

LARSIM-Entwicklung für hochalpine Gebiete am Beispiel es WHM Drau: Gletschermodul und Höhengradient Niederschlag

Dirk Aigner
HYDRON

Georg Raffener
Amt der Tiroler Landesregierung



Übersicht über die im Oktober 2016 routinemäßig operationell betriebenen LARSIM WHM und die betreibenden Dienststellen.

Auftrag WHM-Drau:

- Erstellung und Kalibrierung des Wasserhaushaltsmodells Drau für die operationelle Hochwasservorhersage
- Beauftragung im Mai 2016, Projektende Dezember 2017
- Einzugsgebietsgröße 2112 km², teilweise hochalpine Charakteristik (616m bis 3798m)
- Teilgebietsmodell (im Mittel 1-2 km²)

Besonderheiten:

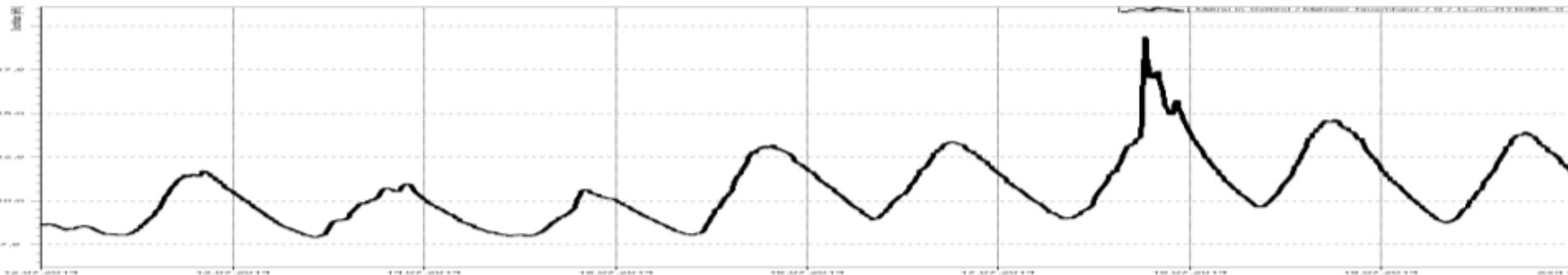
- Bereisung mit Auftragnehmer (HYDRON) im Juli 2016
- Subauftrag für „bodenhydrologische Daten“ an Bundesforschungszentrum Wald (siehe Vortrag „Vergleich Bodenspeicher im Alpenraum“)
- Neuentwicklung und Kalibrierung eines einfachen Gletschermoduls
- Neuentwicklung Option „Höhengradient Niederschlag“



Foto: G. Weyss/ZAMG

Bedeutung Gletscher:

- Gletscher bedecken nur 3% des Gesamteinzugsgebietes
- Pegelkontrollbereiche teilweise jedoch stark vergletschert (bis 36%)
- Eisschmelze bedeutend bei Schönwetter für Tagesgang im Abfluss (Ausgangsniveau für Hochwasser!)
- Abbildung Systemzustand Gletscher wichtig für Abflussreaktion (aperer Gletscher mit hohem Abflussbeiwert und rascher Abflussreaktion)



Einzugsgebiet Pegel Matreier Tauernhaus:

60 km², 14km² Gletscher (23%)

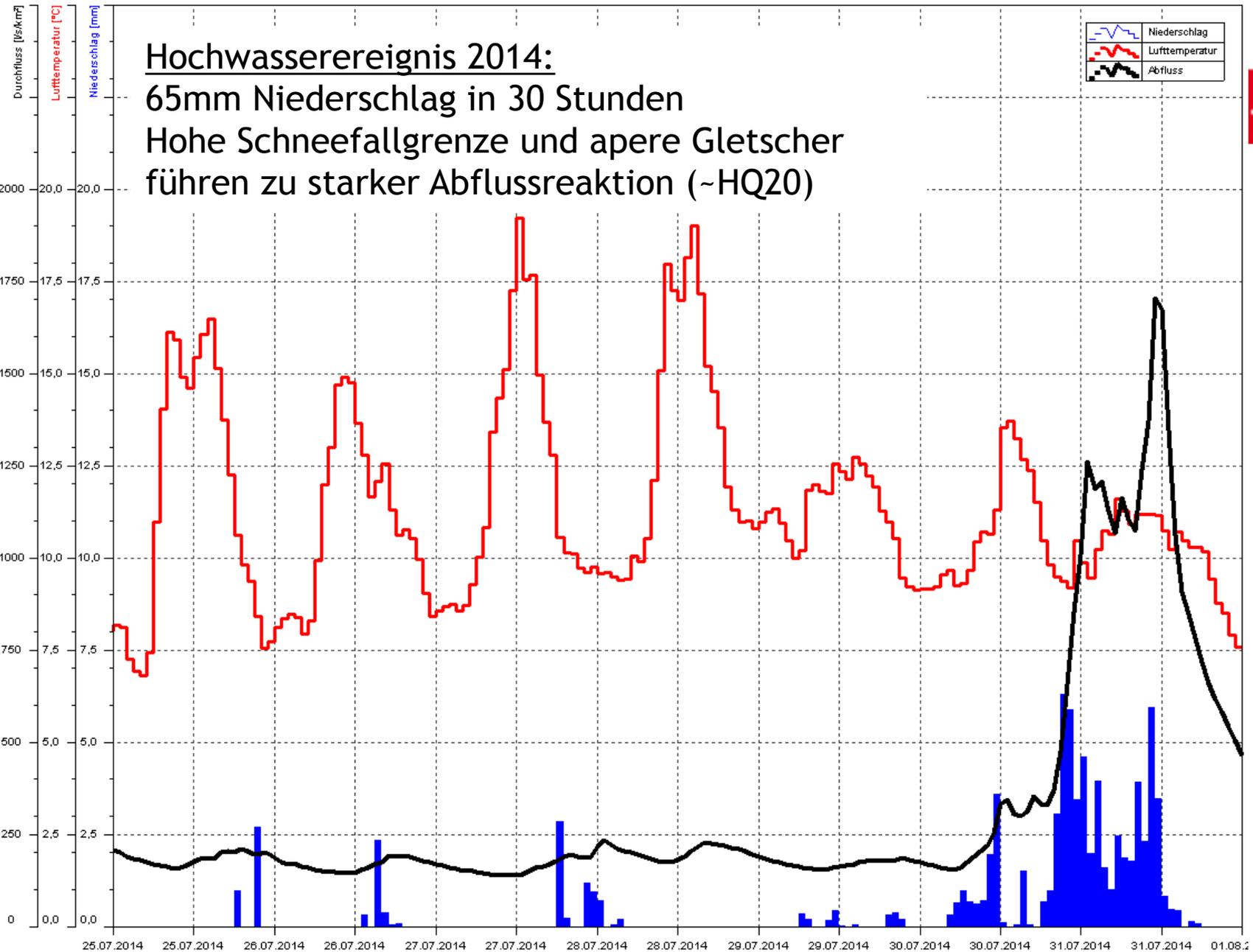
Höhenverteilung 1500m bis 3657m (Großvenediger)

Zwei Niederschlagsstationen 1637m + 1730m

Hochwasserereignis 2014: 65mm Niederschlag in 30 Stunden Hohe Schneefallgrenze und apere Gletscher führen zu starker Abflussreaktion (~HQ20)



	Niederschlag
	Lufttemperatur
	Abfluss



LARSIM-Gletschermodul - Hintergrund

- Berücksichtigung der Besonderheiten im Hochgebirge bislang nur sehr stark vereinfacht (Option SCHNEE-MASSENTRANSPORT)
- WHM Drau: Gletscherflächen mit maßgeblichem Einfluss auf Hochwassergeschehen
- Zunächst einfaches Gletschermodul, das die für den Abfluss wesentlichen Prozesse abbilden soll

„so einfach wie möglich, so kompliziert wie nötig“

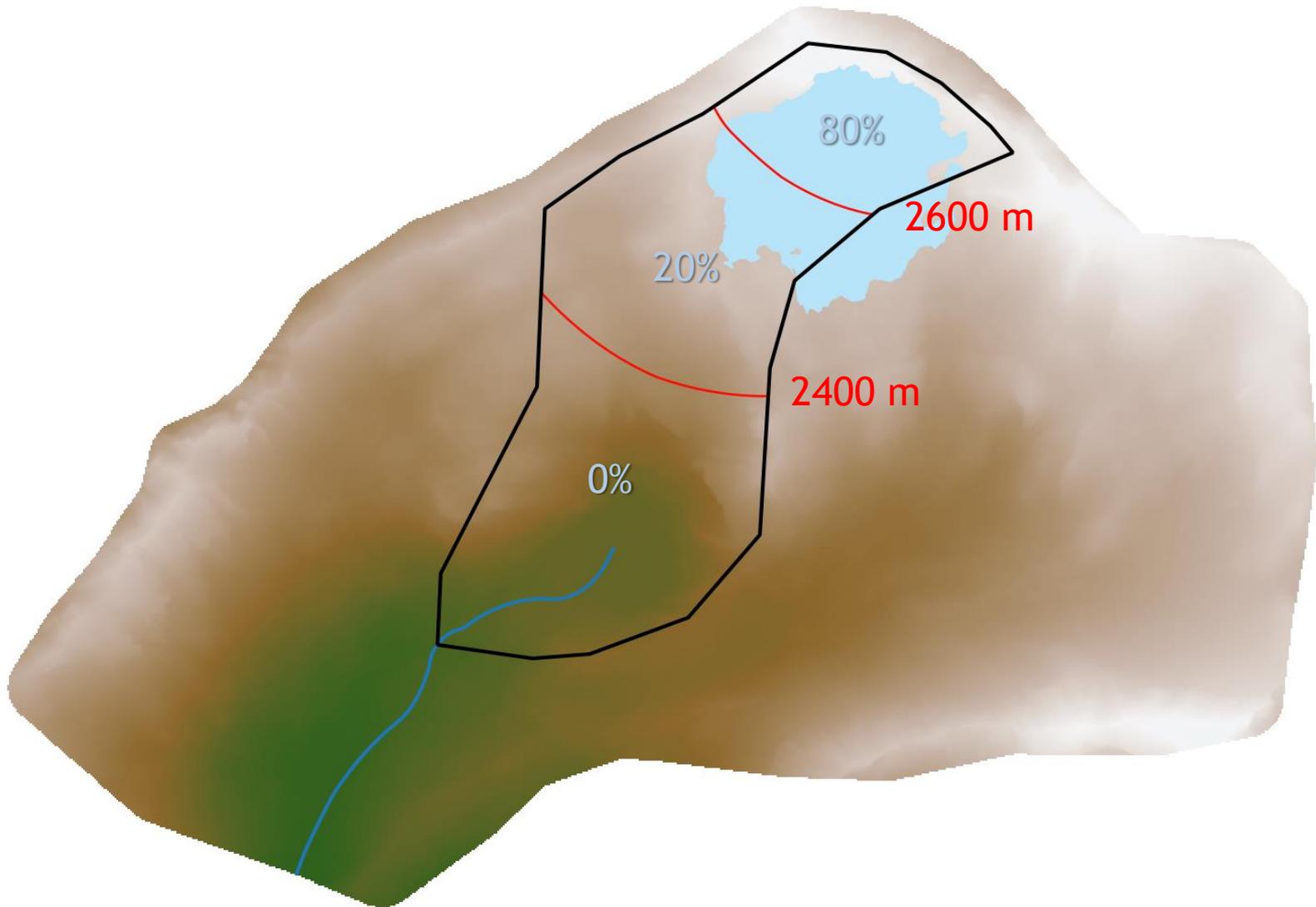
Stationärer Gletscher

- Stationärer Gletscher mit definierter, zeitlich konstanter Ausdehnung
- Langjährige Dynamik (Vorrücken, Abschmelzen) nicht für kurzfristige Abflussdynamik relevant
- LARSIM: separate Landnutzung „Gletscher“
 - Gletscherausdehnung bei Bedarf einfach zu korrigieren

* gesamtes Einzugsgebiet [qkm]		=			2.33			
* davon vergletschert [qkm]		=			2.13			
* Gerinnebildender Abfluss [cbm/s]		=			5.24			
7011611300000		1.000	0.628	3418.135	2879.395	295.012	215.499	1
701	80185	79110	0.24138	0.71	2.27	0.00	0.00	2
701	2.27	2.27	1.32	100.00	100.00	4.00	4.00	3a
701	7.58	20.00	20.00					3b
701BP	5	0	0.200	0.0	0.0	0.0	0.10	-9 -99
701BP	17	0	0.800	0.0	0.0	0.0	0.10	-9 -99

Modelltechnische Voraussetzungen

- Landnutzung „Gletscher“
- Vollständige Energiebilanz der Schneedecke
(Option SCHNEE: KNAUF, 2006)
- Höhenzonierung der Teilgebiete
(Option SCHNEE: H-ZONEN EXTERN)
- Separate Höhenzonierung der Gletscherflächen
(Datei <h-zonen-gletscher.dat>)



Schneedynamik auf Gletscherflächen

- Analog zu anderen (Freiland-)Flächen
(Akkumulation, Energiebilanz, Setzung und Schmelze)
- Besonderheit: kleiner Teil des Schnees geht in Gletschereis über
 - konstanter Anteil des Schneewasseräquivalents, z.B. 0.1%/Tag
 - gebietspezifischer Parameter f_{eis} (Tape35)

Energiebilanz auf Gletscherflächen

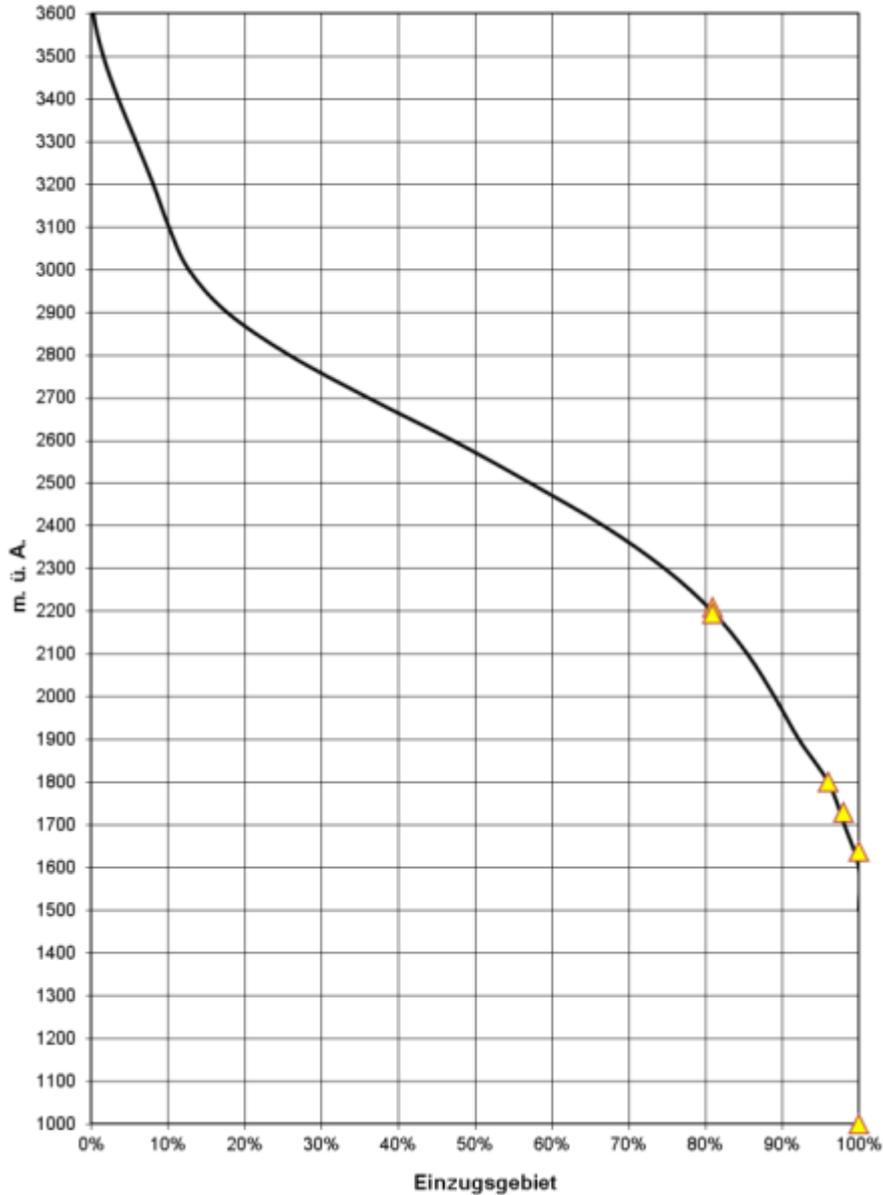
- Gletscherschmelze nur, wenn Gletscher schneefrei
- Vollständige Energiebilanz auf Gletscheroberfläche (analog zu Schneemodul, Option SCHNEE: KNAUF, 2006)
 - Absorptionsvermögen des Gletschereis für kurzwellige Strahlung (gebietsspezifischer Parameter $Abso_{eis}$)
 - Übergangskoeffizienten für turbulenten Wärmestrom über Eis (gebietsspezifische Parameter $A0_{eis}$ und $A1_{eis}$)
- Wenn Energiebilanz positiv → Eisschmelze

Abflussbildung und Abflusskonzentration auf Gletscherflächen

- Wasserdargebot = (a) Schneeschmelze oder (b) Gletscherschmelze plus ggf. Regenniederschlag
- Bodenspeichervolumen = 0 mm* → Wasserdargebot wird Gebietspeicher(n) für Direktabfluss zugeführt
 - Gletscher reagiert wie versiegelte Fläche

* nicht fix vorgegeben

Hypsographische Kurve
 Tauernbach bis Pegel Matreier Tauernhaus (60 km²)



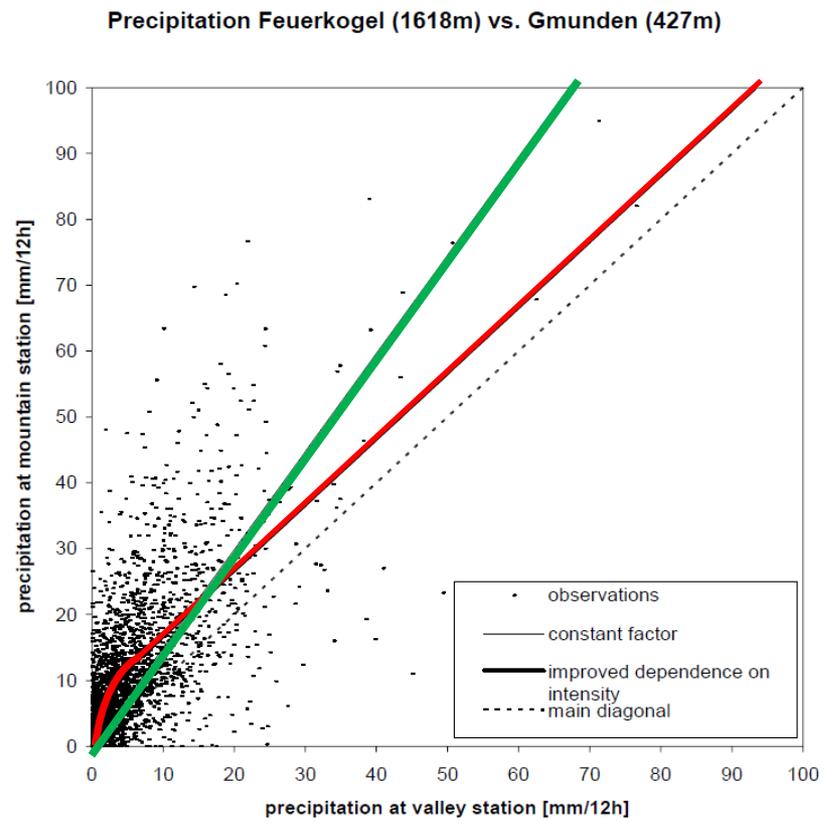
Niederschlagsinterpolation:

- Niederschlagsstationen überwiegend in Tallagen
- Zu erwartende Niederschlagszunahme mit Höhe wird mit vorhandenen Niederschlagsinterpolationsverfahren unzureichend abgebildet
- Vergleich mit vorhandenen Niederschlagsdatensätzen 3PCLIM und INCA (beide ZAMG) und bereits operationell verwendeten Niederschlagsinterpolationsverfahren mit Höhengradient
- Validierung mit Abflussbilanz

Intensitätsabhängige Niederschlagskorrektur:

- HAIDEN & PISTOTNIK:
Intensity-dependent parameterization of elevation effects in precipitation analysis (2009)

multiplikative Zunahme bei geringen Niederschlagsintensitäten
additive Zunahme bei hohen Niederschlagsintensitäten



LARSIM-Option HOEHENGRADIENT NIEDERSCHLAG

Möglichst einfaches Verfahren mit wenigen, aussagekräftigen Parametern:

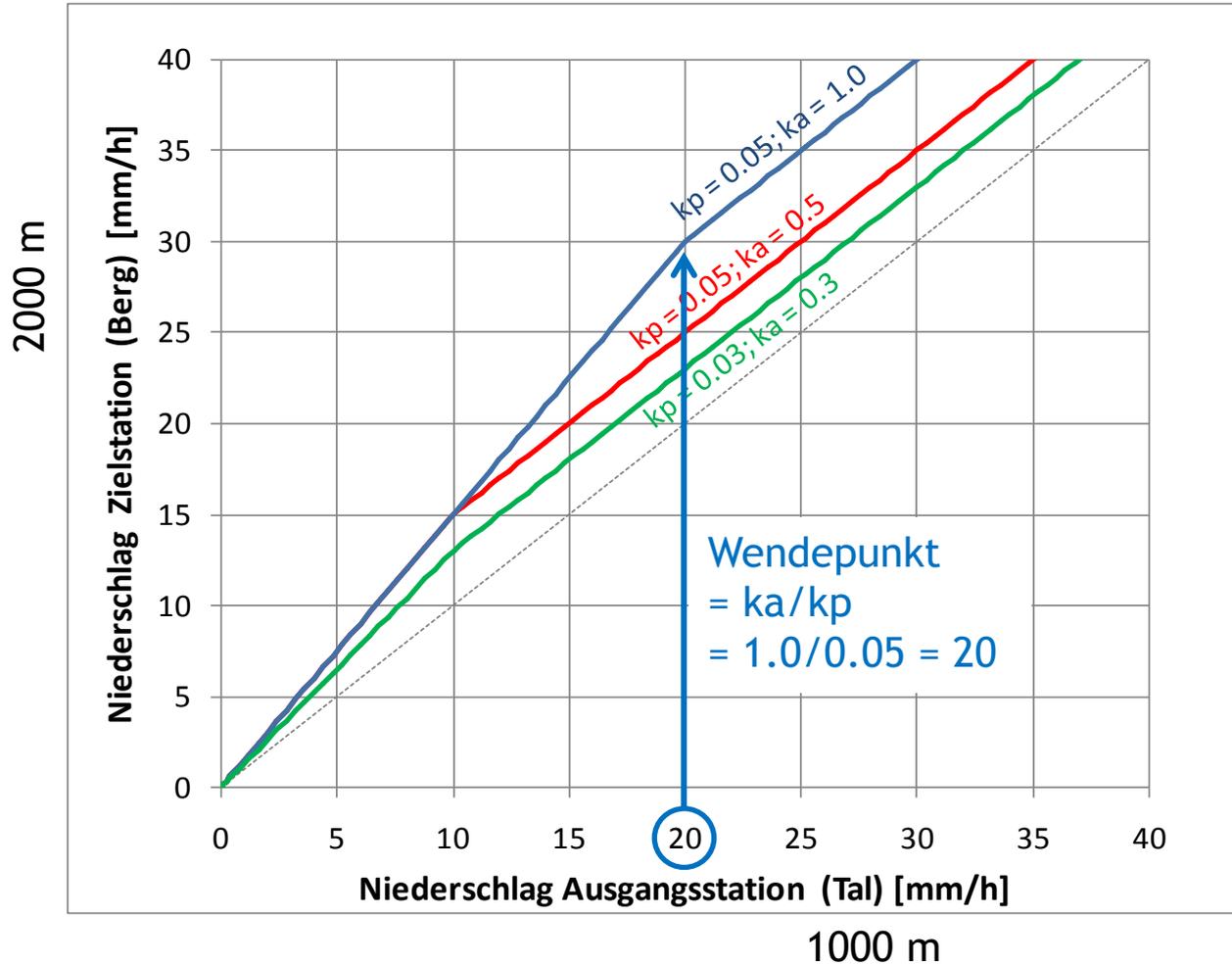
- k_p : relative (prozentuale) Zunahme des N je 100 Höhenmeter
- k_a : absolute (additive) Zunahme des N je 100 Höhenmeter

k_p und k_a werden gebietsspezifisch im Tape35 definiert (Kalibrierparameter)

Zulässige Wertebereiche:

- k_p [1/100m] zwischen 0 und 0.2
- k_a [mm/h/100m] zwischen 0 und 20

Verhältnis k_a/k_p bestimmt Übergang von relativer zu absoluter Korrektur

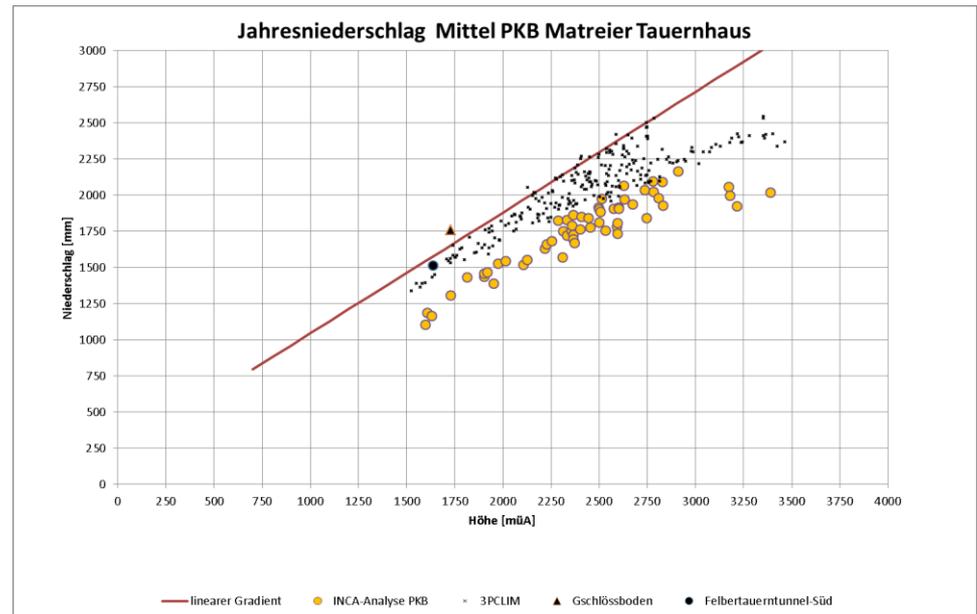


Referenzhöhe H_{ref}

- Annahme: N steigt linear mit Höhe
 - ohne fixe Bezugshöhe für N-Gradienten würden N in größerer Höhe stärker korrigiert als N in geringerer Höhe (→ nicht linear!)
 - Referenzhöhe für Korrektur erforderlich

- LARSIM: Einzelparameter H_{ref}

z.B. mittlere Höhe aller Stationen, grob gerundet



Ablauf in LARSIM

1. Umrechnung der Stationen auf Referenzhöhe H_{ref}
2. Ggf. Füllen von Lückenwerten an den einzelnen Stationen
3. Interpolation der auf H_{ref} umgerechneten Stationswerte auf die LARSIM-Teilgebiete mittels Rasterpunktverfahren
4. Interpolierte N-Ganglinie von H_{ref} auf Höhe des Teilgebiets umrechnen

	$H_{ziel} \geq H_{start}$	$H_{ziel} < H_{start}$
Referenzhöhe ist <u>Zielstation</u>	$N_{ziel} = MIN \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_{start}}{\left(1 + kp \cdot \frac{H_{start} - H_{ziel}}{100}\right)} \\ N_{start} - ka \cdot \frac{H_{start} - H_{ziel}}{100} \end{array} \right.$	$N_{ziel} = MAX \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_{start}}{\left(1 + kp \cdot \frac{H_{start} - H_{ziel}}{100}\right)} \\ N_{start} - ka \cdot \frac{H_{start} - H_{ziel}}{100} \end{array} \right.$
Referenzhöhe ist <u>Startstation</u>	$N_{ziel} = MIN \left\{ \begin{array}{l} N_{start} \cdot \left(1 + kp \cdot \frac{H_{ziel} - H_{start}}{100}\right) \\ N_{start} + ka \cdot \frac{H_{ziel} - H_{start}}{100} \end{array} \right.$	$N_{ziel} = MAX \left\{ \begin{array}{l} N_{start} \cdot \left(1 + kp \cdot \frac{H_{ziel} - H_{start}}{100}\right) \\ N_{start} + ka \cdot \frac{H_{ziel} - H_{start}}{100} \end{array} \right.$