



POSITION // DEZEMBER 2020

Treibstoffschnellablass aus Luftfahrzeugen: Wirkungen auf Umwelt und Gesundheit

Für Mensch & Umwelt

**Umwelt 
Bundesamt**

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 2.2
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

 [/umweltbundesamt](https://www.youtube.com/umweltbundesamt)

 [/umweltbundesamt](https://www.instagram.com/umweltbundesamt)

Autoren:

Frank Wetzel

Satz und Layout:

le-tex publishing services GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

Titel: Adobe Stock/jrmedien_de

S. 4: Shutterstock/hbpro

S. 7: Shutterstock/G_O_S

Stand: Dezember 2020

ISSN 2363-8273

Treibstoffschnellablass aus Luftfahrzeugen: Wirkungen auf Umwelt und Gesundheit

Inhalt

1. Anlass	4
2. Notwendigkeit und Ablauf von Treibstoffschnellablässen	5
3. Statistik zur Ablasshöhe und Menge	6
4. Modellrechnungen	7
4.1 Szenarien	7
4.2 Modellierung	8
4.3 Modellergebnisse und Vergleich mit früheren Untersuchungen	9
5. Umwelttoxikologische Bewertung	10
5.1 Luft	10
5.2 Boden	11
5.3 Grundwasser	11
5.4 Menschliche Gesundheit	11
6. Rechtliche Aspekte	13
6.1 Untersuchte Fragestellungen	13
6.2 Empfehlung	13
7. Fazit	14
8. Literatur	15

1. Anlass

Am 5. Mai 2017 wurde im Rahmen der 88. Umweltministerkonferenz (UMK) in Bad Saarow der Beschluss gefasst, den Bund zu bitten, eine aktuelle Bewertung über den Umfang und die Auswirkungen von Treibstoffablässen auf Umwelt und Gesundheit basierend auf neuesten wissenschaftlichen Grundlagen vorzunehmen und über die Ergebnisse in der 91. UMK schriftlich zu berichten. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) bat daraufhin das Umweltbundesamt (UBA) eigene Bewertungen über den Umfang und die umwelttoxisologischen Auswirkungen von Treibstoffablässen auf Wasser, Boden, Luft und Gesundheit zu erarbeiten. Als Unterstützung der Bewertung wurde durch das UBA ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) vergeben. Das FuE-Vorhaben „Wissenschaftliche Erkenntnisse zu Rückständen/Ablagerungen von Kerosin nach sogenanntem Fuel Dumping und zu Auswirkungen auf Umwelt und

Gesundheit (ReFoPlan 2017 FKZ 3717511020)“ begann am 01.02.2018. In seinem Verlauf wurde das Vorhaben aufgestockt und zeitlich verlängert.

Zur 91. UMK am 09.11.2018 in Bremen erfolgte planmäßig der Bericht des Bundes zum Stand des oben genannten Vorhabens. Die 91. UMK bat die Bundesregierung daraufhin, die Arbeiten an dem Forschungsvorhaben fortzuführen und zu unterstützen, um eine sorgfältige und belastbare Bewertung der Ergebnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen zu ermöglichen. Zur 92. UMK wurde zusätzlich über Zwischenergebnisse des Vorhabens berichtet und eine Vorversion dieses UBA-Positionspapiers mit Stand Mai 2019 veröffentlicht. Über wesentliche Ergebnisse des inzwischen abgeschlossenen Forschungsvorhabens sowie weiterer Untersuchungen des UBA wird im Folgenden berichtet.



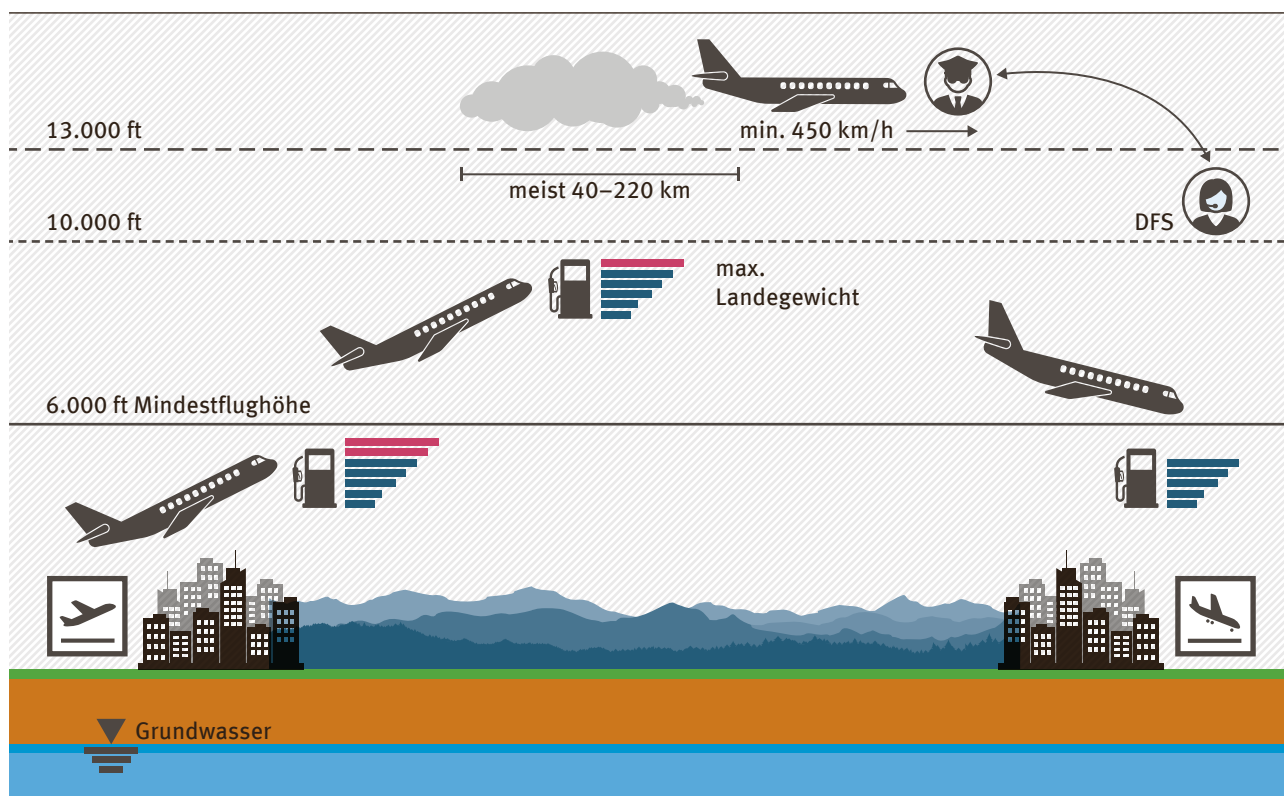
2. Notwendigkeit und Ablauf von Treibstoffschnellablässen

Bei Langstrecken-Flugzeugen kann das maximal zulässige Startgewicht höher festgelegt sein als das maximal zulässige Landegewicht. Unter normalen Umständen stellt dies kein Problem dar, da das Flugzeug bis zur planmäßigen Landung Treibstoff verbraucht und damit an Gewicht verliert. Tritt allerdings kurz nach dem Start ein unvorhergesehener Vorfall ein (z. B. ein medizinischer Notfall an Bord, ein technischer Defekt o. ä.), der das Flugzeug zur zeitnahen Landung zwingt, so kann es passieren, dass noch nicht genug Treibstoff verbrannt wurde, um das maximal zulässige Landegewicht zu erreichen. In diesen Fällen kann der Luftfahrzeugkommandant durch einen Treibstoffschnellablass (TSA) sicherstellen, dass das maximal zulässige Landegewicht eingehalten wird. Von dem Erfordernis zum Treibstoffschnellablass im Notfall sind in der Regel vor allem größere vierstrahlige Flugzeuge betroffen (z. B. Airbus A 340 oder A 380; Boeing B 747 oder B 777). Bei kleineren Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen liegt das maximale Startgewicht in der Regel nicht über dem maximal zulässigen Landegewicht. Im Notfall ist hier kein Treibstoffablass zur Gewichtsreduzierung erforderlich.

Der Treibstoffablass erfolgt über ein Verfahren (Non-Normal Procedure), das vom Flugzeughersteller in den Handbüchern festgelegt ist. Der Kommandant teilt das Erfordernis zum TSA der Flugsicherung mit. In Zusammenarbeit mit der Flugsicherung wird ein Luftraum gesucht, wo das Ablassen des Treibstoffes gefahrlos möglich ist [1]. Der TSA hat dabei in der Regel in einer Mindesthöhe von 6.000 Fuß und einer Geschwindigkeit von mindestens 450 km/h zu erfolgen. Die Entscheidung berücksichtigt auch eine Vielzahl von Parametern wie Wetter, Länge der Landebahnen, Art des Anfluges etc. Nach Beendigung des Treibstoffschnellablasses informiert die Besatzung die Fluglotsen und verfasst nach der Landung eine Meldung an die Fluggesellschaft. Die Meldung wird durch die Fluggesellschaft an das Luftfahrtbundesamt weitergeleitet, dass die TSA-Ereignisse im Internet veröffentlicht. Die Flugsicherung meldet diese dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) und dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Abbildung 1

Prinzipieller Ablauf eines Treibstoffschnellablasses



Quelle: [1]

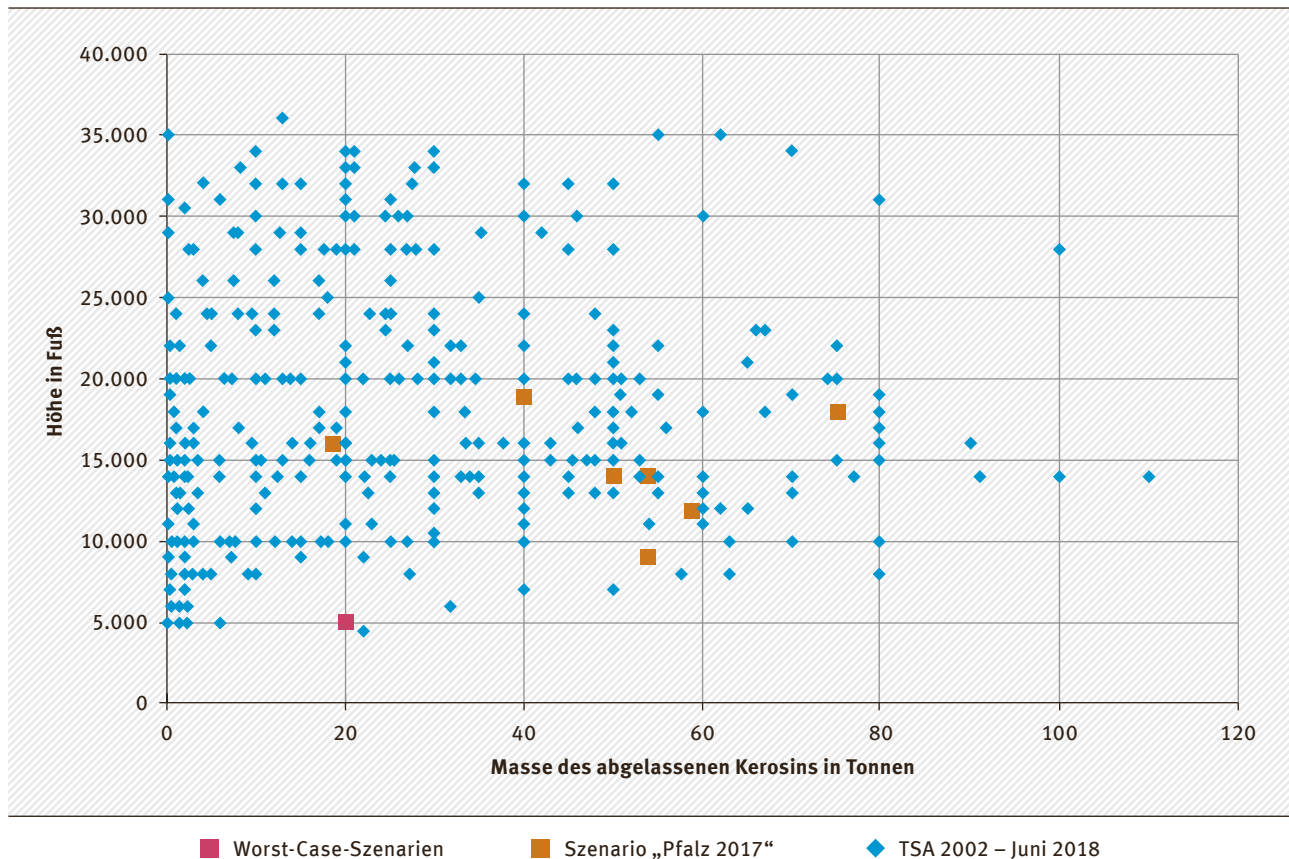
3. Statistik zur Ablasshöhe und Menge

Im Rahmen des FuE-Vorhabens wurden auch die TSA-Ereignisse der Vergangenheit betrachtet und statistisch ausgewertet. In Abbildung 2 ist dargestellt, in welchen Höhen welche Mengen an Kerosin im Zeitraum von Januar 2002 bis Juni 2018 über Deutschland abgelaassen wurden.

Die in den folgenden Kapiteln betrachteten vier Worst-Case-Szenarien liegen mit 5.000 Fuß am unteren Rand des Höhenspektrums, während die gewählte Ablassmenge (20 t) im mittleren Bereich liegt. Das Szenario „Pfalz 2017“ verwendet hingegen reale Ablasshöhen und Mengen.

Abbildung 2

Ablasshöhen und Masse des abgelassenen Kerosins der Treibstoffschnellablässe im Zeitraum 2002 bis Juni 2018



Quelle: Nach [1] mit UBA-Ergänzungen

4. Modellrechnungen

Zur Ermittlung der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit ist entscheidend, wie viel und welche Komponenten des Kerosins am Boden ankommen. Da hierzu keine aktuellen Messungen vorliegen und sich Messungen methodisch schwierig umsetzen lassen, haben sowohl die Auftragnehmer des UBA als auch das UBA selbst die bestehenden Simulationsmodelle für TSA so weiter entwickelt, dass in verschiedenen Szenarien und damit unter verschiedenen Rahmenbedingungen ermittelt werden kann, welche Kerosinmengen und welche Kerosinbestandteile in flüssiger Aggregatform am Boden ankommen.¹ Im Folgenden werden sowohl die betrachteten Szenarien, die Vorgehensweise der Modellierung als auch die Ergebnisse dieser Modellrechnungen vorgestellt.

4.1 Szenarien

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Wissenschaftliche Erkenntnisse zu Rückständen/Ablagerungen von Kerosin nach sogenanntem Fuel Dumping und zu Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit (ReFo-Plan 2017 FKZ 3717511020)“ wurden die folgenden **vier fiktiven Worst-Case Szenarien** untersucht, die sich hinsichtlich der Bodentemperatur und damit den Rahmenbedingungen für die Verdunstung des Kerosins unterscheiden:

- ▶ 20 °C: „Sommer“,
- ▶ 10 °C: „Jahresmitteltemperatur“,
- ▶ 0 °C: „Frostpunkt“,
- ▶ -10 °C: „Winter“.

Es handelt sich bei allen vier Fällen um Worst-Case-Szenarien, da wenig Wind (0,5 m/s) und eine sehr geringe Ablasshöhe (5.000 Fuß) angenommen wurden. Auch die übrigen Annahmen (z. B. Ablassrate, geringer Winkel von Windrichtung relativ zur Flugrichtung) wurden durchweg konservativ ausgewählt. Jedes dieser Szenarien betrachtet einen Ablass von 20 Tonnen Kerosin.

Zusätzlich wurde vom UBA ein weiteres, realitätsnahes **Szenario „Pfalz 2017“** untersucht, welches 7 von 9 gemeldeten Treibstoffschnellablässen über

Rheinland-Pfalz im Jahr 2017 berücksichtigt. Das Szenario der UBA-Berechnungen baut auf den Arbeiten im oben genannten Vorhaben auf und entwickelt das Modell weiter. Die größere Realitätsnähe ergibt sich aus der Verwendung der tatsächlichen Flugdaten, Windrichtungen und Wetterbedingungen gegenüber den Annahmen in den Worst-Case Szenarien. Das Szenario deckt mit 351 Tonnen rund 95 % der im Jahr 2017 über Rheinland-Pfalz abgelassenen Treibstoffmenge ab. Für die Modellierung wurden die realen Flugrouten mithilfe gemeldeter Radardaten erfasst, die über das Internetportal flightradar24.com (zivile Flüge) und die Bundeswehr (Militärische Flüge) bereitgestellt wurden [2]. Die Wetterbedingungen (vertikale Temperatur- und Windprofile) wurden für die jeweiligen Ablasszeitpunkte dem Wettermodell COSMO DE des Deutschen Wetterdienstes entnommen [3, 4]. Die zwei nicht berücksichtigten TSA-Fälle sind auf fehlende Radardaten zurückzuführen. Da lediglich 5 % der Kerosinmengen unberücksichtigt bleiben, haben die vom UBA getroffenen Aussagen zur Bewertung der Wirkungen der TSA hinsichtlich Umwelt und Gesundheit auf Basis des Szenarios „Pfalz 2017“ dennoch ihre Gültigkeit.



¹ Verdunstete Bestandteile unterliegen einer deutlich größeren räumlichen Verteilung und erhöhen die bodennahen Konzentrationen von Schadstoffen daher noch einmal in einem vernachlässigbaren Ausmaß.

4.2 Modellierung

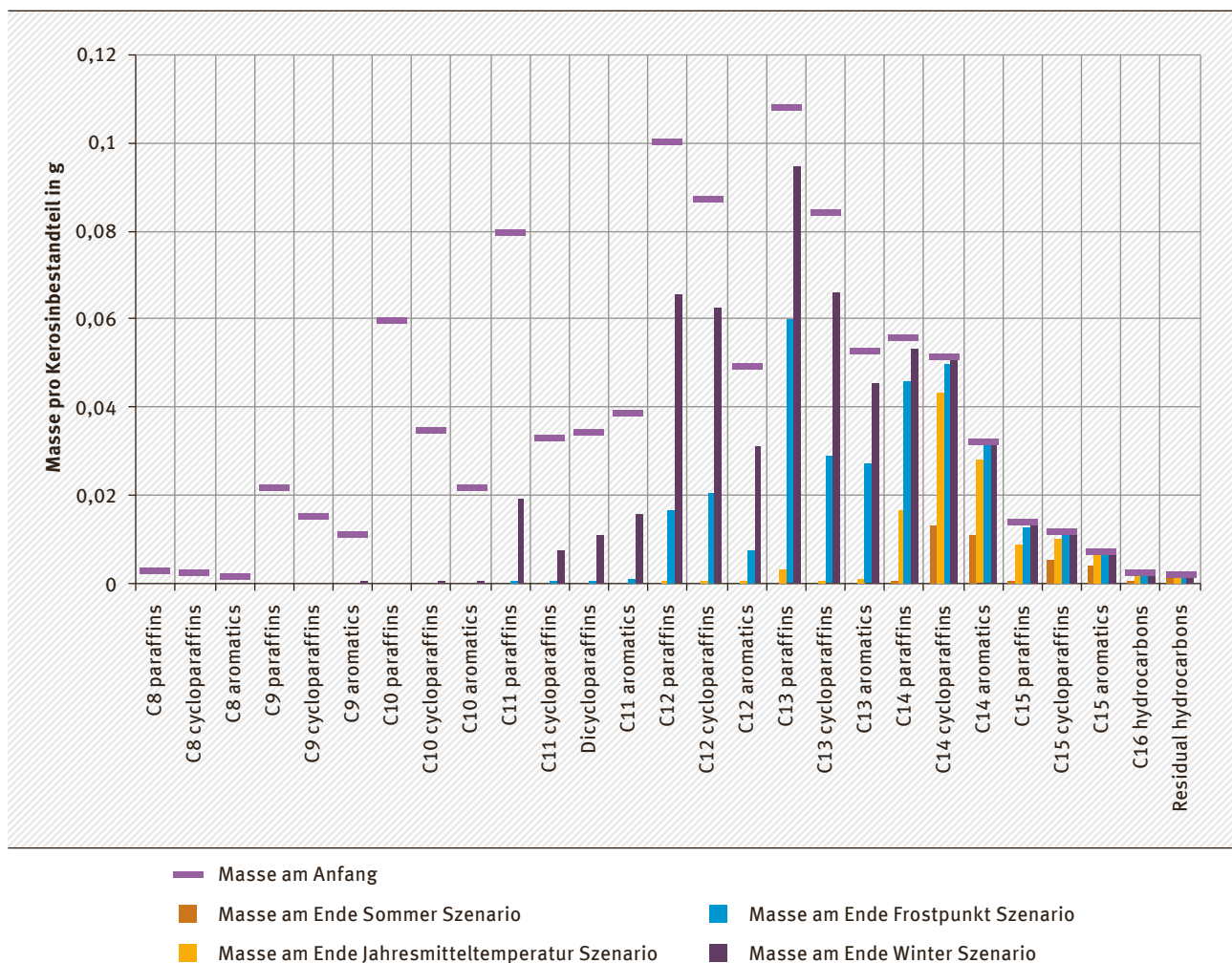
Den ersten Schritt der durchgeführten Modellierungen stellt ein **Tröpfchenmodell** dar, das das Verdunsten und Absinken einzelner Tröpfchen von der Ablasshöhe des Kerosins bis zum Boden nachvollzieht. Hierfür wurde im FuE-Vorhaben ein Modell entwickelt und genutzt, das auf einem früheren Modell basiert [5]. Für die vier Worst-Case-Szenarien wurden Tröpfchen mit einem Anfangsdurchmesser von 270 µm modelliert. Beim „Pfalz 2017“-Szenario, das vom UBA modelliert wurde, wurde für die sieben betrachteten TSA-Fälle eine Tröpfchengrößenverteilung (10–490 µm) berücksichtigt, was eine Vielzahl von Modellläufen notwendig machte. Aus dem Tröpfchenmodell kann abgeleitet werden, welche Bestandteile und welcher Massenanteil des abgelassenen Kerosins den Boden erreicht (siehe Abbildung 3 unten).

Den zweiten Schritt der Modellierung bildet das **Dispersionsmodell**, das die Verteilung der Tröpfchen bis zum Boden nachbildet und damit Aussagen über die Flächenkonzentration ermöglicht. Im FuE-Vorhaben wurde dazu ein Verteilungsmodell genutzt, das anhand der Fickschen Diffusionsgesetze einen normalverteilte Konzentrationsverlauf für die vier Worst-Case-Szenarien ableitet. Beim Szenario „Pfalz 2017“ wurden auf Grundlage des Windprofils und des Absinkverhaltens der unterschiedlichen Tröpfchengrößen sowie konservativer Annahmen zur Diffusion (Rauchfahnenmodell in stabiler Atmosphäre [6]) zunächst Verteilungsfunktionen für Punktquellen abgeleitet. Diese wurden mithilfe von Radardaten auf die Flugrouten projiziert und ergaben in ihrer Überlagerung die modellierten Flächenkonzentrationen.

Abbildung 3

Zusammensetzung des Kerosins sowie Kerosinbestandteile bei Erreichen des Bodens

differenziert nach Szenarien sowie für 1g abgelassenes Kerosin



Quelle: Nach [1].

4.3 Modellergebnisse und Vergleich mit früheren Untersuchungen

Als Ergebnis der Modellierungen durch die Auftragnehmer sowie des UBA ergeben sich die maximalen Flächenkonzentrationen des Kerosinrückstands am Boden in mg/m². In Tabelle 1 sind zusätzlich zu den Ergebnissen der Modellierungen für die betrachteten Szenarien auch die Angaben aus dem Planfeststellungsbeschluss für den Ausbau des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld enthalten [7]. Letztere wurden unter vergleichbaren Annahmen wie die vier Worst-Case-Szenarien ermittelt und liegen in der erwarteten Größenordnung.

Tabelle 1

Ergebnisse der Modellierung für die vier Worst-Case-Szenarien [1], das Szenario „Pfalz 2017“ sowie Ergebnisse der Literatur aus dem Planfeststellungsbeschluss zum Ausbau des Verkehrsflughafen Berlin Schönefeld [7]

Szenarien/Literaturquelle	Prozentualer Anteil des abgelassenen Kerosins, der den Boden erreicht in %	Maximale Flächenkonzentration des Kerosinrückstands am Boden in mg/m ²
Worst-Case-Szenarien		
Sommer (20 °C)	4	6
Jahresmitteltemperatur (10 °C)	12	26
Frostpunkt (0 °C)	32	81
Winter (–10 °C)	59	159
Szenario „Pfalz 2017“	9	13
Planfeststellungsbeschluss Ausbau Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld (15 °C)	8	20

Quelle: UBA-Zusammenstellung auf Basis von Daten aus [1], [7] sowie Berechnungen des UBA (2019).

5. Umwelttoxikologische Bewertung

Bei der umwelttoxikologischen Bewertung wurden mögliche Beeinträchtigungen auf die Luftqualität, den Boden, das Grundwasser und die menschliche Gesundheit betrachtet. Eine Übersicht über die erfolgten Bewertungen enthält Tabelle 2.

5.1 Luft

Benzol

Dass in Kerosin Benzol enthalten ist, wird von verschiedenen Quellen verneint [8, 9]. Wenn überhaupt Benzol im Kerosin enthalten ist, dann in sehr geringen Mengen ($< 0,1\%$) [10]. Auf das Szenario „Pfalz 2017“ übertragen, entspräche dies weniger als 351 kg Benzol, die unmittelbar nach dem Ablassen verdunsten und sich weiträumig verteilen. Dies entspricht den jährlichen Benzol-Emissionen von einigen tausend Benzin-Pkw, die aber deutlich näher am Menschen emittieren. Am 1. Januar 2017 lag der Bestand von Benzin-Pkw in Rheinland-Pfalz bei ca. 1,6 Millionen. Dies zeigt, welchen geringen Anteil Treibstoffschnellablässe an der verkehrsbedingten Benzol-Belastung haben. Die den Boden erreichenden Tröpfchen enthalten aufgrund der starken Flüchtigkeit keinerlei Benzol, selbst wenn das ursprüngliche Kerosin geringe Mengen Benzol enthalten hätte.

PM₁₀-Feinstaub

Die am Boden ankommenden Tröpfchen stellen dann PM₁₀-Feinstaub dar, wenn ihr Durchmesser kleiner als 10 µm ist. Auf Grundlage der für das Szenario „Pfalz 2017“ angenommenen initialen Tröpfchengröße konnte abgeschätzt werden, in welchem Umfang PM₁₀ am Boden ankommt. Es zeigte sich, dass nur ein sehr kleiner Massenanteil (unter 5 %) zum Ablasszeitpunkt einen Tröpfchendurchmesser hat, bei dem die Tröpfchen mit unter 10 µm den Boden erreichen und damit zum PM₁₀ gezählt werden können. Von diesem Massenanteil verdunstet der Großteil, bevor die Tröpfchen als PM₁₀ die bodennahe Luftschicht erreichen. Alle anderen Tröpfchen landen entweder mit größerem Durchmesser oder verdunsten komplett bevor sie den Boden erreichen.

Im Modell wurden aus 351 t Kerosin letztlich 5 kg PM₁₀, die mehrere Hundert Kilometer vom Ablassort entfernt großflächig verteilt zu Boden gehen. Um diese Menge so zu verdünnen, dass der Tages-Grenzwert der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung

(BImSchV) in Höhe von 50 µg/m³ eingehalten wird, genügt ein Luftvolumen von 0,1 km³. Das entspricht einem Würfel mit 464 m Kantenlänge. Da real deutlich mehr Luft zur Verdünnung zur Verfügung steht, wird die PM₁₀-Belastung durch TSA vom UBA als unkritisch eingeschätzt.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

„PAK16“ bezeichnet eine von der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA zusammengestellte Liste mit 16 Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), die als prioritäre Umweltschadstoffe eingestuft sind und häufig stellvertretend für die Gruppe der PAK in Umweltproben untersucht werden. Untersuchungen haben ergeben, dass die PAK16 bei den Flugkraftstoffen zu über 95 % (nach Toxizität auf Basis des sogenannten toxicity equivalency factor gewichtet [11]) aus Naphthalin bestehen, während die übrigen 15 Substanzen eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Geht man vom höchsten Wert an PAK16 von rund 2.800 mg/kg [12] für die 351 t Kerosin aus, die im Szenario Pfalz 2017 abgelassen wurden, wären also etwa 1 t PAK16 – überwiegend Naphthalin – enthalten. Da Naphthalin kaum verdunstet, sinkt es mit den Tröpfchen zu Boden. Damit der Vorsorgewert für Naphthalin von 0,01 mg/m³ [13] eingehalten wird, müssten diese auf etwa 100 km³ Luft verteilt werden. Dies entspricht einem Würfel von 4,6 km Kantenlänge.

In Deutschland wurden im Jahr 2018 rund 175.000 t PAK emittiert – hauptsächlich von Haushalten und Kleinverbrauchern [14]. Die PAK16-Emissionen durch Treibstoffschnellablässe sind vor diesem Hintergrund als unkritisch einzuschätzen.

Benzo[a]pyren im PM₁₀

Benzo[a]pyren (BaP) tritt als Produkt der unvollständigen Verbrennung auf, kann aber auch in unverbrannten Kraftstoffen enthalten sein. Messungen aus vorhandener Literatur haben ergeben, dass der BaP-Gehalt von Flug-Kerosin unter der Nachweis-schwelle von 2 µg/Gallone liegt [15]. Entsprechend enthalten 20 Tonnen Kerosin in den vier Worst-Case-Szenarien jeweils weniger als 13 mg BaP und 351 Tonnen Kerosin im „Pfalz 2017“-Szenario weniger als 232 mg BaP. Die Berechnungen ergaben, dass zur

Einhaltung des Zielwertes (1 ng/m^3) der 39. BImSchV relativ kleine Luftmengen ($0,013 \text{ km}^3$ bzw. $0,012 \text{ km}^3$) zur Verdünnung genügen würden. In der Realität stehen deutlich größere Luftvolumina zur Verfügung, weshalb die BaP-Belastung im PM_{10} -Feinstaub vom UBA als unkritisch eingeschätzt wird.

5.2 Boden

Deposition von Benzo[a]pyren

Der geplante Depositionsgrenzwert in der novellierten TA Luft (Schutzniveau Kinderspielplatz) für BaP liegt bei täglich 500 ng/m^2 [16]. Da BaP deutlich langsamer verdunstet als die anderen Kerosinbestandteile, kommt es während des Falls zu einer Aufkonzentration in den Tröpfchen. Dennoch ergeben sich in allen Szenarien sehr geringe Flächenkonzentrationen unter $0,2 \text{ ng/m}^2$. Die Deposition von BaP ist daher aus Sicht des UBA unkritisch.

Deposition von Kohlenwasserstoffen

Ausgehend von einer Probenahmetiefe von 5 cm und einer Bodendichte von $1,5 \text{ kg/l}$ werden mit jedem Quadratmeter 75 kg Boden mit Kerosinrückständen belastet. Als Vergleichssubstanz wurden die sogenannten PAK_{16} herangezogen, da für diese Vorsorgewerte existieren [18]. Es handelt sich dabei um 16 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, die als prioritäre Umweltschadstoffe eingestuft sind [17]. Die sich ergebenden Konzentrationen ($80\text{--}2.120 \text{ } \mu\text{g/kg}$) lagen in allen Szenarien deutlich unter den Vorsorgewerten für PAK_{16} ($3.000\text{--}10.000 \text{ } \mu\text{g/kg}$). Aufgrund der feinen Verteilung ist nach dem Erreichen des Bodens mit weiterer Verdunstung und einem raschen Abbau durch Mikroorganismen zu rechnen, so dass eine Anreicherung über einen längeren Zeitraum nicht zu befürchten ist. Die Belastungen des Bodens durch TSA werden daher vom UBA ebenfalls als unkritisch bewertet.

5.3 Grundwasser

Grundsätzlich ist aufgrund der feinen, oberflächlichen Verteilung ein Einsickern der Kohlenwasserstoffe bis ins Grundwasser unwahrscheinlich. Der überwiegende Anteil dürfte verdunsten oder in den obersten Bodenschichten verbleiben und dort abgebaut werden. Um eine Grundwassergefährdung auszuschließen, wurde dennoch fiktiv angenommen, dass sämtliche den Boden erreichenden Kohlenwasserstoffe komplett ins Grundwasser gelangen. Mithilfe des Prüfwertes von $200 \text{ } \mu\text{g/l}$ [18] und der Geringfügigkeitsschwelle von $100 \text{ } \mu\text{g/l}$ [19] wurde die Höhe

der Wassersäule berechnet, die für eine Verdünnung bis zur Unbedenklichkeit benötigt würde. Geht man von einem jährlichen Niederschlag von etwa 800 mm in Deutschland [20] aus, so entspricht die benötigte Wassersäule dem Niederschlag von einigen Monaten. Falls also überhaupt Belastungen des Grundwassers durch TSA auftreten, so können diese als unkritisch bewertet werden.

5.4 Menschliche Gesundheit

Bei der Bewertung der eingeatmeten Gase, die durch Verdunstung des Niederschlages am Boden entstehen, muss zunächst beachtet werden, dass die Tröpfchen bereits während des Absinkens der Verdunstung ausgesetzt waren. Die Verdunstung besonders flüchtiger Bestandteile ist somit bei Erreichen des Bodens bereits überwiegend abgeschlossen. Die anschließende Verdunstung der verbliebenen weniger flüchtigen Bestandteile verläuft langsam. Diese Verdunstung zu modellieren und Atemluftkonzentrationen in ihrem zeitlichen Verlauf abzuleiten, wäre im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zu komplex gewesen. Stattdessen wurde konservativ eine Gleichverteilung des gesamten Niederschlages innerhalb einer 1 m hohen Luftschicht angenommen, wohlwissend, dass die tatsächlichen Konzentrationen um Größenordnungen niedriger liegen sollten. Die Werte sind daher auch nicht mit der deutlich niedriger berechneten Volumenkonzentrationen ($0,2 \text{ mg/m}^3$) des TÜV Rheinland [21] vergleichbar.

Aufgrund fehlender anderer Bewertungsgrundlagen ist es notwendig, Arbeitsplatzgrenzwerte heranzuziehen. Aufgrund der modellierten Zusammensetzung der Tröpfchen (Abbildung 3) war der Aromatengehalt bekannt und es konnten individuelle Arbeitsplatzgrenzwerte für die Worst-Case-Szenarien ermittelt werden. Die errechneten Volumenkonzentrationen liegen überwiegend unterhalb der Arbeitsplatzgrenzwerte für C9–C14 Kohlenwasserstoffe [22], in jedem Fall aber unterhalb der doppelt so hohen Kurzzeitwerte. Vor dem Hintergrund, dass Arbeitsplatzgrenzwerte für 8-stündige Belastungen an 5 Wochentagen während der Lebensarbeitszeit ausgelegt sind, während die Luftbelastung beim TSA nur für kurze Zeit andauert und ein vermutlich einmaliges Ereignis darstellt, werden die Auswirkungen von TSA auf die menschliche Gesundheit vom UBA nach derzeitigem Kenntnisstand als unkritisch bewertet.

Tabelle 2

Tabellarische Zusammenfassung der Annahmen, der maximalen Flächenkonzentrationen sowie der umwelttoxikologischen Bewertung für die vier Worst-Case-Szenarien sowie das Szenario „Pfalz 2017“

			Einheit	Vier Worst-Case-Szenarien				Pfalz 2017
Annahmen	Lufttemperatur am Boden		°C	20	10	0	–10	reale Werte
	Ablasshöhe		Fuß	5.000 (Minimum)				reale Werte
	Initialer Tröpfchendurchmesser		µm	270				10–490
	Windgeschwindigkeit		m/s	0,5 (Minimum)				reale Werte
	Fluggeschwindigkeit		km/h	450				reale Werte
	Ablassrate		t/min	2,6				berechnet
	Ablassmenge		t/min	20				351
Ergebnis	Maximale Flächenkonzentration		mg/m²	6	26	81	159	13
Feinstaub PM ₁₀	Gesamtmenge		kg					5
	zur Verdünnung benötigtes Luftvolumen (39. BImSchV: 50 µg/m³)		km³					0,1
	Luftvolumen entspricht einem Würfel mit folgender Kantenlänge:		m	nicht modelliert				464
	Bewertung							unkritisch
Benzo[a]pyren	BaP im PM ₁₀	Gesamtmenge	mg/m²	< 13				< 232
		BaP im PM ₁₀	mg	nicht modelliert				< 12
		zur Verdünnung benötigtes Luftvolumen (1 ng/m³)	km³	< 0,013 ^a				< 0,012
		Luftvolumen entspricht einem Würfel mit folgender Kantenlänge:	m	< 236				< 226
		Bewertung		unkritisch				unkritisch
	Deposition	BaP-Gehalt des Präzipitats (Aufkonzentration durch Verdunstung)	ng/mg	< 0,017	< 0,006	< 0,002	< 0,001	< 0,007
		max. BaP-Konzentration am Boden	ng/m²	0,10	0,14	0,17	0,18	0,10
		TA Luft Schutzniveau Kinderspielplatz	ng/m²	Grenzwert: 500 (täglich)				
		Bewertung		unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch
PAK 16 (v.a. Naphtalin)	Gesamtmenge PAK 16		kg	< 56 ^b				< 983 ^b
	zur Verdünnung benötigtes Luftvolumen (Vorsorgewert Naphtalin: 0,01 mg/m³)		km³	< 5,6				< 98,3
	Luftvolumen entspricht einem Würfel mit folgender Kantenlänge:		m	< 1776				< 4615
	Bewertung			unkritisch				unkritisch
Boden	Maximale Bodenkonzentration (5 cm Probenahmetiefe, Dichte 1,5 kg/l)		µg/kg	80	347	1080	2120	177
	Vorsorgewert Vergleichssubstanz (PAK16) nach Anhang 2 BBodSchV		µg/kg	3.000–10.000 je nach Humusgehalt				
	Bewertung			unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch
Grundwasser	Zur Verdünnung der Mineralölkohlenwasserstoffe benötigte Wassersäule	Prüfwert nach BBodSchV: 200 µg/l	mm	30	130	405	795	66
		Geringfügigkeitschwelle: 100 µg/l	mm	60	260	810	1590	132
	Bewertung			unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch
menschliche Gesundheit	Volumenkonzentration bei Verteilung auf 1 m hohe Schicht		mg/m³	6	26	81	159	13
	AGW für C9–C14 Kohlenwasserstoffe nach TRGS 900 (Kurzzeitwerte)		mg/m³	98 (196)	121 (242)	140 (280)	142 (284)	50–300 (100–600)
	Bewertung			unkritisch	unkritisch	unkritisch	unkritisch ^c	unkritisch

^aKein PM₁₀ modelliert, daher sehr konservative Annahme, dass das gesamte BaP im PM₁₀ enthalten ist

^büberwiegend Naphtalin. Die übrigen PAK 16 wurden entsprechend ihres Toxischen Äquivalenzfaktors (TEF) in die entsprechende Menge Naphtalin umgerechnet.

^cDer berechnete AGW wird zwar leicht überschritten, aber nur für kurze Zeit im ungünstigsten Szenario. Die TRGS 900 lässt eine kurzfristige Verdopplung der Belastung zu (Überschreitungsfaktor 2). Die Situation wird daher auch in diesem Fall als unkritisch bewertet.

6. Rechtliche Aspekte

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Wissenschaftliche Erkenntnisse zu Rückständen/Ablagerungen von Kerosin nach sogenanntem Fuel Dumping und zu Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit (ReFoPlan 2017 FKZ 3717511020)“ wurde zusätzlich der Rechtsrahmen für Treibstoffschnellablässe untersucht. Insbesondere wurden unabhängig von den Ergebnissen der umwelttoxikologischen Bewertung Empfehlungen erarbeitet, wo Anpassungen im Rechtsrahmen denkbar sind, um im Sinne des Vorsorgeprinzips mögliche Belastungen auf Umwelt und Gesundheit reduzieren zu können.

6.1 Untersuchte Fragestellungen

Entscheidung, ob TSA durchzuführen ist

Aufgrund seiner nautischen Entscheidungsgewalt hat der Luftfahrzeugkommandant die alleinige Befugnis, über die Notwendigkeit einer Sicherheitslandung und damit über einen hierfür eventuell erforderlichen TSA zu entscheiden. Voraussetzung ist eine Gefahr für Personen im Luftfahrzeug, die nur durch den TSA und die umgehende Sicherheitslandung behoben werden kann. Das Rechtsgutachten sieht einen überragenden Stellenwert der hierdurch zu schützenden Rechtsgüter (Menschenleben, hohe wirtschaftliche Werte), die Vorrang gegenüber den durch einen TSA betroffenen Rechtsgütern haben. Bei der Frage, ob der Luftfahrzeugkommandant einen TSA anordnet, dürfte dessen Ermessen aufgrund der eindeutigen Rechtsgüterabwägung regelmäßig auf null reduziert sein.

Entscheidung, wie ein TSA durchzuführen ist

Die Entscheidung welcher Luftraum dem Luftfahrzeugkommandanten für den TSA zugewiesen wird, liegt bei der Flugsicherung. Das Rechtsgutachten macht deutlich, dass die hierfür geltenden rechtlichen Vorgaben zum einen die Sicherheit des TSA-Verfahrens selbst und zum anderen die Interessen der sonstigen Teilnehmer am Luftverkehr berücksichtigen. Die Rechte bzw. Interessen der Menschen am Boden werden durch Regelungen der ICAO (DOC 4444) berücksichtigt, wonach empfohlen wird, den TSA außerhalb von Städten und Gemeinden durchzuführen [23]. Zudem erlaubt § 13 Abs. 1 Satz 2 LuftVO einen TSA an Stellen, „an denen eine Gefahr für Personen oder Sachen nicht besteht“ [24]. Das Gutachten stellt aber klar, dass eine Gefahr (d. h. die Möglichkeit eines Schadens für Rechtsgüter) durch einen TSA nicht festgestellt werden dürfte. Schließlich wird § 25 FSDurchführungsV i. V. m.

BA-FVD 665.2 angeführt wonach ein TSA möglichst abseits großer Städte durchgeführt werden soll [25,26]. Obwohl die umwelttoxikologische Untersuchung keine Beeinträchtigungen am Boden erwarten lässt, sollte diese Vorgabe vorsorglich beibehalten werden.

6.2 Empfehlung

Das Rechtsgutachten empfiehlt daher eine Anpassung des Rechtsrahmen, wodurch vermieden werden soll, dass für Treibstoffschnellablässe stets dieselben Lufträume genutzt werden. Damit sollten im Sinne des Vorsorgeprinzips Summationswirkungen vermieden werden. Die Voraussetzung dafür sei, dass der Luftraum und die Verkehrslage in der Umgebung des jeweiligen Flughafens die Einrichtung mehrerer TSA-Gebiete zulässt und dass diese Lufträume in Fällen von TSA alternierend zugewiesen werden können. Das Rechtsgutachten empfiehlt daher die BA-FVD 665.2 um die im Folgenden kursiv dargestellte Formulierung zu ergänzen:

„665.2 Der Treibstoffschnellablass soll möglichst abseits großer Städte und in Lufträumen mit geringer Flugverkehrsdichte erfolgen. *Die Flugsicherung hat zu diesem Zweck nach Möglichkeit alternierende Lufträume zuzuweisen.*“

Als flugbetriebliche Maßnahme bietet sich eine Erhöhung der Mindestflughöhe beim TSA von 6.000 auf 10.000 Fuß an, wie sie z. B. in Großbritannien festgelegt ist [27]. Die Erhöhung wirkt sich positiv sowohl auf die Verdunstung als auch auf die Verteilung der Tröpfchen aus. So können die Auswirkungen von (vor allem winterlichen) Ablässen in geringer Höhe noch einmal vorbeugend reduziert werden. In der Praxis wird das Kerosin ohnehin meist oberhalb von 13.000 Fuß abgelassen, um einen 3.000 Fuß-Abstand zum ungesicherten Luftraum unterhalb von 10.000 Fuß einzuhalten.

Darüber hinaus wäre es möglich, durch eine Verbesserung der ökotoxikologischen und humantoxikologischen Bewertungsgrundlage oder erweiterte grundlagenwissenschaftliche Forschung die Risiken bzw. Wirkungen von Treibstoffschnellablässen besser abschätzen zu können [1]. Die hiermit vorgelegte umwelttoxikologische Bewertung zeigt jedoch auf, dass ein entsprechender Handlungsbedarf als nicht besonders prioritär einzuschätzen ist.

7. Fazit

Die Modellierungen der am Boden ankommenden Kerosinrückstände und die umwelttoxikologischen Untersuchungen des UBA und seiner Auftragnehmer ergaben nach derzeitigem Wissensstand keine kritischen Umweltauswirkungen von Treibstoffschnellablässen auf Boden, Grundwasser, Luft und menschliche Gesundheit.

Die Entscheidung, ob ein Treibstoffschnellablass durchgeführt wird, liegt einzig und allein beim Luftfahrzeugkommandant. Die Entscheidung über

das zugewiesene Ablassgebiet liegt hingegen bei der Flugsicherung. Zur Vermeidung von Summationswirkungen und um die Flächenkonzentrationen weiter zu senken, wäre es daher aus dem Vorsorgeprinzip heraus sinnvoll, eine Vorschrift zu möglichst alternierenden Ablassgebieten in die Betriebsanweisung BA-FVD 665.2 aufzunehmen und die Mindesthöhe beim TSA auf 10.000 Fuß über Grund zu erhöhen.

8. Literatur

- [1] U. Hiester, F. Ludwig, P. Joswig, A. Felgner: Wissenschaftliche Kenntnisse zum Treibstoffschnellablass: Datenauswertung und numerische Berechnungen, Abschlussbericht Band I
- [2] Internet-Portal „flightradar24“: <https://www.flightradar24.com>
- [3] Internet-Portal PAMORE des Deutschen Wetterdienstes: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/pamore/pamore.html>
- [4] M. Baldauf, J. Förstner, S. Klink, T. Reinhardt, C. Schraff, A. Seifert und K. Stephan: Kurze Beschreibung des Lokal-Modells Kurzzeitfrist COSMO-DE (LMK) und seiner Datenbanken auf dem Datenserver des DWD, Deutscher Wetterdienst, 2014
- [5] K. Pfeiffer: A Numerical Model to Predict the Fate of Jettisoned Aviation Fuel, Thesis, United States Air Force Air University 1994
- [6] Robert W. McMullen (1975) The Change of Concentration Standard Deviations with Distance, Journal of the Air Pollution Control Association, 25:10, S. 1057–1058
- [7] Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg: Planfeststellungsbeschluss Ausbau Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld vom 13. August 2004, Az.: 44/1-6441/1/101
- [8] Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste: Benzolgehalt von Kraftstoffen, Sachstand WD 8 – 3000 – 059/18
- [9] Internet-Portal des Flughafenverbandes ADV: <https://www.adv.aero/randomizer/kerosin/>
- [10] Flughafen Zürich: Treibstoffschnellablass, https://www.flughafen-zuerich.ch/~media/flughafenzh/dokumente/das_unternehmen/laerm_politik_und_umwelt/luft/2012_treibstoffschnellablass_de.pdf
- [11] N. Weis, M. Köhler, C. Zorn, Bremer Umweltinstitut GmbH: Bewertung von PAK-Belastungen in Innenräumen anhand von Toxizitätsequivalenten, https://www.bremer-umweltinstitut.de/files/pdfs/publikationen/187_Bewertung_PAK_ToX_2007.pdf
- [12] L.A. Shumway, Trace Element and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Analyses of Jet Engine Fuels: Jet A, JP5 and JP8, Technical Report, United States Navy, <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a396143.pdf>
- [13] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft, 2013 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/naphthen_rw_irl-2_2013-10.pdf
- [14] UBA-Internet-Portal: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_tab_pop-emi_2020.pdf
- [15] US EPA: Quantitative Analysis of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Liquid Fuels, EPA-600/2-80-069, 1980
- [16] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)
- [17] Umweltprobenbank des Bundes: Website: Glossar: EPA-Liste
- [18] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) Anhang 2
- [19] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, 2016
- [20] Chr.-D. Schönwiese, S. Trömel: 3.1.6 Langzeitänderungen des Niederschlags in Deutschland, erschienen in WARNSIG-NAL KLIMA: Genug Wasser für alle?
- [21] TÜV Rheinland: Konzeptstudie zur Umweltsituation des Rhein-Main-Flughafens Frankfurt/Main. 1992
- [22] Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900)
- [23] ICAO: Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management (DOC 4444)
- [24] Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)
- [25] Verordnung über die Durchführung der Flugsicherung (FSDurchführungsV)
- [26] Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste (BA-FVD)
- [27] UK CAA document CAP 493: Manual of Air Traffic Services Part 1



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/