Ansätze der Einbindung von empirischen Positionen d. Systems Rotor-Welle, von Wellenvorhersagen u. statistisch gefilterten Wellenaufwindbändern in einem Geographischen Informationssystem (GIS)

MWP *– Auswertung*

René Heise - Hannover 2009

Geographisches InformationsSystem (GIS)

- dient der Erfassung, dem Betrachten und Bearbeiten von räumlichen Daten
- erlaubt effizienten Zugriff auf räumlich verteilte globale Geodaten
- neue Internetentw. ermöglichen neben d. Zugriff auf statische GIS-Anwendungen (Raster- und Vektorkarten), den Zugriff auf interaktive (Map-Server) bzw. dynamische (Java/ActiveX) GIS-Technologien
- Anwendungen – von einfachen Auskunftssystemen im Internet bis zu komplexen raumbezogenen Spezialanwendungen im Simulationsbereich

Geographisches InformationsSystem (GIS)

MWP- Forschungsziele:

- globale Erfassung von empirischen Standorten des Systems Rotor-Welle
- Turbulenzklassifikation von Wellen und Rotoren
- hochauflösende Messungen atmosphären-physikal. Parameter
- Verifikation von numerischen Wettervorhersage-modellen bzw. Wellenvorhersagesystemen

Geographisches InformationsSystem (GIS)

Dank der Unterstützung von ESRI wird mit dem MWP aktuell ein Tool entwickelt, der über verschiedene GIS- Fähigkeiten verfügt.

- Standardisierung der Darstellung von Mountain Waves und Visualisierung der Positionen via ArcReader. Online –Nutzung der Geodaten via MS Virtual Earth

- Turbulenzklassifikation von Wellen und Rotoren

- 3-D Darstellung des Flugweges bzw. atmosphären-physikal. Parameter (Bsp. V_z , T und Wind)

- Verifikation von numerischen Wettervorhersage-modellen bzw. Wellenvorhersagesystemen

Geographisches InformationsSystem (GIS)

- Einbindung von statistischen Auswertungen, hier:
  Einbindung von gefilterten Wellenaufwind-bändern aus IGC-Files nach dem Auswerte-verfahren Ultsch/Heise

⇒ Das GIS-Tool bietet nun eine ***georeferenzierte*** optionale Darstellung:

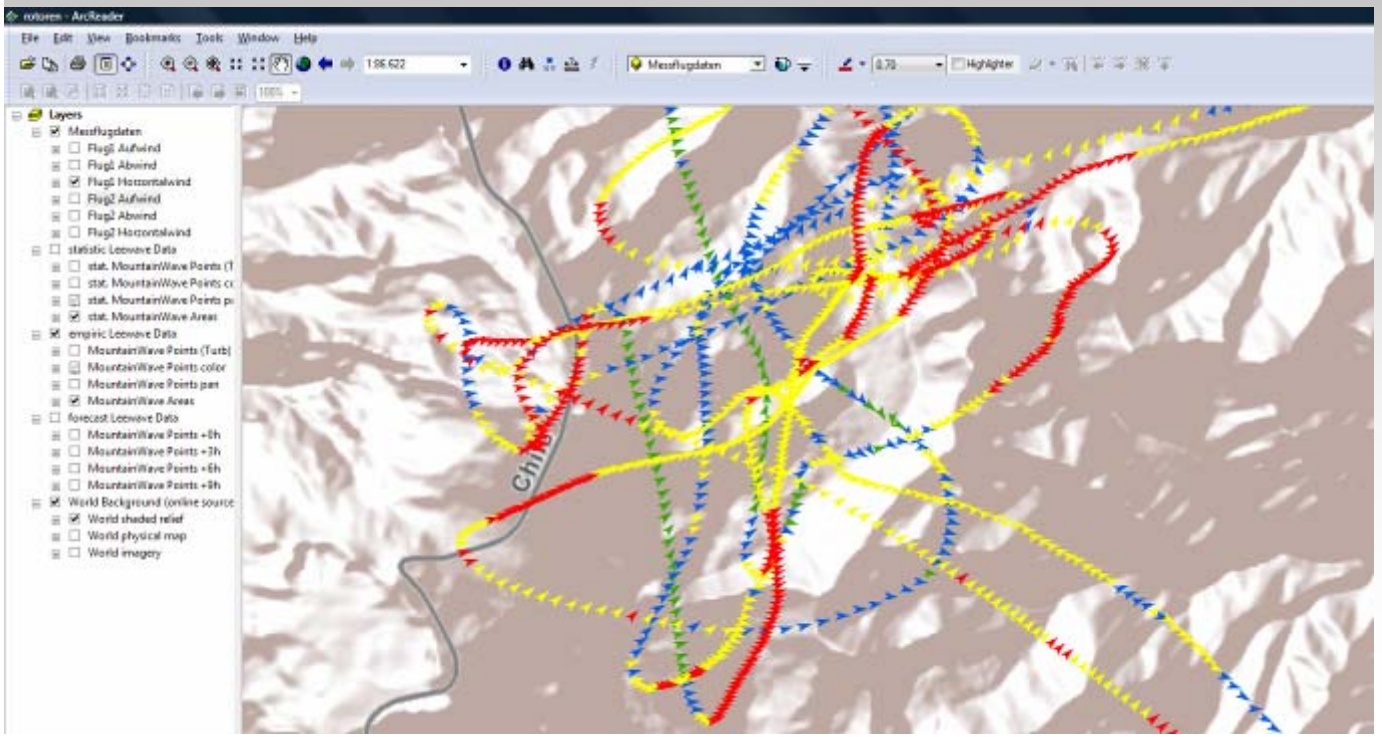
- d. numerischen Wellenvorhersage
- d. empirischen Position der Welle
- einer statistischen Auswertung (IGC-Flüge)
- von hochdynamischen meteorolog. Parametern (aktuelle Satellitenbilder /Windbeobachtungen)
- von Messflügen (Track, Parameterdarstellung)

… und ermöglicht eine komplexe Auswertung!

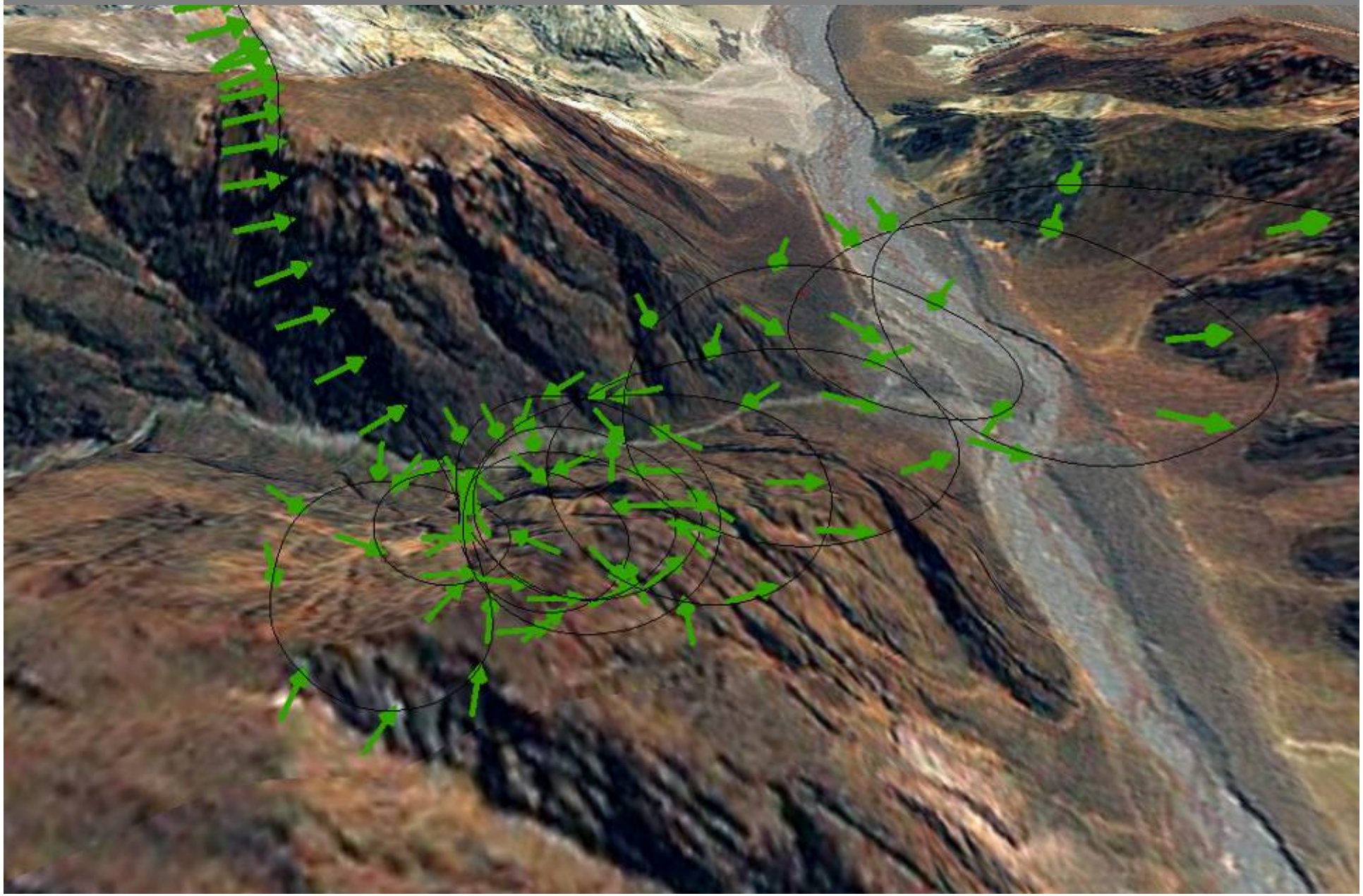
Geographisches InformationsSystem (GIS)

- Einlesen und Darstellung von hochauflösenden Messflügen (z.B. V_z, T, Wind, Turbulenz; mind.10 Hz)

Rsec	Rsec0	Rmin0	Rhr0	Rlon	Ralt	Rlat	turbAC	turbAIR	wairLB	theta	ddLB	ffLB	uairLB	vairLB
taMLrec	tdML	terrain	Rpch	Rrll	Rtrk	Rgs	Rw	tasLB						
394425.58000	0.00000	0.00000	0.00000	-68.93490	2068.60044	-32.70385	0.44937	0.90778	-1.73520	28.23784	355.16780			
2.76163	0.23263	-2.75181	8.50645	1.05244	1130.92002	7.58233	2.91778	332.29956	49.12085	4.73678	51.89057			
394426.08000	0.50000	0.00833	0.00014	-68.93502	2071.09933	-32.70366	0.44481	0.79329	-0.99783	28.23106	359.84046			
2.37888	0.00662	-2.37887	8.47613	1.16880	1131.92337	7.30511	2.89878	332.54216	48.90114	5.13367	51.23301			
394426.58000	1.00000	0.01667	0.00028	-68.93514	2073.62356	-32.70346	0.45265	0.59171	-1.53921	28.15876	3.23546			
2.11273	-0.11924	-2.10936	8.38461	1.21737	1132.98378	7.15844	3.15067	332.75599	48.72685	4.94111	50.79151....			



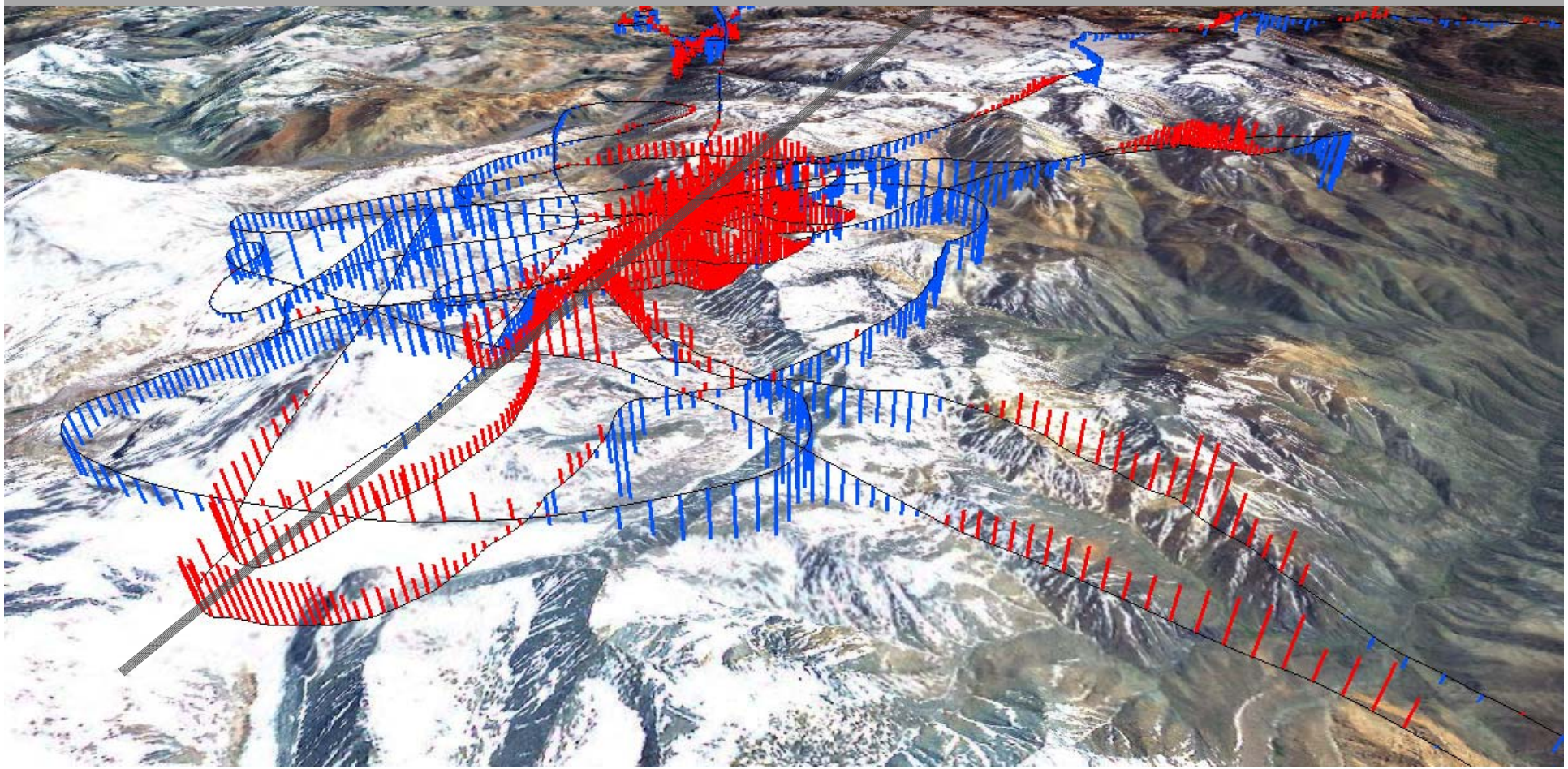
Beispiel Windmessung SW von Uspallata (ARG)



Geographisches InformationsSystem (GIS)

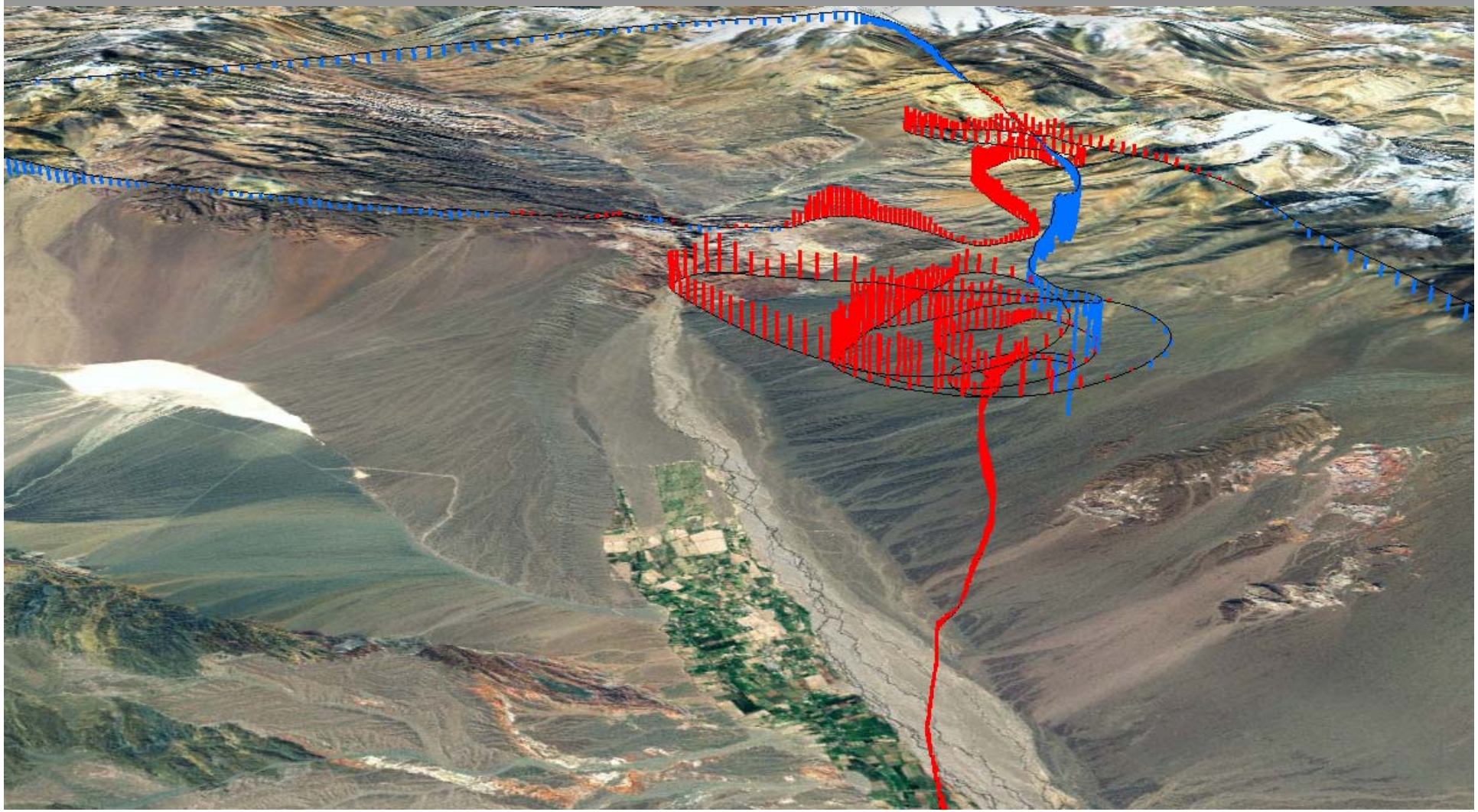
Beispiel: MWP- Messflug ACONCAGUA Region (ARG) – V_z Darstellung

Welle



Geographisches InformationsSystem (GIS)

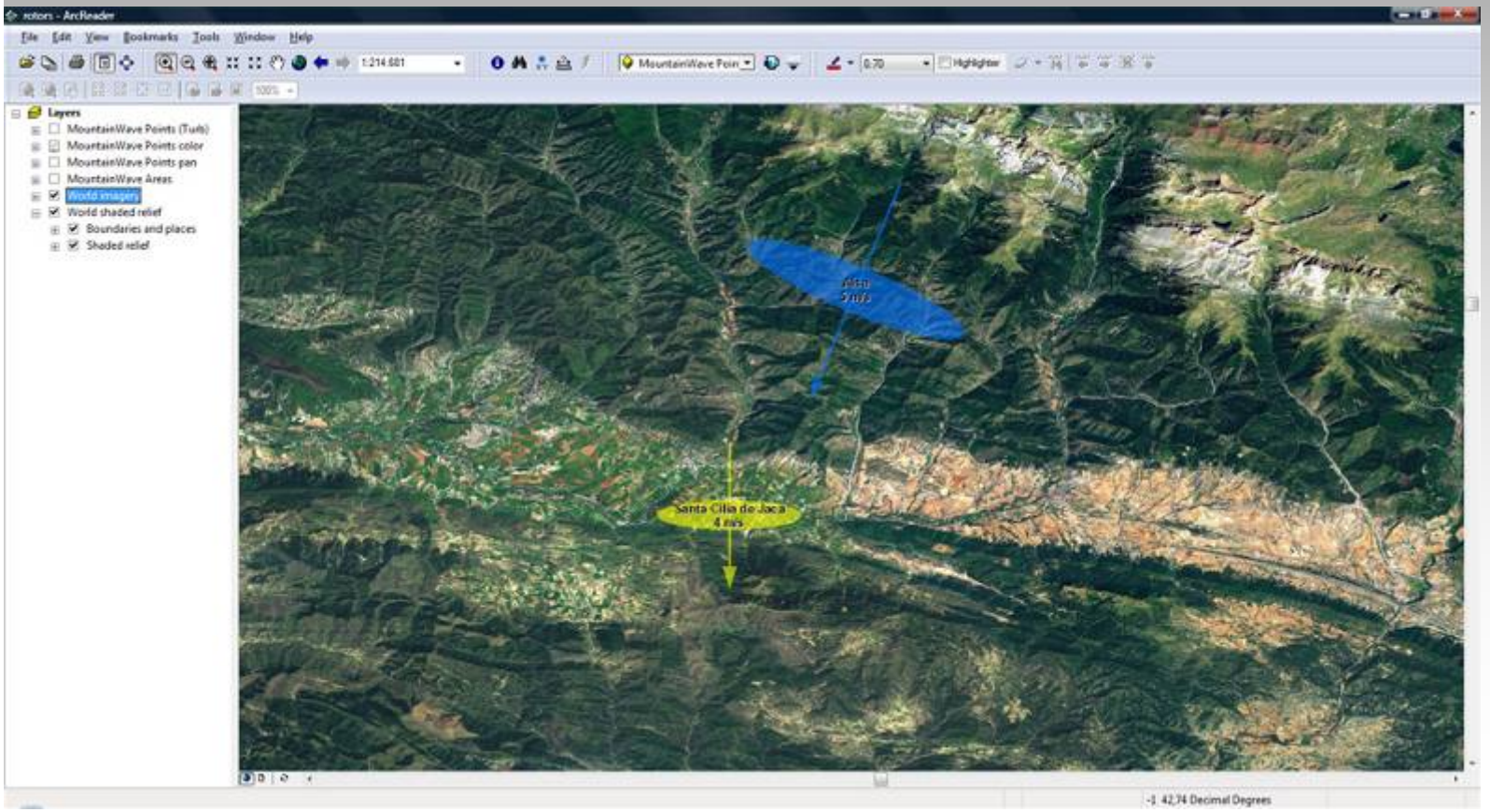
Beispiel: MWP- Messflug bis 12.500m
ACONCAGUA Region (ARG) – V_z Darstellung



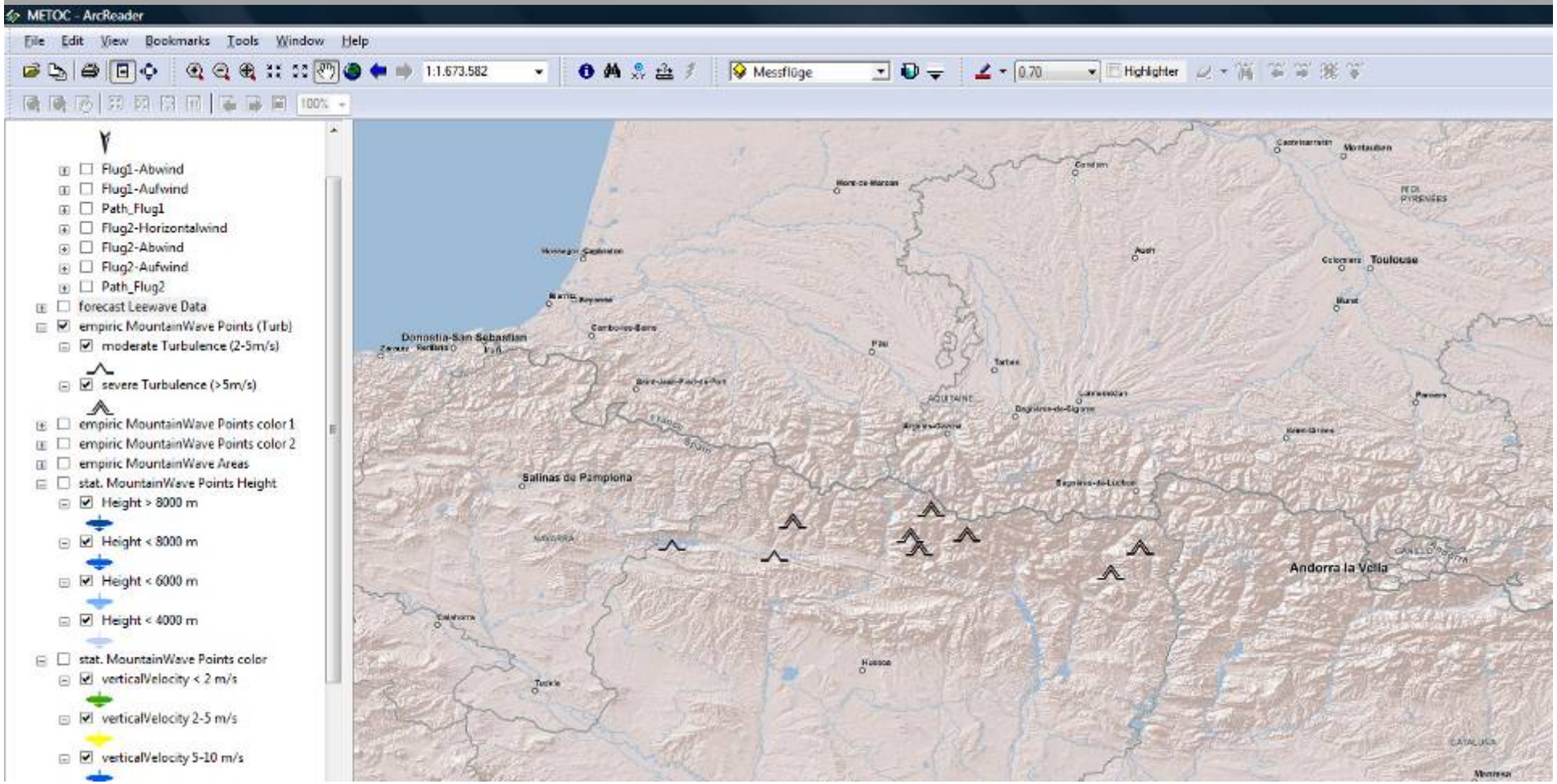
Geographisches InformationsSystem (GIS)

- Darstellung empirischer Positionen (global ~ 100) mit Attributen (Synopt. Situation, V_z, Turbulenz-hinweisen, durchschnittl. Rotorhöhe u. Quellenang.)

Beispiel: Standort Rotor –Welle in der Local Area von JACA (ESP)



Beispiel allg. Turbulenzübersicht für d. Luftfahrt

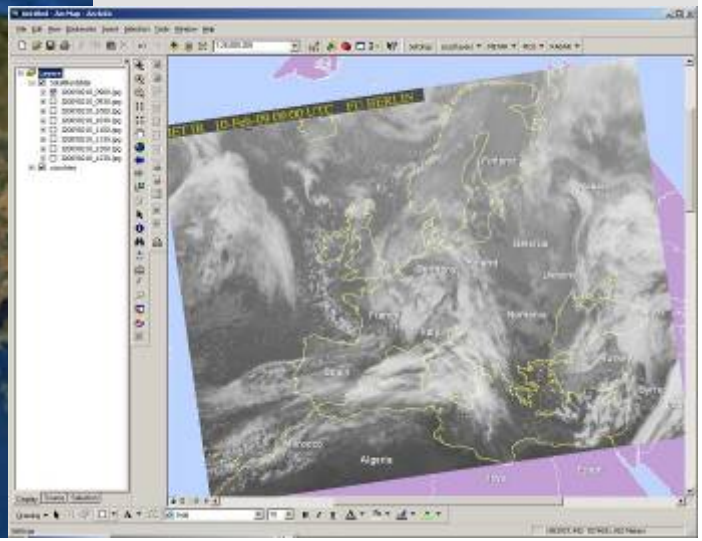


Motivation

- globale Wellenübersicht mit Turbulenzklassifikation
- Local Area Einweisung für unerfahrene Wellenflug-piloten
- Flugsicherheitshinweise für die Allg. Luftfahrt
- Auswertung von Wellenflügen in Kombination mit meteorolog. Parametern (Wind, Wellenvhs.)+ Satbildern

Beispiel:

3-D Darstellung von Wellen in Griechenland



MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Motivation: Erstellung einer vereinfachten Wellenklimatologie der Anden

Ziel: Herausfiltern des thermischen und des dynamischen Aufwindanteils aus IGC-Logs

Messflüge in Gravitationswellen über den Anden sind nur zeitlich und lokal begrenzt vorhanden.

(*MWP führte 2006 erste wiss. Turbulenzmessungen in den Anden durch*)

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Ansatz: Auswertung von ~ 100 MWP- Flügen (1999-2009) im Lee der Anden (Region San Juan – Feuerland, 2500km) um Wellenaufwindstrukturen aus den IGC-Files zu filtern.

IGC-Logger: GPS – Datenlogger zur Aufzeichnung von Uhrzeit, Geographischer Länge/Breite (WGS-84), GPS-Höhe u. Druckhöhe in einem Datenformat der International Gliding Commission (IGC;1995) mit einer zeitl. Auflösung von 1-60 s.

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Fehlerbetrachtung IGC- Datenlogger
(*Bezug Diplomarbeit Forstner*)

- GPS - Positionsungenauigkeit liegt bei 0,25 Winkel-sekunden, das entspricht etwa 10 m. Das Signal wird jedoch künstl. auf 100m verrauscht. Die GPS-Höhenmessung ist zu ungenau.

- Genauigkeit der Druckmessung mit der Drucksonde liegt mit einem absoluten Fehler bei $\pm$ *0,1 hPa*.

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Bestimmung d. Vertikalgeschwindigkeit V_z aus IGC- Files

- im Vergleich zu hochauflösenden Flugzeugmessungen soll V_z aus IGC-Files mit Hilfe eines statist. Auswerteverfahrens in hinreichender Genauigkeit bestimmt werden.

- bei Messungen benötigt man für die Bestimmung von V_z die reale Fluglage und die „Luftwinkel" (Anströmwinkel etc.) mit Zehntelgrad-Genauigkeit.

  Dabei ist eine Zeitauflösung von mindestens 10Hz notwendig

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Bestimmung d. Vertikalgeschwindigkeit V_z aus IGC- Files
Erster Ansatz für Flüge über den Anden:

- Betrachtung nur von Flugstrecken über 3000m MSL
- der Track muss mind. eine Länge von 2km mit konstantem Steigen aufweisen bzw.
- es werden nur positive V_z- Werte mit Steigwerten von mind. 90 s Dauer betrachtet, um vertikale Beschleunigungseffekte durch Flugmanöver (Knüppelthermik) rauszufiltern.
- Kategorieeinteilungen V_z 0- 2, >2 bis 5, >5 bis 10, >10 m/s

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

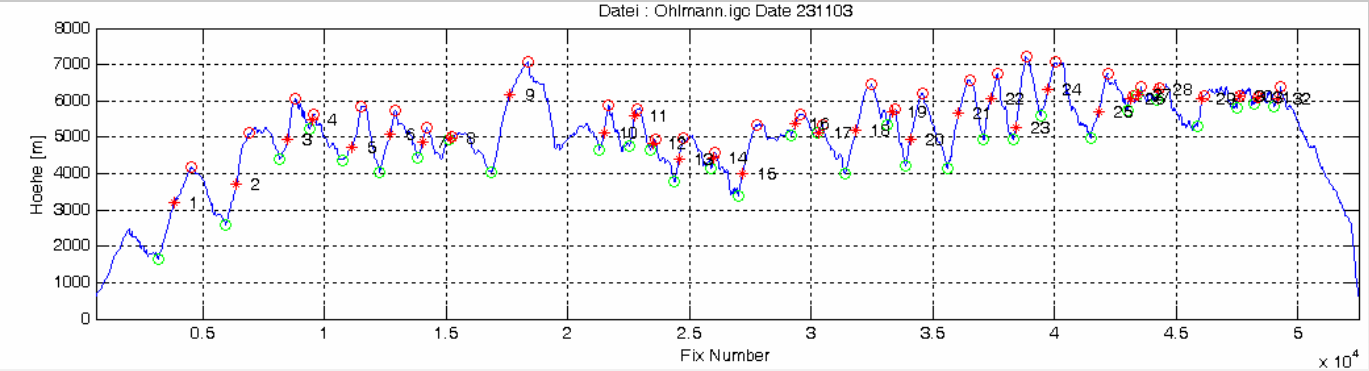
Statische Untersuchungen v. **Prof. Ultsch** (Datenbionik, Uni Marburg) favorisieren nun folg. Ansätze:

- Auffinden von Climbs
- Berechnung der im Climb zurückgelegten Distanz
- Bestimmung von Grenzen für die Unterscheidung zwischen Wellen und Thermik
- Klassifikation der Steigwerte
- Ermittlung der Häufigkeiten

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

- **Auffinden von Climbs**

Mit einem Programm werden in den IGC Dateien Climbs-Zeiten in denen Höhe (Thermik/Welle/Hang) gewonnen wird, identifiziert.



IGC-File mit 32 Climbs

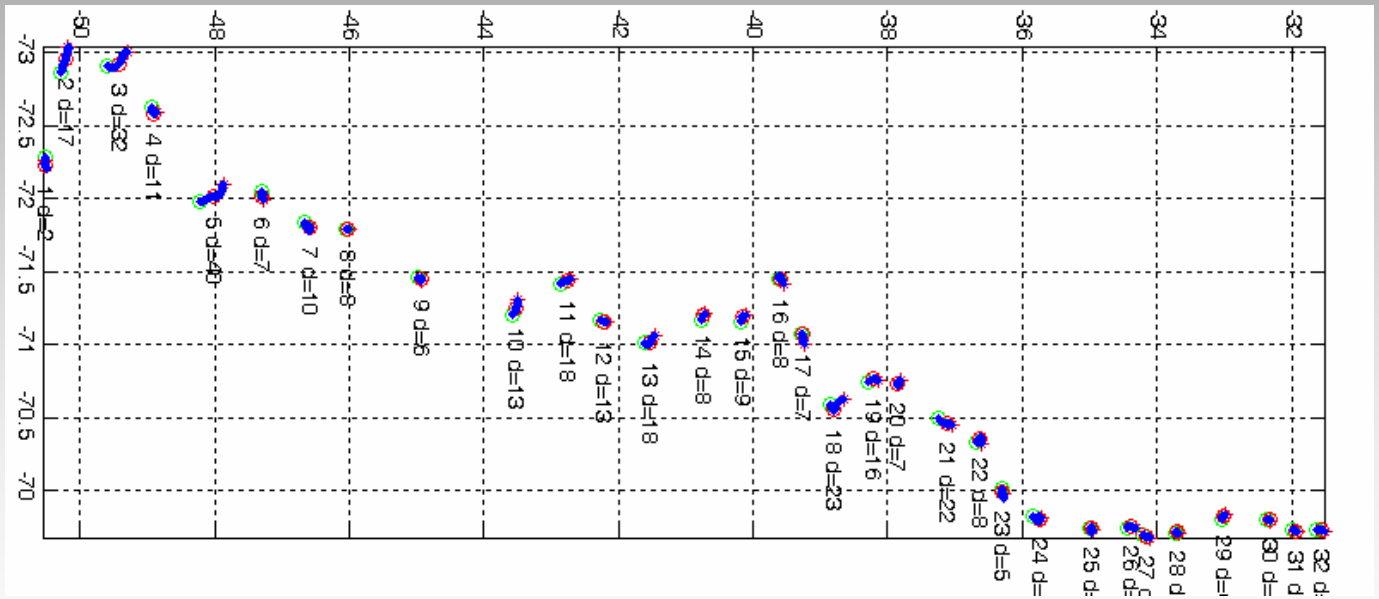
Climb-Fusspunkte (grüner Kreis)
Climb-Top-Punkte (roter Kreis)
sowie Mittelpunkte

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

- **Berechnung der im Climb zurückgelegten Distanz**

Die in einem Climb zurückgelegte Distanz d wird als Distanz der auf den Boden projizierten (h=0) Climb-Fusspunkte zu den Climb Toppunkten gemessen.

Süden



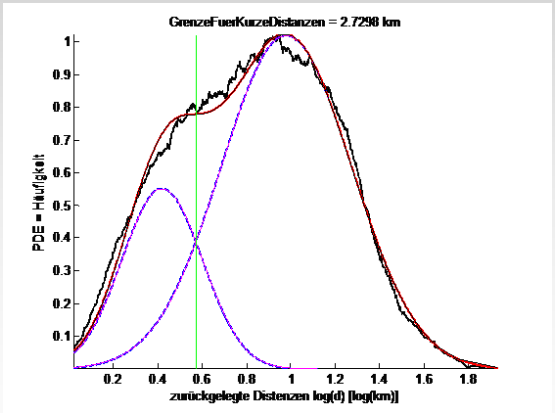
Norden

Osten

Zum Beispiel hat d. Climb 10 eine zurückgelegte Distanz d = 13 km.

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

- **Bestimmung von Grenzen für die Unterscheidung zwischen Wellen und Thermik**
  Die Unterscheidung wird an Hand von der im climb zurückgelegten Distanz d und der Höhe der Fusspunkte getroffen. Um eine Entscheidungsgrenze für d zu errechnen wird die Verteilung der d mittels einer Gauss-Mixtur modelliert.Als Entscheidungsgrenze wird dann die Bayes Entscheidungsgrenze heran-gezogen.

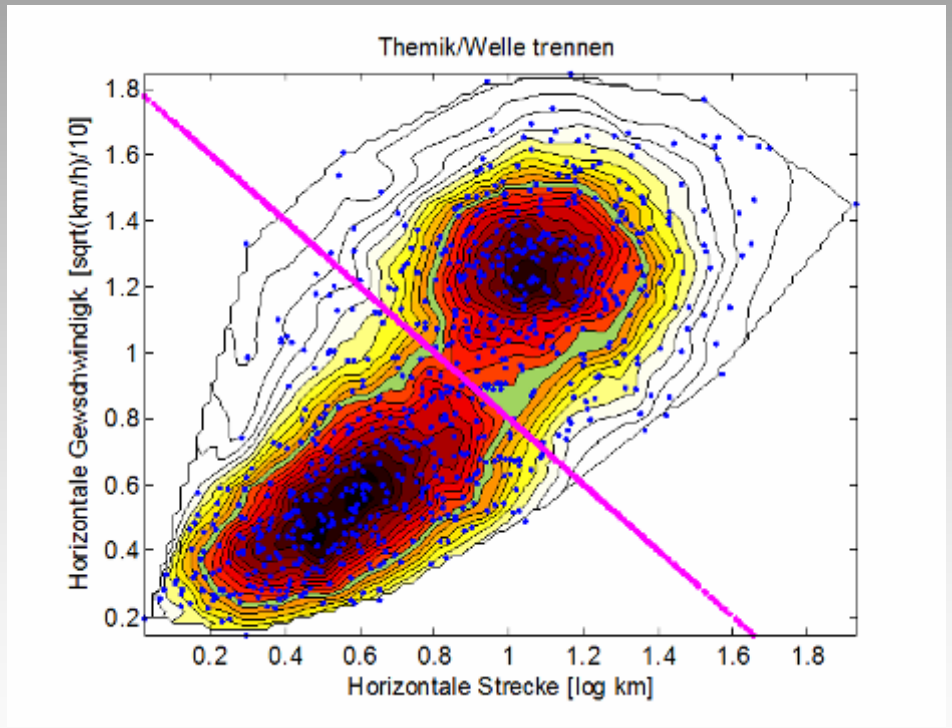


Die Entscheidungsgrenze für d liegt bei ca. 2.8 km liegt.

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

- **Bestimmung von Grenzen für die Unterscheidung zwischen Wellen und Thermik**

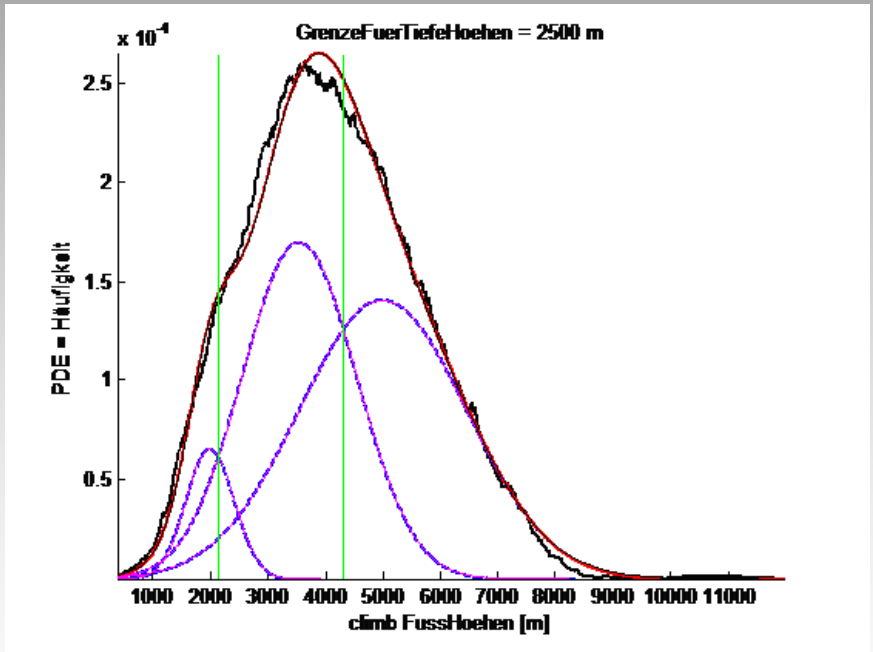
…beinhaltet Suche nach plausiblen Trennfunktionen!



MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Entscheidungsgrenze für Fusshöhen von climbs

Gleiches Verfahren Expectation Maximization (EM) auf den Fusshöhen der climbs



Die Entscheidungsgrenze für die climb Fusshöhen liegt bei ca. 2500 m.

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

Klassifikation von Steigwerten

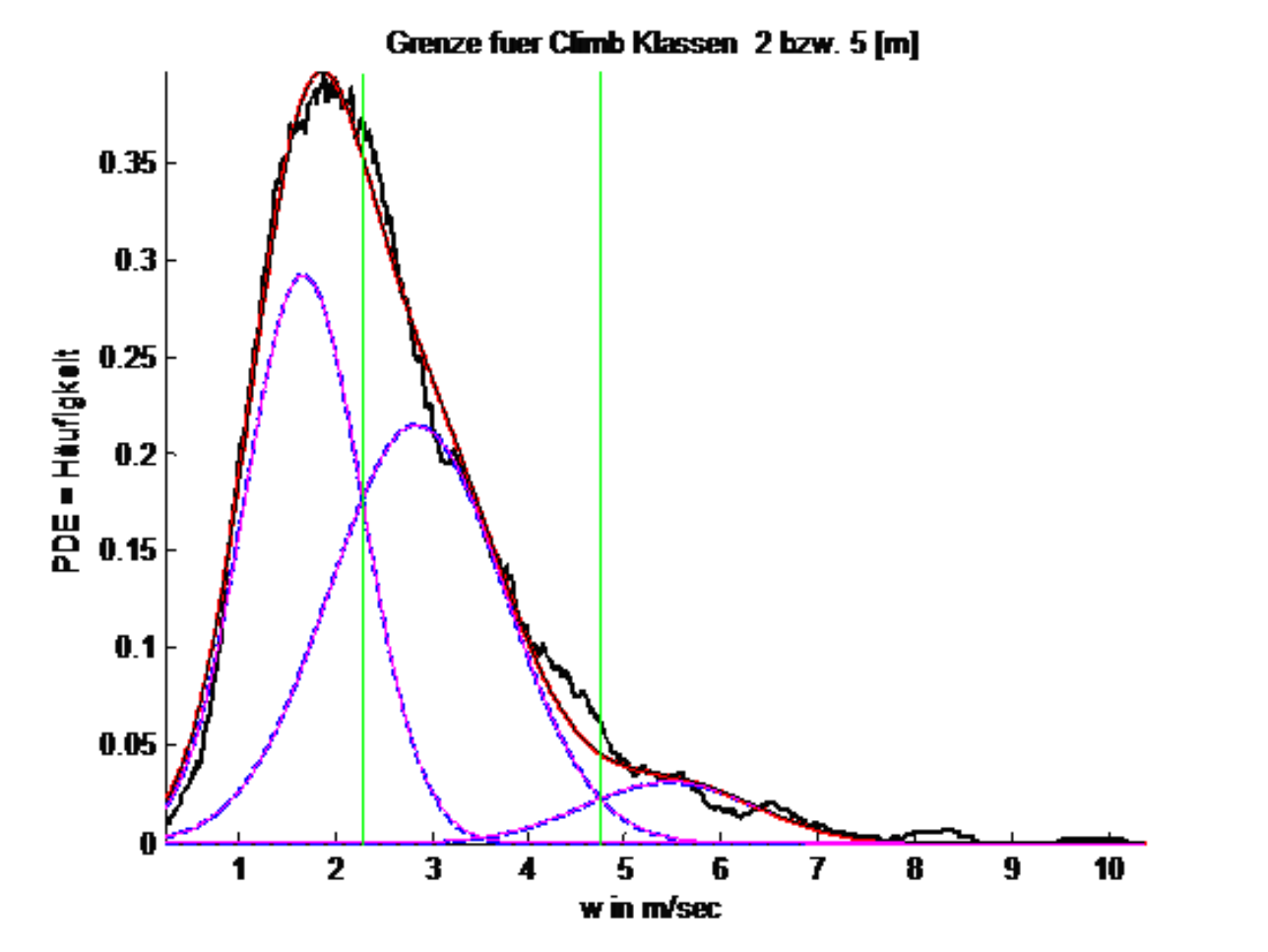
Aus allen IGC Dateien werden jetzt die Fixes heraus-gesucht die in einem climb liegen

- *dessen Fusshöhe > 2500 m,*
- *dessen zurückgelegte Distanz > 2.8 km ist.*

Derartige Fixes werden als Punkte betrachtet an denen eine Welle angetroffen und genutzt wurde.

Als mittlere Steigwerte der Welle wird die über den gesamten climb gemittelte Vertikalgeschwindigkeit w definiert. Gleiches Verfahren Expectation Maximization (EM) auf den Fusshöhen der climbs

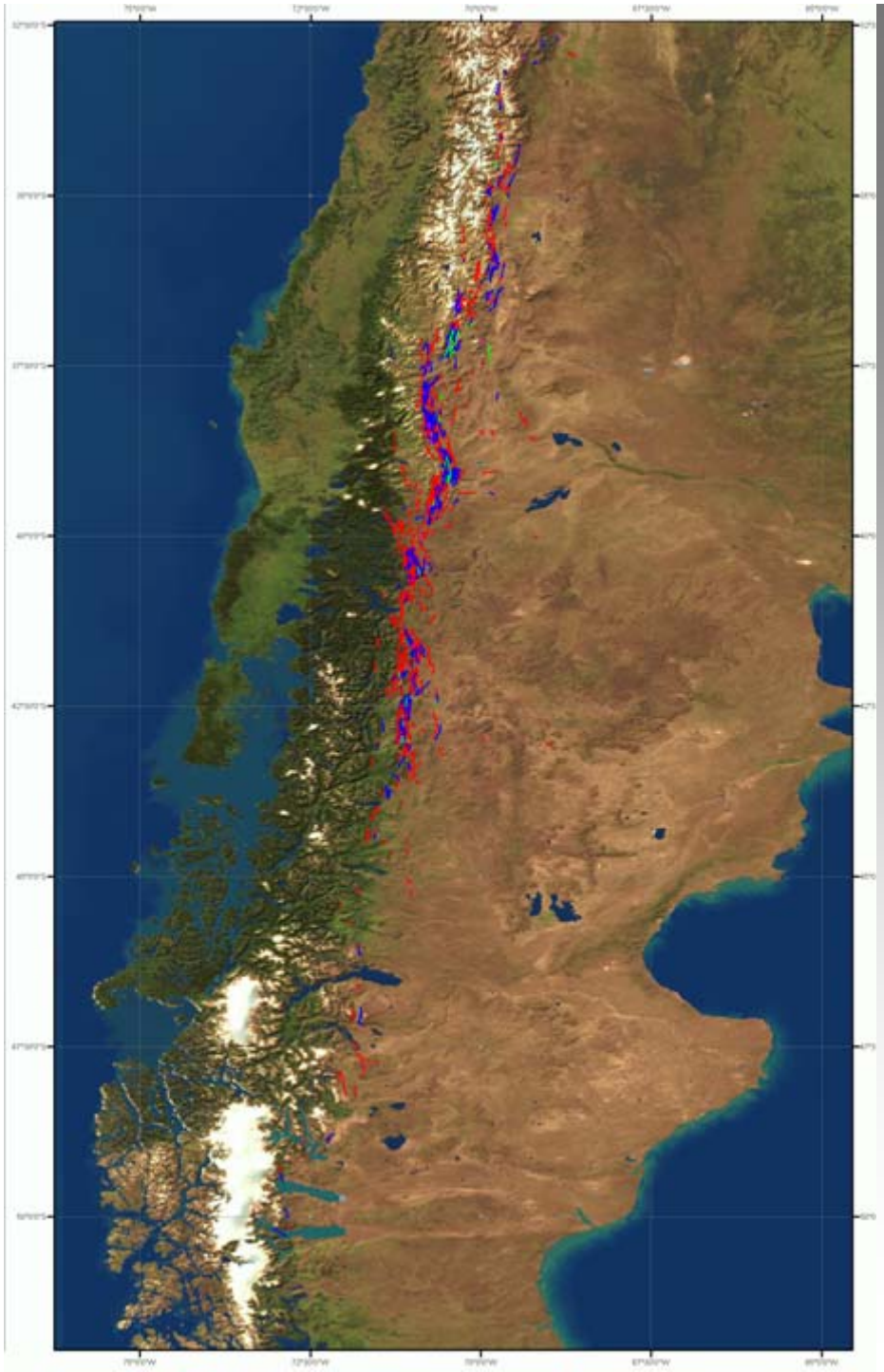
MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)



Als Grenzen für climb Klassen können daher gelten:
2.0, 5.0 und 7.5 m/s

MWP IGC - Auswerteverfahren (Ultsch / Heise)

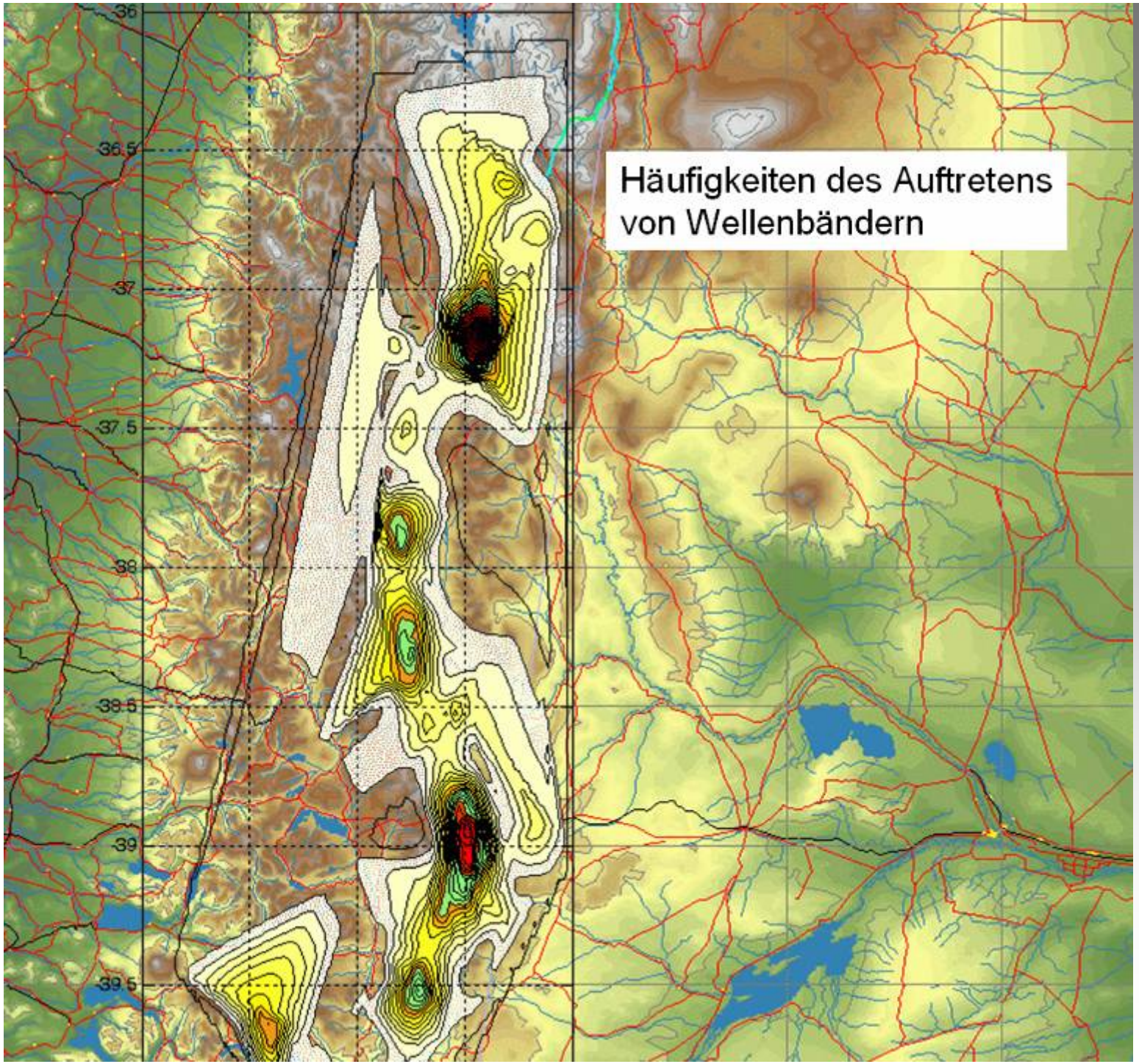
- Erste Darstellungsbeispiele für die Andenregion -



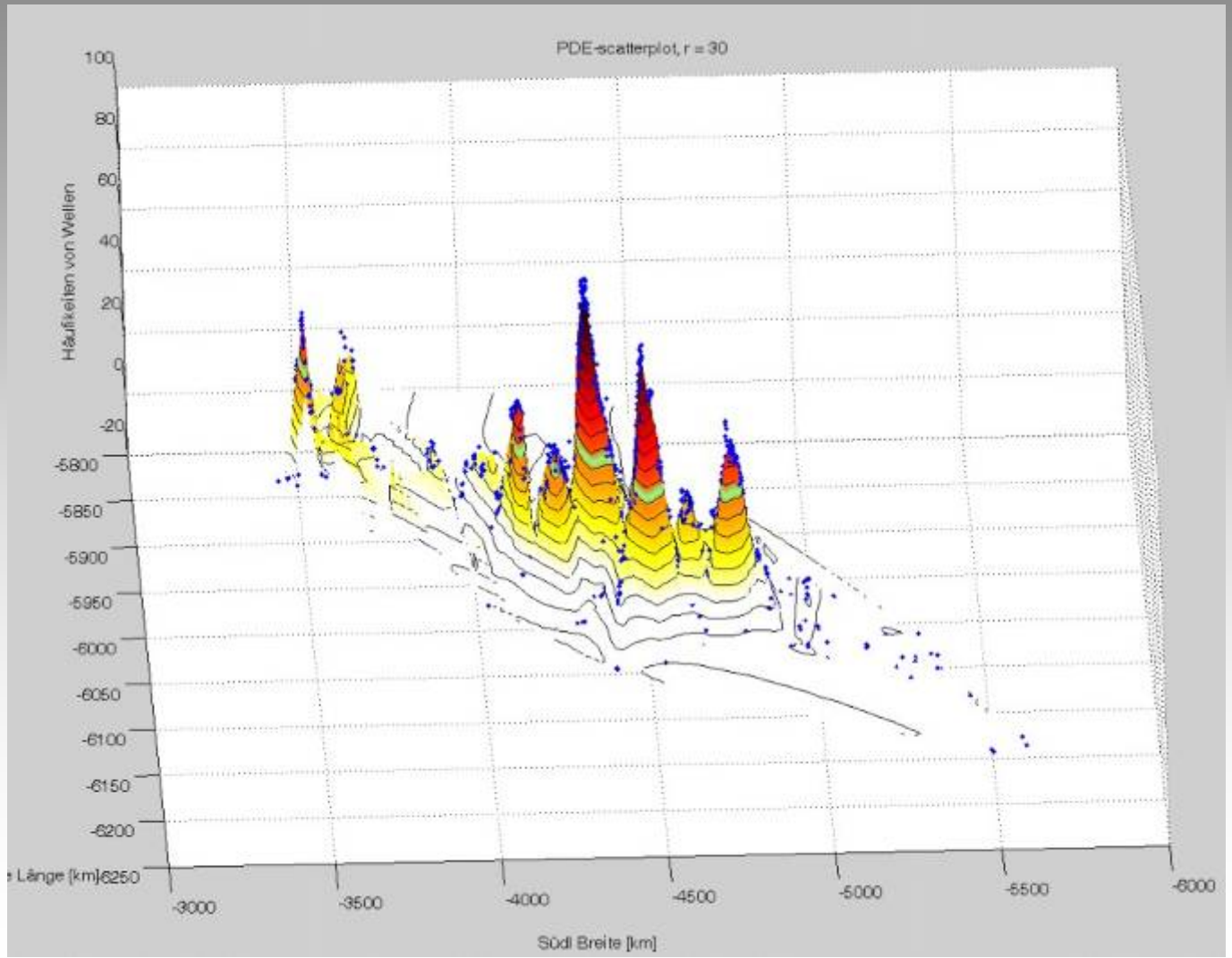
Wellenklimatologie – Anden

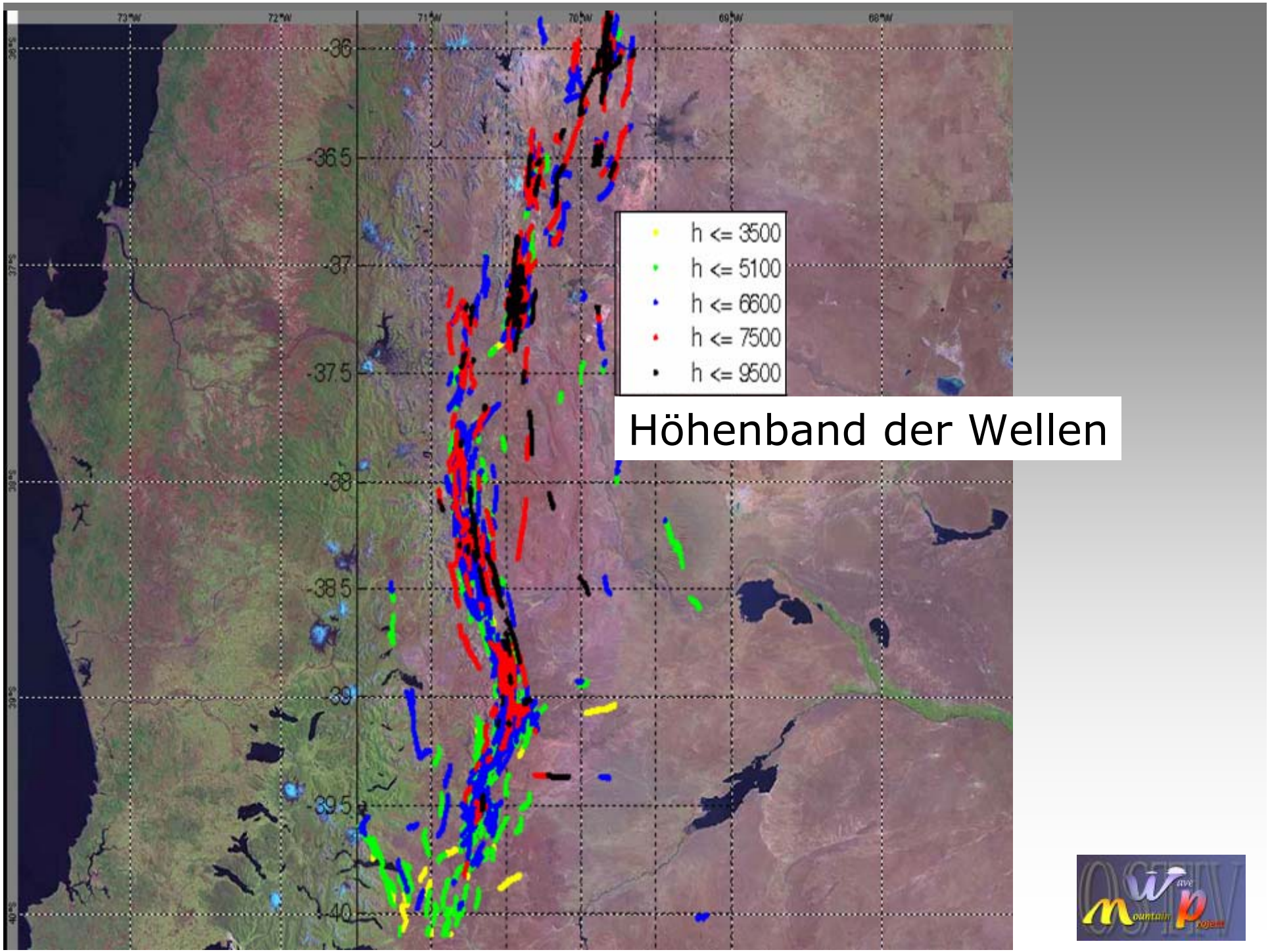
Vertikalgeschwindigkeiten

w ≤ 2.5 ms-1
w ≤ 4.5 ms-1
w ≤ 5.5 ms-1
w > 5.5 ms-1

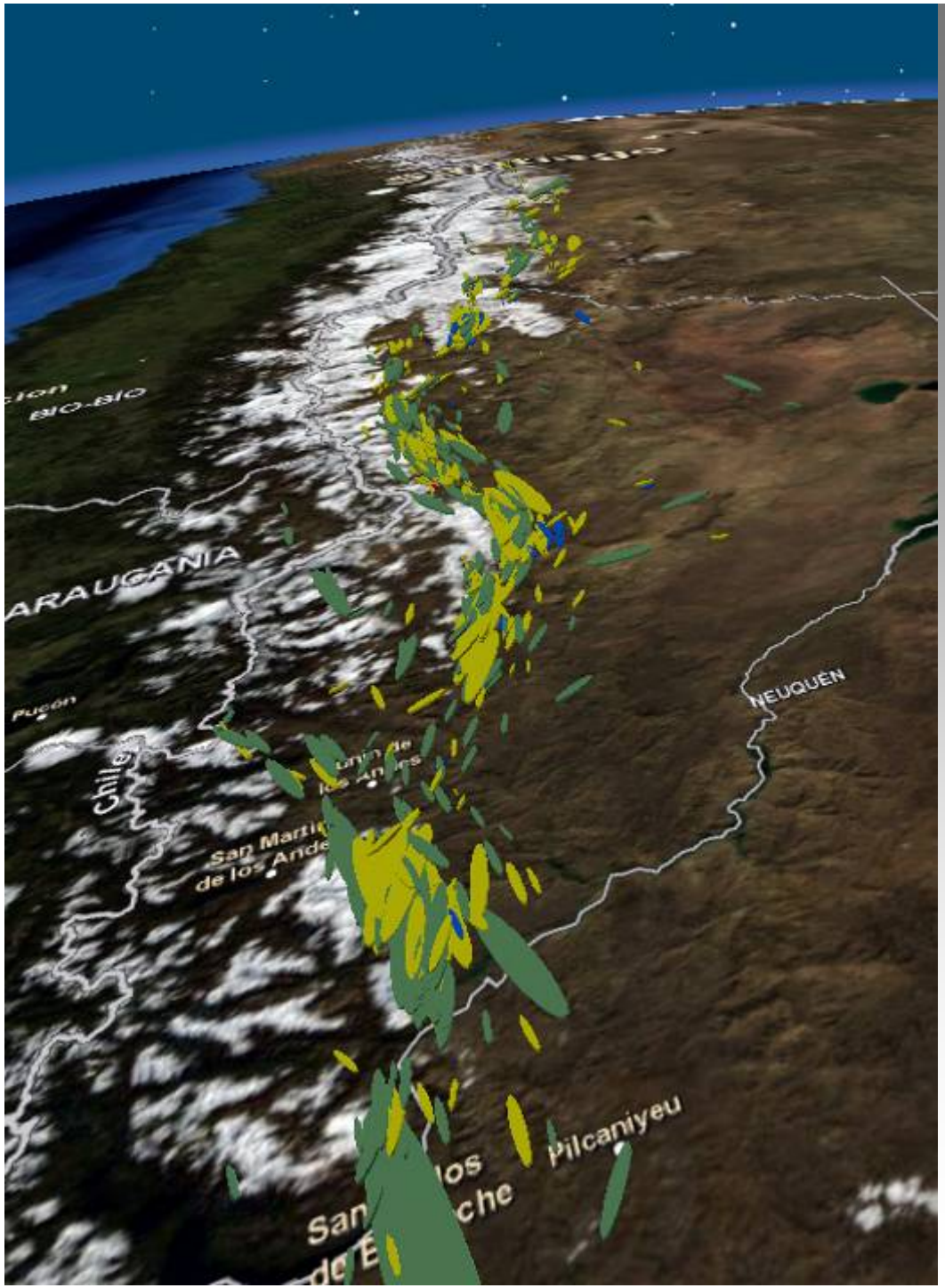

Häufigkeiten des Auftretens
von Wellenbändern
36
36.5
37
37.5
38
38.5
39
39.5

Lokale Häufigkeit





Höhenband der Wellen

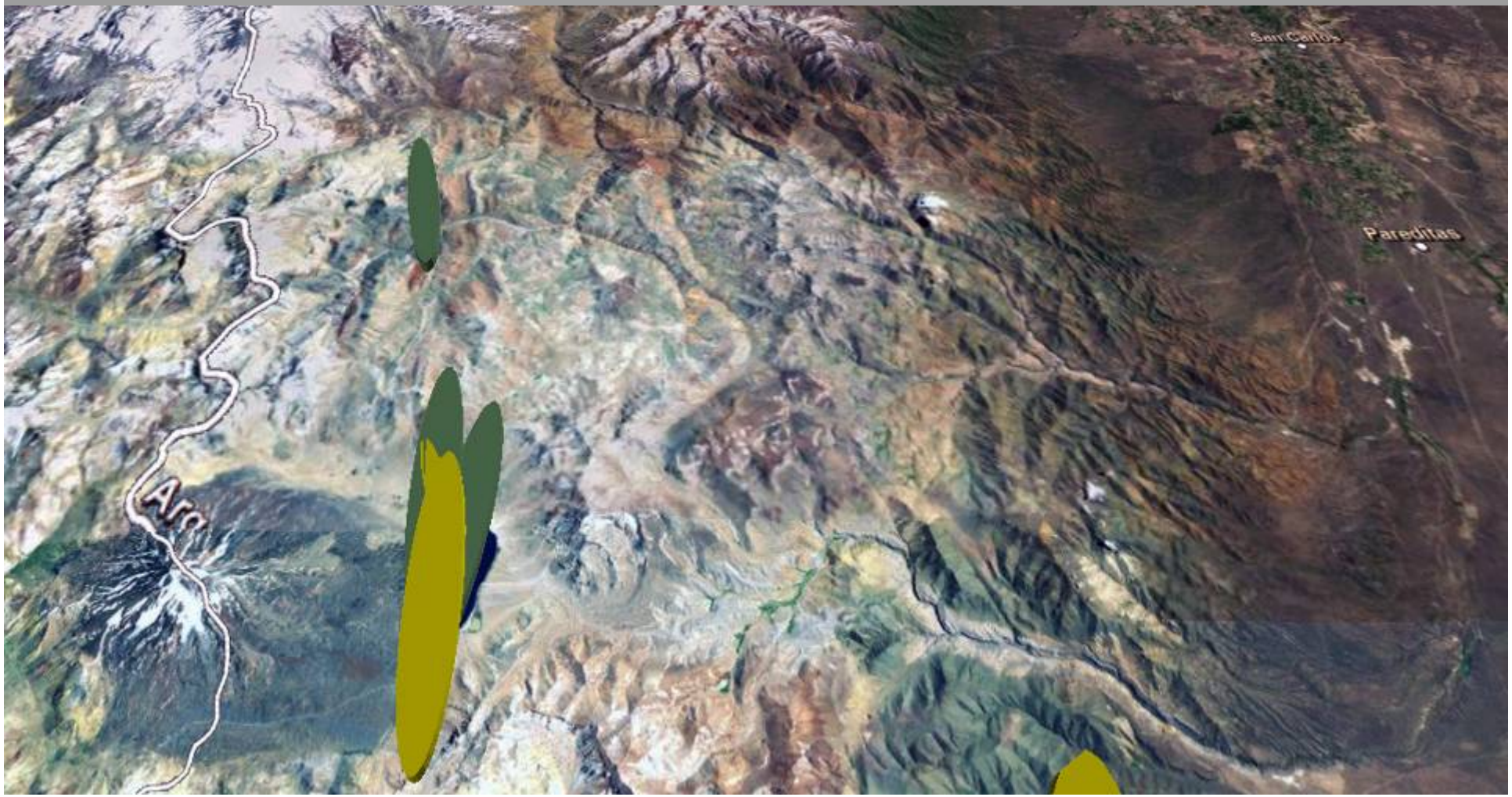


Darstellung via GIS

Vertikalgeschwindigkeiten

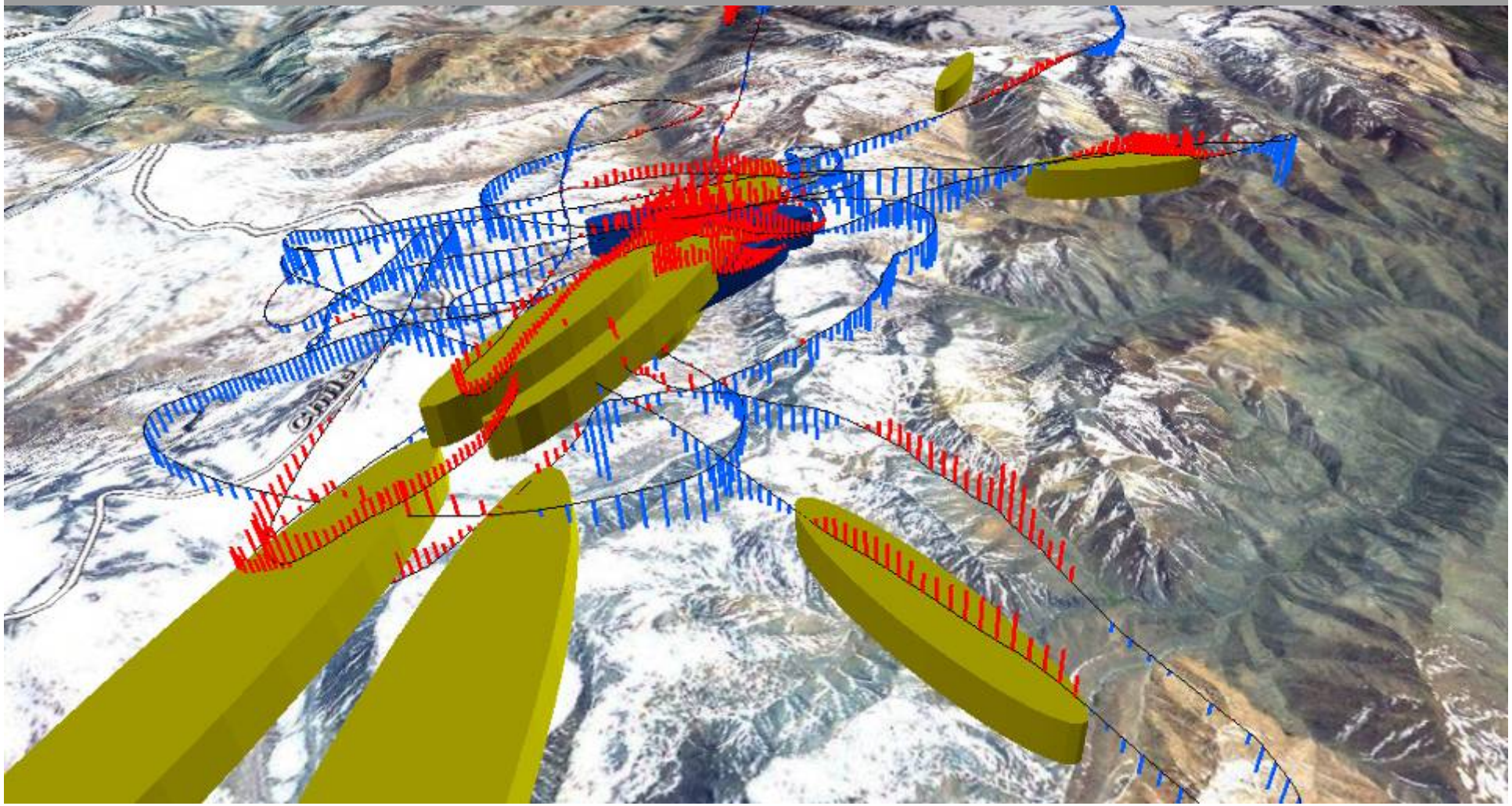
Darstellung via GIS

Vertikalgeschwindigkeiten

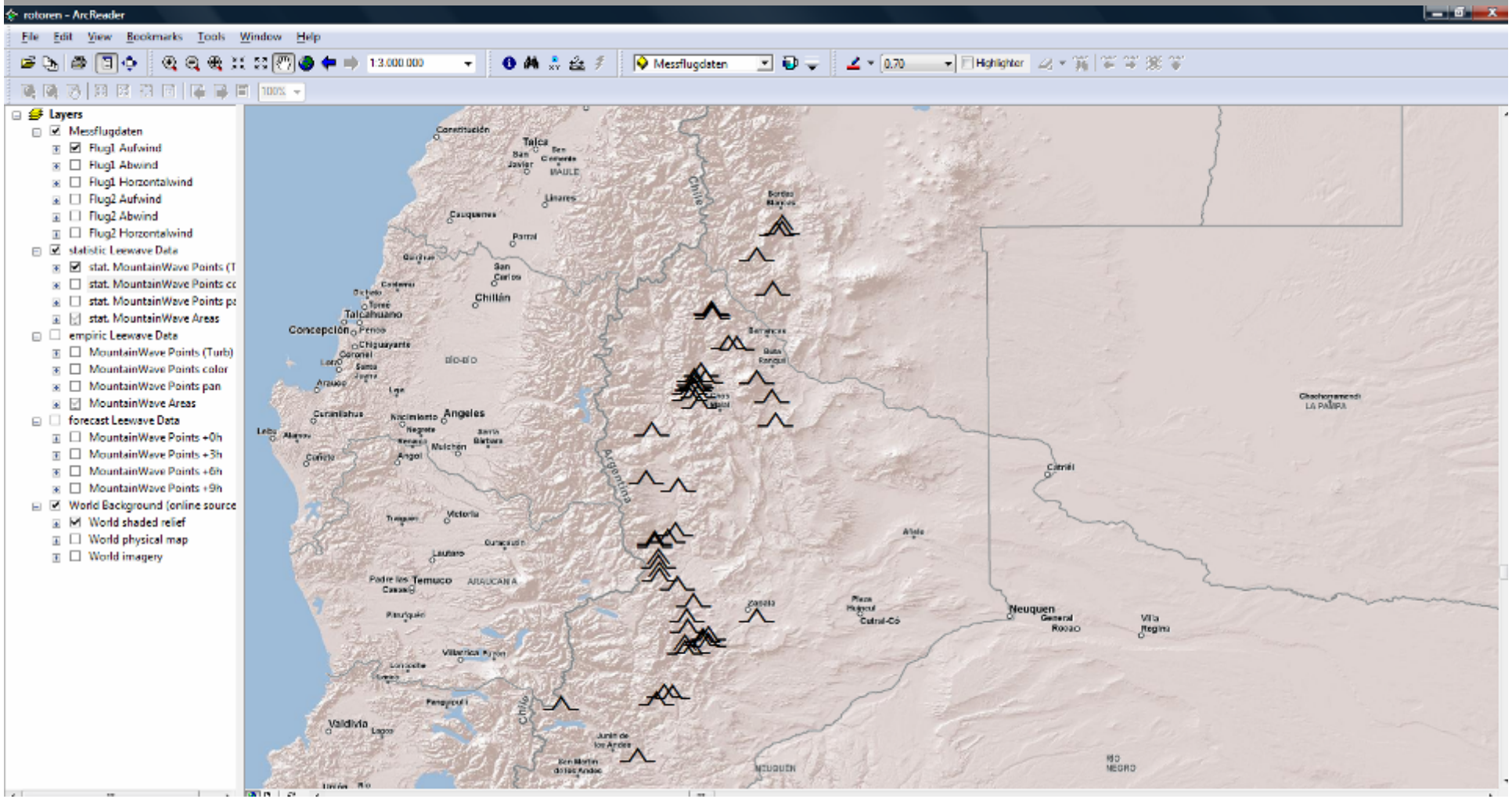


Darstellung via GIS

Statist. Wellenaufwindbänder aus d. IGC- Files korrespondieren mit positiven V_z-Werten aus den Messungen



Darstellung der aus den Wellenaufwindbändern abgeleiteten Turbulenz im GIS für die argentinische Kordillere



Fragen?

Weitere Infos unter:

www.mountain-wave-project.de

Kontakt: Prof. Dr. Alfred Ultsch
Datenbionik
Universität Marburg
ultsch@ulweb.de
AKAflieg Frankfurt

Mountain Wave Project
René Heise
Rene.Heise@t-online.de