

› **COAST**

COGNITIVE ASSISTIVE TECHNOLOGIES

WELKE TECHNOLOGIEËN ZIJN GESCHIKT OM COGNITIEVE ONDERSTEUNING
TE BIEDEN IN OPERATIONELE EN TECHNISCHE TAKEN IN DE LOGISTIEK?

FRANK KRAUSE | AIJSE DE VRIES | MICHIEL DE LOOZE



Sharehouse



TKI DINALOG
Dutch Institute for Advanced Logistics

Over dit document

- Dit document bevat een overzicht van technologieën die gebruikt kunnen worden om medewerkers bij logistieke taken, cognitief te ondersteunen.
- Met dit overzicht kunnen bedrijven snel inzicht krijgen in de belangrijkste technologieën en met de taak-technologiematrix snel een selectie maken van technologieën met de meeste potentie.
- Het overzicht is gemaakt als onderdeel van het [TKI Dinalog project COAST](#). Het project is gestart in juni 2021 en heeft een looptijd van 1 jaar. In het project bestuderen we de effecten van deze technologie op vereiste competenties, kwaliteit van arbeid en presteren in de logistiek. Dat doen we voor twee soorten taken:
 - (1) onderhoud en reparatie
 - (2) handmatige magazijntaken bij mensen met beperkt cognitief functioneren.
- Partners in het project zijn Inther Logistics Engineering, Werkse, STC-group en Augmex
- Het COAST-project is een initiatief van [Sharehouse](#), het living lab voor de toekomst van werken in een warehouse



Hoe navigeert u door dit document?

Hoe navigeert u door dit document?



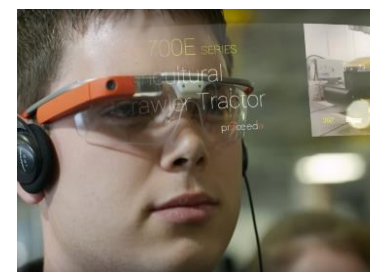
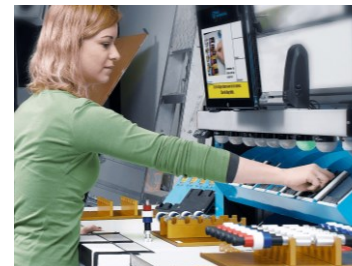
- Door op de onderwerpen links of boven te klikken, springt u meteen naar het onderwerp van uw keuze
- U kunt ook met [PageDown] en [PageUp] door het document gaan

Wat vindt u onder de hoofdonderwerpen?

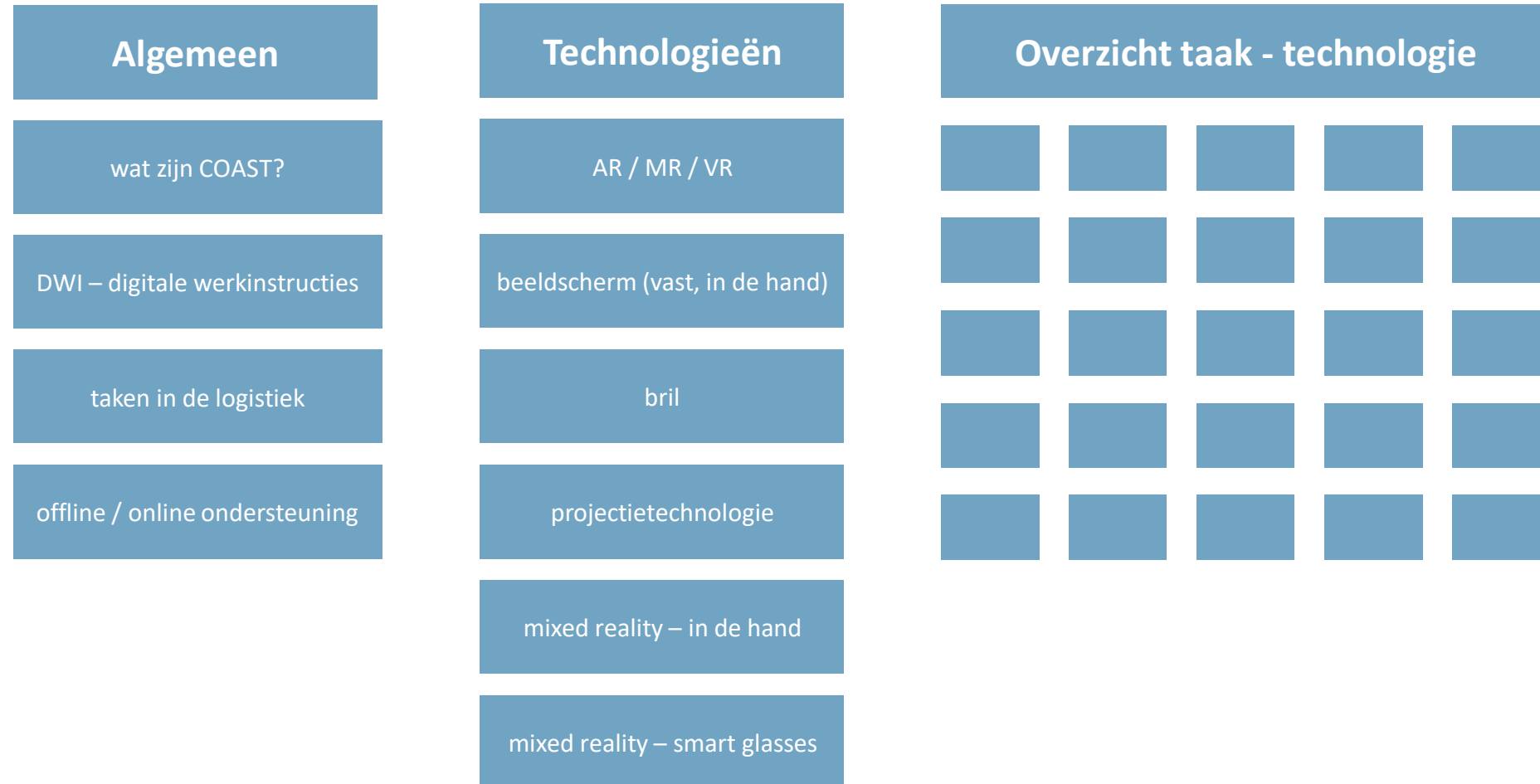
- **Algemeen**
In dit deel krijgt u informatie over wat we verstaan onder COAST, over digitale werkinstructies en over welke taken het gaat in dit document
- **Technologie**
Dit onderdeel behandelt de verschillende (hardware) technologieën die voor ondersteuning beschikbaar zijn
- **Taak-technologie**
Een matrix geeft overzicht in de mate waarin een technologie geschikt is om bij een taak ingezet te worden

Ga naar de [volgende pagina](#) voor het overzichtsscherm

Deze knop brengt u naar het overzichtsscherm



Alle onderwerpen in één oogopslag



Wat zijn COAST: cognitive assistive technologies

wat zijn COAST?

DWI –
digitale werkinstructies

taken in de logistiek

offline / online
ondersteuning

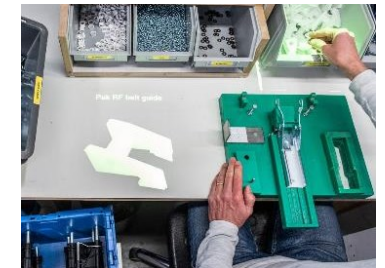
- COAST, staat voor COgnitive ASsistive Technologies, oftewel technologie die werknemer cognitief ondersteunt bij de uitvoering of het leren van een taak. Andere benamingen zijn operator support technologie en mensgerichte technologie.
- Mensgerichte technologie kan ook fysieke ondersteuning geven. Voorbeelden hiervan zijn exoskeletten en cobots oftewel collaboratieve robots. Deze groep van mensgerichte technologie komt hier verder niet aan bod.
- Kern: de **juiste informatie** wordt op het **juiste moment** op de **juiste locatie** aangeboden aan de medewerker zodat de medewerker zelfstandig, foutloos en met het juiste tempo de taak kan uitvoeren
- In feite gaat het overall om stapsgewijze digitale werkinstructies (DWI), alleen de aanbiedingsvorm verschilt:
 - via gsm, tablet of beeldscherm
 - via projecties
 - via een bril (2D of 3D)
- Iedere technologie heeft andere voordelen en nadelen en heeft daarom specifieke toepassingen
- Onder de tab Technologie worden de verschillende technologieën toegelicht

gsm, tablet of vast
beeldscherm



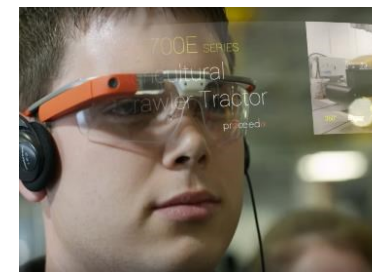
instructies via

projectie



bril

bril: 2D



bril: 3D mixed reality



DWI – digitale werkinstructies

wat zijn COAST?

DWI –
digitale werkinstructies

taken in de logistiek

offline / online
ondersteuning

- Digitale werkinstructies omvatten meer dan het digitaal toegankelijk maken van instructies (digital paper)
- Conventionele werkinstructies:
 - zijn statisch en gemaakt in een tekstverwerkingsprogramma
 - actualiseren na een wijziging is omslachtig
 - zijn gemakkelijk om over te slaan
 - actualisering worden daardoor gemakkelijk gemist
- Digitale werkinstructies zijn beter geschikt voor huidige productietechnieken:
 - verbinding met ERP, MES is mogelijk
 - meer mogelijkheden om controles in te bouwen, daardoor betere kwaliteit
 - meer mogelijkheden om actualisaties direct op de werkvloer te krijgen
 - betere borging van kennis over processen mogelijk



bron: dynamics.microsoft.com



bron: TNO / Proceedix



wat zijn COAST?

DWI –
digitale werkinstructies

taken in de logistiek

offline / online
ondersteuning

Taken in de logistiek

- In het COAST-project richten we ons op twee soorten taken in de logistiek:
 - operationele taken
 - technische taken
- Operationele taken, waar we ons op richten, zijn:
 - orders verzamelen (conventioneel, zone-picking, goods-to-person)
 - inpakken / verzendklaar maken (*shipping*)
 - ontvangst en aanvullen (*receiving / replenishment*)
- Technische taken waar we ons op richten, zijn:
 - (regelger) onderhoud van installaties
 - verhelpen van storingen aan installaties
- De taak en specifieke taakkenmerken, zoals vereiste mobiliteit, bepalen in belangrijke mate welke technologieën geschikt zijn om ingezet te worden voor cognitieve ondersteuning van de medewerker.
- Onder de tab Technologieën staat meer informatie over de verschillende technologieën.
- Onder de tab Taak - technologie geeft een matrix inzicht in de mate van geschiktheid van een technologie voor een uit te voeren taak.



bron: Ubimax



bron: TNO



bron: Amfors

N.B. Op bovenstaande foto's lijkt het alsof het scherm een hologram in de ruimte is. Dat is alleen het geval bij mixed reality brillen. Zie de sectie over [AR/MR/VR](#)



Offline / online ondersteuning

wat zijn COAST?

DWI –
digitale werkinstructies

taken in de logistiek

offline / online ondersteuning

- Operator support technologieën zijn vooral gericht op offline ondersteuning: zelfstandig werken op basis van stapsgewijze informatie
- Bij online ondersteuning wordt de medewerker op hetzelfde moment ondersteund of aangestuurd door een expert op afstand.
- Voor operationele taken is online ondersteuning hooguit in een enkel geval en kortdurend gewenst en meestal makkelijk op te lossen met de mobiele telefoon, al dan niet door een foto van de situatie te sturen.
- Voor niet-reguliere technische taken, zoals storingen, kan online ondersteuning meerwaarde bieden: besparing in reistijd, kortere stilstand van installaties.
- Online ondersteuning stelt andere eisen aan de techniek en niet alle hardware en software ondersteunen deze manier van werken.
- Voor online ondersteuning is van belang dat het volgende mogelijk is:
 - meekijken op afstand
 - *handelingen*
 - *software*
 - communiceren
 - aanwijzen op afstand
 - in sommige gevallen:
 - *het geluid van de installatie kunnen horen*
 - *meetwaarden kunnen lezen*



AR / MR / VR – augmented. mixed en virtual reality

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



- **Augmented Reality (AR)** betekent letterlijk een vergrote (of verrijkte) werkelijkheid.
- Dat gebeurt door informatie toe te voegen aan de wereld zoals we die normaal zien.
- Met de huidige techniek gebeurt dit op de volgende manieren:
 - Door informatie op of naast het werkstuk te projecteren
 - Door op een tablet of smartphone een laag toe te voegen aan het beeld van de camera
 - Door de informatie op een bril met een doorzichtig beeldscherm aan te bieden; de gebruiker kijkt door het beeldscherm en ziet tegelijkertijd de omgeving en de informatie op het beeldscherm. Dit gebeurt bij de HoloLens en Leap Motion
- Een belangrijke voorwaarde voor AR is dat de informatie context gevoelig is: hoe het beeld eruit ziet is afhankelijk van de afstand en kijkhoek van de camera / kijker. Dit is in tegenstelling tot veel brillen met één of meer beeldschermen waarop informatie wordt getoond. Dit zijn zgn. near-eye displays. Zie [bril](#) voor meer informatie.

[meer over AR / MR / VR...]



bron: De Gier / TNO



bron: internet

AR / MR / VR – augmented, mixed en virtual reality

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



- **Mixed Reality (MR)**

- Dit is een bijzondere vorm van **AR**. Beelden worden holografisch (in 3D) getoond.
- Daardoor is interactie mogelijk tussen de gebruiker en de virtuele laag.
 - *In de meest eenvoudige vorm verandert het uiterlijk van het virtuele object afhankelijk van de kijkrichting.*
 - *In uitgebreide variant, zoals bij de HoloLens 2 en Leap Motion, kunnen virtuele objecten, zoals een scherm met informatie, vergroot, verkleind, opgepakt en verplaatst worden.*
- Bij **Mixed Reality** kijkt de gebruiker altijd door een bril waarop de 'virtuele laag' wordt geprojecteerd. De gebruiker blijft de omgeving zien, daarom is van volledige *immersion* of onderdompeling geen sprake.

- **Virtual Reality (VR)**

- Immersion is het belangrijkste kenmerk van **VR**.
- De gebruiker krijgt alleen een geprojecteerd/ virtueel beeld te zien dat meebeweegt met de gebruiker.
- Behalve voor training is deze techniek in de uitvoering van werkzaamheden niet bruikbaar. Daarom wordt deze technologie hier verder niet behandeld.

mixed reality



virtual reality



beeldscherm (vaste of mobiele opstelling of in de hand gehouden)

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses

- Stapsgewijze instructies via beeldscherm (vaste opstelling) of tablet en telefoon (mobiele toepassing)
- Diverse leveranciers van softwareoplossingen
- Software biedt gestandaardiseerde instructie templates
- Koppeling mogelijk met o.a. pick-to-light sensor, barcode scanner, RFID, gereedschap controller, etc.
- Koppeling met MES of ERP mogelijk
- Beeldschermtoepassing met name op 'statische' werkplekken in logistiek, zoals goods-to-person orderverzamelstations en inpakstations
- Tablet- of telefoontoepassing mogelijk bij onderhoud (op afstand), bij inspectie taken en bij orderverzamen indien bevestigd op transportmiddel of meegedragen op de arm (telefoon).



AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



2D smart glasses

- 2D informatie op draagbaar display ("near eye display")
- Nog weinig smart – geen interactie met omgeving
- Door kleine scherm beperkte informatie toonbaar
- Twee handen vrij
- Veel aanbod in smart glasses & diverse leveranciers van software oplossingen (voor stapsgewijze instructie ondersteuning alsook ondersteuning op afstand)
- Typische toepassing in mobiele situaties (order picken), onderhoud (op afstand meekijken), oplossen van storingen of inspectie taken
- 2 uitvoeringsvormen
 - stapsgewijze instructies via smart glass
 - meekijken & informeren van medewerker op afstand
- Interactie via touch panel op de bril, input device of spraakcommando's
- Koppeling met MES of ERP mogelijk

[meer over brillen...]



Bron: TNO

2D smart glasses

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



- Brillen zijn o.a. te onderscheiden naar:
 - display type (doorzichtig vs. niet-doorzichtig)
 - display voor 1 of 2 ogen
 - vaste positie display of verplaatsbaar (L/R-oog)
 - type en aantal camera's
- De toepassing bepaalt welke bril het beste gebruikt kan worden
 - niet alle software geschikt voor type bril
- Verder van belang zijn batterijduur, gewicht en bediening (kan lastig zijn):
 - spraakcommando's zijn niet altijd 100% robuust en vaak Engelstalig
 - gebruik van touchpad op de bril vereist enige ervaring
- Wisselend scherp stellen tussen werklocatie (armlengte) en display (display lijkt op 1-2m afstand) kan vermoeiend zijn
- De meeste mensen hebben een dominant oog (voorkeursoog). Een bril die informatie aanbiedt aan het niet-dominante oog is vaak minder prettig te gebruiken
- Combinatie met (lees)bril niet altijd mogelijk
- Algemeen voor alle brillen geldt: omdat ze gedragen moeten worden, is draagcomfort belangrijk voor acceptatie. Daarnaast een moet de gebruiker meerwaarde ervaren boven een regulier display.

één oog
doorzichtigéén oog
niet doorzichtigBeide ogen
doorzichtig

Bron foto's: internet

Projectietechnologie

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



- Informatie wordt stapsgewijze geprojecteerd op werkblad, product of machine
- Meestal in combinatie met zgn. TOF (=time of flight camera, bijv. MS Kinect). Deze 'slimme' camera herkent handposities en kan zo bijvoorbeeld materiaalallocaties of gereedschap 'bewaken'
- Fixatie van product in mal noodzakelijk om productherkenning en projecteren van informatie op product mogelijk te maken
- Diverse leveranciers van technologische oplossingen
- Koppeling mogelijk met o.a. barcode/RFID scanner, gereedschap controller, cobot
- Koppeling met MES of ERP mogelijk
- Typische toepassing met name op 'statische' werkplekken. In de logistiek zouden dit complexe inpaktaken kunnen zijn, waarbij verschillende producten op een specifieke locatie moeten komen
- **N.B.**
Vanwege de beperkte toepassingsmogelijkheden, komt deze technologie niet voor in het taak-technologie overzicht



AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



MR op een handheld display

- De gebruiker richt de camera van een tablet of telefoon op een installatie
- De software voegt extra informatie toe aan het camerabeeld
- De gebruiker ziet meteen welk onderdeel hij of zij moet hebben en krijgt alle noodzakelijke informatie
- Technologie kan ook worden gebruikt voor **ondersteuning op afstand**
 - nog weinig software waarmee live annotaties aan het beeld toegevoegd kunnen worden en die vervolgens op dezelfde plaats zichtbaar blijven.
 - meest gangbaar voor aanwijzen: expert maakt screenshot, tekent pijl erbij, stuurt plaatje terug
- Nadelen MR op handheld display
 - in de hand houden betekent maar één hand vrij
 - neerleggen betekent dat operator info moet onthouden = kans op fouten.
 - bij ondersteuning door expert op afstand: bij neerleggen heeft expert geen zicht meer op activiteiten.
 - de locatie bepaling op smartphones/tablets is nog niet heel robuust.



MR op smart glasses

AR / MR / VR

beeldscherm
(vast, in de hand)

bril

projectietechnologie

mixed reality – in de hand

mixed reality – smart glasses



- Gebruiker kijkt door twee beeldschermen naar de werkelijkheid
- De beeldschermen zorgen voor een 3D laag over de werkelijkheid zoals:
 - extra virtuele beeldschermen in de ruimte
 - locatie informatie: waar moet iets gedaan worden
 - animaties: hoe moet een onderdeel verwijderd worden
- Beperkt aanbod in smart glasses: o.a. Meta Vision, MS HoloLens 2 en Magic Leap 1
- Zeer beperkt aanbod software leveranciers
- Draagcomfort van dit type smart glass is beperkter; zij worden bij voorkeur niet voor een 8-urige werkdag ingezet
- Zonder externe batterij is gebruiksduur beperkt (±2 uur)
- Koppeling met MES of ERP niet altijd mogelijk
- Typische toepassing in de logistiek:
 - trainen van complexe onderhoudstaken
 - uitvoeren inspectie- en onderhoudstaken, met stapsgewijze ondersteuning of het op afstand meekijken



MS HoloLens 2



Magic Leap 1



Meta Vision

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

In dit veld staat een toelichting op de beoordeling in de tabel.

De symbolen geven een inschatting van de geschiktheid van een technologie voor een bepaalde taak.

+ : geschikt

-/+ : matig geschikt

- : ongeschikt

Acceptatie

Geschikt moet worden gelezen als 'heeft potentie'. Geschiktheid is geen garantie voor acceptatie door de gebruikers. De gebruikssituatie speelt een belangrijke rol. Daarom zijn testen met gebruikers essentieel om te bepalen of een technologie meerwaarde voor het bedrijf heeft.

* afhankelijk van uitvoeringsvorm



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – mobiel
technologie: (mobiel) display

oordeel:

- in de hand gehouden: ongeschikt
 - taken vragen over het algemeen gebruik van twee handen
 - steeds wegleggen / opbergen vergroot risico op schade
- scherm in houder op de arm of kar: geschikt
 - twee handen vrij
 - scherm kan veel informatie bevatten, indien nodig
 - informatie kan groot genoeg getoond worden
 - bediening is vertrouwd
 - mogelijkheid tot geven van input

* afhankelijk van uitvoeringsvorm



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – mobiel
technologie: 2D smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- kans op fouten klein doordat informatie steeds dichtbij werkgebied is
- schermgrootte vrij klein, daardoor beperkte mogelijkheden informatie te tonen
- integratie met scanfunctie mogelijk
- software is relatief eenvoudig te programmeren
- grote verschillen in draagcomfort
- bediening via voice of touch werkt niet voor iedereen
- brillen met één vast scherm: kan nadelig zijn als scherm niet voor voorkeursoog zit
- niet alle brillen zijn te combineren met eigen bril



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – mobiel
technologie: AR op mobiel display

oordeel: ongeschikt

- geen twee handen vrij
- camera van smartphone/tablet moet op werkgebied gericht zijn om info te kunnen zien
- als niet op het juiste gericht wordt, is er geen info
- display omhoog houden is vermoeiend
- AR heeft geen toegevoegde waarde bij deze taken



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
offline	-, +*	+	-	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – mobiel
technologie: AR op smart glass

oordeel: ongeschikt

- hoge prijs in verhouding tot meerwaarde technologie
 - AR heeft geen toegevoegde waarde bij deze taken
 - taak vraagt niet of nauwelijks om 3D informatie
 - essentiële taakinfo kan goed in 2D gegeven worden
- acceptatie kan probleem zijn: meerwaarde onvoldoende om eventueel discomfort bij langdurig gebruik te accepteren
- zonder externe batterij is gebruiksduur beperkt tot ongeveer 2 uur
- hoe groter de ruimte, hoe meer rekenkracht er gevraagd wordt



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – vaste werkplek
technologie: (mobiel) display

oordeel: geschikt

- interface (touch en/of toetsenbord) is bekend
- geschikt mits scherm goed in beeld is tijdens meest voorkomende handelingen
- hoe meer informatie onthouden moet worden, hoe groter de kans op fouten
- informatie kan relatief groot in beeld worden gebracht



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – vaste werkplek
technologie: 2D smart glass

oordeel: matig geschikt

- weinig voordeel boven vast beeldscherm
- schermgrootte vrij klein, daardoor beperkte mogelijkheden informatie te tonen
- kan voordelig zijn wanneer veel handelingen zonder zicht op scherm moeten plaatsvinden
- extra scherm is dan waarschijnlijk goedkoper
- integratie met scanfunctie mogelijk
- grote verschillen in draagcomfort
- bediening via voice of touch werkt niet voor iedereen
- brillen met één vast scherm: kan nadelig zijn als scherm niet voor voorkeursoog zit
- niet alle brillen zijn te combineren met eigen bril



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – vaste werkplek
technologie: AR/MR mobiel display

oordeel: niet geschikt

- geen twee handen vrij
- camera van display moet op werkgebied gericht zijn om info te kunnen zien
- als niet op het juiste gericht wordt, is er geen info
- display omhoog houden is vermoeiend
- AR?MR heeft geen toegevoegde waarde bij deze taken



logistiek operationeel
mobiellogistiek operationeel
vaste werkplek

technisch onderhoud

stringen verhelpen
zelfstandigstringen verhelpen
expert op afstand

type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: logistiek operationeel – vaste werkplek
technologie: MR smart glass

oordeel: niet geschikt

- hoge prijs in verhouding tot meerwaarde technologie
- AR heeft geen toegevoegde waarde bij deze taken
- taak vraagt niet of nauwelijks om 3D informatie
- essentiële taakinfo kan goed in 2D gegeven worden
- vast beeldscherm beter alternatief
- acceptatie smart glass kan probleem zijn: meerwaarde onvoldoende om eventueel discomfort bij langdurig gebruik te accepteren
- zonder externe batterij is gebruiksduur beperkt tot ongeveer 2 uur



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: technisch onderhoud
technologie: mobiel display

oordeel: geschikt

- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar
- alleen twee handen vrij als scherm in houder op arm of scherm tijdelijk weggelegd
- kans op fouten neemt toe als complexe informatie onthouden moet worden omdat scherm vanaf werklocatie niet zichtbaar is (neergelegd)
- instructies via QR codes op machine toegankelijk te maken
- instructies relatief eenvoudig te programmeren; afhankelijk van software-aanbieder
- dikwijls beperkte mogelijkheden om scherm lay-out aan te passen
- vraagt investering in leren goede instructies te maken



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: technisch onderhoud
technologie: 2D smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar én altijd in beeld; daardoor minder kans op fouten
- instructies relatief eenvoudig te programmeren; afhankelijk van software-aanbieder
- vraagt investering in leren goede instructies te maken
- grote verschillen in draagcomfort
- bediening via voice of touch werkt niet voor iedereen
- brillen met één vast scherm: kan nadelig zijn als scherm niet voor voorkeursoog zit
- niet alle brillen zijn te combineren met eigen bril



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: technisch onderhoud
technologie: AR/MR op mobiel display

oordeel: matig geschikt

- geen twee handen vrij als scherm in de hand wordt gehouden
- informatie wordt zichtbaar gemaakt op het werkstuk
- informatie is alleen zichtbaar als scherm zich in de kijklijn naar het werkstuk bevindt
- als scherm langdurig omhoog gehouden moet worden is dat belastend voor de schouder
- voor uitvoering moet scherm weggelegd worden – kan de kans op fouten vergroten omdat informatie niet zichtbaar is
- vooral het creëren van werkinstructies met 3D animaties kost tijd



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: technisch onderhoud
technologie: AR/MR op smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar én altijd in beeld
- veel toegevoegde waarde wanneer 3D-informatie gewenst is (draaiingen, oriëntaties, onderdelen uit het zicht)
- zeer geschikt voor training van nieuwe taken
- geschikt voor instructies bij complexe onderhoudstaken
- relatief duur en kwetsbaar
- vooral het creëren van werkinstructies met 3D animaties kost tijd
- draagcomfort: minder geschikt om hele werkdag te dragen
- intuïtief in gebruik en bediening



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen - zelfstandig
technologie: mobiel display

oordeel: geschikt

- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar
- display kan veel info bevatten
- twee handen vrij als scherm in houder op arm of scherm tijdelijk weggelegd
- bij complexe taken neemt kans op fouten toe als scherm niet zichtbaar is vanaf werklocatie (neergelegd)
- instructies via QR codes op machine toegankelijk te maken
- mogelijk om foto's te maken en te verzenden
- offline instructies sterk afhankelijk van inzicht in mogelijke storingen en op basis daarvan beslisboom en instructies inrichten
- kan tot zeer omvangrijke beslisboom leiden



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen - zelfstandig
technologie: 2D smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar én altijd in beeld; kans op fouten kleiner
- beperkte informatie in één keer te tonen
- mogelijk om foto's te maken en te verzenden
- offline instructies sterk afhankelijk van inzicht in mogelijke storingen en op basis daarvan beslisboom en instructies inrichten
- grote verschillen in draagcomfort
- bediening via voice of touch werkt niet voor iedereen
- brillen met één vast scherm: kan nadelig zijn als scherm niet voor voorkeursoog zit
- niet alle brillen zijn te combineren met eigen bril



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen - zelfstandig
technologie: mobiel display

oordeel: matig geschikt

- geen twee handen vrij als scherm in de hand wordt gehouden
- informatie wordt zichtbaar gemaakt op het werkstuk
- informatie is alleen zichtbaar als scherm zich in de kijklijn naar het werkstuk bevindt
- als scherm langdurig omhoog gehouden moet worden is dat belastend voor de schouder
- voor uitvoering moet scherm weggelegd worden – kan de kans op fouten vergroten omdat informatie niet zichtbaar is
- vooral het creëren van werkinstructies met 3D animaties kost tijd



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen - zelfstandig
technologie: MR op smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- (stapsgewijze) informatie op elke werklocatie beschikbaar én altijd in beeld
- zeer geschikt voor training van nieuwe taken
- geschikt voor instructies bij complexe onderhoudstaken
- relatief duur en kwetsbaar
- vooral het creëren van werkinstructies met 3D animaties kost tijd
- draagcomfort: minder geschikt om hele werkdag te dragen
- intuïtief in gebruik en bediening



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen – expert op afstand
technologie: mobiel display

oordeel: matig geschikt

- geen twee handen vrij als scherm in de hand wordt gehouden
- door camera kan expert op afstand makkelijk meekijken
- scherm neerleggen betekent beeld voor expert weg
- sturen van camera lastig; expert op afstand moet aangeven waar de camera op gericht moet worden
- expert moet schermafdruck maken van camerabeeld, daarop annotatie aanbrengeen en deze terugzenden
- wordt sinds Covid-19 al veel toegepast via Teams en Whatsapp
- hardware (tablet/gsm) is meestal al op locatie aanwezig
- via bekende apps eenvoudig toegankelijk



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen – expert op afstand
technologie: 2D smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- door camera kan expert op afstand makkelijk meekijken
- door positie camera mismatch mogelijk tussen camerabeeld en waar operator naar kijkt
- door dragen van camera is beeld voor expert niet altijd even stabiel; technologie-afhankelijk
- sommige brillen hebben sterke zoom mogelijkheid
- expert op afstand kan instructies op (relatief klein) display zetten; vaak is mondelinge toelichting voldoende
- naast hardware, aanschaf software nodig
- grote verschillen in draagcomfort en bedieningsgemak (zie de sectie over [smart glasses](#))



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen – expert op afstand
technologie: 2D smart glass

oordeel: matig geschikt

- geen twee handen vrij als scherm in de hand wordt gehouden
- door camera kan expert op afstand makkelijk meekijken
- scherm neerleggen betekent beeld voor expert weg
- sturen van camera lastig; expert op afstand moet aangeven waar de camera op gericht moet worden
- expert moet schermafdruck maken van camerabeeld, daarop annotatie aanbrengen en deze terugzenden
- expert kan live locatie-gebonden informatie delen; is echter niet vaak nodig
- hardware is meestal al op locatie aanwezig
- alleen kosten voor gebruik software



type support	(mobiel) display	2D smart glass	AR/MR mobiel display	MR smart glass
	offline	-, +*	+	-
offline	+	-/+	-	-
offline	+	+	-/+	+
offline	+	+	-/+	+
online	-/+	+	-/+	+



toelichting

taak: storingen verhelpen – expert op afstand
technologie: MR smart glass

oordeel: geschikt

- twee handen vrij
- scherp en doorgaans vrij stabiel camerabeeld
- sturen van camera lastig; expert op afstand moet aangeven waar de camera op gericht moet worden
- wat expert op afstand via pijl aanwijst (bijv. machine-onderdeel), blijft gekoppeld aan locatie in de ruimte;
- hierbij is wel een mismatch mogelijk: expert op afstand wijst op beeldscherm (2D) aan, kan daarbij geen diepte-informatie doorgeven.
- relatief dure en kwetsbare hardware op locatie nodig
- naast hardware, is aanschaf speciale software nodig



› Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
microfilm of op welke andere wijze dan
ook, zonder voorafgaande toestemming
van TNO.

© TNO
januari 2022