

Arbeidsmarktonderzoek 'Trends in de Duurzame Luchtvaart'

Onderdeel van deelproject Human Capital Agenda - Luchtvaart in Transitie –
Nationaal Groeifonds

Gepubliceerd door College van Belanghebbenden Luchtvaartonderwijs

Auteurs
Kees Hagens
Femke Konings

datum:
offertenr.

10 juli 2025
R25009-3

Inhoud

	pagina
1. Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 De onderwerpen van het onderzoek	1
1.3 De werkwijze	2
1.4 Deze conceptrapportage	2
2. De resultaten	3
2.1 De huidige en toekomstige ontwikkelingen in het vakgebied	3
2.2 De extra eisen die dit stelt aan kennis en vaardigheden van medewerkers	5
2.3 Hoe dienen de nieuwe kennis en vaardigheden te worden geleerd?	9
2.4 Kansen en belemmeringen voor bedrijven	14
2.4.1 De meest genoemde kansen	14
2.4.2 De meest genoemde bedreigingen/belemmeringen	15
2.5 Werven, begeleiden, binden en boeien van werknemers	16
2.6 Het beroepsonderwijs	17
2.6.1 Samenwerking met beroepsonderwijs (mbo, hbo, wo)	17
2.6.2 De inhoud van de beroepsopleidingen in mbo, hbo en wo: wat mist men?	18
2.6.3 Welke elementen in de kennisontwikkeling ontbreken of moeten verbeterd worden?	19
2.6.4 Ontwikkelingen in het beroepsonderwijs met invloed op opleidingen Luchtvaarttechniek	20
2.6.5 Ontwikkeling van leerlingaantallen in het mbo, hbo en wo	22
Bijlage 1. De opbouw van de opleidingen voor vliegtuigtechniek	24
Bijlage 2. Overige internationale standaarden	29
Bijlage 3. Het TRL-systeem	32
Bijlage 4. Geraadpleegde deskundigen en bronnen	34
Bijlage 5. Samenvatting advies NLR-rapport "Verduurzaming General & Business Aviation"	35

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

College Belanghebbenden Luchtvaartonderwijs (CvBLo) maakt de verbinding tussen onderwijs en bedrijfsleven in de vliegtuigtechniek. Deze stichting is de trekker van het deelproject Human Capital Agenda binnen Luchtvaart in Transitie (Nationaal Groeifonds).

Eén van de werkpakketten binnen deze subsidieaanvraag is het onderzoeken van de kennis en vaardigheden die luchtvaarttechnici nodig hebben op het gebied van vliegtuigonderhoud en vliegtuigbouw, om de transitie naar een duurzame luchtvaart te verwezenlijken. Denk hierbij aan nieuwe technologieën zoals waterstof of elektrisch vliegen maar ook het gebruik van lichtere materialen zoals composieten die de onderhoud en bouw van een vliegtuig aanzienlijk zullen veranderen.

Het CvBLo wil de komende drie jaar een onderzoek uitvoeren dat inzicht geeft in deze materie. De resultaten zal men gebruiken om het arbeidsmarkt- en scholingsbeleid van de betrokken organisaties aan te passen.

1.2 De onderwerpen van het onderzoek

Dit onderzoek is gericht op zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van de arbeidsmarkt.

1.2.1 Kwantitatieve aspecten

- De arbeidsmarkt op dit moment
 - o Werkgelegenheid in technische functies naar bedrijfsactiviteit, functiecategorie, leeftijd, geslacht, soort dienstverband, omvang dienstverband
 - o Aantal leerlingen in het bedrijf mbo bbl, hbo, wo.
- Ontwikkelingen in kennis en vaardigheden;
 - o Welke technologieën verwacht u dat binnen de komende 10-15 jaar geïmplementeerd/verder ontwikkeld worden in uw bedrijf (meerdere antwoorden mogelijk)?
 - o Wilt u bij de ontwikkelingen die relevant worden voor uw bedrijf aangeven welke nieuw kennis en vaardigheden dit van uw medewerkers vereist?
 - o Omvang van de behoefte aan nieuwe kennis en vaardigheden over 5 en 10 jaar.
 - o Verwachte manier om nieuwe kennis te verwerven (bijscholen/nieuwe medewerkers werven)
- Groeikansen voor het eigen bedrijf en voor de Nederlandse luchtvaarttechniek in het algemeen.
 - o Arbeidsmarktbeleid hoe maken bedrijven zich aantrekkelijk voor nieuwe medewerkers en wat doen zij om werknemers te behouden.
- Oorzaken van uitstroom van werknemers.
- Samenwerking van bedrijven met mbo, hbo en wo.
- Hoe kunnen andere partijen (overheid, onderwijs, branche-organisaties) de situatie op de arbeidsmarkt in de luchtvaarttechniek te verbeteren?

1.2.2 Kwalitatieve aspecten

Hiervoor zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd.

- De huidige en toekomstige ontwikkelingen in het vakgebied en eisen die dit stelt aan kennis en vaardigheden van medewerkers.: welke vaardigheden zijn nodig voor de transitie naar duurzame luchtvaart.
- Hoe dient die nieuwe kennis en vaardigheden te worden geleerd? In welk type onderwijs dient dit te worden aangeboden?
- De kansen en belemmeringen voor groei van de bedrijven en de sector in de toekomst.
- Begeleiden, boeien en binden van werknemers in de vliegtuigtechniek; wat doen bedrijven en wat kan beter. Welke trends zijn er op dit gebied in de sector of internationaal?
- Arbeidsmarktbeleid van individuele bedrijven (wat doen bedrijven en wat kan beter).
- Samenwerking met beroepsonderwijs (mbo, hbo, wo) (wat doen bedrijven en wat kan beter).
- De inhoud (kennis en vaardigheden) van de huidige beroepsopleidingen in mbo, hbo en wo; wat mist men.
- Zijn er elementen/onderdelen op het gebied van kennisontwikkeling en deskundigheidsbevordering voor de luchtvaarttechniek in Nederland die ontbreken of verbeterd moeten worden? Zo ja, welke.
- De ontwikkelingen in het beroepsonderwijs voor de komende jaren, die invloed hebben op de opleidingen op het gebied van luchtvaarttechniek.
- De ontwikkeling van leerlingaantallen in de relevante opleidingen in het mbo, hbo en wo.

1.3 De werkwijze

De informatie over de kwantitatieve aspecten van de arbeidsmarkt wordt verzameld via deskresearch en een online enquête onder de bedrijven in de sector.

De informatie over de kwalitatieve aspecten is verzameld via diepte-interviews met deskundigen in de branche en deskresearch.

1.4 Dit rapport

Dit rapport behandelt de resultaten van het onderzoek naar de kwalitatieve aspecten (paragraaf 1.2.2), waarvoor de informatie is verzameld via diepte-interviews met de deskundigen en deskresearch.

In paragraaf 2 zijn de resultaten samengevat. Bijlage 1 geeft een overzicht van de opbouw van de opleidingen voor de vliegtuigtechniek. De overige internationale standaarden voor kwalificaties op het gebied van vliegtuigtechniek zijn opgenomen in bijlage 2. Het TRL-systeem is samengevat in bijlage 3. Bijlage 4 geeft een overzicht van de geraadpleegde deskundigen en bronnen. In bijlage 5 is een samenvatting opgenomen van de adviezen in het NLR-rapport “Verduurzaming General Aviation & Business Aviation”.

2. Resultaten

2.1 De huidige en toekomstige ontwikkelingen in het vakgebied

Ontwikkelingen die invloed (gaan) hebben op de bedrijven in de vliegtuigtechniek zijn de volgende.

(Hybride) elektrische aandrijving

In de vliegtuigtechniek wordt elektrische aandrijving gebruikt, waarbij de energie wordt geleverd door batterijen of brandstofcellen. Bij een hybride elektrische aandrijving wordt de energie geleverd door een combinatie van elektrische motoren en verbrandingsmotoren. Het combineren van twee verschillende aandrijfsystemen (elektrische en verbrandingsmotoren) vereist geavanceerde technologie en ingewikkelde besturingssystemen. Dit verhoogt de complexiteit van het ontwerp, het onderhoud en de operatie van het vliegtuig. De batterijen die momenteel beschikbaar zijn, kunnen nog niet genoeg energie opslaan om een vliegtuig gedurende een lange vlucht volledig elektrisch te laten vliegen. Er wordt echter gewerkt aan de ontwikkeling van betere batterijen die krachtiger, lichter en efficiënter zijn, wat de haalbaarheid van hybride vliegtuigen vergroot.

(Hybride) waterstof-elektrische aandrijving

Waterstof-elektrische aandrijving gebeurt met behulp van een brandstofcel, waarin via een elektromechanisch proces waterstof reageert met zuurstof uit de lucht. Ook deze vorm van aandrijving wordt in hybride systemen gecombineerd met verbrandingsmotoren. Deze technologie bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase, maar het heeft wel aanzienlijke belangstelling en potentieel voor de toekomst van de luchtvaart. Het gebruik van deze technologie bevindt zich op dit moment voornamelijk in de prototype- en testfase, maar er worden al belangrijke stappen gezet richting commerciële toepassing in de nabije toekomst.

De toepassing van Sustainable Aviation Fuels (SAF)

SAF is een duurzame vliegtuigbrandstof, die wordt ontwikkeld als alternatief voor traditionele fossiele vliegtuigbrandstoffen zoals kerosine. SAF wordt geproduceerd uit hernieuwbare bronnen en heeft aanzienlijk lagere koolstofemissies dan conventionele fossiele brandstoffen. SAF wordt beschouwd als een belangrijke oplossing om de luchtvaartindustrie te verduurzamen en de emissies van broeikasgassen te verminderen. SAF is ontworpen om volledig compatibel te zijn met bestaande vliegtuigen en infrastructuur. Het kan worden gemengd met conventionele fossiele brandstoffen en kan direct worden gebruikt in de motoren van vliegtuigen zonder dat er belangrijke aanpassingen nodig zijn.

De luchtvaartindustrie is begonnen met het testen en gebruiken van SAF in commerciële vluchten. Vliegtuigen van verschillende luchtvaartmaatschappijen hebben al SAF gebruikt op commerciële routes in mengsels van tot 50% SAF en 50% traditionele kerosine.

Het retrofitten van bestaande vliegtuigen

Bij dit proces worden oudere vliegtuigen aangepast of geüpgraded met nieuwe technologieën om hun prestaties, efficiëntie en milieu-impact te verbeteren, zonder dat ze volledig vervangen worden.

De upgrades kunnen betrekking hebben op verschillende aspecten van het vliegtuig:

- Motorupgrades (engine retrofit);
- Turbojets kunnen worden vervangen door geavanceerdere turbofan-motoren die efficiënter zijn in brandstofverbruik;
- Sommige luchtvaartmaatschappijen upgraden motoren om hun brandstofefficiëntie met 10% tot 15% te verbeteren, wat helpt om de bedrijfskosten te verlagen;
- Aerodynamische verbeteringen: winglets, vleugelversterking en fuselage-upgrades, vleugel- en rompcoating;
- Verlichting, interieurtechnologie en slimme cabine systemen;
- Brandstofsysteemupgrades;
- Avionica en cockpittechnologie;
- Batterij- en hybride systemen;
- Geluid- en emissiereductie.

Het gebruik van kunststoffen/composieten

Composieten bestaan uit twee of meer verschillende stoffen die samen een nieuw materiaal vormen met verbeterde eigenschappen. In de vliegtuigindustrie worden composieten steeds vaker gebruikt vanwege hun lichte gewicht, hoge sterkte en corrosiebestendigheid, wat bijdraagt aan zowel efficiëntie als duurzaamheid. Composieten bieden mogelijkheden om vliegtuigen energie-efficiënter, duurzamer en kostenbesparender te maken. Composieten worden in verschillende delen van het vliegtuig toegepast:

- De vliegtuigstructuur: in de constructie van vleugels, vooral de vleugeldekken en interne structuren, in de romp en in staartvleugels (verticale en horizontale stabilo's) en de roeren;
- Interieurcomponenten: Cabine-inrichting (stoelen, panelen, vloeren en wandbekleding) en opbergvakken;
- Motorbehuizingen;
- Delen van het landingsgestel;
- Structurele delen, zoals versterkingen in de romp en vloeren.

Predictive maintenance

Voorspellend onderhoud maakt gebruik van gegevensanalyse, machine learning en andere geavanceerde methoden om te voorspellen wanneer een onderdeel of systeem van een vliegtuig waarschijnlijk zal falen, zodat onderhoud kan worden uitgevoerd voordat een probleem zich voordoet. Dit voorkomt onverwachte storingen, minimaliseert onnodige onderhoudskosten en verhoogt de operationele efficiëntie en veiligheid van vliegtuigen.

Het gebruik van AI tijdens inspecties

AI wordt op tal van manieren gebruikt bij inspecties van vliegtuigen:

- Beeldherkenning en -analyse (Computer Vision):
- Technologieën zoals Convolutional Neural Networks (CNN's) worden vaak ingezet om visuele gegevens te verwerken en afwijkingen of defecten te identificeren.
- Voorspellend Onderhoud (Predictive Maintenance):
- Natural Language Processing (NLP) voor Documentatie:
- Fysieke inspectie door robots en drones:
- AI voor Geluidanalyse (Acoustic Sensing):
- Anomaliedetectie.

Gebruik van duurzame materialen en werkwijzen

In de luchtvaart worden hoge eisen aan materialen gesteld op het gebied van brandbaarheid en sterkte bijvoorbeeld. De eis dat het materiaal ook gerecycled moet kunnen worden is nieuw.

Efficiënter plannen van werk

Er zijn veel verschillende methoden en technologieën die in de vliegtuigtechniek worden gebruikt om werk efficiënter te plannen. Het combineren van lean principes, geavanceerde software zoals ERP en CMMS, simulaties, robotica, en data-analyse helpt bij het verbeteren van de productiviteit en efficiëntie in de luchtvaartindustrie. Het ultieme doel is om de kosten te verlagen, de doorlooptijd te verkorten, en tegelijkertijd de veiligheid en kwaliteit van vliegtuigen te waarborgen.

2.2 De extra eisen die dit stelt aan kennis en vaardigheden van medewerkers**(Hybride) elektrische aandrijving**

- Kennis van elektrische systemen: Aangezien hybride systemen vaak complexe elektrische componenten bevatten, is kennis van elektrische en elektronische systemen cruciaal. Dit omvat het begrijpen van batterijen, elektrische motoren en de bijbehorende besturingssystemen.
- Kennis van brandstofsysteemen: Technici moeten ook goed op de hoogte zijn van de werking van traditionele brandstofsysteemen, inclusief brandstofopslag, -distributie en -verbranding.
- Hybride aandrijfsysteemen: Specifieke kennis over hybride technologieën, zoals de integratie van elektrische en thermische aandrijfsysteemen, is belangrijk. Dit omvat het begrijpen van de interactie tussen de batterij en de brandstofmotor.
- Veiligheidsprotocollen: Aangezien het werken met zowel elektrische als brandstofsysteemen risico's met zich meebrengt, is kennis van veiligheidsprocedures en -protocollen van groot belang.
- Diagnose en onderhoud: Vaardigheden in het diagnosticeren van problemen en het uitvoeren van onderhoud aan zowel elektrische als mechanische systeemen zijn essentieel.
- Regelgeving en certificering: Kennis van de relevante luchtvaartvoorschriften en certificeringseisen is noodzakelijk om te voldoen aan de normen voor luchtvaartveiligheid.

(Hybride) waterstof-elektrische aandrijving

- Waterstoftechnologie: Kennis van waterstofproductie, -opslag en -distributie is cruciaal. Dit omvat het begrijpen van de eigenschappen van waterstof als brandstof en de veiligheidsaspecten die ermee gepaard gaan.
- Brandstofceltechnologie: Technici moeten bekend zijn met de werking van brandstofcellen, die waterstof omzetten in elektriciteit. Dit omvat kennis van de verschillende componenten, zoals de elektroden, membranen en het koelsysteem.
- Elektrische systemen: Aangezien waterstof-elektrische aandrijfsystemen vaak gebruikmaken van elektrische motoren en batterijen, is kennis van elektrische en elektronische systemen belangrijk, inclusief de besturingssystemen die deze componenten aansturen.
- Hybride aandrijfsystemen: Inzicht in hoe hybride systemen werken, inclusief de integratie van waterstof- en elektrische aandrijvingen, is noodzakelijk om de efficiëntie en prestaties te optimaliseren.
- Veiligheidsprotocollen: Aangezien waterstof zeer ontvlambaar is, is het essentieel om goed op de hoogte te zijn van veiligheidsprocedures en -protocollen bij het werken met waterstofsysteem.
- Diagnose en onderhoud: Vaardigheden in het diagnosticeren van problemen en het uitvoeren van onderhoud aan zowel waterstof- als elektrische systemen zijn cruciaal voor de betrouwbaarheid van het aandrijfsysteem.

De toepassing van Sustainable Aviation Fuels (SAF)

- Kennis van brandstofsysteem: Technici moeten goed op de hoogte zijn van de werking van brandstofsysteem in vliegtuigen, inclusief brandstoftanks, leidingen, pompen en brandstofinjectiesystemen.
- Eigenschappen van SAF: Inzicht in de chemische en fysische eigenschappen van verschillende soorten SAF is cruciaal. Dit omvat kennis over de samenstelling, verbrandingseigenschappen en hoe SAF zich verhoudt tot traditionele vliegtuigbrandstoffen.
- Compatibiliteit en mengbaarheid: Kennis van hoe SAF kan worden gemengd met traditionele kerosine en de impact van deze mengsels op de prestaties en veiligheid van vliegtuigen is belangrijk.
- Veiligheidsprotocollen: Aangezien SAF nieuwe eigenschappen en potentiële risico's met zich meebrengt, is het essentieel om goed op de hoogte te zijn van veiligheidsprocedures en -protocollen bij het omgaan met deze brandstoffen.
- Regelgeving en certificering: Kennis van de relevante luchtvaartvoorschriften en certificeringseisen voor het gebruik van SAF is noodzakelijk om te voldoen aan de normen voor luchtvaartveiligheid en milieueisen.
- Onderhoud en inspectie: Vaardigheden in het uitvoeren van onderhoud en inspecties van brandstofsysteem zijn cruciaal om ervoor te zorgen dat SAF veilig en efficiënt kan worden gebruikt.
- Probleemoplossend vermogen: Het vermogen om problemen te analyseren en op te lossen die zich kunnen voordoen bij het gebruik van SAF in vliegtuigen is essentieel.
- Duurzaamheidsaspecten: Inzicht in de milieuvoordelen en de impact van SAF op de luchtvaartindustrie en de bredere context van duurzaamheid is ook belangrijk.

Het retrofitten van bestaande vliegtuigen

Dit vereist een brede verzameling kennis en vaardigheden over veel aspecten van de vliegtuigtechniek; Basiskennis van luchtvaarttechniek, kennis van vliegtuigsystemen (zoals aandrijfsystemen, elektrische systemen, hydraulica en avionica), kennis van de relevante luchtvaartvoorschriften en certificeringseisen, projectmanagement, diagnose en probleemoplossing, technische documentatie, veiligheidsprotocollen, duurzaamheid en efficiëntie.

Het gebruik van kunststoffen/composieten

- Basiskennis van composietmaterialen: Inzicht in de verschillende soorten composieten, zoals koolstofvezel, glasvezel en aramidevezel, en hun eigenschappen, zoals sterkte, gewicht en corrosiebestendigheid.
- Productieprocessen: Kennis van de verschillende methoden voor het vervaardigen van composieten, zoals handlay-up, autoclave, resin transfer molding (RTM) en filament winding. Dit omvat ook het begrijpen van de benodigde apparatuur en technieken.
- Inspectie en kwaliteitscontrole: Vaardigheden in het inspecteren van composietstructuren op defecten, zoals delaminatie, luchtinsluitingen of andere onregelmatigheden. Dit kan het gebruik van niet-destructieve testmethoden (NDT) omvatten, zoals ultrasoon onderzoek of thermografie.
- Herstel- en reparatietechnieken: Kennis van de procedures en technieken voor het repareren van beschadigde composietstructuren, inclusief het selecteren van de juiste materialen en het volgen van de juiste stappen om de integriteit van de structuur te waarborgen.
- Veiligheidsprotocollen: Inzicht in de veiligheidsprocedures bij het werken met composieten, inclusief het omgaan met chemische stoffen zoals harsen en oplosmiddelen, en het dragen van de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM).
- Technische documentatie: Vaardigheden in het lezen en interpreteren van technische tekeningen, specificaties en onderhoudshandleidingen die betrekking hebben op composietstructuren.
- Probleemoplossend vermogen: Het vermogen om problemen te identificeren en op te lossen die zich kunnen voordoen bij het werken met composieten, zoals het omgaan met onvoorziene complicaties tijdens de productie of reparatie.
- Duurzaamheid en milieueffecten: Inzicht in de milieu-impact van composietmaterialen en de recyclingmogelijkheden, evenals de voordelen van het gebruik van composieten in de luchtvaartindustrie.

Predictive maintenance

- Data-analyse: Vaardigheden in het analyseren van gegevens zijn cruciaal. Dit omvat het gebruik van statistische methoden en softwaretools om trends en patronen in onderhoudsdata te identificeren.
- Sensor- en monitoringtechnologie: Kennis van de verschillende sensoren en monitoringtechnologieën die worden gebruikt om gegevens te verzamelen over de prestaties van vliegtuigcomponenten, zoals trillingssensoren, temperatuur- en drukmeters.
- Software en tools voor predictive maintenance: Ervaring met softwaretoepassingen en platforms die worden gebruikt voor predictive maintenance, zoals condition monitoring-systemen en data-analyseprogramma's.
- Diagnose en probleemoplossing: Vaardigheden in het diagnosticeren van problemen op basis van de verzamelde gegevens en het ontwikkelen van oplossingen om storingen te voorkomen.
- Onderhoudsstrategieën: Inzicht in verschillende onderhoudsstrategieën, zoals preventief, correctief en predictief onderhoud, en hoe deze elkaar aanvullen.

- Projectmanagement: Vaardigheden in projectmanagement kunnen nuttig zijn bij het implementeren van predictive maintenance-programma's en het coördineren van verschillende teams en activiteiten.
- Duurzaamheid en efficiëntie: Inzicht in hoe predictive maintenance kan bijdragen aan de duurzaamheid en operationele efficiëntie van de luchtvaart, door ongeplande stilstand te verminderen en de levensduur van componenten te verlengen.

Het gebruik van AI tijdens inspecties

- Globale kennis van AI en machine learning: globaal inzicht in de basisprincipes van AI en machine learning, inclusief hoe algoritmen werken, hoe ze worden getraind en hoe ze kunnen worden toegepast op inspectieprocessen.
- Beeldverwerking: Kennis van technieken voor beeldverwerking en computer vision is belangrijk, vooral als AI wordt gebruikt om visuele inspecties uit te voeren, zoals het detecteren van scheuren of andere defecten in vliegtuigstructuren.
- Software en tools: Ervaring met softwaretoepassingen en platforms die AI gebruiken voor inspecties, zoals beeldherkenningssoftware en condition monitoring-systemen.
- De werking van verschillende inspectiemethoden, zoals:
 - o Beeldherkenning en -analyse (Computer Vision);
 - o Technologieën zoals Convolutional Neural Networks (CNN's) voor het verwerken van visuele gegevens en het identificeren van afwijkingen of defecten;
 - o Voorspellend Onderhoud (Predictive Maintenance);
 - o Natural Language Processing (NLP) voor Documentatie;
 - o Fysieke inspectie door robots en drones;
 - o AI voor Geluidanalyse (Acoustic Sensing);
 - o Anomaliedetectie.
- Diagnose en probleemoplossing: Vaardigheden in het diagnosticeren van problemen op basis van de gegevens die door AI-systemen worden geleverd, en het ontwikkelen van oplossingen om eventuele problemen aan te pakken.
- Regelgeving en certificering: Kennis van de relevante luchtvaartvoorschriften en certificeringseisen met betrekking tot het gebruik van AI in inspecties en onderhoud.

Gebruik van duurzame materialen en werkwijzen

- Kennis van duurzame materialen: Inzicht in de verschillende soorten duurzame materialen die in de luchtvaart kunnen worden gebruikt, zoals biocomposieten, gerecycleerde materialen en andere milieuvriendelijke alternatieven. Dit omvat ook kennis van hun eigenschappen en prestaties in vergelijking met traditionele materialen.
- Productieprocessen: Begrip van de productieprocessen die betrokken zijn bij het vervaardigen van duurzame materialen en componenten, inclusief de technieken die nodig zijn om deze materialen effectief te verwerken en te integreren in vliegtuigontwerpen.
- Milieu-impact en levenscyclusanalyse: Kennis van de milieu-impact van verschillende materialen en processen, inclusief het uitvoeren van levenscyclusanalyses (LCA) om de ecologische voetafdruk van vliegtuigcomponenten te beoordelen.
- Regelgeving en certificering: Inzicht in de relevante luchtvaartvoorschriften en certificeringseisen met betrekking tot het gebruik van duurzame materialen en praktijken, evenals de normen voor milieuvriendelijkheid in de luchtvaartindustrie.
- Onderhoud en reparatie: Vaardigheden in het onderhouden en repareren van vliegtuigen die zijn gebouwd met duurzame materialen, inclusief kennis van de specifieke technieken en procedures die nodig zijn voor deze materialen.

- Innovatie en technologie: Openheid voor en kennis van nieuwe technologieën en innovaties op het gebied van duurzame luchtvaart, zoals het gebruik van alternatieve brandstoffen, energie-efficiënte systemen en andere duurzame praktijken.
- Probleemoplossend vermogen: Het vermogen om problemen te identificeren en op te lossen die zich kunnen voordoen bij het gebruik van duurzame materialen en werkwijzen, zoals compatibiliteit met bestaande systemen of uitdagingen in de productie.
- Opleiding en training: Bereidheid om voortdurend bij te leren en zich aan te passen aan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van duurzame luchtvaarttechnologieën en -materialen.
- Duurzaamheidsbewustzijn: Een sterke motivatie en bewustzijn van de noodzaak om duurzaamheid in de luchtvaart te bevorderen, inclusief het begrijpen van de bredere impact van de luchtvaartindustrie op het milieu.

Efficiënter plannen van werk

- Projectmanagement: Kennis van projectmanagementprincipes en -technieken. Dit omvat het vermogen om taken te definiëren, tijdlijnen op te stellen, middelen te beheren en de voortgang van projecten te volgen.
- Planning en organisatie: Vaardigheden in het opstellen van gedetailleerde plannen en schema's, inclusief het prioriteren van taken op basis van urgentie en belang. Dit helpt om de workflow te optimaliseren en ervoor te zorgen dat deadlines worden gehaald.
- Gebruik van softwaretools: Ervaring met planningssoftware en tools voor onderhoudsbeheer, zoals Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), kan helpen bij het efficiënt organiseren van taken en het bijhouden van onderhoudsgeschiedenis.
- Flexibiliteit en aanpassingsvermogen: De luchtvaartindustrie kan onvoorspelbaar zijn, dus het vermogen om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden en prioriteiten is essentieel voor een efficiënte planning.
- Teamwork en samenwerking: Vaardigheden in het werken binnen een team en het coördineren van activiteiten tussen verschillende afdelingen of disciplines om een soepele uitvoering van het werk te waarborgen.

2.3 Hoe dienen de nieuwe kennis en vaardigheden te worden geleerd?

Bijlage 2 van het rapport geeft aan hoe de initiële beroepsopleidingen en de certificeringen en specialisaties voor medewerkers in de vliegtuigtechniek zijn opgebouwd. In bijlage 7 is de mening van de deskundigen over waar de nieuwe kennis en vaardigheden moeten worden geleerd per onderwerp in detail weergegeven.

Op hoofdlijnen kan de mening van de deskundigen als volgt worden samengevat. De geraadpleegde deskundigen geven aan dat de kennis en vaardigheden nodig voor de vernieuwingen in de vliegtuigtechniek goed kunnen worden verwerkt en aangeboden binnen de bestaande structuur van initiële beroepsopleiding en de verdere certificering en specialisatie.

Daarnaast wijzen sommige deskundigen op het systeem van 'Technology Readiness Levels' (TRL). Technologische ontwikkelingen zitten in verschillende fasen, die kunnen worden ingedeeld volgens de 'Technology Readiness Levels' (TRL). Bijlage 4 geeft hiervan een overzicht. Elektrisch vliegen zit al op level 9, maar waterstof zit nog in fase 1. Als een technologie zich in fase 1 (level 1-3) bevindt, dan is het vooral relevant voor de universiteit. In Fase 2 (level 4-6) wordt het gedeeltelijk relevant voor het hbo. Als een technologie in Fase 3 (TRL 7 en 8) is aanbeland, dan is het geschikt voor het hbo. Het

komt dan ook in beperkte mate in het mbo. Als een technologie in TRL 9 zit moet het mbo ermee aan de slag en het opnemen in het lesprogramma.

(Hybride) elektrische aandrijving en (hybride) waterstof-elektrische aandrijving

Volgens de deskundigen zal de scholing voor een groot deel plaats moeten vinden door het bijscholen van de bestaande workforce.

Het regulier beroepsonderwijs, de certificering en de typetrainingen zijn verdeeld in vakgebieden, zoals vliegtuigstructuren, vliegtuigmotoren, vliegtuigsystemen et cetera. De nieuwe technologieën op het gebied van waterstof, elektromotoren en aandrijfsystemen passen binnen dezelfde gebieden. Daarvoor dienen de nieuwe onderwerpen te worden ingeweven in het beroepsonderwijs (mbo, hbo), de certificeringen en de typetrainingen (familiarisatie-trainingen van leveranciers en fabrikanten). Daarnaast zal on the job training binnen de bedrijven belangrijk zijn.

De TU Delft en de hogescholen bieden reeds opleidingen aan op het gebied van brandstofcellen en vloeibaar waterstof.

In het mbo zijn keuzedelen beschikbaar voor het installeren van waterstof-elektrische brandstofcellsystemen in waterstofvoertuigen, vaartuigen en luchtvaartuigen. In het kwalificatiedossier voor luchtvaarttechniek zijn deze technologieën nog niet verwerkt. Overigens vinden verschillende deskundigen dat de invoering van deze materie in de beroepsopleidingen gefaseerd moet worden aangepakt. “In het mbo moet je opgeleid worden voor de techniek die er over vier jaar is maar het heeft weinig zin om op te leiden voor de techniek die er pas over tien jaar is. Nu is de kans dat iemand gaat werken aan een elektrisch vliegtuig nog heel klein. Studenten die het leuk vinden krijgen hier extra lesstof over aangeboden, voor andere studenten is het voldoende dat ze weten dat het bestaat”.

De toepassing van Sustainable Aviation Fuels (SAF)

De deskundigen geven aan, dat de instellingen in het wo en hbo zich hiermee bezighouden. Het wo is vooral gericht op de productie, het maken van synthetische brandstof en de funding hiervan. De hbo-instellingen zijn bezig met het technische aspecten maar ook met de bedrijfskundige aspecten: hoe maak je SAF betaalbaar/opschaalbaar en hoe voldoe je aan regelgeving? Dat zijn vraagstukken die aan bod komen in de opleiding.

Voor de mbo- opleidingen zullen de gevolgen beperkt zijn. Voor het gebruik van SAF hoeven het vliegtuig en de motor niet te worden aangepast, dit vergt geen andere vaardigheden van monteurs. Wel voor mensen die zich bezighouden met brandstofsystemen op een vliegveld. Daarnaast zal SAF onderdeel worden van de Part 66 certificering en de typetrainingen.

Het retrofitten van bestaande vliegtuigen

Een deel van de deskundigen denkt dat voor retrofitten geen andere of extra kennis dient te worden geleerd dan op dit moment in de scholingsstructuur wordt aangeboden. Men merkt op dat retrofitting nog in de kinderschoenen staat en door een deel van de bedrijven wordt beoordeeld als niet rendabel of alleen interessant voor kleine vliegtuigen.

Een ander deel van de deskundigen wijst op een samenwerking tussen de TU Eindhoven met de startup Clearwings, waarbij een vliegtuig wordt voorzien van een elektrische motor. Men denkt dat de verandering in de uitvoering meer uitgedacht moeten worden op het hbo en dat de uitvoering

(“Hoe haal je een vliegtuig uit elkaar om het te kunnen retrofitten”) in het mbo zou kunnen worden behandeld.

Het gebruik van kunststoffen/composieten

De wo-instellingen houden zich bezig met het innoveren van composieten/kunststoffen voor vliegtuigen, met name de TU Delft en UT Twente (ThermoPlastic composites Research Center).

Op de Hogeschool van Amsterdam wordt nagedacht over nieuwe materialen en inspectie van deze materialen. Er is een lectoraat waar onderzoekers zich hier mee bezig houden. Er wordt nu iemand aangenomen die expert is in materialen voor opslag van waterstof. Kennis over composieten is een vast onderdeel van het curriculum.

Verschillende deskundigen geven aan dat in het mbo nog te weinig wordt geleerd over composieten. Het ROC Deltion College geeft aan dat men dit wel in de opleiding behandelt. De grotere onderhoudsbedrijven signaleren een ernstig tekort aan technici met kennis het van het vinden en repareren van schade in kunststof. De bedrijven scholen zelf de technici bij op dit gebied en zijn van plan om nieuwe mensen met deze kennis te gaan werven. Overigens geven de bedrijven aan dat ook aan conventionele plaatwerkers een groot tekort bestaat.

Predictive maintenance

Van de wo-instellingen houdt alleen de UT Twente zich gericht bezig met predictive maintenance voor de luchtvaart. Aan dit onderwerp wordt in het onderwijs vooral aandacht besteed binnen het hbo. De Hogeschool van Amsterdam zet hier vol op in, met het maintenance-lab en via het lectoraat Maintenance Engineering). Ook Inholland besteedt aandacht aan dit item.

Een deel van de mbo-scholen biedt een lessenserie aan over predictive maintenance. Men geeft aan dat het hen moeite kost predictive maintenance te behandelen in de praktijk. De vliegtuigen waar men op school mee werkt, werken niet met predictive maintenance. De mbo-student komt hier vooral mee in aanraking tijdens stages. Een ander deel van de mbo-scholen geeft aan dat predictive maintenance een grote AI-component heeft. Maar omdat de techneut/onderhoudsmonteur hier niet veel mee te maken heeft, omdat hij standaardprocedures moet volgen. Daarom hoeft het niet opgenomen te worden in de MBO-lesstof.

Daarnaast zullen methoden voor predictive maintenance moeten worden geleerd in de bijscholing, met trainingen van leveranciers/fabrikanten van deze technologie en trainingen die onderhoudsbedrijven zelf verzorgen.

Het gebruik van AI tijdens inspecties

In het wo besteedt TU Delft in het project “Brightsky – smart MRO” aandacht aan geavanceerde technieken voor inspectie en reparatie van vliegtuigmotoronderdelen. Hierbij wordt tevens met TNO samengewerkt aan het automatiseren en digitaliseren van de kernprocessen en ontwikkelt de faculteit 3mE een geavanceerde mens-machine interface. In het project ‘Smart Availability’ ontwikkelt men digitale instrumenten die beslissingsondersteuning bieden voor onderhoud en planning, met inbegrip van predictive onderhoud.

In het hbo is vliegtuigonderhoud een onderwerp, maar de opleidingen lijken (nog) niet expliciet aandacht te besteden aan de moderne en toekomstige inspectiemethodes met AI.

In het mbo is men zich ervan bewust dat dit in de toekomst snel belangrijker wordt. De mbo-scholen zijn hier nu nog slechts beperkt voor toegerust. Augmented Reality technologie wordt door de luchtvaartmaatschappijen gebruikt en tijdens stages komen mbo-studenten hiermee in aanraking. Op een deel van de scholen zijn VR-brillen beschikbaar. Daarbij moet men ook "scenario's" aanschaffen en die zijn duur. Daarom is het nu beperkt beschikbaar op het ROC. Het is voor de mbo-scholen lastig om nieuwe toestellen aan te schaffen, en hierbij biedt VR een uitkomst. "VR-brillen worden gebruikt op school, AR niet. Dat komt door het budget van de school: AR-brillen zijn te duur." Andere toepassingen van AI bij inspecties en onderhoud zijn in het mbo nog slechts beperkt verwerkt.

Het gebruik van moderne technologie bij het uitvoeren van inspecties wordt vooralsnog vooral geleerd in de bijscholing van werknemers, met trainingen van leveranciers/fabrikanten van deze technologie en trainingen die onderhoudsbedrijven zelf verzorgen.

Gebruik van duurzame materialen en werkwijzen

De meeste deskundigen vinden dat dit dient te worden verwerkt in alle lagen van het regulier onderwijs, zowel in wo, hbo als mbo.

In het wo wordt veel aandacht besteed aan duurzame materialen en werkwijzen en hier wordt ook ontwikkelwerk verricht op dit gebied. Daarnaast moet bij het ontwerpen reeds rekening worden gehouden met duurzaamheid en hergebruik.

In de hbo-opleidingen is duurzaamheid en circulariteit ook onderdeel van de opleidingen. Deskundigen zien wel ruimte voor verbetering. "Er zullen steeds meer technieken komen die sturen op hergebruik. Er moet meer bewustwording komen in het hbo dat je in de keten verantwoordelijk bent voor circulariteit en duurzaamheid."

In het mbo wordt in de meeste scholen in het algemeen aandacht besteed aan hergebruik van materialen en wordt in de opleidingen conform milieuregels gewerkt. Voor het overige geven mbo-scholen aan dat hier niet specifiek of gericht aandacht aan wordt besteed. "Er zijn weinig praktijkvoorbeelden op school. Bij stages in een bedrijf krijgt een student hier vaak wel mee te maken."

Bedrijven zijn intensief bezig met duurzaamheid en circulariteit, in de hele productieketen.

- Reeds in de ontwerpfase moet men rekening houden met duurzaamheid en hergebruik.
- Versleten batterijen uit een vliegtuig kunnen nog wel elders gebruikt worden, bijvoorbeeld als thuisbatterij. Dat vereist wel dat het toestel zo wordt ontworpen dat de batterij makkelijk verwijderbaar is.
- Hergebruik kan op termijn geld besparen. Gegevens uit het 'materiaalpaspoort' zijn opgenomen in de digital twin. Medewerkers hebben praktische kennis over materialen hoe lang je iets kunt gebruiken, et cetera.
- Ook moet de monteur tijdens het gebruik goed administreren wat er allemaal mee gebeurt, bijvoorbeeld of er cellen zijn gewisseld. Zodat een tweedehands batterijenhandelaar goed weet wat hij koopt. Tevens is opleiding nodig voor monteurs, om de betreffende componenten goed te demonteren. Want demonteren voor hergebruik moet stelt specifieke eisen.

Efficiënter plannen van werk

Er zijn veel verschillende methoden en technologieën die in de vliegtuigtechniek worden gebruikt om werk efficiënter te plannen. Dit zou in de hbo-opleidingen aandacht kunnen krijgen. Voor het grootste deel zal deze kennis worden verworven via bijscholing van medewerker in bedrijfsinterne trainingen en trainingen van leveranciers van software.

De meest urgente opleidingsvraagstukken

Op basis van de bovenstaande analyse zijn de meest urgente opleidingsvraagstukken voor de korte termijn:

- Kennis en vaardigheden op mbo-niveau m.b.t. het opsporen en repareren van schade in composieten en plastics. Zowel in het onderwijs als in de bedrijven is er op dit gebied te weinig kennis. Bedrijven proberen dit op te lossen door het bijscholen van de workforce en het aantrekken van nieuwe mensen met deskundigheid op dit gebied;
- Predictive maintenance: de behandeling hiervan in het mbo wordt gehinderd door gebrekkige outillage;
- Het verrichten van inspecties met moderne technologie en methoden, waaronder AI. In de praktijk is hier behoefte aan. Het mbo kan hier, door gebrekkige outillage, nog niet in mee.

Overzicht van de belangrijkste opleidingsvraagstukken op dit moment

	Korte termijn	Lange termijn	Urgent/tekort?
(Hybride) elektrische aandrijving		X	Nee
(Hybride) waterstof-elektrische aandrijving		X	Nee
De toepassing van Sustainable Aviation Fuels (SAF)		X	Nee
Het retrofitten van bestaande vliegtuigen		X	Nee
Het gebruik van kunststoffen/composieten	X		Ja
Predictive maintenance	X		Ja
Inspecties met moderne technologie	X		Ja
Gebruik van duurzame materialen en werkwijzen	X		Nee

Bijzonderheden in de opleidingsstructuur

Opleidingsinstituut AMTS verzorgt Nederlandstalige opleidingen voor de Part 66 licenties en is hiervoor gecertificeerd (Part 147). Deze opleider heeft een sterke positie in de markt van Part 66 opleidingen. AMTS verricht bijscholing voor verschillende bedrijven in de vliegtuigtechniek en voor Defensie. Daarnaast bieden verschillende ROC's Part 66 modules aan onder licentie van AMTS. Tevens levert AMTS leermiddelen aan de ROC's.

2.4 Kansen en belemmeringen voor bedrijven

2.4.1 De meest genoemde kansen voor bedrijven in de vliegtuigtechniek

1. Focussen op specialisaties

De Nederlandse vliegtuigtechniek moet volgens verschillende deskundigen bepalen waar men goed in is en zich hierin specialiseren. Er liggen kansen in de volgende segmenten.

- Van oudsher is Nederland goed in vliegtuigstructuren, lichtgewicht materialen, composieten en plastics.
- Elektrische vliegtuigen en waterstoftechnologie bieden kansen voor bedrijven om nieuwe systemen te ontwikkelen zoals batterijen, brandstofcellen en tanksystemen en componenten die daar omheen zitten, zoals kleppen, sensoren, controlboxen et cetera. En met name de engineeringkennis om dat in een vliegtuig te integreren.
- Ook in thermoplasten en composieten ziet men kansen.
- Automatisering van productieprocessen.
- Er zijn in Nederland veel kleine bedrijven die bezig zijn met biogene oplossingen, piping, connectoren, kleppen e.d. voor industriële toepassingen.
- High-end engineering, vanuit de TU Delft.
- We zijn goed in semi-conductors en mechatronica. De elektrificatie van het toestel biedt kansen aan bedrijven in Nederland.
- “Cabin of the future”, mogelijk komt er een nieuwe markt in refurbished cabins.
- Innovaties in hybride en elektrisch vliegen en de ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals waterstof en SAF (sustainable aviation fuel), worden gezien als belangrijke gebieden voor groei.

2. Samenwerking en netwerk

- Er is veel ruimte voor samenwerking tussen bedrijven in Nederland, zowel binnen de luchtvaartsector als met andere industrieën. Dit biedt kansen om sneller innovaties door te voeren en het ecosysteem te versterken.
- De samenwerking tussen burgerluchtvaart en defensie wordt genoemd als een kans om kennis te delen en innovaties te versnellen, bijvoorbeeld op het gebied van 3D-printing.
- De burgerluchtvaart en Defensie kunnen de beschikbare onderhoudstechnici en de onderhoudsfaciliteiten samen efficiënter inzetten.
- Veel deskundigen zien ook kansen voor meer samenwerking tussen bedrijven en onderwijsinstellingen.
- Ontbrekende faciliteiten in het mbo zouden door bedrijven kunnen worden opgelost, zodat de mbo-scholen praktijkgetrouwe opleidingen kunnen verzorgen over onder andere composieten/kunststoffen, predictive maintenance en vliegtuiginspecties met moderne technologieën en methoden, waaronder AI.

3. Nieuwe markten en toepassingen

- De groeiende wereldwijde luchtvaartmarkt, vooral in opkomende markten zoals Zuid-Amerika, Afrika, China, en India, biedt kansen voor Nederlandse bedrijven om hun producten en expertise internationaal aan te bieden.
- Er is interesse in nicheproducten die kunnen worden geleverd aan grote spelers als Airbus en Boeing. Daarnaast kunnen nieuwe technologieën zoals elektrische lucht taxi's (Joby Aviation) en slimme batterijen ontwikkeld worden.

4. Kennis en technologie

Nederland heeft een sterke kennisbasis, door de technische universiteiten en het ecosysteem van kleine en middelgrote bedrijven. Dit biedt kansen om innovatieve producten en technologieën te ontwikkelen, zoals slimme batterijen en duurzame luchtvaarttechnologie.

5. Onderwijs en nieuwe instromers

Er is een groeiende behoefte aan geschoolde technici, en samenwerking met onderwijsinstellingen kan helpen om de volgende generatie luchtvaartprofessionals op te leiden. Er is veel vraag naar stagiaires en nieuwe medewerkers met kennis van nieuwe technologieën.

6. Automatisering en robotisering

Het tekort aan gekwalificeerde arbeidskrachten kan voor een deel worden gecompenseerd door het automatiseren en robotiseren van werkzaamheden.

2.4.2 De meest genoemde bedreigingen/belemmeringen**1. Regelgeving en certificering**

De regelgeving loopt vaak achter op technologische ontwikkelingen, wat innovatie vertraagt. Certificering van nieuwe technologieën, zoals elektrische vliegtuigen, is een belangrijke belemmering. Dit maakt het moeilijk om snel op de markt te komen met nieuwe producten.

2. Gebrek aan geschoolde technici

- Er is een tekort aan technici, zowel voor traditioneel vliegtuigonderhoud (plaatwerkers) als voor de nieuwe technologieën (schade opsporen en repareren in composieten, predictive maintenance, inspectie met moderne technologieën). Dit wordt versterkt door het negatieve imago van de luchtvaart in Nederland en de relatief lage lonen voor technici in vergelijking met andere landen in Europa.
- Er is ook bezorgdheid over het gebrek aan nieuwe instromers. De lange en complexe opleidingsroutes voor technici worden als een belemmering gezien.

3. Financiering en investeringen

Het investeren in nieuwe technologieën en startups wordt als een uitdaging gezien, vooral omdat er weinig grote investeerders zijn die de schaalvergroting kunnen ondersteunen. Het is moeilijk voor bedrijven om genoeg kapitaal te krijgen om verder te groeien.

4. Maatschappelijke en politieke weerstand

De publieke en politieke opinie tegenover de luchtvaart is vaak negatief, vooral door zorgen over klimaatverandering en de milieueffecten van vliegen. Dit kan de ontwikkeling van de luchtvaartindustrie belemmeren, vooral als het gaat om het verkrijgen van publieke steun of subsidies.

5. Versnippering en gebrek aan coördinatie

In Nederland is er veel versnippering van initiatieven binnen de luchtvaartsector. Een gestructureerde, nationale agenda wordt als noodzakelijk gezien om sneller innovaties door te voeren en het bedrijfsleven te versterken.

6. Risico's bij nieuwe technologieën

Nieuwe technologieën zoals elektrisch vliegen worden als risicovol beschouwd, vooral omdat het vaak startups betreft die veel kapitaal nodig hebben en waarvan het onduidelijk is of ze uiteindelijk zullen slagen. Het ontbreken van standaarden en de onzekerheid rond de toekomst van deze technologieën vormen een bedreiging.

2.5 Werven, begeleiden, binden en boeien van werknemers

Uitdagingen

Het aantrekken van nieuwe medewerkers is een uitdaging voor de vliegtuigtechniek. De concurrentie met andere sectoren zoals de chipindustrie en de energiesector maakt het moeilijker om jongeren te interesseren voor een carrière in deze bedrijfstak. Veel jongeren hebben een voorkeur voor dynamische en innovatieve bedrijven, waar men sneller loopbaanstappen kan zetten. Het relatief lange opleidingstraject voor vliegtuigonderhoud schrikt een deel van de jongeren af. De huidige generatie jonge werknemers hecht belang aan salaris, vastigheid/stabiliteit, een goede werk-privé-balans en "gave techniek".

Wervingsstrategieën

- Om deze uitdagingen het hoofd te bieden hebben organisaties zoals KLM, Fokker en Defensie hun wervingsstrategieën aangepast. Men richt zich op een bredere doelgroep, waaronder mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt en kandidaten uit andere sectoren, mensen van Defensie, mensen uit de EU en mensen van buiten de EU.
- Er worden minder specifieke opleidingseisen gesteld. Naast vliegtuigtechniek staat men open voor mensen met een opleiding in elektrotechniek, metaal, mechatronica en werktuigkundige installaties. Een deel van de bedrijven stelt de opleidingseisen nog ruimer; als een kandidaat "een hart voor techniek heeft" is hij/zij interessant.
- Men voert wervingscampagnes uit met een diversiteit aan activiteiten, direct search, evenementen (banenmarkten, open dagen, samenwerking met scholen, instrumenten en uitingen social media zoals Facebook, Reddit, Instagram en Fonk).
- In de campagnes worden het internationale karakter van de luchtvaart ("je wereld wordt groter") en de grootschaligheid van de vliegtuigtechniek benadrukt.
- Een uitdaging is de beperkte capaciteit van bedrijven om nieuwe medewerkers op te leiden. Een nieuwe collega moet begeleid/opgeleid worden door een ervaren collega en die hebben al een volle workload.
- Bedrijven investeren in speciale projecten om mensen te werven en op te leiden. Best practices zijn:
 - o Route 66. Dit wordt uitgevoerd door RJC en AMTS. Men neemt jongeren met een mbo-diploma en zij-instromers aan en biedt hen de mogelijkheid alle EASA Part-66 B1.1 & B2 modules te halen binnen 14 maanden. Tijdens dit traject gaat de deelnemer twee dagen per week naar school, werkt in Hangar 73 op Schiphol-Oost en ontvangt een salaris.
 - o Hive Aerospace Collective. Hive werft mensen, leidt hen op en geeft hen de mogelijkheid te kiezen tussen militair of civiel. Deelnemers worden ingeschreven bij ROC Curio voor een lesprogramma mbo met Part 66. Dit programma is gericht op 15-jarigen.

Boeien en binden

Flexibele arbeidsvoorwaarden worden ingezet om het bedrijf aantrekkelijk te maken voor nieuwe instromers en om de werknemers in het bedrijf te behouden:

- een goed salaris;
- bonussen gekoppeld aan autorisaties;
- flexibele regelingen voor opleiden, waarbij de werkgever de opleidingskosten betaalt.

Daarnaast besteden bedrijven aandacht aan het begeleiden en behouden van de medewerker:

- een goed inwerkprogramma;
- loopbaanbegeleiding, periodieke ontwikkelgesprekken;
- opleidingsmogelijkheden;
- doorgroeimogelijkheden;
- bij uitval sociaal en emotioneel goed met de medewerker omgaan;
- halfjaarlijks een medewerkers tevredenheidsonderzoek;
- men biedt werknemers de mogelijkheid intern stages te volgen, om zich te oriënteren op functies in andere afdelingen van het bedrijf of in andere bedrijven.

De geraadpleegde organisaties geven aan dat de uitstroom van werknemers uit de bedrijven relatief laag is. Jonge medewerkers zijn mobiel en stappen soms over naar andere technische bedrijfstakken. De technici/engineers die al een aantal jaren in de vliegtuigtechniek werken zijn doorgaans honkvast. Sommige bedrijven geven aan dat medewerkers op hbo- en wo-niveau iets mobieler zijn, als gevolg van alternatieve carrièremogelijkheden voor deze groep.

2.6 Het beroepsonderwijs

2.6.1 Samenwerking met beroepsonderwijs (mbo, hbo, wo)

wo

Zowel de grotere bedrijven in de vliegtuigtechniek (o.a. KLM, Fokker, Defensie) als de kleinere bedrijven werken samen met wo-instellingen. De samenwerking richt zich voornamelijk op het bieden van stageplaatsen, gezamenlijke onderzoeksprojecten en het ontwikkelen van onderwijsprogramma's die aansluiten bij de behoeften van de industrie.

Er worden specifieke projecten uitgevoerd gericht op het ontwikkelen van duurzame luchtvaart, zoals Deltawing (TU Delft en KLM), Flying Vision (TU Delft en KLM), Green Aviation (TU Eindhoven), Sustainable Aviation (Universiteit Twente). NLR werkt samen met de technische universiteiten aan verschillende onderzoeksprojecten die gericht zijn op het verbeteren van de duurzaamheid van de luchtvaart, waaronder studies naar nieuwe materialen en technologieën die de efficiëntie van vliegtuigen kunnen verhogen.

hbo

De meeste bedrijven werken samen met hbo-instellingen. De samenwerking betreft:

- stage- en afstudeerprojecten;
- onderzoeksprojecten op het gebied innovatieve technologieën en processen;
- opleidingsprogramma's: InHolland en de Hogeschool van Amsterdam ontwikkelen in samenwerking met luchtvaartbedrijven specifieke opleidingen en cursussen die aansluiten bij de behoeften van de industrie.
- innovatie- en kenniscentra, zoals het Aerospace Engineering Lab (InHolland), Aerospace & Aviation Research Lab (Hogeschool van Amsterdam) Delft Aerospace Rocket Engineering – DARE (TU Delft en hbo-instellingen) en Aviation Academy (InHolland).
- netwerk-events,
- gastcolleges, excursies;
- sponsoring van projecten door bedrijven;
- banenmarkten.

mbo

- In het mbo speelt een deel van de contacten tussen scholen en bedrijven zich af rondom de stages in de bol-opleidingen, waarbij de student vijf dagen per week naar school gaat en een aantal weken per jaar stageloopt in een bedrijf. De afgelopen jaren neemt het aantal studenten in de bbl licht toe. Een student in de bbl werkt vier dagen per week in een bedrijf en gaat een dag per week naar school.
- Daarnaast vindt inhoudelijke afstemming van leerprogramma's plaats tussen de mbo-scholen en de bedrijven.
- Ook in het mbo werken scholen en bedrijven samen aan banenmarkten en andere evenementen om studenten kennis te laten maken met de bedrijven in de vliegtuigtechniek.

2.6.2 De inhoud van de beroepsopleidingen in mbo, hbo en wo: wat mist men?**mbo**

In het mbo missen de geraadpleegde deskundigen de volgende items.

- Het vinden en repareren van schade in kunststof.
- "Plaatwerken voor vliegtuigindustrie" wordt gemist. Fokker Techniek is hierover in gesprek met ROC Curio.
- Gereedschapskennis en gebruik, praktisch gebruik van een borgsleutel. Studenten in de vliegtuigtechniek kunnen niet goed sleutelen.
- Onderhoud van gereedschap.
- Begrijpend lezen van technische manuals. Dit kan bij de meeste mbo-scholen beter.
- Avionica zou een betere behandeling kunnen krijgen in de mbo-opleidingen.
- Sommige bedrijven vinden dat de EASA-eisen (voor de Part 66 licenties) volledig binnen de mbo-opleidingen moeten worden behandeld. Studenten moeten hier in het mbo desnoods extra deelopleidingen kunnen volgen.
- Men wil meer aandacht zijn voor soft skills, zoals verantwoordelijkheid.
- De onderhoudsmonteurs die het mbo aflevert komen niet terecht in de MKB-maakindustrie. Er is geen dedicated opleiding voor de luchtvaart-maakindustrie op mbo-niveau.
- Voor Defensie hoort ook de mentale component, weerbaarheid/weerstand bij competenties waar veel aandacht aan besteed moet worden. De nieuwe instromers dienen op dit gebied nog veel te leren. Daarnaast worden elektronica en crypto (geheimtaal) steeds belangrijker.

hbo

- Studenten die net zijn afgestudeerd missen soms communicatievaardigheden en andere soft skills zoals samenwerken. Dit geldt voor alle opleidingen, niet alleen de technische.
- Luchthavenplanning. Dit zou ondergebracht kunnen worden bij bouwkunde of civiele techniek.
- Men kan hbo- en mbo-studenten tijdens de opleiding meer laten samenwerken. Mbo-studenten kunnen leren van de theoretische kennis en onderzoeksvaardigheden van hbo-studenten, terwijl hbo-studenten de praktische ervaring en benadering van mbo-studenten kunnen benutten. Tevens biedt het de studenten inzicht in de voordelen van het samenwerken met collega's met een andere opleidingsachtergrond.

wo

- Bij de wo-bachelor is een stage niet verplicht, waardoor studenten geen enkele werkervaring hebben als ze van de opleiding komen. Een stage zou altijd verplicht moeten zijn. Stage zit wel in de master maar niet in de bacheloropleiding.
- Studenten die net zijn afgestudeerd missen soms communicatievaardigheden en andere soft skills zoals samenwerken. Dit geldt voor alle opleidingen, niet alleen de technische.
- Men mist in het WO de verbinding tussen de verschillende opleidingen. Een mono-opleiding is niet meer zo relevant omdat de wereld ingewikkelder is geworden.
- De uitdaging is dat er aandacht besteed moet worden aan nieuwe dingen: digitalisering, duurzaamheid terwijl andere dingen ook belangrijk blijven en je krijgt van de overheid niet meer studiejaren. Uitdaging is: wat moet er dan uit? Dat weet niemand.

2.6.3 Welke elementen in de kennisontwikkeling ontbreken of moeten verbeterd worden?

Docenten/onderwijs dicht bij de praktijk brengen

- KLM wil docenten van de ROC's betrekken bij het bedrijf en bij de opleidingen die KLM intern verzorgt. Men gaat een docentendag voor het mbo organiseren. Men wil de mbo-docenten dicht bij de praktijk brengen en men wil dat de instructeurs van KLM met de scholen laten kennismaken, zodat ze op de hoogte raken van wat er op de scholen gebeurt. Dit is ook een item in de Human capital agenda.
- Sommige deskundigen vinden dat de hbo-instellingen meer op locatie innovaties moeten gaan ontwikkelen en onderwijzen. Hbo-instellingen staan daar terughoudend in, onderwijs moet op de campus plaatsvinden.

Samenwerking tussen bedrijven en onderwijs aan werven en opleiden

Verschillende deskundigen geven aan dat bedrijven en onderwijsinstellingen kunnen meer samenwerken aan het werven en opleiden van nieuwe mensen voor de vliegtuigtechniek.

Verschillende samenwerkingsprojecten tussen bedrijven en scholen en particuliere opleiders (AMTS) laten zien, dat dergelijke samenwerking resultaat op levert. Dit kan op grotere schaal worden ingezet, met een meer collectieve aanpak bij de mbo-scholen en de bedrijven. Verschillende deskundigen geven aan dat het CvBLo en NAG hier initiatieven in kunnen ontwikkelen.

Versnelde theorie-opleidingen voor monteurs

Eén van de geraadpleegde deskundigen geeft aan dat er behoefte bestaat aan een systeem waarbinnen monteurs die veel praktijkervaring hebben in een aantal maanden de vereiste theorielessen krijgen om de Part 66 certificering te halen. Dergelijke opleidingen zijn er in Slovenië en de VS. Nederland zou ook zo'n opleiding moeten hebben. Partijen in Nederland zijn bezig dit te realiseren.

Meer samenwerking onderwijs – bedrijven aan inhoud van opleidingen

Verschillende deskundigen zien mogelijkheden om de samenwerking tussen onderwijs en bedrijven verder te intensiveren. Bijvoorbeeld in onderzoeksprojecten die in het standaardcurriculum kunnen komen en tegelijkertijd als cursus kunnen worden aangeboden. En in de vorm van masterclasses die voor huidige en toekomstige medewerkers geschikt zijn.

Men vindt het zinvol ieder jaar samen te komen met onderwijs en bedrijven en de prioriteiten te bepalen, een roadmap te maken en samen kennis te ontwikkelen. Er wordt te veel op eilandjes gewerkt. Een positief voorbeeld is Luchtvaart in transitie, waarbinnen wordt nagedacht over de consequenties van een nieuwe technologie voor het mbo en het hbo.

Meer samenwerking binnen het hbo

- Volgens sommige deskundigen kan er een systeemaanpak worden gevolgd, waarbij de twee hbo-instellingen de onderwerpen van de industrie verdelen en zorgen dat alles gedekt is.
- De hogescholen en de technische universiteiten zouden meer kunnen doen met het delen van faciliteiten.

Mbo helpen met faciliteiten

Verschillende mbo-scholen hebben te maken met beperkingen in het lesprogramma door een gebrek aan faciliteiten, zoals moderne toestellen om op te oefenen en moderne hulpmiddelen op het gebied van virtual en augmented reality. Bedrijven en andere actoren kunnen helpen de witte vlekken in te vullen.

**2.6.4 Ontwikkelingen in het beroepsonderwijs met invloed op opleidingen
luchtvaarttechniek****Anders leren en examineren: competentiegericht***Competenties en assessment*

MBO College Airport geeft aan dat de methode van leren en certificeren gaat veranderen. De huidige werkwijze bestaat onder andere uit het leren van theoretische kennis, het halen van multiple-choice theorie-examens en het opdoen van werkervaring.

De mondiale standaarden zijn nu aan het veranderen. Er zijn voor die drie beroepen competentie-frameworks gedefinieerd, met technische kennis en skills, maar ook competenties zoals levenlang leren, teamwork, problemen oplossen, communicatie en workmanagement. Een deel van deze competenties wordt in de huidige regelgeving niet genoemd.

De nieuwe werkwijze zal gebaseerd worden op het leren van competenties en het toetsen daarvan via assessment. Dit wijkt af van de huidige werkwijze, waarbij men een theorie-examen moet halen en aantoonbaar een aantal jaren werkervaring moet opdoen.

Dit is volgens een deel van de deskundigen aantrekkelijker voor de student, omdat hij/zij de opleidingen sneller kan doorlopen en het werk kan gaan uitoefenen dat hij wil doen. De student wil perspectief op korte termijn.

De competentiegerichte benadering zal in de bijscholing van werknemers ook doorzetten, volgens deze deskundigen.

Tegengeluiden

Er zijn ook deskundigen die deze aanpak onwenselijk vinden. Het overschakelen op assessment van competenties in plaats van een theorietoets en het opdoen van werkervaring vindt men niet zinvol. “De meeste fouten in de luchtvaart zijn menselijke fouten. Die krijg je er alleen uit als je veel uren maakt en feedbackloops hebt. Van je fouten leer je. Door het bestaande systeem wordt de faalkans geminimaliseerd. De prijs van fouten is te hoog. Je gaat op persoonlijke titel systemen goedkeuren. Bij een crash mag jij in de rechtbank uitleggen wat er is gebeurd. Het is een bewezen concepten het staat in de wet. Het huidige systeem werkt heel goed.”

Tekort aan docenten

Verschillende deskundigen signaleren een tekort aan docenten in met name het mbo. Kandidaten voor de functie van instructeur verdienen meer in het bedrijfsleven. Hun salaris is op het niveau van een docent, maar voor die functie zijn ze te laag opgeleid. Men lost dit op door hen een capaciteitentest laten doen om te kijken of ze op hbo-niveau functioneren.

Hbo-instellingen geven aan dat het goed mogelijk is geschikte docenten te vinden, omdat onderwijs geven op dit vakgebied heel attractief is voor een bepaalde doelgroep; mensen die het leuk vinden om met nieuwe technologieën bezig zijn, en dat te delen. Vaak werken docenten twee dagen als docent en voor de rest elders. Dit zijn ook mensen die er bewust voor kiezen om niet door te groeien tot manager. Daarnaast geeft men aan dat men ook internationaal docenten werft. Moet nu wel meer onderbouwen waarom men een Engelstalige opleiding wil aanbieden.

Bezuinigingen en de rem op internationalisering

Volgens verschillende deskundigen hebben de bezuinigingen op onderwijs en het remmen van de internationalisering een negatieve invloed op het onderwijs. Door de bezuinigingen zijn onderwijsinstellingen genoodzaakt grotere klassen te maken en kan men minder tijd aan een student besteden. Men vindt dat het Nederlandse onderwijs al heel goedkoop is.

De verplichting om opleidingen in het Nederlands aan te bieden werkt averechts, want men heeft te weinig Nederlandstalige docenten.

2.6.5 Ontwikkeling van leerlingaantallen in het mbo, hbo en wo

mbo

Het leerlingaantal in het mbo is in de afgelopen schooljaren licht gedaald van circa 1.100 naar ruim 1.000 per jaar. Het aantal studenten in de bol nam af, de inschrijvingen in de bbl namen licht toe.

Schooljaar	2019/2020			2020/2021		
Leerweg	BBL	BOL	Totaal	BBL	BOL	Totaal
	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen
Constructie repair specialist		2	2	8	5	13
Eerste monteur luchtvaartuigen		212	212		176	176
Monteur luchtvaartuigen			0			0
Technicus avionica luchtvaartuigen		260	260		240	240
Technicus mechanica luchtvaartuigen	1	631	632		679	679
Samenbouwer vliegtuigbouw				31		31
Vliegtuigonderhoud					180	180
Totaal	1	1.105	1.106	39	1.100	1.319
Schooljaar	2021/2022			2022/2023		
Leerweg	BBL	BOL	Totaal	BBL	BOL	Totaal
	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen
Constructie repair specialist	5	19	24	9	21	30
Eerste monteur luchtvaartuigen	1	166	167	1	134	135
Monteur luchtvaartuigen			0			0
Technicus avionica luchtvaartuigen		214	214	5	185	190
Technicus mechanica luchtvaartuigen	5	652	657	21	597	618
Samenbouwer vliegtuigbouw	32		32	30		30
Vliegtuigonderhoud		93	93		104	104
Totaal	43	1.144	1.187	66	1.041	1.107
Schooljaar	2023/2024					
Leerweg	BBL	BOL	Totaal			
	Inschrijvingen	Inschrijvingen	Inschrijvingen			
Constructie repair specialist	7	12	19			
Eerste monteur luchtvaartuigen	7	115	122			
Monteur luchtvaartuigen	11		11			
Technicus avionica luchtvaartuigen	1	190	191			
Technicus mechanica luchtvaartuigen	4	553	557			
Samenbouwer vliegtuigbouw	29		29			
Vliegtuigonderhoud		109	109			
Totaal	59	979	1.038			

(Bron: SBB 2025)

Hbo

Het leerlingaantal in de Aviation-opleidingen van de Hogeschool van Amsterdam vertoont een lichte daling over de afgelopen jaren. Sinds 2021 ligt de instroom op een aanzienlijk lager niveau dan in de jaren daarvoor.

Ontwikkeling studenten Hogeschool van Amsterdam

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Aviation - instroom	421	471	313	329	310	323
Aviation - totaal inschrijvingen	1.512	1.617	1.614	1.517	1.374	1.329
Aviation – diploma's	233	193	219	259	224	-

Bron: Vereniging Hogescholen 2025.

Het aantal inschrijvingen in de opleidingen Luchtvaarttechnologie van InHolland laat in de afgelopen vijf jaar een licht stijgend beeld zien.

Ontwikkeling studenten InHolland

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Luchtvaarttechnologie - instroom	174	202	183	189	231	168
Luchtvaarttechnologie - totaal inschrijvingen	608	704	697	715	774	737
Luchtvaarttechnologie - diploma's	70	100	59	75	99	-

Bron: Vereniging Hogescholen 2025.

Wo

Het aantal inschrijvingen aan de TU Delft ontwikkelt zich gunstig. De Bachelor Lucht- en ruimtevaarttechniek kent een stabiele instroom en een stabiel tot licht stijgend aantal inschrijvingen. De Master Aerospace engineering heeft een stabiele instroom en een stabiel aantal inschrijvingen.

Ontwikkeling studenten TU Delft

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Lucht- en Ruimtevaarttechniek (Bachelor) -instroom	440	440	440	440	440	440
Lucht- en vaarttechniek (Bachelor) - totaal inschrijvingen	1.450	1.502	1.520	1.526	1.496	-
Lucht- en vaarttechniek (Bachelor) - diploma's	289	303	328	316	-	-
Aerospace engineering (Master) - instroom	376	435	405	405	410	-
Aerospace engineering (Master) - totaal inschrijvingen	1.354	1.449	1.472	1.446	1.458	-
Aerospace engineering (Master) – diploma's	269	346	367	365	-	-

Bron: DUO 2025.

Bijlage 1. De opbouw van de opleidingen voor vliegtuigtechniek

De opleidingen zijn opgebouwd uit verschillende niveaus, afhankelijk van de gewenste specialisatie en het type werk dat men wil doen. De meeste opleidingen combineren theoretische kennis met praktische ervaring, waarbij studenten leren over de werking van vliegtuigen, motoren, systemen, elektronica, materialen en onderhoudstechnieken. De belangrijkste opleidingen voor de vliegtuigtechnicus zijn de volgende.

1. Middelbaar beroepsonderwijs (mbo)

Dit is de basisopleiding voor vliegtuigtechniek en is vaak gericht op het ontwikkelen van praktische vaardigheden. De student kan een mbo-opleiding vliegtuigtechniek volgen op verschillende niveaus: mbo niveau 3: Dit is een basisopleiding waarin hij de fundamenteën van vliegtuigtechniek leert, zoals mechanica, elektrotechniek, motoren, en de basisprincipes van onderhoud.

mbo niveau 4: Dit is een meer gevorderde opleiding, waarbij men dieper ingaat op het onderhoud van vliegtuigen, systemen, en avionica. Het niveau 4 diploma kan de student voorbereiden op een meer technische rol als vliegtuigtechnicus. Tijdens de mbo-opleiding krijgt men ook de kans om ervaring op te doen via stages bij luchtvaartmaatschappijen, onderhoudsbedrijven of vliegscholen.

2. Hoger beroepsonderwijs (hbo)

Voor wie verder wil specialiseren, biedt het hbo-opleidingen aan, bijvoorbeeld in de richting van luchtvaarttechniek of luchtvaartonderhoud. De meeste mbo-opleidingen duren vier jaar en bieden een breder scala aan technische en theoretische vakken, zoals:

- Luchtvaartsystemen en -technieken
- Vliegtuigontwerp
- Avionica (luchtvaart-elektronica)
- Aerodynamica
- Materiaalkunde
- Regelgeving en veiligheid

Men kan afstuderen in een specifieke richting, zoals bijvoorbeeld vliegtuigmotoren of vliegtuigen in het algemeen.

3. Post-hbo of Masteropleidingen

Na het behalen van een hbo-diploma in vliegtuigtechniek kan men verder studeren op masterniveau in luchtvaarttechniek of een gerelateerde technische discipline. Dit niveau is bedoeld voor wie bijvoorbeeld in de luchtvaartindustrie wil werken in een onderzoeks- of ontwikkelingsrol, of als leidinggevende binnen luchtvaartonderhoud.

Daarnaast bieden sommige luchtvaartmaatschappijen en onderhoudsbedrijven interne programma's voor verdere scholing en specialisatie, zoals het behalen van certificaten (bijvoorbeeld EASA Part-66) voor specifieke vliegtuigtypes.

4. Certificering en Specialisaties

Voor vliegtuigtechnici is certificering van belang, vooral als men werkt in onderhoud of inspectie. Hierbij heeft de kandidaat te maken met de EASA Part-66 licenties en de typeopleidingen.

EASA (European Union Aviation Safety Agency)

EASA is de Europese instantie die verantwoordelijk is voor de veiligheid van de luchtvaart in Europa. De belangrijkste standaard voor vliegtuigonderhoud en -techniek in Europa is vastgelegd in de EASA Part-66 regelgeving, die de opleiding en certificering van vliegtuigonderhoudstechnici regelt.

EASA Part-66 is de regelgeving die de opleiding en licentiëring van vliegtuigtechnici (Maintenance Personnel) beheerst. Dit zorgt ervoor dat technici voldoen aan de vereiste technische kennis en vaardigheden voor onderhoud aan vliegtuigen en systemen.

EASA Part-147 is de regelgeving die de goedkeuring van opleidingsorganisaties en de inhoud van vliegtuigonderhoudsopleidingen regelt. Part-147 bepaalt welke opleidingen en cursussen erkend worden voor het behalen van de Part-66 licentie.

EASA Part-66 licenties zijn onderverdeeld in drie verschillende categorieën.

- Categorie A: Vliegtuigonderhoudstechnici die verantwoordelijk zijn voor basisonderhoud en kleine reparaties.
- Categorie B1: Technici die gespecialiseerd zijn in de mechanische systemen van vliegtuigen (bijvoorbeeld motoren, structurele systemen).
- Categorie B2: Technici die gespecialiseerd zijn in avionica (elektronische systemen van vliegtuigen).
- Categorie C: Onderhoudsbeheerders die verantwoordelijk zijn voor het toezicht op de onderhoudsactiviteiten.

Na het behalen van de theorie-examens doet de kandidaat nog drie jaar praktijkervaring op binnen een bedrijf, om de licentie categorie A, B1 of B2 te halen. Vervolgens wordt het portfolio voorgelegd aan de nationale luchtvaartautoriteit (ILT), die beoordeelt of de kandidaat in aanmerking komt voor de EASA Part-66 licentie.

Voor de opleiding voor een licentie EASA Part-66 C (voor het luchtwaardig verklaren van het vliegtuig na onderhoud of inspectie) is eveneens een traject vereist van 3 jaar scholing en 3 jaar aantoonbare werkervaring.

De EASA Part-66 licenties zijn onderverdeeld in verschillende categorieën, elk met specifieke onderwerpen en modules. Hier is een overzicht opgenomen van de onderwerpen/modules voor elke categorie

Categorie A: Vliegtuigonderhoudstechnici

Vliegtuigonderhoudstechnici die verantwoordelijk zijn voor basisonderhoud en kleine reparaties. De modules omvatten:

1. Elementaire kennis van vliegtuigonderhoud
2. Vliegtuigstructuren
3. Vliegtuigsystemen
4. Motoren
5. Avionica
6. Onderhoudsprocedures
7. Veiligheid en gezondheid

Categorie B1: Mechanische systemen

Technici die gespecialiseerd zijn in de mechanische systemen van vliegtuigen. De modules omvatten:

1. Vliegtuigstructuren
2. Vliegtuigmotoren
3. Hydraulische systemen
4. Brandstofsysteem
5. Elektrische systemen
6. Mechanische systemen
7. Onderhoudsprocedures
8. Veiligheid en gezondheid

Categorie B2: Avionica

Technici die gespecialiseerd zijn in avionica (elektronische systemen van vliegtuigen). De modules omvatten:

1. Avionica-systemen
2. Communicatie- en navigatiesystemen
3. Instrumenten en displays
4. Elektrische systemen
5. Ondersteunende systemen
6. Onderhoudsprocedures
7. Veiligheid en gezondheid

Categorie C: Onderhoudsbeheerders

Onderhoudsbeheerders die verantwoordelijk zijn voor het toezicht op de onderhoudsactiviteiten. De modules omvatten:

1. Onderhoudsmanagement
2. Regelgeving en normen
3. Kwaliteitsborging
4. Veiligheid en gezondheid
5. Financieel beheer
6. Personeelsbeheer
7. Technische documentatie

De opleidingsmethode voor EASA Part-66 licenties

De opleidingsmethode is ontworpen om ervoor te zorgen dat technici de nodige kennis en vaardigheden ontwikkelen om luchtvaartonderhoud veilig en efficiënt uit te voeren. De methode van opleiden voor EASA Part-66 licenties omvat de volgende belangrijke elementen.

1. Theoretische opleiding

Theoriecursussen zijn essentieel en vormen een groot deel van de opleiding voor EASA Part-66 licenties. Deze cursussen zijn gericht op het bieden van de fundamentele technische kennis die nodig is voor het onderhoud van vliegtuigen. De theorie omvat onderwerpen zoals vliegtuigtechniek, elektronica, aerodynamica, motoren, elektrische systemen, hydraulica, en structurele integriteit van vliegtuigen.

De theorie wordt onderwezen door gekwalificeerde instructeurs en vaak aangeboden via erkende opleidingsorganisaties of luchtvaartonderhoudsscholen.

2. Praktijkopleiding (onderhoudstraining)

Naast de theoretische kennis is er praktijkgerichte training, waarin de cursisten hands-on ervaring opdoen met het onderhoud van luchtvaartuigen en componenten. Deze praktijkopleiding wordt vaak uitgevoerd in een werkplaatsomgeving die is uitgerust met vliegtuigen, motoren en ander onderhoudsmateriaal. Dit stelt de cursisten in staat om de theorie toe te passen in de praktijk, bijvoorbeeld bij het uitvoeren van inspecties of het uitvoeren van reparaties.

Praktijktraining is cruciaal om te zorgen dat technici de nodige vaardigheden ontwikkelen om de veiligheidsnormen en kwaliteitsvereisten te handhaven.

3. Combinatie van theorie en praktijk (integrated training)

Voor bepaalde licenties kan er gebruik worden gemaakt van een geïntegreerd opleidingsprogramma, waarbij theorie en praktijk worden gecombineerd. Dit betekent dat cursisten van begin af aan zowel de theoretische kennis als de praktische ervaring opdoen in één programma, wat zorgt voor een meer naadloze overgang van leren naar daadwerkelijk werk.

Dit type opleiding kan vooral effectief zijn voor degenen die hun licentie willen behalen zonder al een uitgebreide werkervaring in de luchtvaartsector te hebben.

4. Typeopleiding

Naast de algemene theoretische en praktische opleiding is er de vereiste typeopleiding (Type Rating Training), die specifiek gericht is op het onderhoud van bepaalde typen vliegtuigen of motoren. Deze typeopleiding is vereist voor technici die willen werken met specifieke vliegtuigtypen en hun bijbehorende systemen en componenten.

De typeopleiding is sterk praktijkgericht en wordt vaak uitgevoerd in samenwerking met de fabrikant van het luchtvaartuig of een erkende onderhoudsorganisatie. Per vliegtuigtype volgt men 12 weken classroom training en een week praktijktraining. Daarvoor krijgt men een type-aantekening op de Aircraft Maintenance License (AML). De maintenance organisatie geeft hiervoor een company-licentie uit.

5. Opleidingsinstellingen

De opleiding voor EASA Part-66 wordt verzorgd door gecertificeerde opleidingsinstellingen (Approved Training Organisations - ATO's), die goedgekeurd zijn door de nationale luchtvaartautoriteiten in de EU. Deze instellingen moeten voldoen aan strikte eisen die zijn vastgelegd in de EASA-regelgeving.

De opleidingsinstellingen moeten zowel de theoretische als praktische opleidingscomponenten leveren en hun programma's moeten voldoen aan de specifieke opleidingsstandaarden van EASA Part-66.

6. Beoordeling en examens

Gedurende de opleiding wordt de voortgang van de cursisten beoordeeld door middel van examen en praktijkbeoordelingen.

Theoretische examens worden afgenomen om te beoordelen of de cursist de vereiste kennis heeft verworven. Deze examens worden uitgevoerd volgens de normen van EASA en kunnen zowel schriftelijk als mondeling zijn.

De cursisten moeten ook praktijkbeoordelingen ondergaan om hun technische vaardigheden en het vermogen om effectief onderhoud uit te voeren te testen.

7. Kwalificatie en certificering

Na het succesvol afronden van zowel de theoretische als praktische delen van de opleiding, kan de cursist de EASA Part-66 licentie behalen. De licentie wordt afgegeven door de nationale luchtvaartautoriteiten en is nodig om als onderhoudstechnicus in de luchtvaartindustrie te werken. De licentie kan verschillende categorieën dekken, afhankelijk van de behaalde kwalificaties en de geslaagde typeopleidingen.

8. Continuïteit van opleiding (continuing education)

Luchtvaarttechnici die een EASA Part-66 licentie hebben behaald, moeten regelmatig bijscholing en herhalingsopleidingen volgen om hun licentie geldig te houden. Dit omvat het bijwerken van kennis en vaardigheden om te voldoen aan de nieuwste technologische ontwikkelingen en regelgeving in de luchtvaart.

Dit kan bijvoorbeeld door middel van aanvullende cursussen of het volgen van typegerichte hercertificeringstraining.

Bijlage 2. Overige internationale standaarden

Internationale standaarden voor trainingen in vliegtuigtechniek en vliegtuigonderhoud zijn van cruciaal belang om de veiligheid en efficiëntie van de luchtvaart wereldwijd te waarborgen. Deze standaarden zorgen ervoor dat vliegtuigtechnici goed opgeleid zijn en dat onderhoudswerkzaamheden op vliegtuigen voldoen aan dezelfde hoge normen, ongeacht het land waarin ze worden uitgevoerd. Naast de EASA-standaarden (zie bijlage 1) zijn er nog enkele belangrijke internationale standaarden voor trainingen.

FAA (Federal Aviation Administration)

In de Verenigde Staten is de FAA de overheidsinstantie die verantwoordelijk is voor de luchtvaartveiligheid en -regulering. De belangrijkste normen voor vliegtuigonderhoud en techniek in de VS zijn te vinden in de FAA Part 66 en Part 147.

FAA Part 66 regelt de licentiëring van vliegtuigtechnici in de VS en is grotendeels vergelijkbaar met EASA Part-66, hoewel er enkele verschillen zijn in de regelgeving.

FAA Part 147 beschrijft de eisen waaraan opleidingsinstituten moeten voldoen om erkenning te krijgen voor het geven van trainingen die leiden tot het behalen van de FAA A&P (Airframe and Powerplant) licentie. Dit diploma is vereist voor technici die werkzaam zijn in de luchtvaartsector in de VS.

Technici die een A&P-licentie behalen, worden gekwalificeerd om zowel luchtframe (structuur) als krachtbronnen (motoren) te onderhouden.

ICAO (International Civil Aviation Organization)

De ICAO is een gespecialiseerde organisatie van de Verenigde Naties die de wereldwijde standaarden voor de burgerluchtvaart vaststelt. ICAO biedt een wereldwijd kader voor de opleiding van vliegtuigtechnici en onderhoudspersoneel.

ICAO Annex 1

Dit is de belangrijkste standaard die het opgeleide personeel voor luchtvaarttechniek regelt. Het beschrijft de vereisten voor de licentiëring van vliegtuigtechnici, zoals de kwalificaties, training, en ervaring die nodig zijn om een licentie te verkrijgen.

Dit document, getiteld "Personeel van Luchtvaartdiensten", is opgesteld door de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO). Het bevat de normen en aanbevolen praktijken (SARPs) voor het personeel dat betrokken is bij de luchtvaartoperaties, zoals piloten, luchtverkeersleiders, en onderhoudspersoneel. De belangrijkste doelstellingen van Annex 1 zijn het waarborgen van de veiligheid, efficiëntie en standaardisering van de luchtvaart door te zorgen voor een goed opgeleid, gekwalificeerd en bekwaam personeel.

ICAO Annex 1 zorgt ervoor dat luchtvaartpersoneel wereldwijd voldoet aan een uniform niveau van opleiding, kwalificatie en gezondheid, wat bijdraagt aan de algehele veiligheid en betrouwbaarheid van de luchtvaartindustrie.

ICAO Annex 1 biedt specifieke richtlijnen over de methode van opleiden van luchtvaartpersoneel, met het doel ervoor te zorgen dat de training en opleiding van piloten, luchtverkeersleiders en ander luchtvaartpersoneel voldoen aan bepaalde kwaliteitsnormen en internationale standaarden. In het

kort stelt ICAO Annex 1 dat de methode van opleiden zorgvuldig gestructureerd moet zijn, gebruik moet maken van geschikte middelen (zoals simulators en praktijkervaring), en dat de competentie van het personeel door middel van continue beoordelingen en hernieuwde training gegarandeerd moet worden.

ICAO Document 9760

Dit document geeft richtlijnen voor de certificering van opleidingsorganisaties en het beheer van luchtvaartonderhoudstrainingen wereldwijd.

4. JAR (Joint Aviation Requirements)

De JAR was een reeks van regels die de luchtvaartindustrie in Europa regelde voordat de EASA werd opgericht. Hoewel de JAR-regels nu grotendeels zijn vervangen door EASA-regelgeving, zijn ze in het verleden een belangrijke bron geweest voor de opleiding en certificering van vliegtuigtechnici. Ze hebben de basis gelegd voor de ontwikkeling van EASA Part-66 en Part-147.

5. ISO (International Organization for Standardization)

ISO-standaarden spelen ook een rol in vliegtuigonderhoud, hoewel ze meer gericht zijn op de kwaliteit van het onderhoud en de processen dan op de opleiding zelf.

ISO 9001 is een van de bekendste kwaliteitsnormen die wereldwijd wordt toegepast in de luchtvaartsector, inclusief onderhoudsorganisaties. Deze norm stelt eisen aan kwaliteitsmanagementsystemen, die ervoor zorgen dat onderhoudswerkzaamheden op een gestandaardiseerde en gecontroleerde manier worden uitgevoerd.

6. Aviation Industry Standards (OEM-specificaties)

De fabrikanten van vliegtuigen, zoals Boeing en Airbus, stellen ook hun eigen specifieke onderhouds- en opleidingsnormen vast voor technici die werken met hun vliegtuigen. Deze normen worden vaak vastgelegd in handleidingen, onderhoudsboeken en technische documenten die door onderhoudsorganisaties en technici moeten worden gevolgd.

Vereisten voor het verkrijgen van een EASA Part-66 licentie

Leeftijd

De deelnemer moet minimaal 18 jaar oud zijn.

Opleidingsvereisten

De deelnemer moet een theoretische opleiding en een praktijkopleiding hebben gevolgd bij een goedgekeurde opleidingsinstelling (ATO - Approved Training Organisation).

De opleiding moet voldoen aan de EASA-regelgeving en de bijbehorende normen voor technische kennis en vaardigheden.

Ervaring

Naast de opleiding moet de deelnemer ook voldoende praktijkervaring opdoen in de luchtvaartindustrie. De vereiste ervaring kan variëren afhankelijk van de licentiecategorie (bijv. Cat. A, B1, B2).

Cat. A (Luchtvaarttechnicus – Onderhoud): Vereist minimaal 1 jaar praktijkervaring na het afronden van de opleiding.

Cat. B1/B2 (Luchtvaarttechnicus – Mechanisch en Elektronisch Onderhoud): Vereist minimaal 3-5 jaar praktijkervaring. De ervaring moet worden opgedaan in een erkende onderhoudsomgeving en het werk moet worden uitgevoerd onder toezicht van een gekwalificeerde supervisor.

Examen

Na het volgen van de opleiding en het behalen van de vereiste ervaring, moet de deelnemer slagen voor een theoretisch examen (meestal meerdere vakken zoals vliegtuigtechniek, systemen, structuren, enz.) en praktijkbeoordelingen.

Gezondheid

De deelnemer moet voldoen aan de gezondheidsvereisten die specifiek zijn voor luchtvaarttechnici. Dit kan een medische keuring omvatten om te bevestigen dat de technicus fysiek in staat is om het werk veilig uit te voeren.

Licentie-aanvraag

Na het succesvol afronden van de opleiding, praktijkervaring en het behalen van de examens, kan de deelnemer de EASA Part-66 licentie aanvragen bij de nationale luchtvaartautoriteit van het betreffende land.

Bijlage 3. Het TRL-systeem

Het TRL-systeem (Technology Readiness Levels) is in de jaren 70 door NASA ontwikkeld. We gebruiken de TRL zoals vastgesteld door de Europese Commissie en hebben hierbij 4 overkoepelende fasen vastgesteld.

Verkennen (Discovery phase): TRL 1, 2 en 3

- Level 1: Fundamenteel onderzoek
U doet onderzoek naar uw innovatieve idee en de basisprincipes van de innovatie. U bent hierbij bezig met fundamenteel onderzoek en deskresearch.
- Level 2: Toegepast onderzoek
U gaat nu bezig met de formulering van het technologisch concept en de praktische toepassingen. In deze fase bent u vooral bezig met experimenteel en/of analytisch onderzoek.
- Level 3: Toetsing (Proof of principle / Proof of concept)
U onderzoekt de toepasbaarheid van het concept op experimentele basis (experimenteel proof of concept). U toetst en valideert hypothesen over verschillende componenten van het concept.

Ontwikkelen (Development phase): TRL 4, 5 en 6

- Level 4: Implementatie en test prototype
U gaat de Proof-of-concept van uw innovatie op labschaal testen. Een prototype dat u in deze fase ontwikkelt, kost relatief weinig geld en tijd om te ontwikkelen en is daarmee nog ver verwijderd van een definitief product, proces of dienst.
- Level 5: Validatie prototype
U onderzoekt de werking van het technologisch concept in een relevante omgeving. Dit is de 1^e stap in de demonstratie van de technologie. Een prototype dat u in deze fase ontwikkelt, kost relatief veel tijd en geld en is niet ver verwijderd van het uiteindelijke product of systeem.
- Level 6: Demonstratie prototype in testomgeving
U gaat het concept uitgebreid testen en demonstreren in een relevante testomgeving. Het testen vindt plaats na de technische validatie in een relevante (pilot) omgeving, zoals een proeftuin. Het concept geeft inzicht in de werking van alle componenten tezamen.

Demonstreren (Demonstration phase): TRL 7 en 8

- Level 7: Demonstratie prototype in operationele omgeving
U gaat het concept testen en demonstreren in een gebruikersomgeving om werking in een operationele omgeving te bewijzen. De demonstratie van het concept in een praktijkomgeving levert nieuwe inzichten op voor de definitieve markttoepassing van uw innovatie.
- Level 8: Product/dienst is compleet en operationeel
In deze fase krijgt uw innovatie zijn definitieve vorm. U hebt de technologische werking getest en het is bewezen dat het voldoet aan gestelde verwachtingen, kwalificaties en normen (certificering). Daarnaast bepaalt u de financiële kaders voor (massa)productie en lancering en bent u klaar voor de volgende stap.

Opschalen en vermarkten (Deployment phase): TRL 9

- Level 9: Marktintroductie product/dienst/procedé
Uw innovatie is technisch en commercieel gereed; productierijp en klaar voor lancering in de gewenste marktomgeving. Nu het totale ontwikkelingsproces is afgerond weet u hoe u uw product bij de gewenste doelgroep in de juiste markt krijgt.

Veel innovatieve producten doorlopen in het ontwikkelingstraject verschillende stadia van de TRL-schaal. Het is mogelijk dat er herhalingen nodig zijn tussen verschillende TRL-niveaus, vooral tijdens de ontwikkelingsfase.

Bijlage 4. Geraadpleegde deskundigen en bronnen

Geraadpleegde deskundigen

AMTS	Wim Blinkhof
Conscious Aerospace	Erik Geertsema
Fokker Techniek	Marieke Melaard
Fokker Techniek	Davy Fermont
InHolland	Antione Gerritse
Jet Support	Ton van Deursen
Expert	Geert Boosten
NRG2fly	Giel Jan Koek
Deltion College	Klaas Bakker
NLR	Jan Scholten
NLR	Jan Terlingen
TU Delft	Ingrid Houthuysen
TU Delft	Joris Melkert
Regional Jet Center	Olaf Hoeftijzer
Hangar One	Yufan Guo
ROC van Amsterdam	Eric Sliphorst
Hogeschool van Amsterdam	Ajran Stander
Aeronamic	Giulia Gatti
NACO	Tim van Vrijaldenhoven
KLM	Linda bos
KLM	Michel Vermeij
KLM	Stefanie Boers
Defensie	René Baksteen
MBO College Airport	Lydia Kes
SBB	Louis Rutten

Geraadpleegde bronnen

- "Verduurzaming General & Business Aviation", NLR 2025.
- Kennisbank vereniging Hogescholen 2025.
- DUO open onderwijsdata hoger-onderwijs 2025.
- SBB Kennisbank 2025.
- Aircraft MRO 2.0: The digital revolution, Mc Kinsey & Company, juli 2024.
- Arbeidsmarktanalyse Schiphol en omgeving, Luchtvaartcommunity Schiphol september 2024.
- 'Over twee jaar komt de man met de hamer' Tekort luchtvaarttechnici megadreiging, Luchtvaartnieuws magazine 2024.
- Beslisnota Kamerbrief Toezegging Koerhuis gecertificeerde mbo-luchtvaarttechniekopleidingen, Ministerie van I en W, Dir. Luchtvaart, Afd. Luchtvaartveiligheid, 11 maart 2024.
- Klimaatneutrale luchtvaart in 2050, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) 2025.
- Verkenning luchtvaart in Nederland in 2050, De Argumentenfabriek, 2025.
- Schreeuwend tekort aan technici zorgt voor problemen, Luchtvaartnieuws magazine, februari 2024.
- Kwalificatiedossier mbo Luchtvaarttechniek Crebonr. 23375, SBB, 2024.

Bijlage 5. Samenvatting advies NLR-rapport “Verduurzaming General & Business Aviation”

In mei 2024 bracht NLR in samenwerking met Ecorys en NACO in opdracht van het Ministerie van I en W een onderzoeksrapport met een advies uit over de verduurzaming van de general aviation en business aviation. Het advies kan als volgt worden samengevat.

Huidige vlootsamenstelling met bijbehorende CO2-uitstoot

Nederlandse luchthavens en vliegvelden handelden in 2022, het laatste jaar waarvoor gedetailleerde data beschikbaar is, naar schatting zo’n 535 duizend GA-vliegbewegingen af. Ruim driekwart van deze vliegbewegingen bestond uit lesvluchten (52%) en privévluchten (25%). Het hoge aandeel lesvluchten wordt deels verklaard door het oefenen van meerdere *touch-and-go’s* binnen één vlucht. Het resterende kwart bestond uit respectievelijk *Business Aviation* (7%), sportvluchten (6%), maatschappelijke vluchten (4%), klein commerciële vluchten (3%) en technische, positie- en overige vluchten (allen 1%).

Ondanks het relatief grote aandeel vliegbewegingen¹ (53%) van de GA-sector is de CO2-uitstoot van de GA-sector relatief beperkt. Uit een eerste modellering van het vliegverkeer in 2022 blijkt namelijk dat de GA-sector naar schatting verantwoordelijk is voor slechts 1% tot 2% van de totale CO2-uitstoot (10 Mt) van alle uit Nederland vertrekkende vluchten. Uit eerder onderzoek van het RIVM blijkt dat de uitstoot van het binnenlands verkeer in 1990 gelijk was aan 85 kt CO2. Hiermee lijkt het doel van 15% CO2-reductie van het binnenlands verkeer in 2030 t.o.v. 1990 uit de Luchtvaartnota goed haalbaar. De behaalde reductie zal echter sterk beïnvloed zijn door het schrappen van de binnenlandse lijndiensten en in mindere mate door de verduurzaming van de GA-sector. Om het doel van nul CO2-uitstoot door het binnenlands verkeer in 2050 te halen, is het daarom van belang de verduurzaming van de GA-sector tot 2050 verder te schetsen en zo nodig te versnellen.

Verwachte toekomstige vlootsamenstelling met bijbehorende CO2-reductie

Om het verduurzamingspad van de GA-sector verder te kunnen schetsen is de toekomstige ontwikkeling van de sector van belang. Hiervoor is een *business-as-usual* (BAU)-scenario voor de GA-sector opgesteld. In dit scenario is uitgegaan van een beperkte, maar aanhoudende krimp van het GA-verkeer. Dit scenario vormt een indicatie van de potentiële CO2-reductie van de GA-sector richting 2050. Dit scenario is o.a. tot stand gekomen door voor de GA-segmenten rekening te houden met vlootontwikkeling, verwachte technologische ontwikkelingen, marktintroducties, ambities van marktpartijen en mogelijkheden om te verduurzamen. *De marktintroducties die worden verwacht, zijn (hybride) elektrische aandrijving, waterstof-elektrische aandrijving, Vertical Take-Off and Landing (VTOL) -toestellen, de toepassing van Sustainable Aviation Fuels (SAF) en het retrofitten van bestaande vliegtuigen.*

Omdat het op dit moment nog onzeker is hoe technologische alternatieven en andere factoren die de transitie beïnvloeden zich precies gaan ontwikkelen, is het verduurzamingspad van de GA-sector gemodelleerd volgens een algemeen S-curve innovatiemodel. In dit model worden een introductiefase, een versnellingsfase en een verzadigingsfase onderscheiden.

Lesvluchten, privévluchten en klein commerciële en sportvluchten zullen naar verwachting hoofdzakelijk elektrificeren. Lesvluchten zullen hierbij naar verwachting het snelste elektrificeren wegens de relatief korte vliegafstand. Voor *Business Aviation* is elektrisch vliegen, in ieder geval op korte termijn, geen geschikt alternatief vanwege de veelal langere vliegafstanden. Aangezien een groot deel van de BA-vloot gebruik maakt van straalmotoren op vliegtuigbrandstof (kerosine), lijkt

SAF hierbij de voornaamste kandidaat om de emissies in het BA-segment te beperken.

Het totale CO₂-reductiepotentieel van de GA-sector is volgens het BAU-scenario naar verwachting zo’n 8% in 2030 en zo’n 62% in 2050, ten opzichte van de uitstoot in 2022.

Lesvliegen verduurzaamt naar verwachting het snelst met een CO₂-reductie van ruim 80% in 2050.

Privévliegen verduurzaam naar verwachting het langzaamst met een CO₂-reductie van een krappe 50% in 2050. Het tragere transitiepad van privévluchten wordt met name gedreven door de veelal beperkt beschikbare financiële middelen die beschikbaar zijn voor vlootvernieuwing, in combinatie met de mogelijkheid om de levensduur van de vloot te verlengen. Dit kan door regelmatig groot onderhoud uit te voeren, waardoor relatief oude vliegtuigen langer door kunnen blijven vliegen.

Daarnaast wordt dit segment gekenmerkt door een groter aantal gebruikers en eigenaren, inclusief individuele vliegtuigeigenaren. Het besluitvormingstraject over vlootvernieuwing binnen een vliegclub met meerdere leden met verschillende meningen kan voor vertraging zorgen. Zeker als er recentelijk in vlootvernieuwing is geïnvesteerd of als het tot een aanzienlijke stijging in gebruikskosten kan leiden.

De GA-sector zal dus naar verwachting in 2050 nog steeds deels op fossiele brandstoffen vliegen.

Veel GA-toestellen hebben een traditionele verbrandingsmotor die op mogas of avgas (loodvrije/loodhoudende fossiele brandstoffen) werkt, waardoor ze in hun levenscyclus niet geschikt zijn voor een transitie naar SAF. Zodoende wordt verwacht dat de GA-sector in een *business-as usual* scenario, zonder verdere beleidsmaatregelen, ook in 2050 nog CO₂-uitstoot.

Kansrijke beleidsopties

Omdat een *business-as-usual* scenario naar verwachting niet leidt tot 100% CO₂-reductie in alle segmenten van de GA-sector, is dus aanvullend beleid nodig. Dit aanvullende beleid komt bovenop reeds geldend internationaal beleid vanuit de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (CORSIA) en EU-beleid (EU ETS en RefuelEU).

Op basis van een beleidsanalyse van Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten en input van opdrachtgever (IenW), Platform Duurzaam Vliegen en NLR, NACO en Ecorys zijn een longlist en shortlist van beleidsopties opgesteld. De geïdentificeerde beleidsopties zijn eerst beoordeeld op basis van de verwachte impact op de GA-sector en impact op CO₂-besparing. Overgebleven kansrijke opties zijn vervolgens beoordeeld op hun verwachte *lead time* (tijd tot effect op CO₂-reductie) en de verwachte inspanning van de Rijksoverheid op juridisch, technisch en financieel vlak.

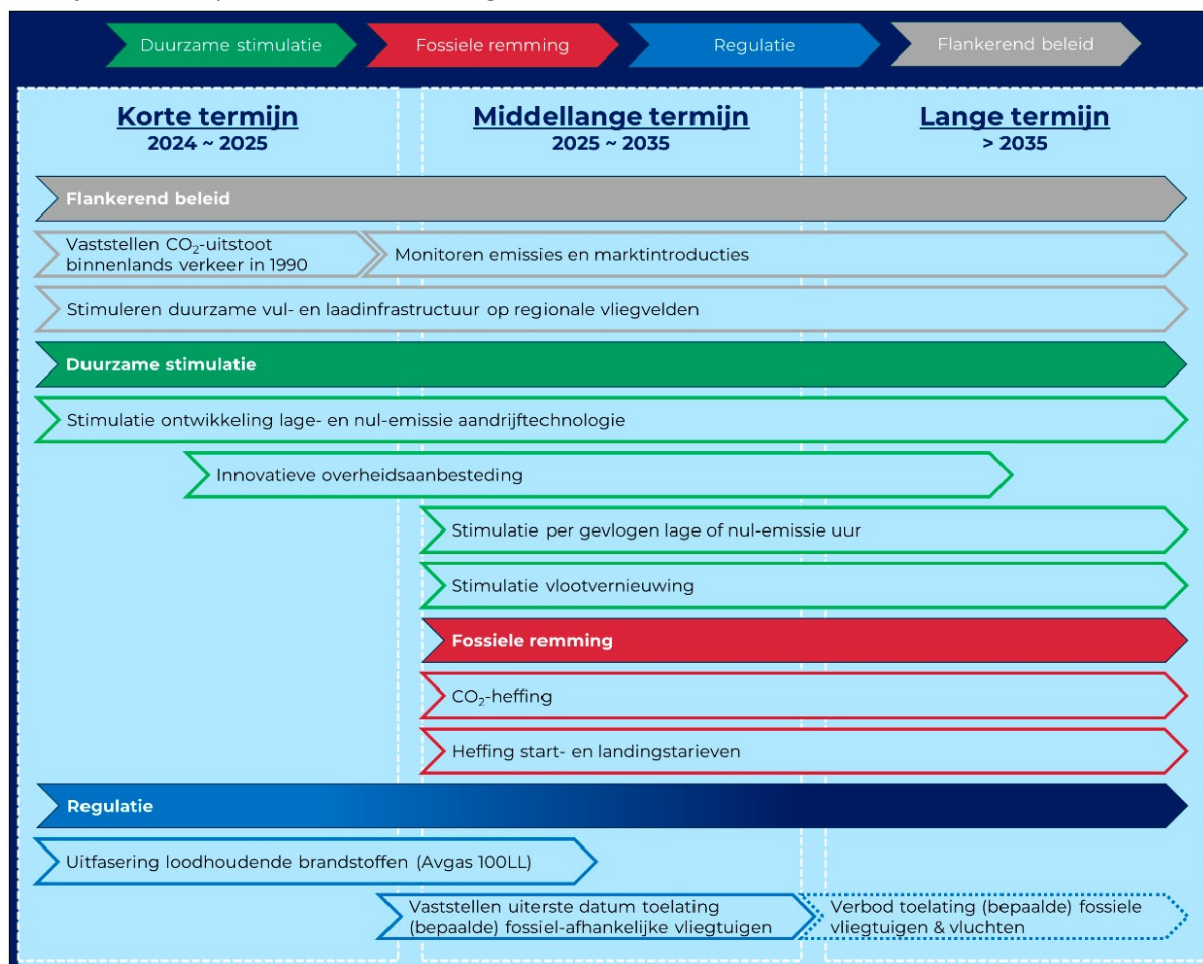
De geïdentificeerde kansrijke beleidsopties zijn ingedeeld in drie klassen, oplopend in de mate van sturing van de sector. In de klasse “Duurzame stimulatie” zijn veelal financiële instrumenten opgenomen. De GA-sector wordt namelijk, op *Business Aviation* na, gekenmerkt door lage marges en beperkte financiële ruimte. Denk hierbij bijvoorbeeld aan partijen als vliegscholen, vliegclubs en regionale vliegvelden. In de klasse “Fossiele remming” zijn opties opgenomen die specifiek het gebruik van fossiele brandstoffen in de sector afremmen. In de klasse “Regulatie” zijn maatregelen opgenomen die naar verwachting veel impact hebben op de GA-sector (bv. het niet kunnen accommoderen van voldoende lesvluchten voor piloten of krimp van de sector), maar ook kunnen zorgen voor veel CO₂-reductie. Hiernaast is ook “Flankerend beleid” geformuleerd. Deze maatregelen zorgen naar verwachting op zichzelf niet voor een significante directe CO₂-besparing, maar zijn wel essentieel voor het succesvol verduurzamen van de GA-sector.

In de onderstaande figuur zijn de geselecteerde beleidsopties per klasse weergegeven. Verder is aangegeven op welke termijn de beleidsopties naar verwachting aandacht behoeven. Hierin wordt geadviseerd om te starten met flankerend beleid en duurzame stimulatie op korte termijn. Dit is ook in lijn met de roadmap die is opgesteld waarin de GA-sector als *Living Lab* moet functioneren waarbij succesvolle innovaties in de GA opgeschaald kunnen worden voor implementatie en commercialisatie in de bestaande commerciële luchtvaart.

Daarnaast kan ook ingezet worden op de uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas). De invoering van fossiele remming en overige regulatiemaatregelen worden pas op een later moment geïmplementeerd, om te voorkomen dat de GA-sector moet krimpen om doelen te kunnen behalen.

Het invoeren van een verbod op toelating van (bepaalde) fossiele vliegtuigen en vluchten wordt dan ook als laatste redmiddel gezien.

Kansrijke beleidsopties ter verduurzaming van de GA-sector



Om het verduurzamingspad van de GA-sector te versnellen wordt aangeraden om **op korte termijn** te starten met het volgende beleidspakket:

- 1) het vaststellen van de CO₂-uitstoot van het binnenlands vliegverkeer in 1990;
- 2) het monitoren van emissies en marktintroducties;
- 3) het stimuleren van duurzame vul- en laadinfrastructuur op regionale vliegvelden;
- 4) het stimuleren van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie;
- 5) een innovatieve overheidsaanbesteding;
- 6) de uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas 100LL).

Op **middellange termijn** wordt aanbevolen om een passende economische stimuleringsstructuur op te stellen. In essentie moet namelijk de onrendabele top1 van duurzame(re) alternatieven worden verkleind. De hoogte en timing van verschillende economische *incentives* kan worden

geïnformeerd met de output van beleidsoptie 1) en 2). Beleidsopties uit de klasse “Fossiele remming” kunnen eventueel gebruikt worden ter financiering van opties uit de klasse “Duurzame stimulatie”. Concreet worden de volgende beleidsopties aanbevolen:

- 7) Stimulatie per gevlogen lage- of nul-emissie uur;
- 8) Stimulatie vlootvernieuwing;
- 9) CO₂-heffing;
- 10) Heffing start- en landingstarieven;
- 11) Vaststellen datum toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen.

Op **lange termijn** kan, indien nodig, worden overgeschakeld op strengere vormen van regulering. Als richting 2050 blijkt dat het zero-emissie doel voor GA uit de Luchtvaartnota uit zicht dreigt te raken, moet worden nagedacht over de wenselijkheid van:

12. een verbod op (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen en vluchten.