

# Visual Problem Solving and Self-regulation in Training Air Traffic Control

Citation for published version (APA):

van Meeuwen, L. W. (2013). Visual Problem Solving and Self-regulation in Training Air Traffic Control. [Doctoral Thesis, Open Universiteit: faculties and services]. Open Universiteit.

## Document status and date:

Published: 06/09/2013

## Document Version:

Peer reviewed version

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

<https://www.ou.nl/taverne-agreement>

## Take down policy

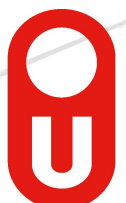
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 06 Nov. 2024

Open Universiteit  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



## SUMMARY

Air traffic controllers must adapt to and act upon continuing changes in a highly advanced technological, complex, and visually oriented work environment. Therefore, air traffic control (ATC) students must not only learn the complex ATC skills as they are required at the moment of their training, but must also learn to adapt and develop competences to be prepared for future changes. Such changes may concern working procedures, new technologies, rules of governing and controlling air traffic, and the increasing rate of air traffic. Present training programs for air traffic controllers do not optimally take future changes into account, and students are not specifically prepared for future learning because these programs pay no attention to the development of self-directed and self-regulated learning skills.

The main aim of this dissertation is to gain a better understanding of the visual problem solving skills involved in ATC and to develop instructional guidelines that help ATC students to better prepare for future learning. Chapter 1 introduces the aspects that make the ATC domain complex and addresses the main research questions that will be answered in this dissertation. This domain requires continuous human performance that ensures optimal safety, but also considers efficiency. Working on this fine line between safety and efficiency makes the work of an air traffic controller a sustained effort to find optimal solutions. Moreover, ATC is primarily a perceptual task where task performance heavily relies on visual search (i.e., accurate identification of important objects) and visual information interpretation. While there is a fair amount of research on expert-novice differences, the number of studies which include intermediates is limited (cf. Gegenfurtner, Lehtinen, & Säljö, 2011). To improve instruction, it is important to determine which visual strategies are used in visual problem solving at different levels of expertise, including intermediates. Therefore the first study in this dissertation addressed the question: *Which visual strategies are used in ATC by experts, intermediates and novices?*

Next to the visual complexity of ATC, the domain is evolving at an increasing rate. Air traffic controllers are regularly confronted with major changes in the technologies they use and the regulations they have to follow. Therefore, air traffic controllers and ATC students not only need to master domain-specific ATC competencies but also need to be able to react adequately to changes in their work to maintain their expertise across their working lifetime. To train air traffic controllers so that they can keep up with their unremittingly changing work environment, instruction in ATC must include the training of regulation skills. Therefore, the second question in this

dissertation is: *Which regulation skills are important for ATC students, according to the different stakeholders in the training process?* As the aim is to train students' regulation skills as an integrated part of their ATC training also the following question has to be answered: *What are the requirements for a learning environment intended to integrate the development of domain-specific ATC skills and self-regulation skills, in a cognitively complex domain such as ATC?* To verify the plausibility of an integrated training of self-regulation skills in ATC training, the fourth and final question is: *What is the effect of an integrated training of self-regulation skills on students' self-regulation and on their domain-specific performance?*

Four studies were conducted to answer the four research questions. Chapter 2 describes a study on ATC-specific complex competences, particularly those related to visual expertise; Chapters 3-5 focus on self-directed and self-regulated learning skills and the possibilities to embed instruction of these skills in training and so prepare students for future learning. Chapter 6 summarizes the main findings presented in Chapters 2 through 5 and answers the research questions introduced in Chapter 1. In addition, the findings are discussed in terms of conclusions and limitations, implications for instruction, and directions for future research.

Chapter 2 describes a study to gain insight in the visual problem solving strategies of experts, intermediates, and novices. Research revealed that people with different levels of expertise use different strategies when solving complex visual problems (Gegenfurtner et al., 2011; Reingold & Sheridan, 2011). Although visual skills are of high importance in many domains (e.g., health sciences, transport, aviation) there is limited experience in actively teaching these skills to individuals (Jarodzka, Scheiter, Gerjets, & Van Gog, 2010). In order to design instruction to foster visual expertise in the domain of ATC, it is important to understand the strategies that experts, intermediates and novices use to process complex visual information from a radar screen. How do they determine what objects are relevant to retrieve information from (e.g., aircraft, speeds, flight levels, etc.)? How do they make decisions based on that information? This study focused on three visual problem solving strategies: First, means-end analysis as an inefficient novice strategy in which there is a permanent focus on the destination of aircraft; second, the information-reduction strategy that optimizes the amount of processed information by separating task-irrelevant from task-relevant information, and third, the chunking strategy that allows to combine elements so they can be treated in working memory as one information element. The study aims at determining strategy use by experts, intermediates and novices in the field of ATC by means of eye-tracking, and investigates the moderating effect of task difficulty on the differences between these groups. Furthermore, in ATC the number of possible solutions is restricted by safety rules and the need to deal with air traffic in an efficient way. Yet, there are many degrees of freedom in finding these solutions (e.g., changing speed, height, or direction). For the design of optimal instruction, insight is required in the number of plausible solutions when solving complex problems (Medin et al., 2006).

The expectation is that experts have the ability to quickly recognize a broad range of problem situations that allows them to bring in optimal solutions. Because most of these solutions are optimal, they can be expected to be relatively similar. To gain insight in differences between levels of expertise, this study takes into account solution similarity within and between groups of expertise.

Eye-tracking data were recorded from 31 participants (10 experts, 9 intermediates, and 12 novices). Participants worked on nine ATC tasks while their eye-movements were recorded. For each task, the assignment was to give an optimal solution for a static traffic situation by naming the optimal order of arrival of the aircraft as quickly as possible. Analysis of the data clearly supported the hypothesis that experts, intermediates and novices use different visual problem solving strategies. First, there was more effective information reduction for higher levels of expertise. Second, experts showed more chunking of related elements than intermediates and novices. Third, experts seem to use a working-forward strategy instead of means-end analysis. These findings add to earlier findings by Jarodzka et al. (2010) and Medin, Lynch, Coley, and Atran (1997), showing that higher expertise is related to higher similarity in reached solutions. These findings have important implications for instruction, because they may help create eye-movement modeling examples (i.e., reuse of experts' eye-movement recordings) for the teaching of visual problem solving strategies in complex visual domains.

The focus group study described in Chapter 3 aimed at determining and ordering learner characteristics required to involve students in a successful ATC learning process. Therefore, this study focused on three specific questions: (1) Which learner characteristics determine successful learning in ATC according to the different stakeholders (i.e., designers, trainers/coaches, and students)? (2) What are the similarities and differences between the three groups of stakeholders with respect to the importance of learner characteristics? (3) What are the similarities and differences between the three groups of stakeholders with respect to their rationales for ranking particular characteristics as being important or not?

Six instructional designers, seven trainers/coaches, and seven students from the Dutch ATC-training volunteered for participation in this study. The participants were divided into three homogeneous focus groups: A designer group, a trainer/coach group, and a student group. They carried out a focus-group preparation task one week prior to the focus groups, in which they were asked to indicate factors for successful learning based on a critical incident from their own experience. The results of the preparation tasks were given to the interviewer before the focus group meetings. All meetings were chaired by the same person who gave a general introduction to the topic and explained the discussion rules. Each meeting lasted approximately two hours and all meetings were audio-recorded and transcribed. A quantitative analysis yielded average rankings for characteristics of successful learning according to the stakeholders, while a qualitative analysis shed light on why the characteristics for successful

learning in ATC are considered important by the different stakeholders. There was a high overall agreement between the stakeholder groups, as can be concluded from a significant correlation between the three rankings, but differences between the rankings were also found. From the agreement between stakeholders it is concluded that the ability to set learning goals and to identify human and material resources are of great importance for successful learning. From the differences between stakeholders it is concluded that learners do not automatically think about their learning needs and goals while carrying out learning tasks, and they seem to focus more on performing the tasks than on learning from those tasks. Finally, in Chapter 3, implications for instruction are discussed to prevent stakeholders' diverging cognitions about successful training. A new design of an ATC training environment should foster development of self-regulation skills (i.e., SDL skills, SRL skills, self-efficacy) by integrating practice on these skills in the training of ATC-specific competences. This is expected to give students a certain degree of responsibility over their own learning and help them to better understand the learning opportunities brought in by learning tasks.

The design of a learning environment intended to integrate the development of domain-specific skills and self-regulation skills reveals a paradox: A system that gives students the opportunity to regulate their own learning expects them to have already developed regulation skills (Corbalan, Van Merriënboer, & Kicken, 2010). To solve this paradox, Chapter 4 presents an adaptive training system in which system and learner share control over learning-task selection, so that students can be supported in their development of self-regulation skills and, specifically, self-directed learning skills. The chapter discusses the necessary requirements for a learning environment integrating the development of domain-specific and self-regulation skills in a cognitively complex domain such as ATC. A distinction is made between adaptive training systems (i.e., systems in which each student follows an individual learning path) and non-adaptive training systems (i.e., systems where each student follows a learning path designed for the "average" learner), and between three types of control in adaptive systems. First, system-controlled training systems are discussed; here, the learning tasks are chosen by the system, for example a coach or a computer program. Second, learner-controlled systems are discussed; here, the responsibility over learning-task selection fully relies on the student. Third, shared-controlled systems are discussed; here, the responsibility over learning-task selection gradually moves from the system towards the learner as students' self-regulation skills develop. It is argued that only shared control over task selection can meet the requirements for integrated training of students' regulation skills in a complex cognitive domain. Such systems ensure a high final attainment level (i.e., the training is effective), a high training efficiency (e.g., training suits the individual learning needs), a continuous monitoring of learners' progress, and a gradual and guided development of regulation skills. Thus, shared-controlled systems can offer a solution for the paradox. The elements of such shared-controlled, adaptive

training systems are described. These elements are a: (1) database with learning tasks coupled with metadata on the basis of which the tasks can be selected; (2) development portfolio for gaining insight into competence development, defining learning needs, and setting learning goals, and (3) coaching protocol to adjust the level of guidance to the level of the students' regulation skills.

Chapter 5 describes a study on the effect of an integrated training on students' self-regulation and domain-specific performance in real ATC-training practice. For this study the Area Control Surveillance course was redesigned at Air Traffic Control the Netherlands. The redesign made it possible to develop students' regulation skills while training ATC competences (i.e., integrated condition). In this integrated condition, regulation prompts were embedded to prepare students for learning-task selection, and a development portfolio including learning-task worksheets was provided to the students. The learning-task worksheets comprised the tasks' metadata (e.g., possible competences to train, level of complexity, and number of aircraft involved) and the regulation prompts. These regulation prompts were repeatedly given on two occasions during the training. One regulation prompt was given *prior* to a task to let students focus on their own learning goals and to orient to and plan how to achieve these goals in the chosen learning task. The other regulation prompt was given *after* a task to help learners assess their performance on this learning task, define their learning needs, and set new learning goals. The development of regulation skills and ATC skills was measured in the integrated condition but also in the original training program, which functioned as the control condition. Results showed better development in the integrated condition than in the control condition for both regulation skills and ATC skills. No difference in development of SDL skills was found. In line with earlier findings by Kicken et al. (2008, 2009b), the results showed that also in the ATC domain, development of regulation skills and development of domain-specific skills can be fostered simultaneously. The fact that weak results were found for the development of SDL skills seems to confirm the notion that at least a possibility for students to actively take part in the task-selection process is required to train these skills too (e.g., shared control; Chapter 4, Corbalan et al., 2009b, Salden, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Nevertheless, the successful development of self-regulated learning and self-efficacy is an important factor towards shared control in adaptive training (Loyens, Magda, & Rikers, 2008). Therefore, the results of the study described in Chapter 5 are promising and an important step towards a fully adaptive training environment.

Chapter 6 presents an overview of the main findings of the studies reported in this dissertation in terms of conclusions, theoretical and instructional implications and limitations. The main conclusions of this dissertation are twofold, pertaining to (1) visual problem solving strategies, and (2) the integration of self-regulated learning in ATC training.

With regard to visual strategies, the relation is discussed between the level of ATC expertise and three visual strategies unraveled in this thesis (i.e., means-end analysis,

information reduction, and chunking). Eye-movement modeling examples (EMMEs) for novices must be designed in such a way that they show which information is needed to work forward to the goal instead of backward from the goal, which information is relevant for problem solving, and where this information is located in the complex visual representation. EMMEs for intermediates must be designed in such a way that they show which information is minimally required to take safe decisions and so reduce the amount of visual search. EMMEs for experts that must learn to work with new technologies and/or regulations must be designed in such a way that they show which new information elements become important. For experts, EMMEs of peers or even from the experts themselves can also help to foster reflection on the use of own visual strategies. The discussion also stresses the need to integrate cognitive theories with perceptual theories to guide the further development of visual-strategy instruction.

Concerning the integration of developing self-regulation in ATC training, the discussion focuses on the conclusions and implications of a shared-controlled training system. It is concluded that students' can acquire self-regulation skills as an integrated part of their ATC training. Moreover, this directly improves students' development of domain-specific ATC skills as well as their self-efficacy. The results also suggest that students should be given more control over the selection of learning tasks in order to develop their SDL skills. The use of a shared-controlled training system that makes this possible requires a development portfolio that can support the selection of learning tasks based on individual learning goals. Finally, the chapter discusses some limitations of the studies and suggestions for future research.

In sum, it is concluded that an important step forward was made in training complex cognitive skills in a visual domain. The findings show that it is possible to improve the training of air traffic controllers, on the one hand, by extending the training methods for visual problem solving and, on the other hand, by integrating training methods for self-regulated learning skills in their training program. This will help them to be better prepared for the future.







## SAMENVATTING

Luchtverkeersleiders moeten in staat zijn hun functioneren steeds aan te passen aan veranderingen die plaatsvinden in hun technische, complexe en visueel georiënteerde werkomgeving. Die veranderingen hebben vooral te maken met het toenemende luchtverkeer en de daaraan gerelateerde werkprocedures. Er vinden daarom voortdurend aanpassingen plaats in de gebruikte technologie en regelgeving. Dit betekent dat Luchtverkeersleiding (VKL) studenten niet alleen de complexe vaardigheden moeten verwerven die nodig zijn om na hun studie luchtverkeer te leiden. Om zich voor te bereiden op bovengenoemde veranderingen is het ook noodzakelijk dat zij leren hoe zij hun routines kunnen aanpassen zodat zij ook later hun competenties kunnen ontwikkelen om zo te blijven voldoen aan nieuwe eisen. VKL-opleidingen voorzien hier nog niet optimaal in omdat deze opleidingen niet specifiek aandacht besteden aan de ontwikkeling van vaardigheden op het gebied van zelfregulatie en zelfsturing. Daardoor worden studenten niet specifiek voorbereid op leren in de toekomst.

Het hoofddoel van dit proefschrift is tweeledig: enerzijds het uitvoeren van een taakanalyse om in kaart te brengen welke visuele vaardigheden voor VKL van belang zijn, en anderzijds het ontwikkelen van instructie-richtlijnen die eraan bijdragen dat VKL-studenten beter worden voorbereid op een leven lang leren.

Hoofdstuk 1 introduceert het complexe VKL-domein en bespreekt de belangrijkste onderzoeksvragen van dit proefschrift. VKL vereist menselijk handelen met stabiele en hoge kwaliteit om ten eerste zeer veilig maar ten tweede ook efficiënt luchtverkeer te leiden. In veel situaties kunnen dit conflicterende vereisten zijn waardoor het werk van een luchtverkeersleider bestaat uit een voortdurende uitdaging om tot optimale oplossingen te komen. Bovendien is VKL een taak die zich vooral op visuele waarneming baseert en die de correcte identificatie van belangrijke objecten en de interpretatie daarvan vereist. Er is al eerder onderzoek uitgevoerd op gebied van visuele expertise en er is gekeken naar verschillen tussen experts en beginners. Het aantal studies waarbij ook intermediates (gedeeltelijk ontwikkelde vakkundigen) zijn betrokken, is beperkt (cf. Gegenfurtner, Lehtinen, & Säljö, 2011). Om de instructie te verbeteren, is het van belang te bepalen welke visuele strategieën worden gebruikt door de verschillende niveaus van VKL-expertise. De eerste onderzoeksvraag die in dit proefschrift behandeld wordt, gaat hierop in en luidt: *Welke visuele strategieën in VKL worden gebruikt door beginners, intermediates en experts?*

Behalve dat VKL visueel complex is, blijkt het domein zich steeds verder te ontwikkelen. Luchtverkeersleiders worden regelmatig geconfronteerd met ingrijpende veranderingen in de technieken waarmee ze werken en de regelgeving die zij moeten volgen. Daarom moeten VKL-studenten niet alleen de domein-specifieke competenties leren, maar moeten zij ook leren om adequaat te reageren op veranderingen in hun werk, om zo hun expertise gedurende hun werkzame leven te onderhouden. Instructie in VKL moet daarom regulatievaardigheden trainen om luchtverkeersleiders zodanig op te leiden dat zij beter leren bij te blijven met de constant veranderende werkomgeving. De tweede onderzoeksvraag van dit proefschrift is dan ook: *Welke regulatievaardigheden zijn volgens verschillende actoren in de VKL-training belangrijk voor VKL-studenten?*

Aangezien het doel is om studenten regulatievaardigheden aan te leren als geïntegreerd deel van hun opleiding, dient ook de volgende vraag beantwoord te worden: *Wat zijn de eisen aan een leeromgeving die bedoeld is om de ontwikkeling van domein-specifieke vaardigheden en zelfregulatievaardigheden geïntegreerd aan te leren in een cognitief complex domein als VKL?*

Om de haalbaarheid van geïntegreerd trainen van regulatievaardigheden in de VKL-opleiding te verifiëren luidt de laatste onderzoeksvraag: *Wat is het effect van een geïntegreerde training van zelfregulatievaardigheden op de ontwikkeling van deze regulatievaardigheden bij studenten en op hun domeinspecifieke prestaties?*

Om deze vier onderzoeksvragen te beantwoorden werden vier studies uitgevoerd. Hoofdstuk 2 beschrijft een studie naar de VKL-specifieke complexe competenties en in het bijzonder naar de vaardigheden die gerelateerd zijn aan visuele expertise. Hoofdstukken 3 tot en met 5 concentreren zich op zelfsturende en zelfregulerende leervaardigheden en bestuderen de mogelijkheid deze aan te leren als geïntegreerd onderdeel van de VKL-opleiding om zo de studenten voor te bereiden op levenslang leren. Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting van de belangrijkste bevindingen van de vier studies en geeft antwoorden op de onderzoeksvragen die in Hoofdstuk 1 zijn gesteld. Daarbij worden de resultaten bediscussieerd, conclusies getrokken en bespreekt het hoofdstuk de beperkingen van het onderzoek. Tot slot worden suggesties en denkrichtingen voor toekomstig onderzoek gegeven.

De studie beschreven in Hoofdstuk 2 heeft als doel het krijgen van inzicht in de visuele probleemoplosstrategieën van experts, intermediates en beginners. Uit eerder onderzoek blijkt dat mensen met verschillende expertise ook verschillende strategieën gebruiken om complexe visuele problemen op te lossen (Gegenfurtner et al., 2011; Reingold & Sheridan, 2011). Er is nog maar beperkte ervaring met training expliciet gericht op het verkrijgen van de gewenste visuele vaardigheden (Jarodzka, Scheiter, Gerjets, & Van Gog, 2010), terwijl deze vaardigheden wel degelijk van groot belang zijn in veel domeinen (bijv. gezondheidswetenschappen, beveiliging, luchtvaart). Om instructie te ontwerpen die de ontwikkeling van visuele expertise in VKL stimuleert, is het belangrijk te begrijpen welke strategieën experts, intermediates en beginners

gebruiken om complexe informatie van een radarscherm te verwerken. Hoe bepalen zij welke objecten relevant zijn om informatie van te verkrijgen (bijv. vliegtuigen met hun snelheden en hoogtes, etc.)? En hoe maken zij beslissingen die gebaseerd zijn op die informatie? Deze studie richtte zich op drie visuele probleemoplosstrategieën: Ten eerste, de object-doel analyse welke bekend staat als een inefficiënte beginnersstrategie waarin de focus ligt op het doel van de vliegtuigen. Ten tweede, de informatiereductiestrategie waarbij de hoeveelheid informatie die voor taakuitvoering verwerkt moet worden geoptimaliseerd wordt door het scheiden van relevante en irrelevante informatie. En ten derde, de groeperingsstrategie die voor efficiënte informatieverwerking zorgt door clusters van relevante informatie als één element te behandelen. De studie had als doel om door middel van eye-tracking te bepalen welke strategie experts, intermediates en beginners in het VKL-domein gebruiken. Daarbij is gekeken naar de versterkende invloed van de moeilijkheidsgraad van taken op het verschil tussen deze groepen. In VKL wordt het aantal mogelijke oplossingen voor luchtverkeerssituaties beperkt door de eisen die aan veilige verkeersafhandeling worden gesteld en door de eis dat deze afhandeling efficiënt gebeurt. Toch zijn er enkele vrijheden in het bereiken van goede oplossingen (bijv. verandering van snelheden, van hoogten of van richting). Voor het optimaal ontwerpen van instructie is het van belang om inzicht te krijgen in het aantal verschillende oplossingen dat acceptabel is wanneer complexe problemen moeten worden opgelost (Medin et al., 2006). De verwachting is dat experts in staat zijn om snel een groot aantal conflictsituaties te herkennen en daarvoor dan snel een goede oplossing weten te vinden. Omdat de meeste van hun oplossingen tot een beperkte set van meest optimale zullen behoren, is het de verwachting dat zij relatief vergelijkbare oplossingen kiezen vergeleken met anderen met minder expertise. Om inzicht te krijgen in de oplossingsverschillen tussen de verschillende niveaus van expertise neemt deze studie ook de vergelijkbaarheid van gekozen oplossingen mee.

Van 31 deelnemers werden oogbewegingen vastgelegd (10 experts, 9 intermediates en 12 beginners) terwijl ze werkten aan negen VKL-taken.. De opdracht voor de deelnemers was om zo snel mogelijk een optimale oplossing voor een statische luchtverkeerssituatie te geven door de volgorde van binnenkomst van vliegtuigen te benoemen. De data-analyse bevestigde duidelijk de hypothese dat experts, intermediates en beginners verschillende visuele strategieën gebruiken om luchtverkeerssituaties op te lossen. Ten eerste gebruikten de groepen met meer expertise de meer effectieve informatiereductiestrategie. Ten tweede gebruikten experts vaker de groeperingsstrategie bij koppelbare objecten dan intermediates en beginners. Ten derde bleken experts gebruik te maken van een strategie om vooruit te werken in plaats van te werken vanuit het doel naar de verschillende objecten (object-doel analyse).

Net als in andere domeinen (bijv., Jarodzka et al., 2010; Medin, Lynch, Coley, & Atran, 1997), wordt in deze studie de hypothese bevestigd dat de oplossingen van

experts meer op elkaar lijken dan de oplossingen van intermediates. De oplossingen die beginners voorstellen lijken veel minder op elkaar.

Deze inzichten in verschillen tussen experts, intermediates en beginners kunnen bijdragen aan het ontwikkelen van uitgewerkte voorbeelden. De mogelijke oplossingen en de oogbewegingen (UVO's) (d.w.z. gebruik van oogbewegingsregistraties van experts) zijn de basis voor de ontwikkeling van instructie in het gebruik van visuele probleemoplosstrategieën in complexe visuele domeinen.

Hoofdstuk 3 beschrijft een focusgroepstudie met als doel het bepalen van de leerkenmerken die vereist zijn om studenten te betrekken in een succesvol VKL-leerproces en om deze kenmerken volgens belangrijkheid te rangschikken. De studie behandelt daarom drie specifieke onderzoeksvragen: (1) Welke leerkenmerken dragen bij aan succesvol leren in VKL volgens de verschillende actoren in de opleiding (d.w.z. trainingsontwerpers, trainers/coaches, en studenten)? (2) Wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de drie groepen actoren wat betreft de leerkenmerken? (3) Wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de drie groepen actoren wat betreft hun mening over de volgorde van belangrijkheid van specifieke kenmerken?

Zes onderwijsontwerpers, zeven trainers/coaches en zeven studenten, allen van Luchtverkeersleiding Nederland, deden vrijwillig mee aan deze studie. De deelnemers werden verdeeld in drie homogene focusgroepen: een ontwerpersgroep, een trainer/coachgroep en een studentengroep. De deelnemers maakten een week voorafgaand aan de focusgroepbijeenkomst een voorbereidende opdracht. In deze opdracht werd hun gevraagd aan de hand van een specifiek voorbeeld vanuit een eigen ervaring factoren van succesvol leren op te schrijven. Alle bijeenkomsten werden voorgezeten door dezelfde persoon die de voorbereidende opdracht gebruikte om de bijeenkomsten te structureren. De voorzitter gaf een algemene introductie op het onderwerp en legde de discussieregels uit. Elke bijeenkomst duurde ongeveer twee uur en van alle bijeenkomsten zijn geluidsopnamen gemaakt die werden uitgeschreven tot protocollen. Een kwantitatieve analyse op deze protocollen leverde een ranglijst op van de kenmerken, gebaseerd op ranglijsten van de drie groepen actoren. Een kwalitatieve analyse maakte vervolgens inzichtelijk waarom bepaalde kenmerken door de verschillende groepen actoren als belangrijk worden beschouwd voor succesvol leren. De gevonden significante correlatie tussen de drie ranglijsten van de drie groepen actoren duidt op een grote overeenstemming tussen de groepen. Er zijn echter ook verschillen tussen de ranglijsten gevonden. Uit de analyse bleek dat het vermogen om leerdoelen te stellen en het vermogen om hulpbronnen voor leren te identificeren, van groot belang werden geacht voor succesvol leren. Uit de analyse met betrekking tot de verschillen tussen de groepen actoren kan worden geconcludeerd dat studenten niet automatisch denken aan hun leerbehoeften en leerdoelen op het moment dat ze een leertaak uitvoeren. Zij lijken meer te focussen op de uitvoering op zich in plaats van het leren van deze taken. Ten slotte bediscussieert Hoofdstuk 3 wat

de implicaties van deze uitkomsten zijn voor het inrichten van instructie zodanig dat voorkomen wordt dat van verschillende actoren de percepties over succesvol trainen uit elkaar lopen. Hiervoor zou een nieuw ontwerp van een VKL-opleiding de ontwikkeling van zelfregulatie (d.w.z. zelfsturende vaardigheden, zelfregulatieve vaardigheden en self-efficacy) moeten stimuleren door het oefenen hiervan te integreren in het trainen van VKL-specifieke competenties. De verwachting is dat hierdoor studenten een grotere verantwoordelijkheid over hun eigen leren krijgen en beter leren in te zien welke leermogelijkheden leertaken bieden.

Er zit een paradox verscholen in leeromgevingen die bedoeld zijn om het trainen van domeinspecifieke vaardigheden en zelfregulatie geïntegreerd te ontwikkelen: een systeem dat studenten de mogelijkheid geeft te leren reguleren op hun eigen leren vereist van deze studenten dat zij al regulatievaardigheden hebben ontwikkeld (Corbalan, Van Merriënboer, & Kicken, 2010). Als oplossing van deze paradox presenteert Hoofdstuk 4 een adaptief trainingssysteem waarin het systeem en de student de controle over leertaakselectie delen. In een dergelijk systeem kunnen studenten worden ondersteund in hun ontwikkeling van zelfregulatie en in het bijzonder hun zelfsturende vaardigheden. Het hoofdstuk bespreekt de eigenschappen van een leeromgeving in een cognitief complex domein zoals VKL waarin de ontwikkeling van domeinspecifieke vaardigheden en zelfregulatie worden geïntegreerd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen adaptieve trainingssystemen (d.w.z. systemen waarin elke student een individueel leerpad volgt) en niet-adaptieve trainingssystemen (d.w.z. systemen waarin elke student een leerpad volgt dat is ontworpen voor de gemiddelde student). Vervolgens worden drie typen van controle over leertaakselectie in adaptieve systemen onderscheiden. Qua type controle wordt eerst een systeemgecontroleerde trainingssysteem besproken. Daarin kiest het systeem (bijv. een coach of een computerprogramma) leertaken. Ten tweede wordt een studentgecontroleerde trainingssysteem besproken waarin de verantwoordelijkheid voor leertaakselectie volledig bij de student ligt. Ten derde wordt een systeem met gedeelde taakselectieverantwoordelijkheid uitgewerkt. Daarin verschuift de verantwoordelijkheid geleidelijk van het systeem naar de student, naarmate de zelfregulatie van de student zich ontwikkelt. Er wordt gepleit dat alleen een systeem met gedeelde controle over taakselectie tegemoet kan komen aan de eisen voor het geïntegreerd ontwikkelen van zelfregulatie in een complex cognitief domein. Een dergelijk systeem garandeert een hoog eindniveau qua domeinspecifieke vaardigheden (d.w.z. een effectieve training), een efficiënte training (een training die continu aansluit op individuele leerbehoeften), een voortdurend bijhouden van de voortgang van de studenten en een geleidelijke en een ondersteunde ontwikkeling van zelfregulatie. De conclusie is dat een dergelijk trainingssysteem met gedeelde controle over taakselectie een oplossing kan bieden voor de paradox. Verder worden de elementen van een adaptief trainingssysteem met gedeelde controle over taakselectie beschreven. Deze elementen zijn: (1) een database met leertaken waaraan metadata zijn gekoppeld en waaruit de taken geselecteerd

kunnen worden; (2) een ontwikkelingsportfolio om inzicht te krijgen in de competentieontwikkeling, om leerbehoeften te definiëren en om leerdoelen te stellen, en (3) een coachingsprotocol om het niveau van coachondersteuning aan te passen aan het zelfregulativeniveau van de student.

Hoofdstuk 5 beschrijft een studie over de effecten van een training waarin instructie in zelfregulatie is geïntegreerd in de domeinspecifieke inhoud op zelfregulatievaardigheden, self-efficacy en domeinspecifieke prestaties van studenten in de VKL-praktijk. Voor deze studie is de module 'Area Control Surveillance' bij Luchtverkeersleiding Nederland herontworpen. De nieuwe ontworpen geïntegreerde training werd in de studie vergeleken met een controle conditie. In de geïntegreerde conditie werden studenten op gezette momenten verzocht te reguleren ter voorbereiding op leertaakselectie. Dit gebeurde door studenten te laten werken aan werkbladen. De werkbladen bij de leertaken gaven de metadata (bijv. mogelijke competenties die met de taak te trainen zijn, complexiteitsniveau, aantal vliegtuigen in de oefening) en daarnaast gaven ze prompts om te reguleren. Deze prompts werden voor en na het werken aan leertaken gegeven. Voorafgaande aan een leertaak formuleerden studenten zo eigen leerdoelen, oriënteerden zij zich op de leertaak en maakten zij een plan om de gestelde doelen te bereiken. De prompt na de taak werd gegeven om studenten te helpen hun eigen taakprestatie te evalueren, verdere leerbehoeften te definiëren en leerdoelen te formuleren.

De ontwikkeling van regulatievaardigheden en VKL-vaardigheden werd zowel gemeten in de geïntegreerde conditie als in het originele trainingsprogramma (de controleconditie). De resultaten lieten in de geïntegreerde conditie een betere ontwikkeling zien van zelfregulatie vaardigheden en VKL-vaardigheden. Er zijn *geen* verschillen in zelfsturende vaardigheden gevonden. De uitkomsten zijn in lijn met eerdere bevindingen van Kicken en collega's (2008, 2009b). De resultaten laten zien dat ook in het VKL-domein, de ontwikkeling van zelfregulatie en de ontwikkeling van domeinspecifieke vaardigheden gelijktijdig kunnen plaatsvinden. Het feit dat de ontwikkeling van zelfsturende vaardigheden niet significant toenam, kan de veronderstelling bevestigen dat studenten op zijn minst actief betrokken moeten worden in het leertaakselectieproces om zo die vaardigheden ook te trainen (bijv. gedeelde controle over het leertaakselectieproces; Hoofdstuk 4, Corbalan et al., 2009b, Salden, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Echter, de succesvolle ontwikkeling van zelfregulatie vaardigheden en self-efficacy zijn al belangrijke factoren voor een gedeelde controle in een adaptieve training (Loyens, Magda, & Rikers, 2008). Vandaar dat de resultaten van Hoofdstuk 5 een veelbelovende en belangrijke stap zijn in de richting van een volledig adaptieve trainingsomgeving.

Hoofdstuk 6 presenteert een overzicht van de belangrijkste bevindingen van de studies uit dit proefschrift. Op basis van de bevindingen worden conclusies getrokken en de implicaties voor theorie en praktijk worden besproken. De belangrijkste conclusies van dit proefschrift zijn op twee gebieden en hebben betrekking op (1) visuele

probleemoplosstrategieën, en op (2) de integratie van zelfregulerend leren in de VKL-opleiding.

Wat betreft de visuele strategieën kan worden geconcludeerd dat Uitgewerkte voorbeelden op basis van oogbewegingen (UVO's) voor beginners zodanig moeten worden ontwikkeld dat zij laten zien (1) welke informatie uit de visuele omgeving nodig is om oplossingen op te bouwen in plaats van de constructie van een oplossing te laten uitgaan van het doel, (2) welke informatie relevant is voor het oplossen van visuele problemen, en (3) waar deze informatie te vinden is in de complexe afbeelding. UVO's voor intermediates moeten zodanig ontworpen zijn dat zij laten zien welke informatie minimaal nodig is om veilige beslissingen te nemen om zo de hoeveelheid informatie te verminderen die verwerkt moet worden. Voor experts die moeten leren werken met nieuwe technologieën en/of nieuwe regelgeving moeten UVO's zodanig worden ontworpen dat zij inzicht geven in het belang van nieuwe informatie-elementen. De discussie benadrukt verder de behoefte om cognitieve theorieën te integreren met perceptuele theorieën om de ontwikkeling van instructies voor visuele strategieën verder te ontwikkelen.

Wat betreft de geïntegreerde ontwikkeling van zelfregulatie in de VKL-opleiding, focust de discussie op de conclusies en implicaties van een trainingssysteem met gedeelde controle over taakselectie. De conclusie is dat studenten kunnen leren reguleren als geïntegreerd onderdeel van hun VKL-opleiding. Bovendien stimuleert een geïntegreerde aanpak de ontwikkeling van VKL-specifieke vaardigheden en self-efficacy. De resultaten pleiten ervoor dat studenten meer controle over de selectie van hun leertaken zouden moeten krijgen om ook hun zelfsturende vaardigheden te trainen. Het inzetten van een trainingssysteem met gedeelde verantwoordelijkheid voor het taakselectieproces vereist een ontwikkelingsportfolio dat ondersteuning kan bieden bij het selecteren van leertaken die aansluiten bij individuele leerdoelen. Ten slotte bediscussieert het hoofdstuk enkele beperkingen van de studie en worden er suggesties gedaan voor toekomstig onderzoek.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat een belangrijke stap is gezet in de ontwikkeling van kennis over het trainen van complexe cognitieve vaardigheden in een visueel georiënteerd domein. De bevindingen laten zien dat het mogelijk is om de opleiding tot luchtverkeersleider verder te verbeteren door aan de ene kant de trainingsmethoden voor visuele probleemoplosstrategieën uit te breiden en door aan de andere kant een integratie te bewerkstelligen van de ontwikkeling van zelfregulatie en domeinspecifieke vaardigheden. Dit zal helpen om de luchtverkeersleiders nog beter voor te bereiden op hun toekomstige werkzaamheden.