

AIRCRAFT DESIGN AND SYSTEMS GROUP (AERO)

Germanwings 4U9525 – Analyse des Sinkfluges: Flugzeugsysteme und Flugleistungsrechnung

Dieter Scholz

Hamburg University of Applied Sciences

Johann Metzger

Hamburg University of Applied Sciences

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4073233>

Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2015

Rostock, 22.-24. September 2015



Beim Unfall von Germanwings 9525 waren ingenieurwissenschaftliche Aussagen auch ohne Insiderwissen möglich. Dies insbesondere basierend auf den früh verfügbaren Daten von FlightRadar24 und den öffentlich verfügbaren Daten zur A320 über Flugleistung und Flugzeugsysteme. Die vereinfachte statische Auswertung der Daten von FlightRadar24 anhand der Polare der A320 ermöglichte eine erste Einordnung und Überprüfung der Daten und förderte das Verständnis über den Sinkflug von 4U9525. Es konnte gezeigt werden, dass der Nicklagewinkel des Flugzeugs während des Sinkfluges 5° (nose down) nicht überschritten hat und die Passagiere daher wahrscheinlich zunächst wenig Anlass zur Besorgnis hatten. Die Übereinstimmung der Messwerte von FlightRadar24 und bekannten Charakteristiken einer funktionstüchtigen A320 kann aber in diesem Fall letztlich nur mit Hilfe einer dynamischen Betrachtung gezeigt werden. Eine flugwissenschaftliche Arbeitsweise konnte bei diesem Flugunfall frühzeitig weitere Erkenntnissen aus wenigen bekannten Fakten generieren. Schon vor der Pressekonferenz von Lufthansa-Chef Spohr (26.03.15, 14:56) konnte technisches Versagen des Flugzeugs bereits weitgehend ausgeschlossen werden. Ingenieure sollten sich daher mit ihrem Wissen verstärkt auch in die öffentliche Diskussion einbringen. Öffentlich zugängliche Informationen wie die von FlightRadar24 helfen dabei, die Bewertung eines Flugunfalls zu demokratisieren. Die Allgemeinheit ist damit nicht allein auf die gesteuert bereitgestellte Informationen der Luftfahrtindustrie angewiesen.

- Was ist passiert?
- Flugmechanik
- FlightRadar24.com
- FlightRadar24.com: 24.03.2015
- Bericht aus der New York Times: 24.03.2015
- BEA Infos
- BEA Info: 24.03.2015
- BEA Info: 25.03.2015
- Zeit Online: 25.03.2015
- [Info der HAW Hamburg: 26.03.2015, 10:00](#)
- Pressekonferenz Lufthansa: 26.03.2015, 14:56
- FlightRadar24.com: 28.03.2015
- BEA Info: 03.04.2015
- BEA Zwischenbericht: 06.05.2015
- Eigene Auswertung – FlightRadar24.com
- [Eigene Auswertung – Sinkrate, Bahnwinkel, Nicklagewinkel](#)
- Eigene Analyse: Polare der A320
- [Eigene Auswertung – Messung versus Flug auf A320 Polare](#)
- [Technisches Fazit](#)
- Zum Vergleich: Beiträge der VC
- [Persönliche Schlussfolgerung zu gesellschaftlichen Fragen](#)
- Anhang: Hintergründe zur Erstellung der A320 Polare

Was ist passiert?

The New York Times 24.03.2015



Der **Germanwings-Flug 9525** (Flugnummer auch **4U 9525**, Rufzeichen **GW18G**) war ein Linienflug der Fluggesellschaft **Germanwings** (IATA-Code 4U) von **Barcelona** nach **Düsseldorf**.^[4] Am 24. März 2015 zerschellte der den Flug absolvierende **Airbus A320-211** auf dieser Route auf dem Gebiet der Gemeinde **Prads-Haute-Bléone** im südfranzösischen Département **Alpes-de-Haute-Provence**. Alle 150 Insassen kamen dabei ums Leben.

Die **französische Staatsanwaltschaft** hat vorläufig ermittelt, der Copilot **Andreas Lubitz**^[5] habe den Sinkflug der Maschine willentlich herbeigeführt und die Geschwindigkeit vor dem Aufprall erhöht.^[6]



WIKIPEDIA
Die freie Enzyklopädie

- Definition von Geschwindigkeiten und Umrechnungen

IAS \rightarrow CAS \rightarrow EAS \rightarrow TAS \rightarrow GS

$V_I \rightarrow V_C \rightarrow V_E \rightarrow V \rightarrow V_G$

IAS	: Angezeigte Geschw.	indicated	airspeed
CAS	: kalibrierte Geschw.	calibrated	— " —
EAS	: Äquivalentgeschw.	equivalent	— " —
TAS	: Wahre Geschw.	true	— " —
GS	: Geschw. über Grund	ground	speed

Formeln zur Umrechnung nach Skript.

• Herleitung der Umrechnung $V_E \rightarrow V$:

$$\frac{1}{2} \rho_0 V_E^2 = \frac{1}{2} \rho V^2$$
$$\frac{\rho_0}{\rho} V_E^2 = V^2$$
$$V^2 = \frac{V_E^2}{\rho/\rho_0}$$
$$V = V_E / \sqrt{\sigma}$$

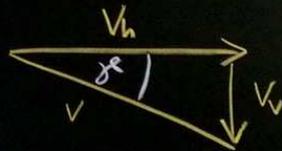
[1] Tafelbilder zur Vorlesung Flugmechanik. – URL: <http://fml.ProfScholz.de>

Gleitflug gliding flight

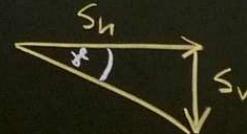
Der Gleitflug ist ein Sinkflug ohne Motorleistung bzw. ohne Schub. Unbeschleunigt ergibt sich:

$$\sin \gamma = \frac{\cancel{T}}{W} - \frac{D}{W} = -\frac{D}{L} \cdot \cos \gamma$$

$$\frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = \boxed{\tan \gamma = -\frac{1}{E}}$$



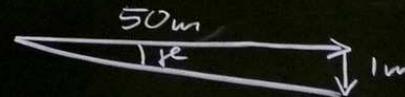
oder:



s_v : Höhe gesunken

s_h : Strecke horizontal zurück gelegt

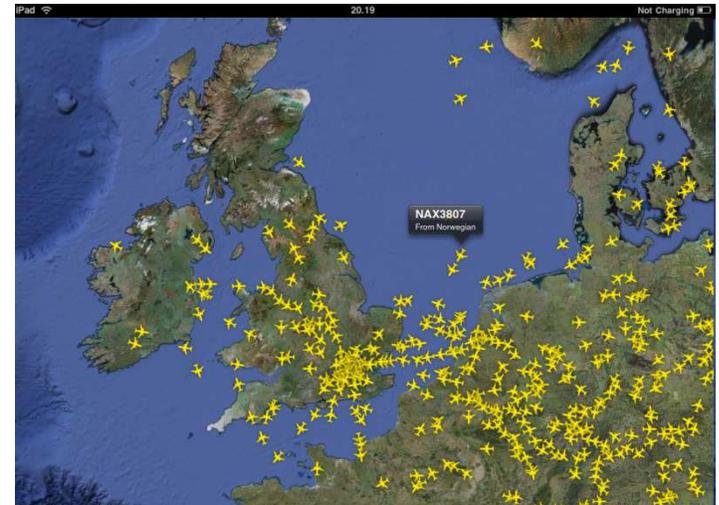
Beispiel: $E = 50$
max



[1]

Flightradar24 is a **flight tracker** that shows live air traffic from around the world. Flightradar24 combines **data from** several data sources including ADS-B, MLAT and FAA. The ADS-B, MLAT and FAA data is aggregated together with schedule and flight status data from airlines and airports to create a unique flight tracking experience on www.flightradar24.com. The primary technology that Flightradar24 use to receive flight information is called **Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)**. Also used: **Multilateration (MLAT)** by measuring the the time it takes to receive the signal from aircraft with an older **ModeS-transponder**.

<https://www.flightradar24.com/how-it-works>





24.03.2015

GW18G_20150324.csv

time,mode_s, callsign,
latitude,longitude,position,
altitude_feet,squawk,
ground_speed,ignore,
vspeed,on_ground,radar_id

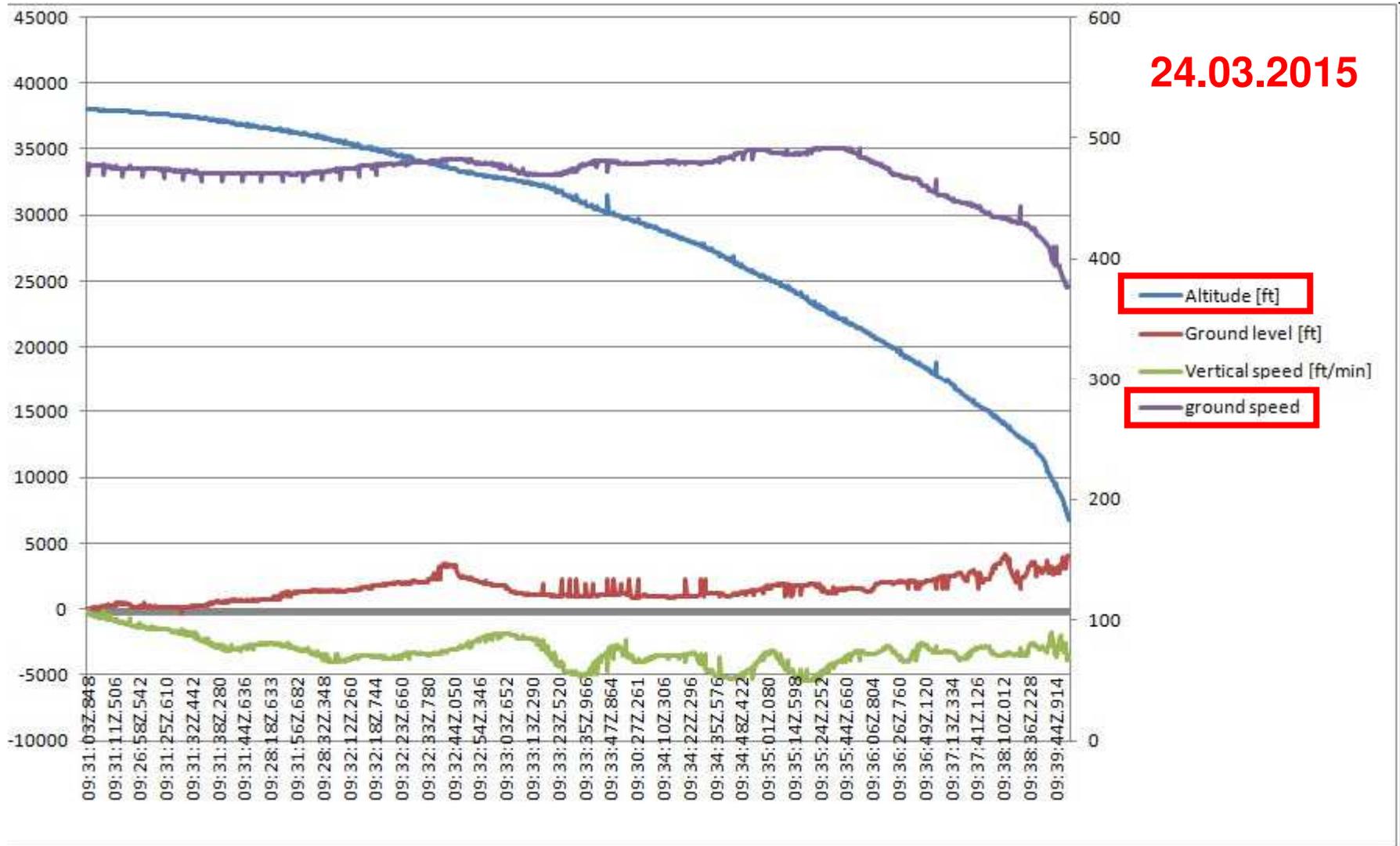
7908 data sets



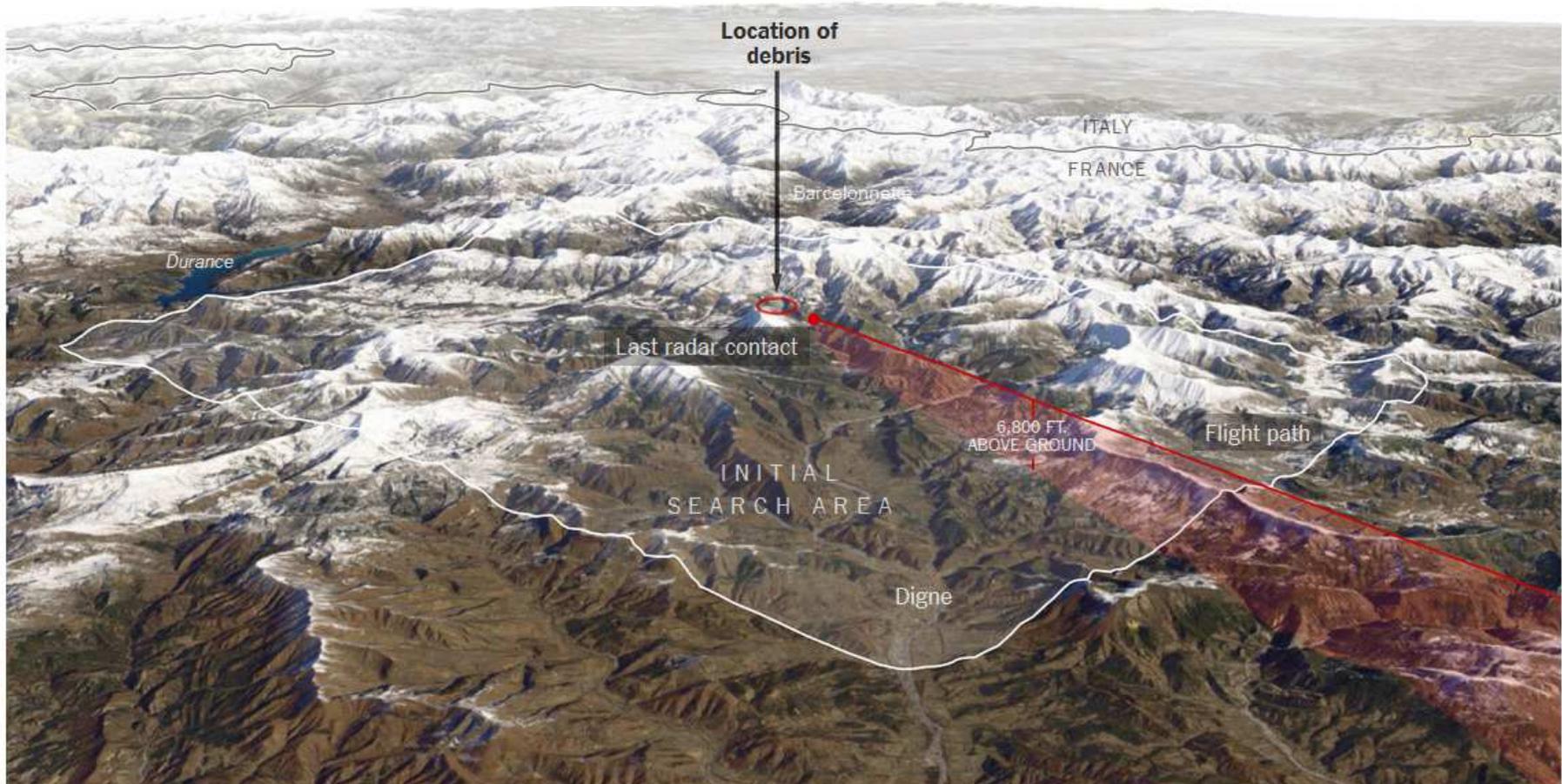
Full csv file with positions and altitude of
flight #4U9525 flightradar24.com
/GW18G_2015032...

Übersetzung anzeigen

GW18G	44 045	6 28 P	12275	5512	424	26	-2752 A
GW18G	44 039	6 277 P	12425	5512	426	26	-2688 A
GW18G	44 045	6 28 P	12300	5512	424	26	-2688 A
GW18G	44 045	6 28 P	12300	5512	426	26	-2624 A
GW18G	44 049	6 283 P	12150	5512	423	26	-2816 A
GW18G	44 053	6 286 P	12075	5512	423	26	-2816 A
GW18G	44 056	6 288 P	11975	5512	421	26	-2880 A
GW18G	44 059	6 29 P	11900	5512	420	26	-2880 A



The New York Times 24.03.2015



The New York Times | Flight path data from [Flightradar24](#); satellite image by NASA/U.S.G.S. Landsat; debris location from French national police

The New York Times 24.03.2015

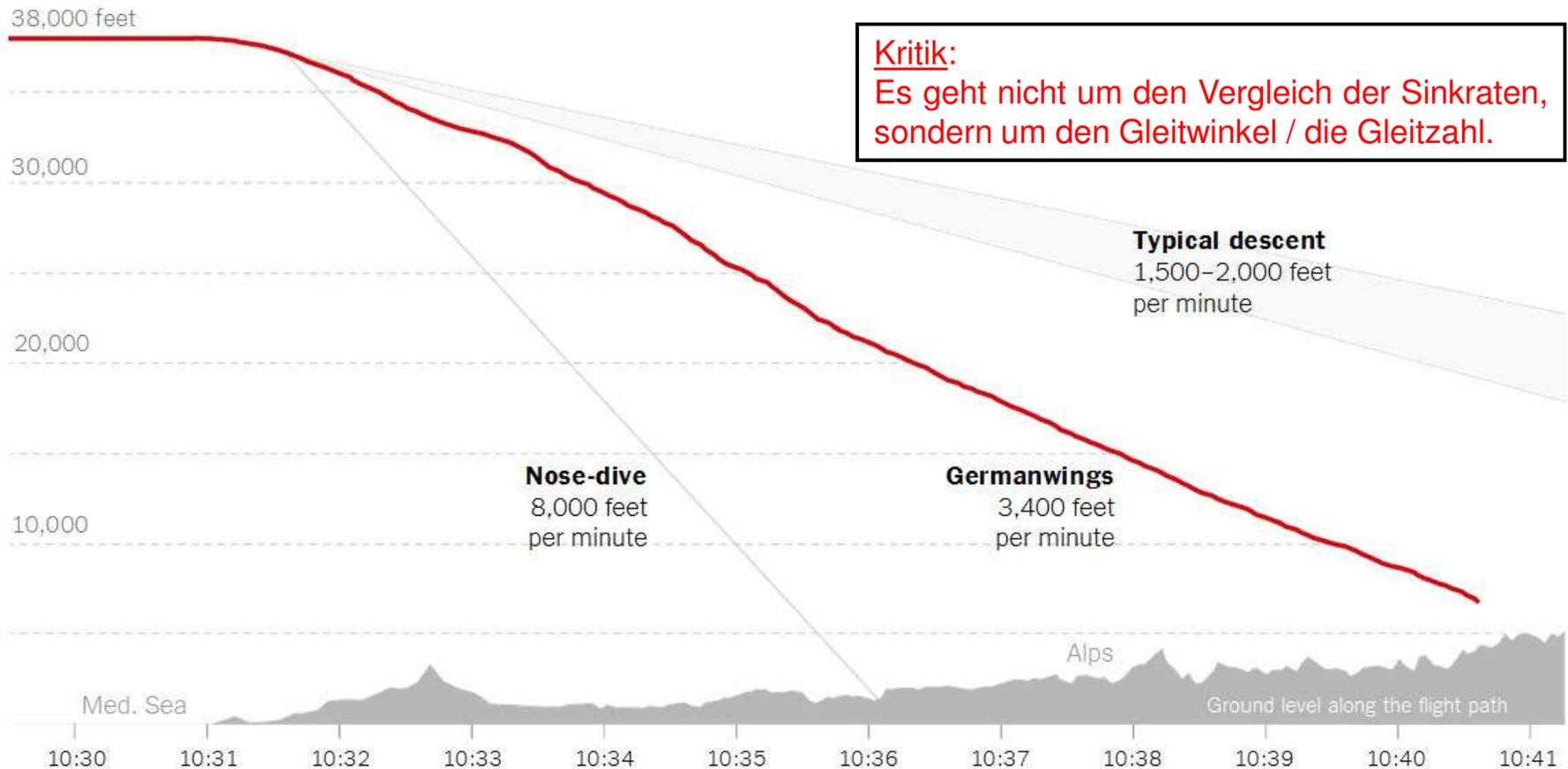


The New York Times | Flight path data from [Flightradar24](#); satellite image by NASA/U.S.G.S. Landsat

The New York Times 24.03.2015



The New York Times 24.03.2015



The New York Times | Sources: Todd Curtis, Airsafe.com; Glenn Harmon, Embry-Riddle Aeronautical University; flight path data from [Flightradar24](#)



Accident to the Airbus A320-211 registered D-AIPX, flight 4U9525, on 24 March 2015

Reports

- Preliminary Report, 6 May 2015



Press releases and information

- Information, 24 March 2015
- Information, 31 March 2015
- Information, 3 April 2015



Media library

- Photos of the CVR brought to the BEA on the morning of the 25 March
- Photo of the site of the accident
- Photos of the CVR brought to the BEA on the morning of the 25 March

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Flugunfall des Airbus A320-211 mit dem Kennzeichen D-AIPX, Flug GWI18G, vom 24. März 2015

II INFORMATION VOM 24 MÄRZ 2015

Gemäß den Bestimmungen der EU-Verordnung 996/2010 hat das BEA eine Sicherheitsuntersuchung eingeleitet, nachdem es am Vormittag informiert wurde, dass ein Airbus A320-211 in der Nähe der Gemeinde Prads-Haute-Bléone (Alpes de Haute-Provence, Frankreich) abgestürzt ist.

Das Flugzeug der Germanwings mit der Kennung D-AIPX, Flug GWI18G, war auf dem Flug von Barcelona (Spanien) nach Düsseldorf (Deutschland). Nach Informationen der Fluggesellschaft befanden sich 144 Passagiere und 6 Besatzungsmitglieder an Bord.

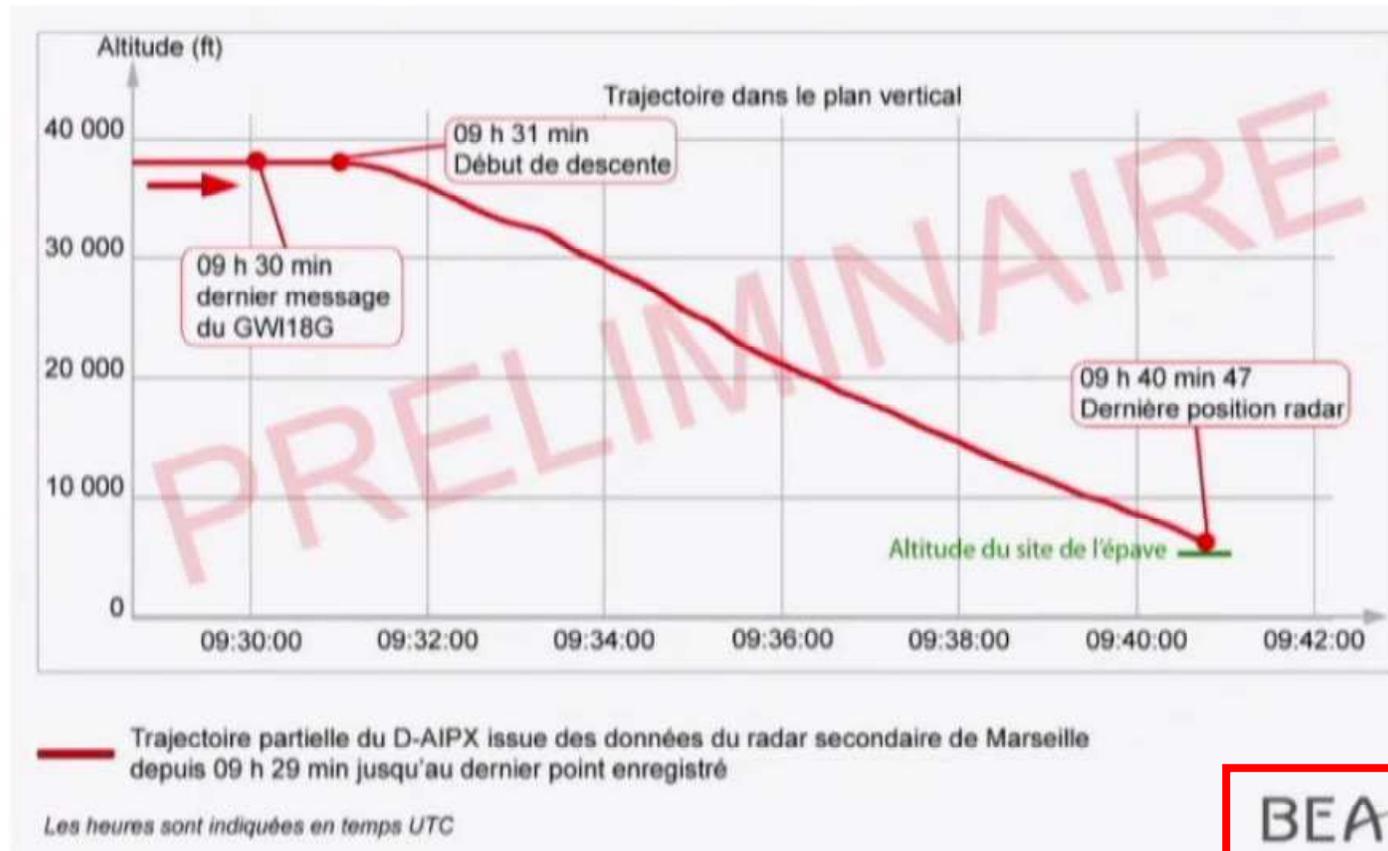
Sieben Ermittler des BEA, in Begleitung von technischen Beratern von Airbus und CFM International, begeben sich an die Unglücksstelle. Dort wird ein Team von drei Ermittlern der BFU, Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, hinzustoßen, der deutschen Entsprechung des BEA.

Eine Pressekonferenz findet morgen, Mittwoch 25. März, von 16 Uhr bis 16:45 bei der BEA statt. Die Journalisten, die daran teilnehmen möchten, werden gebeten, ihre Teilnahme zu bestätigen bei Sonia Festou, sonia.festou@bea-fr.org

24.03.2015

25.03.2015

Graphic
Last updated: 25 March 2015



FLUGZEUGUNGLÜCK

Acht Minuten Sinkflug

Aktualisiert 25. März 2015 11:52 Uhr

1 Kommentar |



Bei dem Absturz eines Airbus der Lufthansa-Tochter Germanwings am Dienstag in den französischen Alpen kamen wohl alle 150 Menschen an Bord ums Leben. Die Ursache für das Unglück sind noch ungeklärt. Eine Animation zeigt den Sinkflug der Maschine.

Kritik:

Es wird das Flugzeug bei einem erheblich zu hohen Nicklagewinkel dargestellt. Das Video zeigt ein Dramatik des Sinkfluges, die so nicht bestand.

25.03.2015



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Anmerkung:
DOI mit Zeitstempel
als Beweis des
Zeitpunktes der
Veröffentlichung.



Permanent Link: DOI: <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1356060>
CC BY

**26.03.2015,
10:00**

Engineering Note

Analyzing the Descending Flight of the Germanwings A320 4U9525 on 2015-03-24

Abstract

This Engineering Note provides the summary of an analysis of the descending flight of the Germanwings A320 4U9525 on 2015-03-24 from 10:32 to 10:41, which ended in a tragic crash in which the aircraft and all on board were lost. The analysis starts with a collection of data publicly available on 2015-03-25 – especially the detailed data of time, altitude, ground speed, and vertical speed from flightradar24.com. The analysis takes into account simple flight performance and aerodynamic calculations and considers the functioning of the aircraft systems: Flight Control, Autopilot, and Autothrust and their dependencies. Results are interpreted in which a 9 minute long descending flight is described. The – by far – most likely explanation is followed in detail. It results in the observation that the A320 flew in the descending flight on its own down until impact. The aircraft did what it would do, when no one interferes with additional commands.

Faculty of Engineering and
Computer Science

Automotive and Aeronautical
Engineering

Aircraft Design and Systems
Group (AERO)

Prof. Dr.-Ing.
Dieter Scholz, MSME

Date, Time
2015-03-26, 10:00

Reply to
Dieter Scholz

Phone
+49.40.42875.8825

Anmerkung:
Schon vor der
Pressekonferenz von
Lufthansa-Chef Spohr
(14:56) hatte ich
technisches Versagen
des Flugzeugs bereits
weitgehend
ausgeschlossen!



Calculations where done based on these parameters:

time in UTC	altitude feet	ground speed	vspeed
09:27:02Z.260	37900	445	192
09:32:03Z.612	35900	472	-3584
09:35:31Z.654	22625	492	-4800
09:36:30Z.092	19475	468	-3776
09:40:36Z.794	6800	378	-3520

**26.03.2015,
10:00**

- altitude is measured in ft
- ground speed in kt
- vertical speed in ft/min

Also Excel file with calculations
Is uploaded:

<http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/4U9525.html>

Mike (**2015-03-26, 12:35**)
"Switch on FCU to 100 ft"

([http://forum.flightradar24.com/threads/8650-We-have-analysed ...](http://forum.flightradar24.com/threads/8650-We-have-analysed...))





In einer Pressekonferenz hat [Lufthansa](#)-Chef Spohr die Erkenntnisse der französischen Staatsanwaltschaft bestätigt "... dass das Flugzeug offensichtlich willentlich zum Absturz gebracht wurde, mutmaßlich durch den Co-Piloten"

**26.03.2015,
14:56**

Kritik:

Die Bewertung "willentlich zum Absturz gebracht" kommt zu früh und ist eine (zu diesem Zeitpunkt) unpassende und rechtlich fragwürdige Vorverurteilung des Copiloten.



```
09:18:17Z.968 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:19Z.244 ROLL: 0°R TTRACK: 66° TAS: 458kt
09:18:19Z.555 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:20Z.081 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:20Z.087 ROLL: 0°L TTRACK: 66° TAS: 458kt
09:18:22Z.130 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:22Z.138 ROLL: 0°R TTRACK: 66° TAS: 458kt
09:18:29Z.118 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:29Z.841 T,3c6618,41.997116,4.160510,30000,GWI18G
09:18:30Z.094 ROLL: 0°R TTRACK: 66° TAS: 458kt
09:18:30Z.455 MCP/FMC ALT: 30000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:18:30Z.732 T,3c6618,41.997803,4.163132,30000,GWI18G
09:18:31Z.742 T,3c6618,41.998684,4.165671,30000,GWI18G
09:18:32Z.772 T,3c6618,41.999522,4.168801,30000,GWI18G
09:18:33Z.661 T,3c6618,42.000407,4.171355,30000,GWI18G
09:18:34Z.572 T,3c6618,42.001236,4.173744,30000,GWI18G
09:21:08Z.800 MCP/FMC ALT: 38000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:21:09Z.258 T,3c6618,42.194204,4.553450,32050,GWI18G
09:21:10Z.208 T,3c6618,42.195923,4.555518,32050,GWI18G
09:21:11Z.109 T,3c6618,42.197296,4.557079,32075,GWI18G
09:21:11Z.791 ROLL: 0°R TTRACK: 42° TAS: 446kt
09:21:11Z.897 MCP/FMC ALT: 38000 ft QNH: 1006.0 hPa
09:21:12Z.169 T,3c6618,42.199493,4.559638,32100,GWI18G
09:21:35Z.205 ROLL: 0°L TTRACK: 42° TAS: 446kt
09:21:35Z.518 T,3c6618,42.238312,4.606330,32500,GWI18G
09:21:37Z.970 IAS: 280kt MACH: 0.78 BARO VRATE: +1152 fpm INTERTIAL VRATE: +1120 fpm
-----
```



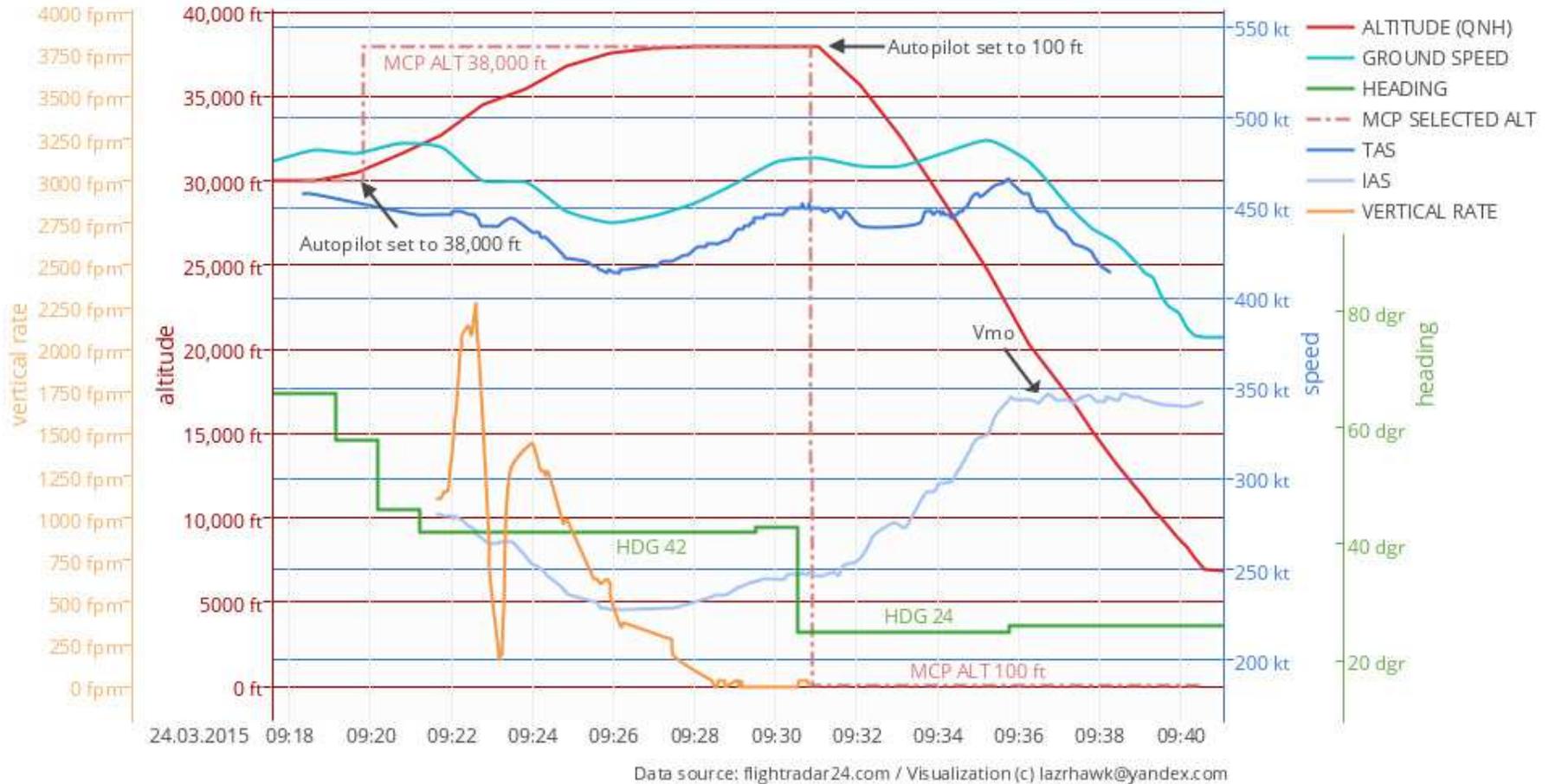
28.03.2015

With this (and the plot on the next page)
all data of flightradar24 is released.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/5175572/GWI18G_mode_s%2Badsb.txt

Germanwings Flight 9525
ADS-B/Mode-S Transponder Flight Data

28.03.2015



BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Flugunfall des Airbus A320-211 mit dem Kennzeichen D-AIPX, Flug GWI18G, vom 24. März 2015

INFORMATION VOM 3 APRIL 2015

Fortgang der Sicherheitsuntersuchung

Der Flugdatenschreiber (FDR) des Flugzeuges wurde gestern Abend zur BEA gebracht. Sofort nach der Anlieferung begann das Team der BEA mit der Öffnung des gegen Aufschlag geschützten Datenträgers.

Das erste Auslesen der aufgezeichneten Daten zeigte, dass der Pilot im Cockpit das Flugzeug mit dem Autopiloten bis auf eine Höhe von 100 ft in den Sinkflug steuerte. Während des Sinkfluges veränderte der Pilot mehrfach die Einstellung am Autopiloten, um die Geschwindigkeit zu erhöhen.

Die Arbeiten zur Klärung des genauen Flugverlaufs dauern an.

03.04.2015

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

Zwischenbericht

06.05.2015

**Unfall am 24. März 2015
in Prads-Haute-Bléone
(Alpes-de-Haute-Provence, Frankreich)
mit einem Airbus A320-211,
Kennzeichen D-AIPX,
betrieben von Germanwings**

Kontrollierter Sinkflug mit Autopilot, Kollision mit Gelände

Luftfahrzeug	Airbus A320-211 Kennzeichen D-AIPX
Datum und Uhrzeit	24. März 2015 um 09:41 Uhr ¹
Luftfahrtunternehmen	Germanwings
Ortsangabe	Prads-Haute-Bléone (04)
Art des Fluges	Gewerblicher Luftverkehr
Anzahl der Personen an Bord	Kapitän (PM); Copilot (PF); 4 Kabinenbesatzung; 144 Fluggäste
Schaden und Konsequenzen	Die Besatzung und die Passagiere erlitten tödliche Verletzungen, das Flugzeug wurde zerstört.

Um 09:30:53 Uhr (**Punkt 4**) veränderte sich die eingestellte Höhe am FCU innerhalb einer Sekunde von 38 000 ft auf 100 ft². Eine Sekunde später befand sich der Autopilot in der Betriebsart OPEN DES³ und Autothrust in THR IDLE. Das Flugzeug begann zu sinken und die Drehzahlen beider Triebwerke verringerten sich.

Um 09:33:12 Uhr (**Punkt 5**) änderte sich der Autopilot in der Betriebsart Speed Mode von Managed Mode auf Selected⁴ Mode. Eine Sekunde später war die eingestellte Zielgeschwindigkeit 308 kt während die Geschwindigkeit des Flugzeuges 273 kt betrug.

Um 09:33:35 Uhr reduzierte sich die eingestellte Geschwindigkeit auf 288 kt. Danach wurde die Zielgeschwindigkeit innerhalb von 13 Sekunden sechs Mal verändert, bis sie 302 kt erreicht hatte.

Um 09:34:23 Uhr erhöhte sich die eingestellte Geschwindigkeit bis auf 323 kt. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges betrug zu diesem Zeitpunkt 301 kt und begann auf das eingestellte Geschwindigkeitsziel zu steigen.

Um 09:35:03 Uhr (**Punkt 8**) erhöhte sich die eingestellte Geschwindigkeit wieder auf 350 kt⁵.

Danach und bis zum Ende der Aufzeichnung:

- Die eingestellte Geschwindigkeit blieb auf 350 kt und die Geschwindigkeit des Flugzeuges stabilisierte sich bei 345 kt.
- Autopilot und Autothrust blieben eingeschaltet.

 **New information**

- Zwischen 09:39:33 Uhr und 09:40:07⁶Uhr wurden Sidestick-Eingaben mit geringer Amplitude auf der Copiloten Seite aufgezeichnet.

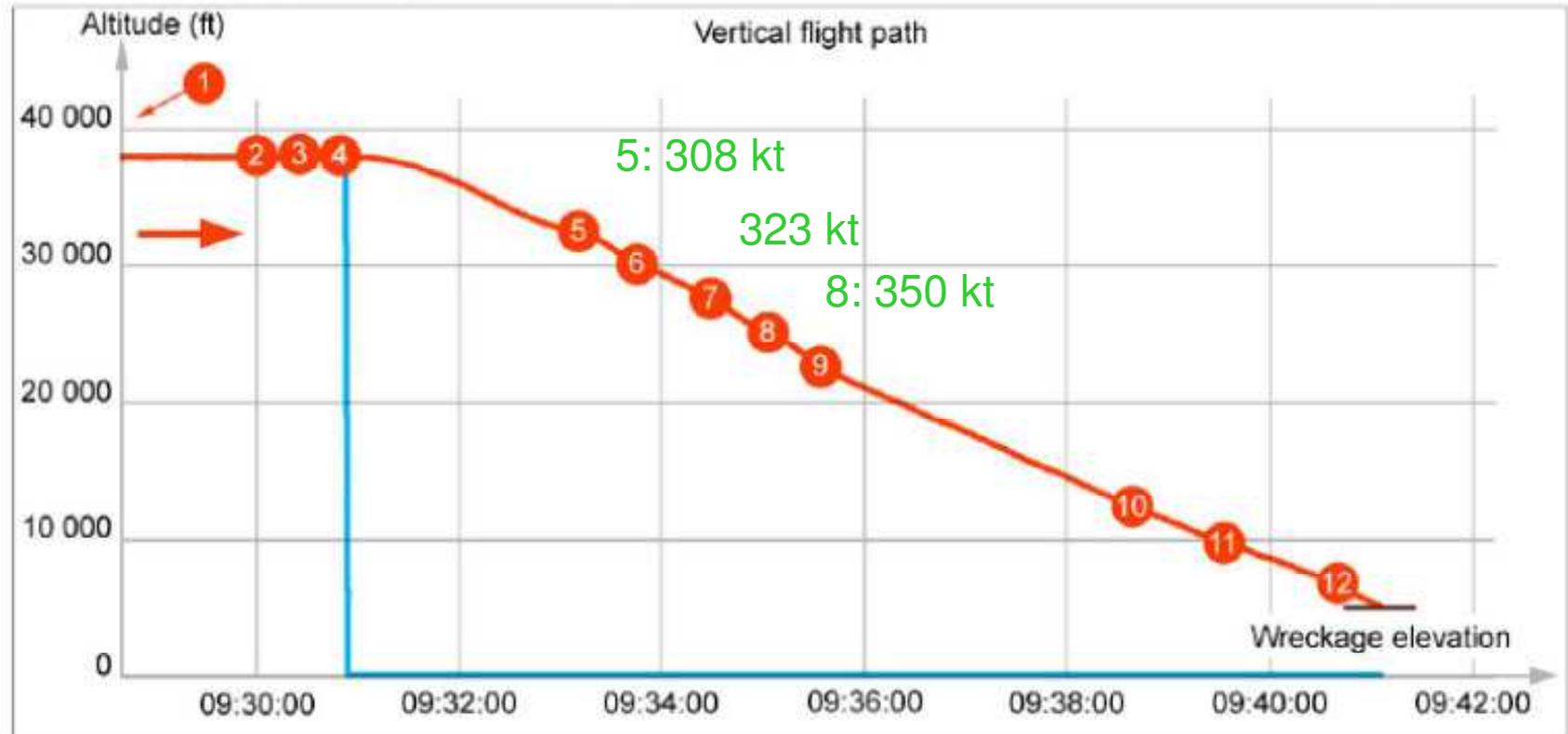
Um 09:40:41 Uhr (**Punkt 12**) wurde das akustische Warnsignal des GPWS « Terrain, Terrain, Pull Up, Pull Up » ausgelöst und blieb für den Rest des Fluges aktiv.

Um 09:41:06 Uhr stoppte die Aufzeichnung des CVR mit dem Aufschlag im Gelände.

1.6 Meteorologische Informationen

Die Informationen, die Météo France zur Verfügung gestellt hat, zeigen, dass in Flugfläche 380 das Flugzeug im wolkenlosen Himmel über einzelnen Cirruswolken flog, deren höchste Punkte bei 32 000 ft lagen. Der Wind kam aus Südwesten mit ca. 40 kt.

BEA Zwischenbericht: 06.05.2015



— D-AIPX Flight path based on FDR recorded data

— Selected Altitude

Times given are UTC

BEA

1.5.6 OPEN DESCENT Mode

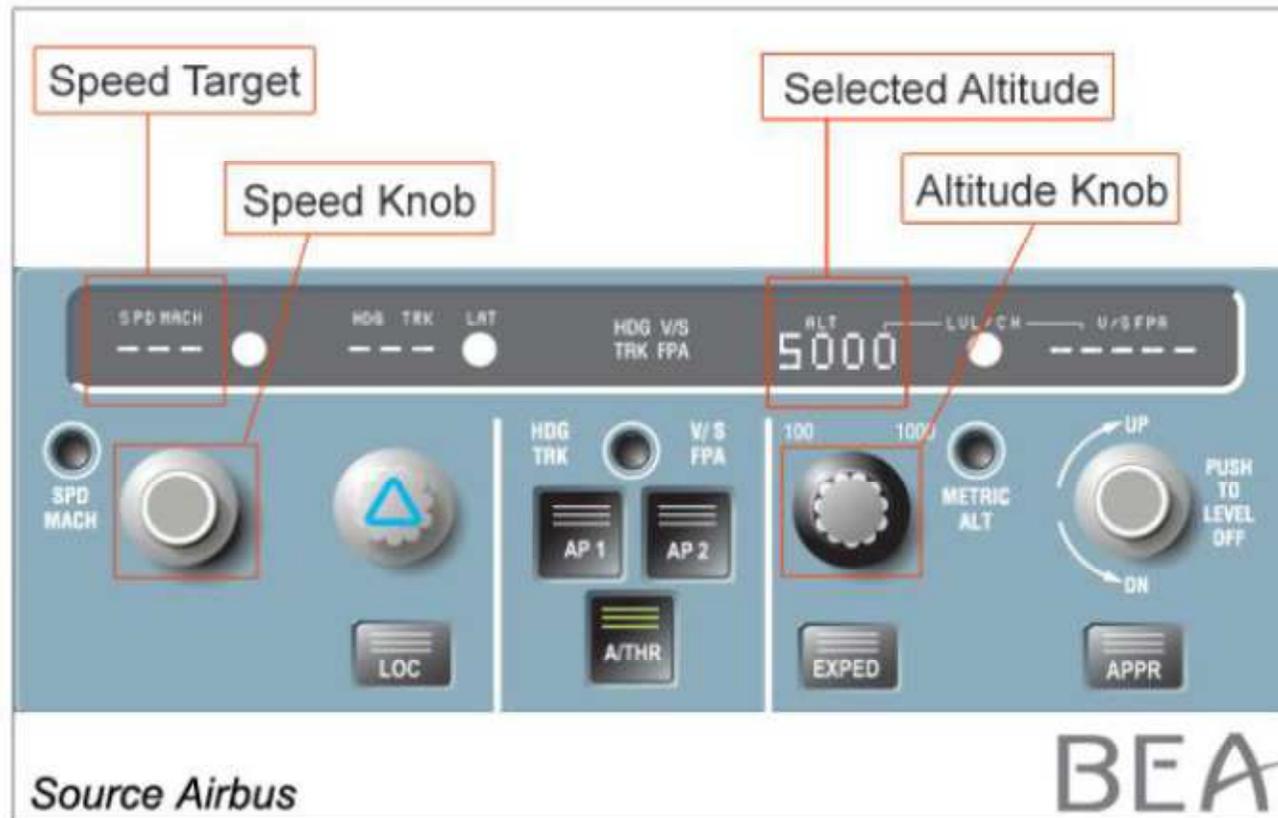
Der Autopilot im Airbus A320 ist ausgestattet mit einem Sinkflug Modus, der "OPEN DESCENT" genannt wird. Dieser Modus steuert die vertikale Komponente des Flugweges. Wenn dieser Modus aktiviert ist, steuert er die Längsneigung des Flugzeugs um eine bestimmte Zielgeschwindigkeit zu erreichen und zu halten, wobei Autothrust, sofern eingeschaltet, die Triebwerke in den Leerlauf regelt.

"speed on elevator"

Die Zielgeschwindigkeit wird als "managed" bezeichnet wenn sie durch das FMS berechnet wurde oder sie wird als "selected" bezeichnet wenn sie durch die Flugbesatzung mit dem Speed-Selector-Knopf am FCU control panel manuell vorgewählt wurde.

Um diesen Modus einzuschalten, muss der Pilot eine Höhe einstellen, die niedriger ist als die aktuelle und am Altitude-Selector-Knopf ziehen. Während des Sinkfluges war die Modusanzeige auf dem Flight Mode Annunciater (FMA) auf dem PFD ähnlich wie im Bild unten:



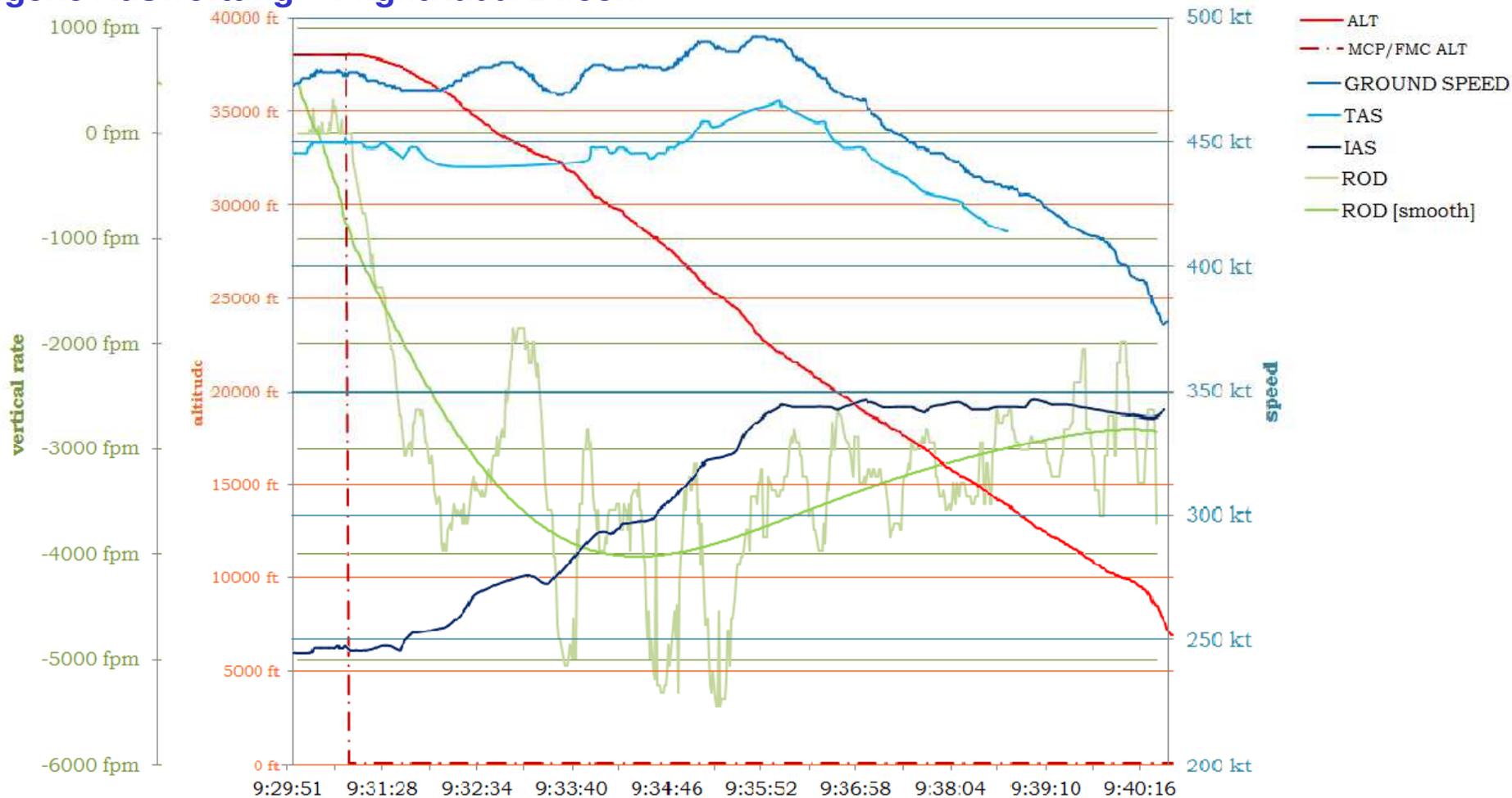


- In selected speed target, the limits are VLS and VMAX (**VM0-MMO** VFE-VLE whichever applies).
- In managed speed target, the limits are Manoeuvring Speed (O-S-F whichever applies) and Maximum Speed (**340/.80** VFE-VLE whichever applies).

Germanwings Flight 9525

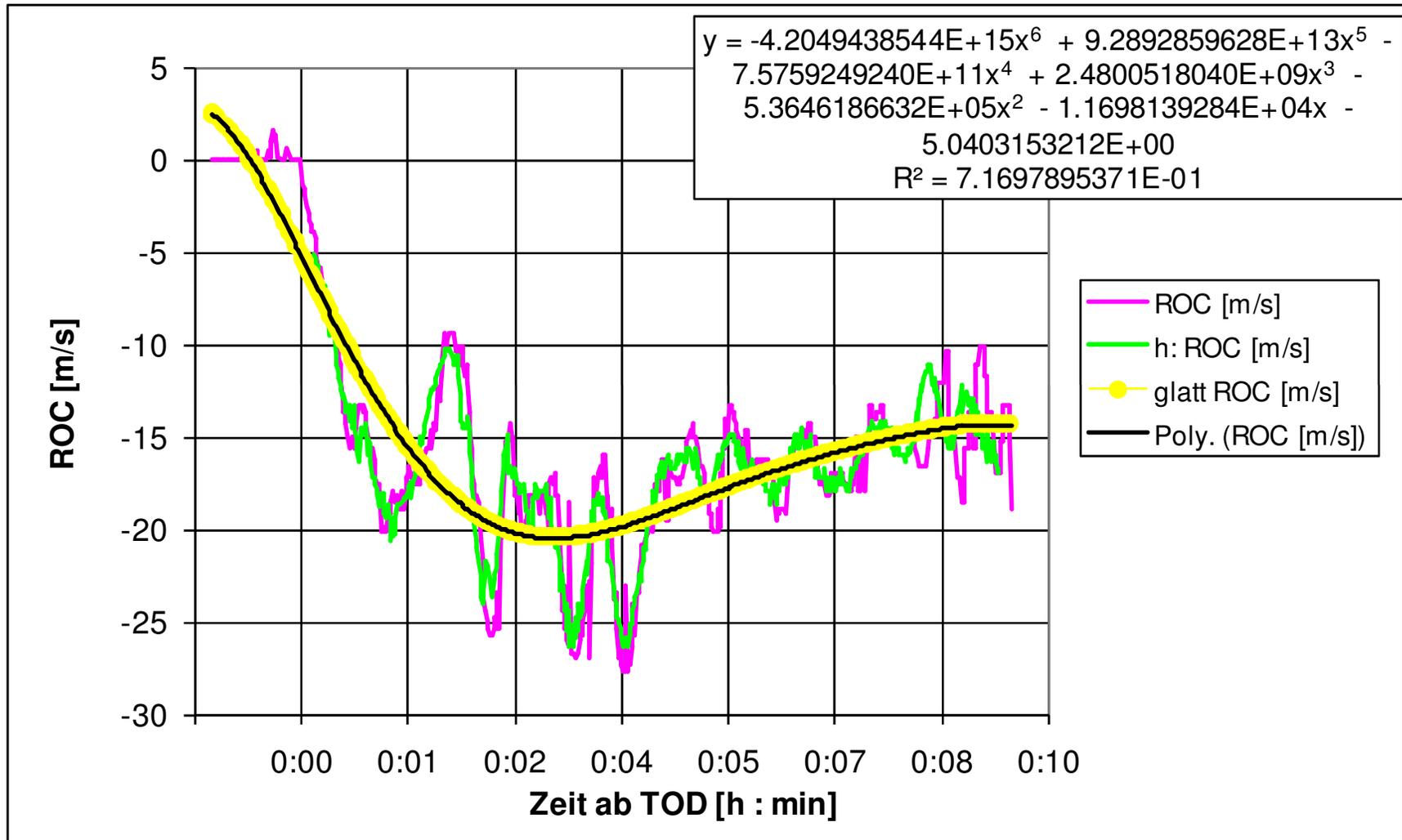
ADS-B/Mode-S Transponder Flight Data

Eigene Auswertung – FlightRadar24.com

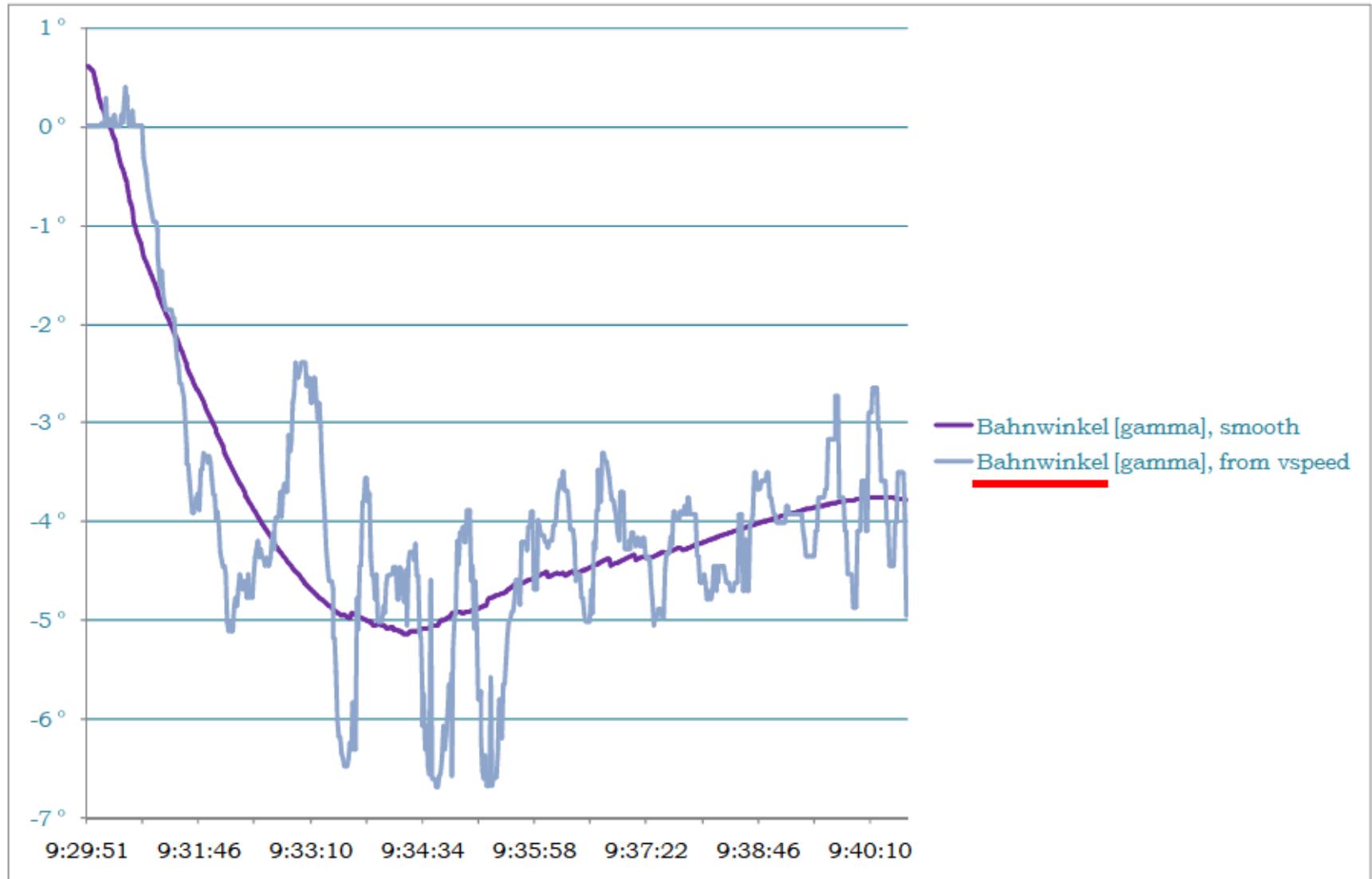


Data Source: flightradar24.cc

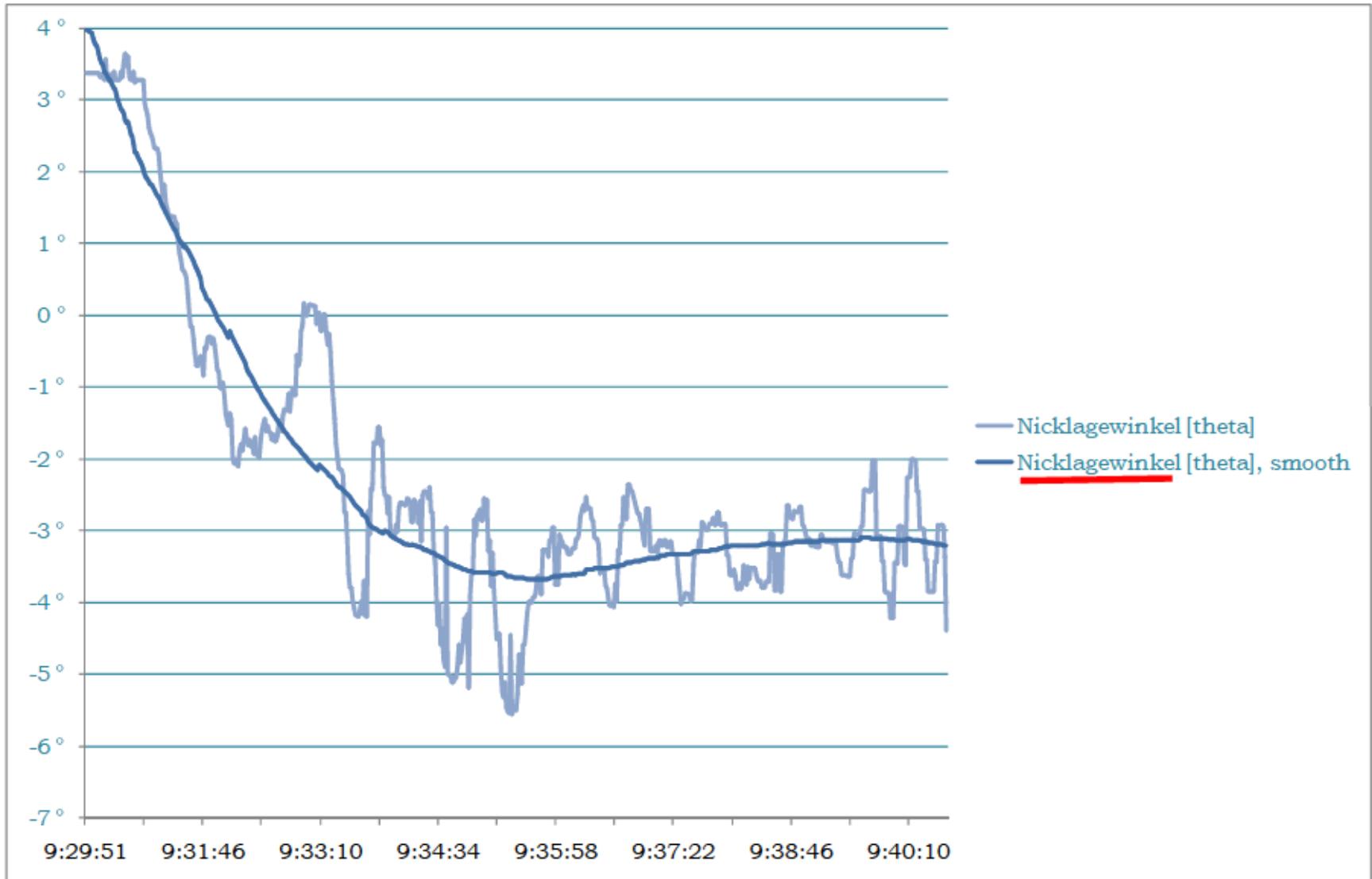
Eigene Auswertung – Sinkrate



Eigene Auswertung – Bahnwinkel

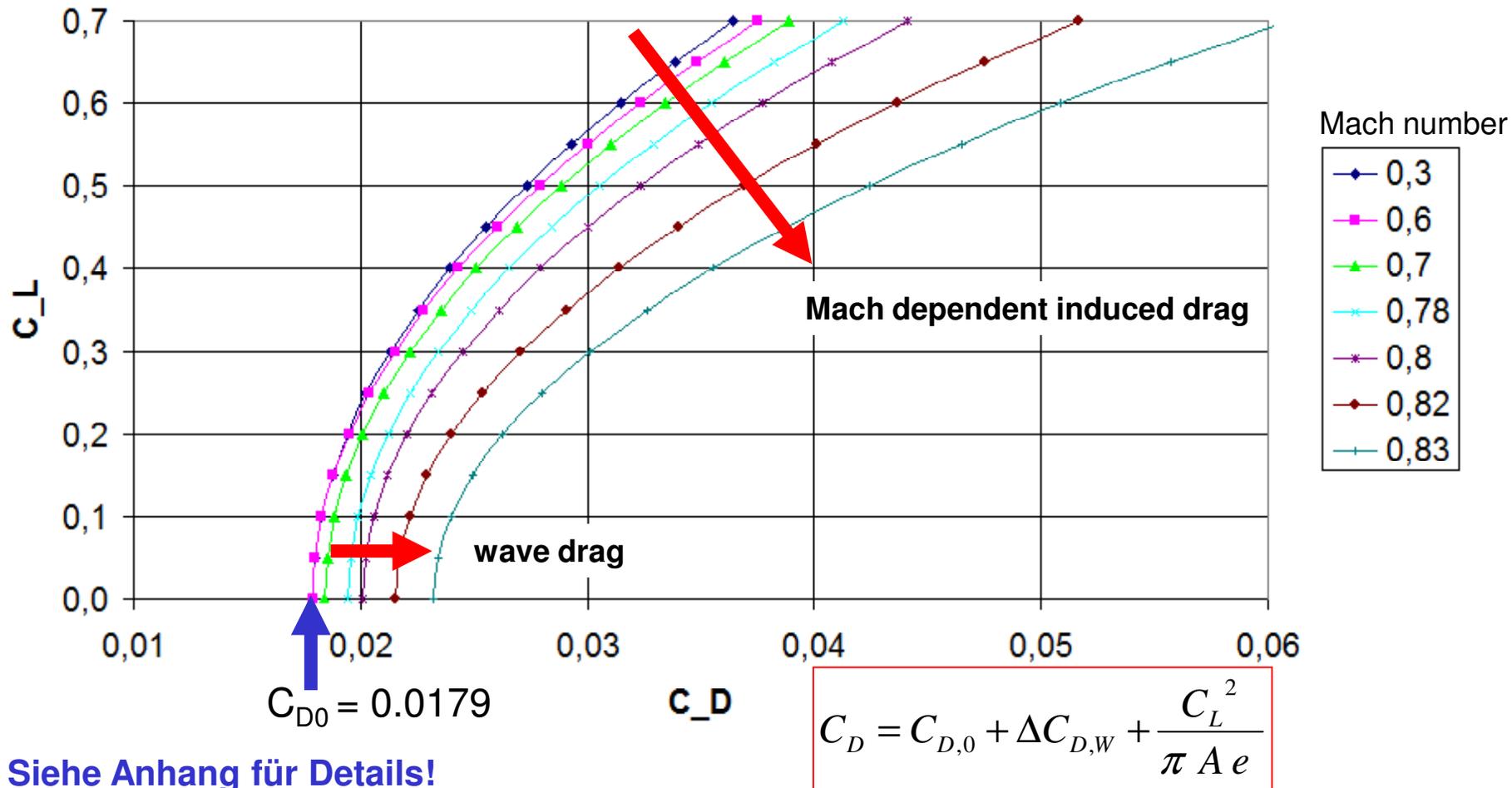


Eigene Auswertung – Nicklagewinkel



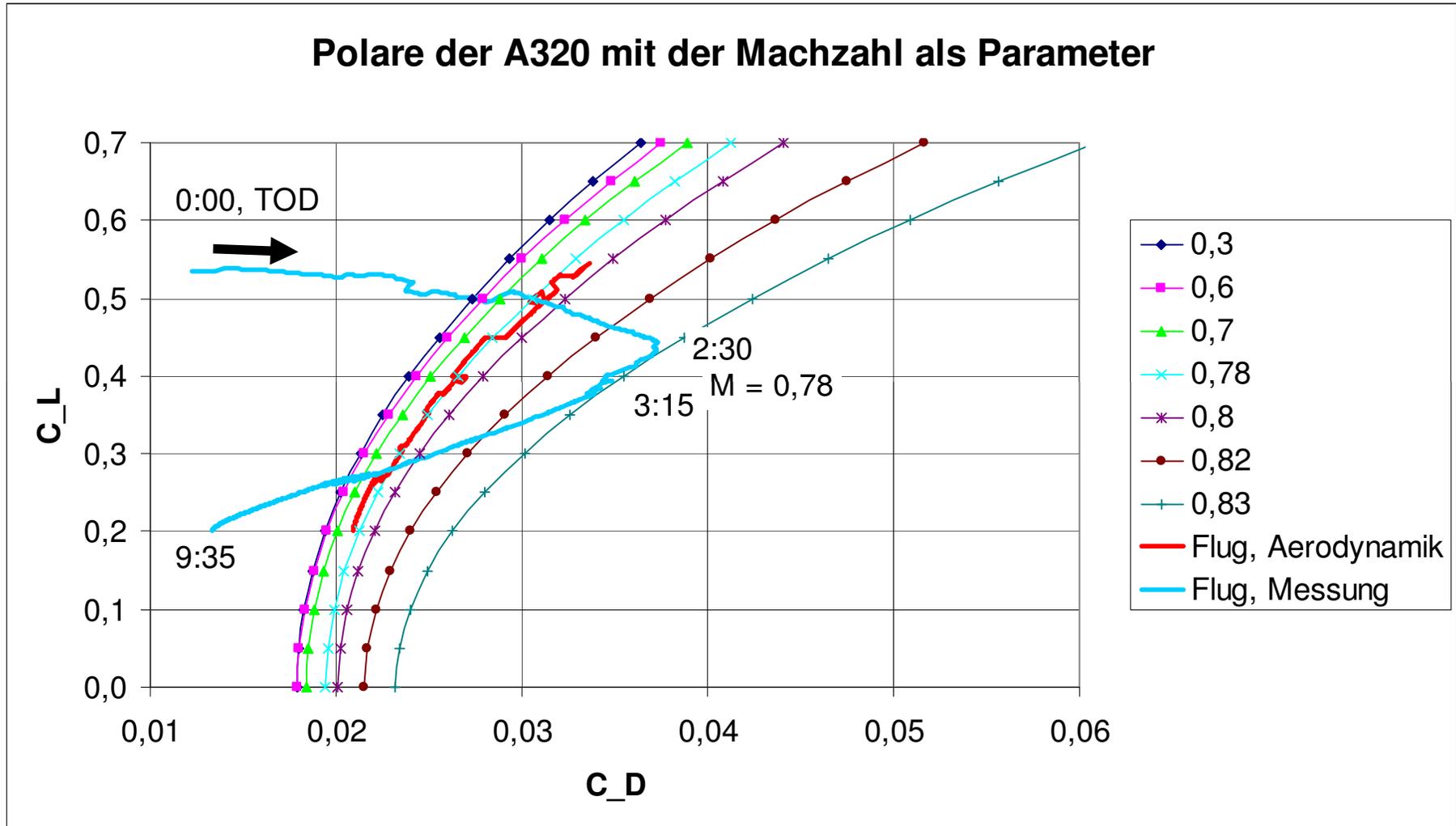
Eigene Analyse: Polare der A320

Drag Polar (Airbus A320, approximated, based on the following equations)



Siehe Anhang für Details!

Polare der A320 mit der Machzahl als Parameter



Technisches Fazit

- Bei diesem Unfall waren **ingenieurwissenschaftliche Aussagen möglich** (auch ohne Insiderwissen). Dies insbesondere basierend auf den früh verfügbaren Daten von FlightRadar24 und den öffentlich verfügbaren Daten zur A320 (Flugleistung, Flugzeugsysteme).
- **Zur Beurteilung des Sinkfluges muss die Gleitzahl (Auftrieb / Widerstand) herangezogen werden** – nicht allein die Sinkrate. Das Verhältnis Auftrieb / Widerstand läßt sich in der Polare des Flugzeuges visualisieren.
 - Erwartetes Verhalten (Aerodynamik, rote Linie): Aufgrund leicht variierender Machzahl im Sinkflug (zwischen 0,7 und 0,8) bewegt sich das Flugzeug während des Sinkfluges auf benachbarten Polaren.
 - Gemessenes Verhalten (FlightRadar24.com, Flug ausgewertet, blaue Linie):
 - a) Das Flugzeug geht in den Sinkflug, die Triebwerke reduzieren ihren Schub mit Verzögerung. In der Polare erscheint das so, als wäre der Widerstand gering.
 - b) Am Ende kommt das Flugzeug in Luftschichten mit weniger Rückenwind. Dies bedeutet aufgrund der Trägheit des Flugzeugs einen Energiegewinn. Auch das erscheint in der Polare so, als wäre der Widerstand gering.
- **Die vereinfachte statische Betrachtung** aus der Aerodynamik / Flugmechanik **war für eine erste Einordnung und Überprüfung der Daten erforderlich und förderte das Verständnis** über den Sinkflug von 4U9525.
- **Die Übereinstimmung der Messwerte von FlightRadar24 und bekannten Charakteristiken einer funktionstüchtigen A320** kann aber in diesem Fall letztlich nur mit Hilfe einer dynamischen Betrachtung gezeigt werden und **würde eine dynamische Simulation erfordern**.



02.04.2015 VC sieht verfrühte Diskussionen um Lehren aus Flugzeugunglück kritisch

• Gemeinsame Task-Force ist ein wichtiger Schritt. • Wir müssen Lehren aus dem Flugzeugunglück ziehen. • Verfrühte Diskussionen sind schädlich. Im Rahmen der Unfalluntersuchungen des Germanwingsfluges 4U9525 hält die Vereinigung Cockpit es für nicht zielführend, dass in Politik und Öffentlichkeit... [Details](#)

26.03.2015 4U 9525 - Erster Bericht lässt Fragen offen

Die vorläufige Auswertung des Cockpit-Sprachrekorders gibt erste Einblicke in die Vorkommnisse an Bord des Germanwings-Fluges. Gemäß den Ausführungen der französischen Ermittlungsbehörden hat der Kapitän das Cockpit verlassen und der Copilot danach bewusst einen Sinkflug eingeleitet. Warum dieser... [Details](#)

26.03.2015 4U 9525 - First report leaves question marks

The preliminary examination of the Cockpit Voice Recorder (CVR) allows a first glimpse into the events occurring aboard the Germanwings flight. According to the French investigation agency, the Captain left the flight deck and a descent was intentionally initiated by the First Officer... [Details](#)

24.03.2015 Die Vereinigung Cockpit zum Flugzeugabsturz am Dienstag, 24. März 2015

Mit Bestürzung hat die Vereinigung Cockpit e.V. Kenntnis davon erhalten, dass ein Airbus A 320 der Fluggesellschaft Germanwings heute in den Morgenstunden verunglückt ist. Wir trauern gemeinsam mit den Hinterbliebenen um die Opfer. Unser tief empfundenes Mitgefühl gilt allen Angehörigen,... [Details](#)

Persönliche Schlussfolgerung zu gesellschaftlichen Fragen

- In der **öffentlichen Diskussion** wurde zurecht das "Spekulieren und Mutmaßen" von "selbsternannten Experten" kritisiert. Dies wurde aber leider verwechselt mit der Erzeugung von weiteren Erkenntnissen aus wenigen bekannten Fakten durch flugwissenschaftliche Arbeitsweise. **So wurde** dann leider die **wissenschaftliche Arbeitsweise unzutreffend kritisiert** und gefordert, die Wissenschaft solle sich mit Aussagen zurück halten.
- Wenn die Luftfahrtindustrie die ihr bekannten gesicherten, objektiven Fakten der Öffentlichkeit bereitgestellt hätte, dann wären in der Diskussion "selbsternannte Experten" weniger zu Wort gekommen. **Wenn die Luftfahrtindustrie ein Informationsvakuum hinterlässt**, sollte sie sich über Informationen in den Medien mit weniger Sachverstand nicht beklagen. (So geschehen durch Tom Enders.)
- Öffentlich zugängliche Informationen wie von FlightRadar24 helfen, die **Bewertung eines Flugunfalls** zu "**demokratisieren**". Die Allgemeinheit ist damit nicht nur auf die gesteuert bereitgestellte Informationen der Luftfahrtindustrie angewiesen.
- 4U9525 hat ganz Deutschland bewegt.
 - Die DGLR tat sich in dieser Situation leider sehr schwer mit einer eigenen Aussage und schwieg zu 4U9525 (mit Ausnahme meines Beitrags auf <http://l2.dglr.de> (<http://doi.org/10.6084/m9.figshare.1356307>)).
 - Es ist strategisches Ziel der DGLR, sich mit dem Wissen ihrer Mitglieder gesellschaftlich einzubringen. **Die DGLR hat eine Chance zu einem** (umfangreicheren, in der DGLR abgestimmten) **relevanten gesellschaftlichen Beitrag zu 4U9525 versäumt.**



Germanwings 4U9525 – Analyse des Sinkfluges

Kontakt:

Info@ProfScholz.de

<http://AERO.ProfScholz.de>

Hintergründe zur Erstellung der A320 Polare (drag polar)

Siehe:

<http://fml.ProfScholz.de>

<http://OPerA.ProfScholz.de>

Induced Drag Prediction Method

(Nita 2012)

$$C_{D,i} = \frac{C_L^2}{\pi A e} \quad e = \frac{k_{e,M}}{Q + P\pi A} \quad Q = \frac{1}{e_{theo} \cdot k_{e,F}} \quad P = KC_{D,0} \quad K = 0,38$$

Fuselage:

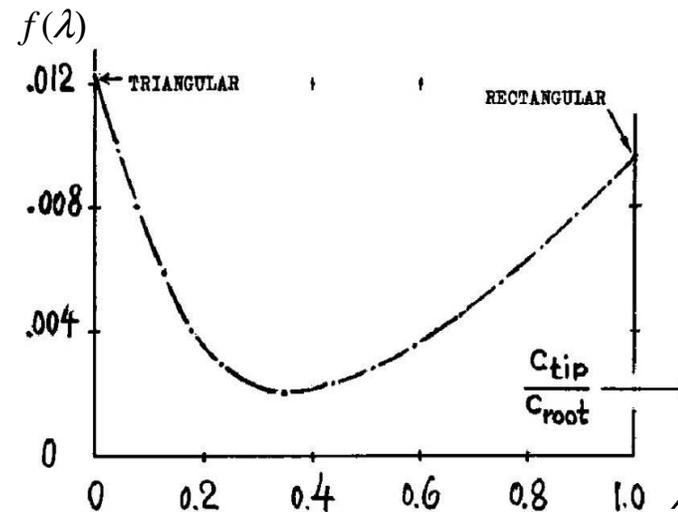
$$k_{e,F} = 1 - 2\left(\frac{d_F}{b}\right)^2$$

from one of many handbook methods

Mach:

$$k_{e,M} = a_e \left(\frac{M}{M_{comp}} - 1 \right)^{b_e} + c_e$$

$$a_e < 0; \quad c_e = 1$$



for unswept wings:

$$e_{theo} = \frac{1}{1 + f(\lambda) \cdot A}$$

Generic parameters:

$$a_e = -0.00152$$

$$b_e = 10.82$$

$$c_e = 1$$

$$M_{comp} = 0.3$$

Hörner 1965

NACA Report 921

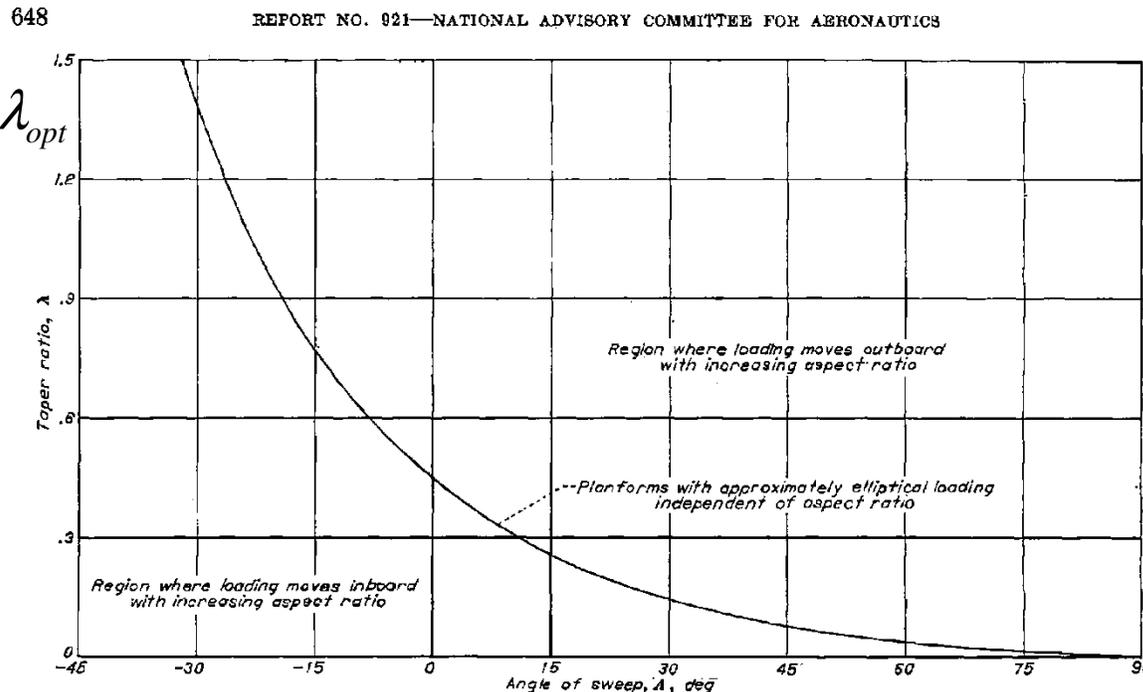


FIGURE 21.—Relation of taper ratio to sweep angle required for approximately elliptical loading.

φ_{25}

for all sweep angles φ_{25} :

$$\lambda_{opt} = 0.45 \cdot e^{-0.0375 \cdot \varphi_{25}}$$

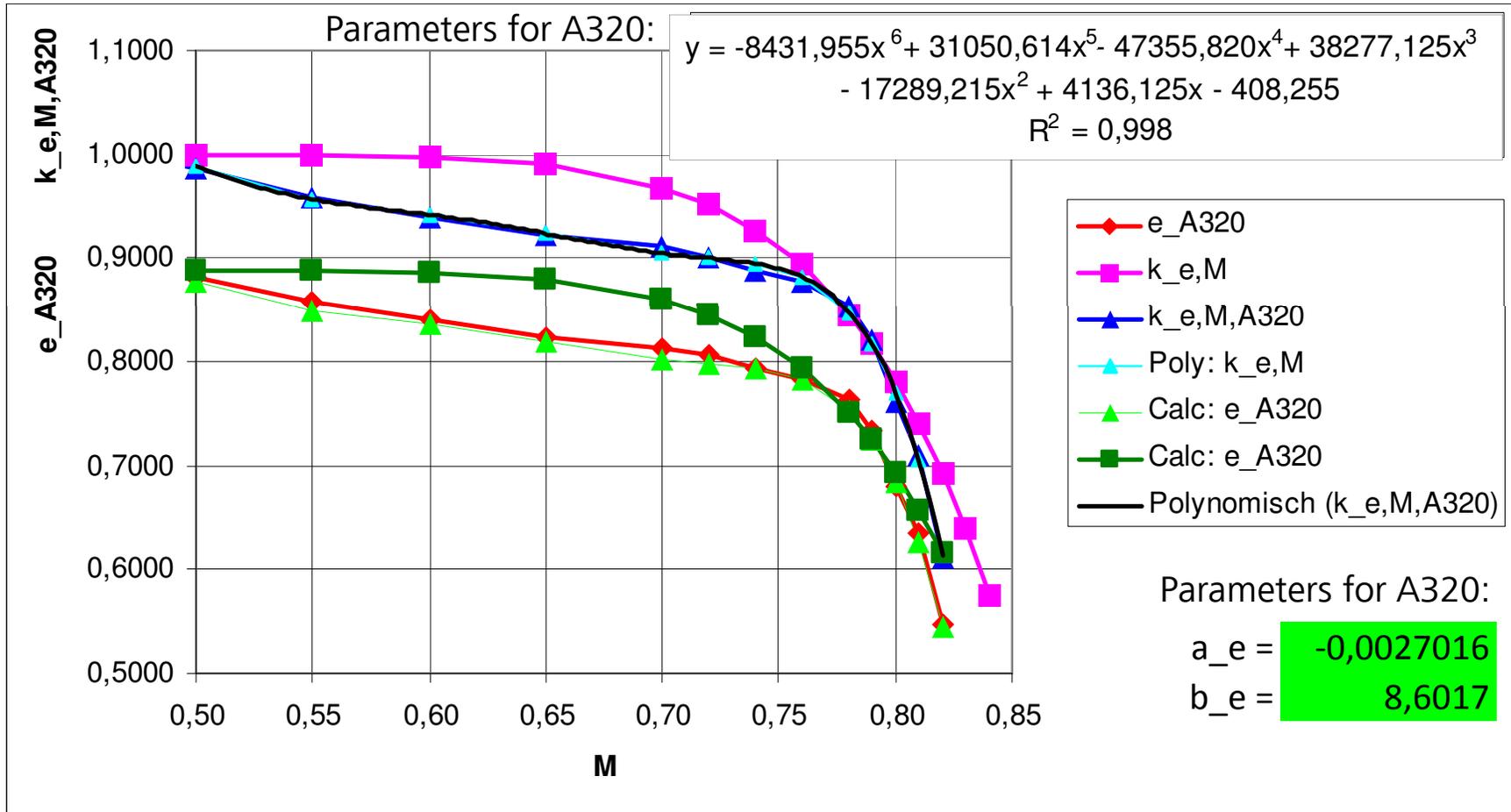
$$\Delta\lambda = -0.357 + 0.45 \cdot e^{-0.0375 \cdot \varphi_{25}}$$

φ_{25} in deg

$$e_{theo} = \frac{1}{1 + f(\lambda - \Delta\lambda) \cdot A}$$

$$f(\lambda - \Delta\lambda) = 0.0524(\lambda - \Delta\lambda)^4 - 0.15(\lambda - \Delta\lambda)^3 + 0.1659(\lambda - \Delta\lambda)^2 - 0.0706(\lambda - \Delta\lambda) + 0.0119$$

Mach Dependent Induced Drag (A320)



Wave Drag Prediction Method

$$\frac{\Delta C_{D,w}}{\cos^3(\varphi_{25,w})} = A \cdot \tan \left(B \cdot \left(\frac{M}{M_{crit}} \right) - B \right)$$

Shevell 1980:

A = 0.00057, B = 3.348

Own proposal

of generic parameters (from 5 A/C):

A = 0.00127, B = 3.4766

	A 320-200	B727-200	B737-800	C-130H	BAe 146-200
M_{crit}	0.60	0.70	0.60	0.49	0.53
M_{DD}	0.80	0.88	0.80	0.64	0.67

	A 320-200	B727-200
A	0.001	0.001
B	3.734	5.257

B737-800	C-130H	BAe 146
0.001	0.001	0.002
3.543	3.126	3.457

In case Mcrit is not given:

$$M_{crit} = \frac{M_{DD}}{1 + \left(\frac{0.002}{a \cdot \cos^3(\varphi_{25,w})} \right)^{1/b}}$$

with a = A, b = B

A320:

$C_{D0} = 0.0179$

