

Kalibrierung BASEMENT Modell für eine Abflussmessstation mit der MCMC-Methode

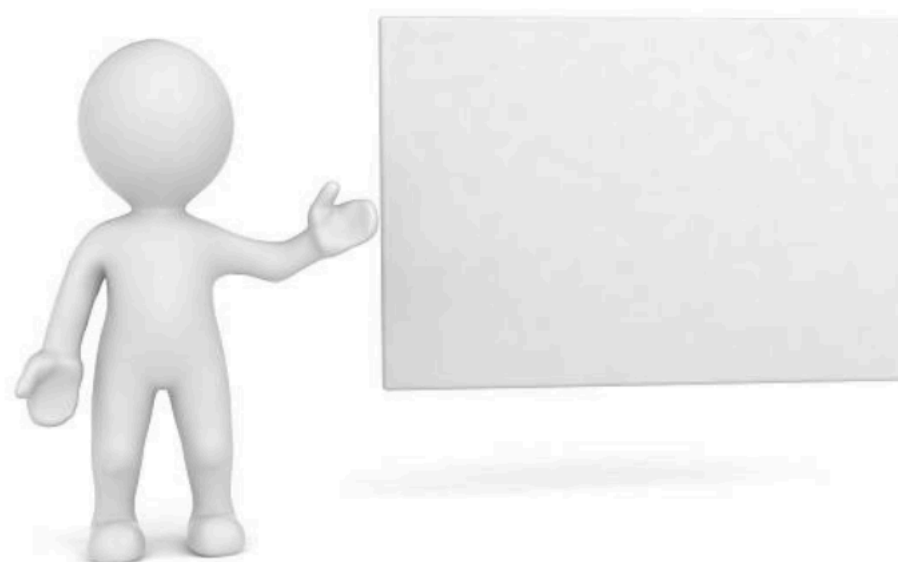


Marius Bühlmann, 30. Januar 2020

Agenda

- Einleitung
- Problemstellung
- Modell
- Kalibrierung
- MCMC-Kalibrierung
- Schlussfolgerungen

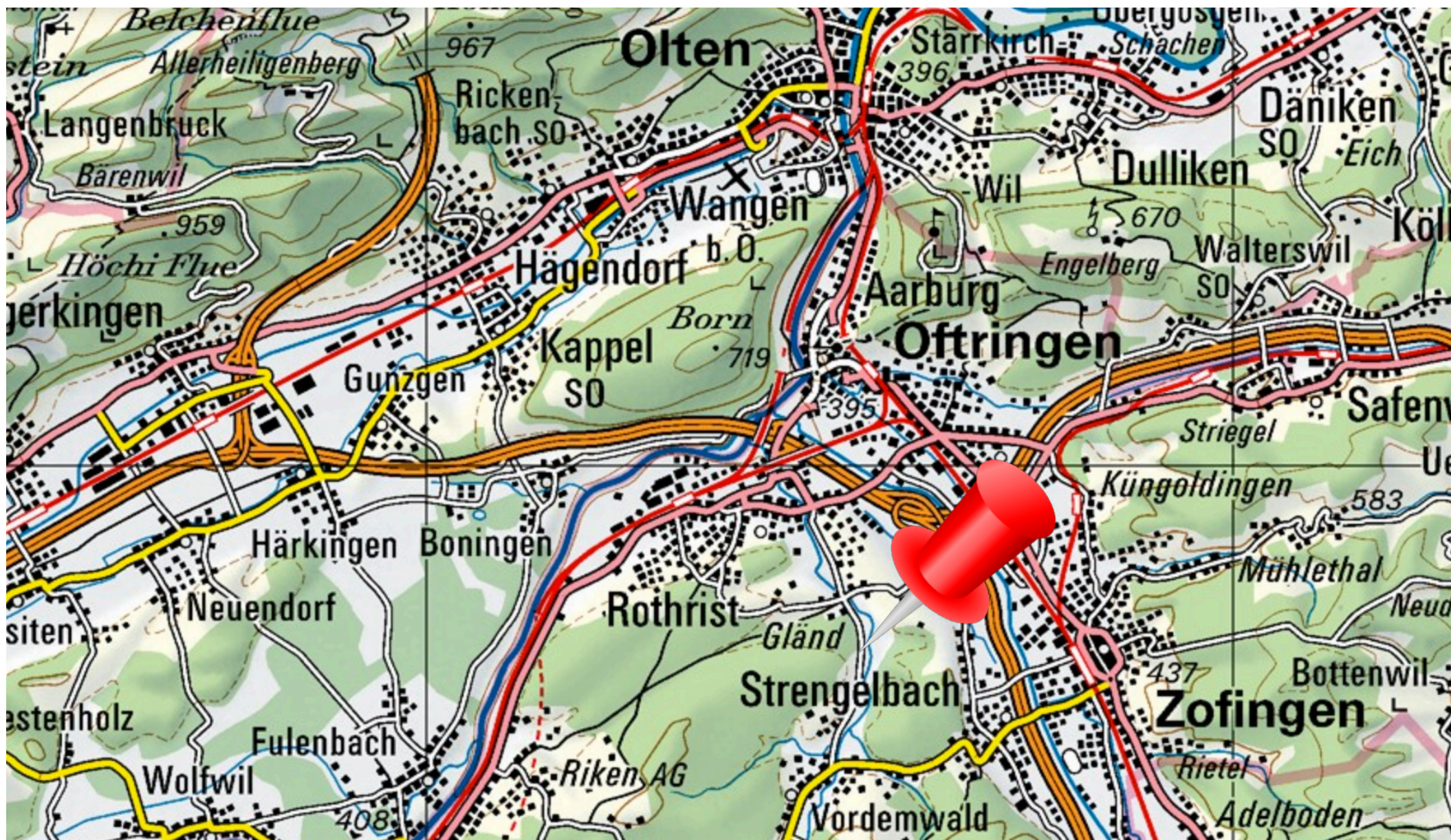
Einleitung



Abflussmessung

- Erhebung von Abflussdaten an Fließgewässern
 - Abflussdauerlinien
 - Hochwasserstatistik
 - Niederwasserstatistik
- Abfluss kann nicht direkt gemessen werden
 - Messung Pegel
 - Abfluss = Funktion(Pegel) → Pegelrelation
 - Pegelrelation wird durch Eichmessungen des Abflusses erstellt

Station Pfaffnern, Vordemwald



- Messbeginn 01.01.1980
- Umbau 22.06.2011
- EZG 38.8 km²

Vorhandene Grundlagen

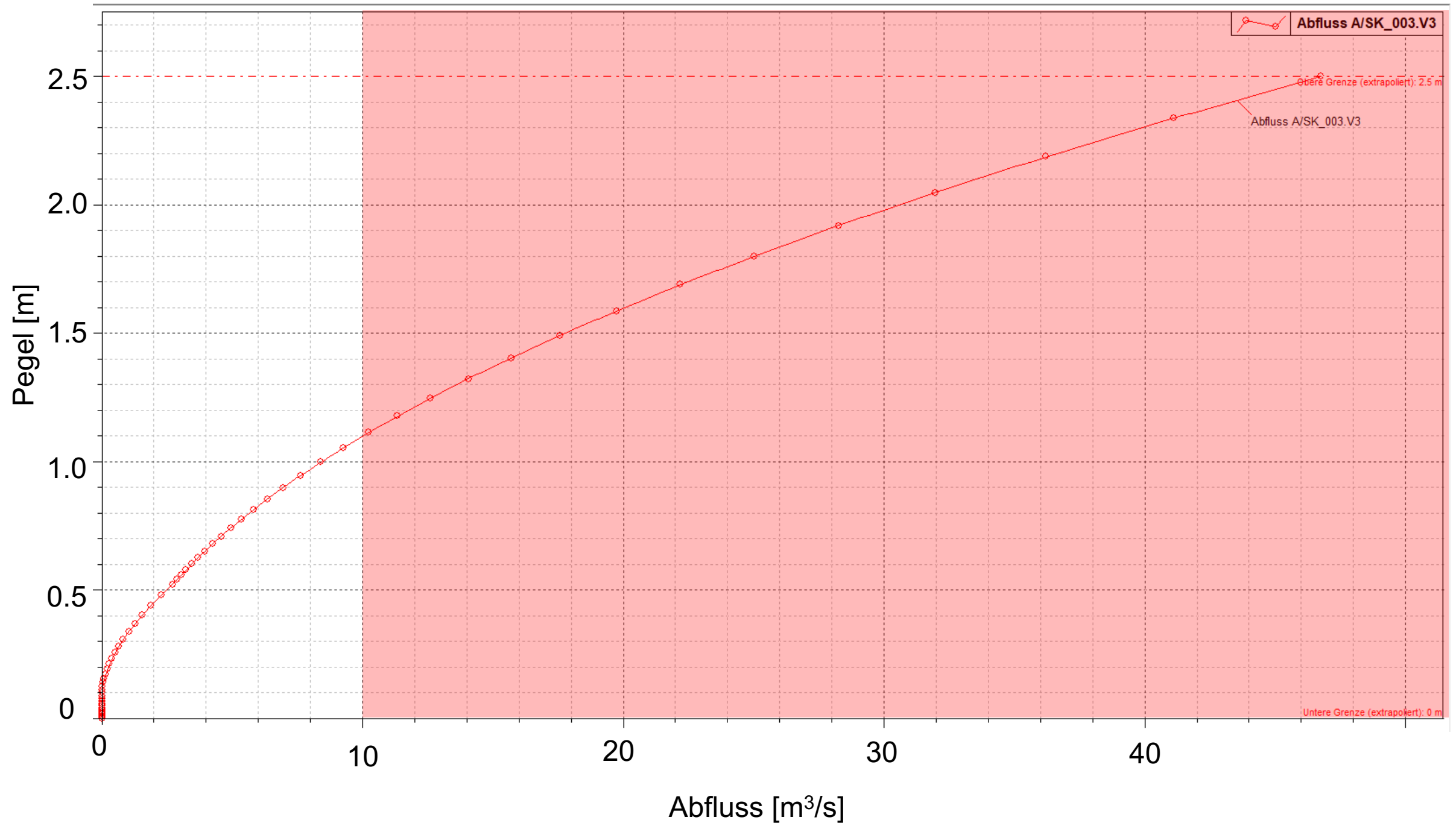
- 25 Querprofile von 2007 (vor Umbau)
- 10 Querprofile im Bereich des Umbaus
- 26 Eichmessungen seit Umbau (0.23 – 10.65 m³/s)



Problemstellung

Vorhandene Pegelrelation

- Basierend auf statistischer Extrapolation



Aufgabenstellung

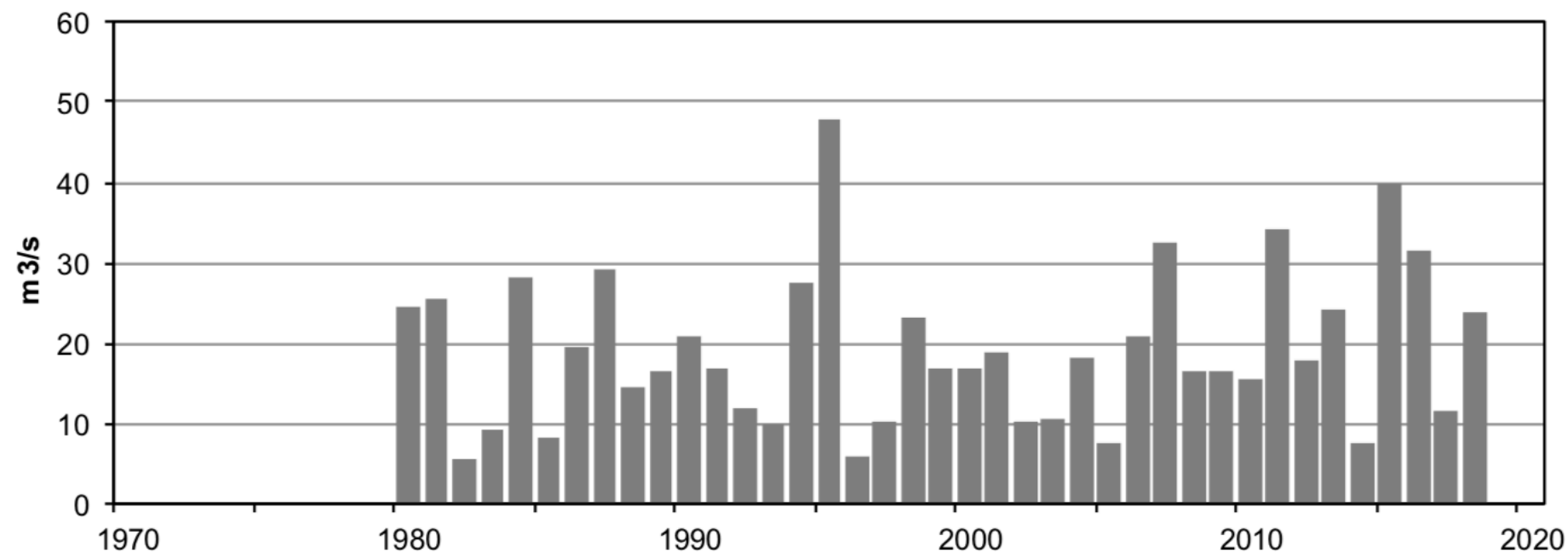
- Bereich Eichmessungen: 0.23 – 10.65 m³/s
- Hochwasserstatistik:

Jährlichkeit [Jahre]	Abfluss [m ³ /s]
2	17.5
5	26.3
10	32.2
20	37.8
30	41.0
50	45.0
100	50.4

→ Physikalisch basierte Extrapolation basierend auf numerischem Modell

Ausuferung

→ Ausuferung ab ca. 30 m³/s!

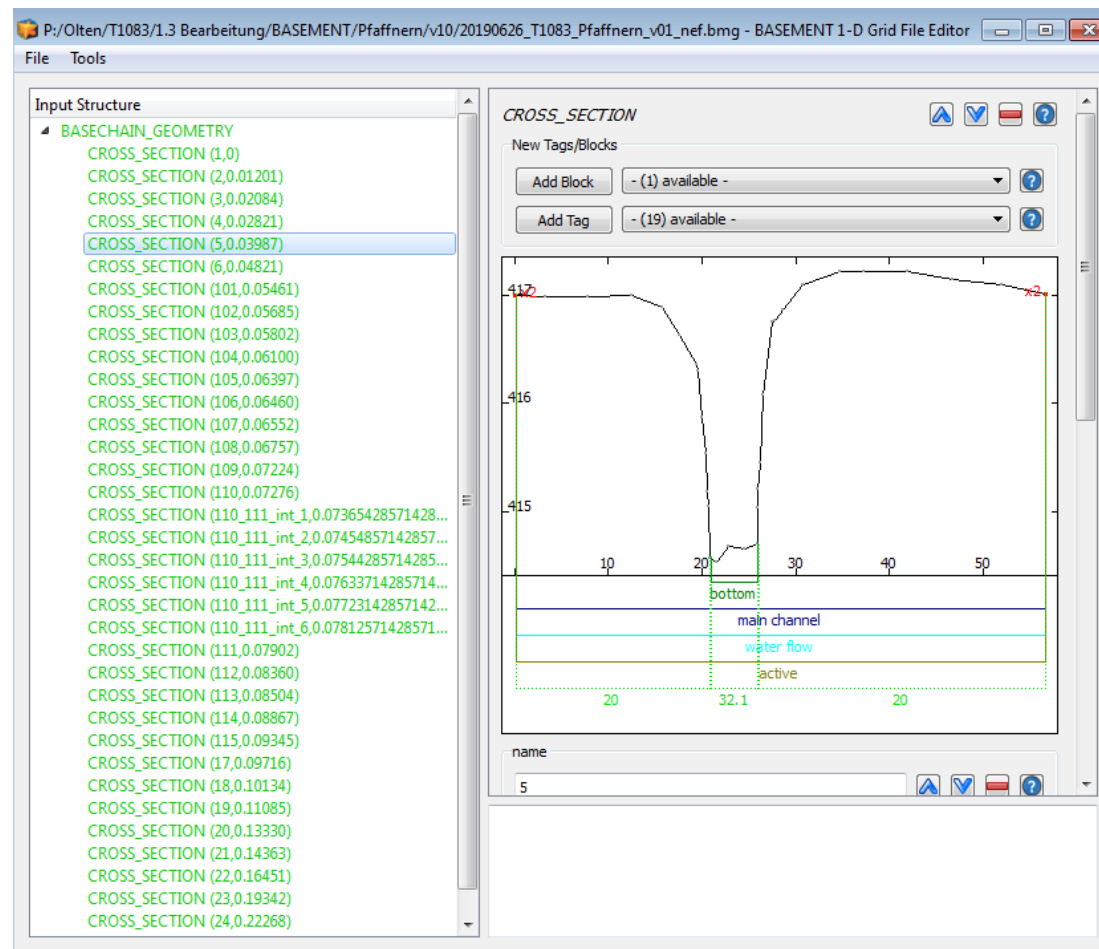


Modell

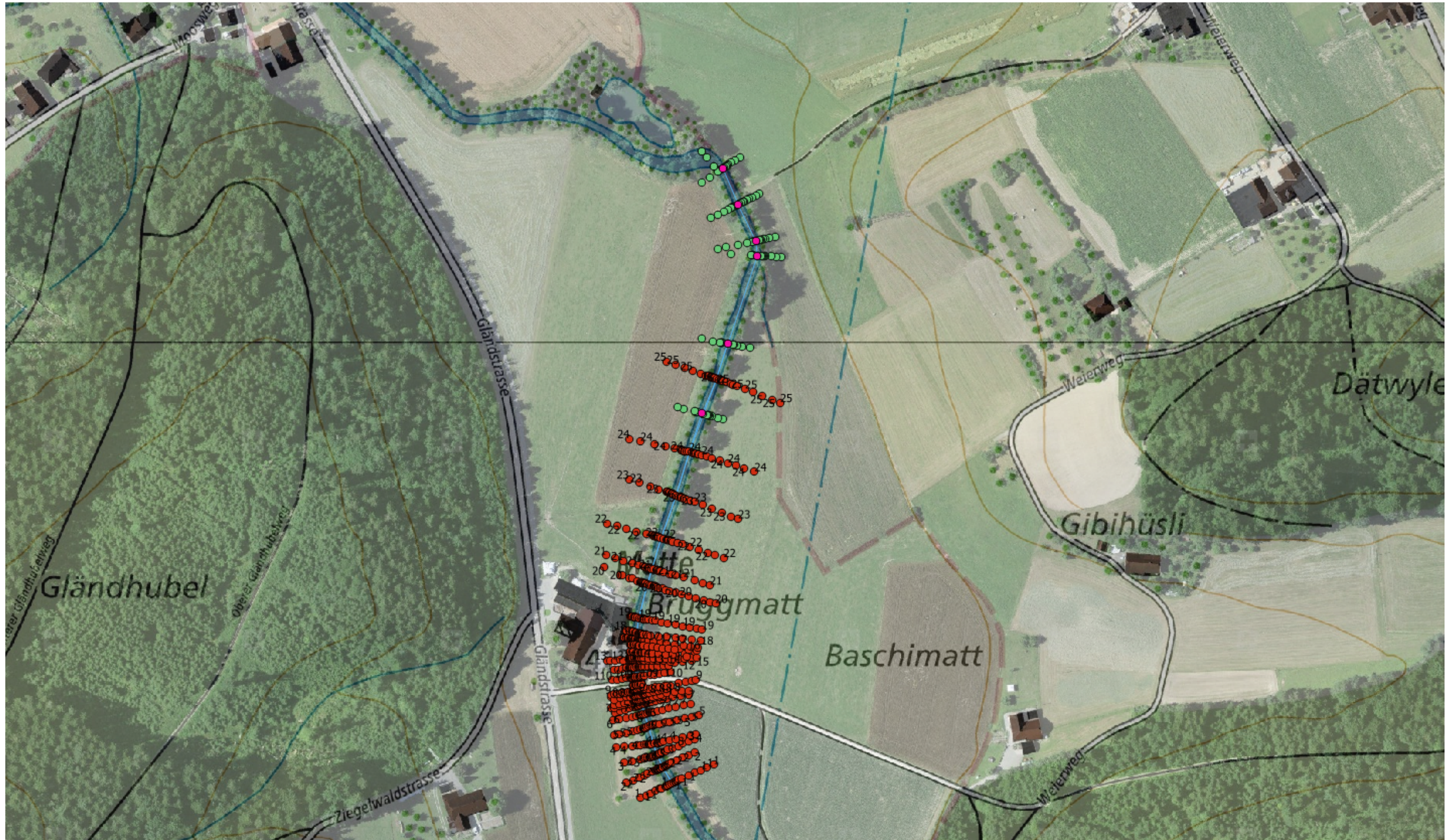


Eckdaten Modell

- 1D-Modell (BASEchain), v2.7
- 34 Querprofile
- Reibungsansatz: k_{ST} an der Sohle und an den Böschungen
 - Annahme initiale Sohlenrauheit $k_{ST} = f(\text{Korndurchmesser}) = 32.1 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
 - Annahme initiale Böschungsrauheiten = $f(\text{Uferbeschaffenheit})$



Übersicht Modell

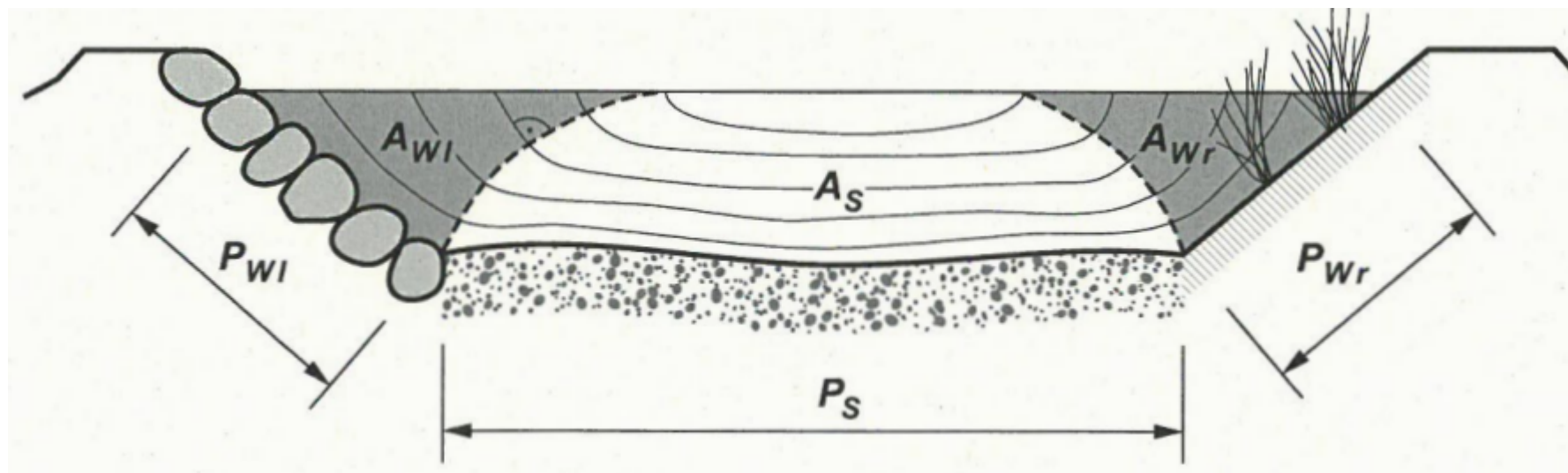


Konventionelle Kalibrierung



Kalibrierung

- Die Reibungsparameter sind die Kalibrierungsgrösse des Modells
- Separate Variierung Sohlenrauheit und Böschungsrauheit für die Kalibrierung
- Nutzung Skalierungsfaktoren f_S und f_B
- R-Skript für das die Anpassung das bmg-Geometriefiles
 - "bottom_range" definiert Bereich der Sohlenrauheit
 - Anpassung der "friction_coefficients"



Quelle: Bezzola (2012)



The screenshot displays the RStudio interface with the following components:

- Code Editor:** Shows R code for a loop (lines 306-325) that plots MCMC results and saves them to RDS files. The code includes a `gelman.plot` call and conditional saving logic.
- Environment Pane:** Shows the 'Global Environment' which is currently empty.
- Help Viewer:** Displays the documentation for the `adapt_bmg_friction` function, including its usage and arguments.
- Terminal:** Shows the current working directory path: `//filesrv.holingerag.intra/uemprofiles$/bhm/Documents/`.

```
306
307
308
309   gelman.plot(mcmcList, ylim=c(1,2), xlim=c(0,ii))
310 }
311
312
313 if( (ii%%25)==0 ){
314   saveRDS(arr.f, paste0("MCMC_kalibrierung",ii,".rds") )
315   accRates_ii <- accRates/N
316   saveRDS(accRates, paste0("MCMC_kalibrierung_accRates_K3",ii,".rds") )
317 }
318 }
319 }
320
321
322
323
324
325
```

Usage

```
adapt_bmg_friction(csList, f_frict_b, f_frict_rb)
```

Arguments

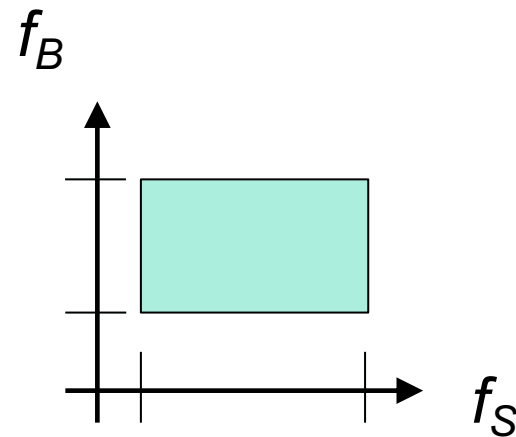
- `csList` list with the imported cross profiles
- `f_frict_b` scaling factor for the bottom friction
- `f_frict_rb` scaling factor for the river bank friction

Value

`adapt_bmg_friction` returns a list with the adapted cross profiles

`csList` list

Methodik



Diskretisierung → Matrix



Resultat

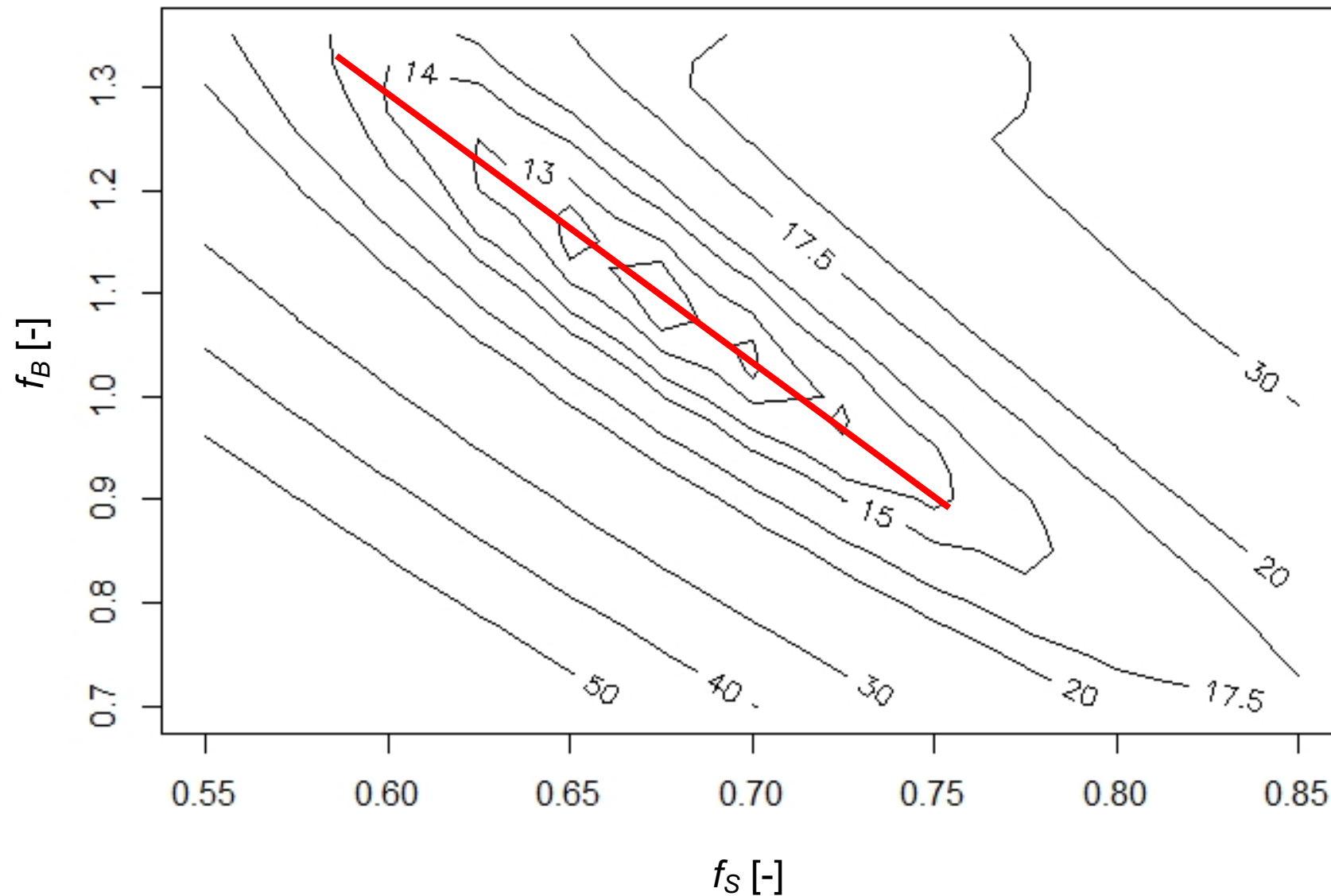


Loop für jede Kombination

$$RMSE(h_{Eichung} - h_{BASEMENT})$$

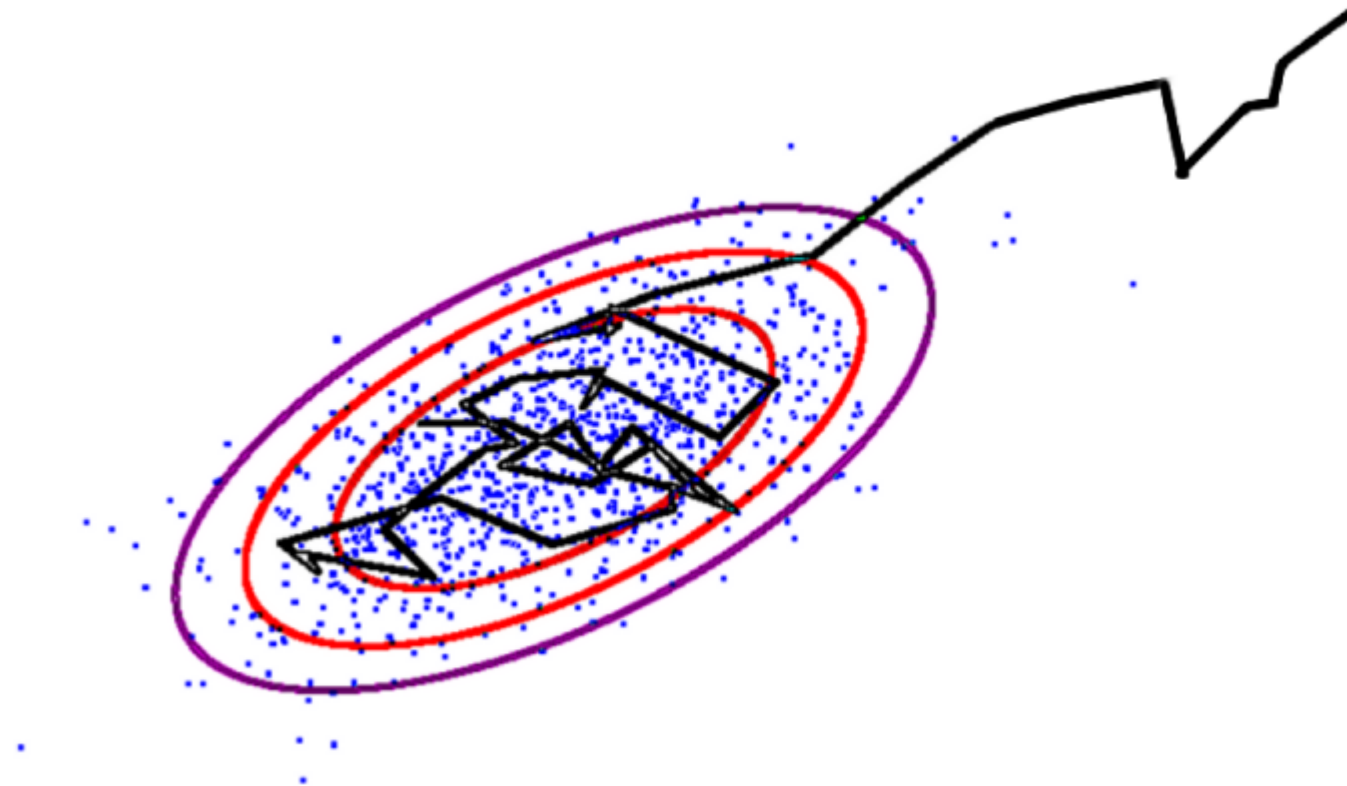
Kalibrierung Raster f_S und f_B

- $RMSE$ [mm]



- Kollinearität zwischen Sohlenreibung und Böschungsreibung

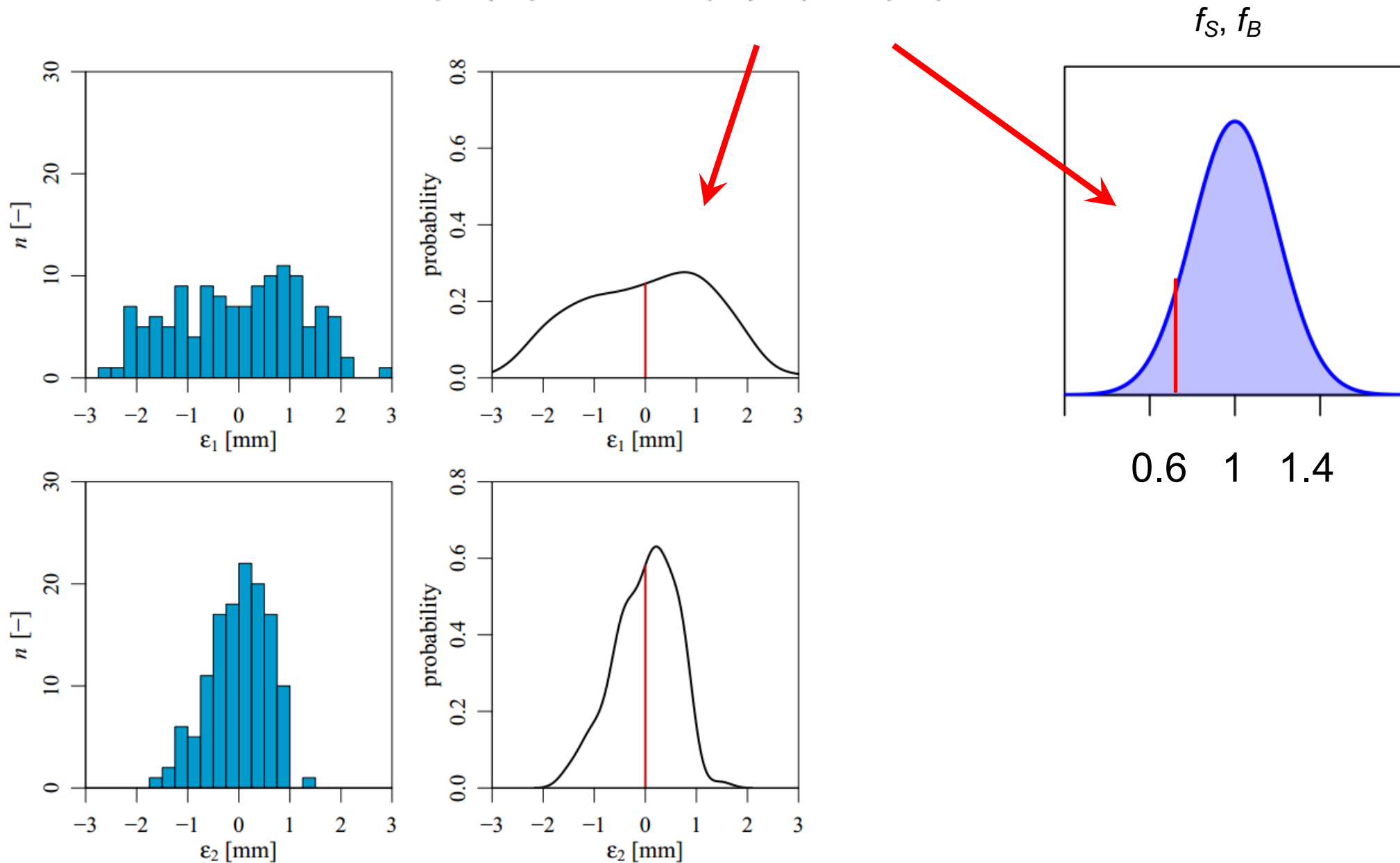
Markov-Chain-Monte Carlo Kalibrierung



Markov-Chain-Monte-Carlo (MCMC)

- Nutzung von Vorwissen
- Basierend auf Bayes-Inferenz

- Bayes Theorem: $\pi(\theta|y) \propto \mathcal{L}(y|\theta) \pi(\theta)$



Algorithmus von Braak (2006)

- Anfangsverteilungen bestimmen
- Anzahl paralleler Ketten P definieren
- P Anfangswertepaare ziehen
- Wahrscheinlichkeit für die Anfangswertepaare berechnen $\mathcal{L}(y|\theta) \pi(\theta)$

#Schleife mit N Schritten

for (i in 1:N){

 for (j in 1:P){

 2 Ketten zufällig ziehen

$$\theta_j = \theta_{j-1} + \gamma_{de} (\theta_{c1} - \theta_{c2}) + e$$

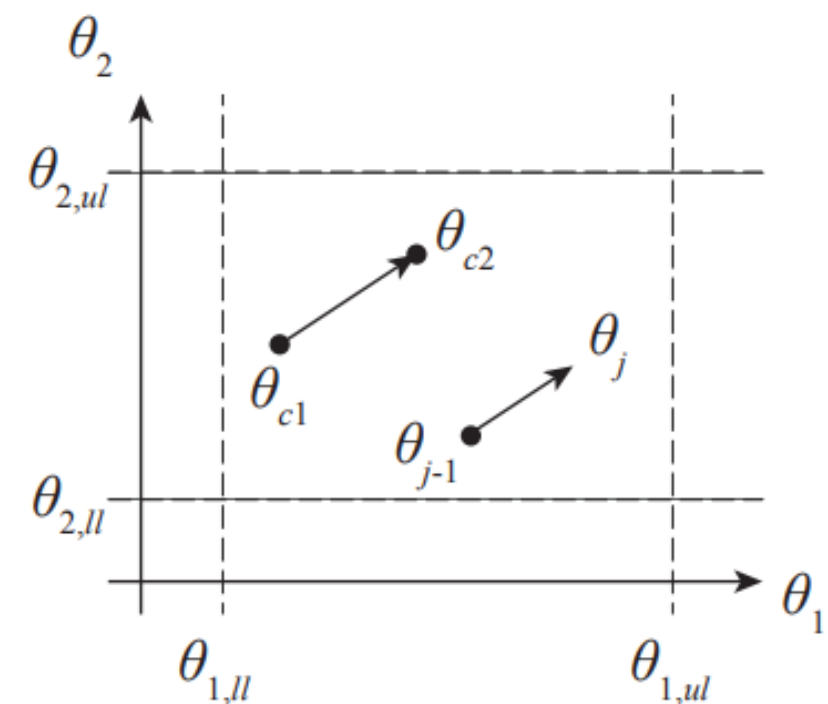
 Wahrscheinlichkeit neuer Punkt

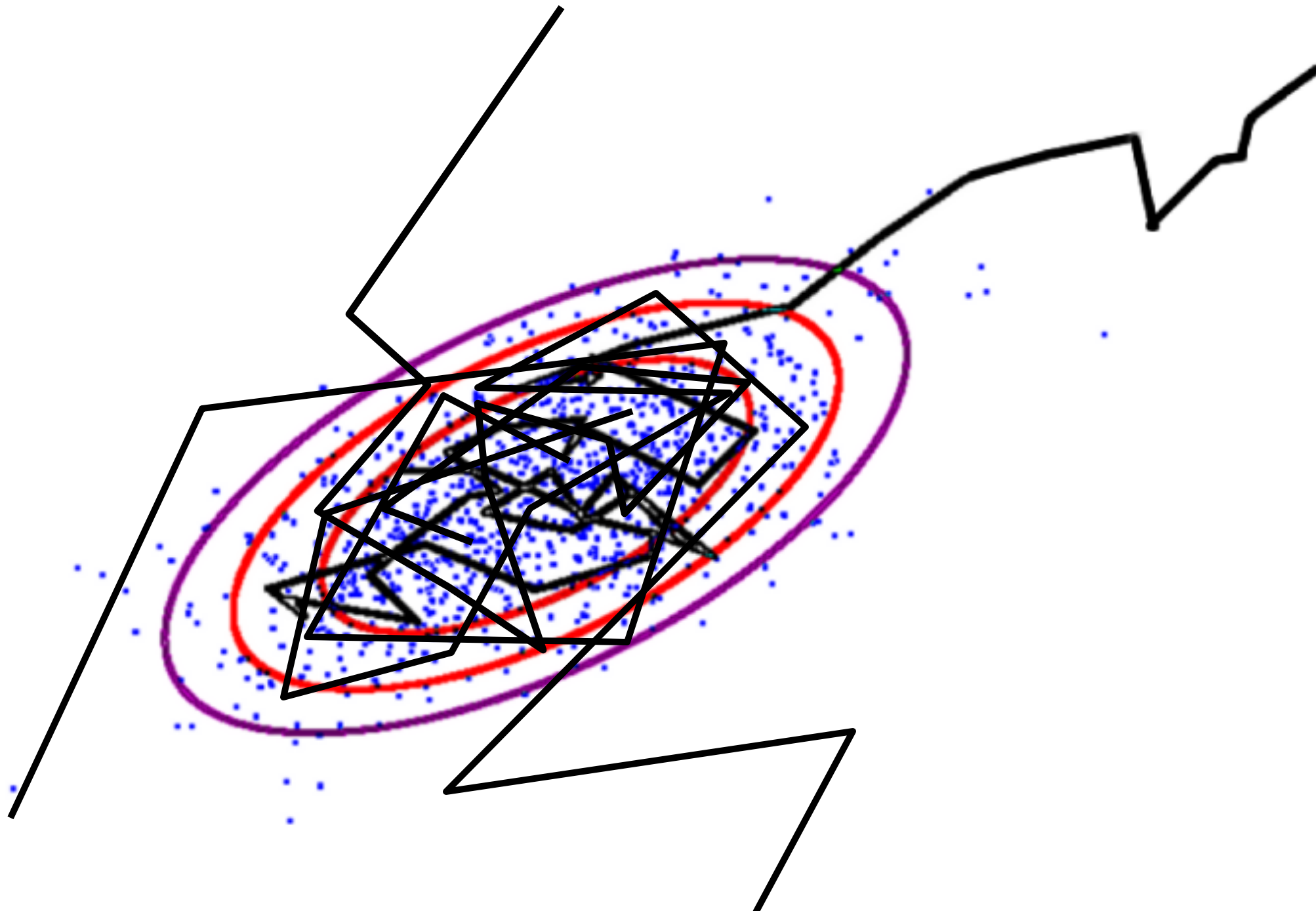
 "Metropolis-Hastings update"

 Annahme oder keine Annahme neuer Punkt

 }

}

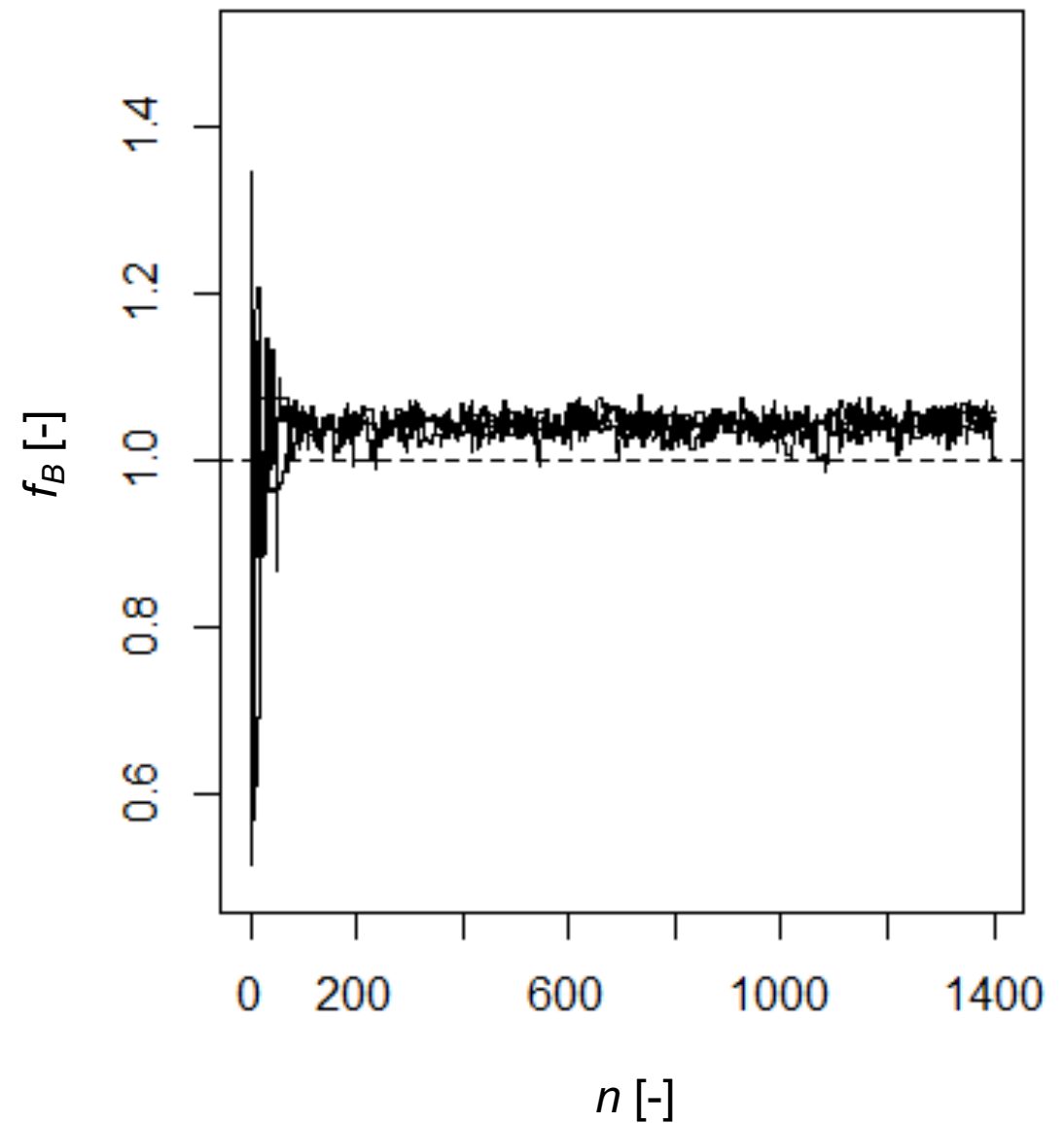
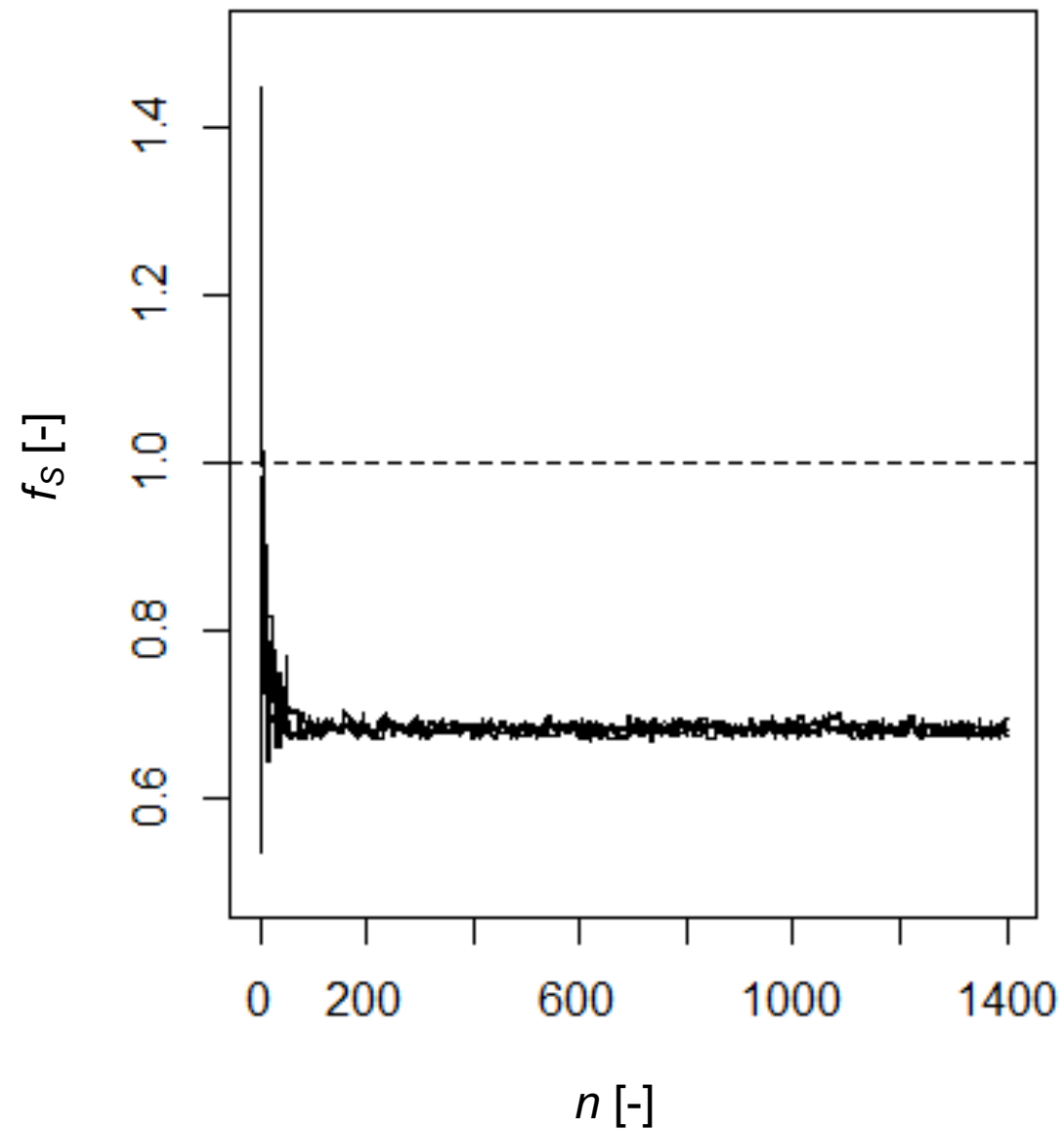




Quelle: http://www.juergenwiki.de/old_wiki/lib/exe/detail.php

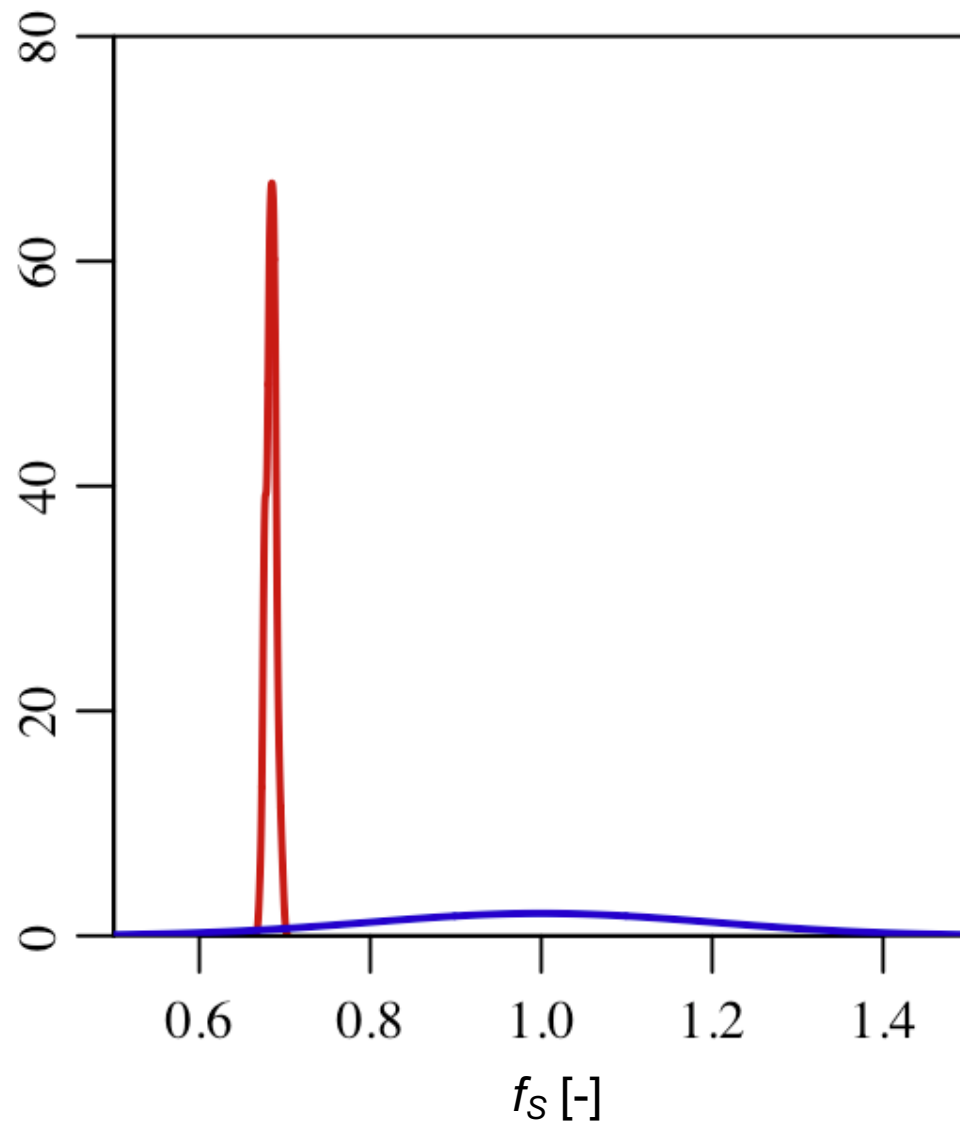
Resultat - Konvergenz der Ketten

- 4 parallele Ketten
- 1400 Schritte



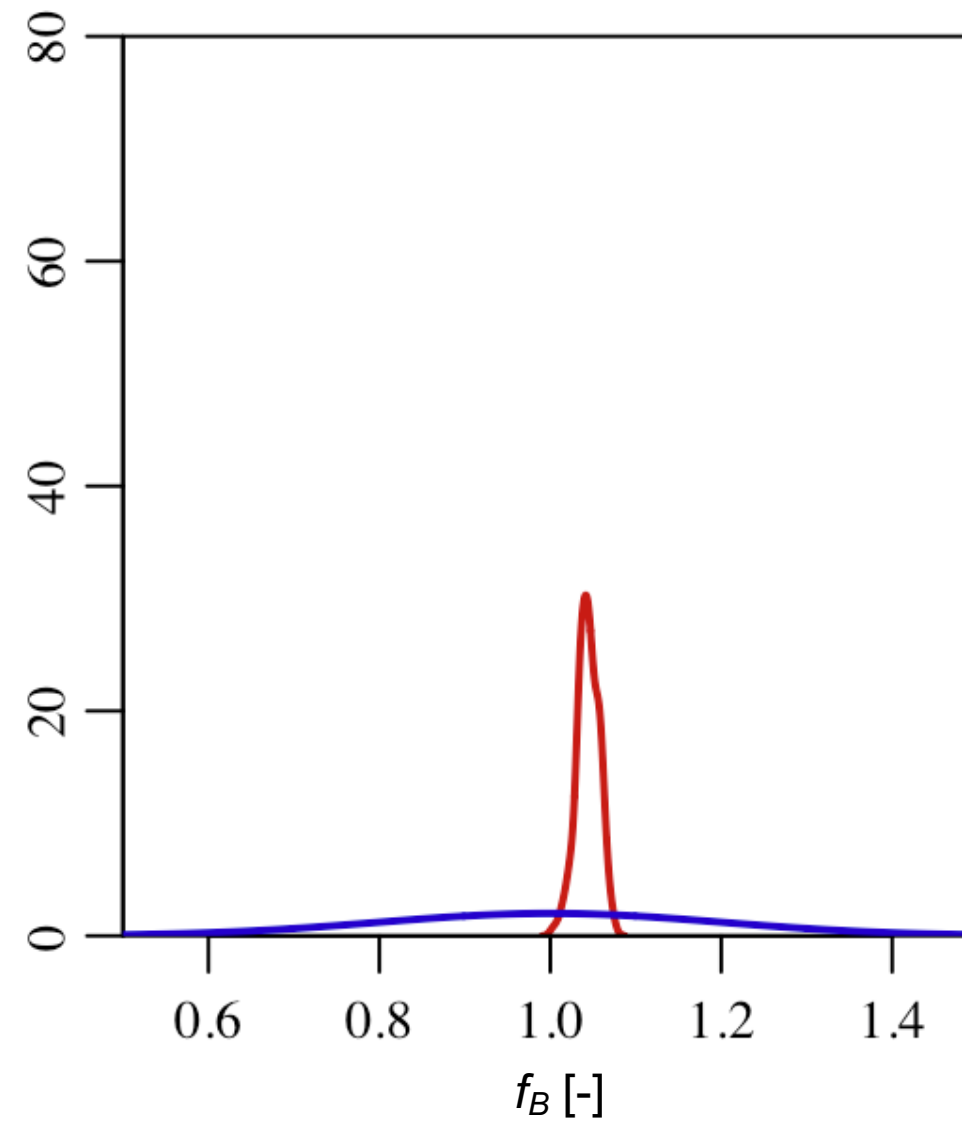
Resultat - Verteilungen

- Gute Konvergenz
- Sohlenreibung ergibt die engere Verteilung



Ausgangsvert. $f_S = 1, sd = 0.2$

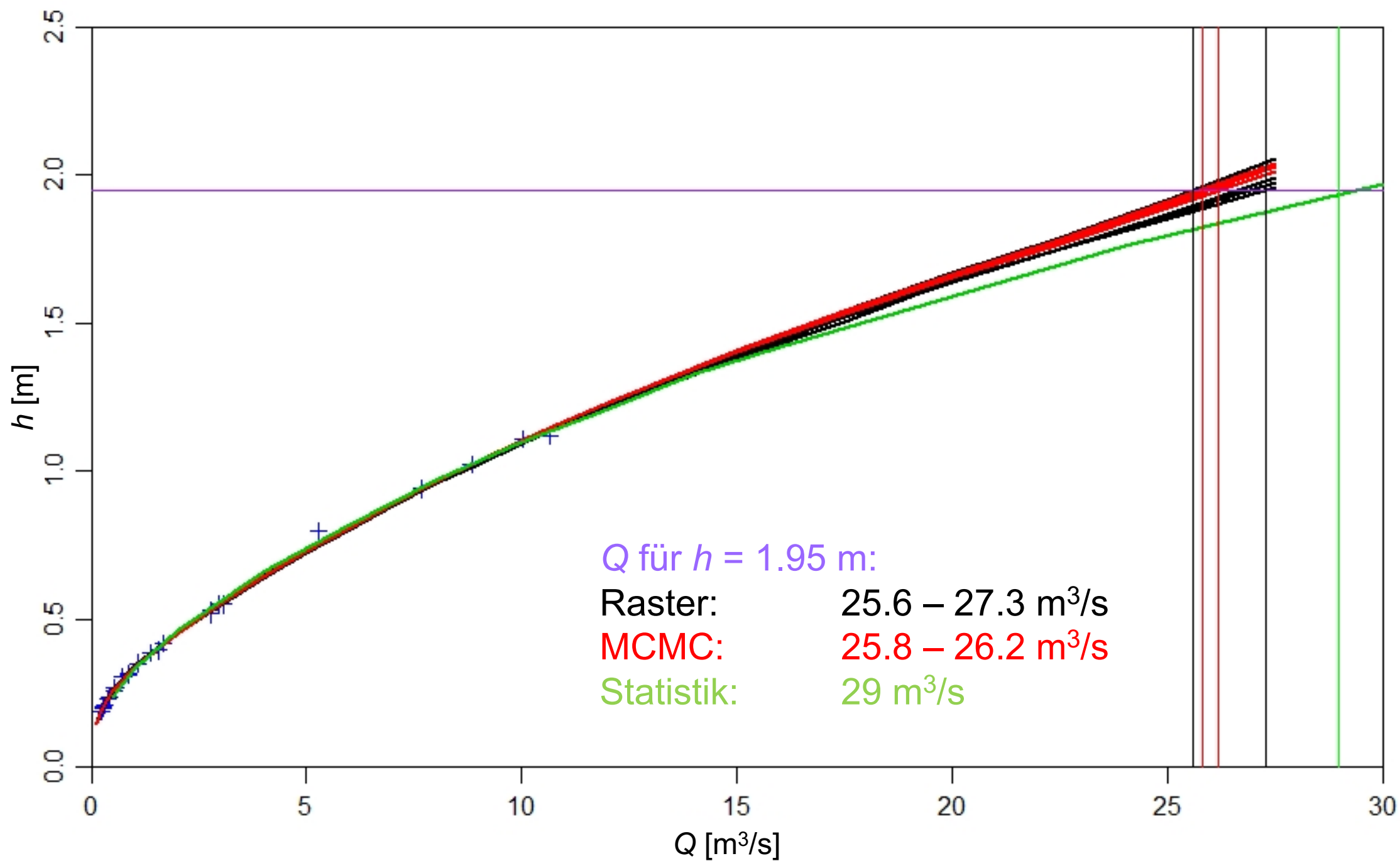
Endvert. $f_S = 0.684, sd = 0.006$



Ausgangsvert. $f_S = 1, sd = 0.2$

Endvert. $f_B = 1.044, sd = 0.013$

Resultat - Pegelrelation



Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

- Mit R und BASEMENT in Kombination kann die MCMC-Methode gut angewendet werden
- Durch die Kombination von R und BASEMENT ist eine effektive, automatisierte Kalibrierung möglich
- Ein physikalisch basiertes Modell führt zu einer robusteren Extrapolation
- Durch den Einsatz der MCMC-Methode kann die Kollinearität der beiden Reibungsparameter behandelt werden
- Die MCMC-Methode erlaubt es Vorwissen in die Kalibrierung einfließen zu lassen

Offene Fragen

