



30.000 Schneewasserwertmessungen in Österreich

Was zeigen sie uns?

*Referentin: BSc. Stefanie Gruber
FemTech Praktikum an der ZAMG*

ÖGM, Feldkirch den 08.11.2013



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

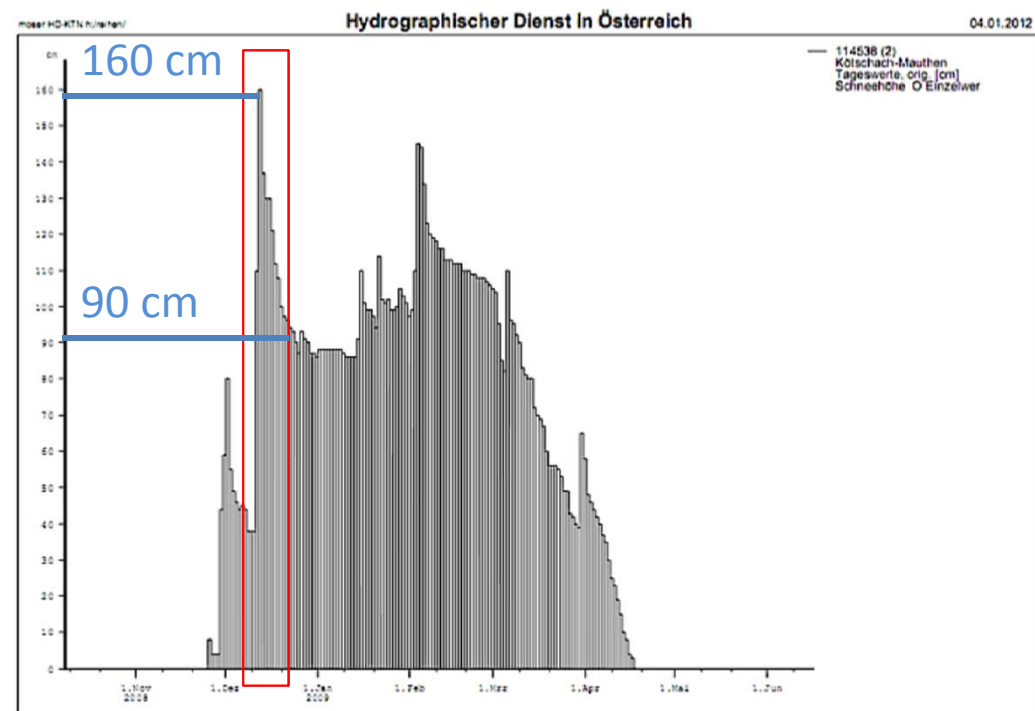
Beispiel: Extreme Schneewasserwerte

- Kötschach - Mauthen Winter 2008/2009



Fotos: Christian Gratzner

Messstation Kötschach Mauthen:



HD-Kärnten: Schneebericht 2008/2009

Inhalt des Projekts

1. Motivation
2. Methode
3. Modellergebnis
4. Mögliche Modifizierung



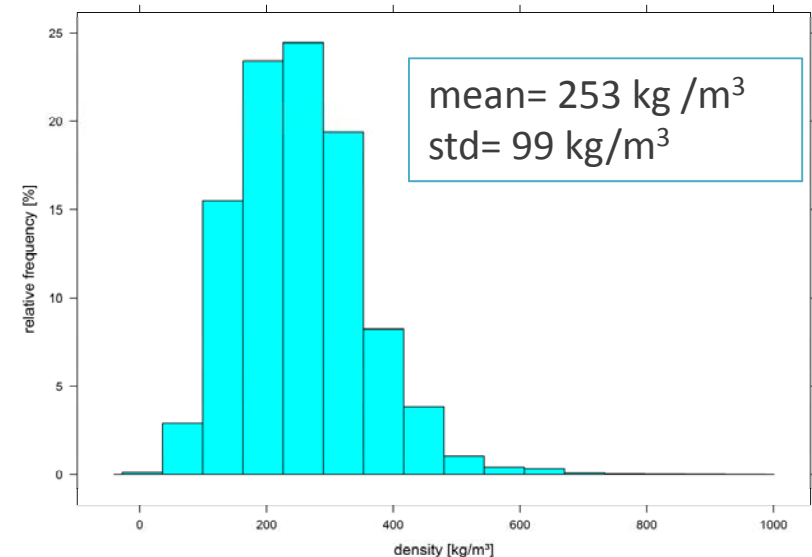
Foto: Christian Gratzner

1. Motivation

- **Grundlagenforschung:**
 - Über 30.000 Schneewasserwertmessungen (swe) in Österreich
 - Ist es möglich swe mit bestimmten Prediktoren zu modellieren?
- **Anwendungsorientierte Analyse:**
 - Schneelastgutachten der ZAMG

$$sk = swe \cdot g = sh \cdot g \cdot \rho$$

sk	Schneelast [N/m ²]
swe	Schneewasserwert [kg/m ²]
sh	Schneehöhe [m]
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
ρ	Schneedichte [kg/m ³]



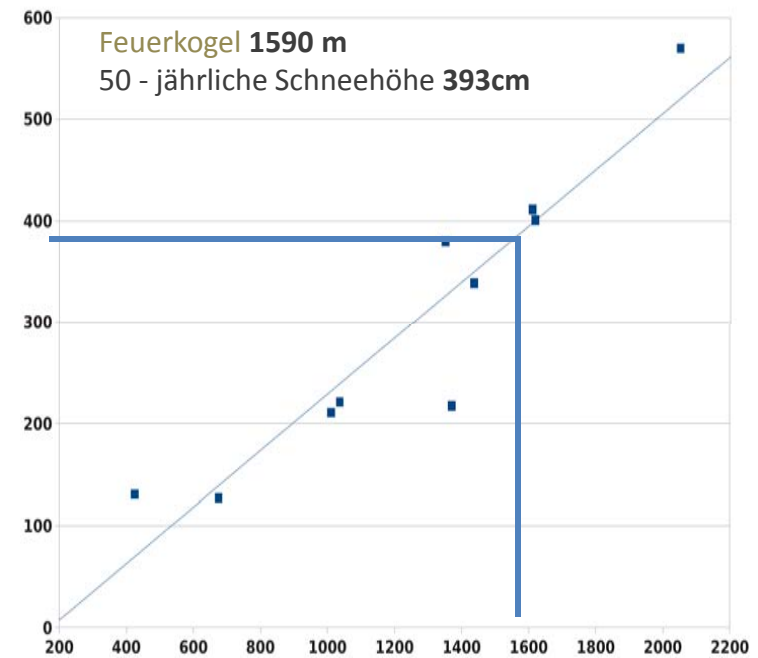
- **Günstig:** Sehr viele langjährige Messreihen von **sh** in Österreich
- **Ungünstig:** keine langjährigen Messreihen von **sk**, **swe** oder **ρ**
- **Dichte ρ sehr variabel**

1. Motivation

- Anwendungsorientierte Analyse
- Bisher: Auswertesoftware **EVA** +
 - Wertet Schneehöhen von benachbarten Stationen des Standorts extremwertstatistisch aus

Rank	Begin of period [UTC]	Value [cm]
1	1982-03-19	264
2	1999-02-25	263
3	1988-03-13	250
4	1944-04-01	245
5	1970-02-25	245
6	1967-03-21	240
7	1951-01-22	230
8	1968-01-27	230
9	1984-02-11	230
10	1937-02-24	220
11	1981-02-06	220
12	1938-02-13	217
13	1975-04-11	215
14	1935-03-05	210
15	1952-02-13	210

RETURN TIMES		
T [Years]	snow depth [cm]	CI [%]
1	148.8	9
2	178.7	8
3	193.8	7
4	203.6	7
5	210.6	7
6	216.0	7
7	220.3	7
8	223.9	7
9	227.0	7
10	229.7	7
15	239.2	7
20	245.4	8
25	249.8	8
30	253.2	9
40	258.2	10
50	261.8	10
75	267.9	12
100	271.7	12
150	276.6	14



1. Motivation

- Anwendungsorientierte Analyse
- **Problem:** Große Bandbreite der Schneedichte
- **Lösungsansatz:** statistisches Modell für Schneedichte, bzw. Schneewasserwert
- **Ziel:** Berechnung einer “Quasi-Schneelast” für jede gemessene Schneehöhe in der EVA - Datenbank
 - “Quasi-Schneelast” wird mittels EVA+ direkt extremwert-statistisch ausgewertet
 - **Ergebnis liefert 50-jährliche Schneelast am Standort**

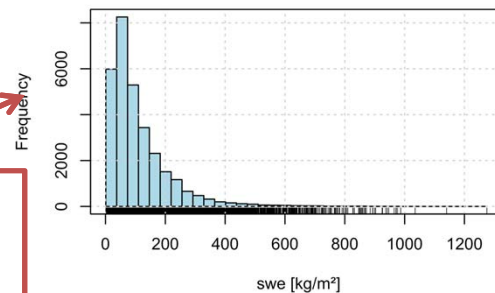
2. Methode

- Analyse des Datensatzes

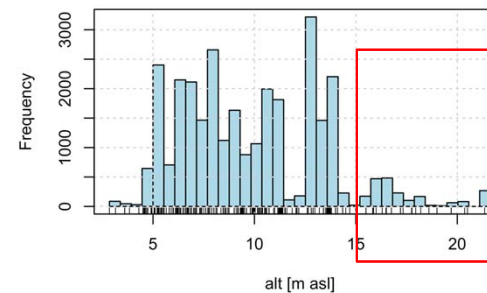
- Quelle: Hydrologischer Dienst von Österreich
- Messzeitraum: Winter 1975/1976 – Winter 2004/2005
- Anzahl der Stationen: 157

**Nicht-
normalverteilt**

Distribution of Snow Water Equivalent (swe)

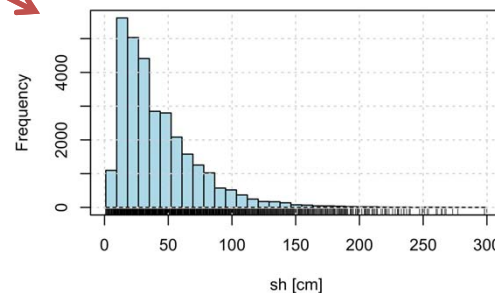


Distribution of Altitude (alt)

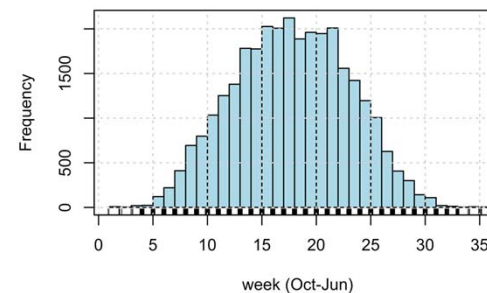


Deutlich weniger
Messwerte über
1500 m

Distribution of Snow Height (sh)

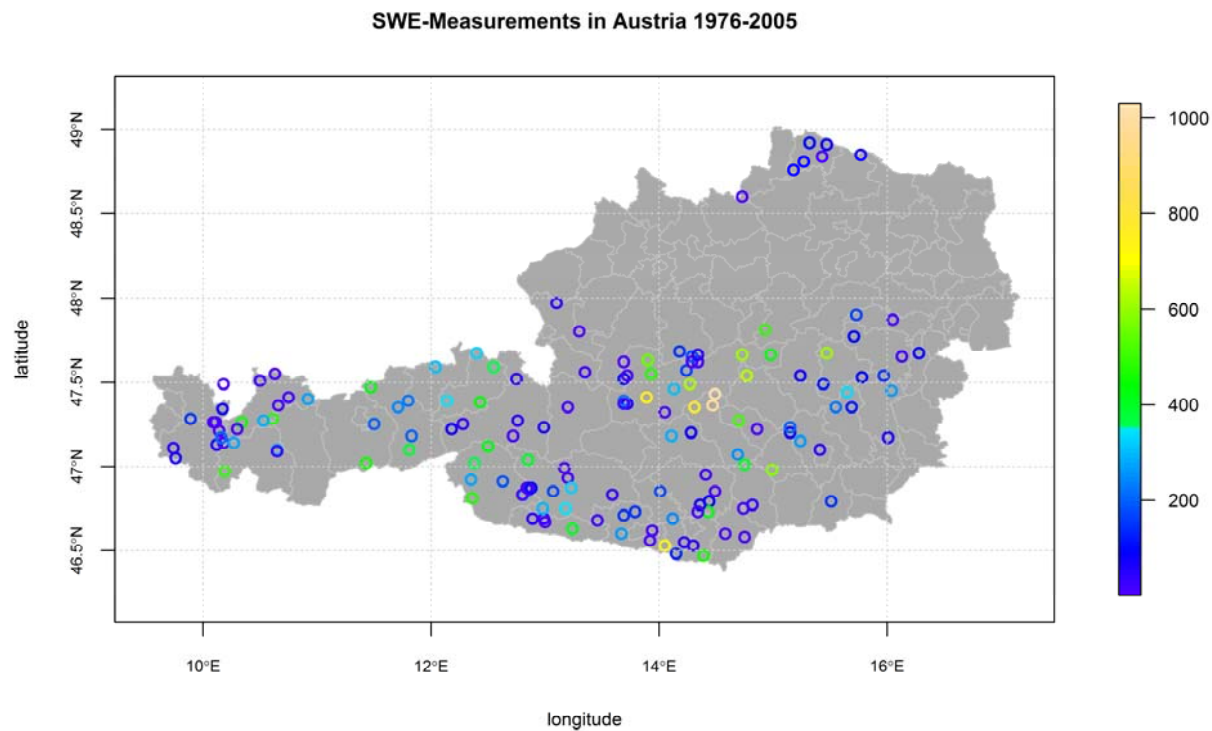


Distribution of Week



2. Methode

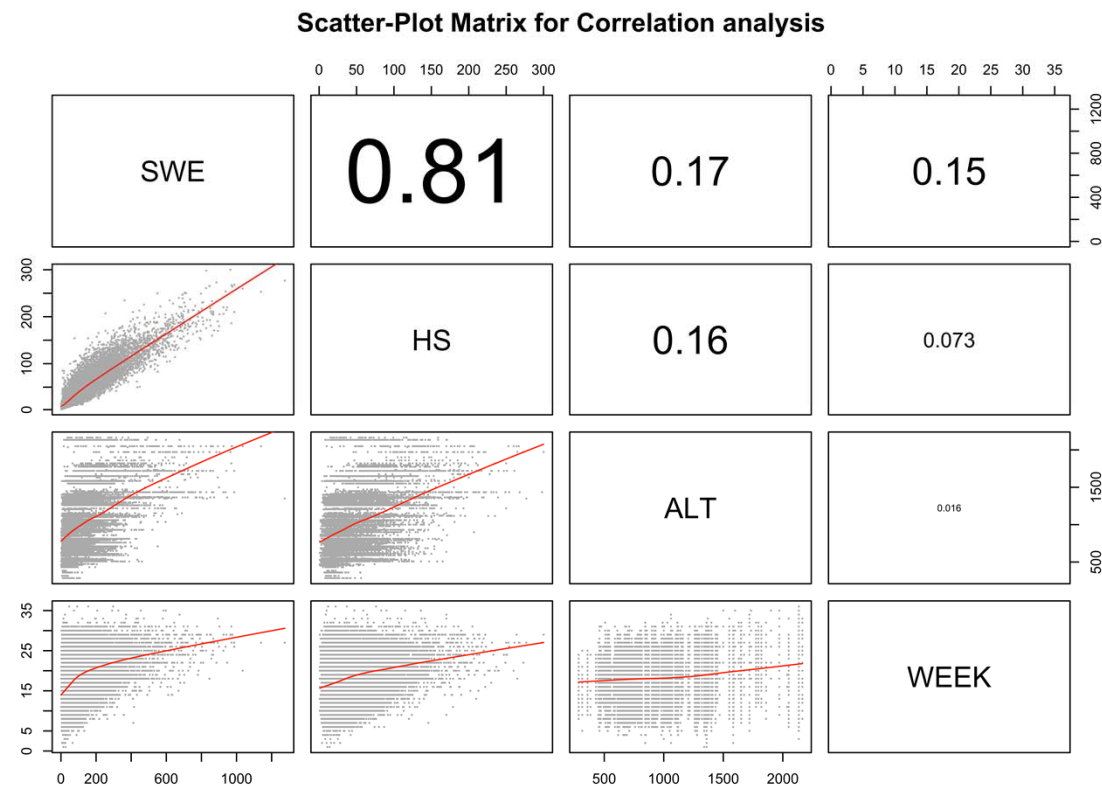
- Analyse des Datensatzes



	Min	Mean	Max
Anzahl pro Station	2	193	1031
swe [kg/m ²]	1	110	1275
sh [cm]	1	42	300
alt [m asl]	285	989	2164
den [kg/m ³]	10	253	950

2. Methode

- Korrelationsanalyse
- Zielvariable swe – Prediktoren sh, alt, week
- Zwischen den Prediktoren



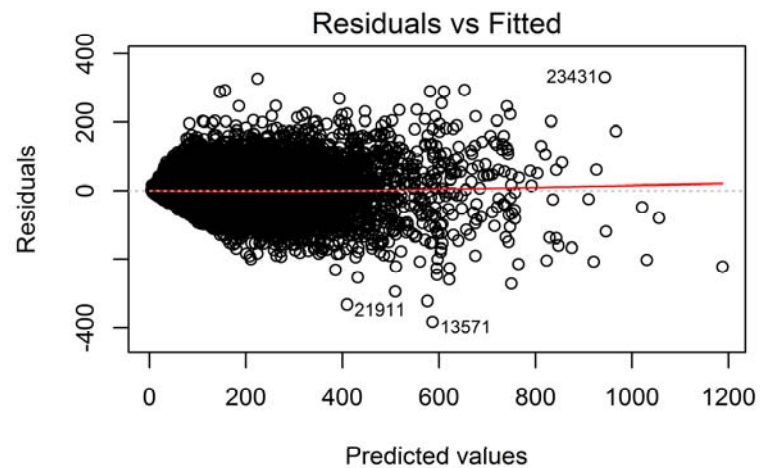
2. Methode

- Wahl der Modellierungsmethode
- **GLM** (Generalisierte Lineare Modellierung)
- Auch für nicht normalverteilte Zielvariablen
- **OLS-Verfahren** (ordinary least squares), implementiert in der R-Statistiksoftware
- **Wichtig:** Finde passende Verteilungs- und Linkfunktionen
 - Mögliche Auswahlkriterien: R^2 , Trend in den Residuen?

2. Methode

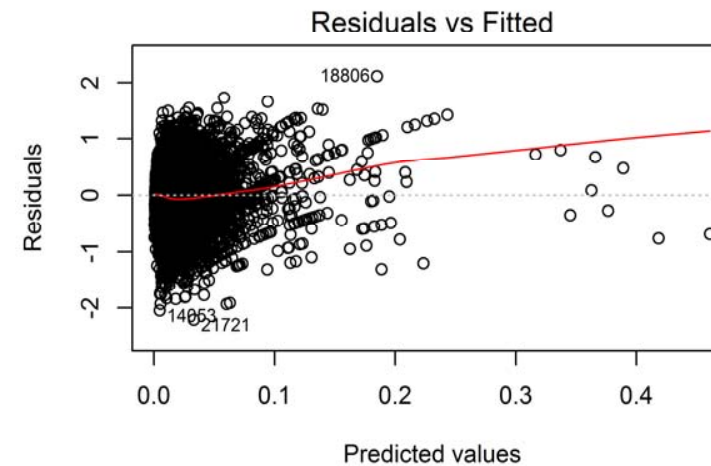
- Wahl der Modellierungsmethode

- Gaussian (identity)**



	Kein Trend in den Residuen
R^2	0.83

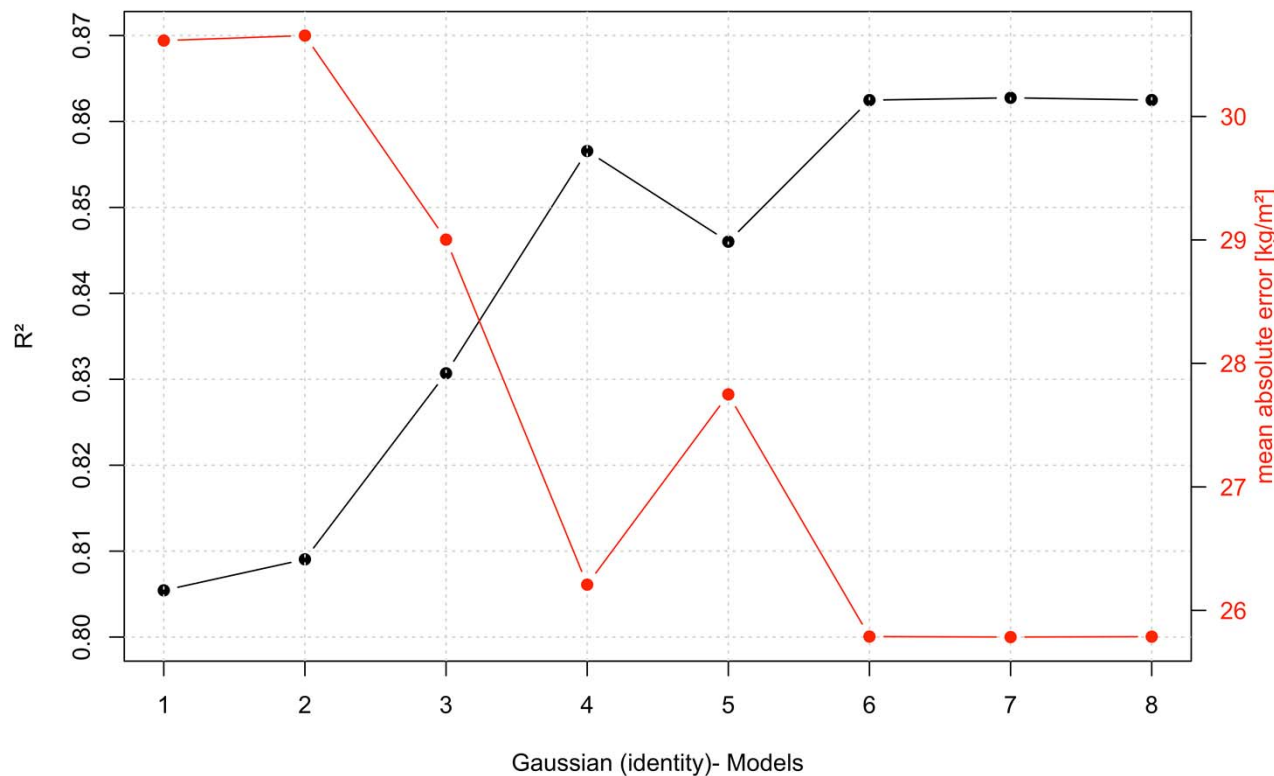
- Gamma (inverse)**



	Trend in den Residuen
R^2	0.80

2. Methode

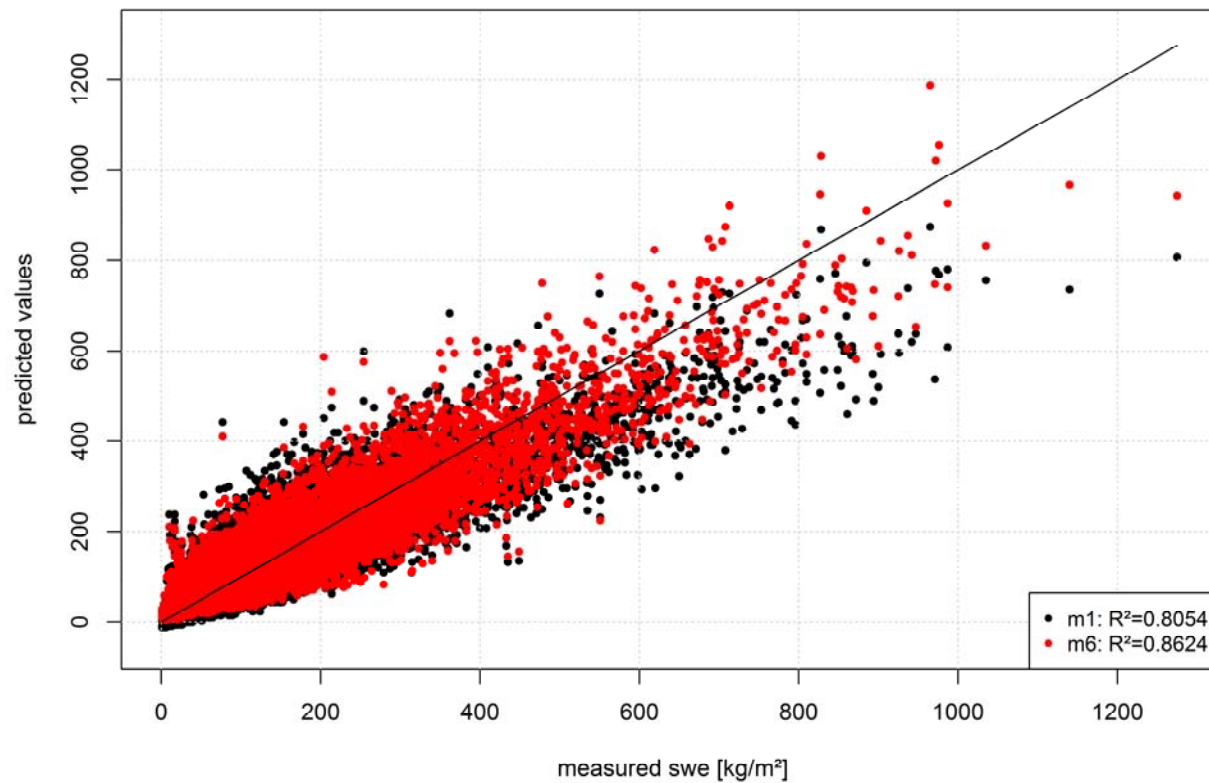
- Schrittweise zum Endmodell
- Welche Prädiktoren und welche Interaktionen sind signifikant?
- Was führt zur Modellverbesserung?



	Prädiktoren
M1	sh
M2	sh+alt
M3	sh+alt+week
M4	sh*week+alt
M5	sh*alt+week
M6	sh*week+sh*alt
M7	sh*alt*week
M8	sh*alt+sh*week + l(exp(-0.5*week))

2. Methode

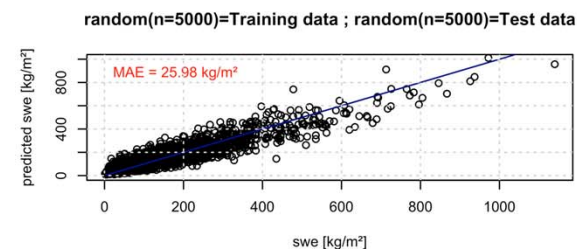
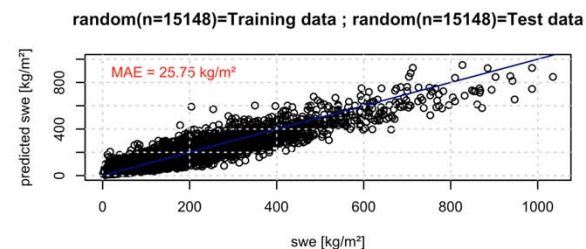
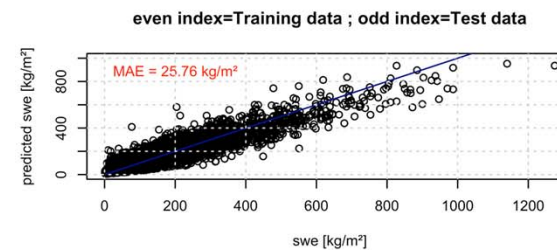
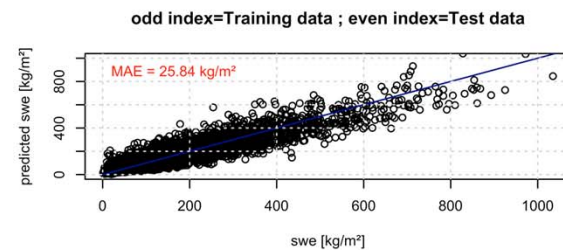
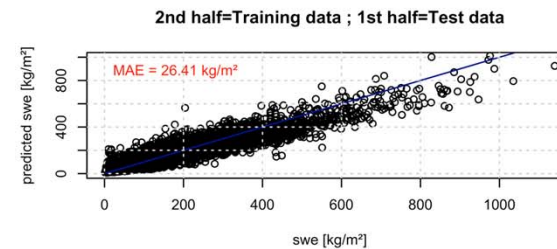
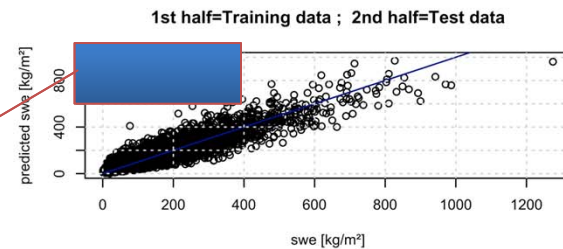
- Schrittweise zum Endmodell



2. Methode

- Validierung
- Trainingsdatensatz-Testdatensatz
- Hauptterme des M6 bleiben gleich, Koeffizienten verändern sich
- Entscheidung für Modell mit kleinstem mittleren absoluten Fehler [kg/m²]

Modell mit
bester
Koeffizientenwahl



3. Modellergebnis

- Modellformel und Modellgenauigkeit

$$swe = a_1 + a_2 sh + a_3 week + a_4 alt + a_5 (sh * week) + a_6 (sh * alt)$$

$$a_1 = 2.2 \text{ e}+01$$

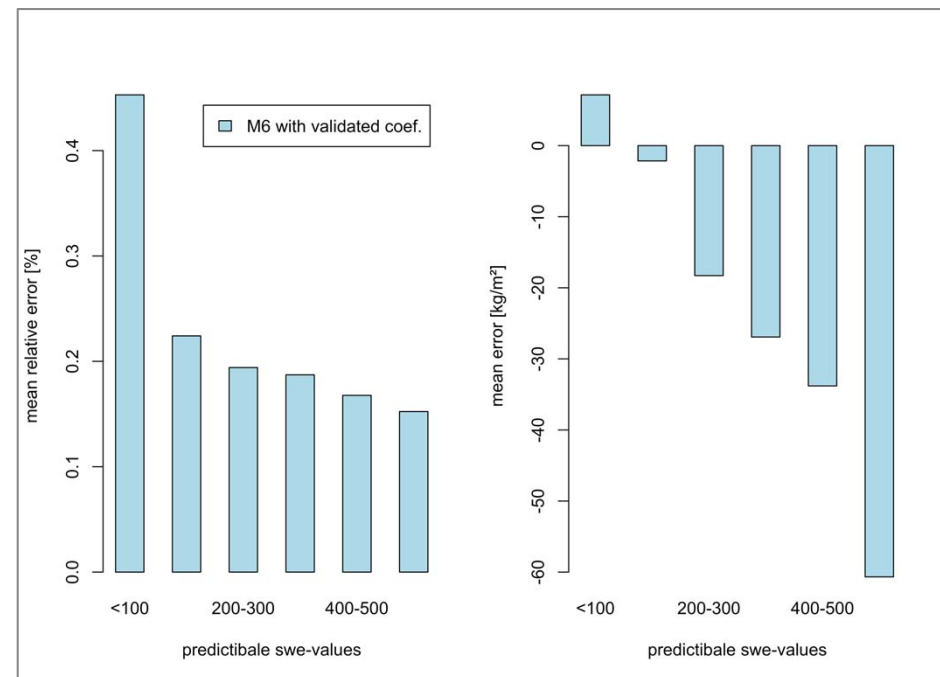
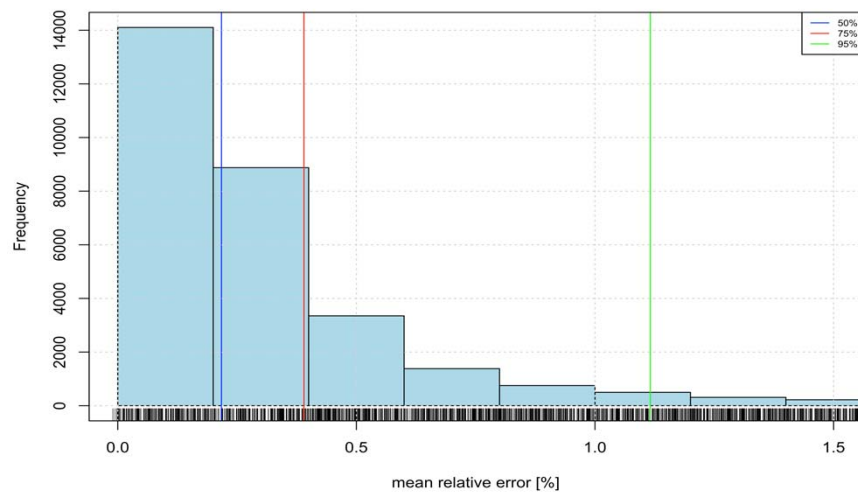
$$a_2 = 1.1 \text{ e}-02$$

$$a_3 = -2.5 \text{ e}-01$$

$$a_4 = -1.7 \text{ e}-02$$

$$a_5 = 9.2 \text{ e}-02$$

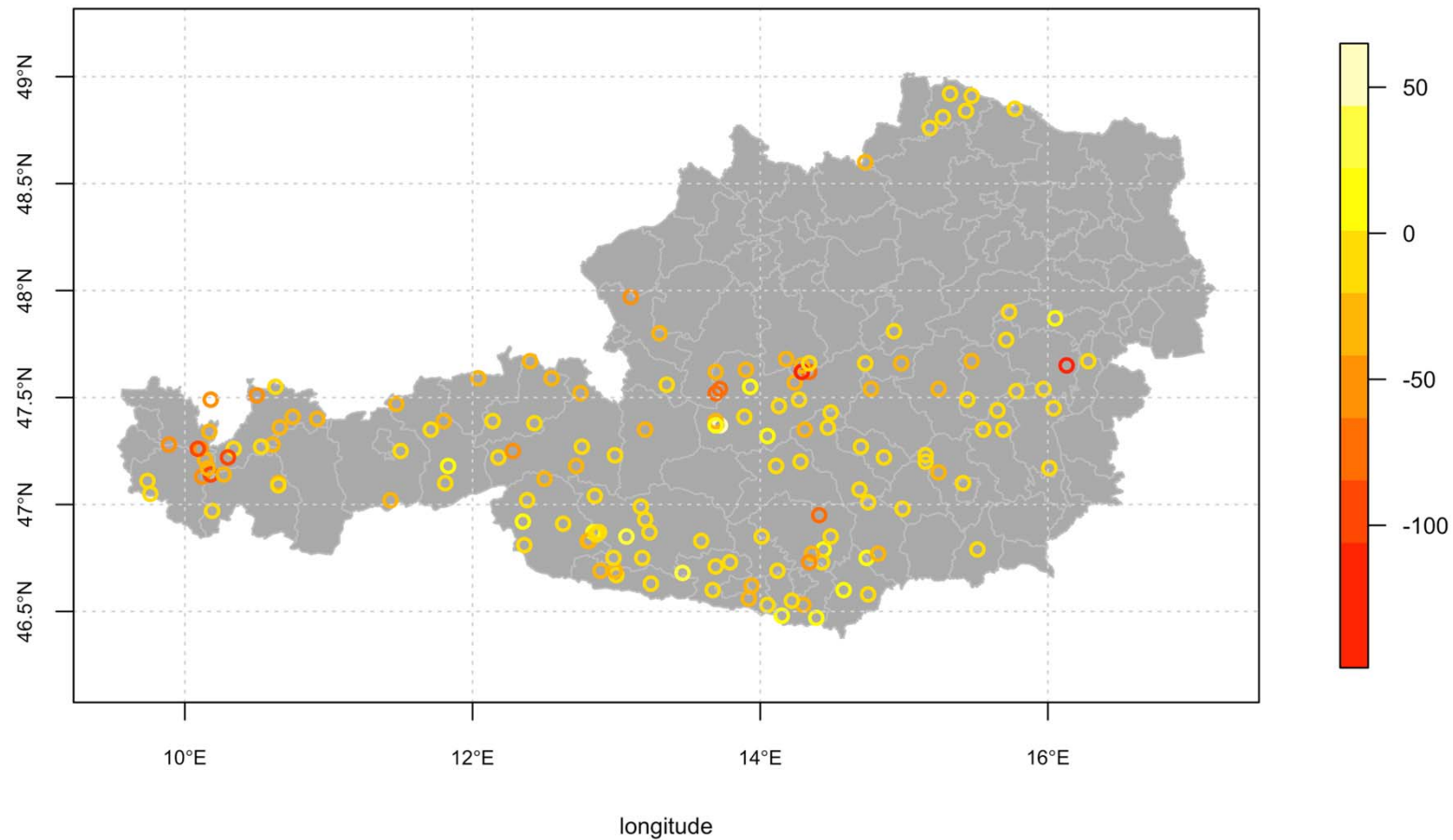
$$a_6 = 7.4 \text{ e}-04$$



3. Modellergebnis

- Mitterer Fehler [kg/m²] pro Station

Mean Error for SWE-Prediction for each station



4. Mögliche Modifizierung

- **“Quasi-Schneelast”** in die EVA-Datenbank implementieren
 - extremwertstatistische Auswertung und Kartierung der 50-jährlichen Schneelasten
- Weitere mögliche Modellierungsansätze:
 - **Reanalysedaten für Temperatur und Niederschlag** für die 30.0000 Messungen
 - Einfluss neuer Prädiktoren im Modell



Fotos: Christian Gratzner