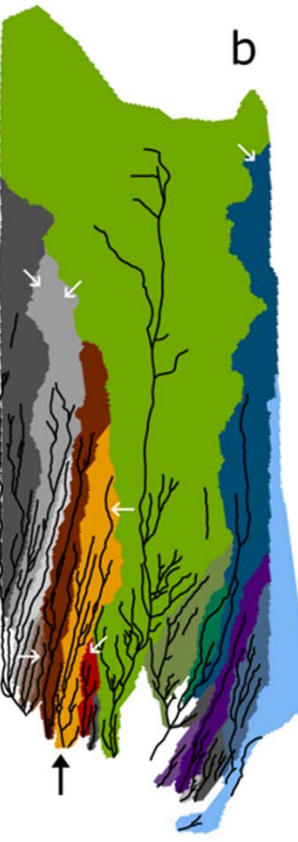
## Initiale Gerinnenentwicklung - Teileinzugsgebiete

Teileinzugsgebiete einzelner Erosionsrinnen, abgegrenzt auf Basis einer Kombination von Gerinnenkartierung und DEMs

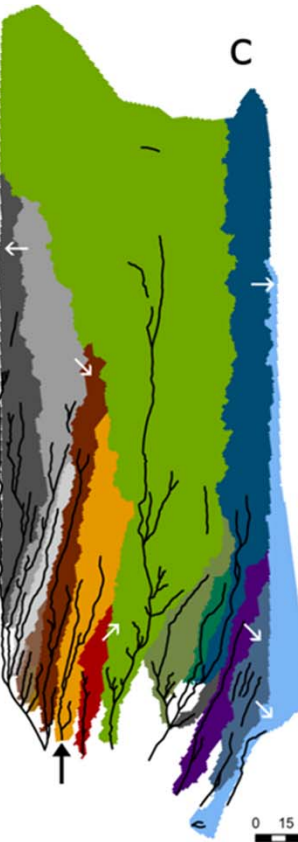
a) Sep 06 + Mai 06



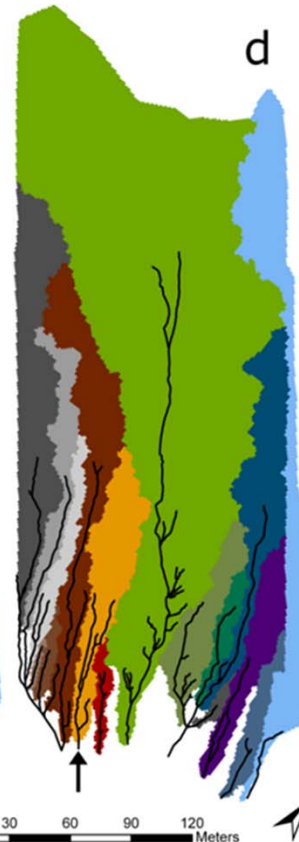
b) Jun 07 + Nov 07



c) Jul 08 + Aug 08



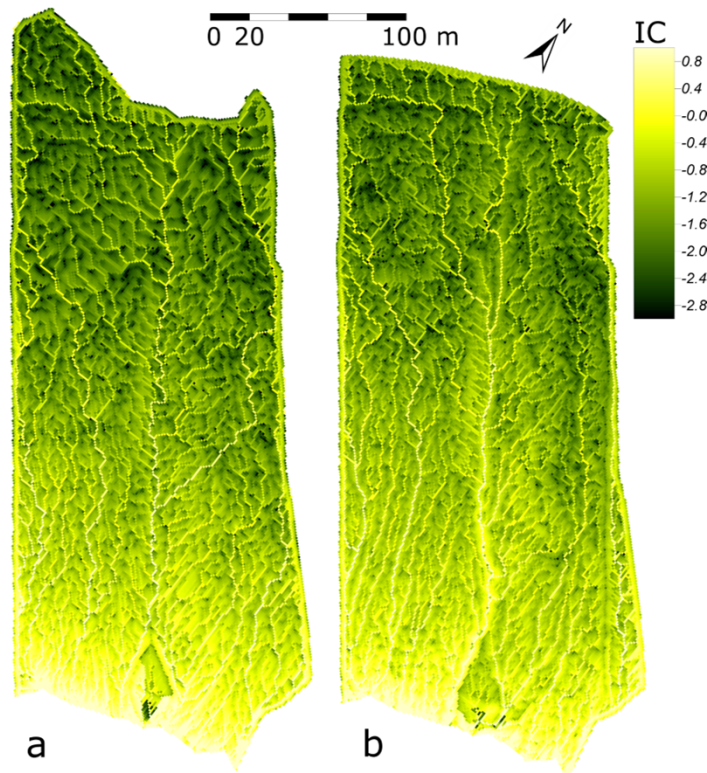
d) Jul 09 + Jun 09



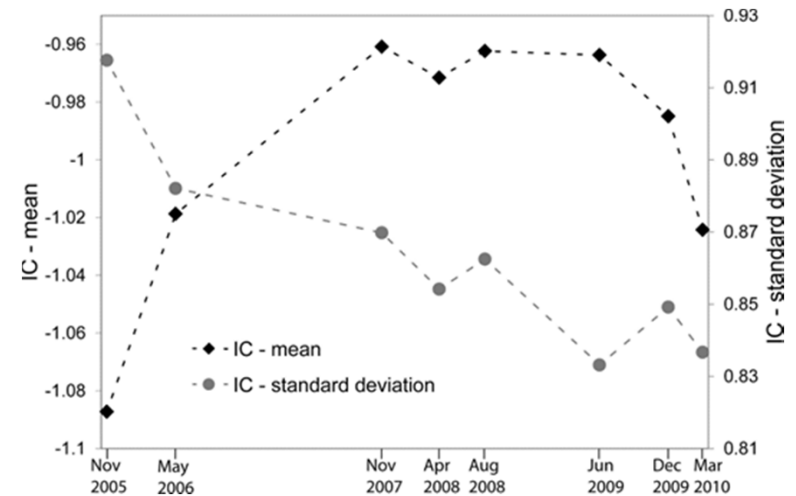
- kaum Einfluss von piracy / cross grading auf die Rinnenentwicklung
- Veränderung in Teileinzugsgebieten bis 2007

# Initiale Gerinnenentwicklung - Konnektivität

Zellwerte des "Index of Connectivity"  
(Borselli et al. 2008)  
für November 2005 und März 2010



Mittelwerte und Standardabweichung des IC für November 2005 bis März 2010



- morphologische Konnektivität erhöht sich mit der Oberflächenentwicklung
- abnehmende räumliche Variabilität

$$IC_i = \log_{10} \left( \frac{\beta_i \sqrt{CA_i}}{\sum_{k=1}^n \frac{d_k}{\beta_k}} \right)$$

$CA_i$  upslope contributing area  
 $\beta_i$  average slope of  $CA_i$   
 $d_k$  length of downslope flow path  
 $\beta_k$  slope gradient

## Initiale Gerinnenentwicklung

### ZWISCHENRESÜMEE

#### **Bewertung der Methode und Datenbasis**

- ✓ Vergleiche von geomorphologischen Mustern über die Zeitreihe sind möglich
- ✓ Struktur-Prozessrückkopplungen sind über DEMs + Luftbilder ableitbar
- genaue Erfassung der Initialphase erfordert höhere Auflösung

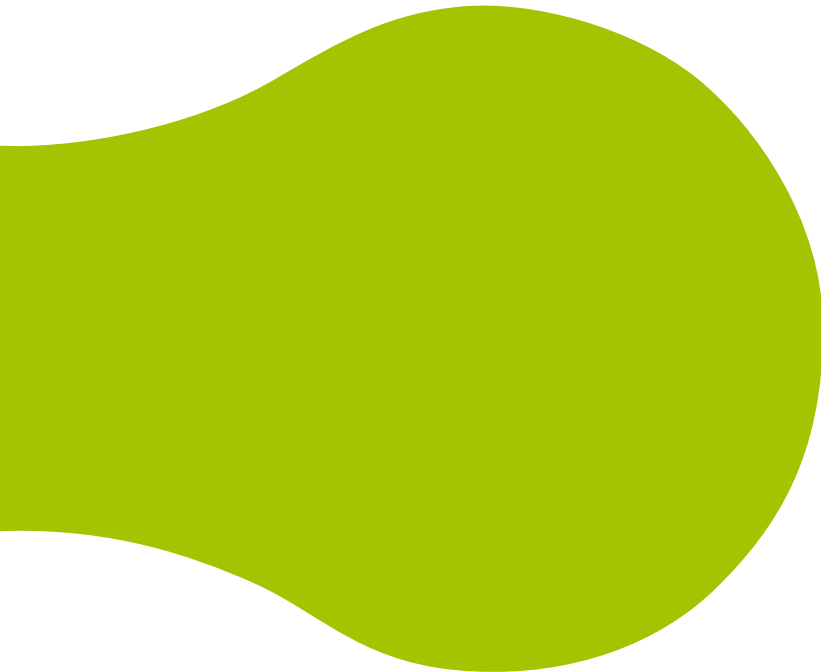
#### **Oberflächenentwicklung und Einfluss der Initialphase**

- zwei wesentliche Entwicklungsphasen :
  1. Wachstum des Rinnennetzes
  2. Verkleinerung, stabile Muster
- wesentliche Veränderungen in den ersten beiden Jahren!
- Angleichung allgemeiner Eigenschaften (z.B. drainage density),  
aber bleibender Einfluss von Initialstrukturen z.B. auf Geometrie der Rinnen
- Entwicklung zu höherer Konnektivität, geringer Einfluss von rill piracy



# Initiale Oberflächenentwicklung – Prozesse und Muster

Hühnerwasser 2013+

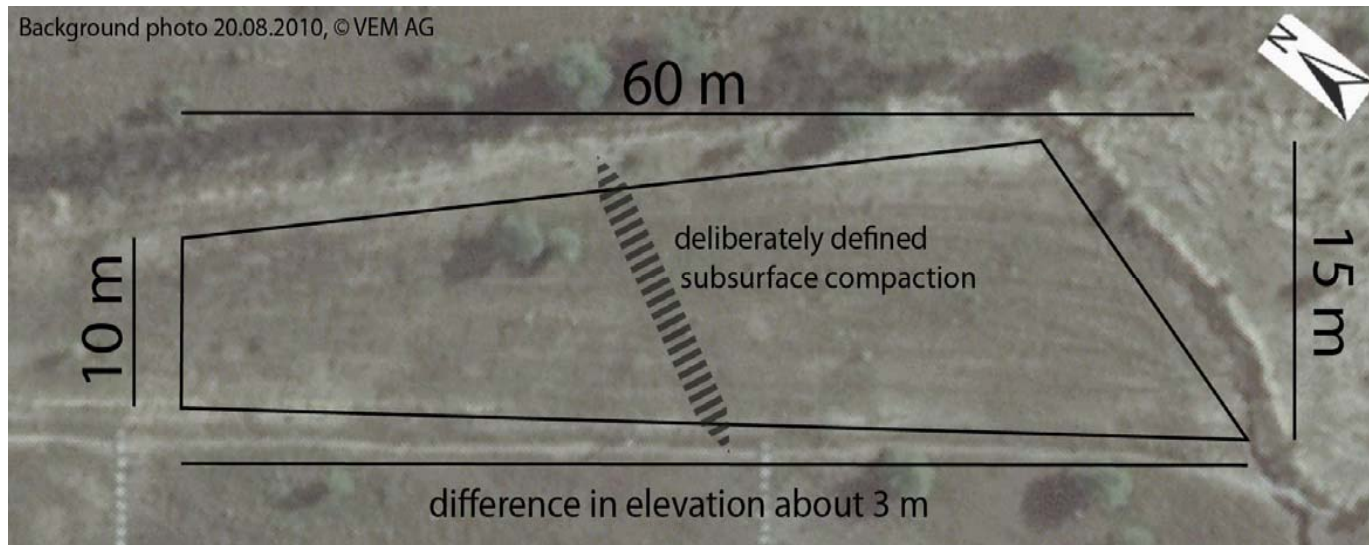


## Initiale Oberflächenentwicklung – Hühnerwasser 2013+

In der Initialphase sind im Besonderen Interaktionen zwischen **Oberflächenprozessen**, dem Untergrund und seinen **physikalischen Eigenschaften** und der Entwicklung von **Bodenkrusten** von Bedeutung.

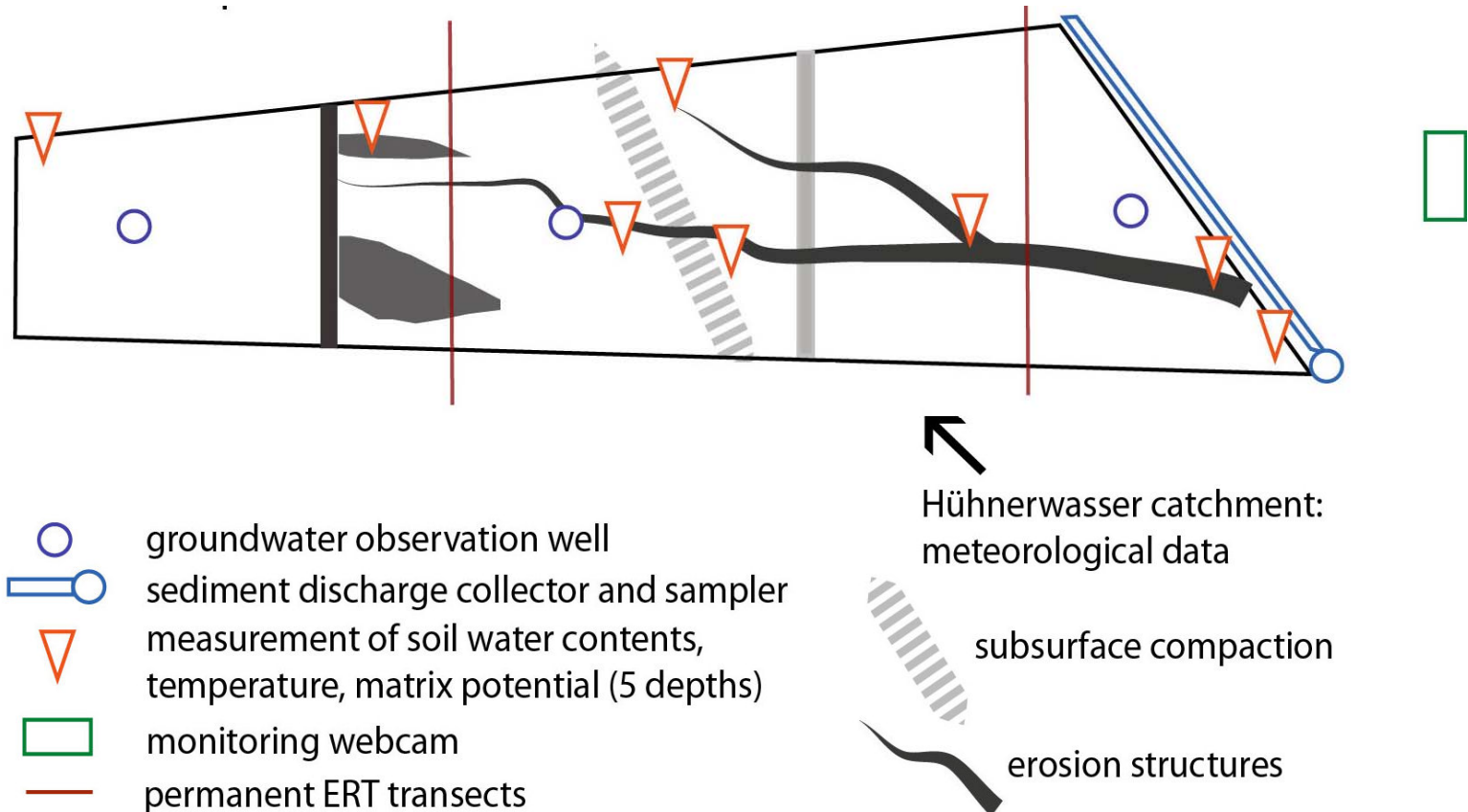
Um diese Interaktionen und ihre Effekte zu verstehen ist das **Monitoring und die Analyse** der sich entwickelnden Strukturen (**Oberfläche und Untergrund**) auf unterschiedlichen **räumlichen und zeitlichen Skalen** erforderlich.

→ **Feldexperiment (re-start conditions)**



## Initiale Oberflächenentwicklung – Hühnerwasser 2013+

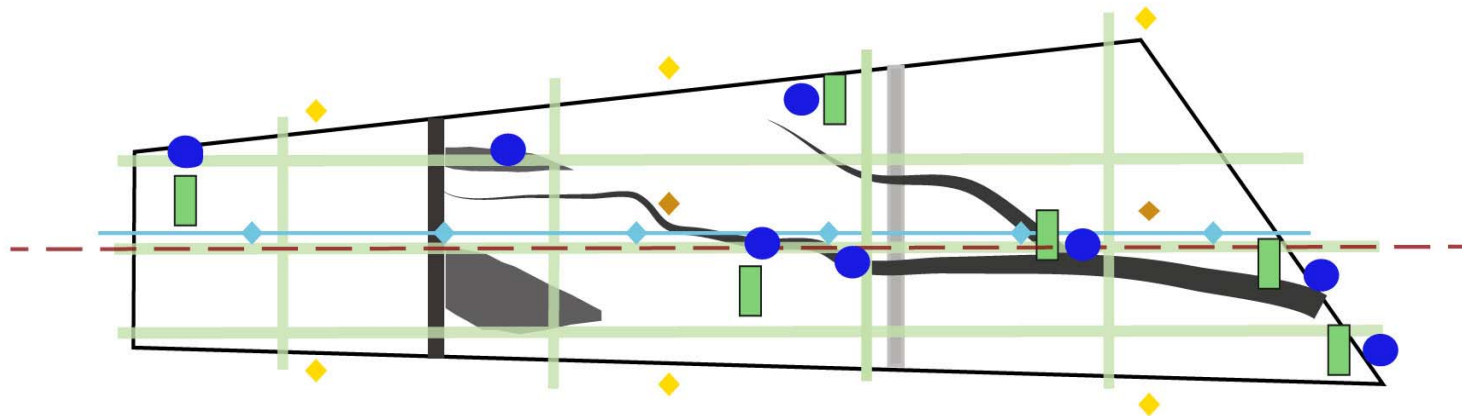
Freilandexperiment – Konzept Kleineinzugsgebiet im Randbereich des HW EZG





## Initiale Oberflächenentwicklung – Hühnerwasser 2013+

Freilandexperiment – Konzept Kleineinzugsgebiet im Randbereich des HW EZG



- ◆ locations for TLS measurements ◆ additional locations after surface differentiation
- ◆ course and nadir points for microdrone photography (RGB and NIR)
- GPR transects (initial characterization, preliminary study)
- - additional ERT transect (measurement twice a year)
- infiltration measurements, measurement of penetration and shear resistance, bulk density, texture, water content
- thin sections

## Initiale Oberflächenentwicklung – Hühnerwasser 2013+

Freilandexperiment – Konzept Kleineinzugsgebiet im Randbereich des HW EZG

		greenhouse experiments	experimental plot		Hühnerwasser catchment (existing data)
			examination points	total area	
areal data	TLS / LIDAR elevation data recording		x	x	x
	aerial photography		x	x	x
	NIR-photography	x	x	x	
linear data	GPR		x		
	ERT		x		x
	color tracer application			x	
point data	soil water content, matric potential and temperature (3 depths)		x		
	penetration/shear resistance of crust/soil surface	x	x		
	infiltration measurement of crust/soil surface	x	x		
	soil physical characterization (bulk density, pore volume, pore size distribution, shear resistance, precompression stress)	x	x		x
	XRD / XRF	x	x		
	thin section analysis		x		
	sediment discharge analysis	x		x	

Dank an alle Beteiligten  
v.a. aus C5, Z1





- Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Winter, S., Fischer, A., Veste, M., Hüttl, R.F., 2011. Overview and first results of ecological monitoring at the artificial watershed Chicken Creek (Germany). , *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 61-73
- Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Fischer, A., Winter, S., Hüttl, R.F., 2009. The artificial catchment "Chicken Creek" (Lusatia, Germany) - A landscape laboratory for interdisciplinary studies of initial ecosystem development. *Ecological Engineering*, 35, 1786-1796
- Hofer, M., Lehmann, P., Stähli, M., Seifert, S., Krafczyk, M., 2012. Two approaches to modeling the initiation and development of rill in a man-made catchment. *Water Resources Research*, 48, W01531
- Kleeberg, A., Herzog, C., Jordan, S., Hupfer, M., 2010. Formation and characterization of pond sediments. In: Schaaf, W. D. Biemelt, D., Hüttl, R.F. (Editors), *Initial development of the artificial catchment 'Chicken Creek' – monitoring program and survey 2005-2008*. *Ecosystem Development 2*: 149-175.
- Maurer, T. and Gerke, H.H., 2011. Modelling aeolian sediment transport during initial soil development on an artificial catchment using WEPS and aerial images. *Soil and Tillage Research* 117(0): 148-162.
- Raab, T., Krümmelbein, J., Schneider, A., Gerwin, W., Maurer, T., Naeth, M., 2012. Initial Ecosystem Processes as Key Factors of Landscape Development—A Review. *Physical Geography*, 33(4), 305-343.
- Schaaf, W., Bens, O., Fischer, A., Gerke, H.H., Gerwin, W., Grünewald, U., Holländer, H.M., Kögel-Knabner, I., Mutz, M., Schloter, M., Schulin, R., Veste, M., Winter, S., Hüttl, R.F., 2011. Patterns and processes of initial terrestrial-ecosystem development. , *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 174, 229-239DOI
- Schneider, A., Gerke, H.H., Maurer, T., Nenov, R.: Initial hydro-geomorphic development and rill network evolution in an artificial catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, submitted.
- Schneider, A., Gerke, H.H., Maurer, T., Seifert, S., Nenov, R., Hüttl, R.F., 2012. Evaluation of remotely-sensed DEMs and modification based on plausibility rules and initial sediment budgets of an artificially-created catchment. *Earth Surface Processes and Landforms* 37(7), 708-725.
- Schneider, A., Gerke, H.H., Maurer, T., 2011. 3D initial sediment distribution and quantification of mass balances of an artificially-created hydrological catchment based on DEMs from aerial photographs using GOCAD. *Physics and Chemistry of the Earth (Special Issue: Hydrological Observations)* 36 (1-4), 87-100. doi: 10.1016/f.pce.2010.03.023.
- Schneider, A., Maurer, T., Gerke, H.H., 2011. Aspects of initial surface development. In: M. Elmer, W. Schaaf, D. Biemelt, W. Gerwin and R.F. Hüttl (Editors), *The artificial catchment 'Chicken Creek' – initial ecosystem development 2005-2010*. *Ecosystem Development 3*, pp. 11-32. urn:nbn:de:kobv:co1-opus-23730.
- Veste, M., Seiffert, T. and Nenov, R., 2010. Microdrone-based aerial monitoring. In: Schaaf, W. D. Biemelt, D., Hüttl, R.F. (Editors), *Initial development of the artificial catchment 'Chicken Creek' – monitoring program and survey 2005-2008*. *Ecosystem Development 2*: 177-188.

VIELEN DANK  
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT