



Jahresbericht 2023

Flugwetterdienst





▲ Ein Transportflugzeug C-17 Globemaster wartet im abflauenden Sandsturm auf günstigere Startbedingungen.
Von Senior Airman Jason Epley –
<https://www.dvidshub.net/image/114074>, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39591186>

Sand- und Staubstürme

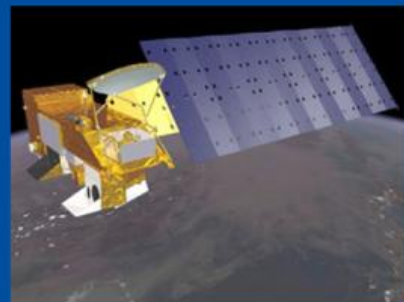
Darunter versteht man trockene, meist warme oder heiße Winde, die hauptsächlich in den ariden Regionen der Erde auftreten und die große Mengen Sand oder Staub hoch aufwirbeln und über große Entfernungen mitführen können. Dabei werden die kleineren und leichteren Partikel – verschiedene Arten mineralischer Stäube – vertikal höher und horizontal weiter verfrachtet als größere und schwerere Sandkörner. Staubstürme ziehen meist als mächtige dunkle Wolken heran, die vom Erdboden mehrere Kilometer Höhe erreichen können. Aus der Luft betrachtet können sie, je nach Bodenbeschaffenheit, Art der Staubpartikel und Beleuchtungsgeometrie aber auch heller als der Untergrund erscheinen. Auftretende Böen, Turbulenzen und Fallwinde, insbesondere aber die Verschlechterung der Sicht und ggf. schädliche Einflüsse mineralischer Partikel und Staubschichten auf Luftfahrzeuge sowie technische Anlagen der Flugsicherung sowie des Flughafenbetriebes machen Staubstürme zu einer potentiellen Gefahr für die Fliegerei.

Satellitenmeteorologie – Terra und Aqua

... sind als von der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA um die Jahrtausendwende gestartete Forschungssatelliten Bestandteile des nationalen Earth Observation Systems (EOS), eines der umfangreichsten und aufwendigsten Erdfernerkundungssysteme weltweit. Dabei ist Terra (auch als EOS-1 oder EOS-AM1 bezeichnet), eine amerikanisch-japanisch-kanadische Satellitenmission zur Gewinnung weltweiter Daten über die Atmosphäre, die Landoberflächen und Ozeane sowie deren Wechselwirkungen untereinander. Aqua (EOS-AM1) dient der Ermittlung genauer ozeanographischer und atmosphärischer Messdaten mit dem Ziel eines besseren Verständnisses des Klimawandels.

Beide Satelliten tragen abbildende, mehrkanalige Spektroradiometer zur Messung u.a. der Strahlungseigenschaften und Strahlungsbilanzen der Erdoberfläche, der Streuung des Sonnenlichtes an Wolken, Aerosolen und Vegetation, zur Erfassung großräumiger Prozesse in der Biosphäre, zur Messung der Konzentrationen atmosphärischer Spurengase sowie von Bewölkung, Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Schneebedeckung, Meereseis und Meeresoberflächentemperatur. Hauptinstrument beider Satelliten ist das Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).

Obwohl ihre geplante Lebensdauer von 6 Jahren bereits deutlich überschritten wurde, sind Terra und Aqua immer noch aktiv, wenn sie auch wegen Treibstoffmangels nicht mehr auf ihren ursprünglichen Orbits gehalten werden können.



▲ Fiktive Darstellung des Forschungssatelliten Aqua. Von Reto Stöckli
<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=39863>, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7606837>, Quelle: NASA,
<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=39863>



▲ Täglicher Sondierungsbereich des Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (16. März 2009)
 © NASA, <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=39863>

Satellitenmeteorologie – MODIS

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) ist ein satellitengetragenes, abbildendes Spektroradiometer zur Erfassung großräumiger geodynamischer Prozesse, darunter Veränderungen der Wolkenbedeckung und des Strahlungshaushalts, aber auch Informationen über die tiefere Atmosphäre oder die Ozeane. Es ist das wichtigste Messinstrument an Bord der Fernerkundungssatelliten Terra (EOS AM-1) und Aqua (EOS PM-1), deren Missionen von der NASA um die Jahrtausendwende gestartet wurden und die, weit über ihre geplante Lebensdauer hinaus, auch heute noch zuverlässig arbeiten.

Ihre sonnensynchronen, polarnahen und zirkularen Orbits wurden so gewählt, dass Terra den Äquator täglich vormittags von Nord nach Süd und Aqua nachmittags von Süd nach Nord in 705 km Höhe überqueren.

MODIS liefert eine hohe radiometrische Auflösung (12 Bit) in 36 Spektralbändern im elektromagnetischen Wellenlängenbereich zwischen 0,4 und 14,4 μm , was die Messung bzw.

Ableitung einer Vielzahl geophysikalischer Parameter ermöglicht. Die nominale räumliche Auflösung der Sensoren ist nicht in allen Frequenzbändern gleich, sie variiert je nach Erkundungszweck des entsprechenden Kanals zwischen 250 m (bei Nadir-Sondierung) und 1.000 m.

Das mit $20,3 \text{ min}^{-1}$ rotierende Teleskop erfasst in einem Aufnahmewinkelbereich von $\pm 55^\circ$ bei jeder Umdrehung einen quer zur Bahn liegenden Schwad von $2330 \times 10 \text{ km}^2$. Dadurch kann die gesamte Erdoberfläche alle zwei Tage komplett aufgenommen werden. MODIS verfügt über vier On-Board-Kalibratoren, und zwar einen Solar-Diffuser (SD), einen V-Nut-Schwarzkörper, eine Spektroradiometer-Kalibrierbaugruppe (SRCA) und eine Einheit zur Überwachung der solaren Strahlungsstabilität (Solar Diffuser Stability Monitor SDSM).

Terra und Aqua sind zwar keine dezidierten Wettersatelliten, dennoch können MODIS-Sondierungen auch zur Erkennung, Erforschung und Überwachung luftfahrtrelevanter atmosphärischer Erscheinungen im Zeitscale weniger Tage nützlich sein.

Der Flugwetterdienst auf einen Blick

Kennzahlen für den Flugwetterdienst		2023¹	
Leistungsdaten IFR			
TAFs für deutsche Flughäfen		70.814	
TREND-Vorhersagen (internationale Verkehrsflughäfen)		222.833	
SIGMETs, Flughafenwarnungen, Windscherungswarnungen		13.563	
Leistungsdaten VFR			
Vorhersagen für Low-Level-Flüge (GAFOR)		10.662	
Flugwetterübersichten / 3-Tage-Prognosen		14.167	
Mündliche Flugwetterberatungen		19.530	
Leistungsdaten Spezialdienste			
Spezialvorhersagen für Such- und Rettungsoperationen		14.270	
Spezialvorhersagen für die Flugsicherung (Höhenwindprognose)		5.840	
Spezialvorhersagen für Flughäfen und Air Traffic Management (Flughafenvorhersagen, Winterdienst, ATM-Beratungen)		167.513	
Kostendaten		2022	2023
Gesamtkosten FWD (Tsd. EUR)		16.180	13.652
Gesamtkosten IFR (Tsd. EUR)		14.853	12.532
An-, Abflug (Tsd. EUR)		4.790	4.387
Strecke (Tsd. EUR)		10.063	8.145
Gesamtkosten VFR (Tsd. EUR)		1.327	1.120
Anteil Direct Costs an DWD Direct Costs (%)		17,0	15,4
Kennzahlen für Produktivität/Wirtschaftlichkeit für FWD/IFR		2022	2023
Service Units (Tsd.) ²		13.586	14.786
Mitarbeiterproduktivität (Stunden IFR/Service Unit)		0,01	0,01
Wirtschaftlichkeit (Service Unit Costs) (Vollkosten IFR/Service Unit)		1,1	0,85
Vollzeitäquivalent			
des Flugwetterdienstes		79	62
Kennzahlen zu Umsatz und Jahresabschluss DWD gesamt		2022	2023
Umsatz (Tsd. EUR)		28.519	32.716
Bilanzsumme (Tsd. EUR)		1.130.422	1.188.881
Cash-Flow (Finanzmittelsaldo, in Tsd. EUR)		-345.676	-368.026
Investitionen (Tsd. EUR)		124.170	107.304
Abschreibungen auf Anlagevermögen (Tsd. EUR)		41.073	49.070
Kostendaten		2022	2023
Gesamtkosten DWD (Tsd. EUR)		353.936	350.194
Anteil Core Costs (%)		76	77
Anteil Direct Costs (%)		24	24

1) wetterabhängige Leistungsdaten, daher kein Vorjahresvergleich sinnvoll

2) nach Angaben der Deutschen Flugsicherung

Jahresbericht 2023
Flugwetterdienst



Vorwort

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist eine Bundesoberbehörde mit Sitz in Offenbach am Main, der als teilrechtsfähigen Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) die Funktion des nationalen Dienstleisters der Bundesrepublik Deutschland für Wetter und Klima obliegt. Laut Wetterdienstgesetz (DWDG) gehört zu den Aufgaben des DWD u. a. die meteorologische Sicherstellung der zivilen Luftfahrt, wobei weitere Gesetze (z. B. LuftVG) zu beachten und internationale Standards (ICAO, WMO) einzuhalten sind. Zur Erfüllung der vom Gesetzgeber gestellten Aufgaben hat der DWD innerhalb seiner Strukturen einen leistungsfähigen Flugwetterdienst etabliert, der seinen Kunden ein umfangreiches Produktportfolio anbietet.

Auch 2023 wurde im DWD angesichts allgemeinen Kostendruckes und zunehmenden Fachkräftemangels erfolgreich an der Verbesserung unserer wissenschaftlich-technischen Basis sowie unserer flugmeteorologischen Produkte und Dienstleistungen gearbeitet.

Im Bereich der Informationsgewinnung und Datenverarbeitung modernisiert der DWD kontinuierlich sein In-situ-Mess- und Beobachtungsnetz an den Flugplätzen, entwickelt und raffiniert innovative Verfahren zur Nutzung neuester radar- und satellitenbasierter Fernerkundungsmethoden und forciert die Haltung, Prozessierung, Visualisierung und Verteilung georeferenzierter Flugwetterinformationen.

In der numerischen Wetterprognose wird stetig an der Optimierung des Vorhersagesystems gearbeitet, im Berichtsjahr durch die weltweit erstmalige Nutzung von Satellitenmessungen im sichtbaren Spektralbereich, sowie auch von Sondierungen in den infraroten Absorptionsbanden des Wasserdampfes, zur Verbesserung der Datenassimilation. Einen weiteren Schwerpunkt im DWD bilden die Arbeiten im Projekt SINFONY, welches die metho-



▲ Prof. Gerhard Adrian, Präsident des DWD

dische Lücke zwischen dem Nowcasting und der Kurzzeitvorhersage schließen soll. Darüber hinaus wurden vielversprechende Fortschritte bei der Weiterentwicklung meteorologischer Auswertelgorithmen und Anschlussverfahren erreicht.

Um den hohen Anforderungen mit einer kontinuierlichen bzw. verbesserten Produktqualität begegnen zu können und die sicherheitstechnischen Ansprüche (Safety und Security) zu erfüllen, hat der DWD schon vor geraumer Zeit Managementsysteme für Qualität und Sicherheit etabliert. Unser Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9000:2015 wurde Berichtszeitraum erneut rezertifiziert.

Weiterhin engagiert sich der DWD innerhalb der europäischen Luftrauminitiative Single European Sky (SES).

Nur in der Kombination von wissenschaftlich-technischem Fortschritt und Qualitäts- sowie Kostenbewusstsein wird es gelingen, die Leistung, Pünktlichkeit und Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrssystems unter Beachtung höchster Sicherheits- und Umweltstandards zu erhalten. Wie sich der Deutsche Wetterdienst den Herausforderungen unserer Zeit stellt, erfahren Sie in dieser Publikation.

Mit freundlichen Grüßen, Ihr

A handwritten signature in blue ink that reads "Gerhard Adrian".

Gerhard Adrian



Gute Sicht ist Pflicht!

Flugzeuge sind die schnellsten öffentlichen Verkehrsmittel. Beispielsweise legt bereits eine kleine Cessna 172R bei einer Reisegeschwindigkeit von 122 kn (140 mph bzw. 226 km/h) über 60 m in der Sekunde zurück, auch die Entscheidungsgeschwindigkeit V_1 beim Startlauf eines Airbus A321 liegt bei rund 120 Knoten. Unter Berücksichtigung dessen und angesichts der Tatsache, dass Luftfahrzeuge bei drohender Gefahr nicht einfach anhalten oder bruske Ausweichmanöver vollführen können, wird uns die Bedeutung, die wir den Sichtverhältnissen beimessen müssen, rasch klar. Der Pilot benötigt vor allem nach vorn genügend Sicht, damit er andere Fluggeräte und bodengebundene Hindernisse rechtzeitig erkennen kann. Meteorologische Erscheinungen, die die Sicht stark beeinträchtigen können und deshalb eine besondere Bedeutung für den Flugwetterdienst haben, sind Dunst, Nebel, (tiefe) Wolken, Niederschläge (insbesondere starke Schauer von Regen, Schnee und Hagel) aber auch Sand-, Staub- und Schneestürme.



Inhalt

1	Rahmenbedingungen	8
2	DWD-Flugwetterdienst	14
3	Kundendienstleistungen	22
4	Innovation und Entwicklung	40
5	Managementsysteme für Qualität und Sicherheit	52
6	Finanzergebnisse	62
7	Ausblick - was bringt die Zukunft?	70
	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	74
	Impressum	77



© Udo Riedel, ILS-Anflug auf den Flughafen Memmingen (EDJA; 47,99 N; 10,24 E; 634 m/2.079 ft AMSL) bei starkem Dunst

Dunst und Nebel

Dunst und Nebel sind durch Aerosole und/oder Wassertröpfchen verursachte Lufttrübungen. Sie entstehen i. A. bei Abkühlung, wenn der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert und sich an den als Kondensationskerne wirkenden Aerosolteilchen Wassertröpfchen bilden. Bei Wasserdampfuntersättigung und Sichtweiten > 1 km bis wenige Kilometer spricht man von Dunst. Im Falle geringer Feuchte (ca. 60 %) und sehr großen Konzentrationen von Aerosolteilchen erscheinen diese selbst als sog. Trockener Dunst, mit genügend Wasserdampf nimmt die Kondensation zu und es entsteht Feuchter Dunst. Erreicht die Luftfeuchte 100 %, also bei Wasserdampfsättigung der Luft, bildet sich Nebel. Wegen der »Größe« der Nebeltropfen relativ zur Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist dessen Streuung wellenlängenunabhängig – Nebel erscheint also weiß. Bei starkem Dunst und Nebel sind VFR-Flüge nicht durchführbar.

1 Rahmenbedingungen

1.1 Nationale und internationale Regelwerke

8

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

Der Deutsche Wetterdienst erfüllt in seiner Funktion als nationaler meteorologischer Dienst der Bundesrepublik Deutschland seit 1952 die ihm übertragenen Aufgaben aus den Bereichen Wetterüberwachung/-vorhersage, Klimaüberwachung/-projektion sowie darauf basierend Daseinsvorsorge und Katastrophenschutz. Rechtliche Grundlage seiner Geschäftstätigkeit ist das vom 10. September 1998 stammende **Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWDG)**, das 2017 novelliert wurde.

Die Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization – **WMO**) als Sonderorganisation der Vereinten Nationen (UN) hat technische Ausführungsbestimmungen (Technical Regulations) erstellt, deren nationale Anwendung weltweit die fachliche 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 identisch mit dem Annex 3 der ICAO ist.

Im Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt (Chicagoer Konvention 1944) und der damit verbundenen Gründung der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (**ICAO**), einer Sonderorganisation der UNO, wurde ein umfangreiches Regelwerk mit Standards und Empfehlungen für die Durchführung der zivilen Luftfahrt geschaffen,

anhand derer die Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Pünktlichkeit und Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs gewährleistet und weiterentwickelt werden sollen.

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

Die o. g. Anhänge des ICAO-Abkommens wurden im Rahmen der europäischen Luftrauminitiative Single European Sky (SES) in die Durchführungsverordnung (EU) 2017/373¹ übertragen und sind geltendes EU-Recht. Damit sind die SES-Basisverordnungen für sämtliche Flugsicherungsdienstleister in Europa verbindlich und werden laufend überarbeitet bzw. ergänzt. Der Deutsche Wetterdienst ist laut Verordnung (EG) Nr. 550/2004² 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



▲ © Peter Füssel, DWD – Vom 31. Oktober bis 3. November hat die Arbeitsgruppe »Meteorological Requirements and Development (MRAD)« des ICAO Meteorology Panels im Gartensaal der Zentrale getagt. 25 Experten aus verschiedenen Weltregionen haben dabei über neue Entwicklungen und Standards in der Flugmeteorologie diskutiert.

Die Sicherheitsaufsicht über die Vorgaben und Anforderungen an die Erbringung von Flugsicherungsdiensten obliegt auf nationaler Ebene dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) in Langen³. In dieser Funktion überwacht das BAF auch die Dienstleistungen und Finanzen des DWD im Bereich des Flugwetterdienstes⁴. Die European Union Aviation Safety Agency (EASA) erstellt und überwacht die auf europäischer Ebene einheitlichen, hohen Sicherheits- und Umweltstandards. Die EASA ist berechtigt, verschiedene exekutive Aufgaben, z. B. im Bereich der Flugsicherheit, zu übernehmen⁵.

Sowohl die internationalen als auch die nationalen Regelungen und Vorschriften zur Erbringung von Flugsicherungsdiensten finden Eingang in die Vorschriften und Betriebsunterlagen (VuB) des DWD. Von besonderer Bedeutung sind das Betriebshandbuch für den Flugwetterdienst (VuB Nr. 7) sowie das Handbuch zur Richtlinie Flug-

wetterdienste. Die Dokumentation folgt dabei den Vorgaben des zertifizierten 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 internationaler Ebene beteiligt sich der DWD-Flugwetterdienst durch die Formulierung von Anforderungen und durch die Lieferung definierter Arbeitspakete an der Fortentwicklung des meteorologischen Arbeitsplatz- und Visualisierungssystems NinJo, eines Gemeinschaftsprojektes von Deutschem Wetterdienst (**DWD**), Geoinformationsdienst der Bundeswehr (**GeoInfoDBw**) sowie den meteorologischen Diensten Dänemarks (**DMI**), Kanadas (**MSC**) und der Schweiz (**MeteoSchweiz**).

Die Kongruenz nationaler und internationaler Vorgaben und Standards verbunden mit innovativen Lösungsansätzen werden immer wichtiger, weshalb DWD-Vertreter kontinuierlich und aktiv in flugmeteorologisch relevanten, internationalen Arbeitsgruppen und Gremien vertreten sind. Nur so können wir an der Gestaltung zukünftiger Standards und Verfahren für Flugwetterdienstleistungen 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), SES-Projekten (**SESAR**) und der EASA.

In der ICAO wirkt der Deutsche Wetterdienst 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 flugmeteorologischer Dienstleistungen mit.

Bei der WMO ist der DWD in der Commission for Basis 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** (Europa/Nordatlantik), führt normalerweise alljährlich unter dem Akronym **VOLCEX**

ein Planspiel zur Ausbreitung von Vulkanasche nach einer fiktiven Eruption durch, um anhand wechselnder Szenarien Flugsicherungsorganisationen und Flugwetterdienste technisch und organisatorisch möglichst praxisnah auf Vulkanausbrüche vorzubereiten. Das Volcanic Ash Advisory Center (**VAAC**) London initiiert und koordiniert diese Übungen, sodass gemeinsam mit den Nachbarländern Vorhersagen und Warnungen für die im Szenario betroffenen Lufträume ausgegeben werden können. Der Deutsche Wetterdienst hat auch im Berichtsjahr mit seiner Vulkanasche-Task-Force an der VOLCEX23 teilgenommen, dabei wurde am 21. November 2023 eine luftfahrtgefährdende Eruption des Vulkans **Snaefellsjokull** (1446 m MSL, Island, Halbinsel Snaefellsnes im Westen der Insel) trainiert.

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

Überblick über die wichtigsten internationalen Aktivitäten der Flugsicherungsorganisation DWD als National Meteorological Authority im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)

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) Experts EANPG, METATM und METG (EUR/NAT-Region)
WMO	Abgesandte 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

Seit vielen Jahren arbeitet der DWD-Flugwetterdienst sehr eng mit den Flugwetterdiensten Österreichs (A) und der Schweiz (CH) in der sogenannten DACH-Kooperation zusammen. Ziel ist hier insbesondere, den operationellen Flugwetterdienstbetrieb aller drei Länder zu harmonisieren und zu optimieren. Diese Zusammenarbeit wurde im Rahmen des Projektes **DACH-MWO** im Berichtsjahr fortgeführt.

Neben der DACH-Kooperation haben sich die Flugwetterdienste von neun 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 flugmeteorologischer Dienstleistungen zu verbessern. Auch diese Kooperation wurde im Berichtsjahr fortgeführt.



Schneesturm, Dover AFB (KDOV; 39,13 N; 75,47 W; 9 m/30 ft AMSL), Delaware,
21. Januar 2014
Von Roland Balik - <https://www.dvidshub.net/image/1156568>, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41326319>

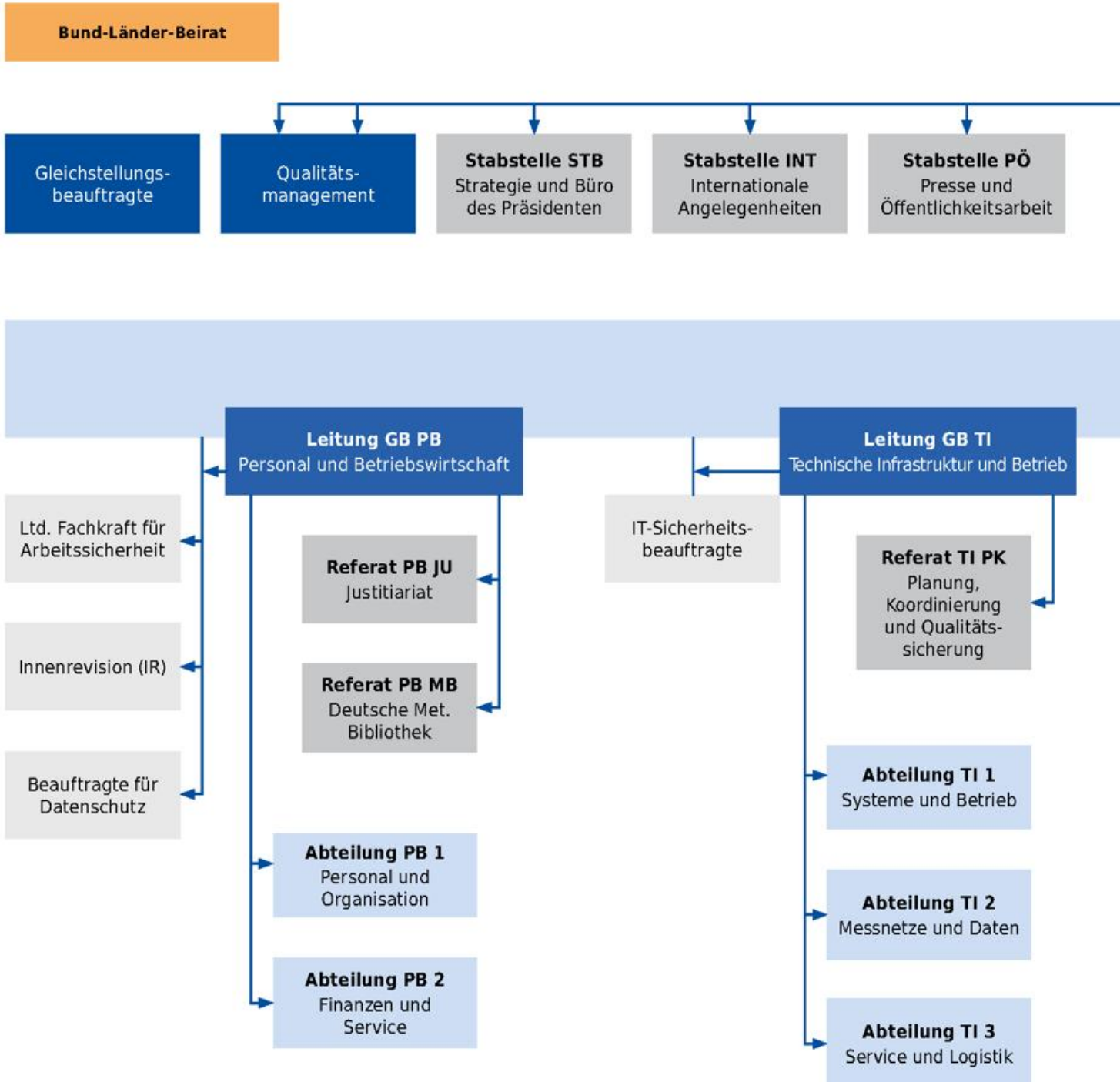
Schneestürme

Schneestürme sind Starkwindereignisse, die mindestens Windstärke 9 hervorrufen und die mit heftigen Schneefällen einhergehen. Gegebenenfalls wird auch bereits gefallener Schnee aufgewirbelt. Die Ursache von Schneestürmen sind mit polaren Kaltluftvorstößen verbundene, außertropische Tiefdruckgebiete bzw. deren Starkwindfelder. Folglich treten Schneestürme in den mittleren Breiten typischerweise im Winter auf. Im Hochgebirge allerdings können auch sommerliche Gewitter zu kleinräumigen Schneestürmen führen (»Wettersturz«). Schneestürme bergen mannigfaltige Behinderungen für den Luftverkehr in sich. Neben Glätte- und Vereisungsphänomenen, Schneefall und Schneeverwehungen, Böen und Turbulenzen stellen Sichtbeeinträchtigungen bis hin zum Whiteout-Phänomen eine besondere Gefahr dar.

2 DWD-Flugwetterdienst

2.1 Organisation DWD gesamt und Flugwetterdienst

14



Präsidentin
Vorsitzende des
Vorstandes

Gruppe Meteorologie
der Bundeswehr
beim DWD

Vorstand

Leitung GB FE
Forschung und Entwicklung

Referat FE PK
Planung und
Koordinierung

Referat FE HP
Met. Observatorium
Hohenpeißenberg

Referat FE LG
Met. Observatorium
Lindenberg

Abteilung FE 1
Met. Analyse und
Modellierung

Abteilung FE 2
Zentrale
Met. Fachverfahren

Leitung GB WV
Wettervorhersage

Abteilung WV 1
Beratungs- und
Warndienste

Abteilung WV 2
Kundenservices und
Entwicklung

Leitung GB KU
Klima und Umwelt

Referat KU PK
Planung und
Koordinierung

Abteilung KU 1
Klima- und
Umweltberatung

Abteilung KU 2
Klimaüberwachung

Abteilung KU 3
Agrarmeteorologie

Abteilung KU 4
Hydrometeorologie

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) als nationaler Wetterdienst verantwortlich für die meteorologische Sicherstellung der zivilen Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland. Der Flugwetterdienst wird zertifiziert und überwacht durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF). Die regulierten und qualitätsgesicherten Leistungen des Flugwetterdienstes werden nach gesetzlichem Auftrag und nach EU-Vorgaben der Luftrauminitiative Single European Sky (SES) als Flugsicherungsdienste erbracht, und nach den SES-Leistungszielen Sicherheit, Kapazität, Kosteneffizienz und Umwelt optimiert. Die fachlichen und technischen Vorgaben des Flugwetterdienstes erfolgen nach den internationalen Standards der ICAO (International Civil Aviation Organisation) und der WMO (World Meteorological Organization).

Die Vorhersage-, Warn- und Beratungsdienste für die Luftfahrt werden innerhalb des Geschäftsbereiches Wettervorhersage (WV) erbracht. Dazu gehören in der Abteilung Beratungs- und Warndienste die Flugwetterzentrale Frankfurt und vier weitere Luftfahrtberatungszentralen in Hamburg, Essen, Berlin und München, sowie die Fachleitung in Offenbach. In der Abteilung Kundenservice und Entwicklung sind vor allem der Kundenservice Luftfahrt und die Entwicklungsreferate für den Betrieb und Entwicklung der flugmeteorologischen Produkte und Kundenportale tätig.

Im Geschäftsbereich Technische Infrastruktur und Betrieb (TI) werden alle für den Flugwetterdienst nötigen technischen Systeme betrieben und gewartet. Hierzu gehören neben der EDV-Infrastruktur und dem Rechenzentrum vor allem die Messtechnik, die Kommunikationssysteme und der Betrieb der Flugwetterwarten an internationalen Verkehrsflughäfen.

Der Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung (FE) liefert die wissenschaftlichen Grundlagen der numerischen Wettervorhersage mit Datenassimilation, Analyse, Betrieb, Verifikation sowie Innovationen auf diesen Gebieten. Hier werden auch zentrale meteorologische Fachverfahren (z. B. für Turbulenz, Vereisung, Thermik) und die Softwareentwicklung für meteorologische Arbeitsplatzsysteme durchgeführt sowie Fernerkundungsverfahren mittels Satelliten und Wetterradaren fachlich betreut.

Im Geschäftsbereich Klima und Umwelt (KU) werden flugklimatologische Daten ausgewertet und Statistiken erstellt sowie Fragestellungen zum Themenkreis Klima und Klimawandel in Zusammenhang mit dem Luftverkehr bearbeitet.

Der Geschäftsbereich Personal und Betriebswirtschaft (PB) unterstützt die Prozesse des Flugwetterdienstes unter anderem in den Bereichen Personalmanagement, Beschaffung, Rechnungswesen und Luftfahrtkostenrechnung, Liegenschaften und Haushalt.

Nicht zuletzt sind die Stabsstellen des Präsidenten des DWD aktiv für den Flugwetterdienst, und zwar in den Bereichen Qualitätsmanagement (QM), Internationale Angelegenheiten sowie Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Zusammenarbeit des zivilen Flugwetterdienstes mit entsprechenden militärischen Dienststellen erfolgt über die Gruppe Meteorologie des Zentrums für Geoinformationswesen der Bundeswehr beim Deutschen Wetterdienst (MetBw).

2 DWD-Flugwetterdienst

2.2 Personal und Personalentwicklungen

Personalkosten und Mitarbeiterproduktivität

Die Leistungen des DWD, die im Jahr 2023 den Luftfahrtnutzern zur Verfügung gestellt wurden, sind in nachstehender Tabelle nach Leistungskategorien aufgeteilt dargestellt. 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 2023 aus 194 VZÄ. Der abrechen-

bare Anteil nach Direct Costs betrug für das Jahr 2023 62 VZÄ. Diese lagen für das Abrechnungsjahr 2023 bei 131.856 Stunden und damit niedriger als zum Vorjahr. Die Reduzierung des Personalaufwandes konnte dabei durch die im Jahr 2022 erfolgte Umsetzung von AutoMETAR an den Flugwetterwarten und des daraus resultierendem geringeren Personaleinsatzes erzielt werden. Davon abrechnungsfähig gegenüber den Luftfahrtkunden sind die mit dem Instrumentenfluganteil (IFR) zusammenhängenden 121.004 Stunden im Jahr 2023. Werden diese abrechenbaren Stunden den entsprechenden, von der DFS erhobenen Dienstleistungseinheiten bzw. Service Units¹ gegenübergestellt, so ergibt sich ein durchschnittlicher



▲ © Sabine Bork, DWD – Flugwetterberaterinnen bei der Arbeit

1) Quelle: DFS

Leistungen des DWD für Luftfahrtnutzer 2023	
Art der Leistung	Anteil (in % der geleisteten Arbeitszeiten)
Interne Leistungen für den FWD	50,7
Spezialdienstleistungen (auf Kundenanforderung)	4,2
Leistungen des Flugwetterdienstes	45,1
davon	
FWD Daten und Produkte	0,2
FWD Vorhersagen	27,1
FWD Warnungen	0,6
FWD Bereitstellung/Vertrieb	0,2
FWD Beratung/Information	3,4
Andere LF-Leistungen	13,6

Zeitaufwand pro Service Unit als Maß für die Mitarbeiterproduktivität. Aufgrund der sich in 2023 weiterhin fortsetzenden Erholung der allgemeinen Wirtschaftslage und den sich daraus ergebenden positiven Effekten für die allgemeine Luftfahrt, stieg die Anzahl der Service Units im Jahr 2023

erneut auf 14.785.7117 Units an. Der durchschnittliche Betriebsaufwand lag dabei bei ca. 0,01 Stunden Zeitaufwand pro Service Unit.

Unsere Kolleginnen und Kollegen in der operationellen Wettervorhersage arbeiten im Wechselschichtdienst, sind größtenteils Beamte des gehobenen naturwissenschaftlichen Dienstes des Bundes und seit geraumer Zeit für die Vorhersage- und Beratungstätigkeit im gemeinsamen Betrieb sowohl im Land-See-Wetterdienst als auch im Flugwetterdienst qualifiziert und zertifiziert.

Gerade im Wechselschichtdienst erfordern alters- und gesundheitsbedingte Abgänge sowie Bewerbungen von Kolleginnen und Kollegen auf andere Dienstposten innerhalb des DWD eine kontinuierliche Zuführung neuen Vorhersage- und Beratungspersonals, was in Zeiten des sich verschärfenden Fachkräftemangels keine einfache Aufgabe ist. Mittels aufmerksamen Monitorings der Personalsituation durch die WV-Führungsebene und im engen Zusammenwirken mit dem Personalmanagement des DWD wird versucht, sich abzeichnende, negative Entwicklungen in diesem Sektor rechtzeitig zu erkennen und Personalengpässe und die damit einhergehenden übermäßigen Belastungen der verbleibenden Kolleginnen und Kollegen möglichst zu reduzieren oder zu vermeiden.

Ermittlung der Mitarbeiterproduktivität für den Bereich FWD IFR		
	2022	2023
Direkte Arbeitsstunden auf FWD-Kostenträger des DWD	137.531	131.856
davon für IFR (ca. 92 %)	126.254	121.004
Service Units* (in Tsd.) ²	13.586	14.786
Mitarbeiterproduktivität für FWD-IFR (in Stunden/Service Unit)	0,01	0,01

* direkte **und verrechnete** Arbeitsstunden (siehe Text)

1) Quelle: DFS



▲ © Karsten Friedrich, DWD – Messfeld an der Flugwetterzentrale (FWZ) Frankfurt


Prinzipiell werden alljährlich Stellen für die Laufbahnausbildung des gehobenen Dienstes ausgeschrieben, zum einen über das Studium an der Hochschule des Bundes (Fachbereich Wetterdienst, Abschluss als Dipl.-Met. FH), zum anderen für »fertige« Absolventen und Absolventinnen des an verschiedenen deutschen Universitäten angebotenen Bachelorstudienganges der Meteo-

rologie (Abschluss als B. Sc. Met.). Auch hier wird die Personalnot deutlich, im Berichtsjahr 2023 konnten nur fünf Studentinnen und Studenten ihre Laufbahnausbildung für den gehobenen Dienst erfolgreich beenden und den Lizenzerwerb für den Vorhersagedienst (Land-See- sowie Flugwetterdienst) beginnen.



© Martin Wieczorrek, 23. August 2014, Sichtflug unterhalb der Wolkendecke am Albtrauf -
Blick aus dem Cockpit

Wolken und Ceiling



Zusammenhängende Schichten tiefer Wolken, in denen die Sichtweite praktisch auf Null sinkt, sind umso gefährlicher, je tiefer ihre Basis über Grund liegt (Ceiling). Sie zwingen den nach Sichtflugregeln (VFR) navigierenden Sportflieger, in Bodennähe zu bleiben, wobei er Gefahr läuft, mit Hindernissen zu kollidieren. Zur Flugdurchführung nach Sichtflugregeln sind für die meteorologischen Bedingungen bestimmte Minima definiert, die keinesfalls unterschritten werden dürfen. In der hier abgebildeten Wettersituation mit mächtiger Stratocumulus-Bewölkung bei fast bedecktem Himmel, ist es gerade noch möglich, im Sichtflug abseits des Altraufs unterhalb der Wolkenuntergrenze »hindurchzuschlüpfen«.

3 Kundendienstleistungen

3.1 Kunden und Leistungen

22

Dem Flugwetterdienst im DWD obliegt laut Gesetz über den Deutschen Wetterdienst die Aufgabe der meteorologischen Sicherung der Luftfahrt. Gemäß LuftVG sind Flugwetterberatungs- und Flugwetterbetriebsdienste und die dafür erforderlichen technischen Einrichtungen und Dienste bereitzustellen, sowie Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Flugmeteorologie zu betreiben und flugklimatologische Daten und Statistiken zu erarbeiten. Zu den Flugwetterberatungs- und Flugwetterbetriebsdiensten gehören u. a. folgende Aufgaben:

Wetterüberwachung: Ohne Wetterbeobachtungen ist jegliche Wettervorhersage unmöglich! Der Deutsche Wetterdienst führt kontinuierlich meteorologische Beobachtungen durch, z. B. des aktuellen Wetters, der Bewölkungsverhältnisse, der Sichtweite, der Niederschläge (Art und Menge), des Windes (Geschwindigkeit, Richtung, Böigkeit und an ausgewählten Flugplätzen auch Scherwindparameter), Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit; und zwar an Bodenstationen (u. a. Flugwetterwarten) sowie mittels Radiosonden und durch das europäische Flugzeug-Messsystem E-AMDAR (EUMETNET Aircraft Meteorological Data Relay). Diese In-situ-Beobachtungen werden in zunehmend höherer raum-zeitlicher Auflösung ergänzt durch Fernerkundungsinformationen aus dem DWD-Radarverbund sowie von verschiedenen Wettersatelliten.

Wettervorhersage: Moderne Wetterprognosen basieren auf Modellen der numerischen Wettervorhersage (NWV), wobei die im Deutschen Wetterdienst entwickelten Prognosemodelle einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess unterliegen und die verwendete Rechentechnik (Netzwerke, Supercomputer zur Integration der Modellgleichungen, Datenbankserver sowie Workstations und Personalcomputer) stets dem steigenden Datenvolumen angepasst wird. Neben

dem gerade für den Flugwetterdienst so wichtigen Nowcasting, abgeleitet aus aktuellen Wetterbeobachtungen, bilden die Resultate der NWV in Form von raum-zeitlichen Darstellungen physikalischer Größen und meteorologischer Parameter sowie der Output verschiedener Anschlussverfahren die Grundlage automatischer Vorhersagen und dienen den Prognostikern als Fundament zur Erstellung einer Vielzahl flugmeteorologischer Produkte und Dienstleistungen.

Wetterwarnung: Der Flugwetterdienst warnt vor beobachteten und vorhergesagten fluggefährdenden Wettererscheinungen auf der Strecke (en-Route) sowie vor Wetterereignissen mit Auswirkungen auf den An- und Abflug, den Rollverkehr sowie auf Vorfeldaktivitäten an den Flugplätzen. Zu den potentiell gefährlichen meteorologischen Erscheinungen während des Streckenfluges zählen Gewitter mit all seinen Begleiterscheinungen, Turbulenzen, Vereisung von Luftfahrzeugen und vor allem im Sichtflug auch geringe Sichtweiten und niedrige Wolkenuntergrenzen. Start und Landung sowie der Flughafenbetrieb im Allgemeinen werden durch Gewitter, Starkniederschläge, Winterwetter mit Schnee, unterkühlten Niederschlägen und Eisansatz, geringe Pistensichtweiten (RVR) sowie starke Winde, Böen und Scherwinde in unterschiedlichem Maße beeinträchtigt. Der DWD bietet eine Reihe spezifischer Warnprodukte für die Flugzeugbesatzungen im Cockpit, für die Flugsicherungsorganisationen zum Zwecke der Flugplanung, Flugsicherung und Luftraumüberwachung sowie für die Flughafenbetreiber zur Steuerung der Bodenverkehrsdienste an.

Flugwetterberatung: Die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 legt fest, dass für Flüge die über die Umgebung eines Flugplatzes hinausgehen und für alle Flüge nach Instrumentenflugregeln meteorologische Flugvorbereitungen

durchzuführen sind. Umfang und Inhalt meteorologischer Flugvorbereitungen werden durch die grundlegenden Anforderungen an den Flugbetrieb in der Verordnung (EU) 2018/1139 geregelt. Es sind die Wetterbedingungen am Startflugplatz, am Zielflugplatz, an Ausweichflugplätzen sowie entlang der Flugstrecke zu berücksichtigen, um insbesondere die Betriebs- und Leistungsgrenzen des Luftfahrzeuges und die Flugregeln einhalten zu können. Zur meteorologischen Flugvorbereitung stellt der DWD Selfbriefing-Systeme mit allen notwendigen flugmeteorologischen Informationen in graphisch aufbereiteter Form zur Verfügung. Alternativ bietet der DWD zusätzlich individuelle telefonische Flugwetterberatungen an, die bei kritischen oder nicht eindeutigen Wetterverhältnissen auch ergänzend zu einem bereits durchgeführten Selfbriefing genutzt werden können. In der Verkehrsluftfahrt, insbesondere im Linien- und Charterverkehr, werden die Piloten in der Flugvorbereitung durch Flugdienstberater (Flight Dispatcher) unterstützt.

Das Leistungsprogramm des DWD-Flugwetterdienstes zur meteorologischen Sicherung der Luftfahrt erfüllt alle nationalen und internationalen Gesetze, Richtlinien und Verordnungen (LuftVG, EU, ICAO, WMO), leistet einen Beitrag zur Erfüllung der SES-Leistungsziele Sicherheit, Umwelt, Kapazität und Kosteneffizienz und berücksichtigt darüber hinaus zusätzliche Anforderungen der Kunden und besondere fachliche und wirtschaftliche Interessen.

Dabei wird unterschieden zwischen regulierten Flugwetterdienstleistungen, die im Auftrag des Staates zur Versorgung der Luftfahrt erbracht und in der Regel über An- und Abflug- plus Streckengebühren sowie über den Bundeshaushalt gedeckt sind und solchen, die im Auftrag eines Kunden ohne staatliche Leistungspflicht erfolgen und individuell abgerechnet werden.

Die Systematik zur Luftfahrtkostenrechnung mit der Verteilung der Kosten auf An- und Abflug, Streckenflug sowie die Abgrenzung zwischen gebührenfinanzierten Leistungen für den Instrumentenflug (IFR) und steuerfinanzierten Leistungen für den Sichtflug (VFR) ist dem Kapitel 6 zu entnehmen.

Die nachfolgend aufgeführten Kundengruppen der Verkehrsluftfahrt und der Allgemeinen Luftfahrt nutzen die Produkte und Dienstleistungen des DWD-Flugwetterdienstes zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben:

- ▶ EUROCONTROL (Netzwerkmanager, MUAC)
- ▶ DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
- ▶ Europäische Flugsicherungsorganisationen
- ▶ Internationale Verkehrsflughäfen und regionale Flugplätze in Deutschland sowie deren Dienstleister
- ▶ Linien- und Charterverkehr inkl. der Luftfrachtbranche
- ▶ Geschäftsreiseflugverkehr
- ▶ Private Luftfahrt inkl. Luftsport
- ▶ Fliegende Einheiten von Polizei, Rettungsdiensten und des Katastrophenschutzes
- ▶ Flugmodelle und unbemannte Luftfahrtsysteme (UAS)
- ▶ IT-Systemhäuser (aeronautische Datenverarbeitung und Navigation)
- ▶ Luftfahrtverbände und Vereine
- ▶ Flugschulen
- ▶ Luftfahrtbehörden

Die folgenden Tabellen zeigen die Anzahl verschiedener Produkte und Leistungen, getrennt nach Luftfahrtkundengruppen und die Umsätze für die entgeltpflichtigen Leistungen für das Berichtsjahr 2023.

Anzahl erstellter Produkte und Leistungen des DWD zur meteorologischen Sicherung der Luftfahrt im Jahr 2023	
Leistungen	Anzahl in 2023
Meteorologische Dienstleistungen für die IFR-Luftfahrt	
Mündliche Flugwetterberatungen	1.512
TAFs für deutsche Flughäfen	70.814
Trend-Vorhersagen (internationale Verkehrsflughäfen)	222.833
METAR (internationale Verkehrsflughäfen)	267.724
SPECI (internationale Verkehrsflughäfen)	107.635
SIGMETs, Flughafenwarnungen, Windscheringwarnungen	13.563
GAFOR-Gebietwarnungen	28.218
Flugzeugwettermeldungen (ARS/PIREP)	1.259
Low-Level Significant Weather Charts	4.807
Flugwetterübersichten/3-Tage-Prognosen	14.167
Meteorologische Dienstleistungen ausschließlich für die VFR-Luftfahrt	
Vorhersagen für Low-Level-Flüge (GAFOR)	10.662
Mündliche Flugwetterberatungen (nur VFR)	19.530
Meteorologische Dienstleistungen für Rettungsdienste, Flugsicherung und Flughäfen	
Spezialvorhersagen für Such- und Rettungsoperationen	14.270
Spezialvorhersagen für die Flugsicherung (Höhenwindprognose)	5.840
Spezialvorhersagen für Flughäfen und Air Traffic Management (Flughafenvorhersagen, Winterdienst, ATM-Beratungen)	167.513
Selbbriefing-Dienste für die zivile Luftfahrt (IFR/VRF), Flughäfen und Luftfahrtienstleister	
Kunden des Selbbriefing-Systems <i>pc_met Internet Service/DWD FlugWetter-App</i>	15.169

Umsätze aus meteorologischen Spezialdienstleistungen zur Sicherung der Luftfahrt 2023	
Produktgruppe	(EUR)
Selfbriefing-Systeme (Nutzungslizenzen <i>pc_met_Internet Service inkl. DWD FlugWetter-App und Heliportal</i>)	926.007
Flugmeteorologische Gutachten und Auskünfte (inkl. Sachverständigenleistungen ach JVEG)	3.256
Meteorologische Betreuung der Regionalflugplätze einschließlich Ausbildung des Personals	234.128
Mehrwertdienste (individuelle mündliche Flugwetterberatungen, TAF-Guidance und abgeleitete Produkte)	56.119
Erstellung/Bereitstellung flugmeteorologischer Informationen für Flughäfen und Service Provider	128.220
Sonstiges (Spezialberatungen, Flugwetterseminare und Schulungen etc.)	8.483
Umsatz Spezialdienstleistungen gesamt	1.356.213

3 Kundendienstleistungen

3.2 Kundenversorgung

26

Zur Versorgung der Kunden mit flugmeteorologischen Informationen (Daten und Produkte) dienen verschiedene Vertriebswege. Dabei werden die Richtlinien des BSI beachtet, d. h. die übermittelten bzw. bereitgestellten Daten werden in ihren Grundwerten Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit angemessen geschützt. Die Flugwetterinformationen werden auf gesicherten und zugangsbeschränkten Daten- und Geoservern zum Abruf bereitgestellt, über Briefing-Systeme (Webanwendungen, Mobile Apps) graphisch aufbereitet angeboten sowie auch aktiv mittels Push Service (SFTP und E-Mail) zum Kunden geschickt. Darüber hinaus werden mit Vertretern des Flugverkehrsmanagements Wetterbriefings durchgeführt, für die meteorologische Flugvorbereitung werden individuelle telefonische Flugwetterberatungen angeboten.

Der technische Übertragungsweg ist daten- bzw. produktabhängig und richtet sich nach dem Bedarf und in Abstimmung mit dem Kunden. So muss z. B. die Versendung bzw. Übermittlung von Warnungen aktiv durch den DWD erfolgen, etwa telefonisch oder über E-Mail, während die Lieferung regelmäßig erstellter Produkte, wie beispielsweise Modellvorhersagedaten oder Radarbilder, auf passivem Wege über Daten- und Geoserver oder über Briefing-Portale erfolgen kann. Über den Geoserver des DWD werden z. B. NowcastMIX-Aviation, NowcastMIX-Winterwetter, NowCastSAT-Aviation, sowie Vorhersageprodukte für Turbulenz, Vereisung und numerische Daten aus Vorhersagemodellen, aber auch Radar- und Satellitendaten angeboten.

Eine der großen Herausforderung in der Luftfahrt stellen die in der Durchführungsverordnung (EU) 2021/116 (CP1) formulierten Anforderungen im Zusammenhang mit dem systemweiten Information-Management (SWIM - System Wide Information Management) dar. Es geht um den zukünftigen, standardisierten Austausch von allen ATM-

Informationen. Das Wetter ist hier ein wesentlicher Bestandteil.

Bis zum Ende des Jahres 2025 soll die Versorgung der Verkehrsluftfahrt mit Flugwetterinformationen auf SWIM-konforme Dienste umgestellt werden. Die Flugwetterdienste müssen dazu entsprechende Services anbieten und die Kunden sind verpflichtet, diese operationell in Anspruch zu nehmen. Das erste gemeinsame Vorhaben (CP1 - Common Project One) offeriert neben einem Vulkanaschekonzentrationsdienst drei flugsegmentbezogene Services, und zwar für den Flughafenbereich, die Netzwerksteuerung sowie für den Streckenflug inklusive des Anflugs.

Der DWD hat eine präoperationelle SWIM-Datenabgabeschnittstelle für den kundenseitigen SWIM-Abruf eingerichtet. Deren Aufbau erfolgte gemäß den gesetzlichen Vorgaben, Formaten und Protokollen. Aktuelle Nutzer sind Vertreter verschiedener Kundengruppen, wie etwa Fluggesellschaften, Flugsicherungsorganisationen, Systemhäuser sowie der EUROCONTROL-Netzwerkmanager. Dies ist eine reine Maschine-Maschine-Schnittstelle und unterstützt die im Global Air Navigation Plan (GANP) der ICAO und im ATM-Masterplan beschriebene Vollautomatisierung der Verkehrsluftfahrt.

Die Leistungen des DWD wurden auf die gesetzlichen Vorgaben der EU-DVO 2021/116 (CP1) zugeschnitten, darüber hinaus auch nach Anwendungszweck oder Kundenanforderungen. Als erste Daten bzw. Produkte stehen METAR, TAF und SIGMET im IWXXM-Format sowie das harmonisierte Turbulenz- und Vereisungsprodukt aus dem SESAR Implementierungsprojekt European Harmonised Forecasts of Adverse Weather zur Verfügung. Auf Initiative der beteiligten Projektpartner wird auch die gemeinsam erstellte Cross Border Convection Forecast (CBCF) als SWIM konformer Service über die DWD-Schnittstelle angeboten.

Der Deutsche Wetterdienst beteiligte sich im europäischen Rahmen an der Standardisierung der SWIM-Servicebeschreibungen. Dabei wurden die DWD-Servicebeschreibungen in der zentralen europäischen SWIM Registry veröffentlicht, einer Registratur mit einheitlichen Beschreibungen der angebotenen Services und deren Nutzung sowie den Kontaktdaten der Diensteanbieter. Vertragsabschlüsse zur Nutzung von SWIM-Services können so direkt zwischen Kunde und Anbieter erfolgen.

Die Tower-Lotsen der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH an den internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland benötigen zeitnah Messwerte der dort aktuellen meteorologischen Parameter und erhalten diese im 10-Sekunden-Takt über direkte Modemstrecken. Dazu wird das Automatische System zur Datenerfassung und -Verbreitung (ASDUV) eingesetzt, bestehend aus verschiedenen Sensoren in unmittelbarer Nähe des Start-Landebahnsystems (u. a. Wind, Sichtweite, Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Ceiling) und entsprechender Rechentechnik zur Auswertung und visuellen Darstellung der gemessenen Parameter sowie zur Erstellung von Wettermeldungen und Datentelegrammen.

Die DFS-Zentrale in Langen erhält ebenfalls meteorologische Daten vom Deutschen Wetterdienst, und zwar per Push-Service über eine besonders abgesicherte und redundant ausgelegte Verbindung, zur weiteren Verteilung an eine Vielzahl von Flugsicherungssystemen und an die Arbeitsplätze der Center-Lotsen.

Mit qualitätsgesicherten meteorologischen Daten vom DWD werden auch die deutschen Regionalflughäfen versorgt. Dort erfolgt die Durchführung des Wetterbeobachtungs- und Wettermeldedienstes im Gegensatz zu den internationalen Verkehrsflughäfen mit flughafteigener Mess- und Datenverarbeitungstechnik (AWOS)

und mit dem Personal des Flugverkehrsdienstes oder des Flugplatzunternehmers. Die Technik ist vom DWD musterzugelassen und wird nach einer technischen Abnahme am Flugplatz in Betrieb genommen. Die Fluglotsen im Tower haben direkten Zugriff auf die Messwerte. Schließlich werden die verschlüsselten Flugplatzwettermeldungen werden an die DWD-Zentrale in Offenbach vermittelt, von dort aus an die entsprechenden Kunden verteilt und auch in den Briefing-Portalen des DWD angeboten.

Der DWD kooperiert zur Versorgung der Verkehrsluftfahrt und der Allgemeinen Luftfahrt zunehmend mit externen IT-Dienstleistern für Komplettlösungen im Air Traffic Management (ATM), durch deren Software die meteorologischen Daten des DWD zielorientiert in die Prozesse, Systeme und Anwendungen der Kunden integriert werden. Diese Systemhäuser erhalten vom DWD meteorologische Daten und Produkte in digitaler Form und haben so die Möglichkeit, individuelle Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden, z. B. spezielle Visualisierungen, zu berücksichtigen. Für die korrekte Prozessierung meteorologischer Informationen in Air-Traffic-Management-Software ist die vom DWD herausgegebene Richtlinie »Display of Meteorological Information (Acceptable Means of Compliance for Display of Digital Meteorological Information AMC-DWD-01)« bindend.

Große Fortschritte wurden in den letzten Jahren bei der Integration von Wetterinformationen in die Informationssysteme im Cockpit erreicht, wobei sich der DWD mit der Entwicklung und Bereitstellung von Nowcasting- und Vorhersageprodukten insbesondere für Gewitter, Turbulenz und Vereisung als ein führender MET-Provider für „Wetter ins Cockpit“ positioniert hat. Unsere flugmeteorologischen Informationen werden über die Software spezieller IT-Dienstleister in die Flugplanungs- und Flugnavigationsanwendungen

gespeist und stehen den Piloten im Cockpit z. B. über Electronic Flight Bags zur Verfügung. Sie erhöhen so das Situationsbewusstsein („Situational Awareness“) hinsichtlich des aktuellen Wetters sowie eventueller Wettergefahren, ermöglichen strategische und taktische Entscheidungen in der Flugdurchführung und tragen damit entscheidend zur Flugsicherheit bei.

Bereits seit mehreren Jahren stehen die globalen Turbulenzvorhersagen des Eddy Dissipation Parameters (EDP) vom Deutschen Wetterdienst in den Cockpits der Verkehrsluftfahrt zur Verfügung und werden erfolgreich zur Flugplanung und Flugdurchführung genutzt. Seit Juni 2022 stellt der DWD ein weiteres globales Produkt mit der Bezeichnung NowCastSAT-Aviation (NCS-A) zur Darstellung von Satelliteninformationen im Cockpit zur Verfügung, die insbesondere bei Wetterlagen mit hochreichender Konvektion und Gewittertätigkeit essentiell sind. NCS-A zeigt die genaue Position aktueller Gewitter, berechnet ihre Zugrichtung in den nächsten zwei Stunden und zeigt für jede Gewitterzelle deren Wolkenobergrenze (Cloud Top Height - CTH). Dabei nutzt es die Messungen von fünf geostationären Wettersatelliten, globale Blitzdaten eines externen Dienstleisters sowie Daten aus dem globalen Modell des deutschen Wettervorhersagesystems ICON.

Unsere globalen Turbulenz- und Gewittervorhersageprodukte finden bei Softwaredienstleistern für Flugplanung und Flugdurchführung zunehmende Verbreitung und stehen somit immer mehr Piloten im Cockpit zur Verfügung.

Auch im digitalen Zeitalter ist die Kommunikation zwischen Prognostikern und Kunden in Form der regelmäßigen und situativen Wetter-Briefings für die Verkehrsluftfahrt (telefonisch oder persönlich, national und auf europäischer Ebene, mit den Entscheidungsträgern der Flugsicherungsorgani-

sationen und -behörden, der Fluggesellschaften, der Flughafenbetreiber und weiterer Dienstleister des Luftverkehrs) sowie die individuelle telefonische Flugwetterberatung für die Allgemeine Luftfahrt, die fliegenden Einheiten der Polizei, der Rettungsdienste und des Katastrophenschutzes durch die Flugwetterzentrale Frankfurt (FWZ) und die Luftfahrtberatungszentralen (LBZn) von besonderer Bedeutung.

Nicht zuletzt bietet der DWD Selfbriefing-Systeme zum individuellen Flugwetter-Briefing an. Neben den Schlüsselkunden der Verkehrsluftfahrt haben alle Flugzeugführer der Allgemeinen Luftfahrt die Möglichkeit, sich auf diese Art und Weise alternativ oder ergänzend zur individuellen Flugwetterberatung zu informieren. Nachfolgend werden die drei inhaltlich auf die jeweilige Nutzergruppe zugeschnittenen Flugwetter-Selfbriefing-Systeme des Deutschen Wetterdienstes kurz beschrieben.

Selfbriefing-Systeme

► Meteorological Airport Briefing (MAB)

Meteorological Airport Briefing ist ein web-basiertes Portal mit meteorologischen Produkten für das Air Traffic Management (ATM) und das Airport Collaborative Decision-Making (A-CDM). Es unterstützt die Flughafenbetreiber bei der Prozesssteuerung auf Flughäfen, die dort ansässigen Flughafendienstleister (z. B. Winter- und Verkehrsdienste), die Fluggesellschaften u. a. in den Bereichen Dispatch und Mission Support, die DFS Deutsche Flugsicherung AG bei den Flugverkehrsdiensten im Tower und in den Kontrollzentralen, EUROCONTROL bei den Flugverkehrsdiensten für das Upper Air Control Center in Maastricht sowie den Network Manager.

MAB beinhaltet die von der jeweiligen Luftfahrtberatungszentrale bzw. der Flugwetterzentrale Frankfurt speziell für die Verkehrsflug-

häfen erstellten Airport-Briefing-, Nowcast- und Winterdienstberichte sowie die kundenspezifischen Radar-, Gewitter- und Blitzinformationen. Neu ist hier das Produkt Airport WX Forecast, in dem die meteorologischen Parameter für die Betriebssteuerung der Flughäfen zeitlich hochaufgelöst, tabellarisch und leicht verständlich dargestellt sind, und zwar für den Kurzfristbereich bis 22 Stunden im Voraus und für den Mittelfristbereich bis zum vierten Folgetag. Weiterhin sind NowCastMIX-Aviation, NowCastMIX-Winterwetter sowie die Anwendung WarnELEC Bestandteile des Meteorological Airport Briefings. Für den EUROCONTROL-Network-Manager steht außerdem die **Cross Border Convection Forecast**, eine von 24 europäischen Wetterdiensten kollaborativ erstellte Konvektionsvorhersage zur Verfügung.

► **Heliportal**

Das Heliportal des DWD ist ein webbasiertes Flugwetter-Briefing-System für die meteorologische Flugvorbereitung von Hubschrauberbesatzungen und wird überwiegend von den fliegenden Einheiten der Polizei, der Rettungsdienste und des Katastrophenschutzes genutzt. Die auch im **pc_met Internet Service** enthaltenen Standardprodukte für das Flugwetterbriefing werden im Heliportal noch ergänzt durch Spezialprodukte wie die Nachtflugvorhersage mit BIV-Brille, Konvektionsvorhersagen (**Nowcast-MIX-Aviation**), Marinogramme und Seegangsvorhersagen für Helikoptereinsätze im Offshorebereich.

► **pc_met Internet Service (www.flugwetter.de) und DWD FlugWetter-App**

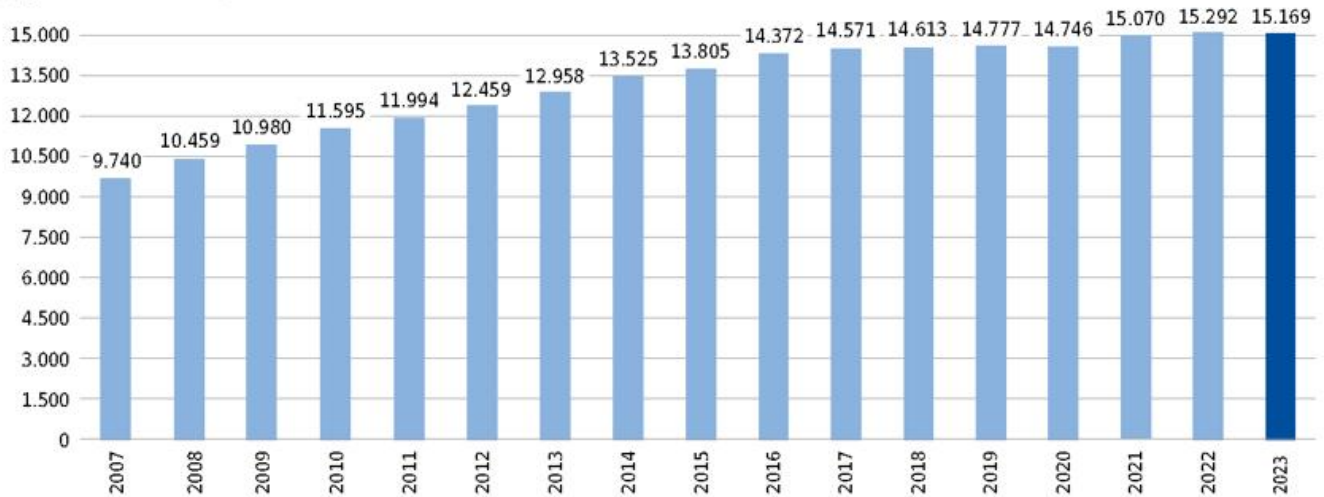
Für die Piloten der Allgemeinen Luftfahrt und auch der Verkehrsluftfahrt bietet der DWD das Selfbriefing-System **pc_met Internet Service** zur meteorologischen Flugvorbereitung an. Neben Warnungen, Vorhersageberichten und Wetter-

karten, werden räumlich hochaufgelöste Radar-, Blitz- und Satelliteninformationen in z. T. fünfminütiger Aktualisierungsfrequenz angeboten. **pc_met** ist seit über 20 Jahren als Selfbriefing-System für die meteorologische Flugvorbereitung etabliert und wird derzeit von über 15.000 Kunden genutzt.

Für die Kunden des Flugwetter-Briefing-Systems **pc_met Internet Service** bietet der Deutsche Wetterdienst mit der **DWD FlugWetter-App** eine mobile Ergänzung zur meteorologischen Flugvorbereitung an. Die App ermöglicht es den Piloten z.B. kurz vor dem Abflug noch einmal das aktuelle Wetter für Start, Ziel und die geplante Strecke mit aktuellen Radar- und Blitzinformationen, einem aktualisierten GAFOR und den aktuellsten Warnungen zu überprüfen.

Die **DWD FlugWetter-App** wird kontinuierlich mit zusätzlichen Wetterinformationen und Funktionalitäten erweitert. So wurde 2023 die vertikale Auflösung der bereits im Vorjahr integrierten Vorhersagedaten aus dem WAWFOR-Luftfahrt Datensatz für die Region Europa auf 1000-ft-Flächen erhöht. Wichtige Parameter wie Signifikantes Wetter, Sichtweite, Bewölkung, Niederschlag, Wind, Temperatur, Vereisung, Turbulenz und Konvektion stehen in einstündigen Intervallen für einen Vorhersagezeitraum von bis zu 48 Stunden interaktiv zur Verfügung. Darüber hinaus wurde neben dem europäischen Radarkomposit auch ein deutsches Radarkomposit eingefügt. In diesem Radarbild werden die Niederschlagsphasen Graupel, Hagel, Schnee und Schneeregen durch entsprechende Symbole dargestellt. Zudem steht auch eine Radar-Verlagerungsvorhersage bis 2 Stunden im Voraus in fünfminütigen Zeitschritten zur Verfügung.

Die Briefing-Systeme im Deutschen Wetterdienst werden kontinuierlich dem raschen wissenschaftlich-technischen Fortschritt angepasst.

pc_met Kunden in den Jahren 2007 bis 2023

Beispielsweise werden die meteorologischen Datensätze und Produkte in Geowebdienste eingebunden, so dass sie den Kunden über spezielle Server und Briefing-Systeme georeferenziert zur Verfügung gestellt werden können. Erste Anwendungen können bereits über den Geoserver und die Briefing-Systeme MAB und Heliportal abgerufen werden.

Unbemannte Luftfahrt

► Neuer Rechtsrahmen

Mit der DVO 2021/664 wurde 2021 der Rechtsrahmen für die unbemannte Luftfahrt (Unmanned Aircraft Systems – UAS) erneut erweitert und erlaubt nun den EU-Mitgliedsstaaten, mittels eines U-Space genannten Regelwerkes, den Betrieb von Drohnen in das Luftraummanagement aufzunehmen. Um auch dieser Klasse von Luftfahrzeugen einen flugmeteorologisch abgesicherten Betrieb, inklusive Flugvorbereitung, Navigation und Flugdurchführung zu ermöglichen, müssen sich die Flugwetterdienste völlig neuen Herausforderungen stellen.

Der Kundenservice Luftfahrt des DWD unterstützt in diesem Zusammenhang das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), das Luftfahrt-Bundesamt (LBA), das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) und die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH bei der Umsetzung der EU-Durchführungsverordnungen in nationales Recht und ist auch wieder im neu formierten UAS-Beirat des BMDV tätig.

► Wetterinformationen für unbemannte Luftfahrt

Für UAS-Nutzer wird der **pc_met Internet Service** angeboten, außerdem steht allen Piloten ferngesteuerter Luftfahrzeuge die kostenpflichtige individuelle Flugwetterberatung zur Verfügung, die bislang allerdings nur selten genutzt wird (15 Beratungen im Jahr 2023). Weiterhin stellt der DWD für die unbemannte Luftfahrt eine kostenfreie Grundversorgung mit Flugwetterinformationen unter www.dwd.de/luftsport zur Verfügung. Dazu gehören Windprognosen für die Erdoberfläche, eine Niederschlagsradar- und Blitzkarte, sowie ein Windprofilrechner für die untere Grenzschicht. Zur

meteorologischen Unterstützung der Flugplanung im bodennahen Luftraum stellt der DWD - nicht nur für unbemanntes Fliegen - einen Vorhersagedatensatz mit hochaufgelösten ICON-D2-Daten und zusätzliche Wetterradar- und Blitzdaten bereit. Die Vorhersagen wurden 2023 in das Map Tool der **Digitale Plattform Unbemannte Luftfahrt** (DIPUL) des BMDV integriert.

► **OBeLiSk**

Im Projekt **Operationelles Betriebskonzept zur sicheren und effizienten Luftraumintegration von Stratosphärenplattformen** (OBeLiSk) beteiligt sich der DWD unter Leitung der Leichtwerk Research GmbH, gemeinsam mit der Unisphere GmbH, der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH und dem Institut für Flugführung der TU Braunschweig an der Entwicklung eines operationellen Betriebskonzepts zur sicheren und effizienten Luftraumintegration von sogenannten Pseudo-Satelliten (High Altitude Pseudo Satellites, kurz HAPS), die für verschiedene wissenschaftliche und technische Anwendungen in der Stratosphäre unterwegs sind. Der Kundenservice Luftfahrt steuerte hierzu die flugmeteorologische Expertise für die Entwicklung des Betriebskonzeptes und die operationellen Flugwetterprodukte für Betriebsszenarien, Verkehrssimulationen und Testflüge bei. Das Projekt OBeLiSk wird im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

Weitere Projekte

► **Met4Airports**

Im Vorhaben Met4Airports im Rahmen des mFUND Förderprogramms des BMDV wurde erprobt, inwiefern mittels KI-basierter Verfahren Entscheidungsprozesse bei der Deutschen Flugsicherung und in der Verkehrssteuerung von großen internationalen Verkehrsflughäfen durch

Berücksichtigung meteorologischer Parameter und Betriebsdaten optimierbar sind.

Durch die Entwicklung und den Einsatz von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) konnte eine Verknüpfung von wetterbedingten Betriebseinschränkungen exemplarisch für die Verkehrsflughäfen München und Frankfurt inklusive der jeweiligen Anflugbereiche mit meteorologischen Daten hergestellt werden. Anhand der entwickelten KI-Algorithmen konnten Zusammenhänge erkannt, quantifiziert und in entsprechende Entscheidungsempfehlungen zu wetterbedingten Impakt-Vorhersagen hinsichtlich Landebahn- und Sektorkapazitäten, mittlere Verspätungen oder Einzelflugverspätungen prototypisch umgesetzt werden. Das Projekt lief Ende November 2023 aus.

Die Ergebnisse wurden beim **EUROCONTROL FLY AI Forum 2024** Ende April am Info-Stand des Deutschen Wetterdienstes präsentiert. Dabei wurde EUROCONTROL auf das Projekt **Met4Airports** aufmerksam, weil ähnliche Entwicklungen KI-basierter Verfahren zu wetterbedingten Betriebseinschränkungen sowohl im Streckennetzwerk als auch im Flughafenbereich im Rahmen des EUROCONTROL Air Transport Innovation Network durchgeführt werden. Zukünftig bietet sich auf diesem Gebiet eine Zusammenarbeit mit EUROCONTROL an.

► **Klimaoptimiertes Fliegen**

Das Ziel der Klimaneutralität in Europa und in Deutschland bis 2050 beinhaltet auch eine klimaneutrale Luftfahrt. Ein Maßnahmenbündel betrifft dabei die Vermeidung von »Nicht-CO₂-Effekten« auf das Klima. Den größten Anteil dieser »Nicht-CO₂-Effekte« bilden zumeist nachts auftretende, langlebige Kondensstreifen, die durch ihre langwellige Rückstrahlung im thermischen Infrarot-Spektralbereich zu einer Erwärmung der Troposphäre und des Erdbodens

beitragen. Zur Vermeidung dieses Effektes bietet sich das Umfliegen der als klimasensitiv zu betrachteten Entstehungsgebiete nächtlicher Kondensstreifen an, was jedoch deren hinreichend genaue Vorhersage bedingt.

Unter Beteiligung des Deutschen Wetterdienstes sind in den beiden vergangenen Jahren für Machbarkeitsstudien und zur Verfahrensentwicklung verschiedene nationale und internationale Projekte innerhalb des Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), des Europäischen Rahmenprogrammes für Forschung und Innovation - Horizont Europa sowie der Initiative SESAR 3 Joint Undertaking angelaufen.

Aufgabe des DWD in den Projekten ist es, zum einen die Vorhersage von Gebieten mit starker »Eisübersättigung«, in denen sich persistente Kondensstreifen bilden können, in Raum und Zeit zu verbessern. Des Weiteren gilt es, die meteorologischen Eingangsparameter für Algorithmen zur Berechnung der Klimawirkung der »Nicht-CO₂-Effekte« bereitzustellen. Basierend auf den Resultaten der Numerischen Wettervorhersage werden dafür verschiedene Parameter benötigt, u. a. die relative Feuchte bei Wasserdampfübersättigung über Eis, deren Vorhersage im Vergleich zu anderen Parametern mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet ist. Zu genaueren Berechnung der relativen Feuchte wird im numerischen Wettervorhersagemodell das wolkenmikrophysikalische Parametrisierungsschema hinsichtlich einer verbesserten Darstellung der Wasserdampfübersättigung überarbeitet. Außerdem sollen mittels sogenannter All-Sky-Datenassimilation zusätzliche Beobachtungsdaten des atmosphärischen Wasserdampfes, basierend vor allem auf Fernsondierungen der neuen Wettersatellitengeneration und erweiterter In-Situ-Messungen des

AMDAR-Systems, in die numerischen Wettervorhersage einbezogen werden. Im Projekt LuFo MEFKON werden bis Mitte 2026 AMDAR-Messungen, die bislang aus Kostengründen nur während des Steig- und Sinkfluges operationell erfasst werden, auch im Reiseflug wertvolle Feuchte-Beobachtungen liefern.

Initiiert durch die Nationale Luftfahrtkonferenz im September 2023 hat der Arbeitskreis Klimaneutrale Luftfahrt der Bundesregierung in Kooperation mit dem LuFo Projekt D-KULT und verschiedenen deutschen Airlines für 2024 einen 100-Flüge-Trial zur Erprobung klimaoptimierter Flüge geplant. Die Projektergebnisse zum klimaoptimierten Fliegen bilden eine wichtige Grundlage für den Fortschritt in der entsprechenden Arbeitsgruppe III Effizienter Luftverkehr/Flugführung des Arbeitskreises Klimaneutrale Luftfahrt.

Auf europäischer Ebene arbeitet das Directorate-General for Climate Action (DG CLIMA) der Europäischen Kommission momentan ein Überwachungs-, Berichts- und Verifikationssystem (MRV) für »Nicht-CO₂-Effekte« im Flugverkehr zur technischen Implementierung bis zum Jahr 2025 aus. Der DWD engagiert sich seit 2023 im Data Advisory Board eines Beraterkonsortiums der Europäischen Kommission bei der Einrichtung dieses MRV-Systems.

3 Kundendienstleistungen

3.3 Kundenkonsultationen

Entwicklung, Produktion und Abgabe meteorologischer Daten, Produkte und Dienstleistungen auf höchstem wissenschaftlich-technischen Niveau sind die Basis einer umfassenden und wachsenden Ansprüchen genügenden meteorologischen Sicherstellung der Luftfahrt. Eine Beschränkung allein auf fachliche Aspekte widerspräche allerdings unserem Credo von Service und Kundenorientierung. Wir wollen mehr, deshalb unterstützen wir unsere Kunden bei der Integration meteorologischer Informationen in deren Geschäftsprozesse, stehen beratend zur Seite, nehmen Anregungen und Anforderungen auf, mit dem Ziel unser Leistungsportfolio den Kundenwünschen bestmöglich anzupassen und schließlich gemeinsam den

Nutzwert meteorologischer Informationen zu optimieren.

Neben der direkten Betreuung unserer Bestandskunden suchen wir u.a. auf Messen den Kontakt zu Neukunden und laden die Fachwelt alljährlich zum Luftfahrtkundenforum ein.

Kundenforum

Jedes Jahr im Spätherbst führt der DWD-Flugwetterdienst unter Federführung des Referates **Kundenservice Luftfahrt** sein Kundenforum durch. Feste Bestandteile der Tagesordnung sind stets die aktuelle Organisationsstruktur des Flugwetterdienstes innerhalb des Deutschen Wetterdienstes, das flugmeteorologische Leistungsspektrum mit



▲ Dr. Christoph Leifeld führt durch das Luftfahrtkundenforum (© Martin Wiczorrek, DWD)

seinen vielseitigen Kundenschnittstellen und natürlich ein Blick auf die Kosten des Flugwetterdienstes. Dank verschiedener Fachvorträge erhalten die Kunden einen tieferen Einblick in aktuelle flugmeteorologische Entwicklungen, Projekte und Arbeitsfelder.

Nachdem der DWD wegen der COVID-19-Pandemie in den Jahren 2021 und 2022 von einer Präsenz-Veranstaltung zu einem reinen Online-Meeting wechselte, wurde das Kundenforum am 9. November 2023 erstmals als hybrides Forum durchgeführt, parallel als Webkonferenz und in der DWD-Zentrale in Offenbach.

Von DWD-Kollegen wurden drei Fachvorträge gehalten, und zwar

- ▶ Vorschriftsmäßig Sicher - Regeln & Flugwetter
- ▶ Wetterbeobachtung an Regionalflugplätzen
- ▶ Internationale Entwicklungen in der Flugmeteorologie und die Beteiligung durch den DWD

Aufgrund der Aktualität des Themas »Klimawandel und Luftfahrt«, die sich u. a. in einer intensiven Zusammenarbeit zwischen DWD und DLR auf diesem Gebiet widerspiegelt, wurde ein Gastbeitrag ins Programm aufgenommen. Frau Prof. Christiane Voigt vom DLR referierte über »Klimaoptimierte Flugrouten zur Vermeidung von Kondensstreifen - Stand des Wissens und offene Fragen«.

Zur Unterstützung des fachlichen Meinungs- und Erfahrungsaustausches waren fünf virtuelle Themenräume und vor Ort fünf entsprechende Thementische mit DWD-Fachpersonal bereitgestellt worden. Während einer erweiterten Mittagspause konnten sowohl in Präsenz vor Ort als auch in den bereitgestellten Videokonferenz-Räumen interessante Gespräche geführt werden.

Das Luftfahrtkundenforum 2023 mit seinen Vorträgen und Fachgesprächen fand auch in neuer Organisationsform großen Anklang bei den Vertretern des Bundesministeriums für Digitales und

Verkehr (BMDV), bei Behörden wie dem Luftfahrt-Bundesamt (LBA) und dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF), bei Repräsentanten der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, EUROCONTROL, Flughafenbetreibern, Fluggesellschaften, Luftfahrt- und Luftsportverbänden sowie vielen weiteren Interessierten.

Alle Präsentationen des Luftfahrtkundenforums 2023 stehen im Internet barrierefrei zum Nachlesen und zum Download zur Verfügung.

Messe- und Ausstellungspräsenz

▶ AERO Friedrichshafen

Die AERO Friedrichshafen ist die europäische Leitmesse für die Allgemeine Luftfahrt und als Plattform für Geschäfte und Informationsaustausch ein fester Termin in der Branche. Zwischen dem 19. und dem 22. April 2023 fanden sich 27.200 Besucher aus aller Welt auf dem Messegelände ein, um sich bei mehr als 670 Ausstellern aus 35 Nationen über neue Produkte, Dienstleistungen und Innovationen in der Luftfahrt zu informieren.

Erneut präsentierte sich unter organisatorischer Federführung des DWD die gesamte deutsche Luftverkehrsverwaltung, bestehend aus dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF), dem Luftfahrtbundesamt (LBA) und der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU).

Wie bereits im vergangenen Jahr lud der offen und freundlich gestaltete Messestand Wetter- und Luftfahrtinteressierte sowie Professionals zu Fachgesprächen über das umfangreiche Angebot des DWD an flugmeteorologischen Dienstleistungen und zum Erfahrungsaustausch ein. Weitergehende, tiefere Dialoge und Verhandlungen, etwa mit Kunden oder Behördenvertretern, konnten im angenehmen Ambiente des Lounge-Bereichs im Zentrum des Messestandes geführt werden.

Obligatorische Tagesordnung



Der Flugwetterdienst im DWD –
Organisation und Leistungen

Flugnummer	Flughafen	Abflug	Ankunft	Wetter	Kosten
1001	MUC	08:00	10:00	kl.	1200
1002	MUC	09:00	11:00	kl.	1200
1003	MUC	10:00	12:00	kl.	1200
1004	MUC	11:00	13:00	kl.	1200
1005	MUC	12:00	14:00	kl.	1200
1006	MUC	13:00	15:00	kl.	1200
1007	MUC	14:00	16:00	kl.	1200
1008	MUC	15:00	17:00	kl.	1200
1009	MUC	16:00	18:00	kl.	1200
1010	MUC	17:00	19:00	kl.	1200

Luftfahrtkostenrechnung 2022



Jahresbericht 2022 Flugwetterdienst

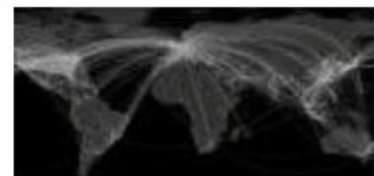
Fachvorträge



Vorschriftsmäßig Sicher



Wetterbeobachtungen an Regional-
flugplätzen



Internationale Entwicklungen in der
Flugmeteorologie



Klimaaoptimierte Flugrouten zur
Vermeidung von Kondensstreifen

▲ Präsentationen des Luftfahrt-Kundenforums 2023 zum Download

Der Deutsche Wetterdienst präsentierte u. a. die aktuelle Version der DWD FlugWetter-App inklusive des lang ersehnten Deutschland-Radar-Komposits (mit Verlagerungsvorhersage für einen Zeitraum bis zu 2 Stunden im Voraus) sowie das Selfbriefing-System pc_met Internet Service (auf www.flugwetter.de). Dank sehr guter technischer Ausstattung mit Tablets, PC-Arbeitsplätzen und großen TV-Screens war eine unkomplizierte, effektive und anschauliche Vorführung unserer Systeme, Produkte und Dienstleistungsangebote jederzeit möglich.

Auch auf der AERO 2023 standen lizenzierte Flugwetterberater des DWD während der Messe-

tage für den kostenfreien Service individueller Flugwetterberatungen zur Verfügung. In einer mobilen Luftfahrtberatungszentrale (LBZ) wurde eine Vielzahl an Beratungen durchgeführt und dabei Einblicke in die spannende und abwechslungsreiche Arbeit im Flugwetterdienst gewährt.

Als zusätzliches Angebot gab es täglich im Konferenzbereich eine Präsentation mit dem Titel »Gewitter im Anzug – Flugmeteorologische Informationen für konvektive Gefahren«, die bei vielen Besucherinnen und Besuchern großen Anklang fand und gleichzeitig das Interesse weckte, die Gespräche und Diskussionen am Messestand fortzusetzen.

Generell waren unsere Standbetreuer dem Messepublikum stets willkommene Ansprechpartner für viele Fragen, konstruktive Ideen aber auch kritische Meinungen, was sich in einem überwiegend positiven Feedback äußerte und den Führungskräften, Entwicklern und Kundenbetreuern des DWD-Flugwetterdienstes wertvolle Anregungen zur Fortentwicklung und Verbesserung flugmeteorologischer Produkte und Dienstleistungen gibt.

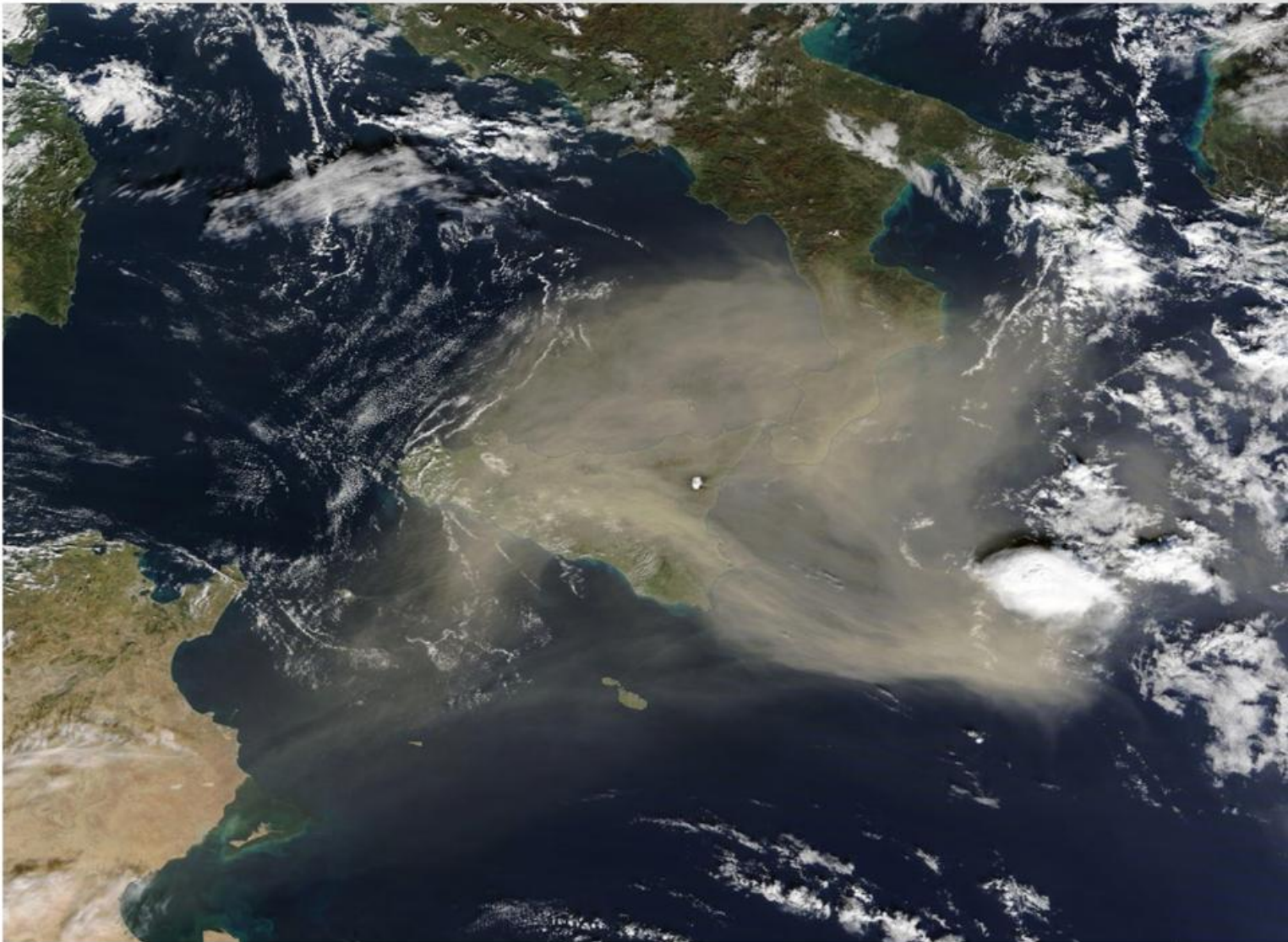
Die AERO Friedrichshafen wurde auch im Berichtsjahr für die Personalgewinnung genutzt, denn der erfolgreiche Wettbewerb um Nachwuchskräfte ist für die Zukunftsfähigkeit des DWD-Flugwetterdienstes essentiell. Der Deutsche Wetterdienst betreibt ein aktives Personalmarketing unter Nutzung verschiedener Rekrutierungsinstrumente, dazu zählen nicht nur ein zeitgemäßes

Social-Media-Marketing, sondern auch die Präsenz auf verschiedenen Job-, Karriere- und Ausbildungsmessen.

Um zukünftigen Fachkräftemangel in seinen Reihen zu vermeiden, beteiligte sich auch der DWD am erstmalig auf der AERO Friedrichshafen ausgerichteten Career Day. Die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV) als Ausstellerin verantwortete den gemeinsamen Auftritt mehrerer Behörden innerhalb des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) unter der Arbeitgeber-Dachmarke **damit-alles-laeuft.de**, zu deren Roll-Up auf einer der Bühnen eine Präsentation gehalten wurde und jeweils zwei Vertreter der BAV sowie des DWD vor Ort interessierten Jugendlichen Rede und Antwort standen.



▲ AERO Friedrichshafen 2023 – gemeinsamer Messestand von Behörden der deutschen Luftverkehrsverwaltung (© Matthias Wandel, DWD)



Saharastaub wird vom Scirocco nordwärts verfrachtet, von MODIS Land Rapid Response Team, NASA GSFC - Diese Mediendatei wurde vom Goddard Space Flight Center der US-amerikanischen National Aeronautics and Space Administration (NASA) unter der Datei-ID 2022-12-10 kategorisiert.
Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=135989200>



MODIS

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) sind abbildende Spektromer zur Erfassung großräumiger geodynamischer Prozesse an Bord der Fernerkundungssatelliten Terra (EOS AM-1) und Aqua (EOS PM-1). Ihre Orbits wurden so gewählt, dass Terra den Erdäquator täglich vormittags von Nord nach Süd und Aqua nachmittags von Süd nach Nord in 705 km Höhe überqueren. Dabei ermöglicht ihre Aufnahmegeometrie, die Erdoberfläche alle zwei Tage komplett zu scannen. MODIS liefert eine hohe radiometrische Auflösung in 36 Spektralkanälen zwischen 0,4 und 14,4 μm , was die Messung bzw. Ableitung einer Vielzahl geophysikalischer Parameter ermöglicht. Terra und Aqua sind zwar keine Wettersatelliten, können jedoch zur Beobachtung und Erforschung luftfahrtrelevanter atmosphärischer Erscheinungen dienen, in diesem Falle von Saharastaubwolken, die durch den Scirocco nordwärts verfrachtet werden.

4 Innovation und Entwicklung

4.1 Informationstechnik, Messtechnik und Arbeitsplatzsysteme

Modernisierung der Datenformate für OPMET-Daten

OPMET-Daten sind codierte meteorologische Informationen (z. B. METAR, SPECI, TAF und SIGMET), deren aktuelles Format (TAC - Traditional Alphanumeric Code) auf das durch ICAO und WMO definierte Austauschformat IWXXM (ICAO Meteorological Information Exchange Model) umgestellt wird. Seit November 2021 werden die OPMET Daten des DWD auch in IWXXM international verbreitet und können von den Nutzern operationell verwendet werden. Beide Datenformate (IWXXM und TAC) werden in den nächsten Jahren parallel operationell angeboten, um den Nutzern eine reibungslose Migration auf das neue Datenformat zu ermöglichen. Ein Termin für die Abschaltung wird derzeit auf ICAO-Ebene koordiniert. Eine Einstellung der Meldungen im TAC Format vor 2030 wird angestrebt. Nach der initialen Bereitstellung der OPMET Daten im IWXXM-Format werden die Systeme zur Konvertierung bzw. Erzeugung des Datenformates operationell betrieben. Weiterhin werden die Routinen kontinuierlich an neue Versionen des Datenformates angepasst. Zusätzlich werden neue Produkte entwickelt, die den wachsenden Informationsbedarf der Nutzer erfüllen.

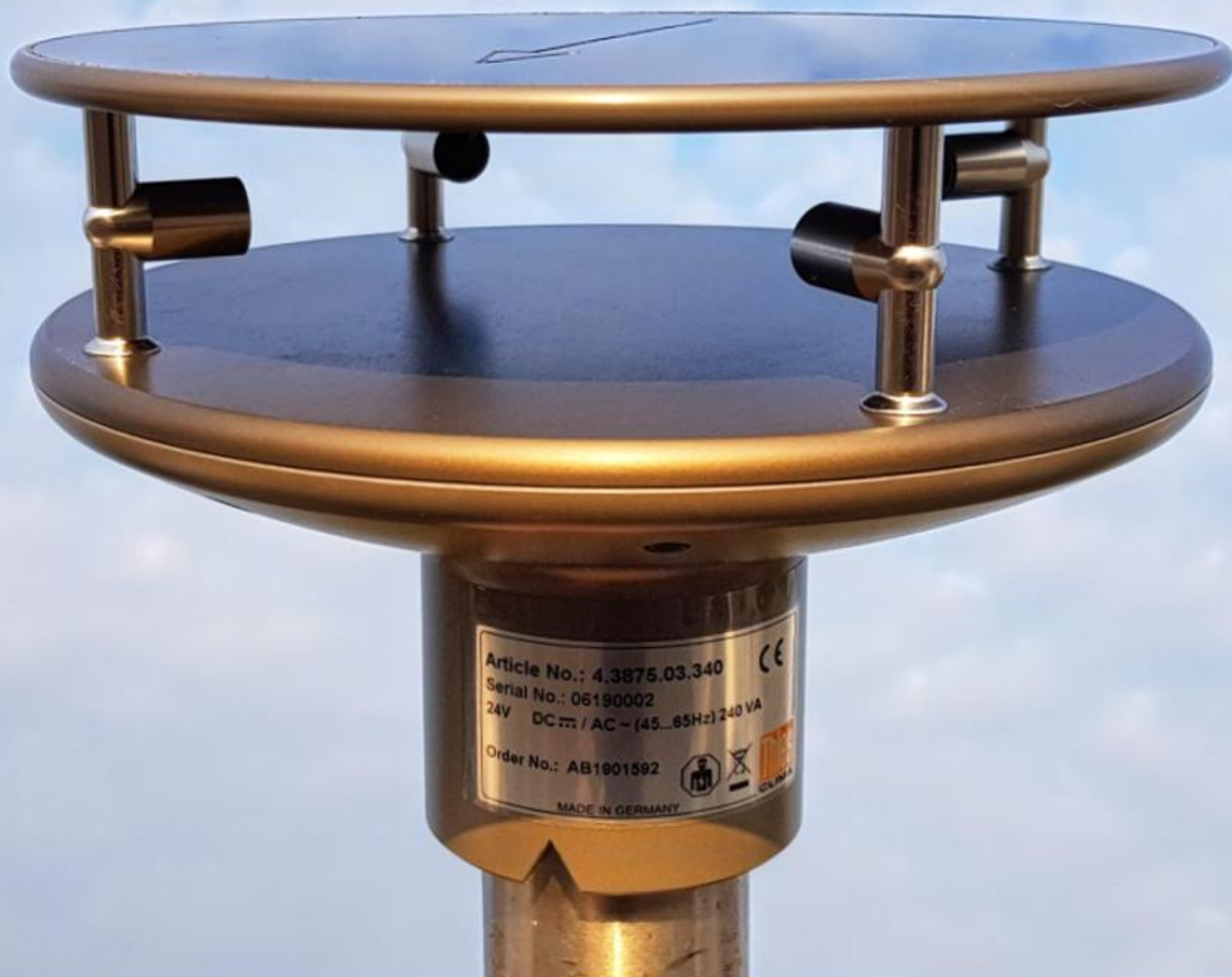
Bereitstellung von Geo-Webdiensten

Durch die georeferenzierte Bereitstellung von Karten und Daten können unsere Kunden die Produkte des DWD in ihre eigenen Anwendungen und Visualisierungstools integrieren. Auch modellbasierte Konvektions-, Turbulenz- und Vereisungspolygone werden als Geo-Web-Dienst angeboten und flugmeteorologische Verfahren und Produkte zum satellitenbasierten Konvektions-Nowcasting stehen im Routinebetrieb zur Verfügung.

Für die Bereitstellung und reibungslose Integration von georeferenzierten Karten und Daten wurde und wird die Teststrategie für Kunden weiterentwickelt. Es stehen nun zusätzliche Dienste zur Verfügung, mit denen neue Produkte und Anpassungen an Produkte (z.B. zusätzliche Vorhersagen, neue Styles sowie geänderte Ausschnitte und Koordinatensysteme) vorab effizient und mit realistischen Daten im Internet getestet und genutzt werden können. Damit sollen die Qualität und die Zuverlässigkeit der Integrierbarkeit der Karten und Daten weiter erhöht werden.

Im Hintergrund werden die Systeme optimiert und weiterentwickelt. Systemseitig stehen weitere Möglichkeiten für die Entwicklung zur Verfügung (z.B. alternative Softwarepakete). Zukünftig wird die Möglichkeit der Anbindung an ein Cloud-System für eine gemeinsame Nutzerverwaltung für App und Weblösung zur Verfügung stehen. Die zentralen Datenspeicher der Geo-Webdienste werden erweitert, so dass bei Bedarf auch neue georeferenzierte Karten und Daten zeitnah und effizient bereitgestellt werden können.

Ein 2023 in Kooperation mit einem externen Auftragnehmer entwickeltes Clientsystem zur Visualisierung von Geo-Daten steht auf den Live-Systemen zur Verfügung. In 2024 werden die Arbeiten fortgeführt um in der zweiten Jahreshälfte 2024 einen Testbetrieb mit externen Nutzern zu beginnen.



▲ © Karsten Schubotz, DWD – Ultraschall-Anemometer vom Typ Ultrasonic Anemometer 2D compact

Messtechnik

Die Sanierung der Infrastruktur der meteorologischen Messtechnik am Flughafen Hamburg (Sensorstandorte an den Bahnen, Leitungen, Kabelverteiler, Windmaste) wurde im Rahmen einer Bahnspernung abgeschlossen.

Im Berichtsjahr wurde mit der Installation der neu entwickelten Freezing-Rain-Detektoren zur Erkennung von unterkühlten, flüssigen Niederschlägen (FZDZ und FZRA) begonnen. Im Laufe des Jahres 2024 werden diese Sensoren an allen internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland im Einsatz sein.

Die Ausschreibung zum Ersatz der konventionellen Windmessgeräte (Schalensternanemometer und Windfahne) hatte die Firma Adolf Thies GmbH & Co. KG gewonnen, an sie wurde der Auftrag für die Lieferung von Ultraschall-Anemometern des Typs Ultrasonic Anemometer 2D compact vergeben. Zum Ersatz der konventionellen Windmessgeräte

ist ebenso wie für die Installation der Kamerasysteme zur Wetterüberwachung an den endgültigen Standorten eine Anpassung der ASDUV Software notwendig, erst danach können die Umrüstungen beginnen. Die Umrüstung auf die Ultraschall-Anemometer und die Installation der Kamerasysteme an den finalen Standorten an den Flughäfen werden im Laufe des Jahres 2025 beginnen. Der Einsatz von verbesserten Druckeinlässen für die Luftdruckmessung wird ebenso vorbereitet wie der Ersatz der ASDUV Server Hardware gegen aktuelle Hardware.

Im Jahr 2024 wird eine verbesserte Software für die Ceilometer erprobt werden, die für die Messgeräte, welche in der Verlängerung der Startbahnen installiert sind, den Einfluss von über die Messgeräte hinwegfliegenden Flugzeugen unterbindet.

4 Innovation und Entwicklung

4.2 Flugwettervorhersage und -warnung

Numerische Wettervorhersage

Die Modellkette des Deutschen Wetterdienstes basiert derzeit auf dem globalen ICON-Modell (ICOsahedral Nonhydrostatic), darin eingebettet sind der höher aufgelöste Europaausschnitt ICON-EU und das Mitteleuropa umfassende lokale Modell ICON-D2. Um die Unsicherheiten bei der Bestimmung des Anfangszustandes im Rahmen der Datenassimilation sowie bei der numerischen Beschreibung der physikalischen Prozesse zu quantifizieren, stützen sich moderne Wettervorhersagesysteme auf eine Vielzahl von Modellprognosen (sog. Ensembles) mit leicht variierten Anfangszuständen (Analysen) und unterschiedlichen Modellformulierungen (Parameterstörungen), um aus der Menge der so gewonnenen Lösungen probabilistische Aussagen für verschiedene Wetterszenarien ableiten zu können. Mit den 40 Vorhersagen (»Ensemble-Members«) des ICON-EPS (Ensemble Prediction System) lassen sich neben der wahrscheinlichsten Wetterentwicklung bereits zwei bis vier Tage im Voraus mögliche alternative Szenarien, etwa hinsichtlich Zugbahnen und Intensitäten von Sturmzyklonen, erkennen.

Modelländerungen

Im November 2022 wurde die horizontale und vertikale Auflösung des globalen ICON-Modells mit seinem zwei-Wege-gekoppelten europäischen Nest ICON-EU und des Ensemble-Vorhersagesystems ICON-EPS mit seinem Ensemble-Vorhersagesystem ICON-EU-EPS signifikant erhöht. Gerechnet wird sowohl deterministisch als auch bei den 40 Ensemble-Members mit 120 vertikalen Schichten im Globalsystem und 74 vertikalen Schichten im EU-Nest. Das globale ICON-EPS nutzt jetzt 26 km horizontale Auflösung und das ICON-EU-EPS eine Auflösung von 13 km. Auch wurde im November 2022 eine verbesserte Orographie eingeführt.

Im Bereich der Datenassimilation wurden im Jahr 2022 eine Reihe neuer Beobachtungssysteme bzw. verbesserte Verarbeitungsalgorithmen für existierende Beobachtungen in den operationellen Betrieb eingeführt. Darunter fallen die Nutzung von hochaufgelösten MODE-S Flugzeugbeobachtungen im März 2022, von CAMS Ozon-Profilen in der Satelliten-Assimilation seit Mai 2022, die Assimilation von Synop-T2m Beobachtungen in globalem Maßstab im Mai 2022 und die Nutzung von SPIRE Radio-Okkultationen seit Juli 2022. Basierend auf der Assimilation von T2m-Daten wurde im Mai und Juli 2022 eine Model-Datenassimilationskopplung operationell eingeführt, welche verschiedene physikalische Flüsse bzw. Parameter zur Reduzierung des gemittelten Modell-Bias adaptiert, um eine bessere Darstellung und Vorhersage atmosphärischer Grenzschichtphänomene zu erreichen.

Die dargestellten Maßnahmen führen zu einer deutlich verbesserten Qualität sowohl der globalen als auch der regionalen ICON- und ICON-EPS-Vorhersagen.

Seit Ende 2022 liefen Parallelroutinen, die SEVIRI-Satellitenmessungen im sichtbaren Spektralbereich in die KENDA-Datenassimilation des ICON-D2-Modells sowie des SINFONY-Testsystems einbezogen. Mit Beginn des operationellen Betriebes im März 2023 wurden erstmals aus diesen Sondierungen abgeleitete Daten im Regionalmodell ICON-D2 des Deutschen Wetterdienstes assimiliert. Damit ist der DWD weltweit der erste meteorologische Dienst, der zur Verbesserung der Datenassimilation in numerischen Wettervorhersagemodellen Satellitenmessungen im sichtbaren Spektralbereich nutzt.

Grundlage für diesen Assimilationsalgorithmus bilden die im 0,6- μm -Kanal des abbildenden Spektroradiometers SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) gewonnenen Reflek-

tanzen, das sind Anteile der von der Erdoberfläche und der Bewölkung reflektierten solaren Strahlung. Im Falle von Wolken setzt sich das gemessene Signal aus den Reflektanzen der Wolkentröpfchen, der Wolkeneiskristalle und der größeren Hydrometeore zusammen. Ein großer Vorteil von Satellitenmessungen im visuellen Spektralbereich gegenüber denjenigen im Infrarot besteht in der Sichtbarkeit von Wasserwolken. Damit wird es erstmals möglich, Grundschichtbewölkung wie Hochnebel oder Cumuli deutlicher darzustellen sowie wolkenabhängige Prozesse in der Modellphysik besser zu berücksichtigen.

Inzwischen ist auch die Assimilation von SEVIRI-abgeleiteten Daten aus den infraroten Absorptionsbanden des Wasserdampfes im Vorhersagemodell ICON-D2 operationell und die erwartbaren, verbesserten numerischen Resultate kommen auch den flugmeteorologischen Produkten und Dienstleistungen zugute.

Integriertes Vorhersagesystem SINFONY

Zur Schließung der »methodischen Lücke« zwischen dem speziell für die Flugmeteorologie sowie dem Warnmanagement konvektiver Ereignisse interessanten, auf Beobachtungen beruhenden Nowcasting (0 bis 2 Stunden im Voraus) und der durch die mathematisch begründete Einschwingzeit numerischer Wettervorhersagemodelle »später einsetzende« Kurzfristvorhersage (2 bis 12 Stunden im Voraus) werden zurzeit im DWD struktur- und modellbasierte Lösungsansätze verfolgt. Die Kombination beider Paradigmen wird eine aus Nutzersicht »nahtlose« Produktion von Vorhersagen im Zeitraum von 0 bis 12 Stunden im Voraus liefern, welche darüber hinaus hohe Aktualisierungsraten (für NWV-Produkte stündlich, für detektierte Niederschlagsfelder oder konvektive Zellen 5-minütlich) plus Abschätzungen der Unsicherheiten ermöglicht. Entsprechende Basis-

verfahren für Flächen- und Objekt-Ensemble-Nowcasting für Niederschlag, Reflektivität und Zellobjekte (STEPS-DWD, KONRAD3D(-EPS)) sowie ein neues NWV ICON Rapid Update Cycle (RUC) Ensemble sowie Verfahren zu deren bruchfreier Kombination wurden im Rahmen der Projekte SINFONY-Pilot (bis 2021) bzw. SINFONY-Forschung (seit 2021) entwickelt und zur Echtzeitreife gebracht und bilden das neue SINFONY (Seamless INtegrated FOrecastiNG sYstem). Alle Verfahren befinden sich seit 2021 im täglichen Echtzeit-Testbetrieb, der diverse Evaluierungsserien verschiedener Kooperationspartner beliefert und zu weiteren Verbesserungen und Konsolidierungen führt. Diese Phase mündet in eine schrittweise Operationalisierung der Verfahren ab 2024. Der Geschäftsbereich WV hat 2023 damit begonnen auf Basis des Testbetriebs des ICON-RUC erste Konvektionsvorhersageprodukte zu entwickeln.

Radarbasierte Detektion von Niederschlägen und Konvektion

Bereits 2022 wurde die durchgehende Referenzierung der Radarprodukte auf das World Geodetic System 1984 (WGS 84, geodätisches Referenzsystem) in den Routinebetrieb überführt. Fortschritte gab es auch bei der Kompositierung der Radardaten, wobei nun zwischen Datenpunkten ohne Radarecho in der Messung und Datenpunkten ohne Radarecho aufgrund einer Filterung in der Radardatenqualitätssicherung unterschieden wird. Durch diese Differenzierung kann nun in sich überlappenden Bereichen von Radarstandorten auf den bodennächsten Datenpunkt zurückgegriffen werden, auch wenn dieser kein (gemessenes) Radarecho aufweist. Bisher wurden Datenpunkte mit Radarecho bevorzugt, auch wenn diese aus größeren Höhen stammen und der Niederschlag beispielsweise verdunstet. Außerdem werden bei der Kompositierung nun alle Radar-

daten des Niederschlagsscans berücksichtigt, die innerhalb einer Zelle des Zielgitters liegen. Bisher wurde nur der Datenpunkt mit dem geringsten Abstand zum Mittelpunkt der Gitterzelle verwendet. Das neue Vorgehen ermöglicht eine gewisse Robustheit gegenüber Fehl- und Ausfallwerten in Radarstandortnähe sowie ein Hervorheben von Graupel und Hagel im Komposit.

Die auf Radarmessungen basierenden Verfahren zur Niederschlagsklassifikation (Hydrometeorologiklassifikation) bieten insbesondere für die meteorologische Sicherstellung der Luftfahrt ein enormes Steigerungspotential. Zur Niederschlagsklassifikation auf Radarstrahlhöhe werden im Verfahren Hymec dual-polarimetrische Radardaten mit Daten der numerischen Wettervorhersage kombiniert. Phasenübergänge unterhalb des Radarstrahls im Bereich der atmosphärischen Grenzschicht haben besonders im Winter großen Einfluss auf die Niederschlagsbildung. Um eine möglichst korrekte Niederschlagsklassifikation zu erreichen, verfeinert das Anschlussverfahren HymecNG Vertikalprofile von Temperatur und Feuchte aus der NWV mit In-situ-Messungen am Boden und schätzt Phasenübergänge aufgrund empirisch bestimmter Schwellwerte ab. Dazu wurde das Verfahren HymecNG um die Klassen »gefrierender Regen« und »gefrierender Sprühregen« erweitert und es wird untersucht, inwieweit flüssige bzw. bereits geschmolzene Hydrometeore beim Fallen durch die untere Troposphäre einem Temperaturregime unter 0 °C unterliegen und so die Entstehung unterkühlter Tropfen möglich ist. Zusätzlich wird die gemessene Temperatur in Bodennähe berücksichtigt. Die Verifikation und die Feinabstimmung des erweiterten Ansatzes anhand ausgewählter Falltage erfolgte in Kooperation mit dem Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung sowie der Vorhersage- und Beratungszentrale des DWD im Rahmen der AG Nieder-

schlagsklassifikation des DWD. Nach erfolgreicher Evaluierung im Winter 2022/2023 konnten alle weiterentwickelten Produkte im Herbst 2023 in den Routinebetrieb überführt werden.

3D-Radar-Volumendaten verbessern die Detektion und Analyse konvektiver Systeme (Schauer und Gewitter), die oftmals für den Luftverkehr gefährliche Wettererscheinungen wie Turbulenzen, Sturmböen, Starkregen und Hagel hervorbringen. Wesentliche Ziele der KONRAD3D-Entwicklung (KONRAD steht für KONvektive Entwicklung in RADarprodukten) sind die Erhöhung der Vorwarnzeiten für konvektive Ereignisse, die Erhöhung der Trefferquote bei Verringerung der Fehlalarmrate in der Analyse und Vorhersage konvektiver Systeme, eine verlässlichere Intensitätsklassifikation konvektiver Zellen sowie deren zeitlicher Entwicklung. Die durch KONRAD3D ermittelten Schauer- und Gewitterzellen mit ihren diversen Attributen, Tracks und Nowcast-Informationen werden in XML-Dateien bereitgestellt und stehen dem AutoMETAR-Teilprojekt AutoKON, dem integrierten Vorhersagesystem SINFONY sowie im meteorologischen Visualisierungs- und Produktionssystem NinJo zwecks Evaluierung zur Verfügung.

NowCastMIX-Aviation

Im Jahr 2021 wurde begonnen, das Verfahren durch Informationen über die vertikale Mächtigkeit der detektierten Gewitterzellen sowohl aus Satellitenmessungen als auch aus zusätzlichen Radar-Volumendaten zu ergänzen. Diese Entwicklung führte 2022 zu einem Prototyp, der den Flugsicherungsorganisationen DFS Deutsche Flugsicherung GmbH und Eurocontrol MUAC während der Gewittersaison 2022 zum Test übergeben wurde. Nach erfolgreicher Evaluierung wurde die Software bei Eurocontrol MUAC 2023 in den Routinebetrieb überführt und steht den Fluglotsen an ihren Arbeitsplätzen zur Verfügung. Die

DFS arbeitet mit Testdaten an der operationellen Einführung von NCM-A mit dem Ziel, den Fluglotsen auch Informationen aus höheren Troposphärenschichten bereitstellen zu können.

NowCastSAT-Aviation:

Satellitenbasiertes Nowcasting für Konvektion

Der Deutsche Wetterdienst entwickelt Nowcasting-Produkte, um die Entstehung konvektiver Ereignisse wie Schauer und Gewitter bereits frühzeitig zu erkennen und deren Entwicklung präzise vorhersagen zu können. Neben dem Produkt NowCastMIX-Aviation (auf der Grundlage von RADAR-Daten) bietet der DWD, basierend auf Satellitendaten, das globale Konvektionsprodukt NowCastSAT und zusätzlich auch eine europäische Version mit einer höheren Aktualisierungsrate an. NowCastSAT leistet die Erkennung und Vorhersage von konvektiven Zellen verschiedener Schwerestufen im Kurzzeitbereich. Dafür werden zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Satellitendaten und Blitzinformationen mit numerischen Modellinformationen kombiniert. Der Erkennungsalgorithmus kategorisiert die erkannten Zellen in drei Schwere-stufen. Aus verschiedenen Satellitenmessungen können Höheninformationen der Wolkenobergrenzen der einzelnen Zellen bestimmt werden. Die zeitliche Vorhersage erfolgt mithilfe der Methodik des »Optischen Flusses« (Optical Flow). Nachdem das Verfahren im DWD bereits über einen längeren Zeitraum im Routinebetrieb läuft, kommen die NCS-A-Produkte seit 2022 auch im 24/7-Betrieb in den Electronic-Flight-Bags der Langstreckenflotte der Lufthansa zum Einsatz. 2023 wurde das Produkt bei weiteren Providern bzw. Airlines platziert, so dass nun ca. 27.000 Verkehrspiloten das Verfahren aktiv im Cockpit nutzen. Im Berichtsjahr wurde außerdem als Weiterentwicklung ein Unterprodukt von NCS-A bereitgestellt, bei dem optisch dichte und an der Obergrenze sehr kalte

Wolken in drei Höhenkategorien abgeleitet werden, so dass die Piloten nun mit diesem in Kategorien eingeteilten Satellitenbild beurteilen können, in welcher Höhe der Flug in Wolken oder in wolkenfreier Atmosphäre verläuft.

Gewitter: Modellbasierte Vorhersage und Satellitenbasiertes Nowcasting

Im Bereich der Flugmeteorologie gibt es viele Anwendungsbereiche in denen ein 0-bis-2-Stunden-Vorhersagehorizont nicht ausreichend ist. Daher wurde u. a. auf Anfrage von Eurocontrol MUAC der Prototyp einer 0-bis-8-Stunden-Vorhersage von Gewittern entwickelt, welcher das auf Beobachtungen basierende Nowcasting mit Modellvorhersagen kombiniert. Dieses Verfahren ist noch nicht operationell und es wird weiter daran gearbeitet. Zur Ableitung der Gewitter-Kenngröße nur aus dem numerischen Wettervorhersagemodell ICON wird eine Ensemble-Analyse des Gewitter-Potential-Index (Lightning Potential Index) durchgeführt. Diese kalibriert man so, dass bezüglich der Stärke der Gewitter ein relativ kontinuierlicher Übergang vom beobachtungsbasierten Nowcasting zur NWV möglich ist. Das Verfahren ICONV wurde sowohl mit dem Model ICON-EU als auch ICON-Global entwickelt und in der zweiten Jahreshälfte 2023 evaluiert. Aus Basis der gewonnen positiven Ergebnisse sind beide Verfahren ab Herbst 2023 operationell und stehen damit sowohl Flugsicherungsorganisationen (Eurocontrol) als auch Fluglinien und Systemhäusern zur Implementierung zur Verfügung. Die IT-Dienstleister Lufthansa Systems GmbH und Sita S. C. arbeiten an der Bereitstellung für ihre angeschlossenen Kunden.

Turbulenz: Modellbasierte Vorhersage und Satellitenbasiertes Nowcasting

Atmosphärische Turbulenz gehört zu den meteorologischen Phänomenen, die wesentlichen 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 Dämpfungsrates turbulenter kinetischer Energie (TKE) durch Umwandlung in Wärme. Die Eddy Dissipation Rate kann sowohl aus numerischen Vorhersagemodellen als auch aus Flugzeugmessungen in situ abgeleitet werden. Seit einigen Jahren wird im Deutschen Wetterdienst ein auf dem eigenen Modellsystem ICON basierendes, numerisches Prognoseverfahren verwendet, das die Turbulenzgröße Eddy Dissipation Parameter (EDP) ermittelt, wobei dank Ensemble-Technologien für die Resultate auch Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich sind (EDP Probability). Die EDP Probability wird für drei Wahrscheinlichkeitsstufen (möglich, wahrscheinlich, sehr wahrscheinlich) für Vorhersagepolygone bereitgestellt und soll in einer ersten Testphase von Kundenseite evaluiert werden.

Die Vorhersagbarkeit von Turbulenzen wird durch energieintensive Strömungsmuster beeinflusst, die deutlich kleiner sind als die horizontale Rasterskala der aktuellen numerischen Wettervorhersagemodelle. Die Arbeiten zu einem Turbulenz-Nowcasting auf Satellitenbasis wurden im Berichtsjahr fortgesetzt und intensiviert. Der vorhandene prototypische Algorithmus, der die vollständige »Meteosat-Scheibe« (zweidimensionaler, kreisförmiger Abbildungsbereich der Erdoberfläche um den Subsatellitenpunkt) umfasst und dessen präoperationelle Version zur Evaluierung bereitsteht, wurde auf Basis von neuen Erkenntnissen

und numerischen Experimenten weiter entwickelt. Als Fernziel ist geplant, alle Turbulenzdatenarten (Messwerte, EDP, EDDP und Nowcasting-Informationen) in einem Produkt zusammengefasst anbieten zu können. Allerdings gestaltet sich aus finanziellen und nutzungsrechtlichen Gründen die Beschaffung von Turbulenzmessdaten als sehr schwierig und wurde deshalb im Berichtsjahr vorläufig zu Gunsten der Fortentwicklung des Turbulenz-Nowcastings zurückgestellt.

TAF-Guidance/AutoTAF:

Statistisch optimierte Vorhersagen

Auch in der Flugwettervorhersage des Deutschen Wetterdienstes werden »Modelloutput-Statistiken« (Model Output Statistics, abgekürzt MOS) in Form eines im Programmablauf den Wetterprognosemodellen nachgeschalteten Anschlussverfahrens genutzt, etwa für die sogenannte TAF-Guidance, aus der die Vorhersageprodukte AutoTAF und AutoGAFOR abgeleitet werden.

Die TAF-Guidance beruht auf der statistischen Interpretation (MOS) des EZMW-Modells IFS-HRES und berechnet stündlich Punkt-Terminvorhersagen bis 41 Stunden im Voraus für alle deutschen Verkehrs- und Regionalflughäfen sowie weitere Flugplätze weltweit. Alle Vorhersagegrößen werden als automatisch erzeugte MOS/TAF-Guidance und in kodierter Form (AutoTAF gemäß ICAO-/WMO-Richtlinien) herausgegeben. Im Rahmen eines Projektes TAF- und Trendverifikation der MET Alliance werden die Verifikationsergebnisse von 57 europäischen Flughäfen der Jahre 2017–2021 verwendet, um optimierte Wahrscheinlichkeitsschwellenwerte der TAF-Guidance für die AutoTAF-Kodierung zu finden. Diese Schwellen basieren auf dem KPI und dem BIAS und werden seit 2022 als Mittelwerte für alle Vorhersageorte und als individuelle Werte für die 57 Flughäfen verwendet. Diese Anpassung

wird jährlich mit entsprechend längerer Referenzperiode wiederholt, um die Qualität der AutoTAFs weiter zu verbessern.

ADWICE: Weiterentwicklungen in der Vereisungsvorhersage

Der DWD stellt mit ADWICE (Advanced Diagnosis and Warning system for aircraft ICing Environments) Vorhersagen (basierend auf deterministischen Daten des ICON-EU und des ICON-Global Modells) und Diagnosen (zusätzlich basierend auf RADAR-, SYNOP-, METAR- und Satelliten-Daten) von vereisungsgefährdeten Gebieten für die Luftfahrt bereit.

Im Jahr 2023 wurde mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Vorhersage von Gebieten mit einer erhöhten Anzahl an Eiskristallen (»Ice Crystal Icing«) begonnen.

Lightning Potential Index für europaweites Modellgebiet

Der Lightning Potential Index (LPI) ist ein Parameter im Vorhersagemodell ICON-EU, der Rückschlüsse auf Konvektion und Blitzaktivität ermöglicht (Proxy). Er basiert auf dem Updraft in der Wolke; und zwar insbesondere auf dem Vertikalwind und der Verteilung der Hydrometeore im vertikalen Bereich der Ladungstrennung. Der LPI war bisher nur für konvektionsabbildende Modelle verfügbar, da bei gröberer Auflösung der Updraft subskalig ist und seine Eigenschaften nicht darstellbar sind. Seit vielen Jahren wird der LPI in den deutschen Vorhersagemodellen COSMO-D2 bzw. ICON-D2 berechnet. Bereits 2022 wurden verschiedene prototypische Gewittervorhersageprodukte auf Basis des LPI aus der Modellkette des DWD generiert, z.B. das Verfahren ICONV (siehe oben). Nach inhaltlichen Verbesserungen und konkreter Gestaltung der resultierenden Produkte konnten 2023 operationell verwendbare

Ergebnisse präsentiert werden. Zusätzlich wurde ein Verfahren entwickelt, das eine Blitzwahrscheinlichkeit vorhersagt. Es basiert auf dem LPI des Vorhersagemodells ICON-EU sowie weiteren Eingangsgrößen. Die Methode verwendet ein Neuronales Netz (Künstliche Intelligenz). Das Ergebnis könnte perspektivisch wiederum in das Verfahren ICONV eingehen.

SESAR-Projekte

► Implementierungsprojekt System Wide Information Management (SWIM) Governance

SWIM besteht aus der Definition von Standards, Infrastrukturen und Unternehmensführung (Governance), die das Management von ATM-Informationen und deren Austausch zwischen qualifizierten Parteien über interoperable Dienste unterstützen. Der DWD beteiligt sich in diesem Projekt als Partner im Namen von EUMETNET bei der Definition von Regelwerken, der zukünftigen Organisation und den Entscheidungsprozessen, rechtlichen und finanziellen Aspekten sowie den gemeinsamen Komponenten, etwa dem SWIM-Register. Das Projekt wurde bereits im Sommer 2020 abgeschlossen. Eine Überführung in die Praxis konnte bislang nicht abschließend durchgeführt werden, da es zwischen den Beteiligten Unstimmigkeit über die Struktur der Einbettung gibt. Derzeit wird die Thematik im Rahmen von Veranstaltungen weiterverfolgt, die vom SESAR Deployment Manager, EUROCONTROL und der A6 Alliance, einem Zusammenschluss der größten europäischen Flugsicherungsdienstleister, durchgeführt werden. Zu diesem Zweck wurde insbesondere die Arbeitsgruppe MET3SG (Meteorological SWIM Services Support Group) etabliert, in der auch der DWD maßgeblich beteiligt ist. Darüber hinaus rückt die Operationalisierung des SWIM

auf globaler und regionaler Ebene auch in den Fokus der bestehenden Gremien (ICAO METP, ICAO EUR-DMG). Begleitet werden diese Aktivitäten durch eine enge Abstimmung unter EUMETNET/AVAC.

► **Operationelle Bereitstellung von SWIM Service Schnittstellen im DWD (früher: Projekt MET-GATE)**

Das Projekt MET-GATE wurde bereits 2021 erfolgreich abgeschlossen. Ziel war die operationelle und vereinheitlichte Bereitstellung von MET-SWIM-Services, vor allem für die harmonisierten Produkte aus den beiden anderen Implementierungsprojekten (Adverse Weather und 3D Radar). Dabei wurden SWIM Services im Schema Publish-Subscribe (Push) und Request-Reply (Pull) realisiert. Die über diese Schnittstellen verfügbaren Daten umfassen unterschiedliche Datenarten, z. B. OPMET-Daten im IWXXM-Format, Rasterdaten wie z.B. harmonisierte Modellvorhersagen in GRIB2- oder NetCDF-Format oder Fernerkundungsdaten. Sukzessive werden in den kommenden Jahren weitere Datenarten folgen. Besonderes Augenmerk lag auch auf der Integration der entwickelten Lösung in die vorhandene operationelle Infrastruktur des DWD. Im Rahmen von MET-GATE wurde die Interoperabilität der implementierten SWIM Services mit der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH getestet, darüber hinaus fand eine Validierung auf Standardkonformität auch gemeinsam mit EUROCONTROL statt. Die durch den DWD bereitgestellten Dienste sind in der EUR-SWIM Registry¹ beschrieben und veröffentlicht. Hier finden Nutzer die notwendigen Informationen um sich für diese Services zu registrieren und sie in Ihre Prozesse und Schnittstellen integrieren zu können.

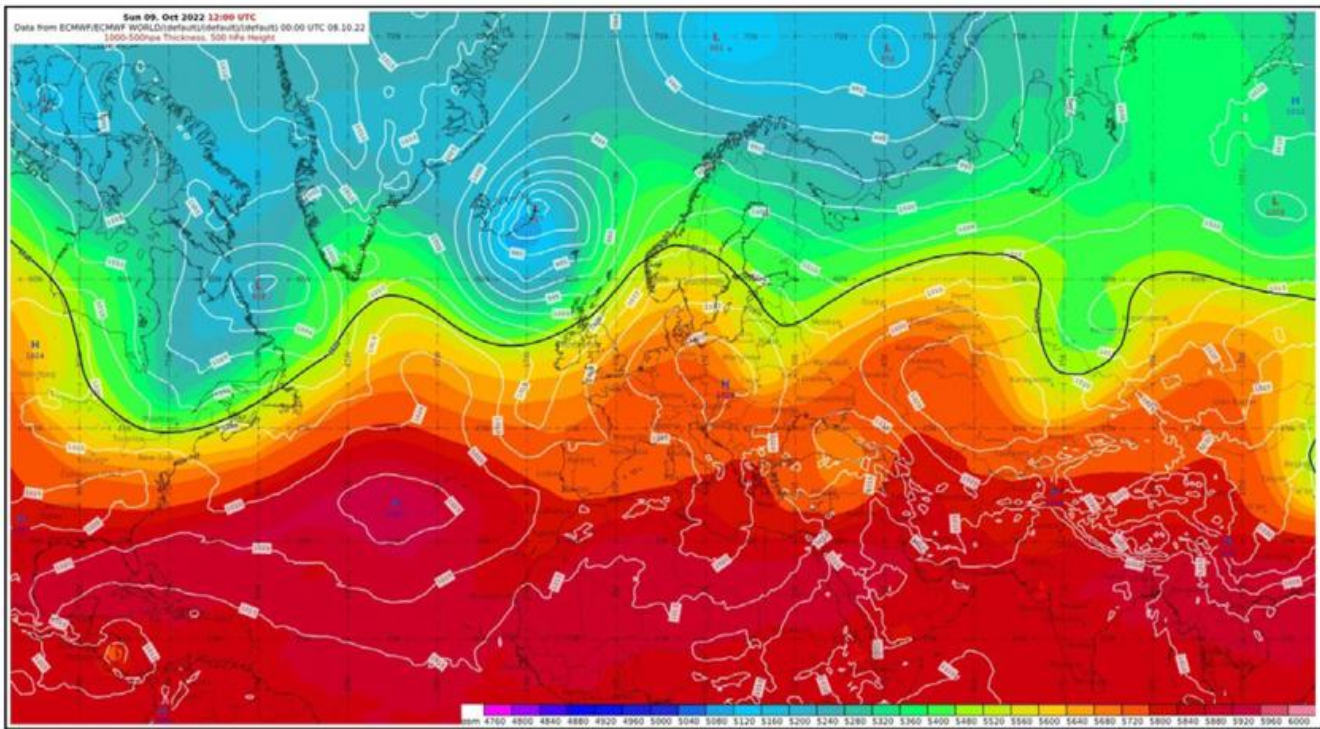
► **Implementierungsprojekt SESAR European Harmonized Forecasts of Adverse Weather (Icing, Turbulence, Convection and Winter Weather)**

Der prä-operationelle Betrieb der harmonisierten Vorhersageprodukte für signifikante Wettererscheinungen wie Vereisung, Turbulenz, starke Konvektion und Winterwetterereignisse befindet sich bereits im Quasi-Routinebetrieb. 2022 und 2023 wurde das Verfahren für die Operationalisierung ertüchtigt, die jedoch noch aussteht, bis dessen endgültige, langfristige Verwendung geklärt ist.

► **Met4Airports: Meteorologische Impact-Vorhersagen für kollaborative Entscheidungsprozesse**

Das Projekt Met4Airports hatte zum Ziel, Entscheidungen und Abläufe in Prozessen des Airport Collaborative Decision Making (A-CDM, kollaborative Entscheidungsfindung) im Bereich der Flugsicherung am Beispiel der internationalen Verkehrsflughäfen München und Frankfurt durch Integration meteorologischer Daten zu optimieren. Bislang werden im A-CDM meteorologische Daten und Verkehrsfluss-Informationen meist rein kognitiv verknüpft um daraus Entscheidungen abzuleiten. Nun wurde ein auf Künstlicher Intelligenz basierender Algorithmus zur Verknüpfung von Daten über Betriebseinschränkungen in Flugsektoren und an den Flughäfen mit meteorologischen Daten entwickelt. Mit diesem Verfahren sollen Zusammenhänge erkannt, quantifiziert und in wetterbedingte Impact-Vorhersagen von Kapazitätsengpässen oder Verspätungen umgesetzt werden. Diese Impact-Vorhersagen könnten dazu beitragen, Entscheidungsprozesse beim operativen Personal effektiver und effizienter zu gestalten. Basierend auf den Datenbereitstellungen wurden

1) EUR-SWIM Registry, betrieben von EUROCONTROL:
<https://eur-registry.swim.aero/home>



▲ © ECMWF – Numerische Simulation des Geopotential- und des Bodendruckfeldes zwischen 105° West und 120° Ost

2022 die KI-Modelle für die identifizierten Anwendungsfälle erstellt und trainiert. Dafür konnte die im Rahmen des Projektes beschaffte und in den HPC des DWD integrierte KI-Spezialhardware erfolgreich genutzt werden. Im Berichtsjahr 2023 wurden die gewonnenen Erkenntnisse durch die Nutzer (Flughäfen Frankfurt und München sowie die DFS) evaluiert, die Resultate für eine etwaige zukünftige Verwendung gesichert und damit das Projekt erfolgreich abgeschlossen.



Schauerböen auf dem Flugdeck der USS RONALD REAGAN, Pazifischer Ozean, 30. Januar 2007
Von U.S. Navy, photo by Mass Communication Specialist 2nd Class Dominique M. Lasco,
ID 070130-N-2959L-071, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8190616&uselang=de>



Schauerböen

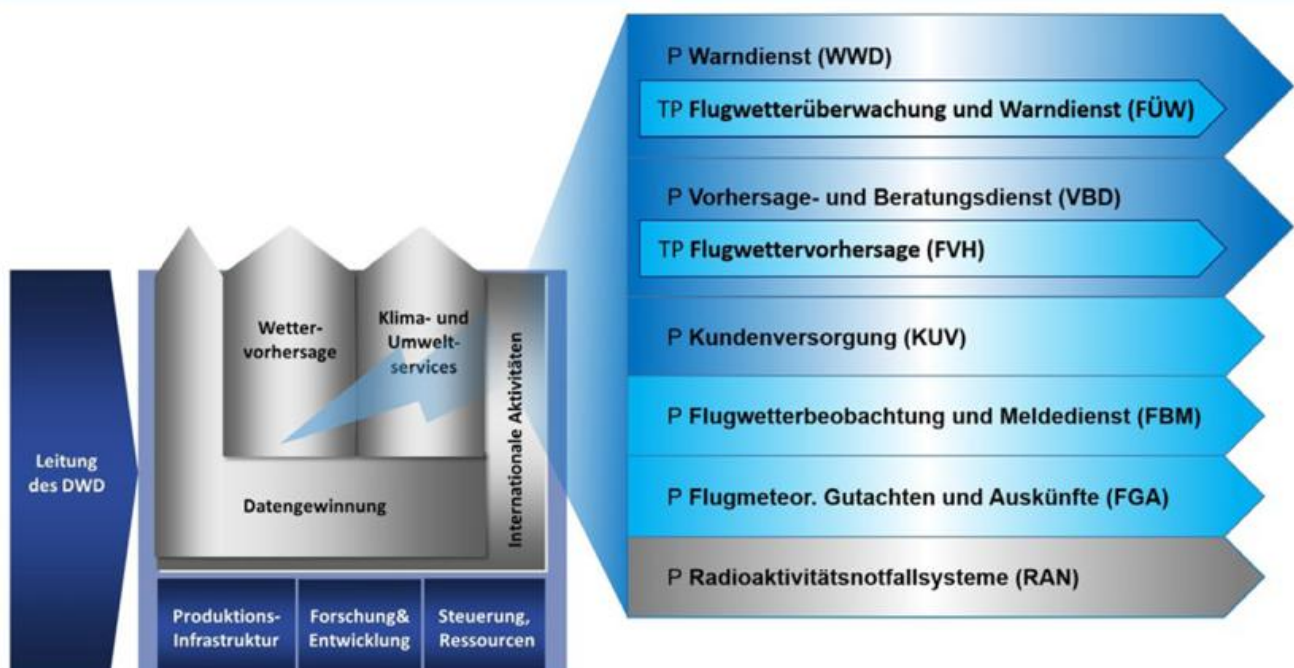
Durch Temperaturdifferenzen verursachte Dichteunterschiede der Luft führen zu statischem Auftrieb spezifisch leichterer Luftpakete bzw. zu natürlicher Konvektion. Beim Aufsteigen und adiabatischer Abkühlung kondensiert der in der Luft enthaltene Wasserdampf und es können sich Quellwolken sowie Regen-, Hagel-, Graupel- und Schneeschauer bilden, die relativ kurz andauern und räumlich begrenzt sind, häufig mit hoher und rasch wechselnder Intensität. In Schauern sind die flüssigen oder festen Niederschlagsteilchen größer als bei Dauerregen. Neben Nässe, Schneedecke, Glätte und Vereisung können mit Schauern starke Sichtverschlechterung sowie Böigkeit einhergehen. Auf See wirkt sich bei starkem Wind die Bildung von Gischt erschwerend aus. Schauerböen bergen also mehrere meteorologische Erscheinungen in sich, die die Fliegerei gefährden.

Qualitätsmanagement

Die gesamte Geschäftstätigkeit des Deutschen Wetterdienstes ist prozessorientiert, dabei wurden drei Strategische Prozesse (SP) mit Schnittstellen nach außen etabliert, und zwar Datengewinnung (DG), Wettervorhersage (WS) sowie Klima- und Umweltservices (KS). Infolge der Neuorganisation des DWD-Vorhersagedienstes mit dem Ziel der Nutzung von Synergien im wissenschaftlich-technischen und im kaufmännischen Bereich sowie der Personaleinsparung durch den gemeinsamen Betrieb der Bereiche Land-See-Wetterdienst und Flugwetterdienst wird der Flugwetterdienst innerhalb des Strategischen Prozesses Wettervorhersage nicht mehr durch einen thematisch abgegrenzten Management-Prozess beschrieben. Stattdessen werden die Flugwettervorhersage und -beratung als Teilprozess FBV im neuen Prozess Vorhersage- und Beratungsdienst (VBD) dargestellt, wogegen Flugwetterüberwachung und

-warndienst als Teilprozess FÜW im neuen Prozess Warndienst (WWD) abgebildet sind. Die Alt-Teilprozesse Kundenbetreuung und Vertrieb im Flugwetterdienst sowie Automatische Systeme und Selfbriefing gingen im neuen Prozess Kundenversorgung (KUV) auf. Flugwetterbeobachtung und Meldedienst (FBM) sowie Flugmeteorologische Gutachten und Auskünfte (FGA) blieben inhaltlich unverändert und sind nun direkt dem Strategischen Prozess Wettervorhersage untergeordnet.

Die Definition der Prozesse, also deren Zweck, Ziele, Randbedingungen, Wechselwirkungen, Chancen und Risiken, ist in Prozessbeschreibungen hinterlegt, 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 Führungskräften und Prozessverantwortlichen, letztere kümmern sich um Bestand,



▲ Komponenten des Flugwetterdienstes (helblau) innerhalb des Strategischen Prozesses Wettervorhersage

Pflege und Weiterentwicklung der Prozessdokumente. Die Gewinnung von Beobachtungsdaten und die Bereitstellung von numerischen Vorhersageprodukten sowie die Abgabe der Flugwetterprodukte an unsere Kunden erfolgt über verschiedene Schnittstellen, die durch verbundene Prozesse definiert sind. Außerdem stellen Havarie- und Ausfallregelungen als Mitgeltende Unterlagen eine weitgehend kontinuierliche Dienstleistung bei Störfällen sicher.

Zur regelmäßigen Überprüfung der Zielerreichungsgrade und Steuerung der Prozessabläufe dienen die gemäß der ISO-Normen definierten Werkzeuge, wie etwa interne und externe Audits, kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) und die Definition von Kennzahlen, die den im QM-System definierten Zielgrößen zugeordnet werden. Für Flugwetterdienstleister deckt ein gemäß der DIN EN ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem einen Großteil der Anforderungen der DVO (EU) Nr. 373/2017¹ an integrierte Managementsysteme ab. Aus dem Guidance Material und den Acceptable Means of Compliance der EASA zur DVO (EU) Nr. 373/2017 ergibt sich, dass die Sicherheitsziele eines meteorologischen Dienstleisters weitgehend mit den Qualitätszielen übereinstimmen. Für den Deutschen Wetterdienst bedeutet dies, dass die Dokumentation und Nach-

weiserbringung dementsprechend erweitert werden mussten. Die Zertifizierung gemäß der DIN-EN-ISO-9001-Qualitätsstandards wurde vom DWD auch 2023 wieder erbracht. Die Messinstrumente zur Erfassung grundlegender flugmeteorologischer Planungsparameter, wie Luftdruck, Temperatur und Wind, werden regelmäßig in einem nach DIN EN ISO 17025 akkreditierten Labor kalibriert, um die Güte der erhobenen Messwerte zu sichern. Die Verantwortung für das Qualitätsmanagement trägt der Vorstand des Deutschen Wetterdienstes.

Sicherheits- bzw. Risikomanagement

Der DWD hat für alle Bereiche, die für die Sicherheit der Luftfahrt von Bedeutung sind, ein Sicherheits- bzw. Risikomanagement nach den Vorgaben der Verordnungen (EG) Nr. 550/2004² i. V. m. (EG) Nr. 1070/2009³, (EU) Nr. 2018/1139⁴ sowie der DVO (EU) Nr. 2017/373 definiert. Die fachliche Umsetzung des Sicherheits- und Risikomanagements erfolgt über Regelungen in der jeweiligen Prozessdokumentation und ist im Handbuch für das Sicherheitsmanagement dokumentiert, d. h., das Sicherheits- und Risikomanagement ist in das Qualitätsmanagement integriert. Ein IT-Sicherheitsmanagement ist gemäß den Vorgaben des Bundesamtes für Sicherheit in der Informations-

- 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 Europäischen Rates vom 10. März 2004 über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum (Flugsicherungsdienste-Verordnung)
- 3) 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
- 4) Verordnung (EU) 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2018 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit sowie zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 2111/2005, (EG) Nr. 1008/2008, (EU) Nr. 996/2010, (EU) Nr. 376/2014 und der Richtlinien 2014/30/EU und 2014/53/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 552/2004 und (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EWG) Nr. 3922/91 des Rates

technologie im DWD eingeführt worden. Die Verantwortung für das Sicherheitsmanagement trägt der Vorstand des Deutschen Wetterdienstes.

Gefahrenabwehrmanagement

Der DWD betreibt ein Gefahrenabwehrmanagement nach den Vorgaben der DVO (EU) Nr. 2017/373. Die Verantwortung für das Gefahrenabwehrmanagement trägt der Vorstand des Deutschen Wetterdienstes. Die fachliche Umsetzung des Gefahrenabwehrmanagements erfolgt über Regelungen in den Prozessdokumentationen. Dazu gehören Regelungen der Zugangssicherung (Prozess Service und Liegenschaften, Gesundheits- und Arbeitsschutz), die Regelungen des Verbesserungs- und Beschwerdemanagements, die Regelungen zur IT-Sicherheit meteorologischer Fachanwendungen und das Sicherheitskonzept des DWD. Die Wirksamkeit der im Deutschen Wetterdienstes getroffenen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr wird regelmäßig durch interne und externe Audits geprüft. Bei auftretenden Problemen der Gefahrenabwehr stehen erprobte Systeme zur Information, Aufklärung oder der Schulung von Mitarbeitern zur Verfügung.

Verifikationsverfahren für TAF

Für die Messung der Qualität von Prozessen kann man zunächst einfache, rein »technische« Kennzahlen definieren, etwa ganz allgemein die Termintreue oder die Systemverfügbarkeit im EDV-Bereich. Qualität und Kundenzufriedenheit sind dagegen bereits komplexe Größen, die auf der Abnehmerseite auch subjektive Komponenten beinhalten. Zur Qualitätssicherung in der Wettervorhersage ist es sinnvoll, die schiere statistische Prognoseverifikation (qualitativ und quantitativ) in eine aussagekräftige, vergleichbare und praktisch handhabbare Kennzahl zu transformieren.

Eines der wichtigsten Flugwetterprodukte ist der Terminal Aerodrome Forecast (TAF), eine codierte Wettervorhersage für größere Flugplätze, deren Form und Inhalt in ICAO-Richtlinien festgelegt sind. Der TAF enthält Windrichtung und -geschwindigkeit, Sichtweite am Boden, Signifikante Wettererscheinungen, Wolkenhöhe und -bedeckungsgrad sowie prognostizierte Änderungen dieser Wetterbedingungen innerhalb seines Gültigkeitszeitraumes. TAFs werden in Deutschland vom DWD planmäßig vier Mal am Tag alle sechs Stunden herausgegeben und bei deutlichen

Kriterien für flugmeteorologische 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 ± 50 Grad bei Windgeschwindigkeit ≥ 10 Knoten	
Windgeschwindigkeit (Böen)	zulässige Geschwindigkeitsabweichung ± 10 Knoten	

TAF-KPI-Mittelwerte der 15 internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland für das Sommerhalbjahr 2023 und das Winterhalbjahr 2023/24

Parameter (Kennung)	Soll-Wert	KPI Sommer 2023 (Sommer 2022)	KPI Winter 2023/24 (Winter 2022/23)
Sichtweite (VIS)	≥ 0,30	0,42 (0,40)	0,40 (0,43)
Ceiling (CLD)	≥ 0,30	0,57 (0,52)	0,54 (0,55)
Signifikantes Wetter (WX)	≥ 0,30	0,51 (0,52)	0,46 (0,46)
Windrichtung (DD)	≥ 0,80	0,99 (0,99)	1,00 (1,00)
Windgeschwindigkeit (FFD)	≥ 0,90	0,99 (0,99)	1,00 (1,00)
Böen (FFXD)	≥ 0,90	0,93 (0,94)	0,94 (0,96)

Abweichungen der Wetterentwicklung von den Prognosen amendiert. Verifikationen dieser Flughafenvorhersagen – kurz TAF-Verifikationen – sind Kernbestandteil der Qualitätsmanagementsysteme moderner Flugwetterdienste.

Dabei ist ein Vergleich der Qualität von Flughafenvorhersagen unterschiedlicher Standorte nicht ganz trivial, denn die erreichbare Prognosegüte hängt von einer Reihe komplexer Einflussfaktoren ab, etwa von der Flughafen-Klimatologie, der Qualität der Modellvorhersagen, der Qualität von Anschlussverfahren sowie lokaler Vorhersagemethoden, dem Training und der Erfahrung des Vorhersagepersonals, dem Arbeitsumfeld inklusive Personalausstattung und Zeitmanagement, sowie nicht zuletzt von der Qualität der meteorologischen Beobachtungen. Daher erlauben statistische Verifikationsergebnisse keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die persönliche Leistungsfähigkeit einzelner Prognostiker, was auch nicht ihr Zweck ist, denn es sollen systematische Schwächen in den Arbeitsprozessen detektiert werden.

Um innerhalb des Deutschen Wetterdienstes die Qualität bzw. Qualitätsänderungen des Teilprozesses Flugwettervorhersage (FVH) messen zu können, werden für die internationalen Flughäfen Deutschlands im Rahmen eines MET-Alliance-Projektes (siehe auch Kapitel 1.2) halbjährlich TAF-Verifikationen durchgeführt. Die Tabelle auf Seite 56 zeigt die Kriterien, die für die wichtigsten flugmeteorologischen Parameter zugrunde gelegt werden.

Mittels dieser Kriterien werden aus den TAF-Prognosen 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 Zielgröße definiert.

TAF-Verifikation deutscher internationaler Verkehrsflughäfen für den Zeitraum April bis September 2023 (Sommerhalbjahr), d.h. MET-Alliance-KPI der ersten 9 Stunden für alle meteorologischen Parameter



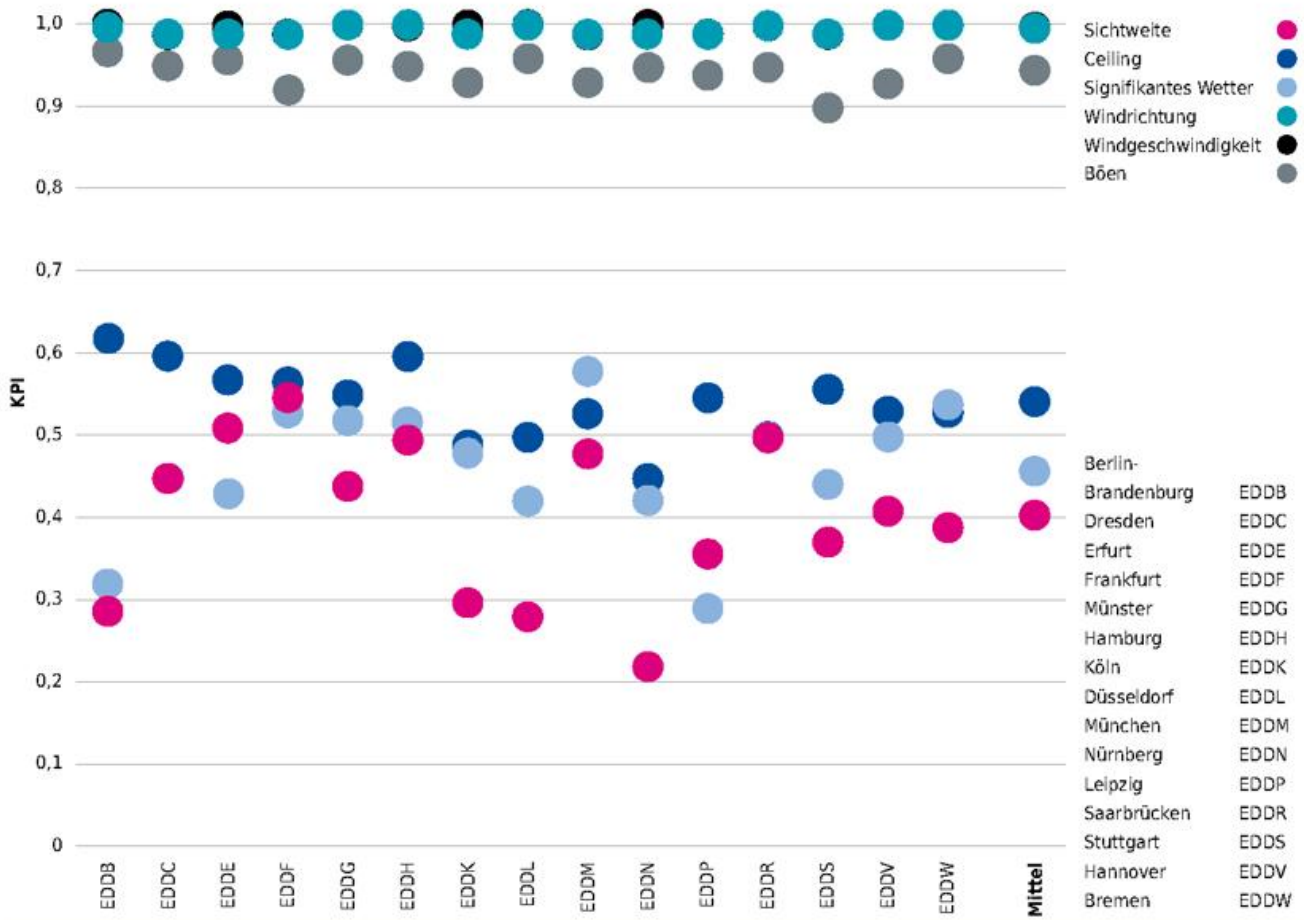
Diese Werte sind gleichbedeutend mit folgenden Bedingungen:

- ▶ KPI = 0,30: Eines von zwei beobachteten Ereignissen wird korrekt vorhergesagt. Ein Ereignis wird innerhalb eines 6-stündigen Vorhersageintervalls mindestens einmal beobachtet.
- ▶ 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 (Windrichtung, -geschwindigkeit und -böen) wird überprüft, ob die zulässigen Abweichungen eingehalten wurden und die Trefferquote wird ermittelt. Die Sollwerte liegen 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 auf Seite 55 dargestellten KPI-Mittelwerte über alle 15 Verkehrsflughäfen mit internationalem Betrieb in Deutschland für das

TAF-Verifikation deutscher internationaler Verkehrsflughäfen für den Zeitraum Oktober 2023 bis März 2024 (Winterhalbjahr), d.h. MET-Alliance-KPI der ersten 9 Stunden für alle meteorologischen Parameter



Sommerhalbjahr 2023 liegen bis auf die Sichtweite im Zielbereich. Gegenüber dem Vorjahr hat sich der gemittelte KPI für die Sichtweite geringfügig verbessert.

Im Winterhalbjahr 2023/24 liegt der KPI-Mittelwert für die Sichtweite im Sollbereich, alle weiteren KPI sind im Zielbereich.

Die beiden Streudiagramme bieten einen Überblick über die TAF-Verifikationsergebnisse an den einzelnen in Deutschland gelegenen internatio-

nalen Verkehrsflughäfen für die Sommersaison 2023 (Seite 56) und die Wintersaison 2023/24 (Seite 57).

Im Sommerhalbjahr 2023 (April bis September) wird für die einzelnen Flughäfen fast durchgängig eine ausreichende bis gute TAF-Vorhersagequalität erreicht. Bei Wind (Richtung, Geschwindigkeit und Böen), signifikantem Wetter und Ceiling (Untergrenze der tiefsten Wolken) gibt es keine Probleme, es wurden meistens die KPI-Zielwerte erreicht. Im

Falle der Sichtweite besteht weiterhin Verbesserungspotential für Stuttgart (EDDS). Durch das seltene Auftreten von Sichtweiten unter 3.000 m und häufig zu pessimistisch vorhergesagten Sichtweiten gab es dort wenige Treffer, dafür aber viele Fehlalarme und auch einige verpasste Ereignisse.

Auch die Auswertung des Winterhalbjahres 2023/24 an den einzelnen Flugplätzen zeigt die KPIs der Windvorhersagen (Richtung, Geschwindigkeit und Böen) sowie die Vorhersagen der Untergrenze der tiefsten Bewölkung (Ceiling) im Zielbereich der Prognosegüte. Die Key Performance Indicators der Prognosen des Signifikanten Wetters liegen bis auf diejenigen für Leipzig (EDDP) im Norm- oder im Zielbereich. Bei der Vorhersage der Sichtweiten variieren die Resultate meist im Norm-, zum Teil im Zielbereich, jedoch zeigen sich Schwierigkeiten für Berlin Brandenburg (EDDB), Düsseldorf (EDDL) und Nürnberg (EDDN). Erneut traten dort Sichtweiten unter 3000 m selten auf und wegen der geringen Fallzahlen sowie gleichzeitige »Übervorhersage« geringer Sichten gab es wenige Treffer, viele Fehlalarme, aber auch einige verpasste Ereignisse.



▲ © Renate PoBiel, DWD – Frühnebelauflösung am Flughafen München (EDDM; 48,35°N; 11,79°E; 453 m/1.487 ft MSL)



© Carolin Charina Jeromin, Sichtweitensensoren des DWD im Runway-Bereich des Flughafens Frankfurt am Main (EDDF; 50,03 N; 08,57 E; 111 m/364 ft AMSL)



Moderne Sichtweitenmessung

Für die Flugwetterüberwachung spielt die Bestimmung der Sichtweite eine besondere Rolle, zählen doch schlechte Sichten zu den schwerwiegendsten Beeinträchtigungen des Luftverkehrs. Während die Sichtweite früher rein visuell geschätzt werden musste, existieren heutzutage moderne, an Datenlogger und Netzwerke angeschlossene, leicht kalibrierbare elektronische Messgeräte. Im Falle des abgebildeten Sichtweitensensors handelt es sich um einen Vorwärtsstreulichtmesser, d. h., vom jeweils gegenüberliegenden Sensor wird der über einen bestimmten Raumwinkel integrierte Anteil eines nah-infraroten Lichtimpulses gemessen, der durch in der Luft enthaltene Partikel nach vorn gestreut wird. Je höher die Intensität des vorwärtsgestreuten Lichtes, desto trüber die Atmosphäre bzw. desto geringer die Sichtweite.

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 Verfahren der Kostenaufstellung findet für die Erfassung/Ermittlung sowohl der Ist- als auch der Plan-Kosten des Flugwetterdienstes (FWD) Anwendung. In die Met-Komponente des Gebührensatzes werden nur die Direct Costs als abrechnungsfähige Kostenbestandteile für den Instrumentenflug (IFR) angesetzt und in Rechnung gestellt.

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 2023 betrugen die Gesamtkosten für den DWD 350.194 Tsd. EUR, wovon 23,3 % den Direct Costs und 76,7 % den Core Costs zugerechnet werden konnten.

Der prozentuale Anteil der Direct Costs an den Gesamtkosten DWD für das Abrechnungsjahr 2023 zum Vorjahr 2022 blieb damit etwa auf gleich-

bleibendem Niveau. Der prozentuale Anteil der IFR Direct Costs an den DWD Direct Costs ist von 17,4 % in 2022, aufgrund der niedrigeren Gesamtkosten des DWD sowie der erneut geringeren FWD-Ist-Kosten im aktuellen Abrechnungsjahr 2023, auf 15,4 % leicht gesunken.

Plan- und Ist-Kosten

Die Gesamtkosten des Flugwetterdienstes reduzierten sich 2023 um ca. 16 % gegenüber der Vorjahressumme und setzen den Trend des letzten Jahres (-24% von 2021 zu 2022) fort.

In absoluten Zahlen formuliert sanken die Gesamtkosten von ca. 16,2 Mio. EUR im Jahr 2022 auf ca. 13,7 Mio. EUR im Jahr 2023, dementsprechend um etwa 2,5 Mio. EUR.

In nachstehender Zusammenstellung der Finanzergebnisse 2023 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.

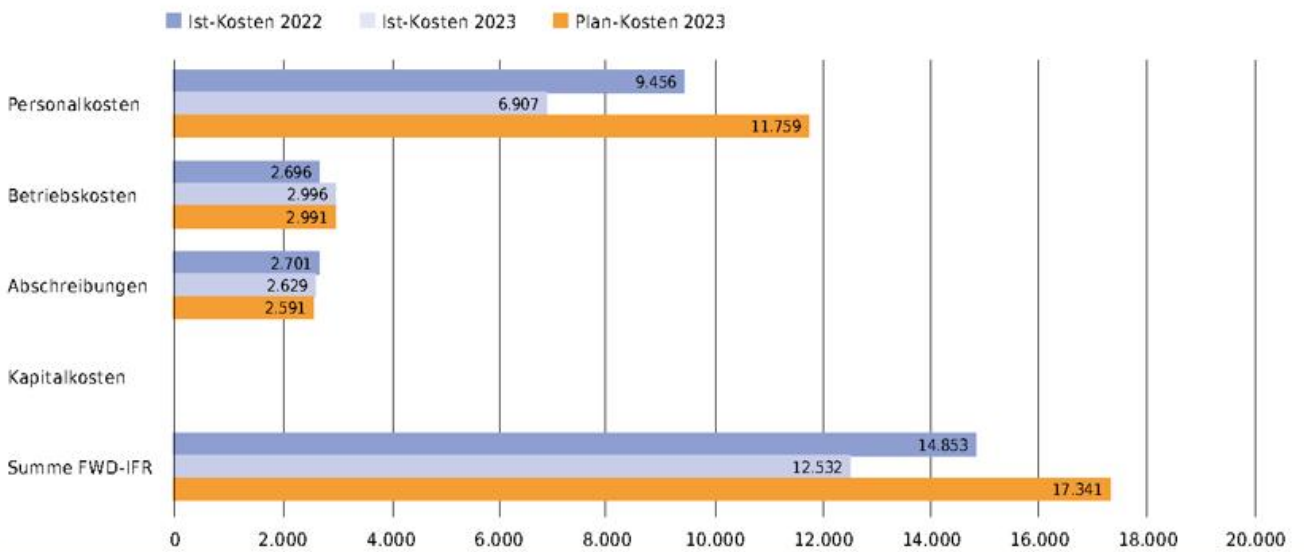
Der Vergleich zwischen den direkten Plan- und Ist-Kosten für das Berichtsjahr 2023 zeigt, dass insbesondere bei den Personalkosten durch die im Jahr 2023 fortgeführte und abgeschlossene

Kennzahlenauswertungen zu Direct Costs und Core Costs

	Ist 2022		Plan 2023		Ist 2023	
	Tsd. EUR	Anteil	Tsd. EUR	Anteil	Tsd. EUR	Anteil
Direct Costs und Core Costs des Deutschen Wetterdienstes (absolut und relativ)						
Direct Costs DWD	85.460	24,1%	96.747	25,20%	81.463	23,3%
Core Costs DWD	268.476	75,9%	287.111	74,80%	268.730	76,7%
Summe: (Gesamtkosten DWD)	353.936	100%	383.858	100%	350.194	100%
Direct Costs des Instrumentenflugs (IFR) an den o. g. Direct Costs des DWD (absolut und relativ)						
Direct Costs IFR aus den Direct Costs des DWD (s. o.)	14.853	17,4%	17.341	17,9%	12.532	15,4%

FWD-Kosten »Ist« für 2022 sowie »Plan« und »Ist« für 2023 in Tsd. EUR			
Alle Kostenangaben in Tsd. EUR	2022 Ist	2023 Plan	2023 Ist
I. Summe IFR-Kosten	14.853	17.341	12.532
davon			
IFR An-/Abflug	4.790	5.226	4.387
IFR Strecke	10.063	12.115	8.145
Personalkosten IFR	9.456	11.759	6.907
davon			
An-/Abflug	3.049	3.544	2.418
Strecke	6.407	8.215	4.489
davon Kosten der Altersversorgung IFR	2.678	3.858	1.170
An-/Abflug	864	1.163	461
Strecke	1.814	2.695	709
Betriebskosten IFR	2.696	2.991	2.996
davon			
An-/Abflug	869	901	1.049
Strecke	1.826	2.090	1.947
Abschreibungen IFR	2.701	2.591	2.629
davon			
An-/Abflug	871	781	920
Strecke	1.830	1.810	1.709
Kapitalkosten IFR	0	0	0
davon			
An-/Abflug	0	0	0
Strecke	0	0	0
II. Summe VFR-Kosten	1.327	1.549	1.119
FWD-Kosten gesamt	16.180	18.890	13.651
Anteil IFR an FWD	91,80 %	91,80 %	91,80 %
Anteil VFR an FWD	8,20 %	8,20 %	8,20 %
Anteil An-/Abflug an IFR	32,25 %	30,13 %	35,01 %
Anteil Strecke an IFR	67,75 %	69,87 %	64,99 %
DWD-Kosten gesamt	353.936	383.858	350.194
Anteil FWD an DWD gesamt	4,57 %	4,92 %	3,90 %
Anteil FWD-IFR an DWD gesamt	4,20 %	4,52 %	3,58 %
Anteil FWD-VFR an DWD gesamt	0,37 %	0,40 %	0,32 %

Vergleich der IFR-Plan- und Ist-Kosten für die Jahre 2022 bis 2023 in Tsd. EUR



Automatisierung der Flugwetterwarten (AutoMETAR) für einen vollständigen vollautomatischen Flugwetterbeobachtungsdienst (gemäß ICAO-Vorgaben) weitere Kosten gesenkt werden konnten. Erstmals werden die gesamten Einsparungen bei den Personalkosten durch die Automatisierung sichtbar, welche im Planansatz für das Jahr 2023 wesentlich konservativer geplant wurden. Der steigende Zinssatz für die Bewertung der Pensionsverpflichtungen führte ebenfalls zu einer starken Reduzierung der Personalkosten im Jahr 2023. Weitere Personalkostenreduzierungen ergaben sich im Jahr 2023 durch die Auflösung von Urlaubsrückstellungen. Bei den Betriebskosten sind höhere direkte Ist-Kosten von ca. 300 Tsd. EUR durch gestiegene Energie- und Raumnebenkosten sowie vor allem durch die notwendige Wartung, den Austausch der Radartransceiver der beiden Low Level Wind Shear Alert Systeme (LLWAS) an den Flughäfen Frankfurt und München. Im Bereich der Abschreibungen fielen im Jahr 2023 etwas niedrigere Kosten an. Die dabei aufgetretene

Verschiebung der Höhe der Kosten für die Bereiche An-/Abflug und Strecke sind vor allem auf die geringere Inanspruchnahme von Streckendiensten im Vergleich zum Bereich An-/Abflug zurück zu führen. Verzögerungen bei der Beschaffung von AutoMETAR-Flughafensensoren führten außerdem ab dem 2021 im Bereich An-/Abflug zu höheren Kosten im Vergleich zu den Planansätzen für die Referenzperiode 3.

Die direkten Kapitalkosten sind durch die Entscheidung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) innerhalb der Referenzperiode 3 nicht in Ansatz zu bringen, sodass auch für 2023 weiterhin keine Kapitalkosten ausgewiesen werden.

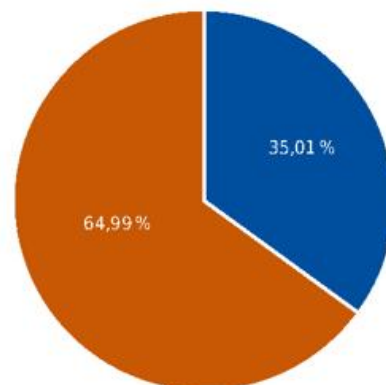
Insgesamt wird für den Bereich der meteorologischen Kosten gegenüber dem Planansatz ein um ca. 4,8 Mio. EUR niedrigeres FWD IFR Ist-Kosten-ergebnis für das Abrechnungsjahr 2023 ausgewiesen, welches hauptsächlich durch die geringeren Personalkosten und geringe Kosten für die Altersversorgung begründet ist.

Verteilung der FWD-Kosten auf IFR und VFR



■ Anteil VFR an FWD ■ Anteil IFR an FWD

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



■ IFR An-/Abflug ■ IFR Strecke

Für das Jahr 2023 wurden für den FWD direkte Ist-Kosten (Direct Costs) in Höhe von 12.532 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 BMDV abgestimmte Kostenbemessungsgrundlage für Flugsicherungsgebühren wurde zum Zeitpunkt der Anmeldung der Determined Costs für den Performance Plan zur Referenzperiode 3 (SES-II-Verordnungen) neu berechnet. Daraus ergibt sich für die Referenzperiode 3 eine Verteilung der IFR-/VFR-Anteile zu 91,80 % vs. 8,20 %.

Ein Blick auf das Verhältnis von An-/Abflug zu Strecke zeigt, dass sich dieses 2023 gegenüber 2022 (32,25%) aufgrund stärkerer Inanspruchnahme der genutzten Kostenträgerleistungen im DWD in Richtung An-/Abflug entwickelte und damit eine Verteilung auf An-/Abflug mit 35,01% und auf Strecke mit 64,99 % erfolgte.

Kostenentwicklung

Betrachtet man die Entwicklung der IFR Ist-Kosten des Flugwetterdienstes im Vergleich zu den DWD-Kosten insgesamt für den Zeitraum beginnend ab der Referenzperiode 1 im Jahr 2012, wird insbesondere die Kostensenkung im Bereich Flugwetterdienst aufgrund der Umstellung der Abrechnungssystematik auf Direct Costs ab dem Jahr 2017 deutlich sichtbar. Ab dem Abrechnungsjahr 2022 ist ein weiterer Rückgang der IFR Ist-Kosten zu verzeichnen, der u. a. durch die vollzogene Automatisierung der Flugwetterstationen weitere Kosteneinsparungen für die Luftfahrtkunden ermöglichte. In der nachstehenden Grafik wird diese Entwicklung veranschaulicht, wobei der Kostenanteil des FWD an der Gesamtkostenbasis des DWD im Jahr 2023 ca. 3,90 % (2022: 4,57 %) bzw. 13.651 Tsd. EUR beträgt.

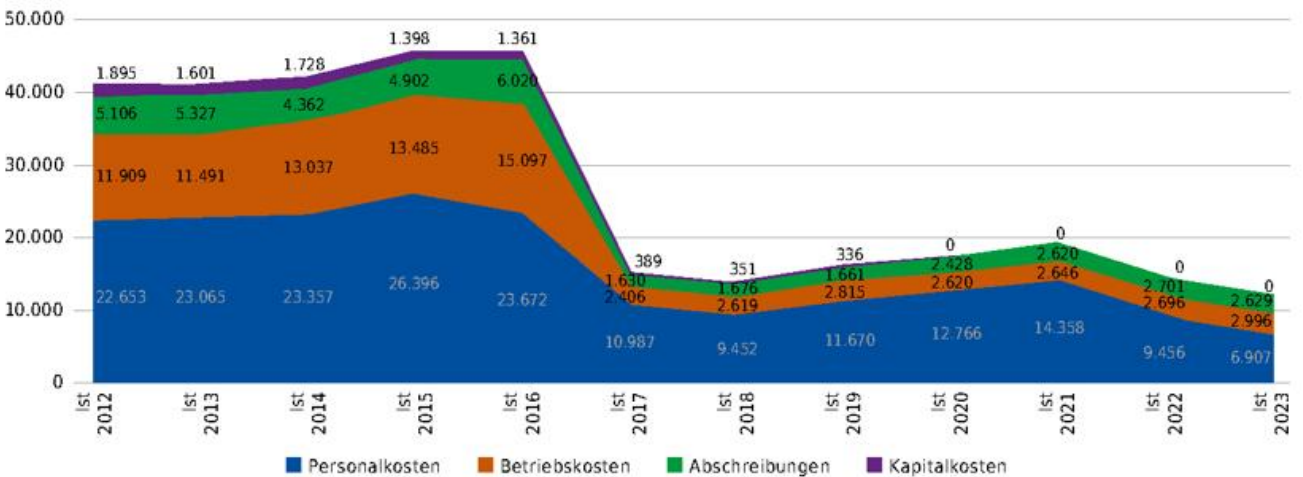
Entwicklung der Ist-Kosten für DWD und FWD seit dem Jahr 2012 in Tsd. EUR und deren Verhältnis



Auch bei der Kostenentwicklung der einzelnen IFR-Kostenarten zeigt sich diese Entwicklung. Hierbei ist der deutliche Rückgang der Kosten in allen Kostenkategorien im untenstehenden Diagramm zur Kostenentwicklung der FWD-IFR-Kosten über den Zeitraum 2012-2023 in seinen Einzelpositionen ablesbar. Den größten Kosten-

block bei Abrechnung nach Direct Costs stellen die Personalkosten dar. Die Kostenkategorie der angefallenen Kapitalkosten werden für die gesamte Referenzperiode 3 ab dem Abrechnungsjahr 2020 nicht mehr in der Flugwetterdienstabrechnung angesetzt.

Entwicklung der FWD-Ist-Kosten für den Bereich IFR von 2012 bis 2023 in Tsd. EUR (ab 2017 Direct Costs)

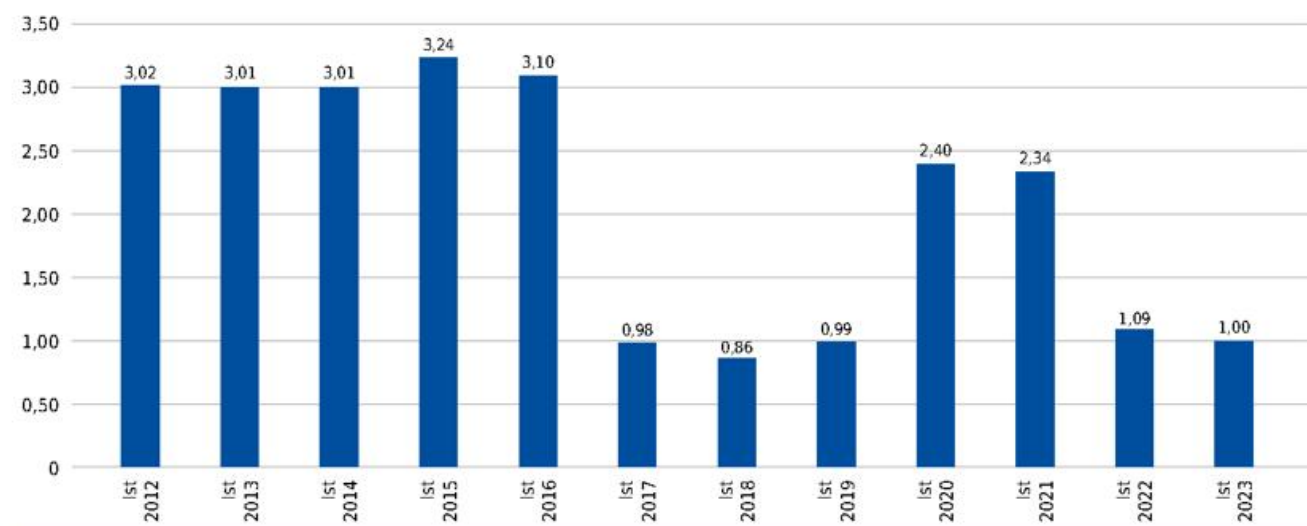


Wirtschaftlichkeit

Die Entwicklung der sog. Service Unit Costs kann als Maß für die Wirtschaftlichkeit herangezogen werden. In den Jahren 2012-2016 war eine relativ gleichbleibende Entwicklung der Kosten für eine Service Unit von ca. 3 EUR für die beiden IFR-Bereiche An-/Abflug und Strecke zu verzeichnen. Ab dem Abrechnungsjahr 2017 sind die abrechenbaren Kosten für eine Service Unit bedingt durch die beschriebenen Maßnahmen zur Kostensenkung stark zurück gegangen. Seit dem Jahr 2020 schwächte sich die Wirtschaftlichkeit des DWD-Flugwetterdienstes aufgrund der weltweit grassierenden COVID-19-Pandemie und der damit deutlich gesunkenen Anzahl der Service Units bei etwa gleichbleibendem Kostenniveau zunächst enorm ab.

Ab 2022 konnte sich der Luftverkehr aufgrund der sich wieder verbesserten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen deutlich erholen, was an einer steigenden Anzahl von Service Units durch erhöhte Flugbewegungen sichtbar wird. Die Kosten pro Service Unit konnten somit im Jahr 2023 wieder deutlich auf ca. 1,00 EUR reduziert und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

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





© Martin Wieczorrek, winterlicher Stratokumulus von oben, Blickrichtung etwa Südwest



Stratokumulus

Nach der offiziellen Klassifizierung ist Stratokumulus mit einer Wolkenuntergrenze ≤ 2000 m die »tiefe Haufenschichtwolke«. Er besteht aus zusammengewachsenen Ballen oder Schollen, die an den Rändern dünner sind, was beim Betrachten oftmals eine mosaikartige Textur ergibt. Plausible mikrophysikalische Parameter sind ein Wasserdampfgehalt von bis zu $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, eine Teilchendichte von wenigen hundert pro m^3 mit einem Partikeldurchmesser von etwa $10 \text{ }\mu\text{m}$. In Stratokumuli sinkt die Sichtweite quasi gegen Null, was bei zusammenhängender Wolkendecke bedeutet, dass VFR-Flüge nur unterhalb der Ceiling möglich sind. Beim Durchfliegen besteht im Falle negativer Temperaturen Vereisungsgefahr.

Was bringt die Zukunft?

Mannigfaltige Risiken und komplexe Herausforderungen stehen auch zukünftig vor der Luftverkehrswirtschaft. Der verstärkte Blick auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz steht grundsätzlich im Widerspruch zur Betriebsdurchführung des Luftverkehrs. Aktuelle weltpolitische Entwicklungen mit großem Einfluss auf die Energie- und Rohstoffmärkte führten zu rasant steigenden Betriebskosten. Fortschreitende Digitalisierung sowie zunehmende Verbreitung von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) in Wirtschaft und Gesellschaft, mit allen Chancen und Risiken, gehen einher mit dem Zwang zur Kostenreduzierung. Gleichzeitig ist in weiten Teilen der europäischen Wirtschaft mit Fachkräftemangel zu rechnen. Auf administrativem Gebiet führt die Durchsetzung der europäischen Luftrauminitiative Single European Sky (SES), die die Neustrukturierung und Konsolidierung des europäischen Luftraumes in Richtung höherer Effektivität und Wirtschaftlichkeit zum Ziel hat, zu einem verschärften Wettbewerb unter den als MET Provider zertifizierten europäischen Flugwetterdiensten. In welchen Positionen sich dabei letztendlich das EU-Parlament, die EU-Kommission oder der Rat der Europäischen Union im SES-Rechtssetzungsverfahren durchsetzen werden, ist derweil noch offen.

Die Aufgabe als MET Provider kann unter diesen Bedingungen nicht mehr nur aus nationaler Perspektive betrachtet werden. Flugmeteorologische Produkte und Dienstleistungen werden zukünftig wohl europaweit angeboten und der MET Provider, der das Gros dieser Ausschreibungen gewinnt, wird den Markt dominieren (»Winner-takes-it-all-Prinzip«). Dabei setzen sich diejenigen durch, deren Produkte und Dienstleistungen die höchste Qualität und Wirtschaftlichkeit aufweisen, also dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Tech-

nik entsprechen, konsistent und skalierbar sind und über standardisierte Schnittstellen abgegeben werden können. Im Angesicht erzwungener Kostensenkungen und zu erwartendem Personal-mangel kann nur derjenige erfolgreich sein, der seine Produktion smart rationalisiert, d. h. sich die Chancen der Digitalisierung, Automatisierung und der Künstlichen Intelligenz zunutze macht. Wie gut letztendlich eine internationale Positionierung auf dem Markt flugmeteorologischer Produkte und Dienstleistungen etabliert und manifestiert werden kann, unterliegt allerdings auch Einflussfaktoren, die in Politik und Wirtschaft verankert sind. Deshalb ist es wichtig, seine Gestaltungsmacht als Akteur im internationalen Luftverkehrssystem bei der Mitarbeit in den Fachgremien der ICAO und der WMO einzubringen.

Die SES-Leistungsziele Sicherheit, Kapazität, Kosteneffizienz und Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs dienen als Leitlinien für den DWD-Flugwetterdienst zur Bewältigung dieser Herausforderungen. Um unter den oben genannten wirtschaftlichen und politischen Bedingungen zukunftsfähig zu bleiben, erfolgte mit der bereits vor geraumer Zeit begonnenen und voraussichtlich bis 2028 andauernden Zusammenführung des Vorhersagebetriebes in den Bereichen Land-See- und Flugwetterdienst ein tiefgreifender Einschnitt in die Organisationsstruktur des Geschäftsbereiches Wettervorhersage. Die Umorganisation dient dazu, die Kosten zu senken, die Betriebssicherheit unabhängig vom Ort der erbrachten Produkte und Dienstleistungen zu erhöhen, die Ausfallraten gering zu halten und eine 24/7-Erreichbarkeit für die Kunden sicherzustellen. Mit der Etablierung der »Clustereinheiten« Nord, Ost, Süd und West in Deutschland würde der Vorhersagebetrieb stabilisiert, da der nun größere Bestand universell ausgebildeten Personals an den neuen Dienststellen eine flexiblere Arbeits- und Schichtplanung

ermöglicht, was vor allem die erhöhten Sicherheitsaspekte im Flugwetterdienst, aber auch ganz allgemein die Kosteneffizienz im Vorhersage- und Warndienst berücksichtigt. Dennoch sollte in Zeiten allgemeinen Fachkräftemangels mehr Augenmerk auf die Nachwuchsgewinnung gelegt werden, nicht zuletzt durch eine höhere Attraktivität des Wechselschichtdienstes. Schließlich muss auch das an die neuen Organisationsstrukturen adaptierte Qualitätsmanagementsystem durch Einführung weiterer, valider Kennzahlen fortentwickelt werden, damit der DWD weiterhin QM-zertifiziert gemäß ISO 9001 bleibt.

Die vom DWD als MET Provider zu bedienenden Kundengruppen »Flughafenbereich« (Kunden sind Flughafenbetreiber, Flugsicherung/Terminal Area und Flughafendienstleister), »Streckenflug« (Fluggesellschaften und Flugsicherung/Strecke als Kunden) sowie »Netzwerksteuerung« (Kunde EUROCONTROL), haben zum Teil signifikant unterschiedliche Anforderungen an flugmeteorologische Informationen. Dementsprechend verfolgt der DWD auch zukünftig einen kundengruppenspezifischen Ansatz bei der Bereitstellung seiner Produkte und Dienstleistungen. Während für Flughäfen Wetterüberwachung und Nowcasting im Vordergrund stehen und standardisierte sowie speziell angepasste flugmeteorologische Informationen für das Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) bzw. das Total Airport Management (TAM) benötigt werden, liegen die Schwerpunkte für den Streckenflug in der Vorhersage von Gewitter-, Turbulenz- und Vereisungsgebieten. EUROCONTROL, die UIR-Flugsicherungen aber auch »Wetter ins Cockpit«-Anwendungen verlangen hoch aufgelöste Vorhersagen flugmeteorologischer Parameter für den europäischen Luftraum. Um bei all diesen Produkten und Dienstleistungen den wissenschaftlich-technischen Höchststand zu wahren, sind intensive Anstrengungen in den Bereichen For-

schung und Entwicklungen sowie Netz und Betrieb notwendig.

Keine Wettervorhersage funktioniert ohne meteorologische Datengewinnung, folglich gehört die Erhaltung und Fortentwicklung eines modernen und leistungsfähigen Mess- und Beobachtungsnetzes, sowohl In-situ- als auch via Fernerkundung, zu unseren Prioritäten. Die erhöhte Verfügbarkeit und Anwendung von flugzeuggestützten Beobachtungen (AMDAR, ABO) liefert wertvolle In-situ-Beobachtungsdaten meteorologischer Parameter und damit einen wichtigen Beitrag zur numerischen Wettervorhersage, weshalb diese Aktivitäten weiterverfolgt werden sollen. Der Betrieb der Datenerfassungssysteme an den Flughäfen (ASDUV) wird durch eigenes Instandhaltungspersonal sowie externe Wartungs- und Pflegeverträge weiterhin sichergestellt. In den nächsten Jahren erfolgt die Modernisierung der Windmessung durch Ultraschallgeräte. Auch die LIDAR-Systeme werden erneuert. Ebenso herausfordernd ist es, die Haltung, Übertragung und Verarbeitung immer größerer Datenvolumina, z. T. in neuen Formaten, zu bewältigen. Zur sicheren Datenübertragung an internationalen Verkehrsflughäfen der Bundesrepublik betreibt der Deutsche Wetterdienst ein eigenes Kommunikationsnetz, das redundant ausgelegt und zukünftig gemäß BSI-Vorgaben verschlüsselt.

Beim Nowcasting werden bereits auf Basis existierender, qualitativ hochwertiger, räumlich und zeitlich hoch aufgelöster Bodenbeobachtungs- und Fernerkundungsdaten regelmäßig alle 5 bis 15 Minuten neue Vorhersagen meteorologischer Parameter für einen Prognosezeitraum von 0 bis 2 Stunden erstellt. Die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Beobachtungs- und Nowcastingsysteme wird dank aktueller Forschungsergebnisse kontinuierlich verbessert. Eine besonders für den Flugwetterdienst interessante Perspektive ist die auf

der Kombination von Radarmessungen und numerischen Modellergebnissen beruhende »nahtlose« Wettervorhersage (Seamless Prediction - DWD-Projekt SINFONY), die den Nowcasting-Bereich (0 bis 2 Stunden im Voraus) mit der Kurzzeitvorhersage (2 bis 12 Stunden im Voraus) verbinden und methodische Diskontinuitäten überwinden soll.

Grundlage jeder, über das Wetter im Augenblick bis zu wenigen Stunden (NowCasting) hinausgehenden, modernen Wettervorhersage bilden numerische Wettervorhersagemodelle (NWV-Systeme), die deterministisch (einzelne Modellläufe) oder/und probabilistisch (Ensembles von Modellläufen) betrieben werden. Die Qualität der numerischen Prognosen korreliert insbesondere mit der Anzahl verfügbarer Beobachtungen, der Leistungsfähigkeit der Datenassimilation, der korrekten Beschreibung bzw. ausreichend genauen Parametrisierung wesentlicher physikalischer Prozesse und der räumlichen Auflösung des Modells. Sie wird limitiert durch die Leistungsfähigkeit der zur Integration der Modellgleichungen verwendeten Großrechen-technik. Insofern eröffnen sich bei Zunahme der installierten Rechenleistung prinzipiell Chancen zur Verbesserung numerischer Prognosen. Mittelfristig dürften sich durch die Assimilation von aus Fernsondierungen geostationärer Satelliten der 3. Generation und polarumlaufender Satelliten der 2. Generation sowie durch Verringerung der Maschenweiten des deterministischen Modells ICON-EU und des probabilistischen Modells ICON-EPS die Resultate der numerischen Wettervorhersage verbessern.

In der Flugwettervorhersage spielen räumlich und zeitlich kleinskalige meteorologische Erscheinungen für die sichere und wirtschaftliche Flugdurchführung eine besondere Rolle. Daher werden numerischen Vorhersagemodellen nachgeschaltete, erfolgversprechende Anschlussverfahren etwa für Vereisung, Turbulenz, konvektive Phänomene,

Luftbeimengungen (Aerosole, Stäube, Vulkanasche) sowie Modell-Output-Statistiken im DWD kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert.

Nicht zuletzt müssen Dienstleistungen und Produkte auch beim Kunden ankommen, sei es nun im Cockpit, beim Air Traffic Management oder für den Flughafenbetreiber. Dabei wird offensichtlich, dass die flugmeteorologischen Informationen erst dann ihren vollen Wert entfalten, wenn sie gut in die Entscheidungsprozesse der Nutzer integriert werden. Auf verschiedenen Ebenen leistet der DWD auch zukünftig Betriebsunterstützung, sei es im großen Rahmen der europäischen Luftrauminitiative Single European Sky (SES) oder konkret vor Ort, etwa bei der Systemintegration flugmeteorologischer Informationen – und zwar sowohl unter technisch-organisatorischen als auch unter kommerziellen Aspekten.

Die Organisation und Erbringung flugmeteorologischer Produkte und Dienstleistungen sehen in zehn Jahren möglicherweise ganz anders aus als heute. Der DWD und sein Flugwetterdienst arbeiten intensiv daran, auch zukünftig ein begehrter und geschätzter Partner der Luftverkehrswirtschaft zu bleiben.



▲ © Thomas Ruppert, DWD – ein regnerischer Tag am Flughafen Xi'an-Xianyang (China, ZLXY; 34,45°N; 108,75°E; 479 m/1.572 ft AMSL - Above Mean Sea Level)

A6 Alliance	Konsortium europäischer Flugsicherungs-dienstleister	CAVOK	Wetterbeschreibung in der Luftfahrt - »clouds and visibility okay«
AAK2P+	ASDUV_Auto-Klasse 2P+ im Projekt AutoMETAR	CB oder Cb	Cumulonimbus
ADWICE	Advanced Diagnosis and Warning system for Aircraft Icing Environments	CBS	Commission for Basic Systems (WMO)
AERO	Luftfahrtmesse in Friedrichshafen	CBH	Cloud Base Height
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung	COSMO	COnsortium for Small-scale MOdeling
Airport CDM	Airport Collaborative Decision Making	DACH	Kunstwort für Deutschland - Österreich - Schweiz
AMC	Acceptable Means of Compliance	DACH-MWO	gemeinsames MWO für Deutschland, Österreich und die Schweiz
ANS	Air Navigation Services (Flugsicherungsdienste)	DFS	DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
ARS	Special Air Report	DIN ISO/IEC EN	Deutsche Industrie Norm e.V., Internationale Organisation für Normung der Internationalen elektrotechnischen Kommission
ASDUV	Automatisches System zur Datenerfassung und -verbreitung an Verkehrsflughäfen (DWD)	DIN EN	Deutsche Industrie Norm e.V., Europäische Norm
ATC	Air Traffic Control Service (Flugverkehrskontroll-dienst)	DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
ATFM	Air Traffic Flow Management (Verkehrsfluss-regelung)	DMI	Dänischer Wetterdienst
ATIS	Automatic Terminal Information Service	DVO	Durchführungsverordnung, hier in der EU-Gesetzgebung
ATM	Air Traffic Management (Flugverkehrsmanage-ment)	DWD	Deutscher Wetterdienst
AUTO	Code-Zusatz automatisch erstellter Flugplatz-wettermeldungen	DWDG	Wetterdienstgesetz
autoCLD	Verfahren zur Bestimmung der Bewölkung	EANPG	European Air Navigation Planning Group
autoKON	Verfahren zur Bestimmung der Konvektion	EASA	European Aviation Safety Agency
AutoMETAR	DWD-Projekt zur Automatisierung der Flugplatz-wettermeldungen	EDP	Eddy Dissipation Parameter
autoOBS	Verfahren zur Erstellung konsistenter Wetter-meldungen	EDPP	Eddy Dissipation Parameter Probability
autoPWX	Verfahren zur Bestimmung des gegenwärtigen und des vergangenen signifikanten Wetters	EDR	Eddy Dissipation Rate
AutoTAF	Projekt zur automatisierten TAF-Generierung	EPS	Ensemble Prediction System
AVAC	Aviation Advisory Committee	EU	Europäische Union
AVIMET	Aviation Meteorology (Arbeitsgruppe der EUMETNET)	EUMETNET	European Meteorological Services Network
ADWX_System	Aerodrome Weather System	EUR/NAT-Region	ICAO-Region Europa und Nordatlantik (u. a. inkl. Russland)
AWEM	Aviation Weather Event Manager	EUR	ISO-4217-Code für die europäische Gemein-schaftswährung
AWO	Automatischer (DWD-)Wolkenalgorithmus	EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung	EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung	EZMW	Europäisches Zentrum für mittelfristige Vorhersagen
BIV-Brille	Bildverstärkerbrille	FAA	Federal Aviation Administration (Luftfahrtbehörde der USA)
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr	FAB	Functional Airspace Block (EC = Europe Central, IR = UK-Ireland)
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informations-technik	FE	Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung des DWD
BUFR	Binary Universal Form for the Representation of meteorological data	FWD	Flugwetterdienst
		FTP	File Transfer Protocol

GAFOR	General Aviation Forecast	LBA	Luftfahrtbundesamt
GAMET	General Aviation Meteorological Forecast, Area forecast for low level flights	LBZ	Luftfahrtberatungszentrale
GeoInfoDBw	Geoinformationsdienst der Bundeswehr	LINET	Blitzortungssystem der Firma nowcast
GG	Grundgesetz (der Bundesrepublik Deutschland)	LIZ	Lageinformationszentrum der DFS
GML	Geographic Markup Language	LLWAS	Low Level Wind-Shear Alert System
GNSS	Global Navigation Satellite System	LuftVG	Luftverkehrsgesetz
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure	LuftVO	Luftverkehrsordnung
HYMEC	DWD-Algorithmus zur Klassifizierung von Hydrometeoren, d. h. von Niederschlägen	MAB	Meteorological Airport Briefing
IASI	Infrared Atmospheric Sounding Interferometer	MET	Meteorological Services im jeweiligen Zusammenhang
ICAO	International Civil Aviation Organization	MET-GATE	European MET Information Exchange (SESAR-Projekt)
ICAO EUR/NAT	europäische Regionalgruppe der ICAO	MET Alliance	Verbund aus neun europäischen Flugwetterdiensten
ICICLE	In-Cloud ICing and Large-drop Experiment	METAR	Flugplatzwettermeldung; frz. – Météorologie Aviation Régulière, engl. – Aviation Routine Weather Report
ICON	ICOsahedral Nonhydrostatic (aktuelle Modellfamilie des DWD)	METG	Meteorology Group der EANPG
ICON-ART	Version des ICON-Modells zur Prognose atmosphärischer Schwebstoffkonzentrationen	Meteo France	Nationaler Wetterdienst Frankreichs
ICON-D2	auf Deutschland und die nähere Umgebung genestetes ICON-NWV-System für den kurzfristigen Vorhersagebereich	Met Office	Nationaler Wetterdienst des Vereinigten Königreichs
ICON-D2-EPS	auf Deutschland und die nähere Umgebung genestetes ICON-NWV-Ensemble-Vorhersagesystem für den kurzfristigen Vorhersagebereich	MET Panel	Meteorologischer Fachausschuss der ICAO
ICON-EPS	Ensemble-basierte Version von ICON mit globaler Abdeckung	MetReport/-Special	Meldungsart innerhalb ASDUV-E
ICON-LAM	Local Area Model, ICON mit hoher räumlicher Auflösung	Meteo Schweiz	Nationaler Wetterdienst der Schweiz
IFR	Instrument Flight Rules	MEZ	Mitteuropäische Zeit
ISO	einheitliche Kurzbezeichnung für die Internationale Organisation für Normung/Standardisierung	MHS	Microwave Humidity Sounder
INT	Stabsstelle Internationale Angelegenheiten des DWD	Mode-S	Betriebsart von Transpondern
IT	Informationstechnologie	MOG	Meteorological Operations Group, Arbeitsgruppe innerhalb der ICAO
IWXXM	ICAO Meteorological Information Exchange Model	MOS	Model Output Statistics
JVEG	Justizvergütungs- und Entschädigungsgesetz	MSC	Meteorological Service of Canada
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut	MTG	METEOSAT Third Generation
KONRAD	KONvektionsentwicklung in RADarprodukten	MTSAT	japanisches satellitengestütztes Fernerkundungssystem
KONRAD3D	Weiterentwicklung von KONRAD unter Ausnutzung von dreidimensionalen Radarkomposit-Daten	MUAC	Maastricht Upper Air Control Centre
KPI	Key Performance Indicator – Leistungskennzahl	MWO	Meteorological Watch Office
KU	Geschäftsbereich Klima und Umwelt des DWD	NCM-Ww	NowcastMIX-Winterwetter
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, Strategie im QM	NinJo	Arbeitsplatzsystem in Client-Server-Architektur zur Visualisierung meteorologischer Daten
L/m²	Liter pro Quadratmeter (= mm) Niederschlagsmenge	NVF	Night Vision Forecast
		NWV	Numerische Wettervorhersage
		Obs oder OBS	Observation (Beobachtung)
		OPMET	Operationelle meteorologische Informationen

OPERA	Operational Programm for the Exchange of Weather Radar Information	VFR	Visual Flight Rules
PANS	Procedures for Air Navigation Services	VIL	Vertically Integrated Liquid
PB	Geschäftsbereich Personal und Betriebswirtschaft des DWD	VuB	Vorschriften und Betriebsunterlagen
pc_met	Selbfbriefing-System für Flugwetterinformationen des DWD	VZÄ	Vollzeitäquivalent
PIREP	Pilot Report	WAFS	World Area Forecast System
POLARA	Polarimetrisches Radar Software Framework	WAWFOR	World Aviation Weather Forecast
PRR	Performance Review Report (EUROCONTROL)	WIGOS	WMO Integrated Global Observing System
QNH	mittels ICAO-Standardatmosphäre auf Meeresniveau reduzierter Luftdruck	WMO	World Meteorological Organization
QFF	unter Berücksichtigung der aktuellen Temperatur auf Meeresniveau reduzierter Luftdruck	WMS	(NinJo-)WebMapServices(-Layer)
QM(S)	Qualitätsmanagement(system)	WS	Strategischer Prozess Wettervorhersage im QMS des DWD
RADAR	Radio Detection and Ranging	WV	Geschäftsbereich Wettervorhersage
RHWAC	Regional Hazardous Weather Advisory Center	WxVis4ATC	Weather Visualisation for ATC
RUC	Rapid Update Cycle	XML	eXtensible Markup Language
SADIS	Secure Aviation Data Information Service		
SAR	Search and Rescue		
SES	Single European Sky		
SESAR	Single European Sky ATM Research (Programme)		
SFTP	Secure File Transfer Protocol		
SIGMET	Significant Meteorological Phenomena – Flugwetterwarnung vor gefährlichen Wettererscheinungen		
SINFONY	Integriertes Vorhersagesystem des DWD		
SPECI	Sonderwettermeldung		
SWIM	System Wide Information Management		
TAC	Traditional Alphanumeric Code		
TAF	Terminal Aerodrome Forecast		
TI	Geschäftsbereich Technische Infrastruktur und Betrieb des DWD		
TP	Teilprozess im QMS des DWD		
TREND	TREND-Meldung: 2-h-Vorhersage wichtiger Änderungen des Wetters, wird weiteren codierten Vorhersageprodukten angefügt		
UAC	Upper Air Control Center		
UAS	Unmanned Aircraft System (Unbemannte Luftfahrtsysteme – Drohnen)		
VAAC	Volcanic Ash Advisory Center		
VADUGS	Volcanic Ash Detection Utilizing Geostationary Satellites		
VCTS	Code für in der Nähe befindliche Gewitter in Flugwetterprodukten		

Herausgeber

Deutscher Wetterdienst (DWD)

Konzeption und Redaktion

Thomas Ruppert, DWD

Gestaltung und Satz

Studio Schmidt - Grafisches Atelier
Frankfurt am Main

Druck

Druckerei BMDV

Fotos

Titelblatt: Senior Airman Jason Epley -
<https://www.dvidshub.net/image/114074>, Gemein-
frei, [https://commons.wikimedia.org/w/index.
php?curid=39591186](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39591186)

Im Fokus: Senior Airman Jason Epley -
<https://www.dvidshub.net/image/114074>, Gemein-
frei, [https://commons.wikimedia.org/w/index.
php?curid=39591186](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39591186), andere Fotos siehe Bild-
unterschrift

Seite 3: Kirsten Bucher, Frankfurt am Main

Seite 4 (v. l. n. r. und v. o. n. u.):

Senior Airman Jason Epley -
<https://www.dvidshub.net/image/114074>, Gemein-
frei, [https://commons.wikimedia.org/w/index.
php?curid=39591186](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39591186), andere Fotos siehe Vorsatz-
seiten der Kapitel 1-7

Seite 9: Peter Füssel, DWD

Seite 17: Sabine Bork, DWD

Seite 19: Karsten Friedrich, DWD

Seite 33: Martin Wiczorrek, DWD

Seite 36: Matthias Wandel, DWD

Seite 41: Karsten Schubotz, DWD

Seite 59: Renate Poßiel, DWD

Seite 73: Thomas Ruppert, DWD

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main

Tel.: +49 (0) 69 / 80 62 - 0
E-Mail: luftfahrt@dwd.de
<http://www.dwd.de/luftfahrt>

ISSN der Druck-Ausgabe: 1865-4487
ISSN der Online-Ausgabe: 2194-8291
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes
Offenbach am Main 2024



Deutscher Wetterdienst

Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main
Tel.: +49 (0) 69 / 80 62 - 0
E-Mail: luftfahrt@dwd.de
www.dwd.de/luftfahrt

Über www.dwd.de gelangen Sie
auch zu unseren Auftritten in:

