

Radarsignaturtechnische Bewertung
des Bauvorhabens
„JAH02 Stadtturm in Berlin“
im Einflussbereich der militärischen Radaranlage Tempelhof
und Radaranlagen der Deutschen Flugsicherung

Dokumenten Nr.
TEYYX-460/20

[Public report](#)

14.04.2021

Auftraggeber:

JAH0 Stadtturm Verwaltungs GmbH
Sophie-Charlotten-Straße 33
14059 Berlin
c/o
SMV Bauprojektsteuerung Ingenieurgesellschaft
mbH
Wichmannstraße 5
10787 Berlin

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space
Airbus-Allee 1
28199 Bremen
Deutschland

Durchgeführt von:

Dipl.-Ing.(FH) B. D. Bloch;TEYYX-TL2

Tel: 0421 – 538 5221

Fax:0421 – 538 3481

boris.bloch@airbus.com

Ausfertigung Nr.: - **PDF** -

Das Gutachten besteht aus Blatt 1 bis 25 mit dem Anhang A.

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis:	3
2	Aufgabenstellung zur Baumaßnahme „JAH02-Stadtturm, Alexanderstraße Ecke Holzmarkstraße“ im Einflussbereich der Radarortungsanlagen Tempelhof, Tegel und Schönefeld	4
3	Beschreibung der projektierten Baumaßnahmen	7
3.1	Hochhausbebauung an Alexanderstraße Ecke Holzmarkstraße - Berlin	7
3.2	Erfassungssituation der geplanten Baumaßnahme durch die einzelnen Radarstandorte:	7
4	Ergebnis der radartechnischen Bewertung	16
4.1	Auswertungen der Reflexionsanalysen SSR	19
4.2	Auswertungen der Verschattungs- und Streufeldanalysen in Bezug auf das Primärradar am Standort Tempelhof	20
Anhang A:	Kontrollierter Luftraum	25

1 Abkürzungsverzeichnis:

AntUk	=	Antennenunterkante	
ASR	=	Airport Surveillance Radar (Primärradar)	2D-Radar
GND	=	Geländehöhe	
IFR	=	Instrument Flight Rules	(Instrumentenflugregeln)
LFZ	=	Luftfahrzeug	
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung;	3D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
NH	=	Nabenhöhe	
NHN	=	Normalhöhennull	
NM	=	nautische Meilen	
Radar	=	Radio Detection and Ranging	
RASS	=	Verfahren/Tool zur messtechnischen Bewertung von Radarsystemen	
RQS/RCS	=	Radar-Cross-Section (Radarquerschnitt/Radarreflexionsintensität)	
RQS _{dyn.}	=	dynamischer RQS; zeitlich sich ändernde Reflexionsbeiträge von bewegten Objekten	
Reichweitenminderung	=	Maß für die Beschränkung/Minderung der radarwirksamen Einsehbarkeit in definierte Luftraumsektionen. Die ideale Betriebsbedingung liegt vor für einen Wert von 100 %.	
SSR/IFF	=	Secondary Surveillance Radar	(Sekundärradar)
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
VFH	=	Verkehrsflughafen	
VFR	=	Visual Flight Rules	(Sichtflugregeln)

2 Aufgabenstellung zur Baumaßnahme „JAH02-Stadtturm, Alexanderstraße Ecke Holzmarkstraße“ im Einflussbereich der Radarortungsanlagen Tempelhof, Tegel und Schönefeld

Das projektierte Bauvorhaben in Berlin befindet sich nordöstlich der militärischen Radaranlage Tempelhof an der Alexanderstraße Ecke Holzmarkstraße in unmittelbarer Nähe der Jannowitzbrücke. Der Gesamtkomplex besteht aus einer Basisbebauung und dem aufgesetzten Hochbau. Das ca. 76,40 m über Grund bzw. 111,85 m über NHN hohe Gebäude befindet sich in einer Entfernung von ca. 3817 m im direkten Erfassungsbereich des Primär- und Sekundärradars am Standort Tempelhof. Die Analyse des Radarstörpotentials der Baumaßnahme ist erforderlich aufgrund von Vorgaben des BAIUDBw (Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistung der Bundeswehr) zur störfreien Ausführung des Bauvorhabens bezüglich der Reflexionsproblematik gegenüber der SSR-Radaranlage sowie dem Primärradar am Standort Tempelhof. Weiter werden die radartechnischen Auswirkungen des geplanten Gebäudes auf die ca. 10932 m entfernte SSR-Radarortungsanlage des Flughafens Tegel sowie die ca. 15882 m entfernte nördliche SSR-Anlage des Flughafens Berlin-Schönefeld berücksichtigt. Angegeben wurden hier die mittleren Entfernungen zu den einzelnen Radarstandorten.

Radartechnische Analyse:

Die Analysen der Reflexions-, Streufeld- und Verschattungseffekte werden für den Radarstandort Tempelhof, Tegel sowie Schönefeld-Nord durchgeführt. Bei der Ermittlung der Ausbreitungseffekte wird die Objektplanung berücksichtigt, die Airbus Defence and Space im Dezember zur Verfügung gestellt worden ist. Aufgrund der Distanz zu dem Radarstandort und den gegebenen Dimensionen der einzelnen Fassadenabschnitte sind Dämpfungsanforderungen sowie störowirksame Verschattungseffekte nicht ausgeschlossen.

Das Bauvorhaben ist gemäß der Forderung des BAIUDBw als beteiligte Genehmigungsbehörde in Bezug auf das SSR ausreichend radarreflexionsarm auszuführen bzw. in Bezug auf das Primärradar so zu erstellen, dass störowirksame Verschattungseffekte vermieden bzw. minimiert werden. Das radartechnische Anforderungsprofil des SSR-Radars beruht auf der Vorgabe des LufABw sowie auf der gutachterlichen Untersuchung zur Störfreiheit des Bauvorhabens in Bezug auf die zu berücksichtigenden An- und Abflugrouten auf die Verkehrsflughäfen Berlin Tegel sowie Schönefeld. Für das Primärradar am Standort Tempelhof werden eine Reichweitenanalyse und die Analyse der zu erwartenden Streufeldefekte durchgeführt.

Die Exposition der Radarstrahlung von der Radarantenne auf das Bauvorhaben sowie die Analyse der Reflexionsfelder wurden unter Berücksichtigung der Beugung hochfrequenter Felder mit verschiedenen Rechenverfahren wie UTD oder MLFMM (MoM) durchgeführt.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, dem auftraggebenden Unternehmen JAHO Stadtturm Verwaltung GmbH sowie SMV Bauprojektsteuerung Ingenieurgesellschaft aus Berlin für die vorgesehene konstruktive Ausführung der Gesamtbaumaßnahme im Einflussbereich der Radarortungsanlagen am Standort Tempelhof, Tegel und Schönefeld, aufbauend auf den signaturtechnischen Anforderungen des LufABw (Luftfahrtamt der Bundeswehr) zum Bauvorhaben, das Radarstörpotential des Baukörpers zu ermitteln.

Ein Fassadendämpfungskonzept für die Gesamtbaumaßnahme ist nicht Gegenstand der Begutachtung und wird ggf. nachfolgend entwickelt. Ein ggf. nachfolgendes Fassadendämpfungskonzept wird durch rechnergestützte Analyseverfahren abgesichert und stützt sich bei der Beurteilung von Materialien und Bauweisen auf bisherige messtechnische Ergebnisse. Eine Notwendigkeit zur messtechnischen

Musterprüfung über die Dämpfungperformance ist nur notwendig, wenn radarabsorbierende Baustoffe innerhalb der Fassade zum Einsatz kommen sollen. Sofern die geforderten Dämpfungswerte gemäß Anforderungsprofil des LufABw durch geometrische Maßnahmen realisiert werden, müssen keine messtechnischen Untersuchungen durchgeführt werden, da bei diesen Ausführungen der Dämpfungsmaßnahmen die Wirksamkeit rechnergestützt nachgewiesen werden kann.

3 Beschreibung der projektierten Baumaßnahmen

3.1 Hochhausbebauung an Alexanderstraße Ecke Holzmarkstraße - Berlin

Beim projektierten Gesamtbaubjekt handelt es sich um einen 18 Geschoss hohen Hochbau in unmittelbarer Nähe zur Jannowitzbrücke. Radartechnisch relevant sind 76,40 m über Grund bzw. 111,85 m über NHN hohe Gebäudeteile. Die Gründungshöhe wird mit 35,45 m über NHN angegeben. Das geplante Hochhaus weist einen rechteckigen Grundriss auf. Die lateralen Ausdehnungen des Baukörpers bzw. des Turms werden mit 28,50 m x 33,90 m angegeben, vgl. Abbildung 1. Flächig ausgeprägte Reflexionen können aufgrund der ebenen Fassadengestaltung für alle betroffenen Radarstandorte nicht ausgeschlossen werden.

3.2 Erfassungssituation der geplanten Baumaßnahme durch die einzelnen Radarstandorte:

Radar Tempelhof:

Für die radartechnische Bewertung des projektierten Hochbaus in Bezug auf das Primärradar am Standort Tempelhof werden Höhen größer als 36 m über Grund bzw. 71,45 m über NHN berücksichtigt, da die umliegende Bebauung den Baukörper bis zu dieser Höhe ausreichend verschattet. Für die Bewertung der generierten Fassadenreflexion durch die Erfassung des SSR-Radars am Standort Tempelhof sind nur Fassadenbereiche des Gebäudes relevant, die der Eigenhöhe des Radars am Standort Tempelhof entsprechen bzw. diese übersteigen. In der Bewertung sind deshalb Fassadenbereiche unterhalb einer Höhe von 60 m über Grund nicht relevant, da die generierten Reflexionen aus diesen Teilbereichen in die vorgelagerte Bebauung gelenkt und dort ausreichend kompensiert werden.

Das ca. 2586 m entfernte und ca. 61 m über Grund hohe Primärradar sowie das ca. 67 m über Grund hohe SSR-Radar erfassen die nach Südwesten weisende Fassade unter einem Winkel von $8,6^\circ$ gegen das Flächenlot. Die nach Südosten weisenden Fassadenflächen des Baukörpers werden unter einem Winkel von $81,61^\circ$ erfasst.

Radar Tegel:

Das ca. 10932 m entfernte und ca. 44,74 m über Grund [78,4 m über NHN] hohe SSR-Radar vom Flughafen Tegel erfasst nur die nach Nordwesten weisende Fassadenfläche des Baukörpers unter einem Winkel von $0,65^\circ$ gegen das Flächenlot. Im Einstrahlungspfad auf das Bauvorhaben sind Gebäudekörper mit einer Höhe von 65 m bis 112 m über NHN mit zu berücksichtigen.

Radar Schönefeld:

Das ca. 15884 m entfernte und ca. 64,40 m über Grund [108,9 m über NHN] hohe nördliche SSR-Radar am VFH Schönefeld erfasst die südöstlichen sowie südwestlichen Fassadenorientierungen des Baukörpers unter einem mittleren Winkel von $38,62^\circ$ bzw. $51,45^\circ$ gegen das Flächenlot. Die vorgelagerte Bebauung verschattet die radarrelevanten Fassadenanteile bis zu einer Höhe von 29,5 m über Grund bzw. ca. 65 m über NHN. Für Fassadenanteile unter dieser Höhe ist eine Störwirksamkeit ausgeschlossen.

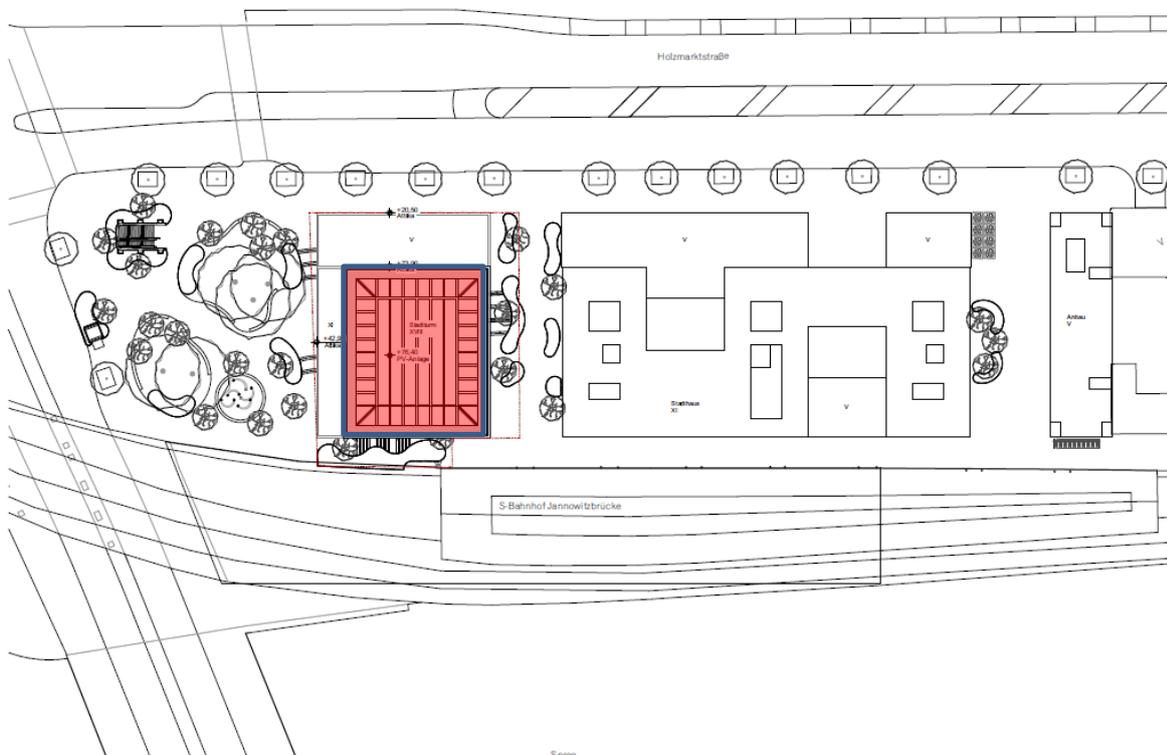


Abbildung 1: Lageplan des projektierten Gebäudes – der Turm des Gesamtprojektes ist rot gekennzeichnet.

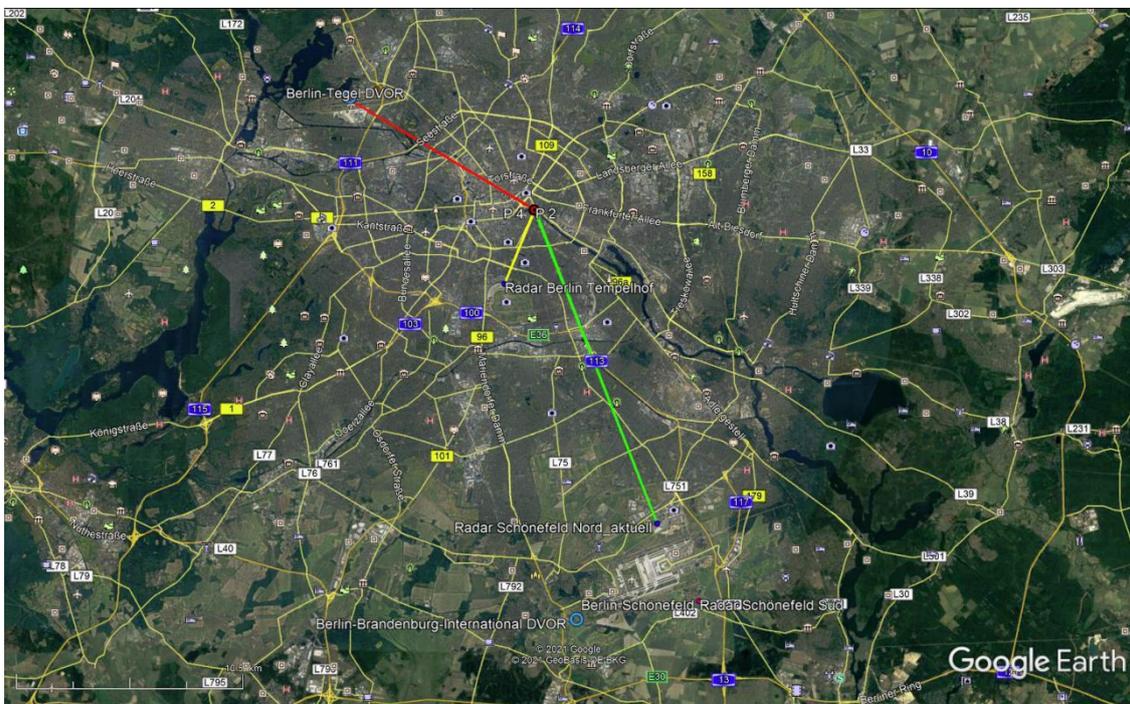


Abbildung 2: Darstellung der Erfassungssituation des Bauvorhabens durch die jeweilige SSR-Radarortungsanlage Tegel (rot) und Schönefeld (grün) sowie durch das Primär- und Sekundärradar am Standort Tempelhof (gelb)

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen

Aufgrund der ebenen Fassadengestaltung wirken die Reflexionen je nach Radarstandort in unterschiedliche Raumrichtungen. Für den Radarstandort Tempelhof wirken die Reflexionen in südwestlicher sowie in nordöstlicher Richtung vom Bauvorhaben weg.

Die Fassadenreflexionen durch die Erfassung des SSR-Radars Tegel wirken zurück in Richtung des Radarstandortes Tegel und somit in nordwestlicher Richtung vom Bauvorhaben. Es wird nur die Nordwestfassade des geplanten Bauvorhabens radarwirksam erfasst.

Die Fassadenreflexionen durch die Erfassung des SSR-Nord am VFH Schönefeld werden aufgrund der Erfassungsgeometrie westlich sowie östlich vom Bauvorhaben wirken. Auch hier weisen die Reflexionspfade nur räumlich geringe Ausdehnungen auf. Die zur Verfügung stehende Reflexionsfläche wird durch den Erfassungswinkel der Flächen weiter minimiert.

Radar Tempelhof:

Die Analyse der vorgelagerten Bebauung hat ergeben, dass das projektierte Gebäude im direkten Einstrahlungsweg der beiden Radarortungsgeräte liegt. Hinter dem hohen Gebäude befinden sich unmittelbar dahinter und in größerer Distanz auf dem Ausbreitungsradial mehrere Hochhäuser, die bereits heute auf das sich ausbreitende Hochfrequenzfeld Einfluss nehmen. Die zu berücksichtigenden Bestandsgebäude weisen Bauhöhen bis 107 m über NHN auf und generieren somit heute bereits Ausbreitungseffekte auf das sich ausbreitende Hochfrequenzfeld. Für die Verschattungs- und Reichweitenanalyse ist die Bestandsbebauung zwingend mit zu berücksichtigen.

Die Analyse der vorgelagerten Bebauung hat ergeben, dass die nachgelagerte Bebauung aufgrund ihrer Bauhöhe mit bei der Analyse zur Reichweitenminderung durch das neu geplante Bauvorhaben berücksichtigt werden muss. Für die SSR-Analyse sind nur Gebäude bzw. Fassadenanteile über der Höhe der SSR-Antenne relevant. Für darunterliegende Fassadenanteile ist sichergestellt, dass die generierten Fassadenreflexionen aufgrund der Erfassungsgeometrie in die umliegende Bebauung gelenkt werden.

SSR-Tegel:

Die mittlere Entfernung zur Baumaßnahme gemessen vom SSR-Radarstandort wird mit 10932 m angegeben. Vom Standort des SSR-Radars wird nur die Nordwestfassade des Baukörpers radarwirksam erfasst.

Die Analyse der vorgelagerten Bebauung hat ergeben, dass das Gesamtbauvorhaben durch die vorgelagerte Bebauung teilweise verschattet wird. Eine radarwirksame Erfassung kann somit für große Teile der Nordwestfassade ausgeschlossen werden.

SSR-Nord Schönefeld:

Die mittlere Entfernung zur Gesamtbaumaßnahme, gemessen vom SSR-Radarstandort, wird mit 15882 m angegeben. Vom Standort des SSR-Radars wird die südöstliche sowie südwestliche Fassadenorientierung des 76,40 m hohen Baukörpers erfasst.

Die einzelnen Fassadenorientierungen werden ab einer Höhe von ca. 78 m über NHN durch das SSR-Radarortungsgerät erfasst und generieren Reflexionspfade, die in unterschiedliche Raumwinkelbereiche wirken. Der durch die Fassaden generierte Reflexionspfad wirkt aufgrund der Erfassungssituation bodennah.

Aufgrund der Lage der Reflexionen werden keine An- und Abflugbereiche des Flughafen Berlin Brandenburg BER störawirksam beeinflusst.

Die Analyse der vorgelagerten Bebauung hat ergeben, dass die vorgelagerte Bebauung das Gebäude wirkungsvoll bis zu einer Höhe von 78 m über NHN verschattet. Nachgelagert im Ausbreitungspfad ist das Gebäude PARKINN aus radartechnischer Sicht zu berücksichtigen. Aufgrund der Erfassungsgeometrie aus leicht erhöhter Radarposition wirken die Reflexionen in Richtung der urbanen Bebauung bzw. wirken bodennah.

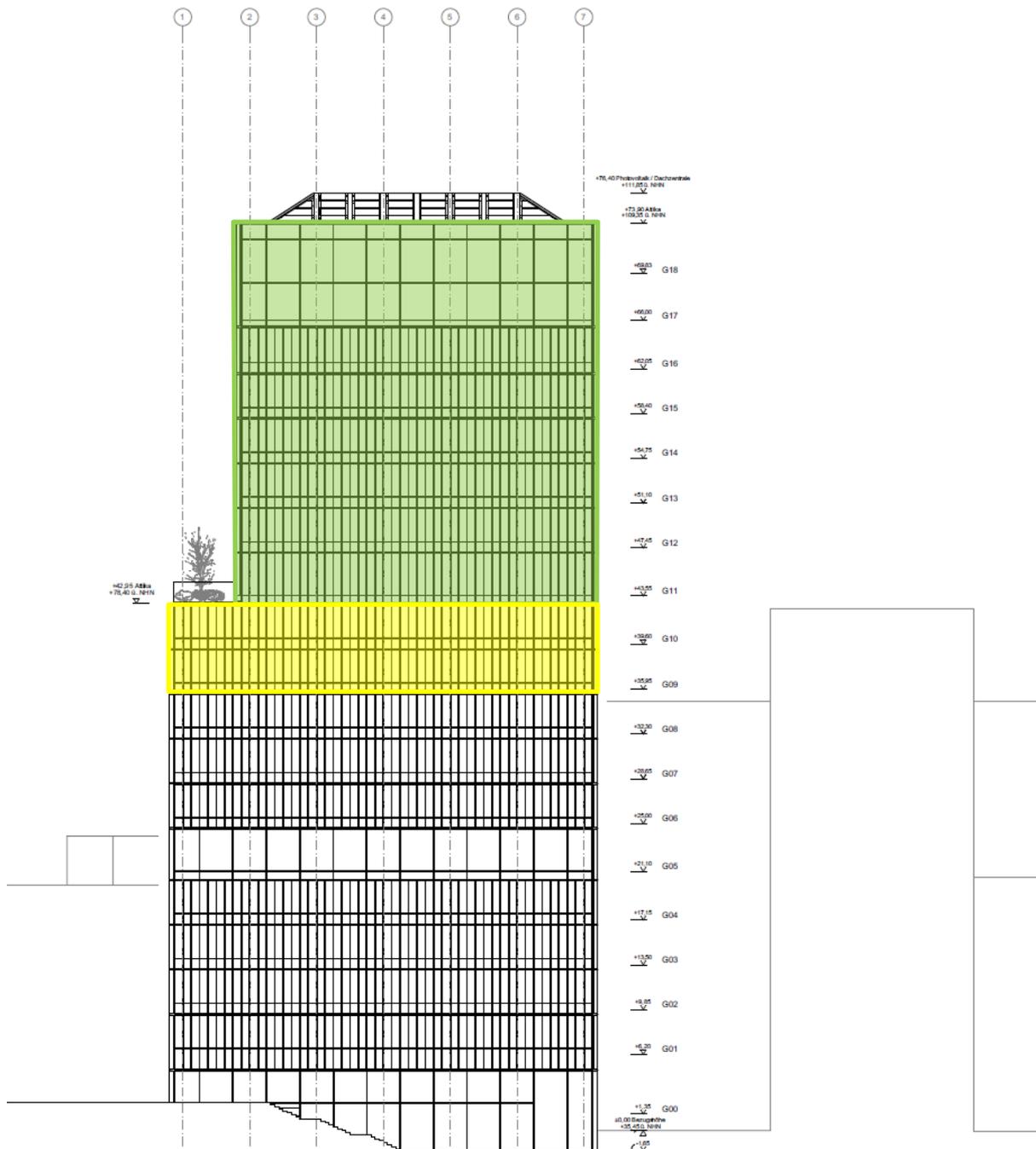


Abbildung 3: Südwestansicht des geplanten Baukörpers (Quelle: David Chipperfield Architekten)

Die vom SSR-Radarstandort Schönefeld Nord erfassten Fassadenflächenbereiche sind grün, die Fassadenbereiche, die vom IFF-Radar Tempelhof erfasst werden, sind gelb und grün dargestellt.

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen

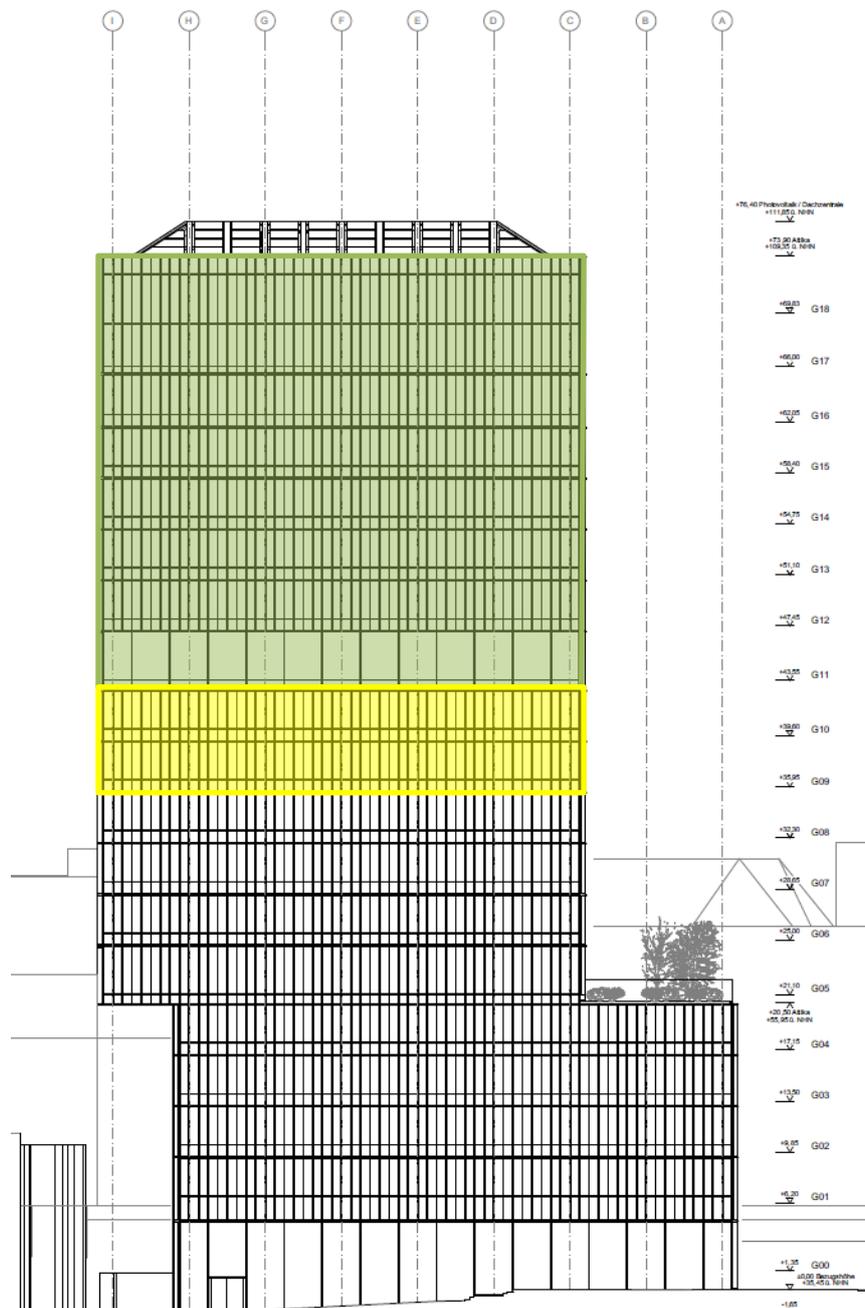


Abbildung 5: Südostfassade des Bauvorhabens (Quelle: David Chipperfield Architekten)

Die vom SSR-Radarstandort Schönefeld Nord erfassten Fassadenflächenbereiche sind grün, die Fassadenbereiche, die vom IFF-Radar Tempelhof erfasst werden, sind gelb und grün dargestellt.

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen

4 Ergebnis der radartechnischen Bewertung

Zusammenfassung der im Detail nachfolgenden Ergebnisse:

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Randbedingungen kann auf eine Radarreflexionsdämpfung für das Gesamtbauvorhaben in Bezug auf das SSR-Radar am Standort Tegel verzichtet werden, da eine radarwirksame Erfassung der projektierten Baukörper aufgrund vorgelagerter Bebauung ausgeschlossen werden kann.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Randbedingungen kann auf eine Radarreflexionsdämpfung für die radarwirksam erfasste südöstliche sowie südwestliche Fassadenorientierung des Baukörpers verzichtet werden. Die erfassten Fassadenflächenbereiche liegen unterhalb der als zulässig definierten Fassadenflächengröße und sind somit nicht störfähig. Eine Störfähigkeit des Radarstandortes SSR-Nord am Standort Schönefeld wird ausgeschlossen.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Randbedingungen kann auf eine Radarreflexionsdämpfung der Südwestfassade des Baukörpers verzichtet werden. Die Radarquerschnittsanalyse weist einen notwendigen Dämpfungswert von $R = -6,86 \text{ dB}$ aus, um eine Störfähigkeit ausschließen zu können. Die durchgeführten UTD-Analysen zeigen, dass die Reflexionen in die VFR-Strecke WHISKEY in den Bereich des Pflichtmeldepunktes WHISKEY 2 wirken und dass die Reflexionspfade Ausdehnungen von maximal 370 m aufweisen. Berücksichtigt man eine Geschwindigkeit von 130 km/h, so hält sich ein Flugzeug für unter 10 Sekunden im Reflexionspfad auf. Somit ist eine spurbildende Spiegelzieldarstellung ausgeschlossen. Eine Falschposition eines Luftfahrzeuges ist somit singulär und

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen

nicht störowirksam. Aus diesem Grund können reflexionsdämpfende Bauweisen an der Südwestfassade der Baukörper in Bezug auf den SSR-Radarstandort Tempelhof entfallen.

Die Ausbreitungsanalysen des Primärradars zeigen, dass der geplante Baukörper für sich bewertet einen Einfluss auf das hochfrequente Ausbreitungsfeld nimmt. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die bereits heute vorhandene Hochhausbebauung das Ausbreitungsfeld nachhaltig beeinflusst und Feldstärkereduktionen auf dem Radial verursacht. Der analysierte Ausbreitungseffekt zwischen dem Azimutwinkel 20° bis 21° ist aufgrund des generierten Streu- und Beugungsfeldes bis zu einem Elevationswinkel von $1,75^\circ$ festzustellen. Bei zusätzlicher Betrachtung der nachgelagerten Bebauung wird deutlich, dass die nachgelagerte Hochhausbebauung in benachbarten Ausbreitungsradialen vergleichbare Feldstärkereduktionen generiert. In wie weit die bereits heute vorhandenen und in ihrer Intensität vergleichbaren Feldstärkereduktionen durch die Bestandsbebauung zu einer nachhaltigen Beeinträchtigung des Radars führen, kann gutachterlich nicht festgestellt werden, da es sich um eine operationelle Bewertung handelt.

Der geplante Baukörper generiert mit seiner geplanten Bauhöhe von 76,40 m über Grund für sich alleine genommen eine vergleichbare Verschattungserscheinung im Ausbreitungsfeld wie die bereits bestehenden Hochhäuser in unmittelbarer Umgebung des Bauvorhabens. Eine störowirksame Wechselwirkung des generierten Effektes des geplanten Gebäudes mit den Ausbreitungseffekten der Bestandsbebauung konnte nicht festgestellt werden. Der durch das geplante Gebäude generierte Effekt kann, wenn auch mit sehr geringem Einfluss, bis $1,75^\circ$ in der Elevation festgestellt werden. Der Einfluss des Gebäudes zeichnet sich von 20° bis ca. 21° im Azimut ab. Für den wichtigen Elevationswinkelbereich für weit entfernte Flugzeuge [AntUK] kann eine durchschnittliche Feldintensitätsminderung von 6 dB nachgewiesen werden. Diese Feldintensitätsminderung nimmt mit

zunehmendem Winkel in der Elevation stetig weiter ab. Ab einem Winkel von größer als $1,75^\circ$ ist der Effekt dem Gebäude nicht mehr fest zuzuordnen und überlagert sich mit anderen Ausbreitungseffekten. Grundsätzlich haben die Analysen gezeigt, dass das Ausbreitungsfeld im Winkelbereich von 20° bis 21° im Azimut durch das geplante Bauvorhaben weiter beeinflusst wird.

4.1 Auswertungen der Reflexionsanalysen SSR

Südwestliche Fassadenorientierung des Baukörpers bzgl. SSR-Tempelhof

Gemäß Auskunft der LufABw liegt der Schwerpunkt der Nutzung des Radars am Standort Tempelhof auf der Nutzung des Primärradars. Eine zivile Nutzung des ebenfalls enthaltenen IFF-Radars am Standort Tempelhof sowie eine aktive Flugführung mit Hilfe dieses Radars sind nicht vorgesehen. Sofern eine zivile Nutzung dennoch in Zukunft vorgesehen ist, werden nachfolgende Hinweise zur Bewertung gegeben:

Darstellung der Reflexionscharakteristik und -intensität der südwestlichen Fassadenorientierung des Baukörpers für das SSR-Tempelhof.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. Für diesen von der Einstrahlung betroffenen Fassadenbereich des Baukörpers ergibt sich eine Reflexionsdämpfungsanforderung von

$$R = -6,86 \text{ dB}$$

Unter Berücksichtigung der lateralen Ausdehnung der generierten Reflexion ist eine größere Verweildauer des LFZ als 10 Sekunden aber ausgeschlossen. Berücksichtigt wurden eine Fluggeschwindigkeit von 130 km/h sowie ein Luftfahrzeug auf den zurzeit geltenden VFR-An- und Abflugstrecken. Aus diesem Grund ist eine störowirksame Track-Generierung ausgeschlossen. Reflexionsdämpfende Maßnahmen an der südwestlichen Fassadenorientierung können somit entfallen.

4.2 Auswertungen der Verschattungs- und Streufeldanalysen in Bezug auf das Primärradar am Standort Tempelhof

Die Analysen der umliegenden Bebauung haben in Bezug auf den projektierten Bauort ergeben, dass sich in den beiden betroffenen Radialen Gebäude befinden, die bereits zum heutigen Zeitpunkt Ausbreitungseffekte generieren, die eine vergleichbare Intensität aufweisen wie die durch das geplante Gebäude. Im Winkel von 17° bis 24° befinden sich mehrere Hochbauten, die bei der Analyse zu berücksichtigen sind.

Für einen Elevationswinkel von 0° wird im Mittel durch den neu geplanten Baukörper eine Feldintensitätsminderung von bis zu 8 dB im Winkelbereich von 20° bis $21,2^\circ$ im Azimut [Norden = 0°] erreicht. Diese Reduktion der Feldintensität wird einen messtechnisch feststellbaren Effekt in Bezug auf die maximale Reichweite auf den betroffenen Radialen generieren.

Für einen Elevationswinkel von $0,35^\circ$ geht der Geländeeinfluss weiter zurück, und das Ausbreitungsfeld wird durch den 76,4 m hohen Baukörper bestimmt. Die Feldintensitätsminderung bleibt im betroffenen Winkelbereich bei 8 dB. Die Attika des Baukörpers wird mit einem Elevationswinkel von $0,06^\circ$ erfasst. Die analysierten Effekte lassen sich in diesem Zusammenhang auf ein durch das geplante Bauvorhaben generiertes Streufeld zurückführen.

Unter Berücksichtigung eines Elevationswinkels von $0,7^\circ$ nimmt der Einfluss des Gebäudes ab, und der generierte Verschattungspfad wird durch die Streu- und Beugungsfelder teilweise kompensiert. Die Feldintensitätsminderung geht im Winkelbereich $20,5^\circ$ bis 21° im Azimut auf ca. 4 dB in Bezug zum ungestörten Ausbreitungsfeld zurück.

Unter Berücksichtigung eines Elevationswinkels von $1,04^\circ$ nimmt der Einfluss des Gebäudes ab, und der generierte Verschattungspfad wird durch die Streu- und Beugungsfelder teilweise kompensiert. Die Feldintensitätsminderung geht im Winkelbereich $20,5^\circ$ bis 21° im Azimut auf ca. 2 dB in Bezug zum ungestörten Ausbreitungsfeld zurück.

Für Elevationswinkel größer als $1,8^\circ$ weisen die Analysen einen geringen Streu- und Beugungsfeldeinfluss auf das hochfrequente Ausbreitungsfeld auf. Der generierte Effekt überlagert sich mit den umliegenden Ausbreitungseffekten des Geländes oder der niedrigeren Bebauung und wird messtechnisch nicht mehr dem Gebäude zuzuordnen sein.

Zusammenfassung der PSR-Analysen:

Die Analysen zeigen, dass der geplante Baukörper mit seinen projizierten Dimensionen und Abstand zum Primärradarstandort Tempelhof in Winkelbereichen von 20° bis 21° im Azimut Feldintensitätsreduktionen verursacht. Diese Feldstärkereduktionen generieren Reichweiteminderungen im betroffenen Raumwinkel. Mit zunehmender Analysehöhe bzw. zunehmender Flughöhe verliert sich der Verschattungs- und Streufeldeinfluss des Gebäudes. Für Elevationswinkel von größer $1,8^\circ$ sind die generierten Effekte feststellbar, aber geringer als in Elevationswinkelbereichen von 0° bis 1° . Die bereits heute verdichtete Hochhausbebauung in diesem Bereich generiert bereits heute feststellbare Ausbreitungseffekte. Die durch das geplante Bauvorhaben generierten Feldeffekte weisen vergleichbare Intensitäten auf. Störschwache Wechselwirkungen durch kohärente oder inkohärente Überlagerung der generierten Feldeffekte konnte nicht festgestellt werden, sodass eine massive Verschattung durch das neu geplante

Gebäude ausgeschlossen werden kann. Eine messtechnische Reichweitenreduktion kann durch das geplante Gebäude nicht ausgeschlossen werden. In wie weit die durch das Gebäude generierte Feldstärkereduktion zu operationellen Einschränkungen im Bereich des Primärradars führt kann gutachterlich nicht festgestellt werden.

Bei einer weiteren Verdichtung der Hochhausbebauung mit vergleichbarer Bauhöhe im Raumwinkelbereich muss mit weiteren Reichweitenreduktionen gerechnet werden, da eine Rekonstruktion des sich ausbreitenden Feldes hinter dem Verschattungsobjekt dann nicht mehr gänzlich erfolgen kann. Die weitere Verdichtung der Hochhausbebauung führt dazu, dass weiter Energie im untersuchten Azimutbereich durch Fassadenreflektionen in andere Raumwinkelbereiche abgelenkt wird und so zu einer Feldrekonstruktion nicht mehr zur Verfügung stehen kann. Das kann in Folge zu einer deutlichen Abnahme der Reichweite des Radarortungsgerätes im betroffenen Raumwinkelbereich führen.

Die Störwirksamkeit der generierten Reichweitenminderungen kann nicht bewertet werden, da diese abhängig von den Systemparametern und eingesetzten Filteralgorithmen sind.

Die Festzieldarstellung des Gebäudes in Bezug auf das Primärradar kann aufgrund der zu berücksichtigenden Erholungszeit sowie dem anzunehmenden kleinsten Sendeimpuls ausgeschlossen werden.

Eine Spiegelzieldarstellung im Bereich des Primärradars ist in seltenen Fällen als singuläres Ereignis für Entfernungen ab 5 NM theoretisch möglich. Die Darstellung erfolgt in diesem Falle aufgrund der anzunehmenden Geschwindigkeit des Flugzieles und der lateralen Ausdehnung des generierten Reflexionspfades nur einmalig.

Die Analysen wurden auf mathematischer Nullebene, also ohne Berücksichtigung der Erdkrümmung, ermittelt. Aufgrund der zu berücksichtigenden Erdkrümmung stellen die vorstehend genannten Analysen eine Worst-Case-Analyse dar.

Sämtliche Ergebnisse sind unter den angegebenen Randbedingungen gültig. Ein Übertrag der Ergebnisse auf andere Standorte ist nur mit Einschränkungen möglich. Bei Änderungen des Standortes verlieren die ermittelten Ergebnisse ihre Gültigkeit.

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und theoretische Analysen sind vom Sachverständigen persönlich überwacht oder durchgeführt worden.

Alle genutzten Hilfsmittel sind Eigentum der Airbus Defence and Space GmbH, Betrieb Bremen. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Lehre und der Erfahrung aus der Praxis.

Diplom Ingenieur (FH) Boris Bloch; 14.04.2021

Von der Handelskammer Bremen
Öffentlich bestellt und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

Anhang A: Kontrollierter Luftraum

Außerhalb des blauen Kreises liegen die für die Reflexionsdämpfungsanforderungen des Bauvorhabens geprüften und berücksichtigten Luftraumbereiche für LFZ-Positionen. Berücksichtigt wurde der VFR-An- und Abflug sowie der IFR-An- und Abflug gemäß AIP. Es wurde stets eine Mindesthöhe des LFZ von 165 ft über GND berücksichtigt.

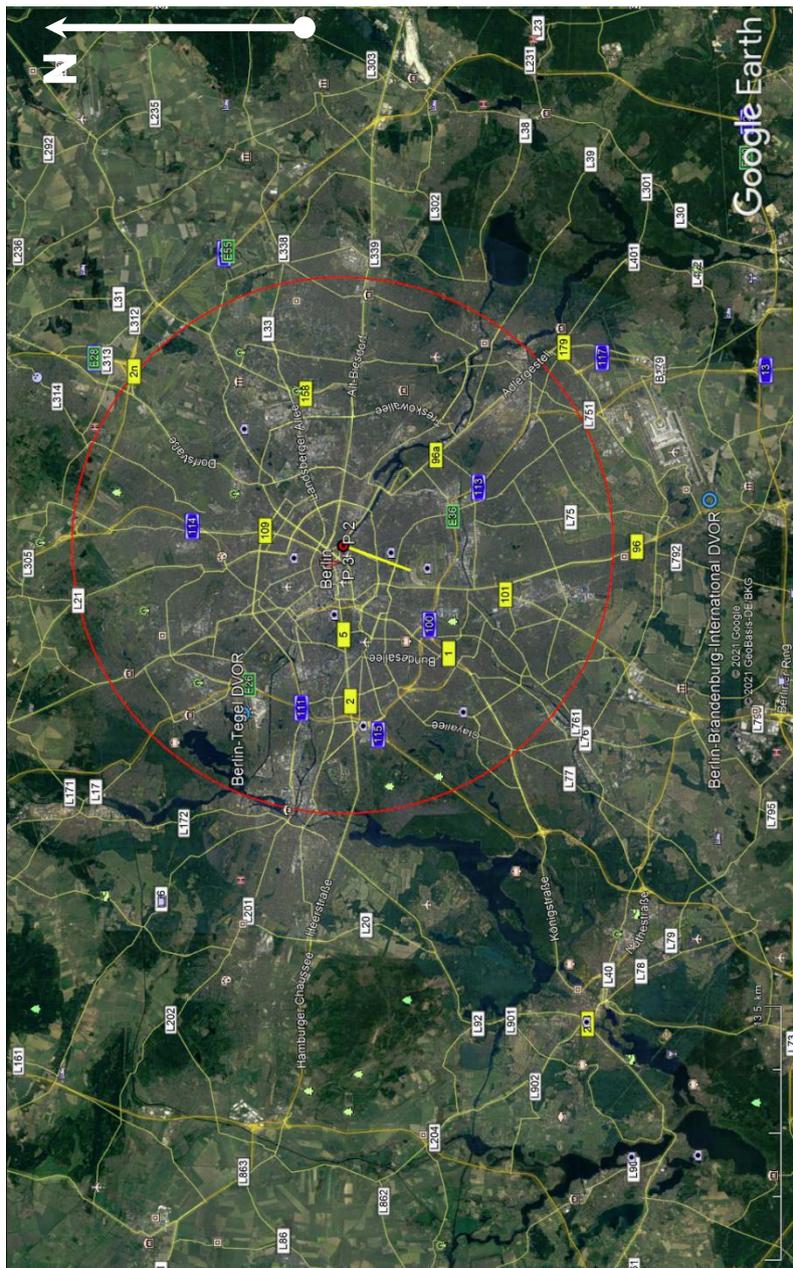


Abbildung A- 1: Übersicht über die geprüften Luftfahrzeugpositionen

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen