

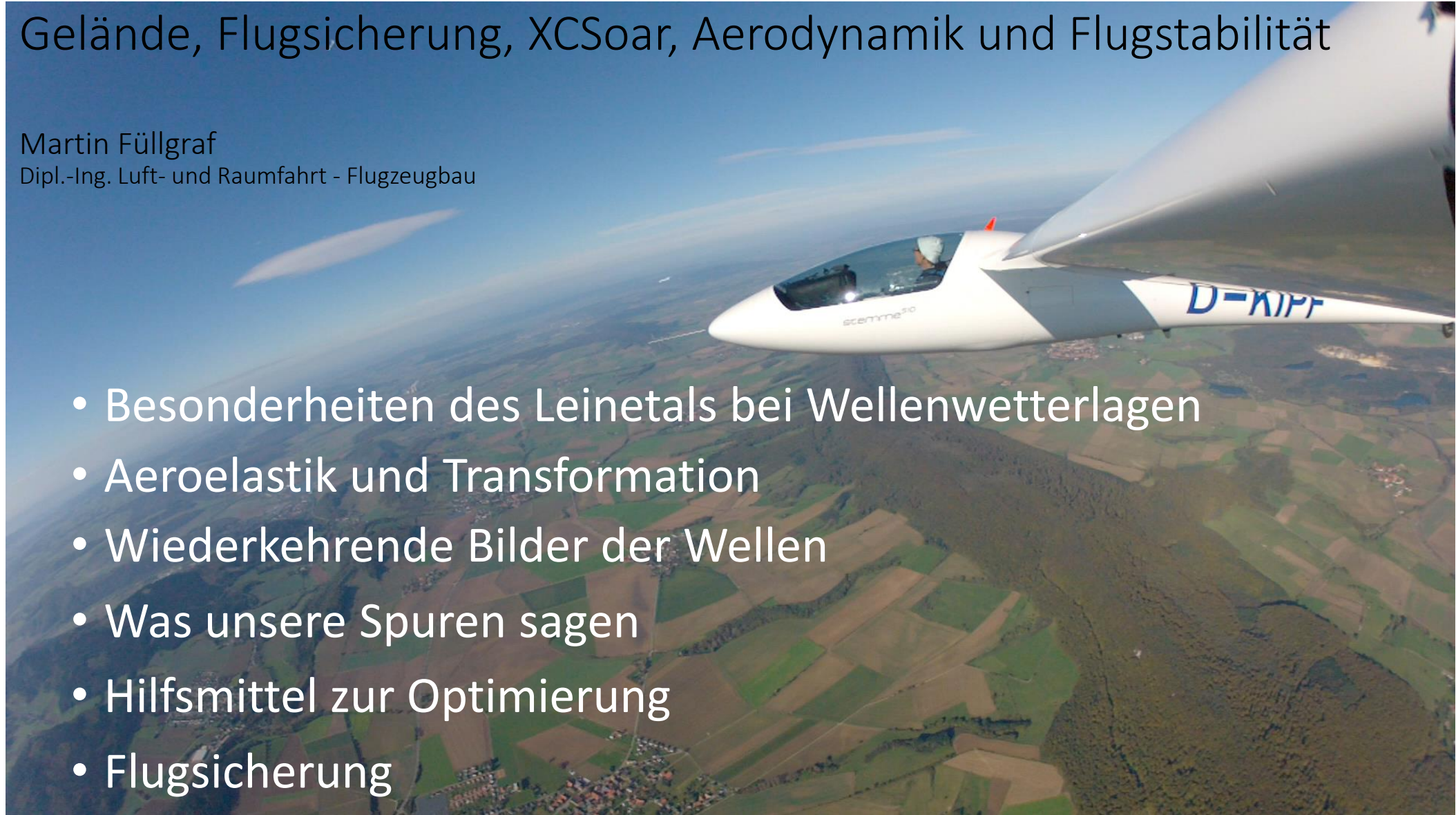
In der Leinewelle bis FL 110

Gelände, Flugsicherung, XCSoar, Aerodynamik und Flugstabilität

Martin Füllgraf

Dipl.-Ing. Luft- und Raumfahrt - Flugzeugbau

- Besonderheiten des Leinetals bei Wellenwetterlagen
- Aeroelastik und Transformation
- Wiederkehrende Bilder der Wellen
- Was unsere Spuren sagen
- Hilfsmittel zur Optimierung
- Flugsicherung



Das Leinetal



Sarstedt

Hildesheim

Diekholzen

Bad Salzdetfurth

Alfeld (Leine)

Lamspringe

Delligsen

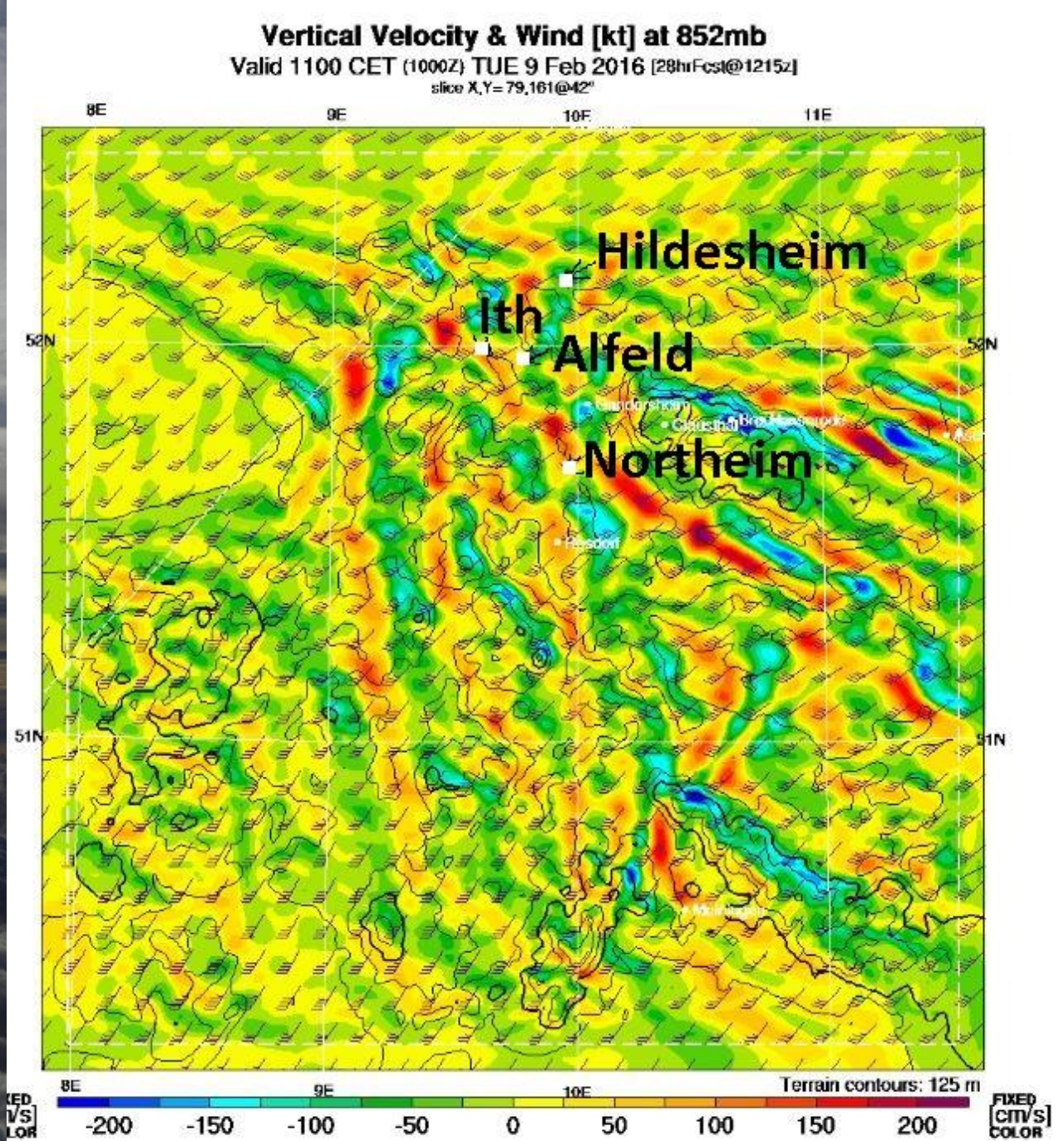
Freden (Leine)

Bock

Bac



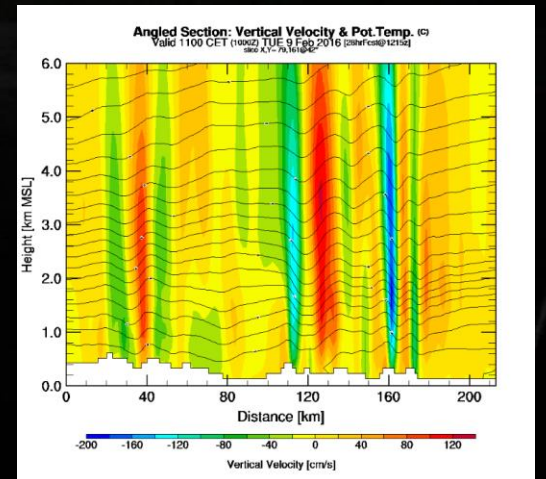
Dimension der Leinewelle






HAJ

Wie hoch reicht die Leinewelle ?



A photograph taken from an airplane window, showing the wing and engine nacelles on the left. The sky is a deep blue, and a bright lightning bolt strikes a cloud in the distance. The ground below is a hazy, dark landscape.

Deisterwellen



Hameln



7000 m



Abschmelzen der Bewölkung

An der Abschmelzkante



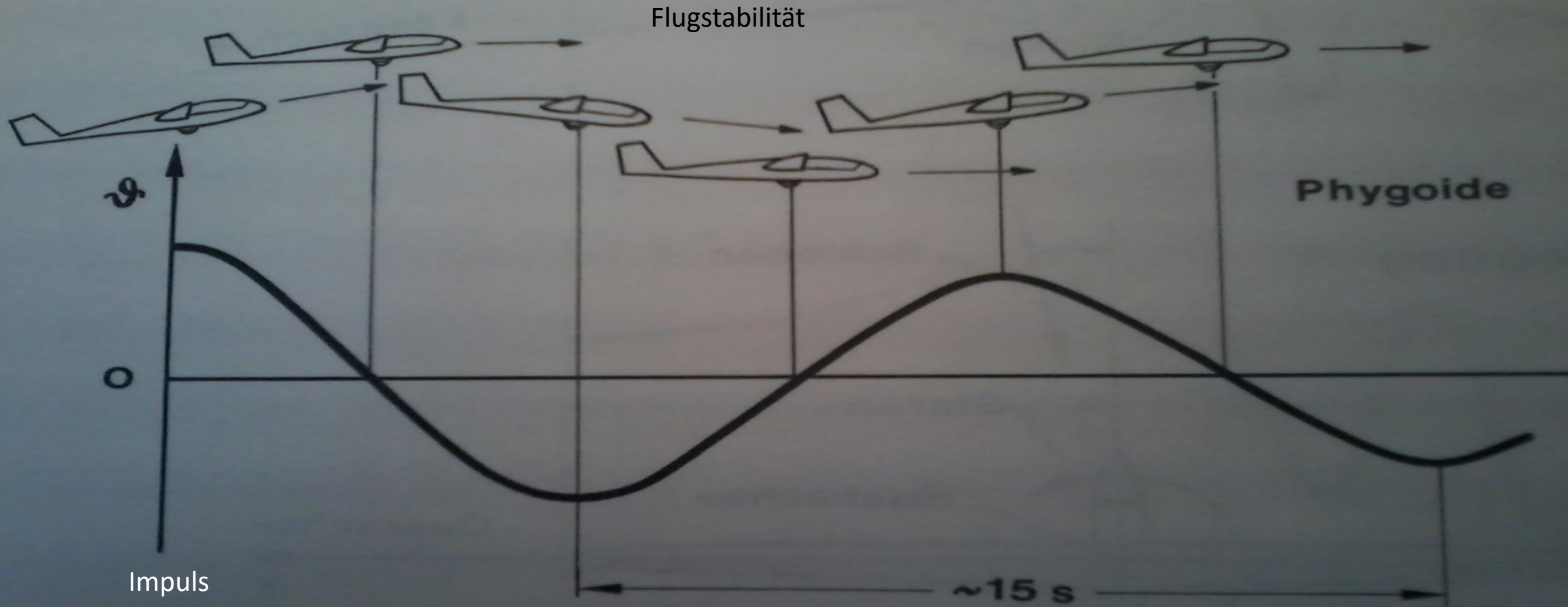
Über der Abschmelzkante



Leinewelle des Fluges auf FL 110



Schwingungen in der Flugmechanik

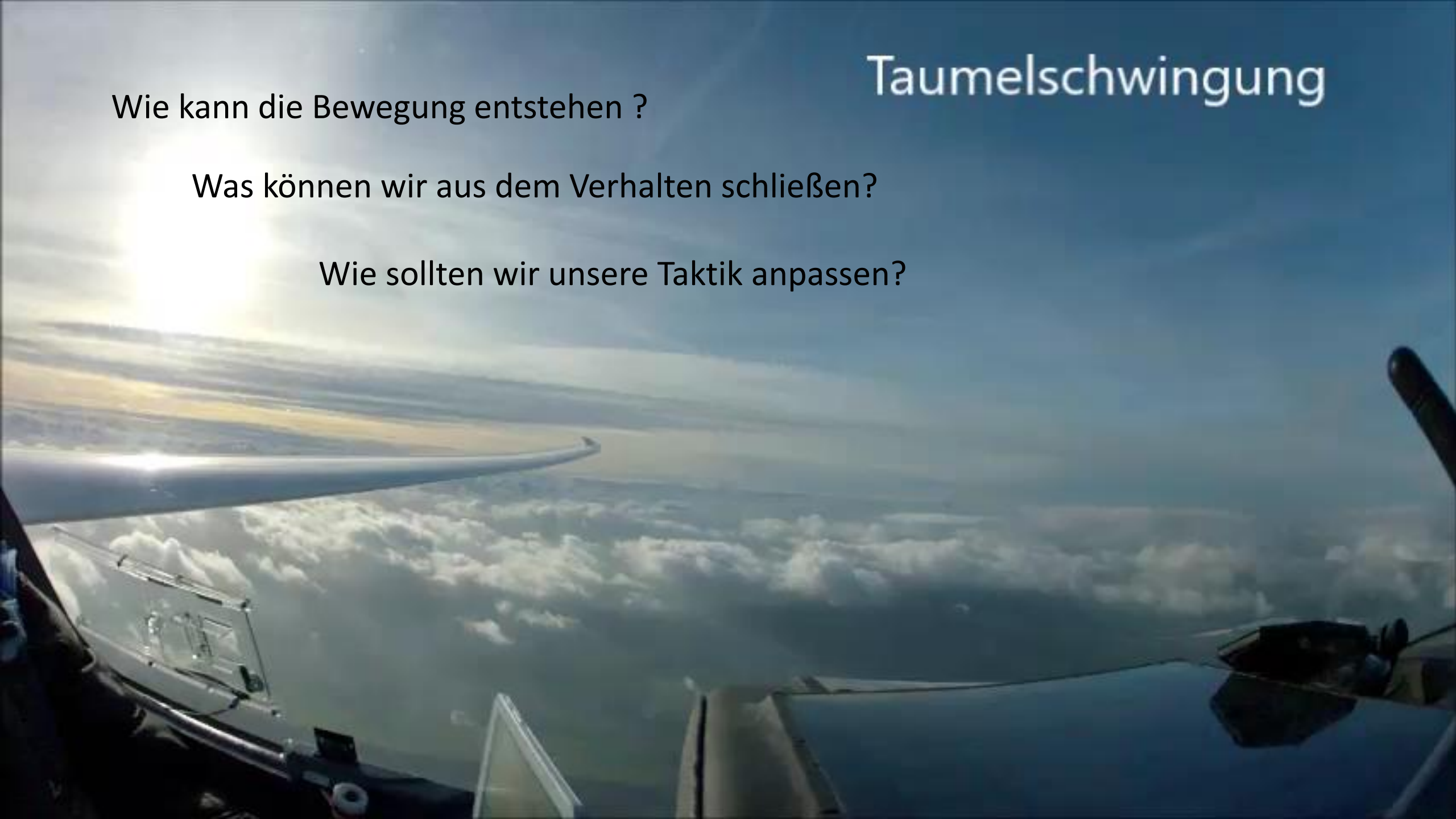


Taumelschwingung

Wie kann die Bewegung entstehen ?

Was können wir aus dem Verhalten schließen?

Wie sollten wir unsere Taktik anpassen?

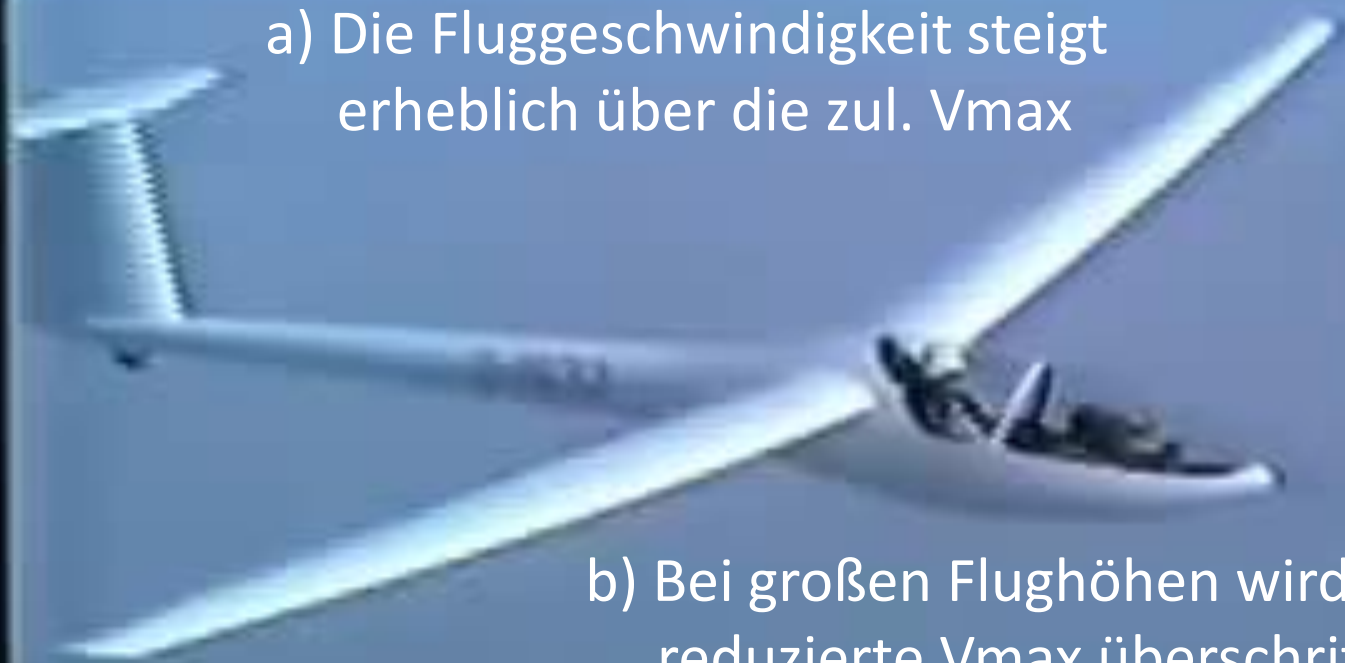


Flattern tritt eigentlich nicht bei unseren Flugzeugen auf,
es sei denn:

a) Die Fluggeschwindigkeit steigt
erheblich über die zul. V_{max}

b) Bei großen Flughöhen wird das
reduzierte V_{max} überschritten

23:49:26 c) Querruder weisen zu viel Masse oder
Anlenkungsspiel auf



Kann die harmonische Schwingung auf unsere Wellenflugproblematik übertragen werden?



Kann die harmonische Schwingung auf unsere Wellenflugproblematik übertragen werden?

Querruderflattern

Kraft = Böe = ΔA



Kann die harmonische Schwingung auf unsere Wellenflugproblematik übertragen werden?

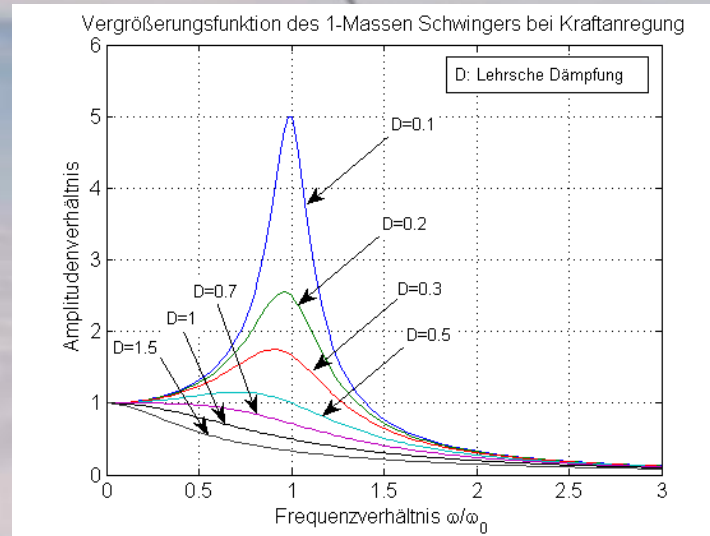
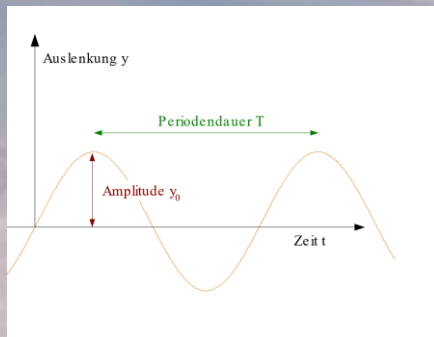
Querruderflattern



Schwingungs - Resonanz in der Leinewelle?

Was ist Resonanzfrequenz?

→ Die Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der die Amplitude eines schwingungsfähigen Systems größer ist als bei Anregung durch benachbarte Frequenzen



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = c\sqrt{\frac{S_0}{V_0 \cdot L}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Schwingungs-Resonanz in der Leinewelle?



Welle bei 250 Grad
Bodenwind

Hameln Hameln

Emmerthal Emmerthal

Bodenwerder Bodenwerder

Ottenstein Ottenstein

Duingen Duingen

Alfeld (Leine)

Delligsen Dellig

Diekhöhlen

Bad Salzdetfur

Bockenem Bockenem

ge

Bad Gandersheim

Bad Gandersheim

Bevern Bevern

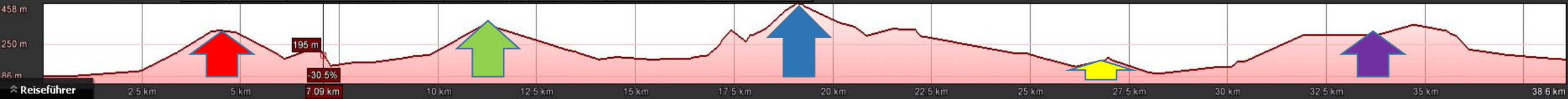
Heinade Heinade

© 2015 Google

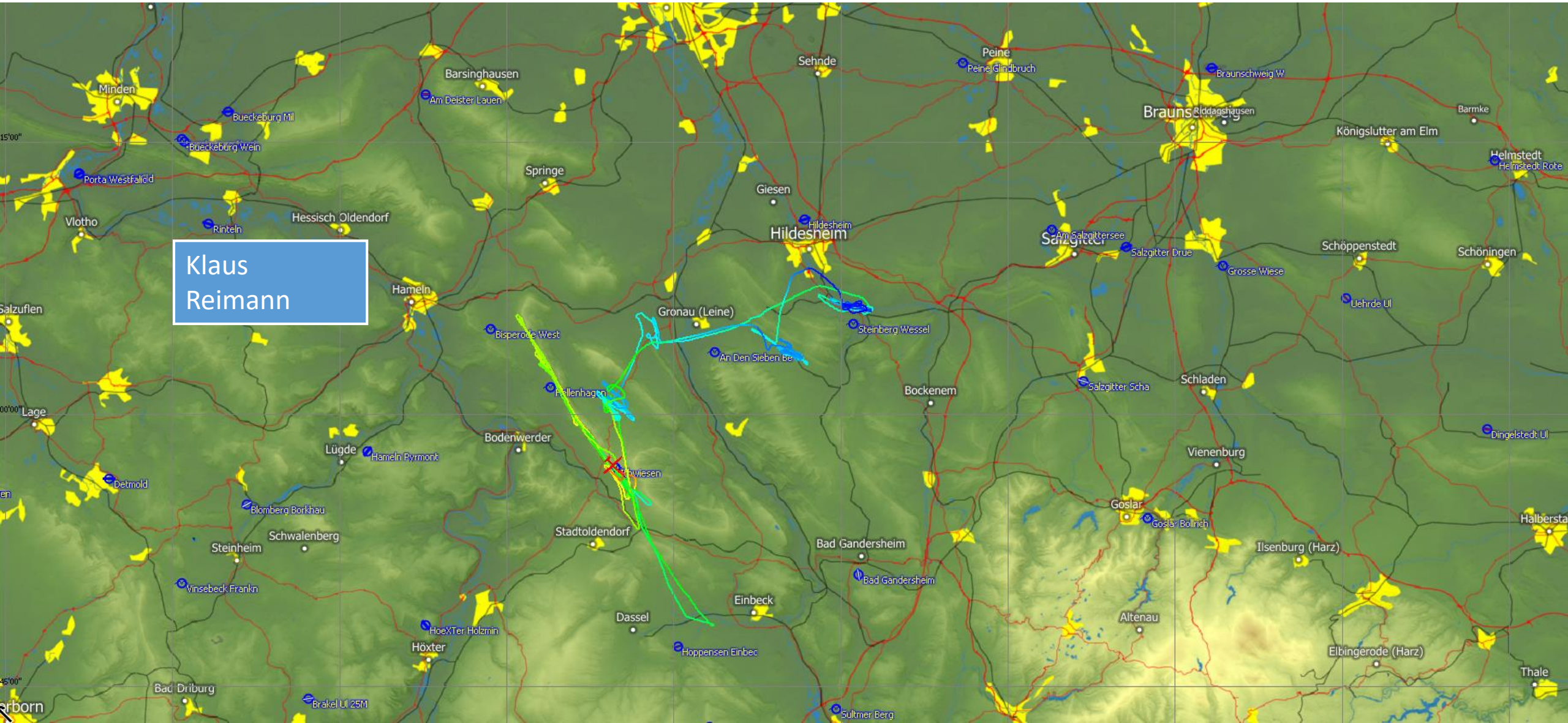
© 2009 DE/BKG
Image © 2015 Basis-DE/BKG

Google earth

Grafik: Min., Durchschnitt, Max. Höhe: 86, 227, 458 m
Bereichswerte: Entfernung: 38,6 km Höhendifferenz: 1202 m, -1115 m Maximale Steigung: 32,9%, -30,5% Durchschnittliche Steigung: 6,3%, -5,5%



Finden wir die Wellen entsprechend der Theorie?



4.Welle Bad Salzdetfurth



3.Welle bei Alfeld



2.Welle bei Delligsen



1.Welle am Ith

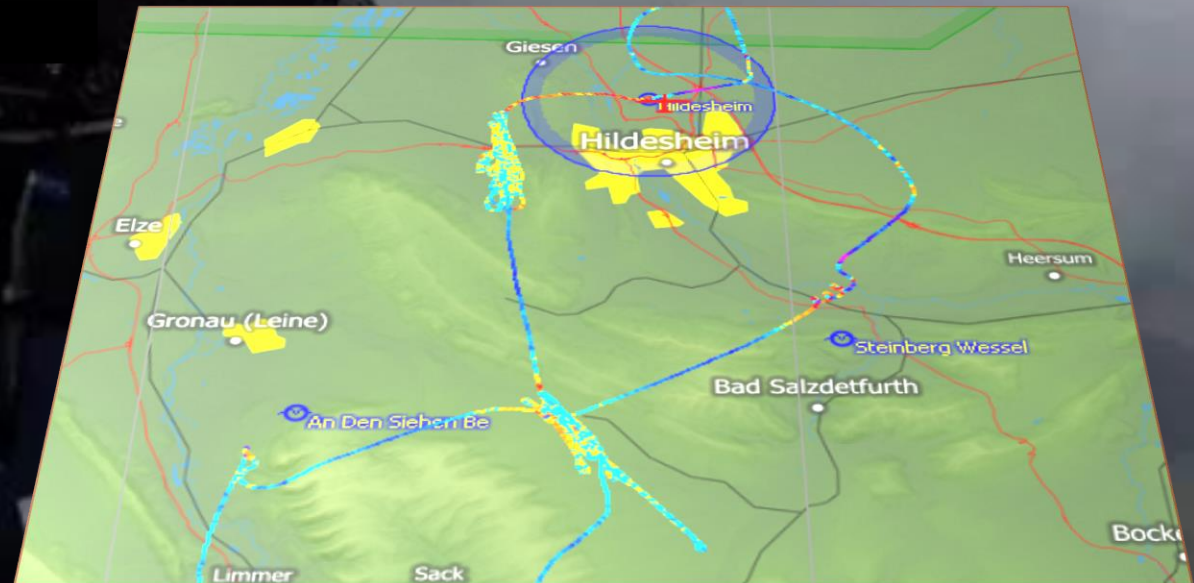


1300 m Höhe

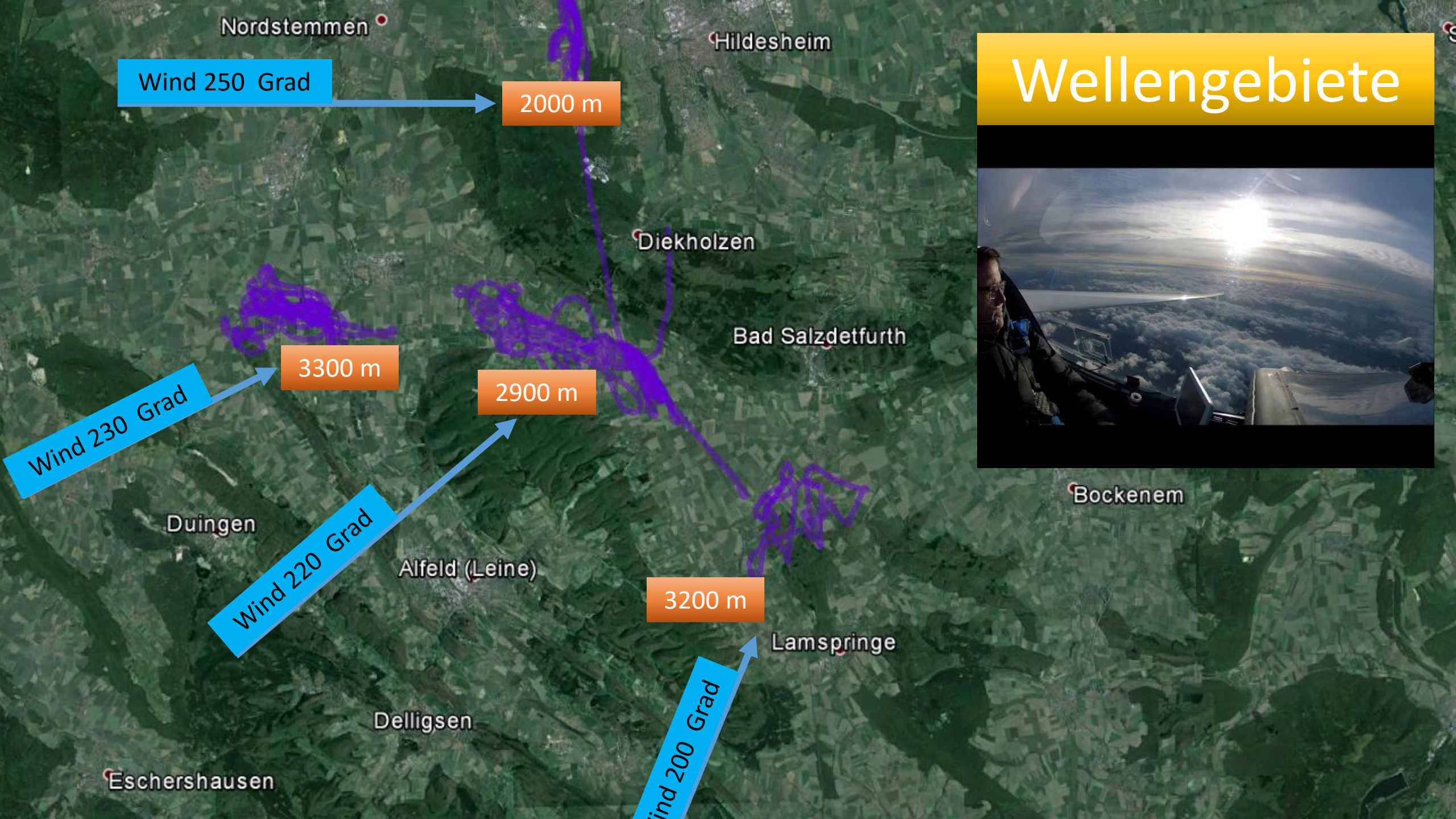


Vorflug in die 3. Welle

2000 m
Höhe



Wellengebiete



Nordstemmen

Hildesheim

Wind 250 Grad

2000 m

Diekholzen

Bad Salzdetfurth

3300 m

2900 m

Wind 230 Grad

Duingen

Wind 220 Grad

Alfeld (Leine)

3200 m

Lamspringe

Bockenem

Delligsen

Eschershausen

Wind 200 Grad



Der Blick aus dem Norden auf die Wellen



Funkurm 30 km

BRV 23 km

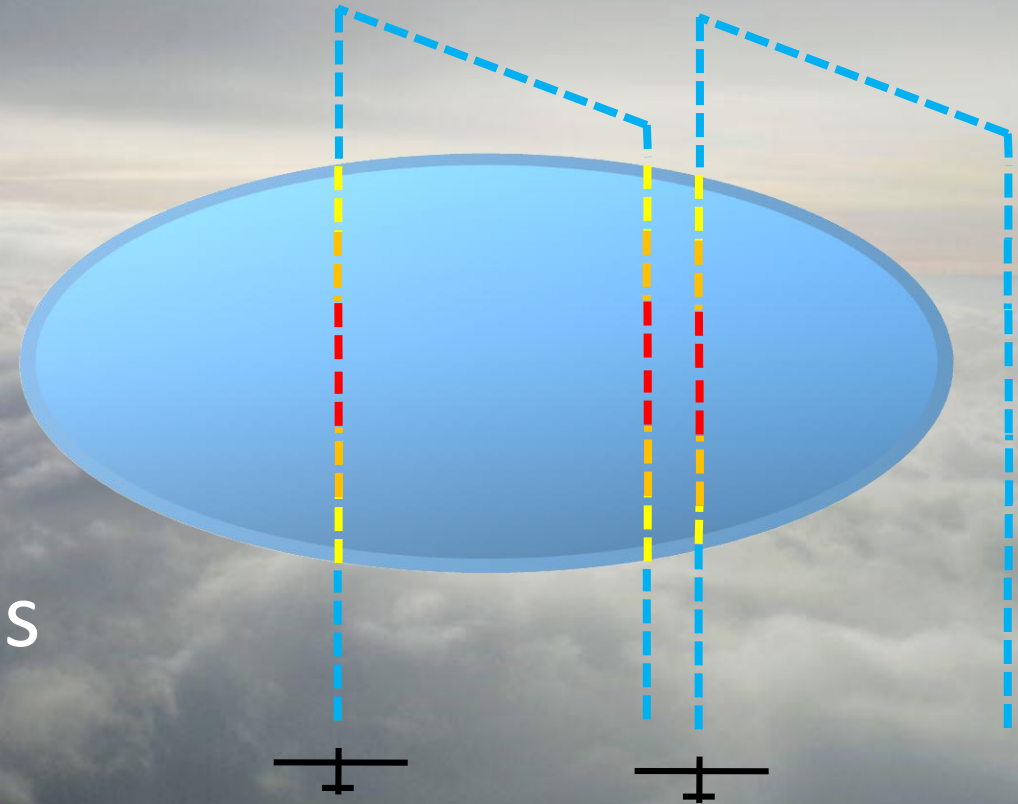
Hilfsmittel zur Optimierung



Optimierung des Steigens

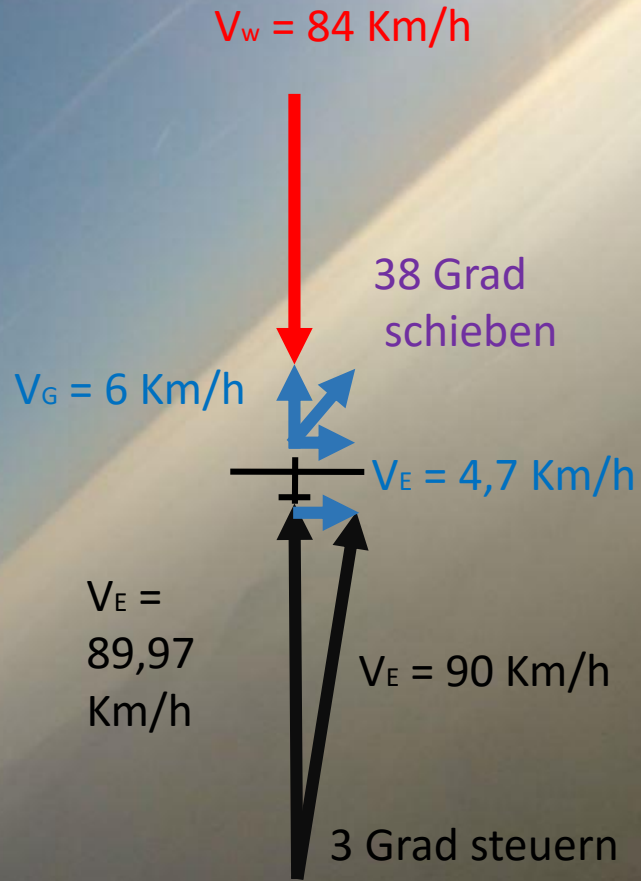
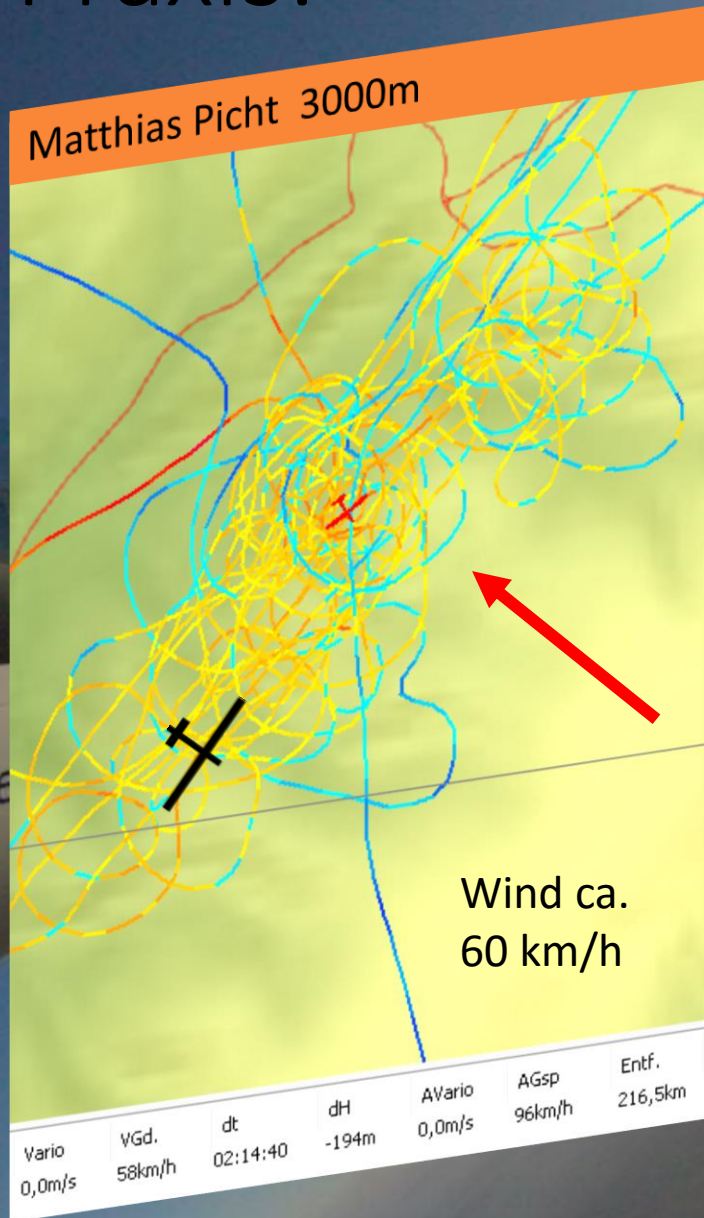
Problematik:

- Geradeausflug
- Referenzsuche am Horizont
- Trägheit der Anzeige
- Erkennbarkeit des Steigprofils

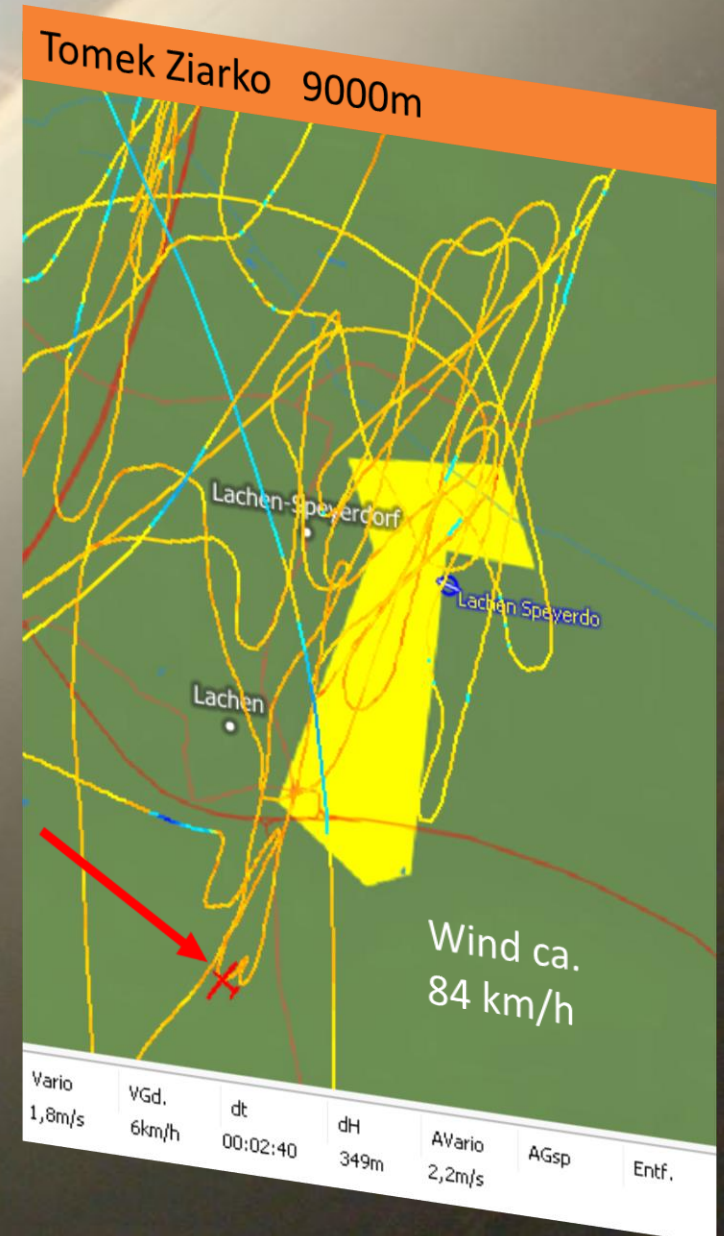


Praxis:

1. Kleinste Winkeländerungen haben großen Effekt
2. Mit Außensicht (nur Vario) schwer optimierbar
3. Randgebiete gut auffindbar



10° steuern = 73° schieben



Steigen in der Welle

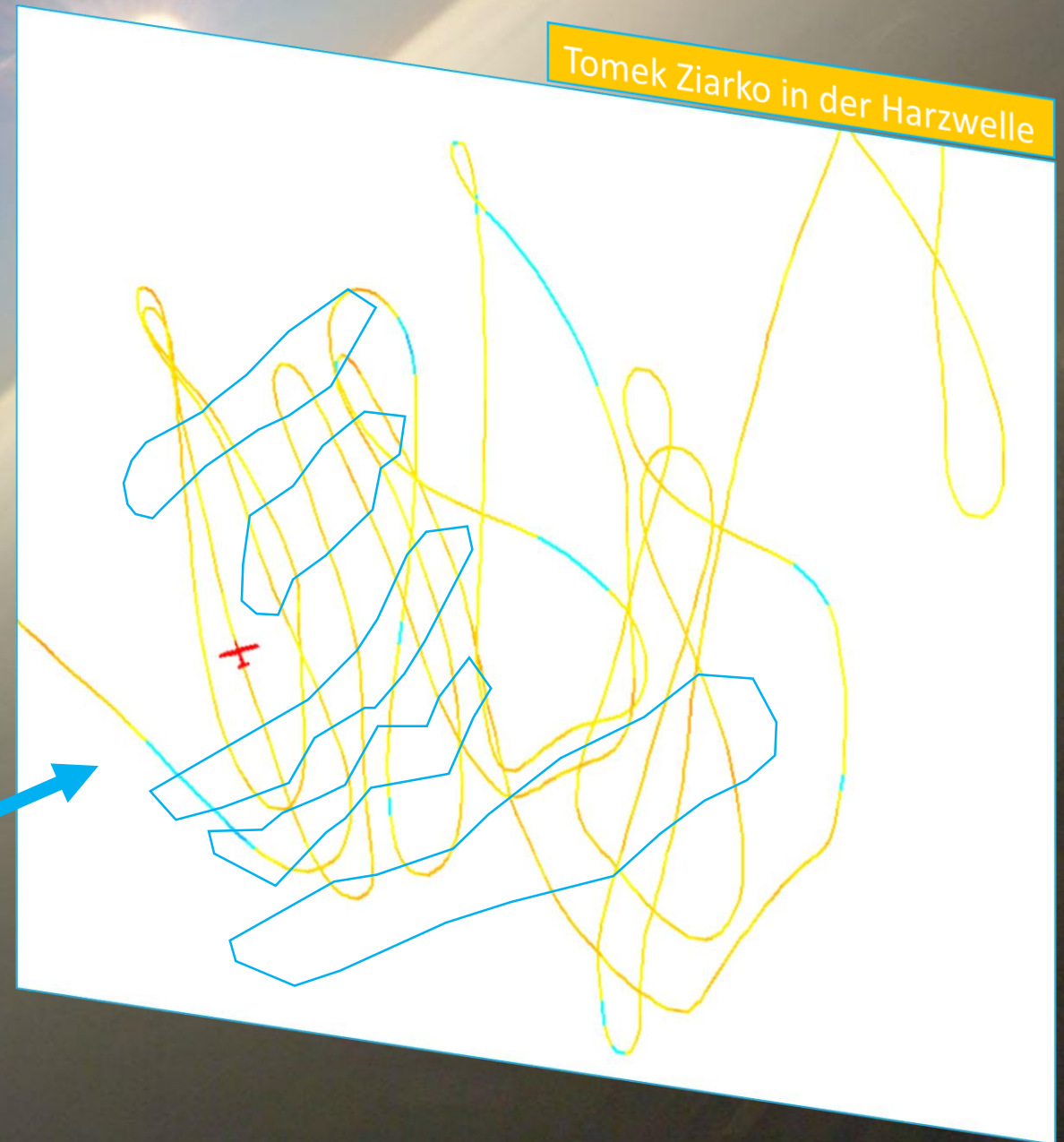
Erkenntnisse zum besten Steigen:

a) Längsstreifen zur groben Windrichtung

b) Nicht parallele Längsstreifen zum Wind

c) Bereiche des Sinkens verhalten sich identisch zum Steigen

d) Kurs-Bögen mit einem Zentrum



Windfelder in der Welle

Erkenntnisse zur Windrichtung:

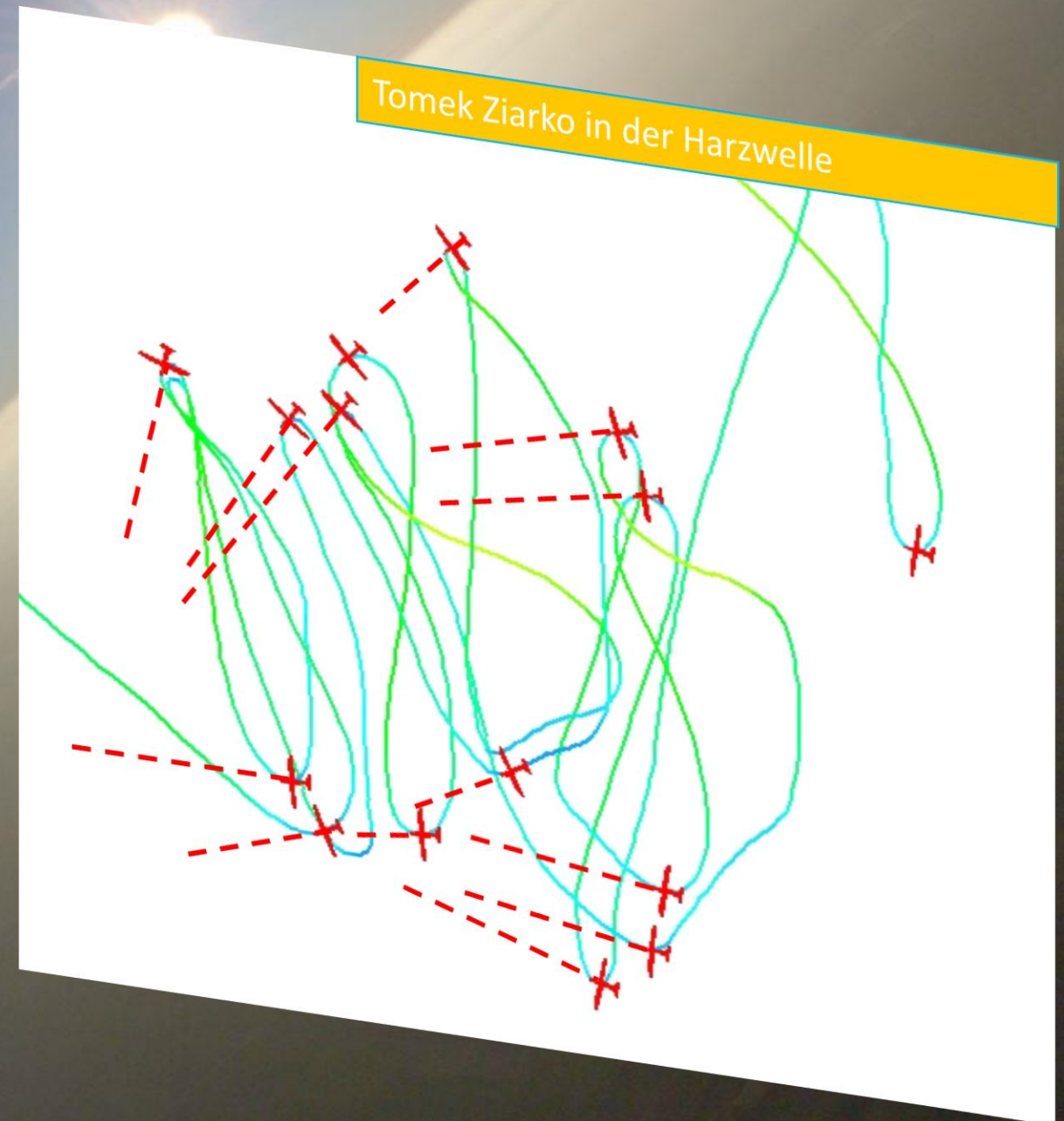
a) Längsstreifen zur groben Windrichtung

b) Nicht parallele Längsstreifen zum Wind

c) Windrichtungen zeigen auf ein Zentrum

Annahme:

Es gibt eine Umströmungsform



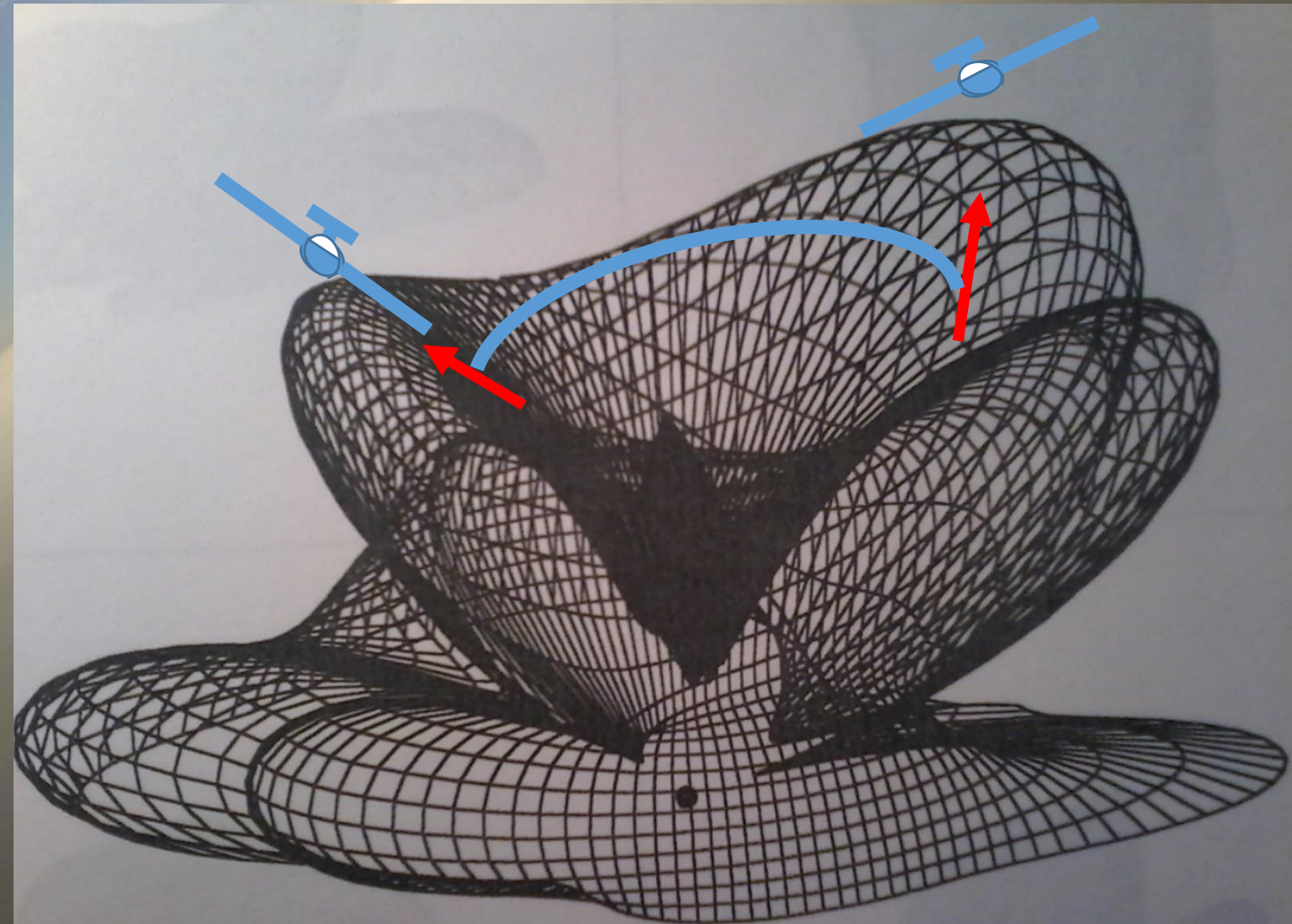
Räumliche Windfelder im Darstellungsmodell

Es gibt eine Umströmungsform

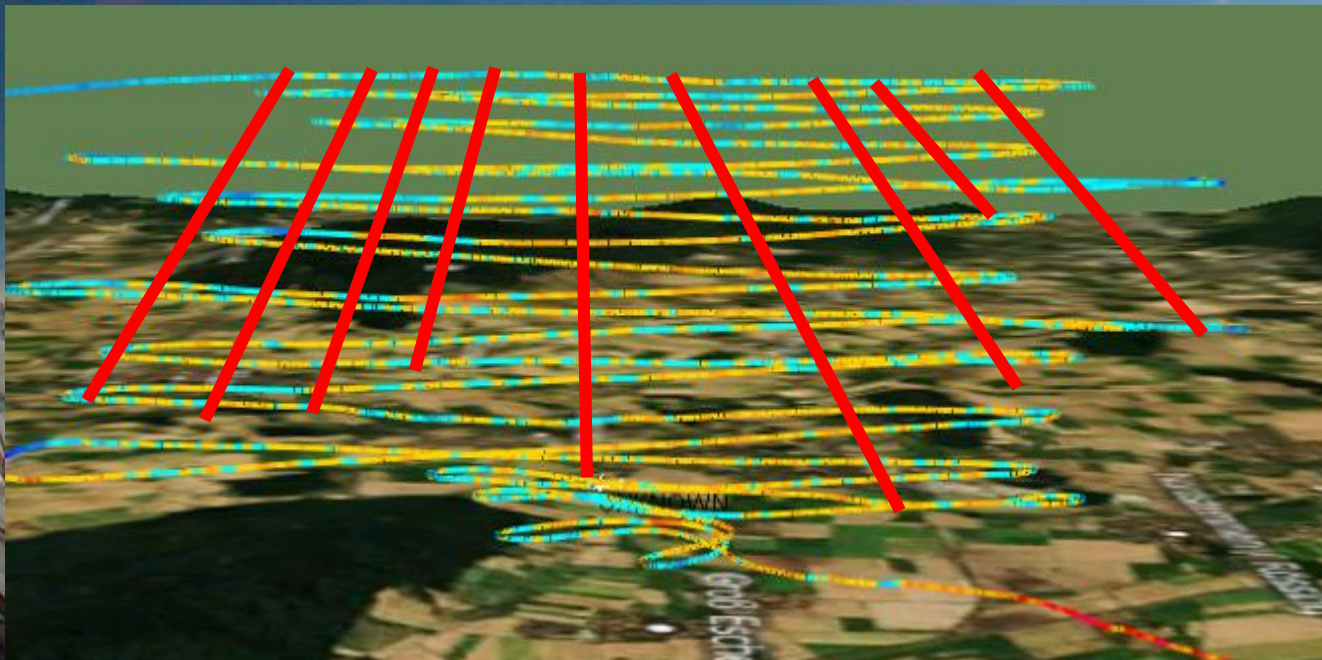
Weitere Annahme:

Windgeschwindigkeit und
Steigen sind äquivalent ?

Kursbogen entsteht durch
Wind-Vektor



Räumliche Abwindfelder im Darstellungsmodell



Abwindfelder im Darstellungsmodell

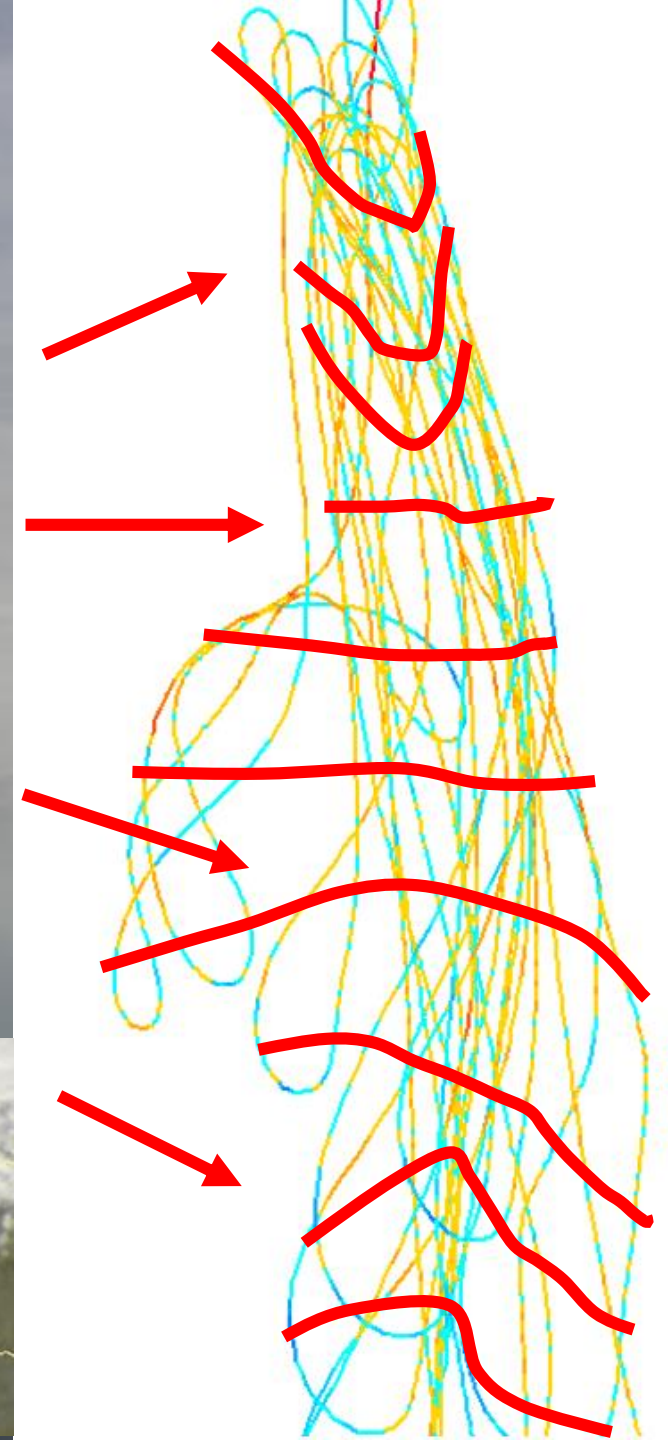
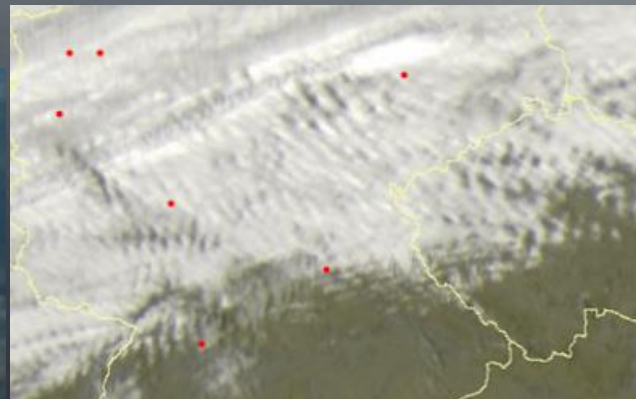
Es erscheinen einzelne Schichten

Zur Mitte hin senkrechte Form

Zu den Rändern hin einknickend

Der Windwinkel spreizt sich

Annahme: v_{wind} ist zentral höher



Der Blick aus der Luft auf die Wellen

Blick nach NO
in 2900 m Höhe

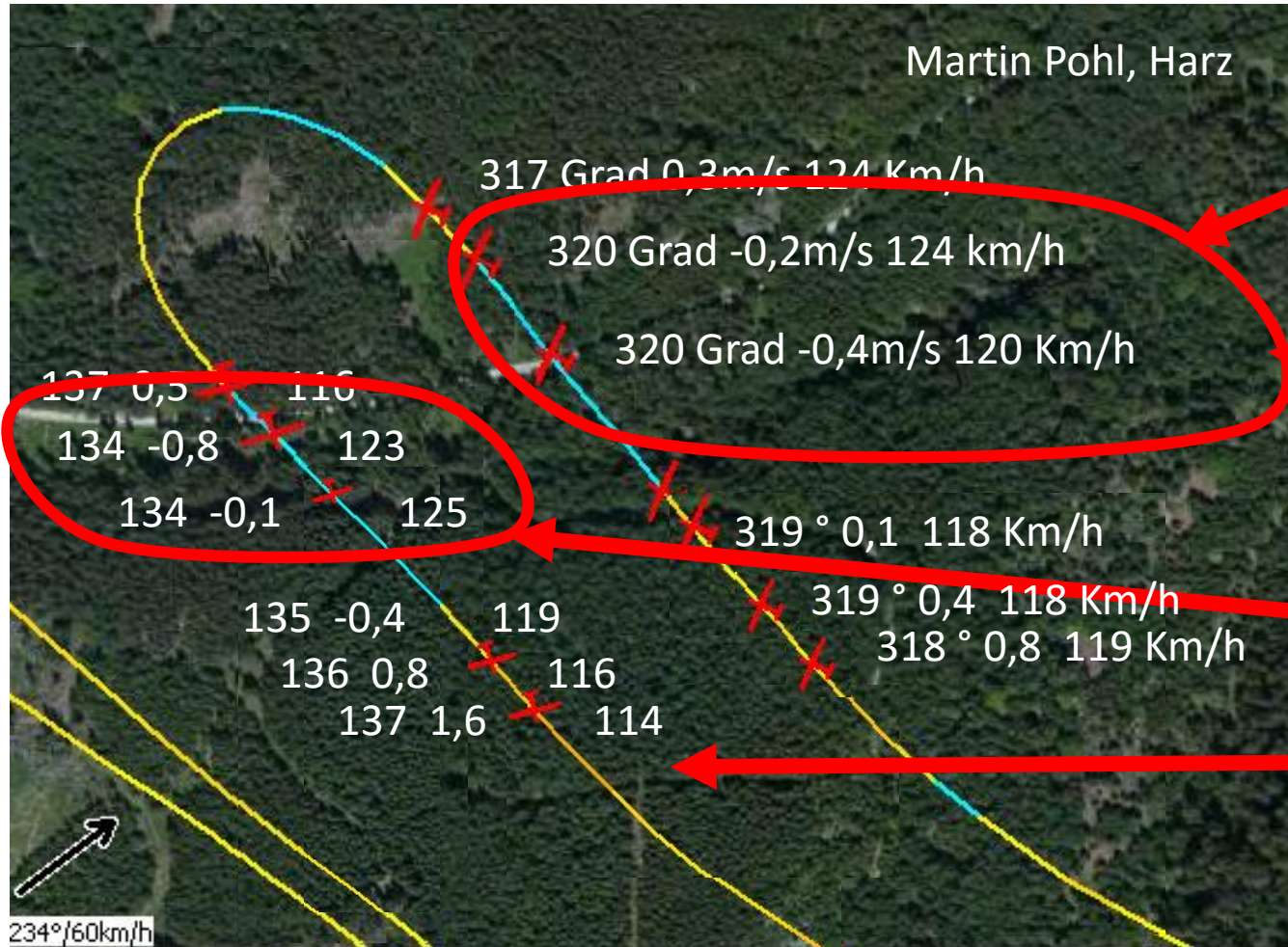


Der Blick aus der Luft auf die Wellen

Blick nach SW
in 3000 m Höhe



Hat Steigen einen Einfluss auf den Kurs ü. Grund?



Sinken führt zur Kursänderung Leeseitig über Grund

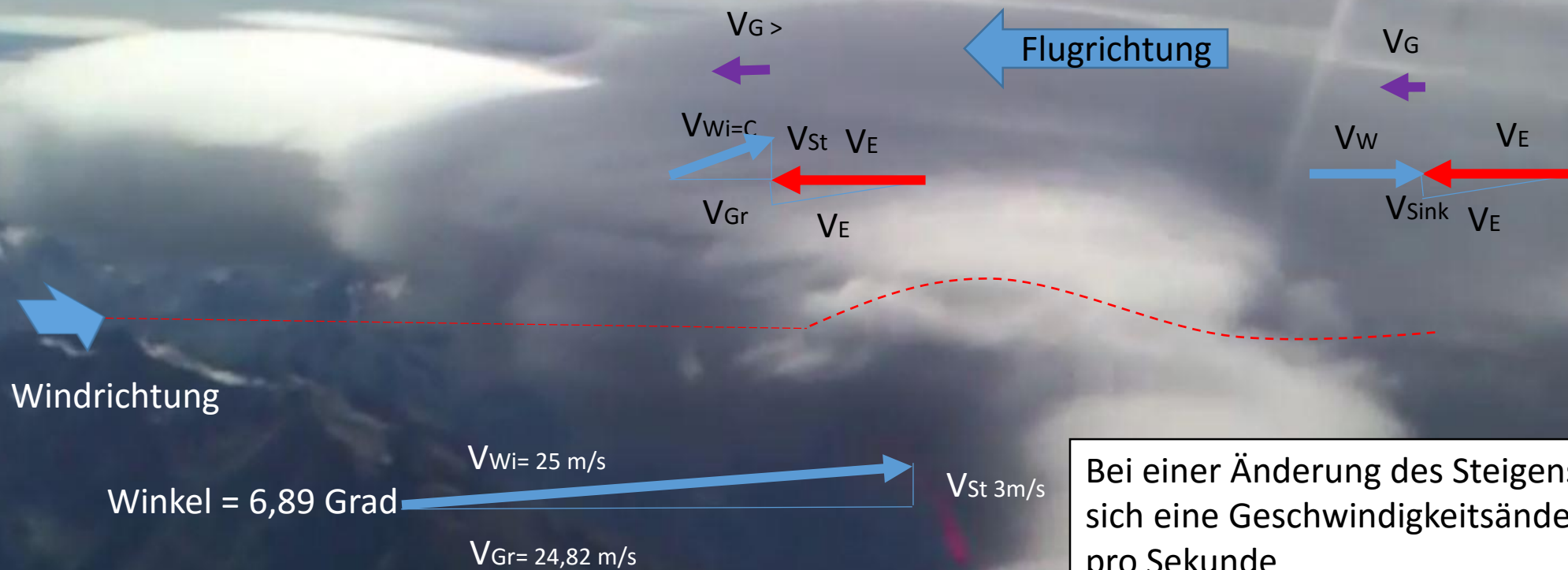
Steigen führt zur Fahrtzunahme über Grund

Steigen führt zur Fahrtzunahme über Grund

Steigen führt zur Kursänderung Luvseitig über Grund

Anflug auf das Steiggebiet der Welle

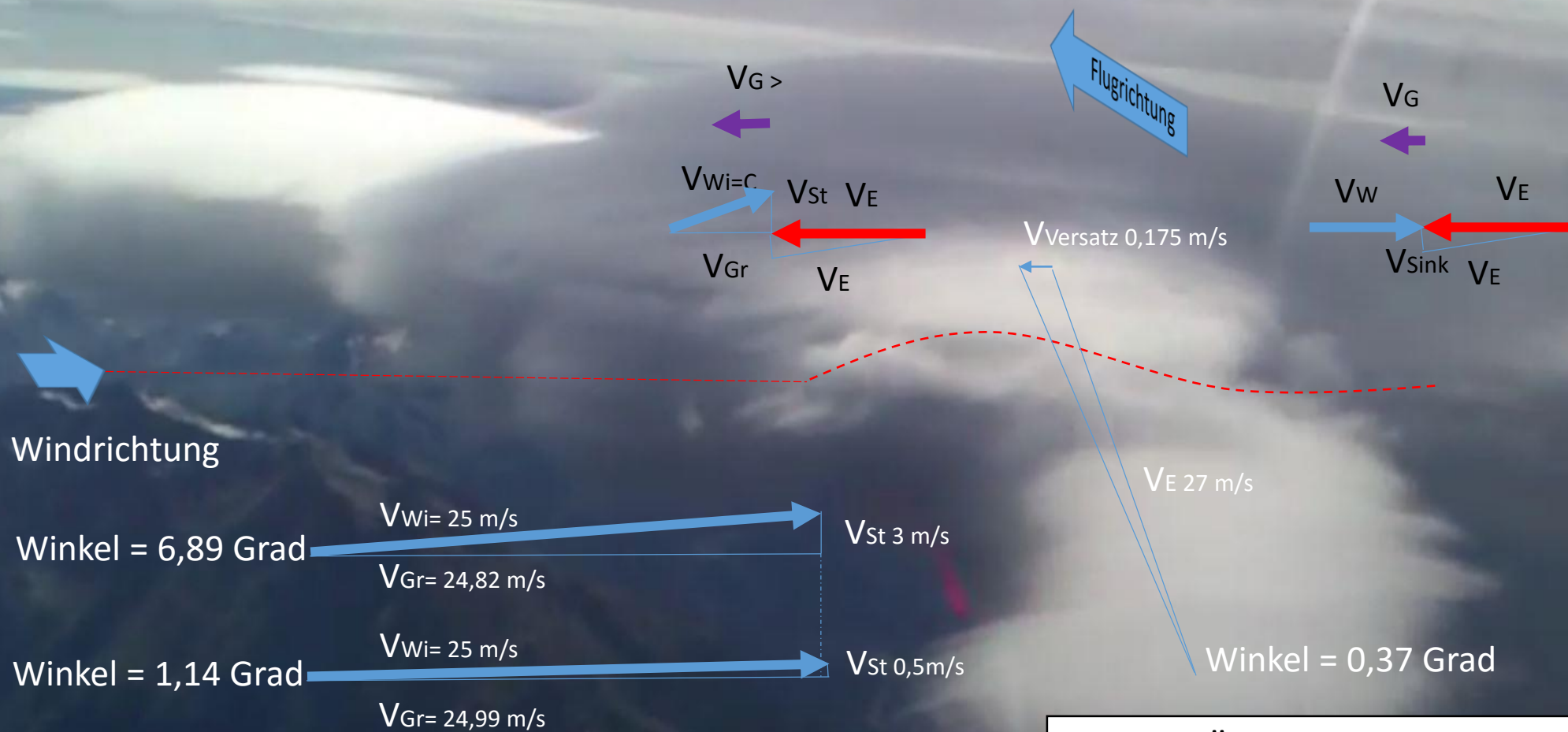
Vereinfachter Längsschnitt



Bei einer Änderung des Steigens von 0 auf 3m/s ergibt sich eine Geschwindigkeitsänderung von 0,65 Km/h pro Sekunde

Anflug auf das Steiggebiet der Welle

2 D-Anflug Draufsicht



Bei einer Änderung des Steigens von 0,5 auf 3m/s ergibt sich eine Winkeländerung von 0,37 Grad/s

Martin Pohl, Harz

Verzögerung beim Steigen

Beschleunigung beim Sinken

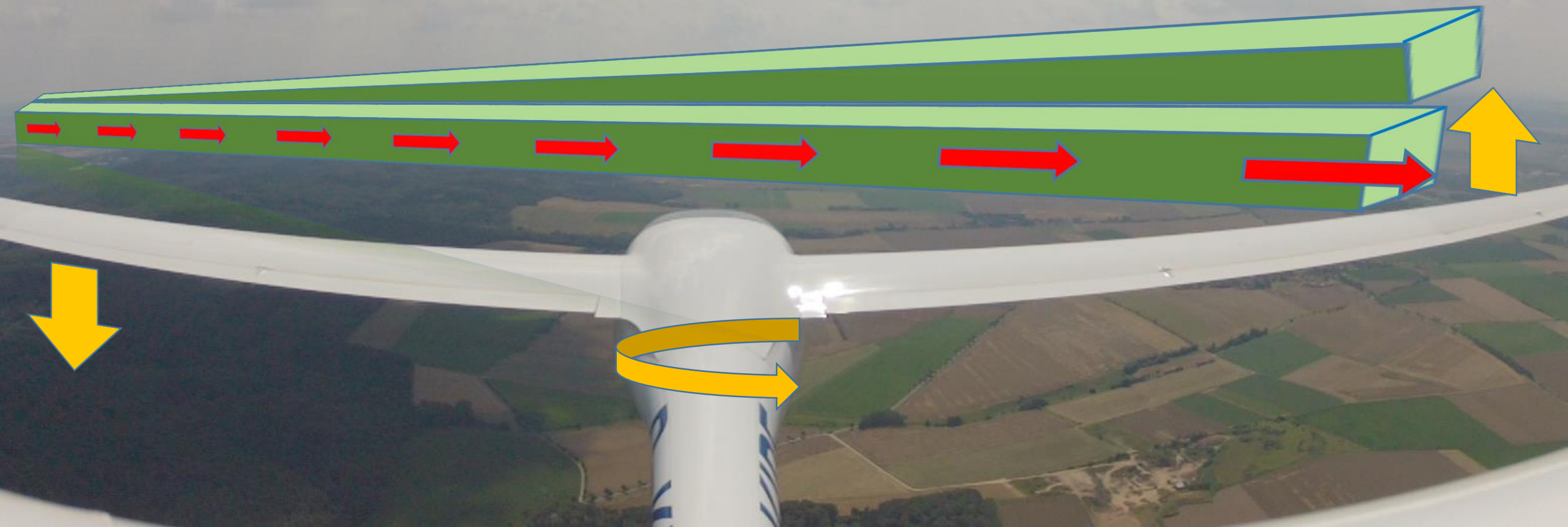
Verzögerung beim Steigen

Beschleunigung beim Sinken

Windrichtung Harz



Veranschaulichung der Taumelschwingung



Taumelschwingung

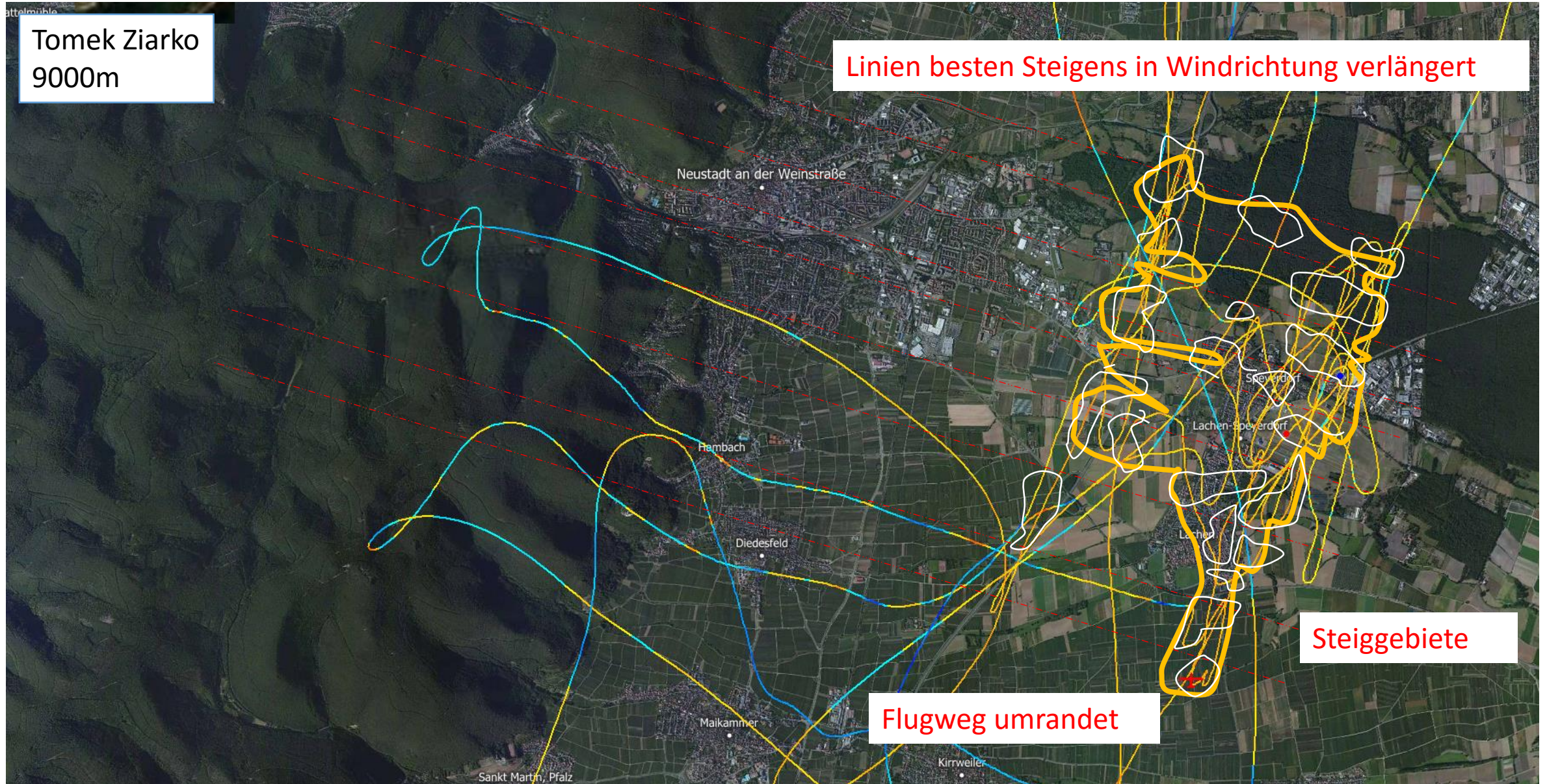
Spricht das Flugzeug zum Piloten? Ja, der Aufwind kann zur Taumelschwingung führen

Was können wir aus dem Verhalten schließen? Anströmungswinkeländerungen treten auf

Wie sollten wir unsere Taktik anpassen? Annahme: Korrekturen zum Steigen Richtung Luv

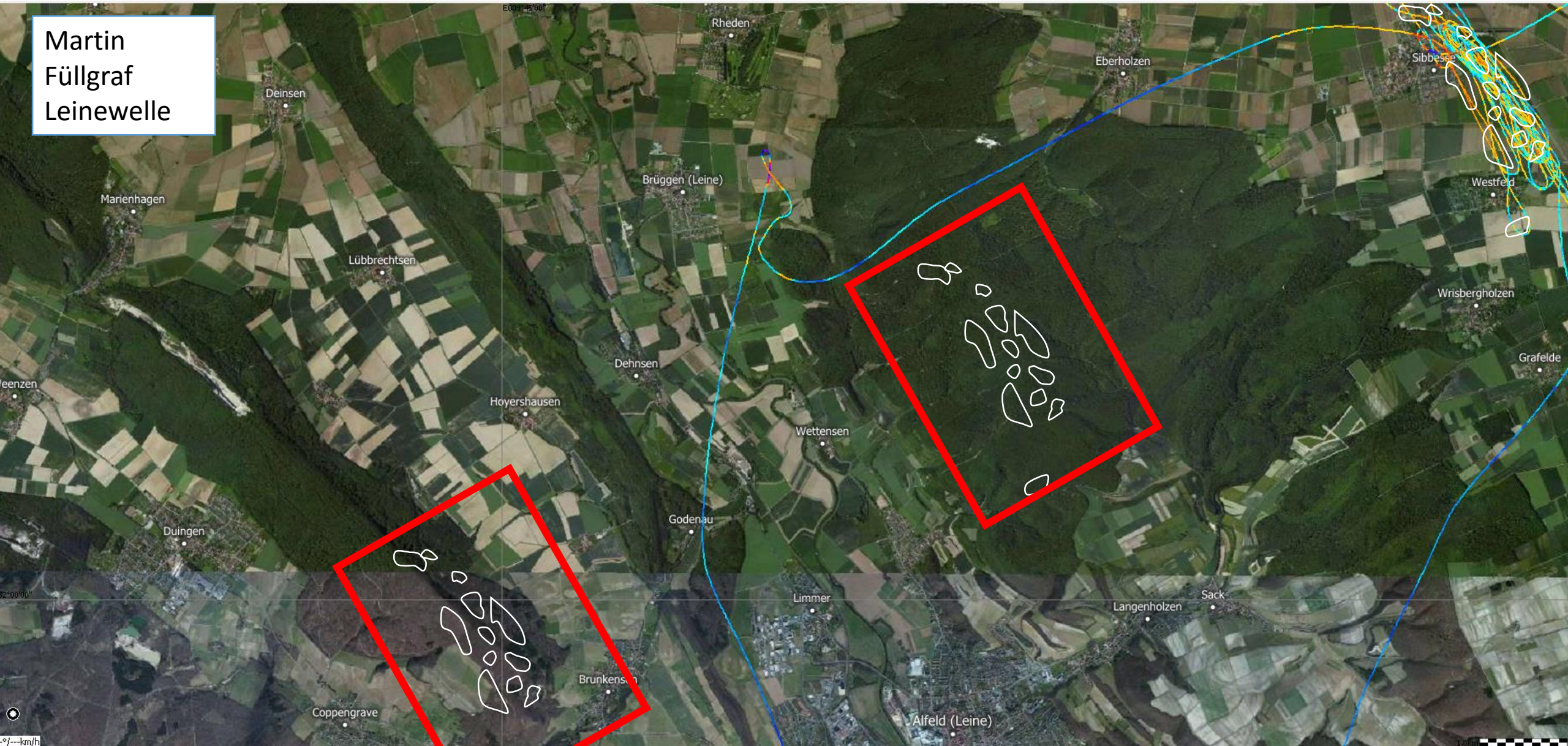


Steigoptimum auf Bodenkontur extrapoliert



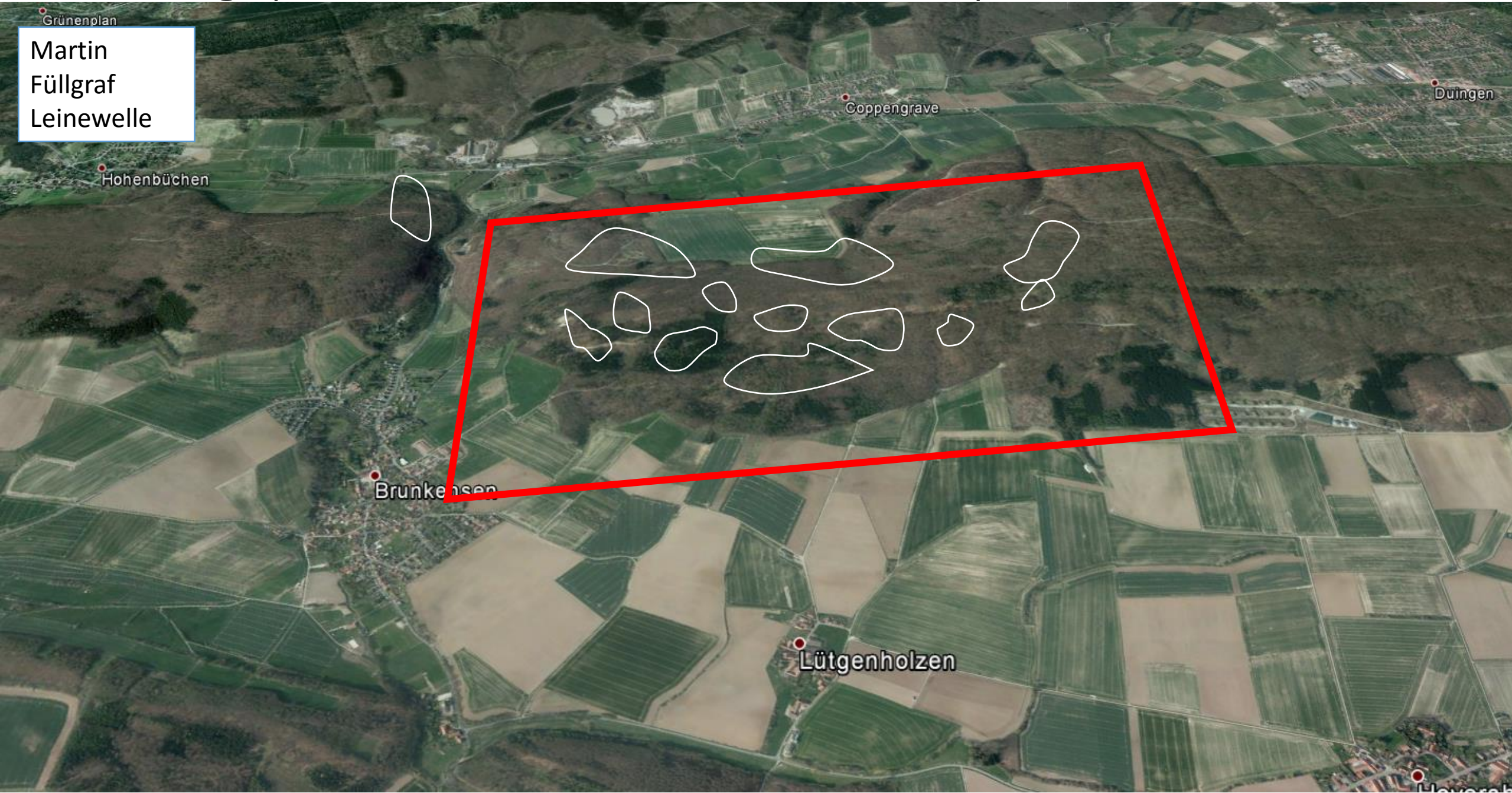
Steigoptimum auf Bodenkontur extrapoliert

Martin
Füllgraf
Leinewelle



Steigoptimum auf Bodenkontur extrapoliert

Grünenplan
Martin
Füllgraf
Leinewelle



Hohenbüchen

Coppengrave

Düingen

Brunkenzen

Lütgenholzen

Lütgen

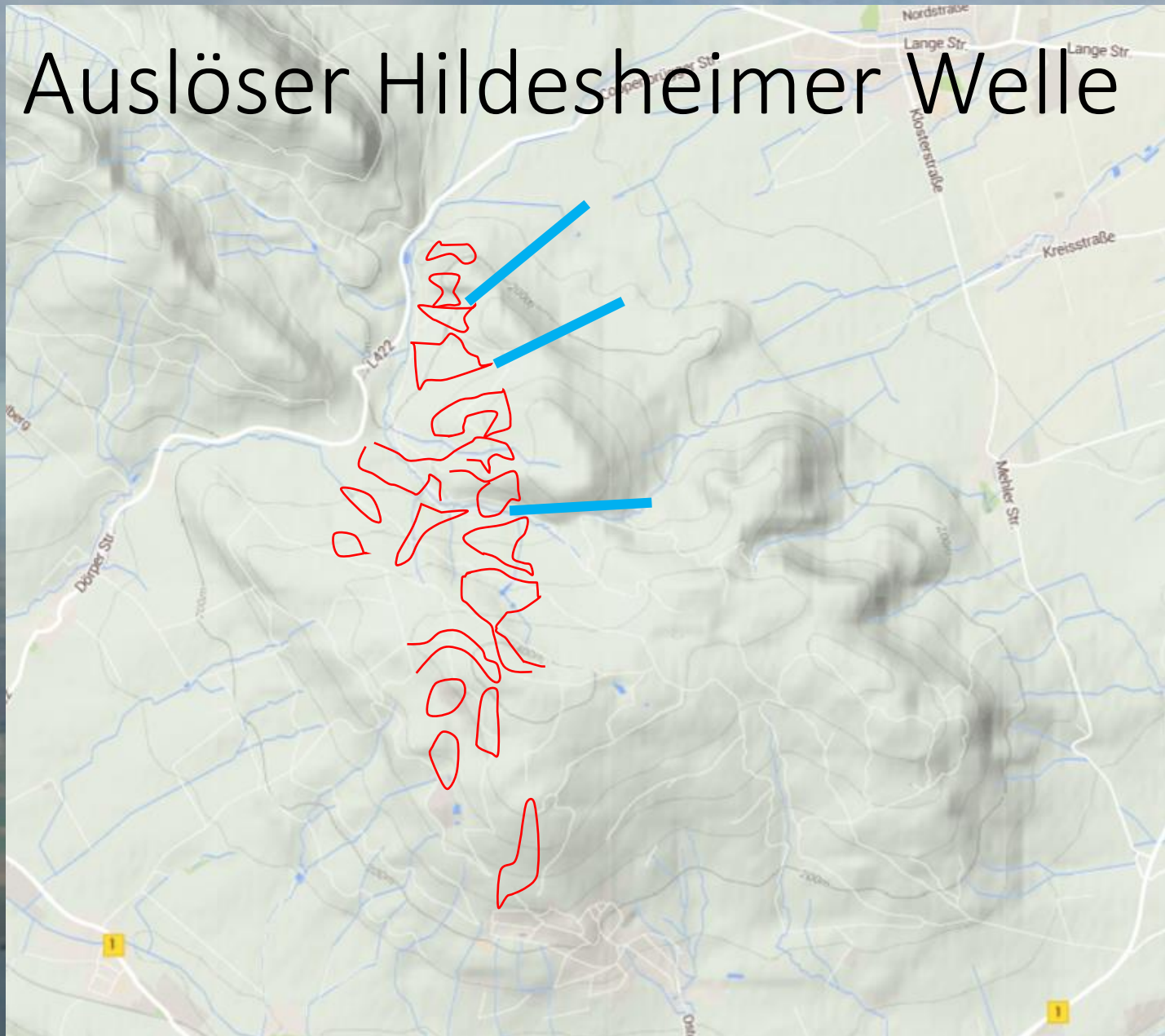
Steigoptimum auf Bodenkontur extrapoliert

Martin
Füllgraf
Leinewelle



Hildesheimer Welle und Auslöser

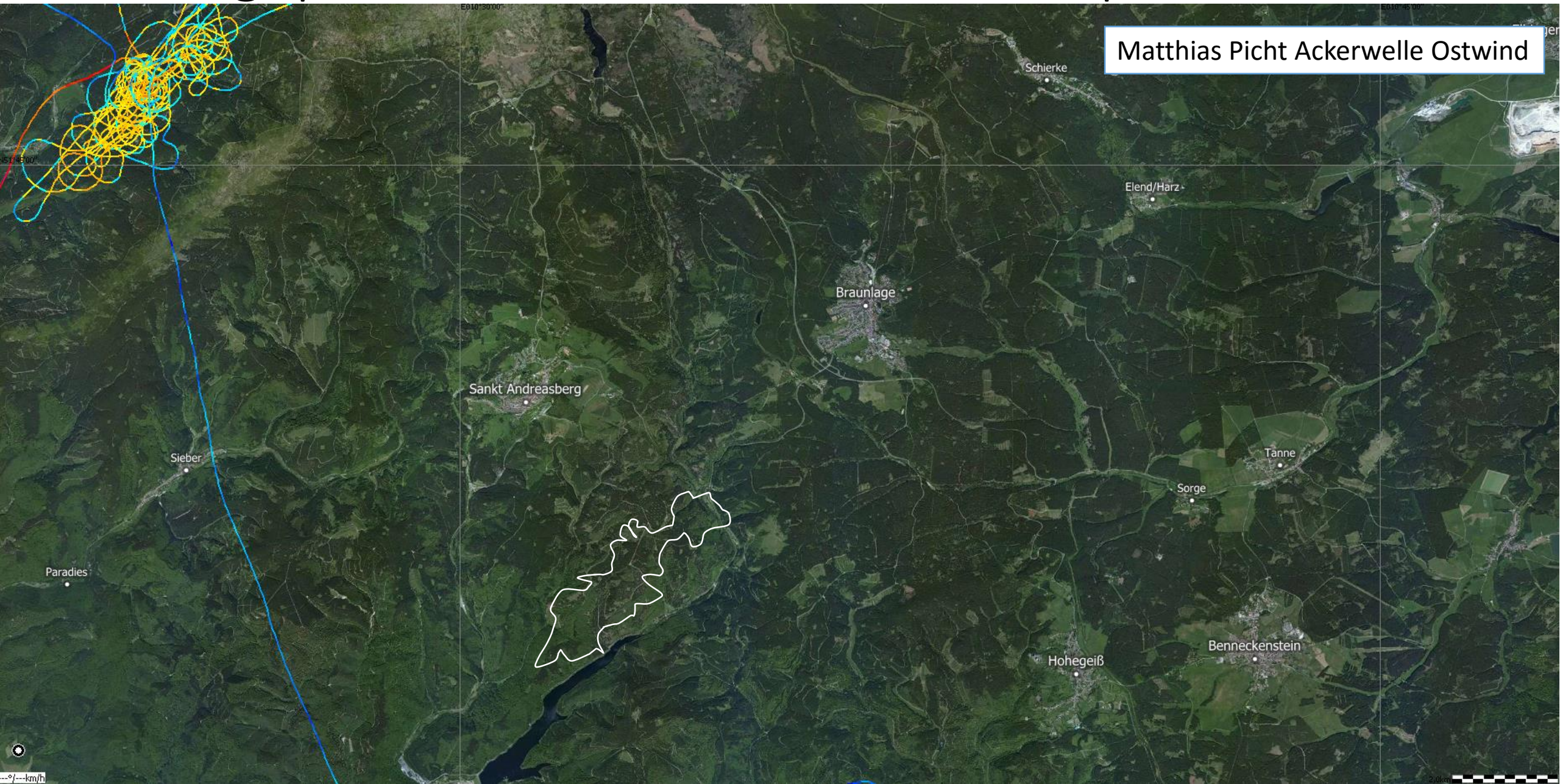




Brocken Footprint



Steigoptimum auf Bodenkontur extrapoliert



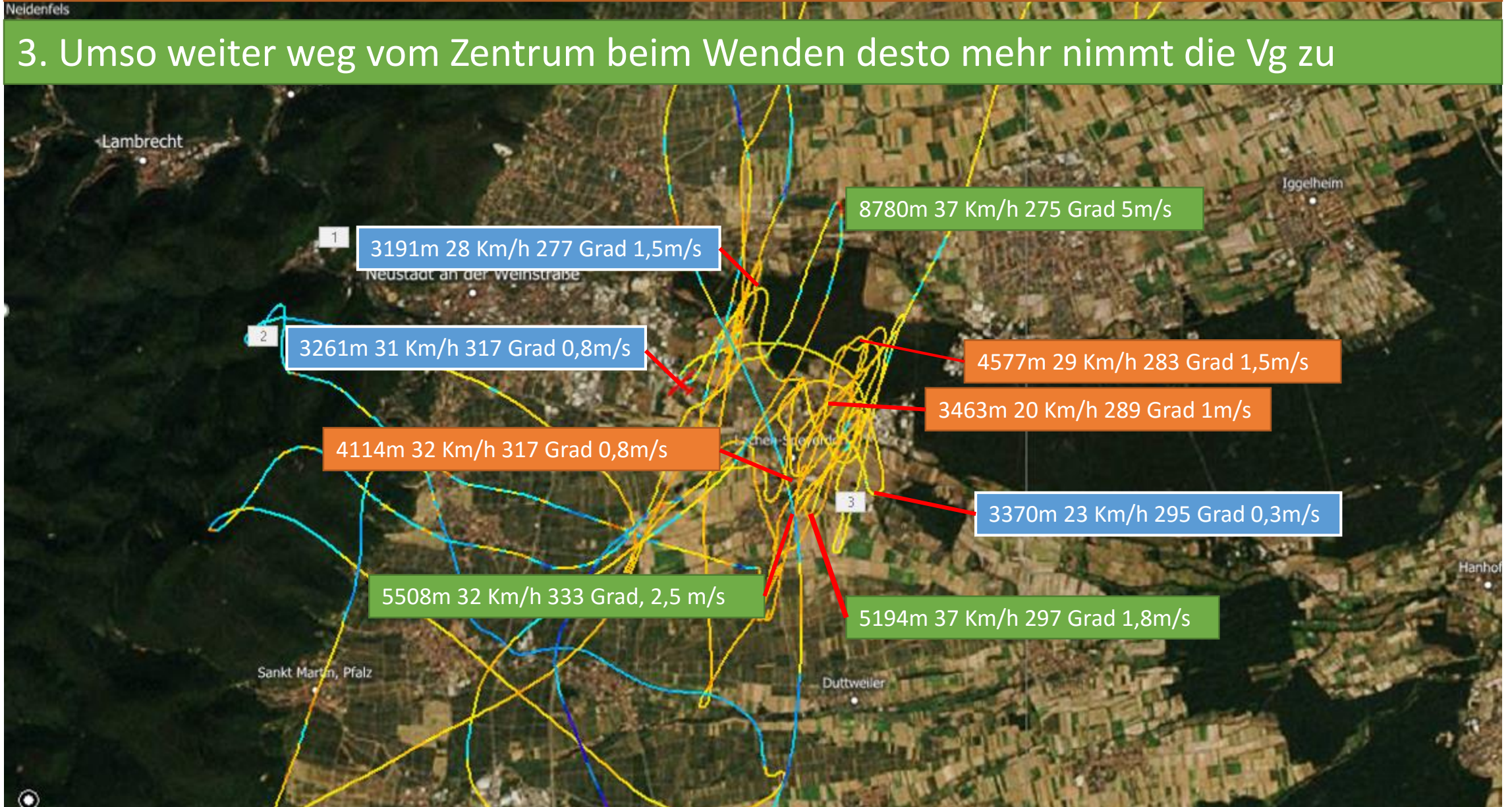
Matthias Picht Ackerwelle Ostwind



1. Zwischen zwei Wenden die Mitte nehmen und die Vgrnd muss abnehmen

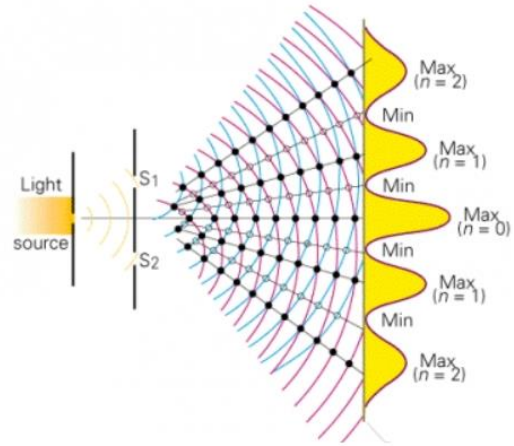
2. Zwischen den Wenden / Vgrund Minima muss der innere Kurs zwischen den Wendekursen liegen

3. Umso weiter weg vom Zentrum beim Wenden desto mehr nimmt die Vg zu

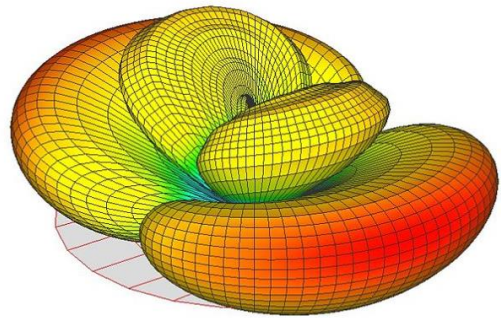


Akustik?

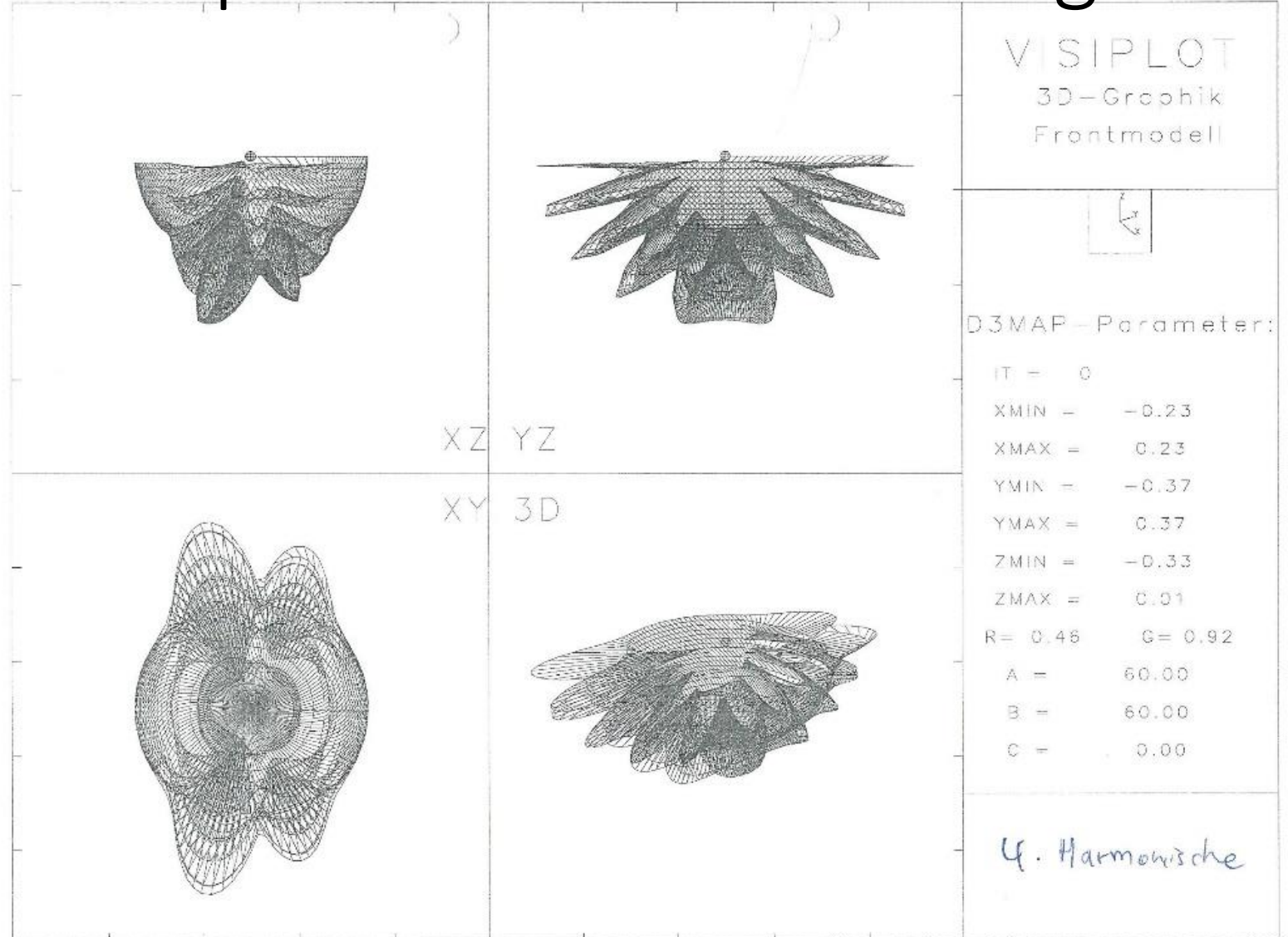
Beugung und Interferenz am Doppelspalt



Gen 2

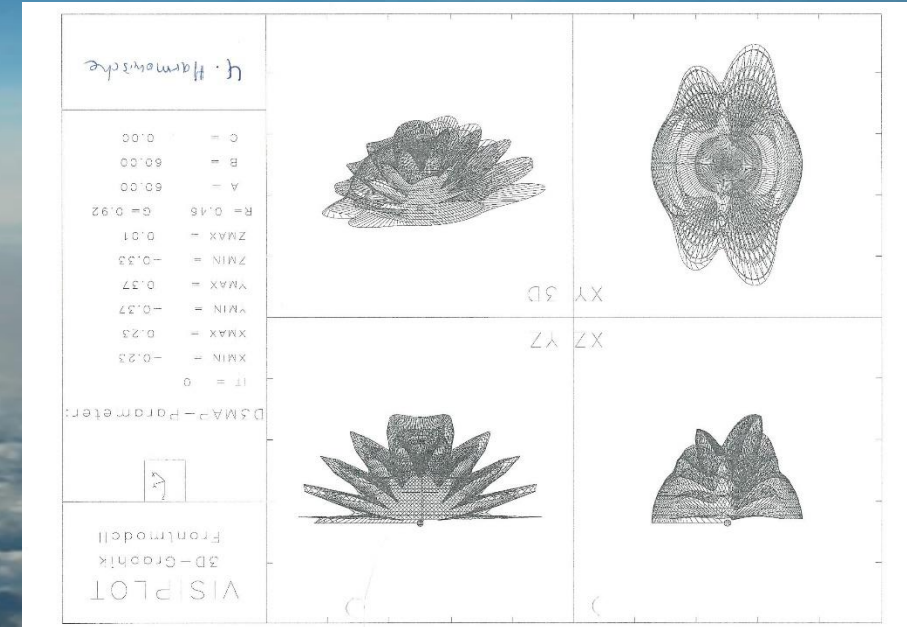
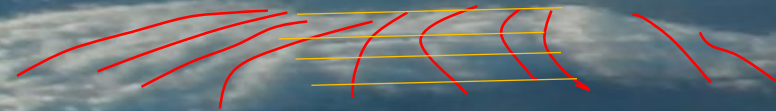


Dipolstrahler 4. Ordnung



Akustik?

Dipolstrahler 4. Ordnung



Vorschläge zur Flugführung

Kurs entlang der Längsausrichtung der auslösenden Gebirgskette legen

Berg Tal Kombination zur

Flugroute optimieren

Beim Steigen 90 Grad

Kursänderung in den Wind

Beim Fallen 90 Grad zum Wind fliegen

Zwischen zwei Wenden die Mitte nehmen und die Vg muss abnehmen

Zwischen den Wenden / Vg Minima muss der innere Kurs zwischen den Wendekursen liegen

Umso weiter weg vom Zentrum beim Wenden desto mehr nimmt die Vg zu

Kontur der Einzelerhebungen bildet sich in der Welle ab

Bildschirminhalt des XCSoar deuten

Vorhanden:

1. Position bekannt
2. Vektor der Flugrichtung bekannt
3. Steigen oder Fallen farblich aufbereitet
4. Historie des Flugweges

Anforderung:

1. Prognose (wie Zentrierhilfe)
2. Flugwegplanung (wie Kreisflug)
3. Höhenabhängige Sichten (Einstieg ist bedeutungslos)
4. Die Verweildauer im Steigen wird nicht angezeigt
5. Akustische Rückmeldungen (wie Vario oder AutoNavi)

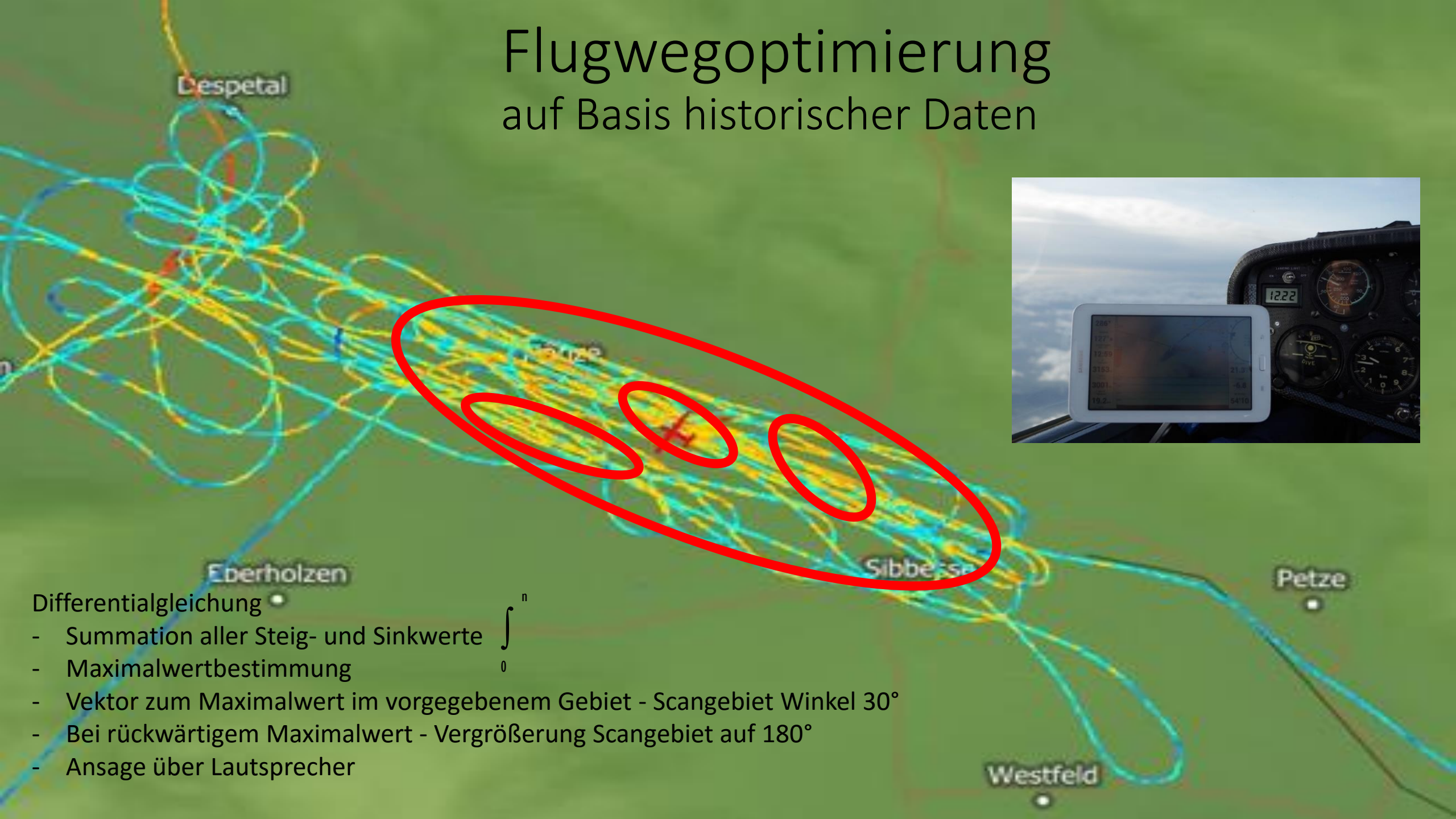


Sinnvolle Anzeigen um damit:

- a) Den richtigen Punkt zum Ersteintritt in die Welle zu treffen
- b) Den wiederholten Eintrittspunkt auch in unterschiedlichen Höhen zu treffen
- c) Das Flugzeug spontan auf den besten Steigpfad zu positionieren



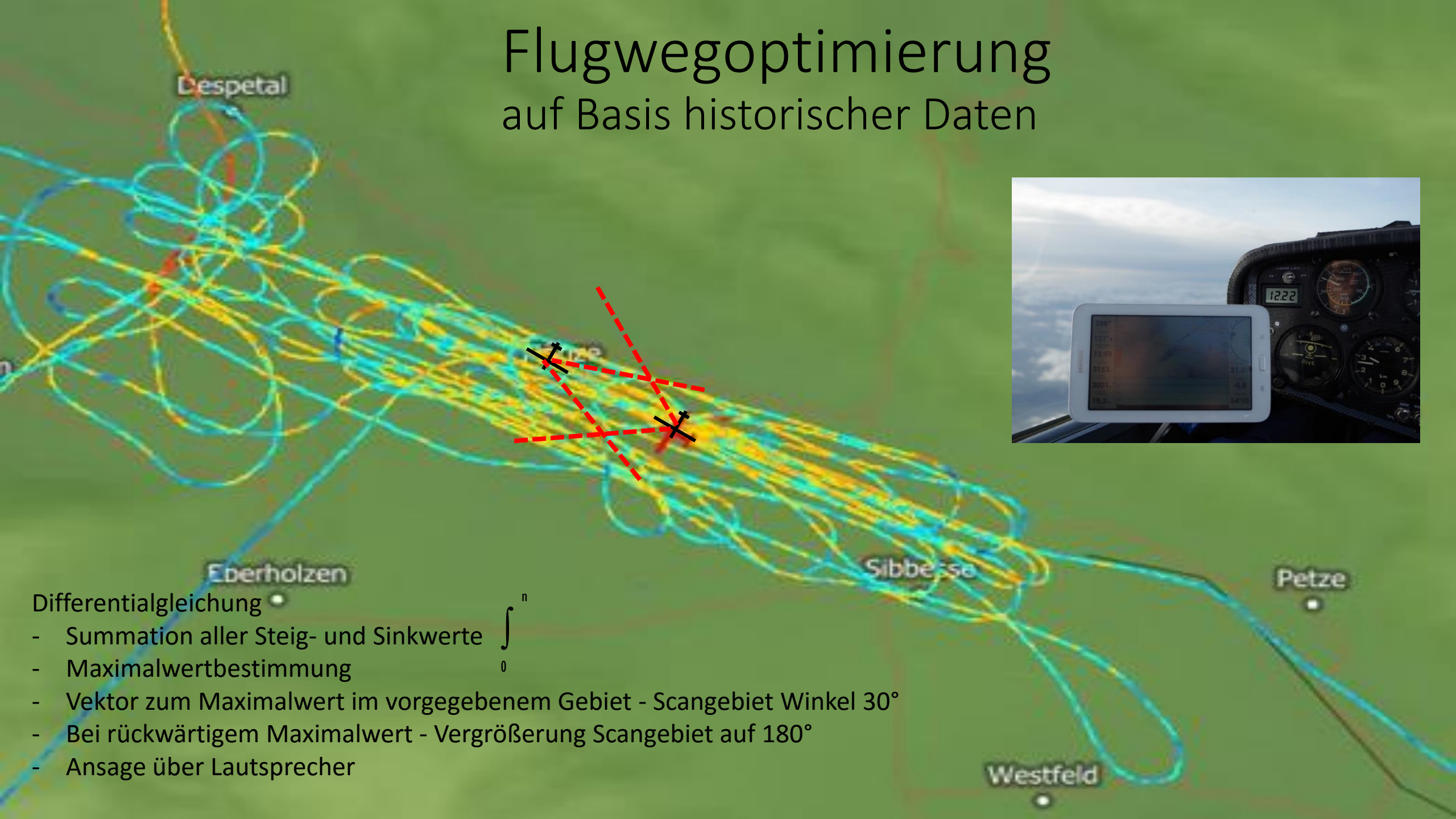
Flugwegoptimierung auf Basis historischer Daten



Differentialgleichung

- Summation aller Steig- und Sinkwerte \int_0^n
- Maximalwertbestimmung
- Vektor zum Maximalwert im vorgegebenem Gebiet - Scangebiet Winkel 30°
- Bei rückwärtigem Maximalwert - Vergrößerung Scangebiet auf 180°
- Ansage über Lautsprecher

Flugwegoptimierung auf Basis historischer Daten



Differentialgleichung

- Summation aller Steig- und Sinkwerte \int_0^n
- Maximalwertbestimmung
- Vektor zum Maximalwert im vorgegebenem Gebiet - Scangebiet Winkel 30°
- Bei rückwärtigem Maximalwert - Vergrößerung Scangebiet auf 180°
- Ansage über Lautsprecher

Treffen besonderer Art

Im Luftraum C

Freigabe „climb to“ FL 110 erhalten

Staffelung 1000 ft

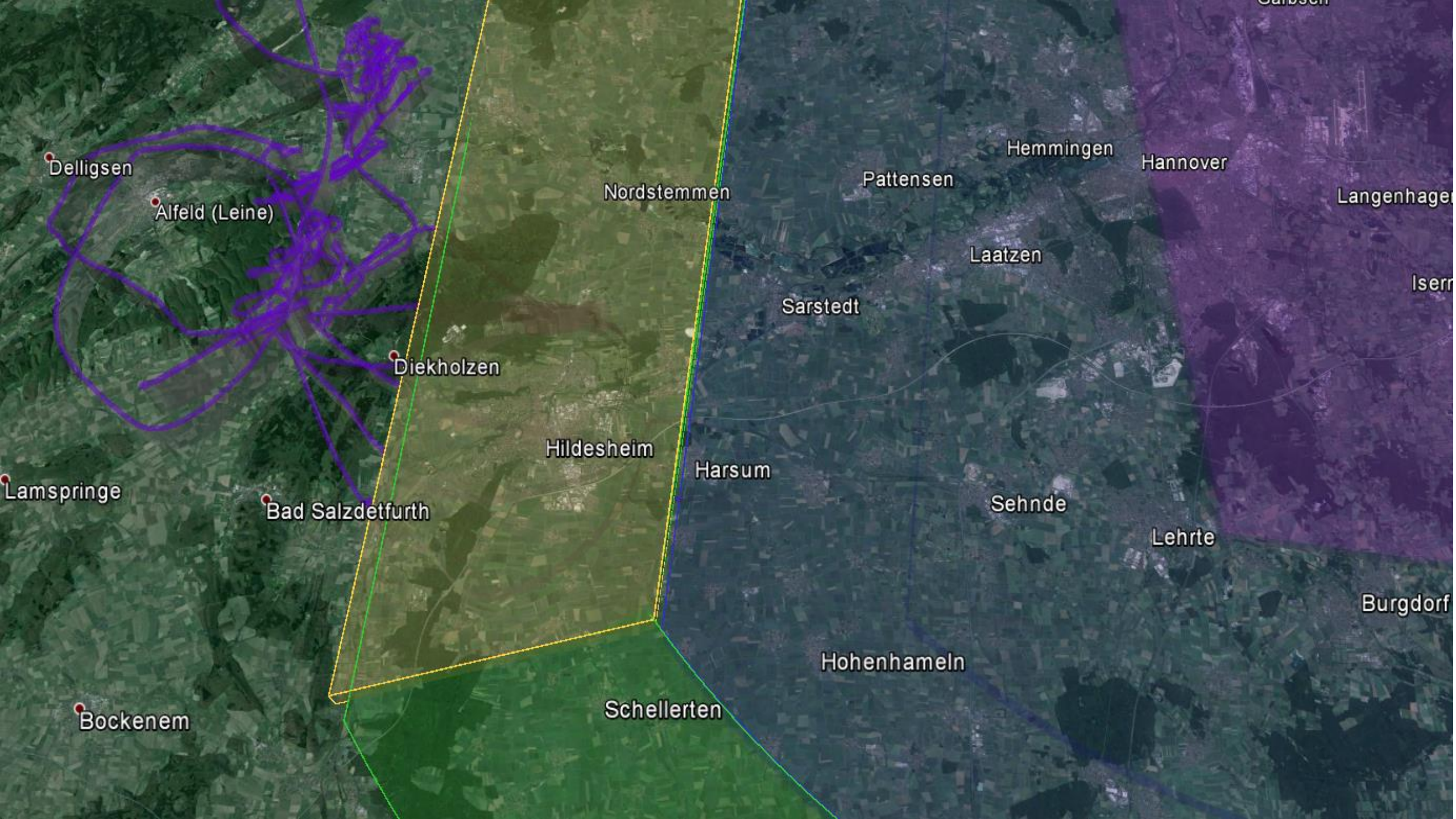
Bremen Info



Wirbelschleppen ?

Decent HAJ auf Radar

PowerFlarm nutzlos



Delligsen

Alfeld (Leine)

Diekholzen

Bad Salzdetfurth

Lamspringe

Bockenem

Nordstemmen

Hildesheim

Harsum

Schellerten

Pattensen

Sarstedt

Hemmingen

Hannover

Laatzen

Sehnede

Lehrte

Hohenhameln

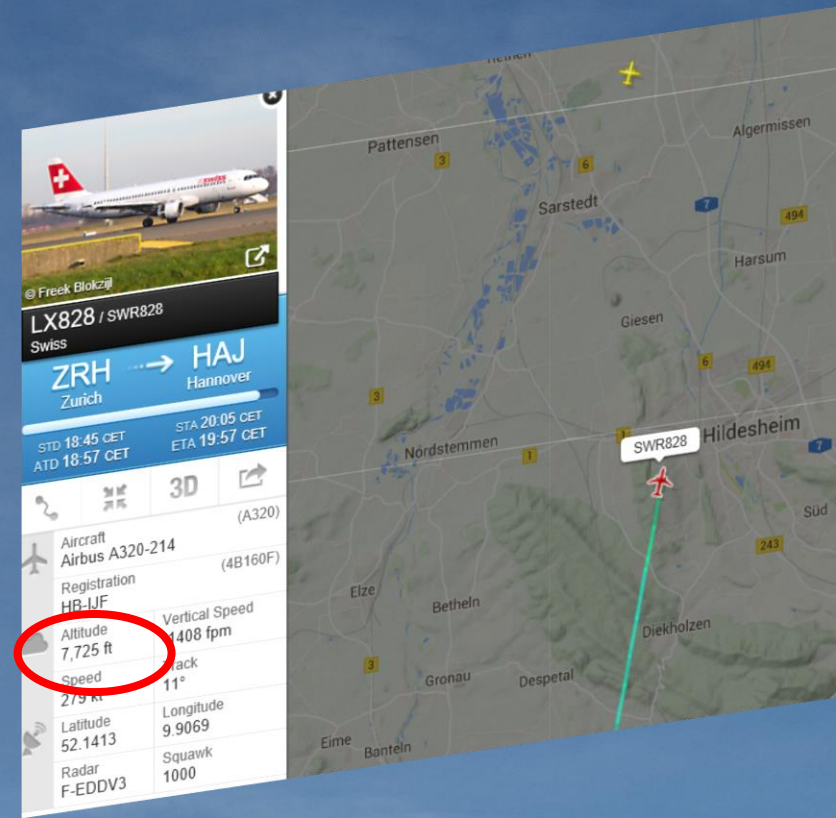
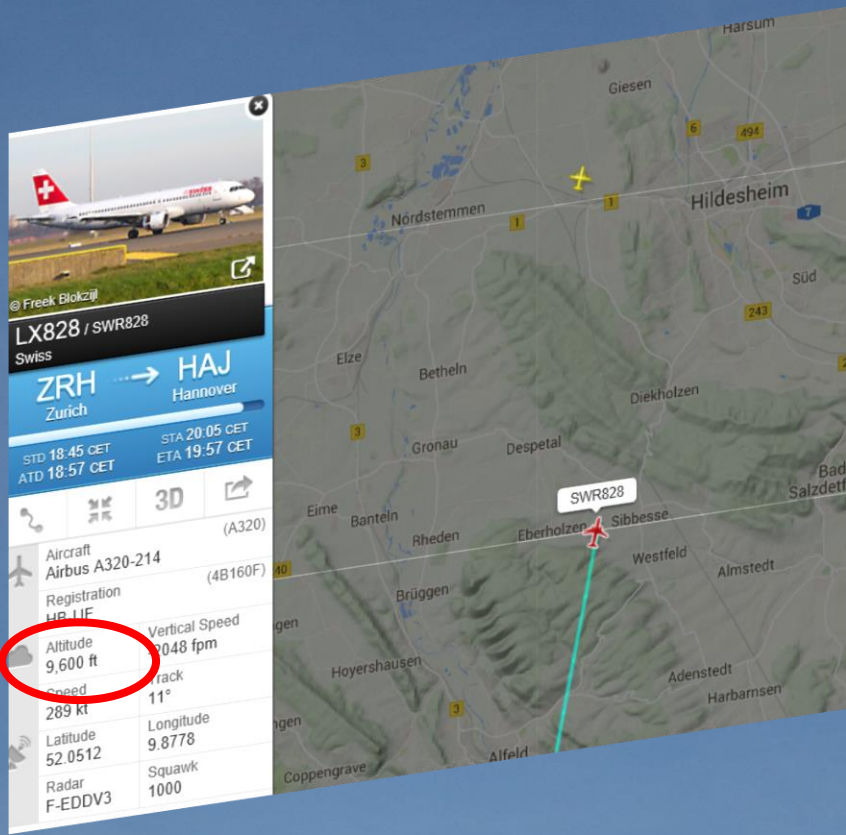
Langenhagen

Iserr

Burgdorf

Carbsen

Treffen besonderer Art



Treffen besonderer Art

AF1838 / AFR729L
CityJet
CDG → HAJ
Paris → Hannover
STD 18:15 CET
ATD 18:25 CET
STA 19:50 CET
ETA 19:35 CET

Aircraft	Avro RJ85	(RJ85)
Registration	FL-RJW	(4CA5D9)
Altitude	6,400 ft	Vertical Speed -1792 fpm
Speed	263 kt	Track 4°
Latitude	52.0373	Longitude 9.829
Radar	F-EDDV3	Squawk 0655



AFR729L
CityJet
CDG → HAJ
Paris → Hannover
STD 18:15 CET
ATD 18:25 CET
STA 19:50 CET
ETA 19:35 CET

Aircraft	Avro RJ85	(RJ85)
Registration	FL-RJW	(4CA5D9)
Altitude	5,000 ft	Vertical Speed 0 fpm
Speed	262 kt	Track 10°
Latitude	52.1197	Longitude 9.847
Radar	F-EDDV3	Squawk 0655



Ende