



VERY LARGE
BUSINESS APPLICATIONS
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Data Analytics - COVID Edition

Portfolio

im Rahmen des Moduls **Data Analytics im Zeitalter von Big Data**

| | |
|----------------|--|
| Betreuer: | Dr.-Ing. Andreas Solsbach Viktor Dmitriyev |
| Vorgelegt von: | Julian Kropp julian.kropp@uni-oldenburg.de John Riecken john-uwe.riecken@uni-oldenburg.de |
| Abgabetermin: | 05. Februar 2024 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Tabellenverzeichnis | I |
| 1. Abstrakt | 1 |
| 2. Motivation | 1 |
| 2.1. Hypothesen | 2 |
| 3. Auswahl Datensätze | 2 |
| 3.1. Flugdaten von der Eurocontrol | 2 |
| 3.2. Covid-19-Inzidenzen von dem Robert-Koch-Institut | 3 |
| 3.3. Schnittmenge über den Primary Key Datum | 3 |
| 3.4. Zugriff auf die Daten mithilfe einer MariaDB | 3 |
| 3.5. Verifikation unserer Daten | 3 |
| 4. Erkenntnisse aus den Daten | 4 |
| 4.1. Deutsche Flughäfen, sortiert nach Verkehrsaufkommen | 4 |
| 4.2. Wochentage mit den meisten Flügen | 5 |
| 4.3. Darstellung der Starts und Landungen an den jeweils größten fünf deutschen Flughäfen im Jahr 2019 und 2020 | 6 |
| 4.4. Beispiele für Ausreißer in den Daten | 10 |
| 4.4.1. Streiks | 11 |
| 4.4.2. Wetter | 11 |
| 4.4.3. Geiselnahmen | 12 |
| 4.4.4. Terroranschlag | 13 |
| 4.4.5. Klimaaktivisten | 14 |
| 4.4.6. Drohnen | 14 |
| 4.5. Die Auswirkung der Covid-19-Pandemie auf den deutschen Flugverkehr . . | 15 |
| 5. Zusammenfassung und Ausblick | 18 |
| Literaturverzeichnis | 19 |
| A. Anhang | 20 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|----|---|----|
| 3. | Anzahl der Flüge pro Flughafen von 2016 bis 2023 | 4 |
| 4. | Flughäfen mit den wenigsten Flügen im gemessenen Zeitraum | 5 |
| 1. | Der Eurocontrol-Datensatz | 21 |
| 2. | Der RKI-Datensatz | 22 |

1. Abstrakt

Diese Ausarbeitung präsentiert die Ergebnisse unseres Data Analytics-Projekts „Data Analytics - COVID Edition“, das sich auf die Analyse von Flugdaten der Eurocontrol in Verbindung mit den Covid-19-Inzidenzen des Robert-Koch-Instituts konzentriert. Die Untersuchung zielt darauf ab, Einblicke in den deutschen Flugverkehr zu gewinnen und die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf diesen Sektor zu beleuchten. Die Datensätze umfassen jeweils eine Zeitspanne von 7 Jahren für die Flugdaten bzw. 3 Jahren bei den Covid-19-Inzidenzen. Die Ausarbeitung umfasst eine detaillierte Beschreibung der Datenquellen, der gewonnenen Erkenntnisse und der angewandten Verifikationsmethoden. Die Analyse enthüllt unter anderem die Rangfolge deutscher Flughäfen basierend auf ihrem Verkehrsaufkommen, die meist frequentierten Wochentage für Flüge sowie grafische Darstellungen der Start- und Landemuster der fünf größten deutschen Flughäfen im Jahr 2019 und 2020. Des Weiteren werden Ausreißer in den Daten wie Streiks, Wetterereignisse und Geiselnahmen untersucht, um ihre Auswirkungen auf den Flugverkehr zu verstehen. Ein besonderer Fokus liegt auf der Analyse der Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf den deutschen Flugverkehr und deren Visualisierung durch Trends und Muster in den Daten. Verifikationsmethoden wurden angewendet, um die Datenqualität, -konsistenz und die Zuverlässigkeit der Erkenntnisse sicherzustellen. Die Ausarbeitung schließt mit einem Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen für zukünftige Analysen ab.

2. Motivation

Im Jahr 2019 starteten und landeten in Deutschland an Spitzentagen über 11.000 Flugzeuge täglich [19]. Damit ist das Flugzeug in diesem Jahr das beliebteste Verkehrsmittel für Urlaubsreisen der Deutschen. Knapp 54% der Deutschen nutzten es, um ihren Urlaub anzutreten. Gefolgt von PKWs mit knapp 45%. Mit Beginn der Covid-19-Pandemie und den daraus resultierenden Reiseeinschränkungen ab März 2020 ändert sich die Anzahl der Starts und Landungen an deutschen Flughäfen schlagartig [20].

Während der Pandemie wurden Start- und Landebahn vieler Flughäfen in Parkplätze für hunderte Flugzeuge umgewandelt [15], Passagierflugzeuge wurden zu Frachtmaschinen umgebaut [18], welche wiederum Medikamente und andere überlebenswichtige Güter von A nach B brachten oder direkt in fliegende Intensivstationen verwandelt wurden [12]. Deutschlands zwei größten Fluggesellschaften, die Lufthansa Group und die Condor, wurden mit Millionen schweren Hilfspaketen vor der Pleite gerettet [23] [6].

Das alles lässt vermuten, dass der Flugbetrieb während Corona nahezu komplett eingestellt wurde. Doch wie drastisch beeinflusst die Covid-19-Pandemie den Luftverkehr bis heute in Deutschland wirklich?

Genau dieser Frage wollen wir auf den Grund gehen und verschiedene aufgestellte Hypothesen genauer betrachten und klären.

2.1. Hypothesen

1. Die Flughäfen in Frankfurt, München, Berlin, Düsseldorf und Hamburg gehören zu den größten fünf Flughäfen in Deutschland, gemessen an ihren täglichen Starts und Landungen.
2. An bestimmten Wochentagen wird in Deutschland mehr geflogen als an anderen. Insbesondere wird am Wochenende weniger geflogen.
3. Es lassen sich besondere Ereignisse wie Streiks, schlechtes Wetter etc. an den jeweiligen Flughäfen in den Daten finden.
4. Die Untersuchung der Datensätze zeigen Muster und Auswirkungen auf den Flugverkehr während der Covid-19-Pandemie auf. Gerade zu Beginn des ersten Lockdowns im März 2020 ist vermutlich ein stark zurückgegangenes Verkehrsaufkommen an den Flughäfen in Deutschland sichtbar.

3. Auswahl Datensätze

In unserem Projekt haben wir auf zwei Datensätze zugegriffen. Zunächst untersuchen wir die Anzahl der Starts und Landungen an deutschen Flughäfen. Hierzu nutzen wir einen Datensatz, welcher von der europäischen Behörde „Eurocontrol“ [9] bereitgestellt wird. Parallel dazu setzen wir diese Flugdaten in Beziehung zu den 7-Tage-Inzidenzen der Covid-19-Pandemie, die vom Robert-Koch-Institut zur Verfügung gestellt werden [8].

3.1. Flugdaten von der Eurocontrol

Der Datensatz, welcher die Flugdaten umfasst, wird von der europäischen Behörde „Eurocontrol“ bereitgestellt. Diese Behörde mit Sitz in Brüssel überwacht und reguliert den Flugverkehr über Europa. Sie arbeitet eng mit nationalen Flugsicherungsorganisationen wie z.B. der Deutschen Flugsicherung zusammen, um einen reibungslosen und sicheren Flugbetrieb zu gewährleisten. Die Eurocontrol koordiniert alle Flugbewegungen über Europa, um Engpässe zu vermeiden und die Effizienz im Luftverkehr zu steigern. Jeder in Europa durchgeführte Flug (egal wie viele Passagiere an Board sind und ob es sich um ein Kleinflugzeug oder um einen tonnenschweren Großraum-Jet handelt), muss seinen Flugplan bei dieser Behörde einreichen und von ihnen genehmigen lassen. Ein solcher Flugplan besteht aus einzelnen Punkten, die nacheinander abgeflogen werden. Es gibt also, genau wie am Boden, auch in der Luft Straßen und Routen, die abgeflogen werden. Einfach in eine beliebige Richtung fliegen, wo man gerade möchte, ist nicht möglich. Erst wenn der Flugplan mit all seinen Punkten auf dieser Route genehmigt ist, darf das Flugzeug in die Luft. Für Start, Landung und den sicheren Flugverkehr über den Wolken sind dann wiederum die einzelnen Flugsicherungen zuständig. Da jeder Flug bei der Eurocontrol angemeldet wird, hat diese Behörde auch große Datenmengen über Abflüge und Landungen. Einer dieser öffentlichen Datensätze gibt Aufschluss darüber, wie viele Flugzeuge am Tag an den Flughäfen von Europa starten und landen. [2]

Der Datensatz umfasst in seiner originalen Fassung folgende Attribute: Siehe Tabelle 1

Wir haben im Laufe der Ausarbeitung diesen Datensatz auf die Attribute heruntergebrochen, die uns wirklich von Nutzen sind. Nicht alle Attribute helfen uns dabei, unsere Hypothesen zu überprüfen und werden von uns entfernt, damit sie eine schnellere Abfrage und weniger Speicherverbrauch auf der Datenbank ermöglichen.

Damit verbleiben alle wichtigen Attribute, die wir zur Erstellung von Diagrammen zur Bestätigung unserer Hypothesen benötigen.

3.2. Covid-19-Inzidenzen von dem Robert-Koch-Institut

Das Robert-Koch-Institut ist eine der renommiertesten Institutionen in Deutschland, wenn es um die Analyse und Erfassung von Gesundheitsdaten geht. Es ist die zentrale Einrichtung der deutschen Bundesregierung auf dem Gebiet der Krankheitsüberwachung und Prävention und liegt im Geschäftsbereich des Bundesgesundheitsministeriums. Das RKI erhielt in die Coronapandemie von den Gesundheitsämtern in Deutschland, die Anzahl der positiv getesteten Personen und gab so Inzidenzzahlen für ganz Deutschland heraus, die auch Grundlage für politische Entscheidung waren. Da Deutschland ein Land mit einer starken Demokratie ist und das RKI, bei der Erhebung der Daten sehr transparent vorgegangen ist, sind die vom RKI gemeldeten Daten zur Coronapandemie als äußerst glaubwürdig einzuschätzen. [8]

Der Datensatz umfasst im Original: Siehe Abbildung (2)

Im Rahmen unserer Ausarbeitung brauchen wir nur die Fälle und Inzidenzen der gesamten Bevölkerung, deshalb haben wir alle Zeilen entfernt außer die mit der Altersgruppe 00+, um so nur noch einen Datensatz mit den Inzidenzen und Fälle aller Bürger von Deutschland zu haben. Ebenfalls haben wir dann auch die Spalte mit der Bevölkerung entfernt.

3.3. Schnittmenge über den Primary Key Datum

Das gemeinsame Attribut der beiden Datensätze ist das Datum, dieses können wir nutzen, um einen Tag aus dem Coronadatensatz einem Tag aus dem Flugdatensatz zuzuordnen und um die Kurven gemeinsam in einem Graph darzustellen und so Zusammenhänge abzuleiten.

3.4. Zugriff auf die Daten mithilfe einer MariaDB

Wir haben die Daten zum Zwecke in eine MariaDB eingepflegt, um sie so effektiver und besser mittels SQL zu manipulieren.

3.5. Verifikation unserer Daten

Die Verifikation erfolgte durch mehrere Schritte. Zunächst wurde eine umfassende Datenvalidierung durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Datensätze vollständig und konsistent waren. Fehlende oder inkonsistente Daten wurden in beiden Datensätzen allerdings nicht

gefunden, die Datensätze waren alle vollständig. Es waren keine weiteren Schritte nötig, um die Daten konsistent zu halten.

Wie bereits oben erklärt, halten wir sowohl das Robert-Koch-Institut, als auch die Euro-control für vertrauenswürdige Quellen, da sie international anerkannte Institutionen sind, die für ihre Expertise und Zuverlässigkeit auf ihren jeweiligen Fachgebieten bekannt sind.

Ein weiterer, wichtiger Aspekt der Verifikation war die Abgleichung der erhobenen Daten mit den erwarteten Ergebnissen und bekannten Trends im Luftverkehrssektor. So haben wir beispielsweise einmal testweise die am meisten und am wenigsten frequentierten Flughäfen in Deutschland ausgewertet und sind hier auf die gleichen Ergebnisse gestoßen, die sich auch im Internet, zum Beispiel auf Statistia wiederfinden. Außerdem haben wir in den Daten gefundene Ausreißer identifiziert und anhand dieser Daten dann einen Faktencheck durchgeführt. Dadurch konnten wir diesen Ausreißern Ausnahmesituationen an den Flughäfen, wie Streiks, extremes Wetter oder auch Geiselnahmen zuordnen und dadurch verifizieren. Mehr dazu in dem Abschnitt 4.4.

4. Erkenntnisse aus den Daten

Im folgenden Abschnitt soll es darum gehen, welche Schlüsse und Erkenntnisse wir aus den Datensätzen ziehen konnten, welche der oben genannten Hypothesen wir dadurch bestätigen oder widerlegen konnten und welche Implikationen sich daraus für den deutschen Flugverkehr ergeben.

4.1. Deutsche Flughäfen, sortiert nach Verkehrsaufkommen

Aus unserem Datensatz ergeben sich folgende Flughäfen, als die Flughäfen mit den meisten Flügen.

| ICAO_Code | Name | Gesamte Anzahl der Flüge im gemessenen Zeitraum |
|-----------|------------|---|
| EDDF | Frankfurt | 3.217.729 |
| EDDM | Munich | 2.474.821 |
| EDDL | Düsseldorf | 1.324.624 |
| EDDK | Köln-Bonn | 952.245 |
| EDDH | Hamburg | 937.746 |

Tabelle 3: Anzahl der Flüge pro Flughafen von 2016 bis 2023

Es ist zu sehen, dass Frankfurt mit 3,2 Mio. Flügen, der Flughafen mit den meisten Flügen in Deutschlands ist. Gefolgt von München mit 2,4 Mio. Flügen und danach Düsseldorf mit 1,3 Mio. Flügen. Köln-Bonn kommt auf etwa 950-tausend Flügen im aufgezeichneten Zeitraum und Hamburg ist die Nummer fünf in Deutschland mit etwa 937.746 Flügen. Die Zahlen scheinen plausibel, wenn man sie zum Beispiel für Frankfurt mit [4] abgleicht, kommt man dazu, dass die von uns herausgefundenen Anzahl von Flügen sehr plausibel ist. Etwas überraschend ist, dass der Flughafen Berlin-Brandenburg nicht zu den

größten Flughäfen Deutschlands gehört, da man dies bei den enormen Kosten und der Größe des Flughafens vielleicht erwartet hätte, jedoch muss man auch bedenken, dass der BER erst Ende 2020 eröffnet wurde, [13] unser Datensatz aber in 2016 startet. Der BER konnte aber im Jahr 2023 etwa 175.000 Flugbewegungen verzeichnen und müsste so auf die Jahre hochgerechnet in unserer Statistik auftauchen. [1] Auf der anderen Seite haben wir uns auch noch einmal angeschaut, welche Flughäfen, denn die kleinsten in Deutschland sind, die in unserem Datensatz auftauchen. Da dieser so etwas wie kleine Segelflugplätze nicht umfasst. Die kleinsten Flughäfen, welche in unserem Datensatz auftauchen, sind folgende:

| ICAO_Code | Name | Anzahl der Flüge im gemessenen Zeitraum |
|-----------|-------------------|---|
| EDDE | Erfurt | 34.223 |
| EDDR | Saarbrücken | 54.336 |
| EDDC | Dresden | 126.786 |
| EDDG | Münster-Osnabrück | 132.385 |
| EDDW | Bremen | 192.085 |

Tabelle 4: Flughäfen mit den wenigsten Flügen im gemessenen Zeitraum

4.2. Wochentage mit den meisten Flügen

Es liegt die Vermutung nahe, dass an einigen Wochentage, zum Beispiel um das Wochenende herum mehr geflogen wird, während am Wochenende selber weniger geflogen wird.

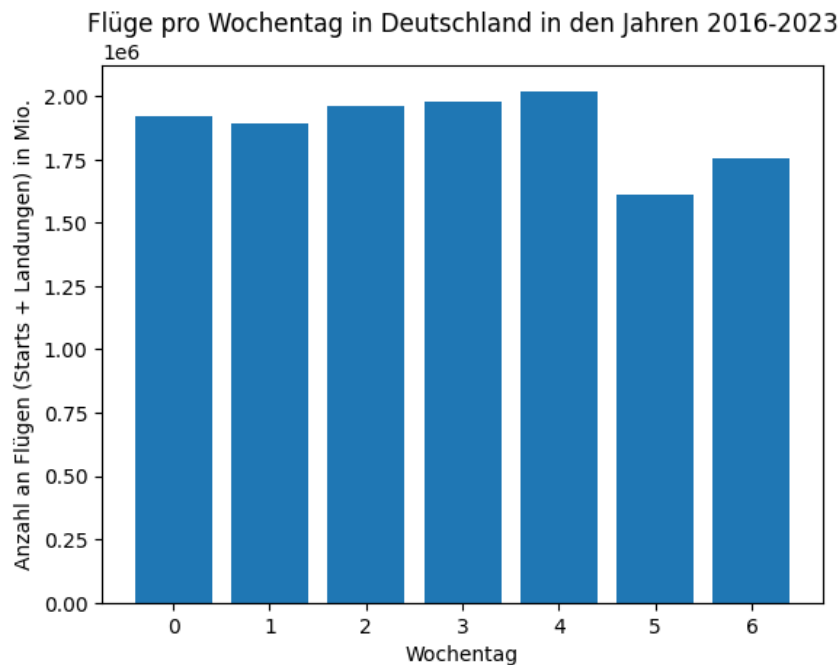


Abbildung 1: Flüge pro Wochentag (0 = Montag, 6 = Sonntag)

In Abbildung (1) ist 0 der Montag, 1 der Dienstag und so weiter. Die Abbildung zeigt, wie viele Flüge in Millionen Flügen an den jeweiligen Wochentagen, kumuliert über den

gesamten Zeitraum, den der Datensatz abbildet, durchgeführt wurden. Es zeigt sich, dass am Wochenende tatsächlich weniger geflogen wird als an den anderen Wochentagen. Mit Ausnahme des Dienstages nehmen die Flüge pro Wochentag auch immer stetig zu bis zum Wochenende und fallen am Wochenende stark ab. So bestätigt sich auch unsere zweite Hypothese.

4.3. Darstellung der Starts und Landungen an den jeweils größten fünf deutschen Flughäfen im Jahr 2019 und 2020

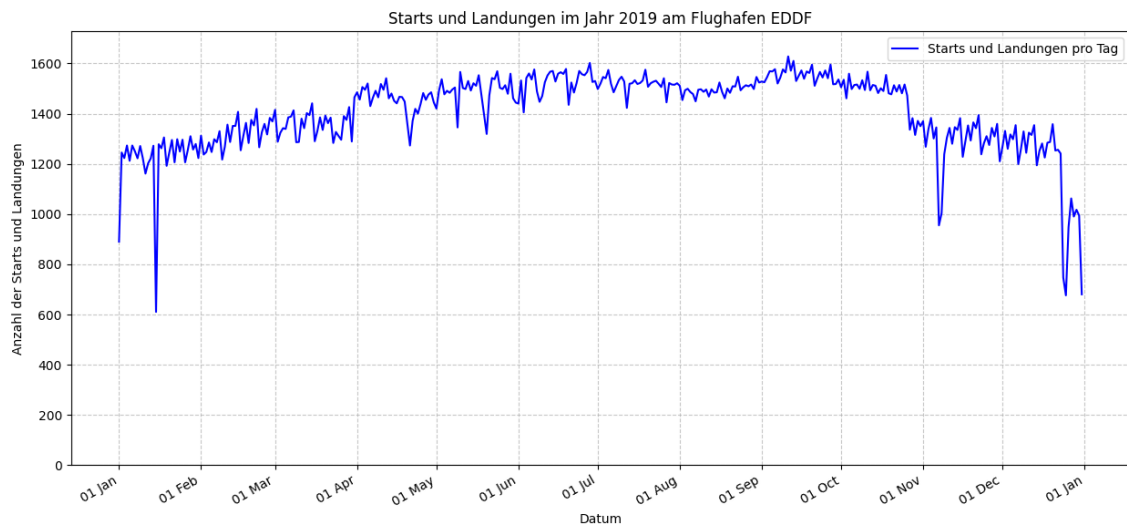


Abbildung 2: Starts und Landungen in Frankfurt im Jahr 2019

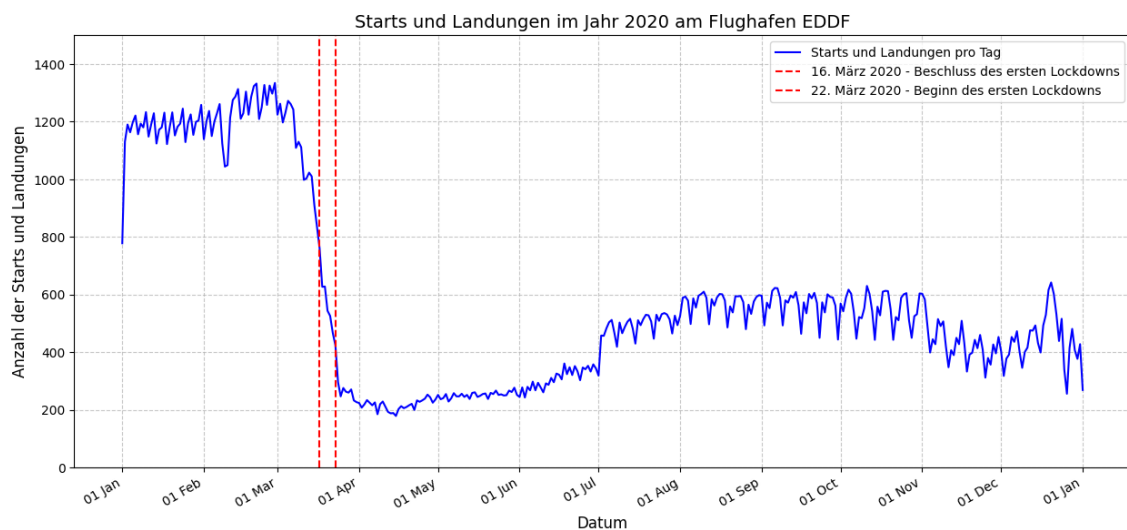


Abbildung 3: Starts und Landungen in Frankfurt im Jahr 2020

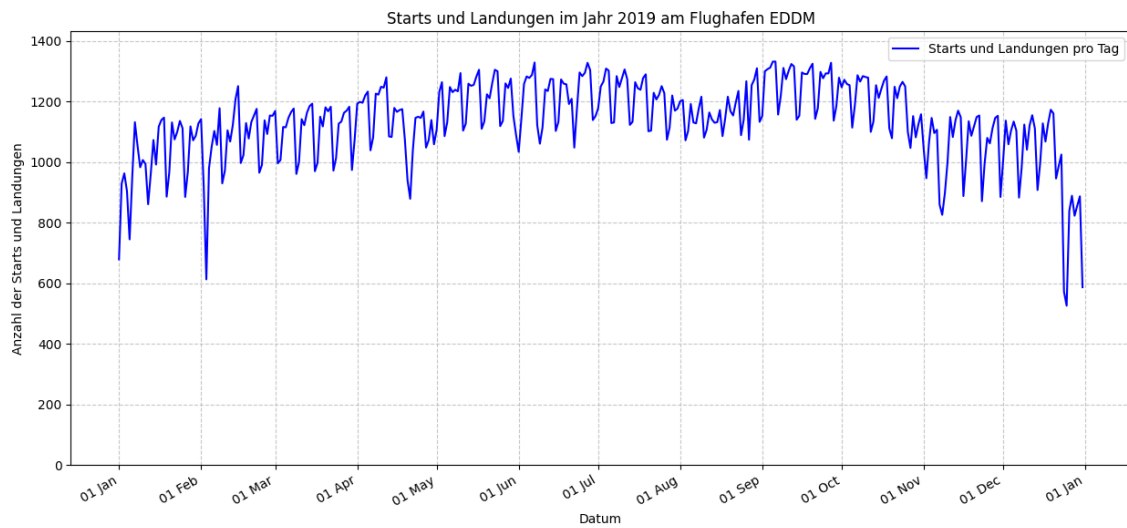


Abbildung 4: Starts und Landungen in München im Jahr 2019

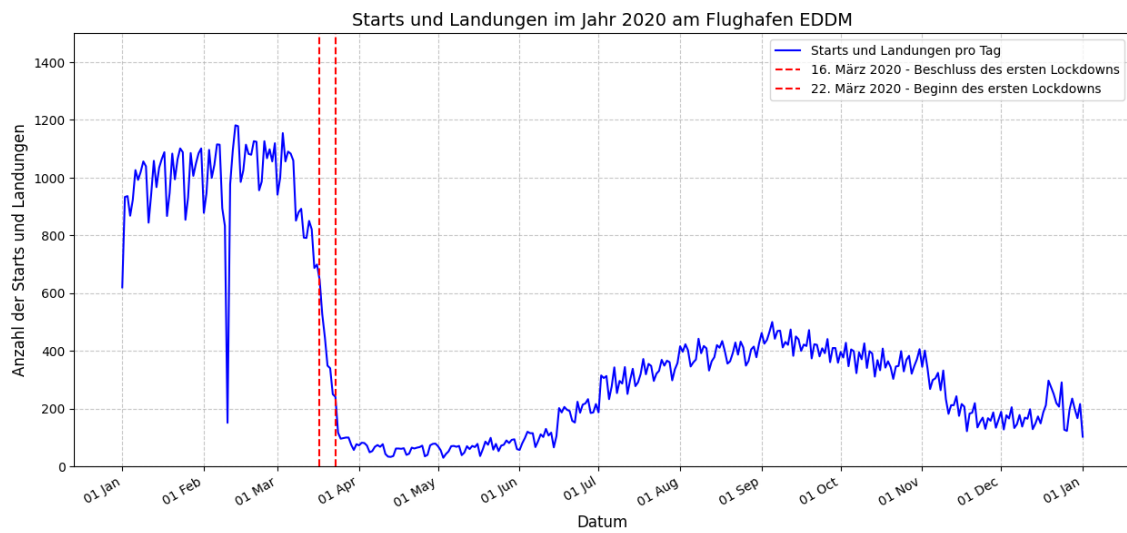


Abbildung 5: Starts und Landungen in München im Jahr 2020

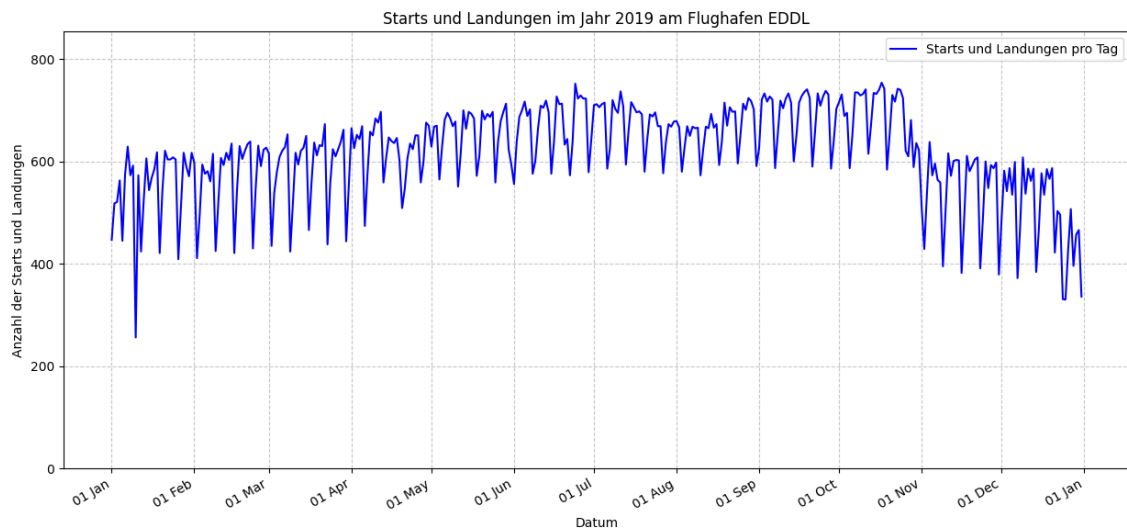


Abbildung 6: Starts und Landungen in Düsseldorf im Jahr 2019

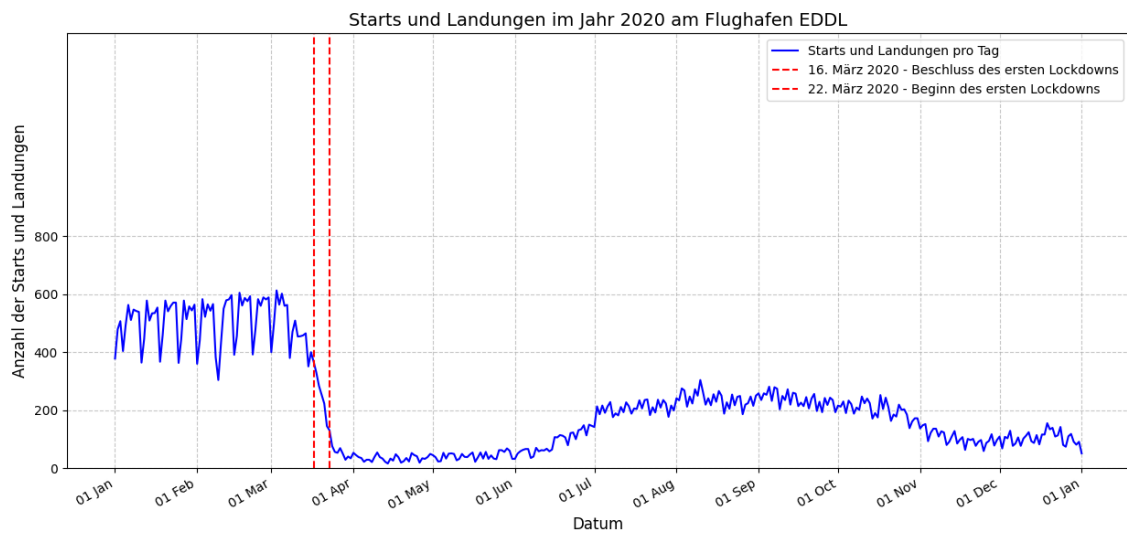


Abbildung 7: Starts und Landungen in Düsseldorf im Jahr 2020

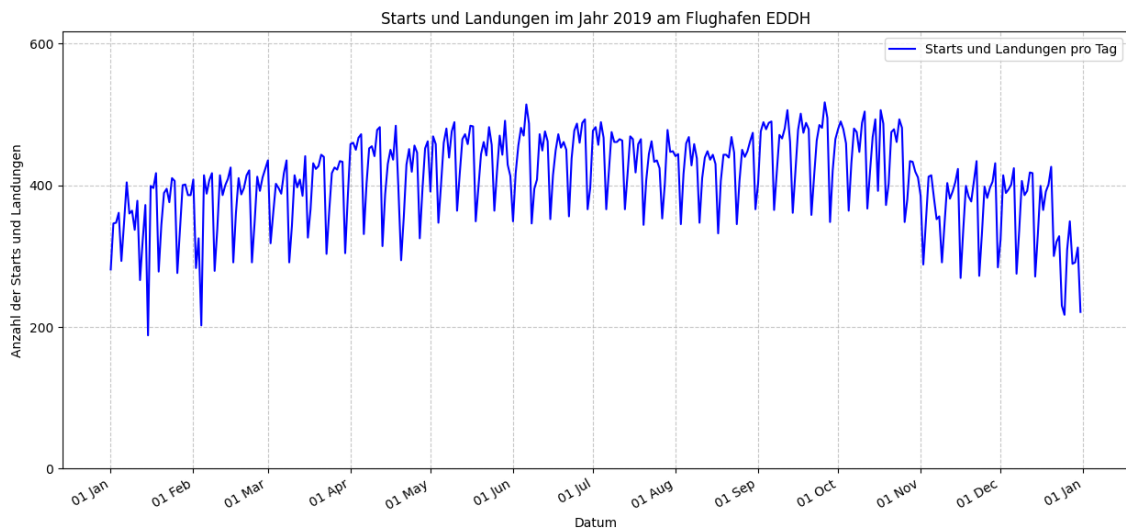


Abbildung 8: Starts und Landungen in Hamburg im Jahr 2019

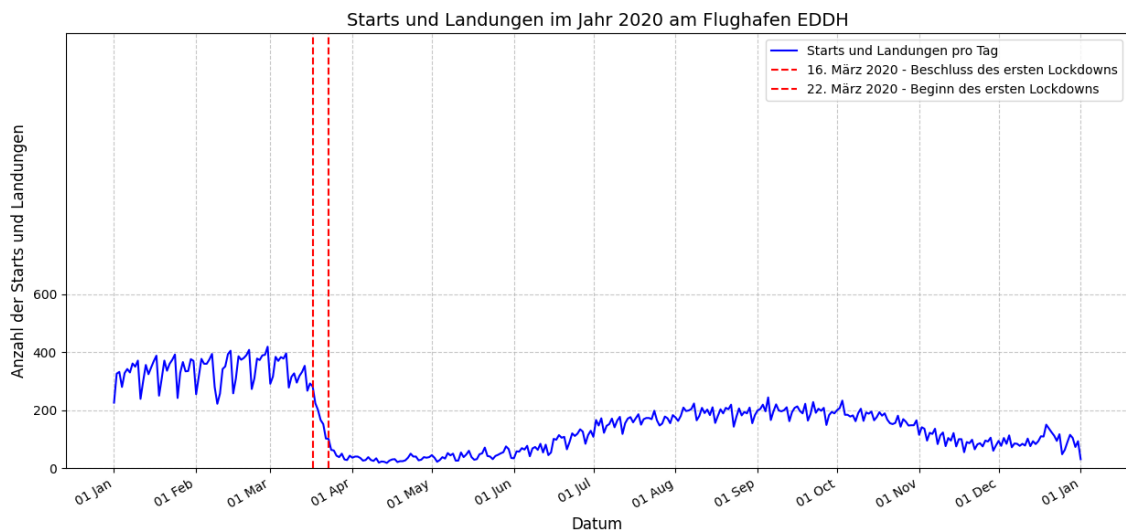


Abbildung 9: Starts und Landungen in Hamburg im Jahr 2020

Schaut man sich die Flugbewegungen an Deutschlands größtem Flughafen in Frankfurt am Main an (2, 3), so stellt man wie erwartet fest, dass es Anfang 2020 einen starken Abfall in den Flugbewegungen gab, von dem sich die Flugbewegungen auch bis Ende des Jahres nicht erholt haben. Die Flughäfen München(4, 5), Düsseldorf(6, 7) und Hamburg(8, 9) zeigen ein ähnliches Bild. Dieser starke Absturz in den Flugbewegungen ist eine Auswirkung der Coronapandemie, die später noch deutlicher erläutert werden.

Dem gegenüber steht Deutschlands drittgrößter Flughafen(3) Köln-Bonn (10, 11), bei dem der Abfall bei weitem nicht so stark ausfiel und was darauf zurückzuführen ist, dass Köln-Bonn ein Flughafen ist, an dem viel Fracht umgeschlagen wird und nicht so viele Personen im Vergleich dazu.

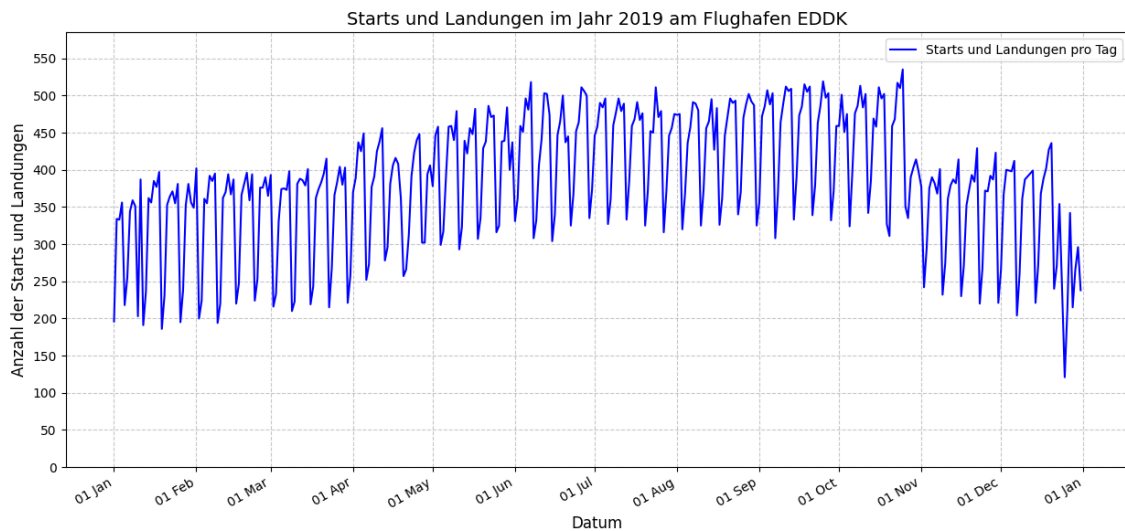


Abbildung 10: Flugbewegungen am Flughafen Köln-Bonn im Jahr 2019

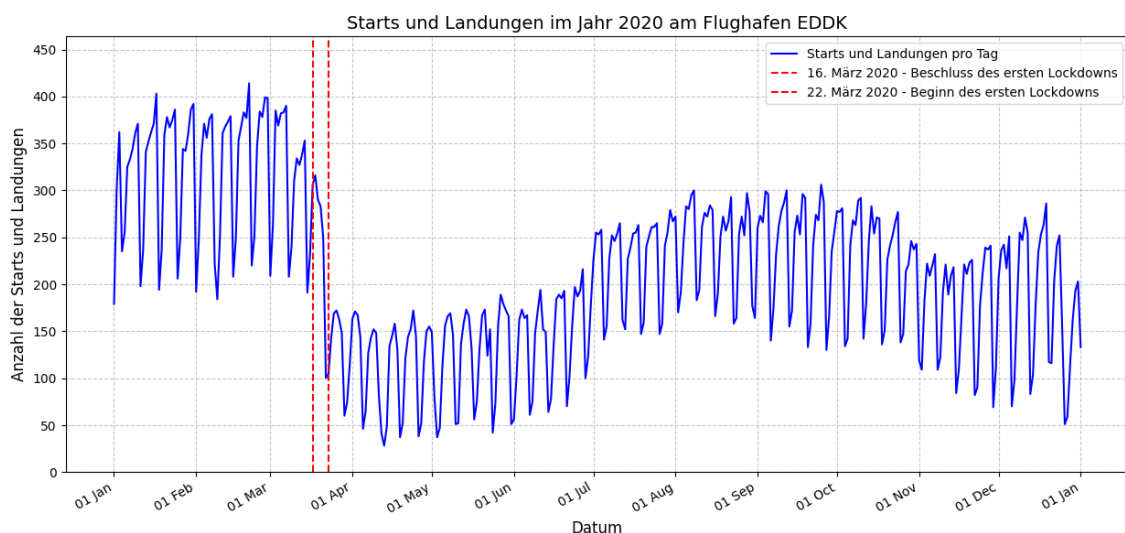


Abbildung 11: Flugbewegungen am Flughafen Köln-Bonn im Jahr 2020

4.4. Beispiele für Ausreißer in den Daten

Innerhalb der vorliegenden Datensätze lassen sich wiederholt Ausreißer identifizieren. Der Terminus „Ausreißer“ bezeichnet hierbei spezifische Datenpunkte, die in signifikanter Weise von der üblichen Verteilung der Daten abweichen und somit bei einer Analyse der Datensätze unmittelbar ins Auge fallen. Diese Ausnahmen können vielfältige Ursachen haben und erfordern daher Recherche, um ihre Bedeutung und potenziellen Einflüsse auf den Datensatz zu verstehen.

Im Rahmen unserer Analyse haben wir uns mit einigen dieser Ausreißer befasst und durch zusätzliche Internetrecherche versucht, die besonderen Umstände und Ereignisse hinter ihnen zu ergründen. Diese Erkenntnisse sind von entscheidender Bedeutung, um ein umfassendes Bild der Datenlage zu zeichnen und die Qualität unserer Analyse zu gewährleisten.

4.4.1. Streiks

Die häufigste Ursache für Ausreißer in den Flugdaten stellen Streiks dar. Ein konkretes Beispiel verdeutlicht dies besonders gut: Wenn wir die Starts und Landungen am Frankfurter Flughafen im Januar 2019 analysieren [siehe Abbildung 12], fällt besonders der 15. Januar auf, an dem lediglich knapp 600 Flugbewegungen verzeichnet sind. Im Vergleich dazu lag die Anzahl an Starts und Landungen an den Tagen davor und danach bei etwa 1300. Eine vertiefte Analyse dieser Daten lässt darauf schließen, dass am 15. Januar etwas Außergewöhnliches geschehen sein muss. Nach weiterer Recherche wird klar, dass der signifikante Rückgang der Flugbewegungen am 15. Januar 2019 auf einen Streik des Sicherheitspersonals am Frankfurter Flughafen zurückzuführen ist [24].

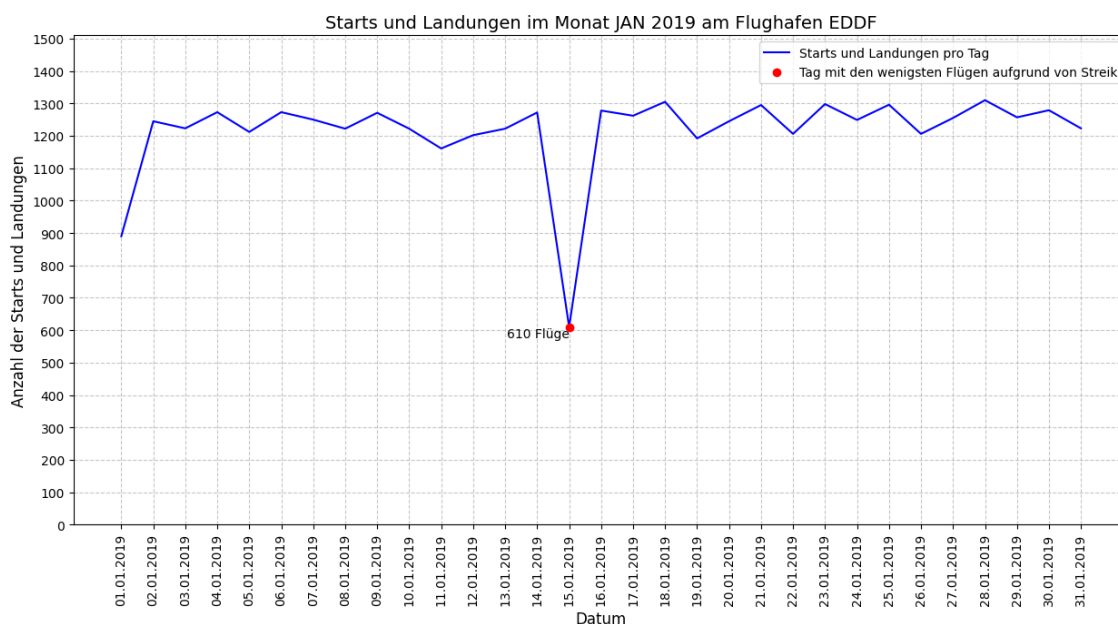


Abbildung 12: Einfluss von Streiks auf Flugbewegungen am Frankfurter Flughafen im Januar 2019

4.4.2. Wetter

Eine weitere häufige Ursache für Ausreißer in den Flugdaten liegt in schlechten Wetterbedingungen an den Flughäfen. Diese meteorologischen Einflüsse können erhebliche Auswirkungen auf den regulären Flugbetrieb haben und führen zu markanten Abweichungen in den Flugbewegungen. Betrachten wir beispielsweise den Februar 2020 am Münchener Flughafen [siehe Abbildung 13], so finden wir auch hier wieder einen markanten Ausreißer in den Daten. Auffällig ist hier der 10.02.2020. An diesem Tag starteten und landeten lediglich 151 Flugzeuge am Münchener Flughafen, einen Tag vorher waren es immerhin noch 833 Flüge und einen Tag später 977 Flüge. Diesen Ausreißer können wir mit schlechtem Wetter am Münchener Flughafen begründen: „Das Sturmtief Sabine wütete am Flughafen München“ heißt es in einem Artikel der Münchener Nachrichtenredaktion Merkur [14].

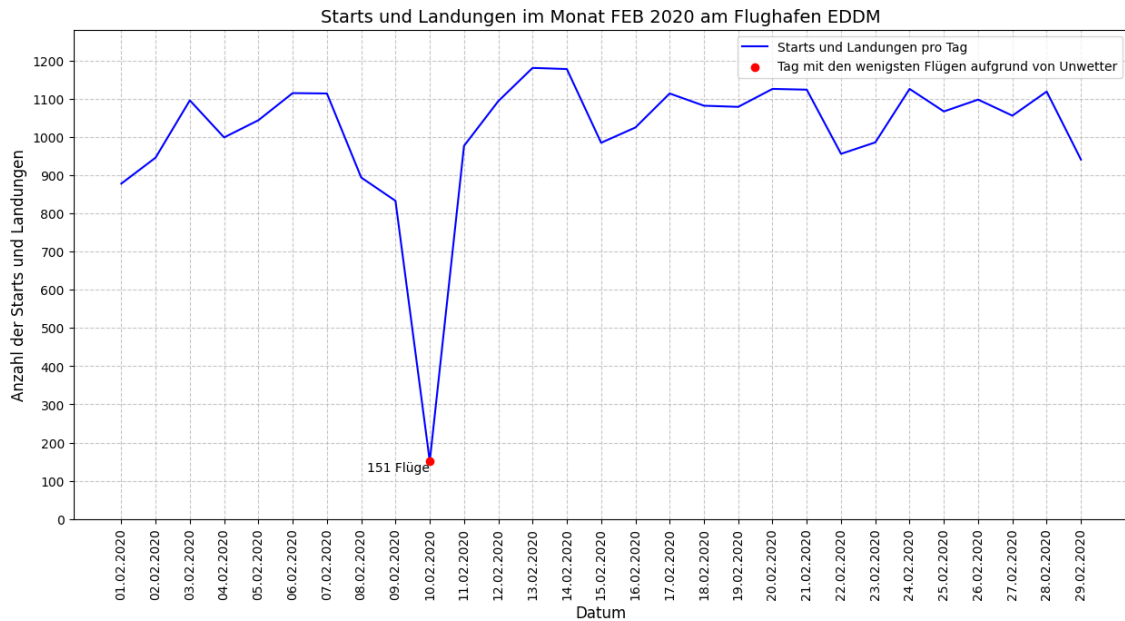


Abbildung 13: Einfluss von schlechtem Wetter auf Flugbewegungen am Münchener Flughafen im Februar 2020

4.4.3. Geiselnahmen

Anfang November 2023 ereignete sich eine Geiselnahme am Hamburger Flughafen. Hier war der Flugbetrieb vom Nachmittag des 04.11.2023 bis zum Nachmittag des 05.11.2023 komplett eingestellt. Ein Vater hatte seine kleine Tochter, für welche ihm das Sorgerecht entzogen worden war, entführt. Er floh mit ihr zum Hamburger Flughafen, durchbrach dort eine Schranke und gelangte so auf das Rollfeld, wo er nach dem Abwurf von Molotow-Cocktails und Warnschüssen fast 24h seine Tochter und sich selbst in seinem Fahrzeug festhielt. [16] Auch dieses Ereignis lässt sich in den Daten wiedererkennen [siehe Abbildung 14]. Da die Geiselnahme am Nachmittag des 05.11.2023 vorbei war, konnten am frühen Abend bereits die ersten Maschinen wieder abheben. Daher ist der Tiefpunkt nicht bei Null Flügen an diesem Tag, sondern bei 77 Flügen.

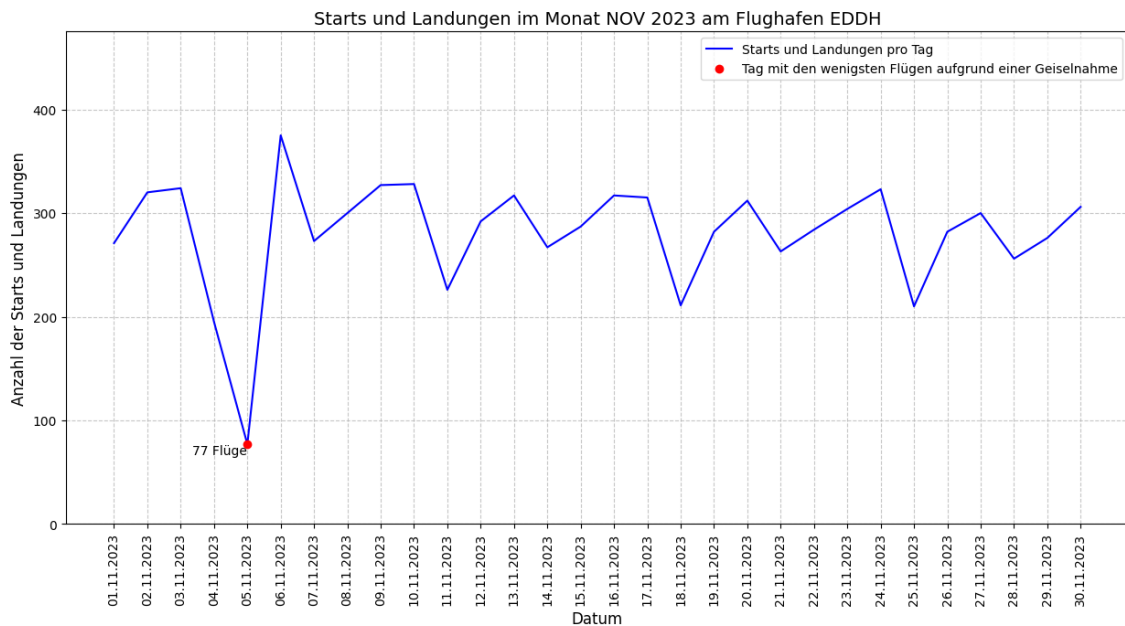


Abbildung 14: Geiselnahme am Hamburger Flughafen im November 2023

4.4.4. Terroranschlag

Ende März 2016 war der Flugbetrieb am Brüsseler Flughafen nahezu komplett eingestellt. Hintergrund hier war ein vorausgegangener Anschlag am 22.03.2016. Hierbei sprengten sich zwei Attentäter in die Luft, vorher fielen bereits mehrere Schüsse. Es sterben 10 Personen, Dutzende werden verletzt. Auch dieses Ereignis findet sich in den Daten - in Form eines über mehrere Tage anhaltendes Tiefs - wieder [siehe Abbildung 15]. [3]

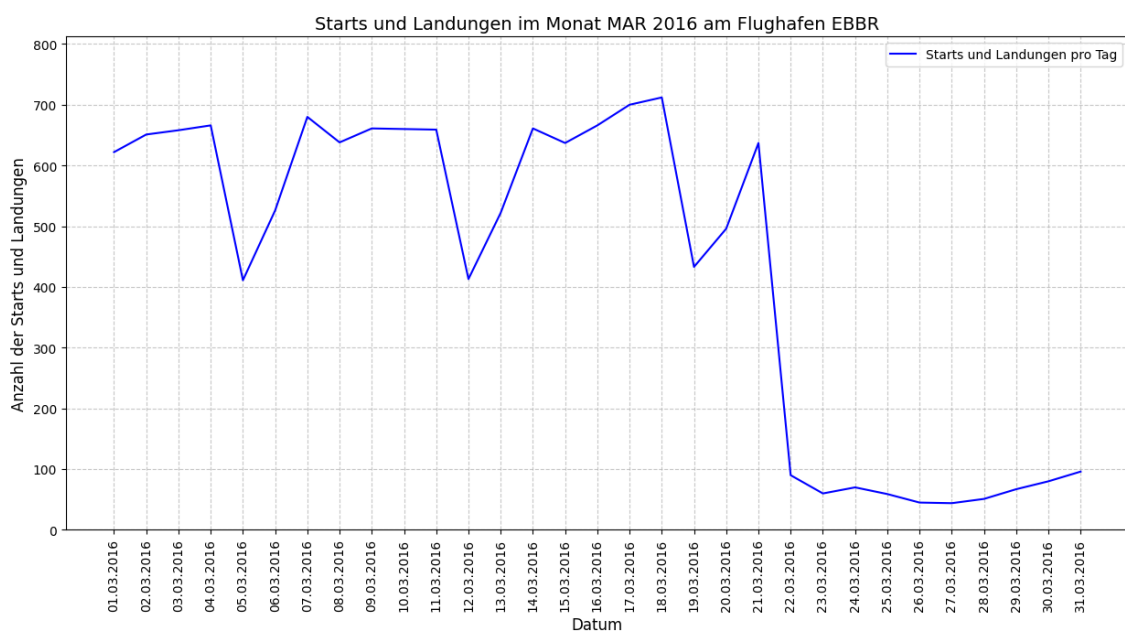


Abbildung 15: Terroranschlag am Brüsseler Flughafen im März 2016

4.4.5. Klimaaktivisten

Am 14.07.2023 legten Aktivisten der 'Letzte Generation' den Flugbetrieb am Hamburger Flughafen für mehrere Stunden lahm, indem sie sich auf eine Rollbahn festklebten. Um 06:10 Uhr wurde der Betrieb eingestellt, um 09:50 Uhr wieder aufgenommen. Es fielen knapp 70 Flüge aus, 10.000 Passagiere kamen verspätet oder gar nicht an ihr Ziel. [17]

Dieser Einschnitt ist nicht in unseren Daten wiederzufinden [siehe Abbildung 16]. Im Gegenteil: Der 14.07.2023 ist der Tag im Juli, welcher die meisten Starts und Landungen in Hamburg verzeichnet.

Wie ist das zu erklären?

Obwohl die Aktivisten die Rollbahn blockierten und den Betrieb für einige Stunden stoppten, änderte dies nicht die Tatsache, dass es sich um einen stark frequentierten Tag für den Hamburger Flughafen handelte. Es handelt sich hierbei um eine Kollision zwischen einem ohnehin stark beanspruchten Zeitpunkt für den Flugverkehr und den Blockaden.

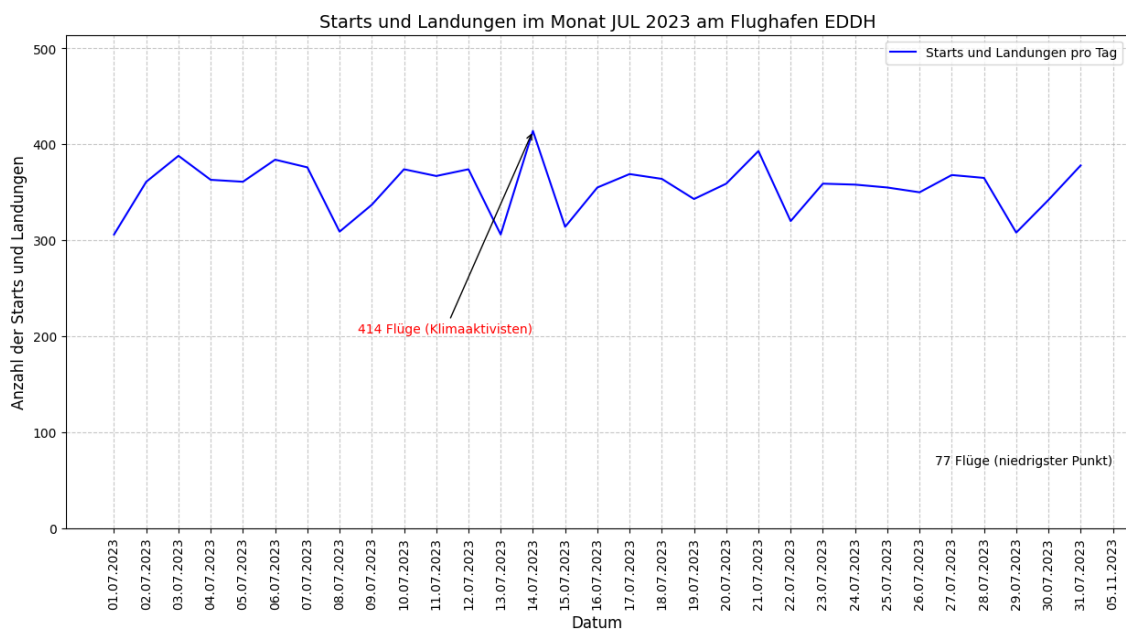


Abbildung 16: Klimaaktivisten dringen im Juli 2023 auf das Flughafengelände des Hamburger Flughafens vor und legen den Flugverkehr für mehrere Stunden lahm.

4.4.6. Drohnen

Am 20.12.2018 stören Drohnen den Flugbetrieb am Londoner Flughafen Gatwick. An diesem Tag fallen fast alle Flüge aus, da die Störungen die Flughafenbehörden dazu zwingen, aus Sicherheitsgründen den Betrieb vorübergehend einzustellen. [7] Wir erkennen den Einbruch in den Daten deutlich: An diesem Tag werden nur 5 Starts und Landungen durchgeführt, einen Tag vorher sind es noch 655 und einen Tag später wieder 616 Flüge [siehe Abbildung 17].

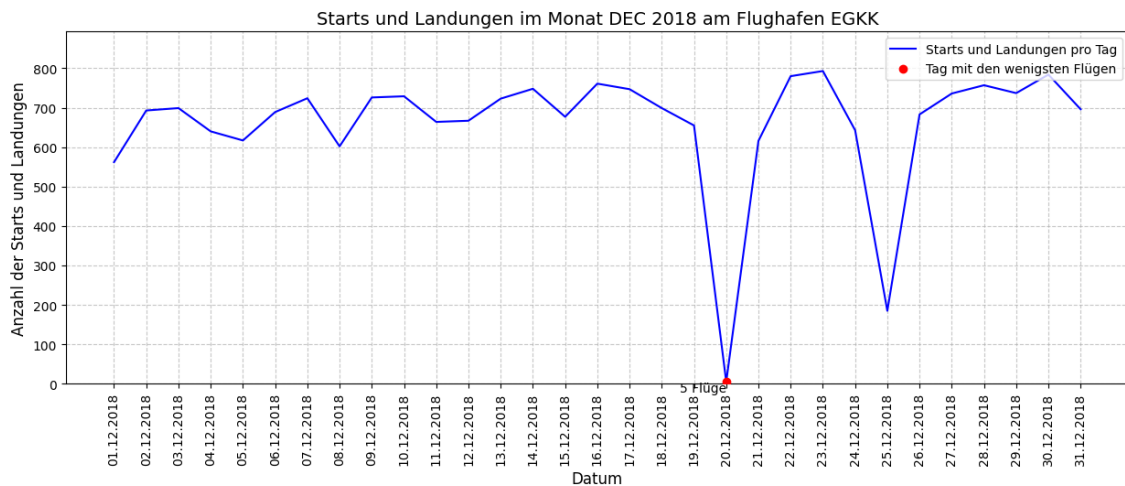


Abbildung 17: Drohnen stören den Flugbetrieb am Londoner Flughafen Gatwick im Dezember 2018.

Unsere Hypothese (siehe Abschnitt 2.1), dass sich Streiks, schlechtes Wetter und andere besondere Ereignisse an den jeweiligen Flughäfen in den Daten nachvollziehen lassen, wurde mit diesem Ergebnis teilweise bestätigt. In den meisten Fällen konnten wir diese Ereignisse tatsächlich in den Daten identifizieren. Allerdings war dies bei den Protestaktionen der Klimaaktivisten nicht der Fall.

4.5. Die Auswirkung der Covid-19-Pandemie auf den deutschen Flugverkehr

Nun wollen wir die eben erhobenen Diagramme um die Covid-19-Fallzahlen erweitern, um zu prüfen, ob die Anzahl der Flugbewegungen mit den Covid-19-Fallzahlen korreliert oder ob es einen Zusammenhang zwischen ihnen gibt. Das ermöglicht es, potenzielle Auswirkungen der Pandemie auf den Flugverkehr zu untersuchen.

Für unsere Analyse haben wir die jeweils fünf größten deutschen Flughäfen (siehe Abschnitt 4.1) untersucht und die Anzahl der Starts und Landungen in Verbindung mit den gleichzeitig herrschenden 7-Tage-Inzidenzen verglichen. Die 7-Tage-Inzidenz allein gibt Auskunft darüber, wie hoch die Infektionsrate zu einem bestimmten Zeitpunkt der Pandemie tatsächlich war. Es macht keinen Sinn, stattdessen die Fallzahlen zu betrachten, da die 7-Tage-Inzidenz einen besseren Überblick über die aktuelle Ausbreitung der Infektion bietet. Diese berücksichtigt nicht nur die Gesamtzahl der Fälle, sondern auch die zeitliche Verteilung, indem sie den Durchschnitt der Neuinfektionen in den letzten sieben Tagen berechnet. Dies ermöglicht eine genauere Darstellung des aktuellen Infektionsgeschehens und gleicht kurzfristige Schwankungen aus. [22]

Schauen wir uns einmal Deutschlands größten Flughafen, den Frankfurter Flughafen an (siehe Abbildung 18): Ein interessanter Aspekt, der sich aus den erhobenen Daten ableitet, ist die Tatsache, dass die Reduzierung der Starts und Landungen bereits vor dem Anstieg der 7-Tage-Inzidenz zu verzeichnen ist. Dies könnte einerseits auf vorausschauende Maßnahmen der Fluggesellschaften und Reisebeschränkungen [5] zurückzuführen sein. Andererseits verdeutlicht es aber auch, dass die 7-Tage-Inzidenz zeitlich verzögert reagiert, bedingt

durch die Art und Weise, wie Infektionen erfasst und gemeldet werden. Eine Verzögerung der Infektionszahlen bestätigt auch das Gesundheitsamt Baden-Württemberg. Hier heißt es in einem Frage-Antwortwebseitenbeitrag: ‚Das Infektionsmeldewesen ist kein ‚Echtzeitsystem‘, sondern es kommt innerhalb der Meldewege zu Verzögerungen. Eine Arztmeldung oder ein Laborbefund brauchen bis zu 24 Stunden, zum zuständigen Gesundheitsamt zu gelangen. Die gemeldeten Fälle werden dort erfasst, ermittelt und dann an das LGA und abschließend an das RKI innerhalb eines Tages übermittelt.“ [11]

Besonders signifikant ist der drastische Rückgang der Flugbewegungen zwischen der Ankündigung des ersten Lockdowns am 16.03.2020 und dem tatsächlichen Beginn am 22.03.2020. Hier fielen in Frankfurt die Flugbewegungen von knapp 1400 Starts und Landungen pro Tag im Februar auf unter 300 Starts und Landungen pro Tag im April. Die Verbindung dieser Ereignisse lässt sich als entscheidender Wendepunkt in der Luftfahrt während der Pandemie identifizieren.

In den Sommermonaten zeichnet sich an allen der fünf größten Flughäfen eine gewisse Erholung ab, was mit der beginnenden Urlaubssaison und den entsprechenden Lockerungen der Reisebeschränkungen für Drittstaaten nach Deutschland erklärt werden kann [21]. Trotzdem bleibt der Flugbetrieb im Vergleich zu den Vorjahren weiterhin unterdurchschnittlich. Dies deutet darauf hin, dass die Unsicherheit und Vorsichtsmaßnahmen weiterhin einen Einfluss auf die Reiseaktivitäten haben. Die zweite große Infektionswelle im Herbst 2020 hat keinen weiteren signifikanten Rückgang der Flugbewegungen zur Folge. Trotz einer mehr als 4-mal höheren Tagesinzidenz im Vergleich zur ersten Infektionswelle (gemessen an den jeweiligen Hochpunkten der ersten und zweiten Welle), bleiben die Flugbewegungen an allen fünf größten deutschen Flughäfen auf dem gleichen Niveau, wie im Frühjahr. Es gilt also nicht, dass die Starts und Landungen in einem proportionalen Verhältnis zur 7-Tage-Inzidenz steht. Die gleichbleibenden Flugzahlen im Herbst könnten auf die kontinuierlichen Bemühungen der Luftfahrtindustrie hinsichtlich Hygiene- und Sicherheitsmaßnahmen zurückzuführen sein: Die Verwendung von Masken, regelmäßige PCR-Tests vor Flügen und der ständige Luftwechsel in den Kabinen tragen dazu bei, dass Fliegen als vergleichsweise sicher betrachtet wird. Es bleibt aber auch festzustellen, dass eine deutliche Zunahme der Flugzahlen nicht verzeichnet wird. Der leicht erkennbare Rückgang ab November (im Vergleich zu den Sommermonaten Juli, August, September und Oktober) lässt sich auch mit saisonalen Trends erklären. Ein Blick auf die Daten aus den Vorjahren, beispielsweise 2019, zeigt, dass auch damals ab November ein Rückgang der Flugbewegungen an den deutschen Flughäfen zu verzeichnen war. Dies legt nahe, dass der beobachtete Rückgang nicht allein auf die Pandemie, sondern auch auf saisonale Einflüsse zurückzuführen ist. An anderen deutschen Flughäfen wie München sieht es über das Jahr nicht anders aus (siehe Abbildung 20).

Eine Ausnahme innerhalb der deutschen Flughäfen bildet der Flughafen Leipzig-Halle. Hierbei ist die Besonderheit des hohen Frachtflugverkehrs zu erwähnen, der ihn zum zweitgrößten deutschen Frachtflughafen nach Frankfurt macht. [10] Aufgrund dieser spezifischen Ausrichtung zeigt sich in Leipzig-Halle lediglich ein marginaler Rückgang der Flugbewegungen im Jahr 2020 (siehe Abbildung 19). Dies unterstreicht, dass trotz der allgemeinen

Einschränkungen im Personenverkehr während der Pandemie der Frachtsektor kontinuierlich hohe Aktivitäten verzeichnete.

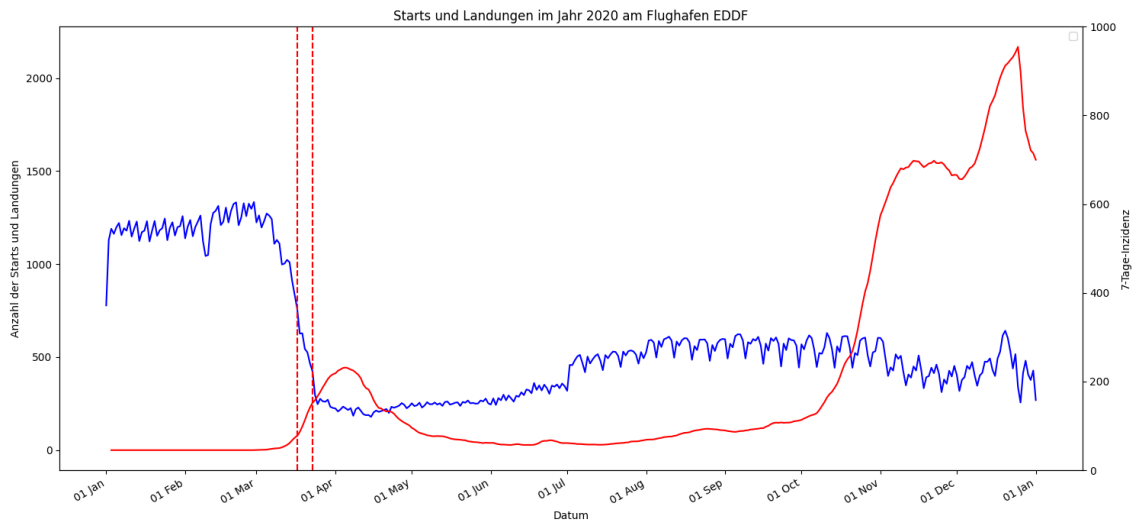


Abbildung 18: Die Flugbewegungen am Flughafen Frankfurt mit der 7-Tage-Inzidenz in Deutschland im Vergleich

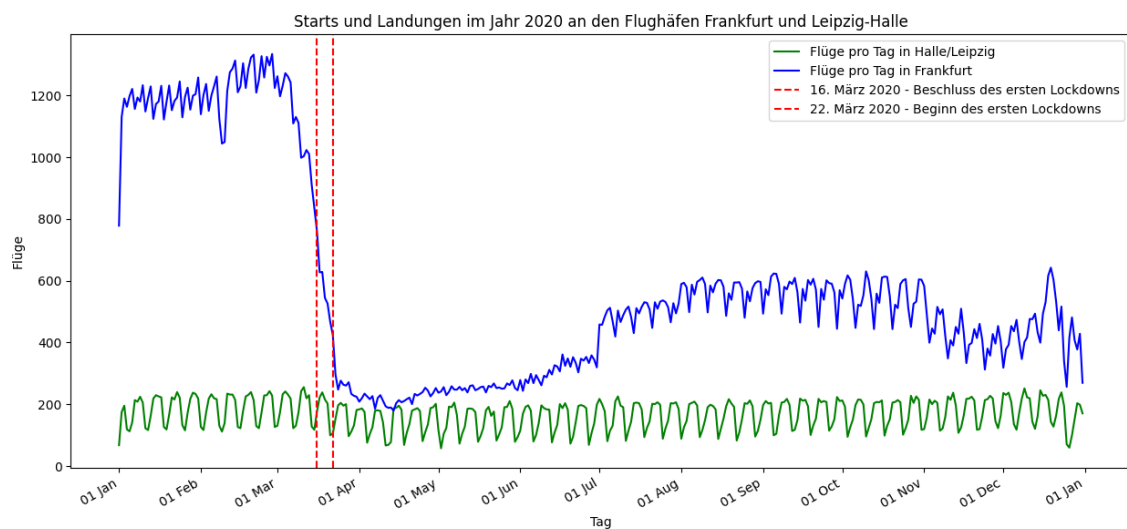


Abbildung 19: Die Flugbewegungen am Flughafen Leipzig-Halle und Frankfurt mit der 7-Tage-Inzidenz in Deutschland im Vergleich

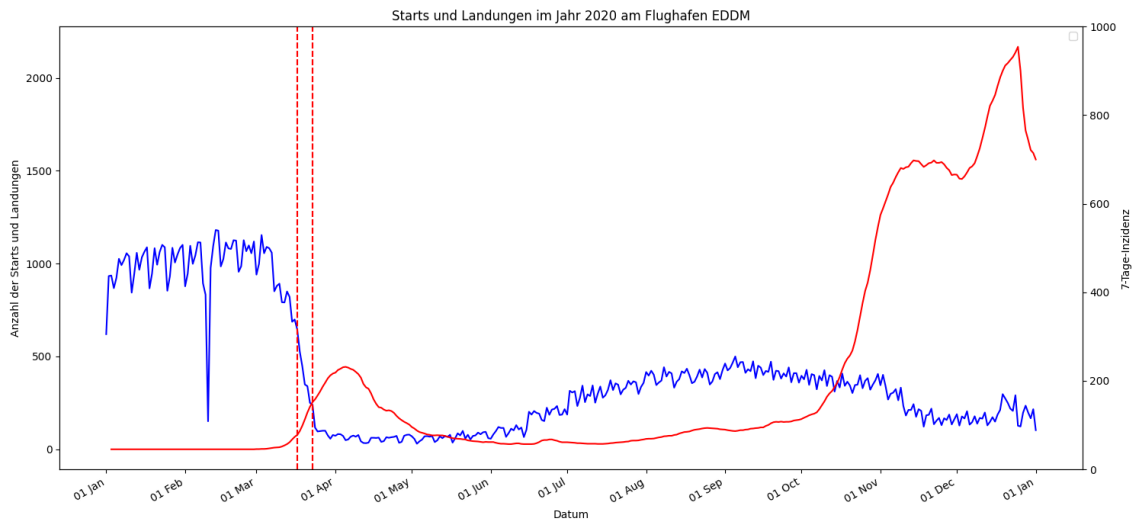


Abbildung 20: Die Flugbewegungen am Flughafen München mit der 7-Tage-Inzidenz in Deutschland im Vergleich

5. Zusammenfassung und Ausblick

Wir konnten aus unserer Daten, die größten und kleinsten Flughäfen im Zeitraum, über den die Daten gingen, herausfinden. Auch konnten wir feststellen, dass in der Woche und ums Wochenende mehr geflogen wird, als am Wochenende. Ebenso waren wir in der Lage besonderer Ereignisse, wie zum Beispiel Streiks in unseren Daten wiederzufinden. Wir konnten zeigen, dass der Einbruch des Flugverkehrs im März 2020 mit dem Beginn der Covid-19-Pandemie zusammenhing. Trotz steigender Fallzahlen ab Herbst 2020 waren die Flugzahlen konstant und brachen nicht erneut ein. Wir konnten dies auf stärkere Sicherheits- und Hygienemaßnahmen in Zusammenhang mit dem Coronavirus zurückführen. Der Einbruch in den Flugzahlen galt jedoch nur dem Personenverkehr, der Frachtverkehr hingegen wurde kaum beeinflusst. In Zukunft könnte man noch untersuchen, ob sich weltweit die gleichen Trends zeigen, wie sie sich in Deutschland zeigten, oder ob es vielleicht Länder gab, wo es grundsätzlich anders lief und was Ursachen dafür sein könnten. Dazu könnte man die gewonnenen Erkenntnisse noch mit anderen Daten wie Wetter- oder Finanzdaten in Beziehung setzen.

Literatur

- [1] <https://corporate.berlin-airport.de/de/unternehmen-presse/ber/verkehrsstatistik.html>. Letzter Zugriff: 04.02.2024.
- [2] *About us*. <https://www.eurocontrol.int/about-us>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [3] *Anschläge in Brüssel: Was bisher bekannt ist*. <https://www.tagesschau.de/ausland/explosion-am-flughafen-bruessel-105.html>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.
- [4] *Anzahl der Flugzeugbewegungen des gewerblichen Verkehrs am Flughafen Frankfurt in den Jahren 1991 bis 2023*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/5852/umfrage/entwicklung-der-flugzeugbewegungen-am-flughafen-frankfurt/>. Letzter Zugriff: 21.01.2024.
- [5] *Bundesinnenminister Seehofer ordnet weitreichende Reisebeschränkungen im internationalen Luft- und Seeverkehr an*. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2020/03/corona-reisebeschraenkungen.html>. Letzter Zugriff: 14. Januar 2024.
- [6] *Bundesregierung verständigt sich auf finanzielle Unterstützung für die Lufthansa*. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2020/05/2020-05-25-Lufthansa.html>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [7] *Chaos wegen Drohnenflügen. Airport Gatwick bleibt vorerst geschlossen*. <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/flughafen-london-gatwick-scharfschuetzen-suchen-drohnenpiloten-a-1244875.html>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.
- [8] *COVID-19-Faelle₇ – Tage – Inzidenz_{Deutschland.csv}*. https://github.com/robert-koch-institut/COVID-19_7-Tage-Inzidenz_in_Deutschland/blob/main/COVID-19-Faelle_7-Tage-Inzidenz_Deutschland.csv. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [9] *Data*. <https://ansperformance.eu/data/>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [10] *Der Flughafen Leipzig/Halle als leistungsfähiges Tor zu den globalen Handels-, Touristik- und Logistikmärkten der Welt*. <https://www.leipzig.de/wirtschaft-und-wissenschaft/investieren-in-leipzig/infrastruktur/verkehrsinfrastruktur/flughafen-leipzighalle>. Letzter Zugriff: 14. Januar 2024.
- [11] *FAQ zu den LGA COVID-19 Berichten*. <https://www.gesundheitsamt-bw.de/lga/de/fachinformationen/infodienste-newsletter/infektnews/seiten/lagebericht-covid-19/faq-zu-lagebericht/>. Letzter Zugriff: 14. Januar 2024.
- [12] *Fliegende Intensivstation holt Patienten aus Italien*. <https://www.aero.de/news-34764/Luftwaffe.html>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [13] *Flughafen BER ist eröffnet – mit neun Jahren Verspätung*. <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/berlin-flughafen-ber-eroeffnet-mit-neun-jahren-verspaetung-a-f5648c1b-558f-4529-93e4-554ef0de0088>. Letzter Zugriff: 22.01.2024.

- [14] *Flughafen München: Nervenkitzel-Landung - Pilot braucht danach 'starken Drink'.* <https://www.merkur.de/lokales/erding/flughafen-muenchen-ort60188/flughafen-muenchen-unwetter-sturm-sabine-orkan-ausfaelle-landungen-prognose-13530174.html>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.
- [15] *Frankfurter Landebahn wird als Flugzeug-Parkplatz genutzt.* <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/luftverkehr-frankfurt-am-main-frankfurter-landebahn-wird-als-flugzeug-parkplatz-genutzt-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-201217-99-733167>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [16] *Geiselnahme am Hamburger Flughafen beendet.* <https://www.tagesschau.de/inland/gesellschaft/hamburg-flughafen-geiselnahme-beendet-100.html>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.
- [17] *Klima-Aktivisten blockieren Hamburger Flughafen für mehrere Stunden.* <https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Klima-Aktivisten-blockieren-Hamburger-Flughafen-fuer-mehrere-Stunden,flughafen2780.html>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.
- [18] *Lufthansa setzt auf Cargo | Boeing 777-9X sollen in Frachter umgewandelt werden.* <https://frankfurtflyer.de/lufthansa-setzt-auf-cargo-boeing-777-9x-sollen-in-frachter-umgewandelt-werden/>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [19] *Luftverkehr in Deutschland, Mobilitätsbericht 2019.* <https://www.dfs.de/homepage/de/medien/publikationen/mobilitaetsbericht2019-web.pdf?cid=7y>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [20] *Meistgenutzte Verkehrsmittel zum Erreichen des Urlaubsziels in Deutschland in den Jahren 2019 bis 2021.* <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171448/umfrage/zum-erreichen-des-urlaubsziels-benutzte-verkehrsmittel/>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [21] *Schrittweise Aufhebung der Einreisebeschränkung für Drittstaaten.* <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2020/07/aufhebung-einreisebeschraenkung.html>. Letzter Zugriff: 14. Januar 2024.
- [22] *So einfach wird die Sieben-Tage-Inzidenz berechnet.* <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/coronavirus-sieben-tage-inzidenz-berechnen-1.4909107>. Letzter Zugriff: 14. Januar 2024.
- [23] *Staat stützt Condor mit 550-Millionen-Euro-Kredit.* <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/condor-in-corona-krise-staat-stuetzt-condor-mit-550-millionen-euro-kredit-a-1d02647f-2fa2-4bdb-ba25-1ed473202a3e>. Letzter Zugriff: 05.01.2024.
- [24] *Warnstreik trifft bis zu 220.000 Flugreisende.* <https://www.zeit.de/wirtschaft/2019-01/flugverkehr-streiks-sicherheitspersonal-flughafen-frankfurt-ausfaelle>. Letzter Zugriff: 13.01.2024.

A. Anhang

| Datensatz | Attribut | Beschreibung des Attributs | Aus Datensatz gestrichen? | Anmerkung |
|-------------|---------------|---|---------------------------|--|
| Eurocontrol | YEAR | Das Jahr, auf das sich die Daten beziehen | Nein | |
| Eurocontrol | MONTH_NUM | Die numerische Darstellung des Monats | Ja | |
| Eurocontrol | MONTH_MON | Die Abkürzung des Monats in drei Buchstaben | Nein | |
| Eurocontrol | FLT_DATE | Das Datum, an dem der Flug stattgefunden hat | Nein | |
| Eurocontrol | APT_ICAO | Die vier Buchstaben umfassende ICAO-Kennung des Flughafens | Nein | |
| Eurocontrol | APT_NAME | Der Name des Flughafens | Nein | |
| Eurocontrol | STATE_NAME | Der Name des Landes, in dem sich der Flughafen befindet | Nein | |
| Eurocontrol | FLT_DEP_1 | Die Anzahl an Starts | Nein | |
| Eurocontrol | FLT_ARR_1 | Die Anzahl an Landungen | Nein | |
| Eurocontrol | FLT_TOT_1 | Die Gesamtanzahl an Flugbewegungen | Nein | |
| Eurocontrol | FLT_DEP_IFR_2 | Die Anzahl der Flüge, die ausschließlich nach Instrumenten gestartet sind | Ja | Uns interessieren alle Starts, nicht nur solche, die ausschließlich unter Instrumentenregeln geflogen wurden. |
| Eurocontrol | FLT_ARR_IFR_2 | Die Anzahl der Flüge, die ausschließlich nach Instrumenten gelandet sind | Ja | Uns interessieren alle Landungen, nicht nur solche, die ausschließlich unter Instrumentenregeln geflogen wurden. |
| Eurocontrol | FLT_TOT_IFR_2 | Die Gesamtanzahl an Flügen, die ausschließlich nach Instrumentenflug-Regelungen geflogen sind | Ja | Uns interessieren die Gesamtanzahl aller Flüge pro Flughafen, nicht nur solche, die ausschließlich unter Instrumentenregeln durchgeführt wurden. |
| Eurocontrol | Pivot Label | Voller Name des jeweiligen Flughafens | Ja | Ist eine Mischung aus den bereits vorhandenen Attributen APT_NAME und APT_ICAO. Daher ist sie für uns in doppelter Ausführung nicht relevant. |

Tabelle 1: Der Eurocontrol-Datensatz

| Datensatz | Attribut | Beschreibung | Genutzt |
|-----------|-----------------|--|---------------------|
| RKI | Meldedatum | Das Datum, an dem die Fälle gemeldet wurden | Ja |
| RKI | Jahr | Das Jahr des Meldedatums | von uns hinzugefügt |
| RKI | Bevölkerung | Die Anzahl der Menschen, auf die sich die Daten in dieser Zeile beziehen | Nein |
| RKI | Altersgruppe | Die Altersgruppe, für welche die Fälle gemeldet wurden. Es gibt alle Altersgruppen zusammen (00+) sowie 0-4 Jahre, 5-14, 15 - 34, 35-59, 60-79 und 80+ | Nur 00+ |
| RKI | Faelle_gesamt | Die Anzahl, der insgesamt seit Start der Aufzeichnungen in dieser Altersgruppe registrierten Fälle | Ja |
| RKI | Faelle_neu | Die Anzahl der Neuinfektionen in der Altersgruppe an diesem Tag | Ja |
| RKI | Faelle_7-Tage | Die Anzahl der Fälle in den letzten 7-Tagen in der entsprechenden Altersgruppe | Nein |
| RKI | Inzidenz_7-Tage | Die Inzidenz (Fälle pro 100.000 Einwohner) innerhalb der letzten 7-Tagen | Ja |

Tabelle 2: Der RKI-Datensatz

Abschließende Erklärung

Wir versichern hiermit, dass wir unsere Ausarbeitung „Data Analytics - COVID Edition“ selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt haben, und dass wir alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlegenden Ausführungen unserer Arbeit besonders gekennzeichnet und die Quellen zitiert haben.

Oldenburg, den 4. Februar 2024

Julian Kropp und John Riecken