



Manejo de drones en el espacio aéreo alemán:

Desafíos de la política de transporte en el campo de la tensión entre innovación, seguridad, protección y privacidad

Tratar con drones en el espacio aéreo alemán:

**Desafíos de la política de transporte en el campo de la tensión entre innovación,
Seguridad, protección y privacidad**

Opinión experta del Comité Asesor Científico
en el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital

Publicado en: Internationale Verkehrswesen (IV) 02/2019

Fecha 04/11/2019



Tabla de contenido

1	Introducción e intención de esta declaración	5
2	Escenarios de categorización y aplicación de drones	9
2.1	Categorización, categorías operativas y clases de drones	9
2.1.1	Categoría <i>abierto</i>	9
2.1.2	Categoría <i>específico</i>	13
2.1.3	Categoría <i>certificado</i>	14
2.1.4	Resumen	15
2.2	Escenarios de aplicación	15
3	Desafíos y perspectivas regulatorios	Vigésimo
3.1	Necesidad de actuar en el contexto de la normativa	Vigésimo
3.2	anterior Retos para la regulación de drones	22
3.3	Consecuencias para un mayor desarrollo del marco regulatorio	25
Cuarto	Planificación de la seguridad a través de la gestión específica del espacio aéreo con drones	28
4.1	Categorización de drones	28
4.2	Consideración del clima	31
4.3	Tecnologías e instituciones para la gestión del tráfico de drones	32
4.3.1	Áreas operativas	32
4.3.2	Precisión en la orientación del curso	33
4.4	Necesidad de actuar	34
5	Seguridad, aceptación de seguridad y derechos personales	36
5.1	Evaluación de seguridad SORA	36
5.2	Privacidad y seguridad	38



5.3	Riesgos de seguridad para las personas en tierra	41
Sexto	Oportunidades y riesgos de los drones en el transporte de	42
Séptimo	pasajeros Conclusiones y recomendaciones	46
	Lista de abreviaciones	51
	Miembros del Comité Asesor Científico	53



1 Introducción e intención de este puesto-tomó

Según el artículo 1, párrafo 1 de la Ley de Aviación (LuftVG), los drones se clasifican formalmente como aeronaves y son "aeronaves no tripuladas con pilotos controlados a distancia" (RPAS, sistemas de aeronaves pilotadas a distancia) o "aeronaves con control automatizado y funciones de navegación sin pilotos" (UAV, vehículo aéreo no tripulado). En esta declaración, el término 'dron' se usa en todas partes. No tripulado se refiere a las funciones de control de vuelo e incluye el transporte de personas utilizando drones. Los drones están experimentando actualmente en el curso de la revolución de la digitalización en la sociedad y las posibilidades asociadas de adquisición y recopilación de datos rentables y cada vez más potentes.

- Transferir capacidades de un crecimiento explosivo y con ello el tráfico aéreo. Especialmente, estas aplicaciones se han concentrado hasta ahora en altitudes bajas (<150 m, el llamado VLL, Very Low Level Airspace) y radios de acción (<20 km) de los drones individuales. La razón de esto es la tecnología de monitoreo utilizada para RPAS en la banda de frecuencia VHF / UHF y la restricción aún predominante para operar en el campo de visión del piloto remoto (VLOS, línea de visión visual). El espacio aéreo VLL está, fuera de los aeropuertos, en Alemania no controlado (espacio aéreo de clase G) y, por lo tanto, en gran parte se autoorganiza, administrado sin control de tráfico aéreo de acuerdo con las reglas de vuelo visual (VFR, Reglas de vuelo visual).

Según las previsiones de SESAR Drone Outlook¹ (Single European Sky Air Traffic Management Research), se esperan alrededor de 7 millones de drones en el sector de los juegos (juguetes) y otros 400.000 en el sector comercial para Europa para 2050, entre otros.

- Aproximadamente 100.000 en agricultura (Agricultura) para optimizar el seguimiento del proceso en el cultivo de campos y así aumentar la productividad,
- Aproximadamente 10,000 en el sector de la energía (Energía) para la implementación de reducción de riesgos de tareas peligrosas de monitoreo y mantenimiento en sistemas técnicos complejos,

¹ Consulte

https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European_Drones_Outlook_Study_2016.pdf



- Aproximadamente 100.000 en logística (servicios urgentes) para la provisión de entregas esenciales y como un servicio de entrega premium de bienes económicos de la más alta calidad,
- aprox.50.000 para servicios de policía y bomberos (Protección Civil).

Esto aumentaría significativamente la densidad de aeronaves en el espacio aéreo, solo en uso comercial, en más de 10 veces en comparación con las aproximadamente 20,000 aeronaves certificadas controladas convencionalmente disponibles en la actualidad (aviación comercial y helicópteros). Según el pronóstico del plan maestro ATM de SESAR, estos aviones convencionales aumentarán a alrededor de 45,000 en todo el mundo durante el mismo período de tiempo.² Los conductores son los diversos, que actualmente desarrollan nuevos modelos de negocio con la ayuda de drones, que, según estimaciones de PWC y Goldman Sachs, podrían alcanzar ventas anuales de más de 100 mil millones de dólares en todo el mundo solo para 2020.^{3 4} Blyenburgh esperaba desarrollos progresivos similares con una triplicación del número de transportes que utilizan drones solo para fines de 2018.⁵ Estas estimaciones dan una idea del potencial; sin embargo, la propagación real de los drones también dependerá en gran medida del entorno regulatorio.

Además, se puede suponer que en un futuro próximo se utilizarán numerosos tipos nuevos de drones, que pueden elevarse a altitudes significativamente mayores hasta el espacio aéreo controlado (> 2500 pies o unos buenos 750 m sobre el suelo). B. como un taxi aéreo para poder superar distancias más grandes sin congestión / desvío sin obstáculos. A largo plazo, también se esperan drones cada vez más grandes en forma de aviones comerciales de superficie y de rotor en el sector de carga y más tarde también en el transporte de pasajeros. SESAR espera una participación del 20% del tráfico aéreo autónomo / controlado a distancia en el espacio aéreo controlado mencionado anteriormente para 2050 ^{Sexto}

Las diversas oportunidades y dinámicas del desarrollo actual de los drones se compensan con varios posibles efectos indeseables (externalidades negativas). Estos incluyen accidentes con lesiones personales o daños a la propiedad en el suelo, en edificios u otros objetos fijos; Accidentes en el aire con aviones, teleféricos u otros drones; amenazas criminales o terroristas de equipos equipados con sistemas de disparo, dispositivos explosivos o productos químicos

² (¿Des) ciertos cielos? Drones en el mundo del mañana - © OCDE / ITF 2018, https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/uncertain-skies-drones_0.pdf

³ PwC (2016), Claridad desde arriba: Informe global de PwC sobre las aplicaciones comerciales de la tecnología de drones, PricewaterhouseCoopers, Varsovia.

⁴ Goldman Sachs (2016), "Drones: Reporting for Work", [www.goldmansachs.com/our-](http://www.goldmansachs.com/our-pensamiento/tecnología-impulsando-la-innovación/drones/)

[pensamiento/tecnología-impulsando-la-innovación/drones/](http://www.goldmansachs.com/our-pensamiento/tecnología-impulsando-la-innovación/drones/).

⁵ Blyenburgh (2018), Operaciones con drones: hoy y mañana, Blyenburgh & Co, París

^{Sexto} PwC (2016), Claridad desde arriba: Informe global de PwC sobre las aplicaciones comerciales de la tecnología de drones, PricewaterhouseCoopers, Varsovia.



dispositivos tete; Violaciones de la privacidad a través de imágenes o grabaciones de sonido o mediante la introducción ilegal de sensores en la privacidad de otras personas; drones utilizados para robar objetos; La contaminación acústica; Molestia del entorno visual o acústico de las personas (incluso si todavía está por debajo de los umbrales de ruido especificados); Alarmar o asustar a las personas por los peligros antes mencionados o como resultado de reflejos naturales; Alteración del hábitat natural de los animales. Estas áreas problemáticas se han debatido a nivel nacional, europeo e internacional durante algún tiempo y actualmente están dando lugar a los primeros pasos reglamentarios fundamentales, pero aún no completos. Hasta ahora, las regulaciones nacionales han mostrado una amplia gama de aspectos administrativos,

Obviamente, las soluciones para hacer frente al desarrollo muy dinámico en el área VLL predominantemente utilizada anteriormente deben encontrarse a través de una regulación más precisa en un espacio aéreo que en el futuro será mucho más frecuentado. Por otro lado, se deben crear posibilidades para la expansión fundamental del quirófano a fin de habilitar los diversos nuevos modelos de negocio con una operación más allá del horizonte visual (BVLOS, Beyond Visual Line of Sight). Como lugar de innovación para los conceptos de drones, Alemania necesita condiciones marco que permitan nuevos modelos comerciales y tecnologías de transporte y, al mismo tiempo, cumplan con altos estándares en términos de seguridad, protección, privacidad, capacidad y eficiencia al integrarse en el espacio aéreo.

Dado que estas condiciones marco se establecen en la interacción de organismos nacionales e internacionales, el compromiso nacional es imperativo para moldearlas en su propio interés. En junio de 2018, la Comisión de la UE, el Consejo de Ministros y el Parlamento de la UE acordaron reglas uniformes para el mercado y funcionamiento de todos los drones civiles, especialmente los que pesan menos de 150 kg. Estas normas entrarán en vigor en breve y los estados miembros deben asegurarse de que los vehículos aéreos no tripulados en cuestión cumplan con los requisitos específicos del fabricante. Dentro de la UE, los drones que podrían ser peligrosos para las personas, la privacidad de terceros o la aviación deberían marcarse para su identificación individual. Además, los fabricantes de drones tendrán que seguir reglas (aún no completamente definidas) cuando construyan drones pesados en particular, que incluirán especificaciones para límites de altitud de vuelo, rangos, protección de datos y las capacidades para aterrizajes automáticos de emergencia. La Comisión debe elaborar ahora en detalle las nuevas directrices. En este proceso, el siguiente enunciado formula recomendaciones en el sentido de compromiso nacional en su diseño con el objetivo también de la innovación a través de la estandarización.



inhibir lo menos posible mediante condiciones de contorno claramente identificables.

Por lo tanto, la presente declaración aborda los desafíos y oportunidades que el crecimiento de los drones induce en el sector de la movilidad. Concluye con recomendaciones de acción para el Ministro Federal, que equivalen a un conjunto de medidas para acompañar los procesos regulatorios y de normalización en curso en el contexto del nuevo reglamento básico de la UE a partir de 2018 de manera específica. Esta es la única forma de proporcionar a los numerosos procesos de desarrollo y procedimientos que se están iniciando, especialmente en Alemania, las condiciones marco adecuadas para una certificación posterior. Específicamente, los centros de prueba de drones son parte de *Ciudades inteligentes* mencionado, cuyo número ha ido creciendo en Alemania desde 2018, impulsado por la iniciativa Urban Air Mobility (UAM) Séptimo de la UE. Esto promete a las ciudades y municipios solicitantes fondos relevantes para las pruebas de movilidad 3D en áreas metropolitanas. Actualmente 26 ciudades son miembros de la iniciativa UAM. B. Hamburgo, Dresde, Leipzig, Múnich, Ingolstadt. Las recomendaciones de esta declaración están destinadas a respaldar un enfoque estructurado en estos proyectos a lo largo del proceso posterior de certificación y aprobación.



2 Escenarios de categorización y aplicación de Drones

2.1 Categorización, categorías de operación y clases de drones

De acuerdo con el reglamento básico 216/2008 de la UE, ahora expirado, los reglamentos de aprobación hasta ahora solo se han aplicado a los drones con un peso máximo de despegue de más de 150 kg. Los drones ligeros caían así bajo la heterogénea normativa a nivel nacional. Para lograr la armonización en Europa, era inminente un nuevo reglamento del reglamento básico de la UE para todas las categorías de peso, que fue aprobado por el Consejo y el Parlamento como Reglamento de la UE 2018/1139 del 4 de julio de 2018 y entró en vigor el 11 de septiembre de 2018. ^{Octavo.} Con el fin de abordar los diferentes potenciales de riesgo que surgen de los tipos de uso muy específicos, los drones se han dividido en tres categorías según la Agencia Europea de Seguridad Aérea EASA desde 2008 *abierto*, *específico* y *certificado* estructurado de la siguiente manera.

2.1.1 Categoría *abierto*

La categoría EASA *abierto* se centra en drones ligeros, donde el riesgo para terceros en tierra o en el aire se clasifica como comparativamente bajo. El uso en esta categoría no debe estar sujeto a la aprobación de las autoridades de aviación. Esto también incluye actividades con fines recreativos o deportivos. Otro principio es que un piloto solo puede controlar un dron a la vez y solo dentro del horizonte de visión (VLOS).

Categorías operativas y clases de drones

Para garantizar la seguridad en el sentido de seguridad, se divide principalmente en categorías operativas y clases de drones. Las tres categorías de operación A1 a A3 determinan la distancia a la que los drones pueden ser operados por personas en tierra y se complementan con restricciones sobre la altitud de vuelo permitida. Sobre los cinco *abierto* Las clases de drones (subcategorías) C0 a C4 regulan qué drones pueden operar en las respectivas categorías operativas (ver también la Figura 1). Con una sexta clase de drones, también se tienen en cuenta los aviones de construcción privada (modelo de avión), ya que a menudo se utilizan en

^{Octavo} Consulte <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/regulation-eu-20181139> o. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018R1139>



Se producen clubes deportivos de Dell. La clasificación se basa en la masa máxima de despegue (MTOM) o la energía cinética del dron como medida del riesgo potencial para las personas en tierra.

La energía cinética como base para la clasificación.

La energía cinética se puede utilizar para determinar si el impacto de un dron con un humano es fatal. Este tema ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos años. Por ejemplo, Dalamagkidis et al. (2008) así como Skobir y Magister (2011) la energía cinética de los drones con referencia a sus velocidades de vuelo. Los estudios de la Universidad de Monash (2013) y de Arterburn et al. (2017) profundizan las investigaciones agregando diferentes modelos de lesiones relacionados con la región corporal afectada y teniendo en cuenta la diferente gravedad de las lesiones causadas por diferentes componentes del dron. Shelley (2016) también calcula los llamados costos sociales que pueden resultar de los accidentes entre drones y humanos. Para determinar un valor límite para la energía cinética por encima del cual se supone que una colisión es fatal, la EASA se refiere al llamado experimento de Gurdjian de 1949. Los experimentos muestran que el cráneo humano tiene la capacidad de chocar con objetos contundentes Para absorber energías de hasta 80 J sin sufrir fractura. Además, si un multicoptero se estrella, EASA asume que, en promedio, solo el 46,5% de la energía cinética que se produce actúa sobre la cabeza de una persona. Este promedio da como resultado dos escenarios que analizan diferentes tipos de aciertos. En relación con el valor límite mencionado anteriormente de 80 J, esto da como resultado una energía cinética aceptada de 172 J. del cual se supone que una colisión es fatal, EASA se refiere al llamado experimento de Gurdjian de 1949. Los experimentos muestran que el cráneo humano tiene la capacidad de absorber energías de hasta 80 J cuando choca con objetos contundentes sin sufrir una fractura. Además, si un multicoptero se estrella, EASA asume que, en promedio, solo el 46,5% de la energía cinética que se produce actúa sobre la cabeza de una persona. Este promedio da como resultado dos escenarios que analizan diferentes tipos de aciertos. En relación con el valor límite mencionado anteriormente de 80 J, esto da como resultado una energía cinética aceptada de 172 J. del cual se supone que una colisión es fatal, EASA se refiere al llamado experimento de Gurdjian de 1949. Los experimentos muestran que el cráneo humano tiene la capacidad de absorber energías de hasta 80 J cuando choca con objetos contundentes sin sufrir una fractura. Además, si un multicoptero se estrella, EASA asume que, en promedio, solo el 46,5% de la energía cinética que se produce actúa sobre la cabeza de una persona. Este promedio da como

Estas suposiciones son particularmente relevantes porque definen el límite de peso máximo para la clase C1 de drones, que está permitido en la categoría de operación A1. En esta categoría, se permite la operación de drones sobre personas, pero no sobre multitudes. La EASA asume una relación lineal de 48 J de energía cinética por 250 g de masa de despegue. Esto da como resultado una masa máxima de despegue (MTOM) de 900 g como límite superior para la clase C1 de drones. Debido a la alta relevancia de este límite de peso, dada por la operación permitida por encima de personas, definitivamente vale la pena verificar la correlación entre MTOM y energía cinética especificada aquí en el caso de que un dron colisione con una persona y se debe verificar el modelo de clase actual.

Masa máxima de despegue como base para la clasificación



Las restricciones de peso de las clases de drones permitidas en A2 y A3 no están justificadas en detalle por los presentes documentos de la EASA. Por tanto, se puede suponer que los límites MTOM han crecido históricamente o han surgido a través de análisis de mercado. La clase C2, homologada en la categoría operativa A2, permite drones con una masa de despegue de hasta 4 kg. Según un estudio de la EASA, este segmento comprende el 92% de los drones que se operan actualmente en el mercado europeo. En su mayoría, están equipados con sistemas de navegación y automatización, pueden transportar una carga útil y representan un mayor riesgo para terceros. La masa máxima de despegue de los drones de las clases C3 y C4, que solo pueden volar a una mayor distancia de las personas (categoría de operación A3), es de 25 kg. Por tanto, el MTOM de esta clase corresponde al límite de peso vigente para los drones en los niveles nacionales de los estados miembros de la EASA. Con la categoría operativa A3, no solo se tiene en cuenta la operación comercial con sistemas de cámaras de alta calidad, sino también la gran cantidad de modelos de vuelo que tradicionalmente se vuelan en clubes deportivos modelo. Se está volviendo evidente que los MTOM más altos de los drones dan como resultado un mayor riesgo operativo. El motivo de esto es la correlación positiva descrita anteriormente entre la masa máxima de despegue y la energía cinética que actúa en caso de colisión con personas. Con el fin de reducir el riesgo a terceros en tierra, las categorías operativas se dividen en, según el MTOM, un sobrevuelo, con una distancia de seguridad definida o una distancia subjetivamente apropiada de las personas. Para reducir aún más el riesgo para terceros en el aire, se aplica una altitud máxima permitida de 120 m sobre el suelo (AGL) a los drones, que están 30 m por debajo de la altitud mínima para el tráfico aéreo tripulado de acuerdo con las reglas de vuelo visual (VFR). con 150 m AGL según se encuentra LuftVO. En toda la categoría EASA *abierto* Además, solo se permiten vuelos dentro del campo de visión (VLOS). La siguiente Figura 1 muestra claramente las relaciones entre las categorías operativas y las clases de drones (UAS), que se analizarán con más detalle a continuación.



Betriebs-kategorie	UAS Klasse	MTOM/ Joule	Entfernung zu unbeteiligten Menschen	max. Flughöhe	Piloten-kompetenz	Mindest-alter	technische Anforderungen	Registrierung	e-ID/ Geofencing
A1	Eigenbau	< 0,25 kg	Flüge über unbeteiligten Menschen erlaubt (keine Menschenansammlungen)	< 50 m	Broschüre	nein	nein	nein	nein
	C0						Spielzeug-Richtlinie 2009/48/EG, keine scharfen Kanten		
	C1	< 0,9 kg oder 80 J		< 120 m	Broschüre und Online-schulung mit Test	14 Jahre oder mit Aufsichtsperson	mechanische Festigkeit, keine scharfen Kanten, einstellbare Flughöhenbegrenzung	Betreiber	e-ID bei Kamera > 5 MP oder bei Audiosensor; e-ID und GF, wenn durch Betriebsbereich vorausgesetzt
A2	C2	< 4 kg	Flüge mit Sicherheitsabstand erlaubt (Drehflüger-UAS > 20 m, Flächenflieger-UAS > 50 m)	< 120 m	Broschüre und Zertifikat über Kompetenz plus Prüfung bei anerkannter Stelle	16 Jahre oder mit Aufsichtsperson	mechanische Festigkeit, Loss of Link Management, einstellbare Flughöhenbegrenzung	Betreiber und UAS	ja
A3	C3	< 25 kg	Flüge in Bereichen, wo keine unbeteiligten Menschen zu erwarten sind	< 120 m	Broschüre und Online-schulung mit Test	16 Jahre oder mit Aufsichtsperson	Loss of Link Management, einstellbare Flughöhenbegrenzung	Betreiber und UAS	Ja, wenn durch Betriebsbereich vorausgesetzt
	C4		Zusätzlich zu C3 nur Flüge außerhalb von Ortschaften, Siedlungen und Flughafenbereichen				Betriebsanleitung		
	Eigenbau						nein		

Figura 1 Categorías operativas y clases de drones para la categoría EASA Open [EASA (A) NPA 2017]

Además de estos requisitos, existen requisitos adicionales para la competencia de los pilotos y el equipo técnico para drones en esta categoría. *abierto*:

- Competencia piloto : Los pilotos a distancia (RP) deben estar entrenados. Cuanto mayor sea el potencial de riesgo (masa, velocidad), más extensa debe ser la formación del PR, evidenciada en pruebas online o exámenes en organismos reconocidos. El diseño de estas pruebas de competencia está directamente vinculado al esquema de clasificación de los drones, por lo que también debe verificarse y, si es necesario, especificarse más.
- Requisitos del producto : EASA no ve ninguna certificación en la categoría *abierto* antes, sin embargo, se hace referencia a las regulaciones de productos existentes de acuerdo con EU VO 765/2008. De acuerdo con esto, los drones deben ser probados por organismos acreditados (por ejemplo, TÜV). El fabricante puede averiguar qué requisitos deben tenerse en cuenta para un producto de las normas armonizadas de la UE. Si se establece el cumplimiento de estos, el producto recibe la marca CE. En el caso de los drones, el producto recibe una etiqueta adicional para la respectiva clase de drones, cuyos requisitos cumple. Sin embargo, dado que hasta ahora solo unos pocos estándares son aplicables a los drones, la EASA establece requisitos específicos de clase. En cuanto a la seguridad, cabe destacar la "Pérdida de gestión de enlaces" y la resistencia mecánica. Un ejemplo de una pérdida de gestión de enlaces que ya se puede encontrar en algunas aplicaciones de drones es la llamada función de regreso a casa. Si se pierde el enlace de datos, esta funcionalidad a prueba de fallas asegura que el dron esté mal



La sión no continúa descontrolada, sino que regresa autónomamente a un lugar preprogramado y aterriza allí. Esta función también puede tener efecto si el nivel de carga de la batería es demasiado bajo.

- **Tipo de unidad** : Los requisitos del producto también establecen que todos los drones de las clases C0, C1, C2 y C3 deben tener alimentación eléctrica. Solo la clase C4 y las autoconstrucciones privadas permiten el uso de otras unidades, como los motores de combustión interna.
- **Geofencing** : Geofencing se refiere a una función que permite a los drones volar a un área previamente definida (protectora) como B. No se permite un gran aeropuerto de acuerdo con §21b LuftVO o un área urbana. Se debe hacer una distinción entre zonas prohibidas (zona de no drones) y zonas de restricción (zona de drones limitados). En el primero, la operación de drones está generalmente prohibida, en el segundo solo se permite para ciertas clases de drones. Como resultado, los estados miembros de la EASA deberían, como primer paso, determinar las áreas prohibidas y restringidas en su propio espacio aéreo y marcarlas utilizando plataformas o aplicaciones basadas en la web. Para evitar automáticamente que los drones entren en estas áreas, incluidas las restricciones de altitud de vuelo, se deben crear estándares uniformes, sistemas de mapas y bases de datos. para que los fabricantes puedan implementar las geocercas en los controladores de vuelo de los drones. Se encargó a la Organización Europea de Equipamiento de Aviación Civil (EUROCAE) la creación de estos estándares.
- **Sistema de identificación electrónica (e-ID)**: para permitir la trazabilidad de las infracciones, se utiliza un sistema de identificación electrónica (e-ID) como requisito adicional del producto para los drones de la categoría *abierto* planteado. Esto significa la capacidad de identificar un dron en vuelo sin acceso físico (principalmente operador, clase de dron, posición y altitud). Una base de datos para el e-ID es la obligación anunciada de registrarse para los operadores y drones con un peso de despegue de 250 go más. El sistema de identificación electrónica puede apoyar la persecución penal del uso indebido intencional de drones.

2.1.2 Categoría *específico*

Bajo la categoría EASA *específico* Se cubre la operación de drones, que no cumplan con las disposiciones de la categoría anteriormente explicadas. *abierto* es suficiente y, por lo tanto, representa un riesgo comparativamente mayor. Esto se aplica, por ejemplo, al funcionamiento de drones fuera del rango de visión del piloto (BVLOS), sobre multitudes de personas con drones cuyas propiedades no corresponden a la clase C1 o en altitudes superiores a 120 m sobre el suelo (AGL). Como resultado, se requiere un permiso emitido por la autoridad de aviación responsable, que contiene límites operativos adaptados de acuerdo con el riesgo específico de la misión. Esto debe determinarse de acuerdo con la Evaluación de Riesgos Operativos Específicos (SORA) (consulte la Sección 5.1 para obtener más detalles). ¿Se puede reducir el riesgo específico de la misión mediante la mitigación adecuada del riesgo?



Si las medidas del operador se reducen a un riesgo aceptable, se emitirá una licencia de operación. En este punto, sin embargo, debe mencionarse que SORA solo aborda los riesgos de seguridad. Los aspectos de seguridad y privacidad aún no han sido abordados en SORA, una deficiencia que debe subsanarse mediante una adecuada extensión del análisis de riesgos. En primer lugar, se aplica la misma trazabilidad de las infracciones con la identificación electrónica que en la categoría EASA. *abierto*. Además, es de esperar que la mayoría del establecimiento de la categoría *específico* es de carácter comercial (las tarifas de una licencia de explotación superan con creces los 200 €). Debido a la profesionalidad y competencia de los operadores que lo acompañan, el riesgo de uso indebido intencional con drones es probablemente bastante bajo, pero no se puede descartar. El resto de actividades de ocio deben ser justificadas principalmente por las asociaciones deportivas modelo. En las instalaciones del club, sin embargo, también se vuelan altitudes de vuelo superiores a 120 m AGL, y también se utilizan modelos de aviones con una MTOM superior a 25 kg, por lo que las asociaciones también deben obtener permisos de operación. Sin embargo, dado que la operación se limita a las instalaciones del club respectivo, aquí también se puede asumir un riesgo bastante insignificante en términos de seguridad o privacidad. Se puede lograr una reducción adicional del riesgo de privacidad comprobando la idoneidad de la organización del operador para misiones específicas. Estos aspectos de peligro deben incluirse en SORA independientemente de su expresión posiblemente limitada.

2.1.3 Categoría *certificado*

Operación en la categoría EASA *certificado*, la única masa de despegue (MTOM) de > 150 kg están sujetos a normas similares a las que ya se conocen en la aviación tripulada. Aquí no solo se aprueba una misión específica. En cambio, el dron tiene licencia (costoso), lo que significa que puede (pero también) usarse para una gran cantidad de misiones. En el futuro, se comprobará la conformidad de la aeronavegabilidad del dron utilizando las directrices de EASA (Especificación de certificación, CS). En este momento, EASA no ha publicado una CS para drones⁹. Por lo tanto, para una aprobación aeronáutica, una empresa de desarrollo debe seguir el procedimiento de acuerdo con la Declaración de política de EASA EY013-01 o los Sistemas de aeronaves ligeras no tripuladas CS (CS-LURS) publicados por JARUS para aeronaves de ala giratoria o Sistemas de aeronaves no tripuladas ligeras (CS-LUAS) para aeronaves con una MTOM de 750 kg se aplica. La formulación de una CS para drones es necesaria de manera oportuna para crear claridad sobre el esfuerzo de aprobación para la empresa de desarrollo, idealmente a través de la provisión de áreas conjuntas de prueba y aprobación por parte de las autoridades.

⁹JARUS ha tenido una versión preliminar de CS-UAS desde el 1 de febrero de 2019.



2.1.4 Resumen

Las explicaciones anteriores aclaran la heterogeneidad de los drones, muestran la necesidad de actuar y también demuestran diferencias considerables en la profundidad regulatoria actual y, por lo tanto, también con respecto a la estandarización. La regulación está en la categoría *abierto* ya muy avanzado hoy, mientras que solo las regulaciones básicas para las categorías *específico* y *certificado* regala:

- *Abierto*: Los drones en esta categoría son actualmente los patrones más comunes en los sectores de juegos y topografía / fotografía. No deben exceder una masa máxima de despegue (MTOM) de 25 kg, incluida la carga útil, y deben tener un límite de altitud de entre 50 y 120 m. En principio, no necesita ninguna aprobación explícita antes de su uso y ninguna certificación adicional del piloto. Sin embargo, el legislador alemán se diferencia en diferentes subclases, según las cuales se requiere prueba de conocimiento a partir de 2 kg de peso de despegue y se requiere un permiso a partir de 5 kg. Esto también se aplica independientemente de la masa desde una altitud de 100 m.
- *Específico*: Los drones en esta categoría no cumplen completamente los requisitos de la categoría *abierto* (Definición negativa), deben explicarse con precisión con respecto a su uso previsto y recibir específicamente la aprobación para este escenario de la autoridad competente (en Alemania, la autoridad de aviación respectiva del país). Se debe realizar una evaluación de seguridad (SORA, Evaluación de Riesgo Operativo Específico) para el escenario como parte del proceso de aprobación y se deben implementar los requisitos de reducción de riesgo identificados como una condición de la aprobación antes mencionada.
- *Certificado*: Estos drones con MTOM > 150 kg no cumplen totalmente los requisitos de las categorías *abierto* o *específico* (Definición negativa), requieren aprobación individual debido a su mayor riesgo potencial, un piloto con licencia (RP, Piloto Remoto) y un operador aprobado utilizando un Certificado de Operador UA Ligero o Certificado (LUC / CUC) por la autoridad competente.

En Alemania tiene desde 2017 hasta nuevo aviso por el nacional

ordenanza nacional sobre drones del Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital (ver nota en la categoría *abierto*).

Sin embargo, debido al nuevo reglamento básico de la UE de 2018, se puede suponer que el reglamento será reemplazado a medio plazo por un reglamento explícito desarrollado por EASA.

2.2 Escenarios de aplicación

Los drones civiles en los que se centra la presente declaración ya se están utilizando en el sector del transporte para medir dispositivos, mercancías y, en algunos casos, personas; Se ha diseñado una amplia gama de futuras áreas de aplicación específicas, se encuentran disponibles estudios de conceptos visionarios para taxis aéreos para el transporte de pasajeros (Audi,



Airbus, Lillium). Algunos de los escenarios de aplicación planificados solo serán implementados por el “4. Revolución Industrial” posible porque requieren una fusión cercana de sistemas físicos, digitales y humanos. Los modelos de negocio que antes eran imposibles o al menos antieconómicos utilizando aviones tripulados (como el uso de los helicópteros actuales) ya se están desarrollando a una velocidad enorme y con un grado de madurez en rápido crecimiento.

Los drones son siempre un medio portador. Puede transportar personas, mercancías, equipos de medición o incluso dispositivos que realicen actividades como B. Reparaciones o fertilización de campos. Entre la multitud de diferentes tipos de drones, la configuración multicóptero (pala giratoria) es la más común, seguida de la configuración de ala fija. Las cuotas actuales y las previstas por EASA se muestran en la Tabla 1 a continuación. La mayoría de estos drones funcionan con energía eléctrica, el 92% de todos los drones civiles en la categoría *abierto y específico* hasta 25 kg MTOM pesa efectivamente menos de 4 kg.

Type	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR (2015-2020)
Fixed Wing	9,826	17,698	26,700	34,630	40,577	44,943	48,365	22.27%
Rotary Blade	460,351	887,755	1,442,558	2,029,252	2,600,367	3,181,745	3,830,073	33.96%
Nano	-	8,110	14,849	23,268	32,902	44,080	57,721	40.41%
Hybrid	-	2,771	9,198	19,624	33,820	52,124	75,837	69.45%
Total	470,176	916,333	1,493,306	2,106,775	2,707,666	3,322,892	4,011,995	34.36%

Tabla 1 Porcentaje de drones según configuración estructural, en todo el mundo [EASA] ¹⁰

Otra característica de los drones que surge del estudio de la EASA es la vida útil esperada de solo alrededor de 30 meses, lo que refleja el enorme ritmo actual de innovación.

Con el alto nivel de innovación, también aumenta la heterogeneidad de los drones y sus áreas de aplicación. En primer lugar, surge la pregunta de cuál de las áreas de aplicación existentes y también concebibles de los drones se desarrollará y cómo. Esta es la única forma de derivar posteriormente recomendaciones para lidiar con los drones en términos de política de transporte. Naturalmente, las siguientes explicaciones se limitan a una selección de escenarios de aplicación.

Drones como dispositivo de transporte para equipos de medición.

Los drones ya están equipados con una amplia variedad de dispositivos para la adquisición y transmisión de datos. Las cámaras en particular se transportan (por ejemplo, durante el día).

¹⁰ Ver EASA [A-NPA (B), 2017], p. 10 y siguientes; CAGR = Tasa de crecimiento anual compuesta



luz, imagen térmica, corona, pmd ¹¹⁾ o detectores (por ejemplo, láser, radar, ultrasonido, temperatura, humedad). Esta área se está desarrollando actualmente de manera muy dinámica con una amplia gama de posibles áreas de aplicación, p. Ej. B. en agricultura (por ejemplo, monitoreo de procesos de crecimiento, poblaciones de árboles, infestación de plagas, daños, madurez de la cosecha), mantenimiento (por ejemplo, inspección de sistemas peligrosos o de difícil acceso como superficies de aeronaves, turbinas eólicas en el área marina, mástiles transmisores), desastres control (por ejemplo, B. Encontrar víctimas de terremotos o minas terrestres o fugas por parte de la organización de socorro técnico), espionaje industrial, grabaciones de accidentes policiales, guardias fronterizos, registro de imágenes de daños por parte de la brigada de bomberos, industria de la construcción (monitorear el progreso de la construcción y asegurar contra el acceso no autorizado y el robo), topografía, creación de fotografías aéreas, datos geográficos. La estandarización en todas estas áreas aún es baja, las soluciones especiales dominan el mercado. Esta situación permite un acceso al mercado notablemente simplificado a corto plazo, pero a largo plazo dificulta las posibilidades de interconexión y combinación de diferentes sistemas y proveedores. Los requisitos por parte de los derechos personales y luego también la protección de datos y la seguridad son más fáciles de cumplir si las áreas sobrevoladas están en manos privadas (por ejemplo, para aplicaciones en agricultura o en obras de construcción), que es la razón principal del dinamismo de estas aplicaciones promueve en estas áreas. pero a largo plazo inhibe las posibilidades de establecer redes y combinar diferentes sistemas y proveedores. Los requisitos por parte de los derechos personales y luego también la protección de datos y la seguridad son más fáciles de cumplir si las áreas sobrevoladas están en manos privadas (por ejemplo, para aplicaciones en agricultura o en obras de construcción), que es la razón principal del dinamismo de estas aplicaciones promueve en estas áreas. pero a largo plazo inhibe las posibilidades de establecer redes y combinar diferentes sistemas y proveedores. Los requisitos por parte de los derechos personales y luego también la protección de datos y la

Drones como dispositivo de transporte para dispositivos y máquinas activos

Los drones tienen un gran potencial para realizar trabajos precisos en lugares de difícil acceso y / o peligrosos. Las áreas de aplicación anteriores incluyen sobre todo agricultura (por ejemplo, fertilización dirigida o control de plagas), mantenimiento (por ejemplo, reparación de sistemas de difícil acceso, como líneas de electricidad / gas / petróleo, turbinas eólicas), mostrar efectos en eventos importantes, asistente de vuelo personal (señala el camino hacia objetivos específicos, por ejemplo, en el caso de la demencia), así como aplicaciones en el sector privado.

Drones como dispositivo de transporte de mercancías

Los drones también pueden transportar mercancías como una alternativa rápida y confiable al transporte terrestre. Numerosas empresas del sector logístico y especialmente CEP (mensajería, express, paquetería) así como Google y Amazon están probando actualmente el uso de drones en la entrega de paquetería. Inicialmente, la atención se centró en las entregas de tiempo crítico y las entregas en áreas de difícil acceso, pero actualmente también se están realizando pruebas en entregas en áreas escasamente pobladas. La primera operación de entrega en áreas urbanas fue realizada por el fabricante de drones Matternet en cooperación con Mercedes-Benz y la empresa suiza de venta por correo en línea Siroop. En un proyecto de tres semanas, se transportaron drones

¹¹ Mezclador fotónico *Dispositivo de mezcla fotónica*) - un sensor óptico cuyo principio de funcionamiento se basa en el método de tiempo de vuelo.



Paquetes de hasta 2 kg del concesionario a uno de los cuatro denominados puntos de encuentro definidos en el área de la ciudad de Zúrich, para aterrizar en una furgoneta Mercedes-Benz designada. El paquete lo entrega el proveedor al cliente final. El proyecto fue aprobado caso por caso sobre la base de SORA. El creciente volumen de envíos en el sector de CPA en relación con la reducción de las barreras comerciales sugiere soluciones innovadoras en la entrega de paquetes.

En comparación con el transporte terrestre, los drones permiten rutas más directas a través de la navegación en un espacio tridimensional. Sin embargo, en general, el consumo de energía y las emisiones relacionados con la misión son menos favorables, ya que son significativamente más altos por ruta de vuelo cubierta que cuando se mueven por la superficie de la tierra: los modernos drones multicópteros eléctricos de categoría abierta tienen un requisito de potencia específico de más de 100 W / kg. En comparación, un e-Golf conduce con menos ^{12 13} de 10 W / kg. Uno de los puntos fuertes de los drones es el acceso (más fácil) a destinos de difícil acceso (p. Ej., Grandes rascacielos, plataformas petrolíferas, islas, regiones montañosas, regiones de selva / selva virgen, áreas de desastre, áreas contaminadas / irradiadas), así como la Entrega temporal y espacialmente muy precisa a casi cualquier lugar (por ejemplo, en automóviles, cajas de paquetería). Sin embargo, las posibles ventajas económicas de los drones no se pueden explotar por completo debido a las restricciones legales previsibles sobre su usabilidad y debido a los costos de seguridad y protección, que se abordan a continuación.

Los desafíos incluyen el rango previamente bastante corto de drones en el área de VLOS, el riesgo potencial de colisiones y caídas, especialmente en el área de BVLOS, la carga útil limitada (máx. 25 kg de drones incluida la carga útil para la categoría *abierto*) así como los altos costos debido a la falta de efectos de agrupación (máx. un paquete por dron). También en el futuro, los drones probablemente serán particularmente adecuados para entregas con un alto nivel de urgencia o en áreas de difícil acceso donde los costos son menos importantes que para las entregas estándar.

Las áreas de aplicación particularmente adecuadas incluyen entregas de tiempo crítico (por ejemplo, repuestos) que son absolutamente necesarias para mantener la línea de producción (por ejemplo, falla de máquinas críticas) o para completar un producto, así como entregas vitales como B. transporte de órganos, el transporte de medicamentos o sangre en competencia con el uso de helicópteros más caro de la actualidad.

¹² Consulte <https://www.drohnen.de/19418/dji-phantom-4-pro-v2-0-test/> ,

<https://www.dji.com/de/phantom-4-pro-v2/info#specs> (Energía de la batería para un tiempo de vuelo de 30 minutos a 1,4 kg)

¹³ Calculado a partir de un consumo de aproximadamente 14 kWh / 100 km y una masa de aproximadamente 1.800

kg en base a la velocidad media del NEDC de 34 km / h (7,8 W / kg).

**Drones como dispositivo de transporte de personas**

Numerosas empresas están trabajando actualmente en los llamados taxis aéreos y, por lo tanto, en drones en esta categoría. *certificado* ver también el cap. 2.1.3). En algunos casos, se están desarrollando conceptos modulares en los que la cabina de un vehículo terrestre se combina con la tecnología de propulsión de un avión y, por lo tanto, también puede volar. Los avances tecnológicos en esta área son dinámicos, pero aún se encuentran en una fase de prueba muy temprana de la investigación de viabilidad. Solo se puede esperar un uso significativo de taxis aéreos si los costos se reducen significativamente en comparación con los helicópteros tripulados actuales y si están muy buenas conexiones con los servicios de transporte terrestres. Esto se analiza con más detalle en el Capítulo 6.

En resumen, se puede decir que la variedad de aplicaciones está aumentando, en gran parte no hay cifras confiables para el desarrollo del mercado altamente dinámico. El desafío consiste en examinar los enfoques regulatorios anteriores a la luz de la limitación del riesgo, por un lado, y el crecimiento del mercado, por otro.



3 desafíos regulatorios y Perspectivas

3.1 Necesidad de actuar en el contexto del reglamento anterior

A más tardar en 2012, las autoridades aeronáuticas responsables de los países europeos y, por lo tanto, también la UE y la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) encargada por ellos reconocieron la urgente necesidad de reglamentar la construcción y la certificación de drones en el espacio aéreo "común". (es decir, el que también es operado por aviación convencional se ha utilizado hasta ahora) debido al desarrollo del mercado descrito y la necesidad básica de regulación para todos los asuntos relacionados con el espacio aéreo europeo común de acuerdo con el Reglamento de la UE 216/2008, que fue reemplazado en junio de 2018. De acuerdo con esto, se solicitó a la EASA que redactara una directiva marco europea uniforme ("Marco Regulatorio") para las regulaciones de construcción y certificación (Especificaciones de Certificación, CS) de drones, ya que ya existen para aviones convencionales. La organización de desarrollo es responsable de proporcionar evidencia de que el diseño cumple con la CS de EASA. Las siguientes CS para aeronaves similares están disponibles actualmente de acuerdo con la Tabla 2 ¹⁴:

Política de certificación	Título / tema
CS 22	Planeadores y planeadores a motor
CS 23	Aviones pequeños
CS 25	Aviones grandes
CS 27	Pequeños helicópteros
CS 29	Helicópteros grandes
CS 34	Emisiones de motores de aeronaves
CS 36	Desarrollo de ruido
CS-APU	Turbinas de gas auxiliares
CS AWO	Operaciones de vuelo para todo clima
CS-E	Motores
CS-ETSO	Especificaciones técnicas para hélices de productos de
CS-P	aviación
CS-VLA	Ultraligeros
CS-VLR	Helicóptero ultraligero

Tabla 2 Regulaciones de aprobación de la EASA hasta ahora existentes para aeronaves similares a drones

¹⁴ Consulte <https://www.easa.europa.eu/document-library/certification-specifications>



La intención era proporcionar a las empresas de desarrollo de drones información sobre las condiciones en las que se pueden utilizar nuevos productos y cómo, y así crear una base de planificación fiable para nuevos modelos de negocio. Además, también deben tenerse en cuenta las cuestiones de seguridad y protección del tráfico aéreo. En 2015, EASA publicó un "Aviso anticipado de enmienda propuesta" (A-NPA 2015-10), complementado por una "Opinión técnica" más adelante en el mismo año con una solicitud a la industria y al público en general para proporcionar información y posibles enmiendas. a. 15

La versión ya se enfocaba tanto en drones desarrollados industrialmente como internamente, ya que ambas variantes podrían finalmente ser utilizadas comercialmente y no comercialmente y derivado de esto que ambos también deberían estar sujetos a las mismas reglas. Otra característica esencial de la directiva marco recomendada fue el cuestionamiento implícito del anterior reglamento básico ('Reglamento básico') EU VO 216/2008 con el límite de masa de 150 kg aplicable allí para la responsabilidad de la aprobación de drones por parte de la EASA con aprobación uniforme. requisitos en toda Europa. Como resultado, EASA diseñó especialmente para los drones "pequeños" los descritos en el Cap. 2 dictámenes técnicos presentados anteriormente sobre la introducción de tres categorías de drones, supuestamente correspondientes al potencial de peligro respectivo, pero también con vistas al área de operación prevista (por ejemplo, uso sobre áreas urbanas versus sobre agua). A tal efecto, las categorías basadas en riesgos *abierto*, *específico* y *certificado* Introducido en toda la gama de pesos.

La base legal para el desarrollo y operación de drones debe incluir aspectos de seguridad y protección de la privacidad. También en la aviación, la seguridad se ve desde dos perspectivas diferentes. Por un lado, la seguridad operacional dentro del sistema de tráfico aéreo es relevante; por otro lado, la defensa contra peligros que pueden afectar al sistema de tráfico aéreo desde el exterior (seguridad).

Con respecto a la seguridad, se deben desarrollar nuevos tipos de reglas para drones. En la mayoría de los casos, no hay personas a bordo que puedan resultar perjudicadas en caso de uso indebido intencional o interferencia ilícita con el sistema. Las pautas para la aviación tripulada para prevenir interferencias peligrosas de acuerdo con el Anexo 17 de la OACI, tales como controles de seguridad y de equipaje de pasajeros, controles de carga o verificación de antecedentes del personal, se encuentran en las categorías de EASA. *abierto* y *específico* o no es necesario (por ejemplo, pasajero

15

consulte

<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/UAS%20Prototype%20Regulation%20final.pdf>



controles) o solo aplicable a misiones específicas (por ejemplo, control de carga en la operación comercial de entrega de paquetes utilizando drones) o en ciertos casos solo es factible con una gran cantidad de esfuerzo (por ejemplo, verificaciones de confiabilidad de los pilotos de drones de hobby en la categoría *abierto*).

Actualmente, los drones ligeros y sus componentes se encuentran particularmente en la categoría EASA.

abierto Debido al hecho de que se puede comprar, es de libre acceso para todas las personas sin barreras significativas. Esto está en marcado contraste con la aviación tripulada con sus estrictos controles. Entonces, si los drones en esta categoría continúan estando disponibles para su compra sin la necesidad de identificación, el enfoque de seguridad puede cambiar de proteger contra intrusiones peligrosas (internacional: *interferencia ilegal*) hacia drones ligeros para evitar el abuso deliberado con drones ligeros. Para la categoría EASA *abierto* La seguridad se centra en reducir el riesgo de uso indebido deliberado, mientras que la seguridad tiene esto en cuenta para un funcionamiento adecuado. Para misiones en la categoría EASA *específico*, que entrañen un riesgo de seguridad inaceptable, las medidas de reducción de riesgos se pueden definir utilizando el procedimiento de evaluación de riesgos (SORA) requerido allí (ver también la Sección 5.1).

Además de la seguridad, la protección de la privacidad también debe incluirse en la consideración. La privacidad es relevante cuando se usan drones porque a menudo están equipados con una cámara u otros sensores. Esto permite que los datos personales se registren en lugares que antes eran inaccesibles para el público (por ejemplo, propiedad privada). Además de eso, los afectados pueden no ser conscientes de la exposición cuando los drones vuelan a mayores alturas. Esto aumenta el riesgo de perturbar la privacidad de terceros, así como de ignorar la protección de datos de los datos personales si los datos registrados se publican o se transmiten. Los límites de una violación de la privacidad suelen ser subjetivos. Sin embargo, se aplican la privacidad y la protección de datos, sobre todo con el más reciente publicado el 25 de mayo.

3.2 Desafíos para la regulación de drones

Los desarrollos descritos presentan al sistema de transporte aéreo actual desafíos únicos en las siguientes áreas:

- Mantener la seguridad de la aviación
 - Estos incluyen, en primer lugar, los desafíos que surgen de los
Uso del espacio aéreo controlado por drones y aeronaves convencionales
de uso comercial (tráfico según reglas de vuelo por instrumentos, IFR)



resultado, así como del posible peligro para las personas y los objetos en el suelo debido a la operación de drones. Debe comprobarse si, y en qué medida, las instituciones actuales de control del tráfico aéreo (como el DFS) pueden simplemente "controlar" los drones. Hay mucho que decir a favor de un servicio ampliado, presumiblemente centralizado.

- En segundo lugar, hay preguntas abiertas sobre el uso compartido del espacio aéreo a nivel del suelo (VLL) por las categorías *abierto* y *específico* con el tráfico de vuelo visual (VFR) de hoy, predominantemente orientado no comercialmente, que se lleva a cabo de forma descentralizada y prácticamente no planificada.
- **Es** está a la luz de la filosofía de vigilancia elegida en última instancia de los drones luego para verificar si la división en espacio aéreo superior, inferior y cercano al suelo (VLL) por un lado y espacio aéreo controlado y no controlado por el otro debe mantenerse.
- Mantener la seguridad de la aviación para evitar sabotajes o ataques terroristas;
- Seguridad de los datos (incluida la ciberseguridad) z. B. en transmisión de datos (robustez del llamado enlace de datos C2 o C3 entre piloto remoto y dron); Garantizar la protección de la privacidad y la protección de datos al sobrevolar áreas densamente pobladas, es decir, generalmente áreas urbanas (privacidad);
- Garantizar la capacidad suficiente como el máximo rendimiento del tráfico aéreo seguro y alcanzable, teniendo en cuenta las diversas clases de espacio aéreo (CG) y tipos de aeronaves (multicópteros, aeronaves de ala fija, híbridos con motor basculante);
- Minimización de otros efectos externos negativos que serán determinados por la operación del dron (por ejemplo, perturbación de los seres humanos y la naturaleza por el vuelo, dispositivo acústicamente perceptible);
- Asegurar una integración de este nuevo sistema de transporte compatible con el urbanismo.

La Figura 2 a continuación muestra un ejemplo de tendencias de seguridad en la incidencia de conflictos entre drones y aviones convencionales. Lo que llama la atención es la gran cantidad de avistamientos en altitudes de vuelo incluso por encima de 150 m (500 pies) ^{dieciséis}, en realidad para ellos *abierto* La categoría no está permitida. Mantener el alto nivel actual de seguridad del tráfico aéreo es, por lo tanto, obviamente, un requisito central para el diseño del marco operativo para drones, que aún no se ha logrado. Un análisis del repositorio central europeo ¹⁷ (ECR / ECCAIRS) resultó en 2.141 eventos relacionados con drones para el período de 2010 a 2016. Esto se divide en accidentes e incidentes. Un evento actual con enormes consecuencias representa un

^{dieciséis} Véase EASA [A-NPA (B), 2017], página 55 y siguientes.

¹⁷ Evaluado de <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/eccairs-european-central-repository-informes-de-accidentes-e-incidentes-de-aviación>



Aproximación inaceptable de drones en la zona de no drones del segundo aeropuerto británico más grande de Gatwick en diciembre de 2018, lo que paralizó todas las operaciones de vuelos comerciales durante 36 horas. La mayoría de los hechos registrados corresponden a incidentes en los que se informó de la aproximación de un dron a una aeronave tripulada. Además de las frecuencias de tales incidentes, la siguiente Figura 2 también proporciona la distancia respectiva entre la aeronave y el dron en el momento del descubrimiento como una medida de la criticidad de la situación.

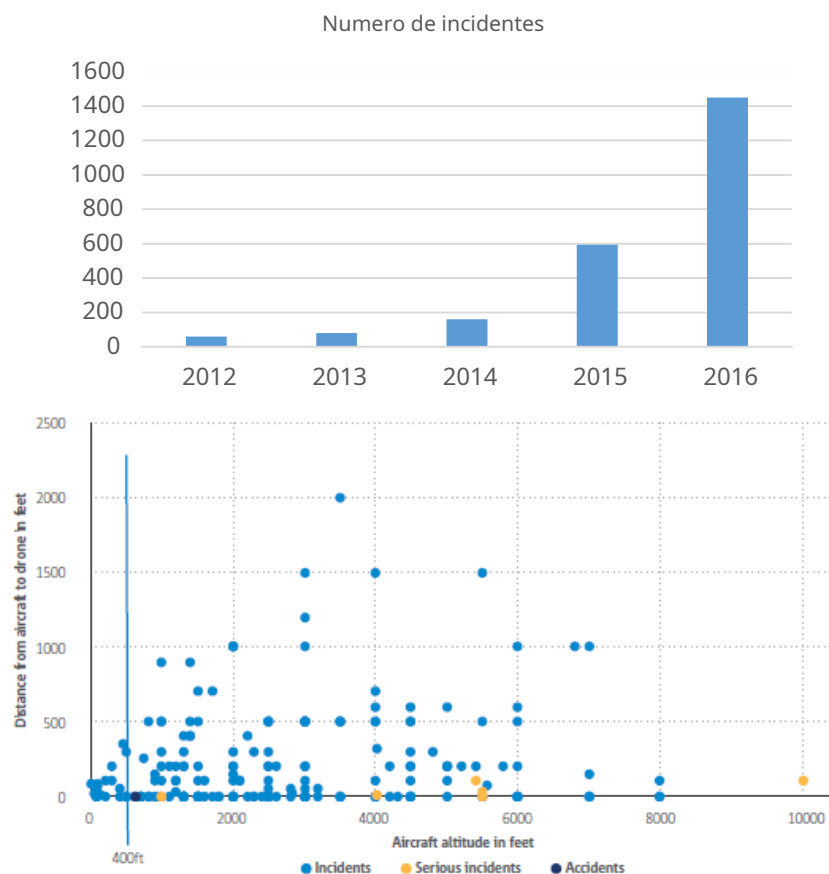


Figura 2 Incidentes registrados de drones, 2012-2016 (arriba) con cierta distancia cuando se detectaron, 2010-2016 (abajo) [EASA]

Una mirada a la cartera de riesgos de seguridad operacional de UAS¹⁸ EASA proporciona más información sobre los incidentes notificados relacionados con drones en el período entre 2012 y 2016: Además de un gran número de incidentes, también se registraron 33 accidentes no mortales. Los mayores problemas de seguridad son de carácter operativo, seguidos de los de carácter técnico y humano. La cartera de riesgos de seguridad operacional de UAS mencionada anteriormente identifica los tres componentes *Sistema de guiado y control* (Controlador de vuelo), *manejar y fuente de alimentación* como fuentes de problemas de seguridad de carácter técnico.

¹⁸ Consulte <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/UAS%20Safety%20Analysis.pdf>



3.3 Consecuencias para un mayor desarrollo del marco regulatorio

Debido al desarrollo del mercado particularmente dinámico, las categorías *abierto* y *específico* Prioridad dada al desarrollo del “Marco Regulatorio” antes mencionado. Para la categoría *certificado* este proceso ahora está comenzando. En 2017, EASA publicó el NPA 2017-05 (B) ajustado por 3.700 (!) Avisos de alrededor de 250 instituciones y usuarios interesados ¹⁹ como guía marco para las dos primeras categorías de drones. Esta gran participación deja en claro la importancia que el usuario otorga obviamente a la regulación del funcionamiento de los drones. En el NPA 2017-05 (B), se sugirió la actualización del reglamento básico de la UE en el sentido de que todos los drones, independientemente de su masa (MTOM), es decir, también por debajo de 150 kg, deberían tenerse en cuenta en una escala de la UE. forma armonizada en el futuro. Posteriormente, el Parlamento Europeo adoptó el reglamento básico el 22 de diciembre de 2017 y la UE lo implementó de acuerdo con esta sugerencia. Para poder interpretar el reglamento básico de la manera más intencionada posible, EASA desarrolló otro el 6 de febrero de 2018. *Opinión técnica* 01/2018 ^{Vigésimo} para las categorías de drones *abierto* y *específico*. Aquí, EASA una vez más deja en claro que la operación de drones continúa requiriendo una directiva marco armonizada en toda Europa para poder garantizar el más alto nivel de seguridad del tráfico aéreo, protección de la privacidad y protección de datos. Así que la EASA diseñó, teniendo en cuenta los desarrollos en la OACI, el *Autoridades conjuntas para la elaboración de normas de sistemas no tripulados* (JARUS) y la Administración Estadounidense de Aviación en los EE. UU. (Administración Federal de Aviación, FAA) ya tienen una versión preliminar ²¹ para tal directiva marco. Básicamente, el borrador recomienda lo siguiente:

- Una reducción de riesgo para la operación de drones de categoría. *abierto* puede lograrse mediante una combinación de restricciones operativas, reglas, requisitos de calificación para el piloto remoto y requisitos técnicos (etiqueta de seguridad con certificación CE) para el dron de tal manera que se pueda operar sin la aprobación previa de la autoridad supervisora (LBA / DFS en Alemania) "eso es seguro.
- Una reducción de riesgo para la operación de drones de categoría. *específico* se puede lograr a través de un análisis de riesgo vinculante (SORA) que debe realizar el operador antes de la puesta en servicio o antes del inicio de la misión en el caso de condiciones especiales de la misión. Alternativamente, el operador puede obtener un certificado que le da derecho a operaciones claramente definidas.

¹⁹ <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/NPA%202017-05%20%28B%29.pdf>

^{Vigésimo} <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Opinion%20No%2001-2018.pdf>

²¹

<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Draft%20AMC%20%20GM%20to%20draft%20Regulation%20...%20and%20to%20the%20borrador%20Anexo%20%28Parte-U%20....pdf>



Para los estados miembros, incluida Alemania, todavía hay un margen de maniobra relevante

- para la definición del uso del espacio aéreo, especialmente el "no uso" por drones de todas las categorías, así
- la implementación de las regulaciones de construcción y certificación para todas las categorías de drones, especialmente la categoría *certificado*, que ahora se están desarrollando en EASA.

Las zonas prohibidas, las zonas con derechos restringidos o, viceversa, las zonas especialmente diseñadas para la operación de drones deben establecerse a nivel nacional (Reglamento básico de la UE, artículo 12, *Áreas del espacio aéreo o zonas especiales para operaciones de UA*). Esto se implementó con la ordenanza de drones de la BMVI en 2017 como un primer paso a un nivel muy general.

Los requisitos de acción adicionales se derivan de la versión preliminar de la siguiente manera:

- En las áreas en las que se permite operar a los drones, se debe garantizar que siempre sea posible una intervención (falla segura) en caso de que se produzca una pérdida de control del dron.
- Para el manejo del transporte de sustancias peligrosas, que hasta ahora no se ha permitido transportar o solo pueden transportarse en forma limitada, se deben establecer procedimientos de control / verificación de acuerdo con las recomendaciones de la OACI en el Doc 9284 'Instrucciones técnicas para el transporte seguro de mercancías peligrosas por vía aérea'.
- Para implementar la obligación de registro, se recomienda un código numérico de 10 partes para identificar de forma única al propietario del dron. Debido al mercado muy dinámico, se imponen altas exigencias a la gestión de la base de datos digital solo para esto, con el fin de que sea capaz de hacerlo en tiempo real y legalmente probado.
- La autoridad competente (BAF / LBA) debe fijar procedimientos para el monitoreo de seguridad permanente (supervisión basada en riesgos, RBO), que aseguren que los operadores de drones realmente implementan los requisitos, en particular informes, capacitación de inspectores, implementación de auditorías.
- El Servicio de Información Aeronáutica (AIS) con los ajustes del espacio aéreo implementados para las operaciones de drones debe ajustarse geométrica, geográficamente (3D) y procedimentalmente (reglas de ingreso, excursión, distancia a los objetos, etc.).
- La información de publicación en el Manual de aviación alemán (AIP) debe ampliarse.
- Los informes de accidentes / incidentes causados por drones deben incluirse en el litigio de la LBA y la Oficina Federal de Investigación de Accidentes de Aeronaves (BFU).



Estos requisitos básicos, también denominados en las últimas capas de pintura *Servicios U-space* designado por SESAR (ver más abajo) dejar en claro que la operación de drones en áreas de infraestructura terrestre densa o áreas densamente pobladas, en particular alrededor de instalaciones críticas para la seguridad (como aeropuertos), requiere especificaciones muy detalladas para continuar garantizando aire seguro en general. tráfico. Por ejemplo, en el aeropuerto de Múnich ya se han realizado análisis de seguridad para determinar la probabilidad de que drones no autorizados entren en las instalaciones del aeropuerto y luego tener medidas de reducción de riesgos diseñadas para que puedan responder a esto de manera inmediata y eficiente.²²

Obviamente, este requisito está en conflicto con las necesidades de un uso flexible del espacio aéreo, promovido por un mercado dinámico y la consiguiente escasez del espacio aéreo que antes parecía ilimitado. Por lo tanto, el desafío radica en el diseño específico de las reglas para el uso del espacio aéreo por drones, así como en el diseño espacial y relacionado con el contenido de las regulaciones de construcción y certificación (CS, GM (Material de orientación) y AMC (Medios aceptables de cumplimiento)). para drones en colaboración con EASA, que, en opinión del consejo asesor, debería hacerse cargo de los ministros federales.

²² Proyecto de Flughafen München GmbH con DLR GfR mbH en 2017/2018.



4 Planificación de la seguridad a través de Gestión del espacio aéreo de drones

Las reglas inexistentes o difusas para el uso del espacio aéreo por parte de los drones generan una cierta incertidumbre tanto para los fabricantes como para los usuarios, lo que puede llevar a una renuencia a innovar. En este sentido, una regulación más predecible puede ayudar a incrementar la seguridad de la planificación para los actores y así promover innovaciones. En este sentido, se abordan varias categorías de gestión del espacio aéreo para drones.

4.1 Categorización de drones

Con la introducción de las tres categorías de drones basados en el riesgo y las clases adicionales en la categoría *abierto* Obviamente, todavía hay una precisión discriminatoria insuficiente con respecto a las condiciones del marco operativo específico para la planificación de vuelos dentro de un área operativa especificada con alcance máximo e integración en la gestión del espacio aéreo de drones (UTM) para un diseño de drones individual (construcción y certificación). Esto requiere más marcos, que se justifican a continuación.

Drones de las categorías *abierto* y *específico* han sido evaluados y aprobados a nivel nacional debido a la falta de competencia por parte de EASA antes de la modificación del reglamento básico de la UE. En el contexto más amplio de la aplicación SORA para *específico*- Los desarrolladores de estos drones se configuraron principalmente de manera orientada a la misión. Por ejemplo, algunos drones que se utilizan para misiones de reconocimiento tienen tiempos de vuelo significativamente más largos, pero en su mayoría casi ninguna carga útil adicional debido a baterías más pesadas para alcanzar también altitudes más altas. Esto resultó en una clara heterogeneidad de los drones disponibles en el mercado.

Los siguientes ejemplos de drones pueden ilustrar esta imagen, cada uno resaltando un representante de las diversas configuraciones. Hasta ahora solo hay unos pocos drones de ala fija en la categoría de hasta 25 kg. Sin embargo, siguen siendo un elemento importante de muchos conceptos de "Movilidad Aérea Urbana", ya que logran una mayor velocidad y alcance de vuelo que los conceptos de hélice, pero esto también a expensas de una menor capacidad de control (maniobrabilidad) en áreas urbanas estrechas. Tabla 3 a continuación.



	Tipo de Flettner helicóptero zumbido	Solo ro- dron de puerta	Hexacóptero zumbido	Dirigible zumbido	Reparado Ala zumbido
Diámetro del rotor	2,8 metros	2 m			
largo			<1 m	10 m	
ancho			<1 m	3,34 metros	
altura			<0,5 m	3,77 metros	
Envergadura					3,2 m
MTOM	85 kilogramos	14 kilogramos	5 kilogramos	15 kilogramos	25 kilogramos
Aviones horizontales velocidad	20 m / s	15 m / s	15 m / s	10 m / s	40 m / s
Ritmo de ascenso	2 m / s	5 m / s	2 m / s	3 m / s	5 m / s
Tiempo máximo de vuelo	50 min	20 minutos	18 min	120 min	30 minutos
carga útil	30 kilogramos	6 kilogramos	1 kilogramo		6 kilogramos

Tabla 3 Drones ejemplares de varios tipos

Sin embargo, con estos valores, no debe pasarse por alto la fuerte dependencia de la carga útil. Por lo tanto, se indica una diferenciación adicional de estos valores para una regulación posterior. No obstante, estos diferentes parámetros operativos conducen a perfiles de vuelo, planificación de misiones y potenciales de riesgo significativamente diferentes, que deberían reflejarse en el concepto UTM en forma de categorías de performance de vuelo diferenciadas (basadas en categorías de performance de aeronaves convencionales según la OACI en función de la velocidad de aproximación). Si es necesario, tales regulaciones podrían encontrar su camino hacia una ordenanza de drones actualizada a nivel nacional, pero sobre todo en las regulaciones de la EASA incluyendo el CS aconsejado para drones de la categoría *certificado*. Padrino de este me gusta para los drones de la categoría *abierto y específico* la "Especificación de certificación para sistemas de aeronaves ligeras no tripuladas (CS-LURS)" antes mencionada del Grupo JARUS legalmente no vinculante.

Finalmente, con respecto al enfoque "basado en riesgos", es particularmente importante para la categoría EASA *abierto*, Clase C1 (operación también permitida a través de personas) para preguntar si la equivalencia de riesgo dentro de una categoría puede existir debido a la heterogeneidad mostrada. El riesgo está determinado (principalmente) por el peligro de que un dron que caiga golpee a las personas en el suelo. Este riesgo se puede cuantificar utilizando la energía cinética $E = 0,5 \cdot M \cdot v^2$ determinar el dron en el momento de la colisión hipotética (m = Masa del dron v = Velocidad del dron). Como ya se explicó en la Sección 4.3.1, EASA prevé un MTOM de 900 go una energía cinética efectiva máxima de 80 J en esta clase. Para investigar si este límite es aceptable, las fuerzas verticales se pueden calcular de manera simplificada, que se basan en un dron flotante en altura. H conducir a una velocidad correspondiente de caída cerca del suelo. Este equilibrio representa el peso de la fuerza de arrastre. en contra. La velocidad maxima v_{MI} resulta en el equilibrio de estas fuerzas ($= - \cdot \dots$). Cualquier numero de



Determine las velocidades de colisión que dependen de la altura (por ejemplo, 1,80 m sobre el suelo como la altura media de una persona). Realizar estos cálculos para los multicopteros típicos de hoy da como resultado valores para la energía potencial y v_{MI} según la siguiente tabla 4. Determinar la energía cinética efectiva media en caso de colisión con una persona según EASA esto multiplicado por el factor 0.465 (ilustración de una colisión parcialmente elástica):

Drones de identificación	Dimensiones m / kg	diámetro $D [metro]$	Eficaz Área de referencia $A [m^2]$	$v_E [Sra]$
UNA Blade200QX	0,2	0,2	0,009	18,5
B. DJI Spark	0,3	0,17	0,007	27,0
C. DJI Mavic	0,7	0,33	0,026	21,5
D. YUNEEC H520	1,6	0,52	0,064	20,5
MI. DJI Inspire	4.0	0,61	0,086	28,0

Tabla 4 Parámetros geométricos y operativos de varios drones en las categorías *abierto / específico* [Bluhm, 2018]

Los resultados se muestran en la Figura 3 a continuación, teniendo en cuenta la altitud máxima de vuelo permitida. Se puede ver que los multicopteros A, B y C no están por encima del límite de 80 J incluso a una altitud de 120 m AGL. Los multicopteros D y E, por otro lado, a la altitud de vuelo máxima permitida, como se esperaba, tienen una energía cinética efectiva más alta que la permitida en la categoría de operación A1.

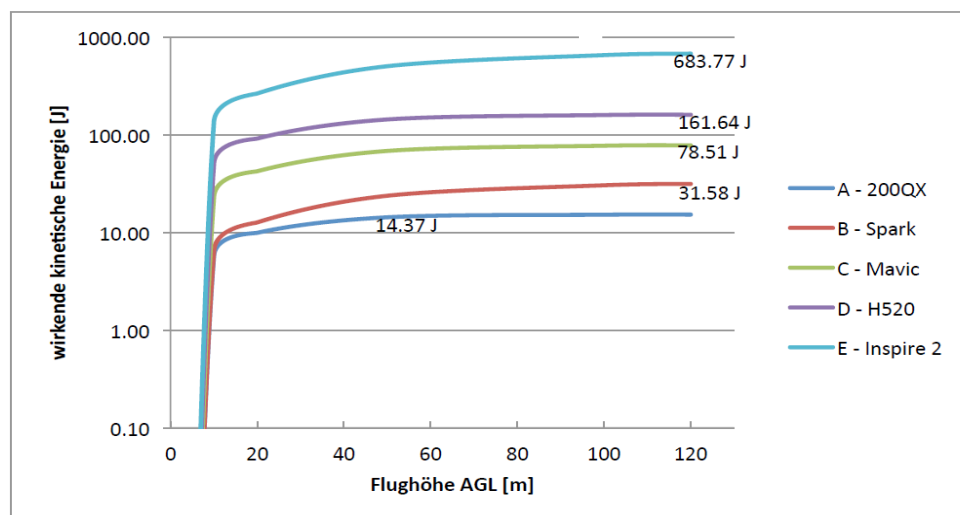


Figura 3 Energía cinética de acción del multicoptero modelado en función de la altitud de vuelo [Bluhm, 2018]

Los resultados también se pueden utilizar para comprobar el supuesto de la relación lineal entre el MTOM y la energía cinética de la EASA. Ser - estar



los valores de la energía cinética efectiva de los cálculos anteriores comparados con los valores esperados según EASA:

ID de drones	MTOM [kg]	MI. familiares determinado [J]	MI. familiares EASA [J]	Desviación [%]
UNA.	0,2	14	17	+ 19
B.	0,3	31	27	- 15
C.	0,7	78	sesenta y cinco	- dieciséis
D.	1,6	161	146	- 10
MI.	4.0	684	357	- 48

Tabla 5: Análisis de errores del modelo energético linealizado según EASA

La Tabla 5 muestra desviaciones significativas al respecto. Dado que el valor límite de 80 J también se basa en el experimento de Gurdjian con objetos contundentes, se deben tener en cuenta otros factores específicos de la construcción y posiblemente específicos de la persona. En particular, elementos como bordes afilados en el fuselaje, hélices, tren de aterrizaje o cargas útiles (por ejemplo, sistema de cámaras), que representan una pequeña área de contacto en caso de colisión, requieren atención adicional. En resumen, se puede afirmar que el enfoque actual basado en el riesgo tampoco está aún completamente desarrollado y que serán necesarios más detalles de las regulaciones para reconciliar objetivamente el riesgo y la flexibilidad durante la construcción y operación.

4.2 Consideración del clima

El clima, especialmente el viento, tiene un gran impacto en la capacidad de control de un dron. Por lo tanto, el fabricante del dron debe examinar las influencias como la lluvia, la nieve o el funcionamiento en una atmósfera húmeda (niebla) y especificar los límites de funcionamiento.²³ Si, por ejemplo, se identifica una reducción de la maniobrabilidad en determinadas condiciones, esto debe tenerse en cuenta al planificar la ruta de vuelo. El fabricante está obligado a especificar las condiciones ambientales necesarias para la operación respectiva. Esto incluye, entre otras cosas, el rango de temperatura de funcionamiento, así como la capacidad de humedad y clima húmedo: si un dron no puede operar de manera confiable bajo ciertas condiciones ambientales como precipitación, temperaturas críticamente bajas o altas (un problema típico en la tecnología de baterías).), un sistema Detectar y Evitar (DAA) del dron para poder detectar esta condición adversa y avisar al piloto remoto (RP) con tiempo.²⁴ En la aviación convencional, existen numerosos valores límite meteorológicos, entre otros para la vista horizontal mínima (vista de vuelo), vista en tierra dada sí / no (obviamente dependiendo de la altitud de operación), luz (definición día / noche), viento

²³ EASA; Opinión técnica, p. 98, 2015

²⁴ ICAO Manual sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) Doc 10019 AN / 507



velocidades y, por tanto, componentes de viento cruzado, precipitación (lluvia, nieve, hielo) y SIGMET (engl. *Fenómenos meteorológicos significativos* tales como áreas con hielo, tormentas eléctricas). De ello dependen los procedimientos operativos y el uso de la infraestructura (pista o helipuerto según EASA, NfL e IR-OPS). Dichos valores límite deben verificarse y especificarse adecuadamente para la organización operativa de los drones (UAS Traffic Management System, UTM).

4.3 Tecnologías e instituciones para la gestión del tráfico de drones

Como se explicó anteriormente, los drones son muy heterogéneos en términos de sus capacidades técnicas. Por lo tanto, para la gestión del tráfico de drones dirigido (UTM), se recomienda formular áreas operativas en las que los respectivos drones actúen como se espera y sean monitoreados y, si es necesario, controlados.

4.3.1 Áreas operativas

Las restricciones específicas de los drones, como el alcance máximo, la duración máxima del vuelo, así como la velocidad horizontal y vertical, deben tenerse en cuenta al realizar la ruta y, por lo tanto, el propósito respectivo de la operación. El dron está controlado por un piloto remoto (RP) en todo momento. Esto está dentro del rango del horizonte de visión (VLOS) del dron. Primero, se asumen los parámetros para un dron con poca carga útil. Además, se asume que existe la posibilidad de cargar energéticamente el dron en el objetivo. Se entiende que este término significa la restauración completa del estado óptimo de un dron. Esto incluye cargar los recursos energéticos, reponer todos los materiales necesarios para el vuelo y posibles trabajos de mantenimiento. Esto implica que todo el rango del sistema de aire está disponible para volar desde una fuente hasta un sumidero. Sin embargo, esto no afecta los recargos de seguridad para llegar a sitios de aterrizaje alternativos y otras reservas. Particularmente en áreas cercanas al centro, que pueden caracterizarse por un alto número de restricciones de vuelo, pueden surgir resultados instructivos.

En la aviación tripulada convencional, los límites del área de operaciones deben definirse con precisión. Dentro de esta área de misión, debe ser posible demostrar un vuelo seguro en condiciones normales sin fallas, así como condiciones defectuosas y capacidades de recuperación de emergencia. Al determinar esta área, como se explicó anteriormente, se deben tener en cuenta las condiciones ambientales como la velocidad del viento y las condiciones de luz / visibilidad. Para ello, en la aviación tripulada se especifican diferentes masas para cada tipo de aeronave: masa en vacío operativa, masa de tanque vacío, masa máxima de aterrizaje y masa máxima de despegue. La llamada "envolvente de vuelo" también se muestra con mínimos y



velocidades máximas (si se violan, las llamadas. *bajo y buffet de alta velocidad* (Puede producirse una pérdida) y se tiene en cuenta la altitud máxima de vuelo.

La operación de drones también requiere una definición de áreas operativas. Cumplir con estos límites operativos es esencial, especialmente en un quirófano urbano complejo. La operación de un dron fuera de su área operativa debe considerarse como una interrupción grave en el sentido de la Ley de Investigación de Accidentes de Aeronave (FIUUG), que debe especificarse en consecuencia. Por otro lado, el funcionamiento normal debe definirse de tal manera que el dron sea capaz de regular sus parámetros de vuelo de forma autónoma con un error estadístico suficientemente pequeño, siempre que las influencias externas no superen los límites previamente definidos. Esto se refiere a la actitud del ángulo de cabeceo y alabeo, la velocidad de vuelo, el rumbo, la velocidad del rumbo y la altitud.

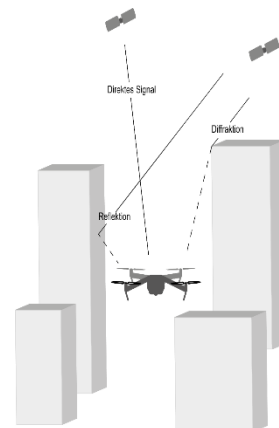
4.3.2 Precisión en la orientación del curso

Por lo tanto, la precisión alcanzable en la guía de ruta depende obviamente de numerosos factores (fuentes de error) y de la determinación correcta de las condiciones ambientales actuales esperadas durante la operación. Esto incluye la ruta de acción debido a un retraso de tiempo en el control de la aeronave: un comando de control consta de dos subprocesos, el llamado comando y control. Primero, la información de estado se envía desde el dron al piloto remoto (RP) (control). Esto incluye información del *Detectar y evitar* Dispositivos, la posición y ubicación del dron y otra información relevante para el sistema. Con la ayuda de los datos proporcionados, el RP puede reaccionar y enviar un comando de control al dron (Comando). Con un rango de operación de casi 30 km, esto da como resultado un retraso de 2, que parece ser pequeño. · 10- Cuarto S, que, no obstante, deben tenerse en cuenta a la hora de determinar la zona de vuelo prevista. Además, hay tiempos de procesamiento de señales en el dron, así como el tiempo de reacción y acción del RP. Estos parámetros pueden ser relevantes especialmente en caso de mal funcionamiento. Si se estima, con base en la industria automotriz, un tiempo de reacción y acción de alrededor de 1,5 segundos.²⁵ y basado en una velocidad de crucero de alrededor de 12,5 m / s, el dron tiene un error de posición de alrededor de 20 m. Además, las dimensiones de un dron deben tenerse en cuenta al calcular las rutas de vuelo permitidas (asumiendo el modelo de un dron esférico: La esfera se transforma en un punto y su radio se suma a las áreas de obstáculos como distancia de seguridad o se sustrae de las áreas abiertas). Para dimensionar distancias de seguridad es

²⁵ Breuer, Bert; H. Bill, Karlheinz, Manual de frenos: conceptos básicos, componentes, sistemas, dinámica de conducción, p. 61 y siguientes. Springer Verlag, 2017



Finalmente, la consideración de la precisión de posicionamiento es indispensable. Como regla general, un posicionamiento directo de drones con una precisión de cm se basa en un sistema multisensor integrado, que consta de un dispositivo RTK (real-cinemática en tiempo / cinemática en tiempo real) Receptor GNSS y sensores adicionales. En este caso, la precisión de posicionamiento absoluta depende esencialmente de las condiciones de medición del GNSS local. Sin embargo, sobre todo en las zonas urbanas, pueden surgir errores importantes de posicionamiento debido al sombreado de los satélites, la recepción sin visibilidad directa, la difracción de la señal o los efectos de trayectos múltiples. Basado en un modelo 3D de los edificios y la vegetación en el quirófano, un GNSS



Se puede crear un mapa de geometría, que se integrará en el proceso de planificación del vuelo. Esto significa que los entornos GNSS degradados ya se pueden evitar en el proceso de planificación. Por lo tanto, el desafío es garantizar una buena georreferenciación continua, incluso si solo se utilizan sensores pequeños y ligeros en los drones. Se pueden utilizar sensores adicionales (por ejemplo, sensores inerciales MEMS (Micro Electro Mechanical System)) para reducir los errores de ubicación, pero los efectos de deriva conducen a un deterioro en la precisión de la posición solo unos segundos después de que se pierde el GNSS²⁶. Incluso cuando se utilizan sensores inerciales MEMS adicionales, una falla GNSS de 30 s puede provocar desviaciones de 10-100 m. Esto podría dar lugar a complicaciones considerables en las zonas urbanas. El sombreado de satélites es otro efecto determinante que afecta la precisión de la ubicación.

Además del control basado en GPS, ha habido una instalación creciente de señales o transmisores de navegación fijos (mástiles transmisores 4G / 5G), que los drones pueden usar para orientarse con mucha precisión, desde hace varios años, especialmente en áreas urbanas. Además, en el futuro, los drones probablemente podrán comunicarse entre sí en el tráfico aéreo convencional, de forma análoga al sistema actual de prevención de colisiones TCAS, que aumentará en gran medida la seguridad del vuelo con un número cada vez mayor de drones.

4.4 Necesidad de actuar

Por lo tanto, el Consejo Asesor ve la necesidad de actuar en la adaptación de la estructura del espacio aéreo en el área VLL, que hasta ahora ha sido espacio aéreo no controlado (tipo G) sobre áreas metropolitanas o, generalmente solo de manera muy parcial, en el área de un zona de control (tipo D) de un aeropuerto cercano a la ciudad / urbano se cae.

²⁶ Mohamed, HA; Hansen, JM; Elhabiby, MM; El-Sheimy, N.; Sesay, AB, Características de rendimiento IMU basadas en MEMS para navegación de vehículos aéreos no tripulados, págs. 337-343, Archivos internacionales de fotogrametría, teledetección y ciencias de la información espacial, 2015



Además, se hace evidente que la gestión del espacio aéreo descentralizada y autoorganizada de hoy en este espacio aéreo VLL no controlado no es muy compatible con los requisitos de la gestión segura del espacio aéreo de amenazas. Aquí es necesario desarrollar conceptos que sean capaces de resolver el conflicto de objetivos del tráfico de hoy (a menudo de ocio) bajo las reglas de vuelo visual (VFR) con el de un tráfico de drones (probablemente cada vez más comercial), que luego corresponde más bien al tráfico planificado y actual. tráfico bajo las reglas de vuelo por instrumentos (IFR). Un concepto de monitoreo central análogo al control de tráfico aéreo actual del tráfico IFR parece ser la única solución adecuada para esto, ya que esta es la única forma de tener en cuenta la creciente automatización de las operaciones de drones que es de esperar.

Esto da lugar a la opinión del Consejo Asesor de que el seguimiento y control de la UTM tecnológicamente y procedimentalmente *central*/debe tener lugar, dependiendo del grado de automatización, ya sea con un ANSP como DFS (baja automatización), o con empresas como GfR en DLR o comparables, que se especializan en el seguimiento de objetos remotos altamente automatizados (aquí, por ejemplo, satélite GALILEO sistemas con Monitoreo central) son. Para ello, deben desarrollarse las correspondientes extensiones o ajustes en los requisitos de certificación para ANSP basados en EU VO 1035/2011.²⁷

Como resultado, debería tomarse una decisión sobre la financiación de dicha instalación central. Obviamente, los operadores de drones tienen que pagar los costos. En el futuro, esto a su vez planteará la cuestión de una regulación económica de esta instalación central, que monitorea el tipo y nivel de la tarificación de los drones con el objetivo de cubrir los costos de prestación eficiente del servicio para que esta instalación no genere excesivos vultuos el monopolio.

²⁷ DVO que establece requisitos comunes para la prestación de servicios de navegación aérea y modifica los Reglamentos (CE) n° 482/2008 y (UE) n° 691/2010.



5 Seguridad, aceptación de seguridad y derechos personales

5.1 Evaluación de seguridad de SORA

La necesidad de operaciones seguras de vuelo con drones ya se ha abordado con frecuencia. El enfoque basado en el riesgo de todas las categorías de drones de la EASA apunta específicamente en esta dirección, pero aún con deficiencias, como se describe en el Cap. 3 (por ejemplo, cumplimiento de 80 J, incumplimiento de los riesgos de seguridad y privacidad) se mostró como un ejemplo. La SORA representa específicamente para la categoría *específico* una instrucción concreta para la acción en el marco del proceso de aprobación, sin embargo, la proporción permanece abierta en cuanto a los estándares según los cuales los riesgos residuales deben evaluarse y, en última instancia, tolerarse. Sin embargo, los valores límite de seguridad (TLS, nivel objetivo de seguridad) que se derivan de los riesgos residuales dictan en gran medida el tipo y alcance de cualquier medida de reducción de riesgos dentro de SORA y de esta manera determinan el nivel de la barrera de acceso al mercado (rojo / decisión verde en el diagrama de flujo adjunto de acuerdo con la Figura 4).

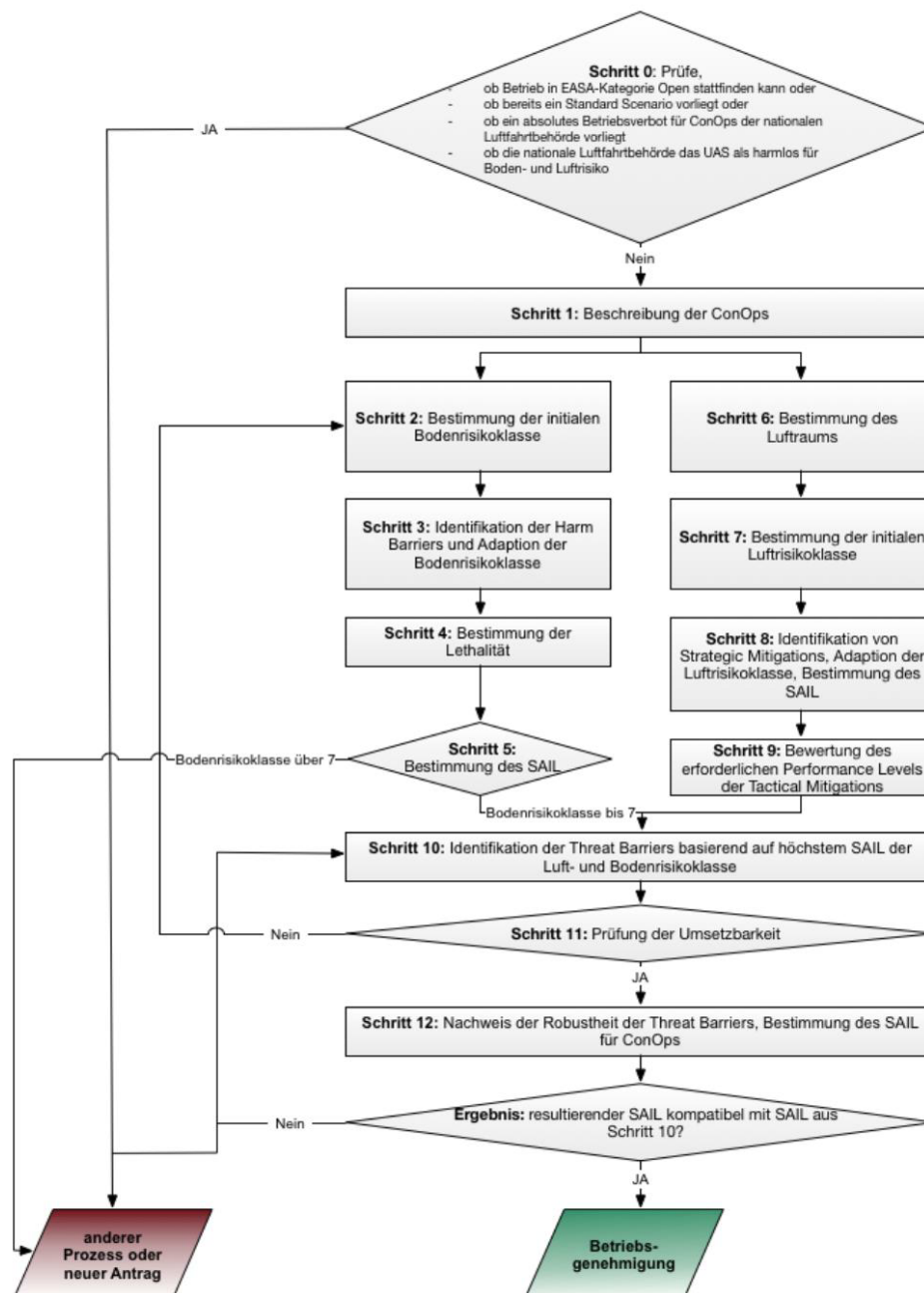


Figura 4 Proceso SORA basado en JARUS [Bluhm, 2018]

El peligro central, la caída incontrolada de un dron sobre personas en el suelo, se divide en cuatro clases de riesgo terrestre en SORA²⁸ en la foto. Cada clase representa una energía cinética máxima permitida entre 700 J y poco menos de 1100 kJ (es decir, órdenes de magnitud superiores a la *abierto* Categoría C1 con 80 J junto con uno de los 8 escenarios operativos establecidos, que esencialmente representan la dependencia de la densidad de personas sobrevoladas y la distancia al dron (VLOS / BVLOS). La consideración adicional de los factores de letalidad (mortalidad

²⁸ La base para determinar la clase de riesgo del suelo (paso 2 proceso SORA) es el diámetro máximo del dron y la energía cinética resultante, así como el escenario operativo previsto (por ejemplo, VLOS en una zona controlada, en un área con baja densidad de población).



tasa) por clase de riesgo del suelo, que puede mejorarse mediante medidas de reducción de riesgo (por ejemplo, proporcionando un paracaídas en caso de falla del motor en el dron) y el mapeo del concepto operativo hasta 12 clases de espacio aéreo.²⁹ Se define una clase de riesgo aéreo para cada clase de riesgo terrestre, que tiene en cuenta la colisión del dron con aviones tripulados (pero no entre drones). La clase de riesgo aéreo 1-4 se convierte luego en un *Nivel específico de garantía e integridad* (SAIL) transferido. Los sistemas de prevención de colisiones se pueden montar en andamios para reducir el riesgo. Una evaluación de seguridad cuantitativa realmente transparente y precisa aún no está disponible con SORA, incluso si el camino es correcto. Es necesario un mayor desarrollo de SORA, también a la luz de la introducción de más categorías o clases de drones, así como un mayor desarrollo de las clases de espacio aéreo.

5.2 Privacidad y seguridad

La protección de la privacidad se refiere en particular al riesgo de espiar deliberadamente a particulares o empresas mediante drones equipados con cámaras, micrófonos direccionales u otros sensores o que quieran introducir sensores en la esfera privada o corporativa de terceros. El último aspecto entra en el área de la seguridad, en particular, la prevención del uso indebido intencional de los drones. Sin embargo, yendo más allá, también se trata de posibles sentimientos perturbadores de las personas hacia los dispositivos voladores en su paradero, en el espacio de la calle y también en el paisaje (por ejemplo, deterioro del disfrute del aire libre). Estos efectos externos negativos se incluyen bajo el título de “privacidad y seguridad”. De manera similar, deberían tenerse en cuenta aspectos de la conservación de la naturaleza (por ejemplo, la perturbación de los animales).

Hasta ahora, no existe un procedimiento concreto para tener en cuenta la privacidad en SORA, incluso si la inclusión como una categoría de riesgo adicional parece ser posible en principio. La consideración de la privacidad no debería tener ninguna influencia en la lógica para determinar la clase de riesgo terrestre y aéreo, ya que no existe una conexión directa con la seguridad operacional (por supuesto, se supone que hay personas realmente presentes). Sin embargo, se puede establecer una referencia a los escenarios operativos (densidad de personas, clase de espacio aéreo).

Con respecto a la seguridad, la SORA también debería pensar en la formulación de barreras de peligro separadas. Un riesgo de seguridad mencionado con frecuencia es la toma no autorizada del control de un dron. Esto puede ser a través de

²⁹ La clase de riesgo aéreo inicial se determina especificando qué espacio aéreo será utilizado por la operación notificada. De esta forma, se puede determinar el riesgo de colisión con aviones tripulados. La división en 12 categorías de espacio aéreo según SORA es, por lo tanto,

mucho más granular que la única distinción entre las clases AG de espacio aéreo de la OACI.



la perturbación de las señales de un GNSS o del enlace de Mando y Control (C2) del dron o al falsificar estas señales, se produce el llamado spoofing. En particular, las señales civiles no cifradas del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que se utilizan en drones no militares, son propensas a la falsificación, como resultado de lo cual el dron se sale de control siempre que el controlador de vuelo utilice estas señales. para control de actitud de vuelo. Como resultado del desarrollo de métodos / algoritmos que evitan de manera confiable que la señal de GPS sea perturbada por suplantación de identidad (ciberseguridad). El diseño específico de riesgos residuales tolerables para la violación de la privacidad y la seguridad en una SORA más desarrollada debe elaborarse e implementarse en detalle.

Una vez que se solucione el escenario operativo específico, sería fundamentalmente concebible internalizar los costos de privacidad para las operaciones de vuelo con drones en áreas densamente pobladas y en altitudes bajas mediante la adquisición de derechos de sobrevuelo. Se pueden concebir varios procedimientos para otorgar dichos derechos de sobrevuelo, que van desde soluciones altamente reguladas basadas en los procedimientos de aprobación de planes actuales hasta soluciones cercanas al mercado. Los primeros albergan el riesgo de largos procesos de aprobación, pero por otro lado también la posibilidad de una implementación real de rutas de vuelo. Las soluciones cercanas al mercado crean un espacio para las innovaciones, pero conllevan el riesgo de que los modelos de negocio y, por lo tanto, las rutas de vuelo específicas se bloqueen y, por lo tanto, los jugadores individuales lo impidan. En el último caso, también es posible agregar entradas tridimensionales del registro de la propiedad a las regulaciones del registro de la propiedad de acuerdo con la Sección 13 GBO y siguientes, que además asignan un límite superior de espacio aéreo a la propiedad / parcela individual. Los derechos de sobrevuelo para espacios aéreos "codiciados" entre las ubicaciones de inicio y destino relevantes podrían ser verificados y, si es necesario, también aprobados por el propietario, quien en el caso de áreas residenciales también puede ser el propietario de la casa, para evitar deterioros (efectos negativos). causados por sobrevuelos Internalizar los costos de transacción más bajos posibles. Sin embargo, con este enfoque, existe el riesgo de que no se establezcan rutas de vuelo porque los actores individuales no están de acuerdo con un sobrevuelo. En el caso de los apartamentos de alquiler, también existe el problema que los derechos de los inquilinos pueden ser violados por los contratos del propietario de la vivienda. En cualquier caso, es necesario regular la liberación de rutas de vuelo, tiempos y altitudes, que luego se establecen en el Reglamento de Tráfico Aéreo (LuftVO, estado actual 2015) en base al reglamento para la regulación de la operación de no tripulados. vehículos aéreos (estado 2017) tendrían que ser depositados.

También sería posible regular la lógica de uso del espacio aéreo para áreas densamente pobladas, en particular áreas caracterizadas por arrendamiento, en los planes estatales de desarrollo (LEP). En ellos, los derechos de uso del espacio aéreo para drones deben fijarse de acuerdo con varias categorías (por ejemplo, tipos de drones y propósitos), en particular las zonas prohibidas. En este caso, también, la base legal tendría que ser creada por el gobierno federal de acuerdo con el Reglamento de la UE. Dado que muchos de los factores externos negativos antes mencionados



Si los efectos solo se vuelven virulentos con un mayor número de drones, las regulaciones también pueden apuntar a restringir el acceso de drones, con lo que el número de vuelos de drones sobre un área se limita en un período de tiempo (nuevamente, si es necesario, una definición diferenciada según a tipos de drones, propósitos, etc. de los valores de capacidad básica establecidos para los aeropuertos). Luego, sin embargo, también habría que aclarar cómo deberían asignarse a los distintos usuarios interesados estos escasos “espacios para drones” reglamentarios (basados conceptualmente en los espacios existentes en los aeropuertos). La fijación de precios o las subastas podrían ser adecuadas para esto, para lo cual el gobierno federal también debe crear la base legal.

Visto en general, también teniendo en cuenta el requisito de una instalación de control central mencionada en la Sección 4.4 y su financiamiento, es por lo tanto muy posible que el "sector de drones" se convierta en el primer sector de red en el que los costos para el nivel de control excedan los de la infraestructura fija. La infraestructura fija para drones, que solo consistirá en áreas de aterrizaje y descarga, presumiblemente estará asociada con costos relativamente bajos (especialmente costos hundidos) por dispositivo o vuelo (en comparación con los sistemas de transporte por ferrocarril, por ejemplo).³⁰ Este hecho repercute en la necesidad actual de actuación reguladora. Dado que los drones pueden prescindir de grandes inversiones en infraestructura, el riesgo de malas inversiones graves es relativamente bajo, especialmente en las primeras etapas del mercado.³¹ Esta es la razón por la que es más fácil que los drones sean rechazados de ciertas áreas de operación por intervenciones regulatorias posteriores si la gente los percibe como perturbadores o peligrosos. Esta flexibilidad tecnológica fundamental permite un acceso evolutivo y flexible a la regulación de los drones. Por lo tanto, sería prematuro emitir reglas para el uso de drones que sean demasiado detalladas. Una discusión política sobre la aceptación social solo puede tener lugar de manera significativa una vez que el público en general haya tenido experiencia con los drones. Esto debe ir acompañado de un seguimiento con las siguientes evaluaciones. Los campos de aplicación y el número de drones, por un lado, y las regulaciones restrictivas, por otro lado, sin duda se desarrollarán en paralelo, de la mano.

³⁰ Los costos tanto de la infraestructura fija como de los sistemas de control dependerán en gran medida de los requisitos de seguridad y protección y de las tecnologías utilizadas para implementarlos.

³¹ A largo plazo, tampoco hay motivos para temer que los drones puedan “canibalizar” significativamente la demanda de otros medios de transporte, por lo que se correría el riesgo de tomar decisiones erróneas graves al desmantelarlos.



5.3 Riesgos para la seguridad de las personas en tierra

Además del análisis de riesgos de personas y edificios que participan directa y activamente en las operaciones de vuelo (desde drones), también existen riesgos de seguridad reales (seguridad) para terceros en tierra. Particularmente en el caso de conceptos de tráfico aéreo autónomo como los drones, este aspecto es de particular importancia, ya que el único “factor humano” permanece entonces en tierra. Estos riesgos se resumen bajo el término “riesgo social” o “riesgo de terceros externos”. Las clases actuales de riesgo del suelo (seguridad) son, como se muestra, muy aproximadas y solo se fijan cualitativamente con respecto a la densidad supuesta de personas. Basado en la Ley Federal de Control de Inmisiones (BImSchG), que ya hoy se aplica de acuerdo con la recomendación de la OACI (Anexo 14) para la aviación comercial en las proximidades de instalaciones dignas de protección, se dispone de modelos de riesgo detallados que permiten determinar cuantitativamente los riesgos individuales y grupales relacionados con el área. Se recomienda que dichos modelos de “riesgo social” también se utilicen para el UTM como parte de las evaluaciones de seguridad y, por lo tanto, cuantificar de manera transparente los riesgos individuales y grupales para las personas en tierra debido a accidentes con drones. B. poder tener en cuenta en el contexto del urbanismo. El riesgo individual proporciona información sobre qué tan alta es la probabilidad de que una persona que está constantemente en un lugar (parcela, cuadrícula, ver más abajo) muera como resultado de un accidente aéreo. *norte* y más personas (grupo) mueren al mismo tiempo como resultado de un accidente aéreo (aquí, un avión no tripulado). El riesgo de grupo y, por tanto, la totalidad de todas las posibles personas afectadas se relaciona con toda el área de investigación, aquí según el escenario operativo. Si no hay nadie en el área bajo consideración, el riesgo de grupo allí es por definición cero. Las evaluaciones típicas del riesgo individual y grupal (incluida la información del valor límite como una línea discontinua) para las operaciones de vuelo tripulado se muestran en la Figura 5 a continuación:

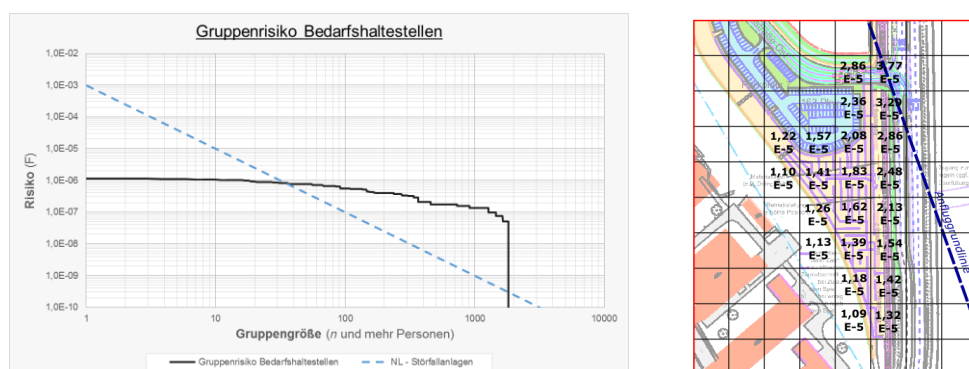


Figura 5 Riesgo grupal (acumulado, izquierda) / individual (por lote, derecha) en el área de paradas de demanda debido a operaciones de vuelo, Ciudad de Friburgo [Fricke, 2018]



Sexto

Oportunidades y riesgos para los drones en el transporte de pasajeros

Desde el punto de vista de la planificación del tráfico, los drones que transportan personas o mercancías son un medio de transporte. Utilizan el espacio aéreo como ruta de tráfico y requieren áreas de aterrizaje designadas. El beneficio de un medio de transporte se deriva principalmente del tiempo y los costos involucrados en el transporte, así como de la accesibilidad básica del destino. El tiempo requerido depende de las horas de llegada y salida a los sitios de aterrizaje, la velocidad de vuelo y los tiempos de transición en los sitios de aterrizaje. Para tener una idea inicial de las ventajas de tiempo de viaje de un taxi aéreo, los tiempos de viaje y los costos de un futuro taxi aéreo (tipo drone *certificado*) contrastados con los de los automóviles y el transporte público. Se crea para el tráfico de pasajeros, pero también se puede transferir al tráfico de mercancías.

La Figura 6 muestra estimaciones de los tiempos de viaje puerta a puerta en el tráfico de pasajeros para los modos de transporte automóviles (calidad de conexión buena, media y mala), transporte público (calidad de conexión buena)³² y taxi aéreo. En el caso de un taxi aéreo, se asume una velocidad de vuelo (ciertamente todavía optimista en la actualidad) de 100 km / h. Los tiempos de transición para el check-in y check-out en los dos sitios de aterrizaje son un total de 15 minutos (ver Figura 7). Los tiempos de viaje de un cambio de ubicación con taxis aéreos están entonces significativamente influenciados por los tiempos de llegada y salida a los puntos de aterrizaje. En un punto de aterrizaje cada 100 km², que corresponde aproximadamente al área de una ciudad, resulta en un gasto de tiempo de alrededor de 15 minutos en ambos extremos del viaje. Este esfuerzo se reduce a unos 5 minutos si la densidad de los lugares de aterrizaje fuera de un lugar de aterrizaje por kilómetro cuadrado, lo que corresponde a la densidad típica de las paradas del S-Bahn. Luego, los viajeros pueden caminar hasta el lugar de aterrizaje. Las diferencias de tiempo de viaje entre un taxi aéreo y un automóvil que se muestran en la Figura 7 muestran que los taxis aéreos en el tráfico regional (distancia de viaje de 20 a 100 km) solo ofrecen una ventaja si la densidad es de al menos uno.

32. B. iasletZze(0.0) no dfdüeeekw. htdm ngteesgberonegan taQile) -
REN sc-uhleulrntkägetsshgsretseuennfllnscdw FIESTAS VeienerndkeefürhrrAsinw elilleetätiztteg (teS.sAD
Ngiee (no ÖfeVünrsaoSugtsreandBaeennnnR

lfiüträtidsisetuL.fuefntlainbileenitgeensSerwa partir del cual los tiempos de viaje típicos para diferentes



Punto de aterrizaje cada 10 km² mentiras. Para cambios locales de ubicación, la densidad es un punto de aterrizaje por 1 km.² requerido.

En la Figura 8, las ventajas de tiempo de viaje del taxi aéreo se convierten en los precios máximos que puede costar un transporte con taxi aéreo. El precio máximo se estima de forma muy simplificada de la siguiente manera: El precio de un viaje en automóvil se complementa con la ventaja de precio a través de la ganancia de tiempo de viaje, que resulta de supuestos sobre la disposición a pagar (valor del tiempo). En tráfico rodado, el valor del tiempo ronda los 5 a 10 € / h.³³, sin embargo, puede ser significativamente más alto para personas adineradas o para viajes de negocios. Para viajeros normales con un valor de tiempo de 10 € / h, un taxi aéreo desde 0,5 € / km sería atractivo. Para viajeros con un valor de tiempo de 100 € / h³⁴, para los que utilicen coche particular, un precio de unos 2,0 € / km sería competitivo. Usuario de un taxi que se trata de

Cuesta 2,0 € / km, también pagaría un precio de transporte más alto de alrededor de 4,0 € / km. A modo de comparación: un vuelo en helicóptero cuesta actualmente alrededor de 20 € / km por persona con una tripulación de 4 personas.³⁵ En el caso de distancias mayores, los precios por kilómetro tendrían que bajar o la velocidad de vuelo del taxi aéreo tendría que aumentar, ya que la ventaja de tiempo de viaje de un taxi aéreo con una velocidad de vuelo de 100 km / h disminuye.

Las estimaciones muestran que los taxis aéreos en una primera etapa, similar a los helicópteros actuales, serían particularmente atractivos para los viajeros adinerados. Para hacer esto, los sitios de aterrizaje deben estar cerca de los destinos. En una ciudad con 500.000 habitantes se puede entonces con una capacidad de los taxis aéreos de 5 plazas Espere 1,000 vuelos por día, lo que conducirá a 2,000 despegues y aterrizajes. Con 10 sitios de aterrizaje que serían alrededor de 200 movimientos de vuelo por sitio de aterrizaje por día y hasta 20 movimientos de vuelo por hora. Eso ya es del mismo orden de magnitud que la operación en un aeropuerto de tamaño mediano.

Con precios más bajos, la demanda de taxis aéreos aumentará significativamente, por lo que alrededor de 5.000 vuelos diarios en una gran ciudad parecen realistas. Un habitante de la ciudad siempre verá de 1 a 5 taxis aéreos en el aire al mismo tiempo.

³³ Axhausen, Ehreke, Glemser, Hess, Jödden, Nagel, Sauer Weis (2014). Determinación de enfoques de evaluación para tiempos de viaje y confiabilidad sobre la base de un modelo de cambios modales en el tráfico de pasajeros no comerciales y comerciales para la planificación de rutas de tráfico federal. ETH Zurich.

³⁴ El valor del tiempo en alrededor de 100 € / h se puede ilustrar con el ejemplo de una persona que elige un taxi desde un aeropuerto a un área urbana en lugar de transporte público (aprox.5 €, tiempo de viaje de 60 minutos)

(aprox.55 €, 30 minutos de tiempo de viaje).

³⁵ Ver p. Ej. <http://www.helikopterfliegen.de/fliegen/preise.html> : Precio por helicóptero de 4 pasajeros 1.200 € / h.

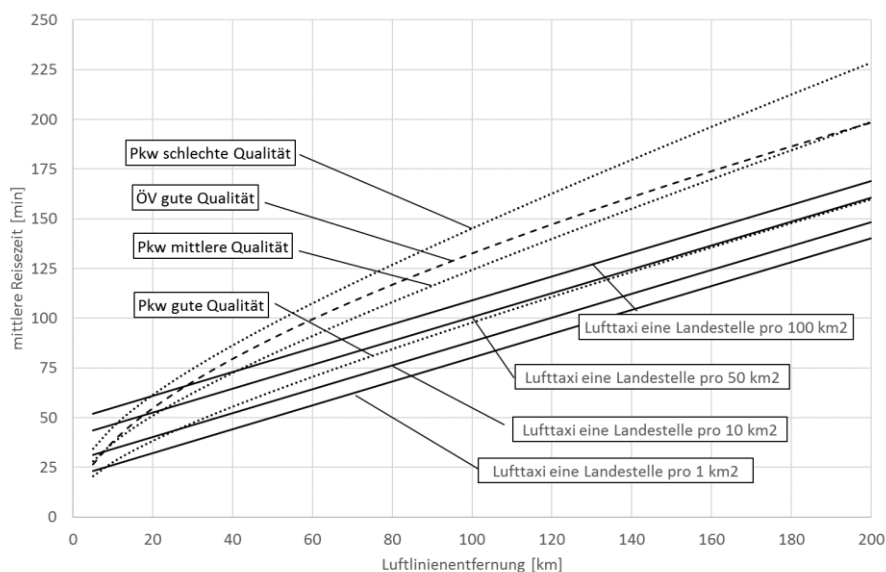


Figura 6 Comparación del tiempo de viaje puerta a puerta en el tráfico de pasajeros para los modos de transporte automóviles (calidad de conexión buena, media y mala), transporte público (calidad de conexión buena) y tiempo de check-in y check-out de taxis aéreos 15 minutos) con diferentes densidades de puntos de aterrizaje y velocidades de vuelo, velocidad constante subordinada

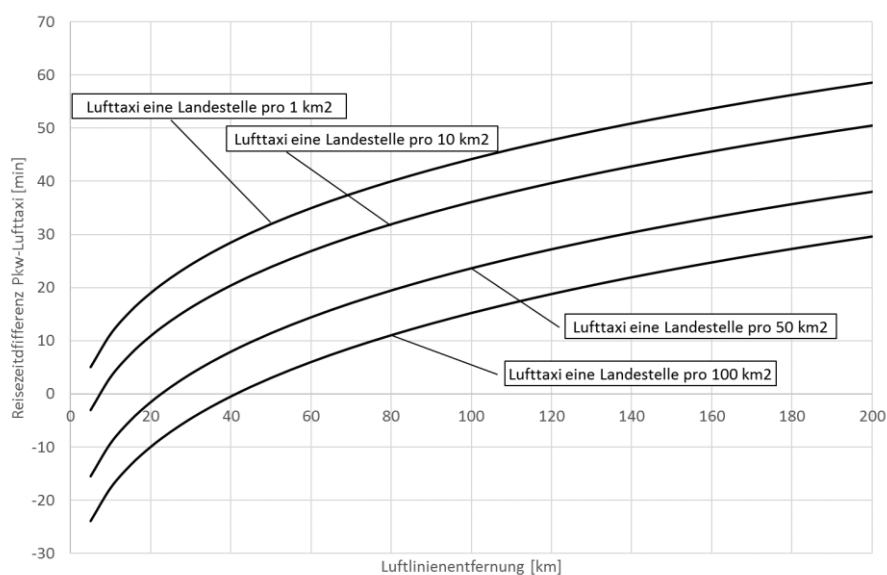


Figura 7 Ventajas del tiempo de viaje para un taxi aéreo con una velocidad de vuelo de 100 km / h con un tiempo de check-in y check-out de 15 minutos, en comparación con un automóvil con una calidad de servicio promedio, que es típica de áreas urbanas durante hora pico

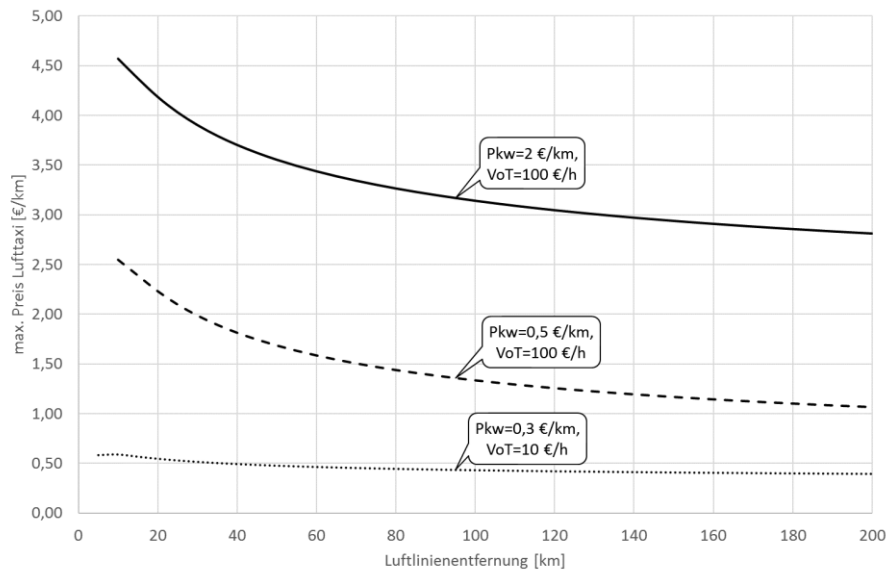


Figura 8 Estimación de los precios máximos aceptables por kilómetro para un taxi aéreo con una velocidad de vuelo de 100 km / h. Se muestran tres casos:

- (1) Viajeros con taxi (2,0 € / km) y un valor de tiempo muy elevado (100 € / h).**
(2) Viajeros con vehículos de lujo (0,5 € / km) y un valor de tiempo muy elevado (100 € / h). (3) Pasajeros con un vehículo de rango medio (0,3 € / km) y un valor de tiempo normalmente elevado (10 € / h).

Supuestos adicionales: diferencia de tiempo de viaje para el caso de la calidad promedio del automóvil, tiempo de check-in y check-out 15 minutos y un punto de aterrizaje por km².



7 Conclusiones y recomendaciones

Sin duda, los drones llevan un enorme portal de innovación para los sectores del transporte, la logística y el ocio. En los próximos años, las ideas de negocio en los sectores presentados se multiplicarán con un rendimiento económico considerable. De esto se derivan tareas regulatorias socialmente integrales sobre los temas. *Seguridad* (y por lo tanto *Capacidad*), Seguridad y privacidad, ya que por un lado el número de aviones crecerá enormemente, por otro lado numerosos terceros pueden verse gravemente perturbados o sus derechos violados por ellos. En 2018, la UE dio el paso correcto con la enmienda del Reglamento Básico de la UE para la certificación de drones: ahora todos los drones, independientemente de su tamaño y otras propiedades, están sujetos a la responsabilidad de EASA y, por lo tanto, siguen un estándar europeo uniforme. Independientemente de esto, numerosos detalles sobre el desarrollo y funcionamiento de drones permanecen abiertos. Su aclaración específica es un requisito previo esencial para el desarrollo dinámico de los conceptos de movilidad aérea urbana en las ciudades europeas con diversas sinergias.

para acompañar los desarrollos tecnológicos en el campo de la conducción autónoma en el tráfico terrestre. Por lo tanto, las actividades internacionales en esta área deben ir acompañadas por el Ministro Federal de la siguiente manera:

1. Lo que se necesita es una participación específica y claramente más visible del Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital en la Agencia Europea de Seguridad Aérea EASA en el proceso en curso de implementación del nuevo Reglamento Básico de la UE, tanto en el área de "pequeños" drones (categorías *abierto* y *específico*) para establecer los impulsos correctos para el desarrollo posterior de los parámetros técnicos y operativos (cumplimiento de los objetivos de seguridad, como la energía cinética máxima por categoría de operación), así como para drones "grandes" (categoría *certificado*) participar intensamente en el proceso de aprobación (desarrollo de una Especificación de Certificación, CS para drones), que aún se encuentra en construcción, así como la implementación del sistema de gestión del tráfico de drones (UTM). El plazo de lanzamiento al mercado de los taxis aéreos, entre otras cosas, dependerá en gran medida de su diseño.
2. Especialmente para los drones pequeños, la base de clasificación actual debe verificarse con respecto al riesgo para terceros, los valores límite actuales para la masa máxima de despegue (MTOM) y la velocidad de operación (para obtener la máxima



energías cinéticas), así como el tipo de accionamiento (solo eléctrico) deben comprobarse en cuanto a idoneidad (conservador y optimista por ambos lados), valores objetivo de seguridad socialmente aceptados para el proceso de certificación basado en el riesgo proclamado por la EASA (cuando es seguro ¿También te sentiste seguro?) faltan hasta ahora. Para ello están indicados los estudios sociológicos. Con la adopción del nuevo reglamento básico de la UE, la actualización del reglamento alemán sobre drones, que acaba de entrar en vigor, puede quedar obsoleta. Deben discutirse y sopesarse las ventajas y desventajas de una directriz nacional. En el futuro previsible, los drones no operarán de forma autónoma, sino que operarán de forma remota. Esto significa que las habilidades piloto juegan un papel importante: El diseño de los requisitos de competencia y el sistema de prueba, incluida la auditoría

3. (procedimientos para verificar las habilidades del piloto, los llamados controles de actualización / recurrentes) requieren un diseño y verificación mucho más precisos en comparación con los objetivos establecidos en materia de seguridad (procedimientos de vuelo, procesos operativos), seguridad (verificación de antecedentes) y privacidad (respetando las normas para la protección de la personalidad y la privacidad hasta e incluyendo la conservación de la naturaleza). Los drones son en su mayoría objetos pequeños en vuelo y, por lo tanto, son difíciles de localizar. En el ámbito de la seguridad, la privacidad y la protección de los espacios públicos, esto representa un enorme desafío, que hasta ahora se ha abordado principalmente con la ayuda de geofencing por / para drones. Los espacios aéreos que se protegerán mediante geofencing deben especificarse a nivel nacional de acuerdo con la legislación de la UE y, por lo

Cuartotanto, a nivel federal en Alemania, y deben publicarse a través de plataformas o aplicaciones web. Una

retroalimentación sobre la aprobación de los drones es un pilar importante del establecimiento de sistemas de geofencing para asegurar una comparación confiable (carga) de las áreas protegidas correspondientes (áreas prohibidas y restringidas) en los sistemas de navegación a bordo. Para ello, se deben crear estándares uniformes, sistemas de mapas y bases de datos para que los fabricantes puedan implementar las geocercas en los controladores de vuelo de los drones. Una retroalimentación sobre la aprobación de los drones es un pilar importante del establecimiento de sistemas de geofencing para asegurar una comparación confiable (carga) de las áreas protegidas correspondientes (áreas prohibidas y restringidas) en los sistemas de navegación a bordo. Para ello, se deben crear estándares uniformes, sistemas de mapas y bases de datos para que los fabricantes puedan implementar las geocercas en los controladores de vuelo de los drones. Una retroalimentación sobre la aprobación de los drones es un pilar importante del establecimiento de sistemas de geofencing para asegurar una comparación confiable (carga) de las áreas protegidas correspondientes (áreas prohibidas y restringidas) en los sistemas de navegación a bordo. Para ello, se deben crear estándares uniformes, sistemas de mapas y bases de datos para que los fabricantes puedan implementar las geocercas en los contro

5. Para garantizar la seguridad y la privacidad al usar drones, la obligación anunciada de registrarse para los operadores y los drones con un peso de despegue de 250 go más en la actualidad es un buen camino a seguir. Sin embargo, el sistema de identificación electrónica (e-ID) debe implementarse de manera eficiente y a prueba de fraude para que sea efectivo en caso de enjuiciamiento penal por uso indebido intencional de drones.

Sexto Se concede especial importancia a la regulación de los derechos de sobrevuelo, ya que crea seguridad en la planificación para los proveedores de los nuevos modelos de negocio y al mismo tiempo garantiza la protección de los derechos de privacidad de terceros y la limitación de externalidades. Las ventajas y desventajas de varias opciones deben sopesarse cuidadosamente. Los procedimientos fuertemente regulados para otorgar derechos de sobrevuelo basados en los procedimientos de aprobación de planes establecidos conllevan el riesgo de problemas de aprobación prolongados.



procesos, pero por otro lado también la posibilidad de una implementación real de rutas de vuelo. Las soluciones orientadas al mercado crean espacio para las innovaciones, pero conllevan el riesgo de que los modelos de negocio y las rutas de vuelo sean bloqueadas por jugadores individuales y, por lo tanto, prevenidas. En cualquier caso, es necesario regular la autorización de rutas de vuelo, tiempos y altitudes, que luego tendrían que estar establecidas en la normativa de tráfico aéreo (LuftVO, estado actual 2017).

Séptima Evaluación de Riesgos de Operaciones Específicas (SORA) introducida por EASA se desarrollará aún más especificando los valores objetivo de seguridad que deben alcanzarse. Se deben parametrizar las principales causas de peligro (clima, visibilidad, humedad, temperatura exterior, etc.). No se debe olvidar que en el sistema de cajeros automáticos actual solo tenemos valores límite de seguridad clave que ya son tan "altos" que solo se pueden verificar con gran esfuerzo.³⁶ Se trata de jugar un papel activo en la estandarización de los cálculos de seguridad de los cajeros automáticos y así poder estimar de manera confiable los riesgos de inversión en nuevos modelos comerciales y drones para usuarios y desarrolladores. Los valores límite de seguridad influyen en lo que es factible desde el punto de vista del procedimiento en términos de calidad y capacidad de un sistema de transporte. La evaluación de la seguridad como tal también debe diferenciarse a la luz de la ubicación planificada, desde áreas rurales a suburbanas a centros urbanos / mega-aeropuertos en términos de densidad de tráfico, heterogeneidad y el impacto resultante en el aire (otras aeronaves convencionales) también. como en el terreno en Forma de riesgos de terceros (riesgo social de los residentes). Los valores límite resilientes y los estándares de cálculo también son esenciales para tales riesgos externos.

Octavo Hasta ahora, SORA no ha tenido en cuenta ningún riesgo de seguridad o privacidad. Se recomienda incluir estos aspectos en una lista ampliada de peligros con el fin de basarse en una imagen de evaluación holística para la posible aprobación de un "caso de negocio específico".

9. El monitoreo de los aspectos de la concesión de licencias (aprobación de la misión), así como la implementación operativa del monitoreo de drones, deben diseñarse e implementarse de acuerdo con el control actual del tráfico de vuelo por instrumentos (IFR) a través de una responsabilidad central con un grado de automatización correspondientemente alto. Ésta es la única forma de manejar de forma segura los grandes volúmenes de tráfico esperados. Además de las instituciones establecidas en Alemania, también se encuentran disponibles proveedores de servicios UTM con suficiente experiencia en monitoreo remoto. Según el reglamento de la UE para la prestación de servicios de navegación aérea, los solicitantes (alemanes) están sujetos a la competencia europea

³⁶ Los ejemplos incluyen la frecuencia permisible de accidentes fatales en la aproximación final de una aproximación de aterrizaje por instrumentos de precisión (1 en 10 millones de aproximaciones) o durante el rodaje en las áreas de operaciones de vuelo de los grandes aeropuertos ultramodernos (1 en 100 millones de operaciones).



capacidad para postularse. La gestión centralizada del espacio aéreo también debe basarse en áreas de operación definidas para cada categoría de drones (diagrama de rango de altitud), que el fabricante debe garantizar de manera confiable. Cumplir con estos límites operativos fijos es esencial, especialmente en un quirófano urbano complejo. La operación de un dron fuera de su área de operación debe verse como una interrupción grave y, por lo tanto, debe reflejarse en la base legal.

10. Especialmente en áreas urbanas, pueden ocurrir errores importantes en el posicionamiento debido al sombreado del satélite, recepción sin línea de visión, difracción de la señal o efectos de trayectos múltiples. Sobre la base de un modelo 3D de los edificios y la vegetación en el quirófano, se debe crear un mapa de geometría GNSS, que se integrará en el proceso de planificación del vuelo. Esto significa que los entornos GNSS degradados ya se pueden evitar en el proceso de planificación. Por lo tanto, el desafío es garantizar una georreferenciación continua y buena independientemente del tamaño del sensor que se pueda instalar.
11. Para una gestión eficiente del espacio aéreo de drones (UTM) es necesario actuar en la adaptación de la estructura del espacio aéreo en el área de operación típica de drones, el espacio aéreo de nivel muy bajo (VLL) (<150 m sobre el suelo), que anteriormente estaba ya sea espacio aéreo no controlado (OACI tipo G) o, por lo general solo muy parcialmente, cae dentro del área de una zona de control (OACI tipo D) de un aeropuerto cercano a la ciudad / aeropuerto urbano.
12. Para que los procesos de construcción y aprobación de drones sean económicamente eficientes en términos de tiempo, se recomienda el establecimiento de centros combinados de prueba / construcción y aprobación, preferiblemente bajo la responsabilidad de la Autoridad Federal de Aviación (LBA). El padrino puede ser el concepto de un "Drone Pole" desarrollado en Suiza, en el que estos diversos actores pueden operar "bajo un mismo techo". Este particular para la categoría *específico y certificado* Las tareas relevantes deben ser responsabilidad del gobierno federal a fin de garantizar un diseño uniforme en todo el país. Estos centros deben tener catálogos de certificación coordinados siempre que no existan especificaciones de certificación (CS) para drones.
13. La planificación del desarrollo estatal (LEP) en coordinación con los niveles de planificación subordinados debe considerar el establecimiento de sitios de despegue / aterrizaje de drones con visión de futuro para permitir modelos de negocio en el área de la movilidad urbana. El Ministerio Federal debería desarrollar las correspondientes normas de planificación de especialistas de apoyo en el marco del trabajo de panel en la EASA y la OACI y aplicarlas con prontitud (análoga a la EASA CS ADR-DSN o el Anexo 14 de la OACI sobre "Helipuertos").
14. Se recomienda una estrecha interconexión de las actividades para actualizar las condiciones marco en el transporte aéreo y terrestre a fin de generar un potencial de sinergia entre una mayor automatización en todos los modos de transporte.



Gustosamente explotar, que también incluyen el diseño adecuado de las redes 4G / 5G y garantizar a la industria un marco confiable para el desarrollo de tecnologías y modelos de negocio. En opinión del Consejo Asesor, la aceptación social va acompañada de los desarrollos actuales en la conducción automatizada en tierra: en los próximos 10 años experimentaremos la conducción totalmente automatizada (los llamados niveles VDA 4 y 5) al menos en casos aislados, de modo que los requisitos básicos para el vuelo de carga sin conductor también podrían darse socialmente con los grandes aviones convencionales de hoy en día. Estos aspectos de mediano a largo plazo definitivamente deben tenerse en cuenta hoy en la Estrategia de País antes mencionada y en la elaboración posterior de GM (Material de orientación) y AMC (Medios aceptables de cumplimiento). con el fin de poner a las empresas de desarrollo en una posición también aquí para poder evaluar de forma fiable los riesgos de aprobación. Para ello, es indispensable una participación correspondiente en la labor de la comisión internacional.

15. Los proyectos piloto en ciudades alemanas como los de la EU UAM

Initiative deben llevarse a cabo a la luz de las recomendaciones antes mencionadas: Esto incluye la integración multimodal de drones en el tráfico urbano, la creación de una infraestructura adecuada de tráfico, comunicaciones y monitoreo (multimodal registro de objetos por cada participante del tráfico aéreo), ocuparse de los derechos de sobrevuelo, etc. Incluso si el transporte aéreo de personas por control remoto o completamente automático solo es de esperar a largo plazo, las características de aprobación y diseño pertinentes deben desarrollarse y apoyarse intensamente a nivel nacional en EASA por la misma razón. Esta categoría de usuarios de aviones, además del aspecto de autonomía en el liderazgo, también seguirá, al menos parcialmente, la tendencia de la electromovilidad desde el punto de vista energético. La Junta Asesora aboga por el desarrollo de requisitos específicos adicionales para las baterías, los tipos de propulsión y las áreas verticales y laterales de operación de los taxis voladores (estructura del espacio aéreo). Estos requisitos deben diferenciarse en función de la prueba de conocimientos del usuario respectivo, desde el piloto con un área de responsabilidad reducida hasta el monitor humano de un sistema de control y regulación de vuelo totalmente automático. Esto tiene como objetivo dar a los desarrolladores de modelos de vuelo y de negocios europeos, y especialmente alemanes, la oportunidad de desarrollar y probar sus modelos en este país para que no tengan que depender de la subcontratación de estos desarrollos a países como Nueva Zelanda o los Emiratos Unidos. , como es el caso actualmente.



Lista de abreviaciones

ACI	Airport Council International
AIP	Publicación de información aeronáutica Servicio de información
AIS	aeronáutica
AMC	Medios de cumplimiento aceptables (parte de la CS, requisito de
ANSP	equivalencia) Proveedor de servicios de navegación aérea Gestión del
Cajero automático	tránsito aéreo
BAF	Oficina Federal de Supervisión para el Control del Tráfico Aéreo
BDSG	Ley federal de protección de datos
BFU	Oficina Federal de Investigación de Accidentes de Aeronaves
BImSchG	Ley Federal de Control de Inmisiones
BVLOS	Más allá de las reglas de vuelo
CVFR	visual controlado por la línea visual
DAA	Detectar y evitar (detección y prevención de colisiones)
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DLR	Sistemas de aeronaves no tripuladas del
Drones	Centro Aeroespacial Alemán (UAS)
EASA	Nivel equivalente de seguridad de la Asociación Europea de Seguridad Aérea
ELOS	
FAA	Administración Federal de Aviación
FLUUG	Ley de investigación de accidentes de aviación
GBO	Regulaciones catastrales
GCS	Estación de control de tierra
GfR	DLR GfR mbH - Material de orientación de la Sociedad Alemana de Aplicaciones Espaciales
GM	(parte de la CS, documento explicativo para la implementación de la CS) Archivo de
GND	autoridad común
GNSS	Sistemas globales de navegación por satélite (GPS, Galileo, GLONASS, ...)
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
IFR	Reglas de vuelo por instrumentos
JARUS	Autoridades conjuntas para la reglamentación de sistemas no tripulados



OPINIÓN DE LA JUNTA ASESORA CIENTÍFICA DEL MINISTRO FEDERAL DE TRANSPORTE E
INFRAESTRUCTURA DIGITAL

MANTENER	Servicios de mensajería, mensajería urgente y
LBA	paquetería, Luftfahrtbundesamt
LEP	Plan de desarrollo estatal
LFZ	Aeronave
VAMOS	Línea de visión (horizonte óptico)
LUC / CUC	Regulaciones de aviación del certificado de
LuftVO	operador ligero / certificado UA
MEMS	Sistema microelectromecánico (sistema de dispositivos ultraminiaturizados) Masa
MTOM	máxima de despegue
NfL	Avisos para pilotos (informes / informes publicados del DFS) Aviso de enmienda
NPA	propuesta
OEM	Fabricante Original de Equipo
RBO	Supervisión basada en riesgos
RMZ	Zona obligatoria de radio
RPA	Aeronaves pilotadas a distancia
RPAS	Sistema de aeronaves pilotadas a distancia
RPASP	Panel de sistemas de aeronaves pilotadas a
RTK	distancia Cinemática en tiempo real
NAVEGAR	Normas y prácticas recomendadas específicas de
SARP	garantía y nivel de integridad
SESAR	Programa de investigación ATM del cielo único europeo
SIGMET	Fenómenos meteorológicos significativos (fenómenos meteorológicos relevantes para la seguridad)
TCAS	Sistema de prevención de colisiones de tráfico (LFZ- Sistema de prevención de colisiones)
TLS	Nivel objetivo de seguridad
UAV	Vehículo aéreo no tripulado
UHF	Frecuencia ultra alta (300 MHz a 3 GHz)
UTM	Asociación de sistemas de gestión de tráfico UAS (Drones) de la
VDA	industria automotriz
VFR	Reglas de vuelo visual, muy alta
VHF	frecuencia
VLL	Espacio aéreo de muy bajo nivel, <150 m



Miembros del Comité Asesor Científico en el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke (Presidente)	Dresde
Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich	Stuttgart
Prof. Dr. Regine Gerike	Dresde
Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis	Bremen
Prof.Dr. Günter Knieps	Friburgo
Prof. Dr. Dr. hc Andreas Knorr	Speyer
Prof.Dr. Kay Mitusch	Karlsruhe
Prof. Dr. Stefan Oeter	Hamburgo
Prof. Dr. Dr. Dr. hc Franz Josef Radermacher Prof.Dr.	Ulm
Victoria de Gernot	queso Muenster
Prof. Dr. Wolfgang Stölzle	San Galo
Prof.Dr. Peter mesa delantera	Karlsruhe
Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner	Darmstadt
Prof.Dr. Alexander Eisenkopf	Friedrichshafen



imprimir

editor

Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital Más
detalles de la dirección

estaba de pie

Abril de 2019

el personal editorial

Junta Asesora Científica
en el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital

Más información en Internet en

www.bmvi.de

Este folleto es parte del trabajo de relaciones públicas del
Gobierno Federal. Se proporciona de forma gratuita y no
está destinado a la venta.