Cybersecuritytrainingen in de zorg:

Een meta-analyse naar de effectiviteit van verschillende bezorgingsmethoden op leerresultaten en gedragsverandering bij zorgmedewerkers

Thiemo Tenhage
Studentnummer: 2727692
Universiteit Twente
Eerste begeleider: Dr. Jan-Willem Bullee
Tweede begeleider: Dr. Christina Kolb

4 juli 2025

Inhoudsopgave

1 Inleiding

Het Nederlandse zorgstelsel behoort internationaal gezien tot de beste ter wereld. Op het gebied van toegankelijkheid en betaalbaarheid van de zorg staat Nederland in de top 3 (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023; Schneider e.a., 2021). Ook op kwaliteit scoort Nederland bovengemiddeld voor zowel eerste- en tweedelijnszorg (OECD, 2023). Mede hierdoor wordt het Nederlandse systeem vaak aangehaald als voorbeeld voor andere landen.

Ondanks dat Nederland internationaal goed scoort, lopen we ook tegen problemen aan in de zorg. Zo staat de betaalbaarheid, waar Nederland momenteel internationaal gezien goed op scoort (OECD, 2023), onder druk. De totale zorgkosten van de overheid nemen structureel jaarlijks toe. In 2024 waren de totale zorguitgaven €97,8 miljard. De verwachting is dat dit in 2028 oploopt tot €120,6 miljard (Ministerie van Financien, 2024). Bovendien staat de capaciteit van de zorg onder druk, waardoor de wachttijden voor diagnostiek en behandeling in de medisch-specialistische zorg de afgelopen jaren een recordhoogte hebben bereikt (De Staat van Volksgezondheid en Zorg, 2025a, 2025b).

Aan de ene kant zorgen personeelstekorten voor de toenemende druk op de zorg. De verwachting is dat het personeelstekort toeneemt van 54.000 in 2024 naar ongeveer 270.000 in 2034 (Prognosemodel Zorg en Welzijn, 2024). Aan de andere kant neemt ook de vraag naar zorg toe. De levensverwachting stijgt en zit inmiddels op 80,3 jaar voor mannen en 83,3 jaar voor vrouwen (vzinfo, 2024a). Daarnaast neemt het aantal chronisch zieke mensen en mensen met multimorbiditeit toe (vzinfo, 2024b).

Digitalisering wordt gezien als een cruciaal onderdeel van een toekomstbestendig zorgsysteem dat zowel de toegankelijkheid als de kwaliteit waarborgt. Digitale zorg heeft de potentie om de productiviteit van het zorgpersoneel te verhogen en zo de toegankelijkheid en betaalbaarheid te waarborgen (Rutten e.a., 2025). Voorbeelden van digitale zorg ofwel eHealth zijn: een elektronisch patiëntendossier, een online afspraak met de dokter, sensoren voor thuismonitoring of schoonmaakrobots (Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport [VWS], 2018).

De digitalisering van de zorg brengt echter ook grote risico's met zich mee. Zorginstellingen worden steeds vaker doelwit van cyberaanvallen, wat kan leiden tot ernstige datalekken waarbij gevoelige persoonlijke informatie op straat belandt. Daarnaast kunnen ransomware of DDoS-aanvallen er zelfs voor zorgen dat de zorgverlening (tijdelijk) volledig stil komt te liggen (Z-Cert, 2024). Uit onderzoek blijkt dat mensen vaak de zwakste schakel vormen bij het voorkomen van cybersecurity-incidenten (Nobles, 2018; Triplett, 2022). Zo klikken medewerkers regelmatig op onveilige links in e-mails, gebruiken zij zwakke wachtwoorden of maken ze geen gebruik van two-factor-authentication (Z-Cert, 2022).

Cybersecurity trainingen zijn belangrijk voor het bijbrengen van kennis bij zorgpersoneel, om zo de menselijke fouten te voorkomen (Coventry & Branley, 2018). Helaas kampen deze trainingen vaak met een lage deelname, doordat ze niet goed aansluiten op de behoefte van de doelgroep. Dit zorgt voor lage motivatie en betrokkenheid onder de deelnemers (Chowdhury & Gkioulos, 2023; Prümmer e.a., 2024).

Belangrijk is om de trainingen meer aan te laten sluiten op de behoefte en voorkeuren van de deelnemers, in dit geval zorgmedewerkers. Volgens onderzoek door van Zee (2024) verhogen specifieke attributen van cybersecuritytrainingen de bereidheid van zorgmedewerkers om hieraan deel te nemen. De volgende attributen zijn daarbij geïdentificeerd: sessieduur en frequentie, leermethode, hoeveelheid samenwerking vereist, bezorgingsmethode en compensatie (van Zee, 2024). Bij deze set attributen is gekeken naar de attribuutniveaus waaraan zij de voorkeur geven. Er is echter niet gekeken of deze daadwerkelijk bijdragen aan betere leerresultaten of gedragsverandering. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een aantrekkelijk gevonden attribuut in de praktijk juist een negatieve of verwaarloosbare invloed heeft op het leerproces of het gedrag van medewerkers. Om uiteindelijk een effectieve cybersecuritytraining te ontwikkelen, is het daarom belangrijk om ook de daadwerkelijke effectgroottes van deze attributen te onderzoeken, zodat de volgende vraag beantwoord kan worden:

"Wat is de effectgrootte van de verschillende niveaus van de trainingsattributen — zoals sessieduur en frequentie, leermethode, hoeveelheid samenwerking, bezorgingsmethode en compensatie — op leerresultaten en gedragsverandering bij zorgmedewerkers, en in hoeverre komen deze overeen

met de voorkeuren zoals vastgesteld door van Zee (2024)?"

Dit onderzoek richt zich op de effectiviteit van verschillende bezorgingsmethoden binnen cybersecuritytrainingen, en vormt daarmee een eerste stap in het beantwoorden van de bredere vraag naar de effectiviteit van trainingsattributen. Er is specifiek gekozen voor de bezorgingsmethode omdat deze in de praktijk vaak het meest zichtbaar én het gemakkelijkst aanpasbaar is. Daarnaast beïnvloedt dit attribuut in hoge mate de wijze waarop andere elementen zoals de mate van samenwerking en de leermethode vorm krijgen; een training via een app biedt immers andere mogelijkheden dan een fysieke sessie. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

Wat is het effect van verschillende bezorgingsmethoden (via app, website of fysieke locatie) op de leerresultaten en gedragsverandering van zorgmedewerkers in het kader van cybersecuritytrainingen?

2 Theoretisch kader

Allereerst zullen enkele belangrijke kernbegrippen toegelicht worden die relevant zijn voor dit onderzoek.

Cybersecuritytrainingen hebben als doel zorgmedewerkers bewust te maken van potentiële cyberdreigingen, hoe deze ontstaan, hoe ze voorkomen kunnen worden en welke gevolgen ze kunnen hebben. Daarnaast zijn de trainingen bedoeld om een positieve verandering in gedrag en houding te bewerkstelligen, zodat medewerkers in staat zijn om verantwoord te handelen en weloverwogen beslissingen te nemen (Chaudhary e.a., 2022).

Om de effectiviteit van een cybersecuritytraining te meten, wordt er gekeken naar de leerresultaten en de mate van gedragsverandering ten gevolge van de training. *Leerresultaten* worden in de literatuur omschreven als de mate waarin kennis, inzichten en vaardigheden worden verworven of verbeterd (Noe, 2010). *Gedragsverandering* wordt omschreven als een meetbare verandering in het daadwerkelijke gedrag van medewerkers op het gebied van cybersecurity (Coventry & Branley, 2018). Voor het meetbaar maken van de effectiviteit van cybersecuritytrainingen, zijn er een aantal uitkomstmaten om de leerresultaten en gedragsverandering te kunnen meten. De meest gebruikte zijn: kennis, vaardigheden, objectief gedrag, houding, intentie, perceptie, zelfgerapporteerd gedrag en overtuiging over effectiviteit. Deze uitkomstmaten zijn te berekenen aan de hand van gestandaardiseerde vragenlijsten, interviews of testen (Prümmer e.a., 2024).

2.1 Attributen van Cybersecuritytrainingen (van Zee, 2024)

De geïdentificeerde attributen door van Zee (2024) zijn al even kort benoemd in de inleiding. De attributen zijn bevraagd bij verpleegkundigen middels een vragenlijst. Er zijn vijf attributen, die zijn onderverdeeld in verschillende niveaus. De attributen met verschillende niveaus zijn hieronder te zien in Tabel 1.

Tabel 1: Attributen met bijbehorende levels (van Zee, 2024).

Attribuut	Attribuut levels
Aantal sessies en de lengte van de sessies om een training van 1 uur te voltooien	4 trainingssessies van 15 min
	2 trainingssessies van 30 min
	1 trainingssessie van 60 min
Hoeveelheid samenwerking tijdens de training	Geen samenwerking
	In groepen van 2 samenwerken
	In grote groepen samenwerken
Bezorgingsmethode van de training	App via de telefoon
	Website via de computer
	Op een fysieke locatie
De manier van leren tijdens de training	Luisteren en kijken naar de training
	Lezen en beantwoorden van vragen
	Door middel van game spelenderwijs leren
Compensatie voor het volgen van de training	Training gebeurt onder werktijden
	Ontvangen van geaccrediteerd certificaat

In het onderzoek zijn drie attributen significant gevonden. Namelijk, *sessieduur en frequentie*, *leermethode* en *compensatie*. Hoewel het onderzoek van van Zee (2024) waardevolle inzichten heeft opgeleverd in attributen die verpleegkundigen graag zien in cybersecuritytrainingen, dienen de resultaten voorzichtig geïnterpreteerd te worden. Door de relatief lage respons op de vragenlijst is het mogelijk dat de resultaten niet volledig representatief zijn voor de gehele populatie van verpleegkundigen. Daarom zal de meta-analyse uitgevoerd worden over alle attributen en attribuutniveaus.

Om te bepalen of en waarom de door van Zee (2024) geïdentificeerde attributen daadwerkelijk bijdragen aan effectievere cybersecuritytrainingen, is het belangrijk om vanuit theoretische kaders te verklaren hoe dergelijke attributen de motivatie, leerresultaten en gedragsverandering van

zorgmedewerkers kunnen beïnvloeden. In het volgende deel worden daarom relevante theorieën besproken die inzicht geven in de onderliggende mechanismen van deze attributen en hun potentiële effectiviteit.

2.2 Zelfdeterminatietheorie (Deci & Ryan, 1985)

De *zelfdeterminatietheorie* (Self-Determination Theory, SDT), ontwikkeld door Deci en Ryan (1985), is een invloedrijke motivatietheorie die veelvuldig wordt toegepast binnen het onderwijs en gedragsverandering. De theorie stelt dat mensen drie basisbehoeften –autonomie, competentie en verbondenheid– hebben die essentieel zijn voor het optimaal functioneren, persoonlijke groei en welzijn. Ook wordt er onderscheid gemaakt tussen twee soorten motivatie: intrinsieke en extrinsieke motivatie. Waarbij intrinsieke motivatie wordt gezien als de meest authentieke en autonome vorm van motivatie, waarbij het gedrag voortkomt uit persoonlijke interesse en plezier. Extrinsieke motivatie ontstaat door externe factoren zoals beloningen of verwachtingen van anderen. Over het algemeen wordt intrinsieke motivatie beschouwd als de geprefereerde vorm van motivatie. Doordat het zorgt voor betere leerresultaten, meer tevredenheid en duurzame gedragsverandering. Extrinsieke motivatie kan tijdelijk effectief zijn, maar leidt doorgaans minder vaak tot langdurige gedragsverandering of diepgaande leerresultaten. Echter erkent deze theorie ook dat extrinsieke motivatie eveneens kan leiden tot authentieke betrokkenheid wanneer deze volledig geïnternaliseerd wordt. Internalisatie verwijst naar het proces waarbij personen externe normen, waarden of regels steeds meer als hun eigen ervaren en accepteren. Wanneer extrinsieke motivatie succesvol geïntegreerd raakt, ervaren individuen een gevoel van autonomie en authenticiteit dat vergelijkbaar is met intrinsieke motivatie.

De toewijding die individuen vertonen bij intrinsieke motivatie en geïntegreerde externe motivatie komt het meest naar buiten bij individuen die ondersteuning ervaren voor competentie, autonomie en verbondenheid. Toegepast op cybersecuritytrainingen betekent dit dat zorgmedewerkers gemotiveerder en effectiever leren wanneer de training aansluit bij hun behoeften en voorkeuren. De attributen uit het onderzoek van van Zee (2024), zoals korte, frequente sessies, aantrekkelijke leermethoden en betekenisvolle compensatie, kunnen vanuit SDT theoretisch gekoppeld worden aan de basisbehoeften van *autonomie* (invloed op sessieduur en frequentie), *competentie* (duidelijke en haalbare leerdoelen en methoden) en *verbondenheid* (erkenning via compensatie). Vanuit deze theorie is te verwachten dat de attributen leiden tot een hogere motivatie, betere leerresultaten en grotere gedragsverandering.

2.3 ARCS-model (Keller, 1987)

Het *ARCS-model*, ontwikkeld door Keller (1987), is een andere bekende motivatietheorie. Dit model is goed toepasbaar op educatie en e-learning. Het ARCS-model biedt een raamwerk om de motivatie van deelnemers in een leeromgeving te verhogen en vast te houden. Het model onderscheidt vier factoren die belangrijk zijn voor effectieve educatieprogramma's: aandacht (Attention), relevantie (Relevance), vertrouwen (Confidence) en voldoening (Satisfaction). Deze vier categorieën bestaan vervolgens weer uit verschillende concrete elementen die ingezet kunnen worden bij het ontwerpen van een effectief leerprogramma.

De attributen uit het onderzoek van van Zee (2024) kunnen gekoppeld worden aan het ARCS-model. Zo sluiten de attributen *leermethode* en *bezorgingsmethode* aan bij de elementen *variatie* (Variability) en *herkenbaarheid* (Familiarity), respectievelijk uit de categorieën *aandacht* en *relevantie*. Het attribuut *sessieduur en frequentie* is goed te koppelen aan de categorie *aandacht*. Tot slot is het attribuut *compensatie* te koppelen aan het element *extrinsieke beloningen* (Extrinsic Rewards) binnen de categorie *voldoening*. *Hoeveelheid samenwerking vereist* kan gekoppeld worden aan het element *behoefte afstemming* uit de categorie *relevantie*. Vanuit dit model is te verwachten dat de attributen bijdragen aan een hogere motivatie onder zorgmedewerkers en daardoor zorgen voor betere leerresultaten en effectievere gedragsveranderingen.

2.4 Volwassen leren theorie: andragogisch (Knowles e.a., 2005)

De *volwassen leren theorie* (Adult Learning Theory), ontwikkeld door Knowles e.a. (2005), beschrijft hoe volwassenen effectief leren en wat hen motiveert om deel te nemen aan educatieve programma's. Knowles benadrukt dat volwassenen anders leren dan jongeren. Het model bestaat uit een aantal aannames over hoe en waarom volwassenen leren: *de noodzaak om te weten* (The

need to know), *het zelfbeeld van de lerende* (Self-concept of the learner), de *eerdere ervaring van de lerende* (Prior experience of the learner), de *bereidheid om te leren* (Readiness to learn), de *oriëntatie op leren* (Orientation to learning) en *motivatie* (Motivation).

De attributen uit het onderzoek van van Zee (2024) kunnen gekoppeld worden aan de volwassen leren theorie. Zo hangt het attribuut *leermethode* en *hoeveelheid samenwerking vereist* sterk samen met de aanname dat eerdere ervaringen van volwassen deelnemers invloed hebben op hun leerproces. Volwassenen hebben, in tegenstelling tot jongeren, al ervaringen opgedaan met diverse leermethoden en daardoor vaak een duidelijke voorkeur ontwikkeld. Dit maakt het voor volwassenen extra belangrijk dat de gekozen leermethode goed aansluit bij hun specifieke behoeften en voorkeuren, zodat het leerproces effectief en motiverend blijft. Ook benadrukt de theorie dat individuele verschillen toenemen met de leeftijd, waardoor de educatie nog beter afgestemd moet worden op individuele voorkeuren en behoeften. Dit geldt bijvoorbeeld sterk voor het attribuut *bezorgingsmethode*. Het attribuut *compensatie*, specifiek het geaccrediteerde certificaat, kan gekoppeld worden aan de aanname dat volwassenen eerst willen weten waarom ze moeten leren, voordat ze eraan beginnen. Het kan ook gekoppeld worden aan *motivatie*. Volgens dit model is externe motivatie echter zwaar ondergeschikt aan interne motivatie. Volwassenen willen zichzelf graag ontwikkelen en groeien, maar worden tegengehouden door bijvoorbeeld tijdsbeperkingen. Het attribuut *sessieduur en frequentie* kan hierbij helpen met korte frequente sessies.

3 Methode

Voor het uitvoeren van de meta-analyse is gebruikgemaakt van de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) richtlijnen (Page e.a., 2021), zodat de review op een gestructureerde, transparante en reconstrueerbare manier wordt uitgevoerd. Tijdens het uitvoeren van de meta-analyse is er gebruikgemaakt van de software van ASReview (ASReview LAB developers, 2025) en Covidence (Covidence, 2025). Ethische goedkeuring is niet aangevraagd, aangezien er gebruik is gemaakt van eerder gepubliceerde data en er geen eigen dataverzameling heeft plaatsgevonden. Voor de meta-analyse is gebruikgemaakt van de databases *Web of Science* en *Scopus*.

3.1 Zoekstrategie

De zoekstrategie is in het Engels opgesteld, aangezien de meeste relevante wetenschappelijke literatuur internationaal en Engelstalig gepubliceerd wordt. Daarnaast zijn de gebruikte databases primair gericht op Engelstalige publicaties, waardoor het opnemen van Nederlandstalige zoektermen weinig toegevoegde waarde heeft voor de volledigheid van de resultaten. Voor het opstellen van een effectieve zoekopdracht is een tweefasig proces gehanteerd. In de eerste fase is verkennend gezocht met behulp van eenvoudige zoektermen, om inzicht te krijgen in de gebruikelijke vakterminologie binnen dit onderzoeksgebied. Relevante termen zijn genoteerd en vormden de basis voor een eerste versie van de zoekquery. In de tweede fase is deze zoekquery gebruikt om de database *Web of Science* iteratief te doorzoeken. Op basis van de resultaten op de eerste twee pagina's zijn de zoektermen geëvalueerd en aangepast om de zoekquery verder te verfijnen en de relevantie van de resultaten te vergroten.

Aanvankelijk is er specifiek gezocht naar literatuur over de effectiviteit van de verschillende bezorgingsmethoden van trainingen over cybersecurity binnen het gezondheidszorgdomein. Ondanks uitgebreide zoekpogingen is het aantal geschikte studies binnen deze context te beperkt voor het uitvoeren van een zinvolle meta-analyse. Om deze reden is besloten het zoekgebied te verbreden en het gezondheidsdomein te laten vallen. De definitieve zoekquery is hieronder weergegeven. De specifieke zoekstrings zoals toegepast in de databases *Web of Science* en *Scopus* zijn te vinden in Bijlage 7.2. De zoekqueries zijn gebruikt in mei 2025 om de databases te doorzoeken.

((cybersecurity OR "cyber security" OR "information security" OR "digi- tal security" OR "computer security" OR "IT security" OR "security threats") AND (Intervention OR Training* OR course OR instruct* OR educat* OR E-learn*) AND ("Learning result*" OR "learning outcome" OR effectiveness OR "training Effect*" OR (training NEAR/2 efficienc*) OR "Effect size*" OR "training transfer" OR "knowledge transfer" OR "knowledge retention" OR "In- formation Security Awareness" OR "ISA" OR "HAIS-Q" OR "Awareness level*" OR "Behaviour* change" OR "Behaviour* outcome" OR "Self-reported behaviour" OR Attitude OR Intention* OR adherence OR compliance))*

3.2 Toelatingscriteria

In de databases *Web of Science* en *Scopus* zijn de resultaten, gevonden met de definitieve zoekquery, gefilterd op de taal *English*. De overgebleven artikelen zijn geïmporteerd in Covidence (Covidence, 2025) om de dubbele resultaten eruit te halen. Vervolgens zijn de artikelen in twee fasen gescreend op basis van de opgestelde inclusie- en exclusiecriteria. Deze zijn te vinden in Tabel 2. In de eerste fase is er alleen gekeken naar de titel en samenvatting om te bepalen of een artikel potentieel voldoet aan de criteria. Om het screeningsproces te versnellen, is er gebruikgemaakt van de software ASReview (versie 2.0.2; ASReview LAB developers (2025)) met het *ELAS u4* AI-model. Met deze software kan er met behulp van AI sneller gescreend worden. Na het importeren van de titels en samenvatting van de artikelen, is een selectie geclassificeerd als *relevant* of *niet-relevant*. Aan de hand van deze input zijn de resterende artikelen gerangschikt op relevantie. Dit doet het AI-programma na elke nieuwe labeling opnieuw op de achtergrond. Hierdoor kan 95% van de relevante artikelen gevonden worden door slechts 8% tot 33% van alle artikelen te screenen (van de Schoot e.a., 2021). Als stopconditie zijn de volgende twee regels gehanteerd:

- Minimaal 10% van de artikelen moeten gelabeld zijn
- En er moeten 40 artikelen als *niet-relevant* achter elkaar gelabeld worden.

Deze twee stopcondities zijn gekozen om zo veel mogelijk tijd te besparen, zonder veel in te leveren op nauwkeurigheid.

In de tweede fase zijn van de eerder als relevant beoordeelde artikelen de volledige teksten opgevraagd en inhoudelijk beoordeeld op geschiktheid op basis van alle inclusie- en exclusiecriteria. Tijdens deze beoordeling zijn studies alsnog geëxcludeerd wanneer bijvoorbeeld de uitkomstmaten niet aansloten bij de onderzoeksvraag, het studiedesign ongeschikt was, of onvoldoende informatie beschikbaar bleek om de effectgrootte te berekenen.

Tabel 2: Inclusie- en exclusiecriteria op basis van de PICO-methode

PICO element	Inclusie	Exclusie
Population (populatie)	• Werkende volwassenen	• Kinderen, Studenten, niet-werkende volwassenen
Intervention (interventie)	• Cybersecuritytraining of educatieve interventie met als bezorgingsmethode een vorm van: app-based of web-based (e-learning)	• Geen focus op bezorgingsmethode (bv. alleen inhoud van de training wordt vergeleken).
Comparator (vergelijking)	• Vergelijking tussen minimaal twee bezorgingsmethoden óf aanwezigheid van een controlegroep (face-to-face).	• Geen vergelijking of beschrijvend zonder controlegroep.
Outcome (uitkomst)	• Onderzoek rapporteert meetbare uitkomsten over leerresultaten (kennis, vaardigheden) en/of gedragsverandering (gedragsintentie, daadwerkelijk gedrag).	• Onderzoek rapporteert geen concrete uitkomsten over leerresultaten of gedragsverandering.
Studietype	• Experimenteel of quasi-experimenteel onderzoek, inclusief RCT's en pre-post design met vergelijkingsgroep.	• Systematische reviews, meta-analyses, casusstudies, enkel kwalitatieve studies.
Overig	• Peer-reviewed. • Engelstalig. • Volledige versie beschikbaar.	• Niet peer-reviewed. • Andere taal dan Engels. • Geen volledige versie beschikbaar.

3.3 Data-extractie en synthese

De data-extractie is uitgevoerd met behulp van Excel en twee extractieformulieren. Het eerste extractieformulier over de karakteristieken van de studies. Deze bevat de volgende kolommen:

- Studie
- Land
- Studie design

- Popluatie
- Steekproefgrootte (n)
- Bezorgingsmethode
- Steekproefgrootte (n) per bezorgingsmethode
- Inhoud training
- Uitkomstmaat
- Meetmoment

Het tweede extractieformulier bevat alle benodigde data voor de datasynthese en bestaat uit de volgende kolommen:

- Studie
- Populatie
- Uitkomstmaat
- Gemiddelde waarde controlegroep post
- Standaarddeviatie controlegroep post
- Steekproefgrootte controlegroep
- Gemiddelde waarde interventiegroep post
- standaarddeviatie interventiegroep post
- Steekproefgrootte interventiegroep

Wanneer een studie een uitkomstmaat niet rapporteert in het formaat *gemiddelde (SD)*, is de beschikbare data omgerekend naar dit formaat op basis van de richtlijnen uit de literatuur. Door de data in dit formaat te zetten, kon per studie de *gestandaardiseerde gemiddeldeverschillen (Standardized Mean Differences, SMD)* worden berekend. Veelgebruikte vormen van de *SMD* zijn *Cohens d* en *Hedges g*, waarbij *Hedges g* een correctie bevat bij kleine steekproefgrootten om de bias te verkleinen. Echter uit simulaties is gebleken dat bij een meta-analyse *Hedges g* juist het tegenovergestelde effect heeft en de bias vergroot (Lin & Aloe, 2020). Daarom is ervoor gekozen te rekenen met *Cohens d*.

Voor de meta-analyse is gebruikgemaakt van een *random-effects model*. De tussenstudievariantie (τ^2) is geschat met de *Restricted Maximum Likelihood (REML) methode*, omdat deze bekendstaat als robuust en geschikt bij een beperkt aantal studies (Langan e.a., 2018). Daarnaast zijn de betrouwbaarheidsintervallen berekend met de *Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman (HKSJ) methode*. Deze methode wordt aangeraden omdat het nauwkeuriger presteert dan de standaard *Dersimonian-Laird methode* (IntHout e.a., 2014). De gepoolde effectgrootte is berekend met behulp van de statistische software R (Versie 4.3.3; R Core Team (2024)) en het R-pakket *meta*.

Daarnaast zijn er subgroepanalyses uitgevoerd op basis van twee kenmerken: de populatie waarop de training gericht was en de gebruikte uitkomstmaat. Deze analyses zijn uitgevoerd om te onderzoeken of het effect van de bezorgingsmethode varieerde tussen verschillende doelgroepen of soorten leeruitkomsten. Er is gekozen voor het gebruik van een gemeenschappelijke τ vanwege het lage aantal studies ($k < 5$) in de subgroepen (Harrer e.a., 2021).

3.4 Kwaliteitsbeoordeling

Voor het beoordelen van de methodologische kwaliteit van de geïncludeerde studies is gebruikgemaakt van de JBI Critical Appraisal Checklist for Experimental Studies ("Appendix 2: Critical Appraisal Tools", 2006). Deze checklist bestaat uit elf beoordelingsvragen die verschillende risico's op bias en andere kwaliteitsaspecten van experimentele onderzoeken evalueren. De volledige checklist is te zien in bijlage 7.3. Elke vraag is één punt waard en op basis van de totaalscore zijn de studies geclassificeerd als van lage kwaliteit (0–4), middelmatige kwaliteit (5–8) of hoge kwaliteit (9–11).

4 Resultaten

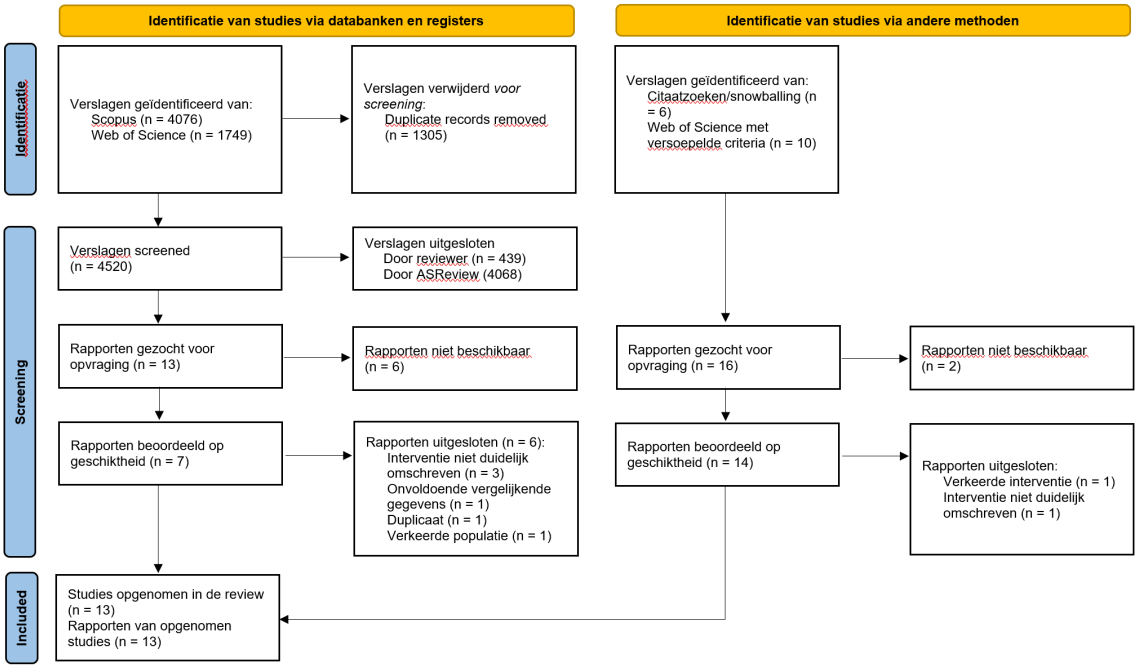
4.1 Studie selectie

De zoekquery leverde 5.825 resultaten op over de twee databases. Na het verwijderen van duplicaten met Covidence blijven er 4.520 resultaten over. Uit het selectieproces is uiteindelijk één studie naar voren gekomen die beschikbaar is en voldoet aan alle inclusie- en exclusiecriteria, namelijk het onderzoek van Alkhazi e.a. (2022). Omdat dit aantal erg beperkt was, is aanvullend gezocht via citaattracking (vooruit- en achteruitzoeken). Dit leverde twee extra studies op. Eén daarvan is een proefschrift dat aan alle criteria voldoet en daarom is meegenomen in de analyse: het onderzoek van Goode (2018). De andere studie, het onderzoek van Raeisinafchi e.a. (2025), voldoet niet aan het criterium dat de interventie specifiek gericht moet zijn op cybersecurity. Vanwege het beperkte aantal beschikbare studies is deze echter toch opgenomen in de analyse.

Vanwege het beperkte aantal geschikte studies (n = 3) is besloten om de zoekstrategie uit te breiden door de inclusie- en exclusiecriteria te versoepelen. Specifiek zijn de criteria met betrekking tot de populatie (*werkende volwassenen*) en het onderwerp van de interventie (*cybersecurity*) losgelaten. Op basis van de eerder opgedane inzichten is een vereenvoudigde zoekquery opgesteld, die hieronder is weergegeven. Deze is toegepast in de database *Web of Science*. De resultaten zijn handmatig gescreend totdat tien aanvullende relevante studies konden worden geselecteerd. De volledige selectieprocedure is weergegeven in Figuur 1.

((Training OR course) AND ("Learning result*" OR "learning outcome" OR effectiveness OR "Effect size*" OR performance) AND (face-to-face OR traditional) AND (computer-gebaseerd OR web-based OR e-learning))*

Figuur 1: PRISMA flow diagram studie selectie



4.2 Studie karakteristieken

Van de dertien geïncludeerde studies hebben er vier een experimenteel between-subject design ((Alkhazi e.a., 2022), (Raeisinafchi e.a., 2025), (Goode, 2018) en (Moazami e.a., 2014)), twee een quasi-experimenteel design ((Burch e.a., 2016) en (Chung e.a., 2018)) en zeven hebben een RCT design ((Khatony e.a., 2009), (Benjamin e.a., 2007), (Maloney e.a., 2011), (Maloney e.a., 2012), (Soon e.a., 2020), (Chenkin e.a., 2008) en (Bock e.a., 2021)). Alle dertien studies hebben onderzoek gedaan naar het verschil tussen een face-to-face en een computer-gebaseerd bezorgingsmethode. Er zijn geen geschikte studies gevonden die gebruikmaken van app- of mobiel-gebaseerd bezorgingsmethoden. De meeste studies hebben de uitkomstmaat *Kennis* onderzocht. Alleen Alkhazi e.a. (2022) en Maloney e.a. (2011) gerapporteerde de uitkomstmaat *gedrag*. De onderzoeken van

Soon e.a. (2020), Chenkin e.a. (2008) en Bock e.a. (2021) rapporteerden ook de uitkomstmaat *vaardigheden*. De dertien onderzoeken hadden bij elkaar 1250 deelnemers, waarvan 581 in de face-to-face-groep en 669 in de computer-gebaseerd groep. De uitgebreide kenmerken van de dertien geïncludeerde studies zijn terug te vinden in Tabel 3.

4.3 Data extractie

Twaalf studies rapporteerden de resultaten in het formaat *gemiddelde (standaard deviatie)*. Alleen het onderzoek van Maloney e.a. (2011) rapporteerde resultaten in het formaat *mediaan (IQR)*. Met behulp van de methode van Wan e.a. (2014) is hiervoor een schatting gemaakt van de resultaten in het formaat *gemiddelde (standaard deviatie)*.
Uit een aantal onderzoeken zijn meerdere datapunten gehaald. In de onderzoeken van Raeisinafchi e.a. (2025) en Maloney e.a. (2011) is de uitkomstmaat *kennis* gemeten op twee verschillende onderwerpen. In het onderzoek van Goode (2018) is er naast het verschil tussen de bezorgingsmethode face-to-face en computer-gebaseerd ook gekeken naar twee verschillende trainingsmethoden. De onderzoeken van Moazami e.a. (2014) en Soon e.a. (2020) hebben twee meetmomenten: direct na de training en twee maanden later. De onderzoeken van Alkhazi e.a. (2022) en Maloney e.a. (2011) rapporteerden naast de uitkomstmaat *kennis* ook over *gedrag*. De onderzoeken van Soon e.a. (2020), Chenkin e.a. (2008) en Bock e.a. (2021) rapporteerden naast de uitkomstmaat *kennis* ook over *vaardigheden*. Uit de dertien studies zijn 24 datapunten verzameld die meegenomen worden in de data-analyse en synthese. De volledige geëxtraheerde dataset is te zien in Tabel 4.

Tabel 3: Karakteristieken van de geïncludeerde studies

Studie	**Land**	**Studie design**	**Populatie**	**n**	**Bezorgmethode**	**n**	**Inhoud training**	**Uitkomstmaat**	**Meetmoment**
Alkhazi (2022)	Koeweit	Experimenteel between-subject	Overheidsambtenaren	64	face-to-face computer-gebaseerd	31 33	Algemene informatie over cybersecurity: Wachtwoorden, hardware-security, sociale engineering, omgaan met data.	Kennis Gedrag	Pre-post
Raeisinafchi (2025)	VS	Experimenteel between-subject	Bouwvakkers	301	face-to-face computer-gebaseerd	93 208	Informatie over het identificeren van gevaren, identificeren welke gevaren "High-energie"zijn, identificeren van fysieke beheersmaatregelen	Kennis	Pre-post
Goode (2018)	VS	Experimenteel between-subject	Universiteitsmedewerkers	100	face-to-face computer-gebaseerd	50 50	Informatie over toegangscontrole (gegevensbeveiliging, gegevensvernietiging, encryptie), back-up, bescherming tegen malware en social engineering, privacy en bescherming van persoonlijk identificeerbare informatie	Kennis	Pre-post
Moazami (2014)	Iran	Experimenteel between-subject	Tandheelkunde studenten	35	face-to-face computer-gebaseerd	20 15	Roterende instrumentatie van wortelkanalen	Kennis	Post Post (2 maanden)
Burch (2016)	VS	Quasi-experimenteel	Studenten	180	face-to-face computer-gebaseerd	94 86	Introductie over management	Kennis	post
Khatony (2009)	Iran	RCT	Verpleegkundigen	140	face-to-face computer-gebaseerd	70 70	Informatie over aids en hoe te behandelen	Kennis	Pre-post
Benjamin (2007)	VS	RCT	Gezondheidsadviseurs kinderopvang	33	face-to-face computer-gebaseerd	16 17	Informatie over de invloed van fysieke beweging en voeding op overgewicht bij kinderen	Kennis	Pre-post
Maloney (2012)	Australië	RCT	Zorgmedewerkers	85	face-to-face computer-gebaseerd	39 46	Educatie over het omgaan met patiënten met verhoogd risico op vallen	Kennis	Post
Maloney (2011)	Australië	RCT	Zorgmedewerkers	92	face-to-face computer-gebaseerd	49 43	Educatie over het omgaan met patiënten met verhoogd risico op vallen	Kennis Gedrag	Post
Soon (2020)	VS	RCT	Zorgmedewerkers	45	face-to-face computer-gebaseerd	23 22	Educatie over longechografie	Kennis Vaardigheden	Pre-post Post (2 maanden)
Chung (2018)	Australië	Quasi-experimenteel	Verpleegkundigen	130	face-to-face computer-gebaseerd	74 56	Educatie over het herkennen en handelen bij patiënten waarbij de toestand verslechterd	Kennis	Pre-post
Chenkin (2008)	Canada	RCT	Spoedeisende- hulpartsen en arts-assistenten	21	face-to-face computer-gebaseerd	10 11	Educatie over hoe een echografiegeleide vasculaire toegang uit te voeren	Kennis Vaardigheden	Pre-post
Bock (2021)	Duitsland	RCT	Tandheelkunde studenten	24	face-to-face computer-gebaseerd	12 12	Educatie over aanbrengen van lokale anesthesie	Kennis Vaardigheden	Post

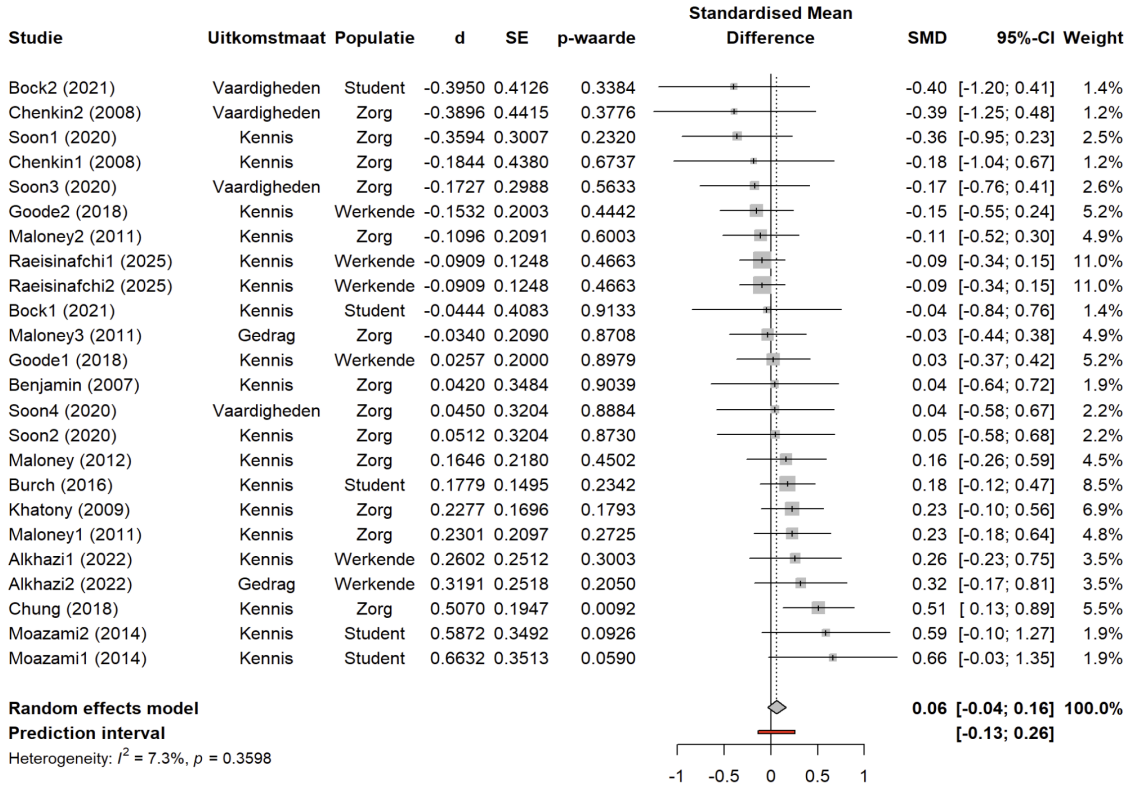
Tabel 4: Geëxtraheerde data uit de geïncludeerde studies

Studie	Populatie	Uitkomstmaat	Gem FtF post	SD FtF post	n	Gem CB post	SD CB post	n
Alkhazi1 (2022)	Medewerkers	Kennis	42.00	10.80	31	44.60	9.17	33
Alkhazi2 (2022)	Medewerkers	Gedrag	34.40	10.00	31	37.30	8.14	33
Raeisinafchi1 (2025)	Medewerkers	Kennis	0.27	0.11	93	0.26	0.11	208
Raeisinafchi2 (2025)	Medewerkers	Kennis	0.48	0.22	93	0.46	0.22	208
Goode1 (2018)	Medewerkers	Kennis	94.98	6.66	50	95.13	4.89	50
Goode2 (2018)	Medewerkers	Kennis	96.63	3.53	50	95.92	5.52	50
Moazami1 (2014)	Studenten	Kennis	19.25	5.11	20	22.45	4.41	15
Moazami2 (2014)	Studenten	Kennis	17.26	3.35	20	19.65	4.88	15
Burch (2016)	Studenten	Kennis	82.16	12.63	94	84.33	11.71	86
Khatony (2009)	Zorgmedewerkers	Kennis	22.00	1.60	70	22.40	1.90	70
Benjamin (2007)	Zorgmedewerkers	Kennis	91.10	8.82	16	91.40	5.07	17
Maloney (2012)	Zorgmedewerkers	Kennis	81.60	9.50	39	83.20	9.90	46
Maloney1 (2011)	Zorgmedewerkers	Kennis	80.41	14.76	49	83.85	15.17	43
Maloney2 (2011)	Zorgmedewerkers	Kennis	78.77	12.30	49	77.40	12.73	43
Maloney3 (2011)	Zorgmedewerkers	Gedrag	21.88	3.24	49	21.75	4.40	43
Soon1 (2020)	Zorgmedewerkers	Kennis	95.40	5.00	23	93.40	6.10	22
Soon2 (2020)	Zorgmedewerkers	Kennis	75.60	14.10	20	76.30	13.20	19
Soon3 (2020)	Zorgmedewerkers	Vaardigheden	91.80	9.60	23	89.90	12.30	22
Soon4 (2020)	Zorgmedewerkers	Vaardigheden	78.30	15.90	20	79.00	15.20	19
Chung (2018)	Zorgmedewerkers	Kennis	8.10	1.60	74	8.93	1.70	43
Chenkin1 (2008)	Zorgmedewerkers	Kennis	80.30	6.60	10	78.80	9.30	11
Chenkin2 (2008)	Zorgmedewerkers	Vaardigheden	77.80	3.60	10	75.00	9.30	11
Bock1 (2021)	Studenten	Kennis	14.80	2.30	12	14.70	2.20	12
Bock2 (2021)	Studenten	Vaardigheden	161.00	12.00	12	154.00	22.00	12

4.4 Data synthese

De berekende SMD's met 95% betrouwbaarheidsintervallen zijn te zien in Figuur 2. De q-waarde voor heterogeniteit bedraagt 24.82. Het aantal vrijheidsgraden is 23. De bijbehorende p-waarde is 0.360. Ondanks dat de q-waarde boven de df ligt, is er geen statistische heterogeniteit aangetoond tussen de studies. De resultaten van de subanalyses zijn te vinden in Tabel 6 en Tabel 5.

Figuur 2: Forest plot met effectgrootte per studie



Tabel 5: Subgroep-analyse *uitkomstmaat*

	k	SMD	95% CI	p-waarde	Tau	I^2	p-waarde (subgroep)
Uitkomstmaat							0.062
Gedrag	2	0.115	[−2.102; 2.330]	0.629	0.096	14.1	
Kennis	18	0.083	[−0.034; 0.200]	0.153	0.096	17.6	
Vaardigheden	4	-0.185	[−0.510; 0.140]	0.168	0.096	0.0	

Tabel 6: Subgroep-analyse *populatie*

	k	SMD	95% CI	p-waarde	Tau	I^2	p-waarde (subgroep)
Populatie							0.192
Studenten	5	0.213	[−0.165; 0.592]	0.192	0.000	26.1	
Medwerkers	6	-0.027	[−0.190; 0.135]	0.686	0.000	0.0	
Zorgmedewerkers	13	0.091	[−0.058; 0.239]	0.207	0.000	0.0	

4.5 computer-gebaseerd versus face-to-face

De gecombineerde (gepoolde) effectgrootte voor computer-gebaseerd trainingen (interventie) versus face-to-face trainingen (vergelijkingsgroep) bedraagt 0.06, met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van -0.04 tot 0.16. De bijbehorende p-waarde is 0.197. Aangezien het betrouwbaarheidsinterval de nul bevat en de p-waarde niet significant is ($p > 0.05$), kan de nulhypothese niet worden verworpen. Er is dus geen statistisch significant verschil gevonden in de effectiviteit van face-to-face versus computer-gebaseerd trainingen. Het voorspellingsinterval (*Prediction interval*) loopt van -0.13 tot 0.26, wat suggereert dat het werkelijke effect in toekomstige studies binnen dit bereik kan

vallen — en dus zowel positief als negatief kan zijn.

Er is een subgroepanalyse uitgevoerd om te onderzoeken of het effect van de bezorgingsmethode verschilt tussen verschillende typen uitkomstmaten. De resultaten in Tabel 5 laten zien dat de grootste effectgrootte gevonden is bij *gedrag* met een SMD van 0.115 (95%-BI: $[-2.102; 2.330]$), gevolgd door *kennis* met een SMD van 0.083 (95%-BI: $[-0.034; 0.200]$) en *vaardigheden* met een SMD van -0.185 (95%-BI: $[-0.510; 0.140]$). Geen van de individuele effectgroottes is statistisch significant. De verschillen tussen subgroepen zijn nagenoeg statistisch significant ($p = 0,062$), wat suggereert dat het type uitkomstmaat mogelijk van invloed is op de effectgrootte, maar dit dient met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.

Om te onderzoeken of de effectgrootte varieert tussen verschillende typen deelnemers, is een subgroepanalyse uitgevoerd op basis van populatie. De resultaten in Tabel 6 laten zien dat de grootste effectgrootte gevonden is bij *studenten* met een SMD van 0.213 (95%-BI: $[-0.165; 0.592]$), gevolgd door *Zorgmedewerkers* met een SMD van 0.091 (95%-BI: $[-0.058; 0.239]$) en *Medewerkers* met een SMD van -0.027 (95%-BI: $[-0.190; 0.135]$). Geen van de individuele effectgroottes is statistisch significant. De verschillen tussen subgroepen zijn niet statistisch significant ($p = 0,192$).

4.6 Kwaliteit van de studies

De scores op kwaliteit per studie zijn te zien in Tabel 7. De *J* staat voor *Ja*, *N* voor *Nee* en *O* voor *Onduidelijk*. Een punt wordt alleen toegewezen bij een *Ja*. Acht studies scoren *medium* en vijf scoren *hoog*. Omdat het type interventie direct waarneembaar was voor de deelnemers, kon blindering niet worden toegepast. Daarom scoorden alle studies *Nee* op vraag twee van de checklist.

Tabel 7: Kwaliteitsbeoordeling per studie

	Vraag												
Studie	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**Totaal**	**Kwaliteit**
Alkhazi (2022	J	N	N	N	O	J	J	J	J	J	J	7	Medium
Raeisinafchi(2025)	N	N	O	N	O	J	J	J	J	J	J	6	Medium
Goode (2018)	J	N	O	J	O	J	J	J	J	J	J	8	Medium
Moazami (2014)	J	N	O	J	O	J	J	J	J	J	J	8	Medium
Burch (2016)	O	N	O	O	O	O	J	J	J	J	J	5	Medium
Khatony (2009)	J	N	J	J	O	J	J	J	J	J	J	9	Hoog
Benjamin (2007)	J	N	J	J	O	J	J	J	J	J	J	9	Hoog
Maloney (2012)	J	N	J	J	J	J	J	J	J	N	J	9	Hoog
Maloney (2011)	J	N	J	J	J	J	J	J	J	N	J	9	Hoog
Chung (2018)	N	N	N	N	O	J	J	J	J	O	J	5	Medium
Soon (2020)	J	N	O	O	O	J	J	J	J	J	J	7	Medium
Chenkin (2008)	J	N	J	J	J	J	J	J	J	J	J	10	Hoog
Bock (2021)	J	N	O	J	O	O	J	J	O	J	J	6	Medium

5 Conclusie

In dit onderzoek is middels een meta-analyse onderzocht wat het effect is van verschillende bezorgingsmethoden van trainingen op de effectiviteit, gemeten in de uitkomstmaten *kennis, gedrag en vaardigheden*. Er zijn 13 studies geïncludeerd en daaruit zijn 24 datapunten opgenomen in de analyse, welke allemaal onderzoek hebben gedaan naar computer-gebaseerd (interventie) versus face-to-face (vergelijkingsgroep) bezorgingsmethode. Op basis van deze data is er een klein, niet-significant effect gevonden met een gepoolde SMD van 0.06 (95%-BI; $[0.04; 0.16]$). Subgroepanalyses lieten zien dat er geen statistisch significante verschillen zijn tussen typen uitkomstmaten (kennis, gedrag of vaardigheden) of tussen verschillende doelgroepen (studenten, medewerkers en zorgmedewerkers).

Uit het onderzoek van van Zee (2024) is gebleken dat zorgmedewerkers de voorkeur geven aan app-based trainingen, gevolgd door face-to-face trainingen, waarbij computer-gebaseerd trainingen het minst worden gewaardeerd. Helaas biedt de huidige meta-analyse geen aanknopingspunten om conclusies te trekken over de effectiviteit van app-based trainingen. Op basis van het onderzoek van

van Zee (2024) en de resultaten van deze meta-analyse lijkt het, gekeken naar de effectiviteit van de training en voorkeur van zorgmedewerkers, het meest wenselijk om bij cybersecuritytrainingen voor zorgmedewerkers te kiezen voor een face-to-face bezorgingsmethode boven een computer-gebaseerd bezorgingsmethode.

6 Discussie

6.1 Koppeling met literatuur

Vanuit de theorie van het volwassen leren (*Adult Learning Theory*) kan worden beargumenteerd dat computer-gebaseerd trainingen mogelijk minder effectief zijn voor volwassenen ten opzichte van face-to-face trainingen. Voor volwassenen spelen eerdere leerervaringen een belangrijke rol; deze bepalen namelijk de voorkeuren voor de huidige leermethode. Omdat computer-gebaseerd leren (met name sinds de coronapandemie) sterk in opkomst is, hebben veel volwassenen hier relatief weinig ervaring mee. Dit zou de effectiviteit van dergelijke trainingen voor deze doelgroep kunnen beperken. Toch suggereren de resultaten van deze meta-analyse dat computer-gebaseerd trainingen niet ondergeschikt zijn aan traditionele face-to-face trainingen. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat computer-gebaseerd trainingen de mogelijkheid hebben elementen toe te voegen welke een positief effect hebben op het leerresultaat, zoals het interactiever maken van de lesstof (Zhang, 2005).

De resultaten van de subgroepanalyse naar populatie suggereren dat computer-gebaseerd leren bij studenten een klein positief effect heeft ($SMD = 0.213$), al is dit effect niet statistisch significant ($p = 0.192$). Het uitblijven van significantie kan mogelijk worden verklaard door het beperkte aantal datapunten ($k = 5$) en studies ($n = 4$). Met een groter aantal geïncludeerde studies is het aannemelijk dat dit effect stabieler en mogelijk significant wordt. Een recente meta-analyse ondersteunt dit, en toont aan dat computer-gebaseerd trainingen onder studenten een gemiddelde effectgrootte van 0.49 hebben ten opzichte van face-to-face onderwijs (Koishybekova e.a., 2025).

6.2 Bias

Het is vanzelfsprekend bij een meta-analyse dat het screenen van de studies wordt uitgevoerd door minimaal twee reviewers. Bij deze meta-analyse is het gehele screening- en data-extractieproces door één reviewer uitgevoerd. Daardoor is er een verhoogd risico op selectie-bias en fouten bij data-extractie. Dit heeft impact op de validiteit van de meta-analyse.

Onderzoeken die significante resultaten rapporteren hebben meer kans om gepubliceerd te worden dan onderzoeken die geen significante resultaten rapporteren. Dit wordt publicatie-bias of *file drawer problem* genoemd (Nair, 2019). Of er sprake is van publicatie-bias kan gecontroleerd worden met een funnel-plot. De funnel-plot voor deze meta-analyse is te vinden in bijlage 7.4. Omdat de studies binnen een symmetrische omgekeerde trechtervorm vallen, behalve het onderzoek van Chung e.a. (2018), kan er geconcludeerd worden dat er een kleine kans is op publicatie-bias (Nair, 2019).

6.3 Limitaties

Een belangrijke beperking van deze meta-analyse is de heterogeniteit in de inhoud van de geïncludeerde studies. Er is weinig literatuur gevonden over trainingen met als specifieke inhoud cybersecurity. De publicatiejaren van de drie onderzoeken die wel dit onderwerp hadden (2018, 2022 en 2025), laten zien dat het een opkomend onderwerp is voor onderzoek.

Daarnaast is een limitatie van deze meta-analyse het beperkte aantal studies dat uiteindelijk is geïncludeerd. Vooral door het lage aantal studies k in de subgroepanalyse zijn de betrouwbaarheidsintervallen groot. Hoewel er veel tijd en moeite is gestoken in het ontwikkelen van een goede zoekstrategie, die bovendien is voorzien van feedback door een docent informatievaardigheden, bleek het aantal relevante en geschikte studies gering. Dit suggereert dat er binnen het specifieke onderzoeksdomein van cybersecurity en zorg nog onvoldoende wetenschappelijke literatuur beschikbaar is. Het beperkte aantal studies heeft vanzelfsprekend invloed op de kwaliteit en generaliseerbaarheid van de bevindingen uit deze meta-analyse.

6.4 Maatschappelijke relevantie en vervolgonderzoek

In een tijd waarin zorginstellingen steeds vaker geraakt worden door cyberaanvallen, is het effectief en efficiënt trainen van personeel van groot belang. Deze meta-analyse draagt bij aan het bepalen van de effectiviteit van de bezorgingsmethode computer-gebaseerd en face-to-face, wat zorgorganisaties helpt een onderbouwde keuze te maken tussen deze twee methoden.

Toekomstige onderzoeken moeten zich specifiek richten op cybersecuritytrainingen in de zorg. Op dit gebied zijn er nog weinig onderzoeken gedaan. Daarbij zou meer uniformiteit in het berekenen van de uitkomstmaat kunnen zorgen voor een betere vergelijkbaarheid tussen studies en grotere precisie bij meta-analyses. Hiervoor zou bijvoorbeeld de *HAIS-Q*-vragenlijst een goede optie zijn (Parsons e.a., 2017).

Referenties

Alkhazi, B., Alshaikh, M., Alkhezi, S., & Labbaci, H. (2022). Assessment of the Impact of Information Security Awareness Training Methods on Knowledge, Attitude, and Behavior. *IEEE Access*, *10*, 132132–132143. https://doi.org/10.1109/access.2022.3230286

Appendix 2: Critical Appraisal Tools. (2006). In *Evidence-Based Clinical Practice in Nursing and Health Care* (pp. 177–182). John Wiley Sons, Ltd. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781444316544.app2

ASReview LAB developers. (2025). *ASReview LAB - A tool for AI-assisted systematic reviews* (Versie v2.0.2). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15465129

Benjamin, S. E., Tate, D. F., Bangdiwala, S. I., Neelon, B. H., Ammerman, A. S., Dodds, J. M., & Ward, D. S. (2007). Preparing Child Care Health Consultants to Address Childhood Overweight: A Randomized Controlled Trial Comparing Web to In-Person Training. *Maternal and Child Health Journal*, *12*(5), 662–669. https://doi.org/10.1007/s10995-007-0277-1

Bock, A., Kniha, K., Goloborodko, E., Lemos, M., Rittich, A. B., Möhlhenrich, S. C., Rafai, N., Hölzle, F., & Modabber, A. (2021). Effectiveness of face-to-face, blended and e-learning in teaching the application of local anaesthesia: a randomised study. *BMC Medical Education*, *21*(1). https://doi.org/10.1186/s12909-021-02569-z

Burch, G., Heller, J. A., Burch, J. J., & Heller, N. A. (2016). Web-based and face-to-face classes: are there unintended outcomes? *Journal of Management Development*, *35*(8), 1031–1044. https://doi.org/10.1108/jmd-06-2015-0088

Chaudhary, S., Gkioulos, V., & Katsikas, S. (2022). Developing metrics to assess the effectiveness of cybersecurity awareness program. *Journal of Cybersecurity*, *8*(1). https://doi.org/10.1093/cybsec/tyac006

Chenkin, J., Lee, S., Huynh, T., & Bandiera, G. (2008). Procedures Can Be Learned on the Web: A Randomized Study of Ultrasound-guided Vascular Access Training. *Academic Emergency Medicine*, *15*(10), 949–954. https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00231.x

Chowdhury, N., & Gkioulos, V. (2023). A personalized learning theory-based cyber-security training exercise. *International Journal of Information Security*, *22*(6), 1531–1546. https://doi.org/10.1007/s10207-023-00704-z

Chung, C., Cooper, S. J., Cant, R. P., Connell, C., McKay, A., Kinsman, L., Gazula, S., Boyle, J., Cameron, A., Cash, P., Evans, L., Kim, J.-A., Masud, R., McInnes, D., Norman, L., Penz, E., Rotter, T., Tanti, E., & Breakspear, T. (2018). The educational impact of web-based and face-to-face patient deterioration simulation programs: An interventional trial. *Nurse Education Today*, *64*, 93–98. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.01.037

Coventry, L., & Branley, D. (2018). Cybersecurity in healthcare: A narrative review of trends, threats and ways forward. *Maturitas*, *113*, 48–52. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.008

Covidence. (2025). *Covidence systematic review software*. Veritas Health Innovation, Melbourne, Australia. Available at https://www.covidence.org.

De Staat van Volksgezondheid en Zorg. (2025a). Wachttijd behandeling medisch specialistische zorg: Overschrijding Treeknorm en gemiddelde wachttijd. https://www.staatvenz.nl/kerncijfers/wachttijd-behandeling-medisch-specialistische-zorg-overschrijding-treeknorm-en-gemiddelde-wachttijd

De Staat van Volksgezondheid en Zorg. (2025b). Wachttijd diagnostiek medisch specialistische zorg: Overschrijding Treeknorm en gemiddelde wachttijd. https://www.staatvenz.nl/kerncijfers/wachttijd-diagnostiek-medisch-specialistische-zorg-overschrijding-treeknorm-en-gemiddelde-wachttijd

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7

Goode, J. (2018). *Comparing Training Methodologies on Employee's Cybersecurity Countermeasures Awareness and Skills in Traditional vs. Socio-Technical Programs* [proefschrift, Nova Southeastern University]. https://nsuworks.nova.edu/gscis_etd/1045

Google. (2025). *NotebookLM* (Versie Gemini 2.0). https://notebooklm.google.com/

Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A., & Ebert, D. D. (2021). Doing Meta-Analysis With R: A Hands-On Guide. Chapman Hall/CRC Press.

IntHout, J., Ioannidis, J. P., & Borm, G. F. (2014). The Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman method for random effects meta-analysis is straightforward and considerably outperforms the standard DerSimonian-Laird method. *BMC Medical Research Methodology*, *14*(1). https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-25

Keller, J. M. (1987). Strategies for stimulating the motivation to learn. *Performance + Instruction*, *26*(8), 1–7. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pfi.4160260802

Khatony, A., Nayery, N. D., Ahmadi, F., Haghani, H., & Vehvilainen-Julkunen, K. (2009). The effectiveness of web-based and face-to-face continuing education methods on nurses' knowledge about AIDS: a comparative study. *BMC Medical Education*, *9*(1). https://doi.org/10.1186/1472-6920-9-41

Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2005). A Theory of Adult Learning: Andragogy. In *The Adult Learner* (6de ed., pp. 64–69). Elsevier.

Koishybekova, A., Zhanatbekova, N., Khaimuldanov, Y., Orazbayeva, A., & Abykenova, D. (2025). Digital learning and student outcomes: a mathematical synthesis from the last decade. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, *14*(2), 1150. https://doi.org/10.11591/ijere.v14i2.30431

Langan, D., Higgins, J. P., Jackson, D., Bowden, J., Veroniki, A. A., Kontopantelis, E., Viechtbauer, W., & Simmonds, M. (2018). A comparison of heterogeneity variance estimators in simulated random-effects meta-analyses. *Research Synthesis Methods*, *10*(1), 83–98. https://doi.org/10.1002/jrsm.1316

Lin, L., & Aloe, A. M. (2020). Evaluation of various estimators for standardized mean difference in meta-analysis. *Statistics in Medicine*, *40*(2), 403–426. https://doi.org/10.1002/sim.8781

Maloney, S., Haas, R., Keating, J. L., Molloy, E., Jolly, B., Sims, J., Morgan, P., & Haines, T. (2011). Effectiveness of Web-Based Versus Face-To-Face Delivery of Education in Prescription of Falls-Prevention Exercise to Health Professionals: Randomized Trial. *Journal of Medical Internet Research*, *13*(4), e116. https://doi.org/10.2196/jmir.1680

Maloney, S., Haas, R., Keating, J. L., Molloy, E., Jolly, B., Sims, J., Morgan, P., & Haines, T. (2012). Breakeven, Cost Benefit, Cost Effectiveness, and Willingness to Pay for Web-Based Versus Face-to-Face Education Delivery for Health Professionals. *Journal of Medical Internet Research*, *14*(2), e47. https://doi.org/10.2196/jmir.2040

Ministerie van Financien. (2024). 2.1 Begroting 2024 [Geraadpleegd: 25-februari-2025]. https://www.rijksfinancien.nl/miljoenennota/2024/2153142

Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2018). Slimme oplossingen in de zorg [Geraadpleegd: 10-maart-2025]. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2018/11/20/slimme-oplossingen-in-de-zorg

Moazami, F., Bahrampour, E., Azar, M. R., Jahedi, F., & Moattari, M. (2014). Comparing two methods of education (virtual versus traditional) on learning of Iranian dental students: a post-test only design study. *BMC Medical Education*, *14*(1). https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-45

Nair, A. (2019). Publication bias - Importance of studies with negative results! *Indian Journal of Anaesthesia*, *63*(6), 505. https://doi.org/10.4103/ija.ija_142_19

Nobles, C. (2018). Botching Human Factors in Cybersecurity in Business Organizations. *HOLISTICA – Journal of Business and Public Administration*, *9*(3), 71–88. https://doi.org/10.2478/hjbpa-2018-0024

Noe, R. A. (2010). Learning: Theories and program design. In *Employee training development* (5de ed., pp. 140–141). McGraw-Hill/Irwin.

OpenAI. (2024). *Large language model* (Versie GPT-4o). chat.openai.com/chat

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Health at a Glance 2023: OECD Indicators* (Report). https://doi.org/https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., & Mulrow, C. D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Parsons, K., Calic, D., Pattinson, M., Butavicius, M., McCormac, A., & Zwaans, T. (2017). The Human Aspects of Information Security Questionnaire (HAIS-Q): Two further validation studies. *Computers amp; Security*, *66*, 40–51. https://doi.org/10.1016/j.cose.2017.01.004

Prognosemodel Zorg en Welzijn. (2024). 3 Zorg en welzijn (smal) [Geraadpleegd: 26-februari-2025]. https://prognosemodelzw.nl/dashboard/stories-dashboard/zorg-en-welzijn--smal-

Prümmer, J., van Steen, T., & van den Berg, B. (2024). A systematic review of current cybersecurity training methods. *Computers Security*, *136*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103585

R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. https://www.R-project.org

Raeisinafchi, R., Bhandari, S., Perry, L., Hallowell, M. R., Albert, A., & Correll, J. (2025). Comparing training delivery methods: Impact on learning outcomes and engagement among construction workers. *Safety Science*, *187*, 106870. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106870

Rutten, P., van Zijl, N., & Merckelbach, S. (2025). *Digitale zorg in Nederland: Van evolutie naar revolutie* (Report). https://www.mckinsey.com/nl/our-insights/digitale-zorg-in-nederland-van-evolutie-naar-revolutie

Schneider, E. C., Shah, A., Doty, M. M., Tikkanen, R., Fields, K., & Williams II, R. D. (2021). *Mirror, Mirror 2021: Reflecting Poorly, Health Care in the U.S. Compared to Other High-Income Countries* (Report). https://doi.org/https://doi.org/10.26099/01dv-h208

Soon, A. W., Toney, A. G., Stidham, T., Kendall, J., & Roosevelt, G. (2020). Teaching Point-of-Care Lung Ultrasound to Novice Pediatric Learners: Web-Based E-Learning Versus Traditional Classroom Didactic. *Pediatric Emergency Care*, *36*(7), 317–321. https://doi.org/10.1097/pec.0000000000001482

Triplett, W. J. (2022). Addressing Human Factors in Cybersecurity Leadership. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, *2*(3), 573–586. https://doi.org/10.3390/jcp2030029

van Zee, P. (2024). *Het identificeren van barrières met een DCE voor participatie van cybersecurity trainingen in de zorg* [Thesis]. https://essay.utwente.nl/100490/

van de Schoot, R., de Bruin, J., Schram, R., Zahedi, P., de Boer, J., Weijdema, F., Kramer, B., Huijts, M., Hoogerwerf, M., Ferdinands, G., Harkema, A., Willemsen, J., Ma, Y., Fang, Q., Hindriks, S., Tummers, L., & Oberski, D. L. (2021). An open source machine learning framework for efficient and transparent systematic reviews. *Nature Machine Intelligence*, *3*(2), 125–133. https://doi.org/10.1038/s42256-020-00287-7

vzinfo. (2024a). Chronische aandoeningen en multimorbiditeit — Leeftijd en geslacht [Geraadpleegd: 26-februari-2025]. https://www.vzinfo.nl/chronische-aandoeningen-en-multimorbiditeit/leeftijd-en-geslacht

vzinfo. (2024b). Levensverwachting — Leeftijd en geslacht [Geraadpleegd: 26-februari-2025]. https://www.vzinfo.nl/levensverwachting/leeftijd-en-geslacht

Wan, X., Wang, W., Liu, J., & Tong, T. (2014). Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range. *BMC Medical Research Methodology*, *14*(1). https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-135

Z-Cert. (2022). *Cybersecurity Dreigingsbeeld Zorg 2021* (Report). https://z-cert.nl/actueel/nieuws/z-cert-presenteert-tweede-cybersecurity-dreigingsbeeld-voor-de-zorg#:~:text=dreigingsbeeld

Z-Cert. (2024). *Cybersecurity dreigingsbeeld voor de zorg 2023* (Report). https://z-cert.nl/actueel/nieuws/het-cybersecurity-dreigingsbeeld-voor-de-zorg-2023

Zhang, D. (2005). Interactive Multimedia-Based E-Learning: A Study of Effectiveness. *American Journal of Distance Education*, *19*(3), 149–162. https://doi.org/10.1207/s15389286ajde1903_3

7 Bijlagen

7.1 AI statement

Voor het tot stand komen van deze thesis zijn een aantal AI-modellen gebruikt. Het AI-model *ELAS u4* beschikbaar in het programma ASReview (ASReview LAB developers, 2025) is gebruikt om het proces van titel- en abstractscreening te versnellen. Het AI-model *GPT 4o* van OpenAI (OpenAI, 2024) is gebruikt voor het controleren en verbeteren van spelling en zinsopbouw en ter ondersteuning bij de syntaxis van LaTeX. Het AI-model *Gemini 2.0* in het programma NotebookLM van Google (Google, 2025) is ingezet ter ondersteuning bij het doorzoeken en controleren van de inhoud van studies. Na het gebruik van deze hulpmiddelen en diensten is de inhoud grondig gecontroleerd en waar nodig aangepast. De volledige verantwoordelijkheid voor het eindresultaat ligt bij de schrijver van de thesis.

7.2 zoekqueries

Web of Science TS=((cybersecurity OR "cyber security" OR "information security" OR "digital security" OR "computer security" OR "IT security" OR "security threats") AND (Intervention* OR Training* OR course OR instruct* OR educat* OR E-learn*) AND ("Learning result*" OR "learning outcome" OR effectiveness OR "training Effect*" OR (training NEAR/2 efficienc*) OR "Effect size*" OR "training transfer" OR "knowledge transfer" OR "knowledge retention" OR "Information Security Awareness" OR "ISA" OR "HAIS-Q" OR "Awareness level*" OR "Behaviour* change" OR "Behaviour* outcome" OR "Self-reported behaviour" OR Attitude OR Intention* OR adherence OR compliance))

Scopus TITLE-ABS-KEY((cybersecurity OR "cyber security" OR "information security" OR "digital security" OR "computer security" OR "IT security" OR "security threats") AND (Intervention* OR Training* OR course OR instruct* OR educat* OR E-learn*) AND ("Learning result*" OR "learning outcome" OR effectiveness OR "training Effect*" OR (training W/2 efficienc*) OR "Effect size*" OR "training transfer" OR "knowledge transfer" OR "knowledge retention" OR "Information Security Awareness" OR "ISA" OR "HAIS-Q" OR "Awareness level*" OR "Behaviour* change" OR "Behaviour* outcome" OR "Self-reported behaviour" OR Attitude OR Intention* OR adherence OR compliance))

7.3 Checklist kwaliteitsbeoordeling

JBI Critical Appraisal Checklist for Experimental Studies

Reviewer _____ Date _____
Author _____ Year _____ Record number _____

	Yes	No	Unclear
1. Was the assignment to treatment groups random?			
2. Were participants blinded to treatment allocation?			
3. Was allocation to treatment groups concealed from the allocator?			
4. Were the outcomes of people who withdrew described and included in the analysis?			
5. Were those assessing outcomes blind to the treatment allocation?			
6. Were the control and treatment groups comparable at entry?			
7. Were groups treated identically other than for the named interventions?			
8. Were outcomes measured in the same way for all groups?			
9. Were outcomes measured in a reliable way?			
10. Was there adequate follow-up (>80%)			
11. Was appropriate statistical analysis used?			

Overall appraisal: Include ☐ Exclude ☐ Seek further info. ☐

Comments (Including reasons for exclusion)

_____
_____
_____

7.4 Funnel plot