

Voorkeursalternatief

Programma

Luchtruimherziening



Inhoudsopgave

Afkortingen.....	6
Begrippenlijst.....	8
1 Inleiding.....	11
1.1 Leeswijzer.....	11
1.2 Aanleiding.....	12
1.3 Het programma Luchtruimherziening.....	12
1.4 Doelen van het programma Luchtruimherziening.....	13
1.5 Werkwijze.....	15
1.6 Raakvlakken en uitgangspunten.....	16
1.6.1 Algemene uitgangspunten.....	16
1.6.2 Uitgangspunten internationaal.....	17
1.6.3 Raakvlakken internationaal.....	19
1.6.4 Uitgangspunten nationaal.....	20
1.6.5 Raakvlakken nationaal.....	21
2 Nieuwe hoofdstructuur.....	23
2.1 Verkenning van de hoofdstructuur.....	23
2.2 Elementen van de hoofdstructuur.....	24
2.3 Stappen vooruitlopend op de nieuwe hoofdstructuur.....	26

3	Operationeel concept	27
3.1	Algemene beschrijving	27
3.2	Nominaal operationeel concept	28
3.2.1	Naderend civiel handelsverkeer	28
3.2.2	Luchthavens	31
3.2.3	Vertrekkend civiel handelsverkeer	32
3.2.4	Militair luchtverkeer	32
3.2.5	Samenwerking	33
3.3	General Aviation onder zichtvliegeregels (VFR GA)	34
3.4	Nieuwe gebruikers	34
3.5	Verstoringen en exceptionele omstandigheden	36
3.5.1	Mitigerende maatregelen	37
3.5.2	Verstoorde nominale operatie	38
3.5.3	Exceptionele situaties	38

4	Geselecteerde bouwstenen	41
4.1	Bouwstenen voor naderend civiel verkeer	41
4.1.1	Trajectory Based Operations (TBO)	41
4.1.2	Flight Objects en Interoperability	43
4.1.3	User-preferred trajectories	43
4.1.4	Dynamisch flow management	45
4.1.5	Extended Arrival Management (E-AMAN) concept	46
4.1.6	Trajectory predictor in het netwerk	48
4.1.7	Datalink gebruiken	49
4.1.8	Continu dalen met een efficiënte daalhoek (CDO)	50
4.1.9	Naderen via een stelsel van vaste routepunten	51
4.1.10	Controlled Time of Arrival (CTA) gebruiken	53
4.1.11	Minimale separatie verkleinen in tussenliggend luchtruim	54
4.1.13	3D Scheiden van naderings- en vertrekkstromen (buizen concept)	55
4.1.13	Performance Based Navigation (PBN) zoals RNAV en RNP benutten	57
4.1.14	Op tijd gebaseerde separatie (TBS)	59
4.1.15	RECAT-EU en Pair-wise Separation	60
4.1.16	Interval Management	60
4.1.17	Merge tool	62
4.1.18	Gekromde naderingen	63

4.2	Bouwstenen voor luchthavens	65
4.2.1	Het delen van informatie op luchthavens verbeteren	65
4.2.2	Geavanceerde DMAN	65
4.2.3	Centrale afstemming baangebruik	66
4.2.4	Integratie AMAN/DMAN proces	68
4.2.5	Multi-airport concept	70
4.3	Bouwstenen voor vertrekkend civiel verkeer	73
4.3.1	Clusteren van vertrekkende vluchten	73
4.3.2	Continu klimprofiel (CCO)	74
4.3.3	Best Equipped, Best Served (BEBS) principe	74
4.3.4	Noise Abatement Departure Procedure 2 (NADP2)	76
4.3.5	Niet afwijken van gepubliceerde SID tot 6.000 voet	77
4.3.6	Free-Route Airspace op lagere hoogte	78
4.4	Bouwstenen voor militair verkeer	80
4.4.1	Meerdere entry punten voor militair oefengebied	80
4.4.2	Gebruik van routepunten voor militaire transits	80
4.5	Bouwstenen voor samenwerking	81
4.5.1	Advanced FUA (A-FUA)	81
4.5.2	Luchtruimplanning en -management (LARA+)	88
4.5.3	SWIM invoeren en gebruiken	91

5	Benodigde veranderingen	93
5.1	Rol van de mens	93
5.2	Systemen	97
5.3	Regelgeving	99
5.4	Roadmap	99
5.5	Onzekerheden en uitdagingen	103

6	Aandachtspunten	109
----------	------------------------	------------

7	Bibliografie	113
----------	---------------------	------------

Afkortingen

4DT	4D Trajectory (route, hoogte en tijd)	EC	Europese Commissie	MON	Minimum Operating Network	RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance - Contract	ECAC	European Civil Aviation Conference	MOPS	Minimum Operational Performance Standards	SBT	Shared Business Trajectory
AF	ATM Functionaliteit	EHAM	Luchthaven Schiphol	MT	Mission Trajectory	SES	Single European Sky
A-FUA	Advanced Flexible Use of Airspace	EoR	Established on RNP	MTOW	Maximum Take Off Weight	SESAR	Single European Sky ATM Research
AI	Artificial Intelligence	FAA	Federal Aviation Association	MUAC	EUROCONTROL Maastricht Upper Area Control Centre	SESAR-JU	SESAR – Joint Undertaking
AIS	Aeronautical Information Services	FAB	Functional Airspace Blocks	NADP	Noise Abatement Departure Procedure	SID	Standard Instrument Departure
AMAN	Arrival Management	FABEC	Functional Airspace Blocks (Europe Central)	NM	Nautical Mile (circa 1,85 kilometer)	SMGCS	Surface Movement Guidance and Control System
AMC	Airspace Management Cell	FCFS	First Come, First Served	NM	EUROCONTROL Network Manager	SMT	Shared Mission Trajectory
ANSP	Air Navigation Service Provider	FF-ICE	Flight & Flow Information for a Collaborative Environment	NNHS	Nieuwe Normen en Handhavingstelsel	STAM	Short Term ATFCM Measures
AOC	Airline Operations Center	FIM	Flight deck Interval Management	NOP	Network Operations Plan	STAR	Standard (Instrument) Arrival Route
AOCS	Air Operations Control Station	FIR	Flight Information Region	NOTAM	Notice To Airmen	SWIM	System Wide Information Management
AOP	Airport Operations Plan	FIXM	Flight Information Exchange Model	NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau	TBO	Trajectory Based Operations
APCH	Approach	FL	Flight Level	NSP	Network Strategy Plan	TBS	Time Based Separation
APOC	Airport Operations Center	FMS	Flight Management System	NTZ	Non-Transgression Zone	TDI	Time-Distance Indicator
ASA	Aircraft Surveillance Applications	FO	Flight Object	NVL	Nederlandse Vereniging van Luchthavens	TGB	Tijdelijke Gebieden met Beperkingen
ASAS	Airborne Separation Assistance System	FRA	Free Route Airspace	OCC	Operations Control Centre	TMA	Terminal Manoeuvring Area
ASM	Airspace Management	FUA	Flexible Use of Airspace	OSED	Operational Services and Environment Description	TOD	Top Of Descent
ATC	Air Traffic Control	GA	General Aviation	OVV	Onderzoeksraad Voor de Veiligheid	TP	Trajectory Prediction
ATFCM	Air Traffic Flow and Capacity Management	GANP	Global Air Navigation Plan	PAR	Performance Assessment Report	TSAT	Target Startup Approval Times
ATFM	Air Traffic Flow Management	GBAS	Ground Based Augmentation System	PBN	Performance Based Navigation	TSO	Technical Standard Order
ATM	Air Traffic Management	GLS	GBAS Landing System	PCP	Pilot Common Project	TTO	Target Time Over
ATS	Air Traffic Service	GND	Ground	PJ	Project	TTOT	Target Take-Off Time
AUP	Airspace Use Plan	GNSS	Global Navigation Satellite System	PLRH	Programma Luchtruimherziening	UAM	Urban Air Mobility
BA	Business Aviation	GPS	Global Positioning System	PWS	Pair-wise Separation	UDPP	User-driven Priority Process
BEBS	Best Equipped, Best Served	IAF	Initial Approach Fix	RBT	Reference Business Trajectory	UIR	Upper Flight Information Region
BPPR	Booking Principles and Priority Rules	IALL	Integrale Aanpak Lage Luchtruim	RECAT	Wake Turbulence Re-categorisation	UTM	Unmanned Traffic Management
BT	Business Trajectory	IATA	International Air Transport Association	RF	Radius to Fix	VALR	Validation Report
BZO	Bepakt Zichtomstandigheden	ICAO	International Civil Aviation Organization	RMT	Reference Mission Trajectory	VFR	Visual Flight Rules
CAT	Category	IFR	Instrument Flight Rules	RNAV	Area Navigation	VHF	Very High Frequency
CBA	Cross Border Area	ILS	Instrument Landing System	RNP AR APCH	Required Navigation Performance Authorization Required Approach	VKA	Voorkeursalternatief
CCO	Continuous Climb Operation	IM	Interval Management	RNP	Required Navigation Performance	VKB	Voorkeursbeslissing
CDM	Collaborative Decision Making	IOP	Interoperability	ROT	Runway Occupancy Time	VNAV	Vertical Navigation
CDO	Continuous Descent Operation	KDC	Knowledge and Development Centre	R/T	Radio Telephony	VOR	VHF Omnidirectional Range
CLSK	Commando Luchtstrijdkrachten	KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut	RTA	Required Time of Arrival	WOC	Wing Operations Centre
CZSK	Commando Zeestrijdkrachten	KPA	Key Performance Area			xLS	Any precision approach Landing System
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communications	LARA	Local And sub-Regional Airspace management support system			XMAN	Cross-border Arrival Management
CTA	Controlled Time of Arrival	LNAV	Laterale Navigatie				
CTOT	Calculated Take-Off Time	LRH	Luchtruimherziening				
DAC	Dynamic Airspace Configuration	LVB	Luchtverkeersbesluit				
DBS	Distance Based Separation	LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland				
DCB	Demand Capacity Balancing	MER	Milieu Effect Rapportage				
DLS	Datalink Systems	MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport				
DMAN	Departure Management	MLS	Microwave Landing System				
DME	Distance Measuring Equipment	MLT	Multilateration system				
DPI	Departure Planning Information	MME	Militaire missie effectiviteit				
E-AMAN	Extended Arrival Management						
EASA	European Union Aviation Safety Agency						
EATMA	European ATM Architecture						

Begrippenlijst

4D Trajectory (4DT)

Een traditionele route voor een vliegtuig bestaat uit bakens en/of geografische punten. Tussen deze punten worden rechte lijnen gevlogen. Sommige routepunten hebben beperkingen (verplichte condities), bijvoorbeeld in de hoogte waarop ze overvlogen moeten worden of een minimale of maximale snelheid. Een 4-dimensionale route (4DT, "4D Trajectory") beschrijft een route waarbij naast de plaats en hoogte ook de tijd langs de route is vastgelegd. 4D Trajectories zijn vaak ondersteunend aan andere bouwstenen.

AOP

Het Airport Operations Plan (AOP) is een gezamenlijk afhandlingsplan van een luchthaven dat met alle luchthavengebruikers wordt gedeeld en afgestemd. Het gaat hier behalve de luchthavendiensten ook om luchtvaartmaatschappijen, de afhandelaren, de luchtverkeersleiding en andere betrokkenen. Het luchtzijdige deel van het plan wordt continu aangevuld en bijgesteld zodat alle gebruikers de laatste informatie hebben van de vertrek- en aankomsttijden, de operationele condities en de omstandigheden. Door deze afstemming verlopen de operationele processen voor alle betrokkenen beter en zo efficiënt mogelijk.

ATFM Regulations

Een Air Traffic Flow Management (ATFM) Regulation is een ATFM-maatregel voor civiel luchtverkeer die kan worden ingesteld om te voorkomen dat het aanbod van luchtverkeer de beschikbare luchthaven of Air Traffic Control (ATC) capaciteit overstijgt. Een vlucht die onderhevig is aan een regulatie ontvangt een Calculated Take-Off Time (CTOT) en kan van verschillend instanties regulaties ontvangen, denk hierbij aan een vertraagde vertrektijd. De meest beperkende regulatie is bepalend voor de CTOT.

Bouwsteen

Een bouwsteen is een technologische ontwikkeling, procedure, werkwijze of uitgangspunt die gebruikt kan worden om het toekomstige Nederlandse luchtruim vorm te geven. In de Onderzoeksfase van het programma Luchtruimherziening zijn, door verschillende experts, meer dan 100 bouwstenen geïdentificeerd die hiervoor gebruikt kunnen worden [1]. Deze bouwstenen vormen de basis van het operationeel concept dat in dit document worden uitgewerkt.

Business Aviation (BA)

Er zijn meerdere internationaal erkende definities van Business Aviation (BA), die echter allemaal deels vallen onder de noemer 'General Aviation'. Omdat BA meer gemeen heeft met handels-

verkeer en ook afgehandeld moet worden als handelsverkeer wordt in dit document aangenomen dat BA onder handelsverkeer valt. Het is overigens wel zo dat BA niet meetelt bij bijvoorbeeld quota voor luchthavens (Eindhoven vormt hier dan weer een uitzondering op).

Business Trajectory (BT)

Het BT is een 4DT dat tot stand is gekomen door middel van een onderhandelingsproces tussen de luchtruimgebruiker, de luchtverkeersleidingsorganisaties en de EUROCONTROL Network Manager (NM). Het onderhandelingsproces vindt plaats van de vroege planning tot de dag van operatie. Het BT houdt volledig rekening met beperkingen van het luchtruim en de luchthavencapaciteit. Het overeengekomen BT is een vaste referentie. De luchtruimgebruiker stemt er mee in om het te vliegen. Alle dienstverleners stemmen in om het BT te faciliteren met hun diensten. Alle stakeholders delen informatie over het BT zowel in de voorbereiding, uitvoering als afronding van de vlucht. Het BT bevat zowel grond- als luchtsegmenten en wordt opgebouwd met de meest recente en accurate data uit het Network Operations Plan. Het Mission Trajectory (MT) is de militaire tegenhanger van het BT.

Executive control

Dit zijn de verschillende manieren waarop een luchtverkeersleider een vlucht kan beïnvloeden op het moment dat de vlucht plaatsvindt in zijn/haar verantwoordelijkheidsgebied. Denk hierbij aan het verstrekken van richting-, hoogte- en/of snelheidsinstructies ('vectoring') of aanpassen van de route door het wijzigen van routepunten.

General Aviation (GA)

General Aviation wordt door ICAO gedefinieerd als "all civil aviation operations other than scheduled air services and non-scheduled air transport operations for remuneration or hire". In dit document wordt vaak de term VFR General Aviation gebruikt.

Gebruikers

De gebruikers zijn de gebruikers van het luchtruim. Denk hierbij aan civiel handelsverkeer en militaire gebruikers, maar ook GA en bestuurders van onbemande luchtvaartuigen (drones).

Handelsverkeer

Onder handelsverkeer wordt verstaan alle luchtverkeer dat gebruikt wordt om tegen betaling personen of vracht van A naar B te vervoeren. Hiermee wordt in dit document ook Business Aviation bedoeld.

Hogere luchtruim

Het hogere luchtruim betreft in het algemeen, ook in Nederland, het luchtruim boven FL245 (circa 7,5 kilometer). In het hogere luchtruim van het Nederlandse verantwoordelijkheidsgebied wordt het civiele en militaire luchtverkeer afgehandeld door EUROCONTROL Maastricht Upper Area Control Centre, CLSK, CZSK eenheden met een air traffic control capaciteit, NATO M&G eenheden en NAEW platformen.

Luchthaven

Als in dit document wordt gesproken over een luchthaven wordt hiermee bedoeld Amsterdam Airport Schiphol en de regionale luchthavens zijnde Rotterdam/The Hague Airport, Eindhoven Airport, Lelystad Airport, Maastricht/Aachen Airport en Groningen Airport Eelde.

Militaire capaciteit

Militaire capaciteit is het vermogen van defensie om bepaalde functionaliteiten beschikbaar te hebben voor militaire operaties. Deze functionaliteiten vertalen zich in wapensystemen waar onder vliegtuigen, schepen of voertuigen.

Militaire missie effectiviteit (MME)

MME is de mate waarop militaire missies effectief en efficiënt kunnen worden uitgevoerd en de gestelde doelen worden bereikt uitgedrukt in kwalitatieve en kwantitatieve indicatoren vastgesteld door de militaire uitvoerders. De operationele effectiviteit van missies wordt mede bepaald door toegankelijk, goed gelegen en voldoende beschikbaar luchtruim in Nederland en directe omgeving voor het uitvoeren van activiteiten die volgen uit de taakstelling van Defensie, zoals aansluitend een combinatie van land- en zeegebied. Voor het Commando Luchtstrijdkrachten betreft dit veelal de beschikbaarheid van voldoende oefenruimte op een aanvaardbare afstand van de militaire luchthavens en op momenten wanneer daar behoefte aan is. Dat stelt Defensie in staat te oefenen zoals ze zouden opereren in conflictsituaties.

Mission Trajectory (MT)

MT is het complete vluchtprofiel van start tot landing van een militaire missie. Het representeert vaak de noodzakelijke route van en naar de oefengebieden en militaire luchthavens. Het MT is de militaire tegenhanger van het BT, zie ook BT.

Nederlandse luchtruim

Met het Nederlandse luchtruim wordt in dit document bedoeld de zogenaamde Amsterdam Flight Information Region (FIR)

inclusief de Amsterdam Upper Flight Information Region (UIR). De Amsterdam FIR strekt zich uit boven het Nederlandse grondgebied en een groot deel van de Noordzee. Een uitgebreide beschrijving van de indeling en het gebruik van het Nederlandse luchtruim is te vinden in AIP the Netherlands (<https://www.lvnl.nl/informatie-voor-luchtvaardenden/publicaties-voor-luchtvaardenden>).

Nominaal, verstoord en niet-nominaal

In dit document wordt met nominaal bedoeld om het operationele concept zoals dat het overgrote deel van de tijd kan opereren. Reguliere verstoringen zoals onweer, harde wind, go-arounds en het inzetten van holdings (om bijvoorbeeld vertragingen op te lossen) komen met enige regelmaat voor en vallen onder het begrip verstoord (maar dus nog wel nominale) operatie. Niet-nominale situaties zijn dusdanig grote verstoringen dat de prestaties van het operationeel concept aangetast worden. Denk hierbij aan uitval van luchtverkeersleidingsystemen, noodsituaties of de aanwezigheid van vulkaan in de lucht. Dit soort situaties zijn zeldzaam, maximaal enkele dagen per jaar en meestal veel minder. Het operationeel concept in dergelijke situaties zal significant verschillen van de nominale operatie. Afhankelijk van de omstandigheden zal altijd het best presterende operationele concept ingezet worden.

U-space

U-space [2] bestaat uit een set van services bedoeld om drone operaties te ondersteunen. U-space wordt ontwikkeld door SESAR en is daarmee een Europese ontwikkeling. U-space richt zich vooral op operaties onder de 500 voet (circa 150m). Voor de invoering is een stapsgewijze roadmap gedefinieerd die (startend in 2019) tot volledige invoering komt.

Verzamelpunt

Een verzamelpunt is een punt in de lucht waarbij verschillende luchtverkeersstromen worden samengevoegd in één luchtverkeersstroom. Hierbij is het belangrijk te zorgen voor de juiste separatie tussen de opeenvolgende vluchten.

VFR General Aviation

Onder VFR GA wordt dat deel van de GA verstaan dat op zicht vliegt. In de praktijk zijn dit vooral luchtvaartactiviteiten die plaatsvinden in het kader van opleiding, sport of recreatie met (kleine) propellervliegtuigen of zweefvliegtuigen. Hieronder vallen ook valschermspringen, parapenten, etc.

1 Inleiding

Dit document beschrijft het Voorkeursalternatief (VKA) van het programma Luchtruimherziening (PLRH) met de herziene hoofdstructuur van het luchtruim in 2024-2027 en het beoogde gebruik (operationeel concept) daarvan op weg naar 2035. Dit operationeel concept omvat een algemene omschrijving, het omgaan met verstoringen en de benodigde veranderingen. Het sluit zoveel mogelijk aan bij internationale ontwikkelingen en houdt rekening met (Europese) verplichtingen. Er wordt tevens een plan beschreven (een roadmap) voor een stapsgewijze implementatie van deze nieuwe manier van luchtruimgebruik.

1.1 Leeswijzer

Het VKA schetst de ambitie voor de luchtruimherziening en de roadmap om daar invulling aan te geven. Het gaat om een stapsgewijze verandering die afhankelijk is van onder andere de technologische ontwikkelingen, de globale acceptatie daarvan en de verandercapaciteit van alle betrokken partijen. Dit betekent dat de ingezette koers regelmatig zal worden geëvalueerd en waar nodig zal worden herijkt.

Technologie en automatisering

Het VKA beschrijft de ontwikkeling en toepassing van technologieën, procedures en daaraan gekoppelde werkwijzen. In het VKA worden dit bouwstenen genoemd. De bouwstenen kennen verschillen in gereedheid voor implementatie. Bij technologie wordt dit het Technology Readiness Level (TRL) genoemd. In sommige gevallen betreft het technologie die zich al bewezen heeft. In andere gevallen is er een relatie met beschikbaarheid van de technologie in vliegtuigen, Europese (en op sommige terreinen wereldwijde) implementaties van (bepaalde) nieuwe technieken en/of vergt implementatie in de Nederlandse situatie specifieke ontwikkelstappen. De mate waarin bouwstenen in de jaren tot 2035 geïmplementeerd zullen worden, hangt onder meer af van technologische ondersteuning en internationale en operationele ontwikkelingen.

De rol van digitalisering en automatisering zal in de jaren tot 2035 toenemen en de mens meer dan nu ondersteunen bij: (1) het verkrijgen, uitwisselen en analyseren van informatie; (2) het maken van beslissingen. Daarmee sluit het VKA aan bij Europese ontwikkelingen en ambities zoals verwoord in het EU ATM Master Plan [3].

Roadmap: transitie in stappen

De implementatie van het VKA is geleidelijk en stapsgewijs waarbij goed wordt gekeken naar de verandercapaciteit bij de luchtverkeersleidingsorganisaties en de stand van zaken wat betreft de ontwikkeling en validatie van noodzakelijke technische en operationele systemen. Hierbij staat veiligheid altijd op één. Op het gebied van processen voor de verkeersafhandeling en luchtruimindeling bestaan richtlijnen en eisen voor een veilige luchtvaart (o.a. EU SERA [4], PANS ATM [5], Airspace Planning [6]). De wet- en regelgeving omvat ook de verplichting om vooraf aan een wijziging - zoals elke stap in het stappenplan - aan te tonen dat de eventuele risico's daarvan acceptabel zijn [7]. Wat betekent dat pas tijdens de Planuitwerkingsfase definitieve uitspraken gedaan kunnen worden over de veiligheid. Tijdens de Planuitwerkings- en Realisatiefase zal voor alle voorgenomen veranderingen de veiligheid zijn aangetoond alvorens ze ingevoerd worden. Aandacht voor veiligheid is daarom een onlosmakelijk onderdeel in elke fase van de stapsgewijze aanpak van de Luchtruimherziening.

Een ander belangrijk aandachtspunt in de stapsgewijze aanpak is de aandacht voor een zorgvuldige balans tussen mens-machine-procedure. Deze is dan ook steeds randvoorwaardelijk. Veel stappen vergen bovendien trainingen van onder andere de luchtverkeersleiders en luchtruimgebruikers om zich de verandering eigen te maken en een veilige invoering en realisatie mogelijk te maken.

Het implementatieproces staat geschetst in de roadmap (paragraaf 5.4) die per vijf jaar de stapsgewijze ontwikkeling weergeeft tot 2035. Voor de eerste 5 jaar is de roadmap concreter wat betreft de voorziene implementatie dan voor de latere jaren. Verder richting 2035 zal er met meer onzekerheden

moeten worden omgegaan ten aanzien van de bouwstenen, hun samenhang en over de bredere technische en operationele ontwikkelingen.

Adaptieve werkwijze, monitoring en evaluatie

Een evaluatieprogramma zal zorgen voor monitoring en evaluatie van de voortgang van de implementatie van het VKA. Daarbij wordt gekeken naar de maakbaarheid en effectiviteit om de doelstellingen van het programma te behalen. Op basis daarvan zal ook verantwoording worden afgelegd aan de Tweede Kamer. Er kan waar nodig worden bijgestuurd ten behoeve van een veilige, efficiënte en effectieve implementatie en/of in reactie op bijstellingen van de koers of behoeften.

Het VKA beschrijft bouwstenen die een onderlinge interactie met elkaar hebben. Bij de nadere ontwikkeling van bouwstenen zal meer bekend worden over die interactie. Gedurende de Planuitwerkings- en Realisatiefase kan dit ertoe leiden dat aanpassingen in de realisatiestappen wenselijk zijn. Ook kan waar nodig worden gereageerd op nieuwe ontwikkelingen. Denk bijvoorbeeld aan de ontwikkelingen van technologie, toekomstig Europees beleid, aan nieuwe luchtruimgebruikers zoals drones, vlootsamenstelling, waaronder elektrische vliegtuigen en aan veranderende wensen en behoeften vanuit de maatschappij en luchtruimgebruikers. Onderdeel van de adaptieve werkwijze is daarom ook om periodiek deze ontwikkelingen te inventariseren en waar nodig de realisatie te herijken.

1.2 Aanleiding

Boven Nederland bevindt zich een van de drukste stukken luchtruim ter wereld. Mensen gebruiken dit luchtruim om te reizen (voor zaken of voor bezoek aan familie of vrienden), om goederen te transporteren of voor vakantie. Dit voegt waarde toe aan onze economie en aan ons sociale leven. Onze krijgsmacht oefent met vliegtuigen, helikopters, schepen, drones en grondeenheden om in staat te zijn vrede en vrijheid te verdedigen, zoals vastgelegd in de Grondwet. Mensen vliegen ook graag zelf met bemande en onbemane luchtvaartuigen, zowel voor plezier als professioneel. Daarnaast zijn er ook activiteiten in het luchtruim die het gebruik van dat luchtruim door de luchtvaart beperken of zelfs geheel onmogelijk maken (denk aan schietgebieden en zeer grote windturbines). Het Nederlandse luchtruim is daarmee een schaars en intensief gebruikt goed. Bovendien is het in de loop der jaren versnipperd, wat leidt tot suboptimaal gebruik van die schaarse ruimte.

De laatste jaren is een verschuiving zichtbaar in hoe er vanuit de maatschappij naar luchtvaart gekeken wordt. De kwaliteit van de leefomgeving en het klimaat spelen tegenwoordig een

grotere rol dan vroeger. Dit vraagt om een nieuwe balans tussen veiligheid, capaciteit, leefbaarheid en klimaat, in de manier waarop de burgerluchtvaart gebruik maakt van het luchtruim. Tevens vraagt de komst van nieuwe wapensystemen, zoals de F-35, naar Nederland om een andere militaire oefenruimte. De gevraagde veranderingen zijn zo groot dat er een herziening van het luchtruim nodig is. Een luchtruim van de toekomst waarin nationale veiligheid, economische belangen, recreatie én leefbaarheid in balans zijn. Een nieuwe balans waarbij veiligheid natuurlijk altijd bovenaan staat als randvoorwaarde.

Het programma Luchtruimherziening kent daarom de volgende opgave:

“De realisatie van een integrale, toekomstbestendige inrichting en beheer van het luchtruim, gebaseerd op een zorgvuldige afweging van publieke belangen, in samenwerking met (internationale) partners en in gerichte dialoog met de omgeving (stakeholders)”

De luchtruimherziening vereist een stapsgewijze aanpak gericht op resultaten in 2023 maar ook daarna, waarbij 2035 als horizon is gekozen. Dit is dezelfde tijdshorizon die vaak wordt gehanteerd in Europese studies naar de toekomst van het luchtruim. Het luchtruimgebruik en de wensen ten aanzien van het luchtruim zullen blijven ontwikkelen, nieuwe ontwikkelingen en technologieën zullen zich aandienen, net als aanpassingen in wet- en regelgeving en veranderende maatschappelijke opvattingen. Adaptief vermogen is daarom essentieel voor de luchtruimherziening.

1.3 Het programma Luchtruimherziening

De herziening van het luchtruim krijgt gestalte via een rijksprogramma onder regie van de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat en van Defensie. Het programma is erop gericht de Nederlandse luchtruimindeling te herzien en het luchtruim klaar te maken voor de toekomst. Het programma wordt uitgevoerd door vijf programmapartners: het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het ministerie van Defensie, Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL), het Commando Luchtstrijdkrachten (CLSK) en Maastricht Upper Area Control Centre (MUAC).

Het programma Luchtruimherziening organiseert formele en informele participatie met stakeholders. De formele participatiemomenten volgen na cruciale momenten (bijvoorbeeld na de plan-MER). Daarnaast zijn er diverse informele participatiemomenten met stakeholders. Bij alle activiteiten betreft het programma stakeholders al vroegtijdig via een gestructureerde aanpak met drie participatiegroepen:

- Bestuurlijke participatie (provincies);
- Gebruikersparticipatie (civiele en militaire luchtruimgebruikers);
- Maatschappelijke participatie (gemeenten, natuur- en belangenorganisaties, bewoners).

Voor deze groepen zijn verschillende overlegorganen en –momenten bepaald, waarop stakeholders worden geïnformeerd over het programma en hun lokale belangen en wensen in kunnen brengen. Aanvullend vindt ten behoeve van de herinrichting van het noordelijk deel en van het oostelijke en zuidoostelijke deel van het Nederlandse luchtruim, regionale informele bestuurlijke en maatschappelijke participatie plaats.

Het programma Luchtruimherziening hanteert een op het MIRT [8] geïnspireerde, gefaseerde aanpak. Kern daarvan is getrechterde besluitvorming: van breed kijken, belangen en wensen ophalen tot het opstellen van varianten en het trechteren naar één oplossingsrichting. De volgende vier fasen worden onderscheiden: Onderzoeksfase (afgerond in april 2019), Verkenningsfase, Planuitwerkingsfase en Realisatiefase. Dit document is onderdeel van de resultaten van de Verkenningsfase. Voor een volledige beschrijving van de werkwijze van het programma wordt verwezen naar de Startbeslissing [9].

1.4 Doelen van het programma Luchtruimherziening

Het programma LRH kent een aantal doelstellingen die beschreven zijn in de Startbeslissing [9]:

- Efficiënter gebruik en beheer van het luchtruim ten behoeve van alle luchtruimgebruikers;
- Verduurzaming: beperken van de impact van vliegroutes op de omgeving (geluidshinder, CO₂ en (ultra) fijnstof). Defensie draagt hieraan bij door de geluidshinder zoveel mogelijk te beperken.

- Verruimen van civiele en militaire capaciteit (militaire missie effectiviteit) in het luchtruim;

Deze doelstellingen zijn vertaald naar drie concrete resultaten:

Voor de invulling van deze doelstellingen worden door de Startbeslissing concrete resultaten benoemd in 3 sporen. Het eerste spoor valt buiten de reikwijdte van dit VKA. De twee andere sporen vragen om:

1. Herinrichting van het oosten en zuidoosten van het Nederlands luchtruim, om de ontsluiting voor het handelsverkeer van en naar Nederlandse luchthavens te verbeteren. De ontsluiting voor civiel verkeer die door deze herinrichting wordt gerealiseerd, dient gelijktijdig beschikbaar te komen met de realisatie van het militair oefengebied in het noorden zodat de oefenmogelijkheden voor Defensie gewaarborgd blijven en de impact op civiele stromen wordt gemitigeerd. Beoogde doelen zijn hierbij: minder vertraging, efficiëntere vluchtprofielen, betere milieuprestaties en mogelijkheden tot het gericht accommoderen van GA in het lagere luchtruim. Hierbij wordt ook het perspectief voor het valschermspringen op luchthaven Teuge betrokken.
2. Inpassing van een militair oefengebied (onder andere voor de F-35) in het noorden van het Nederlands luchtruim met voldoende capaciteit om de militaire missie effectiviteit te verzekeren. Het streven is om dit gebied (direct of op termijn) onderdeel te maken van een grensoverschrijdend oefengebied.
3. De ontwikkeling van een roadmap voor de periode 2023-2035. Die roadmap is opgebouwd in blokken van circa 5 jaar en omvat alle benodigde elementen. De roadmap geeft richting en draagt bij aan een adaptief beheer luchtruim met bijbehorende ontwikkelmethoden. Nederland loopt daarmee in pas met de EU-doelstellingen en -ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen past het programma toe om de ambitieuze doelen van de luchtruimherziening te realiseren.

De Startbeslissing geeft daarnaast aan dat de herziening van het luchtruim rust op de volgende drie pijlers:

1. Betere benutting van het luchtruim door een flexibel en dynamisch beheer van het luchtruim;
2. Optimalisering en vereenvoudiging¹ van de luchtruiminrichting;
3. Modernisering van het operationele luchtverkeersleiding-concept

¹ In het VKA wordt vereenvoudiging (verlaging van de complexiteit) van de luchtruimindeling alleen als doel nagestreefd als deze complexiteit ook daadwerkelijk zo ervaren wordt door de mens (bijvoorbeeld de piloot of de verkeersleider) in het systeem. Complexiteit die door automatisering vereenvoudigd gepresenteerd kan worden aan de mens is daarmee niet per definitie onwenselijk.

Thema	Toetsingscriterium	Omschrijving
Veiligheid	Ongevalsrisico	Kans op een vliegtuigongeval.
	Externe veiligheid	Veiligheidseffecten die betrekking hebben op de omgeving.
Geluid	Geluidsbelasting	De oppervlakte van verschillende geluidscontouren.
	Voorspelbaarheid	De mate waarin geluidsbelasting een vast patroon kent naar tijd en plaats.
	Ontwerpruimte bij het maken van routes	Mate waarin het overvliegen van specifieke gebieden vermeden kan worden in het ontwerp van de routestructuur.
Emissies	Klimaat (CO ₂)	Afgemeten aan het brandstofgebruik in de Amsterdam FIR.
	Luchtkwaliteit	Effect van uitstoot van NOx, fijnstof en ultra-fijnstof op de lokale luchtkwaliteit.
Natuur	Stikstofdepositie	Neerslaan van stikstof op de grond.
	Verstoringseffecten	Mate van verstoring van vooral vogels. Geluid is hierbij de belangrijkste factor.
Ruimtebeslag	Beperkingen van gebruik van grond	Omvang van gebieden rond luchthavens met beperkingen voor ruimtelijke ontwikkeling als gevolg van luchtruimindekking en -gebruik.
Efficiëntie	Vluchtefficiëntie	Totale vliegtijd in de Amsterdam FIR.
	Efficiëntie van de militaire transit	Verhouding tussen de vliegtijd van/naar het oefengebied (transit) en de effectieve operationele vliegtijd in het oefengebied.
Capaciteit	Uurcapaciteit voor civiel verkeer	Maximaal aantal vluchten per uur dat gedurende langere tijd kan worden verwerkt in een situatie zonder verstoringen.
	Robuustheid en punctualiteit civiel verkeer	Mate waarin het systeem bestand is tegen verstoringen waarbij de prestaties van het systeem overeind blijven.
	Beschikbaarheid van luchtruim voor militair verkeer	Grootte en mate van beschikbaarheid van geschikt luchtruim voor individuele en gezamenlijke militaire oefeningen van de operationele commando's
	Beschikbaarheid van luchtruim voor GA	Grootte en mate van beschikbaarheid in de tijd van luchtruim voor GA.
	Beschikbaarheid van luchtruim voor drones	Grootte en mate van beschikbaarheid in de tijd van luchtruim voor drones.

Tabel 1: toetsingscriteria die zijn gehanteerd tijdens de Verkenningsfase.

Toetsingscriteria

Uit de Onderzoeksfase, waarin ook gekeken is naar eerdere discussies over luchtvaart, komen de belangrijkste thema's voor de toetsing van het VKA naar boven. Dit zijn geluid, emissies/natuur, efficiëntie, capaciteit, MME en ruimtebeslag (op de grond). Gelijkblijvende of verbeterende veiligheid is een randvoorwaarde voor de herziening van het Nederlandse luchtruim. De thema's sluiten aan op de doelen van het programma. Per thema zijn één of meerdere toetsingscriteria opgesteld. Deze criteria zijn zo gekozen dat ze behulpzaam zijn vóór en passen bij de te nemen Voorkeursbeslissing. Het gaat hierbij om een keuze van de Voorkeursbeslissing op hoofdlijnen. Het detailniveau van de toetsingscriteria is daarom lager dan bijvoorbeeld een Milieu Effect Rapportage (MER) voor een specifieke luchthaven of in een studie van de inrichting van een deel van het luchtruim. Tabel 1 geeft een overzicht van de toetsingscriteria die zijn gehanteerd bij de beoordeling van het VKA.

Rol van het Voorkeursalternatief

Het PLRH bestaat uit een aantal fasen (zie [9] voor meer details). Het in dit document beschreven VKA beschrijft het eindresultaat van de Verkenningsfase van het PLRH waarin, een pakket aan samenhangende oplossingen wordt beschreven. Het VKA beschrijft de hoofdstructuur en het operationeel concept voor 2035. Dit VKA vormt de basis voor de Voorkeursbeslissing. In de volgende fase van het programma, de Planuitwerkingfase, wordt dit VKA vervolgens concreet uitgewerkt en in de Realisatiefase vindt vervolgens de daadwerkelijke implementatie van het VKA plaats.

Voor de samenstelling van het VKA is er naar gestreefd een solide hoofdstructuur met een coherent en adaptief operationeel concept te ontwerpen dat er voor zorgt dat op de doelstellingen het best mogelijke resultaat wordt behaald. Voor wat betreft adaptiviteit, geldt dat er is geborgd dat het concept in lijn is met mogelijke toekomstige ontwikkelingen waaronder de eisen die nieuwe gebruikers aan het luchtruim stellen.

De implementatie van het VKA is een geleidelijk proces met een groot aantal tussenstappen. Om dit proces te schetsen wordt een roadmap beschreven die de stapsgewijze ontwikkeling van het VKA weergeeft tot 2035. Voor het VKA en de roadmap daar naar toe gelden voorbehouden die te maken hebben met beschikbaarheid van technologie en ontwikkelingen die internationaal plaatsvinden (zie paragraaf 1.1).

1.5 Werkwijze

In deze paragraaf wordt beschreven welke stappen zijn gezet om invulling te geven aan de doelstellingen van het programma bij het ontwikkelen van het VKA. De werkwijze wordt op

hoofdlijnen geschetst. Voor verdere details wordt hieronder verwezen naar het VKB met uitgebreidere beschrijvingen van de werkwijze.

Identificatie van bouwstenen

Om te zorgen voor een volledig beeld van de mogelijke keuzes en opties die er zijn voor de vormgeving én het gebruik van het luchtruim van 2035 is gestart met een brede set activiteiten. Deze hadden tot doel het identificeren van alle mogelijke bouwstenen die mogelijk een rol kunnen spelen bij het vernieuwen van het luchtruimgebruik. Een bouwsteen is hierbij gedefinieerd als:

- een functie,
- een technologie/technologische ontwikkeling,
- een procedure/werkwijze,
- een concept, óf
- een vorm van samenwerking.

De enige beperking die bij de identificatie van bouwstenen gold was dat deze moesten passen binnen de opdracht van het programma. Om een complete lijst bouwstenen te identificeren zijn verschillende activiteiten ondernomen. Denk hierbij aan sessies met verschillende gebruikers en stakeholders, participatieactiviteiten en het consulteren van verschillende experts. Bij deze sessies zijn steeds zo weinig mogelijk voorwaarden gesteld aan de bouwstenen waardoor geborgd is dat de lijst bouwstenen zo compleet mogelijk is geworden. Bovenstaande activiteiten hebben geleid tot de identificatie van ruim 100 mogelijke bouwstenen, een overzicht van alle geïdentificeerde bouwstenen met toelichting kan gevonden worden in [10].

Selectieproces bouwstenen

Voor de volgende stap in het proces was het belangrijk om informatie te hebben over de effecten (zie paragraaf 1.4) die met de verschillende bouwstenen bereikt kunnen worden. Niet alle bouwstenen passen goed bij elkaar. Een deel vult elkaar aan en zorgt voor onderlinge versterking; andere bouwstenen sluiten elkaar uit of werken tegengesteld. Door de onderlinge wisselwerking is het niet mogelijk om de bouwstenen elk afzonderlijk te toetsen op de bijdrage aan de programmadoelen en vervolgens de best presterende bouwstenen bij elkaar te voegen in het VKA. Om een goede samenstelling van bouwstenen te krijgen is een ontwerpvisie nodig, waarin verschillende bouwstenen in een realistische omgeving gezamenlijk functioneren.

Door bouwstenen vanuit een bepaalde ontwerpvisie te selecteren ontstaan varianten. Een variant geeft -naar verwachting van de ontwerper- de best mogelijke samenstelling van bouwstenen, gezien vanuit de gekozen ontwerpvisie. Al deze varianten beschrijven een operationeel concept voor 2035 maar voor een aantal fundamentele keuzes zijn daar telkens andere opties verkend. Dit heeft geleid tot 4 verschillende varianten

waarin alle relevante bouwstenen een plek hebben gekregen. Alle varianten zijn erop gericht zo goed mogelijk invulling te geven aan de doelstellingen van het programma maar telkens vanuit een andere ontwerpvisie.

Gebruik makend van deze context zijn de bouwstenen en varianten vervolgens door een onafhankelijk consortium beoordeeld op effect [11] door een vergelijking te maken met een referentiescenario. Voor sommige bouwstenen is effectbeoordeling niet zinvol geacht omdat het effect van tevoren al duidelijk is (de informatie-uitwisseling verbeteren is bijvoorbeeld altijd positief) of omdat het effect alleen bestaat in combinatie met een andere bouwsteen (precisienavigatie heeft alleen nut als er ook routes zijn die daar gebruik van maken). In dat laatste geval zijn de bouwstenen in samenhang beoordeeld. Daarnaast zullen een aantal bouwstenen ook tot ontwikkeling komen zonder het PLRH. De effecten van deze zogenaamde "autonome" ontwikkelingen kunnen daarom niet (volledig) toegeschreven worden aan het programma. In [10] is aangegeven welke bouwstenen tot de autonome ontwikkelingen horen.

Het VKA zoals beschreven in dit document is niet de keuze voor één van de vier varianten maar is opnieuw samengesteld uit de beschikbare set bouwstenen. Bij het selectieproces van de bouwstenen om het VKA samen te stellen hebben, naast de effectbeoordeling, een aantal uitgangspunten en raakvlakken een belangrijke rol gespeeld. Deze worden hieronder beschreven. Verdere details van het selectieproces kunnen worden gevonden in de hoofdttekst van het VKB [12].

Effectbeoordeling op basis van plan-MER

Om de prestaties van het VKA te toetsen aan de doelstellingen is een plan-MER uitgevoerd waar de toetsingscriteria zoals weergegeven in paragraaf 1.4 worden gebruikt om de prestaties van het VKA te bepalen. De resultaten van deze plan-MER kunnen worden gevonden in [11].

1.6 Raakvlakken en uitgangspunten

Bij het samenstellen van het VKA zijn een aantal uitgangspunten en raakvlakken gehanteerd. Het gaat hier zowel om uitgangspunten en raakvlakken vanuit het programma als om uitgangspunten en raakvlakken die vanuit nationale of internationale ontwikkelingen belangrijk zijn en een significante invloed kunnen hebben op het resultaat.

1.6.1 Algemene uitgangspunten

De Startbeslissing [9] en NRD [13] definiëren een aantal algemene uitgangspunten in lijn met de Luchtvaartnota [14]. Het gaat om de volgende zaken:

- De locatie van luchthavens en start- en landingsbanen verandert niet. Dit geldt ook voor de luchthavens over de grens².
- Voor het veiligheidsniveau wordt geëist dat deze van gelijk niveau is of in absolute zin hoger wordt³.
- Bij de uitwerking van de het VKA wordt rekening gehouden met de grondwettelijke taak en de militaire taakstelling van de Krijgsmacht en de verplichtingen die voortvloeien uit internationale verantwoordelijkheden en samenwerkingsverbanden, zowel bilaterale samenwerking als onder de vlag van de NAVO en de EU.
- De omvang en het volume van het Nederlandse luchtruim blijven ongewijzigd.
- Luchtruim- en routestructuur dienen aan te sluiten op het internationale routenetwerk. De resultaten van het programma moeten in lijn zijn met Europees ATM-beleid en internationale afspraken op het gebied van luchtruim- en routeontwerp en coördinatieafspraken.
- Bestaande entry en exit points (tussen het Nederlandse luchtruim en het luchtruim van de ons omringende landen) zijn niet leidend; waar in internationale samenwerking betere resultaten mogelijk zijn, worden deze onderzocht.
- Bestaande afspraken rond luchthavens zijn niet leidend; waar betere resultaten mogelijk zijn worden deze onderzocht.
- Bestaande afspraken over baancombinaties Schiphol (dit betreft het gebruik van start- en landingsbanen) zijn niet leidend; waar betere resultaten mogelijk zijn, worden deze onderzocht.
- Voor een effectief luchtruimontwerp is het belangrijk dat er onderscheid wordt gemaakt tussen een hoogte waarbij het ontwerp wordt geoptimaliseerd voor geluid en waar het ontwerp wordt geoptimaliseerd voor CO₂. Bij het ontwerp zal, in lijn met de Luchtvaartnota [14], als werkhypothese worden gewerkt met een hoogte van 6.000 voet (circa 1.800m).
- Free Route Airspace in het door MUAC beheerde luchtruim is gerealiseerd. Onder verantwoordelijkheid van de vier participerende MUAC-lidstaten is een project uitgevoerd waarin een Free Route Airspace boven Flight Level 245 (24.500 voet, circa 7,5 kilometer) eind 2019 is gerealiseerd. Het doel daarvan is de vertragingen te beperken, de milieuprestaties te verbeteren en de capaciteit te verhogen.

- Voor de ontwikkeling van Lelystad Airport tot 45.000 vliegtuigbewegingen binnen een herzien luchtruim geldt dat de routes anders kunnen komen te liggen. In de luchtruimherziening zijn de lokale vertrek- en naderingsroutes (B+) en de aansluitroutes namelijk geen uitgangspunt voor het ontwerp. Als wijzigingen aan de orde zijn, moet er wel sprake zijn van netto verbeterde omgevingseffecten. Daarnaast gelden een aantal specifieke toezeggingen, bij doorgroei boven 10.000 vliegtuigbewegingen, rond Stadsdagen, het Vechtdal en Wezep alsmede het betrekken van de luchthaven Teuge en het paracentrum Teuge ten behoeve van hun activiteiten.
- Wat betreft het beschikbaar komen van nieuwe technologieën (al dan niet verplicht vanuit de Europese verordeningen) wordt gewerkt met een tijdshorizon tot 2035.

1.6.2 Uitgangspunten internationaal

De door het programma gehanteerde uitgangspunten betreffen zaken die door wet- en regelgeving verplichtend zijn en daarmee een integraal onderdeel uitmaken van het VKA. De belangrijkste uitgangspunten op internationaal vlak worden hieronder beschreven.

Verantwoordelijkheden vanuit ICAO

Ten behoeve van de steeds hogere verwachtingen die in de wereld worden gesteld aan de civiele luchtvaart heeft ICAO in 2011-2013 het eerste Global Air Navigation Plan (GANP) [15] ontwikkeld, dat inmiddels zijn 6e editie kent. Zowel de hoofdlijn als de uitwerking tot op detail niveau is beschikbaar op het ICAO GANP Portal. Het plan met een horizon van 15 jaar tot 2030, is erop gericht om stapsgewijs en regiogericht de operationele performance van het wereldwijde netwerk te verbeteren in termen van capaciteit, efficiëntie, voorspelbaarheid en flexibiliteit, terwijl tevens de interoperabiliteit van de systemen verbeterd en de procedures geharmoniseerd worden. Duurzaamheid is daarbij een centraal thema. De uitwerking van dit plan is voor onze regio terug te vinden in de relevante verordeningen van de EU. In de paragrafen hieronder over de internationale ontwikkelingen wordt daar een schets van gegeven. Het ICAO GANP kent ook nationale verantwoordelijkheden, die voor ons land onder andere worden uitgewerkt in het programma Luchtruimherziening.

Ten behoeve van de technische realisatie heeft ICAO twee raamwerken geïntroduceerd: de 'Basic Building Blocks' (BBB) en het 'Aviation System Block Upgrades' (ASBU), inclusief de bijbehorende Key Performance Indicators (KPI). In hoofdlijnen zijn deze raamwerken gericht op een stapsgewijze evolutie met een steeds volwaardigere digitale technologie, operatie op

basis van tijd die mogelijk wordt door een passende informatiehuishouding, trajecten-gebaseerde operaties met luchtvaart internet verbindingen en uiteindelijk performance management dat gericht is op de commerciële luchtverkeersbehoeften.

Het VKA dat in dit document wordt gepresenteerd bouwt voort op de visie die ICAO heeft ontwikkeld in internationale samenwerking voor de luchtverkeersnavigatie tot 2030. Ook de voor de luchtnavigatie zo belangrijke kennisontwikkeling van SESAR maakt hier deel van uit.

Verplichtingen vanuit de EU

Pilot Common Project (PCP)

Om de veiligheid, efficiëntie en capaciteit in het Europese luchtruim te verbeteren is het initiatief Single European Sky (SES) ontwikkeld [16] [17] [18]. Onder SES zijn afspraken gemaakt over luchtruimbeheer en dienstverlening. Deze afspraken zijn vastgelegd in Europese wet- en regelgeving. Hieruit volgen verplichtingen voor Europese lidstaten en stakeholders die in het Europese luchtruim opereren. De eerste set verplichtingen vanuit dit programma is het zogenaamde Pilot Common Project (PCP) [19] van de Europese Commissie die verplichtingen beschrijft om bepaalde ATM-functionaliteiten in te voeren. Specifiek gaat het om zes ATM-functionaliteiten met sub-functionaliteiten. De verschillende punten zijn van toepassing op luchtvaartmaatschappijen, Schiphol, LVNL, KNMI, Defensie⁴ en/of MUAC, onder toezicht van de overheid (IenW en Defensie). Hieronder volgt een korte samenvatting en de voor dit document meest relevante punten:

1. Eerder plannen van naderende vluchten en op prestaties gebaseerde navigatie (E-AMAN en PBN). Hierbij wordt naderend luchtverkeer eerder gepland op minstens 180 NM (circa 335 kilometer) van de landingsbaan en worden er RNP₁ (Required Navigation Performance 1) routes gedefinieerd voor aankomsten.
2. Luchthavenintegratie en doorvoer. Relevant hierbij is de synchronisatie van Departure Management (DMAN) met informatiestromen van de luchthavens. Daarnaast worden stappen gezet die ervoor moeten zorgen dat in de laatste vluchtfase de vliegtuigen op tijd gesepareerd worden in plaats van op afstand. Daarnaast wordt het vertrekbeheer gesynchroniseerd. Dit betreft het afstemmen van vertrekend luchtverkeer door gebruik te maken van een Departure Manager.

² De eventuele, toekomstige mogelijkheid van een luchthaven op de Noordzee dan wel start- en landingsbanen op de Noordzee valt buiten de scope van het programma, ook omdat realisatie hiervan niet binnen de voor dit programma gehanteerde termijn mogelijk is.

³ Dit is ten opzichte van het referentiescenario.

⁴ Defensie heeft een uitzonderingspositie op EU instellingsbesluiten en is niet verplicht in alle gevallen deze te implementeren.

- Flexibel gebruik van het luchtruim (A-FUA) en vrije routes. De eerste heeft als doel om luchtruimreserveringen flexibeler te beheren in reactie op de behoeften van de luchtruimgebruikers. Vrije routes stellen luchtruimgebruikers in staat zo dicht mogelijk bij hun geprefereerd traject te vliegen met zo min mogelijk beperkingen. De vrije routes betreffen luchtruim waarin gepubliceerde directe routes beschikbaar zijn. Dit geldt voor luchtruim boven FL310. MUAC heeft er voor gekozen om FRA aan te bieden vanaf FL245 wat relevant is voor Nederland.
- Op samenwerking gebaseerd beheer van het netwerk om de prestaties van het Europese ATM-netwerk te verbeteren, met name op het gebied van capaciteit en efficiëntie.
- Initieel informatiebeheer (System Wide Information Management, SWIM). Dit concept harmoniseert de informatie-uitwisseling tussen de verschillende luchtruimgebruikers, ANSP's en andere stakeholders. Het gevolg is dat er sneller betere vluchtinformatie beschikbaar is om te gebruiken in bijvoorbeeld een planningssysteem.
- Initiële uitwisseling van informatie over trajecten (i4D). i4D bestaat uit het verbeterde gebruik van streeftijden en trajectinformatie, inclusief — indien beschikbaar — het gebruik van 4D-trajectgegevens aan boord door het luchtverkeersleidingssysteem op de grond en door de systemen van de netwerkbeheerder, waardoor minder tactische interventies nodig zijn en de situatie op het gebied van conflictoplossing wordt verbeterd.

Het uitgangspunt voor het VKA is dat deze ontwikkelingen in lijn met de Europese afspraken geïmplementeerd worden. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de verplichtingen en deadlines die zijn opgenomen in de PCP verordening in de nabije toekomst op onderdelen zullen worden aangepast (zie hieronder, Common Project 1), in de actualisatie van de roadmap van het VKA zal hier rekening mee gehouden worden. Met het VKA wordt een optimale en geïntegreerde implementatie nagestreefd en op een aantal ATM-functionaliteiten een verdere doorontwikkeling zoals ook is beschreven in het European ATM Masterplan [3].

Common Project 1

In de PCP verordening is vastgelegd dat er een tussentijdse evaluatie zal plaatsvinden. Tegelijkertijd is aan de SESAR JU gevraagd om voorstellen te doen voor een volgend common project. Recent is besloten deze trajecten samen te voegen en eind 2020 een gewijzigde PCP-verordening te publiceren onder de naam Common Project 1 (CP1). CP1 zal de PCP-verordening vervangen.

De Europese Commissie (EC) heeft aangegeven dat enkele sub-functionaliteiten die opgenomen zijn in de PCP verordening komen te vervallen en nieuwe (sub-)functionaliteiten worden toegevoegd. Mede door de impact van Covid-19 zijn er ook aanpassingen voorzien in de deadlines voor implementatie

van de sub-functionaliteiten. Deze deadlines vallen in de periode tot en met eind 2027.

Door de EC voorgestelde nieuw te introduceren sub-functionaliteiten onder CP1:

- AMAN/DMAN integratie, als onderdeel van ATM Functionaliteit (AF) 1;
- Airport Operational Plan (AOP), als onderdeel van AF2;
- Network Manager Trajectory Information Enhancement, als onderdeel van AF6; en
- Initial Trajectory Information Sharing ground distribution, als onderdeel van AF6.

Door de EC voorgestelde te verwijderen sub-functionaliteiten onder CP1:

- Enhanced Terminal Airspace using RNP-based operations, nu nog onderdeel van AF1;
- Departure Management integrating Surface Management Constraints, nu nog onderdeel van AF2;
- Time-Based Separation for Final Approach, nu nog onderdeel van AF2;
- Automated Assistance to Controller for Surface Movement Planning and Routing, nu nog onderdeel van AF2;
- Calculated Take-off Time to Target Times for ATFCM purposes, nu nog onderdeel van AF4;
- Enhanced integration of Airports with Network, nu nog onderdeel van AF4;
- SWIM Technical Infrastructure, Specifications and Profiles (Blue Profile), nu nog onderdeel van AF5;
- Flight Object Information Exchange (Blue Profile), nu nog onderdeel van AF5.

Controller Pilot Data Link Communication (CPDLC)

CPDLC is een bestaande implementatie van datalink waarmee luchtverkeersleiders en piloten met elkaar kunnen communiceren naast de huidige spraak gebaseerde communicatie over een radioverbinding. CPDLC maakt daardoor de communicatie efficiënter. Ook kan hiermee de R/T belasting op druk gebruikte frequenties verlaagd worden. De Europese Commissie heeft in 2009 [20] (geamendeerd in 2015 en 2019) een mandaat uitgebracht dat civiel luchtverkeer en militaire vaste-vleugel transportvliegtuigen in grote stukken luchtruim verplicht CPDLC te kunnen gebruiken [5] in luchtruim boven FL285 vanaf 5 februari 2020. Voor het VKA wordt er daarom van uitgegaan dat het overgrote deel van het civiele handelsverkeer en militair (vaste-vleugel) transportverkeer in 2035 beschikt over een dergelijke communicatiemogelijkheid en hier gebruik van kan maken in de communicatie met de luchtverkeersleiding, ook onder FL285. Er wordt dus ook vanuit gegaan dat de verschillende luchtverkeersleidingsorganisaties deze data kunnen verwerken.

Precisienavigatie

Door gebruik te maken van Performance Based Navigation (PBN) is navigeren niet langer opgehangen aan locatiegebonden systemen op de grond (zoals navigatiebakens) maar aan specifieke operaties met een gedefinieerde navigatienauwkeurigheid in een bepaald stuk luchtruim. Dit geeft de mogelijkheid om procedures te ontwerpen die leiden tot betere benutting van het luchtruim en bijvoorbeeld het mijden van specifieke gebieden in verband met geluid. De belangrijkste factor hierbij is dat luchtverkeer veilig dicht op elkaar kan vliegen, omdat er minder afwijkingen ontstaan door navigatieon nauwkeurigheden. Nederlands militair luchtverkeer heeft in veel gevallen vergelijkbare navigatiecapaciteiten aan boord (die echter niet in alle gevallen voldoen aan de civiele specificaties).

Er zijn verschillende niveaus van precisienavigatie, in het bijzonder in de positienauwkeurigheid. Voor Area Navigation 1 (RNAV1) wordt bijvoorbeeld een navigatienauwkeurigheid geëist van +/- 1NM voor 95% van de tijd. Deze precisie kan bereikt worden met verschillende navigatiehulpmiddelen (zoals radiobakens of satelliet navigatie systemen zoals GPS). Op dit moment is het overgrote deel van het handelsverkeer in staat om met RNAV1 nauwkeurigheid te vliegen.

Het ligt in de lijn der verwachting dat dit (of strenger) in 2035 voor heel Nederland geldt (hiervoor is wel aanpassing van de huidige regelgeving nodig). Voor 2035 wordt er van uitgegaan dat voor handelsverkeer procedures kunnen worden gebruikt op basis van RNP 0.3 in het algemeen en RNP AR (Authorization Required) voor naderingen in het bijzonder. Voor RNP AR liggen de eisen aan de uitrusting van vliegtuigen en de training van flight crew hoger dan voor RNP 0.3. Het is goed mogelijk dat in 2035 deze eisen lager zijn voor omgevingen waar geen obstakels zoals bergen zijn. Dat vergroot de mogelijkheden voor route optimalisatie rond de Nederlandse luchthavens aanzienlijk.

Een bijzondere ontwikkeling is die voor het uitvoeren van precisienaderingen. Het operationeel concept zoals beschreven in dit document zal in eerste instantie gebruik maken van RNP AR naderingen naar het Instrument Landing System (ILS). Vervolgens zal het belang van het ILS afnemen wanneer RNP AR naderingen ook op de RNP route *established* kunnen zijn, iets wat nu alleen aan ILS naderingen is voorbehouden. Daarmee neemt de mogelijkheid toe voor verdere routeverfijning om vermindering van geluidhinder te bereiken. In de toekomst kan een systeem zoals het Ground Based Augmentation System (GBAS) zoveel nauwkeurigheid en robuustheid bieden aan satelliet navigatie, dat het ILS niet meer nodig zal zijn om onder alle omstandigheden precisienaderingen uit te kunnen voeren en voornamelijk als back-up zal dienen indien het satelliet signaal niet beschikbaar is.

Voor civiel luchtverkeer van en naar Schiphol geldt nu al een RNAV1 verplichting. De EU heeft via de PBN verordening luchtverkeersleidingsorganisaties verplicht om procedures voor precisienavigatie aan te bieden. Deze verplichting wordt stapsgewijs ingevoerd; de eerste stap wordt op 3 december 2020 gezet [21]. De stapsgewijze implementatie loopt door tot 6 juni 2030. De PBN verordening stelt het gebruik van RNP APCH verplicht per 6 juni 2030 voor alle luchthavens en landingsbaaneinden en stelt verder dat ILS onder CAT I niet meer is toegestaan (artikel 5). Echter, voor Schiphol en andere luchthavens met landingsbaaneinden met ILS naderingen zijn luchtverkeersleidingsorganisaties verplicht de RNP APCH procedures al voor 25 januari 2024 te implementeren.

Voor vertrek- en naderingsroutes eist de PBN verordening dat deze voldoen aan RNAV1, ten minste voor elk landingsbaaneinde de één vertrek- of naderingsroute per 25 januari 2025 en voor alle per 6 juni 2030.

In Nederland wordt invulling gegeven aan deze verplichting door de PBN Roadmap [22] en het PBN transitieplan [23]. In de PBN Roadmap worden voor de periode 2020-2030 de invulling van de verplichtingen én de ambities van Nederland op dit onderwerp beschreven. Daarnaast is er een transitieplan dat zich specifiek richt op de transitieperiode tot 2030.

1.6.3 Raakvlakken internationaal

Naast de in paragraaf 1.6.2 beschreven bestaande internationale verplichtingen zijn er ook andere internationale ontwikkelingen, die van invloed kunnen zijn op het VKA. Deze internationale ontwikkelingen zijn raakvlakken waar (nog) geen verplichtingen voor gelden, maar die mogelijk wel voltooid zullen zijn in 2035 en waar dus mogelijk gebruik van gemaakt kan worden in het VKA. Ook een deel van de bouwstenen valt geheel of gedeeltelijk onder deze raakvlakken. Een aantal belangrijke internationale raakvlakken wordt hieronder samengevat.

European ATM Masterplan

Het Europese ATM Masterplan is de (niet-bindende) overeengekomen routekaart die de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten van ATM verbindt met implementatiescenario's om de Single European Sky (SES) prestatiedoelstellingen te bereiken. Het is het belangrijkste planningsinstrument voor de modernisering van ATM in heel Europa. Het definieert de ontwikkelings- en implementatieprioriteiten die nodig zijn om de visie van European Sky ATM Research (SESAR) te realiseren. Het Masterplan wordt regelmatig bijgewerkt door een sterke samenwerking tussen alle –ATM-stakeholders om in te spelen op het veranderende luchtvaartlandschap. De 2020 editie is de meest recent gepubliceerde update van het Europese ATM Masterplan [3]. De uitrol van SESAR-oplossingen zou volgens de huidige planning in 2040 voltooid moeten zijn.

De inhoud van het Masterplan is georganiseerd op drie niveaus:

1. Level 1 Executive View: beschrijft de visie, prestatie ambities en globale planning
2. Level 2 Planning and Architecture View: beschrijft in meer detail de verbeteringen, de planning en architectuur
3. Level 3 Implementation View: beschrijft de implementatie doelen en benodigde activiteiten.

SESAR 3

Na de SESAR1 en SESAR2020 programma's wordt momenteel gewerkt aan de opvolger: SESAR 3. Onder SESAR worden oplossingen ontwikkeld en gevalideerd voor modernisering van het Europese ATM-systeem. Dit wordt voortgezet in SESAR 3 met meer aandacht voor de industrialisatie fase waarin de industrie implementeerbare oplossingen realiseert die door vroege implementatiepartners worden gedemonstreerd in een operationele omgeving.

SESAR3 zal zich richten op de realisatie van het overkoepelende concept *digital European sky*. Daarbij zijn door de EC de volgende doelen geformuleerd:

1. Via digitalisering een schaalbaar en weerbaar ATM-systeem bereiken;
2. Marktwerving versterken voor Europese luchtvaart, drones en ATM-diensten ten behoeve van economische groei;
3. Het Europees luchtruim ontwikkelen tot het meest efficiënte en milieuvriendelijkste luchtruim van de hele wereld.

Airspace Architecture Study

Op verzoek van de EC heeft de SESAR JU in samenwerking met de EUROCONTROL Network Manager (NM) een studie gedaan naar de toekomstige indeling van het Europese luchtruim: de Airspace Architecture Study [24]. In deze studie worden 3 fasen van 5 jaar onderscheiden voor de transitie naar een toekomstbestendig Europees luchtruim in 2035. Om die transitie te bewerkstelligen is geadviseerd om:

1. Een luchtruimreconfiguratieprogramma te lanceren;
2. Minder versnippering van het Europees luchtruim te bewerkstelligen via virtualisatie en datastromen;
3. Innovaties te versnellen door het belonen van *early movers*.

Het vervolgens opgestelde Airspace Architecture Study *Transition Plan* [25] geeft een concrete beschrijving van de stappen die nodig zijn om de in de Airspace Architecture Study beschreven verandering te realiseren.

De Airspace Architecture Study wordt door Europese instanties gebruikt als voorstel voor het ATM-beleid. Het is dus niet bindend. Elementen van de studie zijn onder andere terug te vinden in het laatste Europese ATM Masterplan [3], de opzet

van het nieuwe SESAR 3 programma en Network Strategy Plan (NSP) [26].

Network Strategy plan

Het Network Strategy Plan (NSP) [26] is een strategisch instrument voor het beheer van het Europese Air Traffic Management (ATM) netwerk en vormt de leidraad voor de langetermijnontwikkeling van het netwerk. De Europese Commissie heeft de EUROCONTROL Network Manager aangewezen voor het vaststellen en actualiseren van het NSP [27]. Het NSP definieert de strategisch operationele doelstellingen die nodig zijn om het beoogde ATM prestatieniveau te behalen. Het beantwoordt aan de Single European Sky (SES) prestatiedoelen en de behoeften van de verschillende stakeholders.

Het document identificeert en vat de acties en projecten samen die noodzakelijk zijn om het NSP uit te voeren. Deze acties en projecten worden in detail beschreven in het Network Operations Plan (NOP). Als de doelstellingen uit het NOP niet worden bereikt of niet kunnen worden uitgevoerd dan kan de EUROCONTROL Network Manager corrigerende maatregelen voorstellen die door de operationele stakeholders moeten worden genomen.

Het Network Strategy plan:

- Biedt een algemeen inzicht in de manier waarop het ATM-netwerk als geheel de prestatiedoelen zal behalen. Het is essentieel voor het identificeren en definiëren van de rollen van elk van de operationele stakeholders bij het implementeren van de veranderingen, en bij het identificeren van de verwachte bijdrage van de Network Manager. Deze bijdrage zal worden opgenomen in het NSP in een netwerkbeheerprestatieplan, vergelijkbaar met het plan dat al is opgesteld door staten of Functional Airspace Blocks (FAB).
- Verduidelijkt wat het netwerk vereist van de technologische evolutie om zijn prestatiedoelstellingen te bereiken. Deze vereisten vormen input voor het ATM-masterplan en tot op zekere hoogte zal het NSP een platform zijn voor dialoog tussen de SESAR R&D en de netwerkactiviteiten.
- Identificeert de problemen die moeten worden voorgelegd aan de instanties die het plan moeten bekrachtigen. Sommige problemen kunnen niet op operationeel vlak worden opgelost. Door de belangrijkste netwerkproblemen te verduidelijken, zal een beter begrip tussen de lidstaten, de Europese Commissie en de operationele stakeholders mogelijk worden.

1.6.4 Uitgangspunten nationaal

De nationale uitgangspunten worden gevormd door het nationale luchtvaartbeleid. De belangrijkste recentelijke beleidsontwikkelingen die uitgangspunten vormen voor het VKA zijn de Luchtvaartnota en het 1ATM project. De resultaten

van het 1ATM project maken integraal onderdeel uit van het VKA. De Luchtvaartnota schetst belangrijke kaders voor het VKA waarvan niet afgeweken kan worden.

Luchtvaartnota

Op 20 november 2020 is de Luchtvaartnota gepubliceerd [14]. Deze betreft de periode 2020-2050 en geeft richting aan de ontwikkeling van civiele luchtvaart in Nederland. De Luchtvaartnota is primair gericht op de toekomstige ontwikkeling van de burgerluchtvaart tenzij wordt aangegeven dat het ook over de militaire luchtvaart gaat. De nota geeft antwoord op de vraag hoe luchtvaart zich kan ontwikkelen in balans met andere publieke belangen als veiligheid, duurzaamheid en leefbaarheid. De beleidskeuzes in de nota zijn kaders voor de luchtruimherziening. Deze beleidskeuzes voor de toekomst van de Nederlandse luchtvaart in de Luchtvaartnota vormen daarmee uitgangspunten voor de luchtruimherziening. Vooruitlopend op de te maken beleidskeuzes in de nota wordt, door het programma Luchtruimherziening in nauwe samenwerking met het programma Luchtvaartnota gewerkt met enkele uitgangspunten. Met name de volgende kaders zijn relevant voor het VKA en de plan-MER. Deze overlappen deels met de algemene uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 1.6.1.

- De Luchtvaartnota legt de doelen en toetsingscriteria voor het PLRH vast. Veiligheid is hierbij een randvoorwaarde:
 - Geluid
 - Emissies
 - Natuur
 - Efficiëntie
 - Capaciteit
 - Ruimtebeslag op de grond
- Onder voorwaarden (verduurzaming) is er ruimte voor een gematigde groei van de luchtvaart van 1 à 1,5% per jaar van de luchtvaart in heel Nederland.
- Bij de herziening van het luchtruim heeft het beperken van geluidsoverlast prioriteit in het luchtruim tot en met een vlieghoogte van 6.000 voet (circa 1.800 meter). Boven die hoogte gaat het vooral om de kortste routes en staat het beperken van CO₂-uitstoot voorop.
- Vaste naderingsroutes en daarmee het tegengaan van spreiding van geluid zijn een belangrijke bouwsteen, met een relatie naar ruimtelijk beleid op de grond.
- Er geldt een prioriteitsvolgorde voor luchtruimgebruikers:
 1. Maatschappelijke vluchten (spoedeisende hulpverlening, politie) en militaire vluchten (nationale veiligheid of bijstand aan civiele hulpdiensten);
 2. Commercieel handelsverkeer en militaire luchtvaart in vredestand;
 3. Kleine commerciële luchtvaart (vb. zakenjets, onbemand);
 4. Kleine recreatieve luchtvaart (vb. motorvliegen, zweefvliegen);
 5. Kleine niet-commerciële drones.

1ATM

In dit document wordt uitgegaan van één ATM-organisatie in het lagere luchtruim door het samengaan van de militaire luchtverkeersleiding van de CLSK met LVNL [28]. In het hogere luchtruim voorziet MUAC al sinds enkele jaren de militaire en civiele luchtverkeersleiding. Dit betekent onder andere dat civiel luchtverkeer en militair luchtverkeer (behalve luchtverkeer onder controle van de luchtgevechtsleiding CLSK, CZSK, NAVO of NAVO partners) in gecontroleerd luchtruim door dezelfde luchtverkeersleider(s) kan worden afgehandeld.

1.6.5 Raakvlakken nationaal

De nationale raakvlakken betreft lopende activiteiten en initiatieven waar bij het ontwerp van het VKA terdege rekening gehouden moet worden.

Gebruikersbehoefte PLRH

Het PLRH heeft een inventarisatie gedaan bij een brede groep gebruikers(groepen) over de wensen voor het toekomstig luchtruim. Hieruit is een overzicht van de gebruikersbehoeften ontstaan [29]. Het VKA probeert maximaal invulling van die gebruikersbehoefte mogelijk te maken.

Architectuurprincipes PLRH

Principes zijn algemene regels en richtlijnen die informeren en ondersteunen aan de wijze waarop het programma Luchtruimherziening aan het vervullen van zijn doelstellingen werkt [30]. Ze zijn zo opgesteld dat ze houdbaar zijn en zelden aanpassing nodig hebben. Ieder principe is slechts één element in een gestructureerde reeks, van waarden tot acties en resultaten, die het project gezamenlijk definiëren en richting geven.

De architectuurprincipes geven fundamenteel richting aan de ontwikkelingen die gedaan worden onder het programma Luchtruimherziening. Het werken onder architectuurprincipes is een gestructureerde manier van werken. De beschreven set van principes zijn opgesteld om het programma te ondersteunen en zijn tot stand gekomen in nauwe samenwerking met de projectpartners.

De beschrijvingen van de gebruikersbehoeften en de architectuurprincipes zijn beiden gepubliceerd op www.luchtvaartindetoekomst.nl/herziening-luchtruim.

Integrale Aanpak Lagere Luchtruim

Gecoördineerd vanuit het ministerie van IenW en in nauwe samenwerking met het ministerie van Defensie richt het programma Integrale Aanpak Lagere Luchtruim (IALL) zich op het aanpakken van de complexiteit en inefficiëntie van het lagere luchtruim. Het doel is om tot 2023 keuzes te maken over het oplossen van knelpunten die de veiligheid, bereikbaarheid en/of doorstroming in het lagere luchtruim benadelen. Deze keuzes hebben doorwerking op de publieke belangen in de

lucht en op de grond. De reikwijdte van het programma is het lage luchtruim van 0 – 6.000 voet (0 tot circa 1.800m). De keuzes moeten toekomstbestendig zijn en houden daarbij dus ook rekening met de invoering van U-space en bijvoorbeeld met keuzes rondom de ruimtelijke inrichting zoals windmolens, woontorens en industrie. De IALL staat verder in samenhang met de doelstellingen van het PLRH, de Luchtvaartnota en de nationale omgevingsvisie. In samenwerking met ATM-beleidsexperts en individuele gesprekken met partners is een lijst van knelpunten opgesteld. Per knelpunt is aan de hand van een aantal criteria bepaald hoe groot de prioriteit is om deze aan te pakken. Na de verkenning is een actieplan opgesteld dat op basis van deze prioritering de knelpunten aanpakt.

Specifiek voor het programma LRH worden tot 2023 de behoeften van de verschillende gebruikersgroepen in het lagere luchtruim en de omgeving niet (direct) opgelost. De IALL zal op basis van de knelpunten en hun onderlinge relaties in samenwerking met het PLRH wel keuzes maken die niet langer kunnen wachten. De IALL richt zich op afgebakende knelpunten in het lagere luchtruim waar op korte termijn besluitvorming over moet plaatsvinden. Dit vraagt afstemming met verschillende stakeholders op nationaal niveau om hier een keuze in te maken.

Airspace Management Cell (AMC)

Het AMC is verantwoordelijk voor de toewijzing van luchtruim aan de diverse luchtruimgebruikers voor luchtruimmanagement op ASM level 2 (Airspace Management level 2, pre-tactisch niveau). De taken worden uitgevoerd in lijn met de EC 2150/2005 [31]. Een deel van deze taken omvat de toewijzing van luchtruim mede op basis van de Booking Principles and Priority Rules (BPPR) en andere sturingselementen die vanuit ASM-level 1 (strategisch niveau) zijn opgelegd en die zijn afgesproken voor het desbetreffende luchtruim. Het oprichten van een AMC is de verantwoordelijkheid van de staat (deze taak is gedelegeerd aan de ministers van IenW en Defensie). Vandaag de dag vervult de Airspace Flow and Management Unit, gevestigd bij LVNL en bemand door CLSK, deze rol. Vanaf 2020/2021 worden de uitvoerende ASM taken van AMC Netherlands verdeeld over twee locaties: FUA Cell LVNL en FUA Cell MUAC.

In die gevallen waarbij er conflicten optreden over het gebruik tussen de diverse luchtruimgebruikers en/of dienstverleners zal het Hoofd AMC op basis van duidelijke prioriteitsregels een

beslissing nemen over toewijzing en gebruik. In uitzonderlijke situaties kan het Hoofd AMC ruggenspraak houden met beide ministeries.

Na een geaccordeerde luchtruimplanning zal de toewijzing van het luchtruim middels een Airspace Use Plan (AUP) aan de diverse luchtruimgebruikers bekend worden gemaakt. Daarnaast worden – naast de interne – ook omringende luchtverkeersleidingsorganisatie en de EUROCONTROL Network Manager geïnformeerd over de luchtruimplanning. De luchtruimplanning kan middels systeeminput door deze organisaties verwerkt worden zodat de diverse luchtverkeersleidingsorganisaties op basis van gevalideerde data een overzicht hebben waarmee hun systemen worden gevoed. Deze nominale luchtruimaanvragen worden beheerd door de FUA-cell MUAC die onderdeel uitmaakt van het AMC.

Naast deze nominale luchtruimaanvragen kunnen er ook aanvragen gedaan worden voor tijdelijk gebruik van het luchtruim. Dit omvat onder andere laagvliegonthefingen, Tijdelijke Gebieden met Beperkingen (TGB), valschermspringen, testvluchten en scan/survey-vluchten.

Nadat een gedegen analyse en stakeholdersconsultatie heeft plaatsgevonden kan een aanvraag worden toegekend of afgewezen. Een dergelijk besluit wordt formeel vastgesteld door de ministers van Defensie en Infrastructuur en Waterstaat. Dit resulteert in een beschikking die tijdig gepubliceerd wordt in de Staatscourant en waar beroep op mogelijk is. Tevens zal een dergelijke beschikking middel een NOTAM bekend gesteld worden aan luchtvaardenden. Het proces voor de tijdelijke gebieden wordt afgehandeld door de FUA cell LVNL.

APOC Schiphol

Het Airport Operations Centre (APOC) op Schiphol heeft als doel om de samenwerking tussen de verschillende partijen in het logistieke proces op de luchthaven te verstrekken. Het APOC is een concept dat ontwikkeld is door EUROCONTROL [32]. Deze samenwerking moet leiden tot een grotere voorspelbaarheid van de operatie die weer moet leiden tot minder vertragingen. Het APOC Schiphol is nog in ontwikkeling en zal de intensiteit van de werkzaamheden stap voor stap opvoeren. Hiervoor is een fysieke, gezamenlijke werkplek gecreëerd waar met alle beschikbare informatie een zo nauwkeurig mogelijke planning wordt gemaakt van verschillende luchthavengerelateerde processen.

2 Nieuwe hoofdstructuur

Tussen 2024 en 2027 wordt een nieuwe hoofdstructuur voor het Nederlandse luchtruim gerealiseerd. Deze hoofdstructuur zorgt voor een efficiëntere indeling van het luchtruim die verduurzaming van de luchtvaart mogelijk maakt en zo veel mogelijk tegemoetkomt aan civiele en militaire luchtruimbehoeften. Essentieel onderdeel hiervan is de situering van een militair oefengebied (onder andere voor de F-35) in het noorden van het Nederlands luchtruim, met voldoende capaciteit om de militaire missie effectiviteit te verbeteren. De hoofdstructuur geeft invulling aan verduurzaming door onder meer een herinrichting van het naderingsgebied van de luchthaven Schiphol, waarmee wordt beoogd de geluids-impact te verminderen. Ook wordt de zuidoostelijke ontsluiting voor het handelsverkeer van en naar Nederlandse luchthavens verbeterd. Hierdoor worden, vanwege het gebruik van meer directe en efficiënte routes, minder schadelijke stoffen uitgestoten. De hoofdstructuur verbetert op zichzelf de indeling van het Nederlandse luchtruim en is de basis waarop de realisatie van het operationeel concept plaatsvindt (zie hoofdstuk 3) door toepassing van diverse bouwstenen (zie hoofdstuk 4). Het gaat dan over bouwstenen op het gebied van flexibel luchtruimgebruik, planning van naderend en vertrekkend verkeer, precisienavigatie, continu klimmen en dalen en systeemondersteuning van luchtverkeersleiders.

2.1 Verkenning van de hoofdstructuur

In de hoofdstructuur ligt het zwaartepunt in het noorden op het vergroten van de mogelijkheden voor de militaire gebruikers, met name voor de F-35. In het zuiden ligt het zwaartepunt op verduurzaming en het vergroten van de mogelijkheden voor de civiele luchtruimgebruikers. Daarbij wordt wel rekening gehouden met het zoveel mogelijk inpassen van locatiegebonden militaire activiteiten in het zuiden en met het inpassen van een ontsluiting voor civiel verkeer in het noordoosten. In alle onderdelen van de hoofdstructuur speelt verduurzaming (het beperken van impact op de omgeving) een belangrijke rol.

Om te komen tot een hoofdstructuur die invulling geeft aan de doelen die in de Startbeslissing [9] zijn beschreven, is in de Verkenningfase gestart met een nadere detaillering van de behoeften van alle gebruikers van het Nederlandse luchtruim [33]. Op basis van deze behoeften is een uitgebreide verkenning uitgevoerd van de mogelijkheden om deze te accommoderen binnen het Nederlandse luchtruim. Hierbij is de prioritering uit de Luchtvaartnota gehanteerd. De verkenning is uitgevoerd door experts van LVNL, CLSK, MUAC, de Netwerkmanager (EUROCONTROL) en de ministeries van IenW en Defensie. Daarbij is gebleken dat er een aanzienlijke uitdaging ligt in de beperkte omvang van het Nederlandse luchtruim in relatie tot de totale luchtruimbehoefte.

Om de militaire missie effectiviteit (MME) voor de inzet van huidige en toekomstige wapensystemen (waaronder de F-35) te verbeteren, is er bij de militaire luchtruimgebruiker onder meer behoefte aan een (gesegregeerd) oefengebied van minimaal 80 NM bij 120 NM (circa 150 kilometer bij 220 kilometer). De resultaten van de Onderzoeks- en Verkenningfase laten zien dat dit gebied vanwege de omvang alleen in het noorden van het Nederlandse luchtruim kan komen. Dat geldt zowel vanuit het oogpunt van de omgeving (het gebied ligt grotendeels boven zee) als vanuit de Europese netwerkwaliteit (het betreft een minder druk bevlogen deel van het Europese luchtruim). Tegelijkertijd blijft er in het noorden ook een civiele gebruikersbehoefte die, mede vanwege de ligging van de Duitse militaire oefengebieden net over de grens, aandacht behoeft. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met de omgeving bij de situering van het nieuwe oefengebied. Om de totale luchtruimbehoefte binnen het Nederlandse luchtruim in te passen zijn oplossingen verkend waarbij verregaande vormen van Flexible Use of Airspace (FUA) worden ingezet om de schaarse luchtruimcapaciteit optimaal en flexibel te verdelen. Er is gekeken naar geavanceerde oplossingen waarbij de hoofdstructuur zich gedurende de dag aanpast aan de behoeftes van gebruikers. Hoewel deze benadering innovatief is, is dit met veel onzekerheden omgeven en afhankelijk van systeemondersteuning. Vergaande vormen van dynamisch beheer kunnen op termijn een oplossing bieden voor optimaal gebruik van schaars

luchtruim, maar bieden op de korte termijn voor een integraal ontwerp geen soelaas. De basisprincipes van FUA worden wel eerder toegepast. De voorlopige conclusie van deze verkenning is echter dat het Nederlandse luchtruim op zichzelf te weinig ruimte biedt om aan alle toekomstige civiele en militaire behoeften, waaronder die voor de F-35, te voldoen en dat intensieve internationale samenwerking noodzakelijk is.

De resultaten van de verkenning zijn ter beoordeling voorgelegd aan een groep internationale deskundigen. Zij erkennen de innovatieve uitkomst van de verkenning, maar stellen tegelijkertijd vast dat een benadering waarbij de hoofdstructuur zich gedurende de dag aanpast aan de behoeften van gebruikers complex, onzeker en tijdrovend is. Vanuit internationaal perspectief zijn er geen vergelijkbare, beproefde concepten bekend. Dit maakt dat het hoogst onwaarschijnlijk is dat deze benadering binnen afzienbare termijn (2024-2027) tot het beoogde resultaat leidt. De review bevestigt dat het Nederlandse luchtruim te klein is om alle behoeften van zowel civiele als militaire luchtruimgebruikers en duurzaamheidsdoelen te faciliteren. Om invulling te kunnen geven aan de behoeften zijn grensoverschrijdende oplossingen noodzakelijk en moet het proces stap voor stap aangepakt worden. Het is daarom een vereiste dat er een grensoverschrijdend luchtruimontwerp wordt ontwikkeld door een zorgvuldig proces in samenwerking met internationale partners. Vanwege de structuur van het Europese netwerk en de locatie van militaire gebieden heeft nauwe samenwerking met Duitsland de meeste potentie om de totale luchtruimbehoefte in te vullen.

In de Verkenningfase is in het kader van de hoofdstructuur een ambtelijke verkenning uitgevoerd met Duitsland naar een grensoverschrijdend oefengebied in het noorden van het Nederlandse en Duitse luchtruim. Met deze verkenning is de basis gelegd voor het zetten van de volgende gezamenlijke stap, namelijk een haalbaarheidsstudie naar een grensoverschrijdend oefengebied, in combinatie met civiele routes. De gezette stappen met Duitsland laten zien dat er voordelen voor beide landen kunnen worden behaald en dat dit de grootste kans geeft op het behalen van de doelen van het programma.

Als onderdeel van de Verkenningfase is bekeken op welke wijze in de nieuwe hoofdstructuur invulling gegeven kan worden aan de duurzaamheidsdoelstellingen van het programma. Er zijn mogelijkheden om van en naar de civiele luchthavens zoveel mogelijk te vliegen op vaste routes met continue klim- en dalprofielen zoals in het operationeel concept (hoofdstuk 3) staat beschreven. Hiervoor worden in de Planuitwerkingsfase de benodigde elementen uitgewerkt. De elementen van de hoofdstructuur zijn in de Verkenningfase geografisch alleen op hoofdlijnen bepaald. De exacte invulling van militaire oefengebieden, civiele routes en luchtruim volgt in de Planuitwerkingsfase in lijn met de gemaakte keuzes in het Voorkeursalternatief. Bij de invulling van de hoofdstructuur zal

rekening worden gehouden met wensen en aandachtspunten uit de omgeving.

2.2 Elementen van de hoofdstructuur

Realisatie van de hoofdstructuur zal naar verwachting stapsgewijs plaatsvinden in de periode 2024-2027; hiertoe wordt na afronding van de Verkenningfase de Planuitwerkingsfase gestart. De nieuwe hoofdstructuur van het Nederlandse luchtruim kent de volgende hoofdelementen.

Herinrichting Noord- en Oost-Nederland

In het noorden van het Nederlandse luchtruim zal een bestaand militair oefengebied (EHRTRA10A) worden uitgebreid voor gebruik door onder andere de F-35. Dit gebied wordt uit luchtruiblokken opgebouwd die kunnen worden geactiveerd voor militaire oefeningen en op andere momenten kunnen worden opengesteld voor civiel verkeer. De uitbreiding van het oefengebied betreft een nieuw gebied gelegen ten zuidoosten van de EHRTRA10A dat in combinatie met de overige noordelijke oefengebieden kan worden gebruikt. Dit gebied wordt gebruikt voor de dagelijkse oefenbehoefte van Defensie. Voor grotere internationale oefeningen wordt in intensieve samenwerking met Duitsland de mogelijkheid van een grensoverschrijdend oefengebied (Cross Border Area of CBA) onderzocht.

De civiele verkeersstromen in dit deel van het Nederlandse luchtruim zullen worden aangepast in lijn met de uitbreiding van het noordelijk oefengebied. Het oefengebied laat de bereikbaarheid van Groningen Airport Eelde ongemoeid. Ook ten aanzien van de civiele verkeersstromen wordt de afstemming met Duitsland gezocht, zodat de huidige punten waar verkeer de grens passeert geen uitgangspunt hoeven te zijn. Dit maakt betere oplossingen mogelijk en beperkt de effecten van het militaire gebied op het Europese netwerk.

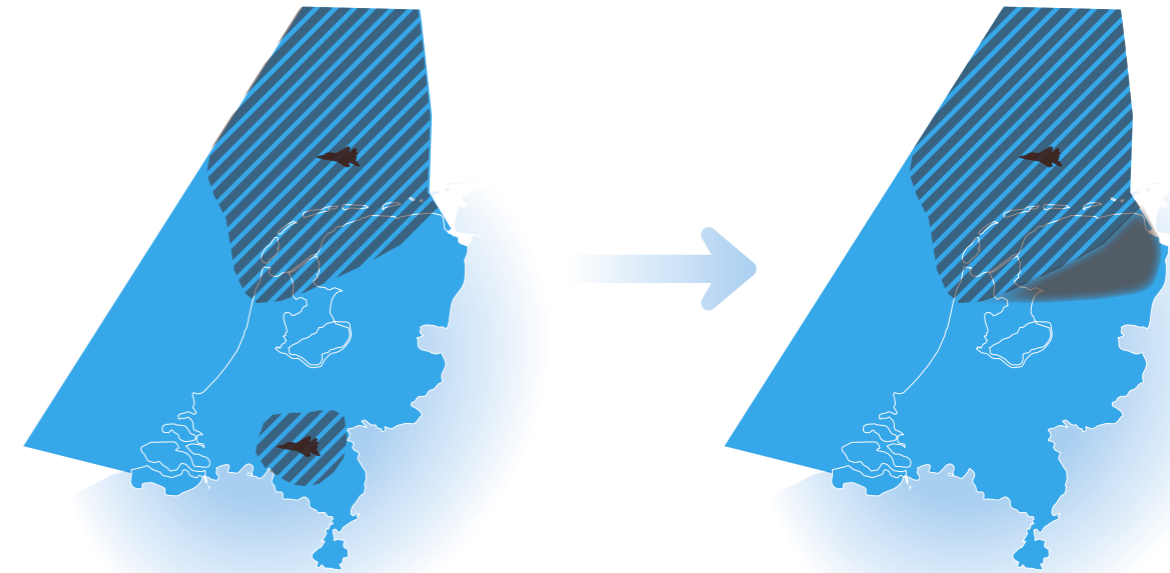
Herinrichting Zuidoost-Nederland

In het zuidoostelijk deel van het Nederlandse luchtruim wordt een herinrichting van civiele verkeersstromen gerealiseerd ten behoeve van de zuidoostelijke ontsluiting van Schiphol, Lelystad, Rotterdam en Eindhoven. De voorgenomen ontsluiting biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van efficiëntere vertrek- en naderingsroutes met (meer) continue klimmen en dalen. Een positief effect is dat hiermee ook de ontsluiting van Duitse luchthavens, met name Frankfurt, Düsseldorf en Keulen kan worden verbeterd. Gelijktijdig met de realisatie van voldoende militair oefengebied in het noordelijk deel van het Nederlandse luchtruim, kan in het zuiden ruimte worden geboden aan het civiele verkeer door de EHRTRA12A te verwijderen. De ruimte die ontstaat biedt mogelijkheden om civiele verkeersstromen zoveel mogelijk onafhankelijk van elkaar af te handelen. Dit vergroot de mogelijkheden voor het

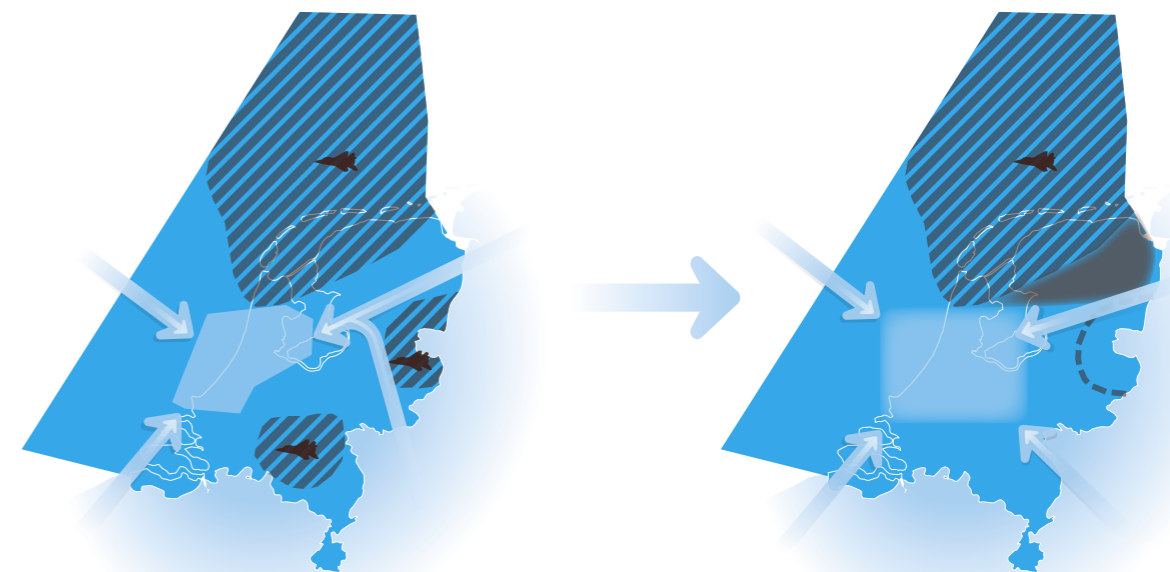
civiele luchtverkeer om op basis van continue klim- en dalprofielen te vliegen. Voor Lelystad Airport geldt dat met de herzieningstappen de doorgroei naar maximaal 45.000 vliegbewegingen luchtruimtechnisch mogelijk wordt gemaakt. De ontsluiting van Eindhoven Airport en de militaire luchthavens in het zuidoosten zal worden aangepast aan de nieuwe situatie waarbij een goede bereikbaarheid en efficiënte transits naar de oefengebieden gewaarborgd blijven.

Herinrichting naderingsgebied Schiphol

Het naderingsgebied (TMA) van Schiphol wordt heringericht om het toepassen van het door PLRH beoogde operationeel concept mogelijk te maken. Een belangrijk element hiervan is het zoveel mogelijk vliegen op vaste routes met continue klim- en dalprofielen. Hierbij is het uitgangspunt dat, conform de Luchtvaartnota, het beperken van geluidsoverlast en het vermijden van woonkernen prioriteit heeft in het luchtruim tot



Figuur 1: Schetsmatige weergave van wijzigingen in het noorden, oosten en zuidoosten van het Nederlandse luchtruim.



Figuur 2: Schetsmatige weergave van de herinrichting van het naderingsgebied Schiphol.

een vlieghoogte van 6.000 voet (circa 1.800 meter). Boven die hoogte gaat het vooral om de kortste routes en staat het beperken van CO₂-uitstoot voorop. Bovenstaande punten worden verder uitgewerkt in het operationeel concept (hoofdstuk 3). Een aanpassing van de ligging van de Initial Approach Fixes (IAF) en het toevoegen van een vierde IAF maakt de beoogde duurzamere operatie van de luchthaven mogelijk door kortere routes en continue klim- en dalprofielen binnen het naderingsgebied. Vanwege de geringe afstand van Rotterdam en Lelystad tot aan Schiphol zullen de naderingsgebieden van deze luchthavens tevens opnieuw worden ingericht. Hierbij worden de mogelijkheden om routes en naderingsgebieden te combineren in de Planuitwerkingsfase onderzocht.

Overige elementen hoofdstructuur

Naast bovengenoemde elementen zullen ook in andere delen van het luchtruim wijzigingen plaatsvinden. Dit geldt onder meer voor het (zuid)westelijk deel van het Nederlandse luchtruim, waar routes worden aangesloten op de heringerichte naderingsgebieden van Schiphol en Rotterdam. Daarnaast zal op een nader te bepalen locatie in Nederland een militair oefengebied (circa 30 NM bij 30 NM, 55 kilometer bij 55 kilometer) worden ingericht voor defensieoefeningen die nu in de Nieuw-Milligen TMA D plaatsvinden, zoals luchtondersteuning van de landmacht (Close Air Support).

De Luchtvaartnota geeft aan dat alle luchtsporten in Nederland mogelijk moeten blijven, maar dat dat niet (meer) overal kan. Centraal beleid en afstemming met regio's is nodig om alle luchtsporten te kunnen behouden en locaties te bepalen waar welke sport in de toekomst mogelijk blijft. De luchtruimherziening biedt daartoe inzichten en houdt zo veel mogelijk rekening met de activiteiten die door de algemene luchtvaart (General Aviation) worden ontplooid, zoals valschermpringen. Een flexibeler gebruik van het luchtruim biedt hiervoor mogelijkheden. Ook wordt er gekeken naar ruimte voor toekomstige activiteiten met bijvoorbeeld drones. Er vindt afstemming

plaats met de inrichting van het luchtruim van onze buurlanden, om grensoverschrijdende factoren zo min mogelijk beperkend te laten zijn voor optimalisaties in het Nederlandse luchtruim. In de Planuitwerkingsfase worden eerst de hoofdelementen uitgewerkt, waarna de overige elementen zullen worden ingepast.

2.3 Stappen vooruitlopend op de nieuwe hoofdstructuur

Vooruitlopend op de hoofdstructuur wordt in 2023 een eerste binnenlandse verruiming van militaire oefenmogelijkheden in het noordoosten en een eerste stap in verbeterde ontsluiting van de bestaande civiele stromen in het zuidoosten gerealiseerd. Door het noordelijke oefengebied op gezette tijden uit te breiden, ontstaat meer ruimte om te oefenen met de F-35. Bij de verruiming wordt rekening gehouden met de bestaande aansluiting van civiele routes op die van Duitsland. Tegelijkertijd wordt in het zuidoosten meer ruimte gecreëerd om de burgerluchtvaart efficiënter (duurzamer) af te handelen op momenten dat de uitbreiding van het noordelijke oefengebied actief is.

Een belangrijk element daarbij is dat flexibel gebruik van het luchtruim (Flexible Use of Airspace, FUA) een stevige impuls krijgt. Militair en civiel gebruik worden intensiever op elkaar afgestemd. Zaken zoals luchtruimafmetingen, vlieghoogten en de factor tijd (wie vliegt waar en wanneer) spelen daarbij de hoofdrol. Naast LVNL, CLSK en MUAC zullen ook de civiele en militaire luchtruimgebruikers actief bij de uitwerking en uitvoering worden betrokken. Om dit geïntensiveerde flexibele gebruik van het luchtruim te beheren, zal een zogeheten civiel-militaire Airspace Management Cell worden ingericht (zie ook paragraaf 1.6.5).

3 Operationeel concept

Dit hoofdstuk beschrijft het toekomstig operationeel concept op weg naar 2035 dat voortbouwt op de nieuwe hoofdstructuur. In paragraaf 3.1 worden de belangrijkste keuzes van het operationeel concept geschetst en gerelateerd aan de doelen van het programma. In paragraaf 3.2 wordt het nominaal operationeel concept aan de hand van de bouwstenen beschreven. Hoe het operationeel concept omgaat met General Aviation en nieuwe gebruikers wordt beschreven in paragrafen 3.3 en 3.4. Ten slotte gaat paragraaf 3.5 in op verstoringen en exceptionele omstandigheden.

Het operationeel concept is samengesteld uit de bouwstenen die aansluiten op de hoofdstructuur zoals beschreven in hoofdstuk 2. Het operationeel concept beschrijft hoe de verkeersafhandeling plaatsvindt voor de belangrijkste luchtvaartfuncties. Hierbij is het belangrijk te realiseren dat veel bouwstenen met elkaar samenhangen en soms ook afhankelijk zijn van elkaar. Voor het samenstellen van het operationeel concept is daarom een zorgvuldig proces gevolgd waarin, naast de doelstellingen, ook de interactie tussen de bouwstenen een rol heeft gespeeld.

3.1 Algemene beschrijving

Een operationeel concept dat positief scoort op alle indicatoren van het programma (zoals beschreven in paragraaf 1.4) moet voldoen aan een aantal eisen en voorwaarden. Het combineren van verduurzaming en efficiënter gebruik en beheer van het luchtruim aan de ene kant en het verruimen van civiele capaciteit aan de andere kant leidt tot een operationeel concept waarbij planbaarheid en voorspelbaarheid van civiel verkeer een belangrijke rol spelen. Daarnaast moet er voor de luchtvaartplanning een balans gevonden worden tussen de militaire behoefte aan flexibiliteit en de civiele behoefte aan planbaarheid en voorspelbaarheid. Dit vraagt tevens om een modernisering van de luchtvaartplanning.

Een belangrijk doel van het operationeel concept is het maximaal faciliteren van continu dalen en stijgen van luchtverkeer. Deze procedures voorkomen dat verkeer langere tijd op lage of gelijke hoogte moet vliegen. Dit heeft voordelen op het gebied van geluid, klimaat en vliegefficiëntie. Om zoveel mogelijk vluchten gebruik te laten maken van deze procedures speelt een verbeterde planning een belangrijke rol om verstoringen van het stijg- en dalpad zoveel mogelijk te voorkomen. Voor vertrekkend en naderend verkeer is verder een vast routestelsel met gescheiden, onafhankelijke routes een belangrijke voorwaarde om deze planning te kunnen realiseren en om afwijkingen te voorkomen. De afstand tussen twee opeenvolgende vliegtuigen zal op basis van tijd (in plaats van afstand) geoptimaliseerd worden. Die tijden worden bovendien afgestemd op het vliegtuigtype. Deze maatregelen komen de piekcapaciteit voor het civiel handelsverkeer ten goede omdat ze de tijden tussen opeenvolgende vliegtuigen gemiddeld korter maken. Een vast routestelsel met een nauwkeurige planning is een van de belangrijkste pijlers onder het nieuwe operationeel concept.

Om de planning zo min mogelijk te verstoren is het belangrijk om de samenwerking tussen verschillende stakeholders te intensiveren. Dit geldt voor luchthavens, luchtverkeersleidingsorganisaties, de EUROCONTROL Network Manager en luchtvaartmaatschappijen. De militaire en civiele luchtverkeersleidingsorganisaties zullen opgaan in één gezamenlijke organisatie [28]. De civiel-militaire samenwerking wordt op het gebied van luchtvaartplanning (FUA) verder vormgegeven binnen een gezamenlijke AMC. Nog veel meer dan nu, zal dit gedaan worden volgens twee principes die voor zowel civiel als militair gelden: alleen luchtruim claimen dat ook daadwerkelijk gebruikt wordt en dit zo lang mogelijk van tevoren doen. Hieruit volgt dat alle reserveringen van het luchtruim van tijdelijke aard moeten zijn, zodat de netwerkprestaties worden geoptimaliseerd. Deze principes zorgen voor de meest efficiënte benutting van het luchtruim. De luchtverkeersleidingsorganisaties gaan gebruik maken van nieuwe hulpmiddelen om luchtruimgebruik langer van tevoren te plannen. Daardoor kunnen zijzelf, maar ook andere gebruikers er beter

op anticiperen. Hiervoor worden nieuwe onderlinge afspraken gemaakt waarbij er een belangrijke rol is weggelegd voor de AMC's. Dit alles komt de efficiëntie en het gebruik van het luchtruim ten goede en schept ook meer gebruiksmogelijkheden voor General Aviation en nieuwe gebruikers zoals drones. Militair verkeer krijgt de mogelijkheid om efficiënter van de basis naar het oefengebied te vliegen. Daarbij sluit het deels aan bij de procedures voor civiel verkeer. Dit draagt bij aan de militaire missie effectiviteit.

Een andere belangrijke pijler wordt gevormd door bouwstenen die bijdragen aan de voorspelbaarheid van geluid op de grond. Het gaat hier om voorspelbaarheid van geluid in locatie en in de tijd van civiel handelsverkeer. Bouwstenen die zorgen voor veel vrijheid in het routeontwerp op lage hoogte bieden de mogelijkheid om te zorgen dat natuur en/of woonkernen vermeden kunnen worden wat leidt tot een lagere geluidsbelasting in die gebieden. Eén van deze bouwstenen is de betere navigatiecapaciteit van moderne vliegtuigen. Hiervoor hoeft het laatste deel van de nadering niet langer een volledig recht pad te zijn. Dat vergroot de mogelijkheden om specifieke, geluidsgevoelige gebieden te mijden nog verder. Door de combinatie met een vast routestelsel wordt geluid ook veel voorspelbaarder voor de (leef)omgeving, omdat de gevlogene routes dan veel nauwer samenhangen met de actieve start- en landingsbanen.

Op grotere hoogte, boven de 6.000 voet (circa 1.800 meter), wordt voorrang gegeven aan de kortste routes en staat het beperken van CO₂-uitstoot voorop, zoals de Luchtvaartnota [14] vraagt. Hiervoor is het belangrijk dat zoveel mogelijk directe routes gevlogen worden waarbij geldt dat de naderings- en vertrekkende routes vrij van elkaar moeten blijven liggen. Voor naderend verkeer houdt dit in dat een vroege en nauwkeurige planning het verkeer zoveel mogelijk in elkaar laat ritsen zonder verder ingrijpen in het vliegp pad. Hierbij is het belangrijk dat de planning gedeeld wordt met het luchtverkeer en andere luchtverkeersleidingsorganisaties en dat er ook op de planning geacteerd wordt. Voor vertrekkend verkeer betekent dit dat vanaf een bepaalde hoogte zo direct mogelijk in de richting van de bestemming gedraaid wordt.

Het operationeel concept sluit zoveel mogelijk aan bij bestaande (Europese) ATM-ontwikkelingen en maakt zoveel mogelijk gebruik van technische ontwikkelingen op de grond en aan boord van vliegtuigen (zie hoofdstuk 1).

Het operationeel concept vergt een grote omslag in de werkwijze van luchtverkeersorganisaties en luchtruimgebruikers. De rol van verkeersleiders zal op verschillende vlakken evolueren. Deze zullen daarbij gesteund worden door verschillende hulpmiddelen (tools) die veelal gekoppeld zijn aan de verschillende bouwstenen. De organisaties moeten hun procedures, systemen en opleidingen hierop aanpassen.

Geleidelijk en stapsgewijs wordt het luchtverkeersleidingsproces steeds verder geautomatiseerd. De luchtverkeersleider zal zich meer richten op het scheppen van de juiste voorwaarden en het controleren van de afwijkingen in de afhandeling. De luchtruimgebruikers zullen zich moeten instellen op het delen van meer informatie (met specifieke organisaties) en het investeren in nieuwe systemen en technologie. Deze veranderingen worden verder toegelicht in paragraaf 5.1.

3.2 Nominaal operationeel concept

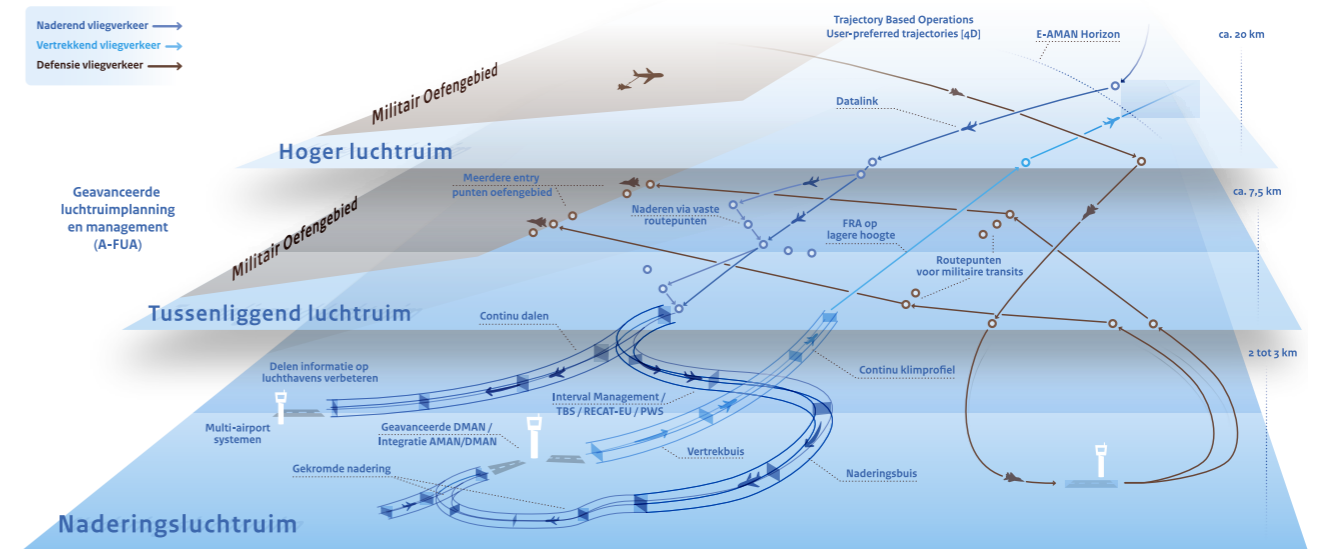
Deze paragraaf beschrijft het nominale operationeel concept van het VKA 2035. Het nominale concept wordt gebruikt onder normale omstandigheden die het grootste deel van de tijd voorkomen. Bij een verstoorde nominale operatie en bij exceptionele situaties kan op deelaspecten teruggegrepen worden op alternatieven. Deze worden beschreven in paragraaf 3.5. Het nominale operationeel concept voor 2035 is opgebouwd uit een groot aantal bouwstenen. Dit hoofdstuk beschrijft deze bouwstenen in samenhang met hun verwachte bijdrage aan het concept. De namen van de bouwstenen zijn telkens **vet gedrukt**. In dit hoofdstuk worden de bouwstenen op hoofdlijnen beschreven. Meer details over de bouwsteen, de randvoorwaarden, de openstaande vragen en de te verwachten prestaties zijn te vinden in hoofdstuk 4.

Figuur 3 geeft een schetsmatig overzicht van de belangrijkste bouwstenen en hun plaats in het luchtruim. Figuur 4 geeft een overzicht van alle beschreven bouwstenen en hun belangrijkste onderlinge relaties.

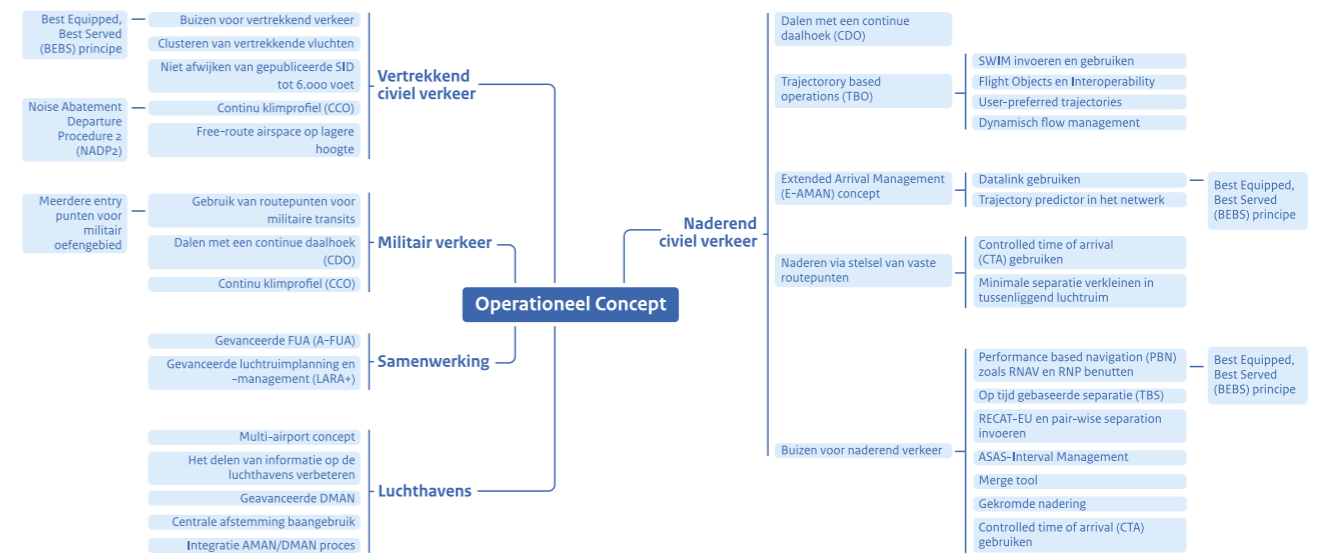
3.2.1 Naderend civiel handelsverkeer

Voor naderend handelsverkeer is het operationeel concept erop gericht om zoveel mogelijk vliegtuigen een continu dalend vliegp pad te laten volgen. Om dit te bereiken spelen planning en voorspelbaarheid van de operatie een belangrijke rol.

In 2035 maakt civiel handelsverkeer van en naar een Nederlandse luchthaven gebruik van een vooraf afgesproken vierdimensionale route (4D trajectory). De vierde dimensie in deze route is de tijd. Op verschillende plaatsen langs de route worden afspraken gemaakt over de tijdstippen dat vliegtuigen er overvliegen. Als onderdeel van het capaciteitsmanagement proces op Europees en nationaal niveau wordt luchtverkeer gespreid in tijd en plaats, worden mogelijke conflicten tot een minimum beperkt en wordt bereikt dat er nooit te veel luchtverkeer tegelijk in hetzelfde gebied is. Een aan de navigatie gekoppeld onderdeel van de boordcomputer zorgt dat het vliegtuig op de afgesproken tijd de verschillende routepunten overvliegt (**Controlled Time of Arrival (CTA) gebruiken**). Over de te volgen route onderhandelt de luchtvaartmaatschappij met een coördinerende, centrale Netwerk Managementfunctie.



Figuur 3: Schetsmatig overzicht van de belangrijkste bouwstenen in het operationeel concept. Zie ook de vergrootte weergave op pagina 118-119.



Figuur 4: Schematisch overzicht van de bouwstenen en hun onderlinge relaties (sommige bouwstenen komen meerdere keren voor). De weergegeven relaties tonen de belangrijkste verbanden tussen bouwstenen, in de praktijk zijn er veel meer relaties te leggen.

Die zal alle civiele aanvragen voor vierdimensionale routes bekijken, evalueren en eventueel tegenoverstellen doen. Bij dit onderhandelingsproces (**Trajectory Based Operations (TBO)**) zijn ook andere partijen zoals luchtverkeersleidingsorganisaties en luchthavens betrokken. Door gebruik te maken van **Dynamisch flow management**, zorgen de Netwerk Management-functie en luchtverkeersleidingsorganisaties ervoor dat het luchtverkeer zo efficiënt mogelijk verwerkt kan worden. Ze organiseren verkeersstromen zo dat vraag en aanbod optimaal op elkaar zijn afgestemd. De uitkomst van het

TBO-onderhandelingsproces garandeert dat luchtvaartmaatschappijen zoveel mogelijk het gewenste traject kunnen vliegen (**user-preferred trajectories**). Tijdens de vluchtuitvoering wordt in een TBO-concept de vluchtvoortgang telkens gemonitord en kunnen vluchten zo nodig op individuele basis worden bijgestuurd. Voor deze monitoring worden **Flight Objects** gebruikt. Dit zijn digitale representaties waarin alle relevante informatie van een vlucht wordt bijgehouden.

Het **TBO** concept zorgt er dus onder meer voor dat naderend luchtverkeer op een vooraf afgesproken moment wordt overgedragen aan de naderingsverkeersleiding. Verschillende omstandigheden kunnen hier echter afwijkingen in veroorzaken. Denk hierbij aan een andere windrichting of -snelheid dan voorspeld, buien, vertraging of ingrijpen van een luchtverkeersleider omwille van de veiligheid. Dergelijke afwijkingen kunnen verschillende vluchten in een later moment van de daling te dicht bij elkaar laten komen. Dat maakt ingrijpen door de luchtverkeersleider nodig en verstoort de continue daling. Om dit te voorkomen zorgt een **Extended Arrival Management (E-AMAN)** systeem ruim voordat de daling wordt ingezet voor een nauwkeurige planning van al het naderende luchtverkeer. Deze planning bepaalt de landingsvolgorde, maar ook de tijd die tussen twee opeenvolgende vliegtuigen moet zitten. Dit E-AMAN-systeem voorspelt op basis van de vluchtvoortgang potentiële conflicten tussen vluchten en genereert daar ook een oplossing voor. Dat is meestal een vliegpad dat tijdens de daling gevolgd moet worden. In principe wordt hiervoor de meest efficiënte route (een recht pad) gebruikt, maar bij afwijkingen in de TBO-planning kan het nodig zijn om pad-verlenging te gebruiken zodat een vlucht iets vertraagd wordt. Een (beperkte) versnelling is ook mogelijk door de start van de daling later te plannen. Ook hier kan de E-AMAN tool gebruik van maken.

Om deze pad-verlenging te faciliteren is er in het tussenliggende luchtruim een driedimensionaal grid van routepunten gedefinieerd (**naderen via een stelsel van vaste routepunten**). Door de vele verschillende routes die met dit grid gemaakt kunnen worden kan exact de juiste hoeveelheid tijd aan een daling toegevoegd worden. De ruimte tussen verschillende routes wordt waar mogelijk geoptimaliseerd door het **verkleinen van de minimale separatie**. Om de planning zo exact mogelijk te realiseren genereert het E-AMAN-systeem een vierdimensionale route door dit netwerk. Daarvoor gebruikt het een **trajectory predictor** om te voorspellen hoe deze route precies moet lopen. Hierbij wordt ook specifieke informatie over het vliegtuig gebruikt (zoals het gewicht) en informatie over de huidige weersomstandigheden. Deze route wordt getoond aan de luchtverkeersleider en, na acceptatie, direct gedeeld met de cockpit via een **datalink**. Het oorspronkelijke 4D trajectory wordt hiermee dus aangepast. Om het gebruik van datalink te stimuleren wordt gebruikgemaakt van het principe **Best Equipped, Best Served**. Daarbij hebben vliegtuigen die wél uitgerust zijn voor datalink een voordeel op vliegtuigen die dat niet hebben. In de cockpit kan deze route, na acceptatie door de piloot, direct in de vluchtcomputer geladen worden die de route dan zal uitvoeren (onder meer door de CTA-functionaliteit). De luchtverkeersleider blijft

eindverantwoordelijk voor de veilige afhandeling van het luchtverkeer en kan ingrijpen als dat nodig is. Op de grond draait hiervoor een monitoringsysteem dat continu kijkt of het vliegtuig zich aan de afgesproken vierdimensionale route houdt. Bij afwijkingen volgt een waarschuwing waarna de luchtverkeersleider maatregelen kan treffen. Dit proces zorgt dat de route van de daling ruim op tijd bij het vliegtuig bekend is. Daardoor kan het vliegtuig een veel betere daling vliegen dan nu. Een dergelijk **continu dalend vliegpad (CDO)** vermindert uitstoot en verkleint op lagere hoogte ook de geluidsvoetafdruk op de grond.

De route die het E-AMAN-concept genereert, eindigt bij een verzamelpunt van verkeer uit verschillende richtingen. Vanaf dat punt volgt het vliegtuig tot aan de baan een **buis**, een voorgeschreven, driedimensionale route. De navigatienauwkeurigheid van de vliegtuigen garandeert dat het vliegtuig zich met zekerheid in de buis bevindt⁵. Omdat de route van de buis nauwkeurig omschreven is, vliegt elk vliegtuig dat dezelfde buis volgt ook dezelfde route naar de baan. Nieuwe navigatietechnologie aan boord van vliegtuigen minimaliseert de afwijkingen in de buis (**Performance Based Navigation (PBN)** zoals **RNAV** en **RNP** benutten). Het E-AMAN-systeem zorgt voor voldoende tijd (separatie) tussen opeenvolgende vliegtuigen bij het begin van de buizen. Daardoor ritst het luchtverkeer op een natuurlijke manier in elkaar. Om ook in de buis voldoende separatie te houden wordt overgegaan van een concept dat vliegtuigen op *afstand* separeert naar een concept dat separeert op *tijd*. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van **Time Based Separation (TBS)**. De minimale tijd tussen twee opeenvolgende vliegtuigen wordt geoptimaliseerd door rekening te houden met tegenwind en door invoering van **RECAT EU** en later ook **Pair-wise Separation**. Om te zorgen dat vliegtuigen in de buizen op voldoende tijd (en afstand) van elkaar blijven zal er gebruik worden gemaakt van moderne technologieën zoals grondgebaseerde en vliegtuiggebaseerde **Interval Management (IM)**. Bij het vliegtuiggebaseerde type zorgen vliegtuigen zelfstandig voor voldoende onderlinge afstand. Het zal echter langer nodig zijn beide systemen naast elkaar te hanteren tot alle vliegtuigen geschikt zijn voor IM. Naar verwachting zal dit tot na 2035 duren.

Omdat er meer verzamelpunten zijn dan beschikbare landingsbanen kan het nodig zijn om luchtverkeer van twee buizen samen te voegen tot één verkeersstroom. Hiervoor kan een **merge-tool** gebruikt worden die de luchtverkeersleider ondersteunt om dit proces soepel te laten verlopen. Het samenvoegen gebeurt door een goede timing van het luchtverkeer, eventueel geholpen door kleine correcties van de luchtverkeersleider of het vliegtuig zelf. Op de langere termijn,

na 2035, zal voor het samenvoegen van deze luchtverkeersstromen de ASAS-IM technologie gebruikt worden (zie **Interval Management**). Er is een transitieperiode voorzien waarbij merge-tools en ASAS-IM naast elkaar bestaan.

Er komt niet langer een klassieke eindnadering waarbij er vanaf ongeveer 8NM (circa 15 kilometer) voor de landingsbaan recht naar de baan gevlogen wordt. Dit betekent dat de buizen nog tot relatief kort voor de baan bochten kunnen bevatten om woonkernen of natuurgebieden te mijden (**gekromde nadering**). Dit kan overigens niet in alle omstandigheden (denk aan parallel naderen). Pas de laatste 3-4 NM (circa 5,5 7,5 kilometer) van de nadering hoeft een recht segment te zijn. Het gebruik van de ILS voor de eindnadering zal na 2035 worden vervangen door (gekromde) precisienaderingen tot op de baan met behulp van andere systemen zoals GBAS. Daarmee zal dan ook bij verminderd zicht zonder ILS geopereerd kunnen worden

3.2.2 Luchthavens

Het bestaande airport CDM proces (A-CDM) op Schiphol wordt verder ontwikkeld door het delen van informatie verder uit te breiden (**delen van informatie op de luchthavens verbeteren**). Een Airport Operations Plan (AOP) zorgt voor een intensieve coördinatie en planning tussen de verschillende partijen die opereren op en rond de luchthaven en de Network Management functie. Voor de regionale luchthavens wordt een beperkte vorm van A CDM ingevoerd: delen van informatie met partijen op de luchthaven, maar ook met de Network Management functie.

De versterking van de samenwerking tussen nabijgelegen luchthavens zorgt voor een betere afstemming van luchtverkeer en luchtverkeersstromen. Er zijn in Nederland verschillende clusters die in potentie gebaat zijn bij meer samenwerking:

1. Civiel: Schiphol, Rotterdam/The Hague en Lelystad;
2. Militair: Eindhoven (ook civiel medegebruik), Volkel en De Peel;
3. Militair (West): Woensdrecht (ook civiel) en Gilze-Rijen;
4. Civiel/Militair (Noord): de Kooij (ook civiel medegebruik), Leeuwarden en Eelde (civiel);
5. Civiel/Militair: Beek, Geilenkirchen en Luik (hiervoor is samenwerking met buitenlandse luchthavens en luchtverkeersleidingsorganisaties nodig).

Samenwerking tussen clusters van luchthavens bestaat uit verschillende individuele maatregelen die samen een **Multi-airport concept** vormen. Enkele belangrijke maatregelen worden hieronder opgesomd.

Op Schiphol wordt het A-CDM-systeem gekoppeld aan een geavanceerde vertrekplanning (**Geavanceerde DMAN**). Dit systeem bepaalt de vertrekvolgorde van de vliegtuigen en maakt gebruik van informatie van het grondproces uit A-CDM, over bijvoorbeeld het tankproces, bagage aan boord en push-back. Daarnaast combineert het geavanceerde DMAN-systeem deze informatie met voorspellingen van taxi-tijden, baangebruik en weer. Het (onderhandelde) 4D trajectory van het vertrekkende luchtverkeer borgt afstemming met de Network Manager en (waar mogelijk) met de aankomstluchthaven. Daardoor vertrekken vliegtuigen pas als daar op de hele route capaciteit voor is. De vertrekplanning wordt verder geoptimaliseerd door de vertrektijden binnen de clusters van luchthavens in het multi-airport-concept af te stemmen. Zo is de capaciteit van het luchtruim optimaal te benutten en komen er minder conflicten tussen vliegtuigen die in dezelfde richting vliegen. Mede op basis van deze gegevens (en de gewenste vertrektijd van de vliegtuigen) berekent het DMAN-systeem uiteindelijk de starttijd en -volgorde op de vertrekbanen.

Ten slotte zorgt integratie van de AMAN- en DMAN-processen (**integratie AMAN/DMAN-proces**) voor een optimale afstemming tussen de vertrek- en naderingsprocessen. Dit heeft, vooral bij afhankelijk baangebruik⁶, voordelen bij het optimaliseren van de capaciteit. Daarnaast kan dit proces helpen bij het afstemmen van processen op de grond bij het voeden van het A-CDM-proces.

Door het baangebruik tussen verschillende (dicht bij elkaar liggende) luchthavens af te stemmen (**centrale afstemming baangebruik**) kan gezorgd worden voor minder interferentie tussen het luchtverkeer van deze luchthavens en voor verlaging van de complexiteit van het routeontwerp.

De toewijzing van airport slots voor civiel luchtverkeer op de luchthavens wordt binnen het cluster van luchthavens afgestemd. Daarbij worden ook de slotcoördinator en luchtverkeersleidingsorganisatie betrokken. Afstemming van de slot-toewijzing en de 'declared capacity'⁷ voorkomt overvraging van capaciteit. Daarnaast zorgt het operationeel concept voor meer voorspelbaarheid en meer vliegen volgens planning. Dit draagt verder bij aan een goede balans tussen vraag en aanbod op de grond en in de lucht. Ten slotte voorkomt een betere monitoring van slotgebruik dat afwijkingen het verkeersbeeld verstoren. Deze maatregelen worden uitgebreider beschreven in [34].

De informatie-uitwisseling tussen de verschillende partijen volgt zoveel mogelijk de geldende standaarden voor

⁵ Afhankelijk van de omstandigheden kunnen buizen aan de bovenkant wel 'open' zijn waardoor vliegtuigen meer vrijheid hebben om efficiënt te vliegen.

⁶ Afhankelijke banen hebben aankomst-, vertrek- en/of noodprocedures die niet volledig onafhankelijk van elkaar zijn te gebruiken.

⁷ De 'declared capacity' bepaalt de maximale hoeveelheid verkeer die een luchthaven accepteert in de planning. Hierbij worden allerlei elementen in de luchthavenketen in meegewogen. Ook externe factoren kunnen hierbij een rol spelen.

informatie-uitwisseling (**SWIM**) om de efficiëntie en uitbreidbaarheid te garanderen. De standaarden worden ook gebruikt om andere informatiestromen voor de luchthavens te ontsluiten zoals actueel weer en weersverwachtingen en de actuele status van andere luchthavens.

Voor bij de luchthavens van het cluster Schiphol, Rotterdam/The Hague en Lelystad is er potentieel veel interferentie tussen de aankomst- en vertrekroutes. Door bij een detailontwerp van de routestructuur niet vast te houden aan het naderingsgebied van één luchthaven, zijn voordelen te behalen in de efficiëntie en complexiteit van het ontwerp, wat weer voordelen geeft voor geluid en klimaat. Of de verantwoordelijkheidsgebieden van de luchtverkeersleiders ook zo moeten worden ingedeeld dat er een gemeenschappelijk naderingsgebied is, moet worden bepaald na het maken van het routeontwerp.

3.2.3 Vertrekend civiel handelsverkeer

Bij het handelsverkeer hebben luchtvaartmaatschappijen, luchtverkeersleidingsorganisaties, luchthavens en de EUROCONTROL Network Manager vóór vertrek onderhandeld over de te vliegen route, volgens het **TBO-concept**. Dat levert een 4D trajectory op dat de route van een vlucht van start tot landing beschrijft, inclusief de tijdsdimensie. Het **geavanceerde DMAN-systeem** gebruikt dat voor het planningsproces van vertrekkend luchtverkeer. Door de startvolgorde van dit luchtverkeer slim te kiezen (door het **clusteren van vertrekkend verkeer** aan de hand van wake-turbulence categorieën) is er misschien nog meer startcapaciteit te winnen. Mochten er wijzigingen nodig zijn (bijvoorbeeld een aangepaste vertrektijd), dan wordt er een zogenaamd gereviseerd 4D trajectory overeengekomen. Na opstijgen volgen alle vliegtuigen de voorgescreven vertrekprocedures tot minstens 6.000 voet (**niet afwijken van gepubliceerde SID tot 6.000 voet**). Uitzonderingen op deze regel worden alleen gemaakt op grond van veiligheid of weersinvloeden.

De route volgt een **buis** die bochten kan bevatten om woonkernen of natuurgebieden te mijden, net als bij het naderende luchtverkeer. Voor zover het ontwerp dat toelaat zijn de buizen aan de bovenkant open zodat sneller klimmende vliegtuigen niet worden beperkt. De minimale klimgradiënt voor vertrekkend luchtverkeer wordt niet gekozen op basis van de traagst klimmende vliegtuigen, maar zal groter zijn om de geluidsvoetafdruk te verkleinen. Voor de trager klimmende vliegtuigen is een alternatief nodig, bijvoorbeeld door het te laten wachten op de grond totdat er een gat in de stroom van het naderende luchtverkeer ontstaat. Zie voor een verdere uitwerking de beschrijving van het principe **Best Equipped, Best Served (BEBS)**. **Interval Management** kan vervolgens voldoende separatie garanderen tussen het luchtverkeer in dezelfde buis.

Bij het ontwerp van de buis zorgt de zogenaamde **Noise Abatement Departure Procedure 2 (NADP2)** voor minder geluidsbelasting op de grond verder weg van de luchthavens en ook voor minder brandstofgebruik en minder emissies. Boven de 6.000 voet wordt geoptimaliseerd voor brandstofgebruik en emissies door zoveel mogelijk in een directe lijn te vliegen naar de ATS-route (**Free Route Airspace op lagere hoogte**). Vanaf de start wordt gebruikgemaakt van een continu klimprofiel, minimaal tot 6.000 voet, maar als het ontwerp het toelaat tot kruishoogte (**CCO**).

3.2.4 Militair luchtverkeer

Militair luchtverkeer valt uiteen in les- trainings- en transportvluchten en ernstinzet (bijvoorbeeld security flights en 'quick reaction alert' (QRA) vluchten). QRA vluchten zijn in een zeer hoge staat van paraatheid en kunnen binnen enkele minuten ingezet worden als er zich dreigingen voordoen. Vluchten voor ernstinzet hebben de hoogste prioriteit en gaan altijd vóór alle andere vluchten, in het nationale belang. Hiervoor hebben ze het hele Nederlandse luchtruim tot hun beschikking. Door het karakter van deze vluchten is de luchtruimherziening er niet van op invloed.

De andere drie categorieën vluchten laten zich beter plannen en zijn voornamelijk in speciaal daarvoor toegewezen, al dan niet primair daarvoor ontworpen (oefen)gebieden. Sommige andere oefeningen zijn rondom luchthavens. Als de standplaats van militair vliegtuigen niet in of onder het oefengebied ligt, moeten ze een 'transit' vliegen⁸. Voor een maximale missie effectiviteit moet de transit zo kort en efficiënt mogelijk zijn. Transits maken nu gebruik van zogenaamde 'windows' in civiel beheerd luchtruim. Daarbij wordt het civiele luchtverkeer tijdelijk weggehouden uit een corridor zodat er militair luchtverkeer doorheen kan vliegen. In het nieuwe operationeel concept zal het militaire verkeer na een continue, directe klim langs een aantal vooraf bepaalde routepunten vliegen om het oefengebied te bereiken (**routepunten voor militaire transits**). De afhandeling van de transit van het militaire luchtverkeer zal meestal onder verantwoordelijkheid van de civiele luchtverkeersleidingsorganisatie vallen. Vanaf de standplaats tot het oefengebied worden meerdere routes gedefinieerd waardoor militair luchtverkeer op de juiste plaats in het oefengebied arriveert (**meerdere entry punten voor militair oefengebied**) en binnen het oefengebied minder hoeft te manoeuvreren om met de missie te beginnen. Dit komt de militaire missie effectiviteit ten goede.

Bij vertrek en nadering zal militair transportluchtverkeer in beginsel een zo laag mogelijk motorvermogen gebruiken. Waar mogelijk zullen de naderings- en vertrekprocedures voor militair transport worden ontworpen om klimaatvoordelen te behalen, bijvoorbeeld met militaire CDO's en CCO's.

3.2.5 Samenwerking

Om het operationeel concept efficiënt te laten opereren is er op veel vlakken meer samenwerking nodig tussen verschillende partijen dan nu. **SWIM** vormt vaak de basis voor de benodigde informatie-uitwisseling. Daarnaast moeten ook processen op elkaar worden afgestemd om te zorgen dat er samen geopeerd kan worden.

Informatie-uitwisseling

In 2035 zullen de verschillende stakeholders in de luchtvaart veel meer informatie uitwisselen en daarbij zoveel mogelijk beschikbare standaarden gebruiken. Dat kan een vliegwieltje zijn om de informatie-uitwisseling te intensiveren zodat er niet elke keer 1-op-1 samenwerking ontwikkeld hoeft te worden. Daarvoor worden niet alleen luchtverkeersleidingsorganisaties onderling via een grotendeels gestandaardiseerd systeem verbonden, maar ook de netwerkmanager, luchtvaartmaatschappijen, luchthavens, meteorologische diensten en andere serviceverleners. Dit systeem dient als basis voor de informatie-uitwisseling over geplande vluchten maar ook als platform waarmee verschillende partijen de vluchtvoortgang kunnen bewaken. Een eerste stap is het voldoen aan de PCP-verplichting [19] in de vorm van het (initiële) **SWIM**-systeem. Later wordt het SWIM-concept verder ontwikkeld binnen het SESAR-programma [35].

Deze verbondenheid tussen de verschillende stakeholders staat aan de basis van veel bouwstenen zoals **TBO** en 4D trajectories voor de vluchtplanning en -voorbereiding. Maar ook **E-AMAN** en **naderen via vaste routepunten** werken op basis van betrouwbare vluchtvoortgang. Ten slotte verbetert deze informatie de planning op de luchthavens voor A-CDM en **DMAN**. Bij de informatie-uitwisseling voor deze bouwstenen zijn immers ook de EUROCONTROL Network Manager, luchthavens en luchtvaartmaatschappijen betrokken.

Flexibel gebruik van luchtruim

Omdat Nederland een klein land is met veel verschillende luchtruimgebruikers, is luchtruim een schaars goed. Om daarmee zo goed mogelijk om te gaan moet het detail-ontwerp ervoor zorgen dat alleen luchtruim wordt gebruikt dat ook daadwerkelijk nodig is. Ook een vergaande vorm van flexibel luchtruimgebruik helpt om alle gebruiksvormen optimaal te bedienen.

Militaire luchtruimgebruikers hebben baat bij zo veel mogelijk flexibiliteit bij het reserveren van luchtruim. Dat draagt bij aan de militaire missie effectiviteit. Civiele luchtruimgebruikers hebben juist behoefte aan planmatig en stabiel reserveren van luchtruim om er optimaal van gebruik te kunnen maken. De bouwsteen **Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA)** houdt in de dat planmatige en flexibele elementen naar elkaar groeien om zo het onderlinge spanningsveld te verkleinen.

De AMC coördineert luchtruimmanagement en toewijzing aan gebruikers op pre-tactisch niveau met de overeengekomen regels (BPPR). Dat zorgt ervoor dat beide doelgroepen een optimaal gebruik kunnen verwachten. Hiervoor wordt een nieuwe planningstool ontwikkeld met als werknaam **LARA+**. Eventuele conflicten in de planning worden beslecht volgens de prioriteitsregels die de AMC beschikbaar heeft.

Flexibele planning van luchtruim

De militaire operatie wil veel flexibiliteit in het plannen van missies. In de praktijk is er behoefte om te voldoen aan missie specifieke voorwaarden en eisen zoals geschiktheid van het gebied (wat betreft ligging en omvang), tijdstip, weersomstandigheden en beschikbare middelen. Daarom is er soms op een relatief laat moment nog een wijziging nodig in bijvoorbeeld luchtruimplanning.

De civiele luchtvaart wil zo lang mogelijk van tevoren te weten welk luchtruim wanneer beschikbaar is. Met die informatie kunnen luchtvaartmaatschappijen hun operatie optimaal plannen (vliegtickets worden vaak verkocht op basis van connectie-tijden). Daarbij kan de luchtverkeersleiding dan tijdig inspelen op het beschikbare luchtruim.

In het operationeel concept voor 2035 streven militaire en civiele luchtruimgebruikers en luchtverkeersleidingsorganisaties ernaar om het gat tussen deze twee behoeftes zo klein mogelijk te maken. Zo kunnen ze zoveel mogelijk profiteren van de geboden extra mogelijkheden. Dat draagt bij aan effectief gebruik van de bouwsteen **A-FUA**. Militaire luchtruimgebruikers proberen luchtruim zo vroeg mogelijk te plannen. Civiele luchtruimgebruiker proberen op hun beurt beschikbaar luchtruim tot een zo laat mogelijk moment te benutten, tijdig in te spelen op veranderingen en die mee te nemen in het planningsproces van elke vlucht. De luchtverkeersleidingsorganisaties proberen door capaciteitsmanagement het ATM-systeem robuust in te stellen op de dynamiek in het civiel en militair luchtverkeersaanbod. Uitzonderingen zijn altijd mogelijk, maar beide partijen zullen die tot een minimum beperken. De bouwsteen **LARA+** speelt een belangrijke rol in dit proces. Voor civiel luchtverkeer is er verder een koppeling met **TBO** en **user-preferred trajectories**. **SWIM** kan ondersteunen bij het uitwisselen van informatie voor de planning.

Het operationeel concept bereikt de optimale balans tussen maximaal flexibel (voor de militaire luchtvaart) en de gewenste voorspelbaarheid (voor de civiele luchtvaart) door bovenstaande bouwstenen te realiseren.

Capaciteitsmanagement

Capaciteit is afhankelijk van factoren als de inrichting van het banenstelsel op de luchthaven, de inrichting van het ATM-systeem, de beschikbaarheid van luchtruim in relatie tot de verschillende behoeften van luchtruimgebruikers, de werklast

8 Helikopters vliegen ook een transit, maar meestal op zicht (VFR).

van luchtverkeersleiders en eventuele (weers)verstoringen. Zorgvuldig monitoren van wisselende omstandigheden en het sturen daarop zorgt ervoor dat het aanbod van luchtverkeer de capaciteit van de luchthaven of het luchtruim of de werklast van luchtverkeersleiders niet overschrijdt. Daarnaast moet het ervoor zorgen dat beschikbare capaciteit zo efficiënt mogelijk wordt benut. Dit managen van de capaciteit gebeurt bij het plannen van luchtverkeer en luchtruim op lange termijn, bij het optimaliseren van plannings tijdens de voorbereiding en bij het uitvoeren, waarin de plannings afgestemd worden op de actuele situatie.

Door de ontwikkeling van de in de roadmap beschreven bouwstenen ontwikkelt het ATM-systeem zich tot 2035. Veel bouwstenen beïnvloeden de capaciteit of helpen die te managen. Denk hierbij aan **A-FUA, integratie AMAN/DMAN, E-AMAN, het delen van informatie op de luchthavens verbeteren, geavanceerde DMAN, controlled time of arrival (CTA) en dynamisch flow management.**

De invoering van bouwstenen verandert de planbaarheid, voorspelbaarheid en flexibiliteit van het luchtruimbeheer. Zo komt er een vast routestelsel en een vroegere planning. Dat vereist aanpassing van de werkwijze voor het managen van de capaciteit. Ook de EUROCONTROL Network Manager heeft daar invloed op en ontwikkelt capaciteitsmanagement in het netwerk verder door. Die wijzigingen mogen niet ten koste gaan van efficiënt capaciteitsmanagement, onder meer om de gestelde nationale en Europese prestatiedoelen te behalen. Zie ook het gerelateerde aandachtspunt 'holistische aanpak capaciteitsmanagement' in hoofdstuk 6.

3.3 General Aviation onder zichtvliegeregels (VFR GA)

De meeste bouwstenenbeschrijvingen van het operationeel concept zeggen weinig over de manier waarop VFR GA erin zal opereren. Bij enkele bouwstenen kan pas tijdens de Planuitwerkingsfase bepaald worden hoe ze interacteren met de operatie van VFR GA. Tijdens de Planuitwerkingsfase wordt ook invulling gegeven aan de richtlijnen uit de Luchtvaartnota [14].

VFR GA profiteert in de toekomst van verbeteringen in navigatie en positiebepaling dankzij ondersteunende systemen. Door tablets in de cockpit, maar misschien ook door technologie die ontwikkeld wordt voor drones. Dat kan een positieve invloed hebben op de gebruiksruiimte voor VFR GA als bepaalde marges verkleind kunnen worden. Het is daarom van belang om tijdens de Planuitwerkingsfase rekening te houden met die verwachte ontwikkelingen, door te zorgen dat de gebruiksmogelijkheden

zo groot mogelijk zijn. Daarom staat bij het bepalen van luchtruimvolumes het route ontwerp voorop. Daarnaast moet ervoor gezorgd worden dat alleen dát volume gebruikt wordt dat ook echt nodig is.

Op luchthavens waar handelsverkeer gebruikmaakt van buizen moeten er voor VFR GA aparte routes met visuele referentiepunten gedefinieerd worden. Die moeten vrij liggen van de buizen, inclusief de vereiste veiligheidsmarges. Ook nu al wordt VFR GA in gecontroleerd luchtruim gescheiden van handelsverkeer. Of de bestaande routes voor VFR GA hergebruikt kunnen worden hangt af van het detailontwerp van het buizensysteem.

De bouwstenen **A-FUA** en **LARA+** dragen bij aan een optimaal gebruik van beschikbaar luchtruim en inzicht in de planning daarvan bij alle gebruikers. VFR GA zal meer dan nu betrokken worden bij dit proces, zodat ook deze gebruikers kunnen profiteren van de ontwikkelingen rondom efficiënter luchtruimgebruik.

3.4 Nieuwe gebruikers

Eén van de doelen van het programma Luchtruimherziening is om adaptief te zijn voor nieuwe gebruikers. Denk hierbij aan de mogelijke komst van (waterstof) elektrische of hybride vliegtuigen, drones en kleinschalig personenvervoer met onbemande toestellen of vliegende auto's (Urban Air Mobility, UAM). De ontwikkeling van deze nieuwe luchtruimgebruikers en hun impact op het luchtruimgebruik zijn lastig te voorspellen. Het operationeel concept is zo vormgegeven dat er geen keuzes worden gemaakt die ontwikkelingen tegenhouden. Daarnaast zal de roadmap van het operationeel concept waar nodig worden bijgesteld aan nieuwe ontwikkelingen als daar aanleiding toe is.

Elektrische/hybride vliegtuigen

(Waterstof) elektrisch vliegen belooft grote voordelen op het gebied van klimaat en geluid. De verwachting is echter dat tot 2035 er geen grote elektrische passagierstoestellen zullen zijn [36]. Wel komen er misschien kleinere vliegtuigen met minder passagiers die kortere vluchten uitvoeren. Die vervangen dan bestaande vliegtuigen, maar er zijn wel meer toestellen voor nodig. In het Europese onderzoek met een horizon van 2035 wordt nu vooral ingezet op twee typen ontwikkelingen:

1. Hybride regionale propellervliegtuigen. Dit zijn vliegtuigen met 50-70 zitplaatsen die deels met een (klassieke) gas-turbine werken en deels met elektrische aandrijving (gebaseerd op een accu of waterstof-brandstofcel). Deze toestellen zullen langzamer en lager vliegen dan bestaande toestellen. Ook hebben ze een grotere daalgradiënt.

2. Ultra efficiënte korte- en mediumrange vliegtuigen die misschien waterstof als brandstof gebruiken maar geen elektrische voorstuwing hebben. Ze hebben echter geen significant andere prestaties dan de huidige toestellen. Ze stellen dus ook geen andere eisen aan het luchtruim.

De impact op de herziening van het luchtruim is lastig in te schatten en afhankelijk van meerdere factoren, waaronder capaciteit (veel kleine vliegtuigen vragen meer capaciteit dan één grote). Ook vliegen deze toestellen misschien lager, waardoor er meer vraag naar luchtruim op lage hoogte ontstaat. De regels rondom de minimale separatie tussen opeenvolgende vliegtuigen zullen ook anders zijn voor dit type toestellen. Toepassing van **RECAT/Pair-wise Separation** kan nadelige effecten tegengaan. Verder kan de geluidsvoetafdruk veranderen; elektrische vliegtuigen zijn misschien stiller, maar er zijn er wel meer van nodig. Ook de karakteristieken en dus de beleving van het geluid zijn misschien anders. Ten slotte zijn de vliegeigenschappen van deze vliegtuigen anders waardoor ze een andere manier van afhandelen vereisen door de luchtverkeersleiding. Deze veranderingen kunnen impact hebben op het routeontwerp van de **buizen** in het naderingsluchtruim. Door de onzekerheid is het echter lastig om er vooraf rekening mee te houden. Het fundament van het operationeel concept geeft echter de mogelijkheid om het ontwerp met moderne technologie aan te passen als de ontwikkelingen in elektrisch vliegen daarom vragen. Denk hierbij aan het aanpassen van de vereiste klimprestaties in de buizen of het toevoegen van speciale buizen voor elektrische of hybride vliegtuigen. Ook kan **A-FUA** ondersteuning bieden bij het flexibel toebeden van luchtruim aan vliegtuigen met verschillende prestaties.

Drones

Drones zijn al lange tijd in opmars. Ondanks vele voorspellingen is het nog niet duidelijk welke ontwikkelingen en impact op het dagelijks leven dit zal hebben. Wel is er de laatste jaren een sterke ontwikkeling en groei in het onbemande segment van de luchtvaart zichtbaar. Onbemande toestellen worden ingezet op zeer lage hoogte (beneden de 500 voet, circa 150 meter) tot zeer grote hoogtes (boven de 16 kilometer). Onbemande toestellen vormen een nieuwe soort luchtverkeer, zeker wanneer ze op zeer grote hoogtes aangedreven worden door zon of wind. Ze maken gebruik van verschillende communicatietechnologieën, vluchtpatronen en -snelheden. Dit alles zorgt voor een heterogene en complexe situatie die verdere ontwikkelingen in automatisering, connectiviteit en interoperabiliteit noodzakelijk maakt.

Om dronegebruik en -ontwikkelingen te ondersteunen wordt in de EU het concept 'U-space' [37] ontwikkeld. Dat is vooral bedoeld voor drones die laag vliegen voor bijvoorbeeld vrijetijdsbesteding of inspecties, operaties in afgelegen gebieden en boven steden en beschermde plaatsen zoals industrie en luchthavens. Deze vluchten moeten onder VFR

GA-vluchten plaatsvinden. De minimale vlieghoogte voor VFR is, afhankelijk van de plaats 500 of 1.000 voet, circa 150 of 300 meter. De impact van deze dronevluchten op luchtruim daarboven is dus klein (met enkele uitzondering zoals in de buurt van vliegvelden). Wel moeten voorzieningen worden getroffen voor VFR- en IFR-verkeer dat een nood- of voorzorgslanding moet maken en daarbij U-space-luchtruim kruist. Er is ook een mogelijke impact op helikopters van Defensie, politie, kustwacht en traumavluchten, die soms laag opereren bij landingen in het buitengebied. Bijna alle geschetste ontwikkelingen in het operationeel concept vinden boven deze hoogte plaats en worden dus niet geraakt door U-space. In de detailuitwerking van U-space moet de resterende interactie geadresseerd worden. De impact van U-space op het VKA is nihil. Wel is het belangrijk de ontwikkelingen in de gaten te houden omdat dit in de toekomst kan veranderen (zie ook hoofdstuk 6).

Drones die iets boven de grenzen van U-space gaan opereren kunnen interactie hebben met VFR GA. Het is nog onduidelijk hoe deze interactie gereguleerd gaat worden. Er is echter aangenomen dat die geen invloed heeft op de eigenschappen van het VKA. Dit heeft deels te maken met het detailniveau van het VKA, deels ook met de verwachting dat drones die hoger vliegen zullen integreren met bemand luchtverkeer [38], door dezelfde uitrusting en procedures te gebruiken. Er wordt daarom geen grote impact op de afhandeling van bemand luchtverkeer verwacht. Een alternatief voor volledige integratie is het tijdelijk reserveren van bepaalde stukken luchtruim voor specifieke droneoperaties. Dit kan onderdeel zijn van het **A-FUA** concept.

Sommige drone-operaties stellen uitzonderlijke eisen, bijvoorbeeld als drones op grote hoogte internetservices verlenen waarvoor ze in spiraalvlucht stijgen tot boven regulier handelsverkeer. Daarvoor kan een tijdelijke luchtkolom gebruikt worden waar ander luchtverkeer uit wegblijft. Details zijn pas in te vullen als de behoefte aan dergelijke vluchten duidelijk is. Er worden in het VKA geen keuzes gemaakt die dergelijke oplossingen blokkeren.

Civiele droneontwikkelingen richten zich voornamelijk op de implementatie van U-space en vliegen in verstedelijkt gebied. Droneontwikkelingen van Defensie daarentegen richten zich (naast bestaande toepassingen) op het uitvoeren van vluchten met systemen die langere tijd informatie vergaren met geavanceerde sensoren. Militaire drones opereren afhankelijk van het type op 1 tot meer dan 15 kilometer hoogte, dus ook in gecontroleerd luchtruim. Daarbij is interactie met IFR-luchtverkeer niet uitgesloten. Meestal zijn deze vluchten in militaire oefengebieden. Maar soms worden er ook vluchten uitgevoerd voor civiele ondersteuning, op verzoek van de veiligheidsregio's of het ministerie van Justitie en Veiligheid. Deze vluchten kunnen een impact hebben op de reguliere

luchtverkeersstromen, door daarmee te integreren of in de vorm van een zogenaamd tijdelijk gebied met beperkingen. Daar zal ook het toekomstige luchtruimgebruik rekening mee moeten houden door de bouwsteen **A-FUA** te gebruiken.

Kleinschalig personen- of goederenvervoer (UAM)

Urban Air Mobility (UAM) is vraaggestuurd, hoog-geautomatiseerd passagiers- of vrachttransport door de lucht in en rond een stedelijk gebied [39]. Op dit moment worden door veel partijen toestellen ontwikkeld die daarvoor geschikt zijn. Het gaat hierbij meestal om elektrische toestellen die geen landingsbaan nodig hebben (omdat ze verticaal kunnen opstijgen en landen). Vaak wordt aangenomen dat de operatie van deze toestellen gepaard zal gaan met de introductie van Unmanned Traffic Management (UTM), een manier van luchtverkeersmanagement voor onbemande systemen [38]. De Europese visie op UTM wordt ingevuld door U-space [37] dat dan wel beschikbaar moet zijn op de vlieghoogte van de UAM-toestellen. Mocht U-space niet (op tijd) beschikbaar zijn, dan zal UAM mogelijk opereren onder bestaande VFR- of IFR-regels. Door de grote onzekerheid over de ontwikkelingen van UAM tot 2035 is het moeilijk hier in het operationeel concept voorzieningen voor te treffen. Omdat de meeste toestellen op relatief lage hoogte zullen vliegen of zullen integreren met VFR GA is de impact naar verwachting klein, behalve als UAM-systemen ook passagiers van en naar luchthavens gaan brengen. Bij het ontwerpen van routes tijdens de Planuitwerkingsfase wordt er daarom waar nodig gekeken naar speciale corridors of gereserveerde stukken luchtruim waar UAM-verkeer zonder interactie met het overige luchtverkeer van en naar luchthavens kan vliegen.

3.5 Verstoringen en exceptionele omstandigheden

De verstoringen en exceptionele situaties in deze paragraaf vallen onder afwijkingen van het operationeel concept zoals beschreven in paragraaf 3.2. De gevolgde filosofie is 'graceful degradation' waarbij men probeert zo snel en goed mogelijk terug te keren naar de nominale afhandeling van het luchtverkeer. Graceful degradation is een ontwerpfilosofie waarbij een systeem bij verstoringen wel blijft functioneren, maar met minder goede prestaties. Dit is een belangrijk aspect van de robuustheid van het operationeel concept dat onder elke omstandigheid zorgt voor zo goed mogelijke prestaties.

Uiteindelijk zal graceful degradation bestaan uit een aantal lagen, waarbij er steeds teruggevallen kan worden op een alternatieve afhandeling met minder goede prestatie. Hoe groter de verstoring, hoe verder er teruggevallen kan worden. Afhankelijk van de verstoring moet het operationeel concept

zoals beschreven in paragraaf 3.2, op bepaalde plekken aangepast worden. Pas tijdens de Planuitwerkingsfase kan per omstandigheid in detail gekeken worden welke maatregelen passend zijn. In deze paragraaf worden eerst de mogelijke maatregelen geschetst die gebruikt kunnen worden om invulling te geven aan graceful degradation. Daarna wordt ingegaan op de mogelijke verstoringen die aanleiding geven tot het inzetten van deze maatregelen.

Er zijn veel situaties denkbaar waarvoor kleine of grote aanpassingen van het nominaal concept nodig zijn om de operatie zo goed mogelijk te laten verlopen. Naast de ongestoorde nominale operatie zijn er de verstoorde nominale situatie en exceptionele omstandigheden:

- **Verstoorde nominale operatie:** dit zijn situaties die zich soms of regelmatig voordoen binnen de nominale afhandeling. Het gaat hierbij om zaken zoals go-arounds of de afhandeling van toestellen die voor bepaalde situaties niet uitgerust zijn. Daarnaast gaat het om zaken die af en toe voorkomen, zoals minder gebruikelijke baancombinaties, beperkt baangebruik of onweer. De werkwijze wordt dan voor korte tijd of voor enkele vliegbewegingen aangepast om de situatie het hoofd te bieden. Dat kan de prestaties van de operatie korte tijd verslechteren. Voor elk type verstoring kan een relevante procedure ontworpen worden.
- **Exceptionele omstandigheden:** dit zijn situaties die weinig voorkomen en waarvoor ook niet altijd gedetailleerde voorgeschreven procedures zijn te maken. Denk hierbij aan grote systeemstoringen, vulkaanas in de lucht of grote stakingen bij luchtverkeersleiders van een nabijgelegen dienstverlener. Exceptionele omstandigheden kunnen langere tijd leiden tot een verlaagde prestatie van de operatie.

Effect van verstoorde of exceptionele omstandigheden

Verstoringen en exceptionele omstandigheden kunnen verschillende gevolgen hebben voor het operationeel concept. Ze beïnvloeden bijvoorbeeld de veiligheid, capaciteit of omgeving.

Veiligheid

Bij de voorbereiding van de introductie van nieuwe ATM-concepten worden de gevolgen van verstoorde en exceptionele omstandigheden op het veiligheidsniveau van de operatie beoordeeld. Bij ontwikkeling, ontwerp en implementatie van bouwstenen worden oorzaken geïdentificeerd en gevolgen benoemd en beperkt.

Capaciteit

Sommige nominale verstoringen en alle exceptionele situaties veroorzaken afname van de afhandelingscapaciteit. Er wordt altijd naar gestreefd zo goed en zo snel mogelijk weer naar de nominale capaciteit terug te keren. Wel zal het nieuwe

nominaal concept ervoor zorgen dat luchtverkeersleiders hier in de toekomst mogelijk minder bedreven in zijn, zeker bij alternatieve manieren van afhandelen. Zo wordt in de huidige operatie het verkeer flexibel via richting- en snelheidsinstructies (executive control) van en naar de baan begeleid. In het toekomstige afhandelingsconcept zal luchtverkeer meer via vaste routes vliegen waardoor er minder executive control wordt toegepast. Daardoor neemt de bedrevenheid af om dat met hoge capaciteit te doen. Het kan daarom bij verstoringen of exceptionele omstandigheden nodig zijn om tijdelijk een lagere capaciteit te accepteren. Of dit acceptabel is, is een afweging tussen effect, duur, frequentie en gevolgen.

Omgeving

Verstoringen en exceptionele situaties hebben ook vaak een effect op de omgeving. Gebruik van andere routes, andere procedures en andere banen heeft altijd een verandering van de geluidsbelasting tot gevolg. Omdat de nominale procedures erop zijn gericht om de geluidshinder te minimaliseren, heeft zo'n situatie tot gevolg dat de impact van geluid zich in veel gevallen (tijdelijk) verplaatst. Ook emissies zullen zich verplaatsen, zij het waarschijnlijk in mindere mate.

3.5.1 Mitigerende maatregelen

Bij verstoorde of exceptionele situaties moet bekeken worden welke maatregelen het beste passen om de gevolgen zo veel mogelijk te beperken. Bij een verstoorde nominale operatie kunnen deze maatregelen beschreven worden in standaardprocedures. Bij exceptionele situaties zal per situatie bekeken moeten worden welke maatregelen gepast zijn. Hieronder volgt een opsomming van maatregelen bij verstoringen of exceptionele situaties. Elk van de maatregelen heeft (tijdelijk) effect op de prestaties van de operatie zoals hierboven beschreven. Enkele maatregelen zijn ook geschetst in Figuur 5.

Executive control (vectoren)

In het operationeel concept wordt luchtverkeer meestal afgehandeld via routes langs vaste routepunten en in het naderingsgebied door buizen. Executive control is daarmee slechts zeer beperkt mogelijk. Wanneer echter voor een enkele vlucht of voor meerdere vluchten afgeweken moet worden van de vaste routes bieden speed control, 'level offs' en headings (executive control) door de luchtverkeersleider de benodigde flexibiliteit.

Flow restricties (regulatie)

Vooral wanneer een niet-nominale situatie vroeg bekend is (bijvoorbeeld bij gepland onderhoud of extreme weerscondities) vormen flowrestricties een belangrijk stuurmiddel om het nominale operationeel concept met minder beschikbare capaciteit (in het luchtruim, op routes of op de grond) in stand te houden.

Re-routing langs routepunten

Het geplande 4D trajectory in het tussenliggende luchtruim kan tijdens de uitvoering van vlucht verstoord raken. Als de oorspronkelijke route door het tussenliggend luchtruim niet meer adequaat is, wordt die zo mogelijk omgeleid langs aangepaste routes. Of en tot wanneer dit nog mogelijk is, hangt af van de praktische implementatie van het planningsproces en de ground-aircommunicatie in het concept.

Holden

Bij een verstoring door afname in de afhandelingscapaciteit in het naderingsgebied (bijvoorbeeld door buien) of landingsbanen (bijvoorbeeld vanwege harde wind) worden aan het begin van de buizen of eerder op de route holdingstacks gebruikt. Daarna kan de route weer gevolgd worden.

Alternatieve procedures voor afwijkende vluchten

Voor een enkele afwijkende vlucht zullen alternatieve procedures beschikbaar zijn, die bijvoorbeeld een vlucht uit de stroom halen en naar de ILS-intercept, alternatieve baan of exitpunt geleiden.

Gecontroleerd invoegen voor afwijkende vluchten

Als een vlucht uit de stroom wordt gehaald, bijvoorbeeld vanwege grote afwijkingen van de vereiste (klim)snellheid, positie of hoogte creëert het Arrival Management systeem (AMAN) ruimte in de sequence om de vlucht te kunnen invoegen. Overigens wordt een dergelijke functie ook gebruikt om go-arounds af te handelen.

Alternatieve landingsbaan voor afwijkende vluchten

Vooral wanneer de vereiste prestaties in de buis niet worden gehaald kan een vlucht naar een alternatieve landingsbaan worden geleid. Hoewel dit onder andere op de grond andere negatieve gevolgen heeft, voorkomt het wel grote verstoringen voor veel vluchten in de stroom.

Alternatieve intercept van ILS

Wanneer de vliegtuigprestaties in de gekromde nadering onvoldoende zijn (bijvoorbeeld door weerscondities) kan de vlucht van de geplande route worden geleid naar de ILS die als back-up dient.

Alternatieve procedures voor MON

Bij gebruik van het Minimum Operating Network (MON) moeten alternatieve procedures gebruikt worden. Bij gecontroleerd uitwijken naar alternatieve luchthavens om de verkeersdruk in het luchtruim te verlagen, kunnen de VOR-bakens gebruikt worden. Daarnaast zijn er ook DME-gebaseerde RNAV-procedures om de afhandeling met een aanzienlijk lagere capaciteit voort te zetten.

Alternatieve procedures in plaats van TBO

Wanneer de TBO-planning niet gebruikt kan worden of bij grote verstoringen van die planning wordt teruggevallen op een conventionele FCFS-planning: First Come, First Served. Ook verloopt de afhandeling dan via alternatieve procedures, zoals executive control.

3.5.2 Verstoorde nominale operatie

De verstoorde nominale operatie is beperkt tot situaties waarbij een of enkele vluchten afwijken van de nominale afhandeling en situaties. Dat komt regelmatig voor, waardoor procedures om daarmee om te gaan onderdeel moeten zijn van het concept. Voor elk type verstoring zijn aparte procedures nodig. Veel daarvan zijn niet anders dan vandaag de dag. Zo zorgt een juiste indeling van het luchtruim in sectoren ervoor dat de beschikbare capaciteit en werklast in balans blijven. Ook zijn sommige oude systemen nog steeds in gebruik, zoals waarschijnlijk het ILS dat precisienaderingen ook bij slecht zicht mogelijk maakt.

Hieronder staan enkele mogelijke verstoringen met de maatregelen die kunnen helpen om de gevolgen ervan te beperken.

Weerscondities

Onweersbuien en andere redenen om van de route af te wijken
Weersomstandigheden zoals onweersbuien kunnen bepaalde routes tijdelijk ongewenst of onmogelijk maken. Dan zijn er alternatieve routes (met andere routepunten) nodig. Bij grotere verstoringen is het gebruik van routepunten niet meer mogelijk en kunnen alternatieve procedures, holden, executive control of vermijden van een deel van het luchtruim (een sector) uitkomst bieden. Onweersbuien in het naderingsgebied kunnen buizen onbruikbaar maken. Dan zijn alternatief baangebruik of alternatieve procedures met wellicht executive control nodig om dergelijke verstoringen op te vangen.

Beperkt zicht omstandigheden (BZO)

De nominale afhandeling van het concept ondersteunt naderingen tot en met Cat I. Als zichtbeperkingen Cat II of III precisienaderingen vereisen, zullen gekromde naderingen beperkt zijn tot beschikbare 'PBN to xLS' procedures. Dan is wellicht het gebruik van het ILS voor de eindnadering nog noodzakelijk (zie bouwsteen gekromde naderingen, paragraaf 4.1.18). Voor ILS-procedures leidt dat tot afname van de afhandelingscapaciteit, net als nu.

Afwijkingen van de planning of prestatie

Afwijkingen van de planning kunnen ontstaan door operationele of weersomstandigheden op de route. Of doordat een vliegtuig een go-around moet maken of moet uitwijken naar een andere luchthaven, bijvoorbeeld vanwege een medisch of technisch voorval aan boord. Ook kan een vliegtuig afwijken van verwachte klim- of dalprestaties, bijvoorbeeld door

atmosferische omstandigheden. Dit zijn situaties die (kleine) verstoringen teweegbrengen waarvoor in het nominaal concept procedures nodig zijn, zoals (afhankelijk van de situatie) executive control, holding of een afwijkende procedure.

Afwijkingen van de geplande tijden

Vluchten in het nominale concept kunnen (kleine) afwijkingen van de geplande tijden vertonen die separatieonderschrijdingen (conflicten) kunnen veroorzaken. Kleine afwijkingen zijn onderdeel van het nominale concept en het planningssysteem zal hier rekening mee houden (bijvoorbeeld door kleine buffers in te bouwen). Een aantal bouwstenen verkleint de kans op dergelijke afwijkingen (denk aan **Interval Management** en **Controlled Time of Arrival**). Treden er toch een onacceptabele afwijking op, dan moeten er (alternatieve) procedures zijn om die snel en efficiënt te corrigeren. Hierbij valt te denken aan holding, herplannen of executive control.

Afwijking van de vereiste klimprestaties

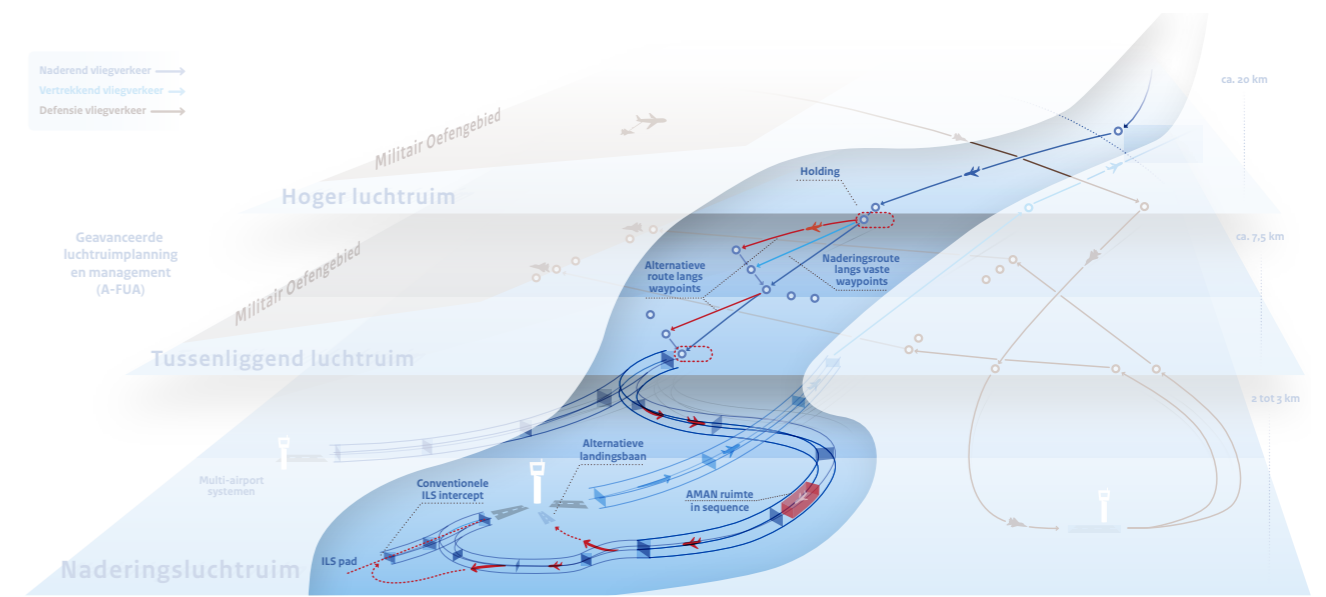
Soms kan een vlucht de vereiste klimgradiënt niet halen. Als dit voor de start bekend is, kan een alternatieve procedure gebruikt worden (eventueel op basis van de bouwsteen **Best Equipped, Best Served**) om voldoende separatie in de planning te creëren (ondersteund door **DMAN** en **integratie van AMAN/DMAN**). Daarna volgt monitoring door het ATC-systeem en eventueel executive control door de luchtverkeersleider. Mocht de afwijkende klimprestatie pas tijdens de vlucht blijken, dan is executive control de enige optie.

Afwijking van de vereiste snelheid/positie

Als de snelheid of positie van een naderend of vertrekkend vliegtuig zoveel afwijkt van de verwachte of vereiste prestaties dat ingrijpen vereist is, moet een oplossing gevonden worden. Die kan variëren van het aanpassen van de TBO-planning met meer marges (grotere separatie) tot het individueel afhandelen van een vlucht met alternatieve procedures op maat. Overigens kan dat ook van toepassing zijn voor individuele vluchten waarvan al op voorhand bekend is dat ze de vereiste prestaties niet halen. Die kunnen op basis van het principe **Best Equipped, Best Served** afgehandeld worden.

3.5.3 Exceptionele situaties

Exceptionele situaties kunnen het gevolg zijn van externe oorzaken (zoals een vliegtuigongeval of vulkaanuitbarsting) of van systeemuitval. In het laatste geval valt de benodigde ondersteuning voor het nominale operationeel concept voor korte of lange tijd weg. De meeste exceptionele situaties zijn hetzelfde als vandaag de dag. Ook de maatregelen om de gevolgen op te vangen zullen vaak dezelfde zijn. Vermindering van de prestaties van de operatie (zoals een lagere capaciteit) is meestal onvermijdelijk.



Figuur 5: Voorbeelden van verkeersafhandeling in verstoorde nominale situaties. De alternatieve procedures zijn steeds in rood aangegeven.

Hieronder worden een aantal voorbeelden van systeemuitval nader beschreven.

Uitval satelliet navigatie (GNSS)

Het Minimum Operating Network (MON) is een netwerk van VOR- en DME-bakens dat de fall-back is wanneer satellietnavigatie niet voldoende functioneert. Bij een dergelijk ingrijpend verlies van navigatiecapaciteit kan de geplande TBO-afhandeling niet worden uitgevoerd. Het luchtverkeer zal dan met alternatieve procedures worden afgehandeld.

Uitval digitale ground-ground communicatie

Wanneer de uitwisseling van flight information stopt, en bijvoorbeeld Flight Objects niet meer gedeeld worden, kan het lokale planningssysteem (AMAN en DMAN) alleen gebruikmaken van de informatie die via surveillance of communicatie met de vlucht (ground-air) beschikbaar komt. De nauwkeurigheid van de tijden waarop over navigatiepunten gevlogen moet worden zal daardoor afnemen. Dat leidt tot de inzet van alternatieve procedures en een terugval van de capaciteit, vooral in het naderingsluchtruim.

Uitval digitale ground-air communicatie

Wanneer de communicatie met de vlucht verstoord is of stopt, en ATC en een vlucht de flight trajectories en instructies niet meer via een datalink kunnen delen, moet worden teruggevallen op voice communicatie (R/T). Dat beperkt de mogelijkheid om in het tussenliggend luchtruim gebruik te maken van complexe vaste routes langs routepunten. De aanlevering aan de entrypunten van het naderingsluchtruim gebeurt dan met R/T, met naar alle waarschijnlijkheid een lagere nauwkeurigheid en dus grotere separatieafstanden. Ook dit leidt tot de inzet van alternatieve procedures en een terugval van de capaciteit, vooral in het naderingsluchtruim.

Uitval van (delen van) het luchtverkeersleidingssysteem

Het luchtverkeersleidingssysteem bestaat onder meer uit het radarsysteem, de vluchtdataverwerkingseenheid, het planningssysteem en de interface voor de luchtverkeersleiders. Storingen in deze systemen zorgen ervoor dat moet worden teruggevallen op een meer elementaire manier van luchtverkeersleiding. Daarbij is het nominale operationeel concept logischerwijze niet te handhaven. In veel gevallen zal dan tot afbouw van het luchtverkeer worden besloten.

4 Geselecteerde bouwstenen

In dit hoofdstuk worden de bouwstenen van het operationeel concept gedetailleerder beschreven in de volgorde waarop ze in hoofdstuk 3 zijn geïntroduceerd. De bouwstenen volgen daarmee ook de indeling van dat hoofdstuk: naderend civiel luchtverkeer, luchthavens, vertrekkend civiel luchtverkeer, militair luchtverkeer en samenwerking. Elke bouwsteen start met een algemene beschrijving gevolgd door een beschrijving van de rol die de bouwsteen heeft in het operationeel concept en de randvoorwaarden waaronder de bouwsteen zijn werk kan doen. Soms zijn er nog onderzoeksvragen die beantwoord moeten worden voordat een bouwsteen verder uitgewerkt kan worden. Dat wordt dan aangegeven. Ten slotte worden de te verwachten prestaties van de bouwsteen in de context van het operationeel concept beschreven. Het plan-MER [11] geeft meer detail over de resultaten van de effectbeoordeling van de bouwstenen.

4.1 Bouwstenen voor naderend civiel verkeer

4.1.1 Trajectory Based Operations (TBO)

Algemene beschrijving

Trajectory Based Operations (TBO) is een concept [40], primair gericht op het vergroten van voorspelbaarheid van vliegbewegingen. Door middel van verbeterde en gestandaardiseerde informatie-uitwisseling tussen alle relevante Air Traffic Management (ATM) partijen (zie ook SWIM [41]), door verbetering van gezamenlijke besluitvormingsprocessen (Collaborative Decision Making – CDM), en door geavanceerde vliegtuig-uitrusting en grondsystemen wordt er gestreefd naar een hogere afhandelingscapaciteit tegen lagere kosten.

Het TBO-concept gaat er daarbij vanuit dat er altijd capaciteit moet zijn om met overgebleven onzekerheden en onverwachte gebeurtenissen om te gaan; het systeem moet robuust zijn.

Binnen het TBO concept wordt de data-uitwisseling via de bouwsteen **System Wide Information Management (SWIM)** verzorgd. De coördinatie van individuele vliegbewegingen in tijd, hoogte en positie wordt '4D trajectories' genoemd en wordt in deze bouwsteen verder uitgewerkt.

Met een 4D trajectory wordt een 4-dimensionaal traject van een vliegtuig van de gate van de vertrekluchthaven naar de gate op de bestemmingsluchthaven bedoeld. Alle partijen die te maken hebben met de uitvoering van een vlucht hebben daar informatie over nodig, het hele traject van de vlucht kan daarvoor worden beschreven. Om een 4-dimensionaal traject te beschrijven worden van punten op het traject, de driedimensionale posities en de tijden beschreven (x, y, z en tijd). Een trajectpunt wordt uitgedrukt als een latitude/longitude, de tijd en de barometrische hoogte of verticale afstand. De trajectory beschrijving moet, bijvoorbeeld wat betreft het aantal en de plaats van trajectpunten, op een kwaliteitsniveau zijn dat nodig is voor het bereiken van vooraf overeengekomen prestatieniveaus.

Een 4D trajectory vervangt de beschrijving van een traditionele route voor een vliegtuig die bestaat uit segmenten tussen bakens en/of geografische punten. Tussen deze punten worden rechte lijnen gevlogen. Sommige routepunten hebben beperkingen (verplichte condities), bijvoorbeeld in de hoogte waarop ze overvlogen moeten worden of een minimale of maximale snelheid.

Een luchtvaartmaatschappij bepaalt de gewenste 4D trajectory voor een vlucht, beschrijft deze op een gestandaardiseerde manier in een nieuw type vliegplan (eFPL) en dient deze in. Na mogelijke aanpassingen vanwege beperkingen of andere redenen, zoals capaciteitsmanagement, wordt het vliegplan geaccordeerd (zie bouwsteen **user-preferred trajectories**). Alle betrokkenen bij deze vlucht beschikken dan over de traject informatie. Tijdens de uitvoering van de vlucht wordt door alle betrokkenen zo goed mogelijk het afgesproken traject uitgevoerd. Alle trajectwijzigingen worden daarbij tijdens de vlucht met alle betrokkenen gecoördineerd.

Rol van de bouwsteen

4D trajectories zijn een cruciaal onderdeel binnen het TBO-concept. Het maakt het mogelijk voor luchtruimgebruikers om vooraf de gewenste vliegtrajecten in detail af te stemmen met alle partijen, en daarna ook zo te vliegen. Uitvoeren van gewenste 4D trajecten is het doel in het beleid van ICAO en van Europa zoals beschreven in het European ATM master plan [3]. In de periode tot 2035 zal in Europa en wereldwijd het delen van informatie over trajecten worden ingevoerd met behulp van System Wide Information Managent (SWIM) op basis van het TBO-concept. In Europa en Nederland worden momenteel verkeersleidingsystemen aangepast of vervangen zodat deze systemen kunnen gaan werken met informatie over een vlucht op basis van 4D trajecten. In 2035 zal dit in Europa zijn ingevoerd, waarbij wordt verwacht dat de initiële functionaliteit nog niet perfect is en gedurende vele jaren functioneel en kwalitatief zal worden doorontwikkeld. Daarbij zal het waarschijnlijk tot na 2035 duren voordat alle relevante commerciële partijen volledig geïntegreerd zijn binnen het TBO-concept. Uitdagingen daarbij zijn het vaststellen van wereldwijde standaarden voor data uitwisseling, het verkopen van commerciële software met die van de traditionele luchtverkeersleidingsorganisaties zoals verkeersleiding centra, en het aanpassen van alle vliegtuig- en logistieke systemen van alle vliegmaatschappijen.

MUAC en LVNL werken in het kader van SESAR Deployment samen aan diverse pakketten om de infrastructuur van het TBO-concept te realiseren, denk hierbij aan ontwikkelingen zoals SWIM, ADS-C, i4D, ATM Portal, en XMAN.

Randvoorwaarden

Luchtruimgebruikers moeten bij het plannen van een vlucht de gewenste 4D trajecten in een gestandaardiseerde vorm gaan beschrijven en dit delen met de bij de vluchtuitvoering betrokken partijen via een nieuw type vliegplan (aangeduid met eFPL). Door ICAO wordt deze informatie-uitwisseling binnenkort gestandaardiseerd en is onderdeel van "Flight & Flow Information for a Collaborative Environment" (FF-ICE) [42]. Daarbij zijn er een aantal deelprocessen om van het eerste idee van een vluchtplan toe te werken naar een door alle partijen goedgekeurd en vastgesteld vluchtplan. Denk daarbij aan het afstemmen van vertrek en aankomst tussen de diverse luchthavens en luchtverkeersleidingen, rekening houdend met weer, luchtruimgebruik (ASM) en afhandelingscapaciteiten (ATFCM) van de diverse ATM-systemen. Airspace Management (ASM) is erop gericht om het **A-FUA** concept toe te passen met als doel het flexibel en dynamisch toewijzen van het luchtruim aan een groep gebruikers waarbij het gebruik van het luchtruim wordt afgestemd met alle gebruikers om een zo efficiënt en voorspelbaar mogelijk ingericht luchtruim vast te stellen. Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM) is het proces gericht op het afstemmen van vraag en aanbod van vliegbewegingen.

Het delen van informatie tussen betrokkenen over het luchtruim (AIS, Aeronautical Information Services en ASM informatie), het weer en trajecten is een voorwaarde voor het vliegen van 4D trajecten. Om deze uitwisseling mogelijk te maken moet vorm en betekenis van informatie worden gestandaardiseerd en zijn datacommunicatienetwerken nodig. De invoering hiervan is gaande met System Wide Information Managent (**SWIM**) als platform waarop diverse services zullen worden aangeboden.

Verkeersleidingsystemen moeten kunnen werken met informatie over een vlucht op basis van 4D trajecten en onderdelen van de trajecten moeten kunnen worden aangepast door de verkeersleider.

Voor wat betreft de civiele vliegtuigen moeten deze uitgerust zijn om 4D trajectories te kunnen vliegen en te delen. Volgens de PCP [19] is de verwachting dat in 2027 45% van de civiele vluchten in staat is om met behulp van datalink trajectories met de grond te delen (op basis van ADS-C). Daarbij geldt dat voor de militaire uitrusting van vliegtuigen een andere systematiek geldt (verwerving, gebruik en technische aspecten) aangezien zowel de taakstelling als de doorlooptijden van aanpassingen aan militaire vliegtuigen anders verloopt.

Het TBO concept is nog in ontwikkeling en de prestaties die het concept in de praktijk zal leveren zijn nog niet volledig bekend. Alhoewel de E-AMAN bouwsteen afwijkingen van de planning zal kunnen compenseren, moet geborgd worden dat de balans tussen de prestaties van deze bouwstenen in evenwicht is. Hier moet bij de verdere uitwerking van de roadmap rekening mee gehouden worden.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het plannen en uitvoeren van 4D trajecten zal de voorspelbaarheid verbeteren, het mogelijk maken om huidige buffers (om onzekerheden aan te kunnen) te verkleinen en de capaciteit en gebruik van de infrastructuur te optimaliseren. Door het optimaliseren van 4D trajecten zal het brandstofgebruik efficiënter worden, en kan er logistiek beter afgestemd worden op luchthavens. Dit levert onder andere een verbeterde punctualiteit en efficiëntere rotaties van vliegtuigen en vliegend personeel op. Partijen die hier goed op inspringen zullen een verbeterde concurrentiepositie op de markt hebben, wat hopelijk zal leiden tot een versnelde acceptatie en implementatie van de benodigde infrastructuur.

TBO zorgt onder andere voor een planmatige aanlevering van naderend verkeer richting Nederland en staat daarmee aan het begin van de naderingsketen die erop gericht is om CDO operaties zoveel als mogelijk te accommoderen. De rol die TBO daarin speelt is om onzekerheden rondom de aanlevering van naderend verkeer te verkleinen zodat de correcties in de planning die door de bouwsteen **Naderen via een stelsel van vaste routepunten en E-AMAN** moeten worden geïnitieerd zo klein mogelijk zijn.

4.1.2 Flight Objects en Interoperability

Algemene beschrijving

Een Flight Object (FO) is een concept voor het delen van consistente vlucht informatie tussen alle betrokkenen. Het doel is dat alle systemen en gebruikers daarvan een gelijkloend beeld hebben van een vlucht en dat de informatie breed beschikbaar en makkelijk toegankelijk is, uiteraard alleen voor gebruikers die daartoe gerechtigd zijn. Het fundamentele idee is dat een logische informatie-eenheid, het Flight Object, alle relevante informatie (zoals het 4D traject) bevat van een bepaalde vlucht en dat deze informatie voor en tijdens de vluchtuitvoering constant bijgewerkt en aangevuld wordt. Tijdens de vluchtuitvoering is alleen het verkeersleidingcentrum dat een vlucht onder beheer heeft gemachtigd om het flight object te wijzigen waarna een nieuwe distributie plaatsvindt. Er moet worden gegarandeerd dat alle systemen de meest up-to-date en consistente beeld hebben van de vluchtinformatie. Daarvoor is het nodig dat de interoperabiliteit (IOP) van de informatiesystemen is geborgd en wordt gerealiseerd. Logisch wordt een enkel Flight Object bijgehouden voor elke vlucht echter fysiek is een logische FO gedistribueerd over een netwerk van computers (FO-servers) gekoppeld aan de verkeersleiding systemen. Er is dus geen centraal systeem, elke FO-server heeft een fysieke kopie van de FO's die relevant zijn voor de verkeersleiding op een locatie.

Rol van de bouwsteen

Met **Trajectory Based Operations (TBO)** wordt het voor luchtruimgebruikers mogelijk om de gewenste vliegtrajecten te vliegen (**user-preferred trajectories**). Uitvoeren van gewenste 4D trajecten is het doel in het beleid van ICAO en van Europa zoals beschreven in het European ATM master plan [3]. Voor een goed werkend TBO-concept is informatie-uitwisseling tussen verschillende partijen een noodzakelijk element. Dit geldt zowel voor de onderhandelingsfase als voor de uitvoering van de vlucht. Om de benodigde informatie uit te wisselen tussen verschillende partijen wordt het flight object gebruikt.

In de periode tot 2035 zal in Europa en wereldwijd het delen van trajectinformatie worden gerealiseerd door gebruik te maken van System Wide Information Managent (SWIM) en Trajectory Based Operations (TBO). In Europa en Nederland worden momenteel verkeersleidingsystemen aangepast of vervangen zodat deze systemen kunnen werken met informatie over een vlucht op basis van 4D trajecten. In 2035 zal dit in Europa zijn ingevoerd, waarbij wordt verwacht dat de initiële functionaliteit nog niet perfect is en gedurende vele jaren functioneel en kwalitatief zal worden doorontwikkeld.

Randvoorwaarden

Luchtruimgebruikers moeten bij het plannen van een vlucht de gewenste 4D trajecten in een gestandaardiseerde vorm gaan beschrijven en dit delen met de bij de vluchtuitvoering betrokken partijen via een nieuw type vliegplan (aangeduid met

eFPL). Door ICAO wordt deze informatie-uitwisseling binnenkort gestandaardiseerd en is onderdeel van "Flight & Flow Information for a Collaborative Environment" (FF-ICE) [42].

Het delen van informatie tussen betrokkenen over het luchtruim (aeronautical information), het weer en routes is een voorwaarde voor het vliegen van 4D trajecten. Om deze uitwisseling mogelijk te maken moet de vorm en betekenis van informatie worden gestandaardiseerd en zijn datacommunicatie netwerken nodig. De invoering hiervan is gaande met System Wide Information Managent (SWIM) [41] [43].

Verkeersleidingsystemen moeten kunnen werken met informatie over een vlucht op basis van 4D trajecten en onderdelen van de trajecten moeten kunnen worden aangepast door de verkeersleider.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het plannen en uitvoeren van 4D trajecten, tussen betrokkenen gedeeld via Flight Objects, zal de voorspelbaarheid verbeteren, het mogelijk maken dat huidige buffers, om onzekerheden aan te kunnen, kleiner worden en de capaciteit en gebruik van de infrastructuur worden geoptimaliseerd. Door het optimaliseren van 4D trajecten zal het brandstofgebruik verminderd kunnen worden.

4.1.3 User-preferred trajectories

Algemene beschrijving

Luchtvaartmaatschappijen kunnen op dit moment niet altijd hun gewenste route vliegen omdat, bijvoorbeeld door drukte, er beperkingen worden opgelegd in de keuzes voor deze route. Deze bouwsteen vraagt om meer rekening te houden met de door de gebruiker (luchtvaartmaatschappij) gewenste route. User-preferred trajectories gaan vooral over het deel van de route op kruishoogte, hierbij wordt ook het verticale profiel betrokken.

Rol van de bouwsteen

De implementatie van user-preferred routing en het beschikbare Free Route Airspace (FRA) zal richting 2035 doorontwikkeld worden naar user-preferred trajectories. Luchtruimgebruikers hebben verschillende business prioriteiten en in het huidige ATM-systeem is slechts beperkte flexibiliteit aanwezig om de specifieke prioriteiten van vliegtuigen en/of vluchten te verwerken in trajectories. Om dit wel mogelijk te maken zijn enablers nodig zoals de implementatie van 4D trajectories en **TBO**. Zodra die beschikbaar zijn zullen luchtruimgebruikers een shared business trajectory (SBT) plannen in het Airline Operations Centre (AOC). Militaire partners plannen hun Shared Mission Trajectory (SMT) in het Wing Operations Centre (WOC). Hierin zijn de voorkeuren van de luchtruimgebruiker verwerkt. Het SBT/SMT vormt de basis voor de onderhandeling met het netwerk. Het is de bedoeling dat het AOC/WOC volledig integreert in het ATM netwerk proces en via dit proces onder

andere ook met het AMC proces [44] [45]. Het trajectory (op basis van SMT/SBT) wordt dan gemanaged op een iteratieve manier op basis van CDM. Er wordt onderhandeld, trajectories worden geüpdatet en overeengekomen. Zodra deze processen beschikbaar zijn ontstaan mogelijkheden om op basis van airspace management (**A-FUA**) en netwerk management de gewenste trajectories van luchtruimgebruikers te accommoderen. Hiermee wordt ingespeeld op de behoefte van de luchtruimgebruikers waarbij het doel is om het hele netwerk zo goed mogelijk te laten presteren.

Het uiteindelijk overeengekomen trajectory wordt het Reference Business Trajectory (RBT) of Reference Mission Trajectory (RMT) genoemd en vormt de basis voor de verdere uitvoering. In de uitvoering wordt vervolgens het extended projected profile (een 4-dimensionale voorspelling van de vliegbaan) gedeeld vanuit het vliegtuig. Militaire vluchten zullen dat niet (altijd) doen vanwege de vertrouwelijkheid van hun missie info maar over het algemeen wordt wel verwacht dat de laterale routes van en naar de oefengebieden vrij standaard zullen zijn. Het RBT/RMT kan met deze informatie worden aangepast zodat ook rekening kan worden gehouden met de ideale prestaties van het vliegtuig. Andersom vormt het een input voor oplossingen op grond van separatie, deconfliteren en balanceren van verkeer. Naast overeenkomsten tussen RBT en RMT zijn er ook duidelijke verschillen. De prioritering en het delen van data kent in RMT een andere invulling waarbij de rol van de luchtverkeersleiding veel beperkter is.

Naast het bovenstaande zijn er ook user driven priority processen (UDPP) [46]. Deze processen moeten tegemoetkomen aan prioriteiten in de totale operatie van de luchtruimgebruiker. Hierbij moet gedacht worden aan het inrichten van processen om tijdens de vluchtuivoering, wanneer er en-route of in de **E-AMAN** fase vertraging is, een prioriteitsvolgorde aan te geven van vluchten, of bepaalde vluchten te beschermen voor delay. Ook als een luchtruimgebruiker slechts enkele vluchten heeft die hieronder vallen, zouden oplossingen moeten bestaan om deze vluchten een prioriteitsindicatie te geven. Vertragingen moeten in het netwerk ook getoetst worden tegen de afgestemde luchtruimplanning.

Het user-preferred trajectory is onderdeel van TBO en wordt richting 2035 verder uitgewerkt. Op dit moment vindt de uitrol plaats van user-preferred routing en FRA over heel Europa. Dit zal nog enkele jaren duren. Boven Nederland is de invulling van FRA (boven FL245) al een feit. Aan veel van de hierboven beschreven ontwikkelingen moet nog begonnen worden met concreet onderzoek en (door)ontwikkeling. Er zijn ook veel afhankelijkheden van andere ontwikkelingen die het alles bij elkaar nog onzeker maken of deze bouwsteen in 2035 de volledige operationele mogelijkheden heeft. De beschikbare methodes om de netwerk impact te minimaliseren zijn: vastzetten of verbeteren van slottijden (CTOT), het uitsluiten

van regulatie en/of het re-routen op routes en hoogtes die meer voordeel bieden.

In het operationeel concept geeft deze bouwsteen de mogelijkheid aan luchtruimgebruikers om business behoeften en prioriteiten onder te brengen in de onderhandeling over het trajectory om uiteindelijk tot een RMT/RBT te komen. Doordat de luchtruimgebruikers de intenties veel eerder delen dan in de huidige operatie (vanaf dagen van tevoren) kan de capaciteit en het luchtruim vroegtijdig gemanaged worden waarbij zo min mogelijk wordt ingeleverd op prestaties. De informatie geeft dus de mogelijkheid om plannen (en-route, E-AMAN) betrouwbaarder en nauwkeuriger op te stellen zodat de beschikbare capaciteit efficiënter benut kan worden. Als ook in de uitvoering door middel van het extended projected profile beter rekening kan worden gehouden met de prestatie van het vliegtuig dan levert het potentieel ook milieu en flight efficiency voordelen op.

Randvoorwaarden

Er zijn voorwaarden nodig aan de input van deze bouwsteen. De luchtruimgebruiker moet precies aan kunnen geven wat het trajectory verzoek is. Daarvoor is een extended flightplan nodig waarin ruimte is om de informatie toe te voegen. Verder moet de luchtruimgebruiker eerder vluchtplanningen (SMT/SBT) gaan maken dan nu zodat overall op basis van een realistisch verkeersaanbod en onderhandeling tot een stabiele planning kan worden gekomen. Dit betekent ook dat de luchtruimgebruiker bepaalde variabelen in het vliegplanningproces vroegtijdig vrij nauwkeurig beschikbaar moet hebben (denk bijvoorbeeld aan belading, passagiers, weersgegevens, constraints, etc.). Dit zal aanpassing en verandering vereisen aan de luchtruimgebruikerskant.

De output die geleverd wordt zal aan bepaalde nauwkeurigheidseisen moeten voldoen. Om op netwerkniveau goed te kunnen onderhandelen over trajectories is het nodig om tot een bepaalde nauwkeurigheid goed inzicht te hebben in het aanbod van luchtverkeer op een bepaald moment zodat kan worden gezien of er knelpunten ontstaan waarop gestuurd moet worden. Ook zal de output eerder beschikbaar moeten zijn zodat de trajectories, de verschillende typen luchtruimgebruik en het luchtruim zelf tijdig en voorspelbaar kunnen worden afgestemd.

Bovenstaande betekent ook dat stakeholders intensiever met elkaar gaan samenwerken. Via SWIM zal eerder en uitgebreider informatie worden gedeeld met elkaar en daar zal over onderhandeld worden om tot overeenstemming te komen. Dat vraagt aanpassing aan processen, structuren en tools.

Allerhande tools voor vlieg- en missieplanning, afstemming en onderhandeling, netwerk management tools, luchtruimgebruik zullen interoperabel moeten zijn qua informatie uitwisseling. Op vluchtniveau zal informatie uitgewisseld worden in de vorm

van flight objects waarmee te allen tijde de laatste accurate informatie beschikbaar is. Ook qua functionaliteit zullen tools moeten worden gebouwd of uitgebreid om de onderhandeling over het trajectory mogelijk te maken. Tevens is er een centrale instelling nodig rondom de afstemming en het overzicht van alle trajectories. Het ligt in de lijn der verwachting dat de NM deze rol in Europa op zich zal nemen.

Te allen tijde zal de informatie uitwisseling (data integriteit) op orde moeten zijn en kloppen. Daartoe zullen safety nets ingebouwd moeten worden om deze informatie te beschermen. Niet alleen voor veiligheid maar er zal ook rekening moeten worden gehouden met de bedrijfsvertrouwelijkheid en concurrentie gevoeligheid die de uitgebreide trajectory verzoeken bevatten.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Aan het gebruik van user-preferred trajectories zitten voordelen op het vlak van cost-efficiency en operationale efficiency. Deze worden bereikt doordat de luchtruimgebruiker beter dan nu in staat is om zijn ideale business cq. military gedreven trajectory kan plannen en uitvoeren. Voor het netwerk en de bepaling van het luchtruimgebruik levert het voorspelbaarheid op omdat gedetailleerde informatie eerder beschikbaar komt. Daardoor kunnen bepaalde zaken in het netwerk beter worden gepland en ingezet waardoor er een betere prestatie en benutting van de capaciteit en het luchtruim ontstaat. Als het luchtruim en de capaciteit efficiënter kunnen worden benut dan kan ook gesteld worden dat er minder inefficiënt gevlogen wordt en daardoor positieve impact ontstaat op de uitstoot.

4.1.4 Dynamisch flow management

Algemene beschrijving

Historisch gezien werden luchtvaartroutes getekend van navigatiebaken naar navigatiebaken waar omheen een luchtverkeersleidingsector gecreëerd werd. Deze luchtverkeersleidingsectoren zorgden ervoor dat de werklust van een luchtverkeersleider aanvaardbaar bleef.

Door de jaren heen is echter het luchtverkeer zodanig toegenomen dat het verfijnen van luchtverkeersleidingsectoren niet meer voldoende is om het aantal vluchten te beheren. Er bestaan tal van mogelijkheden om alsnog het aantal vluchten op frequentie te beperken maar deze zijn meestal nadelig voor de efficiency van de luchtruimgebruikers.

Dynamisch flow management is een concept waarbij men aan de luchtruimgebruikers, via een Collaborative Decision Management (CDM) proces, alternatieve routes aanbiedt waardoor men een over-of onderbelasting van een sector kan beheren. Doordat alle acties gebaseerd zijn op het vluchtplan en het CDM proces is dit concept compatibel met andere bouwstenen zoals 4D trajectory en **op tijd gebaseerde separatie**.

Rol van de bouwsteen

Dynamisch flow management is een concept waarbij door middel van software tools aangegeven wordt waar en wanneer er een capaciteitsprobleem optreedt in een bepaalde luchtverkeersleidingsector. De luchtruimgebruiker stelt een, voor hem, optimaal vluchtplan op, dat 6 uur vóór de Estimated Off Block Time geanalyseerd wordt door de software tool. Indien het optimaal vluchtplan van de luchtruimgebruiker geen rekening houdt met de capaciteitsbeperkingen in bepaalde luchtverkeersleidingsectoren, kan de luchtverkeersleidingsorganisatie, via het CDM proces met de luchtruimgebruiker en de EUROCONTROL Network Manager, een alternatieve route voorstellen zodat vluchten in een sector terechtkomen waar nog voldoende capaciteit aanwezig is. Tevens is er de mogelijkheid om vluchtplannen die de veiligheid negatief beïnvloeden te weren op voorwaarde dat ook hier een andere route voorgesteld wordt.

Het verschil met de huidige What-if tool van de Network Manager (NM) is dat dit concept gebaseerd is op de gehele luchtverkeerstroom en niet op een bepaalde vlucht. Binnen SESAR is er het project PJ09 “Demand Capacity Balancing” [47] waartegen het concept van Dynamisch flow management sterk aanleunt maar het concept op zich is niet opgenomen in PJ09. MUAC heeft een project lopen dat het Dynamisch flow management concept analyseert, resultaten hiervan worden in de loop van 2020 verwacht.

Binnen het operationeel concept zal het toepassen van het Dynamisch flow management concept leiden tot een doorgevoerde CDM proces tussen de luchtverkeersleidingsorganisaties, NM en de luchtruimgebruikers waarbij de aanlevering van bepaalde verkeerstromen afhankelijk zal zijn van de capaciteit in de relevante sectoren. Dit wil zeggen dat de voorspelbaarheid niet meer op historische feiten gebaseerd zal zijn maar op de individuele 4D trajectory van een vlucht.

In het operationeel concept geeft deze bouwsteen de mogelijkheid aan de luchtverkeersleidingsorganisatie om de capaciteit binnen haar sectoren alsook de productiviteit te optimaliseren. Tegelijkertijd geeft het de mogelijkheid aan de luchtruimgebruikers om vertragingen te minimaliseren.

Randvoorwaarden

Het succes van deze bouwsteen valt of staat met het delen van zo correct mogelijke data tussen de luchtverkeersleidingsorganisaties onderling en tussen de luchtverkeersleidingsorganisaties en de luchtruimgebruikers.

Om te vermijden dat een luchtverkeersleidingsorganisatie een vlucht zodanig aanpast dat die daardoor in een overbelaste sector van een aangrenzende luchtverkeersleidingsorganisatie belandt, is het noodzakelijk dat er een data-uitwisseling is, op netwerkniveau, van vluchtplannen, vluchtplan aanpassingen,

activatie van militaire zones, sectoren en de capaciteit van de sectoren.

Verder is het van belang dat een uitwisseling van een zo accuraat mogelijk data met betrekking tot de vliegtuigprestaties en de luchtruimgebruikers voorkeur routes.

De data uitwisseling zal deel uitmaken van het SWIM concept en tools zijn nodig om het tekort of teveel aan sectorcapaciteit aan te duiden. Verder is er een tool nodig om de vluchten te identificeren die in aanmerking komen voor een routeverandering alsook een tool voor de route verandering zelf.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Door het balanceren van het luchtverkeer tussen de sectoren kan men een hoger aantal vluchten afwerken. Met andere woorden, het levert een verhoging van de capaciteit maar ook van de productiviteit van de luchtverkeersleiders indien alle sectoren nu optimaal belast zijn.

Voor de luchtruimgebruikers ligt het voordeel in het feit dat zij alternatieve route(s) aangereikt krijgen die enkel op basis van door een luchtverkeersleidingsorganisatie aangeleverde data kunnen worden voorgesteld. Deze data heeft een detail niveau, zoals het juiste tijdsinterval waar er in bepaalde sectoren een overcapaciteit zorgt, die niet bekend is bij NM. Hierdoor zullen deze alternatieve routes een groter potentieel hebben om mogelijke vertragingen te minimaliseren. Deze bouwsteen maakt deel uit van het totale capaciteitsmanagement proces van de luchtruimherziening. Deze bouwsteen kan een negatieve impact hebben op emissies indien de keuze van de luchtruimgebruiker valt op een route die langer is dan de originele.

4.1.5 Extended Arrival Management (E-AMAN) concept

Algemene beschrijving

Arrival Management (AMAN) is het totale proces dat gebruikt wordt om naderend luchtverkeer te plannen en af te handelen. Het is dus een combinatie van een beschrijving van procedures, technologie en de rol van de mens hierin. Om naderend verkeer in goede banen te leiden is het belangrijk dat luchtverkeer al in een vroeg stadium beïnvloed kan worden. Extended arrival Management (E-AMAN) is een concept dat hier invulling aan geeft. In de praktijk betekent dit voor de Nederlandse situatie dat luchtverkeer al buiten de landsgrenzen beïnvloed wordt. Het doel van de beïnvloeding en vroege planning is het optimaliseren van de verkeersstroom om de efficiëntie te verhogen. De verhoogde efficiëntie zorgt er vervolgens voor dat er bijvoorbeeld vaker continu dalende vliegpaden gebruikt kunnen worden.

Belangrijk element in het AMAN proces is de planning. Deze wordt idealiter gemaakt voordat het vliegtuig begint aan zijn daling, waardoor de verkeersleider ook kan handelen vóór het

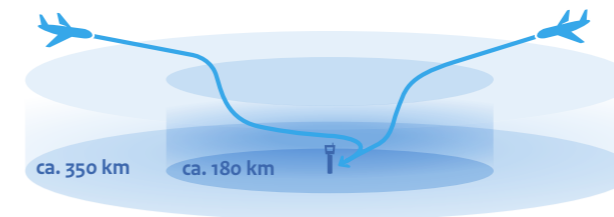
vliegtuig aan haar daling begint. Gezien de beperkte omvang van de Nederlandse FIR betekent dit dat er een E-AMAN concept nodig is. Op deze manier kan er een optimaal daal-pad gepland worden. Dit heeft positieve effecten: vluchten kunnen vaker hun meest efficiënte profiel vliegen (brandstofbesparing, lagere uitstoot) en de werklast van de luchtverkeersleiders neemt af. Waar nu de vertraging wordt opgevangen in het tussenliggende luchtruim gaat dit dus deels in het hogere luchtruim gebeuren waarbij een deel van de vertraging wordt voorkomen door het **TBO** concept met verbeterd departure management en door aanpassing van de planning, ook tijdens de vlucht. De verwachting is dat er hierdoor efficiënter wordt omgegaan met het behalen van een landingslot. Het TBO concept zal echter niet in staat zijn om in alle gevallen de benodigde precisie van aanlevering van verkeer op het verzamelpunt te kunnen behalen. Dit komt door verstoringen die optreden tijdens het uitvoeren van de vlucht. Ook zal TBO naar verwachting in 2035 nog niet de volle 100% aan prestatie kunnen leveren (zie de beschrijving van de TBO bouwsteen). De E-AMAN bouwsteen maakt daarom een planning op basis van de actuele vluchtvoortgang en niet op basis van de geplande tijden.

In een geavanceerd(ere) AMAN is er één tijd belangrijk, namelijk de geplande landingstijd. Deze wordt teruggerekend naar tijden op tussenliggende punten (**naderen via een stelsel van vaste routepunten**) door gebruik te maken van de **trajectory predictor**. In een geavanceerd AMAN proces houdt deze planning rekening met bijvoorbeeld minimum-separatie tussen verschillende typen vliegtuigen en optimaliseert hier ook op. Tevens wordt ervoor gezorgd dat verschillende luchtverkeersstromen naar dezelfde baan naadloos samengevoegd worden op een verzamelpunt (zie ook **naderen via een stelsel van vaste routepunten**).

Ruim voor het bereiken van Top-Of-Descent (TOD) wordt door het planningssysteem (op basis van de laatste vluchtinformatie) de planning geoptimaliseerd en de berekening van de optimale route uitgevoerd. Dit gebeurt na het passeren van de zogenaamde E-AMAN horizon op basis van twee criteria: separatie tussen de vluchten en het halen van de planning. Gedurende de daling is de gewenste precisie waarmee het vliegtuig de doeltijden haalt steeds belangrijker. De planning wordt dan niet alleen preciezer maar ook continu aangepast aan de realiteit, zodat het de vele kleine verstoringen kan opvangen en verwerken.

In een geavanceerde AMAN kunnen de doeltijden gecommuniceerd worden aan het vliegtuig zodat de piloten actief kunnen meewerken aan het halen van de planning (zie bouwsteen **datalink**). Mocht het vliegtuig desondanks de doeltijd niet halen, dan kunnen de luchtverkeersleiders alle bekende executive control maatregelen gebruiken om de fijnafstemming te regelen.

In een minder geavanceerde vorm kan een verzoek voor snelheidsaanpassing verstuurd worden naar de luchtverkeersleider van het hogere luchtruim. Alhoewel het effect hiervan beperkt is in de dagelijkse praktijk, is het gevolg dat het luchtverkeer minder ingrijpend hoeft te worden beïnvloed in het Nederlandse luchtruim wat zorgt voor een stabielere luchtverkeersbeeld en meer efficiëntie in de vluchtuitvoering.



Figuur 6: Extended Arrival Management (E-AMAN).

Rol van de bouwsteen

E-AMAN is een belangrijke bouwsteen binnen het operationeel concept. Verwacht wordt dat een verbeterde aanlevernauwkeurigheid het accommoderen van **continu dalende naderingen** in buizen met hoge capaciteit mogelijk zal maken binnen het naderingsluchtruim omdat ingrijpen in het vliegpadaal veel minder vaak nodig zal zijn. Vanuit de militaire gebruiker levert E-AMAN een positieve bijdrage aan de aanlevering van het transportverkeer en daardoor zorgt dit voor minder noodzaak tot interventie in het vliegpadaal.

De verwachting is dat, ondanks de 4D trajectories van het TBO concept, er toch afwijkingen kunnen ontstaan in de tijdigheid van vluchten door kleine verstoring vóór vertrek of onderweg. Voor een goed functionerend buizensysteem is nauwkeurige aanlevering van naderend verkeer echter een belangrijke voorwaarde. E-AMAN speelt hierin een belangrijke rol omdat deze de resterende onnauwkeurigheid van het TBO concept kan weggeregelen; na het passeren van de E-AMAN horizon wordt de planning definitief gemaakt en wordt een route door het stelsel van vaste routepunten gepland zodanig dat de vlucht volgens de door E-AMAN gemaakte planning aankomt terwijl deze een continu daalpad kan volgen.

Door de aanlevering van het luchtverkeer met hoge precisie kan het merge proces in bijvoorbeeld het buizen concept, waarbij verschillende luchtverkeersstromen worden samengevoegd tot één, relatief gemakkelijk plaatsvinden. De vliegtijden zijn immers door het planningssysteem voorspeld en meegenomen in de planning. De vlucht wordt tenslotte afgeleverd op het verzamelpunt/IAF waar de eindnadering wordt ingezet door middel van een vaste route.

Omdat de minimale afstand tussen vliegtuigen bepaald wordt door hun zogenaamde wake-turbulence categorie en de

huidige wind is het mogelijk om landingscapaciteit te winnen als de separatie op basis van tijd (**op tijd gebaseerde separatie**) en volgorde geoptimaliseerd wordt. Dit dient per landingsbaan continu bepaald te worden. Een belangrijke factor in deze optimalisatie is het gebruik van geavanceerde windmodellen om zo weinig mogelijk capaciteit te verliezen. Ook voor landend luchtverkeer kan (als er meerdere landingsbanen beschikbaar zijn) luchtverkeer aan de hand van wake-categorie verdeeld worden over deze banen om zo capaciteit te winnen.

Randvoorwaarden

Arrival Management richt de procedures, systemen en training voor de luchtverkeersleider in het tussenliggend luchtruim in om nauwkeurig de geplande tijden op de verzamelpunten te halen. Dit is een noodzakelijke ondersteuning om de luchtverkeersleider in het naderingsluchtruim in staat te stellen te werken met het nieuwe concept dat gebaseerd is op buizen en continu dalende naderingen.

De informatie kan het planningssysteem uit verschillende bronnen halen: een **SWIM** systeem, directe informatie van omringende sectoren en/of een **trajectory predictor**.

Aflevering met hoge precisie (tot op de seconde) zal, ook in een TBO concept lastig zijn. Dit komt door verschillende verstoringen die onderweg kunnen optreden. Het E-AMAN concept wordt gebruikt om voor de verstoringen in de 4D trajectories te compenseren en om separatie te garanderen.

Een eerste stap, de vergroting van de AMAN horizon tot 180-200 NM ("Arrival Management uitgebreid tot en-route Airspace") voor Schiphol valt onder de PCP [19] en is verplicht vanaf 1 januari 2024.

Onderzoeksvragen

De E-AMAN bouwsteen mitigeert de afwijkingen die ontstaan in het uitvoeren van de 4D trajecten in het TBO concept. Tegelijkertijd faciliteert deze bouwsteen CDO operaties en zorgt voor een goede aflevering van het verkeer aan het naderingsluchtruim. Een belangrijke vraag is welke afwijkingen de E-AMAN bouwsteen kan weggeregelen zonder dat dit ten koste gaat van de gewenste prestaties.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Naar schatting zal de variatie in de aanlevering van verkeer bij het naderingsluchtruim met E-AMAN worden teruggebracht. Verder verbetert E-AMAN de levering van verkeer, wat leidt tot een betere benutting van (theoretische) capaciteit.

Naderen met een continue daling

Omdat E-AMAN ruim voordat de vliegtuigen hun daling inzetten een optimale route richting de buis heeft berekend kunnen vliegtuigen veel vaker continu dalen met een efficiënte daalhoek wat de vluchtefficiëntie ten goede komt.

Flight efficiency

Een belangrijk doel van E-AMAN is om efficiency verbetering voor de luchtvaartmaatschappijen mogelijk te maken. Door verkeer eerder te plannen kan het verkeer ook eerder beïnvloed worden en zullen de benodigde ingrepen zoals extra afstand vliegen, langzamer en sneller vliegen geringer zijn. De PCP Regulation vereist dat de planningshorizon van arrival management systemen ten minste 180 NM moet zijn. Deze eis is erop gericht om het planningsproces te laten plaatsvinden voordat vliegtuigen de daling naar de luchthaven inzetten.

4.1.6 Trajectory predictor in het netwerk

Algemene beschrijving

Een trajectory predictor is een tool die vliegbanen (trajecten) kan voorspellen. Door deze voorspellingen kunnen planningsprocessen preciezer worden en kan de operatie geoptimaliseerd worden. Een trajectory predictor is een essentieel onderdeel van ontwikkelingen zoals **Trajectory Based Operations** en baanvoorspellingen (Extended Projected Profile) en de planning voor vliegmaatschappijen als onderdeel van het FF-ICE concept. In het operationeel concept is het ook een belangrijk onderdeel van de bouwsteen **E-AMAN, Multi-airport concept** en **3D scheiden van naderings- en vertrekstromen (buizen concept)**.

Rol van de bouwsteen

Deze bouwsteen is in zijn geheel belangrijk. Meerdere bouwstenen in de LRH vertrouwen op betrouwbare en nauwkeurige vliegbaaninformatie. Het is daarmee een belangrijke voorwaarde om te komen tot een voorspelbaar, veilig en efficiënt ATM system. Zowel tijdens de fase voor vertrek als tijdens de vluchtuitvoering moeten gegevens over vliegbanen voortdurend worden verfijnd en herzien op basis van de laatste gegevens, waarnemingen en voorspellingen. Vliegbaaninformatie is een belangrijke basis voor het maken van planningen. Planningen worden nauwkeuriger en voorspelbaarder als de 4D gegevens over (toekomstige) posities van het vliegtuig nauwkeurig bekend zijn. De trajectory predictor is een belangrijke leverancier van die informatie.

De verwachting is dat er in 2035 twee soorten trajectory predictors worden gebruikt:

1. Trajectory predictor op netwerk niveau;
2. Lokale trajectory predictor.

Trajectory predictor op netwerk niveau

In Europees verband wordt in SESAR gewerkt aan oplossingen op het gebied van trajectory management [48]. Hiernaast vindt ook de ontwikkeling plaats van een Trajectory Prediction Service [49]. Deze is gericht op het berekenen en verspreiden

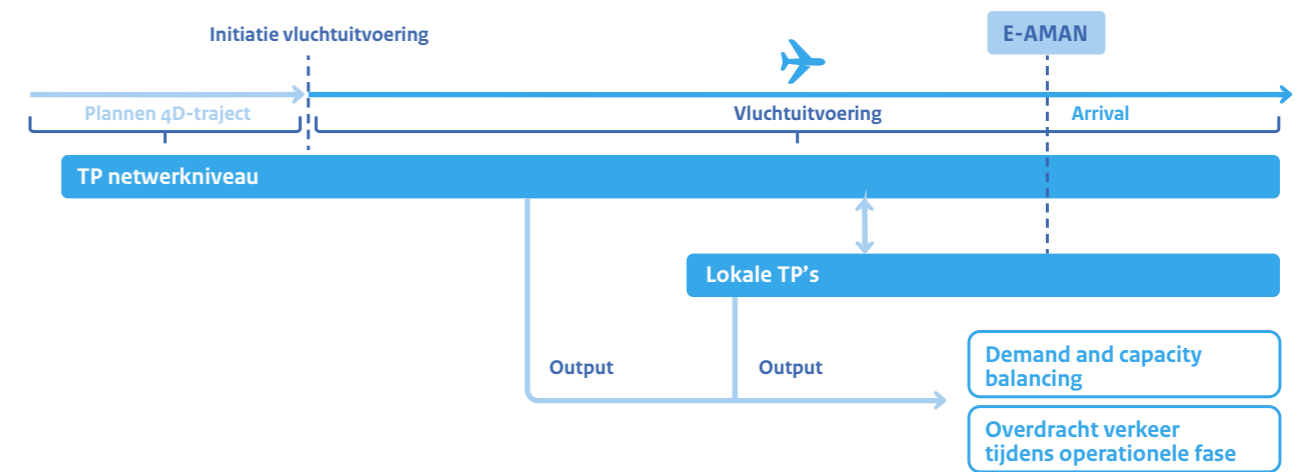
van een nauwkeurig en consistent 4D-traject en het updaten ervan naarmate de vluchtuitvoering dichterbij komt en wordt uitgevoerd. De output kan worden gebruikt tijdens verschillende vluchtfasen, bijvoorbeeld om een eerste referentietraject in de planningsfase voor te stellen, of als input voor Demand Capacity Balancing (DCB) tijdens de tactische fase of om de overdracht van verkeer tijdens de operationele fase te vergemakkelijken. Uiteindelijk moet de trajectory predictor een gemeenschappelijke service worden en moet daarvoor allerlei gegevens van meerdere stakeholders worden ontvangen (luchtverkeersleidingsorganisatie, luchtvaartmaatschappij, meteo, etc.). State-of-the-art software-algoritmen zullen dynamisch bijgewerkte trajecten berekenen en genereren waaronder ook informatie over de doorkruiste luchtruimsectoren. Een solide communicatie-infrastructuur is vereist om alle informatie-uitwisselingen te ondersteunen.

De trajectory predictor op netwerk niveau heeft raakvlak met de bouwstenen **User-preferred trajectories** en **TBO**. In het operationeel concept zal de trajectory predictor op netwerk niveau een belangrijke rol spelen in het leveren van informatie ten behoeve van de planning en de uitvoering van vluchten tot de grens waar **E-AMAN** begint.

De bouwsteen TBO in Europees verband staat gepland voor 2030-2034 en een trajectory predictor op netwerk niveau is daarvoor een voorwaarde. Op basis daarvan wordt gesteld dat de trajectory predictor op netwerk niveau in 2035 voldoende operationele functionaliteit moet hebben.

Lokale trajectory predictor

In relatie tot lokale ATC systemen en bijvoorbeeld E-AMAN zijn lokale trajectory predictors nodig die veel nauwkeuriger (moeten) zijn dan de trajectory predictor op netwerk niveau. Dat heeft onder andere te maken met veel nauwkeuriger informatie over het windveld waardoor wordt gevlogen, en het route/profiel dat door dat windveld wordt gevlogen. De lokale trajectory predictor zal de voorspellingen van de trajectory predictor op netwerk niveau als uitgangspunt nemen. Deze trajectory predictor zal verder aan de nauwkeurigheidseisen moeten voldoen die voortkomen uit de toepassingen van de trajectory predictor in functionaliteiten als E-AMAN, of om te bepalen of verkeer op de vaste route en in de buis blijft, het voorspellen en afstemmen van stromen op elkaar, merging, etc. Elke soort trajectory predictor vereist dat interactie nodig is met de trajectory predictor om het verschil te kunnen berekenen tussen het actuele en gewenste traject volgens de planning. De trajectory predictors moeten specifiek in staat zijn om te kunnen interacteren met vliegtuigen om te bepalen welke tijds winst of verlies het vliegtuig nog kan behalen.



Figuur 7: Input en Output Trajectory Predictors

Randvoorwaarden

Om tot betrouwbare 4D trajectinformatie te komen is nauwkeurige informatie nodig om het traject te kunnen bepalen. De trajectory predictor zelf zal state-of-the-art software algoritmes moeten hebben om trajecten te kunnen berekenen. Daarbij zullen moderne en innovatieve technieken worden ingezet.

Voor alle in- en output die nodig is moet de trajectory predictor een solide communicatie infrastructuur krijgen. Nauwe samenwerking is nodig tussen stakeholders ten aanzien van het aanleveren van de input zowel als het ontvangen van de output.

Aangezien de trajectory predictor een essentieel onderdeel is wat nodig is om meerdere bouwstenen gelijktijdig te laten functioneren is redundantie nodig indien het systeem uit valt. Tevens is er permanente monitoring nodig om in de gaten te houden of de trajectory predictor correct functioneert op basis van alle in- en outputs.

Onderzoeksvragen

Belangrijk voor het operationeel concept is welke predictienauwkeurigheid en functionaliteit deze trajectory predictor gaat leveren zodat bepaald kan worden hoe deze aansluit op E-AMAN.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Deze bouwsteen realiseert een nauwkeurige traject voorspelling waarbij meerdere trajectory predictors een rol spelen en levert een solide basis waar andere bouwstenen gebruik van kunnen maken. In 2035 is het vooral belangrijk dat de trajectory predictor op netwerk niveau gaat zorgen voor nauwkeuriger voorspellingen dan vandaag de dag beschikbaar is (aan de hand van een mix van data uit het netwerk met een op artificial intelligence gebaseerde verbetering). Door realistische vliegbare en optimale trajecten te berekenen kunnen via de

bouwstenen uiteindelijk nauwkeurige en uitvoerbare instructies worden gegeven aan vliegtuigen waarbij het vliegtuig ook nog eens zoveel mogelijk optimaal vliegt. Dit draagt allemaal bij aan de gewenste capaciteit, veiligheid en milieu doelstellingen.

4.1.7 Datalink gebruiken

Algemene beschrijving

Traditioneel communiceren piloten en luchtverkeersleiders met elkaar door middel van een radioverbinding (R/T). Deze kan aangevuld worden met een datalink die hen in staat stelt om complexe berichten uit te wisselen. Datalink maakt daardoor de communicatie makkelijker en efficiënter. Ook kan hiermee de belasting op druk gebruikte radiofrequenties verlaagd worden. Voor 2035 wordt er van uitgegaan dat het overgrote deel van het civiele handelsverkeer en (vaste vleugel) militair transportverkeer beschikt over een dergelijke communicatiemogelijkheid en hier gebruik van maakt in de communicatie met de luchtverkeersleiding. Datalink zal vooral voor (complexe) niet tijd-kritische berichten worden ingezet. Voor opdrachten die wel tijd-kritisch zijn (zoals tijdens de eindnadering) zal naar verwachting R/T nog gebruikt worden.

In het hogere luchtruim wordt datalink tegenwoordig al frequent gebruikt door bijvoorbeeld MUAC en ook boven de Atlantische Oceaan is dit het geval. Het gaat hier ook vaak om niet tijd-kritische opdrachten of verzoeken. In de Nederlandse FIR is het gebruik van datalink in de huidige operatie beperkt tot het luchtruim van MUAC en informatie uitwisseling voorafgaand aan de start op luchthaven Schiphol.

Rol van de bouwsteen

Het operationeel concept leunt sterk op een voorspelbaar en goed te plannen verkeersstroom. Hiervoor is het van belang dat informatie in een zo vroeg mogelijk stadium bij alle relevante partijen bekend is (hoe meer er tactisch moet worden ingegrepen, hoe minder voorspelbaar het systeem wordt).

Dit speelt vooral bij het plannen van de nadering. De kleine afwijkingen in de planning die onherroepelijk zullen ontstaan in het TBO concept worden weggeregeld door het systeem van vaste routepunten in het tussenliggend luchtruim. De route door dit systeem wordt gepland door het **E-AMAN** systeem dat er voor zorgt dat het verkeer op de geplande tijd op het verzamelpunt (waar de buizen beginnen) aankomt. Al ruim voordat vliegtuigen beginnen aan de daling is deze route berekend en kan deze gecommuniceerd worden met de vliegtuigen. Deze route kan dan, na acceptatie door de piloten, in het FMS van het vliegtuig worden geprogrammeerd. Omdat deze routes uit meerdere punten kunnen bestaan en omdat de route op tijd bekend is, is deze handeling bij uitstek geschikt om via datalink te communiceren.

Randvoorwaarden

Om datalink goed te laten werken is het belangrijk dat zowel vliegtuigen als de luchtverkeersleidingsorganisaties uitgerust zijn om deze te gebruiken. De Europese Commissie heeft in 2009 [50] (geamendeerd in 2015 en 2019) een mandaat uitgebracht dat luchtverkeer in grote stukken luchtruim in staat stelt om CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications [5]) te kunnen gebruiken in luchtruim boven FL285 vanaf 5 februari 2020. Vliegtuigen met minder dan 20 passagiers of met een maximaal startgewicht kleiner dan 45.359 kg en een luchtwaardigheidscertificaat van vóór 5 februari 2020 zijn hiervan uitgezonderd. De CPDLC verplichting geldt niet voor militaire luchtvaartuigen met uitzondering van vaste-vleugel militair luchttransport dat onder civiele regelgeving vliegt. De betreffende luchtverkeersleidingsorganisaties moeten zorgen voor de noodzakelijke grondgebonden infrastructuur en systemen.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

MUAC loopt voorop met het gebruik van CPDLC. Sinds 2003 wordt deze technologie ingezet om de tekortkomingen van radiotelefonie aan te pakken. De voordelen die door MUAC genoemd worden zijn veiligheid, reduceren van de VHF frequenties en beperking van miscommunicatie. Daarnaast spreekt MUAC over het verhogen van de capaciteit, zeker wanneer R/T-tijd limiterend is. Tenslotte wordt veiligheid genoemd, ook omdat het de effecten van andere bouwstenen kan vergroten. CPDLC vervangt radiotelefonie niet volledig, het is een nuttige aanvulling voor MUAC.

Het gebruik van de vaste routepunten voor het eerste deel van de nadering speelt zich af onder FL285. De communicatie van de door het E-AMAN systeem gegenereerde route vindt echter al plaats voordat het vliegtuig de daling inzet en dus nog boven FL285 is. Daarnaast is het zo dat het overgrote deel van het verkeer op een bepaald punt van de route boven FL285 komt. Het is dus veilig om aan te nemen dat het civiele luchtverkeer dat een bestemming in Nederland heeft in 2035 de mogelijkheid heeft om via datalink te communiceren (met een enkele uitzondering). Het gebruik van datalink om deze complexe

klaringen te communiceren zorgt naar verwachting voor minder druk gebruik van de frequentie, minder kans op fouten en verlaging van de werklast. Het blijft echter nodig om voorzieningen te treffen in het geval een (technische) storing ervoor zorgt dat er niet via datalink gecommuniceerd kan worden. Hiervoor kan gedacht worden aan terugvallen op radiotelecommunicatie en/of gebruik van bestaande procedures voor als de communicatie wegvalt. Daarnaast kan radiotelecommunicatie gebruikt worden voor berichten waarbij bijvoorbeeld intonatie en urgentie direct in aangegeven kan worden.

De Europese verplichting zorgt ervoor dat datalink voor het overgrote deel van het verkeer ingezet kan worden. Het E-AMAN systeem moet hier optimaal gebruik van maken. Dit kan door dit systeem vanaf het begin te ontwerpen voor het gebruik van datalink. Hiervoor is ook een goed procedure-ontwerp nodig waarbij zoveel als mogelijk aangesloten moet worden bij internationale standaarden en gebruiken. Omdat er al communicatie plaatsvindt voordat een vliegtuig in de Nederlandse FIR opereert, zijn goede afspraken tussen ANSP's nodig.

4.1.8 Continu dalen met een efficiënte dalhoek (CDO)

Algemene beschrijving

Een vlucht verbruikt minder brandstof en produceert minder geluid als de daling als een continu dalende nadering kan worden uitgevoerd. Dit wordt een Continuous Descent Operation (CDO) genoemd. De dalhoek kan verschillend zijn per vlucht, maar in het algemeen geldt echter wel dat horizontale segmenten (d.w.z. een onderbroken daling) extra brandstof gebruiken en extra geluid produceren. Bij continu dalen kan het benodigde motorvermogen teruggeschroefd worden wat leidt tot minder geluid en minder uitstoot. De klimaateffecten zijn afhankelijk van de lengte van de periode waarin de CDO kan worden gevlogen; een CDO heeft de maximale opbrengst als deze wordt gevlogen vanaf Top of Descent (ToD) tot aan de baandrempel.

EUROCONTROL beschrijft CDO's (en CCO's) in concept [51]. Ook ICAO geeft een beschrijving [52]. EUROCONTROL geeft aan dat: "Deployment of optimised CCO and CDO throughout Europe will be beneficial to all European ATM system stakeholders and will help the network to address the environmental challenges it faces". De voordelen van het gebruik van CDO's lijken dus evident, zie ook [53], [54] en [55].

SESAR werkt CDO ook verder uit in het hele ATM-systeem [56]. Hier is de afhankelijkheid van verschillende bouwstenen ook zichtbaar zoals extended AMAN en PBN.

Rol van de bouwsteen

Het beschreven concept in het VKA is erop gericht het gebruik van CDO's zo vaak als mogelijk te accommoderen voor handelsverkeer en, waar mogelijk, militair transportverkeer.

Afwijkingen van de geplande route leidt tot een minder effectieve CDO, c.q. het maakt een CDO onbruikbaar of minder/ later bruikbaar. De bouwsteen **Naderen via vaste routes** vormt samen met de buizen dé bouwstenen die CDO's faciliteren. Het buizenconcept zonder CDO is een minder efficiënt systeem daarom zijn deze onlosmakelijk met elkaar verbonden. De hoogte(s) waarop CDO's worden ingezet moeten wel overzichtelijk zijn voor verkeersleiders en vliegers. In 2035 zal de CDO de norm zijn, slechts in uitzonderlijke gevallen zal hier van afgeweken worden (denk bijvoorbeeld aan ongunstige weersomstandigheden).

Er zijn al CDO's in gebruik op Eelde, Eindhoven en Schiphol ('s nachts). De huidige hoogtes waarop de CDO wordt aangevangen verschilt, ook het type CDO kan verschillen.

Randvoorwaarden

De gewenste capaciteit in 2035 moet worden gewogen tegen het mogelijke verlies van capaciteit door het vliegen van een hoog percentage CDO's. Verschillende bouwstenen dragen bij dat mogelijke verlies te mitigeren (denk aan **TBS**, **RECAT-EU** en **Pair-wise Separation (PWS)** maar ook aan alle bouwstenen die zorgen voor een beter voorspelbare operatie). In het krachtenveld van capaciteit en milieu (geluid) moet daar een werkbare modus worden gevonden om optimaal gebruik te maken van CDO's bij een zo groot mogelijke capaciteit.

Luchtvaartmaatschappijen hebben baat bij CDO's omdat door het continu dalen het benodigde motorvermogen teruggeschroefd kan worden wat leidt tot minder verbruik. Ook zal het feit dat minder motorvermogen wordt gebruikt leiden tot een positief effect op uitstoot voor de omwonenden en het milieu in het algemeen. Voor de onderwonenden brengen CDO's een positief effect doordat minder motorvermogen leidt tot minder geluid.

Onderzoeksvragen

Het operationeel concept leunt op het gebruik van CDO's. Zonder CDO's is het operationeel concept suboptimaal. Winst op gebied van vliegefficiëntie of geluid wordt dan niet gerealiseerd. De maximaal realiseerbare hoogte waarop de CDO kan worden ingezet in het operationeel concept moet worden vastgesteld. Mogelijk kan die hoogte per veld, baancombinatie of per dagdeel (binnen en buiten een piek) wisselen. Het HF element moet daarbij voor de verkeersleider en de vlieger voldoende aandacht krijgen. Tenslotte is het belangrijk om vast te stellen of het geheel aan bouwstenen in staat is een hoog percentage CDO operaties mogelijk te maken en tegelijkertijd de gewenste capaciteit te bieden. Hierbij is het

interessant te kijken naar de relatie met de aanvangshoogte van de CDO en naar de relatie met de gevlogen snelheden (denk bijvoorbeeld aan een bandbreedte).

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het gebruik van de bouwsteen zal een positief effect hebben op efficiency bij de luchtvaartmaatschappij en de beleving van geluid. Bij continu dalen kan het benodigde motorvermogen teruggeschroefd worden wat leidt tot minder geluid, minder verbruik en minder uitstoot. Dat zijn positieve ontwikkelingen. De CDO vangt aan op een zo groot mogelijke hoogte. Het mogelijke verlies aan capaciteit bij het toepassen van CDO's moet worden onderzocht en waar nodig gemitigeerd.

4.1.9 Naderen via een stelsel van vaste routepunten Algemene beschrijving

Naderen via vaste routes gaat over het inzichtelijk en planbaar maken van vliegpaden door het gebruik van een stelsel van vaste routepunten. Dit concept wordt gebruikt in het luchtruim tussen FL245 (upper airspace) en het naderingsluchtruim om verkeer op een voorspelbare en planbare wijze af te kunnen handelen. Als een vlucht precies volgens planning de daling inzet, zal het meestal niet nodig zijn om in te grijpen en kan deze direct richting de naderingsbuis vliegen. Echter zullen, ondanks het TBO concept, regelmatig afwijkingen ontstaan in de realisatie van het 4D trajectory. Daarom is het nodig om voor naderend verkeer hiervoor te kunnen corrigeren. In het huidige operationeel concept gebeurt dit door de verkeersleider die daar executive control voor gebruikt. In het toekomstig operationeel concept worden deze procedures geformaliseerd waardoor eerder bekend is welke route de vliegtuigen dienen te volgen richting het verzamelpunt. Het concept is in staat om voor naderend verkeer een route te plannen voordat de daling wordt ingezet. Deze route is erop gericht om verkeer in de geplande volgorde te zetten en te zorgen voor een tijdige aflevering op een bepaald verzamelpunt. Juist omdat de te volgende route ruim voordat de daling wordt ingezet bekend is, kan het vliegtuig een efficiënte daling (CDO) vliegen.

Om naderen via vaste routes mogelijk te maken is een groot aantal potentiële routepunten gedefinieerd in het gebied waar het vliegtuig de daling uitvoert. Deze zijn gelijkmatig gespreid zowel in hoogte als in laterale positie (denk aan een soort grid). Een planningssysteem (**E-AMAN**) kan nu een optimale route door deze routepunten plannen. De route kan zo worden vormgegeven (verlengd of verkort of middels speed opdrachten) dat een vliegtuig precies op het juiste tijdstip op het verzamelpunt aankomt en conflictvrij blijft van ander luchtverkeer. Omdat de route gebruik maakt van gepubliceerde routepunten, kan deze ook makkelijk met de vlieger worden gecommuniceerd via een **datalink**.

Deze bouwsteen biedt de mogelijkheid om een stapsgewijze transitie te maken van de huidige manier van opereren naar een meer geformaliseerde werkwijze. De te nemen stappen kunnen bestaan uit het introduceren en daarna uitbreiden van systemen waarbij de verkeersleider steeds meer ondersteuning krijgt bij het uitvoeren van de taken. De eindsituatie kan bestaan uit een E-AMAN systeem dat een volledige route-suggestie doet voordat het vliegtuig de daling inzet. Bij het uitvoeren van de route kan ondersteuning in de vorm van bijvoorbeeld **CTA** gebruikt worden om geplande uitvoering (door het E-AMAN systeem) en daadwerkelijke uitvoering zo dicht mogelijk op elkaar aan te laten sluiten.

Rol van de bouwsteen

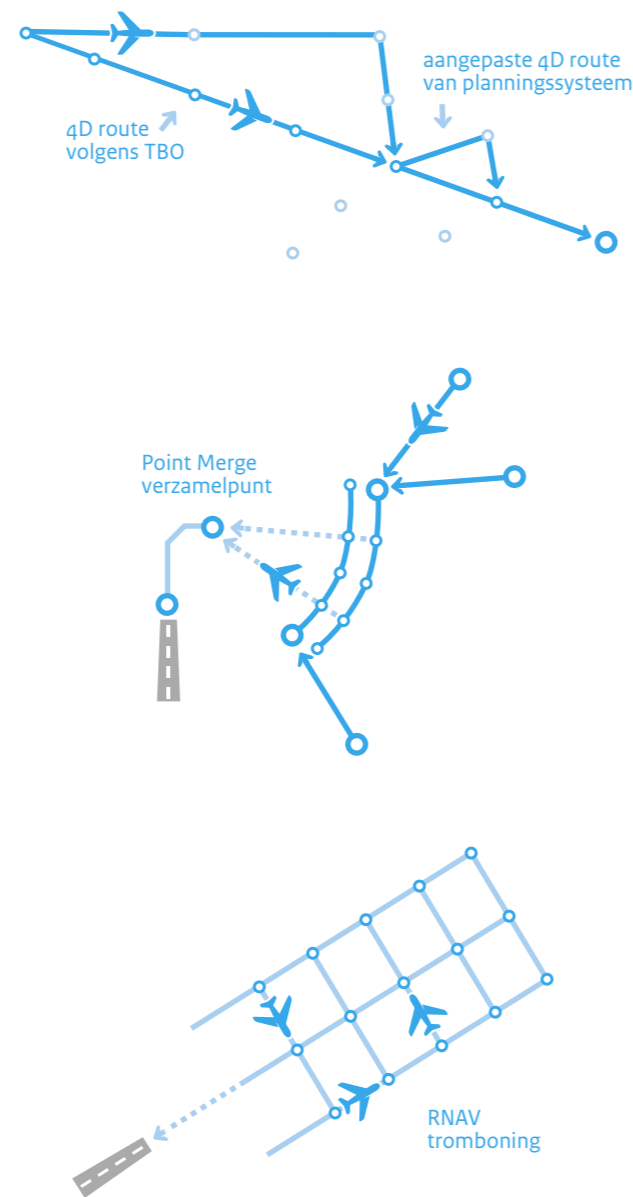
Kern van deze bouwsteen is het inzichtelijk en planbaar maken van de vliegpaden door middel van routepunten. Routepunten worden gebruikt om naderend verkeer via van tevoren geplande routes te separeren, in de juiste volgorde te zetten (ruim voor de daling wordt ingezet) en te zorgen voor een tijdige aflevering op een bepaald eindpunt (zie ook de bouwsteen E-AMAN). Gevolg is het wegregelen van afwijkingen van TBO en een goede aanlevering voor de buizen. Dit zouden parallelle routes op basis van vaste punten kunnen zijn. De aansluiting met FRA luchtruim moet dit wel mogelijk maken. Visualisering en werkbaarheid voor verkeersleider en vlieger zijn hierbij essentieel. Deze routes moeten op een nog te definiëren moment inzichtelijk zijn bij vlieger en verkeersleider. Late wijzigingen zijn waarschijnlijk niet werkbaar. De keuze van een route zal daarmee een kritiek moment in de tijd hebben waarbij het voor een optimale daling (CDO) belangrijk is dat deze ruim vóór de start van de daling bekend is.

In de PCP verordening [19] worden RNP1 STARS en transitions verplicht gesteld voor de Schiphol TMA en Free Route Airspace (FRA) boven vliegniveau 310 (FL310). Als FRA zou worden toegepast tot aan de bovenkant van het naderingsluchtruim dan is er geen tussengebied. MUAC zal inderdaad FRA doorvoeren tot FL245 waardoor een naadloze aansluiting ontstaat. Bij deze en andere aansluitingen geldt dat een hogere of lagere grens lokaal kan worden overeengekomen als de operationele noodzaak/verbetering duidelijk aanwezig/aantoonbaar is. Het is dus mogelijk dat de onderkant van het FRA gebied hoger ligt dan de bovenkant van het naderingsluchtruim en er dus een verbinding daartussen nodig is: dit kan door de implementatie van vaste punten, RNP routes (PBN). Hiervoor kan de navigatie specificatie Advanced RNP (A-RNP) worden gebruikt. Deze bouwsteen ontbreekt overigens in SESAR.

Binnen Europa wordt door de EC stevig ingezet op automatisering ter ondersteuning van de afhandeling van verkeer (zie Airspace Architecture Study [24]). Ook deze bouwsteen is afhankelijk van vergaande automatisering. Zowel in de analyse en keuze van de routes als in de communicatie van het verkeersleidingsysteem naar de cockpit is de automatisering

essentieel. De visualisatie van de door de computer berekende route naar de verkeersleider en de vlieger is een kritiek element. Dat moet goed werkbaar zijn en is dus een aandachtspunt.

In 2035 zal de bouwsteen een essentieel onderdeel zijn van het operationeel concept. Met gebruik van deze bouwsteen kan verkeer accuraat worden afgeleverd bij het begin van het buizensysteem om zo met vaste naderingen te werken.



Figuur 8: Voorbeelden van stelsels van vaste routepunten

Randvoorwaarden

De voorwaarden om met deze bouwsteen te kunnen werken zijn:

- Tijdige en betrouwbare keuze van vaste routes.
- De keuze van de oplossing om tijd te winnen of te verliezen moet bewezen betrouwbaar zijn.
- De keuze moet tijdig verwerkt zijn in de FMS van het vliegtuig en het luchtverkeersleidingsysteem.
- De vlieger moet vertrouwen in de berekende route hebben en deze snel en gemakkelijk kunnen effectueren. Daarna moet deze door de verkeersleiding met het vliegtuig worden gecommuniceerd.
- Daarnaast moet de geautomatiseerde keuze van de route leiden tot de daadwerkelijk vereiste nauwkeurigheid. De keuze van de route moet het tijdsverschil wegwerken zodanig dat de vereiste nauwkeurigheid wordt waargemaakt.
- Aandacht voor de veranderende rol van de verkeersleider die zal wijzigen naar meer management van luchtverkeer. De route zal immers automatisch worden gedisplayd voor de verkeersleider en de vlieger. Wat de precieze rol van de verkeersleider in deze bouwsteen (kan/moet) zijn, moet worden uitgezocht.

De verwachting is dat deze voorwaarden realiseerbaar zijn in 2035. In de operatie moet het luchtverkeersleidingsysteem dus volledig betrouwbaar samenwerken met de FMS van de vliegtuigen. De vraag is of er ruimte blijft voor vliegtuigen die niet aan de minimale systeem eisen voldoen. Voorstelbaar is dat voor deze civiele vliegtuigen in dit ATM-systeem geen plaats meer is. IT tools, precisie navigatie, **CTA** en **datalink** worden gebruikt om de bouwsteen te laten werken.

In de bouwsteen moet aandacht en ruimte zijn voor systeemuitval, zowel aan verkeersleiding kant als FMS zijde. Allereerst moeten er back-up systemen in werking zijn. Eisen aan die systemen zullen moeten worden opgesteld. Er moeten waarschuwingssystemen in werking zijn die onmiddellijk aangeven dat het systeem, of de communicatie met de FMS, en daarmee de keuze voor de vaste routes niet werkt. Er zal onmiddellijk moeten kunnen worden teruggevallen op back-up systemen. Bij volledige wegval van deze bouwsteen moet ingegrepen kunnen worden (zie ook paragraaf 3.5).

Dat geldt dus ook voor de gelieerde bouwsteen **A-FUA**. Afwijkingen/problemen in die bouwsteen werken direct door in de bouwsteen vaste routes. Die afhankelijkheid en de afhankelijke systemen en uitval van de systemen moeten zijn geborgd.

Onderzoeksvragen

Deze bouwsteen is niet volledige gebaseerd op een bestaand concept maar zal ontworpen moeten worden door verschillende bestaande elementen te combineren, denk hier bijvoorbeeld aan het point merge concept, CTA/RTA en 4D trajectories. Om te

bepalen welke combinatie van elementen en eigenschappen het beste past moet onderzocht worden. Daarnaast moet bezien worden welk ruimtebeslag hiermee gemoed is. Hierbij kan deels gekeken worden naar bestaande resultaten zoals [57].

Er zijn ook een aantal vragen die beantwoord moeten worden rondom de communicatie van de route. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld (fast-time) simulaties voor gebruikt worden.

- Heeft de keuze van een route een kritiek moment in de tijd? Wanneer is dat moment?
- Tot welk moment bestaat de mogelijkheid om uit beschikbare vaste routepunten een route te definiëren en aan een vlucht te sturen? Toelichting: het systeem definieert met de beschikbare punten een route en verstuurt die middels datalink aan het FMS. Dat moment waarop dat kan is niet duidelijk. Dat moet wel helder zijn. Zowel vanuit systeem oogpunt als vanuit mens oogpunt: wat is nog werkbaar?
- Hoe zien de mitigerende procedures eruit als een deel van de routepunten niet beschikbaar (denk aan een onweersbui) is of als een vlucht afwijkt van de geplande route?

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De bouwsteen realiseert de vereiste nauwkeurige aflevering van vliegtuigen voor de overgang op het buizen systeem. De bouwsteen zal de noodzakelijke tijdsaccuratesse garanderen om met de vereiste zekerheid de gewenste capaciteit en met de vereiste veiligheid te kunnen afhandelen. Zo kan gebruik worden gemaakt van het buizen systeem waar met CDO's kan worden gevolgen. Daarmee zal een efficiency winst en een geluidswinst worden gerealiseerd.

Door optimale samenwerking met de A-FUA bouwsteen kan optimaal gebruik worden gemaakt van al het beschikbare luchtruim en kan de maximale capaciteit worden gerealiseerd onder gelijke veiligheid.

4.1.10 Controlled Time of Arrival (CTA) gebruiken

Algemene beschrijving

Required Time of Arrival (RTA) is een functie aan boord van vliegtuigen die het vliegtuig in staat stelt om op een afgesproken tijd op een afgesproken plek te zijn. Deze tijd wordt een Controlled Time of Arrival (CTA) genoemd en wordt bijvoorbeeld door een **E-AMAN** systeem gegenereerd. Door gebruik te maken van positiebepaling en een inschatting van de resterende vliegtijd kan de snelheid van het vliegtuig (een beetje) aangepast worden om de afgesproken tijd te realiseren. Een goede voorspelling van de windsnelheden onderweg is een belangrijk hulpmiddel om de benodigde snelheidsaanpassingen te realiseren. Door deze beperkingen is er altijd een zogenaamd window waarin een CTA zich realistisch gezien kan bevinden. Voor een goede CTA is dus ook een goede voorspelling van de vliegbaan nodig, hiervoor is een **trajectory predictor** nodig (zie de betreffende bouwsteen voor meer informatie). In de

en-route fase zijn de mogelijkheden voor snelheidsaanpassingen klein, maar door het kleine aantal variabelen wel voorspelbaarder. Tijdens de klim en de daling kunnen grotere snelheidsverschillen worden aangebracht maar kan het resultaat, door het grotere aantal variabelen, minder goed zijn.

Rol van de bouwsteen

Binnen SESAR speelt de RTA functie een belangrijke rol bij het realiseren van de 4D trajectories die onderdeel uitmaken van het TBO concept. Hier wordt de RTA functie dus ingezet om het van tevoren afgesproken traject te realiseren. In het VKA kan de RTA functie op verschillende plekken in de nadering worden ingezet. In de eerste plaats zal de route van het eerste deel van de nadering, door het tussenliggend luchtruim, eindigen op het verzamelpunt. Op dit punt begint de buis. Het is belangrijk dat vliegtuigen op het juiste, geplande, moment de buis ingaan om conflicten te voorkomen en om de capaciteit op peil te houden. Hiervoor genereert het E-AMAN systeem voor elk vliegtuig een tijd op dit punt. Door deze tijd, samen met de route, aan het vliegtuig te communiceren, kan het vliegtuig de RTA functie aan boord gebruiken om deze tijd zo goed als mogelijk te realiseren. Dit geeft het voordeel dat de kans op afwijkingen en dus op ingrijpen van de verkeersleider, kleiner wordt.

Ook na het passeren van het verzamelpunt kan deze functie gebruikt worden om te zorgen dat vliegtuigen in de buizen voldoende afstand houden. Ook zal de RTA functie in de buizen gebruikt worden om verkeer van meerdere buizen samen te voegen. Hiervoor wordt een CTA gegenereerd voor het punt waar de buizen bij elkaar komen. Gebruik van deze functie in de buizen is een eerste stap op weg naar het verschuiven van de verantwoordelijkheid voor het houden van afstand in de buizen naar de vliegtuigen (zie bouwsteen **Interval Management**). Verwacht wordt dat in 2035 een mix van functies gebruikt wordt, ook omdat nog niet alle vliegtuigen gebruik kunnen maken van interval management gebaseerd op ASAS.

Randvoorwaarden

Wat belangrijk is, is dat het vliegtuig beschikt over accurate windvoorspellingen langs de route en dat de route niet veranderd wordt tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld door ingrijpen van een verkeersleider of door het opleggen van snelheidsbeperkingen) [58]. Ook moet bij het genereren van een CTA door een grondgebonden systeem goed rekening gehouden worden met de mogelijkheden van het specifieke vliegtuigtype en met variabelen zoals weer en gewicht van het vliegtuig. Hiervoor is een goede trajectory predictor zeer belangrijk.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De prestaties van de RTA functie aan boord van vliegtuigen is voor elk vliegtuigtype verschillend. Er is weinig data beschikbaar die de prestaties van verschillende typen laat zien. In het algemeen kan gesteld worden dat hoe moderner een vliegtuig-

type, hoe beter de RTA functie werkt. Een studie uit 2009 [59] laat bijvoorbeeld zien dat de Boeing 737-600 en 737-800 in de daling een verzamelpunt met een precisie van enkele seconden kunnen overvliegen. Een studie van de FAA waarbij vliegproeven zijn uitgevoerd laat zien dat vliegtuigen een punt kunnen overvliegen met een precisie van minder dan 20 seconden [60]. Daarnaast heeft het AIRE2 project van LVNL, KLM en NLR [61] aangetoond dat moderne vliegtuigen een RTA goed kunnen realiseren maar dat oudere vliegtuigen daar meer moeite mee hebben. Door vlootvernieuwing zal het percentage goed uitgeruste vliegtuigen steeds verder toenemen.

4.1.11 Minimale separatie verkleinen in tussenliggend luchtruim

Algemene beschrijving

Op dit moment wordt IFR verkeer onderling in het tussenliggend luchtruim op 5NM (circa 9 kilometer) gesepareerd. Wanneer de minimale laterale separatie binnen het tussenliggend luchtruim teruggebracht wordt naar 3NM (circa 5,5 kilometer) zou dit meer regelruimte opleveren, waardoor verkeer effectiever gebruik kan maken van het luchtruim. Ook zou het ontwerp van de vaste routepunten efficiënter kunnen worden omdat de ruimte tussen de individuele routepunten dan kleiner kan worden. Het geldende separatieminimum, de kwaliteit van de surveillance systemen en de navigatienauwkeurigheid van civiele vliegtuigen zijn bepalend voor de minimum afstand tussen vliegtuigen en routes.

In gecontroleerd luchtruim moet voor de veiligheid zowel horizontale als verticale ruimte tussen vliegtuigen gehandhaafd worden om botsingen te voorkomen. Deze tussenruimte noemt men separatie. De separatiestandaard verschilt per situatie en is onder andere afhankelijk van de nauwkeurigheid van gebruikte luchtverkeersleidingsapparatuur en van de vliegtuigtypen. De minimale separatie is bedoeld om het vliegverkeer veilig te laten verlopen en daarbij de capaciteit van het luchtruim optimaal te benutten. De separatieminima scheppen buffers die de kans op een botsing verkleinen. De luchtverkeersleiding is verantwoordelijk voor het handhaven van de minimale onderlinge separatie tussen verkeersvliegtuigen die zich in het verkeersleidingsgebied bevinden waar zij verantwoordelijk voor zijn. De luchtverkeersleiding geeft de bemaning van vliegtuigen koers-, hoogte- en/of snelheidsinstructies, zodanig dat deze minima niet worden onderschreden. Huidige separatieminima zijn gebaseerd op de bepalingen van ICAO Doc 4444 (hoofdstuk 5) [5]. De standaard laterale minimale radar separatie voorwaarde voor IFR verkeer onderling is 5 NM of verticaal 1000 voet in tussenliggend luchtruim.

Rol van de bouwsteen

3 NM minimale separatie in het tussenliggend luchtruim is binnen het huidige operationeel concept al mogelijk. Het voordeel zit in de afname van benodigde ruimte voor het routeontwerp en de afhandeling van kruisende of parallelle

stromen. Voor achter elkaar vliegende, naderende verkeersstromen is er geen voordeel. Dit verkeer moet uiteindelijk bij de baan nog voldoende separatie hebben, en door het zogenaamde “harmonica-effect” betekent dit dat er in het tussenliggend luchtruim in de praktijk vaak al meer dan 5 NM wordt gehanteerd.

In het operationeel concept van 2035 kan een verkleinde separatie in het tussenliggend luchtruim zorgen voor meer sectorcapaciteit omdat routes dichter bij elkaar kunnen liggen in het geval er zich geen verstoringen voordoen en/of afwijkingen van de routes zijn. Wel moet er rekening mee gehouden worden dat een verstoring een grotere invloed kan hebben dan bij een grotere separatie. Bij de bepaling van de sectorcapaciteit moet daar rekening mee gehouden worden.

Randvoorwaarden

De Nederlandse FIR biedt momenteel beperkte technische mogelijkheden voor 3 NM separatie. Dit komt door beperking van de (surveillance)systemen waardoor op veel plaatsen alleen minimaal 5 NM separatie mogelijk is. De oplossing is om de prestatie van (surveillance)systemen aan te passen voor 3 NM minimale separatie. Wel moet hierbij rekening gehouden worden met de wake-turbulence separatie.

Onderzoeksvragen

Er zijn een aantal onderzoeksvragen die beantwoord moeten worden voordat deze bouwsteen in de praktijk ingezet kan worden. Ten eerste moet bepaald worden welke voorwaarden er moeten gelden om de verkleinde separatie op een veilige manier in te zetten, denk hierbij aan eisen aan systemen, zowel op de grond als aan boord van vliegtuigen. Daarnaast is het onduidelijk welke prestaties er precies van deze bouwsteen verwacht kunnen worden. Dit hangt namelijk samen met de specifieke eigenschappen van het systeem met vaste routepunten.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

In 2035 heeft deze bouwsteen de potentie om de capaciteit van het tussenliggend luchtruim te verhogen. Dit kan tevens leiden tot een precieze aflevering aan het naderingsluchtruim. Hierbij is de koppeling met de bouwsteen **naderen via een stelsel van vaste routepunten** cruciaal omdat het huidige operationeel concept zich niet leent voor een verkleinde separatie.

4.1.13 3D Scheiden van naderings- en vertrekstromen (buisen concept)

Algemene beschrijving

Het buisenconcept beschrijft routes waarop restricties gelden voor de te vliegen hoogtes en waarbij moderne technologie wordt gebruikt om vliegtuigen achter elkaar in de buis te separeren. Welke hoogterestricties er zullen gelden kan per buis verschillen. Een buis bestaat in de basis uit een aantal 3D

punten (dus een reeks posities met elk een hoogte). Door maximale afwijkingen in het driedimensionale vlak te definiëren ontstaat vervolgens een buis. Deze buis is dus rechthoekig van doorsnede. Als een vliegtuig in staat is de maximale afwijkingen te respecteren (denk aan een **RNP**-eis) dan bevindt deze zich gegarandeerd in de buis. Op basis van deze garantie kan een stelsel van buizen voor zowel vertrekkend als naderend verkeer ontworpen worden die vrij van elkaar liggen. De luchtverkeersleider hoeft alleen in te grijpen zodra afwijkingen optreden. Er wordt tevens voor gezorgd dat buizen van verschillende luchthavens ook conflict vrij ontworpen worden.

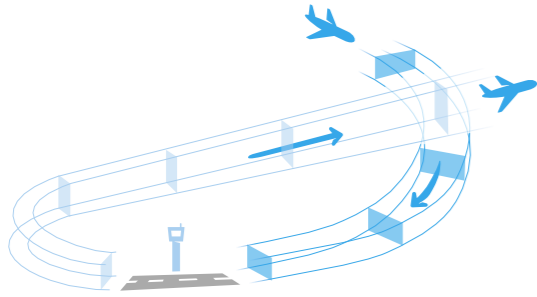
Om te zorgen dat vliegtuigen die achter elkaar in dezelfde buis zitten op de juiste afstand van elkaar blijven worden de **CTA**, **Interval Management** en **TBS** bouwstenen gebruikt.

Voor een luchthaven (of luchthavensysteem) zullen voor een beperkt aantal hoofdconfiguraties (combinaties van in gebruik zijnde banen) afzonderlijke buizenstelsels worden gedefinieerd. Afhankelijk van (onder andere) de weersomstandigheden en het luchtverkeersaanbod of de wens om geluidsoverlast te verdelen kiest de verantwoordelijke luchtverkeersleidingsorganisatie het best passende buizenstelsel. Dit kunnen toepassen van en wisselen tussen buizenstelsels stelt eisen aan de regels voor baangebruik en vereist goede systeemondersteuning. In geval van slecht weer, of andere omstandigheden waardoor het buizensysteem niet kan worden gevolgd, moet altijd een alternatief voorhanden zijn. Het is nooit mogelijk enkel een buizenconcept te hanteren en daar volledig en altijd de afhandeling op te baseren (zie ook paragraaf 3.5).

De vertrekbuizen zullen een klimgradiënt voorschrijven. Om te zorgen dat sneller klimmende vliegtuigen niet beperkt worden door deze klimgradiënt kunnen deze sneller klimmen voor zover dit niet leidt tot conflicten met andere buizen. Dit betekent dus dat de vertrekbuizen aan de bovenkant “open” kunnen zijn. Afhankelijk van de ruimte die boven en onder de buis aanwezig is kan dit ook een bandbreedte zijn. In sommige gevallen kan een buis steeds hoger worden naarmate deze verder wordt afgevolgen.

In de Ontwerpfase is het doel om voor vertrekkend verkeer de klimgradiënt in de buis niet af te laten hangen van het traagst klimmende vliegtuig maar juist af te stemmen op de meerderheid van het verkeer. Hierbij is het belangrijk dat de “last” van de vliegtuigen die niet aan de prestaties kunnen voldoen werkbaar blijft voor de verantwoordelijk verkeersleider. Het principe kan bijvoorbeeld ook betekenen dat bepaalde vliegtuigen op termijn niet langer (altijd) welkom zijn (**Best Equipped, Best Served principe**). Door een buis te ontwerpen die door het overgrote deel van het luchtverkeer gevlogen kan worden kan een goede balans gevonden worden tussen efficiëntie en werklast (voor de uitzonderingen).

Er wordt voorzien dat de verkeersleider, op momenten dat het buizenstelsel niet actief is, het verkeer zal afhandelen met instructies zoals dat ook nu gebeurt. Er zal nog nader worden bepaald wat de minimum dienstverlening is die op deze manier kan worden afgehandeld, zie voor een eerste beschouwing paragraaf 3.5.



Figuur 9: Gedeconflicteerde naderings- en vertrekbuizen

Rol van de bouwsteen

Deze bouwsteen is onderdeel van het VKA en speelt een belangrijke rol op het raakvlak tussen geluid, voorspelbaarheid en efficiëntie. Om deze bouwsteen in het operationeel concept mogelijk te maken zijn aan de voor- en achterkant veel andere bouwstenen randvoorwaardelijk. Met name de **merge tool** bouwsteen is essentieel om deze bouwsteen optimaal te laten werken. Voor naderend verkeer sluit de buis direct aan op de bouwsteen **naderen via een stelsel van vaste routepunten**. Verder heeft deze bouwsteen een nauwe relatie met de bouwsteen **gekromde naderingen**.

Het 4D concept waar de buizen grotendeels op leunen staat beschreven in EUROCONTROL documentatie [62]. SESAR geeft ook hun visie middels documentatie en een film [63] [64].

Het buizenconcept past in de voorziene ontwikkelingen binnen Europa. De toekomst zal meer en meer worden gebaseerd op geplande vluchten, meer specifiek 4D vluchten. Voorspelbaarheid en zekerheid zijn de pilaren onder deze ontwikkeling. Die ontwikkeling is gewenst vanuit luchtverkeersleidingsorganisaties, de netwerkmanager en de luchthavens. Het buizenconcept is verder in lijn met bestaande ontwikkelingen als AMAN, **E-AMAN** en bijvoorbeeld **datalink**. Deze ontwikkelingen zijn integraal (deel)onderdeel van een goed presterend buizenconcept.

In 2035 zal het buizenconcept leiden tot een grotendeels conflictvrije afhandeling van civiel verkeer rondom de luchthavens. In nominale omstandigheid wordt het verkeer gescheiden wat maakt dat de werklast van de verkeersleiders en piloten omlaag gaat. De ruimte die daarvoor benodigd is,

vereist nader onderzoek. Het buizenconcept wordt zowel voor naderende als vertrekkende vluchten ingezet. Het concept heeft een nauwkeurige aanlevering op tijd als noodzakelijk element. Voor naderend verkeer kan via de vaste routes worden overgegaan naar de buizen. De crux ligt in het accuraat aanleveren van verkeer. Binnen de buizen is de separatie gegarandeerd door gebruik te maken van **CTA, Interval Management** en **PBN**. Ook voor vertrekkend verkeer moet, zodra de vlucht de buis invliegt, de separatie zijn gerealiseerd en blijven gegarandeerd. Het is nooit mogelijk enkel een buizenconcept te hanteren en daar volledig en altijd de afhandeling op te baseren. De ruimte om in te grijpen moet te allen tijde bestaan. Dat legt ook een beslag op de totale ruimte die dit concept vereist. Het aanleggen van (verschillende) buizen met de ruimte om in te kunnen grijpen realiseert de totale ruimtevraag voor dit concept. Dat maakt inzichtelijk hoeveel ruimte er overblijft naast dit concept. De maakbaarheid rust op automatisering en vlieggedrag dat volledig voldoet aan de gemaakte afspraken voor dit concept.

Randvoorwaarden

De afhandeling van luchtverkeer is gebaseerd op de prestaties die de vliegtuigen moeten kunnen realiseren. Dat maakt dat de prestatie is vastgesteld en dat de vliegtuigen deze prestatie garanderen, anders werkt het systeem niet optimaal. Om optimaal te werken is (onder andere) verbeterde navigatie precisie van vliegtuigen randvoorwaardelijk (zie paragraaf 1.6.2).

Wat betreft veiligheid moeten waarschuwingssystemen werken die de piloot en de verkeersleider waarschuwen als niet wordt, of kan worden voldaan, aan het gedrag dat de buizen vereisen. Daarbij moet het geplande traject (inclusief de buis) gedisplay worden (in welke vorm dan ook) voor de verkeersleider. Afhankelijk waar een manco (in tijd en plaats) wordt geconstateerd moet een efficiënt back-up systeem of procedure beschikbaar zijn.

Omdat er meer verzamelpunten zijn dan landingsbanen moet verkeer van verschillende buizen samengevoegd kunnen worden tot één buis (**merge tool**). In dit proces moet de verkeersleider kunnen beschikken over ondersteunende technologie. Hier is een sterke relatie met de bouwstenen **CTA, Interval Management** en de **merge tool**. Automatisering maakt dat dit concept werkt. Die automatisering geldt voor de hele afhandeling van verkeer via vaste routes naar het buizenconcept. Nu de beïnvloeding door de verkeersleider minder wordt moet het systeem de volgorde veilig opzetten met realisatie van de gewenste capaciteit. Dit moet met de hoogste mogelijke zekerheid gebeuren nu de verkeersleider zeer beperkt is in zijn directe beïnvloeding van het verkeer. De verkeersleider krijgt een meer monitorende rol en de verkeersleider heeft dus minder een directe beïnvloeding van het verkeer (zie ook paragraaf 5.1).

Onderzoeksvragen

- Hoeveel ruimte is nodig voor een werkbaar buizenconcept in het naderingsluchtruim, en is dat beschikbaar?
- Wat is de afhandelingscapaciteit die kan worden bereikt met het buizenconcept?
- Vanaf welke hoogte moeten de buizen beginnen (voor naderend verkeer) en vanaf welke hoogte kunnen ze eindigen (voor vertrekkend verkeer)?
- Welke eisen worden door het buizensysteem gesteld aan de transition altitude?
- Het is belangrijk rekening te houden met de prestaties van de vloot bij het ontwerpen van de buizen. Een nieuwe generatie vliegtuigen zou elektrisch kunnen zijn met mogelijk een andere klim/daal prestatie. Het is belangrijk dit te borgen in het ontwerp van de buizen.
- Hoe zien de procedures eruit als één of meerdere buizen niet beschikbaar zijn en welke prestaties kunnen dan verwacht worden?

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De bouwsteen realiseert een concept van afhandeling middels buizen. Door een goede inrichting kan het luchtruim optimaal worden gebruikt. Door een optimaal systeem, in de hele keten, kan er in nominale omstandigheden een hoge capaciteit veilig worden gerealiseerd.

Door een goed en betrouwbaar systeem kan ook middels **CDO's** stabiel worden genaderd. Dat levert een positieve bijdrage aan milieu, efficiency op nu onder optimale omstandigheden kan worden gedaald. Dat heeft een positief effect op de prestatie van een vliegtuig en daarmee op het gebruik van brandstof. Ook zal door het uitvoeren van CDO's een positief effect ontstaan op geluidsproductie doordat vliegtuigen een ideale daling inzetten en volhouden met minder motorvermogen. Zonder voorgeschreven daalgradiënt is de vermindering nog sterker omdat het daalprofiel niet is voorgeschreven en vliegtuigen daardoor vaker een optimaler continu dalpad met een lager motorvermogen vliegen. Dit zal ontwerp-technisch echter vaak niet mogelijk zijn.

De voorspelbaarheid van geluid zal in algemene zin toenemen. De bouwsteen leidt tot concentratie van geluid wat kansen biedt voor het mijden van natuur en/of woonkernen. De hoogte waarop de buizen kunnen aanvangen zal moeten worden onderzocht. Indien het overvliegen van stedelijke gebieden wordt vermeden zal het criterium Externe veiligheid verbeteren.

De veiligheid bij niet voldoen aan het buizenconcept, of falende systemen, is een aandachtspunt.

4.1.13 Performance Based Navigation (PBN) zoals RNAV en RNP benutten

Algemene beschrijving

Performance Based Navigation (PBN) is een verzamelnaam van technologieën om de navigatieprestaties van vliegtuigen te verbeteren en te harmoniseren. Belangrijke voorbeelden van dergelijke technologieën zijn Area Navigation (RNAV) en Required Navigation Performance (RNP). Door gebruik te maken van PBN wordt de navigatienauwkeurigheid van vliegtuigen niet langer opgehangen aan radionavigatiebakens maar aan specifieke operaties in een bepaald stuk luchtruim. Dit geeft de mogelijkheid om procedures te ontwerpen die leiden tot betere benutting van het luchtruim. De belangrijkste factor hierbij is dat luchtverkeer veilig dichter op elkaar kan vliegen, omdat er minder afwijkingen ontstaan door navigatie-onnauwkeurigheden. Militair luchtverkeer van de Nederlandse Defensie heeft vergelijkbare navigatiecapaciteiten aan boord.

Met RNAV is een vlucht in staat om een route langs willekeurig geplaatste routepunten te vliegen. In het verleden waren routes beperkt door het noodzakelijke gebruik van grondbakens, waarbij de richting van de vlucht van of naar het bakens moest zijn. Met RNAV is er veel meer vrijheid om routes optimaal neer te leggen. De RNAV-navigatie specificatie stelt vliegtuigen in staat een bepaald gedefinieerd vliegp pad nauwkeurig af te vliegen. RNAV werkt aan de hand van navigatiepunten (routepunten) die een route definiëren.

Er zijn verschillende niveaus van RNAV, die in het bijzonder verschillen in de positionnauwkeurigheid. Voor RNAV₁ wordt bijvoorbeeld een navigatienauwkeurigheid geëist van 1 NM voor 95% van de tijd. Deze precisie kan bereikt worden met verschillende navigatiesensoren (meestal satellietnavigatie zoals GPS, maar DME avionica is ook mogelijk). Op dit moment is het overgrote deel van het handelsverkeer in staat om met RNAV₁ nauwkeurigheid te vliegen. Voor luchtverkeer van en naar Schiphol geldt nu een RNAV₁ verplichting. Het ligt in de lijn van de verwachting dat dit (of strenger) in 2035 voor heel Nederland zal gelden.

Daarnaast is er RNP waarbij het vliegtuignavigatiesysteem de beschikbare nauwkeurigheid controleert en de vlieger waarschuwt indien niet aan de vereiste nauwkeurigheid kan worden voldaan. Deze controle van de integriteit van het systeem verhoogt het veiligheidsniveau en daarmee ook de mogelijkheden voor het ontwerp van procedures.

Rol van de bouwsteen

De PBN bouwsteen is van belang, omdat navigatie vanaf 2030 primair gebaseerd zal zijn op PBN en niet langer op conventionele navigatiebakens. Echter, niet alle navigatiespecificaties die het PBN concept biedt, zijn van toepassing voor het operationeel concept.

Op EU niveau is voor civiel verkeer al een selectie gemaakt van de PBN specificaties die uiterlijk in 2030 dienen te worden toegepast [21]. Dit zijn:

- RNAV5 voor ATS routes;
- RNAV1 voor routes van en naar regionale velden;
- RNP1 met RF-legs voor de Schiphol TMA;
- RNP APCH of RNP AR APCH voor naderingen;
- RNP 0,3 voor helikopters.

De specificatie RNP AR APCH (Authorization Required) is bij uitstek geschikt voor parallel naderen, maar vergt waarschijnlijk een (te) hoge investering van vliegmaatschappijen. Wellicht zal in 2035 de nieuwe specificatie A-RNP (Advanced RNP) in plaats hiervan te gebruiken zijn. Deze specificatie geeft 0,3 NM nauwkeurigheid zonder grote investeringen.

Het concept is beschreven door ICAO [65] (huidig 4e editie, volgende editie verwacht 2022). Door EUROCONTROL zijn en worden studies verricht en op basis daarvan is een aantal handboeken opgesteld⁹.

PBN is navigeren via routepunten, met vastgestelde prestatie-eisen voor vliegtuigen die een vlucht uitvoeren op een luchtverkeersroute, tijdens een instrumentnadering of in een aangewezen luchtruimgebied. Deze prestatie-eisen zijn vastgelegd in navigatiespecificaties in termen van nauwkeurigheid, integriteit, continuïteit en functionaliteit, benodigd voor de voorziene vliegoperatie in de context van een vastgesteld luchtruimconcept.

PBN is een hoeksteen van de Europese ontwikkelingen, en is vastgelegd in wetgeving in de specifieke PBN Regulation (2018). Vanaf medio 2020 is PBN ook een verplicht onderdeel van de instrumentvliegbevoegdheid voor alle civiele piloten. Er zijn geen wettelijke uitrustingsverplichtingen voor vliegtuigen, anders dan dat het vliegtuig moet zijn uitgerust voor de beoogde operatie.

Er geldt sinds enkele jaren reeds een RNAV1 verplichting in de Schiphol TMA (met uitzondering van militair verkeer). Gepland is een upgrade naar RNP1 (in naderingen en vertrekroutes) voor Schiphol. Voor de overige luchthavens is RNAV1 gepland, en En-Route geldt reeds RNAV5. Invoering van RNP 0,3 en RNP AR zijn niet gepland maar passen binnen de strategie. Het is realistisch om aan te nemen dat de door de EU geselecteerde PBN navigatiespecificaties voldoende mogelijkheden bieden voor het operationeel concept.

Vanuit militair oogpunt zal de (vaste vleugel) luchttransportvloot aan PBN eisen voldoen. Jachtvliegtuigen zullen minimaal een equivalent niveau behalen. In 2020 worden een PBN Implementation plan (door LVNL) en PBN Roadmap (door ministerie van IenW) opgesteld.

De ligging van vliegroutes en de afstand ertussen worden deels bepaald door de gebruikte PBN navigatiespecificaties. Aangezien deze grotendeels door de EU zijn voorgeschreven, legt dit dus beperkingen op aan de ontwerprijheid. Aan de andere kant geeft dit de zekerheid dat de routes in principe door al het verkeer dat voldoende is uitgerust, gevlogen kunnen worden. Zoals opgemerkt, geldt er geen verplichting voor vliegtuigen om met PBN te zijn uitgerust. In dergelijke gevallen zullen deze luchtruimgebruikers verminderde of geen dienstverlening ontvangen.

Voor de eindnadering naar de landingsbaan zal in het operationeel concept RNP APCH de standaardprocedure zijn. Dit heeft als voordeel dat de hele vlucht volgens RNP wordt gevlogen, met kleine spreiding en inclusief de bijbehorende opties zoals vaste bochtstralen. Dit type nadering vervangt ook de ILS en de bijbehorende procedure voor ILS. Een uitzondering wordt gevormd door de eindnadering tijdens zeer slecht zicht. Op dit moment is ILS CAT 2/3 het enige systeem dat deze landingsfase kan ondersteunen. Tijdens Bijzondere Zicht Omstandigheden C/D zal dan ook teruggevallen worden op ILS landingen met de daaraan gekoppelde beperkingen.

N.B. De rol van GLS (GBAS Landing System: Ground Based Augmentation System) in het concept is op moment van schrijven zeer onzeker. Dit systeem, dat landingen mogelijk maakt met GNSS met aanvullende apparatuur op de grond, maakt geen onderdeel uit van PBN en is nu niet gecertificeerd voor CAT 2/3 operaties. Ook de uitrustingsgraad van de vloot met GBAS is op dit moment laag.

Randvoorwaarden

Het dient bekend te zijn over welke prestaties een vliegtuig beschikt. Deze zijn niet alle zonder meer uit het vliegplan of andere bronnen af te leiden. Het is bijvoorbeeld momenteel niet bekend of een vaste bochtstraal (RF leg) gevlogen kan worden. In bepaalde gevallen zal dit voor de verkeersleider geen merkbaar effect opleveren. Maar in andere gevallen zal deze hierdoor juist wel een afwijkende afhandeling willen toepassen. Naar verwachting zullen in 2035 relevante performance gegevens bij de betrokken partijen bekend zijn (via **SWIM** e.d.).

In nauw overleg met de voorziene luchtruimgebruikers moeten vooraf de ontwerp-eisen en de daarmee samenhangende PBN specificaties worden vastgesteld en geverifieerd, met als doel dat het luchtruimconcept, de infrastructuur en de voorziene operaties op elkaar zullen zijn afgestemd. Dit kan investeringen vragen van gebruikers die over de meer geavanceerde procedures willen beschikken. Hier is een link met het **BEBS** concept.

De kwaliteit van GPS en andere satellietnavigatie-signalen rondom onze luchthavens moet worden gemonitord. Er moeten back-up procedures zijn voor het geval GNSS tijdelijk niet beschikbaar is.

Door het in stand houden van een DME netwerk, kunnen vliegtuigen hiervan gebruik maken bij GNSS uitval. Deze vliegtuigen kunnen voor het grootste deel nog steeds de PBN vertrek- en naderingsroutes volgen. Op de hoofdlandingsbanen wordt ILS in stand gehouden als back-up landingssysteem bij GNSS uitval en tijdens zeer slecht zicht.

Hiernaast blijft bij enkele luchthavens nog een VOR radiobaken in dienst, wat ook voor minder goed uitgeruste vliegtuigen een mogelijkheid blijft bieden om op conventionele wijze de luchthaven te bereiken.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

PBN zorgt voor nauwkeurig vliegen volgens gedefinieerde routes, met name lateraal strak begrensd met minder spreiding. Dit geeft mogelijkheden voor een kleinere onderlinge afstand tussen vliegroutes en het nauwkeuriger kunnen vermijden van dicht bewoonde gebieden en/of natuurgebieden. In combinatie met andere bouwstenen zorgt PBN voor efficiëntere routes en verkeersafhandeling, met daarbij een vermindering van werklust van de verkeersleiding omdat vliegtuigen instructies van de verkeersleiding nauwkeuriger kunnen opvolgen. Hierbij is een sterke link met de bouwstenen **buizen en gekromde naderingen**.

Kortere routes kunnen zorgen voor minder emissie van schadelijke stoffen. Wat betreft de werklust in de cockpit, is de PBN operatie in principe een verbetering omdat het vliegplan voor de hele vlucht in de FMS is geladen en automatisch wordt afgevoerd. Doordat de optimale klim- en daalprofielen van de vaste route kunnen worden berekend, maakt dit CCO en CDO mogelijk. Voor de (eind)nadering ligt dit beeld genuanceerder, omdat daarbij extra handelingen in de cockpit nodig kunnen zijn afhankelijk van de gekozen landingsprocedure.

De concentratie van geluid kan door toepassen van PBN worden verhoogd, dit kan zowel gewenst als ongewenst zijn.

4.1.14 Op tijd gebaseerde separatie (TBS)

Algemene beschrijving

Traditioneel worden vluchten gescheiden op basis van op vaste afstand gebaseerde normen voor de eindnadering middels het concept Distance Based Separation (DBS). Het effect van sterke tegenwind bij het DBS concept is een lagere grondsnelheid van het vliegtuig en dus een lagere landingssnelheid. Dit leidt tot grote tijdseparatie tussen vliegtuigen en dus tot een lagere capaciteit op de betreffende route. Time Based Separation (TBS) past de separatie tussen aankomsten dynamisch aan, waarbij de tijdscheiding tussen vliegtuigen constant blijft. De heersende wind speelt dan niet langer een rol bij de capaciteit van de route. Bij (sterke) tegenwind kan de afstand tussen twee opeenvolgende vluchten dan immers veilig kleiner worden dan de huidige norm (bijvoorbeeld 3 NM), omdat dezelfde tijd tussen de twee vluchten wordt aangehouden in plaats van de vaste afstandsseparatienorm (de 3 NM afstand in het voorbeeld wordt dan bijvoorbeeld 2,6 NM, uitgedrukt in een tijdseenheid).

Van de implementatie op London Heathrow is ook bekend dat TBS de capaciteit licht verhoogt tijdens stilstaande of windstille omstandigheden [66]. Dat is ook aangetoond door het NLR uitgevoerde Fast-Time Simulaties voor de Schiphol-situatie [67].

De kleinere separatieafstanden leiden tot hogere capaciteit voor naderend en vertrekkend luchtverkeer, in het bijzonder dicht bij de baan. Militaire vliegtuigen hebben dusdanige capaciteiten dat formatievluchten, locked-on naderingen en dus verminderde separatie mogelijk is.

Het TBS-concept [68] is ontwikkeld binnen SESAR en is door de Europese Commissie aangenomen voor grootschalige implementatie via de Pilot Common Project-verordening [19].

Rol van de bouwsteen

Time Based Separation (TBS) als bouwsteen is belangrijk voor het operationeel concept, omdat onder windcondities TBS bijdraagt aan meer capaciteit over vaste routes.

Randvoorwaarden

Om de voordelen van TBS te kunnen benutten, moet het **E-AMAN** systeem dienovereenkomstig worden aangepast. Deze vereiste modificatie bestaat uit een dynamisch landingsinterval, rekening houdend met de tegenwind-component bij eindnadering.

Een andere vereiste voor TBS is de weergave van een Target Distance Indicator (TDI) op het scherm van de luchtverkeersleider. TBS vertaalt de vereiste tijdscheiding naar afstands-waarden die op de TDI moeten worden weergegeven. Hierbij wordt de Minimum Radar Separation (MRS) te allen tijde gerespecteerd. Op dit moment is deze wettelijke minimum

⁹ www.pbnportal.eu

radar separatie 3 NM. Er wordt echter op Europees niveau gekeken naar regelgeving om dit minimum te verkleinen. Technisch gezien is Nederland daar ook op voorbereid. Voor 2035 wordt er van uitgegaan dat een radar separatie van 2,5 NM wettelijk is toegestaan.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De voordelen (verwachte prestaties) van TBS (met systeemondersteuning) zijn:

- Minder vertragingen als gevolg van een grotere landingscapaciteit, vooral bij sterke tegenwind.
- Tijdens stormen kunnen dagelijks 20 tot 35 extra bewegingen worden ondergebracht met dit type TBS in vergelijking met Distance Based Separation [69].

4.1.15 RECAT-EU en Pair-wise Separation

Algemene beschrijving

Constance groei van vliegverkeer veroorzaakt drukte in de lucht en op de grond. Optimalisatie van capaciteit wordt dus belangrijker. Daarnaast zorgt het gebruik van vaste routes zonder additionele maatregelen voor een verlaging van de capaciteit. Onderzoek van NATS [66] en EUROCONTROL [70] wijst uit dat fysieke separatie tussen twee opeenvolgende vliegtuigen kan worden geoptimaliseerd door een herindeling van de wake turbulence categorieën (RECAT-EU). Hierbij wordt de onderlinge afstand tussen vliegtuigen niet groter dan strikt noodzakelijk door gebruik te maken van een fijnmaziger onderscheid naar vliegtuigtypes. Door de verkleinde onderlinge afstand neemt de tijd tussen twee landingen af, wat de effectieve baancapaciteit vergroot. Echter, bij forse tegenwind neemt de grondsnellheid af waardoor de onderlinge tijd juist toeneemt. Deze bouwsteen moet daarom gecombineerd worden met de bouwsteen **TBS** (op tijd gebaseerde separatie). Hierdoor neemt de onderlinge afstand af, terwijl de tijd tussen landingen gelijk blijft. Naast optimalisatie van de beschikbare capaciteit neemt door TBS wind gerelateerde vertragingen met minimaal 50% af. RECAT EU vergroot de beschikbare baancapaciteit en TBS zorgt dat hiervan optimaal gebruik wordt gemaakt in geval van forse tegenwind.

Pair-wise Separation (PWS) is een verdere verfijning van dit principe door niet langer met vliegtuigtypen te werken maar door voor elk paar vliegtuigen de optimale separatietijd te gebruiken [71].

Rol van de bouwsteen

RECAT-EU en PWS als bouwstenen zijn belangrijk voor het operationeel concept, omdat invoering bijdraagt aan meer capaciteit over vaste routes. De onderlinge afstand tussen vliegtuigen is dan niet groter dan strikt noodzakelijk en wordt in sommige opeenvolgende vliegtuigcombinaties verkleind.

Randvoorwaarden

Invoering van TBS is een randvoorwaarde.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

European Wake Vortex Re-categorisation (RECAT-EU)

Deze indeling is nauwkeuriger dan de traditionele ICAO-indeling. Het wijst vliegtuigen toe aan een van zes nieuwe categorieën [72]. De minimale separatie voor sommige combinaties van opeenvolgende vliegtuigen wordt hierdoor verminderd, resulterend in een hogere landingscapaciteit [67].

RECAT-PWS

Het staat voor RECAT-Pair-wise Separation en is een nauwkeuriger indeling van vliegtuigen dan de RECAT-EU. De vliegtuigen zijn dan gecategoriseerd in een tabel van 96x96. Deze tabel kan niet worden onthouden door controllers, dus systeemondersteuning is nodig.

4.1.16 Interval Management

Algemene beschrijving

Interval Management (IM) is een functionaliteit waarmee vliegtuigen (zelfstandig) het operationeel-gewenste interval, ook wel 'spacing', realiseren en vervolgens in stand houden ten opzichte van hun voorganger in de landingsvolgorde van een landingsbaan. De verantwoordelijkheid voor separatie blijft bij de verkeersleider. Vanzelfsprekend zal de gewenste spacing en de IM operatie zodanig worden opgezet dat de kans dat de verkeersleider moet ingrijpen om een separatieoerschrijding te voorkomen acceptabel klein is. Een belangrijk doel van IM is om te zorgen dat in een omgeving waarin vaste routes en CDO's worden gevlogen in het naderingsluchtruim, de capaciteit van de afhandeling van dat verkeer op peil blijft.

We onderscheiden daarbij twee mogelijke systemen, te weten Ground-Based Interval Management (GB-IM) en Flightdeck Interval Management (FIM). Beide zullen een rol spelen in het operationeel concept waarbij GB-IM stapsgewijs vervangen zal worden door FIM. Beide vormen zullen echter lange tijd naast elkaar bestaan. Op beide onderdelen wordt hieronder apart ingegaan.

Ground-Based IM (GB-IM)

Ground-Based IM is een tool die de verkeersleider in staat stelt de spacing van vliegtuigen op basis van tijdsintervallen (**TBS**) uit te voeren. Het adviseert de verkeersleider bij het geven van snelheidsinstructies om een zo optimaal mogelijke tijdseparatie te realiseren tot vlak voor de baan. GB-IM is een minder gestandaardiseerd concept dan ASAS-FIM. Het omvat een evolutionaire ontwikkeling waarbij tools stapsgewijs steeds geavanceerder worden zodat deze de verkeersleider kunnen ondersteunen om de capaciteit in de **buizen** voldoende hoog te laten zijn. Op dit moment zijn er al enkele systemen in gebruik bij LVNL en het is de verwachting dat deze ondersteuningssystemen zullen doorgroeien. Hiervoor zal echter nog wel verder onderzoek nodig zijn.

ASAS-FIM

Aircraft Surveillance Application System (ASAS) is een systeem aan boord van vliegtuigen waarmee piloten separatie van andere vliegtuigen kunnen bewerkstelligen. Daarnaast is dit systeem in staat vluchtinformatie over verkeer rondom het vliegtuig te verzamelen en verwerken. Deze bouwsteen gaat over de eerste functionaliteit. Deze functie wordt ASAS – Flightdeck Interval Management (FIM) genoemd.

De ASAS-FIM functionaliteit komt tot stand met behulp van technologie in het vliegtuig en met ondersteunende tools voor luchtverkeersleiders. De spacing van vliegtuigen vindt plaats op basis van in het luchtruim geldende separatie normen in afstand en/of tijd die worden bepaald door de van toepassing zijnde surveillance performance en de TBS/PWS criteria. De benodigde spacing wordt gerealiseerd op basis van een IM-instructie van de verkeersleider aan het vliegtuig waarin de benodigde separatie wordt opgegeven. De verkeersleider heeft daaraan voorafgaand bepaald welke vliegtuigen een IM-paar zijn.

In het naderingsluchtruim worden vliegtuigen vanuit verschillende richtingen samengebracht om uiteindelijk achter elkaar geplaatst te worden voor een bestemde landingsbaan. Het samenvoegen, ook wel 'mergen' van de vliegtuigen vanuit verschillende richtingen op één pad vindt momenteel plaats door verschillende instructies in het aanpassen van richting, hoogte en snelheid van de vliegtuigen. In een naderingsluchtruim met vaste route structuren is het 'spacen' en daarmee het behouden van separatie en het 'mergen' van verkeersstromen een complexe taak voor de luchtverkeersleider. De IM functionaliteit in het vliegtuig weet dit mergen, op basis van de instructies van de verkeersleider waarin onder andere het merge point en doelvluchtig waarmee de merge moet plaatsvinden, feilloos uit te voeren (zie ook de bouwsteen **merge tool**). Afhankelijk van de cockpit configuratie kan dit volautomatisch of manueel door de vlieger worden uitgevoerd.

Rol van de bouwsteen

Beide vormen van Interval Management zijn instrumenten om de vliegtuigen in het naderingsluchtruim onderling te spacen, voor vliegtuigen in dezelfde buis en voor vliegtuigen in verschillende buizen die samen komen in het naderingsluchtruim. Door Interval Management als bouwsteen in te zetten in het naderingsluchtruim kan het bijdragen aan de prestaties van CDO's op vaste routes naar de bestemde landingsbaan. De bouwsteen Interval Management zal in het operationeel concept worden geplaatst ter ondersteuning van de realisatie van **buizen**, **CDO** en **Merge tool**. De buizen representeren de vaste laterale en verticale paden waarlangs het vliegverkeer zich beweegt tot aan het punt waar de eindnadering aanvangt.

Bij de uitwerking kan gebruik gemaakt worden van bestaande ontwikkelingen en onderzoek. Zo heeft SESAR PJ.01-05 de afgelopen jaren gewerkt aan de IM operatie, met een focus op

baten en luchtverkeersleiders aspecten. Er zijn een vijftal fast-time en real-time simulaties uitgevoerd, deze zijn gerapporteerd in het zogenaamde Validation Report (VALR) [73]. De ECAC-brede prestatie evaluatie ten aanzien van capaciteit, voorspelbaarheid, omgeving (CO₂), brandstof efficiëntie en dergelijke staat in het Performance Assessment Report (PAR) [74].

Verder zijn zowel de IM operatie als de eisen aan on-board IM systemen wereldwijd gestandaardiseerd [75] [76]. In de VS zijn plannen voor initiële ASAS-FIM operaties tussen 2023 en 2025. KDC heeft, specifiek voor de Nederlandse situatie verschillende onderzoeken uitgevoerd op het gebied van interval management, zie hiervoor onder andere [77] en [78].

Randvoorwaarden

De genoemde EUROCAE en RTCA documenten zijn reeds gepubliceerd als basis voor ASAS-FIM. De FAA is bezig met de ontwikkeling van de Technical Standard Order (TSO) en die is naar verwachting in begin 2021 gereed. Daarmee is de basis voor certificering van avionica gelegd. Het is dan ook te verwachten dat ASAS FIM in 2035 breed beschikbaar kan zijn, mits er ook verplichtingen of aanmoedigingen komen om deze functionaliteit te implementeren.

Voorwaarde voor het geheel is een ADS-B-Out verplichting welke binnen de EU geldt voor de grote luchtvaart (MTOW>5.700kg (met enkele uitzonderingen) of maximum kruissnelheid (true airspeed)>250kts) vanaf 7 december 2020 voor zowel nieuwe als bestaande vliegtuigen (retrofit tot uiterlijk 7 juni 2023). Hiermee is de uitwisseling van accurate positie informatie tussen vliegtuigen gewaarborgd. Alle vliegtuigen in deze categorie moeten deze positie informatie baseren op low latency GNSS gegevens.

Omdat IM eerder nodig is dan dat ASAS-FIM volledig beschikbaar is, zal het operationeel concept in de tussentijd gebruik maken van GB-IM. Hiervoor is het belangrijk dat bestaande tools doorontwikkeld worden om de benodigde prestaties te kunnen leveren. GB-IM en ASAS-FIM zullen naar verwachting lange tijd naast elkaar bestaan waarbij ASAS-FIM bij een bredere uitrol steeds vaker ingezet zal worden.

Verder zal voor het samenvoegen van verkeer van verschillende buizen in het naderingsluchtruim een **merge tool** nodig zijn die de verkeersleider ondersteunt bij het samenvoegen van verkeer uit twee buizen naar één buis richting de eindnadering. Deze tool wordt als bouwsteen apart beschreven. De GB-IM implementatie kan een doorontwikkeling zijn van de Merge tool.

Een andere voorwaarde voor het toepassen van IM is het nauwkeuriger (dan vandaag) aanleveren van naderend verkeer bij het begin van de buizen (verzamelpunt). Hiervoor is er een koppeling met de bouwstenen TBO en **naderen via een stelsel van vaste routepunten**.

Verwachte prestaties van de bouwsteen IM

Door toepassing van GB-IM en het Merge tool is het mogelijk om, in een omgeving waarin nog niet alle vliegtuigen volledig IM capable zijn, het concept buizen met CDO te laten werken. Hiermee kan een groeipad naar een volwaardige ASAS-FIM operatie worden vormgegeven, en is er met deze tools ook een terugval mogelijkheid beschikbaar in geval van een verstoorde operatie. De IM functionaliteit ondersteunt de verkeersleider bij het garanderen van voldoende separatie tussen verschillende vliegtuigen in dezelfde buis. De functie draagt verder bij aan het zo volledig mogelijk benutten van de capaciteit die de buizen bieden.

De vaste route structuren (buisen) zijn nodig om voorspelbaarheid naar de omgeving vorm te kunnen geven, alsmede om CDO's te kunnen realiseren die bijdragen aan de vermindering van brandstofverbruik en uitstoot van CO₂ en NO_x. In een omgeving waarin een hoge afhandelingscapaciteit wordt gevraagd met behoud van vaste routestructuren is zonder inzet van geavanceerde vormen van ondersteuning, zoals interval management, de benodigde capaciteit niet te behalen. Met het inzetten van ASAS-FIM verschuift de verkeersleider, via een IM klaring, de uitvoering van de spacing taak tussen twee vliegtuigen naar de vliegtuigbemanning in de cockpit.

4.1.17 Merge tool

Algemene beschrijving

Om verschillende verkeersstromen samen te voegen (merge) moet gebruik worden gemaakt van merge-tools. Het gaat hierbij meestal om naderende verkeersstromen omdat deze vanuit verschillende richtingen naar een beperkt aantal landingsbanen geleid moeten worden. Merge-tools zijn hulpmiddelen die luchtverkeersleiders helpen om deze taak veilig en efficiënt te kunnen uitvoeren. Het gaat hierbij meestal om algoritmes die, via een bepaalde logica, de verkeersleider ondersteunen door het tonen van extra informatie of adviezen. Er zijn wereldwijd verschillende typen van dergelijke tools in gebruik waarbij er grofweg een tweedeling is tussen tools die werken op basis van *tijd* en die werken op basis van *afstand*.

Rol van de bouwsteen

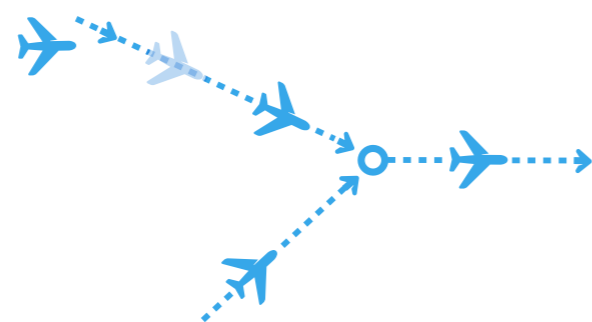
In het operationeel concept zijn er twee momenten waarop naderend civiel verkeer moet worden samengevoegd.

1. Het verzamelpunt, dat de overgang van tussenliggend naar naderingsluchtruim markeert. Het E-AMAN systeem plant verkeer dat (ongeveer) uit dezelfde richting komt zodanig dat er voldoende tijd tussen de verschillende vluchten zit op het verzamelpunt, hiervoor wordt gebruik gemaakt van een geavanceerde **trajectory predictor**. Indien het systeem detecteert dat er onvoldoende separatie op het verzamelpunt zal zijn, wordt een route door het systeem van vaste routepunten gepland om tijd aan de vlucht toe te voegen. Het **E-AMAN** systeem fungeert hier dus, samen met de

verkeersleider, als "merge tool". Voor dit proces wordt geen additionele merge ondersteuning voorzien in het VKA.

2. Na het passeren van één van de verzamelpunten gaat het verkeer (via de buizen en gekromde naderingen) naar één van de twee landingsbanen. Omdat er meer verzamelpunten dan landingsbanen zijn, zal verkeer van verschillende verzamelpunten (en dus uit verschillende richtingen) samengevoegd moeten worden. Dit gebeurt door op een bepaald punt twee buizen samen te voegen in één buis. Het planningsproces (onderdeel van E-AMAN) houdt hier rekening mee door in de ene buis een "gat" te laten vallen, als in een andere buis een vliegtuig zit. Op deze manier ritst het verkeer als het ware in elkaar. De rest van deze bouwsteen concentreert zich op het merge proces van deze stap.

Wereldwijd zijn er verschillende oplossingen bedacht én in gebruik genomen om de verkeersleider te ondersteunen in de merge taak. Grofweg bestaan deze oplossingen uit twee typen: tijd- en afstand gebaseerd. Omdat het VKA een transitie van afstand naar tijd gebaseerd werken in het naderingsluchtruim impliceert, ligt een tijd gebaseerde oplossing voor de hand. In een tweetal studies uit 2014 [79] en 2016 [80] is een overzicht gegeven van de verschillende typen tools en is een aantal gewenste eigenschappen voor een dergelijke studie verkend en getest in een simulator. Alhoewel deze studies waren gericht op ondersteuning van de huidige manier van werken, kunnen wel een aantal eigenschappen voor een dergelijke tool gedefinieerd worden voor het VKA. De belangrijkste is dat er gebruik wordt gemaakt van een zogenaamde "ghost". Dit is een afbeelding van het verkeer van de ene buis op de andere buis. Op deze manier kan snel visueel worden gecontroleerd of de afstand tussen de vliegtuigen voldoende is om veilig te ritzen. Omdat in de toekomst tijd gebaseerd gewerkt zal worden (en de veilige afstand tussen twee vliegtuigen dus fluctueert met de omstandigheden), ligt het voor de hand dit te combineren met een aanwijzing over de gewenste afstand tussen vliegtuigen (het huidige werk van LVNL rondom een *spacing tool* kan hierbij mogelijk een rol spelen).



Figuur 10: Voorbeeld van een "ghost". Er is een ghost in de bovenste route afgebeeld afkomstig van het vliegtuig van de onderste route.

Randvoorwaarden

Om verkeer op een veilige manier in elkaar te ritzen is het nodig dat de timing van het verkeer volgens de planning verloopt. Uiteindelijk zal de **Interval Management** bouwsteen hier voor kunnen zorgen door de verantwoordelijkheid voor het houden van afstand en het in elkaar ritzen bij de vliegtuigen te leggen. Het is echter de verwachting dat in 2035 nog niet de gehele vloot uitgerust is om van deze mogelijkheid gebruik te maken. Er is dus een alternatief nodig waar wordt uitgegaan van grond-gebaseerde technologie waarbij de luchtverkeersleider een grotere rol speelt. Dit alternatief moet bovendien parallel kunnen bestaan naast de ASAS technologie om zo de overgang te vergemakkelijken. Zie de Interval Management bouwsteen voor meer details.

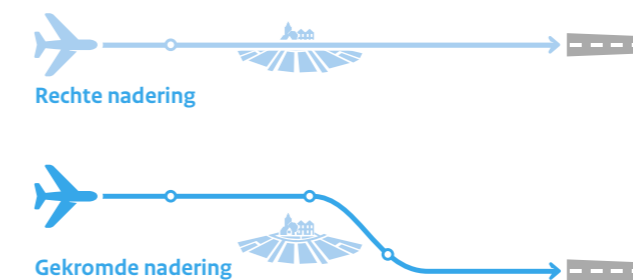
Verwachte prestaties van de bouwsteen

De merge tool voor het naderingsluchtruim laat op tijd aan de verkeersleider zien of het samenvoegen van de verkeersstromen gaat passen. Dit geeft de verkeersleider extra zekerheid over de veilige voortgang van de operatie. Indien nodig kan de verkeersleider tijdig ingrijpen om (kleine) correcties uit te voeren. De merge tool betreft informatie van verschillende systemen: radar systemen, vluchtplanning, E-AMAN planning, weer informatie etc. De tool combineert deze informatie en vertaalt deze naar een eenvoudig te interpreteren situatieoverzicht, geïntegreerd in de systemen van de luchtverkeersleiding.

4.1.18 Gekromde naderingen

Algemene beschrijving

In conventionele instrument-precisienaderingen, gebaseerd op het ILS, moet een vlucht op een bepaalde afstand voor de landingsbaan recht voor de baan ('in het verlengde van de centerline') vliegen. Gekromde naderingen bieden de mogelijkheid om het laatste deel van de buis zo te ontwerpen dat deze tot kort voor de landingsbaan nog bochten kan bevatten. Dit biedt meer mogelijkheden in het ontwerp van de naderingsroutes en daarbij bijvoorbeeld woonkernen en natuurgebieden zoveel mogelijk te vermijden.



Figuur 11: Voorbeeld van een conventionele nadering en een nadering volgens een gekromde nadering.

Rol van de bouwsteen

Gekromde naderingen stellen hoge eisen aan de navigatieprestaties van vliegtuigen (zie de bouwsteen **PBN**). Mogelijk kan regelgeving een rol spelen om te zorgen dat benodigde apparatuur aan boord sneller beschikbaar komt.

Omdat gekromde naderingen gebruik maken van precisienavigatie wordt de geluidsbelasting geconcentreerd op een klein specifiek gebied rondom de route. Dit zou misschien in het ontwerp gemitigeerd worden door meerdere gekromde naderingen naar één baan te beschrijven en het luchtverkeer daarover te verdelen.

Er wordt voorzien dat de gekromde nadering op ten minste 3 of 4 NM voor de landingsbaan overgaat in een laatste recht segment, teneinde een stabiele eindnadering te faciliteren. Gekromde naderingen zijn een belangrijke voorwaarde om parallelle naderingen met CDO's te kunnen uitvoeren.

We kunnen onderscheid maken tussen twee types gekromde naderingen:

- RNP1
- EoR (Established on RNP AR APCH)

Het eerste type maakt gebruik van de PBN specificatie RNP1. Deze geeft de mogelijkheid tot vaste bochtstralen (RF legs) in de initial en intermediate approach. Daarna wordt overgegaan op een rechte final approach. Hiervoor zijn weer twee mogelijkheden:

- ILS
- RNP APCH

Bij de eerste mogelijkheid (RNP1 to ILS) dient de vlieger over te schakelen naar de ILS approach mode. Bij de tweede variant blijft het vliegtuig in LNAV/VNAV mode en wordt dus geen gebruik meer gemaakt van het ILS.

Bij het tweede, meer geavanceerde type gekromde nadering wordt gebruik gemaakt van de PBN specificatie RNP AR (Authorization Required). Deze specificatie stelt hogere eisen aan de uitrusting van het vliegtuig en aan de training van de vliegers. RNP AR is oorspronkelijk ontwikkeld om in de mist tussen bergen door te kunnen vliegen. Sinds kort is men dit ook gaan toepassen bij parallelle naderingen. Daar is op het moment 3 NM of 1000ft separatie nodig totdat beide vliegtuigen 'established' zijn op de ILS localizer. De 'EoR curved approach' is een gekromde nadering naar de baan, waarbij bovengenoemde separatie kan worden losgelaten zodra het vliegtuig established is op de gekromde RNP nadering. De afkorting EoR staat voor 'Established on RNP AR APCH'. In de radiotelefonie is dit 'Established on RNP'.

Het verschil tussen een gekromde nadering op basis van RNP1 of op basis van EoR is significant. De EoR variant heeft hogere nauwkeurigheid en betrouwbaarheid, waardoor routes in 3D geoptimaliseerd kunnen worden voor zowel brandstof als geluid. Doordat de EoR route voorspelbaarder is, neemt tegelijkertijd de werklast voor piloten en verkeersleiders daarbij af.

Gekromde naderingen staan beschreven in ICAO Doc 8168 [81]. De RNP-AR variant heeft een apart document: [82]. De toepassing van instrumentnaderingen tijdens parallel landen is beschreven in de SOIR Manual [83]. Ook de EoR variant (Established on RNP AR APCH) is beschreven in Edition 2 (2020) daarvan.

Gekromde naderingen zijn een onderdeel van PBN en als zodanig onderdeel van de daarbij beschreven ontwikkelingen. EoR-naderingen zijn ingevoerd op enkele luchthavens in de Verenigde Staten en in Canada, maar nog niet in Europa. In het concept worden gekromde naderingen voorzien die worden gevlogen op basis van PBN, waarbij gebruikt wordt gemaakt van satellietnavigatie als on-board sensor. Gekromde naderingen op basis van MLS (microgolf landingssysteem) of GBAS worden hier niet voorzien.

Op dit moment kunnen alleen vliegtuigen die gecertificeerd zijn voor RNP AR de geavanceerde gekromde naderingen vliegen gebaseerd op EoR. Op Schiphol is dat minder dan twintig procent. Aangezien deze certificering erg kostbaar is, is niet te verwachten dat dit aandeel snel zal stijgen. Ook in 2035 zal een aanzienlijk deel van de vloot hieraan niet voldoen. De hoop is dan ook gevestigd op het beschikbaar komen van een 'light' variant, te weten een verbeterde versie van de PBN navigatiespecificatie A-RNP (Advanced RNP). Deze zou in een omgeving zonder bergen voldoende moeten zijn om gekromde EoR naderingen te kunnen uitvoeren, met minder strenge eisen [65].

Randvoorwaarden

Om de gekromde naderingen optimaal te kunnen ontwerpen, is het gewenst om de toekomstige navigatiespecificaties van A-RNP te kennen. De verwachting is dat deze eind 2022 door ICAO zullen worden gepubliceerd. Het ontwerp van gekromde naderingen zal zeer intensief met stakeholders, zowel gebruikers als omgeving, moeten worden afgestemd.

De uitrusting van operators met de juiste boordapparatuur en training van crews is essentieel. Er kan worden overwogen om dit verder af te dwingen, bijvoorbeeld met behulp van het uitvaardigen van een A-RNP mandaat door de overheid. Om te zorgen dat luchtvaartgebruikers zich hierop kunnen voorbereiden is het aan te bevelen om een dergelijke verplichting zeer lang van tevoren te communiceren (denk aan tien jaar).

Gekromde naderingen dienen gepaard te gaan met extra tools en safety-nets, die in de luchtverkeersleidingssystemen ingebouwd moeten worden. Onder andere valt te denken aan gekromde uitbreiding van de non-transgression zone (NTZ) en van extra nauwkeurige radarsensoren. De NTZ is de voorgescreven veiligheidszone tussen verkeersstromen naar parallelle banen, waar vliegtuigen niet in mogen komen. Als dat onverhoopt toch gebeurt, kan de verkeersleider procedureel ingrijpen. Op radargebied kan overwogen worden om het MLT netwerk te upgraden. Dit passieve netwerk rond Schiphol maakt gebruik van de uitzendingen van radartransponders van vliegtuigen, om een actueel verkeersbeeld te presenteren. Door de dekking, resolutie en updatefrequentie op te voeren krijgt de verkeersleider betere en nog actuelere beslissinginformatie tijdens de parallelle operaties.

Een complicatie is vooralsnog, dat de huidige EASA regelgeving niet verder kijkt dan de horizon van 2030. In dat jaar moet PBN volledig zijn ingevoerd, met RNP1 routes in de drukke TMA's [21]. Het gebruik maken van A-RNP is niet in lijn met Europese harmonisatie. Er lijkt echter nog voldoende tijd en ruimte om, samen met andere luchtverkeersleidingsorganisaties, het meer geavanceerde gebruik van gekromde naderingen tegen die tijd geaccepteerd te krijgen.

Onderzoeksvragen

Het effect van het combineren van gekromde naderingen met ILS naderingen op dezelfde landingsbaan moet onderzocht worden.

Er zou een negatieve impact kunnen zijn onder BZO (beperkt zicht omstandigheden). Gekromde naderingen zijn wellicht nog niet mogelijk onder CAT 2/3 omstandigheden. Ook dit moet nader onderzocht worden.

Vanuit ruimtelijke ordening en het effect op obstakelbeperkingen rondom een luchthaven moet worden onderzocht in hoeverre aanpassingen mogelijk en wenselijk zijn gezien de ontstane inrichting van de ruimte door de jaren heen en de bebouwing die nu reeds is gerealiseerd.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Met gekromde naderingen kunnen in het operationeel concept kortere eindnaderingen met minder geluidshinder worden gerealiseerd. Indien niet alle vliegtuigen zijn uitgerust, kunnen alleen de beter uitgeruste vliegtuigen de kortere, gekromde routes krijgen op basis van **BEBS**. Gekromde naderingen zorgen voor verkorting van het vliegp pad en concentratie van geluid. Daarnaast ondersteunen ze **dalen met een continu dalpad** met bochten. De voorspelbaarheid van de routes die het verkeer volgt neemt toe. Dit kan leiden tot positieve effecten voor geluid en klimaat.

4.2 Bouwstenen voor luchthavens

4.2.1 Het delen van informatie op luchthavens verbeteren

Algemene beschrijving

Airport Collaborative Decision Making (A-CDM), dat al bestaat op Schiphol, is een proces waarbij verschillende partijen op een luchthaven samenwerken door het delen van informatie. Op deze manier kan een beter overzicht worden verkregen van de actuele operatie en kunnen beter geïnformeerde beslissingen gemaakt worden. Ook voor de regiovelen wordt een beperkte versie van A-CDM voorgesteld. Deze versie van A-CDM kan zich beperken tot informatiedeling met de Network Manager van Departure Planning Information (DPI) maar kan ook worden uitgebreid als dat tot verdere voordelen leidt. Het delen van informatie over een luchthaven kan verder uitgebreid worden, dat wordt een Airport Operations Plan (AOP) genoemd.

Een AOP is een gemeenschappelijk en overeengekomen plan en bevat continu aangepaste informatie over de operationele status van een luchthaven. Met dit plan en de informatie zijn de activiteiten van de betrokken partij te coördineren en kan de verkeersvraag en -aanbod optimaal op elkaar worden afgestemd. Hiermee wordt de totale luchthavenoperatie efficiënter. De luchtverkeersleiding is voor de vertrekplanning van Schiphol al gekoppeld aan A-CDM-informatie. Door de informatiedeling voor het AOP uit te breiden en luchtverkeersleidingssystemen volledig te koppelen, wordt de hoeveelheid informatie vergroot en kan de operatie verder verbeterd worden. Toekomstige afhandeling vereist steeds meer planning. Het AOP is daarom gericht op alle planningsfasen, van lange termijn tot de dag van uitvoering en ook de evaluatie achteraf. In een AOP kan ook rekening worden gehouden met veranderingen of beperkingen in het luchtruim waarvoor een koppeling met airspace reserveringen (LARA+) en A-FUA (bijvoorbeeld de planning van oefengebieden) gewenst is. Door het delen van AOP informatie met de EUROCONTROL Network Manager kan het Europese Network Operations Plan (NOP) beter rekening houden met de luchthaven status en ontstaan nieuwe mogelijkheden om luchthaven en netwerk plan op elkaar af te stemmen.

Rol van de bouwsteen

Het optimaal op elkaar afstemmen van verkeersvraag en -aanbod is nodig om het verkeer voorspelbaar te maken zodat concepten, zoals **buizen** en **TBO**, kunnen slagen en de beschikbare capaciteit optimaal wordt benut. Het AOP zal in 2035 volledig zijn ingevoerd op grote luchthavens en op kleinere luchthavens waarvoor dat voordelen heeft.

Randvoorwaarden

A-CDM-processen werken nauw samen met het **Geavanceerde DMAN**-concept. Voor de informatiedeling in het AOP moet alle relevante informatie betreffende de luchthaven compleet, up-to-date en eenduidig zijn daar deze aan alle betrokken

partijen beschikbaar wordt gesteld. Voor het delen van informatie met NM is **SWIM** nodig. Deze bouwsteen is een deel van de gevraagde oplossing bij bouwstenen die vragen om een betere afstemming van luchtverkeer.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het AOP zal de algehele operationele efficiëntie verbeteren en het herstellervermogen van de luchthaven en het netwerk tegen verstoringen vergroten (bijvoorbeeld ongunstige weersomstandigheden, sluiting van een startbaan, veiligheidswaarschuwingen). Het AOP ondersteunt land- en airside-activiteiten op luchthavens waardoor deze beter op elkaar zijn afgestemd en vertragingen worden verminderd. Het delen van informatie tussen de luchthaven en netwerkmanager zal de luchthaven beter in de netwerk planning integreren waardoor capaciteit optimaal wordt benut en vertraging door het netwerk worden verminderd.

4.2.2 Geavanceerde DMAN

Algemene beschrijving

Departure management (DMAN) is een breed begrip dat het hele proces rondom het vertrek van vluchten beslaat, inclusief planning. Vaak wordt met DMAN alleen de computerondersteuning in de vorm van een "planningshulpmiddel" bedoeld, maar hier wordt de brede betekenis bedoeld. Uiteindelijk is het proces erop gericht om de vertrektijd van vliegtuigen ("wielen van de grond") zo accuraat mogelijk en zo vroeg mogelijk te plannen en ook zo uit te voeren en daarmee voorspelbaar te maken en beschikbare capaciteit op de grond en in de lucht optimaal te benutten. In dit proces kan bijvoorbeeld informatie gebruikt worden van grondafhandeling, voorspelling van taxi-tijden, baangebruik of weer. Deze informatie komt uit het AOP en de A-CDM-processen.

Voor het maken van de planning wordt tevens gecoördineerd met de Network Manager (via AOP/NOP-integratie) en in de toekomst wellicht ook met de aankomstluchthaven of met andere Nederlandse luchthavens om conflicten in de lucht te voorkomen. Voor het maken van een startvolgorde kan geclusterd worden naar wake-vortex categorie om te zorgen voor een hogere capaciteit. Ook is het mogelijk om bij meerdere beschikbare startbanen luchtverkeer te clusteren naar wake-turbulence categorie en/of om bepaald verkeer af te handelen op specifieke banen.

Rol van de bouwsteen

De basisfunctionaliteit van het DMAN planningshulpmiddel berekent de Target Take Off Times (TTOT) en de Target Startup Approval Times (TSAT), rekening houdend met meerdere beperkingen en voorkeuren die een rol spelen op de luchthaven zoals de geplande vertrektijden, slotbeperkingen, actueel en toekomstig baangebruik. Dientengevolge biedt de DMAN een geplande vertrekstroom met als doel een optimale doorvoer op de startbaan te behouden, wachtrijen bij het wachtpunt

(holding point) te verminderen en de informatie te distribueren naar de verschillende stakeholders, waaronder de Network Manager (NM). Door een koppeling van DMAN en A-CDM wordt de coördinatie van het vertrekproces op Schiphol verbeterd. In het geval vliegtuigen dezelfde vertrekbuis gaan volgen moet ervoor gezorgd worden dat eventuele verschillen in prestaties er niet toe leiden dat vliegtuigen na de start te dicht bij elkaar komen. De DMAN kan hier een rol in spelen door, op basis van specifieke gegevens van een vlucht, een inschatting te maken van de snelheid in het eerste deel van de klim en, indien nodig, de starttijden daarop aan te passen.

De basisfunctionaliteit van DMAN is uit te breiden waardoor de nauwkeurigheid kan worden verbeterd. Zo kan een optimale taxi-routeplanning worden toegevoegd die ook rekening houdt met de afhankelijkheid met andere push-backs en naderend verkeer, de lengte van de taxiroutes, tactische aanpassingen zoals tijdelijke beperkingen, weerinformatie zodat de verwachte taxiselheden zijn te bepalen en informatie van het grond surveillance systeem (A-SMGCS). Verder kan een integratie van DMAN met AMAN worden gerealiseerd (zie bouwsteen **Integratie AMAN/DMAN**).

Randvoorwaarden

Door een stabiele vertrekvolgorde te creëren, kunnen de verschillende operators hun werk efficiënter plannen. Om een vertrekvolgorde te berekenen, heeft DMAN toegang nodig tot nauwkeurige informatie van verschillende systemen over de status van individuele vluchten en luchthaven infrastructuur zoals het verwachte baangebruik en de beschikbaarheid van taxibanen. A CDM en AOP ondersteunen deze informatie-uitwisseling op de luchthaven. Voor een integratie met AMAN en het grond surveillance systeem (A SMGCS) is informatie-uitwisseling van DMAN met die systemen nodig.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Geavanceerde DMAN kan leiden tot verminderde emissies doordat de Target Startup Approval Times (TSAT) van een DMAN-berekening resulteert in verkleining van de wachtrijen op het wachtpunt bij de startbaan. Vliegtuigen kunnen daarom hun totale taxitijd van hun gate / stand tot hun daadwerkelijke start vanaf de startbaan verkorten en hun brandstofemissies minimaliseren.

DMAN voegt voorspelbaarheid toe aan de vertrekstroom, wat resulteert in geoptimaliseerd gebruik van middelen voor grondafhandeling, luchtvaartmaatschappijen en het Europese netwerk. Door een koppeling van DMAN en A-CDM wordt gezorgd dat vluchten hun slots halen en zo de beschikbare capaciteit in de lucht (en route) benutten.

Door een geoptimaliseerde startvolgorde kan de baancapaciteit verhoogd worden door de gemiddelde tijden tussen startende vliegtuigen te verminderen.

DMAN zorgt voor een verbeterde opvang van onvoorziene gebeurtenissen en kan daarom de negatieve impact van een dergelijke gebeurtenis verminderen. Door voortdurend informatie te monitoren en te verspreiden (via AOP), kan de DMAN ondersteunen bij het maken van een nieuw plan op basis van de huidige situatie en de informatie snel te verspreiden onder de verschillende operators en stakeholders op de luchthaven.

4.2.3 Centrale afstemming baangebruik

Algemene beschrijving

Luchthavens baseren het gebruik van start/landingsbanen op de omstandigheden, politieke keuzes (denk aan het preferent baangebruik uit het Nieuwe Normen en HandhavingsStelsel) en de heersende windrichting. Als luchthavens (die dicht bij elkaar liggen) hier andere keuzes in maken kan de interferentie tussen het luchtverkeer toenemen waardoor het ontwerp van de routes én de uitvoering van de operatie minder efficiënt kunnen worden. Door afspraken te maken over het baangebruik en het baangebruik van de ene luchthaven te koppelen aan dat van de andere luchthaven kan mogelijk een efficiënter route ontwerp gemaakt worden. Er zijn overigens altijd uitzonderingen voor de centrale afstemming nodig, bijvoorbeeld bij een frontpassage. Verder kan een centrale afstemming leiden tot een optimalere operatie maar tevens ook tot een suboptimale oplossing voor bijvoorbeeld geluid. Dit dient meegewogen te worden bij de uiteindelijke keuzes. Deze bouwsteen is onderdeel van de bouwsteen **Multi-airport concept**.

Rol van de bouwsteen

De afstemming van baangebruik kent drie aspecten. Ten eerste de overgang van het tactisch bepalen van baanconfiguraties naar het voorspelbaar plannen van baanconfiguraties verder in de tijd vooruit in de (pre)tactische fase. Ten tweede het koppelen en centraal afstemmen van baangebruik tussen nabij gelegen luchthavens. Ten slotte moeten afwijkingen hierop ook mogelijk zijn in situaties waarin dat nodig is (bv. tijdens een frontpassage).

Deze bouwsteen biedt duidelijke voordelen bij het maken van een routeontwerp maar heeft ook invloed op het gebied van (geluids)hinder. Pas bij het detailontwerp kan hier zekerheid over verkregen worden en kan dit concept volledig ontwikkeld worden.

De verwachting is dat bij de ontwikkeling van de hoofdstructuur al overwegingen plaatsvinden over centrale afstemming van het baangebruik. Op het moment van schrijven van deze bouwsteen zijn nog niet alle conclusies beschikbaar maar de conclusie die al wel getrokken is, is dat er afhankelijkheid nodig is tussen Lelystad/Rotterdam en Schiphol vanwege complexiteit. De verwachting is dat afhankelijk baangebruik wat geluid betreft in een verbetering zal resulteren in het aantal decibellen aan de grond. Er wordt wel verwacht dat de geluidsverplaatsing een onderwerp van discussie zal zijn.

De intensivering van de samenwerking tussen luchthavens is één van de pijlers van het VKA. Een multi-airport concept kan verschillende grote voordelen brengen op het vlak van samenwerking. Deze samenwerking is een belangrijke voorwaarde voor een groot deel van de bouwstenen van het operationeel concept en is daarom voorwaardelijk voor dit concept. Het management van baangebruik is een belangrijk onderdeel van een multi-airport concept. Hoe een multi-airport concept er qua luchtruimontwerp precies uit gaat zien is iets voor de volgende fase van het programma. Wel is duidelijk dat de luchthavens Volkel/Eindhoven en Schiphol/Rotterdam/Lelystad in elk geval bepaalde afhankelijkheden kennen qua baangebruik. De luchthavens en daarmee de verkeersstromen liggen bij bepaalde baancombinaties relatief dicht bij elkaar waardoor dit niet anders kan. Een pluspunt is dat dan voor bepaalde baancombinaties van Schiphol een route set kan worden ontworpen voor bijvoorbeeld het koppel Schiphol/Rotterdam/Lelystad in één richting: een route set voor noordelijk en een route set voor zuidelijk baangebruik. Voor baancombinaties waarin noord en zuid varianten niet voldoen omdat bijvoorbeeld Rotterdam en Lelystad verkeer interfereren moeten alternatieven beschikbaar zijn. Voor wat betreft Eindhoven en Volkel is afstemming over het baangebruik al staande praktijk en dit zal ook in de toekomst zo blijven.

In het gebied rondom Schiphol met omringende luchthavens spelen meerdere aspecten een rol bij de overweging tot een besluit over het wel of niet centraal afstemmen van baangebruik:

1. Voorspelbare planning;
2. Het routeontwerp vs. geluid en hinder.

Het rapport 'Multi-Airport concept' [34] raadt aan om de afstemming van het baangebruik tussen de verschillende civiele luchthavens rondom Schiphol te verbeteren zodat de verkeersstromen beter afgestemd zijn. Hiervoor zijn informatie-uitwisseling en een vroegere planning van het baangebruik belangrijke voorwaarden.

Voorspelbare planning

Op Schiphol vinden in de huidige situatie frequent baanconfiguratiewisselingen plaats. Gemiddeld 16 keer per dag wordt er gewisseld. Daarbij wordt rekening gehouden met preferentieel baangebruik en een maximum aantal banen wat tegelijk mag worden ingezet. Omringende luchthavens bepalen onafhankelijk hun baangebruik. Baanwijzigingen in een laat stadium van het verloop van een vlucht geven voor de luchtruimgebruiker extra werklast in de cockpit. Het frequente aantal wisselingen van baanconfiguratie leidt tevens tot werklast voor ATC doordat bij elke baanwisseling de verkeersstromen in het naderingsluchtruim veranderen. In 2035 kan mogelijk gebruik gemaakt worden van stabiel baangebruik met minder frequente wisselingen.

Het routeontwerp vs. geluid en hinder

Het op elkaar afstemmen van baangebruik is voordelig voor het routeontwerp omdat het aantal routes wat ontworpen moet worden beperkt kan blijven. Aanvullend is het hierdoor beter mogelijk om CCO/CDO te vliegen waardoor de totale hinder gereduceerd kan worden. Dit is belangrijk aangezien er in de directe omgeving dichtbij de luchthaven altijd woonkernen zijn die hinder beleven. Juist in die omgeving is het beperken van geluidshinder maatwerk. Door baangebruik te koppelen kan hinder verplaatst worden naar andere locaties dan waar het zonder koppeling hinder zou opleveren en wordt hinderproblematiek van luchthavens met elkaar verbonden. Aan de andere kant kan deze bouwsteen zorgen voor een efficiënter routeontwerp waardoor hinder juist kan afnemen. Vanuit hinderperspectief lijkt het dus complexer te worden als baangebruik tussen luchthavens afhankelijk wordt gemaakt. Een uitgangspunt zou kunnen zijn om afhankelijk baangebruik pas mee te nemen zodra blijkt dat het toegepast zou moeten worden omdat dit vanwege complexiteit of werklast niet anders kan.

Randvoorwaarden

Om tot een centrale afstemming van baangebruik te komen moeten de (wettelijke) kaders duidelijk zijn waarbinnen besluitvorming over baangebruik moet plaatsvinden. Ook zullen planningsgegevens en meteo data beschikbaar moeten zijn per luchthaven om centraal af te kunnen stemmen. Als de wind niet leidend is zou als uitgangspunt kunnen worden gehanteerd dat de Schiphol omringende luchthavens aansluiten op het baangebruik op Schiphol.

Een centraal afgestemde baanplanning verder vooruit in de tijd gepland in de pre-tactische en tactische fase moet voorspelbaarheid leveren voor luchtruimgebruikers, omwonenden en luchtverkeersleidingsorganisatie. Voor de luchtruimgebruiker moet de baanplanning duidelijkheid bieden over te verwachten trackmiles naar de eindnadering zodat brandstof en tijdstip van aankomst nauwkeuriger gepland kunnen worden. Dit levert ook minder werklast op in de cockpit doordat flight management systemen gevoed kunnen worden met de verwachte route voor TOD. Voor omwonenden is het belangrijk dat de hinder zo gering mogelijk is en om vooraf te weten wanneer wel hinder verwacht kan worden en wanneer niet. Voor de luchtverkeersleidingsorganisatie leveren centrale afstemming en voorspelbaarheid stabiliteit op in het verkeersbeeld, de verkeersstromen en dientengevolge verminderde complexiteit en werklast.

Luchthavenpartijen en (lokale) luchtverkeersleidingsorganisaties zullen gegevens moeten delen met het onderdeel wat verantwoordelijk is voor de centrale afstemming (voor Schiphol is dit LVNL). In de uitvoering zal op en voor elke luchthaven duidelijk moeten zijn wat het geplande baangebruik is. Mogelijk kunnen hiervoor tools worden ingezet waarbij wordt gewaarborgd dat alle partijen altijd tijdig de juiste informatie bezitten. Er moeten ook mogelijkheden zijn om procedureel of via de

tools af te kunnen wijken van de centraal afgestemde planning als dat nodig is. Juist in die fase is het belangrijk dat alle betrokken partijen over de juiste informatie blijven beschikken.

Onderzoeksvragen

Het is de vraag wat voorspelbaarheid in combinatie met centrale afstemming van baangebruik precies kan opleveren op grond van voorspelbare verkeersstromen, nauwkeuriger landingstijden en in-block tijden, te vliegen trackmiles, bijbehorende afname in brandstofverbruik en kosten, afname uitstoot, geluid en hinder.

Een andere concrete vraag is hoe voordelen als gevolg van een routeontwerp gebaseerd op afhankelijk baangebruik en nadelen op het gebied van hinder bij afhankelijk baangebruik tegen elkaar opwegen.

Deze vragen moeten onderdeel zijn van het detailontwerpproces.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De verwachting is dat een centrale afstemming van baangebruik tussen luchthavens die dicht bij elkaar liggen kan zorgen voor een eenvoudiger en efficiënter routeontwerp. Mogelijk zijn er consequenties voor geluid op de grond, hoe dit precies uitpakt zal per baanafhankelijkheid onderzocht moeten worden.

De verwachting is verder dat deze bouwsteen zal resulteren in een afname van tactische handelingen door de verkeersleider en meer mogelijkheden biedt voor optimale vliegprofielen omdat er minder interferentie zal zijn tussen stromen.

4.2.4 Integratie AMAN/DMAN proces

Algemene beschrijving

Door het vertrek proces (DMAN) en aankomst proces (AMAN en E-AMAN) voor luchtverkeer op elkaar af te stemmen kan efficiënter gebruik worden gemaakt van dat luchtruim. Afstemmen kan gebeuren door systemen te integreren maar ook door betere informatie-uitwisseling. Hierbij is een sterke link met ontwikkelingen zoals Airport Operations Plan (AOP) en Airport Operations Center (APOC).

De verplichting om het AMAN/DMAN proces te integreren wordt genoemd in het Europese concept voorstel voor Common Project 1 [84]. Vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat Nederlandse luchthavens onder deze verplichting vallen. Daarmee is er vooralsnog geen verplichting. In het kader van de luchtruimherziening wordt de bouwsteen wel beschouwd.

Rol van de bouwsteen

Voor deze bouwsteen is het van belang om een duidelijk onderscheid te maken tussen de aankomst- en vertrekplanning processen en de AMAN en DMAN systemen.

De integratie van het AMAN en DMAN proces is onderdeel van het totale capaciteitsmanagement proces wat gaat over het plannen en managen van de beschikbare capaciteit. Dit proces raakt in principe alle geledingen van het ATM-systeem, maar in het bijzonder baancapaciteit en sector capaciteit. In het deel van het capaciteitsmanagement proces wat vooraf gaat aan het AMAN/DMAN proces moet op voorhand zoveel mogelijk worden voorkomen dat pieken meer overlappen dan nodig.

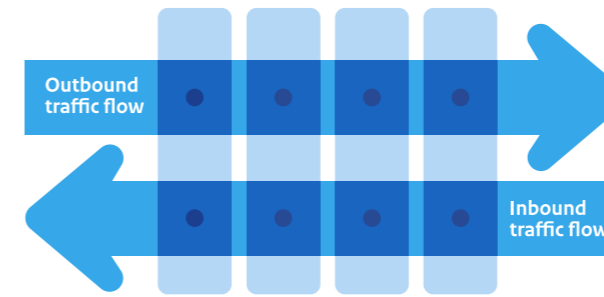
Als illustratie van een AMAN-DMAN koppeling in zijn simpelste vorm kan als voorbeeld een luchthaven worden genomen met maar één start- en landingsbaan. Bij een luchthaven met één start- en landingsbaan en capaciteit kritische situaties kan niet worden ontkomen aan de noodzaak dat het naderende en vertrekkende verkeer worden opgenomen in een gezamenlijke planning voor deze start- en landingsbaan: meer starten betekent minder landen en andersom.

Omdat Schiphol voldoende start en landingsbanen heeft om aankomst- en vertrekpieken op te vangen heeft Schiphol lang de mogelijkheid gehad van een enigszins ontkoppelde aankomst- en vertrekplanning.

Echter in de afgelopen jaren zijn de piekoverlappings steeds verder toegenomen waardoor Schiphol tegen de grenzen van het baangebruik aan liep. Inmiddels bestaat ook de vierde baanregel waarmee het aantal bewegingen dat op de vierde baan op dag- en jaarbasis mag worden afgehandeld is gelimiteerd. Als gevolg hiervan kan gesteld worden dat deze regel om een gekoppeld AMAN – DMAN proces vraagt.

De wens voor het koppelen en integreren van de AMAN en DMAN processen komt voort uit de transitie naar meer planmatig werken in het operationeel concept, of zoals luchtverkeersleiders dat omschrijven: stabiele en voorspelbare verkeersstromen. In feite gaat het hier om het sluiten van de lus: het erkennen dat vertrekkend en naderend verkeer niet los van elkaar kan worden gemanaged. Een stabiele planning van vliegtuig opstelplaatsen op de luchthaven, het voorkomen van remote afhandeling, het voorkomen van onnodige sleepbewegingen op het luchtvaartterrein zijn allemaal baten van een geïntegreerd AMAN en DMAN planning proces.

Hierboven gaat het steeds over de integratie van planningsprocessen die van D-180 tot D-1 en de dag van operatie plaatsvinden. Deze planningsprocessen gaan ook over de belasting van de ATS functies of units, want zij handelen zowel naderend als vertrekkend luchtverkeer af, en bij overlap van pieken handelen zij dat tegelijkertijd af. Dit kan leiden tot knelpunten in de werklust.



Figuur 12: Overzicht belasting ATS units i.r.t. arrivals en departures

De sterke mate van piekoverlap (in de periode t/m 2019) is beperkend voor het vergroten van capaciteit voor naderend en capaciteit voor vertrekkend luchtverkeer, mede door het ontstaan van werklust pieken in de luchtverkeerdienstketen. Ook dit vraagt om een geïntegreerd arrival en departure planning proces.

Een bijzonder aspect van Schiphol zijn de afhankelijke baanconfiguraties. Bij toenemende capaciteitsvraag ontstaat er een toenemende afhankelijkheid van naderings- en vertrekcapaciteit.

In relatie tot baangebruik heeft Schiphol met name profijt van integratie van AMAN en DMAN processen bij afhankelijke banen in combinatie met **buizen**. Het naderend verkeer wat in de buizen vliegt kan niet zoals nu met koersinstructies vertraagd worden als dat nodig is om de afhankelijkheid tussen mogelijke doorstarts van naderend verkeer met startend verkeer te managen. De AMAN kan dan zorgen voor grotere intervallen ("gaten") in de stroom naderend verkeer zodat het vertrekkend verkeer op een veilige manier kan starten. Door de AMAN/DMAN integratie komt in deze situatie betere informatie beschikbaar die zullen leiden tot beter geïnformeerde beslissingen.

Alle hierboven beschreven redenen maken het noodzakelijk dat richting 2035 de AMAN/DMAN processen en systemen ook echt aan elkaar worden gekoppeld.

Het koppelen van zowel AMAN en DMAN systemen als de AMAN en DMAN processen is een voorwaarde. De systemen leveren in het proces de benodigde beslisinformatie op over het luchtverkeersaanbod. Het samengestelde overzicht van het aanbod van naderend en vertrekkend verkeer wordt in het proces gecombineerd met beslissingen over de capaciteit. Daarbij wordt de baancapaciteit en de capaciteit van de sectoren meegenomen. Met de juiste beslisinformatie kunnen dus betere beslissingen worden genomen op basis van overzicht en inzicht.

In 2035 zal verder het rollende Airport Operations Plan (AOP) gebruikt worden om luchthaven operaties te managen (vanaf D-x tot op de dag van operatie). Afwijkingen van de planning zullen dan worden opgelost in het Airport Operations Centre (APOC) waarbij de stakeholders betrokken zullen worden door middel van A-CDM. Overaanbod of beschikbare capaciteit in sectoren of op stromen zullen snel worden geïdentificeerd en integraal gemanaged. Veel van deze knelpunten zullen worden opgelost door deze te betrekken bij het vaststellen van de **user-preferred trajectories** in het TBO concept. Ook de E-AMAN kan hierbij een rol spelen. Deze processen zullen leiden tot beïnvloeding van de grondprocessen zoals het vertragen van vluchten op de grond en/of het aanpassen taxi-tijden.

Als in 2035 een multi airport systeem van toepassing is dan kunnen AMAN/DMAN processen en systemen van meerdere luchthavens op elkaar worden aangesloten zodat het concept niet wordt toegepast op één luchthaven maar op meerdere luchthavens.

Voor het Europese netwerk levert de integratie van AMAN/DMAN processen en systemen nauwkeurige informatie over het te verwachten aanbod van naderend en vertrekkend luchtverkeer van de betreffende luchthavens die in het netwerk op zijn beurt weer kan worden ingezet voor Demand Capacity Balancing (DCB).

Randvoorwaarden

De AMAN en DMAN systemen zijn nu losse systemen. Deze zullen met elkaar geïntegreerd worden en zullen ten behoeven van de integratie aan bepaalde eisen moeten voldoen van aanzien van nauwkeurigheid, scope en tijd. Verder is een stabiele baanplanning van toegevoegde waarde waarbij 4D trajecten zijn gepland waarlangs het naderend en vertrekkend verkeer vliegt. Als de baanplanning stabiel is zal dit bijdragen aan de stabiliteit van het AMAN/DMAN proces omdat er minder correcties of herplanningen nodig zijn. Er zal tevens een aansluiting moeten komen met het AOP en procedureel met de APOC. Het voordeel is dat in 2035 de samenwerking al goed geregeld is via de AOP en de APOC door middel van A-CDM.

Aan de output zullen ook eisen worden gesteld zodat de juiste informatie beschikbaar is bij de betreffende verkeersleiders maar ook in het APOC en ten behoeve van het AOP.

Op het gebied van veiligheid zullen safety nets beschikbaar moeten zijn om er voor te zorgen dat er geen overaanbod ontstaat nadat de naderings- en vertrekkstromen op elkaar zijn afgestemd omdat er toch afwijkingen ontstaan in de voorspelbaarheid van (enkele) vluchten.

Onderzoeksvragen

Zowel het proces als systeem moeten om kunnen gaan met verstoorde situaties waarbij stromen de vaste routestructuren of planning niet meer kunnen volgen of individuele vluchten af moeten wijken of opnieuw worden ingepast in de stroom (bijvoorbeeld na een go around). Hoe precies en hoe dit zoveel mogelijk kan worden voorkomen moet worden onderzocht.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De verwachting is dat de integratie van AMAN/DMAN processen en systemen gaat leiden tot realistischer en nauwkeuriger informatie waardoor betere beslissingen kunnen worden genomen over het plannen en managen van de beschikbare capaciteit en het ondersteunen van de hub-functie van Schiphol. Het naderend en vertrekkend verkeer zal geheel beter op elkaar zijn afgestemd en een eventuele onbalans in aanbod en capaciteit zal snel gemitigeerd worden waardoor de baan capaciteit en luchtzijdige capaciteit beter benut zullen worden. Als het geheel optimaler presteert zal dit ook een positieve invloed hebben op efficiëntie en klimaat. Tenslotte is de integratie een belangrijke voorwaarde om een stabiel buizensysteem te kunnen opereren bij afhankelijke baangebruik op Schiphol.

4.2.5 Multi-airport concept

Algemene beschrijving

Een multi-airport systeem bestaat uit minimaal twee luchthavens die samenwerken en coördineren op het vlak van bijvoorbeeld planning, baangebruik en vluchtuitvoering. Samenwerking binnen een multi-airport systeem kan voordelen brengen als het luchtverkeer van de verschillende luchthavens interferentie met elkaar heeft op het gebied van luchtverkeersdienstverlening, routeontwerp, vluchtplanning en/of vluchtuitvoering. Daarnaast kan de samenwerking verder worden uitgebreid door luchtruim en verantwoordelijkheidsgebieden te delen. Er is geen eenduidige definitie van een multi-airport systeem. Vaak wordt gesproken van een "aantal luchthavens die een grootstedelijk gebied dienen" [85]. Door samen te werken (en informatie uit te wisselen) kunnen voordelen behaald worden op verschillende vlakken zoals geluid, (vlucht)efficiëntie, complexiteit en kosten. Hoe de samenwerking precies vormgegeven wordt en waar de mogelijke voordelen liggen, wordt in grote mate bepaald door het concept waarin de afhandeling van het luchtverkeer plaatsvindt. Een multi-airport systeem is daarom geen doel op zich, maar is juist ondersteunend aan andere bouwstenen om het effect van deze bouwstenen mogelijk te maken en/of te vergroten. De multi-airport bouwsteen bestaat daarom ook uit en heeft raakvlakken met verschillende andere bouwstenen/processen:

- CDM en het delen van informatie op luchthavens verbeteren en volledig koppelen aan luchtverkeersleiding;
- Het E-AMAN concept;

- Geavanceerde DMAN;
- Integratie van AMAN/DMAN proces;
- SWIM invoeren en gebruiken;
- Centrale afstemming baangebruik;
- 3D scheiden van naderings- en vertrekstromen (buizen concept);
- Capaciteitsmanagement.

Daarnaast kan een multi-airport systeem ook bestaan uit een gemeenschappelijk naderingsgebied, nut/noodzaak hiervan worden hieronder besproken.

Rol van de bouwsteen

Een belangrijke reden om een multi-airport systeem in te voeren is dat er in Nederland een grote mate van interactie is van handelsverkeer tussen de verschillende luchthavens, vooral tussen Schiphol, Eindhoven, Rotterdam en Lelystad (na opening voor handelsverkeer) maar ook met buitenlandse luchthavens zoals Düsseldorf, Brussel en mindere mate met Niederrhein/Weeze. Verder is er bij Eindhoven ook interactie met de militaire luchthavens De Peel, Volkel, Gilze-Rijen, Kleine Brögel (BEL) en de civiele luchthavens Budel en Niederrhein (DUI). Dit heeft te maken met de relatief kleine afstand tussen deze luchthavens. De routes van het handelsverkeer en militair luchtverkeer van en naar deze luchthavens kruisen elkaar vaak wat veel interactie (en dus werklast en complexiteit) tussen deze stromen veroorzaakt. Daarnaast vinden er ook diverse andere luchtvaartactiviteiten plaats zoals bijvoorbeeld zweefvliegen en valschermspringen.

In totaal worden in Nederland vijf clusters van luchthavens voorgesteld waar in meer- of mindere mate een multi-airport systeem een rol kan spelen:

1. Civiel: Schiphol, Rotterdam/The Hague en Lelystad.
2. Militair: Eindhoven (ook civiel medegebruik), Volkel en De Peel.
3. Militair (West): Woensdrecht (ook civiel) en Gilze-Rijen.
4. Civiel/Militair (Noord): de Kooij (ook civiel), Leeuwarden en Eelde (civiel).
5. Civiel/Militair: Beek, Geilenkirchen en Luik.

Eindhoven ligt te ver van cluster 1 af om voordeel te kunnen bieden binnen dat cluster. Daarnaast leent de operatie op Woensdrecht zich meer voor een samenwerking met Gilze-Rijen dan met Rotterdam.

Voor het 1e cluster geldt dat er in de huidige operatie interferentie is tussen het luchtverkeer van Schiphol en dat van Rotterdam/The Hague airport. Na opening van Lelystad Airport voor handelsverkeer zal er ook interferentie van dit verkeer met het Schiphol luchtverkeer zijn. Om voor Lelystad zoveel mogelijk ongehinderd doorklimmen mogelijk te maken is een negatief effect op de capaciteit en punctualiteit van Schipholverkeer niet volledig uit te sluiten. Op weg naar 2035 kan door

intensievere samenwerking tussen de genoemde luchthavens de operatie verder geoptimaliseerd worden.

Voor het 2e cluster geldt dat er in de huidige operatie al sprake is van een gedeeltelijk multi-airport systeem omdat er door de militaire luchtverkeersleiding al gecoördineerd wordt over in- en uitgaand luchtverkeer.

Het 3e cluster West en 4e cluster Noord kennen geen afhankelijkheid in planning, wel bij de afhandeling van het luchtverkeer.

Het 5e cluster Beek kent wel een afhankelijkheid die grotendeels gericht is op de afhandeling van luchtverkeer.

De samenwerking hoeft niet beperkt te blijven tot de verschillende clusters. Ook tussen clusters kan een vorm van samenwerking voordelen bieden. Denk hier bijvoorbeeld aan een samenwerking tussen Rotterdam/The Hague en het cluster rondom Woensdrecht.

Informatie-uitwisseling

In het operationeel concept zal het multi-airport systeem ondersteuning bieden bij verschillende bouwstenen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van bestaande ontwikkelingen en onderzoek, zie [86] voor een overzicht; een groot deel van de hier beschreven maatregelen wordt in dit rapport beschreven en geëvalueerd voor de Nederlandse situatie. De basis van de informatie-uitwisseling wordt gevormd door het delen van vertrek- en naderingsgegevens, zowel op strategisch (tot 1 week van tevoren), pre-tactisch (tot 3 uur voor uitvoering) als tactisch (real-time) niveau. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om gegevens over planning van vluchten, vertragingen en baangebruik. Voor alle clusters geeft een dergelijke informatie-uitwisseling voordelen.

Om bovenstaande mogelijk te maken is het belangrijk dat verschillende partijen informatie kunnen uitwisselen via gestandaardiseerde systemen. Het **SWIM** systeem lijkt hiervoor het meest geschikt en zal ook, naar verwachting, op tijd beschikbaar zijn. Veel van de informatie is afkomstig van de luchthavens. Hiervoor zal koppeling met de betreffende systemen gemaakt moeten worden. Voor Schiphol betekent dit een sterke link met A-CDM en voor de regio luchthavens een sterke link met het basis CDM systeem.

Naderend luchtverkeer

Op basis van deze informatie-uitwisseling wordt voor het eerste cluster een gezamenlijk Arrival Management systeem ingericht (**E-AMAN concept**) dat luchtverkeer van verschillende luchthavens centraal plant. Dit is nodig omdat het luchtverkeer naar de verschillende luchthavens gebruik zal maken van hetzelfde systeem van vaste routes in hetzelfde luchtruim om de verschillende buizen te bereiken. Dit concept is uitgebreid onderzocht en beschreven in SESAR solution 8 [87] en

implementatie wordt gepland op verschillende plaatsen in Europa. In SESAR 2020 is het onderzoek voortgezet in PJ.01-01 en PJ.01-02. Vooral voor clusters 1 en 2 is het nodig een geïntegreerde planning te maken om de optimale sectorcapaciteit te bewerkstelligen. Dit komt omdat beide clusters relatief veel handelsverkeer afhandelen dat deels gebruik maakt van dezelfde routestructuur. Pas op lage hoogte (naderingsluchtruim) vindt een splitsing van dit luchtverkeer plaats naar de specifieke luchthavens.

Voor de andere clusters (3, 4 en 5) geldt dat tactische afstemming vooralsnog voldoet omdat door het verkeersaanbod het nut van een gezamenlijk Arrival Management proces lager is.

Vertrekkend luchtverkeer

De interactie van vertrekkend luchtverkeer kan deels vermindert worden door een vorm van vertrekcoördinatie om de voorspelbaarheid te verhogen waarbij automatisering een belangrijke rol speelt. Door een goede planning en realisatie hiervan kan gezorgd worden dat het verkeer beter gespreid op het gemeenschappelijke routepunt aankomt waar het verkeer wordt samengevoegd. Deze afstemming vindt in eerste instantie plaats door een gecoördineerde airport slot allocatie. Door dit te combineren met een strategische afstemming van vluchtschema's kan voorkomen worden dat te veel luchtverkeer in dezelfde tijdspanne gebruik wil maken van dezelfde sector en/of ATS route. Deze oplossing wordt beschreven in [88] en is op verschillende plaatsen in Europa geïmplementeerd. Ook voor deze oplossing geldt dat deze vooral voor clusters 1 en 2 belangrijk is om de verkeersstromen in het hoger luchtruim efficiënt te kunnen verwerken.

Voor het 5e cluster kan een gezamenlijke planning van vertrekkend luchtverkeer ook zorgen voor een efficiëntere operatie. Hiervoor is echter wel samenwerking nodig met de buitenlandse luchthavens Geilenkirchen (Duitsland) en Luik (België).

Militair luchtverkeer

Binnen dit concept zal de afhandeling van naderend en vertrekkend militair luchtverkeer ingepast moeten worden. Deze verkeersstromen kennen een ander karakter dan civiel luchtverkeer en zijn soms minder voorspelbaar. Dit maakt strategische afstemming lastig. Militair luchtverkeer kenmerkt zich in de huidige operatie doordat een hoge mate van flexibiliteit in operatie noodzakelijk is. Deze flexibiliteit zal moeten worden ingepast binnen de voorspelbare civiele verkeersstromen. Ook zal er naar gestreefd worden de benodigde flexibiliteit te verminderen.

Binnen het systeem van voorspelbaar civiel luchtverkeer moeten militaire transits van en naar de oefengebieden worden ingepast. Hierbij is het noodzakelijk om separatie toe te passen op planningsniveau en waar dat niet lukt op tactisch niveau.

Hierbij moeten departure en arrival slots toegewezen worden om de civiele sectoren te kruisen van en naar het oefengebied. Om dit optimaal af te stemmen speelt LARA+ een belangrijke rol als planningstool. De details rondom de regels van dit proces moeten goed afgestemd worden tussen de stakeholders.

Capaciteitsmanagement

Alleen voor Schiphol wordt momenteel dagelijks een plan opgesteld om de verkeersstromen zo optimaal mogelijk in te richten (voor regionale luchthavens kan dit overigens in het piekseizoen ook het geval zijn). Door dit op nationaal niveau te doen voor alle luchthavens met handelsverkeer kan vraag en aanbod van luchtverkeer gebalanceerd worden over de verschillende luchthavens. Hierbij zal rekening gehouden worden met weer, speciale evenementen, luchthaventoegankelijkheid en gepland baangebruik. De voordelen van een dergelijke evolutie zullen nog verder versterkt worden door in de tactische fase gebruik te maken van Short-term ATFCM Measures (STAM) voor lagere luchtlagen. Denk hierbij aan maatwerk voor vluchten die veel complexiteit aan het systeem toevoegen. Deze maatregelen worden uitgebreider beschreven in [86].

Voor het verbeteren van verkeersstromen in de hogere luchtlagen kunnen multi-airport systemen een rol spelen door vertrekcoördinatie (**geavanceerde DMAN**). Op deze manier wordt bijgedragen aan het voorkomen dat het luchtverkeersaanbod in een bepaalde sector te groot wordt. Hier is een sterke link met het **TBO** concept waarbij centrale coördinatie een grote rol speelt omdat er veel partijen bij betrokken zijn. Vooral voor de grotere stromen van/naar Schiphol wordt een dergelijke coördinatie aanbevolen.

Centrale afstemming baangebruik

Door gebruik te maken van een **centrale afstemming van het baangebruik** wordt het baangebruik per multi-airport cluster afgestemd. Dit leidt tot minder interferentie tussen luchtverkeer van verschillende luchthavens. Dit vraagt anderzijds om coördinatie en informatiedeling op een pre-tactisch en tactisch niveau tussen de luchthavens en een grotere planningshorizon voor de baanconfiguratie op Schiphol. Zie voor meer details de betreffende bouwsteen.

Bestaande implementaties

Voor de detailuitwerking en implementatie van de multi-airport systemen kan gebruik gemaakt worden van de ervaring die hiermee (op onderdelen) is opgedaan op andere plaatsen zoals Londen, Parijs of in de Metroplex initiatieven in de Verenigde Staten [89].

Een multi-airport systeem is een schaalbaar concept waarbij luchtverkeersleidingsorganisaties en luchthavens in steeds grotere mate samenwerken en coördineren om ervoor te

zorgen dat afstemming optimaal is. Dit aspect wordt in de roadmap gebruikt om stapsgewijs tot een steeds verdere samenwerking te komen.

Gedeeld naderingsluchtruim

Een volgende stap in een multi-airport systeem is de mogelijkheid om gedeelde naderingsluchtruimen te definiëren. Rondom de grotere luchthavens is een apart stuk luchtruim gedefinieerd (naderingsluchtruim) om het naderend en vertrekkend verkeer af te handelen. Omdat sommige luchthavens dicht bij elkaar liggen, kunnen deze naderingsluchtruimen niet altijd optimaal ontworpen worden. Ook de routes die vliegtuigen volgen van/naar een bepaalde luchthaven zijn hierdoor beperkt. Door voor de clusters één gezamenlijk naderingsluchtruim te definiëren kunnen bijvoorbeeld de **buizen** efficiënter ontworpen worden waar de totale operatie voordeel bij kan halen. Dergelijke gebieden geven dus meer ruimte aan routeontwerpen. Daarnaast geven deze gebieden ook de mogelijkheid de verantwoordelijkheden van luchtverkeersleiding anders in te delen en de samenwerking te intensiveren.

Voor cluster 1 is een gedeeld naderingsgebied van grote meerwaarde om te zorgen voor een effectief systeem van buizen waarbij de ligging van de buizen niet beperkt wordt door de grenzen van het naderingsluchtruim van één specifieke luchthaven. Dit geeft de mogelijkheid om routes te ontwerpen die voordelen bieden op het gebied van geluid, klimaat, vliegefficiëntie en complexiteit. Bij het ontwerpen van een luchtruim staat het verkeersaanbod en de verkeersstromen centraal. Een luchtruimontwerp staat dus altijd in dienst van het luchtverkeer, en niet andersom. Of de verantwoordelijkheidsgebieden van de verkeersleiders ook zo moeten worden ingedeeld dat sprake zal zijn van een gemeenschappelijk naderingsgebied is iets wat pas moet worden bepaald ná het maken van het routeontwerp.

Voor cluster 2 geldt dat er al een gedeeld naderingsgebied is. Hier kan gebruik van gemaakt worden in de detailuitwerking van het routeontwerp.

Ook voor cluster 3 is een gedeeld naderingsgebied al een feit. Het gaat hier om de militaire luchthavens Woensdrecht en Gilze-Rijen. Hier zullen geen buizen gedefinieerd worden maar het gedeelde naderingsgebied wordt gebruikt als invulling van de samenwerking. Hier zal geen verandering in komen.

Voor het vierde cluster geldt dat De Kooij relatief ver van Leeuwarden en Eelde ligt. Ook heeft De Kooij een zeer specifiek verkeeraanbod. Een gedeeld naderingsgebied is daarom vooral interessant voor Leeuwarden en Eelde.

Voor het vijfde cluster is een gedeeld naderingsgebied te overwegen maar dit vergt samenwerking met de buurlanden en ligt daarom buiten scope van de luchtruimherziening.

In het verleden is onderzoek gedaan naar een groot naderingsgebied: TMA Holland Regional [90]. Alhoewel daar het idee was om Schiphol luchtverkeer te separeren van het luchtverkeer van andere luchthavens kunnen de resultaten van dit onderzoek nuttig zijn bij het ontwerpen van de gedeelde naderingsgebieden voor de clusters.

Onderzoeksvragen

Is de voorgestelde set clusters de juiste? Hiervoor is het nodig om de interactie tussen de luchthavens in kaart te brengen en een inschatting te maken over de mogelijke opbrengst van de intensievere samenwerking (kosten/baten).

Om de mogelijke prestaties van een gemeenschappelijk naderingsgebied te bepalen voor het civiele cluster zal een onderzoek uitgevoerd moeten worden waar de volgende onderzoeksvraag centraal staat:

In hoeverre kan het buizenconcept beter (d.w.z. efficiënter, veiliger, milieuvriendelijker, etc.) worden als de Schiphol TMA uitgebreid wordt met de Rotterdam en Lelystad naderingsgebieden tot één groot naderingsgebied? Hierbij is het belangrijk om eerst een optimaal route-ontwerp te maken en daarna pas te kijken hoe de verantwoordelijkheidsgebieden kunnen liggen.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden die gelden voor de multi-airport bouwsteen worden beschreven bij de randvoorwaarden van de (deel-)bouwstenen waar deze bouwsteen uit bestaan.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De randvoorwaarden die gelden voor de multi-airport bouwsteen worden beschreven bij de randvoorwaarden van de (deel-)bouwstenen waar deze bouwsteen uit bestaan.

4.3 Bouwstenen voor vertrekkend civiel verkeer

4.3.1 Clusteren van vertrekkende vluchten

Algemene beschrijving

Om veiligheidsredenen dient er een bepaalde tijd te zitten tussen het starten van verschillende vliegtuigen van dezelfde startbaan. Deze tijd hangt af van het type vliegtuig: light, medium of heavy. De startvolgorde kan geoptimaliseerd worden (bijvoorbeeld met behulp van een algoritme) door het clusteren van verkeer op gewichtsklasse, met grotere precisie dan nu al gebeurt. Hierdoor kan er capaciteitswinst geboekt worden. Clusteren van verkeer is geen doel op zich maar een middel om baangebruik te optimaliseren. In deze vorm is clusteren onderdeel van de bouwsteen **geavanceerde DMAN**.

Rol van de bouwsteen

In SESAR CONOPS en ATM Masterplan [3] wordt dit onderwerp genoemd als logische bouwsteen van verdere ATM ontwikkeling. Het optimaal clusteren van vliegtuigtypes kan zowel voor naderend als vertrekkend verkeer worden toegepast. De meest vergaande vorm is een combinatie hiervan, bij gebruik van banen in mixed mode operatie.

Clustering bij vertrek wordt in ons land momenteel voornamelijk tactisch toegepast. Door dit meer geautomatiseerd te doen kan er verdere winst behaald worden. Clustering kan de uurcapaciteit van een startbaan optimaliseren.

Randvoorwaarden

Het idee is dat clusteren verder geoptimaliseerd kan worden door niet alleen te kijken naar gewichtsklassen, maar ook door rekening te houden met de eigenschappen van elk vliegtuig (gewicht, snelheid en aerodynamische configuratie), met behulp van kennis van wake turbulence gedrag en risico's, alsmede van actuele weersomstandigheden. Bij bepaalde atmosferische omstandigheden kan de turbulentie eerder uitdoven en/of wegwaaien. Door verbeterde surveillance kan beter ingeschat worden wat de exacte afstand tussen vliegtuigen is en kan deze optimaal op de minimaal vereiste veilige onderlinge afstand aangepast worden. Vervolgens kan door middel van een samenspel met **TBO**, de starttijd van de vliegtuigen bepaald worden.

Er dient goede afstemming te zijn tussen de verkeersleider die de startende vliegtuigen begeleidt en het grondproces. De te starten vliegtuigen dienen zich op het juiste tijdstip op de juiste plaats bij de startbaan te bevinden. Hier is dus een duidelijke relatie met de **geavanceerde DMAN** bouwsteen.

De ondersteunende tools moeten een betrouwbare indicatie geven van de vereiste separatie tussen elk paar vertrekkende vliegtuigen, dynamisch rekening houdend met alle relevante omstandigheden.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het aantal vliegtuigen dat per uur vertrekt van een startbaan kan door clusteren verhoogd worden, door rekening te houden met wake vortex separatie enerzijds en het minimaliseren van de ROT (runway occupancy time) van elk startend vliegtuig anderzijds. De verwachting is dat een verhoging van de uurcapaciteit bij startend en landend verkeer mogelijk is. Er is hierbij wel een sterke afhankelijkheid van de vlootmix.

Voor een individuele vlucht kan de clustering betekenen dat niet aan de optimaal gewenste vertrektijd kan worden voldaan, wat gevolgen heeft voor de on-time performance.

4.3.2 Continu klimprofiel (CCO)

Algemene beschrijving

Bij een continu klimprofiel, in het Engels Continuous Climb Operation (CCO), klimt een vertrekkend vliegtuig zonder onderbreking, zo lang mogelijk, gebruik makend van een optimum stuwkracht van de motoren en snelheid voor klimmen totdat kruishoogte wordt bereikt. Dit wordt mogelijk gemaakt door het luchtruimontwerp, de procedures (vertrekroute, SID) en de verkeersleiding. Deze bouwsteen richt zich voornamelijk op CCO in het naderingsluchtruim, het streven is om CCO tot zo groot mogelijke hoogte door te zetten. Het is hierbij nodig dat er geen potentiële conflicten kunnen ontstaan met andere vliegtuigen, zoals met landende vliegtuigen, omdat dit leidt tot ingrijpen van de verkeersleider door het klimmende vliegtuig te beperken in snelheid of tot een bepaalde hoogte (het zogenaamde 'aflevelen'). Dit verstoort de CCO van het vliegtuig door het stoppen van de klim en langer op één hoogte te blijven totdat het andere vliegtuig is gekruist.

Rol van de bouwsteen

Met het luchtruimontwerp kunnen de omstandigheden worden gecreëerd zodat CCO mogelijk is in combinatie met het laterale pad van de startroute (SID) en de vaste naderingsroutes met of zonder een CDO-profiel. Dit maakt het mogelijk om een transitie te maken naar een buizenconcept met gescheiden naderings- en vertrekroutes in het naderingsluchtruim zodanig dat er CCO (en CDO) op deze routes kan worden toegepast.

Randvoorwaarden

Om optimaal te kunnen werken is invoering van een optimaal luchtruim- en routeontwerp, inclusief de invoering van 3D gescheiden start- en landingsroutes nodig. Als dit is gerealiseerd zullen geen potentiële conflicten ontstaan met andere vliegtuigen en kan de verkeersleiding de CCO ongestoord laten uitvoeren.

Om de 3D scheiding van start- en landingsroutes mogelijk te maken is er op de startroutes meer uniformiteit nodig in de klim profielen (begrenzen upper en lower limits) zodat het merendeel van het vertrekkende verkeer binnen deze "buizen" kunnen vliegen. De **Best Equipped, Best Served (BEBS)** bouwsteen kan hier een rol in spelen. Door de mogelijkheid te scheppen om sneller te klimmen dan de buis voorschrijft kan de efficiëntie van de klim voor bepaalde vliegtuigen verder worden verhoogd. De buis dient hiervoor "open" te zijn aan de bovenkant. Zie de betreffende bouwsteen voor meer details hierover.

Of een hoog percentage CCO vliegen mogelijk is in 2035 hangt af van het succesvol invoeren van een optimaal luchtruim- en routeontwerp, inclusief de invoering van 3D gescheiden start- en landingsroutes. Ook als dat niet in alle gevallen mogelijk is kan het percentage vliegtuigen dat een CCO vliegt toch worden vergroot.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

In de huidige operatie vliegt nu al meer dan 90% van de vertrekkende vliegtuigen een continu klimprofiel in de Amsterdam FIR. Door meer uniformiteit te brengen in de klimprofielen is het streven om naar 99% te gaan en een continu klimprofiel te ondersteunen tot kruishoogte. 3D scheiding van verkeer vraagt om "buizen" die conflict vrij zijn. Verkeer moet dan wel binnen de "buizen" blijven. De uitdaging daarbij is om dat voor zo veel mogelijk verschillende baancombinaties en vliegtuigtypen te realiseren. Het streven is om CCO te bieden vanaf alle banen. De 3D gescheiden routes worden in principe alleen ontworpen voor de hoofd baancombinaties.

Vermindering van het brandstofverbruik en emissies is mogelijk doordat een optimale klim wordt uitgevoerd, zonder een stuk horizontaal te vliegen, wat nu zowel onder als boven 6.000 voet (circa 1.800m) voorkomt. Op locaties waar momenteel een stuk horizontaal wordt gevlogen kan CCO ook geluidshinder verminderen, ook beneden 6.000 voet, doordat er sneller wordt doorgeklommen naar een grotere hoogte.

Een CCO is te combineren met procedures gericht op het beperken van geluidshinder. Omdat de motoren bij een hoog motorvermogen (hoge stuwkracht) meer geluid produceren zijn er twee procedures bedacht gericht op het verminderen van het geluid op de grond in de buurt van de luchthaven. Deze procedures worden in het Engels "noise abatement departure profiles" (zie de **NADP2** bouwsteen) genoemd. Hierbij worden andere keuzen gemaakt voor snelheid, stuwkracht en vliegtuigconfiguratie (flaps). In het operationeel concept zal gebruik gemaakt worden van **Noise Abatement Departure Procedure 2** (NADP2). Bij de betreffende bouwsteen wordt de precieze startprocedure verder toegelicht.

4.3.3 Best Equipped, Best Served (BEBS) principe

Algemene beschrijving

"Best Equipped, Best Served" (BEBS) is een algemeen principe waarbij vliegtuigen of organisaties voordelen kunnen krijgen als ze een bepaalde uitrusting of functionaliteit hebben. In het geval van deze bouwsteen kan dat overigens ook betekenen dat een vlucht bepaalde minimale vliegprestaties kan leveren. Het principe kan op veel verschillende plekken en onder verschillende omstandigheden toegepast worden.

Voor wat betreft het operationeel concept zijn 3 mogelijke toepassingen van dit principe geïdentificeerd:

1. Klim/daal prestaties van vliegtuigen.

De-conflicteren van aankomst- en vertrekroutes vereist dat vluchten uiteindelijk de klim- en daalprestaties halen om "in de buis" te kunnen blijven.

Voor de klimprestaties van sommige vluchten (de 'trage klimmers') schieten tekort om een realiseerbaar ontwerp te maken dat alle vluchten strategisch de-conflicteert.

Vertrekbuisen ontwerpen die alle vliegtuigen qua klimprestaties kunnen volgen vereisen teveel ruimte en leiden tot lage klimgradiënten, meer geluidshinder en minder efficiëntie. Voorlopig is niet voorzien dat er aparte buizen zijn voor trage klimmers, alhoewel in de praktijk de consequentie zal zijn dat de hoogte condities niet gehaald worden en separatie niet door het ontwerp wordt geleverd. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat een vliegtuig dat de gewenste prestaties niet kan leveren langer op de grond zal moeten worden totdat er een "gat" valt in de stroom naderend verkeer. Belangrijk is te borgen dat de vliegtuigen die niet kunnen voldoen aan de vereisten, niet te zwaar drukken op de werklust van de verkeersleiders. De aandacht van de verkeersleider voor deze uitzonderingen moet in balans zijn met hun aantal.

2. Navigatieprestaties van vliegtuigen

De routes worden gedimensioneerd op standaarden in RNP operaties. Dat wil in algemene zin zeggen dat vluchten gedeconflicteerd zijn, omdat ze de route volgen. Dit wil niet zeggen dat routes op de RNP afstandsnorm (radarseparatie-norm plus navigatienorm) gescheiden hoeven te zijn, aangezien er aanvullend wordt gecontroleerd door verkeersleiders en monitoringssystemen. Echter, hoe beter de navigatieprestaties zijn, hoe groter de winst van het operationeel concept met vaste routes langs routepunten, buizen en gekromde naderingen kan zijn.

3. Communicatiemiddelen

Het volgen van de **TBO 4D trajectory** vereist **datalink** communicatie tussen de verkeersleidingssystemen en het civiele vliegtuig (FMS). Bovendien dient deze tijdens de vlucht te kunnen worden bijgesteld. Daarvoor is onder andere ADS-C voorzien.

Vluchten die deze middelen niet kunnen gebruiken zullen op een minder efficiënte wijze moeten worden afgehandeld. Daarmee worden de voordelen van het operationeel concept, zowel voor flight efficiency, luchtruimgebruik en milieu, niet gehaald.

Rol van de bouwsteen

Voor de introductie van het nieuwe Europese TBO operationeel concept wordt door de SESAR Joint Undertaking (SJU) expliciet gesteld dat BEBS een van de voorwaarden kan zijn voor de succesvolle introductie van SESAR technologie die nodig is in de uitvoering [3]. Dit is ook zo voor het operationeel concept voor het Nederlandse luchtruim in 2035.

Een voorbeeld van een toepassing is een type nadering waarvoor een bepaald on-board systeem, training en certificatie nodig is, zoals bijvoorbeeld voor RNP AR naderingen. Door het toepassen van het principe kunnen vliegtuigen mét het systeem voorrang krijgen op vliegtuigen zonder. Op deze manier kan vernieuwing aangemoedigd worden en kan eerder gebruik gemaakt worden van nieuwe technologie en/of

procedures. Een ander voorbeeld is een vliegtuig dat minder dan de geaccepteerde hoeveelheid geluid produceert, deze mag eerder afwijken van de SID, en dus een kortere route vliegen dan een vliegtuig met een hogere geluidsproductie. Dit wordt in het operationeel concept toegepast bij de bouwsteen **Continu Klimprofiel**.

Randvoorwaarden

Economische motieven

Vanuit de motivatie voor innovatie worden "early movers" financieel ondersteund door onder andere voorzieningen via de Europese Investerings Bank (EIB) [24], omdat de introductie van nieuwe technologieën die nog niet wijdverspreid worden toegepast, een behoorlijke investering vergt in uitrusting, introductie en gebruik. In die lijn ligt het voor de hand zulke gebruikers ook in de dagelijkse operatie te belonen voor hun bijdrage.

BEBS versus FCFS

De voorkeur ligt bij de gedifferentieerde afhandeling [24], in plaats van een voor de hand liggende voorkeurs operatie ("Best Equipped, First Served"). Dus het vervangt in principe niet het First Come, First Served (FCFS) principe. Dit is niet altijd een duidelijk onderscheid.

- Het eerder in de sequence plaatsen van een snelle inbound vlucht voor een "orderly and expeditious flow of traffic", valt duidelijk onder het breed geaccepteerde afhandelingsprincipe, daarmee is voorrang verlenen aan een vlucht die zonder extra ingrijpen de vaste route kan volgens zeer vergelijkbaar;
- Het apart (dat wil zeggen 'later') plannen van vluchten die een procedure niet kunnen volgen (bijvoorbeeld trage klimmers), valt onder beide. Alhoewel ook deze vlucht de expeditious stroom verstoort.
- Het niet kunnen vliegen van een vaste route langs routepunten, door buizen of via gekromde naderingen, verstoort evenzo de efficiënte stroom van vluchten, omdat er extra ruimte moet worden gecreëerd in de planning (AMAN/DMAN), om de vlucht te separeren.
- Het niet kunnen delen van trajectory data met de grond en/of het accepteren van instructies via **datalink** zal leiden tot een afhandeling die veel minder gebruik kan maken van de RNAV pad verlenging en door verkeersleiders moet worden afgehandeld. Dit verlaagt de afhandelingscapaciteit en vergroot de operationele complexiteit.

Wet- en regelgeving

Het spreekt vanzelf dat de afhandeling volgens het BEBS principe in wetgeving moet worden vastgelegd. Er is op dit moment geen internationale (ICAO) overeenstemming hoe dat zou moeten. De algemene indruk is dat de Chicago conventie het niet in de weg staat, zolang de regels helder zijn en er geen discriminatie plaatsvindt op basis van nationaliteit.

Uitrustingsgraad

Het doel van BEBS is om in alle gevallen het aandeel van het totaal aantal vluchten dat wel de bedoelde operationele concept kan volgen zo groot mogelijk te maken, het kan daarmee dienen als stimulans om bepaalde ontwikkelingen te versnellen. Het is niet goed voorstelbaar dat dit aandeel op korte termijn 100% zal zijn, en daarom zal een overgangsperiode onvermijdelijk zijn.

Deze periode is voor onvoldoende klimprestaties naar verwachting het kleinst. Bovendien is het route ontwerp van invloed op de grootte van het aandeel “well equipped” vluchten. Voor navigatieprestaties is het bijna volledige gebruik van RNP1 toepassingen voor 2035 zeer haalbaar. Voor RNP AR toepassingen geldt dat echter in veel mindere mate. Volledige gebruik van datalink toepassingen zijn op deze termijn onzeker. Bovendien biedt dit grootste uitdagingen om met BEBS toe te passen, wanneer een groot deel van de vloot via verkeersleider instructies aan de vlieger wordt afgehandeld, en een ander deel via de routes langs vaste routepunten en CTA's.

Stimuleren elektrisch vliegen

Het BEBS principe kan in de toekomst ook toegepast worden om de ontwikkeling van nieuwe gebruikers zoals hybride of elektrische vliegtuigen te stimuleren. Er kan dan bijvoorbeeld gedacht worden aan het bieden van voordelen aan dergelijke vliegtuigen door kortere routes of voorrang bij de afhandeling.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het BEBS principe kan gehanteerd worden om bepaalde ontwikkelingen te stimuleren of om bepaalde zaken juist te ontmoedigen. Het kan nooit op zichzelf staan maar moet onderdeel zijn van een bredere strategie. Mits juist toegepast kan dit principe ontwikkelingen versnellen.

Het BEBS principe kan een opmaat zijn naar (inter)nationale mandaten waarbij vluchten geweerd worden die niet de nominale afhandeling kunnen volgen. BEBS is een tussenvorm naar een mandaat waarbij de prestaties en/of de uitrusting van een vlucht of vliegtuig worden vereist. Mandaten worden alom beschouwd als lastiger om juridisch en economisch te realiseren dan het al uitdagende BEBS.

BEBS leidt er in de praktijk bijvoorbeeld toe dat vluchten die niet aan de norm kunnen voldoen een niet optimaal slot krijgen. Trage klimmers worden ingepland wanneer er ruimte kan worden gecreëerd, en ook voor inkomende vluchten die apart verkeersleidingsinstructies moeten ontvangen, moeten in de stroom worden ingevlochten, wat tot vertraging kan leiden.

Daarnaast suggereert de SJU de mogelijkheid te onderzoeken of differentiatie van de prijzen voor ATC dienstverlening, gebaseerd op “pay per service used”, die anders is als vluchten een uitzondering zijn op de standaard afhandeling in het operationeel concept.

“BEBS betekent dat luchtvaartgebruikers die beter uitgerust zijn, meer voordeel moeten halen uit de efficiëntie verbeteringen in het operationele concept. BEBS moet worden beschouwd als een operationele drijfveer en als aanvulling op het huidige FCFS principe” [91]. Hierbij moet worden aangetekend dat ernaar gestreefd moet worden om de “last” van de aparte afhandeling niet bij een andere partij neer te leggen.

Het hanteren van het BEBS kan, naar gelang de omstandigheden, ook leiden tot negatieve consequenties. In elk specifiek geval moet telkens afgewogen worden of deze gevolgen (tijdelijk) acceptabel zijn om uiteindelijk de beoogde voordelen te kunnen behalen.

4.3.4 Noise Abatement Departure Procedure 2 (NADP2)

Algemene beschrijving

Op Amsterdam Airport Schiphol en op veel andere luchthavens vliegen vliegtuigen met de zogenaamde ICAO Noise Abatement Departure Procedures (NADP). Er zijn twee mogelijke procedures NADP1 en NADP2. De NADP1-procedure beoogt een geluidsreductie dichtbij de luchthaven. De NADP2-procedure heeft tot doel het geluid in woonwijken verder van de luchthaven te verminderen. De NADP2 procedure wordt per vliegtuigtype verder ontwikkeld.

In de NADP2-procedure wordt na de startfase, zodra het vliegtuig een bepaalde hoogte¹⁰ heeft bereikt, de snelheid van het vliegtuig opgevoerd door de klimstand van het vliegtuig te verlagen en worden de flaps zo snel mogelijk ingetrokken. Als gevolg hiervan vliegt het vliegtuig op een eerder moment sneller, maar minder hoog dan met de oude startprocedure. Na het bereiken van een bepaalde snelheid klimt het vliegtuig met deze constante snelheid snel verder.

Bij het vliegen met NADP2-procedures wordt 3 tot 4 procent minder brandstof gebruikt tijdens het opstijgen en klimmen dan bij het vliegen met NADP1. Daarom moet een afweging worden gemaakt tussen geluidsbelasting dichtbij de luchthaven, geluidsbelasting verder weg van de luchthaven en brandstofverbruik.

Rol van de bouwsteen

In de huidige operatie vliegt nu al meer dan 90% van de vertrekkende vliegtuigen een continu klimprofiel volgens startprocedure NADP2. Door meer uniformiteit te brengen in de klimprofielen is het streven om naar 99% te gaan. 3D scheiding van verkeer vraagt om “buisen” die conflict vrij zijn. Verkeer moet dan wel binnen de “buisen” blijven. De uitdaging daarbij is om dat voor zo veel mogelijk verschillende baancombinaties en vliegtuigtypen te realiseren. Het streven is om CCO te bieden vanaf alle banen.

Binnen de luchthavens van Europa worden door luchtvaartmaatschappijen steeds vaker de NADP2 procedures gevolgen. In 2035 worden alle civiele starts middels NADP2 procedures uitgevoerd. Ook voor het operationeel concept wordt gekozen voor een **continu klimprofiel** (CCO) zonder afleveling middels de NADP2 procedures.

Randvoorwaarden

Om optimaal te kunnen werken is invoering van een optimaal luchtruim- en routeontwerp, inclusief de invoering van 3D gescheiden start- en landingsroutes nodig. Als dit is gerealiseerd zullen geen potentiële conflicten ontstaan met andere vliegtuigen en kan de verkeersleiding de CCO ongestoord laten uitvoeren.

Om de 3D scheiding van start- en landingsroutes mogelijk te maken is er op de startroutes meer uniformiteit nodig in de klimprofielen (begrenzen upper en lower limits) zodat het merendeel van het vertrekkende verkeer binnen deze “buisen” kunnen vliegen.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Bij het vliegen met NADP2-procedures wordt 3 tot 4 procent minder brandstof gebruikt tijdens het opstijgen en klimmen dan bij het vliegen met NADP1.

Indien **alle** luchtvaartmaatschappijen NADP2 vanaf Schiphol vliegen zal dit leiden tot een 8% afname van het aantal Ernstig Gehinderden binnen de 48 dB(A) Lden contour en een 10% afname van het aantal Woningen binnen de 58 dB(A) Lden contour in de omgeving van Schiphol. Dit is ten opzichte van de situatie dat niemand NADP2 vliegt [92] [93].

4.3.5 Niet afwijken van gepubliceerde SID tot 6.000 voet

Algemene beschrijving

Deze bouwsteen is bedoeld om mede invulling te geven aan de doelstelling uit de Luchtvaartnota [14] om bij de herziening van het luchtruim het beperken van geluidsoverlast prioriteit toe te kennen in het luchtruim tot een vlieghoogte van 6.000 voet (circa 1.800m). Zodoende mag tot deze hoogte in principe niet van de vertrekkende route (SID) worden afgeweken. Deze bouwsteen is sterk verbonden met de bouwsteen **3D scheiden van**

naderende en vertrekkende stromen (buisen concept) waarbij vaste routes worden ontworpen.

Rol van de bouwsteen

Deze bouwsteen beschrijft op welke wijze mede tegemoet wordt gekomen aan de doelstelling in de Luchtvaartnota om bij de herziening van het luchtruim het beperken van geluidsoverlast prioriteit toe te kennen in het luchtruim tot een vlieghoogte van 6.000 voet. Deze spelregel geldt voor alle locaties en alle luchthavens in Nederland. Veiligheid staat altijd voorop en is daarmee een reden om af te mogen wijken van de spelregel. Maatschappelijke vluchten (vluchten ten behoeve van spoedeisende hulpverlening en politietaken) en militaire vluchten (in het kader van de nationale veiligheid of bijstand aan civiele hulpdiensten) hebben de hoogste prioriteit en mogen afwijken van de regel. Commercieel handelsverkeer en militaire luchtvaart zijn in vredetijd gelijkwaardig en houden zich aan de spelregel.

Deze bouwsteen stelt dat vliegtuigen tot 6.000 voet op de SID moeten blijven om de geluidhinder te beperken. De SID's welke via een CCO zullen worden gevolgen zijn optimaal ontworpen voor geluidhinderbeperking en moeten leiden tot voorspelbaar vlieggedrag en voorspelbare geluidhinder.

Als deze bouwsteen in het huidige operationeel concept zou worden toegepast dan levert dit conflicten met andere naderings- of vertrekstromen op omdat dan de mogelijkheid ontbreekt om de conflicten op te lossen. De bouwsteen **3D scheiden van naderende en vertrekkende stromen (buisen concept)** geldt daarom als belangrijk uitgangspunt in de luchtruimherziening.

De bouwsteen heeft een afhankelijkheid met het aantal SID's per baan en met de bouwsteen **continu klimprofiel (CCO)**. Het gebied wat gehinderd wordt door geluid hangt namelijk af van het aantal SID's per baan. Indien pas bij het bereiken van 6.000 voet van de SID mag worden afgeweken kunnen meerdere SID's per baan worden ontworpen om verkeer te spreiden. Door middels Continuous Climb Operations (CCO) te vliegen wordt een optimaal gebruik van de mogelijkheden van het vliegtuig gerealiseerd. Kortstondig op gelijke hoogte vliegen (de klim onderbreken) en daarna opnieuw de klim inzetten levert werklast en geluid op. Dat wordt met die bouwsteen voorkomen.

Randvoorwaarden

De luchtverkeersleiders van de betreffende luchthavens zullen meer dan nu rekening moeten houden met de vaste route structuren en het niet mogen afwijken van de route tot 6.000 voet. Vliegtuigen verschillen qua klimprestatie en voorwaartse snelheid waardoor luchtverkeer in theorie op elkaar in kan lopen en conflicteren. Door hier in het SID ontwerp mitigaties voor te bedenken of een hoger startinterval toe te passen zullen

¹⁰ De NADP2 procedure schrijft een hoogte van 1500 voet voor, in de praktijk op Schiphol ligt deze hoogte vaak lager [109].

deze verschillen zoveel mogelijk moeten worden gemitigeerd. In de dagelijkse praktijk op Schiphol wordt rekening gehouden met verschil in prestaties omdat het luchtverkeer gesepareerd overgedragen wordt naar de volgende verkeersleider. Omdat op Schiphol vrijwel alleen straalverkeersvliegtuigen vliegen is het prestatieverschil vaak niet zo groot. Als er desondanks toch vluchten met grote prestatieverschillen (in het bijzonder bij propeller vliegtuigen) vertrekken, dan gaat vanuit verkeersleiding perspectief de voorkeur uit naar het behoud van de mogelijkheid om met deze vliegtuigen af te mogen wijken. Gezien het geringe aantal propellervliegtuigen en de grote snelheidsverschillen lost dit voor de verkeersleiding meer op dan wachten. In alle gevallen geldt dat als de veiligheid wordt gecompromitteerd de luchtverkeersleider het vliegtuig van de SID moet kunnen halen, ook als dat beneden 6.000 voet is.

Onderzoeksvragen

Nader onderzoek moet uitwijzen welke mogelijkheden er zijn om met de prestatieverschillen om te gaan en of daar ondersteunende tools voor nodig zijn. Mogelijk dat eventueel benodigde startintervallen ook moeten worden verwerkt in de A-CDM en DMAN processen/systemen.

Een concrete maakbaarheidsvraag die beantwoord moet worden is wat de volgorde is waarin vaste naderingen en vaste vertrekroutes tot 6.000 voet worden geïmplementeerd.

Het vasthouden van de SID tot (minimaal) 6.000 voet kan in algemene zin een negatieve invloed hebben op de capaciteit vanwege de benodigde separatie tussen opeenvolgende vertrekkende vluchten op dezelfde laterale route tot 6.000 voet ondanks dat de huidige capaciteit niet gebaseerd is op het moeten afwijken. Meer specifiek op Schiphol mag in de huidige situatie overdag met straalvliegtuigen van de SID worden afgeweken vanaf 3.000 voet [94] maar er wordt niet afgeweken om een hogere startcapaciteit te halen. Met propeller vliegtuigen mag al onder de 3.000 voet worden afgeweken van de SID. Het KDC rapport 'CCO en High Altitude SIDs' [95] heeft onderzoek gedaan naar de impact maar het rapport houdt nog niet met alle factoren rekening. Er zal daarom preciezer moeten worden onderzocht wat de impact is van deze bouwsteen op de capaciteit. Daarbij moet onder andere rekening worden gehouden met een realistische ligging van SIDs, de afhankelijkheid met convergerend naderen, baancombinaties, start-procedure (NADP2 of beter), etc. Ook moet rekening worden gehouden met een realistische vlootmix zoals te verwachten in 2035, zie hiervoor de plan-MER [11].

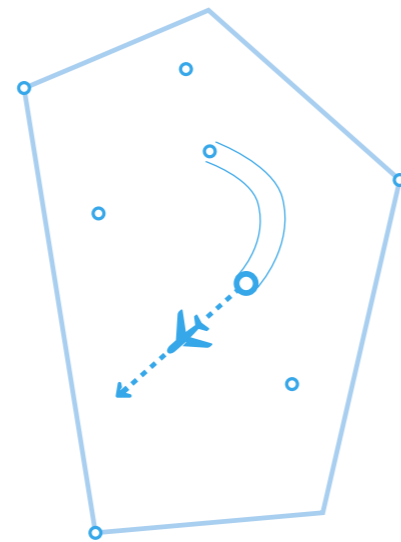
Verwachte prestaties van de bouwsteen

Zoals hiervoor al gemeld, wordt verwacht dat deze bouwsteen de totale geluidshinder beperkt. Er vanuit gaande dat de SID(s) zodoende worden ontworpen dat zo min mogelijk omwonenden worden gehinderd. Aanvullend wordt verwacht dat deze bouwsteen een licht positief effect heeft op de verticale flight efficiency vanwege de toepassing in combinatie met CCO omdat er niet op gelijke hoogte hoeft te worden gevlogen. Omdat het laterale pad zo wordt ontworpen dat er zo min mogelijk omwonenden worden gehinderd kan verwacht worden dat de horizontale flight efficiency licht negatief wordt beïnvloed ten opzichte van de kortst mogelijke route. Ook het toepassen van mitigaties ten behoeve van de handhaving van separatie tussen vliegtuigen kan een negatieve invloed hebben op geluid en flight efficiency. De bouwsteen kan een negatieve impact hebben op de capaciteit. Dat mogelijke effect moet worden bepaald en geaccepteerd of gemitigeerd. Er is hiervoor preciezer onderzoek nodig dan in het genoemde KDC rapport [95].

4.3.6 Free-Route Airspace op lagere hoogte

Algemene beschrijving

In een zogenaamd Free Route Airspace (FRA) kunnen luchtruimgebruikers zelf een route plannen vanaf een bepaald entry punt naar een bepaald exit punt (deze punten liggen op de grenzen van de FRA sector). Soms kan/moet gebruik gemaakt worden van tussenpunten om bijvoorbeeld militair luchtruim te vermijden. Het concept stelt luchtruimgebruikers in staat om een efficiënte (meestal directe) route te vliegen, in het operationeel concept zal de FRA route onderdeel uitmaken van de bouwsteen **user-preferred trajectories**.



Figuur 13: Free route voor vertrekkende vluchten in het tussenliggend luchtruim

De PCP [19] verplicht FRA in te voeren boven FL310. MUAC heeft deze verplichting opgerekt tot FL245. Hierboven is dus FRA beschikbaar. Deze bouwsteen kijkt naar het invoeren van FRA onder FL245, specifiek voor vertrekkend verkeer. Voor naderend verkeer geeft het FRA concept op lagere hoogte naar verwachting te veel vrijheid aan het vliegtuig waardoor planningsprocessen niet meer goed kunnen functioneren.

Rol van de bouwsteen

Er is bij EUROCONTROL en elders zeer veel onderzoek en ervaring beschikbaar over Free Route Airspace en bij MUAC is FRA de dagelijkse praktijk. De verdere uitrol van FRA over FABs in heel Europa vindt gestaag plaats. Boven FL 310 is FRA verplicht volgens de PCP.

Realisatie van FRA op lagere hoogtes is afhankelijk van het operationeel concept. Het principe om vroegtijdig of zo lang mogelijk volgens FRA te kunnen opereren zal positief zijn voor vluchtefficiëntie en daarmee ook duurzaamheid. Het is van belang eerst te onderzoeken waar het scheidingsniveau zou kunnen liggen. Aanpassing van dit scheidingsniveau zal effect hebben op diverse bouwstenen.

Het FRA concept is volwassen in het hogere luchtruim. Om het FRA luchtruim aan te sluiten op de vaste routes in het naderingsluchtruim, is volgens SESAR een overgangsgebied nodig. Dit overgangsgebied kan gebaseerd zijn op DAC (Dynamic Airspace Configuration) principes. Hoe dit concept er precies uitziet en of dit geldt voor alleen naderend of ook vertrekkend verkeer, is nog niet geheel duidelijk.

Indien FRA wordt toegepast op lagere hoogte voor vertrekkend verkeer, is de inschatting dat er in het operationeel concept geen specifiek overgangsgebied nodig is. Door FRA kan dan de meest directe route worden gevolgd, met bijkomende voordelen voor brandstofbesparing en minder uitstoot.

Idealiter zou het FRA concept ook voor naderend verkeer uitgerold moeten worden tot aan het startpunt van de buis. Dit betekent dat hoe beter het TBO concept functioneert, des te lager je kunt gaan met FRA (omdat er dan minder of geen tussenliggend luchtruim meer nodig is). Dit betekent ook dat het samenvoegen van verkeer niet op lage hoogte moet plaatsvinden maar ver weg. Op het verzamelpunt moet het gesepareerd aangeleverd worden zodat er geen **systeem van vaste routepunten** nodig is om het te laten passen op de buis. Naar verwachting zal dit niet in 2035 haalbaar blijken te zijn en maakt dit geen onderdeel uit van het operationeel concept. Echter hoe beter de spacing is op het verzamelpunt voor het tussenliggende luchtruim, des te verder kun je FRA doorvoeren, met als ultieme doel dat FRA eindigt bij de start van de buis.

Randvoorwaarden

Het luchtruim moet zodanig zijn ingedeeld dat het voor alle partijen duidelijk is dat free routes veilig kunnen worden gevlogen. Er is actuele, accurate en dynamische informatie nodig over de beschikbaarheid van het luchtruim en over de trajecten. Het delen van actuele vluchtdata tussen de partners is hierbij essentieel (zie **SWIM**). Tussen de civiele en militaire partijen en aangrenzende ANSP's dienen sluitende afspraken te zijn ingericht.

Datalink en ADS-B zijn behulpzaam voor deze ontwikkeling. Met de datalink kunnen bijvoorbeeld in voorkomende gevallen de coördinaten van tussenpunten worden doorgegeven aan het vliegtuig.

Onderzoeksvragen

Onderzocht zou moeten worden of er in het Nederlandse luchtruim voldoende ruimte is om dit concept in bepaalde mate te ondersteunen. Hierover bestaan nog twijfels. Ook kan hierbij onderzocht worden of een overgangsgebied op basis van DAC voordelen biedt.

Indien FRA voor vertrekkend verkeer wordt gecombineerd met vliegen via routepunten voor naderend verkeer, ontstaat misschien een hybride, suboptimale oplossing met vergrote kans op conflicten. Het moet daarom tevens onderzocht worden wat de bereikbare laagste vlieghoogte is, tot waarop FRA in de toekomst kan worden uitgebreid voor zowel nadering als vertrek (uniformiteit) binnen de FIR - en mogelijk ook daarbuiten.

Het is van belang te onderzoeken waar het scheidingsniveau moet komen te liggen voor de overgang naar FRA routes. Aanpassing van dit scheidingsniveau zal namelijk effect hebben op diverse bouwstenen.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

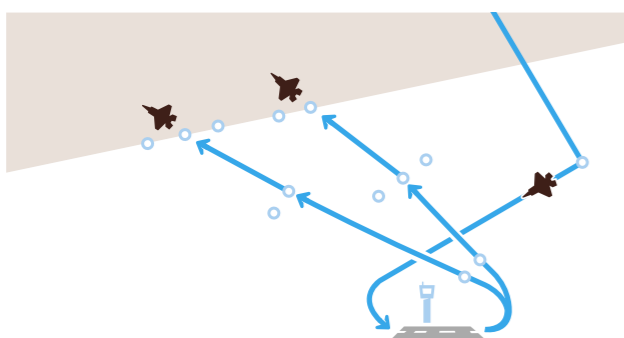
FRA maakt kortere routes mogelijk en staat ook CCO operaties toe. Dit heeft een positieve invloed op de vluchtefficiëntie en dus op klimaat. Verder is er mogelijk een positieve invloed op de versimpeling van het ATM-systeem en wellicht ook op veiligheid.

4.4 Bouwstenen voor militair verkeer

4.1.1 Meerdere entry punten voor militair oefengebied

Algemene beschrijving

Militaire luchtruimgebruikers hebben behoefte aan meerdere entrypunten voor de militaire oefengebieden waaronder in het bijzonder het noordelijk oefengebied. Het voorziene oefengebied in het noorden van het Nederlandse luchtruim is dusdanig gesitueerd dat het gewenst is om transits (vlucht van militaire luchthaven naar oefengebied en andersom) niet onnodig lang te maken. Bovendien volgt uit de opzet van bepaalde oefeningen dat militair luchtverkeer verdeeld is over verschillende militaire (tegen)partijen die van verschillende kanten kunnen komen. De militaire luchtruimgebruiker wil daarom het oefengebied kunnen aanvliegen zodat er vrijwel direct met een oefening kan worden begonnen en er niet ook nog eens tijd binnen het oefengebied verloren gaat voordat de oefening kan beginnen. Deze bouwsteen beschrijft voornamelijk het noordelijke oefengebied echter kan verder in het detailontwerpproces nog andere gebieden identificeren.



Figuur 14: Meerdere entry punten militair oefengebied, transits langs vaste routepunten

Rol van de bouwsteen

Het voorziene Noordelijk oefengebied is dusdanig gedimensioneerd omdat men bepaalde oefenscenario's wil kunnen simuleren. Een jachtvliegtuig heeft ook qua gebruikstijd een maximale vliegtijd van 1,5 uur (zonder bijtanken in de lucht). Dit betekent dat tijd kritisch is en dat de transit tijd tot een minimum moet worden beperkt. Vandaar dat aan het einde van de transit de jachtvliegtuigen het oefengebied efficiënt moeten binnen vliegen op de plek waar men aan de oefening kan beginnen. Hiervoor moeten meerdere entrypunten worden gerealiseerd aan de randen en/of binnen de oefengebieden.

Randvoorwaarden

Het realiseren van meerdere entrypunten binnen het oefengebied. Tevens zullen de transits dusdanig ontworpen moeten worden dat een zo kort mogelijke route gevlogen kan worden.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Het vergroot de militaire missie effectiviteit. Tevens draagt het indirect bij aan het vergroten van de civiele capaciteit. Elke effectieve minuut die aan een missie is toegevoegd betekent dat een vlieger sneller voldoet aan de eisen van zijn oefenprogramma. Macro gezien betekent dit dat er minder missies gevlogen hoeven te worden om toch de gewenste MME te bereiken. Daarnaast heeft het een positieve invloed op het duurzaamheidskarakter van de militaire vliegbewegingen.

4.4.2 Gebruik van routepunten voor militaire transits

Algemene beschrijving

Om een optimale verbinding te maken tussen militaire luchthavens en de oefengebieden, kan het militaire luchtverkeer gebruik maken van routepunten tussen deze twee plaatsen. Het militaire luchtverkeer krijgt dan instructies¹¹ om via deze routepunten van/naar het oefengebied te vliegen, dit is de militaire transit.

Naast het transit luchtverkeer van de Nederlandse krijgsmacht is er sprake van overvliegend luchtverkeer van militaire partnerlanden. Deze overvliegen het Nederlandse luchtruim waarbij zij gebruik maken van het Free Route Airspace en/of TACAN routes.

Rol van de bouwsteen

De transit van militair luchtverkeer (luchttransport en Jachtoperaties) van en naar het oefengebied is een wezenlijk element in de bijdrage aan de militaire missie effectiviteit (MME). In grote lijnen kan gesteld worden dat hoe efficiënter de route, zowel in tijd als in afstand, des te groter de MME zal zijn.

De militaire transit zal, in beginsel, worden ingepast in het tussenliggend luchtruim en het FREE Route Airspace luchtruim in het hogere luchtruim. De inpassing zal op zodanige wijze plaatsvinden dat het luchtruim optimaal kan worden benut. De te kiezen vluchthoogtes kunnen afhankelijk zijn van de configuratie van het vliegtuig. Momenteel maakt Defensie, met haar luchtverkeer gebruik van zogenaamde windows (een soort buis in de lucht). Dit luchtverkeer is hierbij gedeconflicteerd van het overige luchtverkeer en wordt begeleid door een luchtverkeersleider. Er bestaan meerdere windows om de vliegtuigen in staat te stellen naar de verschillende oefengebieden te vliegen.

In het operationeel concept zullen deze windows vervangen worden door van tevoren gedefinieerde routes die bestaan uit een aantal routepunten (inclusief hoogte). Dit is dezelfde werkwijze die gehanteerd wordt voor het civiele luchtverkeer in dat luchtruim. Daarnaast zorgen het ATM project en de werkwijze van MUAC ervoor dat de verantwoordelijkheid voor zowel het civiele luchtverkeer als voor het militaire transit luchtverkeer, bij dezelfde luchtverkeersleider komt te liggen.

De belangrijkste transits die moeten worden gerealiseerd zijn die vanaf de militaire luchthavens naar de oefengebieden zoals het Noordelijk oefengebied en het 30 NM bij 30 NM gebied. In het ontwerp zal de vlieghoogte voor heen- en terugvlucht zorgvuldig worden bepaald. Voor de terugvlucht ("return to base") vanuit het hogere luchtruim zal een zo kort mogelijke route op de meest optimale hoogte voor beide partijen de minste hinder veroorzaken. Hiervoor zal een gecoördineerde procedure gebruikt worden. Hierbij wordt voor de betreffende militaire vlucht een route gedefinieerd via vaste, van tevoren gedefinieerde routepunten. Separatie wordt op dezelfde manier als voor civiel verkeer geregeld.

Randvoorwaarden

De vlieghoogtes zullen worden afgestemd op de vliegprestaties van de verschillende militaire vliegtuigen. Tevens zullen in de transits tussenpunten worden gedefinieerd om de vliegtuigen op de optimale plek in het oefengebied af te leveren (zie ook de bouwsteen **meerdere entry punten voor militaire transits**). De routes dienen ook beschikbaar te zijn in het geval van communicatiestoringen.

Bij het ontwerp is het van wezenlijk belang om goede naderings- en vertrekprocedures voor militaire vliegtuigen te ontwikkelen. Deze ontwerpen moeten effectief en waar mogelijk moeten de naderings- en vertrekprocedures zodanig worden ontworpen dat klimaatvoordelen worden behaald. Denk hierbij aan het ontwerpen van militaire **CDO's** en **CCO's**. Daarnaast is het van belang om de transits planbaar te maken en onderdeel te laten uitmaken van een planning tool (zie bouwsteen **LARA+**).

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Bij een inefficiënte transit kan er minder tijd resteren om de geplande oefening te vliegen. In het slechtste geval kan de missie niet volledig worden gevlogen en is een tweede missie benodigd om de trainingsdoelstellingen te behalen. Dit heeft invloed op zowel de MME als de civiele capaciteit en leidt tot verspilling van brandstof, materieel en tijd. Voorts zal de MME duidelijk worden verbeterd indien het vliegtuig op het juiste moment in het oefengebied komt, gebruikmakend van routepunten op de gewenste positie zodat er direct met de training kan worden begonnen.

Vandaar dat een goed geplande transit met duidelijke routepunten een positieve bijdrage levert aan MME en optimaal gebruik van het luchtruim. De voordelen van een optimale transit dragen op deze wijze ook bij aan de klimaatdoelstellingen en het indirect verhogen van de civiele capaciteit.

4.5 Bouwstenen voor samenwerking

4.5.1 Advanced FUA (A-FUA)

Algemene beschrijving

Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA) is een concept voor luchtruimbeheer dat is beschreven door de ICAO en is ontwikkeld door de Europese Organisatie voor de veiligheid van de luchtvaart (EUROCONTROL) [96]. De basis van het A-FUA-concept is dat het luchtruim niet mag worden aangemerkt als of militair of civiel, maar moet worden beschouwd als een nationaal goed en dat het flexibel moet worden gebruikt.

Hieruit volgt dat elke mogelijke scheiding van het luchtruim van tijdelijke aard moet zijn, terwijl de netwerkprestaties worden geoptimaliseerd, echter aan de hand van een basis luchtruimontwerp zoals in het Aeronautical Information Publications (AIP) is vastgelegd als planmatige basis. De toepassing van de A-FUA-beginselen is bedoeld om ervoor te zorgen dat door de dagelijkse toewijzing van flexibele luchtruimstructuren elke noodzakelijke scheiding van het luchtruim gebaseerd is op werkelijk gebruik binnen een specifieke tijdsperiode en op een gedefinieerd luchtruimvolume.

A-FUA is als bouwsteen gericht op het beheren van optimaal gebruik en het planmatig toewijzen van de diverse configuraties van het luchtruimontwerp.

De bouwsteen A-FUA is een bouwsteen welke meerdere gezichten kent binnen de luchtruimherziening. Allereerst is FUA reeds een bestaand fenomeen binnen luchtruimbeheer welke in Nederland maar ook in Europa wordt toegepast voor een verbeterd luchtruimbeheer. Daarnaast kan deze bouwsteen een prominente rol spelen in de aanloop naar luchtruimwijzigingen die in 2023 moeten worden doorgevoerd. Vooral op het vlak van het flexibel inpassen van luchtruimconfiguraties speelt A-FUA een voorname rol in het beheer en planmatig gebruik van het luchtruim. De rol van deze bouwsteen na 2023 spitst zich toe op het verder verfijnen van het plannings- en toewijzingsproces van luchtruim. Hierbij zullen innovaties en betere planningstools het luchtruimbeheer vooruit moeten helpen.

A-FUA is een bouwsteen die bij de uitwerking een directe samenhang heeft met nagenoeg alle andere bouwstenen en specifiek voor de bouwstenen die te maken hebben met planning, status en gebruik van luchtruim.

¹¹ Planbaar d.m.v. vluchtplan, tactische instructies i.v.m. weer en ander luchtverkeer.

A-FUA is een bouwsteen die in elk ATM-concept kan/moet worden toegepast. De mate waarin hangt nauw samen met de ingebouwde flexibiliteit. Civiele luchtruimgebruikers vragen immers een vroegtijdige, voorspelbare en stabiele luchtruim planning en efficiënte routes. Militair optreden vraagt om langdurige en brede flexibiliteit die recht doet aan missie specifieke voorwaarden en eisen zoals geschiktheid van het gebied en beschikbare middelen zowel in de lucht als op de grond dan wel op en onder water. In de nabije toekomst zijn MUAC en LVNL verantwoordelijk voor luchtverkeersdienstverlening aan zowel de civiele en militaire luchtruim gebruikers. Defensie zal op beperktere schaal, dan nu het geval is, luchtverkeersdienstverlening (luchtgevechtsleidingstaken blijven ondergebracht bij CLSK) verzorgen.

A-FUA heeft tot doel het luchtruim optimaal te benutten. Hierbij wordt voor elke gebied (tussenliggend- en naderingsluchtruim, maar ook control zones rondom luchthavens en militaire oefengebieden) onder andere op basis van luchtruimclassificatie of benodigde segregatie, bepaald wie het gebied als luchtruimgebruiker kan gebruiken. Per gebied zal worden aangegeven wat de gebruikersbepalingen zijn en welke luchtruimgebruiker prioriteit in gebruik krijgt voor het betreffende gebied. Deze regels worden per gebied omschreven in zogenaamde Booking Principles and Priority Rules (BPPR) en gebruiksregels. Hiermee zal het luchtruim op zodanige wijze worden toegewezen zodat zo veel mogelijk wordt voldaan aan de behoeften van alle luchtruimgebruikers. Hierbij wordt uitgegaan van een basis luchtruimontwerp¹² dat de mogelijkheid biedt om te voorzien in de basisbehoeftes van alle luchtruimgebruikers, waarbij A-FUA wordt gebruikt om vanuit deze basis te optimaliseren.

Werking van het concept

Het A-FUA-concept behelst het dynamisch inrichten, toewijzen en gebruiken van delen van het luchtruim met name ook vanuit een netwerk perspectief en is er met name op gericht om beter gebruik te kunnen maken van de geboden mogelijkheden om luchtruimgebruik te optimaliseren. Door de militaire behoefte aan flexibiliteit en de civiele behoefte aan planmatigheid ontstaat er een suboptimale situatie. Door waar mogelijk militair meer planmatig te werken en civiel meer flexibel in te spelen op real-time informatie ontstaan er mogelijkheden om het luchtruimgebruik te optimaliseren. Luchtruimgebruik wijzigt in dimensie (tijd, volume, locatie) afhankelijk van de specifieke wensen en eisen van gebruikers dan wel het ATM-systeem dat gericht is op het veilig en efficiënt gebruik van het luchtruim. Omdat luchtruimgebruik vaak gekoppeld is aan

een tijdslot (bijvoorbeeld een militaire oefening van 2 uur of een piekmoment in civiele luchtverkeersstromen) kan hetzelfde luchtruim buiten die tijden door andere gebruikers benut worden. Een goed A-FUA-concept zorgt voor een optimale planning en gebruik van het gehele luchtruim en genereert beter overzicht van beschikbaar luchtruim.

De structuur van de luchtruimindeling is vastgelegd in het Nederlandse AIP en wordt gebruikt in de BPPR. Hierin worden de basis luchtruimgebieden omschreven en aangegeven wat de rationale (de achtergrond en de intentie) is van het luchtruimontwerp. Die zijn afhankelijk van het primaire doel van het gebruik (bijvoorbeeld het type militaire oefening) en dus verschillend per gebied. Deze basisstructuur vormt de grondslag voor het planningsproces, inclusief A-FUA. A-FUA zorgt ervoor dat naar mate de planning stabiel wordt er ook gekeken wordt naar een extra luchtruim beschikbaarheid die op bepaalde locaties in de tijd voor een efficiënter ATM-systeem kan zorgen. Hiervoor is het noodzakelijk dat het gebruik van het luchtruim, waaronder de civiele sectorindeling en militaire oefengebieden, in een zo vroeg mogelijk stadium stabiel zijn en de zo ontstane luchtruim beschikbaarheid ook in de afgifte van capaciteit kan worden meegenomen. Voor de planning is het belangrijk dat de 3 fases van planning (strategisch, pre tactisch en tactisch) goed op elkaar worden afgestemd.

De strategische fase (D-365 tot D-7)¹³ voorziet erin om onder andere zomer- en winterschema's van luchtvaartmaatschappijen, grootschalige evenementen en de jaarlijkse oefenkalender van Defensie af te stemmen op basis van de BPPR's en eventuele extra luchtruim beschikbaarheid tijdig te onderkennen en planmatig beschikbaar te stellen. Daarin worden onder ander de niet nominale activiteiten zoals grote militaire oefeningen en grote civiele afwijkingen van de normale civiele zomer- en winterplanning meegenomen. De nominale gebieden kennen immers een dagelijks gebruik en in de strategische fase is dat een gegeven.

In de pre-tactische fase, die loopt van D-7 tot D-1, worden door middel van pre-tactische interventies de civiele en militaire plannings verder gefinetuned. Hierbij kunnen door plannings in tijd te verschuiven optimalisatie slagen gemaakt worden. Hierbij is geen sprake van grootschalig ingrijpen. Vanaf D-1 tot 3 uur voor de uitvoering betreft de operationele of tactische fase. Dit is de fase waarin er alleen tactisch wijzigingen plaatsvinden waarmee tactische verstoringen kunnen worden opgevangen. Civiel wenst in een zo vroeg mogelijk stadium een voorspelbaar luchtruim te hebben, terwijl militair tot zo laat mogelijk voor

vluchtuitvoering de mogelijkheid wil hebben om veranderingen in planning door te voeren binnen de grenzen van de afspraken over luchtruimstructuur en -gebruik. De militaire luchtruimgebruikers maken gebruik van hun mogelijkheden zoals vastgelegd in de BPPR voor het gebruik van delen van het luchtruim binnen de afspraken en beschikbare configuraties in de luchtruimstructuur. Op dit spanningsveld tussen voorspelbaarheid en militaire flexibiliteit wordt later ingegaan.

FUA is een concept dat nu al wordt toegepast in de luchtvaart. A-FUA is een doorontwikkeling hiervan. Het voornaamste verschil tussen FUA en A-FUA is dat er in A-FUA-tools worden gebruikt die de beschikbare informatie real-time beschikbaar maken aan alle partijen en dat deze informatie inzichtelijk wordt gemaakt om toe te passen in het planningsproces. Binnen FUA wordt er nog te weinig gebruik gemaakt van de extra mogelijkheden die, met name, de civiele (luchtruim) gebruikers worden geboden binnen de horizon van het planningsproces van diens operatie.

Luchtruimmanagement als geheel is en blijft echter een nationale verantwoordelijkheid die een balans zoekt tussen civiele capaciteitsdoelstellingen en de nationale veiligheid, soevereiniteit en gereedheid (militaire missie effectiviteit) van alle krijgsmachtonderdelen.

In de huidige situatie wordt FUA reeds toegepast, waarmee voldaan wordt aan de eisen in de Europese Regelgeving (EG) Nr. 2150/2005 [31]. Daarnaast gelden er Europese A-FUA eisen boven FL310, die per 1 januari 2022 geïmplementeerd moeten zijn. Het gaat om:

4. ASM Tool to support A-FUA;
5. ASM management of real-time airspace data;
6. Full rolling ASM/ATFCM process and ASM information sharing;
7. Management of Dynamic Airspace Configurations.

In dit document wordt ervan uitgegaan dat A-FUA in 2035 wordt toegepast in de gehele Amsterdam Flight Information Region (FIR). Dit betekent dat civiele en militaire planning en gebruik nauwgezet worden afgestemd, waardoor luchtruim dat beschikbaar is ook daadwerkelijk planmatig wordt gebruikt en de extra gegeneerde luchtruim beschikbaarheid ook wordt benut. Door toepassing van A-FUA wordt het mogelijk het luchtruim zo optimaal mogelijk te gebruiken en bij te dragen aan vermindering van de klimaatimpact van de luchtvaart. A-FUA, of elementen daaruit, zijn leidend voor de stappen die gezet worden met betrekking tot de nieuwe hoofdstructuur van het luchtruim en het optimale gebruik daarvan.

Om A-FUA in de gehele Amsterdam FIR toe te kunnen passen zijn verschillende aanpassingen nodig in procedures, werkwijzen en systemen van verschillende organisaties.

Rol van de bouwsteen

Het A-FUA-concept gaat over *planmatig (actuele) gebruik van het luchtruim en de besluitvorming daarover*. A-FUA heeft directe impact op het werk van de luchtverkeersleider en de luchtruimgebruiker; het luchtruim wordt dynamischer echter zonder de juiste supporttools wordt de afhandeling complexer.

Binnen de huidige processen van de luchtvaart en de toewijzing van luchtruim wordt, zeker in het Nederlandse luchtruim, al veelvuldig gebruik gemaakt van het FUA-concept. A-FUA is een verdere verfijning en uitwerking van het gedachtegoed dat ertoe moet leiden dat het vrijgegeven luchtruim ook daadwerkelijk wordt gebruikt, ook vanuit een netwerkperspectief en als doel heeft om het luchtruim optimaal te gebruiken. Om het luchtruim optimaal te gebruiken is het nodig dat de planning van het gebruik van luchtruim tussen de diverse (luchtruim) gebruikers optimaal op elkaar wordt afgestemd.

Militair

Uit militair perspectief is het belangrijk dat de voorspelbaarheid van het gebruik van het luchtruim naar mate de dag van opereren nadert, wordt vergroot zonder dat de militaire flexibiliteit wordt aangetast. Binnen LARA geven de militaire luchtruimgebruikers aan op welke momenten en voor hoe lang men gebruik wil maken van locatie gebonden en basisstructuur oefengebieden. Deze planning kan worden ingevuld vanaf 365 dagen voor gewenst gebruik van een oefengebied tot 3 uur voor uitvoering van de gewenste vlucht. Voor de militaire luchtruimgebruiker is deze flexibiliteit in aanvraag van oefengebied van essentieel belang en wel om een aantal redenen:

- a. Het weer – soms kan het weer aanleiding geven om het oefenschema om te gooien. Weersomstandigheden kunnen de oorzaak ervan zijn dat bepaalde type (civiele en militaire) missies niet uitgevoerd kunnen worden. Vandaar dat in deze gevallen op het laatste moment gekozen worden om andersoortige missies te vliegen die bijdragen aan de MME.
- b. Missie specifieke limieten – Indien aan deze eisen niet (kan) worden voldaan, wordt naar (1) een andersoortige missie of (2) dezelfde missie, maar op een ander locatie gevlogen. Hetzelfde geldt voor het weer. Indien de windsterkte te hoog is en de Bail-Out veiligheid limieten worden overschreden, zal een ander oefengebied gezocht moeten worden voor het uitvoeren van een oefenmissie. Dit kan in het buitenland zijn, maar bijvoorbeeld ook in een oefengebied boven land. Vaak zijn de windsterktes boven land net iets gematigder.
- c. Technische beschikbaarheid – Veel van de missies worden gevlogen in tweetallen of een veelvoud daarvan. Indien een of meerdere vliegtuigen technisch niet geschikt (op het laatste moment niet beschikbaar) zijn voor het uitvoeren van een vlucht, kan het zijn dat de geplande oefenmissie niet uitgevoerd kan worden en moet worden aangepast. Vaak zal men aansturen op gebruik van hetzelfde oefengebied, alleen

¹² Hoewel A-FUA conceptueel geen basis luchtruim ontwerp kent is er op basis van vaste luchtruimbehoeften, veiligheid en overzichtelijkheid een pragmatische basisindeling van het luchtruim te definiëren waar op basis van booking principles and priority rules luchtruim wordt toegewezen. Het basis luchtruim ontwerp zal in de praktijk uit meerdere luchtruimconfiguraties bestaan.

¹³ De letter D staat in deze bouwsteen voor Dag. D-7 staat hier dan bijvoorbeeld voor "7 dagen vooruit".

met andere doelstellingen ter invulling van MME. In andere gevallen zal aangestuurd worden op gebruik van een ander oefengebied.

- d. Beschikbaarheid controleposities of ondersteunende middelen te land, ter zee of in de lucht. Ook de Landmacht en Marine maken gebruik van oefengebieden. Bovenstaande elementen (veiligheid of operationele beschikbaarheid) kunnen ook voor hun van toepassing zijn.
- e. Geografische en milieutechnische aspecten; schietgebieden hebben een milieuvergunning en je kan niet te pas en te onpas schietoefeningen uitvoeren op een andere plek. Daarnaast is oefenen voor de marine boven land niet mogelijk en zijn er windmolens en vaarroutes die ook een beslag leggen op het bruikbare gebied.

Civiel

De civiele luchtruimgebruiker wil in de regel een zo groot mogelijke voorspelbaarheid en stabiliteit in de operatie. Hoe eerder het totale vluchtpad van een vlucht kan worden zeker gesteld des te beter en efficiënter de vlucht kan worden gepland en uitgevoerd. In de meest ideale omstandigheid wil men zekerheid hebben voor aanvang vlucht en moet er sprake zijn van een stabiele situatie zodat de meest optimale vlucht en brandstofinname kan worden meegenomen. In deze gevallen moet men uitgaan van het dan beschikbare luchtruim. De civiele luchtruimgebruiker heeft, net als de militaire luchtruimgebruiker, ook behoefte aan flexibiliteit vanwege het weer, technische beschikbaarheid en business gedreven redenen. Alleen wanneer men bereid is ook te investeren in de juiste tools kan er op een later tijdstip gebruik worden gemaakt van de mogelijkheden die (A)FUA biedt. Hiermee wordt de stabiliteit die benodigd is in verband met onder andere business trajectory, brandstof inname, catering vergroot.

Luchtverkeersleidingsorganisaties

In de nabije toekomst zijn MUAC en LVNL verantwoordelijk voor luchtverkeersdienstverlening aan zowel de civiele en militaire luchtruim gebruikers. Defensie zal op beperktere schaal dan nu het geval is luchtverkeersdienstverlening verzorgen (zoals bijvoorbeeld gevechtsleidingstaken). Bij de luchtverkeersleidingsorganisaties levert het A-FUA proces een belangrijke bijdrage aan het capaciteitsmanagement proces. Het capaciteitsmanagement proces moet zorgen voor een optimale benutting van de beschikbare capaciteit. Capaciteit is afhankelijk van het luchtruim gebruik, baangebruik, de verkeersstromen, de beschikbaarheid van luchtverkeersleiders en mogelijke knelpunten die ontstaan. Dit alles moet in samenhang worden gemanaged. Het managen van capaciteit vindt plaats in balans met het aanbod van verkeer in het Nederlandse luchtruim, wat op de beurt weer beïnvloed wordt door luchtverkeersleidingsorganisatie capaciteitsmanagement in de rest van het Europese netwerk. Capaciteitsmanagement vindt op verschillende momenten in tijd plaats: het plannen van verkeer en luchtruim op lange termijn, het optimaliseren

van planningen tijdens de voorbereiding en het uitvoeren waarin de planningen afgestemd worden op de dan geldende situatie.

In een ideale situatie wil een luchtverkeersleidingsorganisatie dat het luchtruimgebruik en de daarbij passende luchtruim toewijzing in een zo vroeg mogelijk stadium stabiel is en de benodigde personele ondersteuning daarop kan worden ingezet. Aangezien de luchtverkeersleidingsorganisatie de behoeften van alle luchtruimgebruikers zo goed mogelijk probeert in te willigen en daartoe luchtruimgebruik, verkeersstromen en knelpunten in samenhang probeert te managen kan de luchtverkeersleidingsorganisatie verzoeken hebben m.b.t. luchtruim gebruik om aan al die behoeften optimaal invulling te geven zowel militair als civiel. Hierbij is inzicht in de militaire en civiele vraag van luchtruim en de daaraan gekoppelde planning van luchtruimgebruik essentieel. Het beschikbaar hebben van real-time beschikbaarheid van de luchtruimstatus is noodzakelijk om te kunnen inspelen op veranderingen in het luchtruimgebruik. Deze veranderingen zijn driedelig: (1) het beschikbaar komen van luchtruim wat benut kan worden door andere gebruikers, (2) een veranderd of vergroot militair gebruik van het luchtruim behoefte welke tot H-3 kan worden aangepast en (3) versturende elementen zoals bijvoorbeeld het weer (de weersverwachting) die een negatieve invloed kunnen hebben op de capaciteit. In alle gevallen zal op ASM-level 3 (de supervisor) hierop worden geacteerd. Deze actuele beschikbaarheid moet real time in de luchtvaartuigen (FMS) en het luchtverkeersleiding systeem worden ingevoerd om tactisch in te kunnen spelen op die actuele situatie. Op een bepaald moment in de tijd kunnen routes van vluchten niet meer gewijzigd worden. Wordt de luchtruimconfiguratie aangepast maar zijn er vluchten binnen de marge waarin routes niet meer worden aangepast dan kunnen die vluchten hun geplande route afvliegen. Dit betekent dat een wijziging in de luchtruimconfiguratie een minimale tijd (NTB) voor ingang real-time bekend gesteld moet worden.

Mogelijke oplossing Militair

Er zal op een acceptabel moment in de tijd afstemming moeten plaatsvinden over de invloed van externe factoren en de invloed op de planning. Zodra deze factoren stabiel zijn en er een assessment heeft plaatsgevonden verdwijnt in grote mate de noodzaak om te schuiven in de militaire planning. Bijvoorbeeld; in de avond of nacht voorafgaand aan de missie komt zekerheid omtrent weersomstandigheden en Bail-Out limieten. Deze gegevens worden gedeeld met de militaire planningcell die op basis hiervan een stabiele WX-planning afgeeft. Technische aspecten kunnen door de hoogwaardige techniek blijven optreden. Deze factor zal altijd invloed hebben op de planning. Een dergelijk aspect betekent vaak dat er met een vliegtuig minder wordt gevlogen of een verschuiving in tijd naar achteren voor gebruik van oefengebied. Hierbij zal Defensie binnen de mogelijkheden gebruik maken van de

mogelijkheid om te schuiven in de planning. Dit heeft mogelijk invloed op luchtruimconfiguratie en zal op ASM-level 3 moeten worden opgelost.

Mogelijke oplossing civiel

Luchtruimgebruikers kunnen de vruchten plukken van A-FUA door tijdig in te spelen op veranderingen en deze mee te nemen in het planningsproces van elke vlucht. Dus geen standaard vliegplannen maar accuraat afgewogen wat er op dat moment kan. Indien men op een later moment ervoor kiest om zijn vluchtplan in te dienen, kan men plannen op basis van de meest recente luchtruimconfiguratie. Dit betekent dat men een optimale route kan bewerkstelligen en daar bijvoorbeeld de brandstofinname op kan aanpassen. In deze planning kan men altijd uitgaan van een basis luchtruimontwerp. Verbeteringen kunnen optreden als gevolg van wijzigingen waarbij extra luchtruim beschikbaar komt. Deze verbeteringen komen direct ten gunste van de civiele of militaire luchtruimgebruiker. Het toelaten van real-time informatie in de naderingsfase van een vlucht kan er ook toe leiden dat optimalisaties van de trajectory kunnen worden gerealiseerd (horizontale en verticale vlucht efficiency).

Mogelijke oplossing luchtverkeersleidingsorganisatie

Door capaciteitsmanagement wordt getracht het ATM-systeem robuust in te stellen op de dynamiek in het civiel en militair verkeersaanbod. Om zoveel als mogelijk uit dit ATM-systeem te halen is een optimale afstemming nodig tussen flexibiliteit en voorspelbaarheid voor en van verschillende luchtruimgebruikers en dienstverleners. Voorwaardelijk hiervoor is dat de verschillende gebruikers en dienstverleners geïnformeerd en gecoördineerd beslissingen kunnen maken en kunnen acteren op de verwachte ATM- en verkeerscondities. Het is belangrijk dat capaciteitsmanagement richting 2035 verder wordt ontwikkeld. A-FUA draagt nadrukkelijk bij aan dit proces.

Randvoorwaarden

A-FUA heeft een toegevoegde waarde als er ook een afgestemd besluitvormingsproces kan worden ingezet bij eventuele conflicterende luchtruimclaims ten behoeve van militair luchtverkeer, handelsverkeer en/of Business Aviation. Tevens kan het gebruikt worden voor luchtruimclaims van GA activiteiten zoals sportvliegen of valschermspringen. De afspraken over beschikbare luchtruimconfiguraties en -gebruik in BPPR's zijn de basis voor de initiële planning. Het proces vereist interactie tussen Netwerkmanager (NM), Luchtverkeersdienstverleners en luchtruimgebruikers. In dit proces zijn de volgende elementen van wezenlijk belang:

- a. Airspace Management Cell (AMC) the Netherlands;
- b. Netwerkmanager;
- c. Planningstool (LARA);
- d. Luchtruimaanvraagproces voor alle luchtruimgebruikers;
- e. Luchtruimindeling tools voor Luchtverkeerdienstverleners

- en Luchtruimgebruikers, planning centra civiel en militaire planningcentra;
- f. Dynamische visualisatie tools van het ingedeelde luchtruim (onder andere voor AMCs, civiele en militaire planning centra en luchtverkeersdienstverleners);
- g. FMPs van LVNL en MUAC;
- h. Afstemming en afspraken met luchtruimgebruikers;
- i. Real time data-uitwisseling met aangrenzende AMCs;
- j. Afstemming luchtruimreserveringen met aangrenzende AMCs (cross border planning);
- k. Sturing en governance door ASM-level 1; ministeries Defensie en IenW.

Airspace Management Cell (AMC)

Het AMC is verantwoordelijk voor de toewijzing van luchtruim aan de diverse luchtruimgebruikers op basis van de BPPR en andere sturingselementen die vanuit ASM-level 1 zijn opgelegd en die zijn afgesproken voor het desbetreffende luchtruim. Het AMC is een entiteit die aangestuurd wordt door de centrale overheid (IenW en Defensie als eigenaren van het luchtruim). Vanaf 2020/2021 worden de uitvoerende ASM taken van AMC Netherlands verdeeld over twee locaties: FUA Cell LVNL en FUA Cell MUAC. De sturende AMC taken van het hoofd AMC worden binnen IenW belegd.

Het Hoofd AMC is verantwoordelijk voor de aansturing van beide FUA-cellen en zorgt ervoor dat de diverse procedures op elkaar zijn afgestemd. In die gevallen waarbij er conflicten optreden over het gebruik tussen de diverse luchtruimgebruikers en/of dienstverleners en de BPPR geen uitsluitel bieden zal het Hoofd AMC ruggenspraak houden met beide ministeries (ASM level 1) en daar een besluit halen.

De informatie aangaande het luchtruimgebruik, zowel in planning als uitvoering, moet eenduidig en volledig wordt aangeleverd aan het AMC. Aanvragen voor gebruik van luchtruim uit het basis luchtruim ontwerp zijn vastgelegd in de "Regeling beperking of verbod uitoefening burgerluchtverkeer in bepaalde gebieden en bijzonder luchtverkeersgebied 2014". Deze gebieden zijn opgenomen in het AIP (ENR 5). Voor ieder gebied zijn afspraken (BPPR) gemaakt met betrekking tot aanvraag, toewijzing en gebruik.

Na een afgeronde luchtruimplanning zal de toewijzing van de luchtruimconfiguratie en het gebruik middels een Airspace Use Plan (AUP) aan de diverse luchtruimgebruikers bekend worden gesteld. Daarnaast worden - naast de interne - ook omringende luchtverkeersdienstverleners en de EUROCONTROL Network Manager geïnformeerd over deze luchtruimplanning. De luchtruimplanning kan middels systeeminput door deze organisaties verwerkt worden zodat de diverse luchtverkeersleidingsorganisaties op basis van gevalideerde data een overzicht hebben waarmee hun systemen worden gevoed. Naast aanvragen die gebaseerd zijn op gebieden uit het basis

luchtruim ontwerp kunnen er ook aanvragen gedaan worden voor tijdelijk gebruik van het luchtruim. Dit omvat onder andere laagvliegonthefingen, Tijdelijke Gebieden met Beperkingen (TGB), valschermspringen, testvluchten en scanvluchten.

Nadat een gedegen analyse en stakeholdersconsultatie heeft plaatsgevonden kan een aanvraag door IenW en Defensie (ASM-level 1) middels een beschikking worden toegekend. Een dergelijk besluit wordt formeel vastgesteld door de Ministers van Defensie en Infrastructuur en Waterstaat. Dit resulteert in een beschikking die tijdig gepubliceerd wordt in de Staatscourant en waar beroep op mogelijk is. Tevens zal een dergelijke beschikking middels "Notice to Airmen" (NOTAM) bekend gesteld worden.

Netwerkmanager (NM)

Daar waar het AMC-luchtruimtoewijzingen verzorgt in het Nederlandse FIR is Eurocontrol NM verantwoordelijk voor de coördinatie in het Europese luchtruim en netwerk. NL blijft dus verantwoordelijk voor haar eigen soevereine deel, NM poogt de CDM-coördinatie tussen lidstaten ten behoeve van het algehele netwerk te optimaliseren. Op basis van de AUP's van de Europese landen maakt hij op dagelijkse basis een overzicht van het luchtruim. De AUP kent ook updates uit de "Updated Use Plan (UUP)" waardoor de netwerkmanager een geactualiseerd en totaaloverzicht heeft van alle oefengebieden die in gebruik zijn. Op basis van deze informatie is er een overzicht van het beschikbare luchtruim voor de verschillende militaire en civiele gebruikers. Op basis van deze informatie wordt de Europese vraag op elkaar afgestemd. Hiervoor is het benodigd dat alle planningsinformatie beschikbaar is. Het is noodzakelijk dat alle landen een planningstool (b.v. LARA) gebruiken zodat in voorkomend geval ook FIR overschrijdend d.m.v. Collaboratieve besluitvorming (CDM) een betere planning en beschikbaarheid voor alle gebruikers wordt gerealiseerd. Indien het niet mogelijk blijkt om de civiele luchtruimbehoefte in het netwerk in te passen dan kan de netwerkmanager op aanwijzing van de luchtverkeersleidingsorganisaties beperkingen opleggen aan civiel luchtverkeer (verkeer omleiden of verzoeken van civiele luchtruimgebruikers niet inwilligen). Daarnaast bewaakt zowel AMC als NM de mate waarin de luchtruimgebruikers planmatig gebruik maken van de door A-FUA geboden mogelijkheden.

Planningstool

Om de beschikbaarheid van het luchtruim inzichtelijk te maken is het nodig dat overzicht wordt verkregen op welke momenten, welk luchtruim beschikbaar is voor welke activiteit. Een planningstool, zoals Local And sub-Regional Aispace managementsupport system (LARA), is hiervoor noodzakelijk. Deze planningstool geeft aan op welke momenten de militaire gebruikers boekingen doen van oefengebieden. Tevens geeft

LARA aan welke conditionele routes civiel beschikbaar zijn. Civiele en militaire luchtruimgebruikers geven hun behoefte aan en het AMC dient als intermediair om de diverse behoeftes met behulp van LARA inzichtelijk te maken. Hiervoor is het noodzakelijk dat naast de gebruikersbehoeften, de behoeften van de luchtverkeersdienstverleners worden gespecificeerd. A-FUA moet helpen om het gebruik van de beschikbaarheid van deze gebieden te optimaliseren. Aan de hand van de BPPR¹⁴ worden aanvragen die gebaseerd zijn op gebieden uit het basis luchtruim ontwerp geaccordeerd of niet. Aanvragen voor tijdelijk gebruik van het luchtruim worden vooraf gewogen door ASM levelh (Defensie en IenW) en wordt de aanvraag af- of toegewezen.

Luchtruimplanning

Voor de goede werking van het A-FUA-concept is het noodzakelijk dat als onderdeel van capaciteitsmanagement de planningsinformatie uit LARA vergeleken wordt met planningsinformatie over het verloop van de luchtverkeersstromen. In 2035 wordt op basis van Time Based Operations (TBO) de netwerkbelasting beter in kaart gebracht. Hierdoor ontstaat een grote nauwkeurigheid over bijvoorbeeld de entrytijden van een naderende vlucht binnen het Nederlandse FIR en daarmee de belasting per moment en per gebied.

Door gebruik te maken van verbeterde planning, herberekening en CDM ten tijde van overbelasting van sectoren draagt A-FUA bij aan een geoptimaliseerd gebruik van het luchtruim. Vanuit veiligheidsoverwegingen moet een overbelasting ten alle tijden te voorkomen worden met behulp van flow maatregelen.

Actuele status van het luchtruim eerder bekend

Tevens is het belangrijk om op het moment van de uitvoering van de operatie de actuele luchtruimstatus direct beschikbaar te hebben. Hierdoor kunnen luchtruimgebruikers en luchtverkeersdienstverleners beter inspelen op de actualiteit van luchtruim reserveringen. Door deze informatie actueel en real time beschikbaar te hebben op de werkpositie van de luchtverkeersleider en in de cockpit verbetert de veiligheid en de flight efficiency. Zowel het groothandelsverkeer als de General Aviation profiteren hiervan. Vanuit LARA+ zal de overeengekomen planning geautomatiseerd beschikbaar moeten komen in een zodanige vorm dat deze real time beschikbaar is in alle fasen van de operatie. MUAC heeft dit proces reeds geautomatiseerd. De LVNL zal dit proces automatiseren met de invoer van iCAS. Dit draagt bij aan een verbeterde Situationele Awareness van de luchtruimgebruiker en de luchtverkeersdienstverlener. Als de geplande inzet van het luchtruim op het allerlaatste moment wordt aangepast dan wordt dit via LARA gecommuniceerd met de dienstverleners en de luchtruimgebruiker. Op basis van real time information kunnen besluiten genomen

worden over direct gebruik van bepaalde delen van het luchtruim. Door het ontbreken van handmatige handelingen en consistentie van data wordt de veiligheid verbeterd en zullen naar verwachting minder luchtruim overtredingen plaats vinden. Voor GA betekent dit dat men op basis van de actuele status en voorziene planning beter gebruik kan maken van het luchtruim. Een onlineversie van actueel luchtruimgebruik dient op het internet beschikbaar te komen. Voor het groothandelsverkeer betekent dit dat op basis van actuele status en voorziene planning de mogelijkheid bestaat dat alternatieve routes beschikbaar komen. Dit kan een voordeel genereren in termen van verminderde emissie. Afhankelijk van het tijdstip dat de info bekend wordt kan bij het plannen van de vlucht hier rekening mee gehouden worden.

De Luchtverkeersdienstverlener kan waar mogelijk toegewezen luchtruim waarvan het gebruik eerder wordt beëindigd benutten. Door de toepassing van TBO, XMAN AMAN en DMAN is de kortetermijnwinst betrekkelijk aangezien het de voorziene planning verstoort en mogelijk die flexibiliteit niet kan bieden. Op wat langere termijn (> 1 uur) kan een aangepaste planning leiden tot alternatieve routes en daarmee mogelijk verminderde emissie. Op ASM-level 3 moet men hierop inspelen door vrijgekomen gebieden beschikbaar te stellen voor bv. het routenetwerk of militair gebruik. Voor een goede werking is het nodig dat de overeengekomen luchtruimplanning in LARA (+) wordt verwerkt. LARA+ zal aangesloten moeten worden op de ATM-systemen van de luchtverkeersleidingsorganisaties om de actuele status van de gebieden op de werkpositie van de luchtverkeersleider te krijgen en zo de ATCO van de real time information te voorzien. Om hetzelfde mogelijk te maken voor TGB's zal een veiligheid analyse moeten worden uitgevoerd om vast te stellen of bij de invoer van deze gebieden in LARA en de besturingssystemen van MUAC en LVNL er sprake is van veilige data op basis waarvan deze mogen worden gebruikt.

Luchtruimgebruikers en luchtverkeersdienstverleners moeten aan de hand van een web-based versie van LARA voorzien worden van de actuele en geplande activiteiten in het luchtruim. Deze input moet als basis dienen op de eigen planning te actualiseren en te verfijnen.

Om A-FUA goed te laten werken zal afstemming gezocht moeten worden met het capaciteitsmanagement proces waar onder andere de volgende bouwstenen een rol spelen: **TBO / 4D trajectories, User-preferred trajectories en LARA+.**

Onderzoeksvragen

Het zal onderzocht moeten worden op welke manier de BPPR verder kunnen ontwikkeld opdat verbeteringen dankzij A-FUA worden gerealiseerd, terwijl in de afspraken over luchtruimgebruik recht wordt gedaan aan alle gebruikers. Dit betreft zowel de (gepubliceerde) luchtruimconfiguraties, als de rationale van de luchtruimontwerpen, als ook het primaire gebruik van elk

afzonderlijk luchtruimgebied. Gebruikers kunnen civiel of militair zijn, inclusief General Aviation, recreatieve luchtvaart en drone operators.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

Binnen het programma van de luchtruimherziening zal de bijdrage van A-FUA voornamelijk zijn dat een goede planning en afstemming van gebruik van het luchtruim leidt tot een optimale benutting van het luchtruim voor optimale inzet van de civiele afhandelingscapaciteit, afgestemd op de civiele en militaire luchtruimbehoefte (MME). Ook biedt A-FUA-verbeteringen voor inpassing van behoeften van overige luchtruimgebruikers, zoals evenementenverkeer. Voorts draagt het bij tot een planbare werklast van luchtverkeersleiders en dus een optimale indeling van sectoren gebaseerd op benodigde capaciteit.

Het is van groot belang dat het luchtruimontwerp en de beschikbare luchtruimconfiguraties, voldoende ruimte en beschikbaarheid biedt om de basisbehoefte van Defensie en de civiele luchtvaart af te dekken voor de strategische fase. A-FUA geeft daarbij in het vervolgotraject een efficiëntere beschikbaarheid van het luchtruim.

Behoefteluchtverkeersleidingsorganisaties

De luchtverkeersleidingsorganisatie heeft behoefte aan luchtruim op basis van de benodigde afhandelingscapaciteit zoals dat in de planningsfase overeen is gekomen en waar ook het noodzakelijke personeel op wordt ingepland. De luchtruimbehoefte is gebaseerd op gewenste voorspelbaarheid en wordt bepaald door het aanbod van vliegverkeer (aantallen vliegtuigen, verkeersstromen, prestaties enz.) wat in de diverse luchtverkeersleidingsectoren en militaire oefengebieden moet worden afgehandeld in combinatie met de werklast die dat aanbod veroorzaakt. De luchtverkeersleidingsorganisatie staat voor de opgave om in samenwerking met het AMC het luchtruim optimaal te configureren. Het is aan de overheid om het gebruik van die configuratie door de luchtruimgebruiker te sturen denk hierbij aan eisen aan navigatienauwkeurigheid (Best Equiped, Best Served) maar ook vliegen conform ingediend vluchtplan. De luchtruimbehoefte is variabel in plaats, volume en tijd; gedurende de dag zal het aanbod van luchtverkeer en de werklast ook niet constant zijn.

Bij verstoringen is de luchtruimbehoefte afhankelijk van de ingebouwde flexibiliteit. Het gaat om situaties waar het aanbod en/of de werklast worden verstoord (denk aan onweer-activiteit, frontpassages etc.). Op deze momenten kan er een spanningsveld optreden tussen de civiele en militaire luchtruimgebruiker. Uitgangspunt is dat de veiligheid voorop staat. Naast veiligheid moet de mate van invulling van militaire en civiele KPI's worden getoetst. Hierbij zullen de planningscellen met elkaar in overleg moeten treden om deze "Conflicts of Interest" op basis van de BPPR op te lossen. Het AMC speelt hierin een

¹⁴ Als voorbeeld binnen FABEC is er al een set van BPPRs opgesteld.

coördinerende rol in de pre-tactische fase. In de tactische fase zal dit op operationeel niveau moeten worden afgestemd.

Militaire luchtruimgebruiker

De militaire luchtruimgebruiker heeft een kwalitatieve en kwantitatieve behoefte aan luchtruim (al dan niet locatie gebonden). Deze behoefte vertaalt zich in een oefengebied op een bepaalde tijd en locatie van een bepaalde dimensie en een zo efficiënt mogelijke transit van en naar het oefengebied. Om aan de bekwaamheid van de militaire vlieger te voldoen moet hij jaarlijks een oefenprogramma afwerken om te kunnen voldoen aan de eis van volledig “gekwalificeerd” en “inzet gereed” vlieger. De Nederlandse krijgsmacht heeft een specifieke behoefte om haar staatsrechtelijke en wettelijke taken voor Nederland uit te kunnen voeren. Daarnaast maken de Marine en Landmacht ook gebruik van delen van het luchtruim. Deze behoefte heeft vaak te maken met schietgebieden, RPAS of luchtverdediging die tijdens gebruik absoluut vermeden moeten worden door andere luchtruimgebruikers. Deze capaciteit wordt uitgedrukt in militaire missie effectiviteit (MME). Het is van groot belang dat het basis luchtruimontwerp voldoende ruimte en beschikbaarheid biedt om de basisbehoefte van Defensie af te dekken en gelijktijdig de civiele luchtvaart de basis stabiliteit biedt voor de strategische fase.

Groothandelsverkeer

Deze behoeften spitsen zich toe op voorspelbaarheid en planbaarheid van routes en luchtruim, flight efficiency (tijd), uitstoot (kortste route), on time performance, etc. Veel van deze voorspelbaarheid wordt gerealiseerd door de wijze waarop een luchtverkeersleidingsorganisatie is ingericht en in staat is om luchtverkeer af te handelen, en de mate waarin een Luchtruimgebruiker kan ingaan en reageren op wijzigingen in het netwerk en de capaciteit van de luchtverkeersleidingsorganisatie. Dat laatste is het belangrijkste element in A-FUA.

Behoeften overige luchtruimgebruikers

De derde groep gebruikers zijn de recreatieve vliegers. Deze groep, General Aviation (GA) heeft, in het algemeen, behoefte aan luchtruim veelal in de onderste luchtlagen (uitzondering parasprongen vanaf FL150). Hierbij is het van belang dat zij voor het beoefenen van hun sport voldoende luchtruim toegewezen krijgen. De luchtsport met behoeften die conflicteren met de die van de civiele en militaire gebruikers, is valscherspringen. De huidige locaties vormen een knelpunt wanneer men vanaf grotere hoogte hun sport wil beoefenen. Voor deze groep is het van belang om in de planning mee te worden genomen, zodat zij deze sport kunnen blijven beoefenen. Een andere groep luchtruimgebruikers met behoeften die conflicteren met de die van de civiele en militaire gebruikers is ‘evenementen’.

Een tijdige uitwisseling van behoeften van deze gebruikers is belangrijk om deze zoveel mogelijk te kunnen faciliteren.

Daarnaast is er een nieuwe ontwikkeling met de komst van drones. Deze groep zal voornamelijk actief zijn in de onderste luchtlagen en dan met name beneden 500 voet. Deze ontwikkeling wordt separaat vormgegeven door het ministerie van IenW in de werkgroep Integrale Aanpak Lager Luchtruim (IALL). Deze activiteiten vallen wel onder de raakvlakken met LRH en worden kritisch gevolgd.

Voor alle drie deze groepen geldt dat verder moet worden uitgewerkt wat de regels zijn bij de toewijzing van luchtruim voor elke gebruiker, waaronder de verdere invulling van de BPPR.

4.5.2 Luchtruimplanning en -management (LARA+)

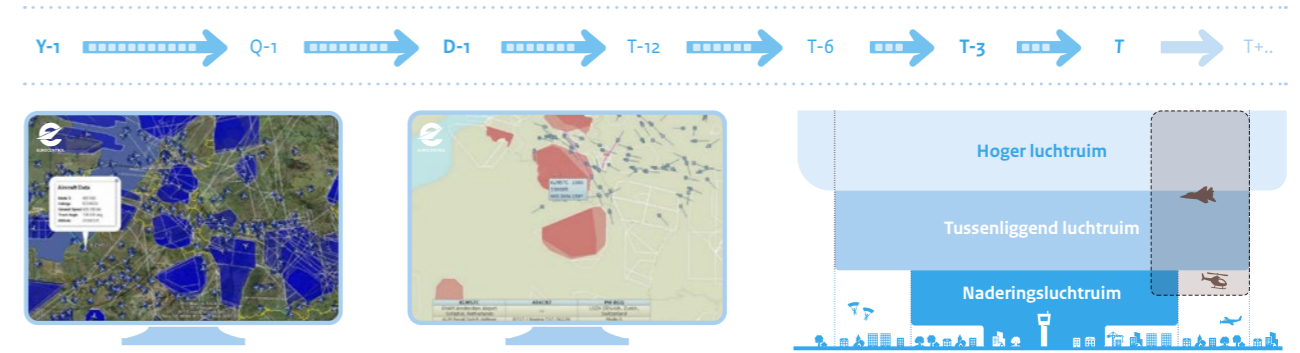
Algemene beschrijving

LARA+ is de plannings-, coördinatie- en visualisatietool voor **Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA)**.

Het huidige LARA (Local and sub-regional airspace management support system) is software van EUROCONTROL die alle ECAC landen kunnen gebruiken voor Airspace Management (ASM) proces zoals dat in Advance Flexible Use of Airspace (A-FUA) voorzien is. Het ondersteunt Collaborative Decision making (CDM), in het bijzonder voor civiel -militaire samenwerking. Het wordt gebruikt voor de strategische planning, 1 jaar vooruit, en (pre)-tactisch, tot 3 uur voor de operatie en de activatie van blokken luchtruim [97].

De bouwsteen “LARA+” refereert aan een verdere ontwikkeling en uitbreiding van het gebruik van een dergelijk CDM platform voor A-FUA. De onofficiële toevoeging “plus” verwijst naar de aangenomen uitbreiding van het gebruik van deze tool. Een uitbreiding zowel in tijd, naar korter van tevoren plannen (tactisch gebruik, 3 uur van tevoren, in de lopende operatie), als ook naar de uitbreiding en volledige, verdere grensoverschrijdende samenwerking van civiele en militaire gebruikers, en de Network Manager (NM) van het Europese luchtruim, die ook de tool beheert.

Met LARA+ zijn de ATC systemen real-time gekoppeld en worden luchtruim status en planning (zoals temporary danger, restricted of prohibited area's, conditional routes, cross border training area's (“states”), etc.) up-to-date aan gebruikers gepresenteerd.



Figuur 15: Schematische weergave van het planningsproces zoals dat (met behulp van LARA+) wordt doorlopen. De eerste stap is een jaar tevoren, de tweede een kwartaal, de derde een dag en daarna gaat het om aantallen uren vooraf en na de vluchtuitvoering.

Rol van de bouwsteen

Ondersteuning beslisproces

LARA+ ondersteunt het beslisproces, waarin separaat Collaborate Decision Making (CDM) en de prioriteringsregels zijn belegd. Het maakt gebruik van de implementatie van de benodigde planningsprincipes, zoals de Booking Principles and Priority Rules (BPPR), voor alle gebruikers: civiele commerciële vluchten (met repetitieve en incidentele vliegplannen), militaire vluchten (met zeer diverse luchtruimbehoeften met een hoge mate van flexibiliteit), General Aviation, luchtverkeersleidingsorganisatie (van ATC centra LVNL, MUAC e.a, AMCs, tot de Network Manager). Het gebruik varieert daarbij van strategisch planning, optimaliseren van de luchtruimplanningen in een onderhandelingsproces tussen gebruikers, tot het toegankelijk informeren van luchtruimgebruikers.

In het huidige gebruik is de post-ops analyse onderontwikkeld. De noodzaak voor inzichtelijke post-ops analyses gericht op de effectiviteit van de uiteindelijke luchtruimtoewijzing en -gebruik, neemt toe met het toenemen van de flexibiliteit en de dynamiek die A-FUA en de ondersteuning van LARA+ biedt. Met de resultaten van de analyses kunnen de toewijzingsregels en procedures beter worden afgestemd op de werkelijke behoefte van alle gebruikers.

A-FUA rolling schedule vanaf Year-1

Voor alle gebruikers geldt dat het “rolling proces” van A-FUA alleen mogelijk is wanneer de interface met de gebruikers (LARA+) dit eenvoudig toegankelijk maakt. LARA+ ondersteunt de communicatie door real-time, 4 dimensionale visualisatie van de geplande en actuele luchtruim status. Wel kennen gebruikers verschillende typische tijden in de planning van de operatie deze zijn in de volgende tabel schematisch weergegeven.

Activiteit	Tijdhorizon	Typische mijlpalen in rolling schedule
Strategische planning	Year-1	Afstemming van airline schedules en planning militaire oefeningen.
kwartaal planning (strategisch)	Quarter-1	Onder andere afstemming van zomer- en winterschedules airlines.
Weekplanning (pre-tactisch)	Day-7	Fine-tuning civiele en militaire planningen.
Dag planning (tactisch)	Day-1 / T-24h	Dagplanning voor alle gebruikers.
	T-12h	Typische planningshorizon intercontinentaal handelsverkeer. Sommige luchtvaartmaatschappijen ervaren wijzigingen na T-16 al als zeer verstorend.
	T-6h	Typische planningshorizon handelsverkeer in ECAC gebied. Mogelijkheid voorbereiding luchtruimbehoefte militaire ochtend wave.
	T-3h	Typisch horizon voor militaire operatie, afhankelijk van vliegcondities (weer, seastate, etc.) Voor Defensie is T-3 operationeel essentieel, vooral voor de uitvoering van de ochtend wave.
Vluchtuitvoering (tactisch)	T	Real-time informatie van de luchtruimstatus en vluchten.
Analyse (post-ops)	T+	Post operations analyse ter evaluatie van gebeurtenissen, de efficiëntie van het luchtruimgebruik en de toewijzing van het luchtruim.

Tabel 2: Schematisch overzicht van typische, huidige planningstijden voor verschillende gebruikers

Gebruikersinterface

De interface van LARA+ bevordert de “situation awareness” (overzicht van de status van blokken luchtruim) van de gebruikers en biedt een platform om luchtruim te activeren en te deactiveren [44] [97]. Dit is essentieel, zowel in de coördinatie tijdens het planningsproces als in de informatievoorziening aan gebruikers. Het geeft inzicht voor de gebruikers om vooraf keuzes inzichtelijk te maken en vervolgens conform het geplande luchtruimgebruik te opereren. Het biedt de mogelijkheid om verzoeken in te dienen, zoals bijvoorbeeld MUAC vandaag de dag met “orange slots” werkt. Daarbij wordt ook de toegankelijkheid vergroot: meer gebruikers en meer soorten van gebruik.

LARA+ biedt ook de interface voor gebruikers om hun input te leveren, zodat aan de hand van de toewijzingsregels, de BPPR, vervolgens het geplande luchtruimgebruik kan worden weergegeven.

Systeeminterface

Het systeem borgt eenduidige data distributie via SWIM en borging van de integriteit en kwaliteit van data (EDQ). Ook andere systemen, zoals bijvoorbeeld arrival en departure management systemen (**E-AMAN** en **DMAN**) maken gebruik van de luchtruimplanningsinformatie.

Randvoorwaarden

LARA+ ontwikkeling

De eerste stappen op weg naar een dergelijk systeem worden genomen door de doorontwikkeling van een zogenaamde Airspace Management Cell (AMC), zie paragraaf 1.6.5. In het voorjaar 2020 is een FUA cell ingericht bij MUAC voor de planning en uitvoering van de vaste gebieden. Najaar 2020 wordt het Nederlandse AMC gecombineerd met een FUA cell bij 1ATM (LVNL en CLSK) die de planning van de tijdelijke en niet conforme gebieden gaat verzorgen. Deze beide cellen nemen de taak over van de huidige Airspace Flow Management Unit. Het Nederlandse AMC is een staatsverantwoordelijkheid en komt te vallen onder de verantwoordelijkheid van de ministeries van IenW en Defensie.

Voor zowel de civiele als militaire operatie centra is het nuttig om voor planning en uitvoering de diverse tools (onder andere LARA+) op te nemen in hun dagelijkse bedrijfsvoering. Deze werkwijze moet leiden tot een grotere voorspelbaarheid maar ook flexibiliteit in de uitvoering van de operatie.

Naamgeving

De naam LARA+ is geen pleidooi voor het huidige tool. Het is wel waarschijnlijk dat LARA+ zal ontstaan uit het huidige systeem. Er zijn echter alternatieve systemen in gebruik,

zoals bijvoorbeeld “STANLY_ACOS” in Duitsland en “Common Airspace Tool” in Polen.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

De ontwikkeling van deze tool levert in het bijzonder een steeds betere afstemming tussen civiel en militair luchtruimgebruik. De afstemming betreft zowel nationaal als internationaal – het airspace management van een (toekomstige) Cross Border Area voor een gemeenschappelijk militair oefengebied valt daar ook onder.

Ook de coördinatie met civiele en militaire operation centers wordt ondersteund. Het planningsproces dat in 2035 nodig is voor de introductie van (i)4D vliegplannen, vereist inzicht bij de operators (luchtvaartmaatschappijen) en luchtverkeersleidingsorganisaties in de beschikbaarheid van luchtruim en de mogelijke optimalisatie van beschikbaar luchtruim en routes in relatie met de (4D) vliegplannen.

Nieuwe gebruikers van de tool zijn ook de General Aviation operators en vliegers, en drone gebruikers, die allen gebaat zijn bij een beter inzicht in het beschikbare luchtruim met gebruiksvriendelijke web services (LARA+ apps). Zeker wanneer ook lager luchtruim meer dynamisch beschikbaar wordt gesteld, en (cockpit) systemen voor GA en drones veel beter capabel zijn dit accuraat en real-time te tonen. Het Airspace Use Plan (AUP), inclusief updates (UUP), is altijd direct inzichtelijk en is communicatie efficiënter dan alleen via NOTAMs.

4.5.3 SWIM invoeren en gebruiken

Algemene beschrijving

Binnen het TBO-concept speelt de bouwsteen System Wide Information Management (SWIM) een cruciale rol.

SWIM [41] [43] is een concept voor informatiebeheer en –verwerking binnen de luchtvaartindustrie. Het concept beschrijft hoe de informatie-uitwisseling tussen alle ATM partijen (mens en machine) verbeterd kan worden door verregaande digitalisatie en nieuwe distributie vormen. Een van de grote uitdagingen daarbij is het inbouwen van de flexibiliteit die menselijke intelligentie en mondelinge communicatie kenmerkt. Een ongewoon verzoek kan door de mens in context geplaatst worden, en naar een goede oplossing leiden; voor machines is dat veel lastiger. Een SWIM-systeem zal dus in toenemende mate ‘slim’ moeten worden om context en relevante feiten te ontdekken, in plaats van ‘enkel’ informatie uit te wisselen. Denk daarbij aan zelflerende systemen en artificiële intelligentie, maar ook aan geavanceerde manieren om informatie te sorteren en visualiseren.

IT-systemen binnen SWIM moeten complexe operationele informatie-uitwisseling aan kunnen. Interoperabiliteit en verregaande data-uitwisseling staan daarom centraal in het SWIM-concept. Er wordt afgestapt van de traditionele

punt-tot-punt gegevensuitwisselingen zoals OLDI, hetgeen een belangrijke verandering is in het beheren van ATM-informatie.

Om wereldwijd het SWIM-systeem te ontwikkelen zijn standaarden nodig. De internationale burgerluchtvaartorganisatie ICAO, belast met de vaststelling van communicatie- en informatienormen, heeft SWIM dan ook omarmd. ICAO is afgestapt van gedetailleerde en specifieke voorschriften (die te snel verouderen), en is over gegaan op het functioneel beschrijven van systemen. In alle nieuwe relevant ICAO-publicaties is de SWIM-functionaliteit dan ook een integraal onderdeel geworden van het ATM-systeem.

Om het SWIM-concept uit te werken en daadwerkelijk toe te passen, zijn er verschillende moderniseringsprogramma’s gelanceerd zoals Collaborative Action for Renovation of Air Traffic Systems (CARATS) in Japan, China New Generation ATM System (CNAS), Next Generation Air Transportation System (NextGen) in de Verenigde Staten en Single European Sky ATM Research (SESAR) in Europa. Allemaal beschouwen zij de implementatie van SWIM als een fundamenteel vereiste voor toekomstige ATM-systemen.

Voor de luchtruimherziening is vooral SESAR van belang. Het European ATM Masterplan [3] beschrijft hoe in Europa in de komende 15 jaar naar een SWIM-compliant ATM-systeem toegevoerd wordt. De Europese Commissie stimuleert deze ontwikkelingen door middel van subsidiëring, door het scheppen van een Europees wettelijk kader, en door implementatie verplichtingen.

Het PLRH kan een waardevolle bijdrage leveren aan de al lopende SESAR-ontwikkelingen. Van iedere bouwsteen zou onderzocht kunnen worden hoe deze SWIM-compatibel ingericht kan worden. Daarbij zou vooral naar de operationele kant gekeken moeten worden; tot nu toe ligt het zwaartepunt vooral bij het ontwikkelen van de technische infrastructuur. Er is een integrale aanpak nodig om straks een coherent SWIM-systeem te hebben. Voorkomen moet worden dat er een lappendeken van losse toepassingen ontstaat. Een voorbeeld hiervan is XMAN: een SWIM-compatibel proces, maar nog niet voldoende verknoopt met andere systemen. XMAN kan daardoor nog niet zijn volle potentieel bereiken.

Er is een coherente aanpak nodig richting 2035. Idealiter zou het LRH-programma een eigen SESAR roadmap opleveren (als onderdeel van de volledige roadmap, zie paragraaf 5.4), gebaseerd op het SWIM-concept, toegespitst op de geselecteerde bouwstenen.

Rol van de bouwsteen

Het SWIM-concept is van belang voor veel van de bouwstenen. Of het nu gaat om het doorgeven van een nieuwe naderingsroute aan een vliegtuig in verband met het veranderen van de

landingsbaan, of om het doorgeven van de vervroegde sluiting van een militair oefengebied, het gaat allemaal om data die wordt gebruikt voor operationele beslissingen. Als deze data sneller en met grotere precisie aangeleverd kan worden volgens het SWIM-concept, dan zal dat uiteindelijk leiden tot een betere, veiligere en meer efficiënte afhandeling van het verkeer. Het zal ook nieuwe processen en diensten mogelijk maken, onder andere door de verbeterde synchronisatie van processen zoals bijvoorbeeld bij vertrek- en aankomstmanagement.

Advanced FUA, TBO, CCO, CDO, TBS, User-preferred trajectories, E-AMAN, merge Tool, afstemming baangebruik, AMAN/DMAN integratie, Best Equipped, Best Served, naderen via stelsel van vaste routepunten en geavanceerde DMAN. Al deze bouwstenen maken gebruik van (veelal dezelfde) operationele data en zijn dus eveneens gebaat bij SWIM.

Bij de LVNL en MUAC wordt al jaren gewerkt aan SESAR en SWIM-functionaliteiten. Dit gebeurt in Europees verband. Per bouwsteen zal er in gezamenlijkheid gekeken moeten worden wat dat betekent voor beide organisaties en voor de relevante luchtruim gebruikers. Dit vereist een gedetailleerde studie naar de SWIM-data die de bouwstenen nodig hebben, en naar welke operationele processen verbeterd kunnen of ontwikkeld moeten worden. De ervaring met het XMAN-programma is dat het ontwikkelen van een nieuw operationeel concept sterk samenhangt met de technische ontwikkeling, en dat zulke ontwikkelingen een lange doorlooptijd hebben.

Randvoorwaarden

De standaardisatie en aanpassing van alle systemen op de grond en in de lucht, en het operationeel toepassen van het SWIM-concept zal nog enige tijd nodig hebben. Het European ATM Masterplan heeft weliswaar het jaar 2035 als einddatum, maar om tegen die tijd het volledige SWIM-concept geïntegreerd te hebben, en daarmee het TBO-concept ten volste te kunnen toepassen, zal er flink geïnvesteerd moeten worden in technische en operationele ontwikkelingen.

Ook de systemen bij MUAC en de LVNL zullen aangepast moeten worden aan de nog nader te bepalen systeemeisen van SWIM [98]. Niet alleen de technische systemen, maar zeker ook de operationele concepten zullen ontwikkeld en aangepast moeten worden. Bestaande technische mogelijkheden zoals **datalink** zijn weliswaar technisch al uit de kinderschoenen, maar de geïntegreerde operationele toepassing ervan is dat zeker niet.

Verwachte prestaties van de bouwsteen

SWIM is al jaren in ontwikkeling, en eigenlijk geen nieuwe bouwsteen. SWIM is ook niet optioneel: het is een internationaal vastgelegd concept. Het PLRH kan er wel voor zorgen dat bepaalde SWIM-functionaliteiten versneld ontwikkeld en geïmplementeerd gaan worden ter ondersteuning van andere bouwstenen. Mogelijk is voor een tijdige implementatie een actieve rol van PLRH nodig. Daarnaast zijn er nog nader te bepalen bestaande ATM-processen die verbeterd kunnen worden, wederom ter ondersteuning van de nieuwe bouwstenen.

SWIM zal in het jaar 2035 een grote rol kunnen gaan spelen, maar de verwachting is dat het een permanent ontwikkeltraject zal zijn.

5 Benodigde veranderingen

Om het operationeel concept tussen 2023 en 2035 succesvol te implementeren moeten de stakeholders verschillende veranderingen doorvoeren. Het gaat bijvoorbeeld om een nieuwe visie op rol van de mens in het ATM-systeem (paragraaf 5.1), de evolutie en mogelijke vervanging van de gebruikte systemen (paragraaf 5.2) en aanpassing van de regelgeving, nationaal en Europees (paragraaf 5.3). De samenwerking zal op allerlei vlakken aangepast en verbeterd moeten worden en dit vergt bij de stakeholders een veel grotere mate van uitwisseling en verwerking van informatie dan nu het geval is. Ook verdere automatisering van de luchtverkeersleiding zal veranderingen vragen van de verschillende rollen maar ook van de selectie en opleiding van mensen.

In paragraaf 5.4 wordt een stappenplan geschetst om op een logische, stapsgewijze manier het gewenste resultaat in 2035 te bereiken. Hierbij is het belangrijk dat er tussentijds geen achteruitgang van de prestaties plaatsvindt. Het hoofdstuk eindigt in paragraaf 5.5 met een overzicht van de onzekerheden en afhankelijkheden die een dergelijke grote wijziging van het operationeel concept onherroepelijk met zich meebrengt.

5.1 Rol van de mens

De verschillende taken die nodig zijn om het Nederlandse ATM-systeem goed te laten functioneren zijn door de jaren heen altijd aan verandering onderhevig geweest. De wens om een hoger veiligheidsniveau (ook vanuit de veranderende maatschappij), technologische ontwikkelingen die nieuwe mogelijkheden scheppen en een steeds grotere vraag naar luchtvaart zijn daarbij de belangrijkste drijvende krachten achter deze evoluties geweest. Technologische ontwikkelingen veranderen het operationeel concept en daarin is er telkens aandacht vereist voor de verandering en voor de complexiteit van de omgeving van de mens in het ATM-systeem.

In deze paragraaf is de aandacht voor de mens beperkt tot operationeel personeel, van uitvoerend verkeersleider

(“executive controller”) en planner tot de technische beheerder van de operationele ATM-systemen. In de processen in het operationeel concept spelen mensen, procedures, digitalisering en systemen een essentiële rol, zowel strategisch, pre-tactisch, als tactisch in de operatie.

Tijdens de ontwikkeling van het operationeel concept, wordt verwacht dat de mens een sleutelrol zal blijven spelen in de dienstverlening van Air Traffic Management (ATM) en bij het beheer en onderhoud van de technische systemen, procedure-ontwerp en training die daarvoor nodig zijn. Echter, de taken, rollen en middelen voor de mens zullen veranderen door de inzet van automatisering over een breed scala van toepassingen [99].

Centraal staat het inbedden van de capaciteiten van de mens (“human performance”) in veranderende systemen zodat deze capaciteiten zo goed mogelijk worden benut. Het is belangrijk de human performance al in te bedden in de planning en het ontwerp van het operationeel concept, alsook bij de implementatie [15]. Dat geldt voor meerdere gebieden:

- Selectie en initial training en de aanpassing van de vaardigheden en competenties van nieuw en zittend operationeel personeel;
- Definiëren en implementeren van nieuwe rollen, verantwoordelijkheden en taken;
- Sociale gevolgen en het managen van de cultuurveranderingen als gevolg van de toename in automatisering.

In het huidige concept levert de ‘human performance’ in het ATM-systeem een groot deel van de robuustheid en veerkracht. Zowel in de vorm van veerkracht voor (dagelijkse) operationele verstoringen en uitzonderlijke situaties, als in de vorm van veerkracht als technologie faalt. Het gaat om de bijdrage van de mens in de nominale, de verstoorde en de exceptionele operaties. Overigens benoemt de SESAR Airspace Architecture Study [24] expliciet voor de bijdrage van de mens naast veerkracht (“resilience”), ook de schaalbaarheid (“scalability”) van het luchtverkeersleidingssysteem.

Bij de uitwerking van het operationeel concept moet zowel integraal als per bouwsteen worden geborgd dat de mens de gevraagde taken optimaal kan uitvoeren. Vervolgens moet er eerst een robuust ontwerp en vervolgens een transitieplan opgesteld moeten worden waarbij ook elementen als systeemondersteuning, automatisering, procedures, opleiding en training een rol spelen. Tot slot stelt ICAO [15] dat dit niet kan worden bereikt zonder een gemeenschappelijke, afgestemde inspanning van de overheid, uitvoerende organisaties en het operationele personeel.

Digitalisering en automatisering op de grond

Zowel digitalisering (het vervangen van analoge processen door digitale) als automatisering zijn ontwikkelingen die al langgeleden in gang zijn gezet in ATM. Er is automatisering op verschillende niveaus: van ondersteuning van de mens in het ATM-systeem, tot aan het overnemen van taken die eerder door de mens werden uitgevoerd. Systemen kunnen om verschillende redenen ingezet worden om de verkeersleider te ondersteunen. Daarnaast kunnen *safety* nets worden gebruikt om de veiligheid te verhogen. Denk bijvoorbeeld aan systemen die een potentieel gevaarlijke situatie detecteren en daarmee het risico op een incident of ongeluk reduceren. Er zijn ook ondersteunende systemen die de werklast verlagen en/of de productiviteit verhogen.

Automatisering is tot nu toe vooral vaak zo ingezet dat de rol van de verkeersleider in de tactische afhandeling niet werd veranderd. Het gaat vaak om planningstaken en het maken van (complexe) optimalisaties in bijvoorbeeld vluchtschema's. In de Europese en wereldwijde visies op ATM [24] wordt voorzien dat automatisering in de toekomst ook taken gaat overnemen die deze rol wel structureel veranderen, zoals het geven van instructies aan vliegtuigen.

Hierbij moeten de kwaliteiten van automatisering en menselijke operators optimaal benut worden. Er is veel discussie over hoe de overgang naar dergelijke systemen eruit ziet en wie verantwoordelijk is als er een incident of ongeluk zou plaatsvinden. De regie zou bij de verkeersleider kunnen blijven waarbij deze door de automatisering op de hoogte gehouden wordt van elke stap die gezet wordt. Automatisering kan hierbij eerst eenvoudige, repeterende taken overnemen. Daarna kan dit takenpakket stap voor stap uitgebreid worden.

Het is de vraag of de mens in staat wordt gesteld de beslissingen te nemen waarvoor hij verantwoordelijk is en of een operator voldoende getraind en geroutineerd is om de taken naar behoren uit te voeren. Daarom is er een sterke automatiseringsfilosofie nodig die richting moet geven aan ontwerprichtlijnen voor het operationeel concept waarmee de human performance zo goed mogelijk geborgd en benut blijft.

Veranderingen in het operationeel concept

Voor wat betreft het operationeel concept staat de grootte verandering in dienst van de noodzaak van een veel preciezere planning met een grotere planningshorizon voor civiel verkeer. Om deze planning te maken en om de realisatie ervan te ondersteunen wordt sterk geleund op digitalisering en automatisering. Om een **TBO** concept mogelijk te maken en de bijbehorende onderhandelingen te ondersteunen zal gebruik worden gemaakt van geautomatiseerde systemen waarbij de rol en functie van mens zorgvuldig bekeken en gekozen moet worden.

Ook bij het bijwerken van deze informatie tijdens de vlucht zal automatisering een grote rol spelen. Het **E-AMAN** systeem zal automatisch een planning maken en bepalen welke route bij de verschillende vliegtuigen past om deze planning te realiseren, terwijl de separatie tussen de vliegtuigen gegarandeerd blijft. Deze route zal via **datalink** gedeeld worden met de cockpit. Nader onderzoek zal nog moeten uitwijzen op welke wijze de mensen in het systeem deel uitmaken van dit proces.

De verdeling van taken, zoals monitoring van verkeer, detectie van potentiële conflicten en bijsturen van vluchten en verkeersstromen tussen mens en machine zal volgen uit de wensen van het operationeel concept en de mogelijkheden die technologie en mensen bieden. De verdeling hangt bovendien af van de technische uitrusting van vliegtuigen en ATM-systemen op de grond.

Verkeer van verschillende **buizen** zal samengevoegd moeten worden om als één stroom richting de landingsbaan te vliegen. Hiervoor heeft de verkeersleider hulp van een zogenaamde **merge tool**. Bij een minder goede planning kan het nodig zijn om handmatig bij te stellen. Het is de verwachting dat de rol van de luchtverkeersleider in de loop van de jaren door invoering van nieuwe technologie (bijvoorbeeld CTA en Interval Management) verder verschuift in de richting van manager van verkeersstromen [100] [15].

Ook op de luchthavens zal de trend naar meer digitalisering en automatisering voor planningswerkzaamheden rondom het **delen van informatie op de luchthavens**, A-CDM en capaciteitsmanagement doorzetten. Daarbij zal er steeds meer informatie (via **SWIM**) beschikbaar zijn om mee te wegen. In dit proces zal ook de vertrekplanning, mede op basis van de 4D trajectories van het **TBO** concept, gemaakt worden.

In het ATM Masterplan van SESAR [3] wordt digitalisering gepresenteerd als een belangrijk instrument om vernieuwing te versnellen. Dit wordt verder onderschreven door een SESAR rapport uit 2020 [101]. Het gaat hierbij om het digitaliseren van de infrastructuur wat invloed heeft op de hele breedte van ATM. Daarnaast wordt ook gesproken over automatisering van de luchtverkeersleiding. Die wordt onderverdeeld in 6 niveaus (0 t/m 5) waarbij de automatisering in elk niveau toeneemt (zie Tabel 3). Dit betekent dat automatisering in de visie van SESAR de mens rond 2035 meer dan nu zal ondersteunen bij het verkrijgen, uitwisselen en analyseren van informatie. Daarnaast zal automatisering de mens meer dan nu ondersteunen bij het maken van beslissingen. Verder zullen de eerste stappen gezet worden naar een omgeving waarin de automatisering ook bepaalde acties kan initiëren zonder menselijke tussenkomst. Een belangrijke rol is weggelegd voor de interactie tussen mens en automatisering. Deze zogenaamde socio-technische systemen zijn erop gericht de prestaties van de mens te optimaliseren en tegelijkertijd voldoende betrokkenheid van alle actoren te garanderen.

Een ontwikkeling in de automatisering waar veel van wordt verwacht is kunstmatige intelligentie. In het algemeen wordt deze term gebruikt voor processen waarbij systemen menselijke intelligentie kunnen nabootsen en daar ook naar kunnen handelen. Dat heeft ook gevolgen voor de relatie tussen mens

en machine. Voor ATM worden een aantal veelbelovende toepassingen voorzien [102]:

- Helpen om de capaciteitsproblematiek in ATM op te lossen door beter gebruik van data. Dit kan onder meer leiden tot betere voorspellingen en benutting van het luchtruim en meer productiviteit.
- Ondersteunen van de mens in het systeem van planning tot operatie. Het verhogen van het veiligheidsniveau door conflict detectie, het geven van adviezen en het voorstellen van oplossingen.
- Het verbeteren van routeontwerpen en de voorspellingen zodat de operatie milieuvriendelijker wordt.
- Door de toegenomen technologische mogelijkheden helpen de digitale transformatie van ATM mogelijk te maken.

Daarnaast heeft EASA een Artificial Intelligence Roadmap [103] geschreven waarin een aantal ontwikkelingen rondom kunstmatige intelligentie worden voorzien van een verwachte invoerdatum. Hierbij worden 3 stappen onderscheiden:

1. Assistentie en toegevoegde intelligentie (augmentation): 2022-2025.
2. Mens/machine samenwerking: 2025-2030.
3. Autonoom commercieel luchttransport: 2035+.

Niveau	Rol van automatisering
Niveau 0	Automatisering ondersteunt de mens bij informatieverzameling, -analyse en uitwisseling.
Niveau 1	Als niveau 0 inclusief ondersteuning bij het selecteren van de juiste actie voor bepaalde taken.
Niveau 2	Als niveau 1 maar dan ook inclusief het implementeren van bepaalde acties door de automatisering. Deze acties worden wel altijd door de mens geïnitieerd. De automatisering past zich aan om de juiste socio-technische balans te vinden.
Niveau 3	Automatisering ondersteunt de mens bij informatievergarig, -analyse, -uitwisseling en -implementatie bij de meeste taken. Automatisering kan acties initiëren voor sommige taken. De automatisering past zich aan om de juiste socio-technische balans te vinden.
Niveau 4	Als niveau 3, maar dan voor alle taken. Acties kunnen voor de meeste taken geïnitieerd worden door de automatisering.
Niveau 5	Automatisering voert alle taken uit onder alle omstandigheden. Er is geen rol voor de mens in de operatie.

Tabel 3: Automatiseringsniveaus uit het ATM Masterplan 2020

Mensvisie LVNL

De meest recente visie van LVNL is vastgelegd in de Mensvisie 2025-2030 [104]. Die is grotendeels in lijn met niveau 2 van het ATM Masterplan waarbij de automatisering de mens onder alle omstandigheden ondersteunt bij het veilig en efficiënt afhandelen van verkeersstromen. De drijfveren achter de visie zijn de verkeersgroei, de toenemende eisen van de omgeving en de introductie van nieuwe ATM-concepten (denk aan planmatiger verkeersstromen met vaste routes) en -systemen. Zonder duidelijke visie zal de implementatie van nieuwe technologie te langzaam verlopen en wordt de verkeersafhandeling complexer. Het doel van de mensvisie is onder andere om de werklust van het operationele personeel te verlichten waar die erg hoog is. Dit wordt bereikt door het creëren van voorspelbare verkeersstromen waarbij het controleren van individuele vluchten alleen nodig is voor de fijn-afstemming en het opvangen van verstoringen en exceptionele situaties. Planningsfuncties worden belangrijker en ook tools krijgen een grotere rol bij het ondersteunen van de verkeersleiders. Er wordt gesteld dat het pakket aan veranderingen (planmatiger werken, toenemende automatisering) gevolgen heeft voor de uit te voeren taken. Hierop moet al bij de selectie van personeel worden ingespeeld.

MUAC

Voor het formuleren van de langetermijnvisie op automatisering heeft MUAC twee paden overwogen:

1. Stapsgewijs de rol van de mens verkleinen door de automatisering meer en meer taken van de mens laten overnemen.
2. Volledige automatisering toepassen in de "ideale" omgeving. Daarna de reikwijdte van deze omgeving langzaam vergroten.

De visie van MUAC voor de lange termijn is het tweede pad te volgen en dus om complete functies door automatisering te vervangen en daarbij te starten met automatisering onder ideale omstandigheden. Hierbij concludeert MUAC dat de aanpak waarbij de verkeersleider meer een monitoring rol krijgt (eerste pad) praktisch niet haalbaar is omdat dit tot de introductie van nieuwe fouten zal leiden (zie onder andere [105]). Automatisering zal dus vanaf het begin de minder complexe situaties voor luchtverkeersleiders overnemen. Daarna zal de reikwijdte langzaam uitgebreid worden voor complexere scenario's. De daarbij geschetste tijdlijn is korter dan die van het ATM Masterplan en de visie geldt voor alle gebieden, niet alleen de verkeersleiderstaak. De doelstelling voor 2030 is om de pre-tactische fase (planning) volledig over te laten nemen door automatisering. Dus ook de informatie-analyse zal in de toekomst geautomatiseerd zijn. Ook de afhandeling van verkeer zal voor de minder complexe scenario's volledig geautomatiseerd zijn. Hiervoor zijn een aantal

voorwaarden opgesteld. Ten eerste technische voorwaarden waaraan vliegtuigen moeten voldoen. Ten tweede moet de automatisering zichzelf monitoren, dit is dus geen verkeersleiderstaak. Het derde punt gaat over aansprakelijkheid, deze zal niet langer volledig bij de operator liggen. Voor de complexere situaties biedt de automatisering beslissingsondersteuning. Het wordt onderkend dat het belangrijk is om de mens betrokken te houden bij kritische beslissingen. Dit betekent dat verkeersleiders de leiding hebben bij complexe scenario's waar ze toegevoegde waarde hebben op het gebied van veiligheid en prestaties (denk aan ervaring, intuïtie en inventiviteit).

Digitalisering en automatisering in de lucht

Om het operationeel concept te realiseren is in het afhandlingsproces samenwerking met de bemanning en hun systemen in de cockpit essentieel. Een belangrijk deel van deze samenwerking bestaat uit het uitwisselen van gegevens. Digitalisering en Automatisering is in de verkeersvliegtuigen al lange tijd gaande, maar de koppeling tussen cockpit en ATM is nog minder vanzelfsprekend. Met de uitwisseling van gegevens over vluchtvoortgang en routeplanning wordt het mogelijk om nauwkeuriger en voorspelbaarder te kunnen werken. Automatisering in de cockpit valt buiten de reikwijdte van het PLRH. Wel is het voor het verwerken van de complexe klaringen (bijvoorbeeld de naderingsroute door het systeem van vaste routepunten) wellicht nodig om deze (na goedkeuring van de piloot) direct in de vluchtcomputer te kunnen laden. Een systeem als **datalink** voorziet hierin door de 'autoload' functie. Bij die automatisering is het van belang de mogelijkheden in de cockpit te kennen en om de werkwijze van de bemanning in acht te nemen. Zo kan een Flight Management Computer voor een nadering heel goed een **CDO** uitrekenen, maar bij een vertrekprocedure bijvoorbeeld geen rekening houden met de voorwaarde van een opgegeven klimgradiënt. Keuzes op dat gebied hebben daardoor een direct effect op de taken die in de cockpit moeten worden uitgevoerd. Verder heeft men in de cockpit nauwkeurige informatie over de vluchtvoortgang en vliegtijd. Die kan in het proces van **E-AMAN** gebruikt worden om tot een accurater beeld van het verkeersaanbod te komen en daarmee een betere trajectoryplanning af te kunnen geven. Om deze informatie met de grond te delen kunnen ontwikkelingen als **datalink** en **SWIM** gebruikt worden. Andere vereisten voor de vliegtuigen gaan niet zozeer over de automatisering maar over de systemen die aanwezig moeten zijn (zie paragraaf 5.2). Dit betekent dat in de verdere uitwerking van de relevante bouwstenen de luchtvaartmaatschappijen betrokken zullen zijn.

Opleiding en training

De opleiding en training van verkeersleiders zal aangepast moeten worden aan de veranderende werkomgeving. De mensvisie van LVNL besteedt daar veel aandacht aan.

Ook binnen SESAR is onderzoek gedaan naar dit aspect. Het Autopace project ¹⁵ (in het SESAR ER programma) heeft bijvoorbeeld gekeken naar de ontwikkeling en training voor verkeersleiders die nodig zijn om de uitdagingen van automatisering aan te kunnen. Een belangrijke conclusie is om in de toekomst verkeersleiders niet alleen technisch te trainen maar ook psychisch. Die training moet zich op cognitieve en niet-cognitieve aspecten richten, net zoals vandaag de dag bij LVNL, MUAC en CLSK al gebeurt.

5.2 Systemen

De Airspace Architecture Study [24] beschrijft hoe een gemeenschappelijk Europees luchtruim eruit zal zien (zie ook paragraaf 1.6.2). Een onderdeel van deze studie is een beschrijving van de systeemarchitectuur, gebaseerd op de European ATM Architecture [106]. Hierbij wordt uitgegaan van een service georiënteerde architectuur die gebruik maakt van **SWIM**. Een dergelijke architectuur is gebaseerd op zelfstandige services die op een gestandaardiseerde manier met elkaar kunnen communiceren. Voorbeelden van services die geboden kunnen worden zijn overzichten van vluchtplannen, vluchtvoortgang, weersverwachtingen, radar beelden etc. Stakeholders die voldoen aan de standaarden kunnen relatief eenvoudig gebruik maken van dergelijke services. Om services aan te bieden kunnen bestaande complexe systemen bij bijvoorbeeld de luchtverkeersleidingsorganisaties soms gesplitst worden in zelfstandig opererende services die met elkaar communiceren. Uiteindelijk kan de implementatie van veel services geheel onafhankelijk van de fysieke hardware plaatsvinden (virtualisatie). Het resultaat is dat er een Europese markt ontstaat voor het aanbieden van bepaalde ATM gerelateerde services. Daarbij maakt de standaardisatie het ook veel makkelijker om van serviceverlener te veranderen. Hiernaast biedt een dergelijke structuur voordelen op het gebied van robuustheid tegen verstoringen. De Airspace Architecture Study voorziet dat de transitie naar een service-georiënteerde ATM rond 2035 voltooid zal moeten zijn. De PCP [19] verplicht al enkele eerste stappen op weg naar dit beoogde eindbeeld.

Een deel van de benodigde systeemveranderingen die nodig zijn voor het operationeel concept kunnen in lijn met deze transitie geïmplementeerd worden. Daarnaast zijn er ook enkele nieuwe functionaliteiten/services nodig. Per stakeholder moeten de belangrijkste systeemveranderingen geschetst worden die nodig zijn voor het operationeel concept. Voor alle stakeholders geldt dat een deel van de systemen een evolutie moeten ondergaan naar een service-georiënteerde architec-

tuur. Daarvoor zullen bestaande systemen aangepast en/of op termijn vervangen moeten worden. De architectuur zal gebruik maken van de SWIM bouwsteen. Een overzicht van de systemen die aangepast zullen moeten worden om van de initiële versie van SWIM, genaamd iSWIM gebruik te maken is te vinden in [107]. Als onderliggende netwerkdienst voor SWIM heeft EUROCONTROL gekozen voor de New Pan-European Network Service (NewPENS¹⁶) dat een hoge mate van betrouwbaarheid en veiligheid belooft. De transitie naar NewPENS is door veel stakeholders al in gang gezet.

Hieronder wordt een globaal beeld geschetst van de aanpassingen aan de systemen die nodig zijn om de transitie naar het nieuwe operationeel concept mogelijk te maken. Deze informatie staat deels ook al beschreven bij de individuele bouwsteenbeschrijvingen in hoofdstuk 4. Het gaat hier om aandachtspunten op hoofdlijnen; tijdens de Planuitwerkingsfase zal voor elk systeem een apart transitieplan gemaakt moeten worden.

Systemen gebruikt voor de planning van luchtverkeer

De transitie naar TBO heeft bij LVNL zijn weerslag op verschillende systemen. Informatie over geplande en lopende vluchten zal centraal bijgehouden worden waardoor er bij alle relevante partijen een consistent en gedeeld beeld ontstaat over een vlucht. Verschillende systemen bij LVNL, zoals het luchtverkeersleidingssysteem en het torensysteem zullen van deze informatie gebruik moeten kunnen maken door vluchtinformatie te gebruiken en te kunnen aanpassen. Het AMAN systeem is een belangrijk onderdeel van het luchtverkeersleidingssysteem en zal moeten evolueren naar de benodigde **E-AMAN** bouwsteen. Hiervoor zullen aanpassingen gedaan moeten worden om de vereiste functionaliteit van deze bouwsteen te kunnen leveren. Denk hierbij aan zaken als langer vooruit kunnen plannen met een hogere mate van precisie en het genereren van een route om afwijkingen in het 4D trajectory te compenseren. Daarnaast zal dit systeem gebruik moeten kunnen maken van datalink om direct te kunnen communiceren met de cockpit. Op dit moment is dat nog niet mogelijk bij LVNL; hiervoor zullen voorzieningen moeten worden getroffen.

De trajectory predictor is een bestaande module die vliegbanen voorspelt. Die moet verder ontwikkeld worden om de **E-AMAN** bouwsteen te kunnen ondersteunen. Belangrijk daarbij is dat de trajectoryplanner data kan verwerken die vanuit de cockpit (via SWIM) beschikbaar is.

MUAC zal, als onderdeel van EUROCONTROL, de benodigde wijzigingen in het kader van het ATM Masterplan tijdig invoeren. Daarmee wordt automatisch de juiste basis gelegd

¹⁵ <https://www.sesarju.eu/projects/autopace>

¹⁶ <https://www.EUROCONTROL.int/service/new-pan-european-network-service>

voor het operationeel concept. Belangrijke ontwikkelingen hierin zijn de overgang naar **TBO** en nieuwe manieren om verkeersstromen te plannen en beheren. Het beoogde E-AMAN concept opereert deels in het luchtruim van MUAC (en deels in het luchtruim van andere omringende luchtverkeersleidingsorganisaties). Hiervoor zullen mogelijk aparte systeemwijzigingen nodig zijn waarbij ook zoveel mogelijk zal worden aangesloten bij en gebruik gemaakt worden van Europese ontwikkelingen zoals SWIM.

In het TBO-concept is een centrale entiteit nodig voor coördinatie en het borgen van de consistentie van informatie. Die zal daarvoor de juiste informatiestromen moeten kunnen gebruiken. Denk hierbij aan vluchtplannen, operationele plannen van luchthavens of actuele gegevens van luchtvaartmaatschappijen. Er moet een transitie plaatsvinden waarbij beslissingen veel meer in gezamenlijkheid genomen worden (CDM). Communicatie zal grotendeels via SWIM verlopen en daarbij zal openbaarheid (zoals een portal) steeds belangrijker worden.

Systemen gebruikt door luchtverkeersleiders

Om met een vast routesysteem en buizen te kunnen werken zullen de werkposities van de verkeersleiders aangepast moeten worden. Daarnaast is het nodig om de benodigde ondersteunende tools die voor deze bouwstenen nodig zijn (zie de individuele bouwsteenbeschrijvingen) in de werkposities te integreren.

Bij het torensysteem van LVNL zijn er belangrijke aanpassingen aan de DMAN nodig om. Deze zal gekoppeld moeten worden met het E-AMAN systeem, bijvoorbeeld om rekening te kunnen houden met de baanafhankelijkheden op Schiphol. De koppeling met het A-CDM systeem van Schiphol moet versterkt worden om de planning van vertrekkend verkeer te verbeteren. Tenslotte zijn ook hier aanpassingen nodig om met vaste naderingsroutes te werken.

Het 1ATM project dat gezamenlijk door LVNL en CLSK wordt uitgevoerd zal onder meer zorgen voor de integratie van veel van de luchtverkeersleidingssystemen van deze twee organisaties. Daarna zal de evolutie naar het nieuwe operationeel concept in deze twee organisaties gelijk kunnen oplopen.

De systemen van de militaire gevechtsleiding vallen buiten de reikwijdte van dit programma. Defensie ontwikkelt zelf een strategie over hoe de evolutie van deze systemen eruit zal zien.

Systemen gebruikt voor de planning van luchtruim

De luchtruimplanning zoals beoogd in het **A-FUA** concept vergt een nieuw planningsysteem waarvan de contouren zijn geschetst in de **LARA+** bouwsteen. Een web-gebaseerde LARA+

tool geeft alle luchtruimgebruikers op een laagdrempelige manier inzicht in de planning en draagt bij aan een optimaal gebruik ervan.

Systemen voor de luchthavens

Voor de luchthavens staat het delen van informatie aan de basis staat van veel nieuwe ontwikkelingen. Specifiek voor het operationeel concept is het belangrijk dat er informatie gedeeld wordt over grondprocessen die van invloed zijn op de starttijden van de vliegtuigen. Een plan in de vorm van een Airport Operations Plan (AOP) gecombineerd met A-CDM legt hier de basis voor. Het Airport Operations Center (APOC) is een entiteit waarin alle operationele partijen van een luchthaven gezamenlijk opereren en beslissingen nemen. Vooral voor Schiphol is (door de complexiteit) een dergelijke instantie nuttig om te zorgen voor een efficiënt AOP en A-CDM-proces.

Systemen gebruikt door luchtvaartmaatschappijen

Luchtvaartmaatschappijen moeten bereid zijn om, meer dan nu het geval is, informatie te delen. Daarmee kan een accuraat globaal beeld worden opgebouwd van de behoeftes (denk aan gewenste routes en vertrektijden) en kan het systeem als geheel geoptimaliseerd worden. Vliegplannen worden, in het kader van TBO, vernieuwd om huidige beperkingen op te heffen. Hiervoor zal het FF-ICE concept, ontwikkeld door ICAO gebruikt worden. De meeste luchtvaartmaatschappijen hebben een zogenaamd Operations Control Center (OCC). Daar wordt de operatie van de betreffende maatschappij voorbereid en in de gaten gehouden. Voor de planning van de 4D trajectories wordt **TBO** gebruikt waarbij de **user-preferred trajectories** het uitgangspunt vormen. De OCC's moeten hierop voorbereid zijn om te zorgen voor de meest efficiënte routes en planning. Om de beste route uit te kunnen onderhandelen is een verbinding nodig met de EUROCONTROL Network Manager. Ook hierbij speelt SWIM een belangrijke rol. Ten alle tijden zal gezorgd moeten worden dat informatie alleen gedeeld wordt met instanties die de informatie nodig hebben, en alleen voor een specifiek, vooraf afgesproken doel. Niet alleen voor de veiligheid maar ook vanwege het bedrijfsvertrouwelijke en concurrentiegevoelige karakter van deze informatie.

Systemen in de cockpit

Een aantal bouwstenen vereist de beschikbaarheid van bepaalde systemen in de cockpit. Voor het **TBO** concept is het belangrijk om vluchtvoortgang en andere informatie te delen met de grond (en met **SWIM**). Hiervoor is Automatic Dependent Surveillance - Contract (ADS-C) met het Extended Projected Profile het aangewezen systeem¹⁷. Hiermee kan de beoogde route maar ook bijvoorbeeld het moment van de start van de daling (belangrijk voor de planning in het **E-AMAN** systeem) gedeeld worden.

Het E-AMAN systeem bepaalt een route voor elk vliegtuig om te zorgen dat de nadering ongestoord kan verlopen. Om deze route te delen met de cockpit wordt niet langer een radio verbinding gebruikt maar wordt deze digitaal verstuurd. Hiervoor is een **datalink** nodig (bijvoorbeeld op basis van CPDLC) die gekoppeld is met de boordcomputer zodat de route met een minimum aan handelingen geëffectueerd kan worden. Voor de onderlinge separatie van vliegtuigen die in buizen vliegen en het samenvoegen van verkeersstromen uit twee buizen naar één buis zullen Flightdeck **Interval Management** systemen in de cockpit nodig zijn (zie bouwsteen **Interval Management** en **ASAS FIM**).

5.3 Regelgeving

Om het operationeel concept in te voeren is op een aantal plaatsen aanpassing nodig van de huidige regelgeving. Op Europees niveau zijn deze grotendeels al in kaart gebracht in het ATM Masterplan [3]. Het gaat hier bijvoorbeeld om aanpassingen in de infrastructuur en systemen, netwerk gerelateerde veranderingen en veiligheidssystemen. Aanpassingen die vallen onder de PCP/CP1 zijn al verplicht en zullen volgens planning ruim op tijd doorgevoerd zijn.

In de luchthavenbesluiten van de verschillende luchthavens zijn de vergunde milieuruimte, operationele zaken als openingstijden en de nodige beperkingengebieden (geluid, EV, vliegveiligheid) vastgelegd. Indien het VKA wijzigingen in één van deze of andere besluiten vereist, zullen de procedures zoals die daarvoor zijn ontworpen, worden doorlopen. Het 5.11-werkproces voorziet daarbij in een zorgvuldig proces voor de uitvoering en het juridisch verankeren en implementeren van de luchtruim- en procedurewijzigingen.

Voor de bouwstenen die raken aan de samenwerking met andere sectoren zijn mogelijk aanpassingen van de samenwerkingsovereenkomsten met die sectoren nodig.

Voor de bouwsteen Best Equipped, Best Served (BEBS) is, afhankelijk van de precieze implementatie, misschien een wijziging van de (Europese) regelgeving nodig omdat verkeer niet langer gelijkwaardig behandeld zal worden.

5.4 Roadmap

Zoals gemeld in de Startbeslissing [9], is een roadmap opgesteld die de stapsgewijze ontwikkeling weergeeft van het VKA van 2023 tot 2035. Deze roadmap zal uiteindelijk onderdeel worden van het transitieplan dat een belangrijk resultaat zal vormen van de Planuitwerkingsfase. Hieronder wordt de roadmap op hoofdlijnen beschreven. In de Planuitwerkingsfase zal de roadmap verder verdiept en uitgewerkt worden.

De roadmap, zoals weergegeven in Figuur 14, is opgedeeld in verschillende ontwikkellijnen. Deze ontwikkellijnen zijn grotendeels gerelateerd aan de verschillende vluchtfases van civiel luchtverkeer. Daarnaast is er een aparte ontwikkellijn voor informatie uitwisseling. Elke bouwsteen zal in één van de ontwikkellijnen geplaatst worden. Binnen een ontwikkellijn zullen projecten gedefinieerd worden die uiteindelijk zullen leiden tot implementatie van de verschillende bouwstenen. Hierbij is vanzelfsprekend ook aandacht voor de afhankelijkheden tussen de verschillende ontwikkellijnen.

Sommige projecten zullen afhankelijkheden hebben met ontwikkelingen die plaatsvinden buiten het PLRH. Een voorbeeld is de afhandeling van militaire transits naar oefengebieden en terug. Die hangen samen met de integratie van de militaire en civiele luchtverkeersleiding, de ontwikkeling van de nieuwe hoofdstructuur van het Nederlandse luchtruim en de ontwikkeling van het noordelijk militair oefengebied.

Ook in Europa vinden er grote technologische ontwikkelingen plaats op het gebied van communicatie, navigatie en surveillance. Enkele belangrijke ontwikkelingen zijn in de roadmap apart aangegeven. Het gaat om data-uitwisseling via System Wide Information Management (**SWIM**) en om de grond-lucht(data) communicatie (**datalink**) die nodig is om het concept met een nauwkeurige, planmatige afhandeling langs vaste routes technisch-operationeel mogelijk te maken. In de roadmap is er voor gezorgd dat de verschillende ontwikkellijnen rekening houden met deze externe ontwikkelingen.

In de tijd is de roadmap opgedeeld in blokken van 5 jaar. De tijdspaden zijn gebaseerd op de verwachtingen in Europa (ATM Masterplan [3] en Airspace Architecture Study [24]), de plannen van projecten en programma's bij de partners CLSK, MUAC en LVNL en de bevindingen van de experts in het programma Luchtruimherziening. Zoals in paragraaf 1.1 is beschreven, zal gebruik worden gemaakt van een adaptieve werkwijze waarmee de roadmap periodiek kan worden bijgesteld als dat nodig is voor het doelbereik. Hierbij zal onder andere naar maakbaarheid en effectiviteit van de bouwstenen worden gekeken.

¹⁷ <https://cordis.europa.eu/project/id/731818>

In de plan-uitwerkingsfase van het PLRH zal de roadmap verder uitgewerkt worden tot een niveau waarmee deze als leidraad kan dienen voor de definitie van de projecten en monitoring van de voortgang van het programma.

Hieronder volgt een beschrijving op hoofdlijnen van de verschillende ontwikkellijnen. Voor het overzicht zijn niet alle bouwstenen en onderlinge verbanden uit het concept weergegeven in de figuur, alleen de meest belangrijke.

Ontwikkeling van de nieuwe hoofdstructuur
De uitbreiding van het militaire oefengebied in het noorden van Nederland en de integrale herinrichting van het oosten en zuidoosten van het luchtruim, definieert ook de eerste stappen in aanloop naar 2035 van **Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA)**.

De ontwikkeling van Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA)
Het toekomstige luchtruimgebruik is gebaseerd op A-FUA, waar de toewijzing van het gebruik beter, nauwkeuriger en dynamischer is afgestemd op de verschillende gebruikers, op basis van een ongedeeld Nederlands luchtruim. Tot 2025 ligt de nadruk op de intensivering van de samenwerking tussen civiel en militair, voornamelijk in het kader van FUA. Wel bieden nieuwe web-based apps de eerste mogelijkheden om General Aviation (GA) en onbemande vliegtuigen (UTM) beter van (actuele) luchtruim informatie te voorzien.

In de jaren daarna is de ontwikkeling voorzien van een grensoverschrijdend Air Space Management (ASM 2.0) en worden de eerste stappen gezet naar flexibeler gebruik van luchtruim (op lagere hoogten) door GA en UTM. Deze ontwikkelingen leiden naar **A-FUA** voor alle militaire en civiele luchtverkeer in 2030-2035.

De ontwikkeling van Arrival/Departure management
De ontwikkeling van **E-AMAN** en **AMAN/DMAN-integratie** is essentieel om de vereiste tijdsnauwkeurigheid langs route-punten te halen voor het operationeel concept met vaste routes en buizen.

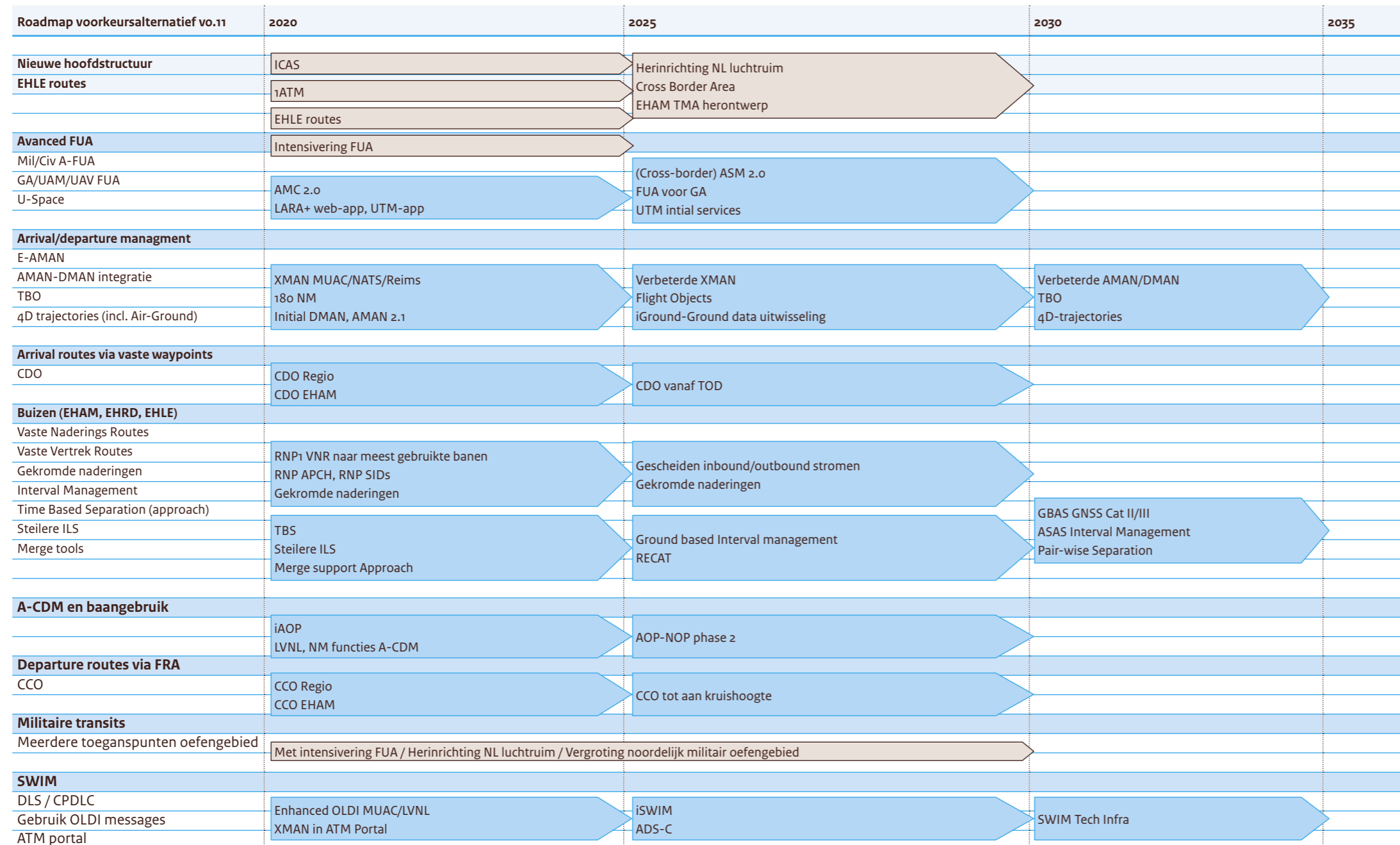
CLSK, MUAC en LVNL zijn grotendeels afhankelijk van de Europese ontwikkeling van nieuwe technologie in SESAR-verband en de toepassing daarvan ter verbetering van het totale vluchtprofiel van gate tot gate. De ontwikkeling van nieuwe technologie is van belang voor de verdere ontwikkeling van arrival management. In het bijzonder moet AMAN geschikt zijn om het SESAR-concept voor **TBO** te kunnen ondersteunen.

Zo heeft LVNL in de projectportfolio gepland om voor 2025 een verbeterd AMAN (door) te ontwikkelen. Dit betreft de onder andere input van High Resolution weerdata. Deze stap is essentieel voor de nauwkeurigheid. Andere onderdelen van de AMAN-ontwikkeling zijn een verbeterde baanconfiguratie en planningshorizon, snelheidsadvies en flexibele trajectvoorspelling, inclusief 'frontloading' in het naderingsgebied.

Het **E-AMAN**-concept is volop in ontwikkeling. Als eerste stap is XMAN ontwikkeld. Het doel is dat een route centra deze dienst kunnen verlenen voor de 25 Europese PCP-luchthavens (waar Schiphol als enige Nederlandse luchthaven onder valt). De ontwikkeling van XMAN is opgenomen in de projectportfolio van LVNL en komt op termijn beschikbaar voor alle sectoren. MUAC heeft al een XMAN-versie ontwikkeld die beschikbaar is in het ATM-portal. LVNL ondersteunt de ontwikkeling van XMAN met MUAC, NATS, Skeyes en Reims door middel van proefontwikkeling en uitvoering. Daarvoor zijn op termijn een aantal proeven gepland.

Voor 2030 wordt de introductie van **Flight Objects** voorzien. Deze ondubbelzinnige set vluchtdata die alle ATS-units zullen gebruiken maken planmatig vliegen in een **TBO** omgeving mogelijk. Dan worden ook de initiële systemen voor data-uitwisseling tussen units op de grond ontwikkeld, zodat **Flight Objects** tijdig beschikbaar zijn en worden bijgewerkt. Na 2030 wordt de afhandeling van verkeer op basis van 4D trajectories verwacht. Daarmee is TBO helemaal gerealiseerd.

Het operationeel concept vraagt om een hoge nauwkeurigheid in de planning. Vanwege de beperkte invloed die in het hogere luchtruim op het trajectory kan worden uitgeoefend, is een verbeterd management van starts nodig, als onderdeel van een



Figuur 14: Roadmap ontwikkeling operationeel concept 2035

verbeterde **integratie AMAN/DMAN**. Dat is voor het Nederlandse civiele verkeer na 2030 voorzien. Vanzelfsprekend zijn er om dezelfde reden ook eisen aan het departure management (**Geavanceerde DMAN**) van de luchtverkeersleidingsorganisaties waarvandaan de vluchten naar Nederland komen.

De ontwikkeling van Arrival routes via vaste routepunten
De belangrijkste vereisten voor deze ontwikkeling zijn het mogelijk maken van een continue daling (**CDO**) vanaf zo groot mogelijke hoogte. Het einddoel in 2035 is een CDO vanaf Top of Descent (TOD). In de tussenstappen zal dit eerst vanaf lagere hoogtes plaatsvinden, bijvoorbeeld alleen in het naderingsgebied of vanaf FL150.

De naderingsroutes via vaste routepunten zijn gebaseerd zijn op de introductie van **PBN-routes**, grond-luchtcommunicatie via **datalink** en het plannen en nauwkeurig vliegen van 4D trajectories langs de routepunten gedurende de uitvoering van de vlucht. Vergelijkbare concepten zoals Point Merge en RNAV Tromboning zijn al ver in ontwikkeling. Toch is het de verwachting dat de toepassing in het Nederlandse luchtruim pas tussen 2025 en 2035 ontwikkeld zal kunnen worden.

De ontwikkeling van buizen

De ontwikkeling van buizen volgt op de introductie van vaste nadering- en vertrekroutes. Met behulp van RNP1-routeontwerpen worden vaste naderingsroutes ontworpen. In de jaren tot 2025 alleen naar de meest gebruikte banen en daarna naar steeds meer baancombinaties. Daarbij komen ook RNP-vertrekroutes beschikbaar. Voor de naderingen zal bovendien gebruikt worden gemaakt van vaste-bochtstralen (RF turns), om waar mogelijk **gekromde naderingen** te ontwerpen. In de jaren daarna wordt, na de introductie van 3D gescheiden routeontwerpen, nogmaals bekeken waar gekromde naderingen kunnen worden toegepast om de geluidshinder lokaal te beperken. In de roadmap is ook gepland om (als tussenoplossing) met een steiler ILS-pad het vliegtuiggeluid op de grond te verminderen. De vaste rotestructuur evolueert in de loop van de jaren naar een buizenconcept via een stapsgewijze invoering van hoogteprofiel, tijdsbeperkingen en verbeterde ondersteuningstools voor de separatie.

LVNL implementeert vóór 2025 **op tijd gebaseerde separatie (TBS)** in de nadering. Daarbij wordt ook de AMAN aangepast, om de voordelen van TBS te kunnen benutten. Deze vereiste AMAN-modificatie bestaat uit een dynamisch landingsinterval dat rekening houdt met de tegenwindcomponent bij eindnadering. LVNL heeft ook de implementatie van een Target Distance Indicator (TDI) gepland. Die is ook onderdeel van de ontwikkeling van een merge-tool ter ondersteuning van het samenvoegen van verkeer op verzamelpunten voor of in aankomstbuizen. Al voor 2025 wordt bij LVNL merge-support (de **merge-tool**) ontwikkeld voor de naderingsverkeersleider.

Na 2025 leidt **TBS** met **RECAT-EU** en later **Pair-wise Separation (PWS)** tot een verhoging van de efficiëntie in het laatste deel van de nadering.

De laatste ontwikkelingen tot 2035 zijn de introductie van **Interval Management (IM)** om de separatie van vluchten op een vaste route te bewaken. Eerst gebeurt IM nog vanaf de grond. De huidige verdeling van taken op de grond en in de lucht blijft dan nog bestaan. Na 2030 wordt verwacht dat het IM voor een steeds groter deel van de vluchten via vliegtuig-systemen zal plaatsvinden, met Aircraft Surveillance Application Systems (ASAS-FIM).

De ontwikkeling van A-CDM en afgestemd baangebruik

De samenwerking in het **Multi-airport concept**, zowel met de luchthavens als de Network manager vindt plaats langs twee belangrijke ontwikkelingen: het initial Airport Operations Plan (iAOP) voor 2025 en het NOP (Network Operations Plan). Het Airport Operations Plan (AOP) is een enkel, gedeeld en overeengekomen 'rolling plan' voor een luchthaven waarover alle betrokkenen kunnen beschikken. De integratie met het NOP maakt de uitvoering van het TBO concept mogelijk.

Centrale afstemming van baangebruik overstijgt een enkele luchthaven, net als veel andere in de komende jaren te introduceren A-CDM-functies. In het concept wordt dit voorzien voor de luchthavens Rotterdam, Schiphol en Lelystad.

De ontwikkeling van vertekroutes via FRA

De belangrijkste richtlijnen voor deze ontwikkeling zijn het mogelijk maken van een **continue klim (CCO)** en boven de 6.000 voet (circa 1.800 meter) een zo kort mogelijke route naar het exitpunt in het Nederlandse luchtruim om efficiënt te vliegen en uitstoot te minimaliseren. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van **Free Route Airspace op lagere hoogte**, en het realiseren van CCO's tot kruishoogte.

De ontwikkeling van militaire transits

Militaire transits zijn routes van militaire luchthavens naar oefengebieden. Die gebruiken soortgelijke routepunt-navigatietechnieken als civiel verkeer en ze gaan ook door hetzelfde luchtruim als civiel verkeer (**routepunten voor militaire transits**). Met meerdere toegangspunten naar het oefengebied wordt geprobeerd de transit zo kort mogelijk te houden. De realisatie hiervan hangt nauw samen met de ontwikkeling van 1ATM en de nieuwe hoofdstructuur van het Nederlandse luchtruim.

De ontwikkeling van een System Wide Information system (SWIM)

De bouwsteen **SWIM** omvat veel technologische ontwikkelingen, die bovendien in Europees verband worden gecoördineerd. Slechts enkele daarvan worden hier genoemd.

De belangrijkste progressie voor de grond-grondcommunicatie voor 2025 is de uitwisseling van vluchtinformatie via bestaande middelen (OLDI berichten), vooruitlopend op nieuwe SWIM-technologie. Daarna komt er tot 2030 intensievere informatie-uitwisseling ter ondersteuning van 4D trajectory management in het initiële iSWIM. Daarna volgen de technische infrastructures van SWIM, in lijn met de ontwikkelingen in de EU. Dit zogenoemde SWIM Tech Infra zal tot 2035 worden ontwikkeld voor data-uitwisseling ten behoeve van de planmatige en nauwkeurige afhandeling van Business Trajectories.

Voor de datalinksystemen (DLS) die nodig zijn voor de vereiste data-uitwisseling van trajectory-informatie en instructies tussen het vliegtuig-FMS en ATM-systemen is de uitrol van ADS-C rond 2030 essentieel.

Samenhang ontwikkelingen, waaronder de nieuwe hoofdstructuur Nederlands luchtruim

In de geschetste roadmap zijn ter referentie ook enkele belangrijke randvoorwaarden aangegeven die direct van invloed zijn op de ontwikkeling van het operationeel concept voor 2035.

2020-2025

LVNL heeft het nieuwe luchtverkeersleidingsysteem iCAS naar verwachting voor 2025 geïmplementeerd. Daaraan wordt de komende jaren veel van de functionaliteit toegevoegd die nodig is voor Trajectory Based Operations.

De integratie van de militaire en civiele luchtverkeersleiding in 1ATM maakt efficiënter gebruik van het luchtruim mogelijk door gelijkvormiger verkeersafhandeling, onder andere met militaire transits in plaats van windows en door een uniformere groep luchtverkeersleiders.

2024-2027

Vanaf 2024 wordt de herinrichting van het Nederlandse luchtruim voortgezet met verdere verbeteringen voor civiele luchtvaart in het oosten en zuidoosten van Nederland en de verdere ontwikkeling van het noordelijk militair oefengebied. Daartoe wordt onderzocht of er een mogelijkheid is voor een Cross Border Area, een militair oefengebied dat ook deels in Duits luchtruim ligt.

In lijn met het operationeel concept is een grote wijziging van het naderingsgebied van Schiphol (EHAM TMA) voorzien. Daarbij wordt onderzoek gedaan naar een mogelijke vierde naderingspunt en de introductie van vaste naderingsroutes (naast vaste vertekroutes) die uiteindelijk tot het buizenconcept zullen leiden.

Robuustheidschecks

Naast de genoemde mijlpalen zijn er ook robuustheidschecks voorzien. In de jaren dat het concept ontwikkeld wordt zullen ontwerpdetails constant opnieuw bezien worden op maakbaarheid en effectiviteit om de doelen van het programma te behalen. Periodiek zal de roadmap kritisch bekeken worden in het licht van ontwikkelingen van bijvoorbeeld techniek, Europese samenwerking, verwachte vlootsamenstelling en nieuwe gebruikers. Zonodig zal de roadmap bijgesteld worden waarbij de doelstellingen gelijk blijven.

De focus van een robuustheidscheck is het vergelijken van de capaciteiten en functionaliteiten van de ATM-systemen op de grond en de vliegtuigen die worden afgehandeld, zeker in het licht van vereiste planmatigheid en voorspelbaarheid van vluchten voor de introductie van 3D gedeconificeerde aankomst- en vertrekbuizen in het nieuwe concept.

Een voorbeeld van een vraag in een robuustheidscheck: past het buizenontwerp bij de afhandeling van de verschillende typen vliegtuigen die in 2035 opereren? Daarbij is ondermeer van belang: de uitrustingsgraad van communicatie via **datalink** en de navigatie-uitrusting en prestaties (GNSS, **PBN**). Daarbij spelen de klim- en andere vliegprestaties van nieuwe gebruikers, zoals elektrische vliegtuigen en UAM-vluchten een rol. Hierbij kunnen civiel en militair weer andere afwegingen worden gemaakt.

5.5 Onzekerheden en uitdagingen

Om de precieze bijdrage aan de doelen van sommige bouwstenen in de Nederlandse situatie goed te kunnen bepalen, moeten er nog enkele vragen beantwoord worden voordat hun rol in de Planuitwerkingsfase vastgelegd wordt. Mocht het antwoord op deze vragen anders uitpakken dan verwacht, dan is misschien aanpassing van de betreffende bouwstenen of van de roadmap nodig. In de bouwsteenbeschrijvingen in hoofdstuk 4 zijn telkens onder het kopje randvoorwaarden de specifieke onderzoeksvragen voor die bouwsteen opgenomen. In de volgende tabel zijn deze kort samengevat.

Bouwsteen	Onderzoeksvragen
Trajectory predictor in het netwerk	Bij deze bouwsteen zijn er vragen rondom de benodigde prestaties van om het operationeel concept te kunnen ondersteunen en de manier van samenwerken met de bouwsteen E-AMAN.
E-AMAN	De bouwsteen E-AMAN beperkt de afwijkingen die ontstaan in het uitvoeren van de 4D trajectories in het TBO-concept. Tegelijkertijd faciliteert deze bouwsteen CDO-operaties en zorgt voor een goede aflevering van het verkeer aan het naderingsluchtruim. Een belangrijke vraag is welke afwijkingen de E-AMAN bouwsteen kan wegregelen zonder dat dit ten koste gaat van de gewenste prestaties.
CDO	De maximaal realiseerbare hoogte waarop de CDO kan worden ingezet in het operationeel concept moet worden vastgesteld. Misschien kan die hoogte per veld, baancombinatie of per dagdeel (binnen en buiten een piek) wisselen. Het element Human Factors (HF) moet daarbij voor de luchtverkeersleider en de vlieger voldoende aandacht krijgen. Ten slotte is het belangrijk om vast te stellen of het geheel aan bouwstenen in staat is een hoog percentage CDO-operaties mogelijk te maken en tegelijkertijd de gewenste capaciteit te bieden. Hierbij is het interessant te kijken naar de relatie met de aanvangshoogte van de CDO, de relatie met de gevlogen snelheden (denk bijvoorbeeld aan een bandbreedte) en de aansluiting op de diverse ATC-sectoren.
Naderen via een stelsel van vaste routepunten	Deze bouwsteen is niet gebaseerd op een bestaand concept maar moet ontworpen worden door verschillende bestaande elementen te combineren. Denk hierbij aan het point-merge concept, CTA/RTA en 4D trajectories. Onderzoek is nodig om te bepalen welke combinatie van elementen en eigenschappen het beste past en uitvoerbaar is. Hierbij kan wel gekeken worden naar bestaande resultaten zoals beschreven in [57]. Verder moeten er enkele vragen beantwoord worden over de communicatie van de route. Ten slotte zal nagedacht moeten worden over procedures die de gevolgen van een verstoorde operatie beperken.
3D scheiden van naderings- en vertreksromen (buizen)	Bij deze bouwsteen zijn er vragen over het ruimtebeslag van de buizen, de capaciteit die het concept kan leveren, de gewenste transition altitude en de hoogte waarop de buizen moeten beginnen en eindigen. Dit alles in relatie tot de prestaties van de vliegtuigen. Daarnaast moet goed gekeken worden naar de klim- en dalprestaties van nieuwe vliegtuigtypen zoals elektrische vliegtuigen. Ten slotte zal nagedacht moeten worden over procedures die de gevolgen van een verstoorde operatie beperken.
Gekromde naderingen	Het effect van het combineren van gekromde naderingen met ILS-naderingen op dezelfde landingsbaan moet onderzocht worden. Er zou een negatieve impact kunnen zijn onder BZO (beperkt zicht omstandigheden). Gekromde naderingen zijn wellicht nog niet mogelijk onder CAT 2/3-omstandigheden. Ook dit moet nader onderzocht worden. Voor de ruimtelijke ordening en het effect op obstakelbeperkingen rondom een luchthaven moet worden onderzocht in hoeverre aanpassingen mogelijk en wenselijk zijn gezien de ontstane inrichting van de ruimte en de bebouwing die nu reeds is gerealiseerd.
Centrale afstemming baangebruik	Het is de vraag wat voorspelbaarheid in combinatie met centrale afstemming van baangebruik precies kan opleveren. Een andere concrete vraag is hoe voordelen en nadelen als gevolg van een routeontwerp gebaseerd op afhankelijk baangebruik tegen elkaar opwegen. Deze vragen moeten onderdeel zijn van het detailontwerpproces.
Integratie AMAN/DMAN proces	Zowel het proces als het geïntegreerde systeem moeten kunnen omgaan met verstoringen en exceptionele situaties. Hoe dit er precies moet uit zien moet nader onderzocht worden.

Bouwsteen	Onderzoeksvragen
Multi-airport concept	Het is belangrijk om in meer detail na te gaan of de voorgestelde set clusters de juiste is. Hiervoor is het nodig om de interactie tussen de luchthavens in kaart te brengen en een inschatting te maken van de kosten en baten van de intensievere samenwerking. Om de prestaties van een gemeenschappelijk naderingsgebied te bepalen voor het civiele cluster rondom Schiphol zal onderzocht moeten worden in hoeverre de prestaties van het luchtruim verbeterd worden als het naderingsgebied van Schiphol uitgebreid wordt met de naderingsgebieden van Rotterdam en Lelystad tot één groot naderingsgebied.
Niet afwijken van de SID tot 6.000 voet	Nader onderzoek moet uitwijzen welke mogelijkheden er zijn voor de afhandeling van propeller-vliegtuigen en of daar ondersteunende tools voor nodig zijn. Een andere concrete vraag die beantwoord moet worden is wat de volgorde is waarin vaste naderingen en vaste vertrekroutes tot 6.000 voet worden geïmplementeerd. Er zal preciezer moeten worden onderzocht wat de impact is van deze bouwsteen op de capaciteit. Daarbij moet bijvoorbeeld rekening worden gehouden met een realistische ligging van SID's, de afhankelijkheid van convergerend naderen, baancombinaties en met een realistische vlootmix zoals te verwachten in 2035.
FRA op lagere hoogte	Onderzocht moet worden of er in het Nederlandse luchtruim voldoende ruimte is om dit concept in voldoende mate te ondersteunen. Indien FRA voor vertrekkend verkeer wordt gecombineerd met vliegen via routepunten voor naderend verkeer, ontstaat misschien een hybride, suboptimale oplossing met kans op conflicten. Het moet daarom tevens onderzocht worden wat de bereikbare laagste vlieghoogte is, tot waarop FRA in de toekomst kan worden uitgebreid. Ten slotte is het van belang te onderzoeken waar het scheidingsniveau moet komen te liggen voor de overgang naar FRA-routes. Aanpassing daarvan heeft namelijk effect op diverse bouwstenen.
Minimale separatie verkleinen in tussentijd liggend luchtruim	Ten eerste moet bepaald worden welke voorwaarden er moeten gelden om de verkleinde separatie op een veilige manier in te zetten. Denk hierbij aan eisen aan systemen op de grond en aan boord van vliegtuigen. Daarnaast is het onduidelijk welke prestaties er precies van deze bouwsteen verwacht kunnen worden. Dit hangt namelijk samen met de eigenschappen van het systeem met vaste routepunten.
Advanced Flexible Use of Airspace (A-FUA)	Er moet onderzocht worden hoe de BPPR's verder ontwikkeld kunnen worden om met A-FUA verbeteringen te realiseren, terwijl de afspraken over luchtruimgebruik recht doen aan alle gebruikers (civiel of militair, inclusief General Aviation en droneoperators). Dit betreft de (gepubliceerde) luchtruimconfiguraties, de rationale van de luchtruimontwerpen en ook het primaire gebruik van elk afzonderlijk luchtruimgebied.

Tabel 4: Overzicht van de onderzoeksvragen die zijn geïdentificeerd.

De herziening van het Nederlandse luchtruim is een ambitieus en zeer complex project. Er is nog niet eerder een project van deze omvang uitgevoerd. Gebruik makend van de beste kennis van dit moment zijn bij de samenstelling van het operationeel concept inschattingen gemaakt over de ontwikkeling van bijvoorbeeld de techniek en van de richting die het Europese onderzoek en de daarmee verbonden verplichtingen zullen inslaan.

Het operationeel concept en de roadmap zijn daarom ook niet in beton gegoten. Door regelmatig scherp te kijken naar de laatste stand van de technologie, gebruik te maken van voortschrijdend inzicht of aan te sluiten bij (Europese) ontwikkelingen zullen het operationeel concept en de roadmap steeds worden aangescherpt, geactualiseerd en eventueel bijgesteld. Hoe v erder bepaalde zaken in de toekomst liggen,

hoe groter de kans dat er op enig moment bijstelling nodig is. Het eerste deel van de roadmap is dus veel zekerder dan het laatste deel. Ook die onzekerheden kunnen veranderen. Iets wat nu onzeker is, kan dat over een jaar niet meer zijn of andersom.

Bij het schrijven van het operationeel concept zijn in ieder geval de volgende onzekerheden geidentificeerd. Bij elke onzekerheid wordt een mogelijke maatregel genoemd die de ongunstige effecten ervan kan voorkomen of beperken.

Naast de mogelijke inhoudelijke bijstellingen die hierboven zijn genoemd, biedt het operationeel concept ook mogelijkheden om, binnen bepaalde bandbreedtes, een andere invulling van de doelstellingen te accommoderen dan door de plan-MER gehanteerd.

Onzekerheid	Toelichting	Mogelijke mitigatie
Voorspelde vlootsamenstelling in 2035	De vlootsamenstelling voor 2035 is op basis van de nu bekende gegevens zo goed mogelijk voorspeld. Een (onverwachte) ontwikkeling kan ervoor zorgen dat die bijgesteld moet worden.	In het stappenplan worden checks ingepland om de geschatte vlootsamenstelling te toetsen aan de laatste inzichten en zo nodig bij te stellen.
Verschuivende politieke prioriteiten	De Luchtvaartnota vraagt om een nieuwe balans tussen kwaliteit van de leefomgeving en die van het netwerk van internationale verbindingen. De gewenste invulling daarvan kan in de loop van de tijd veranderen.	Het operationeel concept is tot op zekere hoogte flexibel bij het invullen van de doelen. De basis laat toe om verschillende accenten te leggen.
Onverwachte gebeurtenis zoals Covid19	Onverwachte gebeurtenissen kunnen een grote invloed hebben op de luchtvaart. Ontwikkelingen zoals de invoering van ASAS kunnen erdoor vertraagd worden bij gebrek aan de benodigde investeringen. Het verlaagde verkeersaanbod creëert echter ook ruimte om veranderingen versneld door te voeren.	De gevolgen voor de luchtvaart in Nederland maar ook mondiaal goed in de gaten houden en daar zo nodig gepast op reageren.
RNP	Gegeven de huidige stand van zaken op het gebied van regelgeving is het niet zeker dat RNP 0.3 in 2035 breed beschikbaar is.	Bij het buizenontwerp en de gekromde naderingen wordt hier rekening mee gehouden.
TBO, 4D trajectoryes en ADS-C	Deze bouwstenen zijn veelomvattend en vergen veel inspanning van verschillende partijen. Het risico dat het TBO-concept in 2035 niet volledig beschikbaar is wordt reëel geacht. Ook de volledige invoering van ADS-C dat daarvoor een voorwaarde is, vormt een risico.	Niet alle onderdelen van TBO zijn even belangrijk voor het operationeel concept. Door de ontwikkelingen goed te monitoren zal in de gaten gehouden worden of de roadmap bijstelling nodig heeft.
Wachten op volledige adoptie	Het risico bestaat dat er bij de implementatie van bouwstenen gewacht wordt tot volledig aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Dat kan vertragend werken.	Bouwstenen stapsgewijs invoeren waardoor een concept niet ineens in zijn geheel ingevoerd hoeft te worden. Daar zijn in het verleden goede ervaringen mee opgedaan.

Onzekerheid	Toelichting	Mogelijke mitigatie
Benodigde menskracht	Er is veel menskracht op verschillende vlakken nodig voor bijvoorbeeld onderzoek, simulatie en implementatie van het operationeel concept. Bij het werven van mensen moet het programma concurreren met lopende programma's. Het is belangrijk om de benodigde menskracht zo vroeg mogelijk te organiseren.	Om een gebrek aan menskracht op te vangen zijn een aantal maatregelen voorhanden: standaardisatie van bijvoorbeeld simulaties kan veel tijd en moeite schelen. Ook kan menskracht deels extern ingehuurd worden om op die manier een flexibele schil te vormen.
Draagvlak	Draagvlak in de buitenwereld maar ook bij de partners van het programma is belangrijk voor het welslagen van het operationeel concept.	Voor de buitenwereld heeft het PLRH een participatiespoor dat zorgt voor participatie van alle stakeholders.
Tussenstappen	De weg naar het volledige operationeel concept bestaat uit vele tussenstappen. Het is onacceptabel dat daarin �en van de toetsingscriteria (zie paragraaf 1.4) tijdelijk negatief scoort.	Voor elke tussenstap die in voldoende detail is uitgewerkt zullen de toetsingscriteria apart bepaald moeten worden.

Tabel 5: Onzekerheden bij het operationeel concept.

6 Aandachtspunten

Tijdens het voortraject en tijdens het samenstellen van het operationeel concept zijn bepaalde bouwstenen en elementen voor het operationeel concept besproken die strikt genomen buiten de reikwijdte en/of opdracht van het PLRH vallen. Daarnaast zijn een aantal bouwstenen en ontwikkelingen geïdentificeerd die in de huidige Verkenningsfase niet toepasbaar zijn maar die tijdens de Planuitwerkingsfase wel een rol kunnen spelen. Deze bouwstenen en ontwikkelingen zijn samengevat in dit hoofdstuk. Ze zullen worden gebruikt in de Planuitwerkingsfase van het PLRH. Daarnaast bevat dit hoofdstuk mogelijke interessante informatie waarmee de effecten van PLRH verder verhoogd kunnen worden.

Luchtruimindeling en –classificatie

Bij het maken van de luchtruimstructuur en het toekennen van de luchtruimclassificatie is het belangrijk rekening te houden met de complexiteit en te zorgen dat niet meer luchtruim toe wordt gewezen dan strikt noodzakelijk. Hierbij zullen onder andere de "gouden regels" voor luchtruimontwerp van ICAO worden gebruikt tijdens de Planuitwerkingsfase. Dat zijn uitgangspunten voor het ontwerpproces van routes en luchtruim. Het is belangrijk te benadrukken het bij complexiteit gaat om de presentatie aan gebruikers. Een in essentie complexe structuur die eenvoudig en overzichtelijk aan de gebruiker gepresenteerd wordt is dan wel acceptabel. Er is hier een sterke link met **A-FUA** en **LARA+** omdat in de toekomst alle luchtruim in principe onder de BPPR regels gaat vallen. VFR GA heeft de neiging om langs de grenzen van gecontroleerd gebied te vliegen. Daarom is het van belang bij om het samenvallen van deze grenzen met woonkernen en/of natuurgebieden aandacht te hebben voor deze problematiek.

Geavanceerde GA cockpit

Innovaties in de luchtvaart worden deels gedreven door ontwikkelingen binnen de drone sector. Vooral naar automatisering van 'detect-and-avoid' wordt veel onderzoek gepleegd. Er zijn ook al vele succesvolle demonstraties gegeven. Interessant hierbij zijn vooral de ontwikkelingen voor de wat grotere drones die qua prestaties meer in de buurt komen van

de kleine (VFR GA) luchtvaart. Dit leidt bijvoorbeeld tot relatief goedkope maar luchtwaardige systemen die de operaties van drones kunnen ondersteunen. Het is goed mogelijk dat in de nabije toekomst de GA (delen van) deze ontwikkelingen kan overnemen. Dit kan op termijn zelfs leiden tot een integratie van (grotere) drones en VFR GA in hetzelfde luchtruim. De toekomst op dit vlak is echter nog onzeker. Het is belangrijk om bij het ontwerp van het luchtruim de ontwikkelingen en nieuwe mogelijkheden van de GA cockpit bij te houden, er rekening mee te houden en het ontwerp waar nodig aan te passen.

ILS met steilere dalgradiënt

Zolang de precisienaderingen nog niet (volledig) zijn ingevoerd wordt ILS nog gebruikt. Ook zal in de toekomst ILS beschikbaar blijven als back-up. In het laatste deel van de nadering onderschept een vliegtuig het ILS signaal om te zorgen voor een stabiele nadering naar de baan. Daarna wordt normaal gesproken met 3 graden gedaald. Door een steilere daling te gebruiken van meer dan 3 graden kan in potentie het geluid op de grond verminderd worden. Er zijn best-practices bekend die daarvoor als voorbeeld kunnen dienen. Het is aan te bevelen om te bekijken of deze maatregel op korte termijn ingezet kan worden.

Onzekerheid rondom nieuwe gebruikers

Zoals in paragraaf 3.4 is geconcludeerd zijn er nog veel onzekerheden rondom de introductie van nieuwe luchtruimgebruikers. Het is daarom belangrijk om deze ontwikkelingen goed in de gaten te houden en de roadmap aan te passen als dat nodig is. In de roadmap zelf zijn daar robuustheidschecks voor in gebouwd.

Holistische aanpak capaciteitsmanagement

Luchtverkeersleidingsorganisaties hebben een belangrijke rol bij de uitvoering van het capaciteitsmanagementproces. De betrokken luchtverkeersleidingsorganisaties vinden het noodzakelijk om de ontwikkelingen in capaciteitsmanagement parallel te laten lopen met die van het operationeel concept, rekening houdend met ontwikkelingen van processen en tools door de EUROCONTROL Network Manager. Ze stellen dat

zonder coördinatie niet de verwachte positieve effecten van het operationele concept gerealiseerd kunnen worden.

Nieuwe gebruikers

De luchtruimherziening biedt de mogelijkheid om de behoeften van nieuwe gebruikers intrinsiek in het ontwerp mee te nemen. Hiermee kan optimaal geprofiteerd worden van de kansen die deze nieuwe gebruikers bieden. Denk hierbij aan elektrische of hybride vliegtuigen, UAM en drones. Het is daarom belangrijk om tijdens de Planuitwerkingsfase de requirements van deze gebruikers (zoals opgehaald in het programma [29]) goed af te wegen en deze afwegingen ook onderdeel te laten zijn van het ontwerpproces.

Aandacht voor veranderingmanagement

De invoering van het operationeel concept vraagt aanpassingen van het individu maar biedt ook kansen voor persoonlijke ontwikkelingen, binnen zowel bestaande als nieuwe functionariteiten van de betrokken organisaties. De menselijke dimensie binnen de realisatie van de luchtruimherziening is belangrijk en sterk afhankelijk van de gekozen richting. Solide veranderingmanagement en een goede dialoog met alle medewerkers is essentieel voor een succesvolle invoering van een nieuw beheer en een nieuwe werkwijze in het Nederlands luchtruim.

Mensvisie LVNL

De huidige mensvisie van LVNL op de toekomstige relatie tussen mens en machine voldoet niet volledig om sturing te geven aan ontwikkelingen die het VKA vraagt. Deze visie zou vernieuwd moeten worden, waarbij de behoeftes van het VKA moeten bepalen op welke elementen deze visie zich op zou moeten richten.

Aandacht voor slot-uitgifte en vliegschema's

De meeste bouwstenen hebben betrekking op de (pre-) tactische planning. Door ook aandacht te geven aan de strategische planning (die grotendeels buiten de reikwijdte van het PLRH ligt) kunnen mogelijk verdere verbeteringen in de prestaties van het operationeel concept bereikt worden. Specifiek wordt er gewezen op slot-uitgifte (zie ook de Luchtvaartnota [14]) en het afstemmen van vliegschema's op het operationeel concept.

Verbetering stelsel van vertrekroutes

De vertrekroutes van Schiphol zijn, in de loop van de jaren in dialoog met de omwonenden verbeterd om geluidshinder op de grond te verminderen. Juist vanwege het proces waarmee deze routes tot stand zijn gekomen, ligt aanpassing van deze routes zeer gevoelig. Het is echter mogelijk dat er verdere verbeteringen zijn te bereiken op het vlak van geluidshinder door ontwikkelingen zoals het gebruik van vertrekbuizen (met een minimale klimgradiënt), continu klimmen en het uitfaseren van de meeste lawaaiige vliegtuigen en aanpassingen aan de vertrekroutes. Daarnaast wordt, in brede context, nagedacht

over een nieuwe manier om geluidsoverlast van vliegverkeer te meten en te berekenen, zie bijvoorbeeld [108]. Om duidelijkheid te krijgen over de eventuele voordelen die behaald kunnen worden door aanpassing van de vertekroutes van Schiphol wordt aangeraden nader onderzoek te doen en hierbij de volgende elementen mee te wegen:

- Moderne vlootmix met minder lawaaiige vliegtuigen.
- Minder vertekroutes per baan.
- Alternatieve vertekroutes die bijvoorbeeld om de dag afgewisseld worden zodat geluidshinder afgewisseld wordt met rustdagen.
- (Lokale) optimalisatie van huidige SID's door gebruik te maken van moderne, nauwkeurige navigatie, vaste bochtstralen etc.

Onverwachte omstandigheden zoals COVID-19

De Covid-19 crisis laat de betrekkelijkheid van langetermijnplanningen zien. Veel geplande investeringen in de luchtvaart worden uitgesteld en de vraag naar capaciteit in de lucht zal waarschijnlijk meerdere jaren op een lager dan verwacht niveau blijven hangen. Dit doet echter niets af aan de visie die in dit operationeel concept wordt beschreven. Het laat wel zien dat het belangrijk is om de visie regelmatig te evalueren en daar waar nodig bij te stellen. Bijstellen kan in de planning maar, als de omstandigheden daarom vragen, ook in de inhoud. Het *doel* van de luchtruimherziening is immers het belangrijkste en niet het *middel*.

Omgaan met vakbekwaamheid

Het beschreven operationeel concept vraagt veel van het veranderingsvermogen. Zowel van organisaties als van mensen. Specifiek van de verkeersleiders wordt een andere manier van werken gevraagd waarbij meer gebruik wordt gemaakt van automatisering. Dit vraagt andere vaardigheden. In de komende jaren moet er voor gezorgd worden dat de selectie, opleiding en training van verkeersleiders aangepast wordt aan die nieuwe eisen.

Bij sommige verstoringen van de nominale situatie en bij extreme omstandigheden kan het voorkomen dat één of meerdere systemen die nodig zijn om het verkeer te leiden niet beschikbaar zijn. Dan moet teruggegrepen kunnen worden op een scenario waarbij de mens weer een grotere rol speelt. Net als nu kunnen daar specifieke protocollen voor ontwikkeld worden. Het is van belang om in de Planuitwerkingsfase te onderzoeken hoe verkeersleiders kunnen worden voorbereid op dergelijke (zeldzame) omstandigheden. Hierbij kan aan een aantal mogelijkheden gedacht worden. Deze kunnen worden overwogen om deel uit te maken van de toekomstige training en opleiding van verkeersleiders.

- Geregelde simulatortraining de verkeersleiders vakbekwaam houdt op weinig voorkomende omstandigheden.

- Piloten houden hun vakbekwaamheid deels op peil door een deel van de landingen handmatig uit te voeren. Dit doen ze om te zorgen dat ze goed getraind blijven in deze handeling. Dergelijke maatregelen kunnen ook overwogen worden voor verkeersleiders.

Gebruik simulatoren door piloten

In de luchtvaart wordt door piloten (civiel en militair) momenteel al veel gebruikgemaakt van simulatoren voor opleiding en training. De mogelijkheden om simulatie in te zetten zijn in de loop van de tijd steeds meer toegenomen en de verwachting is dat deze trend de komende jaren doorzet.

Optimalisatie banenstelsel luchthavens

Het PLRH neemt de huidige ligging van de start- en landingsbanen als uitgangspunt. Daarop is het operationeel concept geschreven. Mogelijk kunnen de effecten van het operationeel concept (denk aan geluid, klimaat en capaciteit) verder vergroot

worden door ook te kijken naar een andere ligging van de start- en landingsbanen.

Baangebruik Schiphol

In het Voorkeursalternatief voor 2035 wordt geen keuze gemaakt over het toekomstige gebruik van het banenstelsel van Schiphol. Het is echter goed mogelijk dat wisselingen in de baanconfiguratie op Schiphol invloed hebben op de prestaties van dit operationeel concept. Om duidelijkheid te krijgen over de invloed van het huidige baangebruik Schiphol op het operationeel concept 2035 zal, door middel van onderzoek, inzichtelijk gemaakt moeten worden welke resultaten er behaald kunnen worden met het huidige stelsel (NNHS), ten opzichte van een stelsel met vaster baangebruik. Hierbij moeten ook de aanbevelingen van de OVV [109] worden meegenomen die vanuit veiligheidsperspectief pleit voor minder baanwisselingen.

7 Bibliografie

#	uitgave
[1]	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Bouwstenen Luchtruimherziening,” 2020.
[2]	SESAR, U-space Blueprint brochure, 2017.
[3]	SESAR, „European ATM Masterplan,” 2020.
[4]	Europese Unie, „923/2012 EU regulation laying down the common rules of the air and operational provisions regarding services and procedures in air navigation,” 2012.
[5]	ICAO, „Doc 4444 - Air Traffic Management,” 2016.
[6]	EUROCONTROL, „Manual for airspace planning edition 2,” 2003.
[7]	Europese Unie, „EU regulation for providers of air traffic management/air navigation services and other air traffic management network functions and their oversight,” 2017.
[8]	Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT), 2016.
[9]	Programma Luchtruimherziening, Samen werken aan het luchtruim: Startbeslissing Programma Luchtruimherziening, 2019.
[10]	Programma Luchtruimherziening, „Bouwstenen Luchtruimgebruik,” 2020.
[11]	NLR/RHDHV, „Plan-MER Luchtruimherziening,” 2020.
[12]	Programma Luchtruimherziening, „Ontwerp-Voorkeursbeslissing Luchtruimherziening - Werken aan een nieuwe balans in het Nederlands Luchtruim,” 2020.
[13]	Luchtruimherziening, „Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor het plan-MER voor de luchtruimherziening,” 2019.
[14]	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Verantwoord vliegen naar 2050 - Luchtvaartnota 2020-2050,” 2020.
[15]	ICAO, „Global Air Navigation Plan,” https://www4.icao.int/ganpportal/ .
[16]	Europese Unie, „VERORDENING (EU) 219/2007 VAN DE RAAD - realisering van het Europese nieuwe generatie luchtverkeersbeveiligingssysteem (SESAR),” 2007.
[17]	Europese Unie, „VERORDENING (EG) Nr. 1361/2008 VAN DE RAAD - betreffende de oprichting van SESAR,” 2008.
[18]	Raad van de Europese Unie, „VERORDENING (EU) Nr. 721/2014 VAN DE RAAD,” 2014.
[19]	Europese Unie, „Uitvoeringsverordening (EU) Nr. 716/2014 van de Commissie - proefproject ten ondersteuning van de tenuitvoerlegging van het Europese masterplan voor luchtverkeersbeheer,” Brussel, 2014.

uitgave

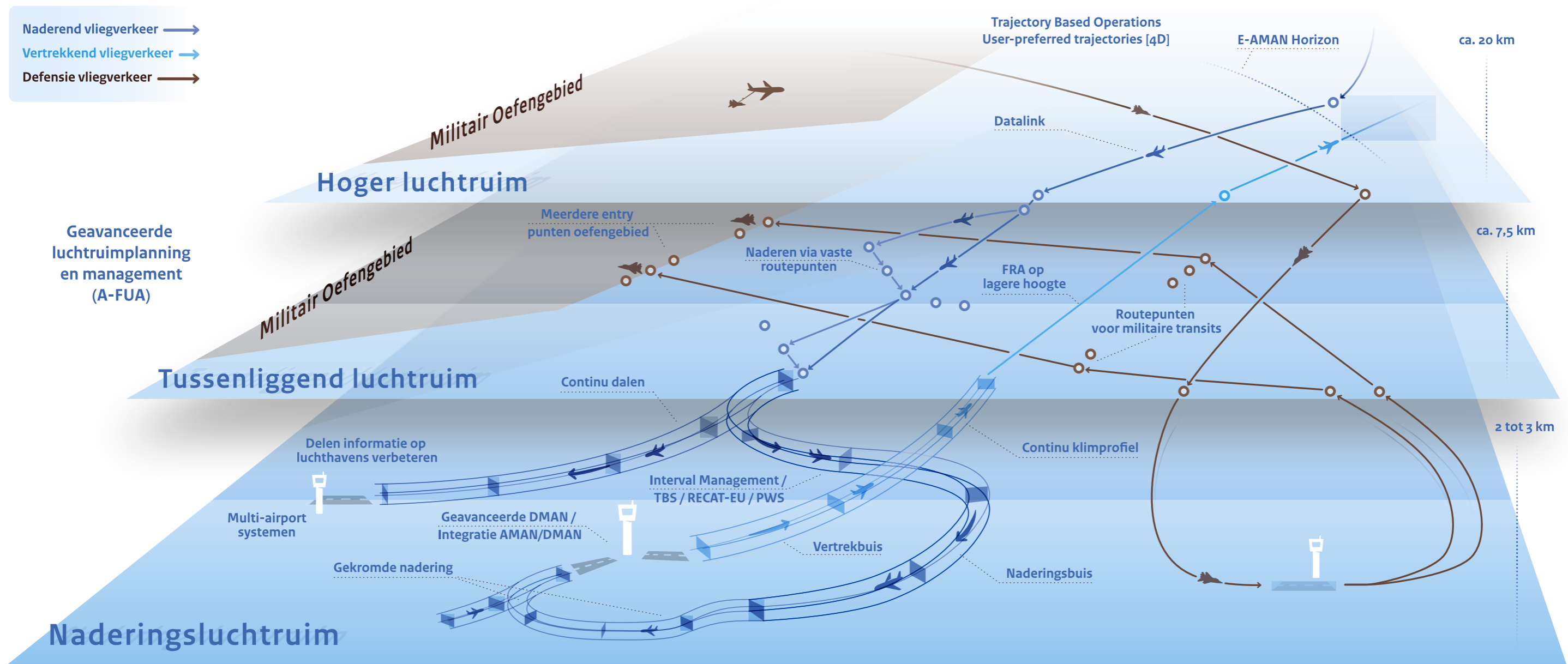
- [20] Europese Unie, „VERORDENING (EG) Nr. 29/2009 VAN DE COMMISSIE - tot vaststelling van de eisen inzake datalink-diensten voor het gemeenschappelijke Europese luchtruim,” 2009.
- [21] Europese Unie, „UITVOERINGSVERORDENING (EU) 2018/1048 VAN DE COMMISSIE - tot vaststelling van eisen voor het gebruik van het luchtruim en vluchtuitvoeringsprocedures in verband met prestatiegebaseerde navigatie,” 2018.
- [22] MovingDot, Adecs en ADSE, „PBN Roadmap for The Netherlands 2020-2030,” 2020.
- [23] LVNL and I&W, „PBN Transition Plan The Netherlands,” I&W, The Netherlands, 2020.
- [24] SESAR, „A proposal for the future architecture of the European airspace,” 2019.
- [25] SESAR, „Future architecture of the European airspace - transition plan,” 2019.
- [26] Network Management Board, „Network Strategy Plan 2020-2029,” 2019.
- [27] Europese Unie, „Uitvoeringsverordening 2019/123 tot vaststelling van nadere regels voor de uitvoering van de netwerk-functies voor luchtverkeersbeheer...,” 2019.
- [28] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Kamerbrief Diverse onderwerpen luchtvaart IENW/BSK-2019/191470,” 2019.
- [29] Programma Luchtruimherziening, „Requirements Management,” 2020.
- [30] Programma Luchtruimherziening, „Architectuur Principes,” 2019.
- [31] Europese Unie, „Uitvoeringsverordening 2150/2005 - Common Rules for the Flexible Use of Airspace (FUA),” 2005.
- [32] EUROCONTROL, „Concept for establishment of an Airport Operations Plan (AOP),” 2018.
- [33] Programma Luchtruimherziening, „Integrale Behoeftestelling Luchtruimgebruik,” 2019.
- [34] Knowledge and Development Centre, „Multi-Airport Concept - Improved management of air traffic flows in The Netherlands,” 2020.
- [35] SESAR, „Solutions Catalog 2019 - Third Edition,” 2019.
- [36] IATA, „Aircraft Technology Roadmap to 2050,” IATA, Geneva, 2019.
- [37] CORUS, „U-space Concept of Operations,” SESAR, 2019.
- [38] Airbus, „Blueprint for the Sky,” 2018.
- [39] B. Lascara, T. Spencer, M. DeGarmo, A. Lacher, D. Maroney en M. Gutierrez, „Urban Air Mobility Landscape Report,” MITRE Corporation, 2018.
- [40] SESAR, „Trajectory Based Operations (TBO) Concepts,” 21 11 2014. [Online]. Available: <https://www.sesarju.eu/newsroom/brochures-publications/trajectory-based-operations-concepts>.
- [41] ICAO, „Manual on System Wide Information Management (SWIM) Concept,” 2015.
- [42] ICAO, „Doc 9965 Manual on Flight and Flow — Information for a Collaborative Environment (FF-ICE),” 2012.
- [43] EUROCONTROL, „EUROCONTROL Specification for SWIM Service Description EUROCONTROL-SPEC-168,” 2017.
- [44] „AU processes for trajectory definition,” SESARJU, 2019. [Online]. Available: <https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/au-processes-trajectory-definition>. [Geopend 2020].
- [45] „Mission trajectory driven processes,” SESARJU, 2019. [Online]. Available: <https://www.sesarju.eu/index.php/sesar-solutions/mission-trajectory-driven-processes>. [Geopend 2020].

uitgave

- [46] „Airspace user fleet prioritisation (UDPP),” SESARJU, 2019. [Online]. Available: <https://www.sesarju.eu/index.php/sesar-solutions/airspace-user-fleet-prioritisation-udpp>. [Geopend 2020].
- [47] EUROCONTROL, PJ09 DCB - Demand Capacity Balancing, SESAR, 2019.
- [48] „Solution PJ.18-02a — Trajectory Based Operations (TBO),” Eurocontrol / SESAR, 18 december 2019. [Online]. Available: https://www.atmmasterplan.eu/data/sesar_solutions/20431950. [Geopend juni 2020].
- [49] „Solution PJ.15-08 — Trajectory Prediction Service,” Eurocontrol / SESAR, 18 december 2019. [Online]. Available: https://www.atmmasterplan.eu/data/sesar_solutions/20431804. [Geopend juni 2020].
- [50] European Commission, „Regulation 29/2009 laying down requirements on data link services for single European Sky,” 2009.
- [51] EUROCONTROL, „Continuous climb and descent operations,” [Online]. Available: <https://www.eurocontrol.int/concept/continuous-climb-and-descent-operations>.
- [52] ICAO, „ICAO Doc 9931 - Continuous Descent Operations (CDO) Manual first edition,” 2010.
- [53] EASA, „European Aviation Environmental Report 2019,” 2019.
- [54] D. Brian en B. Marilyn, „The Benefits of CCO/CDO Operations - European Task Force Findings,” 2019.
- [55] J. E. Robinson en M. Kamgarpour, „Benefits of Continuous Descent Operations in High-Density Terminal Airspace Under Scheduling Constraints,” in *10th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Conference, Forth Worth, Texas, 2010*.
- [56] SESAR Deployment Manager, „Deployment Programme,” 2018.
- [57] NLR, „The influence of automation support on performance, workload and situation awareness of Air Traffic Controllers,” 2009.
- [58] C. Edwards, Y. Glina, M. McPartland, T. Reynolds en S. Troxel, „Wind Information Requirements for NextGen Applications Phase 7 Report,” 2020.
- [59] J. Klooster, A. Del Amo en P. Manzi, „Controlled Time-of-Arrival Flight Trials,” 2009.
- [60] M. Balakrishna, T. Becher, P. MacWilliams, J. Klooster, W. Kuiper en P. Smith, „Seattle Required Time-of-Arrival flight trials,” *IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference*, 2011.
- [61] LVNL, KLM and NLR, „Trajectory Based Night Time CDA's at Schiphol Airport- AIRE-II Final Result Report,” 2012.
- [62] EUROCONTROL, „PJ18 4DTM 4D trajectory management,” [Online]. Available: <https://www.eurocontrol.int/project/4d-trajectory-management>.
- [63] SESAR, „SESAR Demonstration - Initial 4D trajectory,” 2014.
- [64] SESAR, „SESAR Solution 2014: initial 4D trajectory management,” 2014. [Online]. Available: www.youtube.com/watch?v=PNjX-a8rcc.
- [65] ICAO, „PBN Manual Doc 9613”.
- [66] NATS, „Enhanced Time Based Separation (ETBS) & RECAT EU - Heathrow Crew Briefing,” 2018. [Online]. Available: https://www.nats.aero/wp-content/uploads/2018/01/ETBS-and-RECAT-Stakeholder-Presentation-Heathrow-Crew-Briefing_Jan2018-1.pdf.
- [67] NLR report for KDC NLR-CR-2016-131, „Benefits analysis of RECAT-EU for Schiphol Airport,” 2016.
- [68] EUROCONTROL, „European Wake Turbulence Categorisation and Separation Minima on Approach and Departure,” 2018.
- [69] T070 report for KDC, „Time Based Separation on Final Approach at Schiphol,” January 2016.

#	uitgave
[70]	„[RECAT-EU] “RECAT-EU” European Wake Turbulence Categorisation and Separation Minima on Approach and Departure, edition 1.2, EUROCONTROL, 14/02/2018”.
[71]	LVNL, „Fact Sheet Wake Vortex Re-categorisation (RECAT)-EU, PWS en ROCAT Distance,” 2019.
[72]	„ https://www.skybrary.aero/index.php/RECAT_-_Wake_Turbulence_Re-categorisation ,” [Online].
[73]	SESAR, „D4.1.050 - PJ.01-05 Final Consolidated VALR Report,” SESAR, 2019.
[74]	SESAR, „PJ.01-05 SPR/INTEROP-OSED for V2 – Part V – Performance Assessment Report (PAR), D4.1.005, Edition 00.02.00,” SESAR, 2019.
[75]	EUROCAE, „ED-195B/DO-328B Safety, Performance and Interoperability Requirements Standards for Airborne Spacing Flight-deck Interval Management (ASPA-FIM),” EUROCAE, 2020.
[76]	EUROCAE, „ED-236A/DO-361A Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Flight-deck Interval Management (FIM),” EUROCAE, 2020.
[77]	NLR report for KDC PRJ-1844, „Real Time Simulation (RTS) Test Results for Interval Management in the Schiphol TMA,” 2014.
[78]	[78] NLR for KDC PRJ-1844, „Operational Performance Assessment for ASAS Interval Management in the Schiphol TMA,” 2012.
[79]	NLR, „Vorstudie ter inventarisatie van oplossingen voor ondersteuning van merge operaties in de Schiphol TMA,” Knowledge & Development Centre (KDC), 2014.
[80]	NLR, „KDC Merge - concept refinement,” KDC, 2016.
[81]	ICAO, „Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations (Doc 8168),” 2006.
[82]	ICAO, „Required Navigation Performance Authorization Required (RNP AR) Procedure Design Manual (Doc 9905),” 2009.
[83]	ICAO, „Manual on Simultaneous Operations or Parallel or Near-Parallel Instrument Runways (SOIR) (Doc 9643),” 2020.
[84]	„From PCP to Common Project 1, Web Seminar on SESAR deployment,” European Commission, 28 4 2020. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/sesar-pilot-common-presentation2.pdf . [Geopend 2020].
[85]	R. d. Neufville, „Management of a multi-airport system. A development strategy,” Journal of Air Transport Management, pp. 99-110, 1995.
[86]	To70, Ferway en NLR voor KDC, „Multi-Airport Concept - Improved management of air traffic flows in The Netherlands,” KDC, 2020.
[87]	Sesar solution #8, „Arrival Management into Multiple Airports,” [Online]. Available: https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/arrival-management-multiple-airports .
[88]	SESAR solution #106, „DMAN Baseline for Integrated AMAN-DMAN,” [Online]. Available: https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/dman-baseline-integrated-aman-dman .
[89]	FAA, „Community Involvement,” [Online]. Available: https://www.faa.gov/air_traffic/community_involvement/ .
[90]	Ministerie van Infrastructuur en Milieu, „Luchtruimvisie,” 2012.
[91]	ICAO, ICAO Conference Papers, ATM Performance and the “Best Efficiency Best Served” (BEBS) Principle (Presented by the Presidency of the European Union on behalf of the European Union and its Member States; by the other Member States of the European Civil Av, 2012.
[92]	NLR, „Noise measurement analysis during a noise abatement departure procedure trial,” 2012.
[93]	ICAO, „Review of noise abatement procedure research & development and implementation results,” 2007.

#	uitgave
[94]	„Luchthavenverkeerbesluit Schiphol,” Overheid, 1 11 2018. [Online]. Available: https://wetten.overheid.nl/BWBR0014330/2018-11-01 . [Geopend 2020].
[95]	To70 for KDC, „Continuous climb and High altitude SIDs,” 2019.
[96]	EUROCONTROL, „Advanced FUA Concept 1.0, 24/07/2015,” 2015.
[97]	EUROCONTROL, LARA homepage: www.lara-eu.org .
[98]	NLR report for KDC NLR-CR-2015-220, „Applications of SWIM Final report,” 2015.
[99]	C. UK, CAP 1377 ATM Automation: Guidance on human technology integration, 2016.
[100]	ICAO, „Global Air Traffic Management Operational Concept,” 2005.
[101]	SESAR, „Automation in air traffic management - Long-term vision and initial research roadmap,” 2020.
[102]	European Aviation Artificial Intelligence High Level Group, „The FLY AI Report - Demystifying and Accelerating AI in Aviation/ATM,” 2020.
[103]	EASA, „Artificial Intelligence Roadmap - A human-centric approach to AI in aviation,” 2020.
[104]	LVNL, „Mensvisie 2025-2030 - De Mens in het toekomstig ATM-systeem,” 2016.
[105]	L. Bainbridge, „Ironies of automations,” Automatica, vol. 19, nr. 6, pp. 775-779, 1983.
[106]	SESAR, „European ATM Architecture (EATMA),” 2018. [Online]. Available: www.eatmportal.eu .
[107]	NLR for KDC, „Applications of SWIM,” 2015.
[108]	KNMI en NLR voor RIVM, „Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven,” 2019.
[109]	Onderzoeksraad Voor Veiligheid, „Veiligheid vliegverkeer luchthaven Schiphol,” OVV, April 2019.
[110]	Adecs, „Contra-expertise - Gebruiksprognose Schiphol 2020,” Den Haag, 2019.



Extra grote weergave van **Figuur 3** op pagina 29: Schetsmatig overzicht van de belangrijkste bouwstenen in het operationeel concept.



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat



Ministerie van Defensie



Koninklijke Luchtmacht



Dit Voorkeursalternatief is een gezamenlijke publicatie van:

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Ministerie van Defensie
Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL)
Commando Luchtstrijdkrachten (CLSK)
Maastricht Upper Area Control Centre (MUAC)

Januari 2021