



**Jahresbericht 2018**  
*Flugwetterdienst*



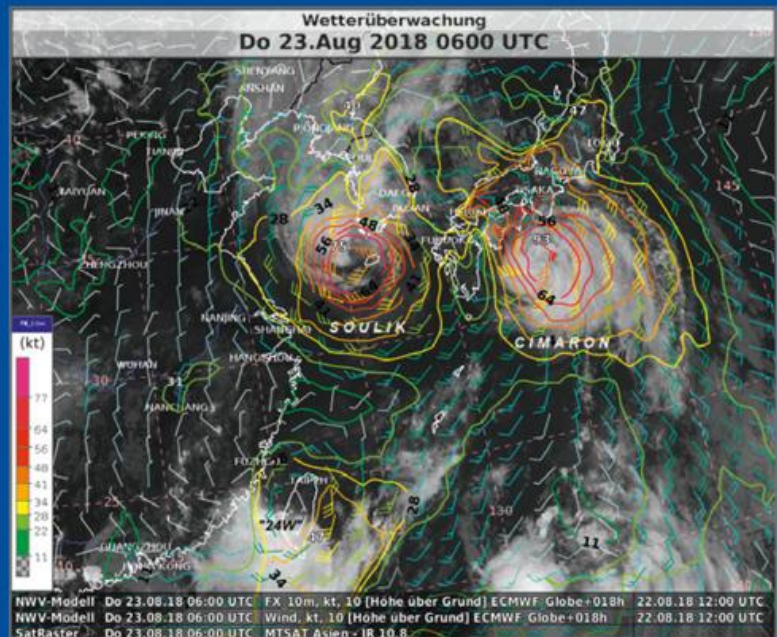


▲ Ninjo-Chefdesignerin Sibylle Haucke (DWD) präsentiert die Urkunde

### DMG-Technologiepreis für Ninjo

Die Europäische Meteorologische Gesellschaft (EMS) hat ihren Technologie-Preis 2018 an das internationale Ninjo-Konsortium verliehen, dessen Gründungsmitglied der Deutsche Wetterdienst ist. Das seit 1999 stets fortentwickelte meteorologische Arbeitsplatzsystem Ninjo ist ein zukunftssträchtiges, innovatives und universell einsetzbares Softwaresystem zur Wetterüberwachung und -Prognose sowie zur Erstellung von Warnungen, das einer Vielzahl von Nutzern aus unterschiedlichen Bereichen rund um die Uhr meteorologische Informationen bereitstellt.

Ein Ninjo-Anwendungsbeispiel: Infrarotes Satellitenbild (MTSAT 10,8  $\mu\text{m}$ , japanischer Wettersatellit Himawari 8) des Ostchinesischen Meeres vom Donnerstag, den 23. 08. 2018, 06:00 Uhr UTC, welches den tropischen Sturm SOULIK, den Taifun CIMARON sowie die sich über taiwanesischen Gewässern entwickelnde tropische Depression »24W« zeigt. Ergänzt wurde die Aufnahme durch Berechnungen der Windgeschwindigkeit (farbige Isotachen in Knoten, engl. [kt]) eines numerischen Wettervorhersagemodells. Die Windpfeile signalisieren neben dem Betrag der Windgeschwindigkeit die zyklonale Rotation der Wirbel. ▶



Dank Ninjo ist der DWD in der Lage, Wetter und Klima weltweit zu überwachen und gerade in Zeiten des globalen Wandels potentiell gefährliche Situationen »im Auge zu behalten«.

## Zentralisierung der meteorologischen Aufgaben für den deutschen Luftraum in Frankfurt

2018 wurden die technisch-organisatorischen Maßnahmen zur Zentralisierung von Flugwettervorhersagen und -Warnungen für den deutschen Luftraum und deren Integration in den europäischen Rahmen soweit abgeschlossen, dass ab 8. Januar 2019, 06:00 Uhr UTC, das **Meteorological Watch Office (MWO) Frankfurt** an der LBZ-Mitte seinen Betrieb mit nunmehr erweitertem Aufgabenspektrum beginnen konnte.

Der DWD betreibt in Deutschland insgesamt fünf Luftfahrtberatungszentralen (LBZ), drei dieser Dienststellen (Frankfurt, Hamburg und München) hatten bis dahin MWO-Funktionen, die nun aus Gründen der Effektivität beim MWO Frankfurt am »Rhein-Main-Flughafen« konzentriert sind. Die Tatsache, dass jetzt alle Warnungen für den deutschen Luftraum sozusagen aus einer Hand kommen, erleichtert auch die internationale Kooperation, sofern für die Luftfahrt gefährliche Wetterereignisse grenzüberschreitend sind.

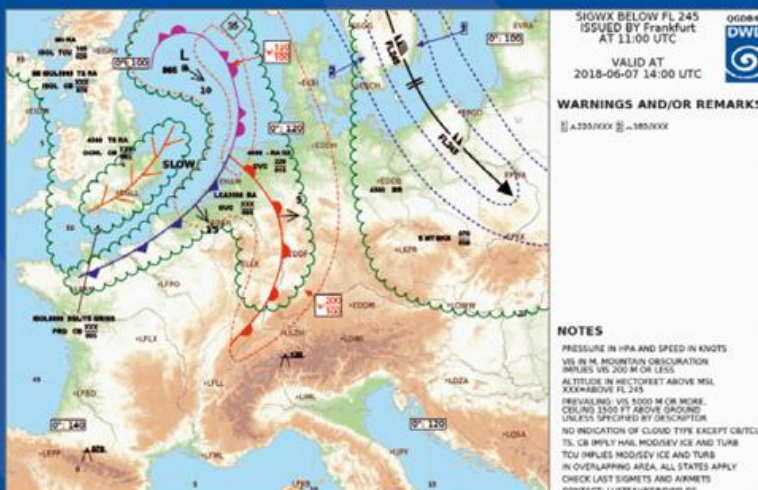
Dabei erfolgt die Koordination des flugmeteorologischen Warnmanagements mit den Meteorological Watch Offices unserer Nachbarstaaten in Brüssel, De Bilt, Kopenhagen, Prag, Stockholm, Toulouse, Wien und Zürich zunächst noch ausschließlich telefonisch, wird aber in Zukunft auch über Visualisierungssysteme abgewickelt. Weiterhin unterstützt das MWO Frankfurt den Networkmanager bei Eurocontrol in Brüssel in Zusammenarbeit mit dem britischen Wetterdienst (UK MetOffice) regelmäßig

in mündlicher und schriftlicher Form und auch die Erstellung der internationalen Low Level Significant Weather Chart (LLSWC int., siehe Abbildung unten) bleibt weiterhin unter seiner Regie.

Nicht zuletzt wurde auch dem Sicherheitsaspekt Rechnung getragen, denn »Havariepartner« für alle MWO-Aufgaben ist die LBZ-Nord in Hamburg, die bei einem Ausfall des Standortes Frankfurt einspringt.



▲ Flugwetterberater bei der Analyse von Radarbildern im MWO Frankfurt an der LBZ Mitte



## Der Flugwetterdienst auf einen Blick

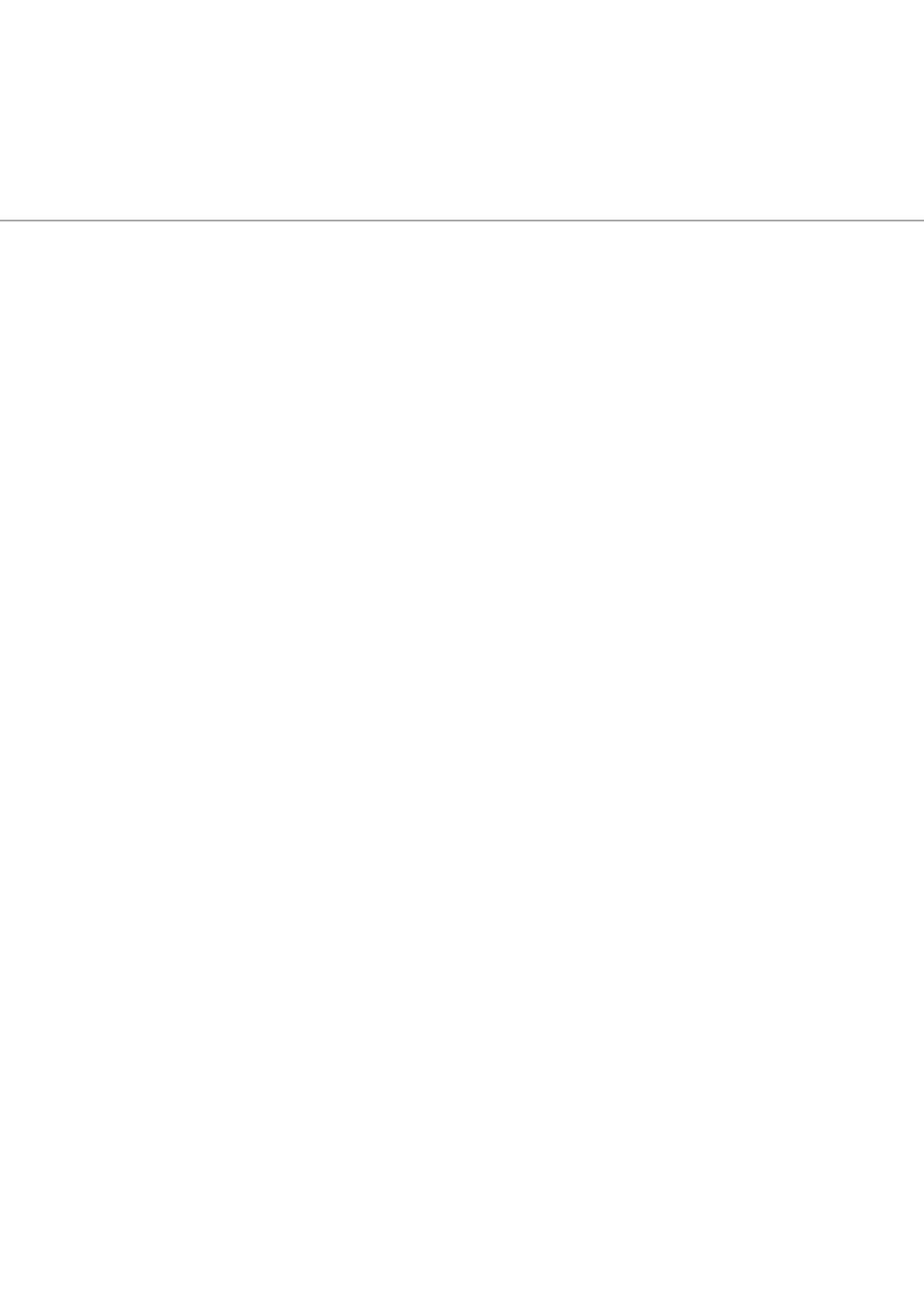
<b>Kennzahlen für den Flugwetterdienst</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Leistungsdaten IFR</b>		
TAFs für deutsche Flughäfen	1)	69.236
TREND-Vorhersagen	1)	272.892
SIGMETs, AIRMETs, Flughafenwarnungen	1)	11.366
<b>Leistungsdaten VFR</b>		
Low-Level-Flugwettervorhersage (GAFOR, GAMET)	1)	12.643
Flugwetterübersichten/3-Tage Prognosen	1)	14.295
Segelflug- und Ballonvorhersagen	1)	28.133
<b>Leistungsdaten Spezialdienste</b>		
Spezialvorhersagen für Such- und Rettungsoperationen	1)	20.878
Spezialvorhersagen für Flugsicherung	1)	5.841
Spezialvorhersagen für die Flughäfen	1)	69.094
<b>Kostendaten</b>		
Gesamtkosten FWD (Tsd. EUR)	17.067	15.612
Gesamtkosten IFR (Tsd. EUR)	15.412	14.097
An-, Abflug (Tsd. EUR)	3.617	3.387
Strecke (Tsd. EUR)	11.794	10.710
Gesamtkosten VFR (Tsd. EUR)	1.655	1.514
Anteil Direct Costs an DWD Direct Costs (%)	17,5	17,5
<b>Qualitätskennzahlen (%)</b>		
Korrektheit TAFs in der Flugwettervorhersage	99,6	99,9
Selbfbriefing-Systeme »Bearbeitungsdauer Supportanfragen < 7 Tage«	98,1	99,3
Kundenzufriedenheit individuelle Flugwetterberatung	99,95	99,94
<b>Kennzahlen für Produktivität/Wirtschaftlichkeit für FWD/IFR</b>		
Service Units (Tsd.) <sup>2)</sup>	15.728	16.406
Mitarbeiterproduktivität (Stunden IFR/Service Unit)	0,01	0,01
Wirtschaftlichkeit (Service Unit Costs) (Vollkosten IFR/Service Unit)	1,0	0,9
<b>Vollzeitäquivalent</b>		
des Flugwetterdienstes	88	89
<b>Kennzahlen zu Umsatz und Jahresabschluss DWD gesamt</b>		
	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Umsatz (Tsd. EUR)	32.885	28.332
Bilanzsumme (Tsd. EUR)	718.990	774.254
Cash-Flow (Finanzmittelsaldo, in Tsd. EUR))	-356.801	-329.006
Investitionen (Tsd. EUR)	118.816	105.309
Abschreibungen auf Anlagevermögen (Tsd. EUR)	36.333	35.329
<b>Kostendaten</b>		
Gesamtkosten DWD (Tsd. EUR)	357.631	343.330
Anteil Core Costs (%)	75	77
Anteil Direct Costs (%)	25	23

1) wetterabhängige Leistungsdaten, daher kein Vorjahresvergleich sinnvoll

2) nach Angaben der Deutschen Flugsicherung

Jahresbericht 2018  
*Flugwetterdienst*





## Ein Wort vorab

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist eine Bundesoberbehörde mit Sitz in Offenbach am Main, der als teilrechtsfähigen Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) die Funktion des nationalen Dienstleisters der Bundesrepublik Deutschland für Wetter und Klima obliegt. Laut Wetterdienstgesetz (DWDG) gehört zu den Aufgaben des DWD die meteorologische Sicherstellung der zivilen Luftfahrt, wobei weitere Gesetze (z. B. LuftVG) zu beachten und internationale Standards (ICAO, WMO) einzuhalten sind. Um all dem gerecht zu werden, hat der DWD schon vor geraumer Zeit innerhalb seiner Strukturen einen ISO-zertifizierten Flugwetterdienst etabliert, der ein umfangreiches Leistungsprogramm für Luftfahrtkunden anbietet.

Der DWD entwickelt innovative Verfahren unter Nutzung neuester Fernerkundungsmethoden zur Verbesserung der globalen Wetterbeobachtung, zur Datenerfassung und Datenverteilung. Vor allem im Bereich der Vorhersage korrespondieren Fortschritte in der EDV mit erhöhter Leistungsfähigkeit der numerischen Modelle (lokal und global) sowie der meteorologischen Auswertelgorithmen und visuellen Darstellungsmöglichkeiten. Damit trägt der DWD sowohl am Airport als auch en-route zur besseren Ausnutzung der Verkehrsräume bei, was sich in höherer Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs bei verringerter Umweltbelastung auszahlt.



▲ Prof. Dr. Gerhard Adrian, Präsident des Deutschen Wetterdienstes

Neben seiner nationalen Rolle in der Bundesrepublik engagiert sich der Deutsche Wetterdienst weiterhin stark bei der Konsolidierung der europäischen Lufträume im Rahmen der Initiative Single European Sky (SES) sowie gemeinsam mit verschiedenen europäischen Partnern bei der Harmonisierung meteorologischer Produkte innerhalb des EU-Forschungsvorhabens SESAR. Mit der Einrichtung des Meteorological Watch Office Frankfurt, das Anfang 2019 seinen Betrieb aufnahm, und der damit verbundenen Bündelung der Kompetenzen wurden nun auch die organisatorischen Voraussetzungen zu einer entscheidenden Rolle des DWD bei der Überwachung des Luftraumes und meteorologischen Sicherstellung der europäischen Luftfahrt geschaffen. Nur so wird es möglich sein, zum Wohle unserer Wirtschaft und Gesellschaft und unter Beachtung höchster Standards in Sicherheit und Umweltschutz, die Leistung, Pünktlichkeit und Wirtschaftlichkeit des gesamten nationalen und internationalen Luftverkehrssystems weiter zu erhöhen. Wie sich der DWD und sein Flugwetterdienst diesen Herausforderungen stellen, erfahren Sie bei der Lektüre dieser Publikation.

Freundlichst, Ihr

A handwritten signature in blue ink that reads "Gerhard Adrian". The signature is fluid and cursive.

Gerhard Adrian



Der nächste Winter kommt bestimmt

Dies ist eine Binsenweisheit, die wir angesichts des langjährigen Ausbleibens der »weißen Pracht« zumindest im Tiefland und der vielerorts trocken-heißen Sommer fast nicht mehr glauben wollen. Dennoch lautet das Rahmenthema der vorliegenden Publikation »Winterliche Unbilden und Flugzeugvereisung«. Winterliche Temperaturen erfährt der kühne Flieger auch im Sommer, er muss sich nur hoch genug hinaus wagen. Um der Vereisungsgefahr zu entgehen braucht es eine sorgfältige Flugplanung und eine hochwertige Beratung, am besten durch einen zertifizierten Flugwetterdienst als Partner der Luftverkehrswirtschaft.



# Inhalt


---

1	Rahmenbedingungen	8
2	DWD-Flugwetterdienst	16
3	Kundendienstleistungen	28
4	Innovation und Entwicklung	40
5	Leistungs- und Qualitätskennzahlen	56
6	Finanzergebnisse	64
7	Ausblick	72
	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	74
	Impressum	78



Seeaufklärer Lockheed P-3C Orion im Wintereinsatz, © [www.marine.de](http://www.marine.de)

# Immer noch ein kaltes Thema



Vereisung von Flugzeugen stellt nach wie vor eine der größten Gefahren für die Luftfahrt dar. Dies wird nicht nur anhand weltweiter Flugunfallstatistiken belegt, sondern uns ebenso durch spektakuläre, in der jüngeren Vergangenheit auch bei renommierten Airlines aufgetretene Flugzeugkatastrophen ins Gedächtnis gerufen. Immer wieder sind Vereisungserscheinungen an verunfallten Luftfahrzeugen zumindest Teil einer zur Tragödie führenden Verknüpfung unglücklicher Umstände. Dabei tritt Vereisung beileibe nicht nur im Winter auf! Auch schnelle Strahlflugzeuge können Eis ansetzen. »Icing Conditions« en-route erfordern also stets höchstes fliegerisches Können.

# 1 Rahmenbedingungen

## 1.1 Nationale und internationale Regelwerke

8

Die nationale Gesetzgebung für die Luftfahrt ist über das **Grundgesetz (GG) der Bundesrepublik Deutschland** (Artikel 73) geregelt, wodurch der Bund zuständig ist für die Luftverkehrsgesetzgebung und deren Verwaltung. Die spezifischen Aufgaben für den Flugwetterdienst (FWD) resultieren aus dem **Luftverkehrsgesetz (LuftVG)**, mit dem sowohl die Grundlagen des Luftrechts als auch die Durchführung der Luftverkehrsverwaltung geregelt sind.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) erfüllt in seiner Funktion als nationaler meteorologischer Dienst der Bundesrepublik Deutschland seit 1952 vielfältige Aufgaben aus den Bereichen Wetter- und Klimainformationen, Daseinsvorsorge und Katastrophenschutz. Für diese Aufgaben gilt das vom 10. September 1998 stammende **Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWDG)**, das 2017 aktualisiert wurde.

Die World Meteorological Organization (**WMO**) hat technische Ausführungsbestimmungen (Technical Regulations) erstellt, deren nationale Anwendung die weltweite Einheitlichkeit der meteorologischen Praxis sichern soll. Die für den Flugwetterdienst relevanten Richtlinien und Empfehlungen der WMO sind in Band II der Technical Regulations for International Air Navigation Teil C.3 enthalten, der inhaltlich deckungsgleich mit dem Annex 3 der ICAO ist.

Die International Civil Aviation Organization (**ICAO**) als Sonderorganisation der Vereinten Nationen (**UN**) hat 1944 in Chicago ein Abkommen zur Regelung der internationalen Zivilluftfahrt geschlossen, das 18 Anhänge umfasst. Dieses Abkommen beinhaltet die Standards und Empfehlungen für die Durchführung der Zivilluftfahrt anhand derer die Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Pünktlichkeit und Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs gewährleistet und weiter entwickelt werden soll.



Für den DWD als Flugwetterdienst sind der Anhang bzw. Annex 3 (»Meteorological Service for International Air Navigation«) sowie Teile der Anhänge 11 (»Air Traffic Services«) und 14 (»Aerodromes«) relevant. Weitere Ausführungsregelungen sind in einer Reihe von Verfahrensvorschriften (Procedures for Air Navigation Services: PANS) und Handbüchern (Manuals) enthalten.

Die o. g. Anhänge der ICAO sind zudem im Rahmen der Single European Sky (SES) Initiative in die Durchführungsverordnung (EU) 2017/373<sup>1)</sup> übertragen und damit in unmittelbar geltende Rechtsvorschriften auf EU-Ebene überführt worden. Die im Jahr 2004 zuerst veröffentlichten Basisverordnungen zum SES sind für sämtliche Flugsicherungsdienstleister in Europa verbindlich



und werden laufend überarbeitet und ergänzt. Der DWD ist gemäß Verordnung (EG) Nr. 550/2004<sup>2)</sup> als Flugwetterdienst für Deutschland zertifiziert und benannt.

1) Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 der Kommission vom 1. März 2017 zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen an Flugverkehrsmanagementanbieter und Anbieter von Flugsicherungsdiensten sowie sonstiger Funktionen des Flugverkehrsmanagementnetzes und die Aufsicht hierüber sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 482/2008, der Durchführungsverordnungen (EU) Nr. 1034/2011, (EU) Nr. 1035/2011 und (EU) 2016/1377 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 677/2011

2) Verordnung (EG) Nr. 550/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum (»Flugsicherungsdienste-Verordnung«) i. V. m. Verordnung (EG) Nr. 1070/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 549/2004, (EG) Nr. 550/2004, (EG) Nr. 551/2004 und (EG) 552/2004 im Hinblick auf die Verbesserung der Leistung und Nachhaltigkeit des europäischen Luftverkehrssystems

Die Sicherheitsaufsicht zur Einhaltung der geltenden Vorgaben und Anforderungen an die Erbringung von Flugsicherungsdiensten obliegt auf nationaler Ebene dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (**BAF**) mit Sitz in Langen<sup>3)</sup>. In dieser Funktion überwacht das BAF auch die Dienstleistungen und Finanzen des DWD im Bereich des Flugwetterdienstes<sup>4)</sup>. Die auf Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates der Europäischen Union 2002 gegründete **EASA** erstellt und überwacht einheitliche und hohe Sicherheits- und Umweltstandards auf europäischer Ebene. Die EASA ist berechtigt, verschiedene exekutive Aufgaben, z. B. im Bereich der Flugsicherheit zu übernehmen<sup>5)</sup>.

Sowohl die genannten internationalen als auch die nationalen Regelungen finden Eingang in die internen und verbindlich umzusetzenden Vorschriften und Betriebsunterlagen (VuB) des DWD. Von besonderer Bedeutung sind hierbei das Betriebshandbuch für den Flugwetterdienst VuB Nr. 7 in Verbindung mit dem Wetterschlüsselhandbuch VuB Nr. 2 und dem Beobachterhandbuch VuB Nr. 3 sowie das Handbuch zur Richtlinie Flugwetterdienste. Die Dokumentation folgt dabei den Vorgaben des Qualitätsmanagementsystems des DWD.

3) Verordnung (EG) Nr. 549/2004 des europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 zur Festlegung des Rahmens für die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums, geändert durch Verordnung (EG) Nr. 1070/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009.

4) Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1034/2011 der Kommission vom 17. Oktober 2011 über die Sicherheitsaufsicht im Bereich des Flugverkehrsmanagements und der Flugsicherungsdienste und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 691/2010 BAF Sicherheitsaufsicht auf Grundlage 1034.

5) Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 20. Februar 2008 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Europäischen Agentur für Flugsicherheit, zur Aufhebung der Richtlinie 91/670/EWG des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1592/2002 und der Richtlinie 2004/36/EG Anmerkung: wird 2018 ersetzt durch (EU) 2018/1139.

# 1 Rahmenbedingungen

## 1.2 Nationale und internationale Zusammenarbeit

10

Auf nationaler Ebene unterhält der DWD bilaterale Kooperationen mit verschiedenen Forschungseinrichtungen. So besteht beispielsweise eine langjährige, enge Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (**DLR**) und dem Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Institutes für Technologie.

Die Abteilung Flugmeteorologie ist aktiv in die Entwicklungen des meteorologischen Arbeitsplatz- und Visualisierungssystems NinJo eingebunden, einem Gemeinschaftsprojekt von DWD, Geoinformationsdienst der Bundeswehr (**GeoInfoDBw**), den Wetterdiensten Dänemarks (**DMI**), Kanadas (**MSC**) und der Schweiz (**MeteoSchweiz**).

Das Voranbringen innovativer Ansätze und die Konformität der nationalen Vorgaben mit internationalen Vorgaben und Standards ist uns sehr wichtig, weshalb wir kontinuierlich und aktiv in für den Flugwetterdienst relevanten internationalen Arbeitsgruppen und Gremien mitarbeiten. Nur so können wir auf die Gestaltung zukünftiger internationaler Standards und Verfahren sowie auf die Europäisierung der flugmeteorologischen Dienstleistungen nachhaltig und prägend Einfluss nehmen. Auf globaler Ebene nimmt der DWD Aufgaben in der **ICAO** und der **WMO** wahr; auf europäischer Ebene im Rahmen von **EUMETNET** (dem Netzwerk europäischer Wetterdienste), in **SES**-Projekten (**SESAR**), der **EASA**, der **DACH-Kooperation** (Deutschland, Österreich, Schweiz) sowie in der **MET Alliance**.

In der ICAO wirkt der DWD vor allem über das **MET Panel** und seine Arbeitsgruppen sowie über die Meteorology Group (**METG**) der European Air Navigation Planning Group (**EANPG**) bei der internationalen Gestaltung der Flugmeteorologie mit. Der Leiter der Abteilung Flugmeteorologie im DWD, Herr Klaus Sturm, wurde als stimmberechtigtes Mitglied in das MET Panel der ICAO berufen. Die Leiterin des DWD-Referates Systeme und Betrieb,

Frau Dr. Dorothea Banse, ist seit 2016 Vorsitzende der europäischen Meteorological Group (**METG**) mit Vertretern aus 56 Ländern.

2018 war erstmals eine Arbeitsgruppe, die Meteorological Operations Group (**MOG**), für eine Woche zu Gast beim DWD in Offenbach. Auf der Agenda standen dabei vor allem Themen der durch die ICAO benannten Funktion des World Area Forecast Systems (**WAFS**) und der zugehörige Secure Aviation Data Information Service (**SADIS**). Auch neu in die MOG zu integrierende Funktionen wie die Einrichtung von überregionalen Warnzentren (Regional Hazardous Weather Advisory Center, **RHWAC**) wurden besprochen. Hierzu präsentierte der DWD seine Kompetenz durch mehrere Fachvorträge.

In der WMO ist der DWD bei internationalen flugmeteorologischen Themen in der Commission for Aeronautical Meteorology (**CAeM**) und in der Commission for Basic Systems (**CBS**) sowie deren angeschlossenen Arbeitsgruppen vertreten. Die WMO übernimmt in den o. g. ICAO-Gremien meist die Rolle der wissenschaftlichen Beratung.

Die europäische Regionalgruppe der ICAO, die **ICAO EUR/NAT**, führt jährlich Vulkanascheübungen (**VOLCEX**) durch, damit die Flugwetterdienste und die Flugsicherungen gut auf einen möglichen Vulkanausbruch vorbereitet sind. Der DWD hat auch 2018 mit seiner Vulkanasche Task Force an dieser europaweiten Übung teilgenommen. Das Volcanic Ash Advisory Center (**VAAC**) London initiierte und koordinierte die VOLCEX, so dass gemeinsam mit den Nachbarländern Warnungen für die betroffenen europäischen Lufträume ausgegeben werden konnten.

Im Rahmen des Zusammenschlusses von 31 europäischen Wetterdiensten (EUMETNET) ist der DWD in der **AVIMET**-Arbeitsgruppe von EUMETNET sowie im EUMETNET Leitungsgremium, der **AVAC**, vertreten. Weiterhin arbeitet der DWD über EUMET-



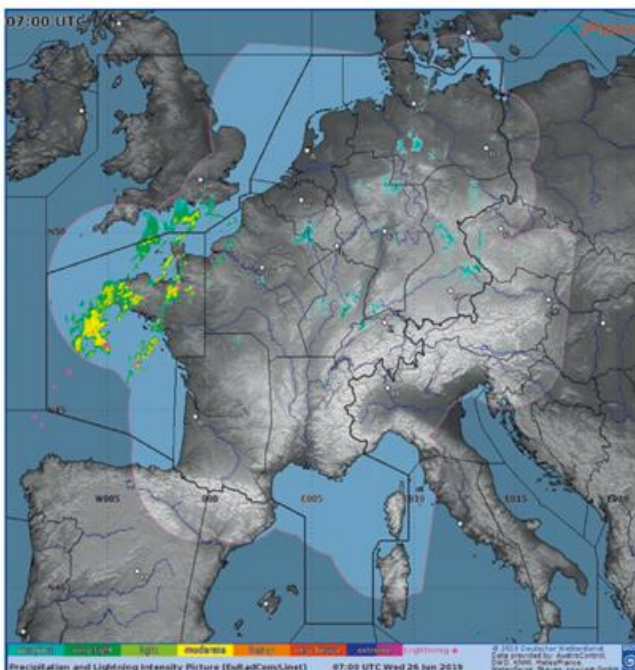
▲ Eine Arbeitsgruppe der ICAO erstmals zu Gast beim DWD

NET aktiv in SES-Projekten mit. Hier gilt es, den DWD adäquat im europäischen Wettbewerb zur Gestaltung des europäischen Luftraums mit standardisierten MET-Produkten zu positionieren, wozu auch die meteorologische Versorgung der **EUROCONTROL** in Kooperation mit mehreren europäischen Flugwetterdiensten gehört. In einer flugmeteorologischen Fachgruppe der EASA unterstützt der DWD bei der Erstellung von europäischen Regularien.

Seit 2006 arbeitet die Abteilung Flugmeteorologie des DWD sehr eng mit den Flugwetterdiensten Österreichs (A) und der Schweiz (CH) in der sog. DACH-Kooperation zusammen. Ziel ist hier insbesondere, den operationellen Betrieb aller drei Länder zu harmonisieren und zu optimieren. Diese Zusammenarbeit wurde 2018 weiter intensiviert. Über ein gemeinsames Projekt, das **DACH-MWO**, wird ein harmonisierter Warndienst aufgebaut, weswegen 2018 damit begonnen wurde, die Betriebs-

**Überblick über die wichtigsten internationalen Aktivitäten, die die Flugsicherungsorganisation DWD im Auftrag des BMVI als »National Meteorological Authority« übernimmt.**

Gremium/Projekt	DWD-Beteiligung
ICAO	Abgesandter (member) im MET Panel Experten (advisors) in den MET Panel Arbeitsgruppen MIE, MISD, MRI, MOG, MCRGG Chair EANPG METG (EUR/NAT-Region) Experten EANPG, METATM und METG (EUR/NAT-Region)
WMO	Abgesandter CAeM und CBS Task Teams/Expert Teams (ET/TT): TT-XML (Formats); TT-AvCI (Aviation Coding Issues), ET-ASC (Aviation, Science and Climate)
EUMETNET SES EASA	AVAC, AVIMET SESAR Projekte Advisory Group ATM/ANS.TEC
DACH-Kooperation	Steuerungsgruppe DACH Operations Group DACH-MWO
MET Alliance	Steering Committee und Board Projekte: TAF- und Trend-Verifikation, AutoMETAR, MOS/TAF-Guidance, KPI, Common Regulations



▲ Das gemeinsame MET Alliance Produkt PLIP

vorschriften der drei Partner zu einer gemeinsamen zusammenzuführen. Auch ein grenzübergreifendes Produktions- und Visualisierungsverfahren, das sogenannte **AWEM**, wurde entwickelt. Näheres dazu finden Sie in Kapitel 4.1.

Neben der DACH-Kooperation haben sich die flugmeteorologischen Dienste von neun mittel-europäischen Ländern (Belgien, Deutschland, Frankreich, Irland, Kroatien, Luxemburg, Niederlande, Österreich und Schweiz) zur MET Alliance zusammengefunden, um die weitere grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu fördern und die Qualität der meteorologischen Dienstleistungen zu verbessern. Im Rahmen dieser Kooperation sind gemeinsame Produkte entstanden, wie zum Beispiel ein Wetterradarkomposit, das den MET Alliance Partnern zur Versorgung der Luftfahrtkunden zur Verfügung steht.

Internationale Zusammenarbeit ist ein unverzichtbarer Bestandteil des Aufgabenspektrums

im DWD, nicht nur im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, sondern auch bei betrieblichen Aufgaben. Mit dem Programm »In die Welt für DWD-Know-how« bietet die DWD-Stabstelle Internationale Angelegenheiten (**INT**) interessierten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen an, ein zeitlich befristetes Engagement im internationalen Bereich zu nutzen. Im Rahmen dieses Programms nahm ein DWD Mitarbeiter an der Messkampagne »In-Cloud ICing and Large-drop Experiment (**ICICLE**)« in Rockford/Illinois teil, die durch die Amerikanische Luftfahrbehörde Federal Aviation Administration (**FAA**) geleitet wurde. Vom internationalen Flughafen Chicago-Rockford wurden Testflüge mit einem kanadischen Forschungsflugzeug durch Vereisungsgebiete durchgeführt. Zur Vorbereitung und Unterstützung vor, während und nach den Messflügen wurden verschiedene NWV-Tools und Nowcastingprodukte am Boden verwendet. Auch das DWD-Vereisungs-Expertensystem **ADVICE** (**A**dvanced **D**iagnosis and **W**arning system for aircraft **I**Cing **E**nvironments) auf Basis des ICON Globalmodells kam zur Anwendung. Im direkten Vergleich mit anderen Expertensystemen konnte ADVICE eine gute Performanz liefern. Die endgültigen Ergebnisse werden nach Qualitätsüberprüfung der Daten in ein bis zwei Jahren vorliegen. Erst dann können alle Teilnehmer, so auch der DWD, Nacharbeiten an den jeweiligen Expertensystemen beginnen.



Abziehende Schauerwolke, © Martin Wieczorrek, DWD

## In der Mitte ist's gefährlich

Die in der Troposphäre auftretenden Wolken lassen sich drei Höhenbereichen zuordnen. Wenn man dies mit den 0 °C- und den 35 °C-Isothermen verknüpft, kann man anhand der Aggregatzustände recht einfach die Vereisungsgefährdung ableiten. Ganz unten existieren bei positiven Temperaturen reine Wasserwolken ohne Vereisungsrisiko. Ganz oben bei unter -35 °C gibt es ausschließlich Eiswolken, die aber »zu dünn und zu trocken« sind, um ein Flugzeug zu vereisen. Gefährlich ist das mittlere Stockwerk aus Mischwolken, die neben Eiskristallen genug unterkühlte Wassertropfen enthalten.



## 2 DWD-Flugwetterdienst

### 2.1 Organisation DWD gesamt und Flugwetterdienst

16

#### Deutscher Wetterdienst Vorstand und Organisation



**Prof. Dr. Gerhard Adrian**  
Präsident



**Prof. Dr. Sarah C. Jones**  
Vorstandsmitglied



**Dr. Paul Becker**  
Vizepräsident

<b>Vorsitzender des Vorstandes</b>	<b>Geschäftsbereich FE</b> Forschung und Entwicklung	<b>Geschäftsbereich KU</b> Klima und Umwelt
<b>Stabsstelle STB</b> Strategie und Büro des Präsidenten  <b>Stabsstelle INT</b> Internationale Angelegenheiten  <b>Stabsstelle PÖ</b> Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  <b>Stabsstelle IP</b> Innenprüfung	<b>Referat FE PK</b> Planung und Koordinierung  <b>Abteilung FE 1</b> Meteorologische Analyse und Modellierung  <b>Abteilung FE 2</b> Zentrale Entwicklung  <b>Meteorologisches Observatorium</b> Hohenpeißenberg  <b>Meteorologisches Observatorium</b> Lindenberg	<b>Referat KU PK</b> Planung und Koordination  <b>Abteilung KU 1</b> Klima- und Umweltberatung  <b>Abteilung KU 2</b> Klimaüberwachung  <b>Abteilung KU 3</b> Agrarmeteorologie  <b>Abteilung KU 4</b> Hydrometeorologie  <b>Referat KU VL</b> Vertriebsleitung

Stand 31. Dezember 2018

Allgemeine Organisationsgrundsätze sind in der Geschäftsordnung des Deutschen Wetterdienstes geregelt und in dem oben abgebildeten Organigramm umgesetzt.

Die Abteilung Flugmeteorologie ist dem Geschäftsbereich Wettervorhersage (WV) zugeordnet. Meteorologische und technische Weiterentwicklungen der Messtechnik und der IT-Infra-



**Norbert Wetter**  
Vorstandsmitglied



**Dr. Jochen Dibbern**  
Vorstandsmitglied



**Hans-Joachim Koppert**  
Vorstandsmitglied

**Geschäftsbereich PB**  
Personal und Betriebswirtschaft

**Referat PB JU**  
Justizariat

**Abteilung PB 1**  
Personal und Organisation

**Abteilung PB 2**  
Finanzen und Service

**Referat PB FB**  
Fachinformationsstelle und  
Deutsche Meteorologische Bibliothek

**Geschäftsbereich TI**  
Technische Infrastruktur und Betrieb

**Referat TI PK**  
Planung, Koordinierung  
und Qualitätssicherung

**Abteilung TI 1**  
Systeme und Betrieb

**Abteilung TI 2**  
Messnetze und Daten

**Abteilung TI 3**  
Service und Logistik

**Geschäftsbereich WV**  
Wettervorhersage

**Referat WV PK**  
Planung und Koordinierung

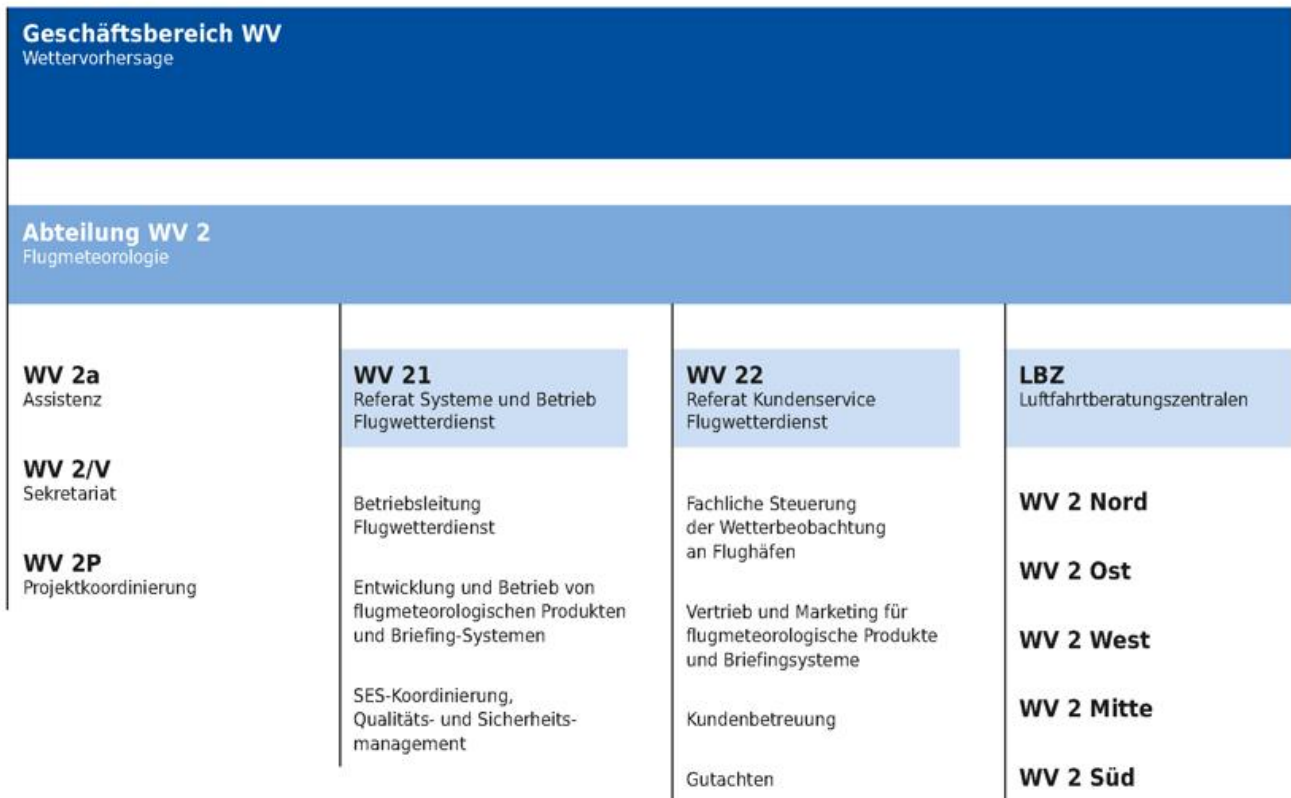
**Abteilung WV 1**  
Basisvorhersagen

**Abteilung WV 2**  
Flugmeteorologie

struktur verantwortet der Geschäftsbereich Technische Infrastruktur und Betrieb (TI), Grundlagenleistungen erbringt der Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung (FE), Verwaltung und

Controlling wird durch den Geschäftsbereich Personal und Betriebswirtschaft (PB) sichergestellt.

## Organisation der Abteilung Flugmeteorologie



Stand 31. Dezember 2018

Die fachspezifische Steuerung und nationale/internationale Vertretung des Flugwetterdienstes erfolgt insgesamt durch die Abteilung Flugmeteorologie. Die beiden zentralen Steuerungsreferate »Systeme und Betrieb Flugwetterdienst« (WV 21) und »Kundenservice Flugwetterdienst« (WV 22) koordinieren den Aufgaben- und Informationsfluss zu internen und externen Schnittstellen. Der Ab-

teilung Flugmeteorologie ist ebenso fachspezifisch der Bereich Projektkoordination (WV 2P) zugeordnet. Fünf Luftfahrtberatungszentralen (LBZ) an den Flughäfen Frankfurt, München und Hamburg sowie in Berlin und in Essen stellen die regionale Präsenz des Flugwetterdienstes sicher. Nachfolgend sind die wichtigsten Aufgaben dieser Organisationseinheiten aufgeführt:

**Referat Systeme und Betrieb Flugwetterdienst:**

- ▶ Fachaufsicht über den Flugwettervorhersagedienst im DWD
- ▶ Koordinierung von Fachangelegenheiten auf dem Gebiet der Flugmeteorologie und Steuerung der Luftfahrtberatungszentralen
- ▶ Vertretung des BMVI und des DWD in internationalen Gremien
- ▶ Entwicklung und Betrieb von flugmeteorologischen Produkten und von Briefing- und Distributionssystemen für Luftfahrtkunden
- ▶ SES-Koordinierung im DWD und Berichterstattung
- ▶ Leitung des Qualitäts- und Sicherheitsmanagements für den Flugwetterdienst
- ▶ Koordinierung und Begleitung von ICAO- oder EASA-Audits und Inspektionen des BAF

**Referat Kundenservice Flugwetterdienst:**

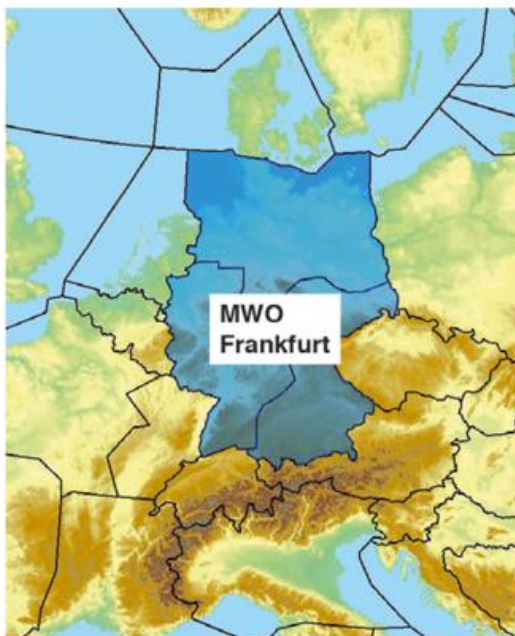
- ▶ Steuerung und Durchführung der Marketingaktivitäten des Flugwetterdienstes
- ▶ Zusammenarbeit mit Behörden, Luftfahrtorganisationen, Flugsicherungsdienstleistern, Flughäfen, Fluggesellschaften und Luftraumnutzern
- ▶ Mitarbeit in nationalen Gremien
- ▶ Aufsicht und Steuerung der Wetterbeobachtungs- und Wettermeldedienste an den internationalen Verkehrsflughäfen und Regionalflugplätzen und Ausstellung von Befähigungsnachweisen für Wetterbeobachter
- ▶ Erstellung von Schulungs- und Prüfungsunterlagen
- ▶ Flugmeteorologische Gutachten und Auskünfte, Beiträge zu Flugunfalluntersuchungen
- ▶ Erstellung von nationalen Richtlinien und Verordnungen bezüglich Durchführung von Flugwetterdiensten

**Projektkoordination:**

- ▶ Initiierung und Durchführung von flugmeteorologischer Anwendungsentwicklung und wissenschaftlicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit
- ▶ Mitarbeit in internationalen und nationalen Projektkonsortien und Gremien

**Luftfahrtberatungszentralen (LBZ):**

- ▶ Flugwetterüberwachung und Durchführung des Warndienstes an der LBZ Mitte, der LBZ Nord und der LBZ Süd (Meteorological Watch Office = MWO)
- ▶ Erstellung der Flughafenwettervorhersagen TAF und TREND
- ▶ Flugwettervorhersagen für die Allgemeine Luftfahrt
- ▶ Individuelle telefonische Flugwetterberatungen
- ▶ Beratungen für Bundespolizei, Landespolizei und SAR Dienste
- ▶ Betreuung der Operationszentren von Luftfahrt- und Flughafengesellschaften
- ▶ Versorgung der Deutschen Flugsicherung mit speziellen Flugwetterinformationen



▲ Neuer Verantwortungsbereich des MWO Frankfurt

### Organisatorische Neuigkeiten

Der DWD betreibt in Deutschland fünf Luftfahrtberatungszentralen (LBZ). Drei dieser Dienststellen (Frankfurt, Hamburg und München) übten jeweils über einen langen Zeitraum die Funktion eines Meteorological Watch Offices (MWO) aus. Eine MWO ist für die Luftraumüberwachung und die Herausgabe von Warnungen für die Luftfahrt (SIGMET/AIRMET) und Vorhersagen zuständig. Diese Aufgaben sind am 8. Januar 2019 bei der LBZ-Mitte, dem MWO Frankfurt, zusammengeführt worden.

Durch die Zusammenlegung wird die immer wichtiger werdende internationale Zusammenarbeit wesentlich erleichtert. Der Koordinierungsaufwand innerhalb Deutschlands für verschiedene Lufträume entfällt und die Herausgabe von grenzübergreifenden Warnungen kann besser mit den MWOs der Nachbarstaaten koordiniert werden.

Das MWO Frankfurt erstellt die internationale Routinewetterberichte für die Upper Air Control Center (UAC) der DFS in Karlsruhe und für EUROCONTROL in Maastricht. Diese Berichte dienen der Optimierung der Flüge während des Reisezugs in Mitteleuropa. Auch der Networkmanager bei EUROCONTROL in Brüssel wird, in Zusammenarbeit mit dem britischen Wetterdienst UK MetOffice, dem niederländischen Flugwetterdienst des KNMI, dem belgischen Skeyes und der französischen Météo France regelmäßig in mündlicher und schriftlicher Form durch das MWO Frankfurt beraten.

Im Falle einer Havarie übernimmt die LBZ Nord in Hamburg die Aufgaben des MWO Frankfurt.



▲ Alltag im MWO Frankfurt

## 2 DWD-Flugwetterdienst

### 2.2 Personal und Personalentwicklungen

22



▲ Lizenzprüfung am BTZ Langen

Leistungen des DWD für Luftfahrtnutzer 2018	
Art der Leistung	Anteil (in % der geleisteten Arbeitszeiten)
Interne Leistungen für den FWD	50,1
Spezialdienstleistungen (auf Kundenanforderung)	3,1
Leistungen des Flugwetterdienstes (EUROCONTROL)	46,8
davon	
FWD Daten und Produkte	0,8
FWD Vorhersagen	25,1
FWD Warnungen	0,7
FWD Bereitstellung/Vertrieb	0,3
FWD Beratung/Information	6,3
Andere LF-Leistungen	8,8
FWD Projekte	4,8

#### Personalkosten und Mitarbeiterproduktivität

Die Leistungen des DWD, die im Jahr 2018 den Luftfahrtnutzern zu Gute kamen, sind in nebenstehender Tabelle mit unterschiedlichen Anteilen zusammengestellt. Hierbei sind unter »Interne Leistungen« alle internen Unterstützungs- und Vorarbeiten subsummiert, die zur Erstellung der externen FWD-Leistungen erforderlich sind. Mit »Spezialdienstleistungen« ist die Weiterverarbeitung von Daten und Standardprodukten gemeint, die speziellen Kunden- und Nutzeranforderungen gerecht wird.

Das im Flugwetterdienst des DWD tätige Personal, in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) ausgedrückt, bestand im Jahr 2018 aus 276 VZÄ gegenüber 2017 mit 279 VZÄ. Der abrechenbare Anteil nach Direct Costs betrug für das Jahr 2018 89 VZÄ. Diese lagen für das Abrechnungsjahr 2018 bei 149.552 Stunden. Davon abrechnungsfähig gegenüber den Luftfahrtkunden sind die mit dem Instrumentenfluganteil (IFR) zusammenhängenden 135.045 Stunden im

Ermittlung der Mitarbeiterproduktivität für den Bereich FWD-IFR		
	2017	2018
<b>Direkte Arbeitsstunden auf FWD-Kostenträger</b>	145.569*	149.552
davon Arbeitsstunden für IFR (ca. 90 %)	131.449	135.045
<b>Service Units<sup>1)</sup> (in Tsd.)</b>	15.728	16.406
<b>Mitarbeiterproduktivität für FWD-IFR (in Stunden/Service Unit)</b>	0,01	0,01

\* direkte und verrechnete Arbeitsstunden (siehe Text)

Jahr 2018. Werden diese abrechenbaren Stunden den entsprechenden, von der DFS erhobenen Dienstleistungseinheiten bzw. Service Units<sup>1)</sup> gegenübergestellt, so ergibt sich ein durchschnittlicher Zeitaufwand pro Service Unit als Maß für die Mitarbeiterproduktivität. Aufgrund der weiterhin guten Konjunkturlage und des steigenden Wirtschaftsaufkommens in Deutschland stieg die Anzahl der Service Units im Jahr 2018 auf 16.405.655 Units an. Damit ergibt sich unter Berücksichtigung der neuen Abrechnungssystematik für 2018 ein deutlich gesunkener durchschnittlicher Betriebsaufwand des Flugwetterdienstes von 0,01 Stunden pro Service Unit.

### Personalgewinnung und -entwicklung

Im Flugwetterberatungsdienst des DWD besteht kontinuierlicher Personalbedarf, verursacht durch altersbedingte Abgänge oder durch Bewerbungen auf andere Dienstposten. Daher wurden auch 2018 Stellenausschreibungen vorgenommen, zum einen für die Hochschule des Bundes (Fachbereich Wetterdienst), zum anderen für »fertige« Absolventen des Bachelorstudienganges der Meteorologie, der an verschiedenen Universitäten in Deutschland durchgeführt wird.

Sowohl beim Auswahlverfahren für die Hochschule des Bundes als auch im Auswahlverfahren

für fertige Absolventen des Bachelorstudienganges konnten jeweils 6 Bewerber (w/m) eingestellt werden. Die Kolleginnen und Kollegen beider Ausbildungszweige durchlaufen anschließend eine Einweisungs- bzw. Lizenzierungsphase von – je nach Kenntniserwerb – 15 bis 20 Monaten. Nach den derzeitigen Planungen wird damit der Ende 2019 (im Falle der Hochschule des Bundes Ende 2022) bestehende Personalbedarf gedeckt.

2018 wurde ein Kursus für Wetterberater mit 10 Teilnehmern vorbereitet und in Prüfungen lizenziert. Alle 10 Meteorologen (w/m) haben ihre Lizenzprüfungen Ende 2018 erfolgreich bestanden, so dass sie anschließend ihre Tätigkeiten in der Regionalen Wetterberatung oder in den Luftfahrtberatungszentralen des DWD aufnehmen konnten.

▼ DWD- und DFS-Bildungszentrum in Langen



1) Quelle: Deutsche Flugsicherung

## Arbeitsanweisungen für Flugwetterbeobachter/-innen

Zum 01. 10. 2018 ist das Handbuch »Wettermeldungen für die Luftfahrt« in der Version 2.0<sup>2)</sup> in Kraft getreten. Der Deutsche Wetterdienst legt darin die Verschlüsselungsvorschriften fest, nach denen in Deutschland Flugplatzwettermeldungen – METAR/SPECI und MET REPORT/SPECIAL – erstellt werden. Notwendig wurde dies unter anderem aufgrund der EU-Verordnung DVO (EU) 2017/373<sup>3)</sup>, die ICAO Annex 3<sup>4)</sup> in EU-Recht überführt und ab 2. Januar 2020 gültig wird. Teils werden ICAO-Empfehlungen über Flugplatzwettermeldungen zu bindenden Vorschriften oder Zusatzinformationen in Flugplatzwettermeldungen müssen entfallen.

Das Handbuch regelt außerdem die Verschlüsselung vollständig automatisch erstellter Flugplatzwettermeldungen, die mit dem Zusatz AUTO gekennzeichnet werden. Der Umfang der Meldungen muss in Anlehnung an die ICAO-Vorgaben der Messtechnik für ein vollautomatisches Wetterbeobachtungssystem angepasst werden. Diese Anpassung gilt einheitlich für alle Meldungen. Auch das gesamte Kapitel zu MET REPORT/SPECIAL wurde überarbeitet. Diese zusätzlichen pistenbezogenen Flugplatzwettermeldungen ersetzen im Flughafenbereich schrittweise METAR/SPECI und werden dann für den Automatic Terminal Information Service, ATIS, verwendet.

Es werden nur noch signifikante Wolken gemeldet, wenn die Wolkenuntergrenze unterhalb von 5.000 Fuß über Grund oder unterhalb der höchsten Sektormindesthöhe liegt oder es sich um einen Cumulonimbus oder einen Towering Cumulus handelt. Als gegenwärtiges Wetter werden maximal zwei Gruppen verwendet, so entfällt beispielsweise



▲ Flugwetterbeobachtung an der Flugwetterwarte Leipzig

bei Regenschauern und Gewittern in Flugplatznähe mit einzelnen Nebelschwaden (SHRA VCTS BCFG) die letzte Gruppe (BCFG). Treten Nieder-

2) [https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungsorga/Flugmeteorologie/Flugmeteorologie\\_node.html](https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungsorga/Flugmeteorologie/Flugmeteorologie_node.html)

3) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0373>

4) <https://store.icao.int/icao-annex-3>




schläge auf, werden diese nach ihrer Relevanz gemeldet, das heißt, Schnee (SN) vor Regen (RA) vor Sprühregen (DZ). Außerdem wurde die Auswahl der zulässigen Buchstabenkürzel zur Meldung des gegenwärtigen Wetters angepasst. Die Tabelle 5.1 im Handbuch »Wettermeldungen für die Luftfahrt« gibt Aufschluss.

Die Änderungen wurden mit den wichtigsten Nutzern, insbesondere der DFS, abgestimmt. Zusätzlich wurden die Piloten der Allgemeinen Luftfahrt durch Veröffentlichungen im aerokurier (03/2019) sowie im Fliegermagazin (02/2019) auf die Änderungen hingewiesen.



Kampfflugzeug McDonnell F-4 Phantom II im winterlichen Belastungstest,  
© picture-alliance/dpa



## Jetzt kommt's ganz dicke

Eisansätze bilden sich zunächst im Bereich der Flugzeugzelle, meist an den der Strömung zugewandten Stirnflächen, also an der Bugspitze und den Profilenasen der aerodynamischen Komponenten. Dabei tritt generell eine starke Zunahme des Luftwiderstandes und der Masse auf. Die Menge des sich ablagernden Eises wird als Vereisungsgrad oder unter Berücksichtigung der Verweilzeit während des Fluges als Vereisungsintensität charakterisiert, sie ist abhängig von der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, dem Flüssigwassergehalt der Wolken entlang des Flugweges, der Größe der Wolkenpartikel sowie der Fluggeschwindigkeit.

### 3 Kundendienstleistungen

#### 3.1 Kunden und Leistungen

28

Flugwetterdienstliche Leistungen sind integraler Bestandteil des Luftverkehrssystems und leisten einen Beitrag zur Erfüllung der SES-Leistungsziele Sicherheit, Umweltschutz, Kapazitätserhöhung und Kosteneffizienz.

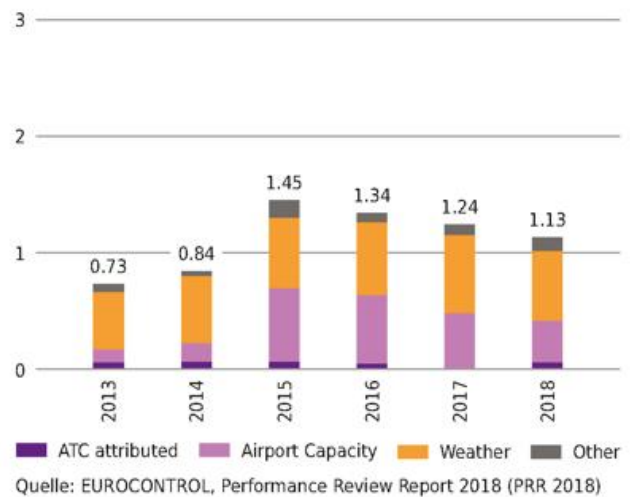
Gemäß LuftVG ist der DWD verpflichtet, Flugwetterberatungs- und Flugwetterbetriebsdienste bereitzustellen und die dafür erforderlichen technischen Einrichtungen, Forschungen und Entwicklungen zu betreiben.

Die Notwendigkeit, meteorologische Dienstleistungen für die Luftfahrt zu erbringen, wird auch durch den Performance Review Report der EUROCONTROL für das Jahr 2018 (PRR 2018) untermauert. Aus diesem Dokument geht hervor, dass sich im durch EUROCONTROL betreuten Luftraum die Flugverspätungsminuten im Jahr 2018 gegenüber dem Jahr 2017 mehr als verdoppelt haben. Hiervon sind 37,4 % diverserem Kapazitätsmangel geschuldet, 25,4 % den Wetterbedingungen, 23 % dem fehlenden ATC-Personal und 7,5 % anderen Ursachen. Etwa 80 % aller »en-route-Verspätungen« im Flugverkehrsmanagement treten in den Sommermonaten zwischen Mai und September auf, wenn sich die

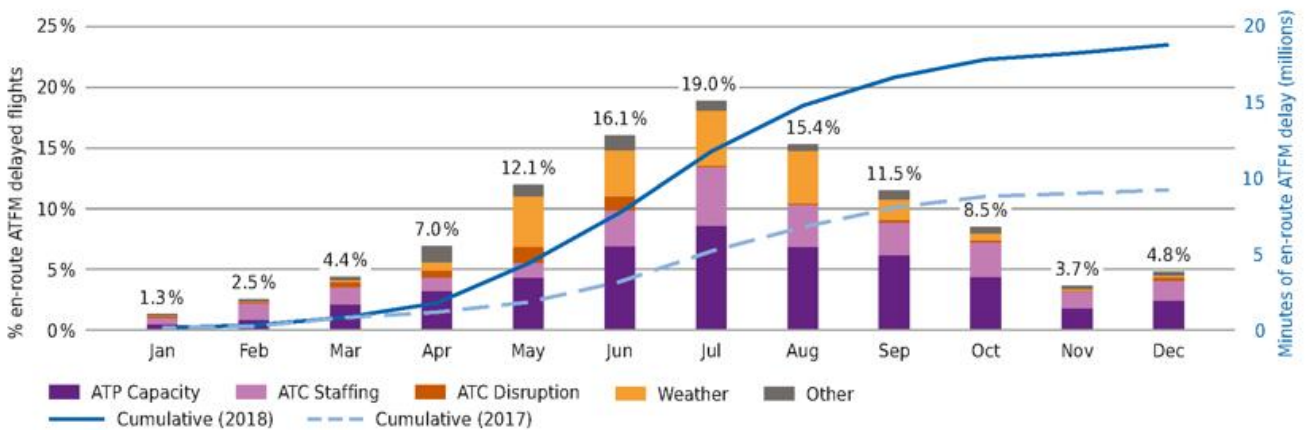
genannten Hauptursachen für die Verspätungen überlagern.

Laut EUROCONTROL waren im Jahr 2018 an den 30 wichtigsten europäischen Verkehrsflughäfen 6 % aller ankommenden Flüge verspätet, wobei mit 54,9 % mehr als die Hälfte dieser Verspätungen wetterbedingte Ursachen hatten.

**Durchschnittliche Verspätungen pro Ankunft an den 30 wichtigsten europäischen Verkehrsflughäfen (in Minuten)**



**En-route-Verspätungen: Ursachen im Jahresverlauf 2018 (in %) und kumulierte Verspätungsminuten 2017 und 2018 (in Mio.)**



Die Luftfahrt zählt zu einem der weltweit wichtigsten Verkehrszweige. Da für eine Vielzahl an Flugverspätungen schlechtes Wetter als Ursache genannt wird, ist die zuverlässige und hochwertige Erbringung von Flugwetterdienstleistungen nicht nur en-route, sondern auch an den Flughäfen essentiell. Deshalb umfassen die Aufgaben und die Verantwortung des Flugwetterdienstes u. a.

- ▶ die Wetterüberwachung,
- ▶ die Warnung vor Wettererscheinungen mit Auswirkungen auf den An- und Abflug sowie den Rollverkehr,
- ▶ die Warnung vor fluggefährdenden Wetterereignissen auf der Strecke,
- ▶ die Bereitstellung von standardisierten Flugwettervorhersagen,
- ▶ die individuelle Flugwetterberatung sowie
- ▶ die Sammlung und die Bereitstellung flugklimatologischer Daten und Statistiken.

Das Leistungsangebot des Deutschen Wetterdienstes für den internationalen und nationalen Luftverkehr wird kontinuierlich an die internationalen und nationalen Gesetze, Regeln und Vorgaben angepasst und berücksichtigt selbstverständlich auch zusätzliche Kundenanforderungen. Es werden Kunden aus den verschiedenen Bereichen der gewerbsmäßigen und allgemeinen Luftfahrt durch die Abteilung Flugmeteorologie des DWD versorgt und betreut.

Zu den Kundengruppen der Abteilung Flugmeteorologie zählen

- ▶ Verkehrsluftfahrt,
- ▶ Allgemeine Luftfahrt und Sportluftfahrt,
- ▶ Flugsicherungsorganisationen, wie z. B. Deutsche Flugsicherung (DFS) und EUROCONTROL,
- ▶ Deutsche Flughäfen und ihre Dienstleister,
- ▶ Fliegende Einheiten von Polizei, Rettungsdiensten und des Katastrophenschutzes,
- ▶ Luftfahrtverbände und -vereine,
- ▶ Flugschulen,

- ▶ Flugmodelle und unbemannte Luftfahrtsysteme (UAS),

- ▶ Luftfahrtbehörden.

Alle materiellen und immateriellen Dienstleistungen, die der DWD für die Luftfahrt bereitstellt, werden in einem Leistungskatalog Flugwetterdienst geführt und dem BMVI regelmäßig vorgelegt. Im Falle der Flughäfen werden die Art und der Umfang der dort erbrachten meteorologischen Dienstleistungen nach der jeweiligen Kategorie des Flughafens (MET I bis IV) unterschieden. Im Jahr 2018 waren in Deutschland 41 Flugplätze den Kategorien MET I - III zugeordnet. Für all diese Flughäfen und Flugplätze erbringt der DWD Flugwetterbetriebsdienste.

In der Tabelle auf Seite 30 oben sind die Aufgaben und Leistungen für die verschiedenen Kundengruppen zusammengestellt. Sie werden über die von der DFS und EUROCONTROL eingezogenen Gebühren für den Instrumentenflug (An-, Abflug und Strecke) sowie über Bundesmittel für den Sichtflug abgerechnet. Nähere Ausführungen hierzu können dem Kapitel 6 entnommen werden. Neben diesen Leistungen bietet der DWD seinen Luftfahrtkunden weitere Leistungen gegen Entgelt an. Die Umsätze für entgeltpflichtige Leistungen lassen sich der Tabelle auf Seite 30 unten entnehmen.

Die Versorgung mit flugmeteorologischen Daten, Produkten und Dienstleistungen erfolgt sowohl dezentral durch die Flugwetterberatung der Luftfahrtberatungszentralen als auch aus der Zentrale des DWD in Offenbach. Weitere Informationen zur Kundenversorgung können Sie in Kapitel 3.2 nachlesen.

**Aufgaben und Anzahl erstellter Leistungen des DWD zur meteorologischen Sicherung der Luftfahrt im Jahr 2018**

<b>Meteorologische Dienstleistungen für die IFR-Luftfahrt</b>	
Mündliche Flugwetterberatungen	1.893
TAFs für deutsche Flughäfen	69.236
Trend-Vorhersagen	272.892
METAR (nur MET I)	284.337
SPECI (nur MET II)	36.240
SIGMETs, AIRMETs, Flughafenwarnungen, Windscherwarnungen <sup>1)</sup>	11.390
GAFOR-Gebietwarnungen	24.772
AIREP/PIREP	1.089
Low-Level Significant Weather Charts (seit dem 1. 8. 18 werden pro Tag 6 Fixtime Charts und 6 Outlook Charts erstellt)	3.320
Flugwetterübersichten / 3 Tage Prognosen	14.295
<b>Meteorologische Dienstleistungen ausschließlich für die VFR-Luftfahrt</b>	
Vorhersagen für Low-Level-Flüge (GAFOR, GAMET)	12.643
Mündliche Flugwetterberatungen (nur VFR)	28.133
<b>Meteorologische Dienstleistungen für Rettungsdienste, Flugsicherung, Flughäfen</b>	
Spezialvorhersagen für Such- und Rettungsoperationen	20.878
Spezialvorhersagen für die Flugsicherung (Höhenwindprognose)	5.841
Spezialvorhersagen für Flughäfen und Air Traffic Management (Flughafenvorhersagen, Winterdienst, ATM-Beratungen)	69.094
<b>Selbfbriefingdienste für die zivile Luftfahrt (IFR und VFR), Flughäfen und Luftfahrt Dienstleister</b>	
Kunden der Selbfbriefingssysteme pc_met Internet Service	14.613
Internetseiten-Aufrufe: pc_met Internet Service	275.681.692
Internetseiten-Aufrufe: Meteorological Airport Briefing	106.846.668
Telefax, Ansgedienste	552
1) wetterabhängige Leistungen	

**Umsätze aus meteorologischen Spezialdienstleistungen zur Sicherung der Luftfahrt im Jahr 2018**

	(EUR)
<b>Selbfbriefingssysteme</b> (pc_met u. a.)	890.333
<b>Flugmeteorologische Gutachten und Auskünfte</b>	6.801
<b>Sachverständigenleistungen nach JVEG</b>	3.187
<b>Meteorologische Betreuung der Regionalflugplätze einschließlich Ausbildung des Personals</b>	166.778
<b>Mehrwertdienste</b> (individuelle mündliche Flugwetterberatungen, IFR-Fax, TAF-Guidance und abgeleitete Produkte)	72.587
<b>Erstellung/Bereitstellung flugmeteorologischer Informationen für Flughäfen und Service Provider</b>	44.838
<b>Sonstiges</b> (Lehrfilme für die Pilotenaus-/fortbildung, Flugwetterseminare für Piloten etc.)	22.982
<b>Umsatz Spezialdienstleistungen gesamt</b>	<b>1.207.506</b>

## 3 Kundendienstleistungen

### 3.2 Kundenversorgung mit Flugwetter

Die Versorgung der Kunden mit flugmeteorologischen Informationen erfolgt über verschiedene Vertriebswege. Dabei werden die Sicherheitsrichtlinien des BSI beachtet, d. h. die übermittelten Flugwetterinformationen werden in ihren Grundwerten Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit angemessen geschützt.

Der konkrete Übertragungsweg richtet sich in Abstimmung mit dem Kunden nach der Art der Daten und Produkte. So muss z. B. die Versendung bzw. Übermittlung von Warnungen aktiv durch den DWD erfolgen, etwa über E-Mail, während die Bereitstellung von Modelldaten auf passivem Modus über einen Datenserver erfolgen kann.

Der DWD betreibt einen gesicherten Datenserver (data.dwd.de), der den Abruf von Informationen über die Protokolle HTTPS und SFTP anbietet und dessen Kunden sich mit Benutzername und Passwort authentifizieren. Flugwetterinformationen werden außerdem via E-Mail, per Push-Service auf einen Kundenserver oder über einen Geowebserver zur Verfügung gestellt.

Die Tower-Lotsen der Deutschen Flugsicherung GmbH an den Verkehrsflughäfen benötigen zeitnah Messwerte der dort aktuellen meteorologischen Parameter und erhalten diese wichtigen Daten über direkte Modemstrecken. Die Versorgung der Zentrale der DFS erfolgt durch spezielle Datenserver mit zusätzlichem Backup. Über den Geoserver des DWD werden bereits die Produkte NowcastMIX-Aviation und NowcastMIX-Winterwetter angeboten. Weitere derartige Dienste folgen in den kommenden Jahren.

Von besonderer Bedeutung ist die Bereitstellung von Flugwetterinformationen an den Luftfahrtberatungszentralen durch regelmäßige und situative Wetterbriefings (telefonisch oder persönlich) für die Verkehrsluftfahrt, aber auch durch die individuelle Flugwetterberatung für die Allgemeine Luftfahrt, den Luftsport oder die fliegenden

Einheiten von Polizei, Rettungsdiensten und des Katastrophenschutzes (siehe Kapitel 2.1).

Darüber hinaus bietet der DWD seinen Kunden spezielle, kundenspezifisch eingerichtete Webseiten (Selfbriefingsysteme) zur selbstständigen Durchführung ihres Flugwetterbriefings an. Neben den Schlüsselkunden der Verkehrsluftfahrt haben auch die Piloten der Allgemeinen und gewerblichen Luftfahrt die Möglichkeit, diese Art des Briefings zu nutzen, alternativ oder ergänzend zur persönlichen Flugwetterberatung. Nachfolgend werden die drei Flugwetter-Selfbriefingsysteme kurz beschrieben, die sich inhaltlich durch die Ausrichtung auf die jeweilige Nutzergruppe unterscheiden.

#### Selfbriefingsysteme

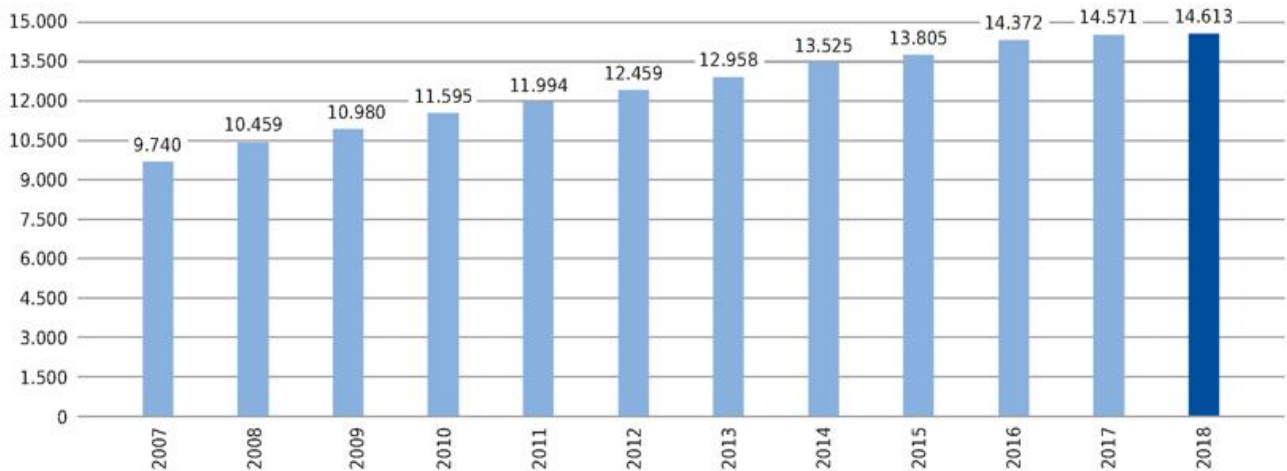
##### ► Meteorological Airport Briefing (MAB)

Das **MAB** ist ein webbasiertes Portal mit flugmeteorologischen Produkten für die Steuerung sämtlicher Prozesse im Air Traffic Management (ATM) und ist zugeschnitten auf Flughäfen, die dort ansässigen Flughafendienstleister (z. B. Winter- und Verkehrsdienste), Fluggesellschaften und Flugsicherungsorganisationen. Hervorzuheben sind dabei die von den jeweiligen Luftfahrtberatungszentralen speziell für die Verkehrsflughäfen erstellten Airport-Briefing-, Nowcast- und Winterdienstberichte, aber auch die kundenspezifischen Radar-, Gewitter- und Blitzinformationen.

##### ► Heliportal

Eigens für die Kundengruppe der Hubschrauberpiloten (Polizei- und Rettungsflug) bietet der DWD das webbasierte Flugwetterbriefingsystem **Heliportal** zur meteorologischen Flugvorbereitung an. Spezialprodukte wie Nachtflugvorhersage mit BIV-Brille, Marinogramme und Seegangsvorhersagen für Einsätze im Offshore-Bereich ergänzen die Standardprodukte des Flugwetterbriefings.

pc\_met Kunden in den Jahren 2007 bis 2018



#### ► pc\_met Internet Service ([www.flugwetter.de](http://www.flugwetter.de))

Für die Piloten der Verkehrsluftfahrt, der Allgemeinen Luftfahrt und des Luftsports offeriert der DWD das Selfbriefingsystem **pc\_met Internet Service** zur meteorologischen Flugvorbereitung. Neben Warnungen, Vorhersageberichten und -karten, werden räumlich hochaufgelöste Radar-, Blitz- und Satelliteninformationen in z. T. fünfminütiger Aktualisierung angeboten. Schon seit über 20 Jahren wird diese Anwendung von Luftfahrtkunden genutzt, derzeit von über 14 500 (siehe oben stehende Grafik).

Mitte der 1990er Jahre startete pc\_met als Software, die über eine CD auf den PC gebracht wurde. In den 2000er Jahren wurde der Service vollständig auf Internet-Technologien umgestellt. Nun stehen erneute Änderungen der technischen Grundlagen an. Im Jahr 2017 wurde eine Neuentwicklung spezifiziert und 2018 wurde begonnen, den Service und die Infrastruktur auf Geowebdiensten aufzubauen. Dabei wird in Zusammenarbeit mit der Abteilung Basisvorhersagen eine gemeinsame technische Grundlage für zwei kundenspezifische Anwen-

dungen geschaffen. So ergeben sich Synergien in der Softwarearchitektur, im Layout, des Authentifizierungsprozesses und der Produkteinbindung.

Zukünftig wird die Benutzung von Geowebdiensten mit Geoservern und Datenbanken im Hintergrund eine interaktive Bedienung und zeitgemäße Visualisierung ermöglichen. Diese Umstellung bedeutet in den nächsten Jahren intensive Entwicklungsarbeit. Bei der technischen Realisierung wird zur Unterstützung auf die Expertise eines externen Dienstleisters zurückgegriffen. Die Visualisierung von Nowcasting-Informationen im Meteorological Airport Briefing und im Heliportal basieren bereits auf Geowebdiensten.

#### Innovationen in der Kundenversorgung

##### ► Kundenversorgung durch Externe IT-Dienstleister

Der Deutsche Wetterdienst stellt seinen Kunden a priori ein umfangreiches Portfolio an flugmeteorologischen Daten, Produkten, Verfahren und Dienstleistungen zur Verfügung. Doch gerade in der Luftfahrt sind die Anforderungen

häufig sehr individuell, sei es nun in speziellen Wünschen bei der grafischen Darstellung oder aber bei der Datenhaltung im kundeneigenen IT-System. Folglich bietet der DWD seine Daten und Produkte nicht ausschließlich in den haus-eigenen Briefing-Systemen an, sondern liefert auch direkt an Kunden, die die Rohdaten selbst aufbereiten und alphanumerisch oder/und visuell darstellen möchten. Speziell auf seine Bedürfnisse abgestimmt, kann der Kunde auf diesem Wege Flugwetterdaten in seine Prozess-abläufe integrieren und so den Nutzwert der Daten gegenüber dem »Briefing-Pauschalangebot« erhöhen. Viele unserer Kunden beauftragen zur Systemintegration im IT-Bereich Drittanbieter, denen der DWD flugmeteorologische Daten lediglich zum Selbstkostenpreis überlässt, um die Luftfahrtbranche nicht mehr als nötig finanziell zu belasten. Jedoch unterliegen diese Lieferprozesse Nutzungsbedingungen und sind vertraglich geregelt, beispielsweise muss bei der digitalen Verarbeitung meteorologischer Daten deren Aussagekraft erhalten bleiben. Zur Sicherstellung der Integrität von Flugwetterinformationen bei der Implementierung und Darstellung in Fremdsystemen empfiehlt der DWD daher das Dokument AMC DWD-01 »Display of Meteorological Information« als Richtlinie.

► **Weather Visualisation for ATC (WxVis4ATC)**

Im Rahmen des 2. Luftfahrtforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) führt der DWD als Verbundführer zusammen mit der Deutschen Flugsicherung (DFS) und der Fa. MeteoSolutions das Projekt **Weather Visualisation for ATC (WxVis4ATC)** durch. WxVis4ATC läuft seit Mitte 2016 und wurde zunächst bis Ende März 2020 verlängert. Projektziel ist u. a., meteorologische Daten derart bereitzustellen, dass die meteorologische Aussagekraft bei der Verarbeitung durch die

EDV-Systeme der DFS erhalten bleibt. Damit ist gemeint, dem Endnutzer die meteorologischen Produkte vollständig und unverfälscht, also interpretationsfrei, prozessorientiert und ergonomisch in METFROG, dem meteorologischen Visualisierungstool der DFS, darzubieten.

Im Projekt WxVis4ATC soll außerdem unter Einbeziehung eines neuronalen Netzes die Windvorhersage beim Endanflug auf Verkehrsflughäfen kalibriert und seitens der DFS evaluiert werden. Auf diesem Wege soll ein Expertensystem zur Entscheidungsfindung des Towerlotsen erprobt und eine geeignete Visualisierung des System-Outputs realisiert werden. Ergänzend läuft beim DWD eine Sensitivitätsstudie zur raum-zeitlichen Auflösung der modellbasierten Vorhersagedaten (Wind, Temperatur, QNH), die bereits erste positive Resultate zeigt.

Nach der Spezifizierung der Anforderungen an das Teilprojekt METPhänomene und die resultierenden Vorhersageprodukte inklusive Datenbereitstellung und Visualisierung in einer ersten



Tranche, wurden 2018 zu den Themen »Echtzeitdarstellung von Niederschlag und Gewittern«, »Windanzeige während des Endanfluges mit der probabilistischen Windvorhersage WiWi« sowie »Darstellung von Turbulenz- und Vereisungsgebieten« Prototypen erstellt und ein Konzept zu deren Validierung ausgearbeitet.

► **WAWFOR (World Aviation Weather Forecast)**

Bereits 2017 hat der DWD einen Satz numerischer Vorhersagedaten zusammengestellt, der speziell an die Bedürfnisse der Verkehrsluftfahrt angepasst ist. In fünf verschiedenen Paketen stehen folgende Modelldaten alle 6 Stunden zum Abruf bereit:

**ICON-Volumendaten:**

Wind; Temperatur; relative Feuchte; Geopotenzial und Wolkenbedeckung in 26 Druckflächen;

**Einzelne ICON-Modellflächen:**

Temperatur und Taupunkt in 2 m Höhe; Oberflächentemperatur, QNH, QFF; horizontale Windkomponenten (u, v) und Böen 10 m über Grund; Tropopausenhöhe und -temperatur; Windmaximum und Höhe des Windmaximums;

**Erkennung von Cumulonimben (Cb), Wetter und Niederschlag (inkl. Erkennung von Gewittern):**

horizontale Ausdehnung sowie Cb-Unter- und -Obergrenzen, skaliger Regen (1h-Summe), skaliger Schnee (1h-Summe), konvektiver Regen (1h-Summe), konvektiver Schnee (1h-Summe) sowie aktuelles Wetter (ww stündlich);

**Vereisung:**

ADWICE-Vereisungsintensität (Volumen auf 32 Druckflächen); ADWICE-Vereisungsszenario (auf Einzelflächen);

**Turbulenz:**

EDP MAX (Volumendaten auf 30 Druckflächen),  
EDP\_MAX\_LFIR\_FL100/180,  
EDP\_MAX\_UFIR\_FL180/255,  
EDP\_MAX\_LUIR\_FL255/FL350,  
EDP\_MAX\_UUIR\_FL350/FL450.

Die numerischen Daten entstammen dem aktuell vom Deutschen Wetterdienst betriebenen, globalen Wettervorhersagemodell ICON und seit August 2018 auch dem räumlich und zeitlich höher aufgelösten Regionalmodell ICON\_EU. Angeboten wird der WAWFOR-Kundendatensatz in globaler Abdeckung, als Europaausschnitt und als hoch aufgelöster Europaausschnitt.

► **Wetterinformationen für Drohnenflüge**

Die zuletzt rasant angestiegene Anzahl unbemannter Luftfahrzeuge wird sich nach einer Schätzung der Deutschen Flugsicherung bis 2020 weltweit nochmals verdoppeln. Seit 1. Oktober 2017 ist eine neue Luftverkehrsordnung (LuftVO) in Kraft, die für Drohnen zwei Luftfahrzeugklassen (nach §1 LuftVG) neu regelt, und zwar den erlaubnisbedürftigen Betrieb (a) – von unbemannten Luftfahrtsystemen (UAS) und (b) – von Flugmodellen.

Kommerziellen UAS-Nutzern wird **pc\_met** angeboten, außerdem steht allen ferngesteuerten Luftfahrzeugen eine kostenpflichtige individuelle Flugwetterberatung zur Verfügung. Darüber hinaus hat der DWD im Jahr 2018 für die Flugmodellbetreiber (Nutzung in Freizeit und Sport) eine kostenfreie Grundversorgung mit Flugwetterinformationen unter [www.dwd.de/luftsport](http://www.dwd.de/luftsport) eingerichtet. Dazu gehören Windprognosen für die Erdoberfläche, eine Niederschlagsradar- und Blitzkarte, sowie ein Windprofilrechner für die untere Grenzschicht.

Deutsches und Europäisches Recht (EASA) verpflichten in Zukunft auch Drohnenpiloten, bei der Flugvorbereitung Wetterberatungsleistungen in Anspruch zu nehmen. Außerdem will die Deutsche Flugsicherung in ihrem Angebot für Drohnen (»Drohnen-App«) auch Flugwetterinformationen anbieten. Dazu ist geplant, zukünftig hochaufgelöste COSMO-D2 Daten sowie ein aktuelles Regen-Radarbild und Blitzdaten für Flugmodelle und UAS bereitzustellen.

## 3 Kundendienstleistungen

### 3.3 Kundenkonsultationen

Eine Beschränkung allein auf die Entwicklung, Produktion und Abgabe von Flugwetterinformationen und Dienstleistungen entspricht weder unserem Verständnis für Kundenorientierung noch erfüllt dies das Ziel der meteorologischen Sicherung der Luftfahrt. Daher unterstützen wir den Kunden bei der Integration der meteorologischen Information in seine Prozesse, stehen beratend zur Seite und nehmen Kundenanforderungen auf. Unser Ziel ist es, das Leistungsangebot an die Bedürfnisse unserer Kunden zu orientieren und gemeinsam mit dem Kunden den Nutzwert der meteorologischen Information zu optimieren.

Neben der direkten Kundenbetreuung suchen wir auch den Kontakt auf Messen und laden alljährlich zum Luftfahrtkundenforum in unsere Zentrale nach Offenbach ein.

#### **Kundenforum**

Gegen Ende jeden Jahres führt die Abteilung Flugmeteorologie ein Kundenforum durch, auf dem den Gästen von Flughäfen, Fluggesellschaften, Verbänden, dem BMVI, dem BAF, dem LBA und der DFS ein Rechenschaftsbericht über die Leistungen und Kosten des Flugwetterdienstes und ein Einblick in aktuelle flugmeteorologischen Entwicklungen, Aktivitäten und laufende Projekte gegeben wird. Der Flugwetterdienst wird damit auch der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1035/2011 (Details in der Fußnote auf Seite 56) nach jährlichen Kundenkonsultationen gerecht.

Das Kundenforum 2018 fand am 4. Dezember in der DWD-Zentrale in Offenbach statt. Im Fokus standen dabei der Jahresbericht 2017, die Kosten des Flugwetterdienstes für das Jahr 2017 und die Folgejahre, aber auch vier Fachvorträge zu unterschiedlichen Flugwetterthemen. Frau Metzinger (DWD) präsentierte ein Softwaresystem zur Optimierung der Betriebsrichtung von Start- und Landebahnen in Abhängigkeit von Windrichtung



▲ Präsentation von Katrin Hohmann beim Kundenforum 2018

und -geschwindigkeit. Ihre Kollegin Frau Hohmann zeigte, wie man flugmeteorologische Daten und Produkte zukunftsweisend mit Hilfe externer Dienstleister in die Betriebsabläufe des Flughafens München (EDDM bzw. MUC) integrieren kann. Herr Diehl (DWD) erläuterte die von der ICAO initiierten nationalen und internationalen Entwicklungen in der Flugwetterüberwachung. Auch dieses Jahr konnte ein Gastdozent für unser Kundenforum gewonnen werden. Herr Professor Frank Janser von der Fachhochschule Aachen referierte über neueste Forschungsergebnisse aus der Strömungsmechanik. Auch der Gedankenaustausch kam nicht zu kurz, sei es um über laufende oder zukünftige Projekte zu diskutieren, oder um Kontakte zu knüpfen oder zu pflegen.

#### **Messe- und Ausstellungspräsenz**

Der Flugwetterdienst des DWD ist regelmäßig auf Luftfahrtmessen und Luftsportveranstaltungen präsent. Die jährlich ausgetragene Messe für die Allgemeine Luftfahrt AERO Friedrichshafen fand vom 18. bis 21. 04. 2018 statt. Messebesucher haben hier die Möglichkeit, direkt Fragen zu konkreten Produkten oder zu unserem am Stand präsentierten Selfbriefingsystem pc\_met Internet Service zu



▲ Der Messestand des DWD auf der AERO in Friedrichshafen

stellen. So entsteht ein lebendiger Diskurs rund um die Flugmeteorologie und gleichzeitig können Verbesserungswünsche, Kritik, aber auch positive Rückmeldungen entgegen genommen werden.

Zusätzlich zur AERO Friedrichshafen unterstützte der DWD im Jahr 2018 mittels Vor-Ort-Präsenz auch einige Luftfahrtveranstaltungen, wie z. B. die Avieur - The European Aviation Showroom in Eisenach am 15. September, den Deutschen Segelfliegertag in Koblenz am 3. November und den DFS-Pilotentag in Langen am 17. November.

Messen und Ausstellungen wurden genutzt, um mit den Kunden in direkten Dialog zu treten

und um Feedback zum gesamten Leistungs- und Angebotsspektrum zu erhalten. Große Nachfrage und viel Zuspruch erfahren beispielsweise unsere Vorträge zu Flugwetterthemen, gehalten u. a. auf dem DFS-Pilotentag in Langen.

#### **Task Force Vulkanasche**

Der DWD erprobte im Rahmen der europaweiten Vulkanascheübung VOLCEX 2018 erstmals die Anwendung von ICON-ART, eines in Kooperation mit dem KIT entwickelten numerischen Modells zur Berechnung von atmosphärischen Schwebstoffkonzentrationen.

Stündliche Vorhersagen der Vulkanaschekonzentration wurden an den Krisenstab der DFS, dem auch das BMVI angehörte, übermittelt und in Telefonkonferenzen sowie durch Beratung des Krisenstabes im Lageinformationszentrum (LIZ) der DFS vor Ort erläutert. Die ICON-ART-Simulationen bieten der DFS eine differenzierte Entscheidungsgrundlage, ob und in welchen Flughöhen Lufträume für den Flugbetrieb geschlossen werden müssen.

Um die Vorhersagen der Vulkanaschekonzentration zu verifizieren, wurden Daten des DWD-Ceilometernetzes durch das Meteorologische Observatorium Hohenpeißenberg (MOHP) ausgewertet. Im »Ernstfall« würden zusätzlich mobile Messstationen zur Konzentrationsbestimmung eingesetzt werden, im Falle VOLCEX 2018 wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Düsseldorf ein Messflugzeug zur Ermittlung der Schwebstoffkonzentrationen in der Luft eingesetzt. Hierzu flog

eine Diamond DA42 von Essen aus über Bremen nach Husum und zurück. Da eine Übungssituation vorlag, konnte erwartungsgemäß keine Vulkanasche festgestellt werden.

Zur Koordinierung von VOLCEX 2018 waren zahlreiche Telefonkonferenzen mit den Beteiligten, etwa den Luftfahrtberatungszentralen, dem MOHP und der Hochschule Düsseldorf, erforderlich. Während der Übung erstellte die Task Force Vulkanasche (VA) des DWD mehrere Statusberichte für Luftfahrtkunden, Ministerien und Behörden sowie für die Presse. Alle Beteiligten waren mit dem Verlauf der Übung zufrieden und der Krisenstab der DFS fühlte sich vom DWD hervorragend mit Daten und Informationen versorgt. Mit gutem Recht sieht sich der Deutsche Wetterdienst daher für zukünftige Vulkanausbrüche bestens gerüstet.

▼ VOLCEX 2018, Krisenstab der DFS





Klareis an den Tragflügeln einer Beechcraft King Air,  
© By Shawn from Airdrie, Canada - Some Ice on the boots, CC BY-SA 2.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31604840>

## Alles klar?

Raueis lagert sich beim Durchfliegen von Schichtwolken mit kleinen, unterkühlten Wassertropfen oder unterkühltem Niesel an exponierten Partien des Luftfahrzeugs ab. Die kleinen Tröpfchen frieren sofort an und schließen dabei Luft in sich ein, was den wachsenden Eisansatz milchig, rau und ungleichmäßig aussehen lässt. Treffen dagegen große unterkühlte Wassertropfen, wie sie gewöhnlich in Quellwolken zu finden sind, auf den Flugzeugrumpf, dann bildet sich eine eher homogene, durchsichtige Schicht, die Klareis genannt wird.

## 4 Innovation und Entwicklung

### 4.1 Informationstechnik, Messtechnik und -systeme

40

#### **Modernisierung der Datenformate für OPMET-Daten**

OPMET-Daten sind meteorologische Informationen (z. B. METAR, SPECI, TAF und SIGMET), deren aktuelles Format (TAC – Traditional Alphanumeric Code) auf das durch ICAO und die WMO definierte Austauschformat IWXXM (ICAO Meteorological Information Exchange Model) umgestellt wird. Zunächst werden noch beide Formate parallel verbreitet, wobei im Jahr 2018 weiter an der fehlerfreien Erstellung und Verbreitung in IWXXM gearbeitet wurde.

#### **Bereitstellung von Geo-Webdiensten**

Der Deutsche Wetterdienst stellt eine leistungsfähige, offene Schnittstelle zum Download von Karten und Daten als Geowebdienst zur Verfügung. Dies ermöglicht den Kunden die Integration der Produkte des DWD in ihre eigenen Anwendungen und Visualisierungstools. Das Referat »Systeme und Betrieb« nahm die flugmeteorologischen Verfahren und Produkte NowCastMIX-Aviation und NowCastMIX-Winterwetter in den operationellen Betrieb. Zusätzlich wurde 2018 an der Bereitstellung der Produkte zum satellitenbasierten Konvektions-Nowcasting sowie zur Turbulenz- und Vulkanaschevorhersage als Geowebdienst gearbeitet. Eine erste Entwicklungsphase für ein neues Briefing-Portal auf Basis von Geowebdiensten wurde abgeschlossen. Auch hier ist das Ziel, die vorhandenen Altsysteme [www.flugwetter.de](http://www.flugwetter.de) und das MAB-Portal durch ein neues zeitgemäßes Portal zu ersetzen und den Nutzern die meteorologischen Produkte des DWD zur interaktiven Benutzung anzubieten. Zur Vorbereitung und Begleitung dieser Entwicklung werden die vorhandenen Daten und Produkte in Datenbanken und den Geoserver des DWD eingebracht, um entsprechend aufbereitet dem Kunden zur Verfügung zu stehen. Ebenfalls 2018 wurde die Entwicklung einer neuen Flugwetter-App begonnen. Diese hat im Frühjahr

2019 die existierenden Apps abgelöst und bietet dank modernerer Technologie wesentlich mehr Nutzerkomfort und Interaktivität.

#### **Neue Entwicklungen in der Produktions- und Visualisierungssoftware NinJo**

Die auf den Flugwetterdienst spezialisierten NinJo-Komponenten Aviation-Layer, Aviation-EPM, TAF-Guidance-Layer, NVF-Layer und NinJo-Product-Workbench werden kontinuierlich weiterentwickelt. Der Layer Aviation Weather Event Manager (AWEM) als Editor für die SIGMET-Erstellung wurde im vergangenen Jahr den Anforderungen im europäischen Luftraum angepasst und im Sommer 2019 in Betrieb genommen; Erweiterungen zum Austausch von Entwurfsobjekten und zur Nutzung vorgeschlagener Wetterereignispolygone aus meteorologischen Fachverfahren (z. B. EDP, ADWICE) sollen im Winter 2019/2020 umgesetzt werden.

## 4 Innovation und Entwicklung

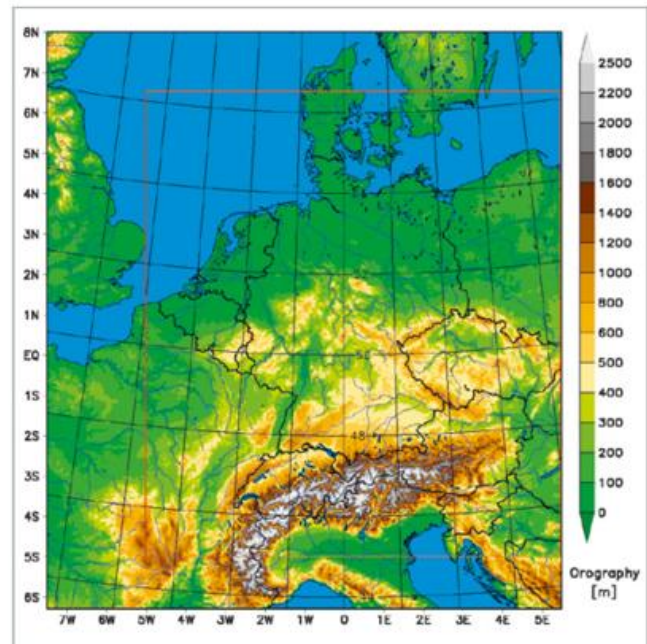
### 4.2 Flugwettervorhersage und -warnung

#### Numerische Wettervorhersage

Die Atmosphäre ist ein chaotisches System, d. h. sehr kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen und den Modellformulierungen können schon nach relativ kurzer Zeit zu großen Unterschieden in den numerischen Wettervorhersagen (NWV) führen. Um die Unsicherheit bei der Bestimmung des Anfangszustandes im Rahmen der Datenassimilation und bei der numerischen Beschreibung der physikalischen Prozesse zu quantifizieren, stützen sich moderne Wettervorhersagesysteme auf eine Vielzahl von Modellprognosen (sog. Ensembles), basierend auf leicht variierten Anfangszuständen (Analysen) und unterschiedlichen Modellformulierungen (Parameterstörungen), um daraus Wahrscheinlichkeitsvorhersagen verschiedener Wetterszenarien ableiten zu können.

Seit Januar 2018 werden beim Deutschen Wetterdienst mit dem globalen Ensemble-Vorhersagesystem »ICON-EPS« (**ICO**sahedral **N**onhydrostatic **E**nsemble **P**rediction **S**ystem) achtmal täglich 40 Rechnungen mit dem globalen Wettervorhersagemodell ICON mit einer Maschenweite von 40 km (20 km über Europa) mit leicht unterschiedlichen Anfangszuständen und Modellformulierungen durchgeführt, um die von der Wetterlage abhängige Unsicherheit der Vorhersagen besser bestimmen zu können. Mit den 40 Vorhersagen des ICON-EPS lassen sich neben der wahrscheinlichsten Wetterentwicklung schon zwei bis vier Tage im Voraus mögliche alternative Szenarien, beispielsweise bzgl. der Zugbahn und Intensität von Sturmsystemen, erkennen. Damit verbessern sich für die Flugwetterberater des DWD die Möglichkeiten, kurzfristig neben der wahrscheinlichsten Wetterentwicklung auch eventuelle alternative Wetterszenarien erkennen zu können.

Außerdem wurde 2018 das Modellgebiet des konvektionserlaubenden Kurzfrist-Vorhersagesystems COSMO-DE nach Westen, Süden und



▲ Das neue Modellgebiet des COSMO-D2; der rote Rahmen kennzeichnet das bisherige Modellgebiet des COSMO-DE.

Norden ausgedehnt, die Maschenweite von 2,8 auf 2,2 km verringert und die vertikale Schichtenanzahl von 50 auf 65 erhöht. Diese Modellversionen tragen den Namen COSMO-D2 (deterministisch) und COSMO-D2-EPS für Ensemble Prediction System. Damit können nun auch Beobachtungen vom östlichen Teil der Britischen Inseln und insbesondere mehr Radarbeobachtungen über Frankreich assimiliert werden. Die Erweiterung nach Süden wurde unter dem Gesichtspunkt getroffen, nun den gesamten Alpenbogen im Modellgebiet zu haben. Durch die Erweiterung nach Norden und Westen wird schließlich ein deutlich größerer Teil der Nordsee erfasst. Vor allem sommerliche Gewitterlagen können durch die Gebietserweiterung frühzeitiger erfasst und besser vorhergesagt werden.

#### Weiterentwicklungen im NWV-Bereich

Das numerische Wettervorhersagesystem wird u. a. im Bereich der Datenassimilation und der Modell-

physik stetig fortentwickelt. So gab es auch 2018 wieder etliche Verbesserungen, die direkt oder indirekt die Luftfahrtprodukte positiv beeinflussen:

- ▶ Datenassimilation von Satelliten-Feuchtemessungen (IASI und MHS),
- ▶ Nutzung der vertikal hochaufgelösten Radiosondendaten im BUFR-Format,
- ▶ Aktualisierung der Modelltopographie,
- ▶ Anpassung der Parametrisierungsschemata der Wolkenmikrophysik und der Konvektion zur Verringerung des systematischen Temperaturfehlers in den Tropen,
- ▶ Verbesserung der Aerosolklimatologien für die Strahlungsberechnung,
- ▶ Verbesserungen in der numerischen Behandlung des atmosphärischen Wassergehalts und der Schneebedeckung.

Speziell die Assimilation der Satelliten-Feuchtemessungen trägt direkt zu einer Verbesserung der Bewölkungsvorhersagen für die Luftfahrt bei, weil erstmals über den Ozeanen flächendeckende Informationen über die Feuchteverteilung in das NWV-System eingebracht werden.

#### **Model Output Statistics/MOSMIX-System**

Die MOS-Verfahren des DWD, insbesondere für TAF-Guidance, AutoTAF und AutoGAFOR, spielen eine wichtige Rolle in der Flugwettervorhersage. Mit der »Model Output Statistics« auf Basis von EZMW-Daten hat der DWD eine Vorreiterrolle in Europa eingenommen. Das MOSMIX-System berechnet statistisch korrigierte Vorhersagen auf Basis von ICON- und IFS/EZMW-Daten und deren statistisch optimale Kombination. MOSMIX-Punkt-Termin-Prognosen sind weltweit für über 5.000 Vorhersagepunkte und einen Vorhersagehorizont von bis zu 240 Stunden verfügbar. 2018 wurden die Prognosen von drei- auf einstündige Vorhersageintervalle verdichtet. Dazu wurde ein neues 1h-MOSMIX-System aufgebaut, das NinJo beliefert

und die einstündigen Vorhersagen in zwei unterschiedlich großen XML-Datenformaten bereitstellt.

#### **Globale Satellitendaten**

2018 wurden die Fernerkundungsdaten mehrerer geostationärer Satelliten z.B. vom japanischen Satelliten HIMAWARI erweitert oder der Wechsel von GOES-WEST auf eine neue Satellitengeneration durchgeführt. Voraussichtlich 2020 und 2022 werden der erste Meteosat-Third-Generation-Imager (MTG-) bzw. der erste MTG-Sounding-Satellite gestartet, letzterer bietet die Plattform für einen neuartigen hyperspektralen Infrarot-Sounder. Insbesondere dieser Infrarot-Sondierer stellt durch seine hohe raum-zeitliche Datendichte ein mächtiges Fernerkundungsdatenpotential dar und schafft somit große Herausforderungen für die Datenprozessierung und Auswertung. Zur Vorbereitung der Nutzung dieser Daten in der NWV laufen bereits Projekte zu den Themen:

- ▶ Erweiterte Assimilation von Daten hyperspektraler Sondierer im globalen ICON-EnVAR-System, insbesondere für feuchtesensitive Kanäle und Daten über Land,
- ▶ Implementierung und experimentelle Nutzung von komprimierten Datensätzen mittels Hauptkomponentenanalyse.

#### **Integriertes Vorhersagesystem SINFONY**

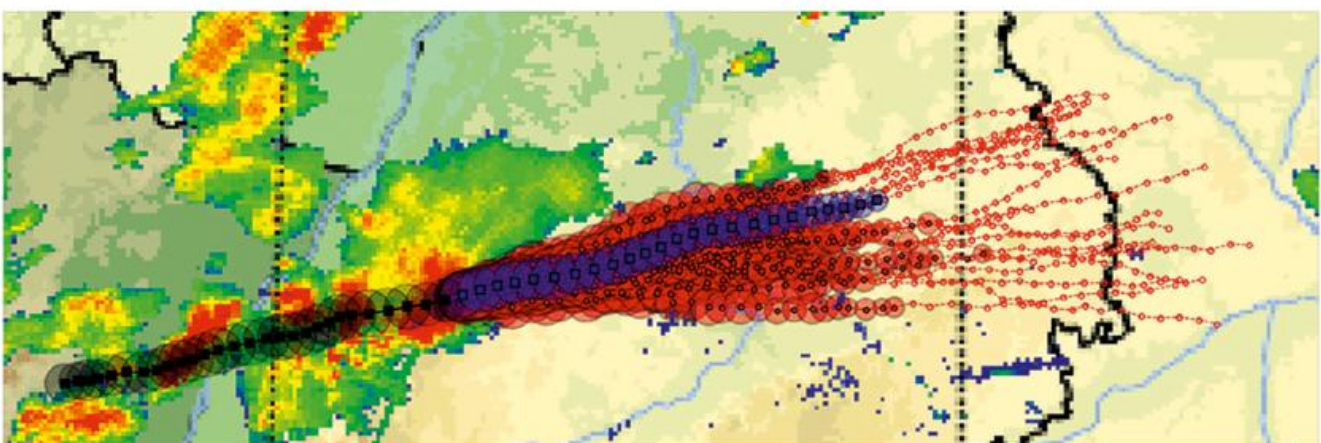
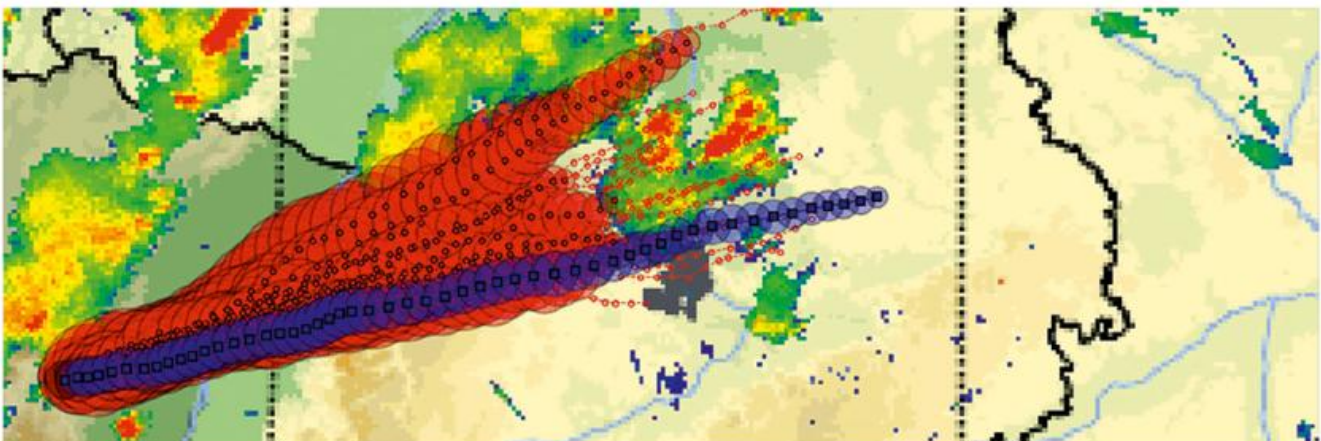
Für das speziell in der Flugmeteorologie interessante Nowcasting (0 bis 2 Stunden) von Niederschlagsfeldern sowie konvektiven Zellen und die numerische Kurzzeitvorhersage (2 bis 12 Stunden) werden zurzeit im Deutschen Wetterdienst struktur- und modellbasierte Verbesserungsansätze verfolgt. Ein »Integriertes Vorhersagesystem« für Deutschland und seine Anrainerstaaten, d. h. für das Gebiet des COSMO-D2, kombiniert diese beiden Ansätze, um aus Nutzersicht »nahtlose« Vorhersageprodukte von 0 bis 12 Stunden mit

hohen Aktualisierungsraten (d. h. 1 h für NWV-Produkte, für Niederschlag oder konvektive Zellen sogar nur 5 Minuten) plus Abschätzung ihrer Unsicherheit bereitzustellen. Mit dem Pilotprojekt SINFONY (**S**eamless **I**ntegrated **F**orecasting **S**ystem) wird im DWD ein solches »Integriertes Vorhersagesystem« zukünftig realisiert.

Prototypische Ensemble-Kalman-Filter-Vorhersage einer Gewitterzelle vom 15. 06. 2016 nahe Stuttgart. Oben: ausgehend vom Zeitpunkt der ersten Zelldetektion, Unten: nachgeführte Vorhersage ausgehend von einem späteren Zeitpunkt. Die kettenförmig aneinander gereihten Kreise symbolisieren die Zellgrößen in Schritten von 5 Minuten, jedem Ensemble-Member entspricht eine Kette. Rot: vorhergesagte Ensemble-Member. Blau und Schwarz: tatsächlich beobachtete Zellspur in »Vergangenheit« und »Zukunft« aus Sicht des Startzeitpunktes der Vorhersage. ▼



▲ Geplantes Modellgebiet für SINFONY im Jahr 2021, dann mit dem neuen ICON-LAM Ensemble-Modellsystem. Bei ausreichenden Rechnerressourcen besteht die Möglichkeit, in das größere Gebiet mit 2 km Maschenweite ein Nest mit 1-km Maschenweite (rechts) einzubetten.



Dazu werden auf Radardaten des DWD-Radarverbunds basierende Nowcasting-Algorithmen für Niederschlag und konvektive Zellen um probabilistische Methoden erweitert, so wie es bei den Ensemble-Verfahren der NWV bereits der Fall ist. Diese »Ensemble-Nowcasting-Verfahren« werden alle 5 Minuten neue Vorhersagen für mindestens 2 Stunden im Voraus liefern (rein technisch bis + 6 h, aber mit wetterlagenabhängiger Qualität). Die Abbildung auf Seite 43 unten zeigt eine »Ensemble-Objekt-Nowcasting-Vorhersage« (d. h. die probabilistische Erweiterung des etablierten KONRAD-3D-Verfahrens für Zelldetektion und -Nowcasting) am Beispiel einer recht langlebigen konvektiven Zelle.

Andererseits sollen bei der auf das neue DWD-Regionalmodell ICON-LAM gestützten numerischen Wettervorhersage (mit Maschenweiten von 2 km oder kleiner, je nach verfügbarer Rechenleistung, vgl. Abbildung Seite 43 oben) zusätzlich hoch aufgelöste Fernerkundungsmessungen des DWD-Radarverbunds, Satellitendaten sowie Blitzdaten in die Datenassimilation des Modells einfließen. Aktuelle Vorhersagen aller »bisherigen« Modellparameter plus simulierte Radar- und Satellitenbeobachtungen stehen dann stündlich und mit früherer Verfügbarkeit jeweils nach den Beobachtungsterminen bereit, was wir als »Rapid Update Cycle« (RUC) bezeichnen.

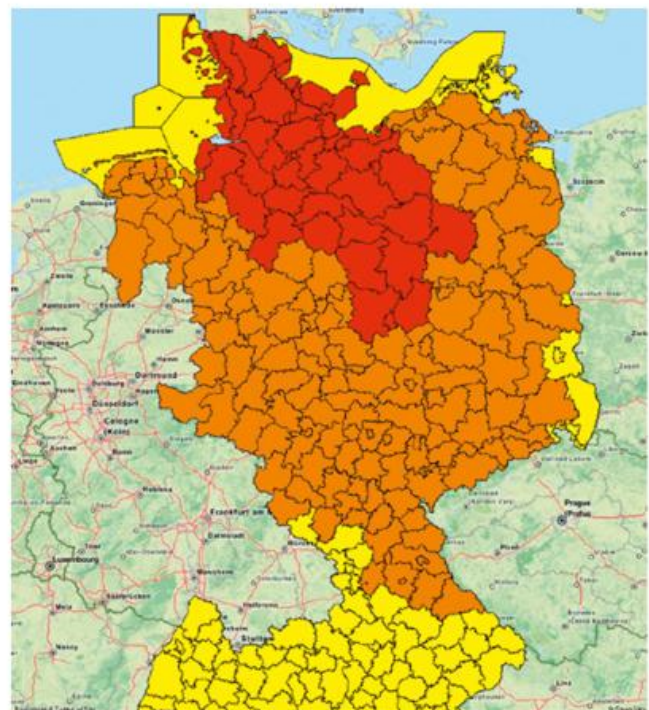
Schließlich münden alle Nowcast- und NWV-RUC-Ensemble-Daten in einem großen virtuellen Datenkubus. Einerseits stehen mehr und verbesserte Basisdaten für bereits existierende Anschlussverfahren (MOS, NowCastMix, AutoWarn, sowie flugmeteorologische Anschlussverfahren) zur Verfügung. Andererseits besteht die große Herausforderung, dem Wetterberater die »neuen« riesigen Datenmengen inklusive der Unsicherheitsinformation aus den Ensemble-Ergebnissen in kondensierter und aussagekräftiger Form, d. h. in »smarten« Vorhersageprodukten bereitzustellen.

Ab 2021 soll ein Prototyp des gekoppelten Nowcasting-NWV-Systems SINFONY im Probebetrieb evaluiert werden. Erste Projektstudien mit Datensätzen aus dem von konvektiven Unwetterlagen durch Starkregen, Hagel und Sturmböen geprägten Frühsommer 2016 zeigten vielversprechende Ergebnisse.

### **Radarbasierte Detektion von Niederschlägen und Konvektion**

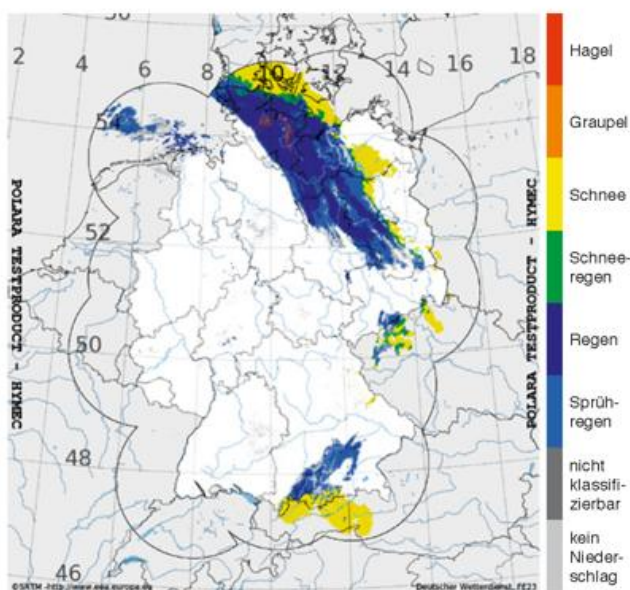
Insgesamt wurden der nationale Radarverbund des Deutschen Wetterdienstes (DWD) modernisiert und Fachverfahren entwickelt, um die verbesserten Systemeigenschaften sowie die neuen Möglichkeiten der C-Band-Radare, wie z. B. die Nutzung polarimetrischer Radarinformationen, für die internen und externen Kunden nutzbar zu machen.

Die auf Radarmessungen basierenden Verfahren zur Klassifikation flüssiger Niederschläge (Hydrometeore) bieten insbesondere für die meteorologische Sicherung der Luftfahrt ein enormes Anwen-



dungspotential. Beispielhaft ist auf Seite 44 unten die aktuelle Warnsituation dargestellt, auf Seite 45 unten sieht man die Hydrometeorklassifikation in Erdbodennähe (Produktprototyp) über Deutschland für Montag, den 5. März 2018 (5 Uhr MEZ), einem Tag mit Glätteisbildung durch gefrierenden Regen bei Fahrbahntemperaturen meist unter 0 °C.

3D-Radar-Volumendaten verbessern die Detektion und Analyse konvektiver Systeme (Schauer und Gewitter), die oftmals für den Luftverkehr gefährliche Wettererscheinungen wie Turbulenz, Sturmböen, Starkregen und Hagel hervorbringen. Wesentliche Ziele der KONRAD3D-Entwicklung (KONRAD - **K**ONVEKTIONS**R**ADar) sind die Erhöhung der Vorwarnzeiten für konvektive Ereignisse, die Erhöhung der Trefferquote und die Verringerung der Fehlalarmrate bei der Analyse und Vorhersage konvektiver Systeme, eine verlässlichere Intensitätsklassifikation konvektiver Zellen sowie deren zeitlicher Entwicklung. Die durch KONRAD3D ermittelten Schauer- und Gewitterzellen mit ihren



▲ Glättesituation am frühen Morgen des 05.03.2018: links Warnkarte: rot - Unwetterwarnungen vor Glätteis, orange - markante Warnungen vor Glätteis, gelb - geringfügige Glättewarnungen; oben Hydrometeorklassifikation in Erdbodennähe mit farblich codierten Klassen

diversen Attributen, Tracks und Nowcast-Informationen werden in XML-Dateien bereitgestellt und stehen dem AutoMETAR-Teilprojekt AutoKON sowie dem System SINFONY zur Verfügung.

### NowCastSAT: Satellitenbasierte Detektion von Konvektion/Gewitterzellen



▲ NowCastSAT Produkt vom 06. Mai 2019, 16:00UTC Vorhersage basierend auf 15:30UTC Daten

Seit 2018 betreibt der DWD operationell das auf Satellitendaten basierende Verfahren NowCastSAT zur Erkennung und Vorhersage von Konvektion und Gewittern mit globaler Abdeckung, siehe oben stehende Abbildung. Dieser Algorithmus leitet Verlagerungsvektoren konvektiver Strukturen ab und kombiniert die Daten mehrerer geostationärer Satelliten (Meteosat-8 bis -11, Himawari-8, GOES-16/-17) mit numerischen Wettervorhersageparametern aus dem ICON-Modell. Zusätzlich sind europaweite Blitzdaten des LINET-Messnetzes integriert und werden um globale Blitzdaten erweitert. In den folgenden Jahren wird das Verfahren auf die nächste Satellitengeneration Meteosat Third Generation (MTG) vorbereitet.

### NowCastMIX-Aviation: Radarbasierte Detektion von Konvektion/Gewitterzellen:

Das seit Jahren bewährte NowCastMIX-Aviation warnt vor Gewittern verschiedener Intensitätsstufen vom Analysezeitpunkt bis zu einer Stunde in die

Zukunft und wird alle 5 Minuten, basierend auf einer Kombination von Radardaten, Blitzortungen, synoptischen Beobachtungen und Modelldaten aus COSMO-D2 aktualisiert. Das Produkt wird sowohl über eine Geowebdienstschnittstelle als auch in Form von XML-Dateien an Luftfahrtkunden abgegeben und wird innerhalb eines Geowebdienst-Clients im Meteorologischen-Airport-Briefing-Portal und im Helikopterportal des DWD für die Nutzer im Deutschlandausschnitt visualisiert. Nähere Angaben zu den genannten Portalen, also Kundenversorgungswegen, finden sich im Kapitel 3.2.

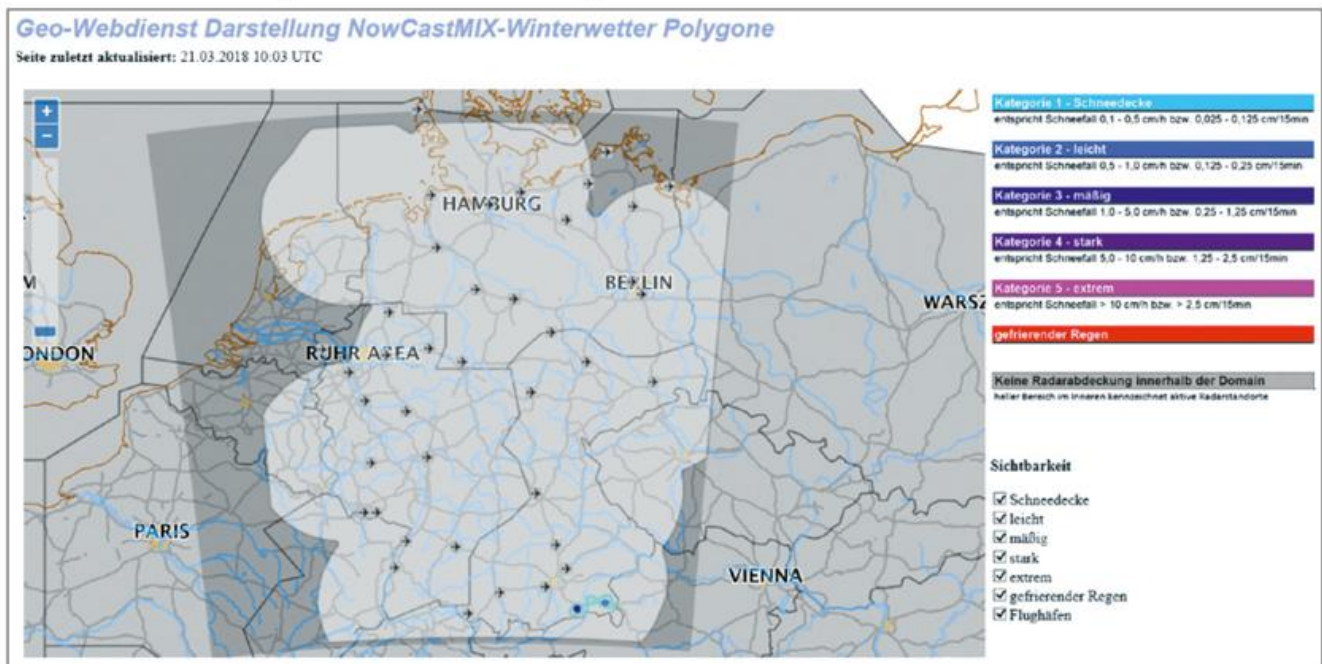
Das Verfahren wurde 2018 durch ein explizites Zelltracking erweitert, welches auf Basis von Blitzortungen sowie Zellerkennungen aus KONRAD und CellMOS mit Hilfe eines optimierten Clusterings funktioniert. Zunächst gibt es Standardvektoren, die bei Fortbestehen der Konvektionszelle zunehmend durch einen eigens berechneten Verlagerungsvektor abgelöst werden. Außerdem wurden die Niederschlagsprognosen, die in die Berech-

nungen für den Niederschlagsanteil der Gewitterzellen hineinfließen, auf polarisationssensitive Produkte aus der POLARA-Umgebung umgestellt, um sukzessive Konsistenz zu schaffen.

### NowCastMIX-Winterwetter: Nowcasting für das Winterwetter

Seit dem 1. Februar 2018 steht das Produkt NowCastMIX-Winterwetter (NCM-Ww) den Kunden über den Geoserver des DWD im Meteorologischen-Airport-Briefing-Portal zur Verfügung. Die Darstellung der Menge des Schneefalls erfolgt in fünf Ereignisklassen und wird durch die vorhergesagten Niederschlagsarten (Schnee, gefrierender Regen) und Niederschlagsintensitäten bestimmt. Die Methodik nutzt raum-zeitlich hochaufgelöste Radardaten, die mit tatsächlich am Boden gemessenen Niederschlagshöhen kalibriert sind. Die Aktualisierungsrate (alle 15 Minuten) resultiert aus dem entsprechenden Dateneingang der Beobachtungen. Bis zu einem Zeitraum von 2 Stunden im

▼ NowCastMix-Winterwetter-Polygone in Geo-Webdienst-Darstellung



Voraus wird in 15-Minuten-Schritten eine Vorhersage produziert, wobei die lineare Verschiebung der Warnpolygone durch ein Bilderkennungsverfahren gesteuert wird, das entsprechende Niederschlagsmuster in den Radar- und Satellitenbildern interpretiert.

So kann NCM-Ww die oft schwierige Beurteilung von Verlagerung und Intensität von Schneefallgebieten und deren Auswirkungen erleichtern und das Air Traffic Management sowie die wetterbedingte Entscheidungsfindung beim Flughafenbetrieb unterstützen. Nach ersten praktischen Erfahrungen wird das Verfahren stetig weiterentwickelt, was 2018 zu einer polarisationssensitiven Testversion auf Basis der POLARA-Produkte führte, die sich derzeit in der Evaluierungsphase befindet und in der Wintersaison 2019/20 in den operationellen Betrieb überführt werden soll. Darüber hinaus wurde im Berichtszeitraum der WMS-Layer für das NinJo-System angepasst, so dass die NCM-Ww-Polygone in einer der NinJo-Releases im Jahr 2019 am NinJo-Arbeitsplatz »on screen« sein werden. Die Abbildung auf Seite 46 unten zeigt beispielhaft NowCastMix-Winterwetter-Polygone als Geo-Webdienst-Darstellung.

#### **Modellbasierte Vereisungsvorhersage: ADWICE**

Das NWV-Anschlussverfahren ADWICE (Advanced Diagnosis and Warning System for Aircraft Icing Environments) gehört seit Jahren operationell zum festen Bestandteil in der Flugwettervorhersage. Es liefert auf Basis des ICON-Modells globale und europäische Diagnosen und Prognosen von Flugzeugvereisung durch unterkühltes Wasser. Die Resultate stehen den Flugwetterberatern im NinJo-Arbeitsplatzsystem zur Verfügung und werden vier Mal täglich mit Vorhersagezeiten bis zu 78 Stunden im Voraus aktualisiert (stündlich bis +48 Stunden, danach 3-stündig bis +78 Stunden). Darüber hinaus können ADWICE-Informationen

teilweise im Self-Briefing ([www.flugwetter.de](http://www.flugwetter.de)) abgerufen werden.

Um die Erstellung der Flugwettervorhersagen und -warnungen (z. B. SWC und SIGMET) zu vereinfachen und teilweise zu automatisieren, wurde auch 2018 an der Entwicklung von Warnpolygonen aus ADWICE-Vorhersagen für mäßige und starke Vereisung gearbeitet. Aktuell wird die Zusammenfassung aller Höhenschichten mit einer dedizierten Ober- und Unterschicht realisiert.

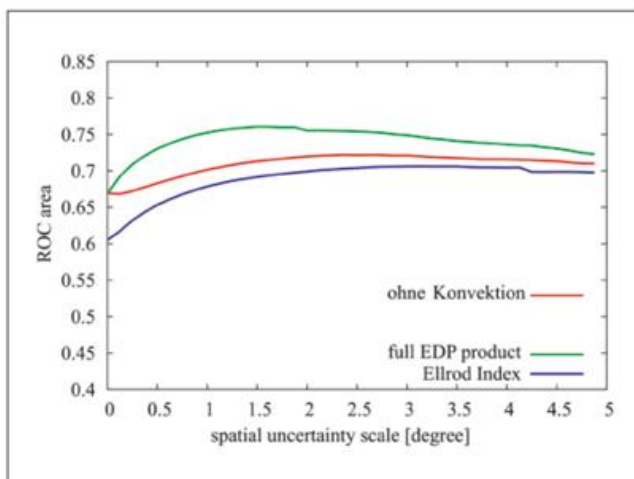
#### **Modellbasierte Turbulenzvorhersage**

Atmosphärische Turbulenz gehört zu den wichtigsten atmosphärischen Phänomenen, die Einfluss auf die Sicherheit, Pünktlichkeit und Effizienz des Luftverkehrs haben. Wegen steigender Kundenanforderungen einerseits und optimierter aerodynamischer Flugzeugeigenschaften andererseits fordert die ICAO (siehe Annex 3) neue Methoden zur Vorhersage der »Eddy Dissipation Rate« (EDR), also der reibungsbedingten Dämpfungsrate »Turbulenter Kinetischer Energie« (TKE) durch Umwandlung in Wärme. Die Eddy Dissipation Rate kann sowohl aus numerischen Vorhersagemodellen (NWV) als auch aus Flugzeugmessungen abgeleitet werden.

Im DWD wurde ein Vorhersageverfahren entwickelt, das die Turbulenzgröße »Eddy Dissipation Parameter« (EDP) basierend auf dem DWD-Modellsystem ICON ermittelt, wobei dank Ensemble-Technologie auch Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich sind. Diese Ensemble-Produkte werden unter dem Namen »Eddy Dissipation Parameter Probability« (EDPP) geführt, und für das europäische ICON-Nest genutzt. Global soll der EDPP aus der »vereinfachten Umgebungsmethode« durch den EDPP des ICON-EPS ersetzt werden.

Die Abbildung auf Seite 48 zeigt Verifikationsergebnisse der Turbulenzvorhersageprodukte gegenüber In-Situ-Messungen an Verkehrsflugzeugen.

Hier wird das volle EDP Produkt (grün) gegen den »Ellrod-Index« (blau) als Standard verglichen. Auf der vertikalen Achse ist die »Receiver Operating Curve« (ROC) als Qualitätsmetrik aufgetragen, wobei gilt: je größer, desto besser. Auf der horizontalen Achse ist die zur Berechnung der ROC-Kurve jeweils vorgegebene räumliche Unsicherheit



▲ Verifikation des EDP Produktes anhand von In-Situ-Messungen mit dem Ellrod-Index als Standardverfahren

aufgetragen (1 Grad entspricht ca. 100 km). Man sieht, dass der EDP dem Ellrod-Index auf allen Skalen überlegen ist, wobei der Vorteil bei starker räumlicher Lokalisierung größer ist, vermutlich weil der EDP auch kleinräumige Phänomene wie Leewellen an Gebirgen und Konvektion berücksichtigt. Die rote Kurve, welche den EDP ohne den Konvektionsbeitrag zeigt, macht deutlich, dass der Vorteil des EDP bei starker räumlicher Lokalisierung nicht auf konvektiven Ereignissen beruht. Hier könnten beispielsweise kleinräumige, orographische Schwerewellen verantwortlich sein. Die Vorteile der Vorhersage konvektiv erzeugter Turbulenz zeigt sich dagegen bei Distanzen von bis zu 100 km, z. T. schon bei deutlich unter 50 km. Diese räumliche Unsicherheit ist dem hochgradig nichtlinearen Charakter der Konvektion geschuldet.

## Vulkanasche: Nowcasting und Modellbasierte Vorhersagen

Vulkanaschewolken werden insbesondere von »explosionsartigen« Ausbrüchen freigesetzt, wobei die Asche rasch in höhere Atmosphärenschichten gelangt und durch die hohen Windgeschwindigkeiten horizontal über weite Distanzen verfrachtet wird. Wie der Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull im Frühjahr 2010 deutlich gezeigt hat, können die Folgen für den Luftverkehr gravierend sein. Insbesondere wegen der stetig zunehmenden Verkehrsleistung steigen auch die Anforderungen an den nationalen Wetterdienst der Bundesrepublik in diesem Bereich.

Der Deutsche Wetterdienst betreibt das satellitenbasierte Fernerkundungsverfahren VADUGS (Volcanic Ash Detection Using Geostationary Satellites) zur Detektion und zur Überwachung atmosphärischer Vulkanasche. Die hohe raumzeitliche Datenverfügbarkeit, gerade auch in abgelegenen Regionen der Erde, macht die Satellitenfernerkundung zum Schlüsselwerkzeug bei der Verbesserung von Vulkanasche-Warnsystemen, daher werden entsprechende Algorithmen beim DWD verstärkt angewendet und fortentwickelt. Im Jahr 2018 wurden Polygone als räumliche Informationseinheiten für die Visualisierung von Vulkanaschewarnungen im Cockpit erfolgreich realisiert.

Um globale Vulkanaschevorhersagen zu betreiben, wurde eine DWD-interne Arbeitsgruppe mit dem Ziel eingerichtet, den Prognostikern der Luftfahrtberatungszentralen zu ermöglichen, über eine graphische Oberfläche Vulkane aus einer globalen Datenbank auszuwählen und, basierend auf aktuellen Volcanic Ash Advisories der ICAO VAAC (Volcanic Ash Advisory Center), Quellstärken und Zeitverläufe unterschiedlicher Vulkane vorgeben zu können. Anschließend werden mit dem ICON-ART-Vorhersagemodell Berechnungen

durchgeführt, die alle sechs Stunden (00, 06, 12, 18 UTC) mit den jeweils aktuellen numerischen Analysen und Quellstärken starten. Eine grafische Benutzeroberfläche für Vulkanasche wurde in das Vulkanasche Warnsystem des DWD eingebettet. Die Implementierung für den Routinebetrieb wird im Mai 2019 abgeschlossen.

### AutoTAF

Die Flugwettervorhersage nutzt Model Output Statistics (MOS-Verfahren) in Form eines der NWV folgenden Anschlussverfahrens für die TAF-Guidance, aus der die Produkte AutoTAF und AutoGAFOR abgeleitet werden.

Die TAF-Guidance beruht auf der statistischen Interpretation (MOS) des EZMW-Modells IFS und berechnet stündlich Punkt-Terminvorhersagen bis +41h im Voraus für alle deutschen Verkehrs- und Regionalflughäfen sowie für eine Vielzahl internationaler Flugplätze. Alle Vorhersagegrößen werden als automatisch erzeugte MOS-Guidance und in kodierter Form (AutoTAF gemäß ICAO-/WMO-Richtlinien) herausgegeben. In dem Verfahren sind spezielle deterministische und probabilistische Größen wie Wolkenhöhen und mehrere Schwellwerte der Sichtweite enthalten, die sich an den Anforderungen der Flugmeteorologie orientieren.

Im Jahr 2018 wurden verschiedene Verbesserungen der Produkte durchgeführt:

- ▶ Ergänzung der auf 12 Stunden bezogenen Niederschlagsmengen und Niederschlagswahrscheinlichkeiten,
- ▶ Ergänzung der Landebahnsichtweite (Runway Visual Range) als absolute Werte sowie als Unterschreitungswahrscheinlichkeiten,
- ▶ Individuelle Definition von CAVOK-Levels für geografisch exponiert gelegene Flughäfen,
- ▶ LINET-Blitzmessungen als Gewitterindikator bei fehlenden Gewitterbeobachtungen an automatisierten Stationen,

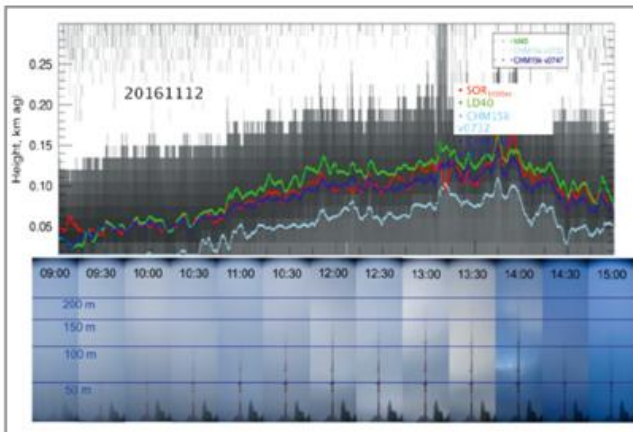
- ▶ Erhöhung der möglichen Anzahl zu kodierender, signifikanter Wetterereignissen im AutoTAF.

### Projekt AutoMETAR

Im Projekt AutoMETAR werden von April 2014 bis Mai 2022 die technischen und regulatorischen Voraussetzungen für eine Einführung vollautomatischer Flughafenwettermeldungen (METAR, MET REPORT und SPECIAL), gemäß ICAO Annex 3 und Doc 9837 N/454, geschaffen und an den internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland, in zwei Entwicklungsschritten in Betrieb genommen. 2018 waren die Vorbereitungen für die Operationalisierung der Entwicklungsstufe »ASDUV\_AUTO-Klasse 2P+« (AAK2P+) ein wesentlicher Aufgabenschwerpunkt.

An erster Stelle steht hier die Entwicklung des Software-Frameworks autoOBS, einer Entwicklungs- und Laufzeitumgebung für Verfahren zur Bestimmung des gegenwärtigen Wetters und des vergangenen signifikanten Wetters (autoPWX), der Bewölkung (autoCLD) und konvektiver Wetterelemente (autoKON). Ein Algorithmus zur Erstellung in sich konsistenter Wettermeldungen wurde ebenfalls in autoOBS implementiert. Die Verfahrensergebnisse werden derzeit auf Regelkonformität geprüft. Pro Flughafen werden für diese Verfahren drei georedundante Server eingerichtet, die im Parallelbetrieb arbeiten und dadurch ein hochverfügbares System bilden. Es werden Betriebs- und Leistungstests durchgeführt und auch die Überwachung (24/7) durch den Leitstand ist eingerichtet.

Für das Verfahren autoPWX erfolgte die Implementierung der Algorithmen zur Bestimmung des gegenwärtigen Wetters und des vergangenen signifikanten Wetters. Ergebnisse aus dem Testbetrieb wurden in Einzelfällen mit Augenbeobachtungen verglichen und optimiert. Für eine systematische Überprüfung wird 2019 ein automatisches Evaluierungsverfahren entwickelt.



▲ Höhen-Zeit-Schnitt des Rückstreusignals des Ceilometers CHM15k (grauer Hintergrund), der CBHs aus Kameraaufnahmen (rot) und der Ceilometer CHM15k / v0.732 (hellblau), CHM15k / v0.747 (blau) sowie LD40 (grün) vom 12. 11. 2016. In der unteren Teilabbildung sind Kameraaufnahmen des Mastes für ausgewählte Zeiten dargestellt.

Das Verfahren autoCLD beinhaltet je einen Wolkenbedeckungsgrad-Algorithmus für METAR und MET REPORT/SPECIAL. Beide basieren auf dem DWD-Wolkenalgorithmus AWO (Automatischer Wolkenalgorithmus), der am Observatorium Lindenberg des DWD eingehend analysiert, deutlich verbessert und erweitert wurde. Im Zuge dieser Arbeiten wurden auch konkrete Verbesserungsvorschläge für das synoptische Messnetz erarbeitet. Eine Untersuchung am Hamburger Flughafen bestätigte die Erwartung, dass die Verwendung mehrerer Ceilometer gegenüber dem bisherigen Verfahren mit nur einem Ceilometer zuverlässigere Wolkenbedeckungsgrade liefert. Für das METAR werden daher zukünftig alle verfügbaren Ceilometer am jeweiligen Flughafen herangezogen, für MET REPORT/SPECIAL die Ceilometer an der jeweiligen Landebahnschwelle.

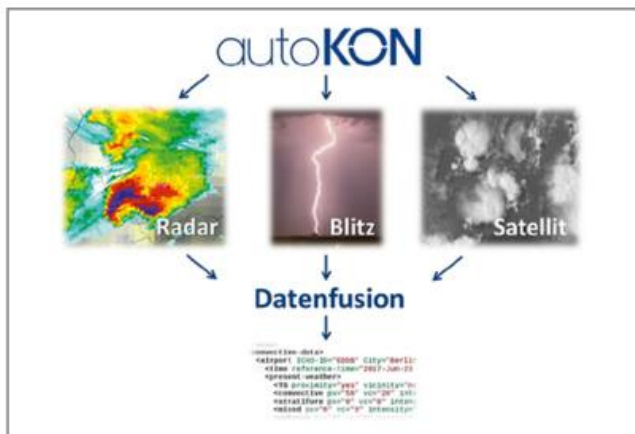
Die Entwicklung eines Referenzverfahrens zur Bestimmung der Höhe der Wolkenuntergrenze im Rahmen der Messkampagne CircaHH ging Ende 2018 in die letzte Runde. Die CircaHH-Messkampagnen lieferten als Ergebnis, dass mittels Bildanalyse von Kameraaufnahmen eines 300 m

hohen Mastes die Basishöhen tiefer Wolken (Cloud Base Height – CBH) zuverlässig ermittelt werden können. Damit steht erstmals eine unabhängige Referenz zur Beurteilung der vom Ceilometer aus dem Vertikalprofil des Rückstreusignals abgeleiteten CBH zur Verfügung, welche für die Kalibrierung neuer Ceilometer verwendet werden kann. Die Abbildung links zeigt beispielhaft die aus den Kameraaufnahmen abgeleiteten CBHs (rote Kurve) im Vergleich zu Messungen verschiedener Ceilometer. Die CBHs des Referenzverfahrens werden durch den visuellen Eindruck im unteren Teil der Darstellung qualitativ gut bestätigt.

Im Software-Modul autoKON zur Erfassung konvektiver troposphärischer Phänomene werden Radar-, Blitz- und Satellitendaten kombiniert, siehe Abbildung auf Seite 51. Meteorologische Plausibilitätsregeln und pixelgenaue Informationen ermöglichen eine sichere Bestimmung der Art der Quellbewölkung, ihres Bedeckungsgrades sowie ggf. von Schauern und Gewittern. Dabei werden 3D-Radarvolumendaten aus dem Verfahren KONRAD3D berücksichtigt, so dass konvektive Zellen früh erkannt werden können.

Ein weiterer Schwerpunkt der Vorbereitungen für die Einführung von AAK2P+ ist die Anpassung der ASDUV-Software MetConsole. Die Benutzeroberfläche erhält ein neues Layout und die Möglichkeit, mittels autoOBS gewonnene Wetterbeobachtungen in Flughafenwettermeldungen zu integrieren. Die an 15 internationalen Verkehrsflughäfen geplante Erweiterung der Messfelder zur Aufnahme zusätzlicher Sensortechnik wird voraussichtlich in der ersten Hälfte 2019 vollendet.

Für die Einführung der AAK2P+ wird ein Musterverfahren mit dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) unter Berücksichtigung der novellierten europäischen Durchführungsverordnung DVO (EU) 373/2017 ausgearbeitet. Außerdem werden sowohl DWD-interne Vorschriften als auch



▲ Kombination verschiedener Datenarten im AutoMETAR Modul autoKON

für Kunden verfügbare Handbücher und sonstige Dokumente an die Entwicklungsstufe AAK2P+ angepasst. Die Kapitel 1.1 und 2.2 enthalten Erläuterungen zu den genannten Verordnungen, Vorschriften und Handbüchern.

## SESAR-Projekte

### ► SESAR2020-Programm

Der DWD ist als »Linked Third Party« über die Deutsche Flugsicherung am Projekt PJ10.02 »Controller Tools and Team Organisation for the Provision of Separation in Air Traffic Management« im SESAR 2020 Research & Innovation Programm beteiligt. Dabei ist innerhalb des Projektrahmens die Zeitspanne von April 2017 bis Ende 2019 für die Arbeitspakete mit meteorologischen Inhalten vorgesehen. Weitere Kooperationspartner des DWD sind der niederländische Wetterdienst KNMI und die Firma MeteoSolutions GmbH.

Ziel der Projektaktivitäten ist es, mit flugmeteorologischen Gefahren verbundene Wettererscheinungen, also »Signifikantes Wetter«, in Air Traffic Management-Simulationen und in Controller-Support-Systemen besser zu berücksichtigen, um den Einfluss durch Wettergefahren zu untersuchen und zukünftig stärker berücksichtigen zu können. Im unteren Luftraumsektor

des Area Control Centers Bremen sollen die Simulationsexperimente 2019 an Fallbeispielen von signifikanten konvektiven Wetterereignissen und signifikanten Windsituationen durchgeführt werden. Dafür hat der DWD 2017 begonnen, vergangene Wettersituationen zu analysieren, und NowCastMIX-Aviation-Daten aus dem Archiv zu reproduzieren. Fallbeispiele für signifikante Windsituationen wurden 2018 gemeinsam mit dem KNMI anhand von Radiosondendaten, bodengestützten Messungen und Mode-S-Daten sowie Modellvorhersagen des FAB-EC-Datensatzes für die DFS zusammengestellt.

### ► Implementierungsprojekt System Wide Information Management (SWIM Governance)

SWIM besteht aus Standards, Infrastruktur und Governance, die das Management von ATM-Informationen und deren Austausch zwischen qualifizierten Parteien über interoperable Dienste ermöglichen soll. Der DWD beteiligt sich neben Met Office, Météo-France und FMI als Projektpartner im Namen von EUMETNET in diesem Projekt bei der Definition von Regelwerken, der zukünftigen Organisation und Entscheidungsprozessen, rechtlichen und finanziellen Aspekten sowie den gemeinsamen Komponenten wie dem SWIM Register. Das Projekt wurde kostenneutral um sechs Monate bis Ende 2019 verlängert.

Anfang 2018 wurden drei SWIM Spezifikationen (Specification for SWIM Service Description, Specification for SWIM Information Definition, Specification for SWIM Technical Infrastructure Yellow Profile) von Eurocontrol veröffentlicht, die den derzeitigen Standard bilden. Darüber hinaus wurde die Grundlage für einen engen Austausch mit Standardisierungsorganisationen wie EUROCAE geschaffen. Der DWD engagiert sich ebenfalls verstärkt in der Arbeitsgruppe zum SWIM Register, weil dort die Veröffent-

lichung von Services stattfindet und diese Schnittstelle für MET-GATE Services sowie die eigenen MET SWIM Services essentiell ist.

► **Implementierungsprojekt European MET Information Exchange (MET-GATE)**

Die Wetterdienste Met Office, Météo France und der DWD haben im Projekt SESAR WP11.2 das Konzept MET-GATE als »Proof of Concept« entwickelt, prototypisch implementiert und durch Nutzer validieren lassen. Diese Plattform wird nun im aktuellen SESAR Implementierungsprojekt MET-GATE für einen operationellen Einsatz weiterentwickelt. Météo France leitet das Projekt. Die Deutsche Flugsicherung (DFS) und EUROCONTROL sind als Nutzer und somit zur Validierung der End-to-End-Verbindung eingebunden.

2018 wurden die zukünftigen Funktionen des MET-GATE-Systems abgestimmt und die untergeordneten Spezifikationen diskutiert. Daraus hat sich ergeben, dass die Serviceregistrierung direkt von den nationalen Zugriffspunkten im SWIM Register erfolgen soll. Die Implementierung einer zentralen Systemkomponente zur Verteilung der Anfragen an die nationalen Zugriffspunkte kann innerhalb des Projektzeitraumes nicht umgesetzt werden. Die operationelle und vereinheitlichte Bereitstellung von MET SWIM Services, insbesondere für die harmonisierten Produkte aus den beiden anderen Implementierungsprojekten (Adverse Weather und 3D Radar), ist das übergeordnete Ziel des MET-GATE Projektes.

Innerhalb des DWD wurde sich zunächst auf die Servicebereitstellung von OPMET-Daten (METAR, SPECI, TAF und SIGMET) fokussiert, die nun mit der DFS zusammen getestet werden können. Nun wird verstärkt an einem Serviceangebot mit Rasterdaten (METGriddedData-Service) gearbeitet, um neben dem OPMET-

Daten-Service auch beispielhaft einen Service für die harmonisierten Produkte mit der DFS evaluieren zu können.

► **Implementierungsprojekt ICAO Weather Information Exchange Model (IWXXM)**

OPMET-Daten werden momentan in Form von kodierten Textgruppen international verteilt (TAC - Traditional Alphanumeric Code). Mit der 78. Änderung des ICAO Anhang 3 (gültig seit November 2018) sollen zukünftig OPMET-Daten digital in einem global interoperablen Informationsaustauschmodell auf Basis von XML/GML (Extensible Markup Language/Geographic Markup Language) ausgetauscht werden. 2018 wurde der pre-operationelle Betrieb dafür eingerichtet und Daten mit anderen Institutionen wie z. B. der DFS testweise ausgetauscht. Die weiteren notwendigen Arbeiten und Entwicklungen für diesen Umstellungsprozess von METAR, TAF und SIGMET werden im DWD intensiv vorangetrieben. Personell wird diese Maßnahme durch das Projekt BMVI-Expertenetzwerk »Wissen - Können - Handeln« im Themenfeld 4 »Digitale Technologien konsequent entwickeln und anwenden« von 2016 bis 2019 unterstützt.

► **Implementierungsprojekt SESAR European Harmonised Forecasts of Adverse Weather (Icing, Turbulence, Convection and Winter Weather)**

Die im SESAR Projekt WP 11.2 prototypisch entwickelten, harmonisierten Vorhersageprodukte für signifikante Wettererscheinungen, wie Vereisung, Turbulenz, starke Konvektion und Winterwetterereignisse werden im Implementierungsprojekt »Adverse Weather« in den Routinebetrieb überführt. DWD, Met Office, Météo-France und Finnish Met Institute (FMI) kooperieren mit Eurocontrol als Vertreter der Endkunden seit Oktober 2016 bis Ende 2020, um dieses Ziel zu erreichen.

Der DWD leitet das Gesamtprojekt und ist federführend bei der Harmonisierung des Vereisungsproduktes, wobei die modellbasierten Vereisungsvorhersagen von Météo-France und Met Office mit dem deutschen ADWICE-System über eine Regressionsbeziehung zusammengefasst werden. Für Konvektions- bzw. Schauer- und Gewittervorhersagen werden die jeweiligen nationalen, hochaufgelösten Vorhersageprodukte in den Überlappungsgebieten zusammengeführt, während versucht wird, die Qualität der Winterwetterprodukte durch eine Kombination unterschiedlicher Modelleingangsdaten zu erhöhen.

Die bereits realisierten Harmonisierungsverfahren wurden zunächst aufgrund unterschiedlicher nationaler Entwicklungen mit dem neuesten Stand verglichen, und dasjenige mit dem höchsten Bewertungsindikator ermittelt. Dazu wurden im Jahr 2018 Beobachtungsdaten gesammelt und Vorhersagen archiviert, die Testzeiträume ausgewertet und so die zu implementierenden Harmonisierungsverfahren bestimmt. 2019 wird mit der Echt-Zeit-Produktion im Testbetrieb begonnen, bevor die operationelle Bereitstellung 2020 erfolgen kann. Die zukünftige Abgabe über webbasierte Dienste an Endkunden wie Eurocontrol wird eng mit dem Projekt MET-GATE und dem SWIM Governance Projekt koordiniert.

► **Implementierungsprojekt SESAR European Weather Radar Composite of Convection Information Service**

Innerhalb dieses SESAR-Implementierungsprojektes arbeiten Met Office, Météo-France und DWD gemeinsam an der Operationalisierung verschiedener, auf Daten des Radar-Volumenscans basierender Verfahren, wie z. B. der Realisierung dreidimensionaler Konvektionsprodukte. Dazu werden ein System am Met Office und ein Backup-System bei Météo-France implementiert. Zum Portfolio gehören Produkte für ganz Europa und

hochaufgelöste Produkte für die Functional Airspace Blocks (FAB) »European Central« und »UK-IRELAND« sowie für verschiedene große Flughäfen und deren Terminal Control Areas (TMA) und außerdem für eine Auswahl zu überwachender Fluggebiete. Bereits 2017 wurden die operationellen Anforderungen an die Eingangsdaten, das harmonisierte Endprodukt, die Produktionskette und die Produktbereitstellung abgestimmt und spezifiziert. Einzelne EUMETNET-Mitglieder gaben 2018 ihre Zustimmung zur Verwendung von Radardaten aus dem OPERA Data Hub zur Generierung der Radar-Komposits während der Projektphase. Die Nutzung der österreichischen Radardaten wurde durch eine bilaterale Vereinbarung zwischen dem Projektkonsortium und AustroControl gesichert.



Intensive Raueisbildung an der Propellernabe eines Kolbenmotorflugzeuges, © U.S. NTSB



## Happy landing?

Auch Flugzeugtriebwerke können vereisen, und zwar sowohl außen als auch innen. Äußere Vereisung entsteht etwa an Propellernaben, an Profilnasen und Blattspitzen von Propellern bzw. im Falle von Strahltriebwerken an den Vorderkanten der Triebwerks gondeln. Die Folgen sind vor allem Verschlechterungen der Aerodynamik, Gewichtserhöhung und damit Leistungseinbußen sowie verringerte Manövrierfähigkeit. Im Inneren von Flugzeugantrieben können bei Kolbenmotoren die Vergaser vereisen und bei Strahlflugzeugen die »kalten Bereiche« der Turbinen Eis ansetzen, was schlimmstenfalls zur Leistungsminderung bis hin zum Triebwerksausfall führt.

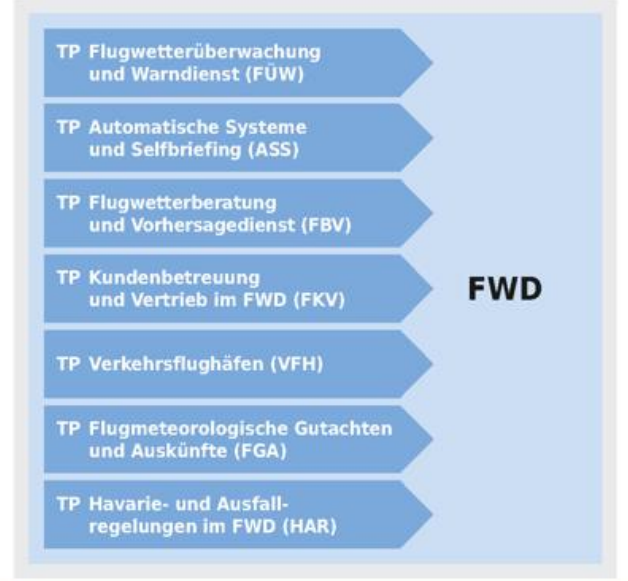
### Qualitätsmanagement

Der Deutsche Wetterdienst ist nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert und erfüllt damit auch die sich aus der Mitwirkung der Bundesrepublik Deutschland an der europäischen Luftrauminitiative Single European Sky (SES) ergebenden Anforderungen in Bezug auf das Qualitätsmanagement (QM) im Flugwetterdienst laut Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1035/2011<sup>1)</sup>. Die Überwachung des Qualitätsmanagements im DWD erfolgt regelmäßig; sowohl in Form externer Audits durch unabhängige Prüfgesellschaften mit dem Ziel der Verlängerung des ISO-Zertifikates als auch seitens des BAF im Rahmen der Sicherheitsaufsicht.

Die gesamte Geschäftstätigkeit des Deutschen Wetterdienstes ist prozessorientiert, dabei wurden drei Strategische Prozesse (SP) mit direkten Schnittstellen nach außen etabliert, und zwar Datengewinnung, Wettervorhersage sowie Klima- und Umweltservices. Der Managementprozess Flugwetterdienst (FWD) ist in den Strategischen Prozess Wettervorhersage (WS) eingebettet und gliedert sich in aufgabenbezogene Teilprozesse (TP) und diese wiederum in Unterteilprozesse.

Die Definition der Prozesse, sowie deren Zweck, Ziele, Randbedingungen, Wechselwirkungen und Risiken sind in Prozessbeschreibungen formuliert, weitere Details finden sich in mitgeltenden Dokumenten wie z. B. in den Verordnungen und Betriebsvorschriften Nr. 7 (VuB 7) oder Notfallplänen. Die prozessorientierte Arbeitsweise im alltäglichen Dienstbetrieb unterliegt der Supervision von Prozessverantwortlichen, die sich auch um Bestand, Pflege und Weiterentwicklung von Prozessdokumenten kümmern. Die Datengewinnung sowie die Vermittlung der Flugwetterprodukte an

Teilprozesse des Managementprozesses Flugwetterdienst (FWD)



unsere Kunden erfolgt über verschiedene Schnittstellen, die durch weitere spezifisch ausgerichtete Prozesse definiert sind. Selbstverständlich stellen umfangreiche Havarie- und Ausfallregelungen die kontinuierliche und qualitativ hochwertige Dienstleistung auch bei Störfällen sicher. Neben dem QM-System nach der Norm ISO EN 9001:2015 baut der DWD auch sein Sicherheitsmanagement (Safety Management) für den Flugwetterdienst im Sinne der SES-Vorgaben weiter aus. Um die strengen Vorgaben an die Messtechnik insbesondere für Flughafensysteme zu erfüllen, ist der DWD zudem als Kalibrierlaboratorium nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Zur regelmäßigen Überprüfung der Zielerreichungsgrade und Steuerung der Prozessabläufe dienen die gemäß der ISO-Normen definierten Werkzeuge, wie etwa interne Audits, kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) und die Definition von Kennzahlen. Innerhalb des Deutschen Wetterdienstes werden diese Kennzahlen jeweils einer der im QM-System definierten Zielgröße zugeordnet:

1) Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1035/2011 der Kommission vom 17. Oktober 2011 zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen an die Erbringung von Flugsicherungsdiensten und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 482/2008 und (EU) Nr. 691/2010

<b>Kennzahlen im Prozess Flugwetterdienst</b>					
<b>Teilprozess</b>	<b>Ziel</b>	<b>Kennzahl</b>	<b>Soll-Wert</b>	<b>Ist 2017</b>	<b>Ist 2018</b>
Flugwetterüberwachung und Warndienst	Qualität	Formelle Güte Wetterwarnungen: Fehlerfreie Darstellung der Warnungen/ Gesamtzahl der herausgegebenen Warnungen	> 95 %	100 %	100 %
Flugwetterberatung und Vorhersagedienst (Teil 1 - Individuelle Flugwetterberatung)	Kundenzufriedenheit	Kundenzufriedenheit: Anzahl negativer Rückmeldungen an der Gesamtanruhzahl	> 99 %	99,95 %	99,94 %
Flugwetterberatung und Vorhersagedienst (Teil 2 - Flugwettervorhersage)	Qualität <sup>2)</sup>	Formale Korrektheit der TAFs	> 95 %	99,93 %	100 %
Kundenbetreuung und Vertrieb	Termintreue (Supportanfragen)	Anteil Fälle mit Bearbeitungszeit < 2 Tage	> 90 %	93,9 %	97,4 %
Kundenbetreuung und Vertrieb	Termintreue (Supportanfragen)	Anteil Fälle mit Bearbeitungszeit < 5 Tage	> 95 %	98,1 %	99,1 %
Kundenbetreuung und Vertrieb	Termintreue (Supportanfragen)	Anzahl gelöster Fälle pro Monat (R <sub>30</sub> )	> 98 %	99,5 %	100 %

2) Inhaltliche Güte der Flughafenvorhersagen gem. TAF Verifikationsverfahren, siehe Tabellen auf Seite 60.

- ▶ Qualität,
- ▶ Termintreue,
- ▶ Systemverfügbarkeit und
- ▶ Kundenzufriedenheit.

In oben stehender Tabelle wie auch in den Tabellen auf Seite 58 finden Sie ausgewählte Kennzahlen des Prozesses Flugwetterdienst bzw. seiner Teilprozesse sowie weiterer Prozesse innerhalb des Deutschen Wetterdienstes.

**Kennzahlen im Teilprozess Flugmeteorologische Gutachten und Auskünfte** (seit 20. 02. 2018)

Qualitätsmerkmal	Soll	für Antwort(en)	Ist 2018
Termintreue: angemessener Bearbeitungszeitraum	60 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	85,7 %
Kundenzufriedenheit: gute Erreichbarkeit des Ansprechpartners	70 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	100 %
übersichtliche Struktur des Dokumentes	90 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	100 %
objektive Darstellung und Beurteilung der Wetterbedingungen	60 %	»trifft zu«	100 %
spezifische Fragestellungen werden beantwortet	80 %	»trifft zu«	92,9 %
Aussagen sind verständlich und nachvollziehbar	80 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	85,7 %
gute Veranschaulichung der Wetterverhältnisse durch Tabellen, Grafiken und/oder Karten	70 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	85,7 %
ausreichende Erläuterung von Fachbegriffen	70 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	84,6 %
Kundenzufriedenheit: fachlichen Aussagen haben Auftraggeber (m/w) weitergeholfen	70 %	»trifft zu« plus »trifft eher zu«	92,3 %

**Kennzahlen weiterer Prozesse im Deutschen Wetterdienst**

Prozess	Ziel	Kennzahl	Soll-Wert	Ist 2018
Operatives Mailsystem	Hochverfügbare Kommunikation mit internen und externen Kunden	Verfügbarkeit gemittelt	98,50 %	99,90 %
Technische Dienste für WIGOS und die Radioaktivitätsüberwachung	Sicherung der Datenverfügbarkeit und Datenqualität der mit den technischen Systemen durchgeführten Messprozesse	Durchgeführte Wartungen am Flughafensystem ASDUV	85,00 %	92,97 %



▲ Abfertigung am Flughafen Exeter

### Verifikationsverfahren für TAF

Um die Qualität bzw. Qualitätsverbesserungen des Teilprozesses Flugwetterberatung und Vorhersagedienst (FBV)/Teil 2 – Flugwettervorhersage beurteilen zu können, werden für die internationalen Flughäfen Deutschlands im Rahmen eines MET-Alliance-Projektes (siehe Kapitel 1.2) Verifikationen von Flughafenvorhersagen (Terminal Aerodrome Forecast - TAF) durchgeführt. Die Tabelle auf Seite 60 oben zeigt die Kriterien, die für die wichtigsten flugmeteorologischen Parameter zugrunde gelegt werden. Mittels dieser Kriterien werden parameterbezogene Kennzahlen ermittelt.

Bei Sichtweite, Ceiling und Signifikantem Wetter wird für jeden Schwellenwert bzw. jedes Ereignis der Key Performance Indicator (KPI) als Mittelwert aus Pierce Skill Score (PSS) und Heidke Skill Score (HSS) berechnet und das Mittel gebildet (Wertebereich zwischen -1 und +1).

Der Wert von  $\geq 0,30$  wurde als Mindestanforderung, der Wert  $\geq 0,45$  als Ziel definiert. Diese Werte sind gleichbedeutend mit folgenden Bedingungen:

- ▶ KPI = 0,30: Eines von zwei beobachteten Ereignissen wird korrekt vorhergesagt. Ein Ereignis wird innerhalb eines 6-stündigen Vorhersageintervalls mindestens einmal beobachtet.

### Kriterien für meteorologische Parameter

Parameter	Sommerhalbjahr (April - September)	Winterhalbjahr (Oktober - März)
Sichtweite	800, 1.500, 3.000/3.500, 5.000 m	350, 600, 800, 1.500, 3.000/3.500, 5.000 m
Hauptwolkenuntergrenze (Ceiling)	500, 1.000, 1.500 ft	200, 500, 1.000, 1.500 ft
Signifikantes Wetter	mäßiger/starker Regen, Gewitter, Squall Lines, Tornados	mäßiger/starker Regen, mäßiger/starker Schneefall, gefrierender Nebel
Windrichtung	zulässige Richtungsabweichung $\pm$ 50 Grad bei Windgeschwindigkeit $\geq$ 10 Knoten	
Windgeschwindigkeit (Böen)	zulässige Geschwindigkeitsabweichung $\pm$ 10 Knoten	

- KPI = 0,45: Zwei von drei beobachteten Ereignissen werden korrekt vorhergesagt; ein Ereignis wird innerhalb eines 4-stündigen Vorhersageintervalls mindestens einmal beobachtet.

Bei den Windvorhersagen wird überprüft, ob die zulässigen Abweichungen eingehalten wurden und die Trefferquote wird ermittelt. Der Sollwert liegt hier bei 0,80 für die Windrichtung und bei 0,90 für Windgeschwindigkeit und Böen, die Zielwerte bei 0,85 bzw. 0,95.

Die in der Tabelle unten dargestellten KPI-Mittelwerte über alle 16 internationalen Verkehrsflug-

häfen Deutschlands zeigen, dass die Sollwerte der Flughafenvorhersage bei allen Parametern erreicht wurden, zu einem guten Teil auch die Zielwerte. Der Vergleich zum Vorjahr 2017 zeigt im Sommerhalbjahr bei der Windgeschwindigkeit einen deutlichen Rückfall des KPI, ansonsten ergeben sich nur leichte Veränderungen in der einen oder anderen Richtung.

Aus der Abbildung auf Seite 61 ist ersichtlich, dass im Zeitraum von Oktober 2018 bis März 2019 für fast alle flugmeteorologischen Parameter im Mittel eine gute Vorhersagegüte erzielt wird,

### KPI-Mittelwerte der 16 deutschen internationalen Verkehrsflughäfen

Parameter (Kennung)	Soll-Wert	KPI Sommer 2018 (Sommer 2017)	KPI Winter 2018/19 (Winter 2017/18)
Sichtweite (VIS)	$\geq 0,30$	<b>0,39</b> (0,40)	<b>0,43</b> (0,45)
Ceiling (CLD)	$\geq 0,30$	<b>0,50</b> (0,52)	<b>0,57</b> (0,54)
Signifikantes Wetter (WX)	$\geq 0,30$	<b>0,48</b> (0,46)	<b>0,39</b> (0,41)
Windrichtung (DD)	$\geq 0,80$	<b>0,99</b> (0,97)	<b>0,99</b> (0,99)
Windgeschwindigkeit (FFD)	$\geq 0,90$	<b>0,92</b> (0,99)	<b>0,91</b> (0,91)
Böen (FFXD)	$\geq 0,90$	<b>0,93</b> (0,93)	<b>0,95</b> (0,96)

TAF Key Performance Indicators für Vorhersagezeit 0 - 10h (Okt. 2018 - Mrz. 2019)



außer bei Sichtweite und Signifikantem Wetter. Auch für die einzelnen Flughäfen wird fast durchgängig eine ausreichende bis gute Qualität erreicht. Bei Wind und Ceiling gibt es keine Probleme. Im Falle der Sichtweite gibt es weiterhin Verbesserungspotenzial für Köln und Nürnberg. Hier gab es Probleme, Sichten unter 1.500 m richtig vorherzusagen; bei wenigen Treffern wurden einige Ereignisse mit Sichtweite unter 350 m verpasst. Beim Signifikanten Wetter zeigen sich Probleme an den Flughäfen Erfurt und Münster. Für Münster wurde gefrierender Nebel schlecht erfasst, für Erfurt gab es auch bei

Schneefall wenige Treffer und viele verpasste Ereignisse.

Wie auch immer, durch routinemäßige Verifikation unserer Vorhersageergebnisse können wir beobachteten Auffälligkeiten gezielt nachgehen und deren Ursachen beseitigen, unser Qualitätsmanagement wird sozusagen in jedem einzelnen flugmeteorologischen Parameter alltäglich »gelebt«.



Eurocopter EC 135 im Klimakanal, © picture alliance/HARALD SCHNEIDER/APA/picturedesk.com



## Hubschrauber im Eisfach

Rettungsflüge im Hochgebirge verlaufen vielfach in Temperaturbereichen um oder unterhalb der Nullgradgrenze und somit häufig unter »Icing Conditions«. Zur Reduzierung der Vereisungsgefahr laufen vielerorts Forschungsprojekte, in diesem Falle geht es um ein Gesamtsystem zur Enteisung von kleinen und mittelgroßen Hubschraubern, das die Flugrettung des Österreichischen Automobil-, Motorrad- und Touring Clubs gemeinsam mit Partnern aus der Industrie realisieren möchte. Das Bild zeigt einen Rettungshubschrauber, der im Klimakanal künstlichem Wind und Wetter ausgesetzt ist, um die Eisbildung an der Kabine zu untersuchen.

### Direct Costs und Core Costs

Die Systematik der Kostenermittlung zur meteorologischen Sicherung der Luftfahrt basiert auf einer Vollkostenrechnung für den gesamten DWD unter Berücksichtigung der nationalen und internationalen Vorgaben (SES II-Verordnungen) und Rahmenbedingungen. Das zugrunde gelegte Verfahren der Kostenaufstellung findet hierbei für die Erfassung/Ermittlung sowohl der Ist- als auch der Plan-Kosten des Flugwetterdienstes (FWD) Anwendung. Seit dem Abrechnungsjahr 2017 werden die abrechnungsfähigen Kostenbestandteile für den Instrumentenflug (IFR) nur noch im Rahmen der Direct Costs abgerechnet.

Die Tabelle »Kennzahlenauswertungen zu Direct Costs und Core Costs« zeigt die absoluten und relativen Angaben zu den Direct und Core Costs des DWD und des IFR-Bereichs des Flugwetterdienstes. Im Jahr 2018 betragen die Gesamtkosten für den DWD 343.330 Tsd. EUR, wovon 23 % den Direct Costs und 77 % den Core Costs zugerechnet werden. Während der prozentuale Anteil der Direct Costs an den Gesamtkosten DWD für das Abrechnungsjahr 2018 zum Vorjahr 2017 von 25 % auf 23 % leicht gesunken ist, wird beim IFR-Anteil

der Direct Costs eine Konstanz von 17,5 % im Jahresvergleich 2017 zu 2018 festgestellt.

Die IFR-Direct Costs liegen im Jahr 2018 aufgrund des Rückgangs der direkten flugmeteorologischen Leistungen, um ca. 9 % niedriger als im Jahr 2017.

### Plan- und Ist-Kosten

Die Gesamtkosten des Flugwetterdienstes konnten für 2018 nochmals um knapp 9 % gegenüber der Vorjahressumme gesenkt werden, nämlich von ca. 17,1 Mio. EUR im Jahr 2017 auf ca. 15,6 Mio. EUR im Jahr 2018, dementsprechend um etwa 1,5 Mio. EUR.

In nachstehender Zusammenstellung der Finanzergebnisse 2018 auf Seite 65 sind die Plan- und Ist-Zahlen des Flugwetterdienstes nach Kostenarten, IFR und VFR sowie nach den Anteilen des An-/Abfluges und der Strecke untergliedert dargestellt.

Der Vergleich zwischen den direkten Plan- und Ist-Kosten für das Berichtsjahr 2018 zeigt, dass sich einige Parameter anders entwickelt haben als zunächst angenommen. So sind die direkten Ist-Personalkosten 2018 aufgrund höherer Plankostenansätze für Pensionsrückstellungen und der zu

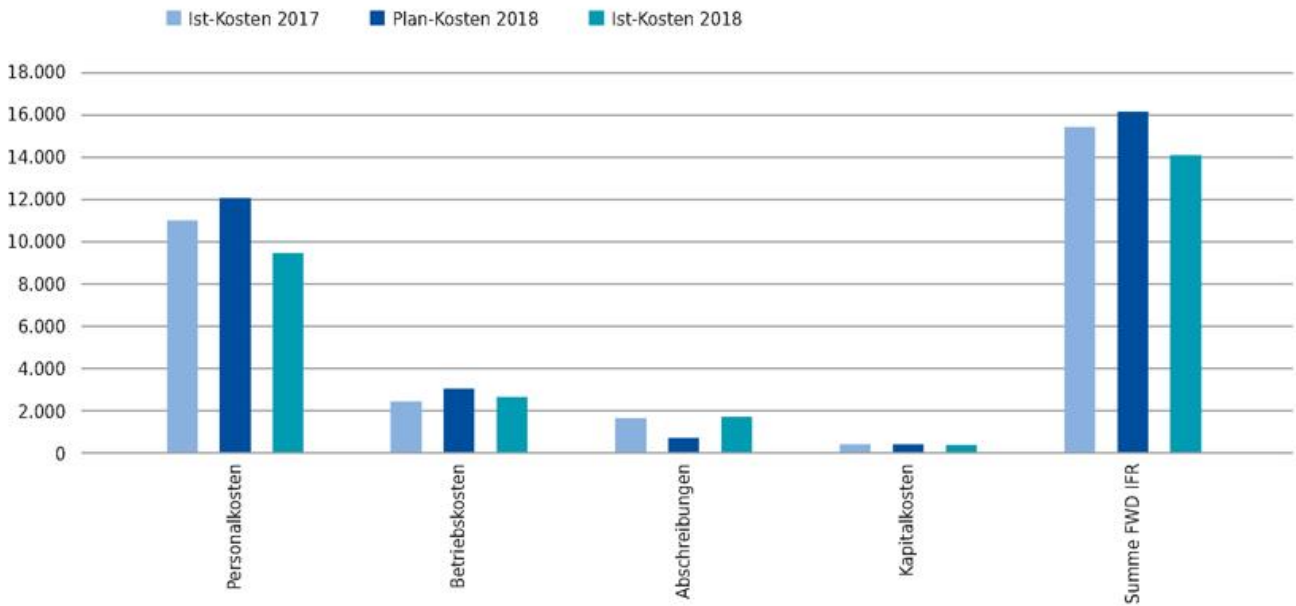
#### Kennzahlenauswertungen zu Direct Costs und Core Costs

	Ist 2017		Plan 2018		Ist 2018	
	Tsd. EUR	Anteil	Tsd. EUR	Anteil	Tsd. EUR	Anteil
<b>Direct Costs und Core Costs des Deutschen Wetterdienstes (absolut und relativ)</b>						
Direct Costs	87.947	25 %	85.007	24 %	80.457	23 %
Core Costs	269.683	75 %	268.903	76 %	262.873	73 %
<b>Summe: Gesamtkosten DWD</b>	<b>357.631</b>	<b>100 %</b>	<b>353.909</b>	<b>100 %</b>	<b>343.330</b>	<b>100 %</b>
<b>Direct Costs und Core Costs des Instrumentenflugs (IFR) an den o. g. Direct und Core Costs des DWD (absolut und relativ)</b>						
Direct Costs IFR aus den Direct Costs des DWD (s. o.)	15.412	17,5 %	16.152	19,0 %	14.097	17,5 %

**Der Flugwetterdienst im Rechnungswesen des DWD - Aufstellung der FWD-Kosten Ist und Plan für die Jahre 2017 und 2018 nach An-/Abflug und Strecke**

Alle Kostenangaben in Tsd. EUR	2017 Ist	2018 Plan	2018 Ist
<b>DWD-Kosten gesamt</b>	<b>357.631</b>	<b>353.909</b>	<b>343.330</b>
Anteil FWD an DWD gesamt	4,8 %	5,1 %	4,5 %
Anteil FWD-IFR an DWD gesamt	4,3 %	4,6 %	4,1 %
Anteil FWD-VFR an DWD gesamt	0,5 %	0,5 %	0,4 %
<b>FWD-Kosten gesamt</b>	<b>17.067</b>	<b>17.887</b>	<b>15.612</b>
Anteil IFR an FWD	90,3 %	90,3 %	90,3 %
Anteil VFR an FWD	9,7 %	9,7 %	9,7 %
Anteil An-, Abflug an IFR	23,5 %	20,4 %	24,0 %
Anteil Strecke an IFR	76,5 %	79,6 %	76,0 %
<b>FWD-IFR-Kosten,</b> davon	<b>15.412</b>	<b>16.152</b>	<b>14.097</b>
IFR An-, Abflug	3.617	3.301	3.387
IFR Strecke	11.794	12.851	10.710
<b>Personalkosten IFR,</b> davon	<b>10.987</b>	<b>12.065</b>	<b>9.452</b>
An-/Abflug	2.579	2.466	2.271
Strecke	8.408	9.600	7.181
<b>Betriebskosten IFR,</b> davon	<b>2.406</b>	<b>3.017</b>	<b>2.619</b>
An-/Abflug	565	617	629
Strecke	1.841	2.401	1.99
<b>Abschreibungen IFR,</b> davon	<b>1.630</b>	<b>682</b>	<b>1.676</b>
An-/Abflug	383	139	403
Strecke	1.248	543	1.273
<b>Kapitalkosten IFR,</b> davon	<b>389</b>	<b>388</b>	<b>351</b>
An-/Abflug	91	79	84
Strecke	297	308	266
<b>FWD-VFR-Kosten</b>	<b>1.655</b>	<b>1.735</b>	<b>1.514</b>

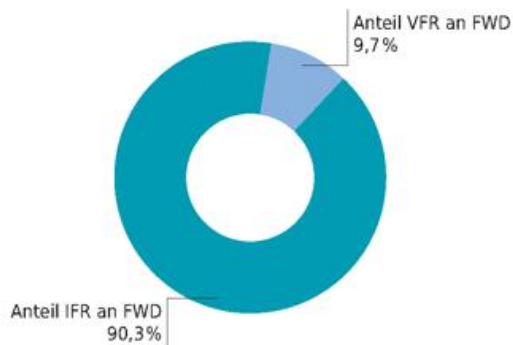
### Vergleich der IFR-Plan- und Ist-Kosten für die Jahre 2017 bis 2018 in Tsd. EUR



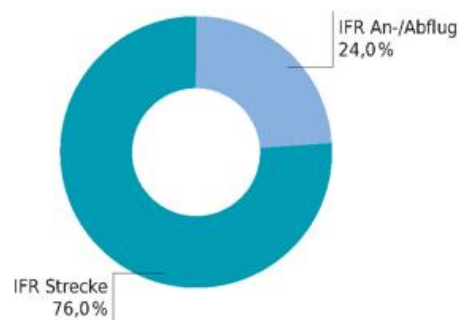
hoch geplanten direkten Vorleistungen für flug-meteorologische Produkte um ca. 2,6 Mio. EUR niedriger ausgefallen. Auch bei den Betriebskosten sind geringere direkte Ist-Kosten von ca. 400 Tsd. EUR durch zu hoch geplante direkte Vorleistungen für FWD Produkte angefallen. Im Bereich der Abschreibungen wurde 2018 hingegen ein Anstieg der Kosten im Rahmen der Operationalisierung

und Weiterentwicklung von LLWAS und der damit verbundenen Anlagenaktivierungen um ca. 1 Mio. EUR verzeichnet, welche im Planansatz noch nicht enthalten waren. Die direkten Kapitalkosten 2018 fielen, bedingt durch die Verzinsung des etwas niedrigeren bestehenden Anlagevermögens, um ca. 38 Tsd. EUR niedriger aus. Insgesamt kann für den Bereich der meteorologischen Kosten

### Verteilung der FWD-Kosten auf IFR und VFR



### Verteilung der IFR-Kosten auf An-/Abflug und Strecke



gegenüber dem Planansatz ein um ca. 2 Mio. EUR niedrigeres FWD IFR Ist-Kostenergebnis für das Abrechnungsjahr 2018 ausgewiesen werden.

Für das Jahr 2018 wurden für den FWD direkte Ist-Kosten (Direct Costs) in Höhe von 14.097 Tsd. EUR ermittelt. Als Basis für die Ermittlung der IFR-/VFR-Anteile am Leistungsspektrum der flugmeteorologischen Sicherung der Luftfahrt durch den DWD dienen die erfassten Personalaktivitätsdaten. Diese mit dem BMVI abgestimmte Kostenbemessungsgrundlage für Flugsicherungsgebühren wurde für die Anmeldung zur Referenz-

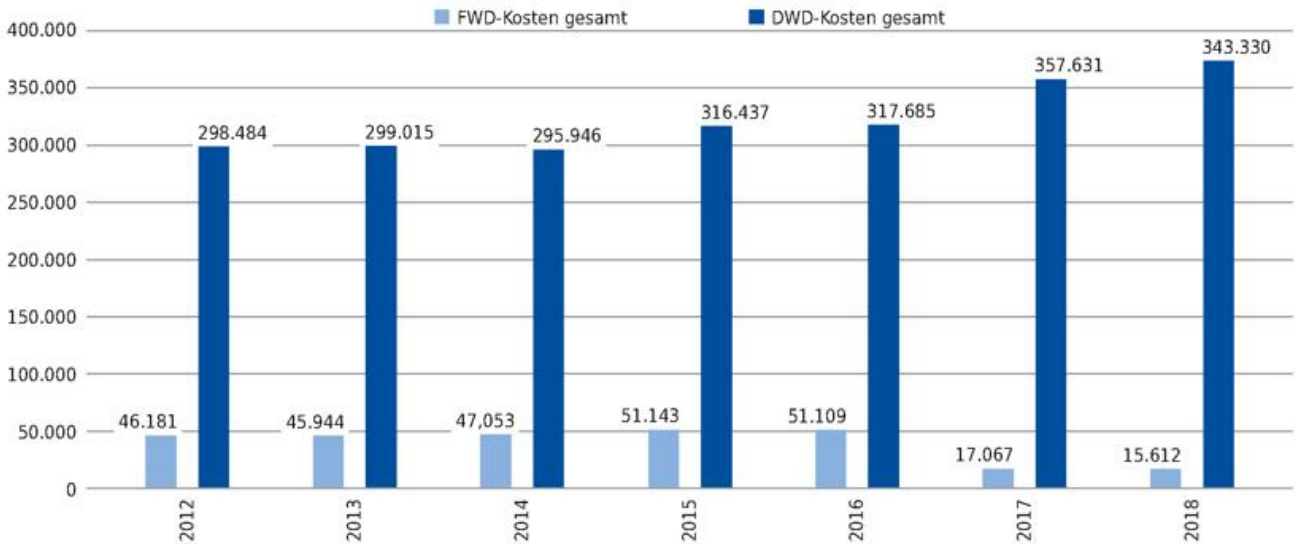
periode 2 (SES II-Verordnungen) berechnet. Sie wird somit gleichbleibend auch für das Berichtsjahr 2018 verwendet, sodass die Verteilung der IFR-/VFR-Anteile weiterhin zu 90,3 % vs. 9,7 % vorgenommen wird.

Ein Blick auf das Verhältnis von An-/Abflug zu Strecke zeigt, dass sich die Inanspruchnahme der genutzten Kostenträgerleistungen auch im vierten Jahr der Referenzperiode 2 stabil entwickelt hat und somit für das Abrechnungsjahr 2018 eine Verteilung auf An-/Abflug mit 24 % und auf Strecke mit 76 % erfolgte.

▼ Rettungshubschrauber Christoph 2 vor der Frankfurter Skyline



### Entwicklung der Ist-Kosten für DWD und FWD seit dem Jahr 2012 in Tsd. EUR

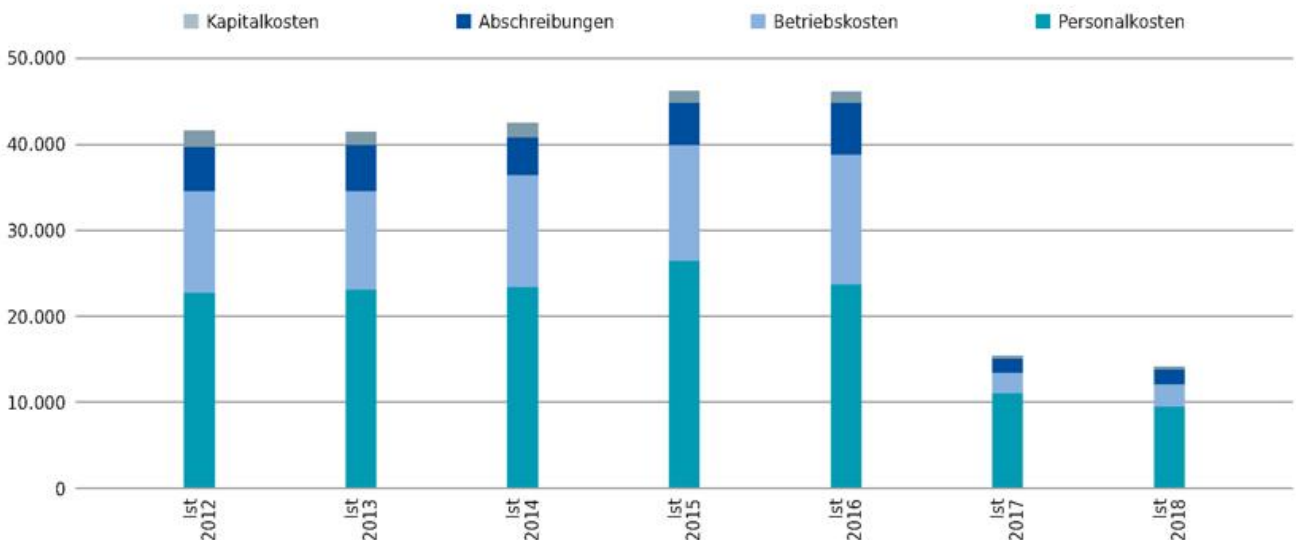


### Kostenentwicklung

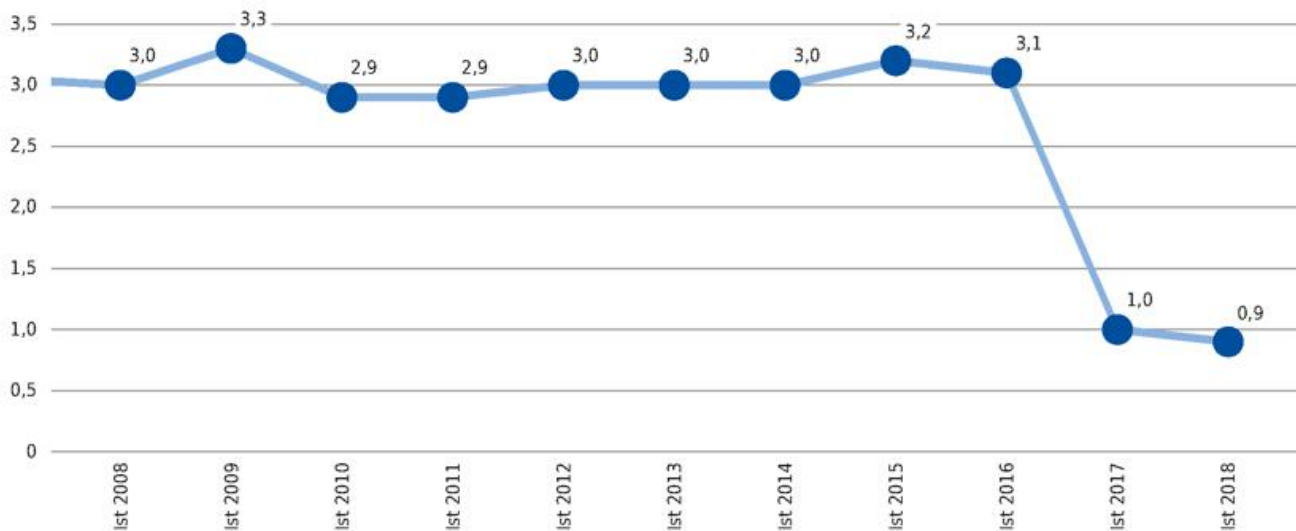
Betrachtet man die Entwicklung der IFR Ist-Kosten des Flugwetterdienstes im Vergleich zu den DWD-Kosten insgesamt für den Zeitraum begin-

nend mit der Referenzperiode 1 im Jahr 2012, wird die Auswirkung der Umstellung der Abrechnungssystematik auf Direct Costs seit dem Jahr 2017 deutlich ersichtlich. Wie in der auf Seite 68 oben

### Entwicklung der FWD-Ist-Kosten für den Bereich IFR von 2012 bis 2018 in Tsd. EUR (seit 2017 Direct Costs)



**Wirtschaftlichkeit - Entwicklung der Service Unit Costs in EUR/Service Unit (seit 2017 Direct Costs) - Erhöhung der Wirtschaftlichkeit**



stehenden Graphik veranschaulicht, beträgt der Kostenanteil des FWD an der Gesamtkostenbasis hierbei nur noch ca. 5 % bzw. 15.612 Tsd. EUR.

Auch bei der Kostenentwicklung der einzelnen IFR-Kostenarten zeigt sich die Auswirkung der Umstellung der Abrechnungssystematik auf Direct Costs. Hierbei ist der Rückgang der Kosten in allen Kostenkategorien deutlich und in der Darstellung zur Kostenentwicklung der FWD IFR-Kosten über den Zeitraum 2012 - 2018 auf Seite 68 unten in seinen Einzelpositionen ablesbar. Den größten Kostenblock bei Abrechnung nach Direct Costs stellen hierbei weiterhin die Personalkosten dar.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Entwicklung der sog. Service Unit Costs kann als Maß für die Wirtschaftlichkeit herangezogen werden. In den Jahren 2008 - 2016, also über einen Zeitraum von fast 10 Jahren, war eine relativ gleichbleibende Entwicklung der Kosten für eine Service Unit von ca. 3 EUR, die beide IFR Bereiche An-/Abflug und Strecke beinhalten, zu verzeichnen. Ab dem Abrechnungsjahr 2017, sind die Kosten für eine Service Unit bedingt durch die Umstellung der Abrechnungssystematik auf Direct Costs deutlich gesenkt worden. Im Jahr 2018 konnte die Wirtschaftlichkeit nochmals optimiert werden. Eine Service Unit kostet nun ca. 0,90 EUR.



Winterdienst am Flughafen Frankfurt, © Andreas Meinhardt, Fraport AG



## Start frei!

Richtiges Winterwetter stört den Betrieb am Airport, wenn Oberflächen verschneit oder vereist sind bzw. wenn Niederschlag und Kälte Fahrwerke und Bremsen von Luftfahrzeugen beeinträchtigen und das Manövrieren auf der Rollbahn sowie Start und Landung einschränken. Daher obliegt es dem Flugwetterdienst, auch den Verkehrsbetrieb am Boden durch Vorhersagen und Warnungen für den Winterdienst sicherzustellen. ICAO- und DWD-Flughafenwetterwarnungen und GAFOR-Gebietswarnungen sind kurz gefasste Warnhinweise für die Luftfahrt und werden von den Luftfahrtberatungszentralen für die zugeordneten GAFOR-Gebiete und die dortigen Flugplätze herausgegeben.

### **Was bringt die Zukunft?**

Unsere Zukunft steht in Zeiten des globalen Wandels im Widerspruch zwischen Klimaschutz einerseits und dem Wachstum der Weltwirtschaft und dem damit verbundenen Bedürfnis nach Mobilität andererseits, was insbesondere die Luftfahrtbranche als wichtigen Verkehrsträger unter erhöhten Optimierungsdruck setzt, bei steigender Transportleistung und möglichst geringer Umweltbelastung. Ein weiterer wichtiger Trend ist die überall fortschreitende Digitalisierung, so auch in der Luftfahrt. Damit steigen auch die Anforderungen an die Flugwetterdienste in vielerlei Hinsicht. Auf wissenschaftlich-technischem Gebiet werden bei erhöhten Ansprüchen an die Datenversorgung und Visualisierung schlichtweg bessere Vorhersagen erwartet und im betriebswirtschaftlichem Umfeld sind bisweilen rasche Anpassungen der flugmeteorologischen Dienstleistungen und der Vertriebskanäle an die Wünsche der Kunden notwendig, um im Geschäft zu bleiben.

Wir als Deutscher Wetterdienst wollen im Geschäft bleiben und uns diesen Herausforderungen stellen! Neben der kontinuierlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der numerischen Wettervorhersage auf der Basis immer leistungsfähigerer Großrechentechnik wird die Weiterentwicklung von innovativen Briefing-Anwendungen im Cockpit, Online und in smarten Briefing-Applikationen für mobile Endgeräte forciert. Bei der Datengewinnung an Flughäfen wird der DWD mit der Automatisierung der Wetterbeobachtung zusätzliche Sensoren einführen und die Vernetzung bodennaher Wetterinformationen mit Fernerkundungssystemen wie z. B. Wetterradaren und Satelliten voranbringen. Auch neue Paradigmen wie »Big Data« oder »Cloud Computing« bei Produktion und Verteilung flugmeteorologischer Dienstleistungen liegen nicht mehr allzu fern.

Mit einer wichtigen organisatorischen Maßnahme hat sich der DWD angesichts der Konsolidierung des europäischen Luftverkehrsraumes bereits in Pole-Position gebracht: Seit Anfang 2019 ist die Wetterüberwachung und Bewarnung des oberen Luftraums über Deutschland – wie von der ICAO gefordert – am Meteorological Watch Office Frankfurt konzentriert. Hierdurch reduzieren wir nicht nur unseren Betriebsaufwand, sondern schaffen Raum für eine in den nächsten Jahren zu erwartende Erweiterung unseres Leistungsspektrums im Rahmen der Single-European-Sky-Initiative. Auch zukünftig werden der DWD und sein Flugwetterdienst als Partner der Luftfahrt bereit stehen und ihre Produkte und Dienstleistungen qualitativ und quantitativ kontinuierlich verbessern.



▲ Dünne Klareisschicht am Lufteinlass eines Triebwerks, © By Olivier Cleynen - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=46558614>

# Abkürzungsverzeichnis und Glossar

<b>AAK2P+</b>	ASDUV_Auto-Klasse 2P+ im Projekt AutoMETAR	<b>BSI</b>	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
<b>ADWICE</b>	Advanced Diagnosis and Warnung system for Aircraft Icing	<b>BUFR</b>	Binary Universal Form for the Representation of meteorological data
<b>AERO</b>	Luftfahrtmesse in Friedrichshafen	<b>CAeM</b>	Commission of Aeronautical Meteorology
<b>AIREP</b>	Air Report, Bericht des Luftfahrzeugführers, enthält Flugdaten und meteorologische Informationen	<b>CAVOK</b>	Wetterbeschreibung in der Luftfahrt - »clouds and visibility okay«
<b>AIRMET</b>	Flugwetterwarnung vor weniger gefährlichen Wettererscheinungen für den unteren Luftraum	<b>CB oder Cb</b>	Cumulonimbus
<b>AMC</b>	Acceptable Means of Compliance	<b>CBS</b>	Commission for Basic Systems (WMO)
<b>ANS</b>	Air Navigation Services (Flugsicherungsdienste)	<b>CBH</b>	Cloud Base Height
<b>ASDUV</b>	Automatisches System zur Datenerfassung und -verbreitung an Verkehrsflughäfen (DWD)	<b>CD</b>	Compact Disc
<b>ATC</b>	Air Traffic Control Service (Flugverkehrskontrolldienst)	<b>COSMO</b>	Consortium for Small-scale Modelling
<b>ATIS</b>	Automatic Terminal Information Service	<b>COSMO-DE, -D2</b>	auf Deutschland und die nähere Umgebung genestetes COSMO-NWV-System im Kurzfristbereich
<b>ATM</b>	Air Traffic Management (Flugverkehrsmanagement)	<b>COSMO-DE-EPS</b>	auf Deutschland und die nähere Umgebung genestetes COSMO-Ensemble-Vorhersagesystem im Kurzfristbereich
<b>AUTO</b>	Code-Zusatz automatisch erstellter Flugplatzwettermeldungen	<b>COSMO-EU</b>	auf Europa und den Nord-Atlantik genestetes COSMO-NWV-System im Kurzfristbereich
<b>autoCLD</b>	Verfahren zur Bestimmung der Bewölkung	<b>DACH</b>	Deutschland, Österreich, Schweiz
<b>autoKON</b>	Verfahren zur Bestimmung der Konvektion	<b>DACH-MWO</b>	gemeinsames MWO für Deutschland, Österreich und die Schweiz
<b>AutoMETAR</b>	DWD-Projekt zur Automatisierung der Flughafenwettermeldungen	<b>DFS</b>	Deutsche Flugsicherung GmbH
<b>autoOBS</b>	Verfahren zur Erstellung konsistenter Wettermeldungen	<b>DIN ISO/IEC EN</b>	Deutsche Industrie Norm e. V., Internationale Organisation für Normung der Internationalen elektrotechnischen Kommission
<b>autoPWX</b>	Verfahren zur Bestimmung des gegenwärtigen Wetters und des vergangenen Signifikanten Wetters	<b>DIN EN</b>	Deutsche Industrie Norm e. V., Europäische Norm
<b>AutoTAF</b>	Projekt zur automatisierten TAF-Generierung	<b>DLR</b>	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
<b>AVAC</b>	Aviation Advisory Committee	<b>DMI</b>	Dänischer Wetterdienst
<b>AVIMET</b>	Aviation Meteorology (Arbeitsgruppe der EUMETNET)	<b>DVO</b>	Durchführungsverordnung, hier in der EU-Gesetzgebung
<b>AWEM</b>	Aviation Weather Event Manager	<b>DWD</b>	Deutscher Wetterdienst
<b>AWO</b>	Automatischer (DWD-)Wolkenalgorithmus	<b>DWDG</b>	Wetterdienstgesetz
<b>BAF</b>	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung	<b>DZ</b>	Code für Sprühregen (Niesel) in Flugwetterprodukten
<b>BCFG</b>	Code für Nebelschwaden in Flugwetterprodukten	<b>EANPG</b>	European Air Navigation Planning Group
<b>BIV-Brille</b>	Bildverstärkerbrille	<b>EASA</b>	European Aviation Safety Agency
<b>BMVI</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	<b>EDP</b>	Eddy Dissipation Parameter
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie		

<b>EDR</b>	Eddy Dissipation Rate	<b>HTTPS</b>	Hypertext Transfer Protocol Secure
<b>EDV</b>	Elektronische Datenverarbeitung	<b>IASI</b>	Infrared Atmospheric Sounding Interferometer
<b>EMS</b>	European Meteorological Society	<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization
<b>EnVar</b>	Hybrides Datenassimilationssystem auf Ensemble-basis	<b>ICAO EUR/NAT</b>	europäische Regionalgruppe der ICAO
<b>EPM</b>	Edition-Production-Monitoring (Ninjo-Layer)	<b>ICICLE</b>	In-Cloud ICing and Large-drop Experiment
<b>EPS</b>	Ensemble Prediction System	<b>ICON</b>	ICOsahedral Nonhydrostatic (aktuelle Modellfamilie des DWD)
<b>EU</b>	Europäische Union	<b>ICON-ART</b>	Version des ICON-Modells zur Prognose atmosphärischer Schwebstoffkonzentrationen
<b>EUMETNET</b>	European Meteorological Services Network	<b>ICON-EPS</b>	Ensemble-basierte Version von ICON mit globaler Abdeckung
<b>EUR/NAT-Region</b>	ICAO-Region Europa und Nordatlantik	<b>ICON-LAM</b>	ICON mit hoher regionaler Auflösung
<b>EUR</b>	ISO-4217-Code für die europäische Gemeinschaftswährung	<b>IFR</b>	Instrument Flight Rules
<b>EUROCAE</b>	European Organisation for Civil Aviation Equipment	<b>IT</b>	Informationstechnologie
<b>EUROCONTROL</b>	European Organisation for the Safety of Air Navigation	<b>IWXXM</b>	ICAO Meteorological Information Exchange Model
<b>EZMW</b>	Europäisches Zentrum für mittelfristige Vorhersagen	<b>JVEG</b>	Justizvergütungs- und Entschädigungsgesetz
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration (Luftfahrtbehörde der USA)	<b>KIT</b>	Karlsruhe Institute of Technology
<b>FAB</b>	Functional Airspace Block (EC=Europe Central, IR=UK-Irland)	<b>KNMI</b>	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Institut
<b>FBV</b>	Teilprozess Flugwetterberatung und Vorhersagedienst innerhalb des Managementprozesses FWD	<b>KONRAD</b>	KONvektionsentwicklung in RADarprodukten
<b>FE</b>	Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung des DWD	<b>KONRAD3D</b>	Weiterentwicklung von KONRAD unter Ausnutzung von dreidimensionalen Radarkomposit-Daten
<b>FMI</b>	Nationaler Wetterdienst Finnlands	<b>KPI</b>	Key Performance Indicator – Leistungskennzahl
<b>FWD</b>	Managementprozess Flugwetterdienst im Sinne des QM	<b>KU</b>	Geschäftsbereich Klima und Umwelt des DWD
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol	<b>KVP</b>	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, Strategie im Qualitätsmanagement
<b>GAFOR</b>	General Aviation Forecast	<b>LBA</b>	Luftfahrtbundesamt
<b>GAMET</b>	General Aviation Meteorological Forecast, Area forecast for low level flights	<b>LBZ</b>	Luftfahrtberatungszentrale
<b>GeoInfoDBw</b>	Geoinformationsdienst der Bundeswehr	<b>LINET</b>	Blitzortungssystem der Firma nowcast
<b>GG</b>	Grundgesetz (der Bundesrepublik Deutschland)	<b>LIZ</b>	Lageinformationszentrum der DFS
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung	<b>LLSWC</b>	Low Level Significant Weather Chart
<b>GML</b>	Geographic Markup Language	<b>LLWAS</b>	Low Level Wind-Shear Alert System
		<b>LuftVG</b>	Luftverkehrsgesetz
		<b>LuftVO</b>	Luftverkehrsordnung

<b>MAB</b>	Meteorological Airport Briefing	<b>Obs</b> oder <b>OBS</b>	Observation (Beobachtung)
<b>MET</b>	Meteorological Services im jeweiligen Zusammenhang	<b>OPMET</b>	Operationelle meteorologische Informationen
<b>MET-GATE</b>	European MET Information Exchange (SESAR-Projekt)	<b>OPERA</b>	Operational Programm for the Exchange of Weather Radar Information
<b>MET Alliance</b>	Verbund aus neun europäischen Flugwetterdiensten	<b>PANS</b>	Procedures for Air Navigation Services
<b>METAR</b>	Flugplatzwettermeldung; frz. Météorologique Aviation Régulière, engl. Aviation Routine Weather Report	<b>PC</b>	Personal Computer
<b>METG</b>	Meteorology Group der EANPG	<b>PB</b>	Geschäftsbereich Personal und Betriebswirtschaft
<b>Météo France</b>	Nationaler Wetterdienst Frankreichs	<b>pc_met</b>	Selfbriefing-System für Flugwetterinformationen
<b>Met Office</b>	Nationaler Wetterdienst des Vereinigten Königreichs	<b>PIREP</b>	Pilot Report
<b>MET Panel</b>	Meteorologischer Fachausschuss der ICAO	<b>POLARA</b>	Polarimetrisches Radar Software Framework
<b>MetReport/-Special</b>	Meldungsart innerhalb ASDUV-E	<b>PRR</b>	Performance Review Report (EUROCONTROL)
<b>Meteo Schweiz</b>	Nationaler Wetterdienst der Schweiz	<b>QNH</b>	mittels ICAO-Standardatmosphäre auf Meeresebene reduzierter Luftdruck
<b>MEZ</b>	Mitteuropäische Zeit	<b>QFF</b>	unter Berücksichtigung der aktuellen Temperatur auf Meeresebene reduzierter Luftdruck
<b>MHS</b>	Microwave Humidity Sounder	<b>QM(S)</b>	Qualitätsmanagement(system)
<b>Mode-S</b>	Betriebsart von Transpondern	<b>RA</b>	Code für Regen in Flugwetterprodukten
<b>MOHP</b>	Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg des DWD	<b>RADAR</b>	Radio Detection And Ranging
<b>MOG</b>	Meteorological Operations Group, Arbeitsgruppe innerhalb der ICAO	<b>RHWAC</b>	Regional Hazardous Weather Advisory Center
<b>MOS</b>	Model Output Statistics	<b>RUC</b>	Rapid Update Cycle
<b>MSC</b>	Meteorological Service of Canada	<b>SADIS</b>	Secure Aviation Data Information Service
<b>MTG</b>	METEOSAT Third Generation	<b>SAR</b>	Search and Rescue
<b>MTSAT</b>	japanisches satellitengestütztes Fernerkundungssystem	<b>SES</b>	Single European Sky
<b>MWO</b>	Meteorological Watch Office	<b>SESAR</b>	Single European Sky ATM Research (Programme)
<b>NCM-Ww</b>	NowcastMIX-Winterwetter	<b>SFTP</b>	Secure File Transfer Protocol
<b>Ninjo</b>	IT-System zur Darstellung meteorologischer Informationen	<b>SHRA</b>	Code für Regenschauer in Flugwetterprodukten
<b>NTSB</b>	National Transportation Safety Board	<b>SIGMET</b>	Significant Meteorological Phenomena
<b>NVF</b>	Night Vision Forecast	<b>SINFONY</b>	Integriertes Vorhersagesystem des DWD
<b>NWV</b>	Numerische Wettervorhersage	<b>SN</b>	Code für Schneefall in Flugwetterprodukten
		<b>SPECI</b>	Sonderwettermeldung
		<b>SWC</b>	Significant Weather Chart
		<b>SWIM</b>	System Wide Information Management

<b>TAC</b>	Traditional Alphanumeric Code
<b>TAF</b>	Terminal Aerodrome Forecast
<b>TI</b>	Geschäftsbereich Technische Infrastruktur und Betrieb des DWD
<b>TP</b>	Teilprozess im QMS
<b>TREND</b>	TREND-Meldung: zweistündige Entwicklungsvorhersage flugbetrieblich wichtiger Änderungen des aktuellen Wetterzustandes, wird weiteren codierten Vorhersageprodukten angefügt
<b>UAC</b>	Upper Air Control Center
<b>UAS</b>	Unbemannte Luftfahrtsysteme (Drohnen)
<b>UN</b>	United Nations bzw. Vereinte Nationen
<b>VAAC</b>	Volcanic Ash Advisory Center
<b>VADUGS</b>	Volcanic Ash Detection Utilizing Geostationary Satellites
<b>VCTS</b>	Code für in der Nähe befindliche Gewitter in Flugwetterprodukten
<b>VFR</b>	Visual Flight Rules
<b>VOLCEX</b>	Volcanic Ash Exercise
<b>VuB</b>	Vorschriften und Betriebsunterlagen
<b>VZÄ</b>	Vollzeitäquivalent
<b>WAFS</b>	World Area Forecast System
<b>WAWFOR</b>	World Aviation Weather Forecast
<b>WIGOS</b>	WMO Integrated Global Observing System
<b>WMO</b>	World Meteorological Organization
<b>WMS</b>	(NinJo-)WebMapServices(-Layer)
<b>WV</b>	Geschäftsbereich Wettervorhersage
<b>WxVis4ATC</b>	Weather Visualisation for ATC
<b>XML</b>	eXtensible Markup Language

## **Herausgeber**

Deutscher Wetterdienst (DWD)

## **Konzeption und Redaktion**

Gabriele Meise, Michael von Bierbrauer  
und Thomas Ruppert

## **Gestaltung und Satz**

Karin Borgmann Grafikdesign  
Offenbach am Main

## **Bildbearbeitung**

Gesser-Service  
Offenbach am Main

## **Druck**

Heyne-Druck,  
Offenbach am Main

## **Fotos**

Titel, Seiten 8/9: Andreas Meinhardt, Fraport AG

Im Fokus: DWD, EMS

Seite 3: Kirsten Bucher

Seiten 11, 16/17, 36, 37: DWD

Seite 21: Sabine Bork, DWD

Seiten 22, 23: Alexander Diehl, DWD

Seiten 24/25: Anna Christern

Seiten 33, 67: Marc Dickler

Seite 35: Martin Wieczorrek, DWD

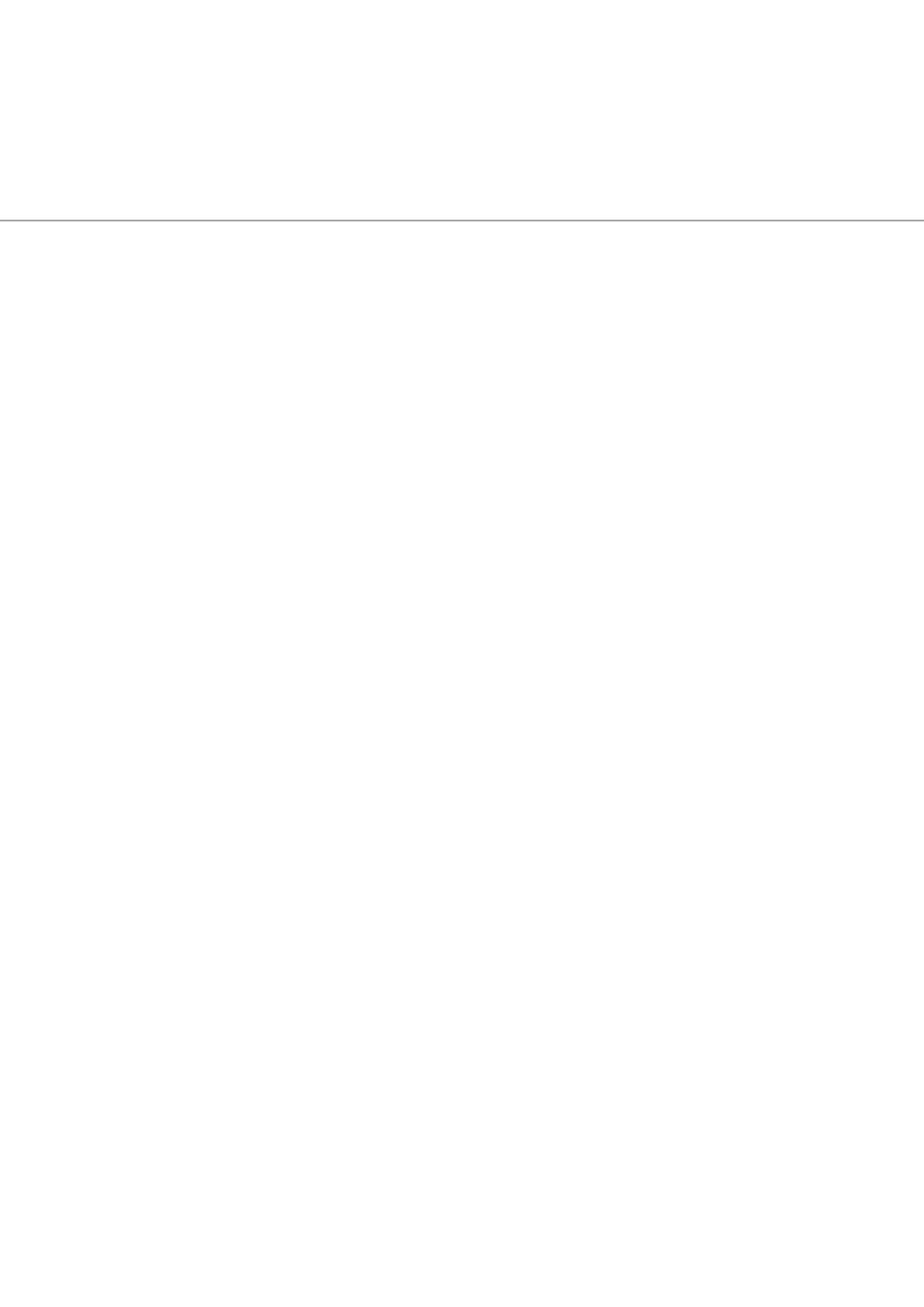
Seite 59: Thomas Ruppert, DWD

ISSN der Druck-Ausgabe: 1865-4487

ISSN der Online-Ausgabe: 2194-8291

Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Offenbach am Main 2018





**Deutscher Wetterdienst**

Abteilung Flugmeteorologie

Frankfurter Straße 135

63067 Offenbach am Main

Tel.: +49 (0) 69 / 80 62 - 0

E-Mail: [luftfahrt@dwd.de](mailto:luftfahrt@dwd.de)

[www.dwd.de/luftfahrt](http://www.dwd.de/luftfahrt)

Über [www.dwd.de](http://www.dwd.de) gelangen Sie  
auch zu unseren Auftritten in:

